附件2

《国家重点节能低碳技术推广目录》

（2017 年本 节能部分）

技术报告

国家发展和改革委员会

2018 年 1 月

目　　录

1 矿井乏风和排水热能综合利用技术 10
2 新型高效煤粉工业锅炉系统技术 13
3 综采工作面高效机械化矸石充填技术 16
4 煤矿矿井水超磁分离井下处理技术 19
5 超低浓度煤矿乏风瓦斯氧化利用技术 22
6 皮带机变频能效系统技术 25
7 全粒级干法选煤节能技术 28
8 变频器调速节能技术 31
9 火电厂凝汽器真空保持节能系统技术 33
10 配电网全网无功优化及协调控制技术 37
11 新型节能导线应用技术 40
12 超临界及超超临界发电机组引风机小汽轮机驱动技术 44
13 可控自动调容调压配电变压器技术 47
14 全光纤电流/电压互感器技术 50
15 自然通风逆流湿式冷却塔风水匹配强化换热技术 54
16 冷却塔用离心式高效喷溅装置 56
17 大型供热机组双背压双转子互换循环水供热技术 59
18 回转式空气预热器密封节能技术 62
19 基于快速涡流驱动及短路识别的电网运行控制技术 66
20 基于架空地线绝缘接地方式的交流输电线路节能技术 70
21 大容量高参数褐煤煤粉锅炉技术 73
22 高效利用超低热值煤矸石的循环流化床锅炉技术 76
23 中小型汽轮机节能技术 79
24 基于凝结水调负荷的超超临界机组协调控制技术 82
25 富氧双强点火稳燃节油技术 85
26 准稳定直流除尘器供电电源节能技术 88
27 球磨机高效球磨综合节能技术 91
28 铜包铝芯电线电缆节能技术 94
29 高温高压干熄焦装置 97
30 钢铁行业烧结余热发电技术 100
31 转炉煤气干法回收技术 101
32 蓄热式燃烧技术之一：蓄热式转底炉处理冶金粉尘回收铁锌技术 104

33 蓄热式燃烧技术之二：无旁通不成对换向蓄热燃烧节能技术 107
34 炼焦煤调湿风选技术 111
35 钢铁行业能源管控技术 114
36 高炉鼓风除湿节能技术 117
37 螺杆膨胀动力驱动节能技术 119
38 矿热炉烟气余热利用技术 123
39 非稳态余热回收及饱和蒸汽发电技术 125
40 加热炉黑体技术强化辐射节能技术 128
41 钢水真空循环脱气工艺干式（机械）真空系统应用技术 131
42 炭素环式焙烧炉燃烧系统优化技术 135
43 环冷机液密封技术 138
44 旋切式高风温顶燃热风炉节能技术 141
45 中低温太阳能工业热力应用系统技术 144
46 燃气轮机值班燃料替代技术 147
47 冶金余热余压能量回收同轴机组应用技术 151
48 全密闭矿热炉高温烟气干法净化回收利用技术 158
49 大型焦炉用新型高导热高致密硅砖节能技术 162
50 高炉冲渣水直接换热回收余热技术 166
51 焦炉炭化室荒气回收和压力自动调节技术 170
52 冷捣糊整体优化成型筑炉节能技术 173
53 烧结废气余热循环利用工艺技术 176
54 无引风机无换向阀蓄热燃烧节能技术 179
55 焦炉荒煤气显热回收利用技术 183
56 基于炉腹煤气量指数优化的智能化大型高炉节能技术 186
57 氧气底吹熔炼技术 192
58 氧气侧吹熔池熔炼技术 195
59 双侧吹竖炉熔池熔炼技术 198
60 有色冶金高效节能电液控制集成创新技术 202
61 铝酸钠溶液微扰动平推流晶种分解节能技术 205
62 低温低电压铝电解新技术 209
63 粗铜自氧化还原精炼技术 212
64 复式反应新型原镁冶炼技术 215
65 高电流密度锌电解节能技术 219

66 旋浮铜冶炼节能技术 223
67 大型高效无传动浮选技术 227
68 双炉粗铜连续吹炼节能技术 231
69 节能高效强化电解平行流技术 236
70 新型稳流保温铝电解槽节能技术 240
71 大型高效阳极焙烧炉系统控制节能技术 243
72 变换气制碱及其清洗新工艺技术 247
73 先进煤气化节能技术 250
74 新型高效节能膜极距离子膜电解技术 258
75 顶置多喷嘴粉煤加压气化炉技术 260
76 模块化梯级回热式清洁燃煤气化技术 264
77 玻璃板式换热器余热回收技术 268
78 封闭直线式长冲程抽油机节能技术 271
79 热超导陶瓷涂层节能技术 275
80 油田采油污水余热综合利用技术 278
81 换热设备超声在线防/除垢技术 280
82 氯化氢合成余热利用技术 283
83 节能型尿素生产技术 286
84 煤气化多联产燃气轮机发电技术 289
85 新型吸收式热变换器技术 291
86 高效复合型蒸发式冷却（凝）器技术 294
87 溶剂萃取法精制工业磷酸技术 297
88 工业冷却循环水系统节能优化技术 300
89 蒸汽系统运行优化与节能技术 304
90 高辐射覆层技术 307
91 石化企业能源平衡与优化调度技术 313
92 芳烃装置低温热回收发电技术 316
93 黄磷生产过程余热利用及尾气发电（供热）技术 320
94 高压高效缠绕管换热技术 325
95 等温变换节能技术 328
96 硝酸生产反应余热余压利用技术 342
97 水平带式真空滤碱节能技术 346
98 车用燃油清洁增效技术 350

99 大型往复式压缩机流量无级调控技术 354
100 高效降膜式蒸发节能技术 357
101 全氧燃烧技术 361
102 富氧燃烧技术 363
103 大推力多通道燃烧节能技术 364
104 Low-E 节能玻璃技术 367
105 预混式二次燃烧节能技术 369
106 高固气比水泥悬浮预热分解技术 372
107 预应力高强混凝土管桩免蒸压技术 375
108 层烧蓄热式机械化石灰立窑煅烧节能技术 377
109 高效优化粉磨节能技术 381
110 钛纳硅超级绝热材料保温节能技术 385
111 烧结砖隧道窑辐射换热式余热利用技术 388
112 水泥企业用能管理优化技术之一： 391
113 水泥企业用能管理优化技术之二： 394
114 新型水泥预粉磨系统节能技术 398
115 浮法玻璃炉窑全氧助燃装备技术 402
116 建筑陶瓷薄型化节能技术 406
117 无动力防卡筛及配套骨料前端砂石同产工艺技术 411
118 智能调节透反射率节能玻璃膜 414
119 水泥熟料烧成系统优化技术 417
120 建筑陶瓷制粉系统用能优化技术 421
121 保温技术之一：纳米梯度结构保温材料节能技术 425
122 保温技术之二：陶瓷纳米纤维保温技术 429
123 智能连续式干粉砂浆生产技术 433
124 大型回转窑组合炉衬节能技术 436
125 纳米阻燃隔热材料节能技术 439
126 用于高耗能行业的集成系统诊断与优化节能技术 442
127 串联式连续球磨机及球磨工艺节能技术 446
128 塑料动态成型加工节能技术 449
129 聚能燃烧技术 452
130 智能高压钠灯电子节电控制系统 455
131 铅蓄电池高效低能耗极板制造技术 460

132 高红外发射率多孔陶瓷节能燃烧器技术 463
133 高效放电回馈式电池化成技术 466
134 金属涂装前常温锆化处理节能技术 469
135 异麦芽酮糖发酵工艺优化技术 472
136 高效节能型锥形同向双螺杆挤出技术 475
137 双级高效永磁同步变频离心式冷水机技术 478
138 粮食干燥系统节能技术 481
139 全自动连续煮糖技术 484
140 热泵双级压缩变频增焓节能技术 487
141 玻璃瓶罐轻量化生产技术 491
142 基于感应耦合的无极荧光照明技术 494
143 金属纤维全预混强制鼓风商用燃气灶节能技术 497
144 LED 智能照明节能技术之一：道路照明技术 501
145 LED 智能照明节能技术之二：隧道照明技术 506
146 LED 智能照明节能技术之三：地铁照明技术 510
147 基于 LED 发光特性的广告灯箱节能技术 514
148 基于二级变频控制驱动的 XED 灯节能技术 518
149 高光快速注塑成型技术 521
150 基于翅片式换热结构的节能型炊具技术 525
151 陶瓷金卤灯高效照明系统 528
152 大功率氙气照明节能技术 532
153 造纸靴式压榨节能技术 536
154 塑料加工双效加热节能技术 539
155 基于双转子连续混炼造粒机的高效混炼节能技术 543
156 制糖热能集中优化控制节能技术 547
157 智能照明节能技术 551
158 人体电压感应节能控制芯片技术 559
159 高温高压气流染色技术 562
160 合成纤维熔纺长丝环吹冷却技术 566
161 超低浴比高温高压纱线（拉链）染色机 569
162 高温低浴比 O 型染色机节能技术 573
163 液相增粘熔体直纺涤纶工业丝技术 578
164 基于智能化控制的蒸汽高效利用技术 581

165 智能全模式染色机高效节能染整装备技术 584
166 高效翼型轴流风机节能技术 589
167 频谱谐波时效技术 593
168 零过渡过程动态无功补偿节能增效技术 597
169 高效节能电动机用铸铜转子技术 603
170 稀土永磁盘式无铁芯电机节能技术 607
171 电子膨胀阀变频节能技术 609
172 曲叶型系列离心风机技术 612
173 自密封旋转式管道补偿节能技术 616
174 基于低压高频电解原理的循环水系统防垢提效节能技术 619
175 永磁涡流柔性传动节能技术 623
176 工业微波/电混合高温加热窑炉技术 626
177 数字化无模铸造精密成形技术 630
178 低压工业锅炉高温冷凝水除铁技术 634
179 新型桥式起重机轻量化设计节能技术 638
180 磁悬浮离心式鼓风机技术 641
181 两级喷油螺杆空气压缩机节能技术 644
182 变频优化控制系统节能技术 648
183 节能铜包铝管母线技术 651
184 智能真空渗碳淬火技术 656
185 锅炉燃烧温度测控及性能优化系统 660
186 三相工频感应电磁锅炉技术 664
187 热转印标识打印技术 667
188 板型叶片高效离心风机模型优化设计技术 670
189 自励三相异步电动机（制造）技术 673
190 基于微机控制的三相电动机节电器技术 676
191 基于电磁平衡调节的用户侧电压质量优化技术 679
192 绕组式永磁耦合调速器技术 683
193 基于低真空相变原理的高污染工业废水余热回收技术 687
194 节能高效挖掘机势能回收技术 691
195 锅炉防腐阻垢及相平衡热回收节能技术 694
196 开关磁阻电机调速系统节能技术 697
197 基于三相采样与快速响应的电机节能技术 700

198 ORC 螺杆膨胀机低品位余热发电技术 703
199 热泵节能技术之一：地源热泵技术 707
200 热泵节能技术之二：水源热泵技术 709
201 热泵技术之三：空气源热泵冷、暖、热水三联供系统技术 711
202 热电协同集中供热技术 714
203 节能型合成树脂幕墙装饰系统技术 718
204 水性高效隔热保温涂料节能技术 721
205 温湿度独立调节系统 724
206 中央空调全自动清洗节能技术 727
207 动态冰蓄冷技术 730
208 高效水蓄能中央空调技术 733
209 基于相变储热的多热源互补清洁供热技术 736
210 过程能耗管控系统技术 740
211 蒸汽节能输送技术 743
212 墙体用超薄绝热保温板技术 745
213 磁悬浮变频离心式中央空调机组技术 748
214 分布式能源冷热电联供技术 752
215 分布式水泵供热系统技术 756
216 基于冷却塔群变流量控制的模块化中央空调节能技术 759
217 低辐射玻璃隔热膜及隔热夹胶玻璃节能技术 763
218 溴化锂吸收式冷凝热回收技术 766
219 浅层地能利用之一：单井循环换热地能采集技术 769
220 浅层地能利用之二：浅层地（热）能同井回灌技术 774
221 智能热网监控及运行优化技术 777
222 燃气锅炉烟气余热回收利用技术之一：宽通道双级换热燃气锅炉烟气余热回收技术 780
223 燃气锅炉烟气余热利用技术之二：烟气源热泵供热节能技术 784
224 燃气锅炉烟气余热回收利用技术之三：喷淋吸收式烟气余热回收利用技术 788
225 建筑节能智能控制技术之一：建筑(群落)能源动态管控优化系统技术 792
226 建筑节能智能控制技术之二：基于实际运行数据的冷热源设备智能优化控制技术 796
227 建筑节能智能控制技术之三：基于人体热源的室内智能控制节能技术 799
228 基于喷射式高效节能热交换装置的供热技术 802
229 基于全焊接高效换热器的撬装换热站技术 805

230 冷库围护结构一体化节能技术 809
231 胶条密封推拉窗技术 813
232 预制直埋保温管保温处理工艺技术 816
233 CO_2 空气源热泵供热技术 819
234 基于自学习模糊前馈控制的冷热源系统节能技术 822
235 污水源热泵系统流道式换热技术 826
236 基于新型换热结构的一体式低氮燃烧冷凝技术 829
237 汽车混合动力技术 832
238 温拌沥青在道路建设与养护工程中的应用技术 834
239 沥青路面冷再生技术在路面大中修工程中的应用技术 837
240 轮胎式集装箱门式起重机“油改电”节能技术 841
241 新型轮胎式集装箱门式起重机节能技术 843
242 发动机智能冷却技术 846
243 高速公路电子不停车收费技术 849
244 高压变频数字化船用岸电系统技术 854
245 船舶轴带无刷双馈交流发电系统技术 857
246 混合动力交流传动调车机车技术 861
247 金属减摩修复技术 864
248 基于减小螺旋桨运动阻力的船舶推进系统节能改造技术 867
249 轨道车辆直流供电变频空调节能技术 871
250 城市轨道交通牵引供电系统制动能量回馈技术 875
251 热管/蒸气压缩复合制冷技术 880
252 通信用 240V 直流供电系统 884
253 基站载频设备智能节电技术 888
254 通信用耐高温型阀控式密封电池节能技术 892
255 数据中心机房供冷技术之一：分布式热管冷却技术 896
256 数据中心机房供冷技术之二：全密闭动态均衡送风供冷节能技术 902
257 服务器芯片液体冷却节能技术 906
258 电子设备液冷导热节能技术 909
259 基于 SDR 集群专网通信系统节能技术 913
260 餐厨垃圾就地快速处理及油水高效分离节能技术 917

1 矿井乏风和排水热能综合利用技术

一、技术名称：矿井乏风和排水热能综合利用技术

二、技术所属领域及适用范围：煤炭行业 煤矿中央并列式通风系统

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前年产 150 万 t 的矿井，年供暖及工艺用热消耗近 1 万 t 原煤。应用该技术可实现更好的利用地热资源提供供热或制冷，降低煤耗。目前该技术可实现节能量 18 万 tce/a，减排约 48 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

为了充分利用地热，选用水源热泵机组取代传统的燃煤锅炉。冬季，利用水处理设施提供的20℃左右的矿井排水和乏风作为热能介质，通过热泵机组提取矿井水中蕴含的巨大热量，提供45-55℃的高温水为井口供暖。夏季，利用同样的水源通过热泵机组制冷，通过整体降低进风流的温度来解决矿井高温热害问题。系统主要包括水处理、热量提取及换热系统、热泵系统和进口换热部分。

2.关键技术

热量提取及换热工艺，矿井供暖末端。

3.工艺流程

工艺流程和技术原理分别见图 1 和图 2。

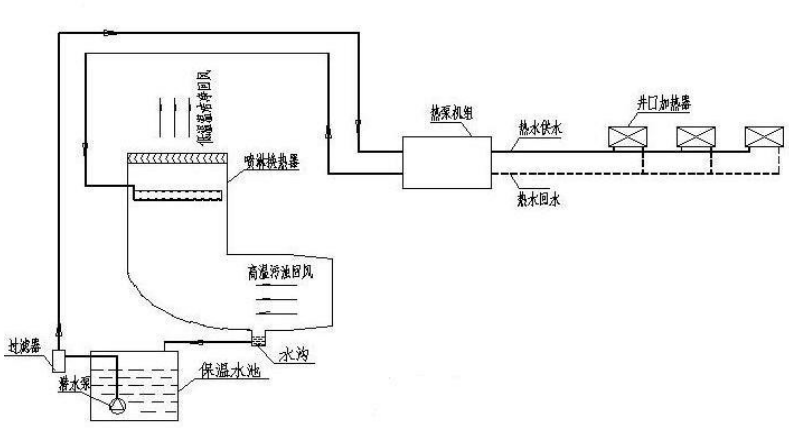


图 1　矿井乏风和排水热能综合利用系统流程图

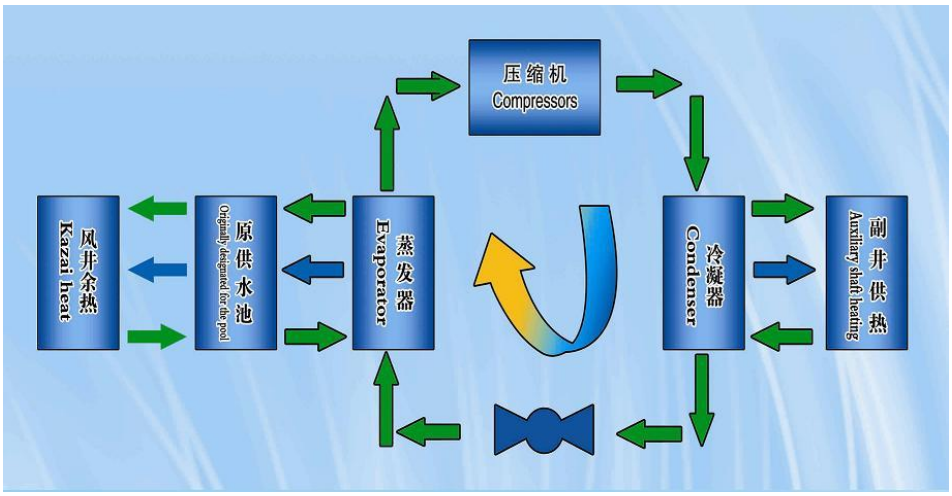


图 2　矿井乏风和排水热能综合利用原理图

五、主要技术指标

1.提取热源不低于15℃；

2.供暖温度为40℃-50℃。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术 2008 年已通过山东省经济信息化委员会技术鉴定。技术达到国内领先水平，并已应用于新矿集团。2009 年获中国煤炭工业科学技术奖、2010 年获山东省科学技术进步奖。

七、典型应用案例

典型案例 1：孙村煤矿

技术提供单位：山东新雪矿井降温科技有限公司

建设规模：4200kW 矿井乏风和排水系统。主要技改内容：3 台 10t 的热力锅炉改造为三台热泵机组，增加热量提取装置。减少燃料排放，净化乏风，处理排水。节能技改投资额 750 万元，建设期 1 年。每年可节能 1984 tce，年节能经济效益 321 万元，投资回收期 2 年。

典型案例 2：新巨龙公司

技术提供单位：山东新雪矿井降温科技有限公司

建设规模：2600kW 矿井乏风和排水系统。主要技改内容：1 台 20t 的热力锅炉改造为两台热泵机组，增加热量提取装置。减少燃料排放，净化乏风，处理排水。节能技改投资额 550 万元，建设期 1 年。每年可节能 1224 tce，年节能经济效益 200 万元，投资回收期 2.7 年。

典型案例 3：华恒公司

技术提供单位：山东新雪矿井降温科技有限公司

建设规模：4000kW 矿井乏风热能系统。主要建设内容：3 台热泵机组、井筒换热器及相应配套设备。与用燃煤锅炉相比减少燃料排放，净化乏风。建设投资额 926 万元，建设期 1 年。每年可节能 1855.1tce，年节能经济效益 310 万元，投资回收期 3 年。

八、推广前景及节能减排潜力：

全国煤矿 80%分布在北方地区，副井都需要供暖，否则影响安全生产。目前基本都采用锅炉供暖，直接消耗一次能源，采用该技术可有效利用矿井乏风和排水的热能，降低一次能源消耗。预计未来 5 年，该技术可推广到全国 30%的煤矿，建设约 540 个此类项目，实现年节能能力约 55 万 tce。减排量 145 万 tCO_2/a。

2 新型高效煤粉工业锅炉系统技术

一、技术名称：新型高效煤粉工业锅炉系统技术

二、技术所属领域及适用范围：煤炭行业 适用于工业和民用燃煤锅炉供暖或生产用蒸汽、民用供暖，及其它供暖、供汽锅炉。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国燃煤工业锅炉中 85%以上为层燃炉。燃煤工业锅炉的平均热效率仅为60%-65%，比国际先进水平低 20%-25%，且排放大量的 SO_2、NO_X、CO_2 等，需要投入大量污染处理费用。此外，层燃锅炉运行中容易产生结焦、腐蚀等问题，设备损耗大，维修费用高；运行中需要投入大量的人力资源，人工成本高。目前该技术可实现节能量 73 万 tce/a，减排约 193 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1．技术原理

新型高效煤粉工业锅炉采用煤粉集中制备、精密供粉、空气分级燃烧、炉内脱硫、锅壳（或水管）式锅炉换热、高效布袋除尘、烟气脱硫脱硝和全过程自动控制等先进技术，实现了燃煤锅炉的高效运行和洁净排放。

2．关键技术

（1）以煤粉燃烧为核心技术；

（2）供粉技术；

（3）快速点火技术；

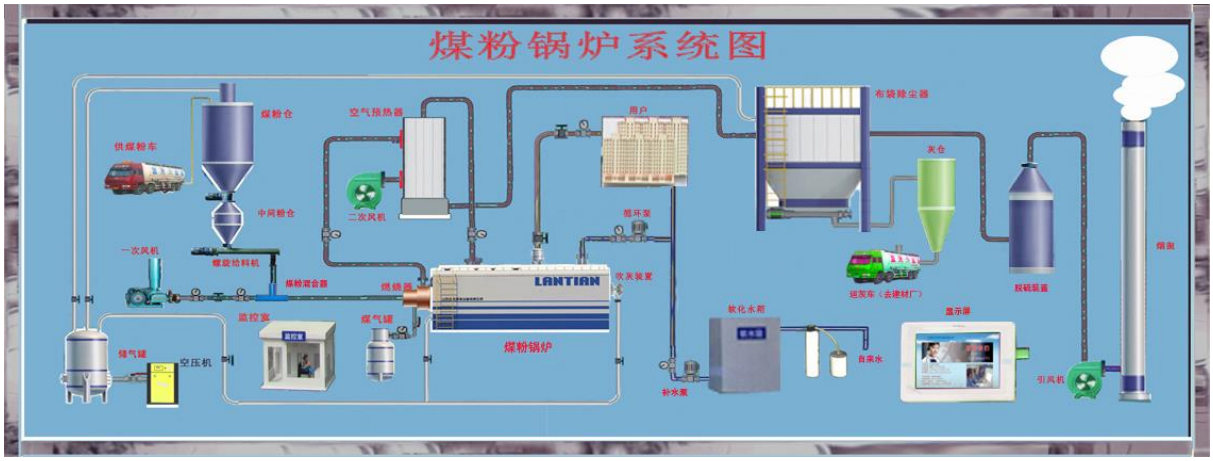
（4）低氮燃烧技术；

（5）自动控制技术；

（6）多段组合污染物脱除技术。

3．工艺流程

新型高效煤粉工业锅炉系统技术工艺流程主要为：煤粉接受和储备（或炉前在线制粉）→煤粉输送→煤粉点火及燃烧→锅炉换热→烟气净化→烟气排放→粉煤灰回收利用，以锅炉为核心的完整技术系统。



五、主要技术指标

1.燃烧效率：≥98%；

2.热效率：≥88%；

3.烟气排放污染物浓度（mg/m^3）烟尘：≤30；SO_2：≤100；NO_X：≤200。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2010 年 5 月，“新型高效煤粉工业锅炉系统技术”通过山西省科学技术厅鉴定，鉴定结果为“该系统技术水平达到国内领先水平”。

至今已在山西、沈阳、新疆、山东、甘肃、云南、河北、天津、山东等全国十多个省份推广应用几千台套，长期以来运行稳定，应用效果良好，取得用户的一致好评。

七、典型应用案例

典型案例 1

典型案例应用单位：运城市凤源热力有限公司

技术提供单位：山西蓝天环保设备有限公司

节能改造情况：运城凤源热力有限公司锅炉房改造前采用的分散式供暖方式，均为家用小锅炉或窑炉，平均热效率仅为 60%左右，能源浪费严重。改造方式是将分散式供暖方式改为集中供暖方式，采用 2×58MW 高效环保煤粉工业锅炉系统技术及成套装备。

节能效果：58MW 高效环保煤粉工业锅炉运行热效率≥90%，取改造前锅炉运行平均热效率为 65%，每个采暖季运行 3000 小时，标煤热量 29306kJ/kg，则两台 58MW 锅炉可形成节能量约 12350tce/a。

经济效益：两台 58MW 锅炉改造投资额为 4549 万元，每年运行成本约 3400 万

元。相比改造前每年可节约运行成本万元约 1000 万元，投资回收期 3 年。

典型案例 2

典型案例应用单位：杭州百汇化工有限公司

项目名称：杭州聚能合同能源管理有限公司合同能源管理项目

技术提供单位：杭州燃油锅炉有限公司

建设规模： 新建 10t/h 煤粉蒸汽锅炉热力供应系统。建设期 90 个天，投资额 300 万元，年节能量约 3556tce，年减少碳排放量约 9246tCO_2。每年节电可获经济效益 195.58 万元，投资回收期约 2 年。

典型案例 3

典型案例应用单位：福建达利食品集团有限公司

项目名称：福建达利食品集团有限公司-20t/h 锅炉节能减排改造

技术提供单位：福建永恒能源管理有限公司

建设规模： 一台 20t/h 高效粉体工业锅炉替代原有的 2 台 6t/h、1 台 10t/h 燃煤蒸汽锅炉。建设期 5 个月，投资额 1100 万元，年节能量约 3102tce，年减少碳排放量约 8188tCO_2。每年节电可获经济效益 351 万元，投资回收期约 3 年。

八、推广前景及节能减排潜力：

预计未来 5 年，相比目前将继续推广煤粉工业锅炉 50 万蒸 t，约需投入 8625 万元。该技术在行业内的推广比例可达到 8%，预计未来节能能力 608 万 tce/a，碳减排能力 1581 万 tCO_2/a。

3 综采工作面高效机械化矸石充填技术

一、技术名称：综采工作面高效机械化矸石充填技术

二、技术所属领域及适用范围： 煤炭行业 井工综采矿井

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，据不完全统计，我国国有骨干大中型矿井“三下”（指建筑物下、铁路下和水体下）压煤量达到 140 亿 t 以上，其中建筑物下压煤占整个“三下”压煤量的 60%以上，水体下（包括承压废岩水上）压煤占 28%左右，铁路下压煤占 12%左右。据不完全统计，全国国有重点煤矿仅村下压煤约 50 亿 t。如果采用传统的条带开采法，“三下”压煤的采出率仅为 30%左右。

另外，我国煤矿现有矸石山 1600 余座，堆积量约 45 亿 t，每年矸石产量约 1.5-2 亿 t。这些矸石不仅占用了大量耕地，也对环境造成了一定程度的污染。

目前该技术可实现节能量 70 万 tce/a，减排约 185 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

通过利用煤矸石充填巷道或采空区，使采空区顶底板得到有效控制，有效抑止地面塌陷，从而实现高回收率的煤炭资源开采和煤矸石的综合利用。

采空区的矸石充填依靠自压式矸石充填机自动完成。充填时，自压式矸石充填机的上刮板向下运输充填矸石；下刮板向上推平漏矸孔下漏的矸石，并使矸石充填密实、均匀。在矸石充填过程中，随着矸石充填高度的增加，自压式矸石充填机会随之上升，利用矸石充填运输机对矸石的反作用力来压实充填的矸石。

2.关键技术

（1）具有自主知识产权的液压支架；

（2）自压式矸石充填机；

（3）可缩桥式皮带。

3.工艺流程

利用综采工作面高效机械化矸石充填技术采煤的工艺流程见图1。

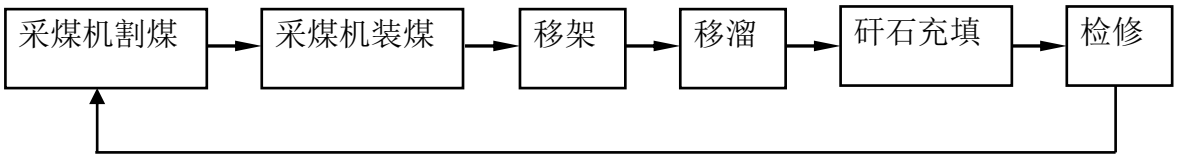


图 1 综采工作面高效机械化矸石充填技术采煤技术流程图

五、主要技术指标

1.煤矸石综合利用率 100%；

2.综采矸石充填工作面生产能力可达到每日 493t；

3.煤炭回收率提高 25%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2008 年获得国家科技进步二等奖、山东省重大节能成果等奖项并获多项国家专利。该技术已成功应用于翟镇煤矿 7201 和 7204 工作面，为我国煤矿“三下”压煤的规模性开采、井上下矸石的系统化井下处理提供了一条有效技术途径。该技术发展了新的高效机械化开采工艺方式，将煤矿“掘、采”二元开采技术体系提升为“掘、采、处”的三元开采模式，解决了“掘、采”二元开采技术体系忽视采动对环境和资源的影响及损害问题，将矿井矸石的处理、“三下”压煤的开采、保护地表纳入煤矿开采的总体设计，可实现煤矿资源与环境的协调发展。

七、典型应用案例

典型用户：新汶矿业集团有限责任公司

技术提供单位：新汶矿业集团有限责任公司

典型案例 1

建设规模：年生产原煤 150 万 t，7204 充填工作面以矸换煤量达 18 万 t。主要技改内容：将开采出的矸石运至充填面后，利用自主研发的新型实用专利液压支架和自压式矸石充填机来自动完成矸石充填和压实工作，主要设备包括矸石液压支架、自压式矸石充填机和运输皮带等。节能技改投资额 4076 万元，建设期 1 年。每年可节能 13 万 tce，年节能经济效益为 3257 万元，投资回收期 15 个月。

典型案例 2

建设规模：年生产原煤 150 万 t，7201 充填工作面以矸换煤量达 19 万 t。主要技改内容：将开采出的矸石运至充填面后，利用自主研发的新型实用专利液压支架和自压式矸石充填机来自动完成矸石充填和压实工作，主要设备包括矸石液压支架、自压式矸石充填机和运输皮带等。节能技改投资额 4178 万元，建设期 1 年。每年可节能 14 万 tce，年节能经济效益 3439 万元，投资回收期 15 个月。

八、推广前景及节能减排潜力：

一级煤矿“三下”压煤开采已成为制约矿区发展的重大技术难题。该项技术革新了煤矿开采技术，开创了综采工作面高效机械化矸石充填技术的新局面，填补了相关领域的空白，可有效提高“三下”压煤的回采率，减少煤矿生产对地表及生态环境的破坏。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 30%，总投入 12.8 亿元，年节能能力 420 万 tce/a，二氧化碳减排能力 1109 万 tCO_2/a。

4 煤矿矿井水超磁分离井下处理技术

一、技术名称：煤矿矿井水超磁分离井下处理技术

二、技术所属领域及适用范围：煤炭行业煤矿井下矿井水

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

全国矿井水综合利用率仅为 59%，不仅使水中的煤泥资源大量浪费，而且对环境造成污染。我国矿井水处理普遍采用井下沉淀、提升污水上井二次处理工艺技术。矿井水在提升过程中需消耗电能，按照设计要求，吨水百米电耗一般约为 0.50kWh/(t·hm)，实际运行常高于此值。由于电耗与所提升矿井水的密度直接相关，因此降低矿井水的密度即可节约提升能耗。目前该技术可实现节能量 8 万 tce/a，减排约 21 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该技术利用永磁技术实现快速分离。首先将不带磁性的含煤悬浮物赋予磁性，通过超磁分离机进行快速固液分离，净化矿井水；分离出来的煤泥渣，通过磁种回收循环系统产生低含水率煤泥，经压滤系统得到的煤泥饼直接升井。

2.关键技术

（1）磁种材料选择。根据粒径、分散性、比重、比表面积、磁性能、絮凝性能、价格等选择合适的磁性材料作为磁种，用于非磁性悬浮物的分离；

（2）混凝系统的工艺参数确定。通过投加混凝与絮凝药剂，使磁种能与非磁性悬浮物紧密结合，便于磁分离。在保证混凝效果的基础上，获得最短的混凝时间与絮凝时间，从而使设备小型化；

（3）磁种制备投加回收装置的研制。该装置能将磁种定量地、高分散性地投加到混凝箱中，参与反应；同时，又能从超磁分离机中分离出的煤泥渣中提取磁种，将磁粉尽可能地回收重复使用；

（4）超磁分离机设计。该分离机的分离性能优于冶金行业用的磁盘机，使分离后出水的悬浮物小于 25mg/l，以便达到高的水质要求，并能处理大流量污水，体积紧凑；

（5）合理的井下处理成套工艺设计。包括磁絮凝系统、磁分离系统、药剂制备

投加系统和污泥压滤系统，具有短流程、大流量泥水分离特点，可直接将污染后的矿井水处理成为洁净的矿井水和煤泥饼。

3.工艺流程

该技术的工艺流程见图1。

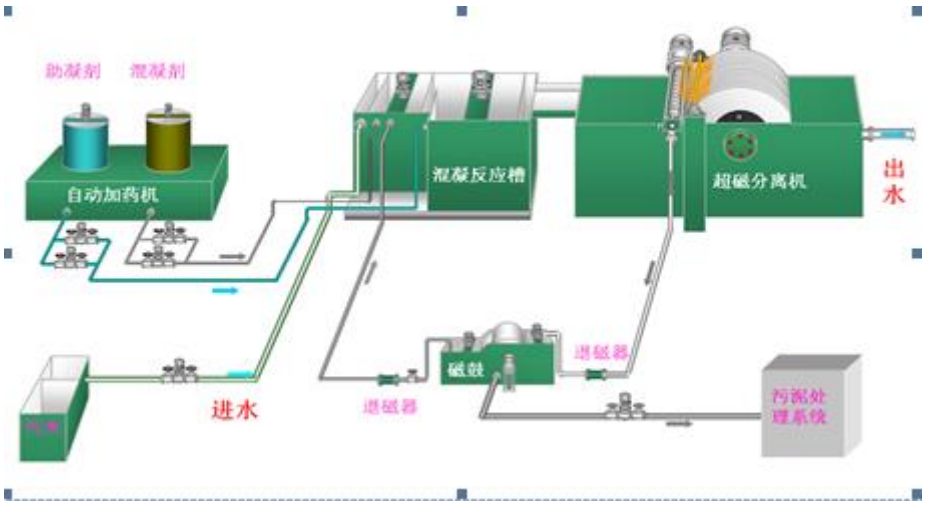


图 1 煤矿矿井水超磁分离井下处理技术工艺流程图

五、主要技术指标

主要适用于直径为 0.2-0.3mm 以下煤粉的提取和回收。

1.SS≤25mg/l；

2.COD≤50mg/l；

3.石油类油≤5mg/l；

4.PH：6-9；

5.煤泥含水率≤30%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术 2010 年 7 月通过四川省科技厅组织的成果鉴定，综合技术水平达到国际先进。“超磁分离技术在矿井水井下处理中的应用”于 2012 年 10 月通过中国煤炭工业协会成果鉴定，并在山东新巨龙能源公司龙固煤矿 810m 矿井水处理工程、山东新汶矿业集团协庄煤矿 300m 矿井水处理工程、山东新汶矿业集团赵官煤矿 471m 矿井水处理工程等进行了实际应用。

七、典型应用案例

应用单位：山东新汶矿业集团协庄煤矿

技术提供单位：四川环能德美科技股份有限公司

节能改造情况：节能改造前，分别由井下四个水仓向地面排放，漳村煤矿井下四个水仓，每年至少清挖一次，每个水仓清挖需 45 天左右，人工清挖水仓效率低且存在一定安全隐患，同时需要大量人员、材料的投入。排水泵百米吨水电耗为 0.506kWh。节能改造内容：取消井下沉淀池，直接将矿井水引入超磁分离处理系统，实现泥水分离，清水上井，泥饼直接随原煤皮带输送系统升井。主要设备为超磁分离机、磁种循环回收设备、污泥脱水设备。

节能效果：工程运行后，矿井水抽出地面的吨水电耗明显降低，节约了电费；产生的洁净矿井水可直接回用，节约水资源开采费；减少了污水排放，节约了排污费；由于矿井水质提高，减少了对井下排水泵的腐蚀，节约了水泵维修、更换费用；煤泥水经处理后进入水仓，基本没有污泥沉淀，水质清澈；煤泥高效回收产生收入并节约了井下沉淀池清仓所需的人力物力。节能 2280tce/a。

经济效益：节能技改投资额 600 万元，建设期 1 年，年产生经济效益 401.21 万元。投资回收期 1.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力达到 12%，总投资额 12.54 亿元，年节能能力 48 万 tce/a，二氧化碳减排能力 126 万 tCO_2/a。

5 超低浓度煤矿乏风瓦斯氧化利用技术

一、技术名称：超低浓度煤矿乏风瓦斯氧化利用技术

二、技术所属领域及适用范围：煤炭行业 乏风、超低浓度瓦斯以及垃圾填埋场等排出的低浓度甲烷或其它挥发性有机化合物

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

煤矿通风瓦斯俗称“乏风”，所含甲烷浓度在0.75%以下。据统计，我国煤矿每年排放的甲烷中，矿井乏风占80%左右，约为150亿m^3，其产生的温室气体效应约为2亿tCO_2当量。乏风回收利用的技术问题一直没有得到很好的解决，大量乏风直接排放不仅浪费了能源，而且对环境也会产生不容忽视的影响。目前该技术可实现节能量3万tce/a，减排约8万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该技术采用逆流氧化反应技术（不添加催化剂）对煤矿乏风中的甲烷进行氧化反应处理，也可将低浓度抽排瓦斯兑入乏风中一并氧化处理，提高乏风的利用效率。氧化装置主要由固定式逆流氧化床和控制系统两部分构成。通过排气蓄热、进气预热、进排气交换逆循环，实现通风瓦斯周期性自热氧化反应。同时，通过采用适合在周期性双向逆流冷、热交变状态下稳定可靠提取氧化床内氧化热量的蒸汽锅炉系统，产生饱和蒸汽用于制热或产生过热蒸汽发电。

2.关键技术

（1）蜂窝陶瓷组合式大尺度立式氧化床技术；

（2）乏风流量分配技术；

（3）加热启动技术；

（4）大通径整体式角行程乏风气体换向技术；

（5）瓦斯氧化热量提取技术；

（6）乏风瓦斯浓度调节技术；

（7）氧化床温度场准稳态控制技术。

3.工艺流程

工艺流程见图1所示。

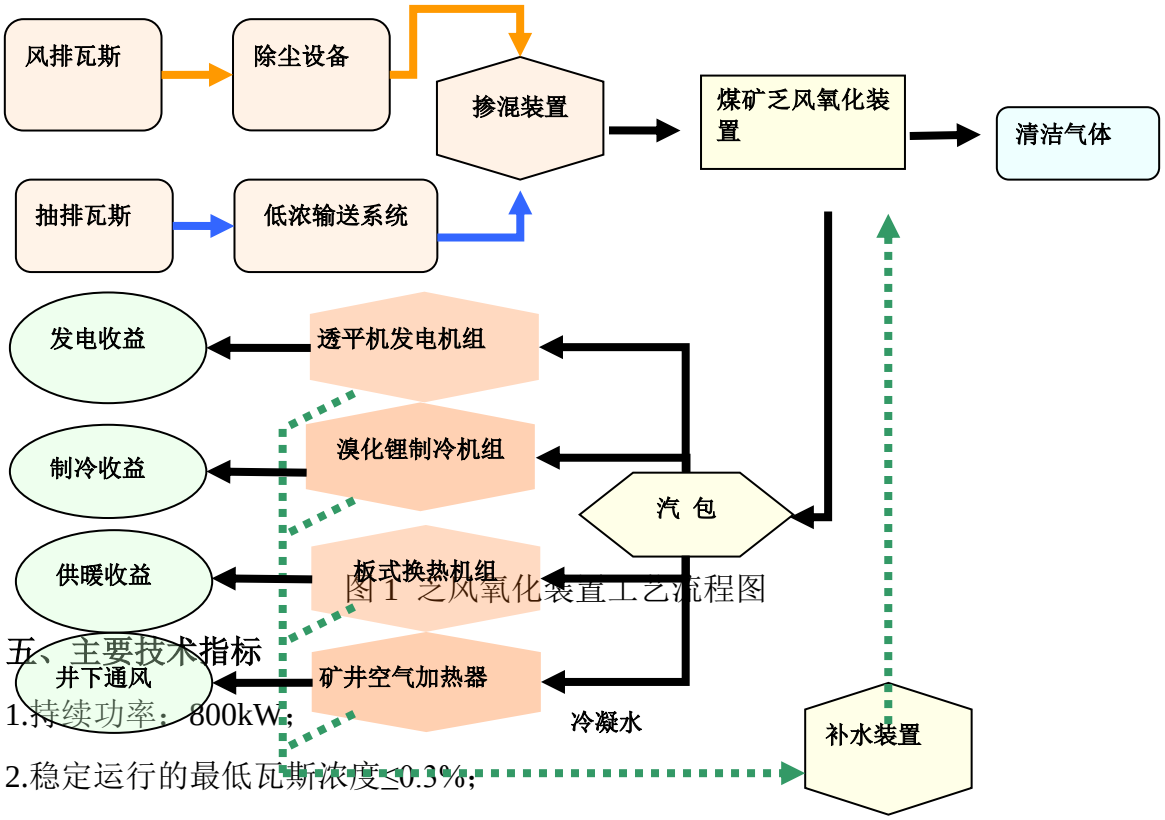


图1 乏风氧化装置工艺流程图

五、主要技术指标

1.持续功率：800kW；

2.稳定运行的最低瓦斯浓度≤0.3%；

3.甲烷氧化率≥97%；

4.进出口气体温差≤40℃；

5.进出口气体阻力损失≤4000Pa；

6.换向阀切换耗时≤3 秒；连续工作 3 个月；故障低于 2 次。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术在研发过程中共获得发明专利 6 项，实用新型专利 13 项。2010 年 11 月 27 日，“40000m^3/h 立式煤矿乏风瓦斯氧化装置”项目通过了由中国煤炭工业协会组织的技术鉴定会。2012 年，“煤矿乏风瓦斯氧化利用关键技术与设备开发”通过了国家“863 计划”课题验收。

2010 年，40000m^3/h 乏风氧化装置在冀中能源集团邯郸矿业集团有限公司下属的陶二煤矿进行了长达 8 个月的工业示范性运行。2012 年上半年，60000m^3/h 乏风氧化装置在邯矿集团下属煤矿进行了为期三个月的试运行，并成功制取了稳定的过热蒸汽，可以配套汽轮机发电。这些示范项目的成功运行，表明了目前国内乏风氧化装置的技术已经基本成熟，可以进行推广应用。

七、典型应用案例

应用单位：邯郸矿业集团有限公司聚隆煤矿

技术提供单位：淄博淄柴新能源有限公司

节能改造情况：项目建设以 1 台 40000m^3/h 乏风氧化装置为核心设备的乏风瓦斯氧化利用示范工程，项目工程总占地面积约 1500m^2，其中建设厂房 500m^2。

节能效果：1 台 40000m^3/h 乏风氧化装置实现每小时销毁乏风 4 万 m^3，生产蒸汽 3t，发电 510kW，设备年运行 7200 小时，每年节约 812.7tce。

经济效益：项目投资约为 1100 万元，每年收益 150.9 万元，投资回收期约为 6.6 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术推广比例可达到 5%，可形成的年节能能力为 14 万 tce，年碳减排能力为 37 万 tCO_2。

6 皮带机变频能效系统技术

一、技术名称：皮带机变频能效系统技术

二、技术所属领域及适用范围：煤炭行业 适用于煤矿地面及井下有瓦斯、煤尘爆炸危险环境，也适用于煤炭、冶金、化工、建材、粮食、运输等环境，作皮带机顺序控制、监控皮带各项保护用及多电机驱动功率平衡。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

在大中型煤矿企业的生产中，需要大量使用皮带运输机（以下简称皮带机）来完成煤炭的输送。传统运输控制方法是以中央控制器PLC通过变频器控制各条皮带机的启停顺序，当皮带机达到额定带速后，变频器会失去对电动机的控制作用，皮带机将按照设计带速恒速运行，从而在空载、轻载等情况下造成电能的浪费。

目前国内大型矿业集团的吨煤生产综合耗电量约为40kWh（最高达80kWh），选煤耗电量约为8kWh/t，中小型矿业集团受资源条件和生产设备的限制，能耗更高。

目前该技术可实现节能量 8 万 tce/a，减排约 21 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

皮带变频能效系统在胶带输送机上安装料流传感器，通过PLC网络系统智能检测和计算胶带上运送煤炭的情况，并与变频器相配合，实现皮带机的节能运行，最大程度地降低皮带机的无功损耗，提高皮带输送机的整体运行效率。该能效系统是集保护与节能控制于一体的电控系统，将控制系统、保护系统、通讯系统和视频监控系统融合到一起，构成一个完整的操作、调度、保护及监视网络，通过多级驱动功率平衡技术，保证多台电机运行时出力一致，实现对整个运输系统的优化运行控制。

2.关键技术

（1）PLC 网络系统智能检测和计算、整个运输系统的遥控、遥测、遥信、遥调；

（2）变频多机拖动功率平衡及多条皮带协动；

（3）地面到井下多条皮带及远距离协调连动实现“煤多快转，煤少慢转”、“顺煤流起车”、“有煤开车，无煤停车”。

3.工艺流程

工艺流程见图 1。

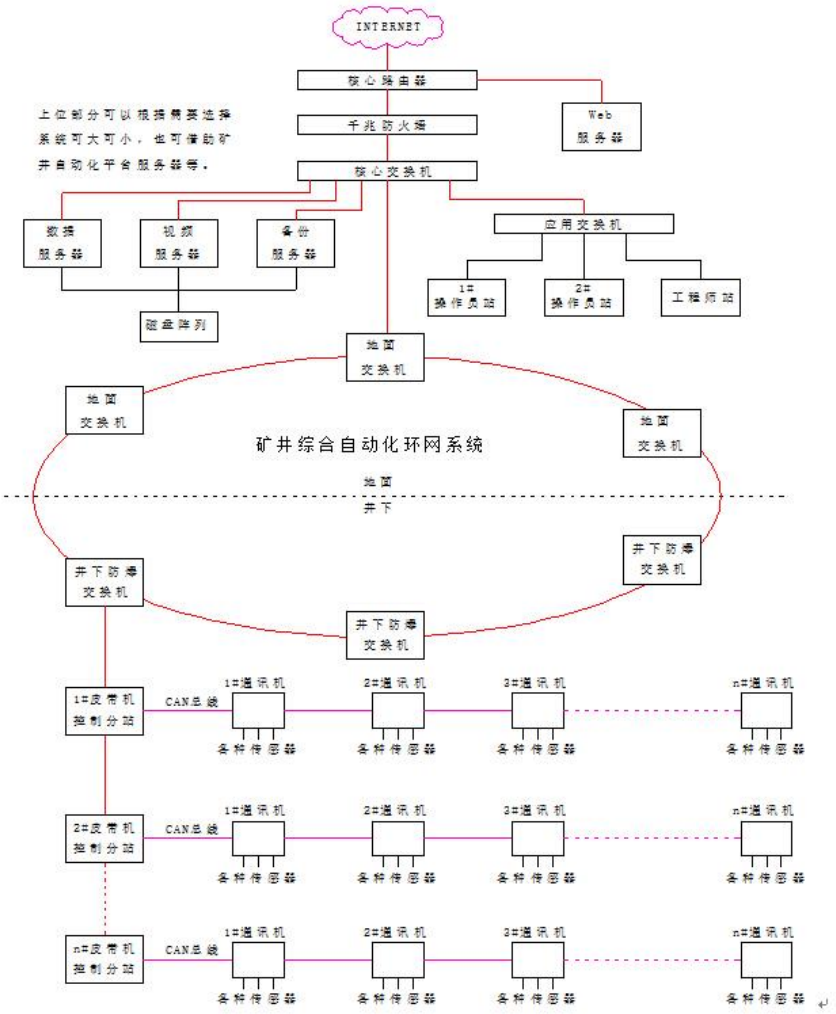


图 1 皮带机变频能效系统工艺流程图

五、主要技术指标

1.具有过负载能力，能在 150%额定输出下维持 1 分钟；

2.变频器零速运行时，变频的启动转矩大于 1.5 倍额定转矩；

3.在 20%-100%的负载变化情况内达到或超过 0.95 的功率因数，并且电流谐波少，无需功率因数补偿/谐波抑制装置；

4.内置功率平衡调节，可与各类变送器形成闭环控制系统；

5.变频器可以采用就地起动、停止控制方式，也可以利用 PLC 或外部其他设备进行远程控制；通过通讯（RS485、Modbus、Profibus），可同时控制 32 台变频器主机，从机可更多。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

目前，变频器已经在煤矿行业中得到广泛的应用，尤其是在主扇风机、局扇风

机、提升机、压风机、渣浆泵等负载，其节能效果显著。但在皮带机领域将变频调速、信息化技术、自动化技术相结合，最终实现皮带机的低能耗运行的技术，目前并未得到大范围应用。皮带机变频能效系统在借鉴国外先进技术的基础上，整合了相关领域的技术，开发出自动化程度高，安全可靠的皮带输送系统，可在煤炭、冶金、电力、化工、建材等众多领域广泛应用，具有较大的节能潜力。

七、典型应用案例

典型案例 1：陕西崔家沟煤矿项目

技术提供单位：中煤科创节能技术有限公司

建设规模：200 万 t 产能。主要技改内容：主运皮带(一条)能效优化。主要设备为皮带机变频系统等。技改投资额 300 万元，建设期 1 个月。年节能量 12000tce（设备寿命 20 年），年减排量 31680tCO_2。年节能经济效益为 150 万元，投资回收期 2 年。

典型案例 2：吉林通化八宝煤矿项目

技术提供单位：中煤科创节能技术有限公司

建设规模：300 万 t 产能。主要技改内容：主运皮带(一条)能效优化。主要设备为皮带机变频系统等。技改投资额 350 万元，建设期 1 个月。年节能量 13100tce，年减排量 34584tCO_2。年节能经济效益为 146 万元，投资回收期约 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

皮带机变频能效系统具有提高生产效率、调速节能、降低事故率、减少故障处理时间、减少现场操作人员等优点，与CST相比，避免了油污染环境，降低起动冲击延长设备寿命，具有较好的节能经济效益。预计未来5年，该技术在矿山皮带机中可推广至40%，形成的年节能能力约为30万tce，年碳减排能力79万tCO_2。

7 全粒级干法选煤节能技术

一、技术名称：全粒级干法选煤节能技术

二、技术所属领域及适用范围：煤炭行业 矿井煤炭一次性全粒级分选加工

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

在煤炭采掘过程中，矸石、硫分等矿物杂质被同步采出。由于煤质、粒径、含水率等不同条件的影响，现有技术不能满足井口一次性去灰、脱水、分级的需要，造成能源、运力浪费和环境污染。该技术分别采用复合式干法选煤、X 射线智能分选、振动混流煤炭脱水和粉煤无粘接剂成型等技术，实现井口一次净选分级加工，具有较大的节能潜力。

四、技术内容

1．技术原理

采用 X 射线智能物理识别技术，对≥80mm 以上的大粒煤炭实施智能分选；对≤80mm 的煤炭采用复合式干法选煤技术；同时，集成煤粉成型工艺，实现煤泥及粉煤在无任何粘结剂条件下压块成型，提高粉煤的热效率。通过设备集成，可实现井口混煤全粒级一次净选，吨煤节电可达 2.17kWh。

2．关键技术

（1）利用X射线对煤与矸石的精确识别技术，实现80mm以上大粒径煤炭智能分选；

（2）细粒粉煤无任何粘接剂条件下的成型工艺设计，使型煤落下强度＞50%；

（3）复合式干法选煤设备处理能力单机达到500t/h时，通过床面及整机抗应力计算，实施整体去应力退火，提高其强度和刚度，实现稳定运行；

（4）全粒级分选机集成设计，实现原煤全粒级一次净选。

3．工艺流程

全粒级干法选煤工艺流程如下图所示，分为原煤准备、块煤智能分选、复合式干选和煤粉无粘结剂成型等四部分。如原煤含水量较高，可根据用户需求，在成套设备中集成洒落式振动混流煤炭干燥设备，以提高煤质和分选效率。

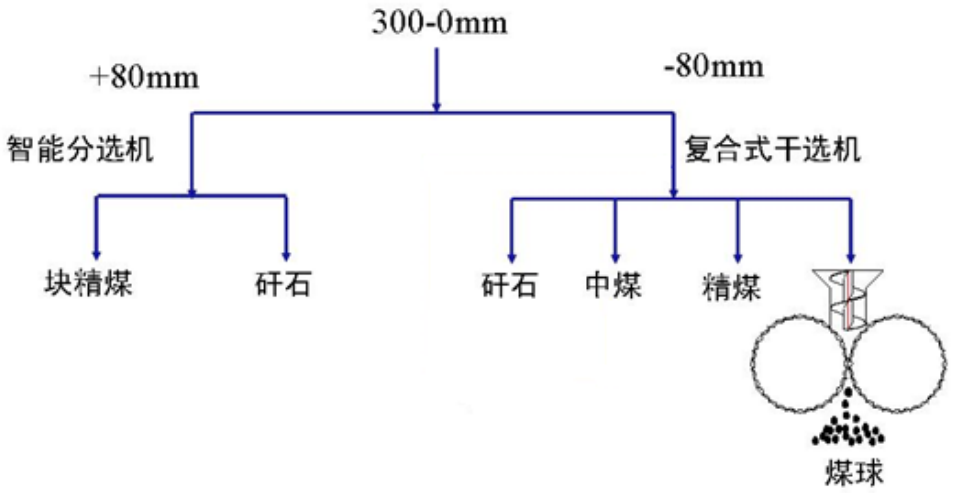


图 1 全粒级干法选煤设备工艺流程图

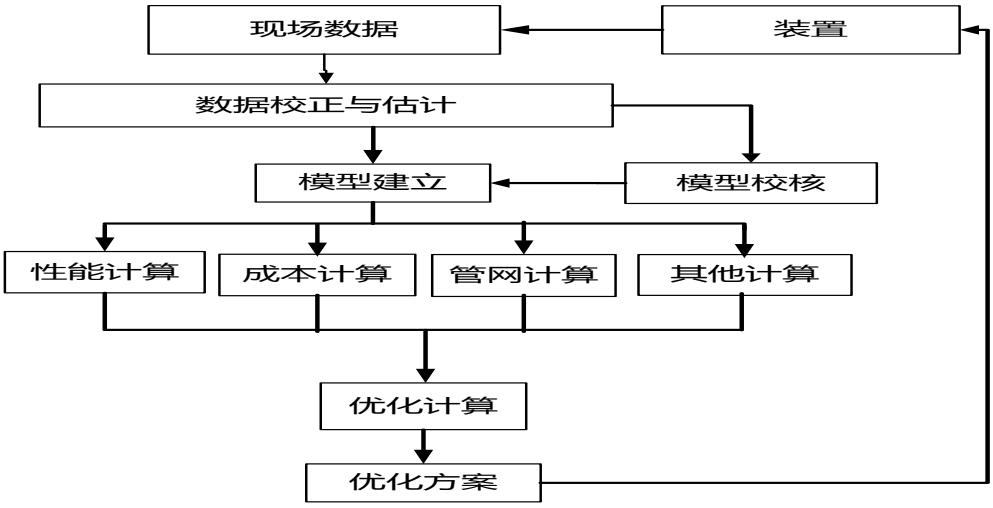


图 2 全粒级干法选煤设备结构简图

五、主要技术指标

1．入料粒度范围较宽，300～0mm 全粒级入选；

2．单机处理能力达 500t/h；

3．分选精度 Ep＞0.13～0.23,数量效率＞95%；

4．无粘结剂煤粉成型机成型率＞90%，落下强度＞50%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家授权专利 5 项,其中发明专利 3 项,实用新型专利 2 项；2016 年先后获得中国煤炭工业科学技术奖一等奖、河北省人民政府科技进步三等奖。目前，已在鄂尔多斯市转龙湾煤矿、徐矿集团新疆天山矿、神华集团等国内煤炭企业应用，并已推广应用到美国太阳能源集团鹰河煤炭公司、俄罗斯乌苏里克东方矿、哈萨克斯坦萨雷郭尔斯基露天矿等国家和地区。

七、典型应用案例

典型用户：鄂尔多斯市转龙湾煤炭有限公司、徐矿集团新疆天山矿业有限公司以及神华集团所属煤矿等。

典型案例 1

案例名称：鄂尔多斯市转龙湾煤炭有限公司 600 型全粒级干法选煤项目

技术提供单位：唐山市神州机械有限公司

建设规模：600 型全粒级干法选煤系统，处理能力 300 万 t/a。建设条件：新建 300 万 t/a 干法选煤厂，占地面积 8000m^2，项目为露天生产，无需基建设施，配电利用原 500 万 t/a 淘汰选煤厂电力系统。主要技改内容：新建全粒级干法选煤厂，处理能力 300 万 t /a。主要设备：全粒级干法选煤系统。节能技改投资额 2430 万元，建设期 3 个月。项目可实现年节能量 2275tce，碳减排量 5332tCO_2。年节能经济效益为 597 万元，投资回收期约 6 个月。

典型案例 2

案例名称：徐矿集团新疆天山矿业有限公司全粒级干法选煤项目

技术提供单位：唐山市神州机械有限公司

建设规模：新建 150 型全粒级干法选煤系统和 400 型全粒级干法选煤系统，处理能力分别为 60 万 t/a 和 200 万 t/a。建设条件：新建 260 万 t/a 干法选煤厂，占地面积 5200m^2，项目为露天生产，无需基建设施。主要技改内容：新建全粒级干法选煤厂，处理能力 260 万 t /a。主要设备：150 型和 400 型全粒级干法选煤系统。节能技改投资额 2236 万元，建设期 3 个月。项目可实现年节能量 1800tce，碳减排量 4200 tCO_2。年节能经济效益为 471.7 万元，投资回收期约 8 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

煤炭洗选加工产业规模较大，年原煤处理需求可达 30 多亿 t，2015 年整体行业规模接近 1500 亿元。原煤洗选加工是节约能源、降低污染物排放的最经济有效的技术措施，节能减碳潜力巨大。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例将达到 40%，预计处理原煤约 8.32 亿 t，总投资 66.56 亿元，可形成的年节能能力约为 60 万 tce，碳减排量 137 万 tCO_2。

8 变频器调速节能技术

一、技术名称：变频器调速节能技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 主要用在起重机械、纺织化纤、油气钻采、 冶金、石油石化、煤炭、电梯、建材、电力、市政、食品饮料和烟草、塑胶、机床、造纸印刷等领

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前国内带变动负载、具有节能潜力的电机至少还有 1.8 亿 kW。近年来，我国变频器市场需求正保持着 22%-30%的增长率。目前该技术可实现节能量 90 万 tce/a，减排约 238 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

对电动机的控制方式有：V/f、SVC、VC、DTC 等；有滑模变结构，模型参考自适应技术；有模糊控制、神经元网络，专家系统和各种各样的自优化、自诊断技术等。

（1）实现高水平的控制 ；

（2）开发清洁电能的变流器，网侧和负载侧有尽可能低的谐波分量；

（3）缩小装置的尺寸，功率和控制元件具有高的集成度；

（4）高速度的数字控制，数字控制模板有足够的实现各种控制算法；

（5）模拟与计算机辅助设计（CAD）技术。

2．关键技术

基于转子磁场定向的真正无速度传感器矢量控制技术。

3．工艺流程

在工业现场应用变频器重点考虑的是过载能力和精度控制，研发选取可以测试和校准输出电流与转矩的交流电力测功机系统，为产品性能提高提供保障。同时加强高温老化试验，加强散热处理，为产品的稳定可靠提供了保障。

五、主要技术指标

速度控制精度：±0.5%（无速度传感器）、±0.05%（有速度传感器）；

转速波动：±0.5%（无速度传感器）、±0.2%（有速度传感器）；

转矩响应时间：20ms（无速度传感器）、5ms（有速度传感器）；

调速范围：1：200（无速度传感器）、1:1000（有速度传感器）。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

国内变频调速产品已达到国际同类产品先进水平。国内变频调速产品其性能良好，能保证本地化的长期服务；产品应用广泛，性价比高，节能减排效果显著，能尽快收回投资；国内品牌在不断成长，已从国产化走向国际化，随我国主机产品配套出口许多国家；并正在市场竞争中克服不足。国外产品在国内比重已降至 50%以下，国外产品如果没有完全本土化，就无法从根本上解决在成本和服务方面的问题，国内企业已获得长足发展的机会。

七、典型应用案例

案例应用单位：湖南资兴市高塘民生选矿厂

技术提供单位：北京阿启蒙技术有限公司

建设规模：在破碎机、球磨机、搅拌机、复选机环节做节能改造。主要技改内容：配置 1 台 315kW，2 台 220kW，2 台 110kW 变频器，根据负载的情况，自动做变频调速。年节能量 100tce。经济效益：节能改造一期投资 18.8 万元，购进 5 台变频器，改造前每个月电费 25 万元，节能率 12%，每个月节省费用 3 万元，投资回收期 7 个月。后续每年仅有大约 5%的设备维护费用，约 0.94 万/年，设备使用寿命 5 年以上。

八、推广前景及节能减排潜力

未来 5 年，预计该技术可推广到 40％，节能能力可达 180 万 tce/a，减排能力达 475 万 tCO_2/a。

9 火电厂凝汽器真空保持节能系统技术

一、技术名称：火电厂凝汽器真空保持节能系统技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 火力发电机组，以及冶金、水泥、化工、环保等行业余热发电机组

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

凝汽器承担了汽轮机排汽和冷却水（江水、河水、海水等）的热交换，凝汽器冷却管内形成的污垢不仅对换热效率产生影响进而降低汽轮机的效率，而且易使凝汽器产生腐蚀穿管、真空恶化等，严重影响汽轮机的经济安全运行。目前该技术可实现节能量 26 万 tce/a，减排约 67 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

汽轮机凝汽器真空保持节能系统（以下简称“VUES”）是利用胶球清洗。它能在不停机的情况下自动清除凝汽器污垢，长期保持 95%以上的收球率。正常运行后凝汽器清洁度提升并长期保持在 0.85 以上，从而提高机组性能，降低汽轮机能耗。

2．关键技术

（1）凝汽器真空保持节能VUES技术。VUES的原理为依靠压缩空气作为动力，在微电脑控制程序的控制下，间歇地将清洁球瞬间同时一次性发射入凝汽器的入口，对凝汽器所有的冷却管进行擦拭清洗，清洗后的胶球由回收装置收回；

（2）高效自动反冲过滤器HEAF。能有效的解决发电厂凝汽器冷却管补充水杂物造成污垢等的问题，并能长期保持清洁，具有显著的节能减排效果；

（3）冷端优化节能监控系统COS-8000。结合冷却塔节能改造，循环水泵节能改造，凝汽器节能改造等于专业节能诊断后组合方案，在确保机组安全运行的前提下，通过计算机、通讯、智能控制等先进技术实现对冷端系统的运行状况及能效进行实时监测及节能统计分析，根据汽机运行的不同工况，对冷端系统的运行数据进行分析的基础上，对冷端系统的运行进行优化，使机组达到并保持最佳真空的同时，降低冷端系统的能耗，从而实现机组综合能耗最低和节能量的长期保持；

（4） 冷端优化系统。汽机冷端系统节能整体解决方案是以优化汽机冷端系统的运行、提升真空、降低汽机煤耗和冷端设备用电率为目标，以前述的核心技术为

基础，针对目前汽机冷端系统存在的问题进行勘察分析，提出的综合解决方案。

3．工艺流程

凝汽器及真空系统凝汽器传热性能真空严密性凝结水系统诊断循环水系统凝汽器清洁度凝汽器汽阻(水阻)凝汽器过冷度真空泵运行状态循环水泵性能凝结水泵性能循环水系统阻力特性凝结水系统阻力特性凝结水杂用水分配冷端性能诊断

凝汽器真空保持系统与凝汽器冷却水系统一同工作。其工艺流程为每隔30-60min清洗运行一次，每次的清洗流程包括：压缩空气储气罐加压，压力释放，发球装置瞬间将胶球发射入凝汽器入口，众多数量(等同于凝汽器单侧入水室冷却管数量)的胶球对凝汽器冷却管进行清洗，清洗过后，胶球通过回收装置被收集回主体柜中的集球器，启动主体柜内的胶球清洁程序，对胶球进行清洗去污，随后一次清洗流程结束。其工艺流程见图1。

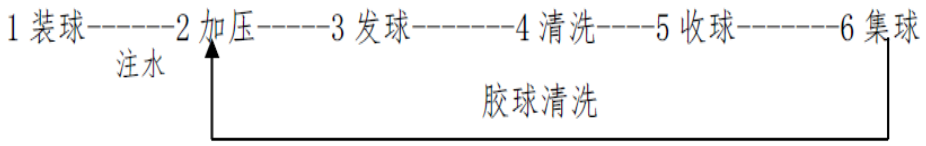


图1凝汽器真空保持系统工艺流程图

五、主要技术指标

1.收球率长期保持 95%以上；

2.长期保持凝汽器所有冷却管清洁；

3.彻底免除停机人工清洗；

4.凝汽器端差显著下降，有望保持在 3-5℃以内（设计水温下）；

5.凝汽器真空度明显提升并保持在理想真空值；

6.平均降低汽轮机煤耗 2-4g/kWh。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术为行业内“蓝海”项目，具有“四唯一体支撑”体系，即创新的节能技术体系，强大的资金支持体系，市场化的运作体系，可靠的项目运营体系。在国内具领先水平。已获得国家 10 项专利，并已在 4.5MW、6MW、9MW、15MW、60MW、150MW、300MW、600MW 等各种规模，数十台机组上得到成功应用，设备安装简便，系统运行可靠，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型案例 1：大唐华银株洲发电有限公司 3#、4#机组凝汽器真空保持节能项目

技术提供单位：深圳市世能科泰能源管理技术有限公司

项目背景：该企业 3#、4#机组（2×310MW）的循环冷却水系统采用是开式系统，冷却水取自江水，水质较差，主要杂物为污泥、水草、藻类、鱼虾、贝类，机组原先安装有传统胶球清洗装置，基本能正常投运，收球率能维持在 90%以上，凝汽器装有二次滤网，但效果很差，无法有效清除杂物，尤其是夏季洪水季节，二次滤网网面严重堵塞，压差甚至达到 10kPa 以上，需多次半边隔离人工清杂和清洗，端差 4-6℃。经过改造，拆除原有胶球清洗装置和二次滤网，安装 VUES 和 HEAF。建设规模：3#、4#机组（2×310MW。主要技改内容：3、4 号机组凝汽器胶球清洗系统改造及冷端系统优化。节能技改投资额 800 万元。年节能量：6000tce，降低二氧化碳排放约 1.58 万 t/a，年节约费用 480 万元/年，投资回收期 2 年。

典型案例 2：华润江苏南热发电有限责任公司#2 机组凝汽器真空保持节能项目

技术提供单位：深圳市世能科泰能源管理技术有限公司

项目背景：该企业#2（600MW）的凝汽器冷却水系统采用闭式系统，抽取河水沉降后进行直接冷却，水中杂质多为污泥、纤维、塑料布、填料碎片等，极大影响了机组运行。凝汽器系统原来安装有胶球清洗装置，但装置收球率低，凝汽器冷却管污垢得不到正常清洗，每次打开人孔门可以明显观察到污垢，每年小修或者零检，均要对凝汽器进行人工高压水冲洗，冲洗过程中可见大量污泥。经过改造，拆除原有胶球清洗装置，安装凝汽器真空保持节能系统（VUES）和高效自动反冲二次滤网。建设规模：1×600MW 机组。主要技改内容：2 号机组凝汽器胶球清洗系统改造及冷端系统优化。经济效益：收球率全年长期保持 90%以上，凝汽器清洁系数从 0.581 提升并保持到 0.85 以上，在额定工况与负荷下，发电热耗率下降 50.698kJ/kWh，发电煤耗下降 1.875g/kWh，供电煤耗下降 1.968g/kWh，凝汽器和二次滤网彻底免除了停机人工清杂和清洗，系统水阻降低了 6.543kPa。在汽轮机组每年节省耗煤超过 6000t，年降低排放约 1.58 万 tCO_2。直接经济效益 480 万元/年。技改总投资 600 万元，回收期 2 年内。

八、推广前景及节能减排潜力

根据国家电监会数据统计，全国电力装机容量达到 10.6 亿 kW，成为世界第一电力装机大国。其中火电装机容量超过 8 亿 kW。单机容量 0.6 万 kW 及以上的机组约 7000 台，且约 90%容量机组采用水冷却。水冷机组采用开式冷却系统的约为 20%，

而另外 80%为闭式循环冷却。除火电机组外，水泥余热发电、冶金、化工等行业均有管式冷却系统，同样需要保持冷却水管内壁的清洁，因此均可以采用该技术。预计未来 5 年，国内推广份额达 20%左右，预计可形成节能 170 万 tce/a，二氧化碳减排能力达 449 万 t/a，直接经济效益约 13.6 亿元/年。

10 配电网全网无功优化及协调控制技术

一、技术名称：配电网全网无功优化及协调控制技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 县级供电企业（110kV 及以下电网无功协调控制）

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

国外主要提出了基于大电网的电压三级控制，没有涉及 110kV 及以下的配电网电压无功协调控制，与我国电网尤其是农网方式相差甚远，没有太大可比性和借鉴性。该技术在设计过程中贯穿的主题思想是首先通过对电网运行数据采集，然后经过优化计算，生成并执行协调控制策略或分析出电压不合格主要原因，最终确保优化对象即关键节点电压合格。配电网全网电压无功优化协调控制系统主要通过采集终端用户运行数据、配变运行数据、10kV 线路无功补偿设备运行数据、10kV 馈线调压器运行数据、变电站运行数据，从全局角度出发，经过优化分析计算，生成并执行对主变档位调整、变电站无功补偿设备投切、10kV 馈线调压器档位调整、10kV 线路无功补偿设备投切、配变无功补偿设备投切、配变档位调整综合协调控制策略，完成对变电站、线路、配变电压无功设备的集中管理、分级监视和协调控制，实现配网全网电压无功闭环控制，最大程度改善关键节点电压、关口无功功率因数。目前，仅有约 15%左右变频调速运行。目前该技术可实现节能量 2 万 tce/a，减排约 5 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

通过用户用电信息采集系统、10kV 配变无功补偿设备运行监控主站系统（基于 GPRS 无线通讯通道）10kV 线路调压器运行监控主站系统（基于 GPRS 无线通讯通道）、10kV 线路无功补偿设备运行监控主站系统（基于 GPRS 无线通讯通道）、县调度自动化系统（SCADA）系统采集县网各节点遥测遥信量等实时数据，进行无功优化计算，并根据计算结果形成对有载调压变压器分接开关的调节、无功补偿设备投切等控制指令，各台配变分级头控制器、线路无功补偿设备控制器、线路调压器控制器、主变电压无功综合控制器接收主站发来的 “遥控”指令，实现相应的动作，从而实现对配网内各公配变、无功补偿设备、主变的集中管理、分级监视和分布式控

制，实现配电网电压无功的优化运行和闭环控制。

2.关键技术

（1）以电压调整为主，同时实现节能降损

降损的前提是电网安全稳定运行及满足用户对电能质量的需求，在具体实施过程中，一个周期的控制命令可能既包含分接头调整，又包括补偿装置动作，如果分接头及补偿装置同属一个设备，则先调整分接头，下一周期再动作补偿装置。

（2）电压自下而上判断，自上而下调整

这一要求需要两种措施来保证：一是通过短期、超短期负荷预测，合理分配开关在各时段的动作次数；二是如果低电压现象在一个区域内比较普遍，则优先调整该区域上级调压设备。

（3）无功自上而下判断，自下而上调整

无功自上而下判断，如果上级电网有无功补偿的需求，应首先向下级电网申请补偿，在下级电网无法满足补偿要求的情况下，再形成本地补偿的控制命令。而控制命令的执行应自下而上逐级进行。如此，既能满足本地无功需求，又能减少无功在电网中的流动，最大限度降低网损。

3.工艺流程

变电站、线路、配变电压三级联调：基于配电网全网电压无功综合分析，自动生成变电站、线路、配变的电压无功协调控制策略并准确下发控制命令；具有闭环控制和开环控制两种运行方式。

五、主要技术指标

1.变电站、线路、配变电压无功三级联调；

2.电压无功监测范围可覆盖变电站、线路、配变、客户端；

3.可实现闭环控制，开环建议，提高电压无功控制水平。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2010 年 11 月份在安徽歙县供电公司挂网运行，通过了国家电网公司“低电压”综合治理现场会的检查，在国家电网公司办公厅 2010 年 12 月 31 印发的关于印发《农村“低电压”治理典型方法》的通知中，将该技术列为“低电压”治理典型方法之一，在 2011 年 3 月，作为国家电网公司科技部的重大科技项目“低电压综合治理技术研究”的子项目，选择在江西、辽宁、陕西应用建设，本系统是电压三级联调应用建设中的主站系统。在 2011 年 7 月，国家电网 2008 年版《农网重点发展应用

技术》将该技术列入了农网发展重点应用技术目录。2012 年在江西高安县供电公司的低电压治理中得到推广应用。2013 年在新疆阿克苏沙雅县供电公司，塔城和丰县供电公司的农网改造示范工程中得到推广应用。

七、典型应用案例

案例应用单位：安徽歙县供电公司

技术提供单位：北京电研华源电力技术有限公司

建设规模:选择安徽歙县供电公司 35kV 杞梓里变电站及梓里 196 线、198 线，确定三级联调试点范围。

建设条件：现安装的电压无功调控设备的调控判据仅依据安装点的测量值进行“各自为政”式的独立控制，电网各级调压与补偿设备的全网协调性不够，往往出现上级电网电压处于合格区间范围、下级电网调节手段已用尽而用户电压仍超限的情况，此时需依赖上级电网充分挖掘调节能力，实施上级电网与下级电网的自动协助调整，通过全网调节使末端电网；调压能力得到有力的补充与提升，由此提出实施三级电压协调控制来研究与探索进一步挖掘电网运行控制潜力的手段。

主要改造内容：（1）35kV 杞梓里站 10kV 母线电压调控及变电站无功补偿调节。（2）10kV 梓里 196 线路电容器控制、梓二配变分接头自动调节及低压电容器自动控制、梓二配变台区首末段电压监测。（3）10kV 梓里 198 线路电容器自动控制、小岫配变台区首末段电压监测。主要投入设备：配电网全网电压无功协调控制技术、电压无功调控设备。

节能技改投资额：50 万，建设期：3 个月，节能量折标准煤：年供电量 2 亿余 kWh 电，线损率降低 1.2 个百分点，每年节约 25 万 kWh 电，约 84tce。

节能经济效益：年节能 25 万 kWh 电，按 1kWh 电 0.5 元计算，折合人民币 12 万余元，投资回收期：4 年左右。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，技术在行业内推广比例达到 16%，总投入 5 亿元人民币，年节能能力 24 万 tce，年减排能力 63 万 tCO_2。

11 新型节能导线应用技术

一、技术名称：新型节能导线应用技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 110kV 及以上架空输电线路

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，架空导线的导体材料都采用电工铝。因铝线材料的基本特性，我国架空导线铝导电率为 61%IACS（以电工退火铜的体积电阻率 $\rho=0.017241\Omega\cdot mm^2/m$ 为 100%IACS）。根据中国电力企业联合会统计数据，2010 年我国输配电线损电量达 1710 亿 kWh，全国输配电线损率为 5.98%，折合 5985 万 tce。目前该技术可实现节能量 5 万 tce/a，减排约 13 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

节能导线是指在等外径（等总截面）条件下，直流电阻比普通钢芯铝绞线更小的导线。目前，适合进行大规模推广应用的节能导线主要包括钢芯高导电率铝绞线、铝合金芯高导电率铝绞线和中强度铝合金绞线。

钢芯高导电率铝绞线以多根镀锌钢线为芯，外部同心螺旋绞多层高导电率硬铝圆线。与普通钢芯铝绞线相比，钢芯不变，有效降低了绞线整体的直流电阻。

铝合金芯高导电率铝绞线是以多根同心绞铝合金线为芯，外层同心绞合一层或多层高导电率铝线构成。与普通钢芯铝绞线相比，具有损耗小、耐腐蚀、年费用低等优点。

中强度铝合金绞线全部采用 58.5%IACS 中强度铝合金线，与普通钢芯铝绞线相比，导线整体直流电阻降低，降低了输电线路的损耗。

2.关键技术

（1）钢芯高导电率铝绞线：考虑导线材料中各元素对导电率的影响，控制各元素的比例，运用 TiC 等专用细化剂对晶粒进行细化及强化，合理设计模具和压缩率，减少拉拔工艺增加的残余应力，同时采用型线的拉拔及绞制工艺的控制，确保生产过程中型线不翻转、不翘边；

（2）铝合金芯高导电率铝绞线和中强度铝合金绞线：通过铝基体的合金化的配方组合，及加工工艺及热处理的控制，使其导电率、强度、延伸率上得到明显提高。

3.工艺流程

三种节能导线工艺流程分别见图 1、图 2 和图 3。

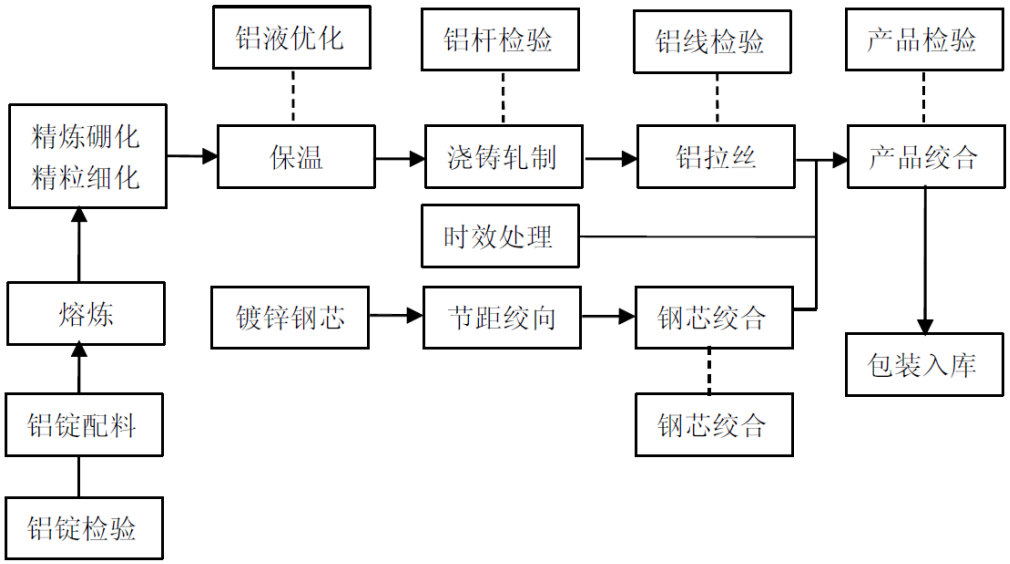


图 1 钢芯高导电率铝绞线主要工艺流程图

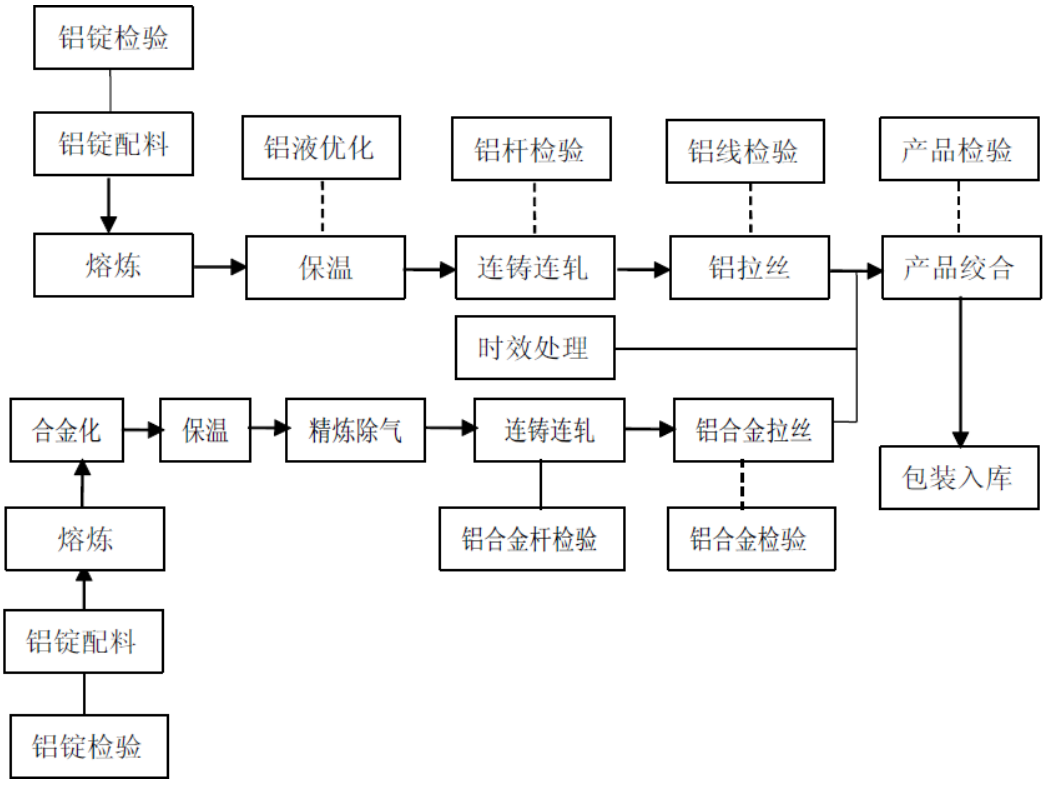


图 2 铝合金芯高导电率铝绞线主要工艺流程图

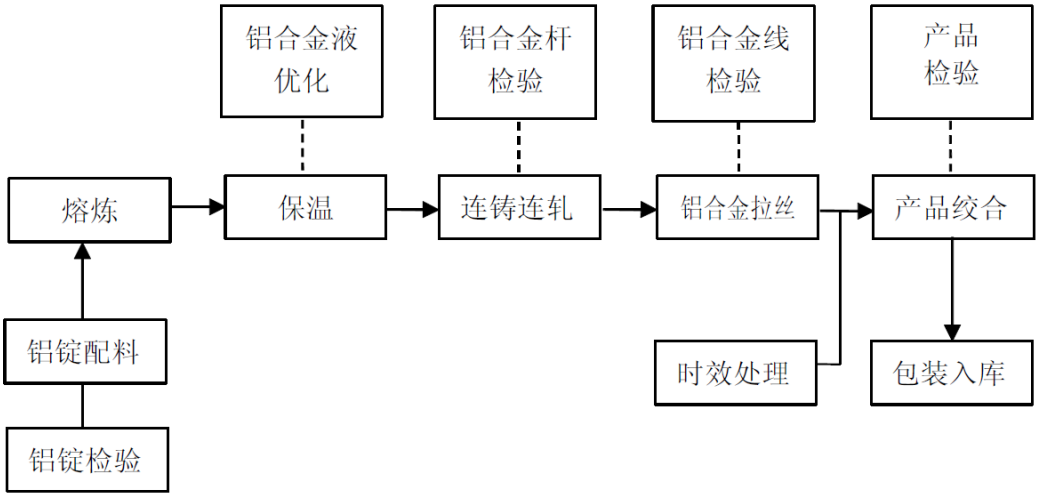


图 3 中强度铝合金绞线主要工艺流程图

五、主要技术指标

在等外径条件下，与普通钢芯铝绞线相比，三种节能导线的弧垂特性、电磁环境、表面电场强度、可听噪声和无线电干扰水平基本相同，但在电能损耗方面有降低幅度较大。

钢芯高导电率铝绞线与普通钢芯铝绞线相比，电能损耗降低约 3%。以导线单位长度计算，钢芯高导电率铝绞线价格比普通钢芯铝绞线高 6%-14%。

铝合金芯高导电率铝绞线与普通钢芯铝绞线相比，电阻降低约 5%左右；以导线单位长度计算，铝合金芯高导电率铝绞线价格比普通钢芯铝绞线高 4%-10%。

中强度铝合金绞线与普通钢芯铝绞线相比， 导线截面小于等于 400/50 时，电能损耗低约 7%左右，导线截面大于 400/50 时， 电能损耗约低 5%。以导线单位长度计算，中强度铝合金绞线价格比普通钢芯铝绞线高 8%-15%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

通过中国电机工程学会鉴定，居国际先进水平，并获得中国电科院科技进步奖二等奖，线型气动特性分析居国际领先水平。国家电网公司先后三批次选取 980 项工程开展试点应用，目前已有 30 项工程投运。我国于 2012 年开始应用三种节能导线替代普通钢芯铝绞线。节能导线可提高导电能力，减少输电损耗，达到节能效果。

七、典型应用案例

案例应用单位：句容-茅山 500kV 改造线路工程

技术提供单位：中国电力科学研究院

建设规模:选择安徽歙县供电公司 35kV 杞梓里变电站及梓里 196 线、198 线，确定三级联调试点范围。

主要技改内容：线路全长约 65.358km，导线截面为 4×630 mm^2。全线杆塔采用通用设计 5E1（直线塔）和 5E3（耐张塔）模块，其中耐张塔比例为 27.9%。线路路径经过镇江的句容、丹徒、丹阳和常州的金坛市。沿线的地形为：平地 70％、泥沼地 20％、河网 10％。系统额定电压 500kV，最高运行电压 550 kV，功率因数 0.95，最大负荷利用小时数 5500 小时。系统单回正常输送功率 2000MW，极限输送功率 3325MW。主要设备: 工程设计初期经评审推荐采用 JL3/G1A-630/45 高导电率钢芯铝绞线。节能技改投资额：线路选用节能导线型号为 JL3/G1A-630/45 高导电率钢芯铝绞线， 2014 年 JL3/G1A-630/45 高导电率钢芯铝绞线平均中标单价较普通钢芯铝绞线高 0.3 万元/公里，线路按照单回路 4 分裂计算，则投资增加 235.3 万元，建设期：13 个月，采用节能导线后，线路的电能损耗降低约 2.2%，年节约电能 221.48 万 kWh。按照上网电价 0.455 元/度计，产生直接经济效益约为 100.78 万元，年节约燃烧标准煤约 885.93t，减少 CO_2 排放量约 2208.18t。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，新型节能导线工程投运数量预计达到 2000 项左右，则每年节约电量约为 128262.24 万 kWh，产生直接经济效益约为 49764.18 万元，节约燃烧标准煤约 51 万 t，减少 CO_2 排放量约 135 万 t，需增加投资额 46 亿元。

12 超临界及超超临界发电机组引风机小汽轮机驱动技术

一、技术名称：超临界及超超临界发电机组引风机小汽轮机驱动技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 火电厂

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

当前，我国电力行业节能环保标准日趋提高，要求电厂的脱硫系统与机组同时建设同时投产，引风机与脱硫增压风机合并将成为必然的发展趋势。对于超临界及超超临界燃煤发电厂机组，引风机与脱硫增压风机合并后驱动功率将达到8000-10000kW。若采用常规的电动机驱动，电机容量增大后将带来厂用电的增加、启动电流过大导致厂用电电压短时过低等问题。目前该技术可实现节能量 6 万 tce/a，减排约 16 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用小汽轮机代替电动机驱动引风机方案，通过对汽轮机驱动引风机方案的可行性、可靠性、工艺方案、控制方案、节能效益的研究，结合引风机的转速和功率要求，对凝汽式汽轮机配套技术特点进行研究，经过技术经济的分析比较，确定最佳替代电机驱动的方案。

2.关键技术

（1）小汽轮机代替电机驱动引风机；

（2）引风机与增压风机合并的联合风机节能优化方案；

（3）采用国产二级变速齿轮型，变传动比为7.3；联轴器“柔性连结”及两级变速；

（4）轴系振动研究；

（5）小汽轮机驱动引风机的全程自动化过程控制。

3.工艺流程

该技术的系统原理见图 1。

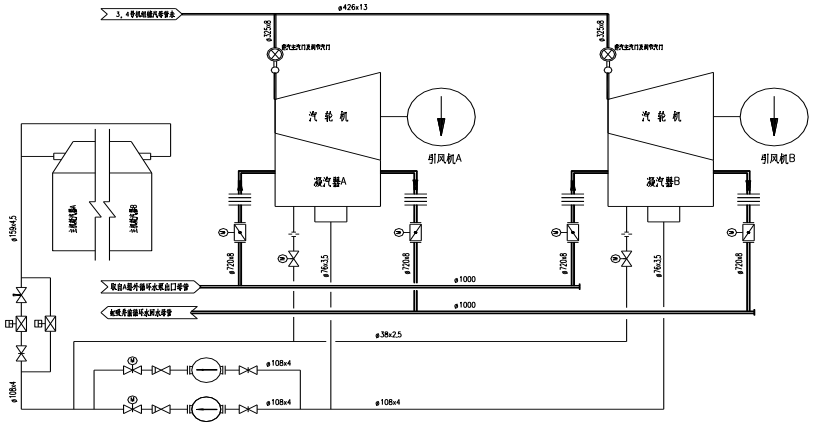


图 1　超临界及超超临界发电机组引风机小汽轮机驱动技术系统简图

五、主要技术指标

1.厂用电率由联合风机前的4.22%降低至3.10%；

2.减少烟风道30m以上，烟道阻力明显降低，综合供电标煤耗降低0.47-0.90g/kWh。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已于2010年12月在华能海门电厂3号机组投运，设备运行稳定可靠，运行参数达到设计要求，节能效果明显。目前，国内电力行业引风机汽轮机驱动技术已开始大量采用，北仑电厂7#机组（1000MW）于2011年5月改造后（电机驱动改为汽轮机驱动，背压）投运，6#机组计划于2012年1月进行改造；华能沁北电厂二期两台1000MW机组引风机汽轮机目前已安装完成，计划2011年底投运。

引风机采用小汽轮机驱动，可以大幅降低厂用电率，提高电厂的运行指标，增加发电量，节能效益显著；同时，能有效提高引风机在半负荷工况下运行的效率，使综合供电标煤耗降低0.47-0.90g/kWh，并彻底消除大电机启动时启动电流对厂用电系统的影响。

七、典型应用案例

典型用户：华能海门电厂#3 机组

建设规模：火电 1000MW 机组。主要技改内容：引风机采用小汽轮机驱动，在系统上需要设置开式循环冷却水、凝汽器抽真空系统、小汽轮机进汽系统、凝结水回收系统、小汽轮机轴封系统、小汽轮机润滑油系统。相对应的设备有小汽轮机、凝汽器、凝结水泵、真空泵、汽封冷却器、润滑油供油装置等。节能技改投资额 3350

万元，建设期 1 年。每年可节能 4829tce，节能经济效益年增加利润 935 万元，投资回收期 3.6 年。

八、推广前景及节能减排潜力

引风机和增压风机合并后采用汽轮机驱动引风机可以大幅降低厂用电率，有效降低供电煤耗，提高电厂的运行经济指标，降低机组能耗指标。小汽轮机可以经济可靠地实现转速调节，使风机在不同负荷下保持高效率开度运行，明显提高风机的运行效率。同时，可以避免大电机启动时启动电流对厂用电系统的影响。未来 5 年，预计推广到 20％，总投入 45 亿元，节能能力可达 24 万 tce/a，减排能力 63 万 tCO_2/a。

13 可控自动调容调压配电变压器技术

一、技术名称：可控自动调容调压配电变压器技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 10kV 配电台区

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

变压器是电力工业的主要设备之一，它在输送电能的同时也消耗电能。尽管变压器的效率已高达 96.0%-99.7%，但由于使用量大，应用范围广，而且目前我国仍有相当数量的高耗能变压器在电网中运行，消耗的电能十分惊人。在电网损耗中，变压器损耗占 60%以上。而所有变压器的自身损耗约占全国发电量的 4%以上，其中配电变压器损耗占变压器总损耗的 30%左右。因此，降低变压器能耗已日益成为电力系统节能工作的重点之一。

由于季节性、人员的流动性，以及居民用户昼夜时段性差异，我国配电网电网负荷波动较大，配电变压器容量和用电需求不匹配，一般企业专用变压器 70%以上时间空载或轻载运行，居民用公用变压器 80%以上时间空载和轻载运行，造成配变损耗较高。目前该技术可实现节能量 13 万 tce/a，减排约 35 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

综合监测控制器通过参数监测，主动发出相关指令，控制组合式调压调容开关改变变压器线圈各抽头的接法和负荷开关状态，实现10kV配电变压器的自动调容调压和远程停送电功能，具有集成保护、36级精细无功补偿、有功三相不平衡调节和防盗计量等功能。

2.关键技术

（1）将永磁技术应用至调压开关、调容开关和负控开关，并进行扁平化一体式设计，研究出组合式永磁机构调压调容开关；

（2）自动调容调压控制策略的研究；

（3）研究36级级差2kvar的补偿单元，实现分相分级无功补偿和三相有功不平衡调节。

3.工艺流程

自动调容调压组合式变压器的原理及内部结构示意见图 1、图 2。

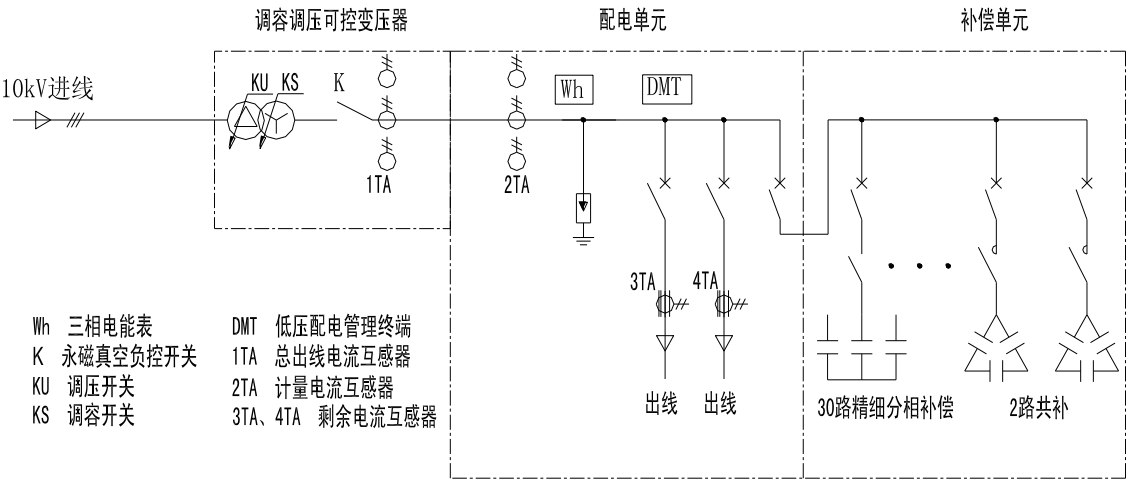


图 1 自动调容调压组合式变压器一次原理图

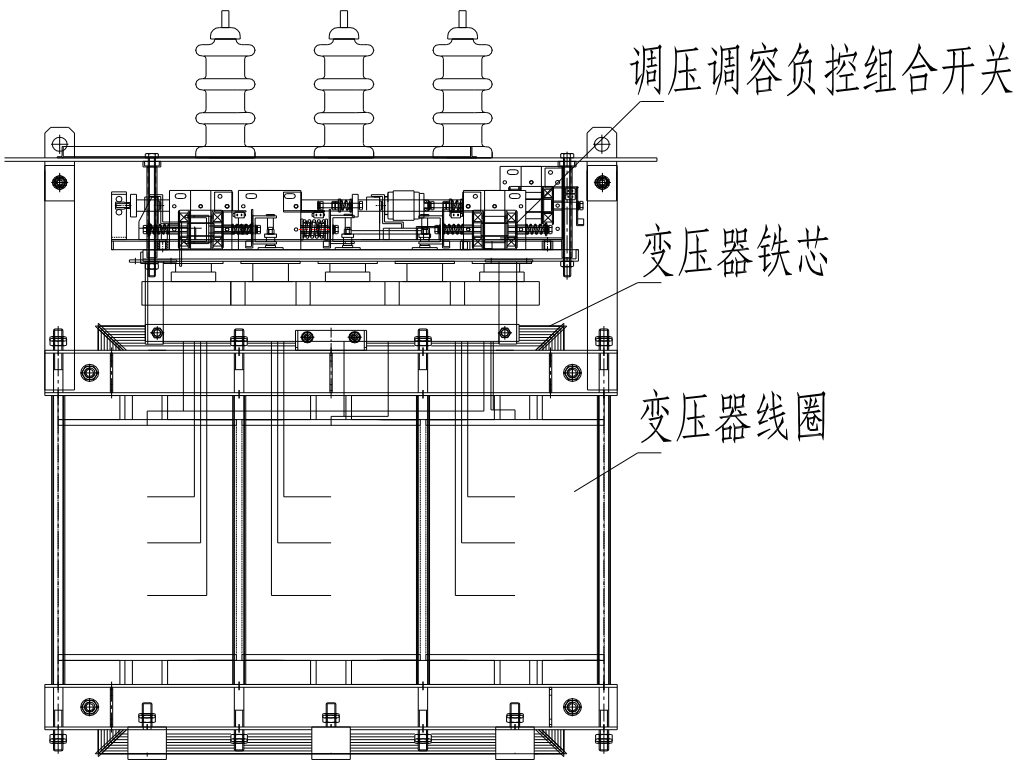


图 2　调压调容负控组合变压器内部示意图

五、主要技术指标

1.与 S11 型变压器相比，运行总损耗降低 48%；

2.与 S9 型变压器相比，运行总损耗降低 53%；

3.36 级精细补偿年补偿节约电量 10000kWh。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术 2012 年 3 月通过河南省科技厅组织的科技成果鉴定，并获得多项国家专利。已在河南、黑龙江等省市的配电网系统进行了推广应用。

七、典型应用案例

典型用户：河南开封供电公司配网智能化系统工程、黑龙江绥化市农电局配网智能化系统工程

典型案例 1

技术提供单位：北京博瑞莱智能科技有限公司

建设规模：10kV 配网线路 35 条，昼夜负荷变化较大的 10kV 变电台区。主要技改内容：10kV 配网新建及改造智能化配电台区 215 台，主要设备为可控自动调容调压配电变压器。节能技改投资额 1397 万元，建设期 2 年。年节能 1800tce，年节能经济效益为 270 万元，投资回收期 6 年。

典型案例 2

技术提供单位：北京博瑞莱智能科技有限公司

建设规模：10kV 配网线路 31 条，昼夜负荷变化较大的 10kV 变电台区。主要技改内容：10kV 配网新建及改造智能化配电台区 195 台，主要设备为可控自动调容调压配电变压器。节能技改投资额 1267 万元，建设期 2 年。年节能 1640tce，年节能经济效益 246 万元，投资回收期 6 年。

八、推广前景及节能减排潜力

在我国，变压器的总损耗约占系统总发电量的 10%左右，如果损耗每降低 1%，每年可节约上百亿 kWh 电，因此降低变压器损耗是势在必行的节能措施。

通过该技术的推广应用，不仅可以解决配电网用户中普遍存在的电压不稳定问题，以及农村配电台区功率因数低、空载损耗大和配变三相负荷不平衡等问题，还可以进行智能可控操作，保证配电网台区的经济可靠运行，自动化控制和全面用电监控管理。未来 5 年，预计推广到 5%，总投入 52 亿元，节能能力可达 67 万 tce/a，减排能力 177 万 tCO_2/a。

14 全光纤电流/电压互感器技术

一、技术名称：全光纤电流/电压互感器技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 智能电网、数字化变电站建设

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

智能电网是国家“十二五”规划重点培育的七大战略性新兴产业之一，而电流互感器和电压互感器是智能电网的基础核心设备之一。目前，我国互感器的需求量以每年 12%的速度增长。传统的电磁式电流互感器不仅需要消耗大量的铜、铝等有色金属材料，而且运行过程中能耗量巨大。

与传统互感器相比，全光纤电流互感器技术不需要消耗大量的铜、铝等有色金属，也不会对大气、水等造成污染，是节能环保的高科技产品，将成为未来传统互感器的替代产品。目前该技术可实现节能量 2 万 tce/a，减排约 5 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

光纤电流互感器利用磁光法拉第效应，通电后，在通电导体周围的磁场作用下，两束光波的传播速度发生相对变化，即出现相位差，最终表现为探测器处叠加的光强发生变化。通过测量光强的大小，即可测出对应的电流大小；光纤电压互感器利用泡克尔斯效应，当光波通过晶体时，在两个轴上光波之间的相位差会随着电压或电场改变，通过监测光强的变化即可测出对应电压的大小。

2.关键技术

（1）相位置零与调制波复位双闭环控制（负反馈）技术；

（2）全光纤电流互感器误差及抑制技术；

（3）共光路、差动信号解调技术。

3.工艺流程

全光纤电流互感器应用于电气系统，需要与电气设备一体化集成，并满足电气设备复杂环境条件要求，同时需解决一系列系统级关键工艺技术问题。主要关键工艺技术如下：

（1）光纤测量装置气密工艺；

（2）光纤复合绝缘子真空浇注常温固化工艺；

（3）特种光纤光路制造工艺。

具体见图 1、图 2、图 3、图 4、图 5。

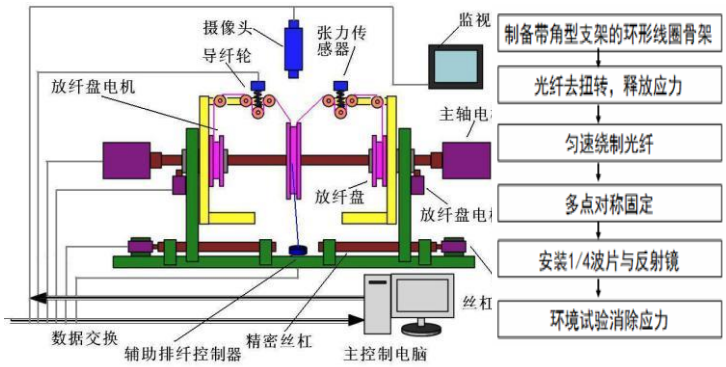


图 1 光纤绕环机工艺组成示意图

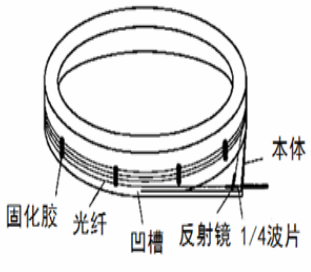


图 2 敏感环结构及绕制工艺流程

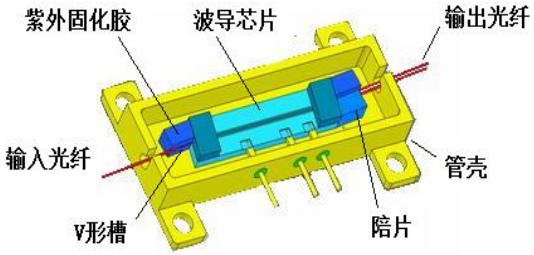


图 3 专用光电子器件结构

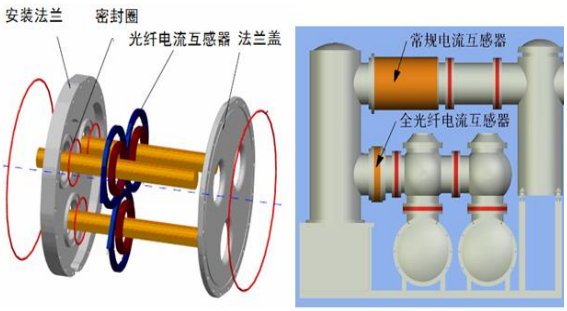


图 4 光纤电流互感器结构简图

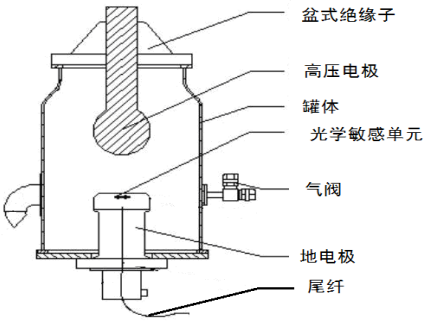


图 5 光纤电压互感器等势腔结构简图

五、主要技术指标

1．光纤电流测量装置主要技术指标

（1）工作电压等级：10-1000 kV；

（2）测量范围：＞170kA；

（3）准确级：IEC 0.2S；

（4）暂态性能：63kA，5TPE；

（5）工作温度范围：-40℃-+65℃。

2．光学电压测量装置主要技术指标

（1）工作电压等级：10 kV-500 kV；

（2）准确级：IEC 0.2；

（3）保护准确级：3P；

（4）工作温度范围：-40℃-+65℃。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得 8 项国家专利。 2009 年 6 月，该技术通过江苏省信息产业厅组织的“NAE-GL 系列全光纤电子式电流互感器”科技成果鉴定；2011 年 12 月通过了中国航天科技集团公司组织的技术成果鉴定；2012 年 4 月“电气系统电学参量宽频域光纤精密测量及技术应用”通过了中国机械联合会组织的技术鉴定，其综合技术水平居国内领先、国际先进。

2008 年 4 月，该技术首次在安徽淮北大唐电厂成功应用，截止到目前，产品最长运行时间达 4 年，该技术已覆盖 10kV 至 750kV 电压等级，共计 49 个工程项目，数量超过 1650 相，并实现产品向发达国家出口。在高压电力领域，光纤电流互感器已应用于 48 个智能变电站，光纤电压测量装置应用于 6 个智能变电站工程项目，其中包含多个国家电网重大示范工程。

七、典型应用案例

典型案例 1：延安 750kV 智能变电站、何桥 110kV 智能变电站

建设规模：1×2100 MVA 延安 750kV 智能变电站。主要技改内容：高压设备智能化，主要设备为全光纤电流/电压互感器。节能技改投资额 200 万元，建设期 1 年。每年可节能 1000tce，年节能经济效益为 68 万元，投资回收期 3 年。

典型案例 2：何桥 110kV 智能变电站

建设规模：2×50 MVA 何桥 110kV 智能变电站。主要技改内容：智能一次设备，主要设备包括全光纤电流/电压互感器。节能技改投资额 1200 万元，建设期约 1.5 年。每年可节能 459tce，年节能经济效益 240 万元，投资回收期 5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

光纤电流/电压互感器主要应用在 110（66）kV 及以上电压等级的智能化变电站领域。根据国家电网公司《国家电网公司“十二五”智能化规划》，“十二五”期间，国家电网公司将新建 110（66）kV 及以上电压等级智能变电站 5100 座、变电站智能化改造约 1000 座。预计到 2015 年，国家电网公司经营区域 110（66）kV 及以上电压等级智能变电站将占变电站总座数的 30%左右。该技术的推广率可达 50%，形成的年节能能力约 100 万 tce，减排量达 264 万 t。

15 自然通风逆流湿式冷却塔风水匹配强化换热技术

一、技术名称：自然通风逆流湿式冷却塔风水匹配强化换热技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 （火电、核电）、冶金、石化等行业 大型自然通风逆流湿式冷却塔强化换热改造

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

自然通风逆流湿式冷却塔是火电厂冷端系统最重要的辅助设备，循环水温度对发电机组的发电煤耗有较大影响，以 300MW 机组为例：循环水温每升高 1℃将使机组煤耗增加 0.798g/kWh。目前在运冷却塔的配水方式设计均采用一维、均风的方式，其设计参数与实际运行参数相差较大。根据目前国内冷却塔的情况估计，循环水的温度仍有不低于 2℃的下降空间，节能潜力巨大。目前该技术可实现节能量 1 万 tce/a，减排约 3 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

根据冷却塔换热能力决定于塔内进风与配水的“风水匹配”程度的原则，结合现场实测，采用 CFD（计算流体动力学）技术对冷却塔进风在塔内的分布（速度场、温度场及含湿量场等）进行全三维精确计算，根据进风的分布通过重新设计配水系统使塔内各处的布水与进风做到尽可能匹配。一方面，可以充分利用进塔空气的换热能力；另一方面，因出塔空气的温度升高产生塔内湿空气与塔外空气的密度差（冷却塔的抽吸动力）增大，使进塔空气量增加；最后，由于进塔空气流速增加，增强了其对快速蒸发导致的空气过饱和形成的小液滴的携带能力，进而又增强了进塔空气的换热能力。基于上述三种途径，最终达到强化换热的效果。

2.关键技术

（1）冷却塔内空气各参数精确分布的冷却塔全三维 CFD 高网格建模计算技术

（2）基于“风水匹配”原则的冷却塔入塔水量分区不等量配水技术

（3）基于“风水匹配”原则的冷却塔填料分区不等高布置技术

3.工艺流程

在采用冷却塔全三维 CFD 高网格建模计算技术弄清塔内进风各参数场分布的前提下，重新设计布水系统，使其与进风相匹配，再根据布水情况重新设计调整填料

的布置厚度，使其适应蒸发换热的要求。具体实施效果见图 1。

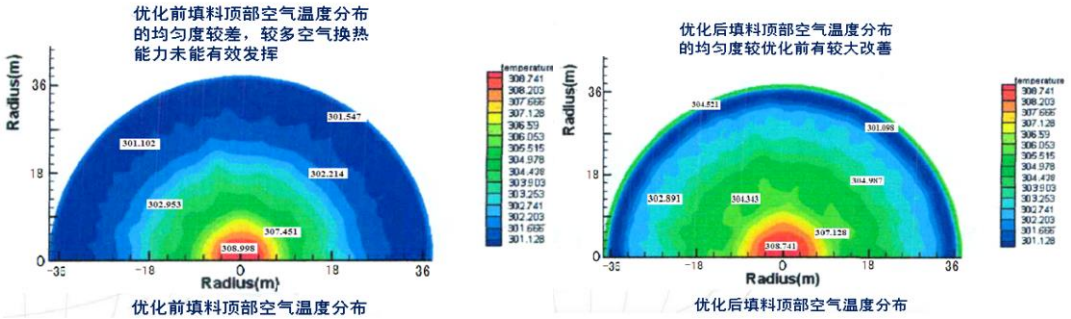


图 1 自然通风逆流湿式冷却塔风水匹配强化换热技术实施效果对比图

五、主要技术指标

1．换热效率与设计值相比提升不小于 20%

2．降低冷却塔出水温度不低于 1.5℃

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术通过中国华电集团公司科技项目鉴定并获得中国华电集团公司科技进步二等奖。该技术已先后在华电、国电集团公司内多家电厂成功运用，8 座 300MW 机组冷却塔已完成技改并投入运行，换热能力提升均超过 130%，技术成熟可靠。

七、典型应用案例

典型用户：华电昆明二电厂（2×300MW 机组）、华电巡检司电厂（2×300MW 机组）、国电小龙潭电厂（2×300MW 机组）、国电阳宗海电厂（2×300MW 机组）

典型案例 1

建设规模：300MW 机组冷却塔（4000m^2）。主要技改内容：#2 自然通风逆流湿式冷却塔“风水匹配”强化换热节能改造。节能技改投资额 230 万元，建设期 20 天。每年可节能 2977tce，年节能经济效益为 232 万元，投资回收期 1 年。

典型案例 2

建设规模：300MW 机组冷却塔（4500m^2）。主要技改内容：#7 自然通风逆流湿式冷却塔“风水匹配”强化换热节能改造。节能技改投资额 250 万元，建设期 20 天。每年可节能 1981tce，年节能经济效益 155 万元，投资回收期 1.6 年。

八、推广前景及节能减排潜力

未来 5 年，预计该技术可推广到 10%，总投入 2 亿元，节能能力可达 11 万 tce/a，减排能力 29 万 tCO_2/a。

16 冷却塔用离心式高效喷溅装置

一、技术名称：冷却塔用离心式高效喷溅装置技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 自然通风冷却塔

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

冷却塔是当前火力发电厂汽轮机凝汽器循环冷却水系统不可缺少的重要设备，在设计工况许可范围内，凝汽器进口水温降低 1℃，发电机组的发电煤耗就可降低 1g 左右，而凝汽器进口水温的高低取决于冷却塔的冷却效率。其中，喷溅装置的喷溅效果直接影响冷却塔的冷却效率。传统的喷头装置在水的扩散方面存在着不细、不均匀等问题，冷却效果不理想，循环水温偏高 1.5℃左右。据统计，目前大部分火电厂冷却塔的冷却能力都只能达到设计要求的 95%左右，其节能降耗潜力很大。目前该技术可实现节能量 4 万 tce/a，减排约 11 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该技术适用于工业循环水的冷却塔配水系统，尤其适用于火力发电厂循环水系统的逆流式双曲线自然通风冷却塔，它的作用主要是将来自凝汽器的热态循环水均匀地喷洒到淋水散热装置中去，所喷洒出的水滴其粒径的大小、喷洒半径和喷洒的均匀性直接影响冷却塔的效率和凝汽器的真空度，继而影响发电效率和发电煤耗等经济技术指标。GX型离心式高效喷溅装置的技术原理就是利用离心力作用使得喷溅效果大大改善，喷洒出的水滴较常用喷溅装置进一步细化、喷溅半径更大，改变了常用喷溅装置仅通过反射作抛物线运动的一维运动，实现了在完成旋转运动的同时还作抛物线运动的二维运动，增加了水、气在空中进行热交换的时间，同时由于提高了喷洒的均匀性，使得淋水填料的冷却作用更为充分。

2.关键技术

在不加外力的条件下，利用配水管内的工作水头（压力）和喷溅装置结构设计的独到之处，使水流在结构的导向作用下冲击设置在喷嘴外围的转轮，转轮旋转产生离心力，使水滴沿一定的轨迹在空间完成二维运动的同时达到均匀细化，提高水气交换率，高效率地提高换热效果，降低循环水温度。要保证实现这一目

标，其关键技术是在旋转的摩擦部位采用了免润滑的高分子进口轴承，使其在冷却塔内长期的连续运转中能够抵御高温高湿的侵袭，使用寿命确保不低于10年。

3.工艺流程

冷态循环水进入发电机组汽轮机的凝汽器，通过凝汽器的传热作用使已做过功的泛气中的一部分热量传导至循环水中，使其成为凝结水，在设计的允许范围内，循环水带走的热量越多则凝汽器内的真空度越高，发电机的效率也越高，发电煤耗越低；吸收了热量的循环水再送至冷却塔进行冷却，而冷却的幅度越高，进入凝汽器的循环水温度越低（在设计范围内），带走凝汽器内热量的效率越高，因此可以提高发电效率，实现降低发电煤耗的目标。工艺流程见图1所示。

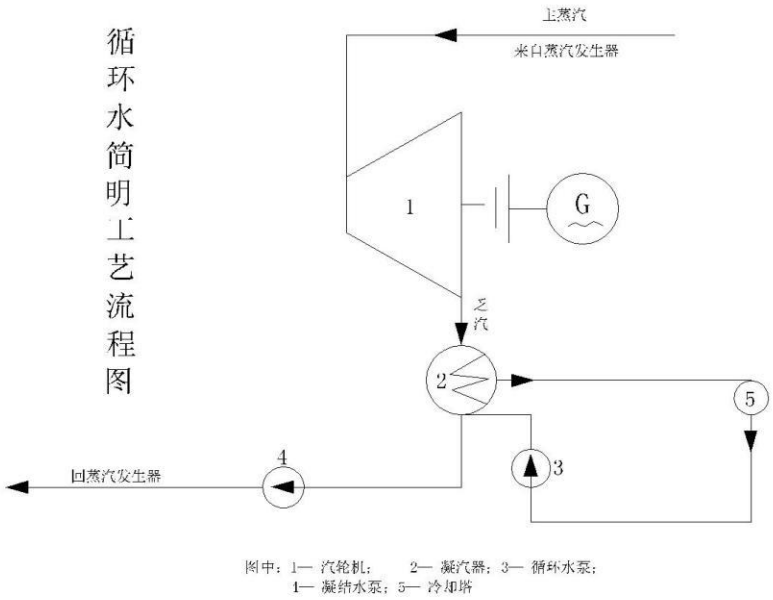


图 1 工艺流程图

五、主要技术指标

冷却塔喷溅装置的主要技术参数分为两个部分，一是反映其喷溅效果的参数，主要是由水力特性决定的，如喷溅半径和喷溅均布系数即不均匀系数。喷溅半径是反映喷洒面积的，喷洒面积越大则循环水与空气的接触程度越高，热交换越充分；不均匀系数是反映喷溅装置的喷溅均匀性程度的，不均匀系数越大，均

匀性越差，冷却效果也越差。GX 型离心式高效喷溅装置的喷溅半径在常规工作水头下（0.8-1.2m 时）为 1.5-2.9m，而被替代的常用喷溅装置其喷溅半径只有 0.5-0.8m；GX 型离心式高效喷溅装置的平均喷溅不均匀系数为 0.243，而被替代的常用喷溅装置其平均喷溅不均匀系数为 0.324。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得 1 项专利。离心式高效喷溅装置已在数十个火力发电厂的逆流式自然通风冷却塔中应用实践，其中最早的陕西华能秦岭电厂使用至今已有 5 年多时间，目前运行情况良好；中电投江西贵溪电厂於 2011 年改造的#3 冷却塔运行至今也已有 3 年多时间，运行稳定，旋转自如，冷却效果良好。其他如贵州纳雍电厂的 4 台 300MW 机组的冷却塔自 2010 年开始都陆续改造了喷溅装置，用上了离心式高效喷溅装置，节能效果明显。

七、典型应用案例

案例应用单位：中电投江西贵溪发电有限责任公司

技术提供单位：中国电力投资集团有限公司

建设规模：中电投江西贵溪发电有限责任公司#3、#4 机均为 300MW 燃煤发电机组，循环水系统各配置一台 5500m^2 的逆流式自然通风冷却塔，管式直配式配水，原装喷溅装置为多层流型喷头，该喷头特别容易堵塞，因此而失去多层流的意义，喷溅效果较差，循环水温度升高，尤其在夏季比较突出，经常超过 33℃，发电煤耗增高。主要技改内容：全部拆除原有冷却塔喷溅装置，更新改造全部更换为 GX 型式离心式高效喷溅装置。改造前发电煤耗指标是标准煤 326g/kWh，改造后发电煤耗指标是标准煤 324.9g/kWh。节能技改投资额 82.8 万元，建设期 20 天。每年可节能 1906tce，年节能经济效益为 213.36 万元，投资回收期约 4 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

目前全国火力发电机组采用自然通风冷却塔的总装机容量约 6 亿 kW，约拥有 900 万 m^2 自然通风冷却塔。未来 5 年，预计该技术可推广到 30％，总投入 3 亿元，节能能力可达 60 万 tce/a，减排能力 158 万 tCO_2/a。

17 大型供热机组双背压双转子互换循环水供热技术

一、技术名称：大型供热机组双背压双转子互换循环水供热技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 供热机组

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

低真空供热是我国城镇一种效率较高的供热方式。目前，国内低真空循环水供热改造工作基本停留在对低压转子和对应的隔板进行一次性改造上，没有改变供热季效益非常好而非供热季效益非常差的两极分化的局面。而通过对低压缸进行高背压改造实现机组低真空运行、循环水供热的技术，虽然在供热期内低真空循环水供热工况汽轮机排汽余热全部被利用，冷源损失降低为零，能够获得最大节能经济效益，但在非采暖期，纯凝运行工况下机组热耗率要高于纯凝工况，且机组出力不足，从而造成机组改造后全年综合经济效益指标没有明显改善。目前该技术可实现节能量 5 万 tce/a，减排约 13 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

利用双背压双转子互换循环水供热技术，汽轮机在供热工况运行时，使用新设计的动静叶片级数相对减少的高背压低压转子，使凝汽器运行于高背压（30-45kPa）条件下，对应排汽温度可提高至 80℃左右，利用循环水供热；而在非采暖期，再复装原低压转子，排汽背压恢复至 4.9kPa，机组完全恢复至原纯凝正常背压运行工况。机组全年综合经济效益指标得到明显改善。

2.关键技术

（1）低压缸通流部分进行优化设计改造，主要包括：新低压转子采用的先进设计技术，低压整锻转子，全部 2×4 级隔板设计，三维扭叶片设计的低压转子动叶片，新型低压转子轴封设计等；

（2）中低压缸联轴器、低压缸和发电机联轴器液压螺栓改造；

（3）中低压缸连通管供热抽汽改造；

（4）低压转子轴封优化设计；

（5）中低、低发联轴器液压螺栓改造；

（6）凝汽器部分优化改造，主要包括：新型蜗壳形状水室，凝汽器热补偿设计等。

3.工艺流程

在采暖供热期间，机组高背压工况运行，机组纯凝工况下所需要的冷水塔及循环水泵退出运行，将凝汽器的循环水系统切换至热网循环泵建立起来的热水管网循环水回路，形成新的“热-水”交换系统。循环水回路切换完成后，进入凝汽器的水流量降至 6000-9000t/h，凝汽器背压由 5-7kPa 左右升至 30-45kPa，低压缸排汽温度由 30-40℃升至 69-78℃（背压对应的饱和温度）。经过凝汽器的第一次加热，热网循环水回水温度由 60℃提升至 66-75℃（凝汽器端差 3℃），然后经热网循环泵升压后送入首站热网加热器，将热网供水温度进一步加热至 85-90℃后供向一次热网。具体工艺流程见图 1，设备简图见图 2。

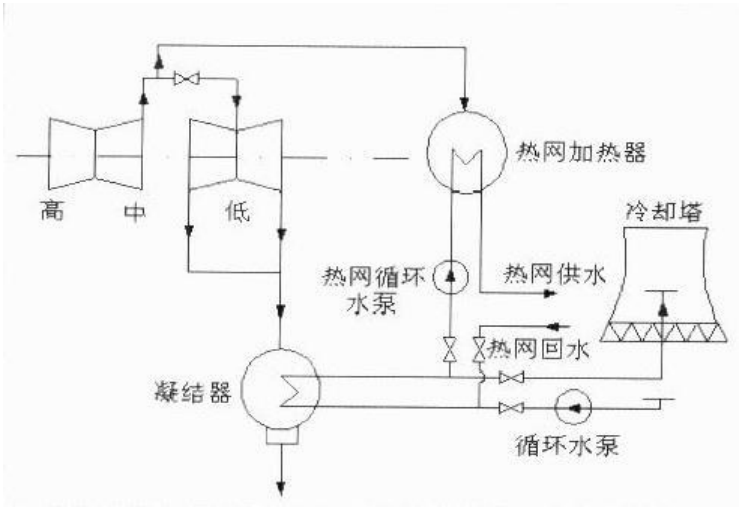


图 1 双背压双转子互换循环水供热工艺流程图

图 2 双转子示意图

五、主要技术指标

135MW 热电联产机组，综合全年供热、纯凝加权平均发电煤耗可达266.3g/kWh。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2012 年，华电国际十里泉发电厂#5 汽轮机高背压供热改造项目通过了山东电力研究院的性能考核试验，该技术目前已经在华电国际十里泉电厂 5 号机组、华电章丘发电有限公司 2 号机组、华电青岛发电有限公司 2 号机组等进行了应用，具有较好的节能减排效益。

七、典型应用案例

典型案例 1：华电国际十里泉电厂#5 机组双背压双转子互换供热改造

建设规模：135MW 机组。建设条件：年供热量不小于 160 万 GJ，循环水流量不低于 6000t/h。主要技改内容：低压通流部分改造、联通管打孔抽汽供热改造和凝汽器改造等。主要设备为低压缸 2×4 转子和隔板部件、加强型凝汽器、两台 1100m^2 换热器等。技改投资额 5875 万元，建设期 2 个月。年节能量 48659 tce，减排二氧化碳 128460tCO_2/a。投资回收期约 2 年。

典型案例 2：华电章丘发电有限责任公司 135MW 机组双背压双转子互换循环水供热技术改造

建设规模：135MW 机组。建设条件：年供热量不小于 160 万 GJ，循环水流量不低于 6000t/h，主要技改内容：低压通流部分改造、联通管打孔抽汽供热改造和凝汽器改造等。主要设备为低压缸 2×4 转子和隔板部件、加强型凝汽器、两台 1100m^2换热器等。技改投资额 4217 万元，建设期 2 个月。年节能量 4.5 万 tce，减排二氧化碳约 22.44 万 t。投资回收期约 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术主要适合供热热负荷稳定且供热规模较大的 100-300MW 热电联产机组。预计未来 5 年，在热电联产行业的推广比例可达 80%，累计投入约 3 亿元，形成的年节能能力约为 25 万 tce，年减排能力约 66 万 tCO_2。

18 回转式空气预热器密封节能技术

一、技术名称：回转式空气预热器密封节能技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 300MW 以上锅炉机组的回转式空气预热器

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国 300MW 及以上的火力发电机组共计 1000 多台，总装机容量约为 147030MW，空气预热器的平均漏风率在 6%-10%，且使用寿命相对较短。如果频繁更换密封装置，会降低电厂年利用小时数，影响发电厂的总体效率。目前该技术可实现节能量 5 万 tce/a，减排约 13 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

（1）改进“堵”的方式：由于空气预热器转子蘑菇状热变形，造成热端变形密封间隙增大。采用自补偿径向密封片的方式，可以达到密封间隙趋于零，实现扇形板与密封片的非接触式密封，是可靠、稳定的自密封新技术。

（2）采用回收系统：空气预热器设备同时串联在锅炉的烟、风系统中，在空气侧与烟气侧压差的作用下，空气向烟气侧泄漏。空气预热器密封回收系统技术在预热器内部建立立体密封机构，泄漏风被设备外回收装置全部回收，进入烟道的泄漏空气几乎为零。

（3）自动化控制：密封回收自动控制系统通过对进、出口烟气压力的检测，经过控制逻辑处理，通过各入口风门开度的调整，自动调整各部位的漏风回收量。因此，密封回收系统能够做到无论锅炉负荷如何变化，其设备漏风率始终控制在设定范围内。

2.关键技术

（1）转子热端径向自补偿间隙密封片；

（2）泄漏风回收系统；

（3）对回转式空气预热器泄漏风的密封与疏导区域进行一体化设计，形成独特、完整的控制系统。

3.工艺流程

回转式空气预热器密封节能技术工艺流程见图 1，关键设备简图见图 2 和图 3。

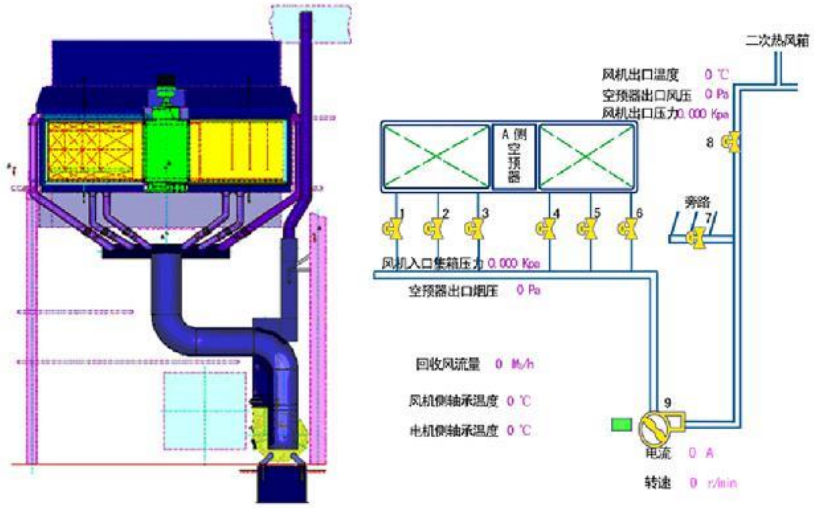


图 1 回转式空气预热器密封节能技术工艺流程

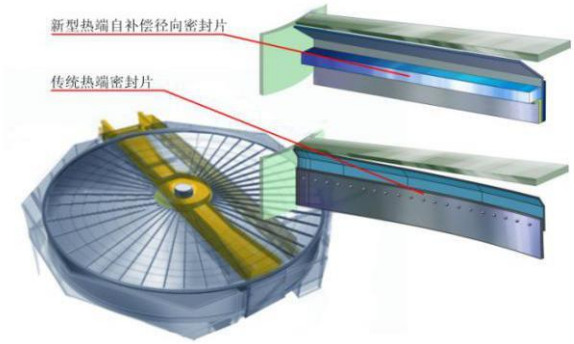


图2内部径向补偿间隙密封片示意图

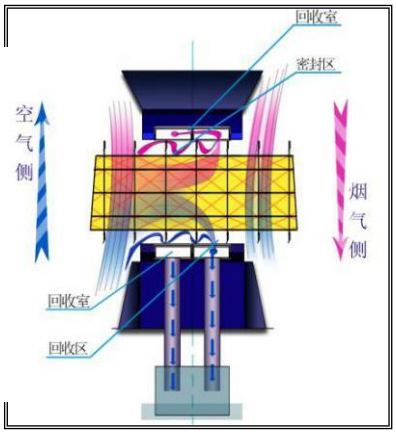


图3漏风回收系统简图

五、主要技术指标

1.无论锅炉负荷如何变化，回转式空预器漏风率始终保持在 1.5%-3.5%范围内；

2.产品设计寿命不低于 15 年，其可靠性和稳定性能满足锅炉长期运行的要求；

3.自动化投用率 100%，且在不停炉条件下能够维修、更换元件。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得 2 项国家发明专利和 1 项实用新型专利，并于 2013 年 1 月通过了中国电机工程学会组织的科学技术成果鉴定。鉴定委员会认为：“项目研究成果有效解决了回转式空气预热器漏风率偏大的难题，降低了锅炉排烟损失，减少了风机的电耗，具有明显的节能减排效果和经济、社会效益，整体技术处于国际领先水平。目前，该系统已在全国 19 家大型火电厂推广应用 21 台（套），节能效果明显，具有很好的社会经济效益。

七、典型应用案例

典型用户：阜阳华润电力有限公司、华润电力（菏泽）有限公司、中电投河南电力有限公司开封发电分公司等。

典型案例 1

案例名称：阜阳华润电力有限公司 640MW 锅炉机组空气预热器密封回收系统技术改造项目

技术提供单位：浙江开尔新材料股份有限公司

建设规模：阜阳华润电力有限公司#2 机组进行空气预热器密封回收系统技术改造，主要治理空气预热器热风泄漏技术，主要设备为扇形板、自补偿径向密封片、变频风机及控制柜、压力变送器、流量测量仪。技改投资额 500 万元，建设期 4 个月（其中安装周期 45 天）。年节能量 5150tce，年碳减排量 13596tCO_2。投资回收期约 2 年。

典型案例 2

案例名称：中电投河南电力有限公司开封发电分公司#1600MW 锅炉烟气脱硝工程配套空气预热器回收式密封系统改造。

技术提供单位：浙江开尔新材料股份有限公司

建设规模：中电投河南电力有限公司开封发电分公司 1#机组进行空气预热器密封回收系统技术改造，主要治理空气预热器热风泄漏技术，主要设备为扇形板、自补偿径向密封片、变频风机及控制柜、压力变送器、流量测量仪、动力及计算机电缆。技改投资额 650 万元，建设期 5 个月（其中安装周期 60 天）。年节能量 6180tce，年碳减排量 16315tCO_2，投资回收期约 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，在全行业推广比例可达 10%，形成年节能能力约 10 万 tce，

碳减排能力约为 26 万 tCO_2。

19 基于快速涡流驱动及短路识别的电网运行控制技术

一、技术名称：基于快速涡流驱动及短路识别的电网运行控制技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 电网输变电线路

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国高低压输电线路常采用限流电抗器和串补电容器来防止短路冲击，降低线路损耗，改善电压的质量。近年来，随着我国电网规模不断扩大，电力系统的短路容量不断增加，限流电抗器应用比例逐年增加。在电网系统发生短路故障时，限流电抗器可起到减少冲击电网设备的作用，但由于其串接在电网中会产生大量热损耗，导致线损增加，造成电能损失。经测算，一组限流电抗器年损耗电能就可达几十万到数百万千瓦时。串联电容器可以解决输电线路末端电压质量不合格及网损过大问题，但由于串补电容技术具有造价高、占地大、维护不便等局限性，使串补电容器装置难以大范围推广应用。该技术可实现限流电抗器在线路运行时的零耗损，并可在发生短路电流时实现快速动作切换，让限流电抗器串接到回路电网中以减少短路电流对设备的电网冲击。同时，可避免短路时大电流和高电压冲击电流对串补电容的冲击，降低串补电容的容量积及成本，缩小体积，方便维护，为大范围推广应用串补电容技术创造条件。目前该技术可实现节能量 5 万 tce/a，减排约 13 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1. 技术原理

基于快速涡流驱动及短路识别的电网运行控制技术的核心是快速开关与快速判断控制技术的结合。快速开关技术可以在绕路短路后20ms内将电抗器串入，限制短路电流，减少短路电流对电网设备的冲击；而正常运行时快速开关将限流电抗器短接，避免电能损耗，使电网运行更高效。快速判断控制技术可在出现短路故障后将串补电容器快速短接，可降低电容器的安装容量，大幅度降低串补电容器的成本，进而提高串补电容技术的应用比例。该技术具有低成本、小型化、免维护等优点，便于推广应用。

2. 关键技术

（1）快速涡流驱动技术

涡流驱动机主要由灭弧室、分合闸线圈以及位于分合闸线圈之间的涡流盘等组成。送电后充电电源向分（合）闸储能电容充电，分（合）闸时可控硅接通储能电容与分（合）闸线圈的放电回路产生脉冲电流，脉冲磁场在涡流盘中感应涡流，通过对涡流磁场产生的排斥力驱动涡流盘，并通过连杆带动灭弧室动触头完成分（合）闸动作。

（2）短路故障快速识别技术

当短路故障发生时，控制器可在 2ms 内通过专用算法快速检测到短路电流超过设定值，分别控制各相开关在每相短路电流过零前分闸，将限流电抗器串入，短路电流被限制到较低的水平。

3. 工艺流程

快速控制技术对串补电容器和限流电抗器的快速投切原理分别见图 1 和图 2，图中 K_1 接电源侧，K_2 接负荷侧。

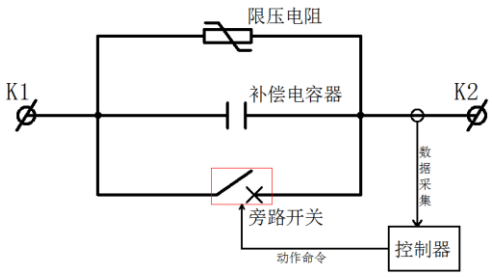


图 1 快速控制补偿电容器投切原理图

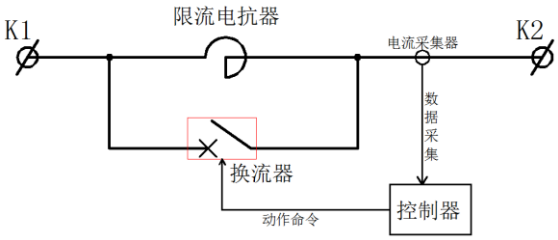


图 2 快速控制限流电抗器投切原理图

如图 1 所示，正常运行时旁路开关处于分闸位置，补偿电容器 C 串联在线路中，线路末端电压提高，线路损耗减小，起到节能降耗的效果。但当补偿电容器投入状态下出线端 K_2 发生短路时，旁路开关闭合起到保护补偿电容器的作用。

如图 2 所示，正常运行时限流电抗器被换流器短接，避免限流电抗器产生电能损耗。K_2 端发生短路时，换流器在 5ms 左右分闸，将限流电抗器串入实现限流。

五、主要技术指标

1. 额定工作电压：6-500kV；

2. 额定工作电流：限制短路电流 1000-5000A，串补电流 100-2000A；

3. 额定短路开断能力：≥40kA；

4. 短路故障识别时间：＜2ms。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

应用快速控制技术开发的“110kV 新型串补装置”获得 3 项实用新型专利，受理 3 项发明专利。“110kV 新型串联电压补偿装置的研制与应用”项目于 2013 年 8 月通过宁夏自治区科技厅组织的科技成果鉴定。目前该技术已在宁夏电力公司、重庆电力公司、马钢集团、九江石化、珠海粤裕丰钢铁等多家企业中应用，运行安全可靠，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：宁夏电力公司、马钢集团、珠海粤裕丰钢铁集团、中石化九江分公司

典型案例 1

案例名称：宁夏海原县 110kV 变电站项目

技术提供单位：国网宁夏电力公司、上海合凯电力保护设备有限公司

建设规模：110kV 主变压器 1 套。建设条件：用户侧母线电压不合格，主要技改内容：加装快速开关型串联补偿装置，主要设备为 1 套智能型 110kV 串联电容补偿系统。节能技改投资额 300 万元，建设期 5 个月。每年可节能 3810tce，减排 10058tCO_2，年节能经济效益为 171.45 万元，投资回收期约 2 年。

典型案例 2

案例名称：珠海粤裕丰钢铁集团 4#高炉 TRT 余热发电项目

技术提供单位：国网宁夏电力公司、上海合凯电力保护设备有限公司

建设规模：15MW 余热发电机组 1 套。建设条件：发电机出口限流电抗器长期运行，参数为 10kV/1200A/12%，主要技改内容：对限流电抗器实施快速控制；主要设备包括 10kV 无损耗深度限流装置一套。节能技改投资额 75 万元，建设期 2 个月。每年可节能 502.5tce，减排 1326tCO_2，年节能经济效益 22.6 万元，投资回收期约 4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，我国有近 300 个供电局，出口安装电抗器的变压器超过 5000 台，需要安装串补电容器的线路达 2000 多条，该技术具有较大的节能潜力。预计未来

5 年，该技术的推广比例将达到 40%，累计投资 5 亿元，可形成的年节能能力为 194 万 tce，年碳减排能力为 512 万 tCO_2。

20 基于架空地线绝缘接地方式的交流输电线路节能技术

一、 **技术名称：**基于架空地线绝缘接地方式的交流输电线路节能技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 架空地线逐塔接地的交流输电线路

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

架空地线(避雷线)是输电线路中保障安全的重要导线，但输电导线将对其产生电磁感应，会在地线与地线、地线与大地之间形成感应电流。按照我国现有设计标准推算，在 110kV、220kV、500kV 三类输电系统中，单位长度架空地线能量损耗分别为 0.37 万 kWh/km·a、1.44 万 kWh/km·a 和 2.84 万 kWh/km·a。以南方电网线路规模，每年因架空地线的电能损耗大约为 16.7 亿 kWh，约合消耗 54 万 tce。该技术的应用可以避免架空地线上感应电流的产生，进而减少感应电流产生的损耗。目前我国尚无同类技术，具有较大的推广潜力。目前该技术可实现节能量 3 万 tce/a，减排约 8 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该技术对架空地线进行绝缘化改造，将普通地线和光纤复合架空地线（OPGW）的接地方式均由逐塔接地改为绝缘单点接地，切断了地线与大地之间的电流通路，消除了架空地线上的电能损耗。正常运行情况下，地线与杆塔绝缘，避免感应电流的产生；当雷电过电压发生或线路故障时，地线绝缘子的放电间隙自动击穿，保证雷电流和故障工频电流的有效泄放。放电间隙被击穿后又可自动恢复，起到绝缘作用，减少人工的维护。

2.关键技术

（1）地线绝缘子及保护间隙选配技术（包括冰区架空线路）；

（2）绝缘架空地线感应电压限制技术；

（3）OPGW终端接地残流防护技术（配套相应保护装置）。

3.工艺流程

为限制绝缘架空地线的感应电压，采取的技术措施包括架空地线分段、地线

换位等方法，各方案的工作原理如图 1-图 3 所示：

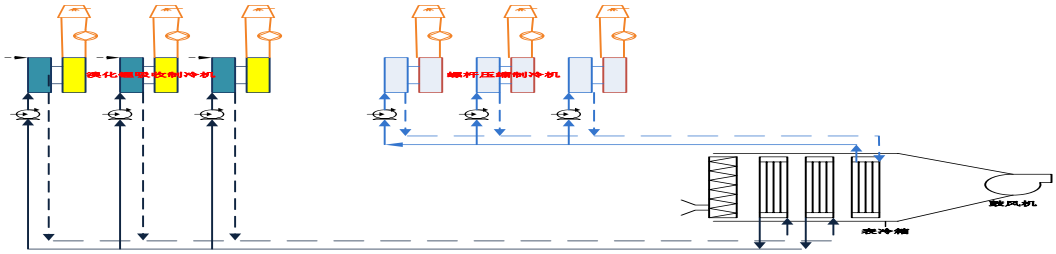


图 1 地线分段，接地点在各分段地线节距端部

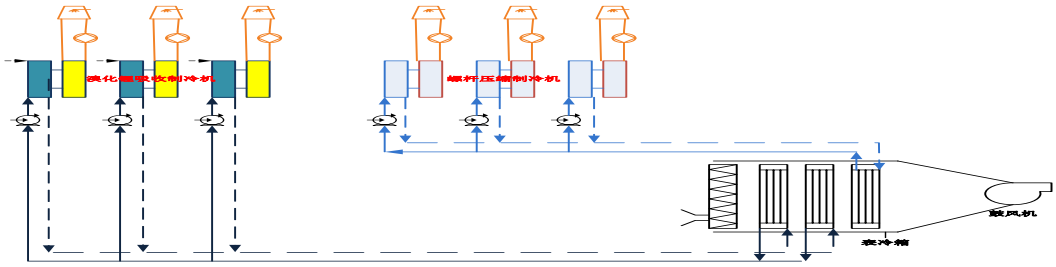


图 2 地线分段，接地点在各分段地线节距中部

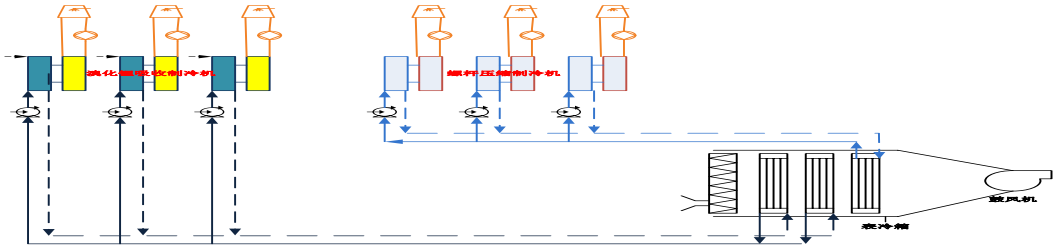


图 3 地线换位，接地点在换位地线节距端部

五、主要技术指标

1．架空地线损耗为零；

2．架空地线感应电压不高于 1000V（线路正常运行时）；

3．架空地线绝缘子保护间隙距离整定，区分了融冰线路和非融冰线路。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2013 年通过南方电网公司组织的成果鉴定，达到国际先进水平。

获得国家发明专利 3 项、实用新型专利 5 项，参与制定电力行业标准 1 项。目前，该技术已在广东电网 20 回线路得到了应用。

七、典型应用案例

典型用户：广东电网清远供电局、惠州供电局等

典型案例 1

案例名称：惠州供电局冰区架空地线改造项目

技术提供单位：广东电网公司电力科学研究院

建设规模：对冰区的 110kV 保水线、保吉甲线、贵水线、安慧线、保吉乙线和 220kV 山安线、连安线、山保线、阳燕甲乙线共 10 回线路进行了规划设计和节能降损改造。主要技改内容： 110kV 保水线全长 31.9km，改造前地线感应电流达 22A，每年电能损耗 46 万 kWh。采用地线绝缘改造，全线共用 218 片地线绝缘子。技改投资额 2.18 万元，每年可节能 148tce，减排 390tCO_2，年节能经济效益 23 万元，投资回收期 2 个月。

典型案例 2

案例名称：惠州供电局非冰区架空地线改造项目

技术提供单位：广东电网公司电力科学研究院

建设规模：对惠州供电局非冰区 110kV 沙迳至官厅线路进行架空地线节能降损规划设计及改造。主要技改内容：线路全长 21.3km，架空地线一根为普通地线，一根为 OPGW。改造前地线感应电流达 30A，每年电能损耗 16.8 万 kWh。采用地线绝缘改造，使用 OPGW 绝缘接续盒 1 个，地线绝缘子 104 片。技改投资额 1.2 万元，每年可节能 54tce，减排二氧化碳 142t。年节能经济效益 8.4 万元，投资回收期 2 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

本技术已在广东电网 5 个供电局 20 条输电线路成功应用，节能效果良好，仅在已应用线路上每年节约电能损耗可达 616 万 kWh，相应节能 1977tce。预计未来 5 年，该技术可在电力行业推广比例达 30%，项目总投资 2.5 亿元，可形成年节能能力 81 万 tce，年碳减排能力 214 万 tCO_2。

21 大容量高参数褐煤煤粉锅炉技术

一、技术名称：大容量高参数褐煤煤粉锅炉技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 燃用褐煤的电站锅炉机组

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

高参数褐煤锅炉是燃煤发电的主设备之一，但由于褐煤的煤化度低、含水率高、低位热值较低，其发电效率远低于普通燃用燃煤的火力发电厂。据统计我国褐煤平均上网标煤耗为 335g/kWh，高于我国 2013 年发电行业平均上网标煤耗 321g/kWh 水平。大容量高参数褐煤锅炉的研制和应用能够解决我国褐煤在火电领域利用的难题，大量节省优质的烟煤资源，使我国煤炭资源利用结构更加合理。此外，高性能高参数褐煤锅炉的开发应用可进一步提高火电机组效率，降低煤耗和污染物排放，对于优化调整我国火电结构、实现节能减排发挥重要作用。目前该技术可实现节能量 133 万 tce/a，减排约 351 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术采用∏型或塔式布置，切圆或前后墙对冲燃烧方式，配中速磨煤机或风扇磨煤机制粉系统的低 NO_X 燃烧技术，利用先进的控制技术根据褐煤锅炉燃料特点实现不同燃料情况下锅炉的稳燃及传热特性。该锅炉技术指标先进，运行安全可靠，能有效降低煤耗和污染物排放，有良好的经济和社会效益。

2. 关键技术

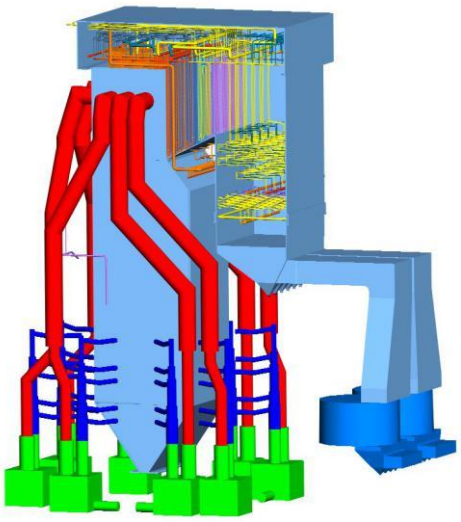
（1）炉膛定制设计技术。根据不同种类褐煤煤质特性，制定褐煤燃烧特性判别标准及不同参数褐煤锅炉炉膛选型导则；

（2）与褐煤煤质相适应的锅炉性能监控技术。对进煤特性进行检测，并根据煤质特性调整送风、配风及引风机流量，实现燃烧处于最佳工作点；

（3）大容量褐煤锅炉防结渣、高燃烧效率、低污染物排放设计技术。通过炉膛结构优化设计和温度控制实现炉膛的高效率燃烧，避免炉膛结渣；通过改进配风系统减少局部高温，降低污染物的生成。

3. 工艺流程

风扇磨制粉系统∏型布置褐煤锅炉和风扇磨制粉系统塔式布置褐煤锅炉示意图分别见图1和图2。两类炉型可根据建设场条件进行选择，在地质条件较好的场地可以选择塔式布置锅炉，其造价成本低、节约用地，但设备布置高度较高；在地质条件不满足塔式布置要求的情况下可以选择∏型布置锅炉。



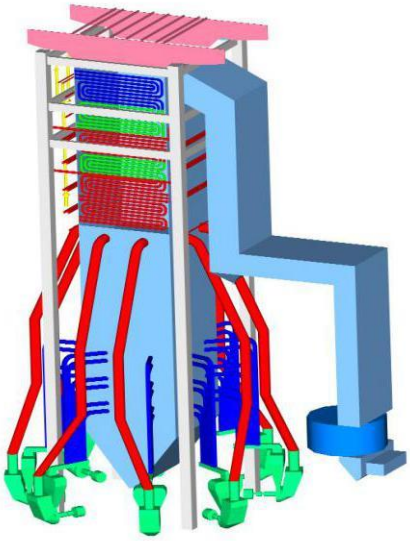


图 1 风扇磨制粉系统∏型布置褐煤锅炉　图 2 风扇磨制粉系统塔式布置褐煤锅炉

五、主要技术指标

670MW 超临界塔式褐煤锅炉：

1. 锅炉热效率：91.8%；

2. 过热器出口蒸汽压力：25.4MPa.g；

3. 过热器出口温度：571℃；

4. NO_X 排放量：＜400mg/Nm。

六、技术应用情况

该技术已获得国家发明专利 5 项，实用新型专利 23 项，软件著作权 2 项。目前已累计完成和正在设计的大容量高参数褐煤锅炉共计 151 台，已在国内市场推广应用 10 余台套，出口印度、菲律宾、老挝等国共计 20 台套。

七、典型应用案例

典型用户：华能电力、大唐电力等

典型案例 1

案例名称：吉林九台 670MW 超临界塔式褐煤锅炉

技术提供单位：哈尔滨锅炉厂有限责任公司

建设规模：2 台 670MW 超临界塔式褐煤锅炉。建设条件：项目周边拥有丰富的褐煤资源。主要技改内容：新建超临界褐煤锅炉系统。项目投资额约 2.2 亿元(仅锅炉)，建设期限为 2 年。2 台机组每年节约标准煤 29.5 万 t，年减排 78 万 tCO_2。年节能效益达 1.47 亿元，投资回收期约为 1.5 年。

典型案例 2

案例名称：内蒙古伊敏 600MW 超临界褐煤锅炉

技术提供单位：哈尔滨锅炉厂有限责任公司

建设规模：2 台 600MW 超临界褐煤锅炉。建设条件：项目周边拥有丰富的褐煤资源。建设期限为 2 年。项目投资额约 2 亿元(仅锅炉)。2 台机组每年可实现节能 21.6 万 tce，年碳减排量 57 万 tCO_2。2 台机组每年可实现经济效益 1.1 亿元，投资回收期约为 1.8 年。

八、推广前景及节能减排潜力

我国拥有丰富的褐煤资源，约为全国煤炭储备的 50%。褐煤的高效利用将是我国提高能源利用效率的重要手段。目前大容量褐煤锅炉市场需求旺盛，具有非常广阔的应用前景。预计到未来 5 年，该技术的推广比例可达到 30%，项目总投资约 30 亿元，推广应用 30 台套，可形成年节能能力达 400 万 tce，实现年碳减排能力 1050 万 tCO_2。

22 高效利用超低热值煤矸石的循环流化床锅炉技术

一、技术名称：高效利用超低热值煤矸石的循环流化床锅炉技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 民用及商用集中供热或供暖系统 煤矸石发电厂

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国是煤炭生产和消费大国，煤炭生产和洗选过程中产生了大量煤矸石、煤泥、洗中煤等低热值煤资源。近年，我国低热值煤发电取得积极进展，总装机已达 2600 万 kW 以上，但规模普遍偏小，机组效率不高，且目前设计和制造单位都把燃煤矸石等劣质燃料发热值下限定在 1600kcal/kg 以上，在锅炉运行中存在床温难以维持、燃料难稳定、磨损大、锅炉出力不足等问题。该技术可以燃烧 800-1600kcal/kg 超低热值煤矸石，可有效解决劣质燃料能源利用率低的问题。同时，如果燃烧较高热值的煤矸石、无烟煤等燃料（1600kcal/kg 以上），锅炉热效率也有较大提高。目前该技术可实现节能量 25 万 tce/a，减排约 66 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术根据煤矸石的不同发热量，采用混合流速循环流化床和多元内循环流化床相结合的形式，可将热值在800kcal/kg以上的煤矸石锅炉效率提高到75%以上，并可将燃用热值超过1600kcal/kg燃料时锅炉的热效率提高到88%以上，实现煤矸石的高效能源化利用

2. 关键技术

（1）高效循环燃烧技术

采用高、低混合流速循环流化床的燃烧方式实现超低发热值煤矸石（800-1600kcal/kg）的高效利用。

（2）多元内循环流化床技术

对于发热值大于1600kcal/kg的煤矸石、无烟煤或其他劣质燃料，采用较大床内面积、蝶形布风板、三回程、两级分离、两级回送、一级U型分离、二级带内置式旋风上排气高温分离等技术，实现炉膛高效运行，并降低污染物的生成。

3. 工艺流程

超低热值煤矸石流化床锅炉和高热值煤矸石及其他劣质燃料流化床锅炉示意图分别见图 1 和图 2。

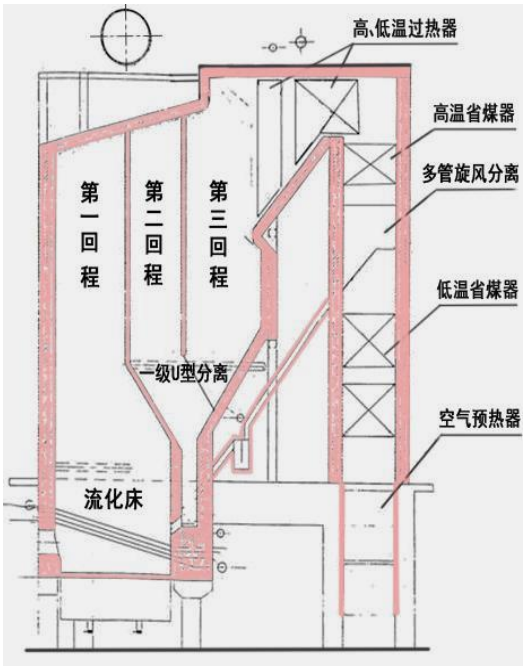


图 1 超低热值煤矸流化床石锅炉示意图

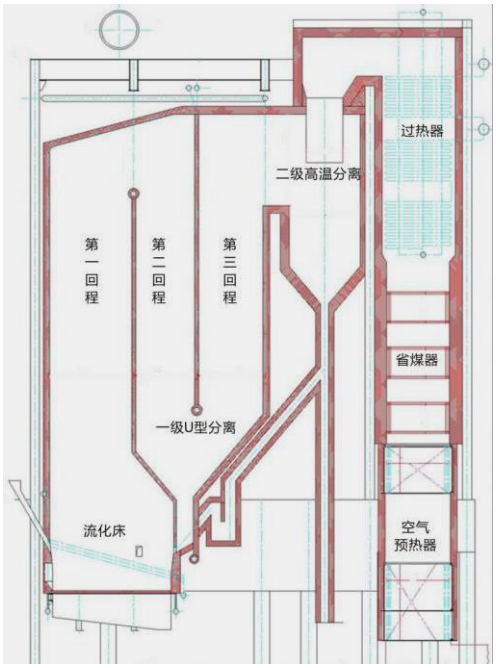


图 2 高热值煤矸石流化床锅炉示意图

五、主要技术指标

1. 燃超低热值煤矸石锅炉出力最佳范围：≤75t/h；

2. 可燃煤矸石发热值范围：800-1600kcal/kg；

3. 超低热值煤矸石锅炉热效率：75%-80%；

4. 无烟煤及其他劣质燃料锅炉热效率（含热值 1600kcal/kg 以上煤矸石）：＞88%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2005 年通过湖南省经委组织的新产品鉴定，典型产品 35t/h 锅炉获国家火炬计划支持；35t/h 锅炉 、40t/h 锅炉分别于 2013 年和 2014 年列入了工信部“节能机电（设备）产品推荐目录”第四批和第五批。该技术获得国家发明专利 1 项，实用新型专利 2 项。目前，已在全国实施运行 18 台套，具有良好的经济和社会效益。

七、典型应用案例

典型用户：福建沙县侨丹实业有限公司、福建青松股份有限公司、福建元成豆业、临澧华润热电有限公司等。

典型案例 1

案例名称：福建省沙县侨丹实业有限公司 35t/h 燃煤自发电项目

技术提供单位：湘潭锅炉有限责任公司

建设规模：35t 自发电锅炉系统。适用条件：周边拥有丰富的煤矸石资源，且符合国家相应建设条件。主要技改内容：替换原有发电锅炉系统。主要设备：流化床锅炉及配套系统。项目技改投资额 600 万元，建设期 9 个月。年节能 3509tce，碳减排 9264tCO_2，年节能经济效益 350 万元，投资回收期约 1.7 年。

典型案例 2

案例名称：临澧华润热电有限公司 35t 自发电锅炉系统项目

技术提供单位：湘潭锅炉有限责任公司

建设规模：35t 自发电锅炉系统。适用条件：周边拥有丰富的煤矸石资源，且符合国家相应建设条件。主要技改内容：替换原有发电锅炉系统。主要设备：流化床锅炉锅炉及配套系统。项目技改投资额 700 万元，建设期 7 个月。年节能 6000tce，碳减排 15840tCO_2，年节能经济效益 350 万元，投资回收期约 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

我国煤矸石、煤泥、洗中煤等低热值煤资源丰富，每年产生 3 亿 t 以上，合理高效地利用这些资源对我国节能减排具有重要意义。预计未来 5 年，该技术推广比例可达到 10%，投资建设约 100 个 35t/h 低热值煤发电锅炉系统，项目总投资 7 亿元，形成的年节能能力达到 50 万 tce，年碳减排能力 132 万 tCO_2。

23 中小型汽轮机节能技术

一、技术名称：中小型汽轮机节能技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 余热余压发电及工业拖动装置

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

据统计，目前我国中小型汽轮机的保有量约 2 万台，并以每年 2000 台的数量逐年递增。这些汽轮机大部分用于农林生物质、垃圾焚烧、沼气等生物质能发电及余热余压利用等领域，也在石油、化工、电力、冶金、制药、建材、纺织印染等行业热电联产及工业拖动领域有广泛应用。现在还有数百台在运的 50MW 以下小型汽轮机需要改造或关停。与热电联产主流的 300MW 以上机组相比，国内中小型汽轮机的内效率相对较低，具有一定节能改造的潜力。

四、技术内容

1. 技术原理

针对中小型汽轮机体积流量小的特点，采用基于精准数学模型的系列叶片设计、小根径叶轮结构优化、整锻转子等技术，优化汽轮机通流结构，减少级间的漏汽和汽流流动损失，使各个压力段综合损失最小、效率最佳，并采用独特的高转速模块化技术进行优化设计，减少机械损失，提高汽轮机的整体内效率。

2. 关键技术

(1）高转速模块化汽轮机新型本体结构；

(2）高效系列叶片设计；

(3）小根径叶轮结构优化；

(4）整锻转子等厚度叶轮设计；

(5）多齿蜂窝状汽封技术。

3. 工艺流程

该技术主要装备的结构简图如图 1、图 2、图 3、图 4 所示。

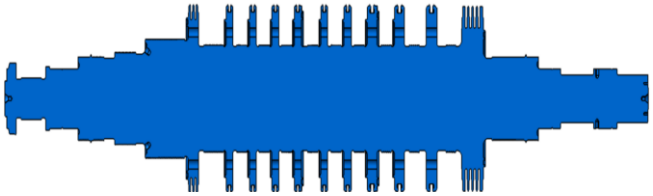


图1 小根径叶轮结构简图

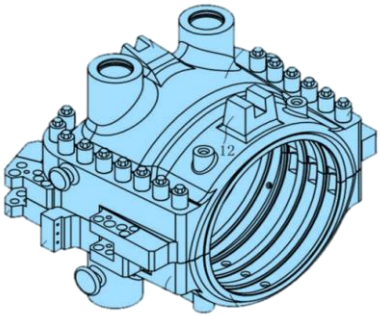


图2 高转速汽轮机内汽缸结构简图

图 3 整锻转子等厚度叶轮设计图

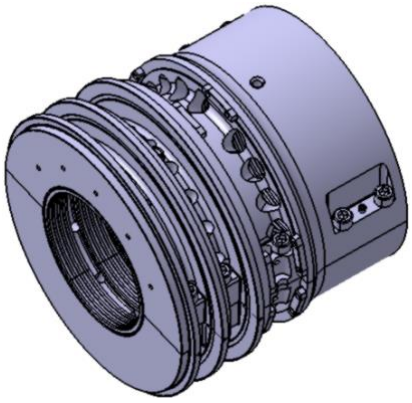


图 4 多齿蜂窝状汽封技术图

五、主要技术指标

1. 与同类型背压机组相比，内效率可提高 18%，发电量提高 25%以上；

2. 与同类型抽凝机组相比，内效率可提高 12%，发电量提高 12%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家发明专利 2 项，实用新型专利 11 项。2011 年 12 月通过山东省科技成果鉴定，汽轮机性能通过了山东省电力研究院热力性能试验。目前该技术已经在潍坊特钢集团、中粮生化能源有限公司等数十家企业的发电或工业拖动领域实施应用，节能效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：沙钢集团、中粮生化能源有限公司、潍坊特钢集团、桓台县唐山热电有限公司、山东宏信化工股份有限公司、东方希望（三门峡）铝业有限公司、龙口矿业有限公司等。

典型案例 1

案例名称：中粮集团 12MW 抽凝发电机组改造项目

技术提供单位：山东潍坊雷诺特动力设备有限公司

建设规模： 1×12MW 抽凝机组，建设条件：额定进汽压力：4.9MPa；额定进汽温度：435℃；额定抽汽压力 0.981MPa；额定抽汽温度：255.61℃；额定/最大抽汽量：30/50t/h；排汽压力：0.0056MPa；排汽温度：34.98℃。主要技改内容：对原抽凝机组进行节能改造。更换为 C12-4.90/0.981 型 12MW 抽汽冷凝式高效节能汽轮机。主要设备为 C12-4.90/0.981/型 12MW 抽凝发电机组。节能技改投资额 750 万元，建设期 4 个月。每年可节能 8268tce，年减排 21663tCO_2，年节能经济效益为 463 万元，投资回收期约 2 年。

典型案例 2

案例名称：潍坊特钢集团 3#烧结余热发电 12MW 凝汽式汽轮机节能改造项目

技术提供单位：山东潍坊雷诺特动力设备有限公司

建设规模：1×12MW 凝汽式机组，建设条件额定进汽压力：3.15MPa；额定进汽温度：437℃；额定进汽量：48.05t/h；额定排汽压力：0.0073MPa；额定排汽温度：39.83℃。主要技改内容：对原凝气机组进行节能改造，更换为 N12-3.15 型 12MW 凝气式高效节能汽轮机。主要设备包括 N12-3.15 型 12MW 凝气式发电机组。节能技改投资额 400 万元，建设期 8 个月。每年可节能 9428tce，年减排 24701tCO_2，年节能经济效益 528 万元，投资回收期约 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，全国高效中小型汽轮机的总装机容量可达 6000MW，可形成的年节能能力约 370 万 tce，年碳减排能力约 976 万 tCO_2。

24 基于凝结水调负荷的超超临界机组协调控制技术

一、技术名称：基于凝结水调负荷的超超临界机组协调控制技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 超超临界发电机组

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，在我国电力行业中，600/1000MW 超(超)临界发电机组已成为电网的主力机组，机组运行的经济性与电网快速变化负荷需求的矛盾越来越突出。常规负荷调整需要通过高压调节门调整流量，节流带来的能量损失约占总蒸汽焓值的 5%。

四、技术内容

1.技术原理

该技术针对不同的机组配置特点，设计了相应的控制功能，通过改变凝结水流量来加快变负荷初期的负荷响应速度；通过优化锅炉燃烧率控制提高机组整体负荷响应能力；采用汽机调门阀限控制参与一次调频。在满足电网调度对机组AGC变负荷性能和一次调频功能要求的前提下，可实现汽轮机高压调门全开滑压运行，提高机组运行的经济性，降低机组供电煤耗率。

2.关键技术

（1）机组负荷指令直接作用于凝结水节流子回路控制技术；

（2）凝结水系统中水位调节回路的优化设计；

（3）锅炉侧控制智能化功能设计；

（4）针对汽机调门全开，实施机组一次调频的控制方法。

3.工艺流程

该技术改变了传动的控制方式，实现汽轮机调门全开滑压运行，提高机组运行的经济性；修改控制逻辑，增加凝结水节流调负荷功能，弥补高压调门全开后负荷响应的迟延；优化锅炉煤水控制，增加智能超调，整体提高机组变负荷能力，满足电网对机组 AGC 变负荷及一次调频功能要求。该技术的协调控制系统示意图见图 1。

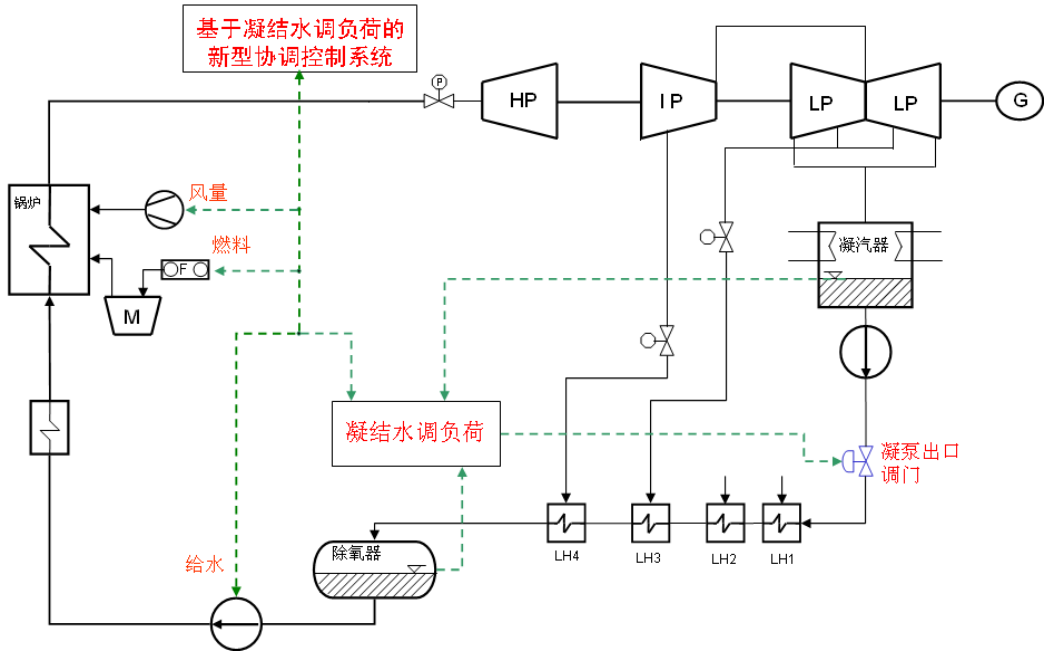


图 1 基于凝结水调负荷的协调控制系统示意图

五、主要技术指标

在满足电网 AGC 变负荷的要求前提下，实现对超（超）临界机组的高效节能协调控制，平均发电煤耗降低 1.28g/kWh。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得国家发明专利 3 项。2013 年获得中国电力科技进步二等奖，2014 年获得中国电力投资集团公司科技进步一等奖。目前已经在凝结水系统配置 2×100%容量工频凝泵、2×100%容量变频凝泵、3×50%容量凝泵的不同类型机组上进行了应用，对超过 10 台 660MW/1000MW 超超临界机组进行了改造或实施，节能效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：上海外高桥第二发电责任有限公司、上海上电漕泾发电有限责任公司。

典型案例 1

案例名称：上海外高桥第二发电责任有限公司 2 台超临界燃煤机组节能改造

技术提供单位：上海明华电力技术工程有限公司

建设规模：2 台 900MW 超临界燃煤机组。建设条件：锅炉由德国阿尔斯通公司制造，汽轮机由德国西门子公司制造，分别于 2004 年 4 月和 9 月投产。汽轮机高压缸采用全周进汽方式，配置两个高压进汽调门，机组自投产以来采用高压调门节流约 5%的进汽方式。主要技改内容：进行凝结水节流相关的特性试验研究，结合机组设备布

置特点，对控制方案再次进行优化改进，在 2 台 900MW 超临界机组上实现高效节能的协调控制控制系统。主要设备：基于凝结水调负荷的协调控制系统调试。节能技改投资额：400 万元，建设期 24 个月。每年可节能 13424 tce，减排 35439tCO_2。年节能经济效益为 1188 万元，投资回收期约 4 个月。

典型案例 2

案例名称：上海上电漕泾发电有限责任公司 2 台超超临界燃煤机组节能改造

技术提供单位：上海明华电力技术工程有限公司

建设规模：2 台 1000MW 超超临界燃煤机组。建设条件：锅炉由上海锅炉厂有限公司制造，汽轮机由上海汽轮机有限公司制造，分别于 2010 年 1 月和 4 月投产。机组在调试期间以及生产初期一直采用汽机高压调门节流的 CFB 协调控制方式。主要技改内容：实施基于基于凝结水调负荷的新型超超临界机组高效节能协调控制技术。主要设备：基于凝结水调负荷的协调控制系统调试。节能技改投资额：400 万元，建设期 24 个月。每年可节能 12600tce，减排 32760tCO_2。年节能经济效益 1115 万元，投资回收期约 5 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术可在全国火力发电行业超超临界机组中推广 30%，可形成的年节能能力约 20 万 tce，年碳减排能力为 52 万 tCO_2。

25 富氧双强点火稳燃节油技术

一、技术名称：富氧双强点火稳燃节油技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 适用于火力发电行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

1．降低燃煤锅炉点火稳燃油耗，节约耗油 95%以上；

2．提高煤炭燃烧效率，降低发电煤耗；

3．降低二氧化碳排放。

四、技术内容

1．技术原理

富氧双强点火稳燃节油技术系利用纯氧强化燃油燃烧，强化煤粉燃烧，降低煤粉着火温度，采用分级燃烧的方式，引燃整个煤粉流，实现微油点燃全部一次风煤粉流，达到锅炉启停、稳燃、机组调试运行时节能的目的。

2．关键技术

（1）自动供氧总成——保证技术实施中氧气的供应；

（2）燃油预处理装置——保证技术实施中燃油供应及安全；

（3）富氧点火及稳燃燃烧器——保证技术实施中锅炉煤粉安全、有效燃烧，从而达到锅炉节能减排的装置；

（4）点火及稳燃系统控制软件包——保证技术实施中各设备（装置）安全运行的控制软件系统；

（5）自动化硬件集成系统设备——保证技术实施中各设备（装置）安全运行的控制电气仪表等硬件系统。

3．工艺流程

（1）通过自动供氧总成将氧气引入富氧点火及稳燃燃烧器中；

（2）燃油经过燃油预处理装置后引入富氧点火及稳燃燃烧器中；

（3）在富氧点火及稳燃燃烧器中，利用氧气降低燃料着火温度，提高燃料燃烧温度，加快燃料反应速度，以高温油火焰引燃部分一次风煤粉，进而引燃整个一次风粉气流，实现以煤代油、以氧助燃，大幅降低点火、稳燃、机组调试过程耗油量；

（4）通过自动化硬件集成系统设备和点火及稳燃系统控制软件包，对整个工艺过

程实施控制。

五、主要技术指标

1. 大幅降低锅炉点火稳燃油耗，节油率达到95%以上；

2. 该技术能用于烟煤、贫煤、无烟煤等煤粉气流的点火，煤种适应性较强；

3. 确保环保装置在取消烟气旁路后全程安全、高效地投运，提高燃煤锅炉环保设备利用率5%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

1. 技术鉴定及获奖情况

2011 年 7 月，“富氧微油点火稳燃装置”通过中电联鉴定，获评“具有自主知识产权，技术先进，安全可靠，为国际首创”；2014 年 11 月，发明专利“富氧微油点火稳燃装置”获评中国专利优秀奖。

2. 目前技术应用现状及产业化发展情况

该技术大幅降低了电厂锅炉点火、稳燃、机组调试油耗，提高煤粉燃烧效率，降低发电煤耗，从而节约电厂发电运行成本，成为全国唯一的在燃煤发电锅炉三种燃烧方式（四角切圆、对冲燃烧、W 火焰）均实施成功节能改造的技术；已成功应用于中电投重庆九龙电厂 200MW 机组四角切圆燃烧锅炉、国电成都金堂电厂 600MW 机组对冲燃烧锅炉、大唐山西阳城电厂 350MW 机组 W 燃烧锅炉、国电重庆万盛恒泰电厂 300MW 机组四角切圆燃烧锅炉、国电达州电厂 300MW 机组四角切圆燃烧锅炉，取得了显著的效果。

本技术是由多项非标产品（设备）的集成应用，各项产品（设备）均面向社会采购，定制生产；本技术应用的非标产品（设备）属完全的社会化生产，生产能力巨大，完全满足市场对本技术的需求。

七、典型应用案例

典型案例 1

典型案例应用单位：国电成都金堂电厂

项目名称：国电成都金堂电厂富氧双强点火稳燃节油技术改造项目

技术提供单位：重庆富燃科技股份有限公司

建设规模：600MW 机组对冲燃烧锅炉。主要技改内容：锅炉采用两级点火，即：高能点火器点燃轻油油枪，轻油油枪点燃煤粉。每个燃烧器配一支油枪，油枪及组合式高能点火器配有气动推动器，布置在燃烧器中心风风管内。油枪的设计总容量为30%

BMCR 的锅炉热输入量，用于点火、暖炉及低负荷助燃的要求。单支油枪出力为1350kg/h。该项目总投资470万元。改造后冷态启动一次耗油量3-4t，节油率达到95.6%；年节能能力可达约 1.16 万 tce，年减排 3.06 万 tCO_2，投资回收期 1 年。

典型案例 2

典型案例应用单位：中电投重庆九龙电厂

项目名称：中电投重庆九龙电厂富氧双强点火稳燃节油技术改造项目

技术提供单位：重庆富燃科技股份有限公司

建设规模：电厂 200MW 机组四角切圆燃烧锅炉。主要技改内容：将锅炉第二层四只原燃烧器更换为富氧点火及稳燃燃烧器，配套安装燃烧器系统、供氧系统、燃油系统、压缩空气系统、冷却风系统、控制系统等。项目总投资 300 万元，改造后冷态点火一次耗油：2-3t，耗氧：$10m^3$，节油率达 96.8%。锅炉一次点火产生经济效益 35-40 万元，每年可节约煤耗费用约 300 万元。预计投资回收期 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

燃煤锅炉富氧双强点火稳燃节油技术作为全新技术，在国内现处于技术推广应用阶段，推广比例<1%。现已在中电投重庆九龙电厂、国电成都金堂电厂、大唐山西阳城电厂、国电重庆恒泰电厂、国电达州电厂上得到成功应用，涵盖了所有炉型及煤种。在应用中表现出了比等离子点火节油技术、小油枪点火节油技术更加卓越的先进性和更加显著的经济性，是以上技术的替代技术。

富氧双强点火稳燃节油技术可实现锅炉点火稳燃过程节油率达95%以上，全部完成改造可节省大量燃油资源，同时降低电厂发电标煤耗（约1%）。未来5年，该技术的推广比例将达到6%，预计总投入约37000万元，年节能可达约91万tce，，年减排量约240万 tCO_2。

26 准稳定直流除尘器供电电源节能技术

一、技术名称：准稳定直流除尘器供电电源节能技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 电力、水泥、化工等行业生产过程产生的烟气粉尘捕集

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国火电机组装机容量超过6亿kW，机组绝大多数配置电除尘器。按电除尘器工频电源耗电功率占机组发电功率的0.25%计算，电除尘器消耗电功率约150万kW，年耗能约75亿kWh。采用准稳定直流除尘器供电电源替代常规电源可提高除尘器的除尘效果，降低除尘器的电耗，实现节能。

四、技术内容

1.技术原理

该采用三相四线制380V交流系统电源作为装置输入电源，当除尘器电场无火花放电时，电源正常运行，其输出内阻表现为低阻抗特性；当除尘器电场发生发生火花放电现象时，控制器检测到闪络电流特征，在10us内将电源的输出内阻放大至数千倍，形成一个高输出阻抗特性，装置输出负高压电压立即下降至一个阶梯值，阻止除尘器电场火花放电现象的发生。

该技术可为电场提供始终处于火花临界处的输出电压，减少火花电压造成的能量损失及无法连续供电的问题，大幅提高输入电压的除尘效率，降低电除尘器的电耗。

2.关键技术

(1) 采用纳米晶磁材磁控软功率模块使频率响应速度更快；

(2) 采用自适应电源内阻自动根据负载变化调节电压。

3.工艺流程

准稳定直流除尘器供电电源原理简图见图1。

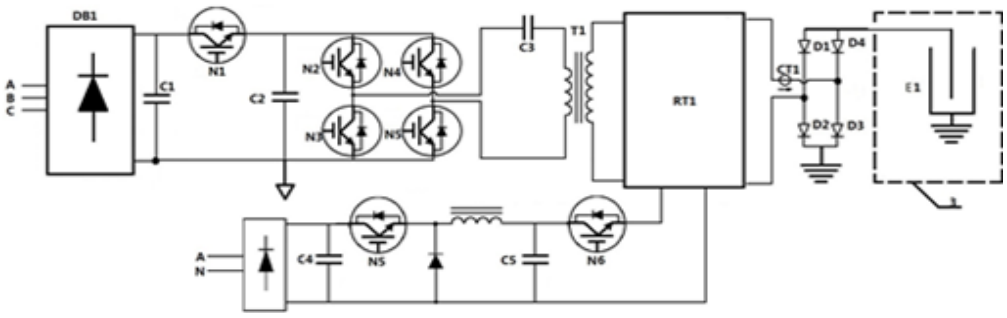


图 1 准稳定直流除尘器供电电源原理简图

五、主要技术指标

与工频电源相比，节能50%左右。

六、技术应用情况

该技术已获得6项国家实用新型专利，2013年8月通过中国环境科学学会组织的科技成果鉴定，并通过了华电电力科学研究院、内蒙古电力科学研究院、陕西电力科学研究所和华北电力科学研究所等多家单位的性能试验。2012年，该技术首次在600MW机组除尘器上投入使用，至今已在超过16台300MW及600MW机组除尘器上推广应用，节能减排效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：内蒙古京隆电厂、大唐陕西发电有限公司渭河热电厂

典型案例1

案例名称：内蒙古京隆发电有限责任公司除尘器技改项目

技术提供单位：北京市中环博业环境工程技术有限公司

建设规模：600MW机组电除尘技术改造工程。建设条件为：电除尘双室5电场，电源为常规整流脉动电源，烟气处理量495m^3/s，设备进口粉尘浓度40g/Nm^3以上，出口粉尘浓度为36.77mg/Nm^3，运行电耗835.5kWh。主要技改内容：以软稳电源代替原常规整流脉动电源，主要设备为40台软稳电源。改造后设备出口粉尘浓度为16.73 mg/Nm^3，运行电耗为467.38kWh。节能技改投资额1440万，建设期3个月。年节电184万kWh（按年等效运行小时5000h计算），折合589tce，年减排1283tCO_2。年节能经济效益约748万，投资回收期约2年。

典型案例2

案例名称：大唐陕西发电有限公司渭河热电厂除尘器技改项目

技术提供单位：北京市中环博业环境工程技术有限公司

建设规模：2×300MW燃煤机组除尘器电源系统改造。建设条件为：电除尘双室4电场，使用常规工频电源，除尘器出口粉尘浓度为36.77mg/g/Nm^3。运行电耗为746 kWh。主要技改内容：以软稳电源代替原常规整流脉动电源，主要设备为32台软稳电源。改造后出口浓度为19 mg/Nm^3。运行电耗为322 kWh。节能技改投资额1216万，建设期2个月。年节电212万kWh（按年等效运行小时5000h计算），折合678tce，减排1477tCO_2。年节能经济效益约400万，投资回收期约1.5年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在电力行业的推广比例将达到 20%，形成的年节能能力为 67 万 tce，年碳减排能力 146 万 tCO_2。

27 球磨机高效球磨综合节能技术

一、技术名称：球磨机高效球磨综合节能技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 电力、钢铁、有色金属、石油石化等行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国火电厂钢球磨煤机制粉电耗平均为 7kWh/t 煤粉；磨制铁矿的球磨机电耗平均在 28kWh/t 原矿；磨制铝土矿的球磨机的电耗平均约 20kWh/t 原矿；石油石化自备电厂的钢球磨煤机制粉电耗 27kWh/t 煤粉；水泥回转窑供煤球磨机的制粉电耗平均在 30kWh/t 煤粉。全国在运的球磨机，年耗电量约 800 亿 kWh，约占全国发电总量的 2%。

四、技术内容

1.技术原理

根据物料特性、球磨机参数、制粉参数（磨矿细度参数），设计球磨机衬板的台阶个数、台阶宽度、台阶角度，控制球磨机钢球的提升数量、提升高度、钢球落点、抛落与泻落的钢球数量的比例，大幅度提高球磨机的破碎和研磨效率，大幅度降低球磨机电耗的效果；根据物料特性、球磨机衬板参数、制粉参数（磨矿细度参数）、物料的粒度分布，把不同直径的钢球按其作用划分为粗碎、细碎、粗磨、细磨四个组群，合理设计各组群钢球的平均直径及重量比例，大幅减少非关键直径钢球的数量（从而大幅度减少低功效钢球的数量），进一步提高球磨机的破碎和研磨效率，降低球磨机电耗。采用铬锰钨复合碳化物细化材料的碳化物晶粒，使材料磨损的均匀性及耐磨性得到显著改善，从而降低钢球的失圆率、稳定钢球级配、提高小直径钢球的利用率。

2.关键技术

(1) 球磨机节能衬板优化设计技术；

(2) 球磨机钢球级配优化设计技术。

3.工艺流程

球磨机参数收集和物料检测——→衬板优化设计——→钢球级配优化设计——→球

磨机衬板安——→钢球装机——→球磨机节能数据收集

节能衬板结构简图见图 1。新型铬锰钨系抗磨铸铁磨球见图 2。

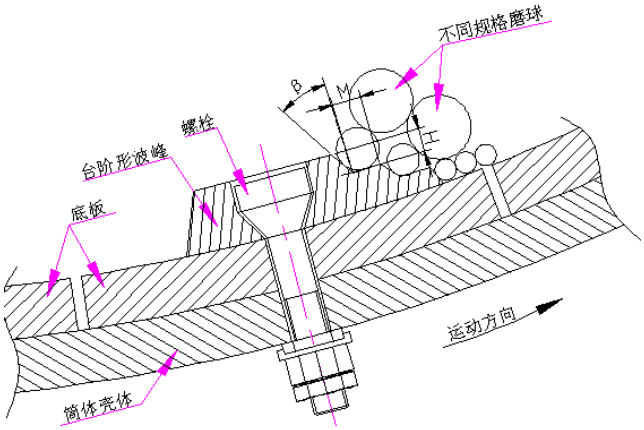


图 1 球磨机节能衬板结构简图

图 2 新型铬锰钨系抗磨铸铁磨球外观图

五、主要技术指标

火电厂钢球磨煤机节电 20%-40%，矿山的球磨机节电 10%-20%，水泥厂磨煤机节电 10%-20%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得国家发明专利 2 项，实用新型专利 2 项。2011 年通过湖南省科技厅组织的科技成果鉴定。在火电行业，国家五大发电集团均已采用球磨机高效球磨节能技术，华能岳阳电厂、滇东电厂全部磨煤机均已推广应用，取得了良好的节能效果。此外，该技术在大型矿山、水泥行业等也都有推广应用。

七、典型应用案例

典型用户：华能集团、大唐集团、中电投、华电集团、国电集团、华新水泥、冀东水泥、海螺水泥、天宝矿业、远通矿业、焦家金矿、信发集团等。

典型案例 1：

案例名称：华能岳阳电厂 1 号机组磨煤机节能改造

技术提供单位：湖南红宇耐磨新材料股份有限公司

建设规模：60t/h 磨煤机建设条件：旧有球磨机改造。主要技改内容：将球磨机的衬板和钢球更换，采用优化设计的台阶形衬板和新的钢球级配。主要设备为：节能型衬板、耐磨磨球等。节能技改投资额 145 万元（其中钢球费用 100 万元），建设期 10 天。每年可节能 1260tce，减排 2746tCO_2，年节能经济效益 165.4 万元，投资回收期约 6 个月。

典型案例 2：

案例名称：云南滇东电厂 3 号发电机组磨煤机节能改造

技术提供单位：湖南红宇耐磨新材料股份有限公司

建设规模：6 台总产能 260t/h 的磨煤机建设条件：旧有球磨机改造。主要技改内容：将球磨机的衬板和钢球更换，采用优化设计的台阶形衬板和新的钢球级配。主要设备：节能型衬板、耐磨磨球等。节能技改投资额 858 万元（其中钢球费用 540 万），建设期 50 天。每年可节能 4048tce，减排 9486.75tCO_2。年节能经济效益 531 万元，投资回收期约 1.6 年。

八、推广前景及节能减排潜力

球磨机高效球磨综合节能技术在火电行业、大型矿山、水泥行业的推广前景广泛，预计未来 5 年，形成的年节能能力约为 250 万 tce，碳减排能力 550 万 tCO_2。

28 铜包铝芯电线电缆节能技术

一、技术名称：铜包铝芯电线电缆节能技术

二、技术所属领域及适用范围：通用机械行业　35KV 及以下等级电线电缆

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

电缆是电力系统的重要导电器材，起着传送电能的作用，主要用于发电机、变压器、电动机等的电能传输。目前变电所高低压配电、电动机装置等电气设备和相应配电装置的连接大都采用纯铜电缆。由于“集肤效应”，导致纯铜电缆在传输电能过程中电流主要集中在电缆外表面，这会导致电缆产生较多的热量，限制电缆的载电量，同时导致电缆内部铜材利率效率降低，铜材浪费严重。铜包铝芯电线电缆作为一种复合型导体材料，不仅可以节省大量铜材，而且相比纯铜电缆载流量更大、线损更小、温升更低。根据实际运行案例，铜包铝芯电线电缆相比纯铜电缆可降低电损5%-10%。同时，铜包铝芯电线电缆更柔韧、更易于成型，且重量轻，运输及施工方便。

四、技术内容

1．技术原理

利用“集肤效应”原理，综合生产制造工艺、复合材料新型热处理技术、铜铝包覆拉拔原子冶金技术、新型材料绞合技术等生产要素和创新技术，将铜层均匀包覆在铝芯上，使铜、铝界面上的原子实现冶金结合，并拉伸绞合，形成具有强度高、轻质、柔性及环保等特性的新型导电材料。与传统的铜芯电缆对比，可有效降低导线温度，节省铜材，并降低线损。由于电线电缆温升降低，使绝缘材料不产生碳化，保证铜包铝芯电线电缆的绝缘寿命可满足30年免维护的要求。

2．关键技术

（1）铜铝配比算法技术。该技术保证铜包铝芯电线满足载电量要求的同时大幅降低铜材使用量、降低导线成本、提高导线性能和降低导线温升。

（2）铜铝包覆焊接技术。该技术是铜包铝芯电线电缆制造的基础和前提，焊缝的均匀性是后续拉拔工艺的保障。

（3）铜铝拉拔退火冶金融合技术。该技术可实现铜铝界面原则实现均匀的冶金结合，保障复合材料的导电性能和导电稳定性。

3．工艺流程

铜包铝芯电线电缆相关结构及工艺流程图见图 1、2。

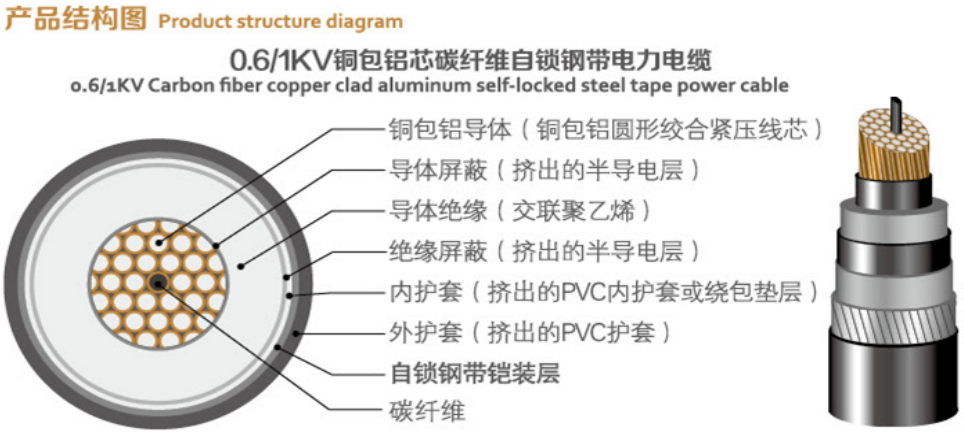


图 1 铜包铝芯碳纤维自锁钢带节能电线电缆结构示意图

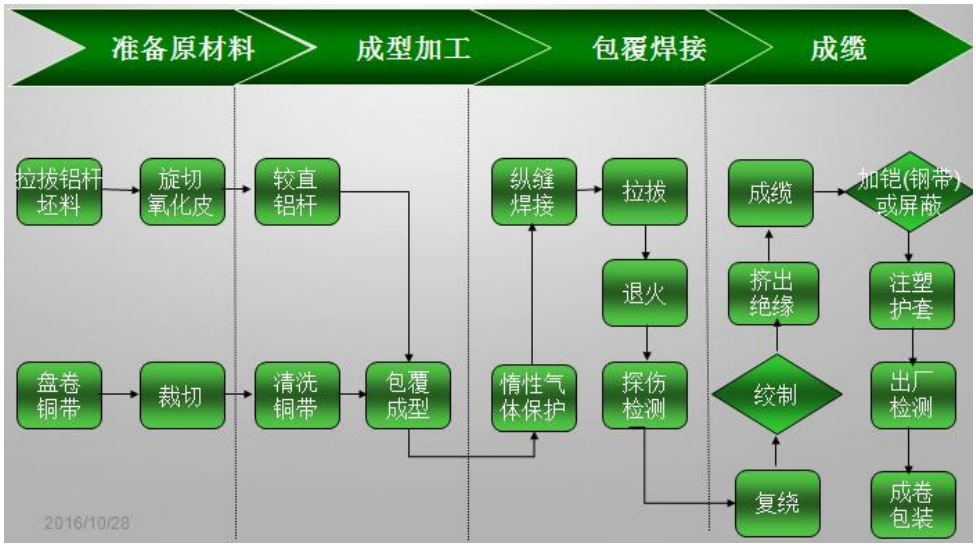


图 2 铜包铝芯节能电线电缆生产工艺流程图

五、主要技术指标

1．导体温升较铜芯电缆降低 10%-20%；

2．电压等级规格：产品电压等级规格为 1kV-35kV；

3．各规格载流量（额定电流的导体温升≤30K）：300A-1000A；

4．绝缘水平：完全符合 GB12706.1-2002 国家标准

5．节能指标（相比传统纯铜电缆）

（1）节铜率：60%；

（2）节能率：5%-10%；

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家发明专利22项，实用新型专利30项，并于2015年通过中国电力

企业联合会组织的科技成果鉴定，2013年获得辽宁省科技成果三等奖。目前，该产品已广泛应用于电力、冶金、石化、城市建筑等多个领域，节能效果良好。

七、典型应用案例

典型案例 1

案例名称：中国建材集团北方水泥有限公司

技术提供单位：大连沈特电缆有限公司

建设规模：中国建材集团北方水泥有限公司旗下159家水泥生产企业节能技术改造。项目建设条件：原有电线电缆老化，电线电缆载流损耗大。主要技改内容：使用铜包铝芯节能电线电缆替换铜芯电缆。主要设备为铜包铝芯电线电缆、电线电缆安装工具等。技改投资额5亿元，建设期5年。项目年节电约9375万kWh，折合标煤3万tce，年节能经济效益为7500万元，项目投资回收期7年。

典型案例 2

案例名称：大连市主城区配电自动化项目

技术提供单位：大连沈特电缆有限公司

建设规模：铜包铝芯节能电线电缆37km。项目建设条件：原有电线电缆老化，电线电缆载流损耗大。主要技改内容：使用铜包铝芯节能电线电缆敷设。主要设备为铜包铝芯电线电缆。技改投资额8600万元，建设期24个月。项目年节电3010万kWh，折合9635tce，年节能经济效益为1656万元，项目投资回收期5年。

八、推广前景和节能减排潜力

目前，在欧美、日本等发达国家，铜包铝芯电线电缆已经进入普遍应用阶段，广泛应用于电力、电子、通讯等高频信号传输领域。我国在这一领域的技术发展迅速，铜包铝复合材料已经逐步被人们所接受 ，具有广阔的应用前景。预计到 2020 年，该技术的推广比例将达到 5%，累计项目投资 200 亿元，可形成的年节能能力约 150 万 tce，年碳减排潜力约 350 万 tCO_2。

29 高温高压干熄焦装置

一、技术名称： 高温高压干熄焦装置

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 适用于年产焦炭 190 万 t 及以上的焦化厂

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

超大型已经成功地运行了 5 年多，在节省投资、降低运行费用(含维修及年修)、节能减排效果、能源回收、减少占地等方面都具有非常明显的优势。目前该技术可实现节能量 33 万 tce/a，减排约 87 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

装满红焦的焦罐台车由电机车牵引至焦罐提升井架下，经焦罐提升机将焦罐提升并送到干熄炉顶，通过干熄槽顶部的装入装置将焦炭装入干熄槽；在干熄槽中焦炭与循环气体进行热交换，将红焦冷却至 200℃以下，冷却后的焦炭经排焦装置卸至胶带机上，送到焦炉的运焦系统。

冷却焦炭的循环气体由循环风机通过干熄槽底部的鼓风装置鼓入干熄槽，与红焦炭进行换热将循环气体加热到约为 900℃；热的循环气体经一次除尘器除尘后进入余热锅炉换热，锅炉产生蒸汽，循环气体的温度降至约 170℃。

循环气体由锅炉出来，再经二次除尘后再由循环风机加压后，经给水预热器冷却至≤130℃进入干熄槽循环使用。

2.关键技术

（1）焦炭在干熄槽内下降的均匀性；

（2）循环气体在干熄槽内气流分布的均匀性；

（3）提高斜烟道立墙耐火砖的寿命；

（4）合理控制斜烟道气流分布及临界速度。

3.工艺流程

工艺流程见图 1 所示。

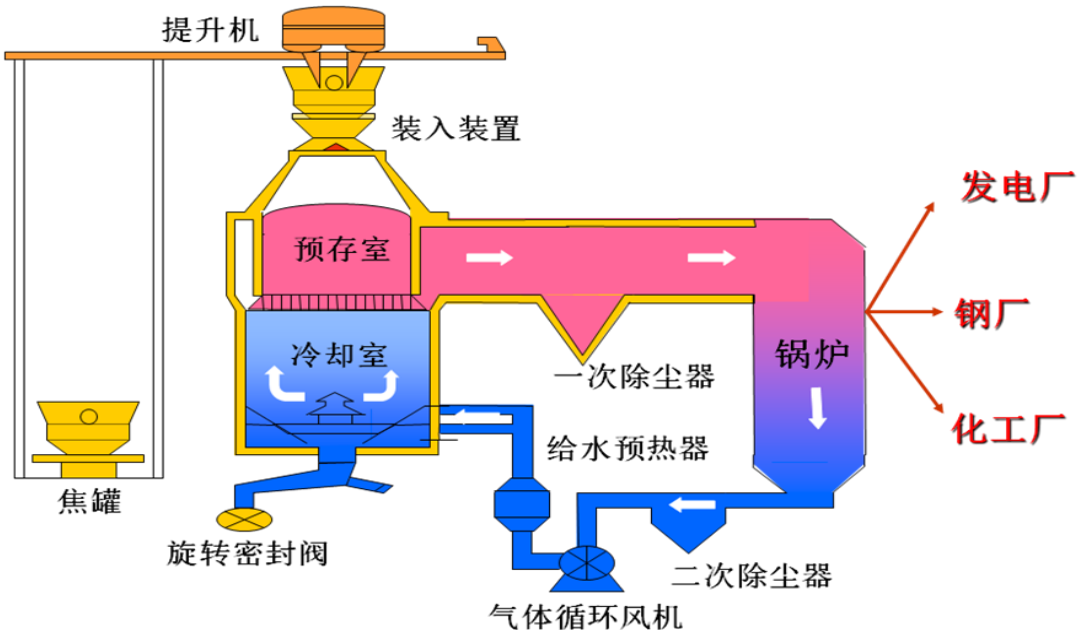


图 1 工艺流程图

五、主要技术指标

主要技术指标见表 1。

表 1 主要技术指标

项目	序号	指标名称	单位	指标
装置能力	1	额定处理能力	t/h	260
	2	实际处理能力	t/h	240
产品产量	3	干熄焦焦炭	万 t/a	192.83
	4	焦粉	万 t/a	3.97
	5	蒸汽	万 t/a	110.95
原材料消耗	6	焦炭烧损	万 t/a	1.79
整个工程动力消耗	7	生产循环水给水量	m^3/h	264
	8	除盐水用量	m^3/h	160
	9	低压蒸汽	t/h	20.94
	10	99.9%氮气（常用）	m^3/h	346
	11	普通压缩空气	m^3/min	27.63
	12	耗电有功功率	kW	3390

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

首钢京唐 1#，260t/h CDQ 项目于 2009 年 5 月 19 日投产，2012 年 11 月荣获中国

炼焦行业协会颁发的焦化行业技术创新成果一等奖。

采用超大型干熄焦的新技术，每年回收能源折合标煤 101956t，平均吨焦回收能源折合标煤 51.338kg，基准情景的干熄焦为 48.108kg，高温高压干熄焦高出 6.7%。使用干熄焦装置处理后的焦炭，高炉焦比每吨铁降低至少 20kg。

七、典型应用案例

典型案例

技术提供单位：北京中日联节能环保工程技术有限公司

建设规模：每小时冷却焦炭的能力最高可达 280t。

建设条件：本技术适用于顶装式或捣固式焦炉炉组年焦炭产量在 190 万 t 及以上的干熄焦，同时在海拔较高的地区年焦炭产量在 170 万 t 及以上的干熄焦。使用 1 套超大型的干熄焦装置取代 2 套 140t/h 处理能力的干熄焦装置。

主要技改内容：(1)焦炭在干熄槽内下降的均匀性(2)循环气体在干熄槽内气流分布的均匀性(3)提高斜烟道立墙耐火砖的寿命(4)合理控制斜烟道气流分布及临界速度。

主要设备：焦罐及焦罐台车、提升机、超大型干熄槽、特殊的鼓风装置、超、超大型一次除尘器、超大型干熄焦锅炉、超大型干熄焦二次除尘器、超大型干熄焦风机。

干熄焦及主要附属设施投资 20100 万元，建设期 16-18 个月，采用超大型干熄焦的新技术，每年回收能源折合标煤 101956t，平均吨焦回收能源折合标煤 51.338kg。基准情景的干熄焦为 48.108kg，超大型(220-260t/h)干熄焦高出 6.7%。单位节能量投资额为 0.1971 万元，基准情景的单位节能量投资额 0.2630 万元，超大型干熄焦单位节能量投资额减少 25%。采用超大型干熄焦技术静态投资回收期税前 3.8 年、税后 4.52 年。基准情景的静态投资回收期税前 4.75 年、税后 5.63 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 20%，预计总投入 100500 万元，预计节能能力 51 万 tce/a，减排能力 125 万 tCO_2/a。

30 钢铁行业烧结余热发电技术

一、技术名称：钢铁行业烧结余热发电技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

与该节能技术相关生产环节的能耗现状为200-400℃的低温余热废气，基本没有得到利用。目前应用该技术可实现节能量8万tce/a，减排约21万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

钢铁行业烧结、热风炉、炼钢、加热炉等设备产生的废烟气，通过高效低温余热锅炉产生蒸汽，带动汽轮发电机组进行发电。

2.关键技术

通过分级利用余热，使得余热锅炉能最大限度的利用200-400℃的低温余热。

3.工艺流程

烟气收集→余热锅炉→汽轮发电机。

五、主要技术指标

可利用烟气温度为200-400℃。

六、典型应用案例

典型用户马钢

某钢铁投资1.7亿元人民币，安装了低温余热锅炉及汽轮发电机组，年发电量达1.4亿kWh，年取得经济效益7000万元人民币，投资回收期2.5年。

七、推广前景及节能减排潜力

钢铁企业的烧结、冶炼、加热等设备产生大量的低温废气，基本没有得到合理利用，所以其推广前景广阔，节能潜力巨大。

在钢铁生产过程中，都会产生大量低温烟气，若将其低温余热充分合理利用，将会产生很大的节能效益。建议政府应积极支持、鼓励，制定特殊政策，激励企业利用低温余热的积极性，节约大量一次能源，创造更多社会效益。未来5年，预计推广到40%，总投入17亿元，节能能力可达15万tce/a，减排能力41万tCO_2/a。

31 转炉煤气干法回收技术

一、技术名称：转炉煤气干法回收技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 转炉一次烟气

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前大部分采用的湿法系统吨钢耗能：6-15kWh；0.3-0.5m^3 水，另外湿法系统回收煤气量小；存在污水处理；排放烟气含尘浓度高达 100mg/Nm^3；运行费用高。目前刚刚推广开来的干法系统吨钢耗能：2-3.8kWh；0.1-0.2m^3 水，另外干法系统无污水处理；排放烟气含尘浓度小于等于 15mg/Nm^3；比湿法多回收约 10m^3 煤气；运行费用吨钢节约约 2.5 元人民币。目前该技术可实现节能量 8 万 tce/a，减排约 21 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

通过蒸发冷却把约1000℃的烟气降温到约250℃并对烟气进行粗除尘，然后通过防爆型静电除尘器对烟气进行精除尘，然后烟气通过风机切换站进入烟囱排放或进入煤气冷却器对烟气进一步降温后回收利用。

2.关键技术

烟气喷雾降温技术、静电除尘及防爆技术

3.工艺流程

通过蒸发冷却把约1000℃的烟气降温到约250℃并对烟气进行粗除尘，然后通过防爆型静电除尘器对烟气进行精除尘，然后烟气通过风机切换站进入烟囱排放或进入煤气冷却器对烟气进一步降温后回收利用。工艺流程见图1所示。

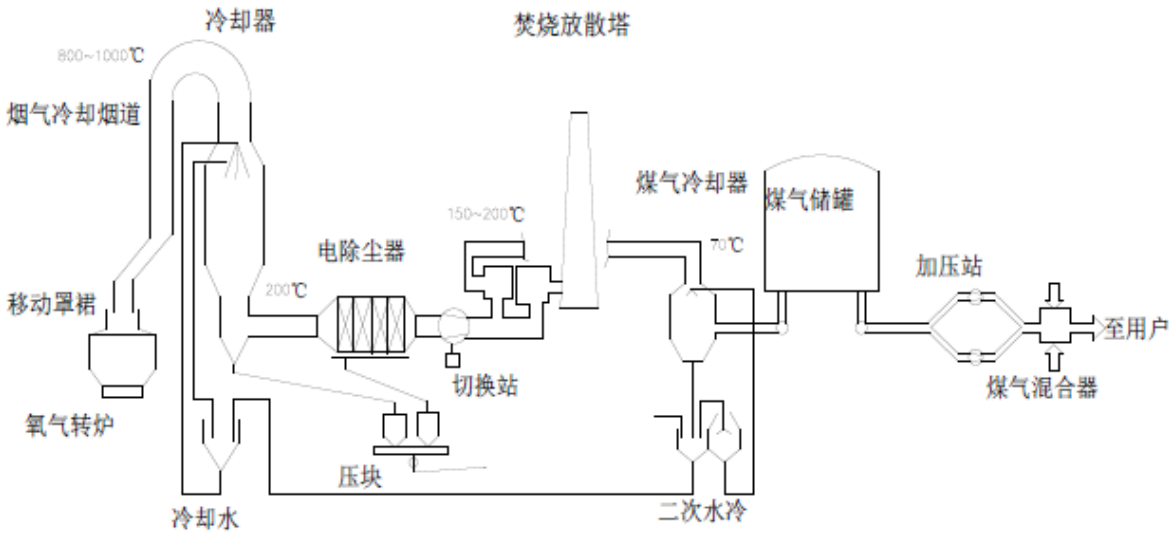


图 1 工艺流程图

五、主要技术指标

1.放散烟气含尘量小于 15mg/Nm^3；

2.回收煤气含尘量小于 10mg/Nm^3。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术与传统湿法技术相比即节能又环保，被认定为转炉一次烟气处理的发展方向，目前已得到了广泛应用，共计约 100 多套。

七、典型应用案例

典型案例 1：信钢

技术提供单位：中国重型机械研究院股份公司

建设规模：3 台 65t 转炉，技改内容：信钢为新建 3 套 65t 转炉配套 3 套转炉一次烟气干法净化回收系统，主要设备：蒸发冷却器、静电除尘器、风机、切换站煤气冷却器及烟囱等。节能技改投资额约 5300 万，建设期约 24 个月，节能量：与传统湿法相比吨钢节能约 5kgce。年节能经济效益不低于 1200 万元，投资回收期不到 5 年。

典型案例 2：攀钢

技术提供单位：中国重型机械研究院股份公司

建设规模：3 台 220t 转炉，技改内容：攀钢西昌为新建 3 套 220t 炼钢转炉配套 3 套转炉一次烟气干法净化回收系统，主要设备：蒸发冷却器、静电除尘器、风机、切换站煤气冷却器及烟囱等。节能技改投资额约 1.6 亿元，建设期约 21 个月，节能量：与传统湿法相比吨钢节能约 5kgce。年节能经济效益不低于 4250 万元，投资回收期不

到 4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 60%，预计投资总额 20 亿元，年节能能力 25 万 tce/a，减排能力 66 万 tCO_2/a。

32 蓄热式燃烧技术之一：蓄热式转底炉处理冶金粉尘回收铁锌技术

一、技术名称：蓄热式燃烧技术-蓄热式转底炉处理冶金粉尘回收铁锌技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 钢铁冶金行业企业生产过程中所产生的含铁、锌粉尘、除尘灰和污泥等固废的综合利用

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

蓄热式燃烧技术是一种全新的燃烧技术，它把回收烟气余热与高效燃烧及 NO_X 减排等技术有机地结合起来，从而达到节能减排的目的。目前该技术可实现节能量 16 万 tce/a，减排约 42 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

蓄热式转底炉处理冶金粉尘回收铁锌技术，即将蓄热式燃烧技术应用于转底炉直接还原工艺，并对该工艺进行优化改进，达到对冶金粉尘中的锌、铁资源回收利用，同时实现节能降耗的目的。冶金粉尘等固废被制成含碳球团，在转底炉内 1200-1300℃的还原区被还原为金属化球团，球团中被还原的 Zn 高温下挥发进入烟气被脱除，Zn 蒸气在烟气中再氧化成 ZnO，通过对烟尘的收集得到富含 ZnO 的二次粉尘。

2.关键技术

（1）蓄热式燃烧技术；

（2）转底炉直接还原技术。

3．工艺流程

蓄热式燃烧技术及蓄热式转底炉处理含锌粉尘工艺流程图见图 1、图 2.

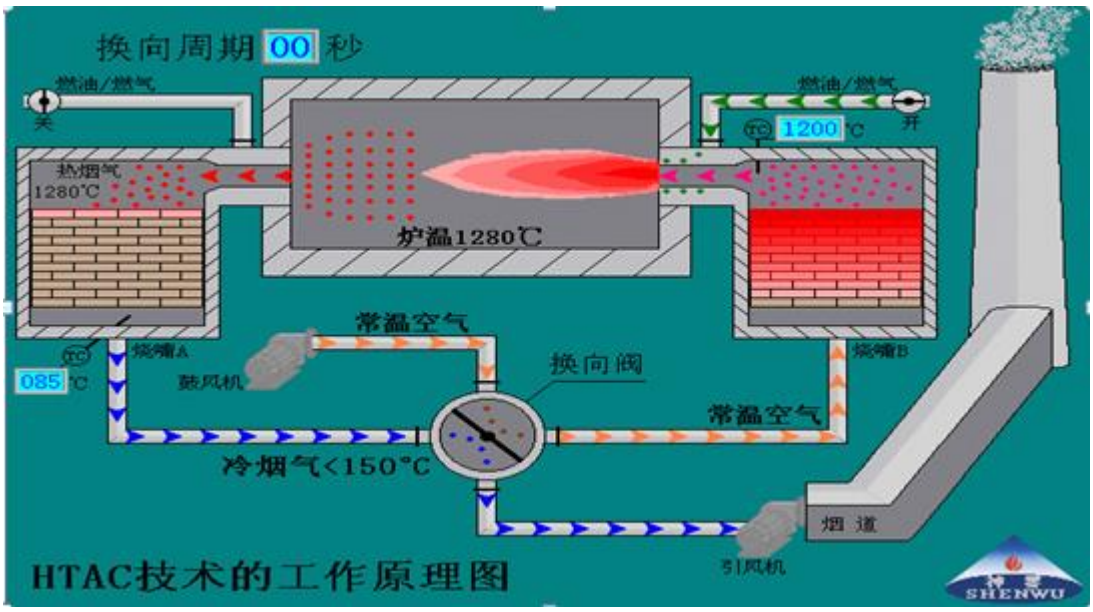


图 1 蓄热式燃烧器的工作原理图

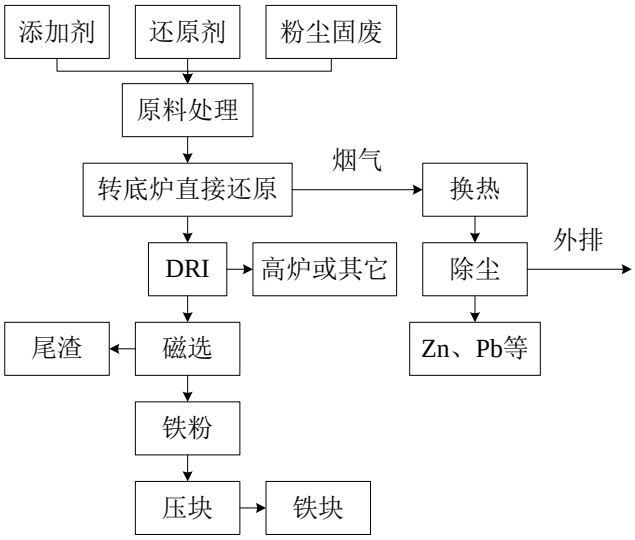


图 2 蓄热式转底炉处理含锌粉尘工艺流程图

五、主要技术指标

蓄热式转底炉直接还原工艺可以替代的工艺有回转窑工艺和普通转底炉工艺，其主要技术参数结果见表 1。

表 1 蓄热式转底炉工艺与其他工艺技术参数对比

项目	DRI 金属化率	脱锌率	作业率	规模	单位产品能耗

蓄热式转底炉工艺	72%-96%	94%-97%	＞90%	30 万 t/a	209.3kgce
回转窑工艺	-85%	75%-90%	＜85%	＜10 万 t/a	-279.8kgce
普通转底炉工艺	60%-86%	91.35（max）	-80%	20 万 t/a	-250.0 kgce

依据表 1 中数据计算得出，蓄热式转底炉工艺比回转窑工艺节能约 70kgce/t 产品，节能约 25%；比普通转底炉工艺节能约 40kgce/t 产品，节能约 16%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

蓄热式转底炉直接还原技术创新性地将蓄热式燃烧技术与转底炉直接还原炼铁技术相结合，在燃烧技术、转底炉炉体结构、蓄热体材料等方面进行创新，拥有多项自主知识产权专利。依赖于燃烧技术和转底炉直接还原技术的科技创新，不仅实现了炉内温度场和气氛的控制，同时实现了低热值燃料的应用，实现了能量的最高效利用，达到节能降耗的目的。沙钢年处理 30 万 t 粉尘转底炉的工序能耗 209.3kgce/t 金属化球团，比回转窑和普通转底炉节能 16%-25%，综合指标先进。该技术先后通过了中国机械工业联合会、中国金属学会的鉴定，一致认为该技术综合水平已达到国际领先水平。

七、典型应用案例

典型案例：沙钢集团

技术提供单位：北京神雾环境能源科技集团股份有限公司

沙钢集团年处理30万t钢铁厂含锌粉尘示范工程采用技术为蓄热式转底炉直接还原技术，该生产线为新建项目，主要采用了蓄热式燃烧技术和转底炉直接还原技术。基于蓄热式燃烧技术，提高了入炉空气温度，降低排烟温度，进而提高能量的利用率，真正起到了节能效果。该技术工序能耗为 209.3kgce/t 金属化球团，与回转窑工艺能耗（279.8 kgce/t 金属化球团）相比，每吨产品约节约 70kgce，折算成每吨产品成本下降约 42 元，且每年可减少 CO_2 排放 3.7 万 t，减少 SO_2 排放 238t。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 80%，预计投资总额 50 亿元，年节能能力 22 万 tce/a，减排能力 59 万 tCO_2/a。

33 蓄热式燃烧技术之二：无旁通不成对换向蓄热燃烧节能技术

一、技术名称：无旁通不成对换向蓄热燃烧节能技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 有色金属、钢铁、建材等行业 工业炉窑

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国各类工业炉窑数量超过 13 万台，主要分布在冶金、建材、机械和化工等行业领域，其总量约占我国炉窑总数的 85%以上，总耗能约占我国能源 消费总量的 1/4 左右。我国工业炉窑的平均热效率在 30%-40%，而先进国家的工业炉窑热效率在 50%以上，工业炉窑领域具有较大的节能潜力。

四、技术内容

1.技术原理

该技术是在传统成对蓄热燃烧节能技术的基础上，采用 3 台以上蓄热式燃烧器作为一组，各燃烧器周期轮流切换燃烧或排烟状态，且排烟的台数多于燃烧的台数，加大了排烟通道面积，取消辅助烟道，高温烟气全部经蓄热室蓄热后再排出，可有效提高了烟气余热的利用率，降低排烟阻力，减少风机电耗。同时，减少点火与保护冷风量，降低因冷风鼓入的降温，实现综合节能。

2.关键技术

（1）燃烧器不成对配置技术

采用燃烧器不成对配置方式，少烧多排，加大了排烟通道面积，取消辅助烟道，高温烟气全部经蓄热室蓄热后再排出，可有效提高烟气余热的利用率；

（2）递进式换向技术

逐个递进式换向，换向时至少有一台在正常排烟。5 台以上时，换向时至少有一台正常燃烧，减少换向时炉压波动，防止爆鸣爆炉；

（3）上置式蓄热体技术

上置式蓄热体燃烧器向上排烟，灰尘在集结部下部，在下部配置积灰室与清灰口同，可有效减少蓄执体积灰与板结，清灰周期延长一倍；

（4）周期间隙点火技术

智能控制点火枪周期间歇点火，可解决传统蓄热燃烧技术长明灯点火方式在排烟状态燃烧器点火枪的耗能浪费；

（5）减少保护冷风量的技术

保护风机采用小风量、高风压与变频控制，减小运行时的冷风量；停火时，保护风机以满足部件保护的最小风量低频运行，减少因冷风鼓入的降温，降低能耗。

3.工艺流程

该技术的工作原理如图 1 所示。

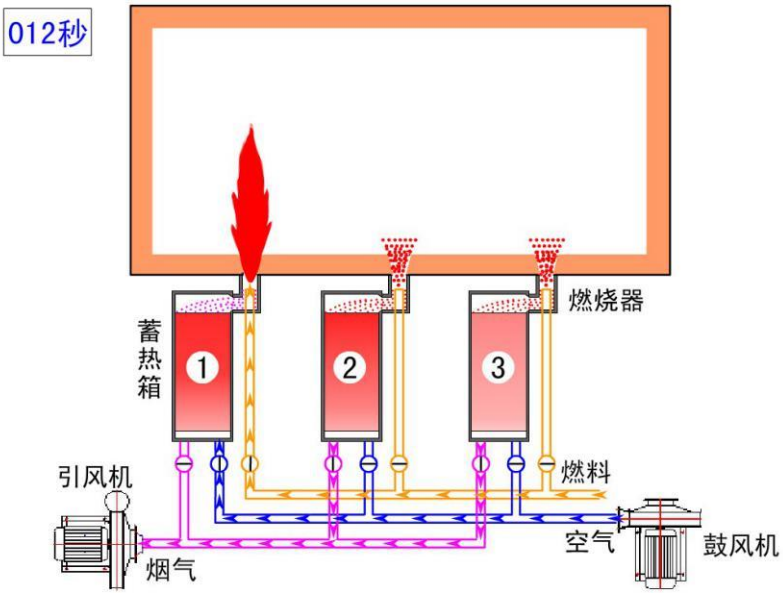


图 1 无旁通不成对换向蓄热燃烧节能技术的工作原理图

在传统成对蓄热式燃烧技术的基础上，采用 3 台以上蓄热式燃烧器为一组，各燃烧器周期轮流切换燃烧或排烟状态，且排烟的台数多于燃烧的台数。从鼓风机出来的常温空气由换向阀切换进入蓄热式燃烧器 1 后,在经过蓄热式燃烧器 1(陶瓷球或蜂窝体)时被加热，在极短时间内常温空气被加热到接近炉膛温度（一般比炉温低 100-150℃），被加热的高温空气进入炉膛后，卷吸周围炉内的烟气形成一股含氧量大大低于 21%的稀薄贫氧高温气流，同时往稀薄高温空气中心注入燃料（燃油或燃气），燃料在贫氧（2%-20%）状态下实现燃烧；与此同时，炉膛内燃烧后的热烟气经过另两个蓄热式燃烧器 2、3 排入大气，炉膛内高温热烟气通过蓄热式燃烧器 2、3 时，将显热储存在蓄热式燃烧器 2、3 内，然后以低于 150-200℃的低温烟气经过换向阀排出。经过一个周期后（30-200 秒）后，再切换到燃烧器 2 燃烧，燃烧器 1、3 排烟。再经过一个周期后（30-200 秒）后，再切换到燃烧器 3 燃烧，燃烧器 1、2 排烟，如此循环工作。工作温度不高的换向阀以一定的频率进行切换，使蓄热式燃烧器处于蓄热与放热交替工作状态，从而降低能源消耗，并减少 NO_X 排放。

五、主要技术指标

1．温度效率：≧92%；

2．总烟气余热回收率：≧90%；

3．相比无节能装置炉窑的节能率：40%-60%；

4．相比传统成对蓄热式燃烧技术的节能率：≧20%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家实用新型专利 6 项。于 2013 年通过湖南省科技厅的科技成果鉴定，2015 年获得湖南省科学技术进步奖二等奖。自 2013 年投入市场以来，已在再生铝熔炼行业和电线电缆生产行业逐步推广，安装数量达 86 台套，并正在向钢铁、建材、石化、机械、陶瓷等行业进行推广，应用前景广阔。

七、典型应用案例

典型用户：南山铝业、栋梁新材、鲁能泰山、宁波爱柯迪、闽发铝业、南平铝业、隆达铝业、立中集团、汨罗联创、江西万泰等用户

典型案例 1

案例名称：汨罗市联创铝业 30t 圆形反射熔炼炉燃烧系统改造项目

技术提供单位：湖南巴陵炉窑节能股份有限公司

建设规模：年产 3.6 万 t 合金锭，容量 30t 圆形反射熔炼炉。建设条件：反射炉新建、大修或停炉检修时应用。主要技改内容：用一套 300 型无旁通不成对换向型蓄热式燃烧系统对一台 30t 圆形反射炉的燃烧系统进行节能改造。主要设备为：30t 圆形反射炉、300 型高温燃烧器燃烧器（3 台/套）、300 型蓄热箱（3 台/套）、助燃鼓风机、高温引风机、保护风机、大小火燃气阀组、烟气/空气换向阀组、智能控制系统。节能技改投资额 26 万元，建设期 1 个月。每年可节能 2470tce，年碳减排量 6520tCO_2。年节能经济效益为 705 万元，投资回收期约 1 个月。

典型案例 2

案例名称：湖州世纪栋梁铝业 3#20t 熔炼炉燃烧系统改造项目

技术提供单位：湖南巴陵炉窑节能股份有限公司

建设规模：年产 1.8 万 t 合金锭，容量 20t 顶开盖圆形反射炉。建设条件：反射炉新建、大修或停炉检修时应用。主要技改内容：用一套 300 型无旁通不成对换向型蓄热式燃烧系统对 3#20t 顶开盖圆形反射炉的成对切换蓄热式燃烧系统进行节能改造，并以原配置的成对切换蓄热式燃烧系统为对比能耗。主要设备包括：20t 顶开盖圆形反射炉、300 型高温燃烧器燃烧器（3 台/套）、300 型蓄热箱（3 台/套）、助燃鼓风机、高温引风

机、保护风机、大小火燃气阀组、烟气/空气换向阀组、智能控制系统。节能技改投资额58 万元，建设期 1 个月。每年可节能约 670tce，年碳减排量 1770tCO_2。年节能经济效益 190 万元，投资回收期约 4 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术可广泛应用于有色金属、钢铁、建材、机械、石化等领域的工业炉窑，全国适合实施技术改造的工业炉约 10 万台。预计未来 5 年，该技术推广比例可达到 2%，项目总投资约 10 亿元，可形成的年节能能力为 140 万 tce，年碳减排能力 370 万 tCO_2。

34 炼焦煤调湿风选技术

一、技术名称：炼焦煤调湿风选技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 焦化行业及煤化工行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前该技术可实现节能量 20 万 tce/a，减排约 53 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

为充分利用焦炉烟道气及一般工业窑炉的废烟气所携带的热量，本技术通过改变传统流化床结构，使煤料在设备内处于流化状态并呈螺旋线前进，尽最大可能延长煤料在设备内与热风接触的时间，从而完成粒度分级及适度干燥处理的工艺过程，并保持处理后的煤料水分基本恒定（本技术也可对煤料只进行适度干燥处理，具体由业主选择确定）。设备排出的气体经由保温管道送入除尘地面站进行粉尘捕集处理，净化后的气体达标排放。本工艺技术即可与工厂同步建设，也可老厂增建。

2.关键技术

本技术关键设备--全沸腾旋流流化床风选调湿机

关键技术特点：

（1）该设备独特的旋流气体带动并强制物料进行热交换，能够充分利用热气体所携带的热量，其热效率可达60%-67.7%。

（2）设计了独特的大颗粒物料排出装置，能将粒度≥25mm不能流化的物料及时排出，确保流化床长期稳定运行。

（3）采用风动原理，结构形式独特，内部无机械传动，维护工作量小，能够长期稳定运行。

（4）设备阻力较小约3000Pa，有效降低热风输送系统的电力消耗。

（5）设备上部气体流速较小，排出气体携带灰尘量仅为湿煤量的3%-5%。

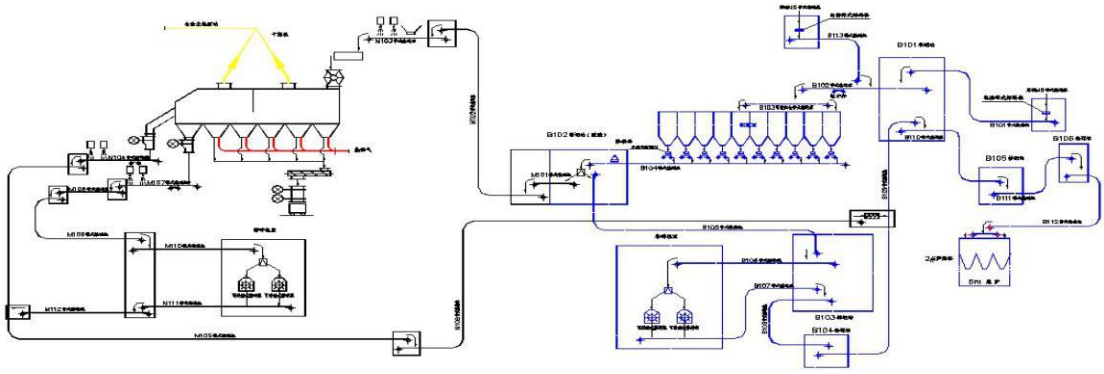
3.工艺流程

煤料输送系统将水分含量为-12％的炼焦配合煤送至煤调湿风选装置，煤料在气体分布板上与下部风室送入的焦炉烟道气直接接触并处于沸腾状态。煤料在从入料端向出料端移动的过程中同时完成分级及调湿处理，使煤料水分降至7.5%-8.0%，并保持基

本恒定。分级处理后＜3mm合格的煤料经螺旋输送机排出干燥机；分级后＞3mm大颗粒煤料进入粉碎机进行粉碎处理；上述2种煤料混合后运至煤塔供焦炉炼焦生产。

从焦炉烟囱根部抽取焦炉烟道气并将其送至风选调湿机入口处并保持一定的流量、压力、温度等。

风选调湿机出口含细煤粉的低温烟气进入除尘地面站回收细煤粉；净化后的气体经烟囱达标排放。



五、主要技术指标

主要技术指标见表 1。

表 1 主要技术指标

序号	项　　目	焦炉烟道废气为热源煤调湿技术
1	干燥机处理能力（t/h）	195
2	去湿能力	11.0%→6.5%
3	小时蒸发水量（t/h）	8.775
4	340d 蒸发水量（t）	71604
5	蒸汽消耗量（t/h）	0
6	340d 蒸汽消耗量（t）	0
7	主装置用电负荷	1582.6kWh
8	340d 耗电量（kwh）	12.914×10^6
9	用电折算标准煤（t/a）	5217
10	蒸汽折算标准煤（t/a）	0
11	蒸发 1t 水耗能（标准煤）	72.9kg

六、典型应用案例

应用单位：邯宝集团股份有限公司焦化厂

技术提供单位：中冶焦耐工程技术有限公司

节能改造前用能情况：改造前炼焦入炉煤年平均水分：10.5%-13.5%，这些水分通过燃烧焦炉加热煤气提供的热量在炭化室内干燥蒸发，随荒煤气在上升管、集气管内通过喷洒大量的氨水进行冷凝、送废水处理工序进行处理，因此耗能较多。煤料水分每蒸发 1 个百分点，炼焦耗热量相应增加 62.0MJ/t（干煤）。节能改造内容：为满足 4 座 7.0m 焦炉（年焦炭产能 220 万 t）生产用煤需要，建设 2 系以焦炉烟道气为热源的炼焦煤调湿装置（每系设备处理能力 195t/h）。采用煤调湿风选技术后，每年可节省能源 36116tce。节能改造投资额：13000 万元，每年可创效益 5016 万元，静态投资回收期：6.38 年

七、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 50%，节能能力 200 万 tce/a，减排能力 528 万 tCO_2/a。

35 钢铁行业能源管控技术

一、技术名称：钢铁行业能源管控技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 冶金、化工等流程工业企业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

能源管理中心作为系统节能技术，在企业一定条件下，采用信息化技术，以全局理念，实现了宏观的综合管控。其核心是以全局平衡为主线，以集中扁平化调度管理为基本模式，以基于数据的客观评价为基础，实现了在既有装备及运行条件下的优化管控，可以显著改善企业能源系统的管控水平，达到节能减排的目的。目前该技术可实现节能量180万tce/a，减排约475万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

能源管理中心借助于完善的数据采集网络获取管控需要的过程数据，经过处理、分析、预测和结合生产工艺过程的评价，在线提供能源系统平衡信息或调整决策方案，使平衡调整过程建立在科学的数据基础上，保证了能源系统平衡调整的及时性和合理性，使钢铁联合企业生产工序用能实现优化分配及供应，从而保证生产及动力工艺系统的稳定和经济、提高二次能源利用水平，并最终实现提高整体能源效率的目的。

能源需求侧管理是在公司能源管理体系下，通过能源生产方、供应方、输配方及终端用户的协同，提高使用环节的能源使用效率，改善公司的能源成本的一种管理方式。本质上是通过一系列的技术和管理措施，减少终端装置或系统对能源供应的需求，在满足生产要求前提下节约能源。

2.关键技术

系统集成和应用集成技术、现代计算机和网络技术、数据库和实时数据库技术、数据分析和预测技术等。能效评价技术，优化调度技术，单体设备与主体工艺生产过程节能技术。

3.工艺流程

能源需求侧管理图如图 1 所示。

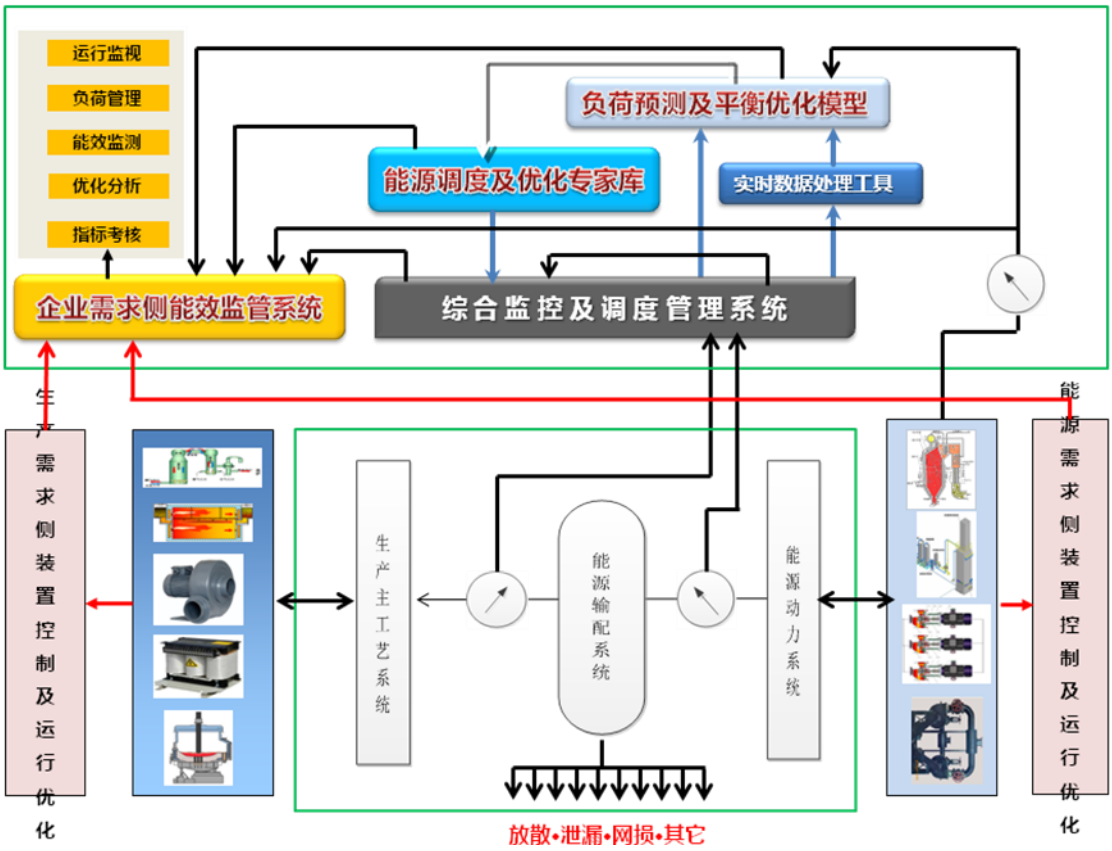


图 1 能源需求侧管理结构图

五、主要技术指标

技术类别	技术名称	主要技术参数
能源管理中心	系统节能技术	冶金节能指标：煤气（高炉、焦炉）放散率（%）、转炉煤气回收率（$Nm^3/t.s$）、氧气放散率（%）、蒸汽放散率（%）、等。
需求侧管理技术	制氧优化决策支持系统	优化制定氧气的生产计划，如果已有的空分设备允许在线调节负荷则可以实现在线动态调整，可实现减少 1-5%的氧气放散。
	烧结风机智能节电系统	在风机变频运转的基础上进一步提高节电率，系统投用后提高节电率 2%。
	高压水除鳞智能节能控制系统	在原设备纯工频运行情况下，通过变频改造，可实现30%以上的综合节电率。
	加热炉自动燃烧控制系统	坯料预测温度与实际温度偏差 15℃以内；坯料出炉温度与目标温度偏差在现有基础上减低 5℃以上；在正常生产及同等工况情况下，预计吨钢热耗折算成标煤后可减

		低 5%-10%；在正常生产及同等工况情况下，预计可降低氧化烧损 0.15%以上。
	热风炉自动优化烧炉专家系统	在保持煤气用量不增加情况下，可提高平均风温 15-20℃以上；在维持原有平均风温情况上，可节省煤气用量 5%以上。

六、典型应用案例

应用单位：邯郸钢铁集团有限责任公司

技术提供单位：上海宝信软件股份有限公司

节能改造前用能情况：定位于建设集东、西区生产管控、物流管控、能源管控多调合一的高度集成管理模式。搭建公司能源管控信息化平台，实现公司能源、生产、物流管理的可视化、集成化、操控智能化、能效最大化。在公司工序能耗降低、提高自发电比例、CO_2 减排优化等方面发挥重要的作用。节能改造内容：数据采集、实时调控、实时数据平台的建立、实时数据再现、历史数据的分析、报表生成、WEB 服务、能源数据分类查询、能源量参数分类统计、优化分析、平衡预测等功能，最终通过与 ERP 及 MES 接口网络实现与 ERP 及 MES 的数据信息交换。邯钢管控中心系统研发与应用，立足于结合邯钢现有技术和信息化平台，在技术提供单位软件框架基础上自主创新，开发和应用了河北省首家集物流、信息流和能源流“三流合一”的管控系统平台。采用该技术后，每年可节约 10000-50000tce。节能改造投资额：3000 万-8000 万元，项目实施后，累积取得经济效益 4708.4 万元/年，该项目按设计方案的总投资为 9000 万元，投资回收期为 2.5 年。

七、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 60%，预计投资总额 10 亿元，节能能力 270 万 tce/a，减排能力 713 万 tCO_2/a。

36 高炉鼓风除湿节能技术

一、技术名称：炼铁高炉鼓风除湿节能技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

炼铁工序是我国钢铁工业节能的重要环节，重点钢铁企业入炉焦比低于390kg/tFe，但一些中小钢铁企业入炉焦比较高，有的甚至达到488kg/tFe，燃料比在560kg/tFe左右。目前该技术可实现节能量38万tce/a，减排约100万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用冷凝法除湿，入热风炉的空气采用脱湿技术工艺，将进入鼓风机之前的湿空气先行预冷，接着将预冷后的湿空气通过表冷器冷却，使其温度降低到空气含湿量对应的饱和温度以下，湿空气中的多余饱和量的水份凝结析出，再经过除水器排出，使空气中含水量降低。

2.关键技术

采用冷凝方式在热交换器中将空气降温，使之低于露点，除去饱和水。其特点为：

（1）采用制冷剂直接蒸发冷却空气，效率高，可增加鼓风质量流量5%-15%，或保持不变（13.8%），减少鼓风机轴功率5%-15%；

（2）脱湿装置双层布置，设备紧凑，管道短，占地少；

（3）完全清除吸入空气中残存灰尘，解决了风机叶片、叶轮磨损问题，出口气体含尘量1 mg/m^3。

3.工艺流程

高炉鼓风除湿系统工艺流程见图1。

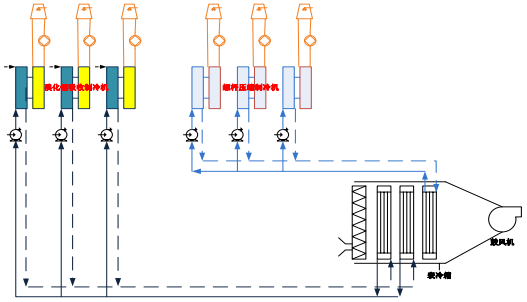


图1　高炉鼓风除湿系统工艺流程图

五、主要技术指标

高炉鼓风含湿量每降低 1g/m³，综合焦比降低 0.7kg/tFe，折合 0.68kgce/tFe；高炉鼓风含湿量每降低 1g/m³，增加喷煤 2.23kg/tFe；高炉鼓风含湿量每降低 1g/m³，由于高炉顺行增加产能约 0.1％-0.5％。

六、典型应用案例

典型用户：秦皇岛首秦金属材料有限公司、江苏永联钢铁集团有限公司

技术提供单位：山钢集团莱芜钢铁集团有限公司

1.秦皇岛首秦金属材料有限公司。主要技改内容：对 2#、3#高炉鼓风机组进行改造，安装高炉鼓风除湿设备，对高炉鼓风进行制冷除湿。节能技改投资额 3000 万元，建设期 6 个月。年节能 14000tce，取得节能经济效益 1500 万-2000 万元，投资回收期 2 年。

2.江苏永联钢铁集团有限公司。主要技改内容：对 1-7#高炉鼓风机组进行改造，安装高炉鼓风除湿设备，对高炉鼓风进行制冷除湿。节能技改投资额 6000 万元，建设期 12 个月。年节能 60000tce，取得节能经济效益 3000 万-4000 万元，投资回收期 2 年。

七、推广前景及节能减排潜力

华南、华东地区以及沿海湿度绝对值较大地区的钢铁企业对炼铁高炉鼓风除湿技术的市场需求很大。北方地区随着气候的变化，空气中含湿量的季节波动和昼夜波动也较大，大型高炉也可考虑采用鼓风除湿技术。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 10%，预计投资总额 15 亿元，节能能力 75 万 tce/a，减排能力 183 万 tCO_2/a。

37 螺杆膨胀动力驱动节能技术

一、技术名称：螺杆膨胀动力驱动节能技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 工业低品位余热资源回收利用

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国工业领域存在大量余热资源未加利用，在能耗较高的钢铁、建材、石化等行业尤其如此。

在钢铁行业，钢铁厂炼铁、炼钢工序环节会产生大量含有余热的废气，如高炉废烟气、转炉烟气等，具有很高的利用价值。

在水泥行业，我国新型干法水泥生产技术的普及率已达 70%以上，产生的烟气为中低温烟气，一般在 400℃以下，通过配套建设相应的余热发电装置，可回收的低温余热折合 100 万 tce 以上。

在石化行业，低温余热一般是指温度低于 130℃的物流所携带的热量，其在炼厂总能耗中占有相当大的比例，有的高达 60%。低温余热产生的环节—般为常减压装置中抽出产品的冷却热量等，可利用的余热资源量十分可观。

在有色行业，铝冶炼过程因受工艺技术条件的限制，有些氧化铝厂煤气发生炉生产出的 350-550℃高温煤气，必须经过循环水喷淋、洗涤塔洗涤降温到 35℃后才能供生产使用，产生大量余热资源，可采用适当的余热回收技术对其进行回收利用。

目前应用该技术可实现节能量 4 万 tce/a，减排约 11 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该技术是一种新型的低品质能源动力机。热流体（蒸汽、热液或汽液两相流体）进入螺杆齿槽，热流体能量推动螺杆转动旋转，齿槽容积增加，流体降压膨胀作功，最后排出，实现能量转换。其功率从主轴阳螺杆输出，驱动发电机发电或驱动负载节电。

2.关键技术

（1）对做功热介质适应性强，无特殊要求。该技术可同时适用于过热蒸汽、饱和蒸汽、汽液两相和较高温度热水；也适合于高盐分和结垢的介质状态。

（2）对负荷变化和进排汽参数变化，适应性很强。即：允许负荷和参数在大范围

内波动变化，而驱动工作效率降幅很小，与设计值接近，并能维持稳定的高效率，运转平稳、安全、可靠。

3.工艺流程

设备结构如图 1：

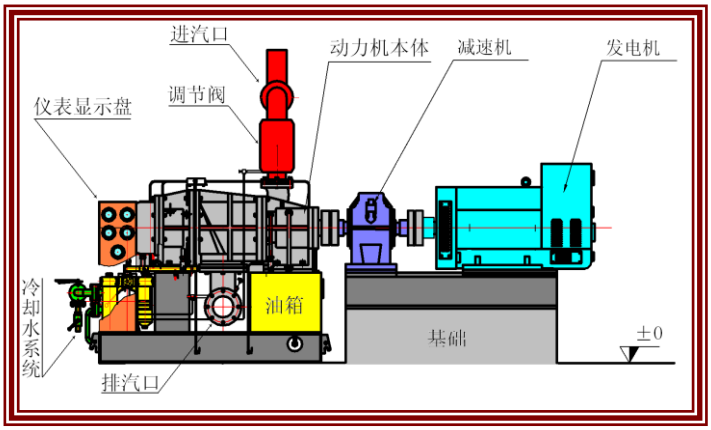


图 1　螺杆膨胀动力机结构简图

工艺流程见图 2：

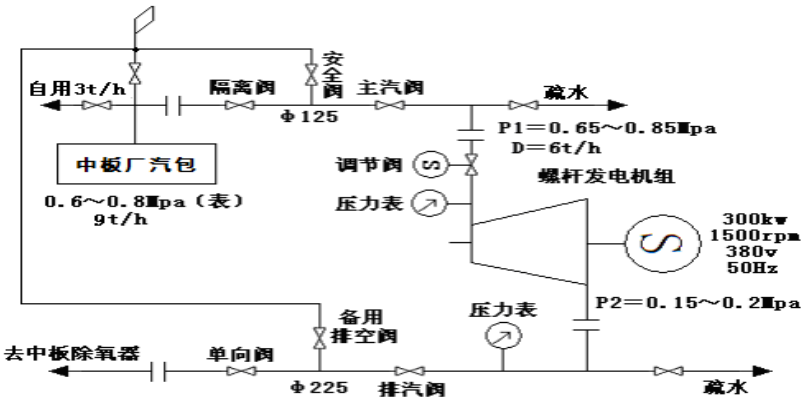


图 2　应用螺杆膨胀机的系统工艺流程图

五、主要技术指标

动力机内功率：65％-80％；

运行功率范围：30％-100％；

进口介质压力：0.3 MPa -3.0MPa；

进口介质温度：120-300℃；

做功介质类型：过热蒸汽、饱和蒸汽、湿蒸汽、热水、含盐污染热源介质和其他

化工物质；

机组转速：1000-3000rpm；

拖动负载：发电机直接发电、其他转动设备，如水泵等；

冷却水要求：流量≥2t/h，无杂质和腐蚀的工业水。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

螺杆膨胀动力机已通过了一系列国家级、部委级的技术评审和鉴定，主要包括：国家“八五”科技攻关大试；获江西省科学技术厅“江西省重点新产品技术鉴定证书”；获江西省机械厅“新产品新技术鉴定验收证书”；获第八届中国国际高新技术成果交易会自主知识产权证书；获联合国工业发展机构 2006 年“蓝天奖”提名奖第一名；获国家知识产权局颁发的发明专利证书。

目前已广泛应用于电力、化工、石油、冶金、轻工、建材、纺织等工业领域，国内市场产品销售已达 230 多台。

七、典型应用案例

典型用户：西藏羊八井、新余钢铁厂、九江电厂、中石油银川炼化厂、广东造纸厂、华能北京、山东胜利发电厂、江苏南通唐闸热电厂、沙湖纸业、江苏天生港发电厂

典型案例 1：新钢厚板厂

技术提供单位：江西华电电力有限责任公司

建设规模：装机 300kW 加热炉放散蒸汽发电。主要改造内容：安装 1 台螺杆膨胀动力机，直接从放散口将蒸汽引入动力机，蒸汽作功发电。节能技改投资额 260 万元，建设期 3 个月。年发电 150 万 kWh，相当于年节能 525tce，投资回收期 4 年。

典型案例 2：国电九江电厂

技术提供单位：江西华电电力有限责任公司

建设规模：装机 300kW 锅炉排污水发电项目。主要改造内容：将排污水经调压后引入动力机，排污水作功发电后加热冷水利用。节能技改投资额 260 万元，建设期 3 个月。年发电 170 万 kWh，供热水 18 万 t，相当于年节能 2066tce，投资回收期 1.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前该技术在各行业都有应用，但推广比例还较小，基本在 1%以下，预计近几年将得到广泛推广。以钢铁和石化行业为例，预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力

可达到 80%，预计投资总额 25 亿元，节能能力 67 万 tce/a，减排能力 177 万 tCO_2/a。

38 矿热炉烟气余热利用技术

一、技术名称：矿热炉烟气余热利用技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 硅系铁合金冶炼、化工电石行业等

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

2008 年我国各类铁合金产量 1900 万 t，耗电量约为 1100 亿 kWh。目前该技术可实现节能量 53 万 tce/a，减排约 140 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

通过余热回收装置，利用生产过程中产生的高温烟气及辐射热量，进行二次回收利用，在余热锅炉内产生中低压蒸汽，进而推动发电设备进行发电。

2.关键技术

矿热炉高温烟气导入余热锅炉，蒸汽驱动汽轮机组从而带动发电。

当余热发电设备出现故障或进行正常维修时进行烟气导出转换，恢复现有除尘状态。

3.工艺流程

具体工艺流程见图 1。

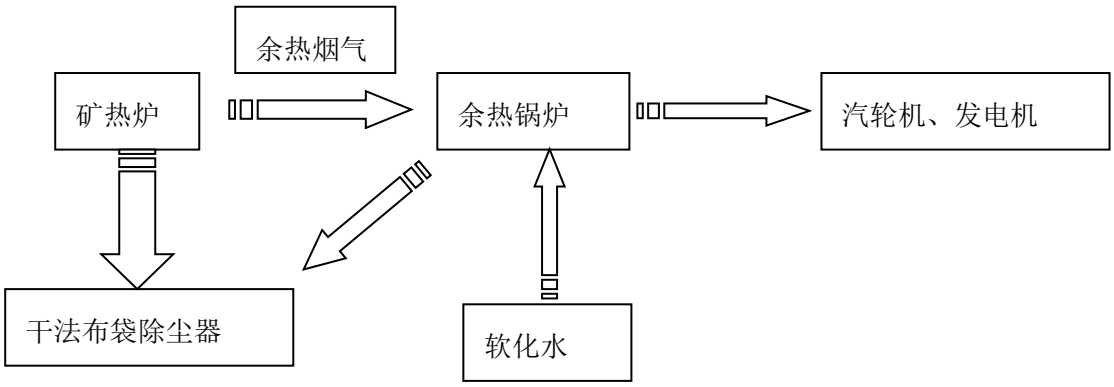


图 1 硅系铁合金冶炼矿热炉烟气余热利用系统示意图

五、主要技术指标

16 台 14000kVA 矿热炉余热利用系统，年发电量可达 1.92 亿 kWh。

六、典型应用案例

典型用户：青海百通高纯材料开发有限公司

技术提供单位：青海百通高纯材料开发有限公司

建设规模：8 台 13t 余热锅炉，24000kW 余热发电机组及配套设施，设计年发电量为 1.92 亿 kWh。主要技改内容：将原来的烟气净化空冷却器全部拆除，安装 8 台 13t 余热锅炉及相关配套管网，安装 24000kW 蒸汽发电机及配套余热锅炉和输电设备，改造硅铁矿热炉烟罩，建冷却池、冷却塔、化学水处理、给排水及相应土建工程。主要设备为 16 台 14000kVA 矿热炉烟罩、8 台 13t 余热锅炉和 24000kW 余热发电机组及配套设施。节能技改投资额 1.71 亿元，建设期 18 个月。每年可节约 67200tce（按年发电量 1.92 亿 kWh 计算），年节能经济效益 6144 万元，投资回收期 2.5 年。

七、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 80%，预计投资总额 110 亿元，节能能力 105 万 tce/a，减排能力 277 万 tCO_2/a。

39 非稳态余热回收及饱和蒸汽发电技术

一、技术名称：非稳态余热回收及饱和蒸汽发电技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 钢铁、有色金属、石化等行业生产过程产生的不稳定、不连续余热资源回收

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

该节能技术主要应用于非稳态余热资源的回收利用。由于这类余热热量和参数不稳定、波动大导致回收困难，因此目前多数不稳定余热直接排放到环境中，未能得到有效利用。据不完全统计，仅在钢铁、有色冶炼行业，全国有至少有300 万 tce 以上非稳态余热资源未得到充分利用。目前该技术可实现节能量 8 万 tce/a，减排约 21 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

非稳态余热经高温除尘，余热锅炉将热量传递给循环工质，循环工质吸收热量后变为蒸汽进入储热器。储热器的作用是将非稳态的工况转化为稳态。稳态蒸汽进入汽轮机内除湿再热后，经饱和蒸汽轮机做功，乏汽进入凝汽器，在其内凝结为水，并经除氧后返回余热锅炉开始下一个循环，从而将非稳态余热资源转化为电能高效利用。

2.关键技术

（1）非稳态热源余热回收及高效蓄能稳流技术；

（2）饱和蒸汽汽轮机去湿再热技术的改进和优化；

（3）空气直接凝汽新技术；

（4）高温除尘技术；

（5）余热发电系统集成与优化。

3.工艺流程

该技术的工艺流程见图 1。

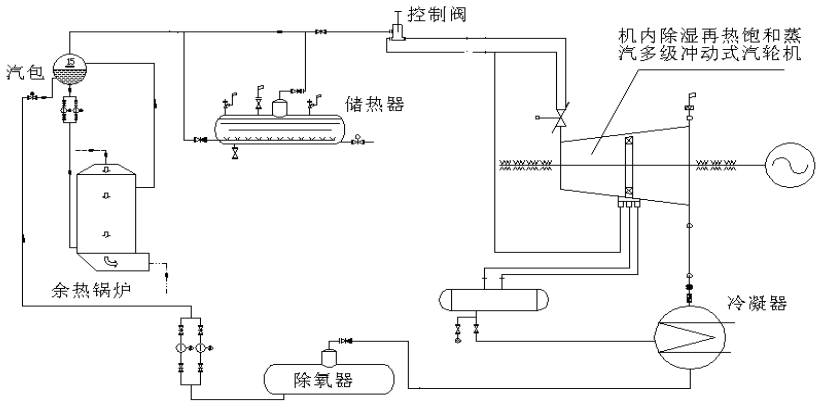


图 1 非稳态余热回收及饱和蒸汽发电技术系统流程图

五、主要技术指标

1.可回收温度在200-1000℃，波动范围达80%、流量波动达3倍的烟气余热资源；

2.系统发电效率15%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已经应用于多个工程项目。2009年，采用该技术的珠钢电炉烟气利用项目被中国节能服务产业委员会授予“中国节能服务产业优秀示范项目”。

该技术已经先后对钢铁的转炉饱和蒸汽、电炉饱和蒸汽、铅锌冶炼的饱和蒸汽及铜冶炼的饱和蒸汽进行利用，各实施案例均运行良好，技术比较成熟。

七、典型应用案例

典型案例 1：济南钢铁股份有限公司

技术提供单位：北京世纪源博科技有限责任公司

建设规模：济南钢铁股份有限公司（济钢）一炼钢转炉饱和蒸汽 4.5MW 余热电站。主要技改内容：对转炉蓄热器进行改造，新建汽轮发电机，主要技改设备包括蓄热器、汽轮机和发电机。节能技改投资额 3500 万元，建设期 10 个月。每年可节能 11500 tce，年节能经济效益 874.8 万元，投资回收期 4 年。

典型案例 2：陕西东岭锌业有限责任公司

技术提供单位：北京世纪源博科技有限责任公司

建设规模：陕西东岭锌业 13MW 饱和蒸汽余热发电工程。主要技改内容：对产生的饱和蒸汽进行收集，处理后，建设饱和蒸汽发电机组。主要技改设备包括蓄热器、汽轮机和发电机。节能技改投资额 9000 万元，建设期 1 年。年可节

能 33200tce，年节能经济效益 2525 万元，投资回收期 3.6 年。

八、推广前景及节能减排潜力

在工业生产中，根据工艺流程的需要，很多情况下会生产不连续、不稳定的蒸汽或饱和蒸汽，如钢铁行业的炼钢转炉、炼钢电炉，炼锌的沸腾炉、漩涡炉，以及烟化炉等。这些蒸汽的参数较低，品质较差，采用常规的汽轮机效率很低，且容易发生水蚀；如果采用饱和蒸汽汽轮机结合蓄热式饱和蒸汽稳流系统技术，可以使发电系统正常运行，不受末级叶片水蚀和干度的限制，可充分利用非稳态的余热资源。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 20%，预计投资总额 7.5 亿元，节能能力 30 万 tce/a，排能力 79 万 tCO_2/a。

40 加热炉黑体技术强化辐射节能技术

一、技术名称：加热炉黑体技术强化辐射节能技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 各种加热炉

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，各种工业炉窑均在采用多项节能技术来提高锅炉效率，如加热炉筑炉材料的优化（轻型）、炉膛结构的改动（诸如降低炉膛高度、增设炉膛内隔墙、以期增加气流扰动）、采用蓄热式燃烧技术、涂料技术、预热利用技术等，虽然也取得一些节能效果，但其效果均有限，要达到10%左右均比较困难。目前该技术可实现节能量83万tce/a，减排约219万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

根据红外物理的黑体理论及燃料炉炉膛传热数学模型，制成集“增大炉膛面积、提高炉膛发射率和增加辐照度”三项功能于一体的工业标准黑体--黑体元件，将众多的黑体元件安装于炉膛内壁适当部位，与炉膛共同构成红外加热系统；既可增大传热面积，又可提高炉膛的发射率到0.95（1002℃），同时能对炉膛内的热射线进行有效调控，使之从漫射的无序状态调控到有序，直接射向钢坯，从而提高炉膛对钢坯辐射换热效率，取得较好的节能效果。

2.关键技术

（1）高辐射系数黑体元件；

（2）黑体元件安装技术。

3.工艺流程

通过设计将一定数量高辐射系数（0.95以上）的黑体元件，安装在轧钢加热炉内炉顶和侧墙，增加辐射面积，增加有效辐射，提高加热质量，降低燃料消耗。黑体元件布置示意图见图1。其工艺流程为：施工准备→炉衬清理及局部修补→黑体元件布置划线→炉衬工艺小孔加工→黑体元件安装→对炉衬做保护性处理和红外涂装→施工现场清理→正常烘炉→测试及验收。

图 1　黑体元件布置示意图

五、主要技术指标

1.黑体原件辐射系数大于0.95；

2.寿命大于5年；

3.节能率10%-20%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已于 2011 年 8 月通过中国资源综合利用协会组织的技术鉴定。黑体技术已被成功应用改造上百台各种类型的加热炉、热处理炉，均取得了较好的节能效果，并受到国内多家大型钢铁企业的高度评价。目前已在首秦、沙钢、淮钢、莱钢、首钢迁钢、德胜钢铁、福建三钢、亿鑫钢铁等钢铁企业应用。

七、典型应用案例

典型案例 1：秦皇岛首秦金属材料有限公司

技术提供单位：浙江西华节能技术有限公司

建设规模：150 万 t 中厚板轧钢加热炉。主要技改内容：在炉膛内增加 17000 个黑体元件及红外加热系统，主要技术设备包括黑体元件和红外加热系统。节能技改投资额 350 万元，建设期 18 天。每年可节能 9817tce，年节能经济效益 825.8 万元，投资回收期约 5 个月。

典型案例 2：首钢迁钢热轧部 2160 热轧 3#炉

技术提供单位：浙江西华节能技术有限公司

建设规模：135 万 t 热轧带钢加热炉。主要技改内容：在加热炉内壁炉顶的预热段、加热段等部位安装 15240 个黑体元件及红外加热系统，主要技术设备包括黑体

元件和红外加热系统。节能技改投资额 380 万元，建设期 9 天。每年可节能 6650tce，年节能经济效益 465.7 万元，投资回收期约 10 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

黑体强化辐射传热技术是提高加热炉热效率、获得节能效益的有效途径之一，也是高能耗加热炉群装备实现技术进步的重要手段之一。黑体技术是采用“黑体强化辐射传热节能”的节能机理，在加热炉热流的源头，对热射线进行有效调控，提高其加热能力和加热质量，降低能源消耗和钢坯氧化烧损，从而改善工业炉窑多项使用性能，可以使消耗各种能源（电、气、油、煤）的加热炉在现有的基础上再节约 10%-15%。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 40%，预计投资总额 12 亿元，节能能力 220 万 tce/a，减排能力 581 万 tCO_2/a。

41 钢水真空循环脱气工艺干式（机械）真空系统应用技术

一、技术名称：钢水真空循环脱气工艺干式（机械）真空系统应用技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 炼钢真空精炼技术领域的 RH、VD 及 VOD 工艺

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，国内外的钢水真空循环脱气工艺（RH 工艺）所用真空系统均为湿式真空系统，即多级蒸汽喷射真空泵系统。近年来，国外 VD 及 VOD 工艺有较少部分采用干式机械真空系统，国内尚无先例。湿式真空系统的能耗和水耗约为干式机械真空系统的 10 倍。目前该技术可实现节能量 1 万 tce/a，减排约 3 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

钢水真空循环脱气系统工艺（RH 工艺）是一种重要的钢水炉外精炼方法，具有脱气、脱碳、温度补偿、均匀钢水温度及成分、去除钢中夹杂物等功能。由于钢水真空循环脱气系统工艺要求的真空度高、废气量大，因此采用两级罗茨泵串联之后再与干式螺杆泵串联，组成真空泵组。该泵组是一种将罗茨泵与干式泵相结合的机械真空泵系统，利用罗茨泵的超高抽气能力对 RH 工艺废气“增压”来满足高抽气量的要求，利用干式螺杆泵的高压缩比将工艺废气“压缩”至大气压之上后排至大气，并满足快速抽真空的要求。

2.关键技术

（1）满足大型 RH 装置抽气能力的干式机械真空泵组的组态技术；

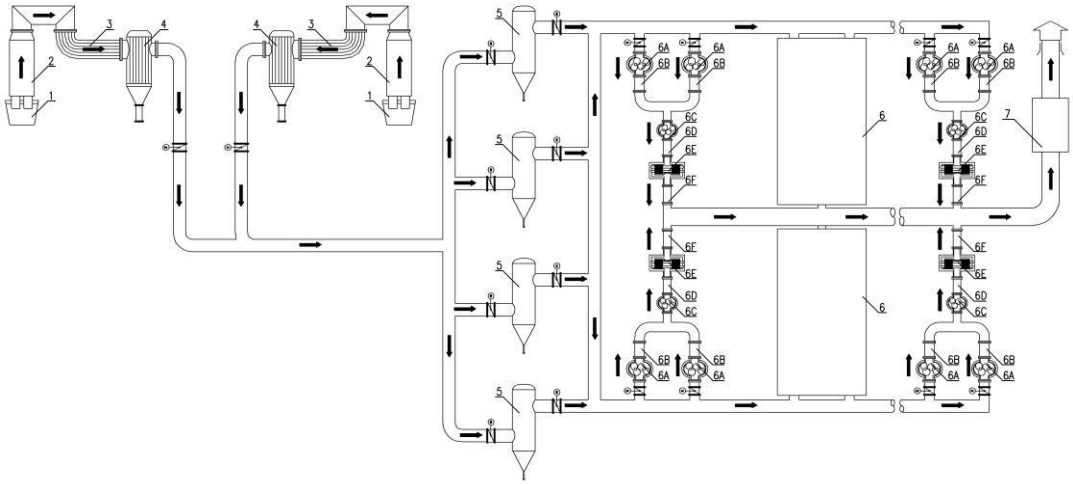
（2）干式机械真空泵组安全运行技术；

（3）适应 RH 高温、高 CO、含 O_2 烟气过滤及除尘系统技术；

（4）干式机械真空泵组与 RH 精炼模式的匹配控制技术。

3.工艺流程

该技术的工艺流程见图 1。



1 钢水包 2 真空槽 3 水冷弯 4 气冷器 5 过滤器 6 真空泵组 6A 罗茨泵 6B 冷却器 6C 罗茨泵 6D 冷却器 6E – 螺杆泵 6F – 冷却器 7 – 废气处理器

图 1 干式机械真空系统流程简图

五、主要技术指标

该技术的主要指标见表 1。

表 1 RH 干式机械真空系统主要技术参数

序号	工艺参数	单位	数据
1	RH公称钢水处理量	t	210
2	RH最大钢水处理量	t	230
3	RH最小钢水处理量	t	190
4	年处理钢水量	10^4t	220
5	真空系统抽气能力@67PaA	kg/h(20℃ 干空气)	800
6	极限真空	PaA	18
7	从大气到67 Pa 抽气时间	min	4.34
8	初始氢≤4 ppm 时脱氢能力		0.9
9	脱碳能力	ppm	10
10	脱氮能力		40
11	真空泵组数量	套	18
12	真空泵组总装设功率	kw	2，610
13	真空泵组驱动方式	/	变频
14	真空泵组运行频率	Hz	5-60
15	真空泵组循环冷却水流量	t/h	234
16	真空系统用氮气流量	Nm^3/h	565

17	吨钢耗电	kWh/t	2.15
18	吨钢耗氮气	Nm^3/t	1.25
19	吨钢耗水	t/t	0.016
20	吨钢能耗折标煤	kgce/t	0.765

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已成功申请了 2 项发明专利及 13 项实用新型专利。2011 年，该技术获得中国钢铁协会和中国金属协会颁发的冶金科学技术一等奖，入选《世界金属导报》评出的“2011 世界钢铁工业十大技术要闻”。2012 年，该技术又入选了第十五届北京科博会、中国能源战略高层论坛暨第三届节能中国推介活动评选出的“2012 节能中国十大应用新技术”。

目前，210tRH干式机械真空系统已在重钢成功应用，投运以来，系统运行稳定、运行成本低，能耗、水耗较传统的多级蒸汽喷射泵真空系统降低约90%，吨钢节能约9.34kgce。该技术的成功应用，原则上可以实现“取消综合蒸汽管网”，转炉产生的饱和蒸汽回收后可全部用于发电。2012年6月，山东莱芜钢铁公司也开始在其110tVD装置中采用干式机械真空系统。

七、典型应用案例

典型用户：重庆钢铁（集团）有限责任公司

典型案例 1

技术提供单位：北京世纪源博科技股份有限公司，重庆钢铁集团设计院有限公司

建设规模：与 210tRH 配套、在 67PaA 条件下抽气能力为 800 kg/h(20℃干空气)的干式机械真空系统。主要技改内容：新建干式机械真空系统，与传统的湿式真空系统相比，去掉了蒸汽供应系统（快烧锅炉或饱和蒸汽过热用燃气锅炉）、级间冷凝器、污水、污泥处理系统、庞大的循环冷却水系统。主要设备为气冷器 2 套、粉尘过滤器 4 套、真空泵组 18 套、氮气贮罐 1 台、氮气贮罐 1 台。节能技改投资额与传统的蒸汽喷射式真空系统相比增加 1750 万元，建设期 8 个月。每年可节能 20539tce，年节能经济效益为 1703 万元，投资回收期 1 年。

典型案例 2

技术提供单位：北京世纪源博科技股份有限公司，重庆钢铁集团设计院有限公司

建设规模：与 150tRH 配套，在 67PaA 条件下抽气能力为 507 kg/h(20℃干空气)的干式机械真空系统。主要技改内容：新建干式机械真空系统，主要设备包括气冷器 1 套；粉尘过滤器 3 套；真空泵组 14 套（13 用 1 备）；氮气贮罐 2 台；变频器 56 台；DCS 控制系统 1 套。节能技改投资额与传统的蒸汽喷射式真空系统相比增加 1562 万元，建设期 1 年。每年可节能 14207tce，年节能经济效益 1037 万元，投资回收期 1.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

RH 真空精炼装置是钢水二次精炼系统中最为复杂的装置，其废气成分复杂，含有高浓度的 O_2 和 CO。截至 2011 年，我国 RH 二次精炼装置总装设台数约有 80 余台套，其中重点钢铁企业炉外精炼处理比例 71%。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 10%，预计投资总额 6.6 亿元，年节能能力 8 万 tce/a，二氧化碳减排能力 21 万 tCO_2/a。

42 炭素环式焙烧炉燃烧系统优化技术

一、技术名称：炭素环式焙烧炉燃烧系统优化技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 炭素环式焙烧炉燃烧系统及炉盖节能改造

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国大部分炭素企业采用环式炉进行生制品的一次焙烧。由于燃料由火井上部的煤气入口水平喷入，煤气和炉内产生的沥青烟燃烧不充分，沥青烟产生量大，炉盖漏风，保温性差，能耗高，废气净化难度大。据统计，目前国内炭素企业的平均焙烧能耗约 340kgce/t。目前该技术可实现节能量 7 万 tce/a，减排约 18 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该技术采用新型的燃烧器，煤气自上而下进入火井，与自下而上的烟气及助燃空气混合，使燃烧更加充分，提高了燃烧效率；根据炉室温度和升温曲线自动调节煤气流量，使炉子温控更精确，减少燃料浪费；通过使更多的沥青烟参与燃烧，最大限度地节省燃料，减少沥青烟的产生和排放量；通过新型联通罩的自动调节，降低炉室负压，减少烟气量，降低烟气流速，提高传热效率，减少热损失；通过提高炉盖的密闭性和保温效果，减少热损失。

2.关键技术

（1）采用先进的煤气燃烧器、可移动式燃烧架和烟气联通罩，通过采集炉室温度和系统压力参数，自动调节煤气用量和烟气量，实现对炉室温度的精确控制，提高煤气及沥青烟的燃烧效率，提高产品成品率。

（2）通过改变炉盖的部分结构及耐火材料，减轻了炉盖重量、提高保温和密封效果，延长使用寿命。

3.工艺流程

炭素环式焙烧炉燃烧系统优化工艺流程见图1。

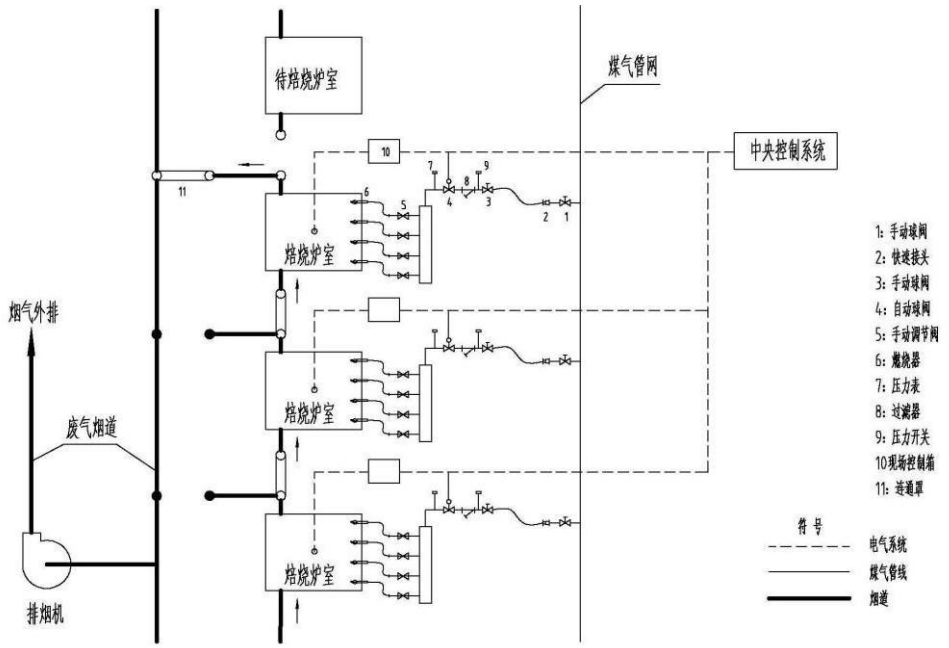


图 1 炭素环式焙烧炉燃烧系统优化工艺流程图

五、主要技术指标

焙烧品单位能耗（包括新增的蒸气及电力消耗）可降低约 39%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2010 年通过中国炭素行业协会组织的科技成果鉴定，目前已在国内 30 多台炭素环式焙烧炉上使用，能耗平均下降 30%以上，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：中钢集团吉林炭素股份有限公司、河北联冠电极股份有限公司

典型案例 1

建设规模：年产 1.32 万 t 石墨电极焙烧品的新型炭素焙烧炉，建设条件为煤气热值大于 1200kcal/Nm^3，煤气中粉尘、焦油含量小于 800mg/m^3（粉尘、焦油含量为合测值），需蒸汽 1t/h。主要技改内容：拆除原有焙烧炉燃烧装置，对部分燃气管道进行改造，将原有固定式燃烧装置改造为可移动、自动控制的燃烧装置，新建计算机自动控制系统，改变炉盖的局部结构，更换耐火保温材料。主要设备包括 16 个可移动燃烧装置、16 个墙壁柜、64 个燃烧器、3 个联通罩、温度、压力测量仪表、计算机自动控制设施等。节能技改投资额 500 万元，建设期 3 个月。每年可节能 1950tce，年节能经济效益 310 万元，投资回收期 1.6 年。

典型案例 2

建设规模：年产 7.8 万 t 焙烧品的新型炭素一次焙烧炉，改造前使用天然气。主要技改内容：拆除原有焙烧炉燃烧装置，对部分燃气管道进行改造，将原有固定式

燃烧装置改造为可移动、自动控制的燃烧装置，制做新型炉盖，主要设备包括 48 个可移动燃烧装置、48 个墙壁柜、192 个燃烧器、12 个联通罩、75 个新型炉盖，以及温度、压力测量仪表、计算机自动控制设施等。节能技改投资额 2000 万元，建设期 6 个月。每年产量按 7.8 万 t 计，年可节能 10000tce（扣除新增用汽、用电），年节能经济效益 2887 万元，投资回收期约 8 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

目前我国炭素行业有环式焙烧炉约 400 台，已完成节能技术改造的不足 10%。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 60%，预计投资总额 10 亿元，年节能能力 39 万 tce/a，减排能力 103 万 tCO_2/a。

43 环冷机液密封技术

一、技术名称：环冷机液密封技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 烧结工序烧结矿冷却

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国现有烧结机 1200 余台，总面积约 110000m^2。2011 年，我国粗钢产量为 6.83 亿 t，据此计算，冷却烧结矿所需电耗达到 50 亿 kWh。

目前，我国烧结矿冷却机绝大部分以鼓风冷却为主，以常温空气作为冷却介质，利用鼓风机的推动力，使常温空气持续穿过高温物料，并与其进行热交换，从而使高温物料快速冷却。经过破碎后的热烧结矿，其温度约 800℃，需将其冷却到 150℃以下供后续流程使用。目前国内外使用的环式冷却机主要采用橡胶件与环锥面接触密封，而环冷机的半径一般在 10-40m 之间，在制造及安装过程中，难以保证结构尺寸的精准，在长期运行过程中又不可避免地产生磨损和变形，导致密封效果下降，据统计，当前运行的环冷机漏风率平均为 30%左右，导致配置的鼓风机装机容量偏大，且不利于冷却风余热利用。目前该技术可实现节能量 3 万 tce/a，减排约 8 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

基于动密封机理、流体力学原理、气液两相动平衡密封原理，以及大型环状设备运动学和动力学，在高速气流的条件下，以水作密封介质构造液密封环冷机密封系统。

2.关键技术

（1）气液两相动平衡密封技术；

（2）热工过程仿真分析及优化技术；

（3）环向气液密封技术；

（4）高效气固传热技术；

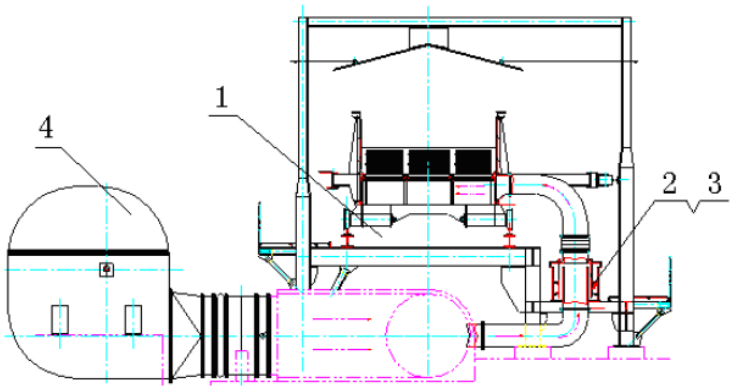
（5）气流均衡散料处理综合技术；

（6）以台车为单元的复合静密封技术；

（7）高温烟气循环区液体防汽化技术。

3.工艺流程

环冷机液密封装置见图1。



1 双层台车 2 液密封环形风道设备 3 环形风道的环向密封装置 4 风机

图 1 环冷机液密封示意图

五、主要技术指标

1．设备性能参数

（1）有效冷却面积：180-720m^2 ；

（2）处理能力：360-1540t/h；

（3）有效冷却时间：35-75min；

（4）冷却矿温度低于120℃；

（5）吨烧结矿冷却风量：2100-2400m^3/h；

（6）风机风压：4070-3648Pa。

2．技术指标

总漏风率：＜5%（其中：水密封漏风率约为0.5%；静密封漏风率＜4.5%）。

3．主要能耗指标

电耗：4.3kWh/t成品烧结矿。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该项技术于2011年通过湖南省科技厅组织的成果鉴定，技术达到了国际领先水平，是当前国内外烧结矿冷却技术及装备上的一次重大突破。

该技术可广泛应用于烧结冷却作业领域，新建和改造的环冷机均可采用，目前该技术已在国内多家烧结厂应用。

七、典型应用案例

典型用户：湖南华菱涟钢钢铁有限公司，南京钢铁股份有限公司，济南钢铁股份有限公司，陕西龙钢（集团）有限责任公司，安阳钢铁股份有限公司，唐钢集团燕山钢铁股份有限公司，攀钢集团西昌新钢业有限公司等

典型案例 1

技术提供单位：中冶长天国际工程有限责任公司

建设规模：420m^2 烧结环冷机改造。主要技改内容：将传统环冷机改造为液密封环冷机，主要设备为液密封环冷机。节能技改投资额 2500 万元，建设期 6 个月。每年可节能 4500tce，年节能经济效益为 605 万元（仅考虑节约风机电耗），投资回收期约 4 年。

典型案例 2

技术提供单位：中冶长天国际工程有限责任公司

建设规模：228m^2 烧结环冷机。主要技改内容：将传统环冷机改造为液密封环冷机，主要设备为液密封环冷机。节能技改投资额 1800 万元，建设期 6 个月。每年可节能 2100tce，年节能经济效益 298 万元（仅考虑节约风机电耗），投资回收期约 6 年。

八、推广前景及节能减排潜力

我国每年有近 10 亿 t 热烧结矿需通过环冷机进行冷却，总有效冷却面积达 7.6 万 m^2，目前在运行的环冷机基本上为传统环式冷却机，改造潜力较大。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 10%，预计投资总额 10 亿元，年节能能力 10 万 tce/a，二氧化碳减排能力 26 万 tCO_2/a。

44 旋切式高风温顶燃热风炉节能技术

一、技术名称：旋切式高风温顶燃热风炉节能技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 大型高炉的热风炉改造

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

据不完全统计，截止 2010 年 3 月，我国拥有高炉 1300 多座，其中 1000m^3 以上高炉 203 座。按国家钢铁产业发展政策的相关要求，以有效容积 1000m^3 作为高炉的准入条件，1000m^3 以下高炉将逐步淘汰，技术改造升级的市场潜力巨大。目前，我国 203 座 1000m^3 以上的高炉中，约有一半仍采用落后的传统内燃式热风炉，热风温度长期徘徊在 1100-1150℃，与国际先进水平相差约 100-150℃。目前该技术可实现节能量 74 万 tce/a，减排约 195 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用旋切顶燃式热风炉，使热风的风温提高近 100℃，降低高炉冶炼焦比，增加喷煤比。同时，采用不同方式的余热回收方式，使助燃空气预热到 180-600℃，煤气预热到 200℃，提高热风炉的理论燃烧温度和送风温度，降低烟气中热量的浪费。采用顶燃式热风炉散热面积小，废气排放温度低于 150℃，系统热效率相应提高 10%左右，大大降低热损失，节能效果明显。

2.关键技术

（1）旋切式顶燃热风炉燃烧器；

（2）小孔径高效格子砖；

（3）多种孔型炉箅子；

（4）热风输送管道膨胀和拉紧装置；

（5）关节管、高热值煤气分时燃烧、数学模型控制等技术。

3.工艺流程

旋切式高风温顶燃热风炉示意图见图1。

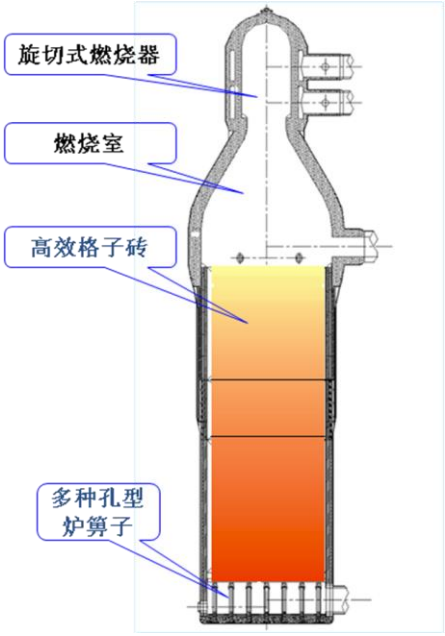


图 1 旋切式高风温顶燃热风炉示意图

五、主要技术指标

1. 单一高炉煤气，无附加热源，平均热风温度≥1200℃，比常规热风炉风温提高 50 ℃ 以上，附加燃烧炉或煤气富化时平均热风温度≥1280℃；

2．热风炉系统热效率≥85%，比其他热风炉提高 8%-12%，节省燃料 8%-12%；

3．拱顶温度与热风温度的差值为 100-140℃，比常规热风炉减小 30-60℃；

4．蓄热室下部冷风分配均匀度≥95%，比常规热风炉提高 5%-15%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得多项专利。利用该技术实施改造的宝钢集团八钢 2500m^3 高炉工程荣获冶建协会优秀设计二等奖；兴澄特钢 3200m^3 高炉工程荣获冶建协会优秀设计一等奖。目前已在我国推广约 130 座高炉，其中 1500m^3 以上高炉 29 座，并已应用到 3200m^3 大型高炉，同时已实现向印度、伊朗等国家的技术出口，在实际应用中的节能效果比较显著。

七、典型应用案例

典型用户：江阴兴澄特钢有限公司、本钢北台钢铁有限公司、宝钢新疆八一钢铁有限公司、宝钢宁波钢铁分公司、沧州纵横钢铁厂、湖北新冶钢铁有限公司、山东泰钢、攀钢西昌钢铁有限公司等。

典型案例 1

技术提供单位：中冶京诚工程技术有限公司

建设规模：3200m^3 高炉，产能 260 万 t/a。主要技改内容：新建旋切式高风温顶

燃热风炉，主要设备包括旋切式顶燃热风炉燃烧器、小孔径高效格子砖、多种孔型炉箅子、热风输送管道膨胀和拉紧装置、关节管等。节能技改投资额 14600 万元，建设期 11 个月。每年可节能 21000tce，年节能经济效益为 6491 万元，投资回收期约 2 年。

典型案例 2

技术提供单位：中冶京诚工程技术有限公司

建设规模：2500m^3 高炉，产能 200 万 t/a。主要技改内容：原有三座霍戈文内燃式热风炉技术改造，并新增一座旋切式顶燃热风炉。主要设备包括旋切式顶燃热风炉燃烧器、小孔径高效格子砖、多种孔型炉箅子、热风输送管道膨胀和拉紧装置、热风管道关节管、冷风分配装置、换热器气流分配装置。节能技改投资额 6000 万元，建设期 5 个月。每年可节能 20000tce，年节能经济效益 1292 万元，投资回收期约 4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

我国 1000m^3 以上高炉中还有近 100 座高炉可以推广实施旋切式顶燃热风炉技术改造，预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 80%，预计投资总额 108 亿元，年节能能力 118 万 tce/a，二氧化碳减排能力 312 万 tCO_2/a。

45 中低温太阳能工业热力应用系统技术

一、技术名称：中低温太阳能工业热力应用系统技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 工业领域太阳能系统与燃煤、燃气、燃油工业锅炉结合使用

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

太阳能工业热力系统应用绿色清洁的太阳能，自身能源消耗低，可大量节约化石能源。该技术的核心部件-中温太阳能集热器，其集热效率约比普通集热器高10%左右，且能够满足太阳能工业热力系统通常需要的100℃以上的工作温度，而普通集热器一般在80℃以下。该技术的生产综合能耗与普通集热器相同，为每台集热器4.45kgce/m^2，其成本与普通集热器相当，投资回收期更短，目前已可在全国推广应用，应用该技术可实现节能量7万tce/a，减排约18万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

自来水经过软化处理后进入冷水箱，通过循环泵进入中温集热器，太阳照射到中温集热器上，由中温真空管将太阳辐射转化为热能，再由真空管内的铜管把热能传递给冷水，将水加热，热水通过循环泵输送到储热水箱，再经过蒸汽锅炉加热成高温蒸汽输送到厂区热力管网。

2.关键技术

（1）高效的太阳能集热技术。该技术的核心部件-中温太阳能集热器，具有真空管集热性能优、热量损失少、产生能量多、产品寿命长等特点，与普通集热器相比，太阳热能利用效率更高；

（2）合理的能量传输阵列技术。作为大规模安装的太阳能工业热力系统，通过集热器阵列布置和管路系统的分配技术，达到将热能全部传输至锅炉水箱使用，避免热量在集热器内的损失；

（3）系统节能控制技术。通过温度、压力的多点分布式监测和采集分析，实现系统节能运行，减少系统运行的能耗，并将太阳能量及时转移至使用或存储终端。

3.工艺流程

中低温太阳能工业热力应用系统技术流程见图1。

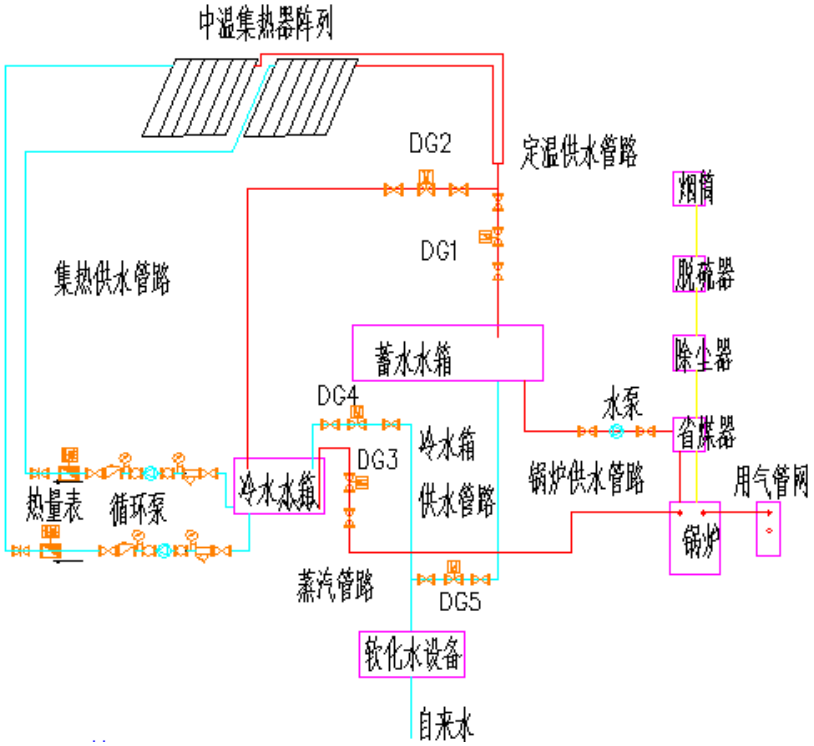


图 1 中低温太阳能工业热力应用系统技术流程图

五、主要技术指标

1．中温太阳能集热器瞬时效率截距达到 0.691，高于普通集热器 8%，150℃时瞬时效率高于普通集热器 20%左右；

2．整体节能量高于普通集热器 15%；

3．系统日有用得热量 7.7MJ/m^2，高于同类国标技术要求 10%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已经获得 3 项国家发明专利。2012 年 2 月，获得了由中国可再生能源学会颁发的科学技术一等奖。随着国家节能减排政策的推进，太阳能在工业领域的热利用已越来越受到重视，国内太阳能热水器生产企业也逐渐将重点从太阳能家用市场转移到太阳能工业应用领域，其中 80-250℃中温工业应用领域与太阳能结合的技术，将是未来太阳能热利用领域发展的主要趋势。

七、典型应用案例

典型用户：济南永宁制药股份有限公司、上海青浦热电厂、荣城海之宝公司、平邑天宝化工、山东东平油脂厂、山东青年政治学院等。

典型案例 1

技术提供单位：山东利诺瑞特新能源有限公司

建设规模：10t/h 太阳能综合利用锅炉，共安装中温集热器 5870m^2。主要改造内

容：利用中温真空管太阳能集热器及储热水箱组成的 5870m^2 总面积的太阳能集热系统，向 10t 燃煤锅炉提供 95℃左右的热水，经锅炉再加热成高温蒸汽，进入厂区蒸汽管网。主要设备包括中温太阳能集热系统、30t 冷水箱，100t 储热水箱，2 备 2 用共 4 台高温高压水泵，2 台控制柜等。节能技改投资 420 万元，建设期 1 个月。年可节约标煤 875tce，年节能经济效益 116 万元。投资回收期约 3.6 年。

典型案例 2

技术提供单位：山东利诺瑞特新能源有限公司

建设规模：60t/h 热电锅炉，安装太阳能集热器总面积 3557m^2。主要改造内容：利用太阳能将进锅炉的软化水升温后进入除氧设备，然后利用锅炉高温增压水泵将高温水泵入锅炉，再利用煤进行二次升温，加热至饱和蒸汽后输送到热力管网的系统。主要设备包括中温太阳能集热器及安装支架 1200 套，控制系统一套，循环泵 3 台，换热器 3 台等。节能技改投资 200 万元，建设期 25 天。年可节约标煤 328tce，年节能经济效益 46 万元。投资回收期约 4.3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，我国工业用热温度大部分在 80-250℃之间，该技术比较适宜在此温区应用，若能得到全面推广，将能大大促进太阳能工业热利用的发展。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 10%，预计投资总额 50 亿元，年节能能力 71 万 tce/a，二氧化碳减排能力 187 万 tCO_2/a。

46 燃气轮机值班燃料替代技术

一、技术名称：燃气轮机值班燃料替代技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业　CCPP 应用领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

近年来，燃气-蒸汽联合循环发电机组（CCPP）在钢铁企业得到广泛的应用。通过燃用中、低热值煤气（以高炉煤气为主，掺入部分焦炉煤气和转炉煤气），将副产放散的工业煤气转化为电能，具有显著的高效节能和环保效果。

目前，国内钢铁企业在运的 50MW 级别燃气-蒸汽联合循环发电机组（CCPP）的热电转化效率普遍较低，其中 GE50MW 级别机组热电转化效率约 30%，三菱 50MW 级别机组热电转化效率约 37.6%。国内大部分企业在运的机组效率还不能达到以上标准。

CCPP 对燃料热值及质量要求较高，不能单独使用低热值的高炉煤气作为燃料，必须掺烧热值相对较高的焦炉煤气或转炉煤气等。一方面，焦炉煤气价格远高于高炉煤气，造成燃料成本居高不下。一般情况下，装机 50MW 的燃气轮机，作为值班燃料的焦炉煤气平均消耗量约为 1000-1200m^3/h，如果年运行小时按 8000 小时计算，每年值班燃料消耗量约为 800-960 万 m^3，造成优质能源的大量浪费；另一方面，焦炉煤气由于其自身特性，品质难以达到燃气轮机的燃料规范，很容易致使燃气轮机排气 SO_2 超标，不仅达不到环保要求，而且会引起余热锅炉烟道酸露腐蚀，出现频繁爆管的现象。目前该技术可实现节能量 3 万 tce/a，减排约 8 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该技术通过对燃气轮机燃烧室流体预混、扩散燃烧进行研究，建立燃烧计算模型，模拟燃烧室工况，调整过量空气系数，按《燃气轮机排放标准》计算燃料更改后燃烧室燃烧温度，确保最佳过量空气系数，降低燃烧温度以及 NO_X、SO_2 的生成量；同时，通过焦炉煤气（COG）及高炉煤气（BFG）联动逻辑系统研究，将值班燃料切换过程中及切换后的燃烧波动偏差控制在合理范围之内，实现对热值范围的相应修改，增强燃气轮机对燃料的适应性，增加高炉煤气用量，提高联合循环发电机组出力。在极限

工况下，如燃气轮机负荷小于 5MW，热值低于 2990kJ/Nm^3-wet，大气温度低于-12℃等情况下，需增加相应保护连锁，防止回火、熄火等事故发生，保证安全运行。

2.关键技术

（1）基于燃烧及流场分析的建模技术；

（2）燃气轮机燃烧稳定技术；

（3）燃气轮机低氮燃烧技术；

（4）焦炉煤气（COG）及高炉煤气（BFG）联动系统技术；

（5）变几何低氮燃烧技术；

（6）燃烧室压力波动及加速度监测技术。

3.工艺流程

燃气轮机值班燃料替代技术的工艺流程见图 1 和图 2。

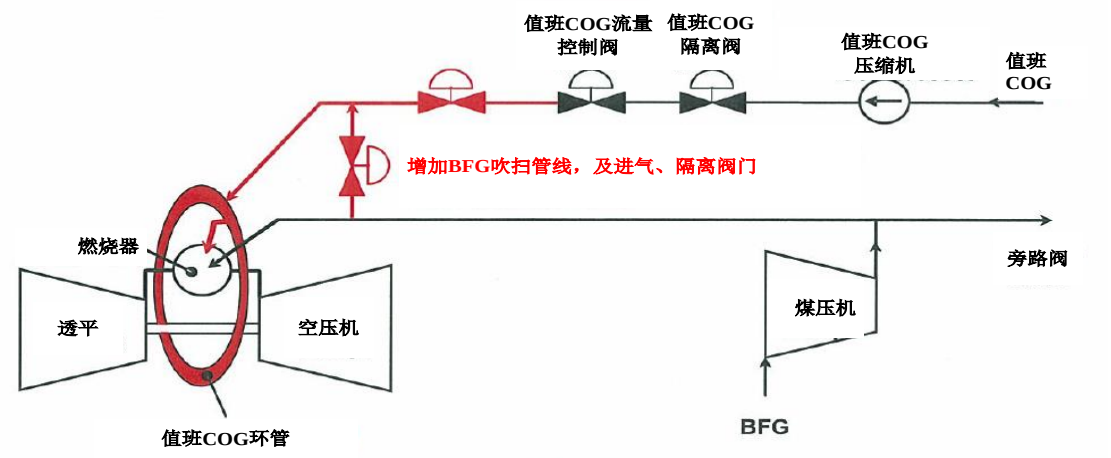


图 1 燃气轮机值班燃料替代技术工艺流程图

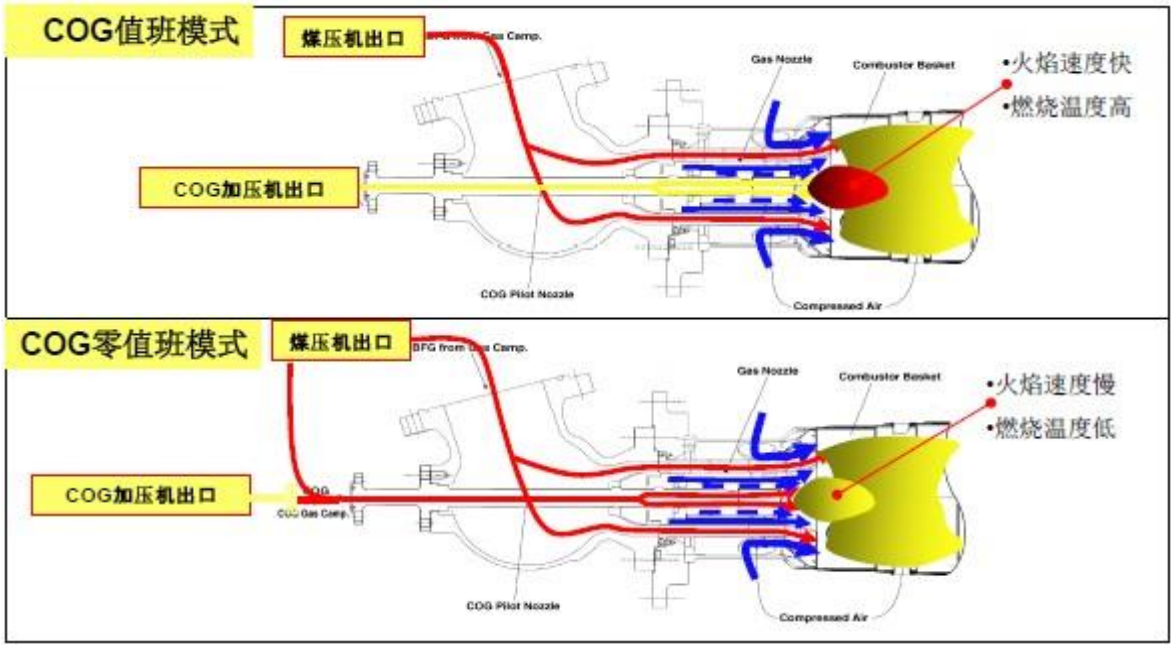


图 2 值班燃料替代技术对比图

五、主要技术指标

按单套 50MW 联合循环 CCPP 计算：

1.联合循环效率提高 0.5%，增加发电量 1200 万 kWh；

2.提高了燃气轮机燃料热值允许范围，从 3090-3650 kJ/Nm^3-Wet 改为 2890-3770 kJ/Nm^3-Wet；

3.减少氮气消耗 1600 万 m^3；

4.平均减少燃气轮机非计划停机 60 次/年，年利用小时数超过 8000 小时；

5.减少厂用电消耗 568 万 kWh。

六、技术应用及产业化情况

近年来，新型高效的燃气-蒸汽联合循环发电技术（CCPP）广泛应用于各大型钢铁企业，因其热效率高、节能环保效果显著，受到各钢铁企业的青睐，目前全国大型钢铁企业的 CCPP 数量已达约 30 余台套。CCPP 发电厂虽工艺先进、热效率高，但生产、维护费用高，且对系统要求苛刻，常常制约自备电厂的稳定运行。其中，最大的制约因素就是煤气质量，尤其是焦炉煤气质量达不到燃气轮机的要求，导致设备事故频繁发生。燃气轮机值班燃料替代技术从根本上解决了焦炉煤气质量差引起设备事故的问题，可保证系统稳定、高效运行。目前，已经在涟钢、沙钢等得到应用。

该技术获得国家发明专利 1 项，并于 2013 年 2 月获得“中国资源综合利用协会”科学技术二等奖。

七、典型应用案例

典型用户：涟钢动力厂、沙钢能源中心、太钢热电厂。

典型案例 1

案例名称：涟钢燃气-蒸汽联合循环发电项目燃机值班燃料技术改造

技术提供单位：重庆中节能三峰能源有限公司、中节能工业节能有限公司

建设规模：4×50MW 燃气-蒸汽联合循环发电机组改造。建设条件：具备燃气-蒸汽联合循环发电机组。主要技改内容：取消值班燃料，应用零值班燃料技术。主要设备为吹扫 BFG 供应阀、吹扫 BFG 切断阀、高压氮气密封阀、吹扫过滤器、差压变送器等。技改投资额 1080 万元，建设期 2 个月。年节能量 19605tce/a，年减排量 51757tCO_2/a，年增加发电经济效益 2566 万元，投资回收期约 4 个月。

典型案例 2

案例名称：沙钢燃气-蒸汽联合循环发电项目燃机值班燃料技术改造

技术提供单位：重庆中节能三峰能源有限公司、中节能工业节能有限公司

建设规模：3×50MW 燃气-蒸汽联合循环发电机组改造。建设条件：具备燃气-蒸汽联合循环发电机组。主要技改内容：取消值班燃料，应用零值班燃料技术。主要设备为吹扫 BFG 供应阀、吹扫 BFG 切断阀、高压氮气密封阀、吹扫过滤器、差压变送器等。技改投资额 870 万元，建设期 2 个月。年节能量 14704tce/a，年减排量 38818 tCO_2/a，年增加发电经济效益 1900 万元，投资回收期约 5 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，预期推广比例可达 40%，可形成年节能能力 20 万 tce，碳减排潜力约 53 万 tCO_2 。

47 冶金余热余压能量回收同轴机组应用技术

煤气透平与电动机同轴驱动高炉鼓风机技术（BPRT 技术）

一、技术名称：煤气透平与电动机同轴驱动高炉鼓风机技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 冶金行业余热余压能量回收

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

据统计，2013 年上半年我国重点钢铁企业炼铁工序能耗均值为 399.96kgce/t，但不同企业之间炼铁工序能耗最高值(474.22 kgce/t)与最低值(325.51 kgce/t)相差悬殊，企业间技术发展不平衡，还有很大的节能潜力。因炼铁工序能耗约占钢铁联合企业总能耗的 49.4%，对吨钢综合能耗有较大的影响，因此降耗、减排、节能、环保已经成为国家产业政策的基本原则。目前该技术可实现节能量 54 万 tce/a，减排约 143 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

高炉鼓风机组是为高炉冶炼提供动力风源的核心机组，高炉煤气能量回收发电机组（TRT）是回收高炉煤气余压、余热的能量回收机组，早期国内外将这两类机组安装在不同厂房，独立配置，自成系统。

煤气透平与电动机同轴驱动高炉鼓风机技术（BPRT）创新性地提出了煤气透平和高炉鼓风机同轴的技术解决方案。由于煤气透平和高炉鼓风机都是旋转机械，用煤气透平直接驱动高炉鼓风机，将两台旋转机械装置组合成一台机组，既能向高炉供风，又能回收煤气余压、余热。BPRT 机组兼备两套机组的功能，又使原有的庞大系统简化合并，取消发电机，合并自控、润滑油、动力油系统等，并将回收的能量直接补充到轴系上，避免能量转换的损失，可提高装置效率，减少环境污染和能量浪费，稳定炉顶压力，改善高炉生产条件，降低产品成本。

2.关键技术

（1）煤气透平、鼓风机、电动机串联及同轴的优化设计

在冶金高炉动力系统中，首次将高炉鼓风的主流程与煤气能量回收的辅流程合并为一个流程进行优化控制。技术核心包括：五段长轴系的分析计算、两套机组的联合工况集中控制、电动机与煤气透平驱动切换的专用技术等；

（2）系统合成与功能优化配置

取消发电机，取消高压发配电系统，将煤气回收的能量直接作为旋转机械能补充在轴系上，同机同轴驱动鼓风机，避免机械能转电能及电能转机械能的二次效率损失。润滑油站、动力油站均进行合并；一套自控系统可控制二套机组；

（3）将纯电动机拖动高炉鼓风机组模式，改为电动和煤气透平联合驱动的双能源驱动的高炉鼓风机组。由单驱动改为双驱动，提高了机组运行的可靠性；

（4）应用离合器在线啮合与脱开功能增强机组安全裕度。当高炉顺行时，离合器啮合，把透平回收的功率传递给高炉鼓风机；当透平机本身有故障，或炉况不顺、休风、煤气量小时，离合器自动将高炉煤气透平在线脱开，保证高炉正常的安全生产。

3.工艺流程

机组主要由电动机、齿轮箱、轴流压缩机、变速离合器、煤气能量回收透平及辅助同组成。其中，轴流压缩机由电机通过齿轮箱驱动，为高炉提供风源；当高炉正常运行后，把煤气导入透平膨胀机中膨胀做功，由透平膨胀机和电动机共同驱动高炉鼓风机，从而降低电动机输出功率，实现对高炉煤气能量的直接回收利用，达到节能目的。

高炉鼓风机作为一个独立的系统来设计，可以保证鼓风机不论在什么情况下都可以在包括最大工况内的各种工况下运行，不影响高炉的正常生产。当高炉正常运行后由煤气透平和电动机共同驱动高炉鼓风机，可有效降低电动机的输出功率。同时，对高炉顶压的稳定主要靠煤气透平的静叶调节来实现，控制系统能够发出完整的控制信号，包括转速调节、负荷调节、自动升速、自动停机以及与高炉减压阀组的切换等所有的功能，确保任何情况下高炉顶压的稳定，不影响高炉正常生产。该技术的工艺流程见图 1。

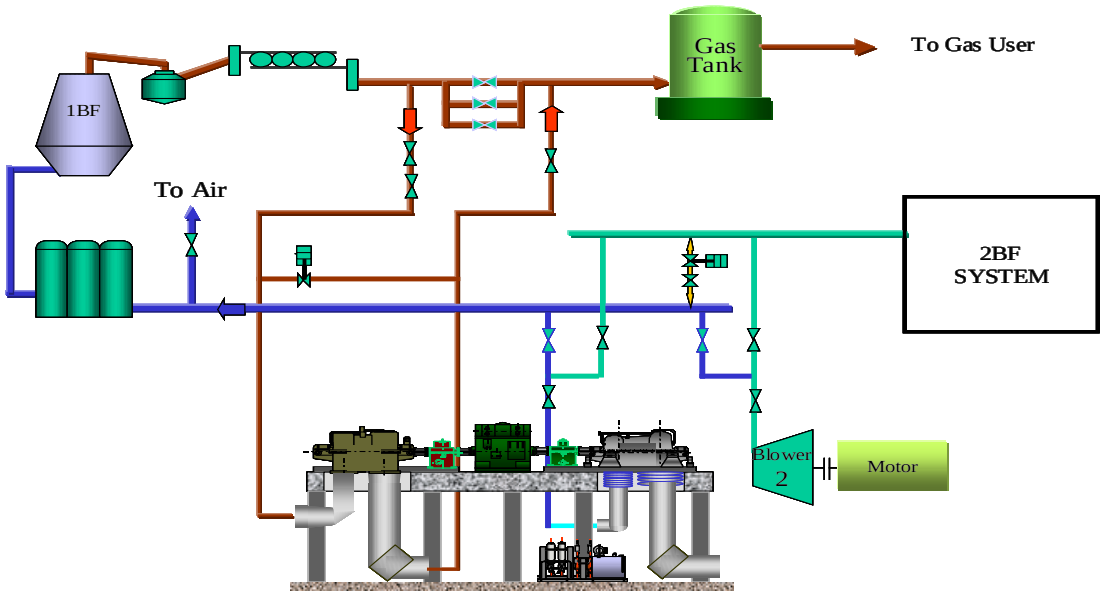


图 1　BPRT 机组工艺流程图

五、主要技术指标

1.高炉煤气流量：50 万 Nm^3/h；

2.进口压力：150kPa；

3.煤气透平转速：3000-3600rpm；

4.输出功率：100MW。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

BPRT 技术在 2005 年通过了陕西省的科技成果鉴定，2009 年荣获陕西省科学技术一等奖，拥有 3 项实用新型发明专利，作为能量回收透平发电装置技术的延伸和升级，填补了国内的技术空白。目前，BPRT 机组已有 150 多个应用案例，适用范围已从 450m^3 高炉发展到 2300m^3 高炉，正在向系列化、标准化、国产化、大型化的方向发展，具有非常广阔的市场推广前景。

七、典型应用案例

典型用户：霸州新利钢铁有限公司、威远钢铁有限公司等。

典型案例 1

案例名称：霸州新利钢铁有限公司项目

技术提供单位：西安陕鼓动力股份有限公司

建设规模：新建 1060m^3 高炉（2 座），高炉年产 130 万 t。主要技改内容：采用 BPRT 机组，鼓风机为 AV63-13，电机功率 19000kW/10kV，透平回收功率 8400kW。主要设备为高炉鼓风机、变速离合器、透平膨胀机、电动机/汽轮机、大型阀门、润滑油站、动力油站等。技改投资额约 3000 万元，建设期 2 年。项目建成后，每年按 8000

小时运行时间计算，年可回收电能 6720 万 kWh，年节约 27149tce，年减排量 67682tCO_2/a，节能经济效益 3360 万元，投资回收期约 1 年。

典型案例 2

案例名称：威远钢铁有限公司项目

技术提供单位：西安陕鼓动力股份有限公司

建设规模：新建 1750m^3 高炉（2 座）。主要技改内容：采用 BPRT 机组，鼓风机为 AV71-16，电机功率 27000kW/10kV，透平回收功率 14200kW。主要设备为高炉鼓风机、变速离合器、透平膨胀机、电动机/汽轮机、大型阀门、润滑油站、动力油站等。技改投资额约 4800 万元。项目建成后，每年按 8000 小时运行时间计算，年可回收电能 11360 万 kWh，年节约 45894tce，节能经济效益 5680 万元，投资回收期约 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

BPRT 技术节能效率高，建设投资及人员少，具有显著的经济、环境及社会效益。在国内，随着国家对重大技术装备国产化的支持，BPRT 必将以其独特的优势得到广泛应用，而且必将向全面、大型化趋势发展。BPRT 技术提高了机组运行的安全可靠性，增强机组的安全可靠度，提高了整机效率，减少效率转换损失，可广泛适用于钢铁、有色金属、化工等各个不同工业领域中。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 50%，预计投资总额 18 亿元，年节能能力 90 万 tce/a，二氧化碳减排能力 288 万 tCO_2/a。

烧结余热能量回收驱动技术（SHRT 技术）

一、技术名称：烧结余热能量回收驱动技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 冶金行业余压余热能量回收

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

冶金流程的烧结工序能耗约占吨钢能耗的 10%以上，冷却机排出的废气带走的热量，其热能大约为烧结矿烧成系统热耗量的 35%，烧结工序能耗约占冶金总能耗的 12%，是仅次于炼铁的第二大耗能工序。在钢铁企业烧结流程中，烧结主抽风机容量占到总装机容量的 30%-50%。由于烧结生产中部分附属设备运转率低，且选择的电机容量偏大，主抽风机耗电量占到 50%-70%。同时，我国烧结工序余热利用率还不足 30%，与发达国家相比差距非常大，每吨烧结矿的平均能耗要高 20kgce。目前该技术可实现节能量 6 万 tce/a，减排约 16 万 tCO_2/ a。

四、技术内容

1、技术原理

将烧结余热能量回收发电技术与电动机拖动的烧结主抽风机驱动系统集成配置，使得烧结余热汽轮机、烧结主抽风机以及同步电动机同轴串联布置，形成烧结余热与烧结主抽风机能量回收三机组（SHRT）。

2.关键技术

（1）烧结余热产生的废热通过余热锅炉产生蒸汽，再通过汽轮机转换为机械能，直接作用在轴系上，与电动机同轴驱动烧结主抽风机，提高能源利用效率；

（2）机组采用大型变速离合器，能够使烧结汽轮机与机组实现在线啮合、在线脱开。主要关键技术包括三机联合机组软件设计及组态、轴系稳定性计算等。

3.工艺流程

一般烧结厂烧结烟气平均温度≤150℃，机尾温度达 300-400℃。烧结机尾风箱及冷却机密闭段的烟气除尘后，加热余热锅炉以回收低品位余热，产生过热蒸汽推动汽轮机做功，汽轮机通过变速离合器与双出轴驱动的烧结主抽风机连接，烧结主抽风机的另一侧与同步电动机连接。机组中余热汽轮机及同步电动同轴驱动烧结主抽风机做功，降低电机电流从而达到节能的目的。该技术系统的工艺流程见图 1。

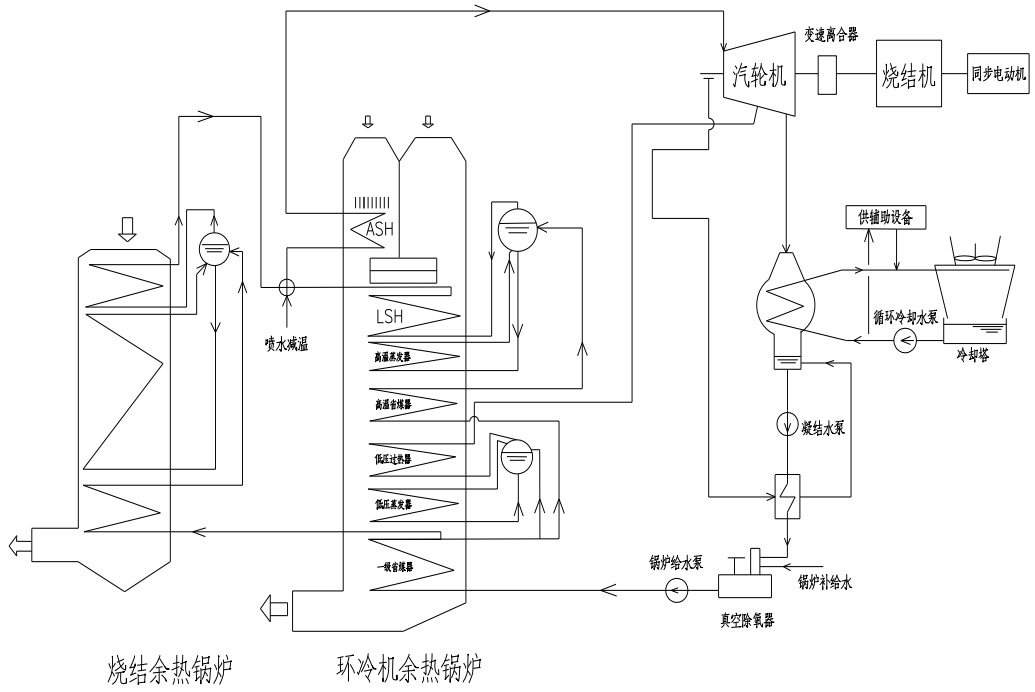


图 1 SHRT 技术系统工艺流程图

五、主要技术指标

1.烧结环冷系统：220m^2；

2.配套余热回收汽轮机：5000kW；

3.烧结主抽风机：SJ22000；

4.电机：8000kW，余能利用效率提高 5%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得 2 项目实用新型专利。自 2010 年开展研究以来，到目前已成功完成机组系统技术及关键技术的研究，先后完成江苏镔鑫、山西通才、联鑫钢铁等 6 个项目的技术设计，以及山西通才 SHRT 机组、盐城市联鑫 SHRT 机组的现场调试及投运，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：山西通才工贸有限公司、盐城市联鑫钢铁有限公司

典型案例 1

案例名称：山西通才工贸有限公司项目

技术提供单位：西安陕鼓动力股份有限公司

建设规模：328m^2 冶金烧结等低品位热能回收及烧结主抽风机，回收功率 5000kW。主要建设内容：SHRT 机组、汽轮机、变速离合器、烧结主抽风机、

同步电动机、润滑调节油站、余热回收系统、土建、厂房、工艺管道等。项目投资额 5000 万元，建设期 1.5 年。机组投运后，电动机电流可从 380A 降至 200A，回收余热能量为 3200kW。当蒸汽正常后，可回收余热能量 5400kW，年节能量达 13824tce，年碳减排量 36495tCO_2，投资回收期约 1 年。

典型案例 2

案例名称：盐城市联鑫钢铁有限公司项目

技术提供单位：西安陕鼓动力股份有限公司

建设规模：220m^2 冶金烧结等低品位热能回收及烧结主抽风机，回收功率 4350kW。主要建设内容：SHRT 机组、汽轮机、变速离合器、烧结主抽风机、同步电动机、润滑调节油站、余热回收系统、土建、厂房、工艺管道等。项目投资额 5000 万元，项目建设期 1.5 年。机组投运后，SHRT 将烧结余热能量回收直接作用在轴系上，驱动烧结主抽风机运行，降低电动机功率约 62%，年节约标准煤 10240t，年碳减排量 27033tCO_2，投资回收期约 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 20%，预计投资总额 20 亿元，年节能能力 40 万 tce/a，二氧化碳减排能力 293 万 tCO_2/a。

48 全密闭矿热炉高温烟气干法净化回收利用技术

一、技术名称：全密闭矿热炉高温烟气干法净化回收利用技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 铬、硅、锰系等铁合金冶炼烟气净化回收与综合利用

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

铬、硅、锰系等铁合金冶炼行业的矿热炉在冶炼过程中会产生大量烟气，温度通常在 400ºC 左右，含有大量热量。按生产 75%硅铁矿热炉为例，烟气中的热量约为总输入能量的 50%。矿热炉冶炼铬铁时，生产 1t 铬铁约产生 780Nm^3 的煤气。目前，我国铁合金冶炼行业对冶炼烟气的利用普遍不足，大量的能量被烟气带走，不仅生产污染严重，治理任务艰巨，而且能源利用率低，造成了能源浪费、环保压力大、企业生产成本过高等行业共性问题。冶炼烟气若能有效利用，将具有较大的节能潜力。目前该技术可实现节能量 9 万 tce/a，减排约 24 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术的关键是高温烟气的除尘净化技术，也是后续烟气发电和铬粉矿煤气烧结（预处理）的基础。主要技术原理是采用全封闭矿热炉冶炼和控制技术，将冶炼所产生的高温烟尘通过 FeAl 非对称过滤器进行干法净化，并将净化后的烟气输送到煤气柜中储存，用于发电和铬粉矿煤气烧结，起到节能效果。

2. 关键技术

（1）新型过滤材料制备技术

针对冶炼烟气干法除尘，首次提出了选择 FeAl 金属间化合物作为过滤净化滤芯材料的新理论，成功解决了冶金行业 550ºC 以上高温气体过滤技术难题。

（2）自动控制系统应用技术

冶炼工艺采用全封闭式 25500kVA 大型矿热炉冶炼高碳铬铁，炉体组合把持器系统是国内先进的技术设备，整个生产过程自动化控制，并可实现对整个电炉系统的运行状况进行动态监视与控制。

（3）铬铁冶炼高温烟气干法除尘净化技术

除尘效率可达 99.99%以上，可满足化工制取甲醇的要求。同时，加装化学分离设备后可达到一氧化碳与甲醇反应制取醋酸的工艺要求。

（4）铬铁冶炼高温烟气综合利用技术

冶炼副产高温烟气除尘净化后，可作为优质燃料综合利用。采用该技术回收的煤气热值高达 13.17MJ/Nm^3，约为天然气热值的 37%，可满足铬铁生产线原矿烧结预处理、焦炭烘干及尾气发电机组燃料需要。

3. 工艺流程

该技术的工艺路线图见图 1。

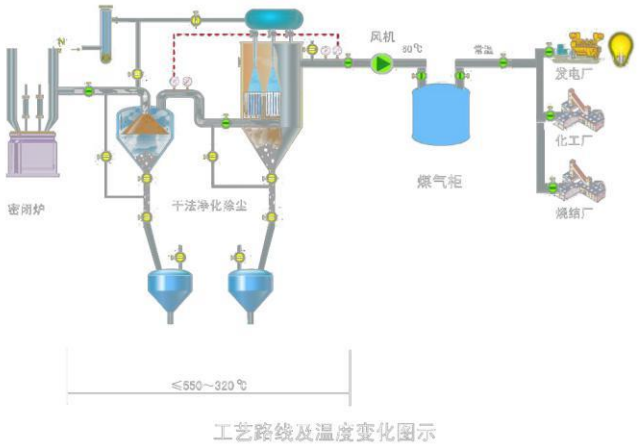


图1 全密闭矿热炉铬铁冶炼高温烟气干法净化回收利用技术

冶炼烟气净化系统分为过滤系统、反吹系统、防结露系统、排灰系统和控制系统等五个子系统，其结构示意图见图 2。

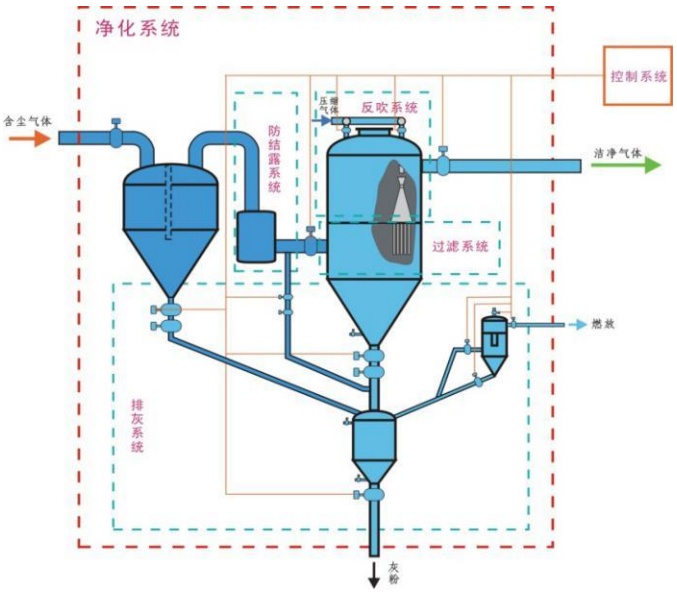


图2 冶炼净化系统示意图

五、主要技术指标

1. 25500kVA 全封闭式矿热炉冶炼吨铁电耗 2870kWh；

2. 工作温度：200-550℃（最大耐高温度 800℃）；

3. 过滤效率：99.99%；

4. 出口粉尘含量：≤10mg/Nm^3；

5. 烟气除尘净化量：6500Nm^3/h 台；

6. 连续运行 1 年无需更换滤材。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2013 年通过青海省新产品新技术鉴定，2014 年通过青海省科技技术成果鉴定，并已获得 4 项国家专利。2013 年，采用该技术的两台 25500kVA 全封闭式高碳铬铁冶炼矿热炉成功投入运行，不仅通过铁铝金属间化合物非对称膜滤芯对高温冶炼烟气除尘净化回收后进行综合利用，并把铬铁合金冶炼单位电耗控制在 2800kWh 左右，粉尘回收利用率、水资源重复利用率、烟气收回率均达到了国家铁合金行业清洁生产一级标准。该技术可广泛应用于硅系、锰系、铬系等大宗铁合金产品生产及铬、硅、锰系等铁合金冶炼行业。

七、典型应用案例

典型用户：青海际华江源实业有限公司

典型案例 1

案例名称：青海际华江源实业有限公司铬铁冶炼及烟气综合利用项目

技术提供单位：青海际华江源实业有限公司

建设规模：年产铬铁 10 万 t。主要技改内容：①全密闭式矿热炉的冶炼和自动化控制系统的改造；②高温烟气除尘净化过滤系统的主要过滤元件滤芯的选择；③冶炼高温炉气除尘净化装置及输送系统的改造；④铬铁冶炼烟气净化系统与煤气系统的改造；⑤高温煤气综合利用技术的研究探索、并完成发电系统、烘干系统、烧结系统等新建等。主要设备为 3000kW 发电机组 1 台及输变电设备、2 套高温烟气干法除尘净化回收装置、1 套密闭式炉盖。技改投资额 7600 万元，建设期 2 年。该项目建成后，年节能量 4.3 万 tce，年碳减排 11.4 万 tCO_2。每年可获得经济效益 2593 万元，投资回收期 5.4 年（含 2 年建设期）。

典型案例 2

案例名称：年产 15 万 t 富钛料冶炼电炉尾气回收利用项目

技术提供单位：青海际华江源实业有限公司

建设规模：15 万 t/a 富钛料生产线。建设条件：密闭电炉熔炼尾气温度低于 550℃。主要技改内容：新增 2500Nm^3电炉煤气净化回收系统 2 套，配套高温重力除尘器、净气冷却器、煤气引风机等设备，对原有电炉除尘系统的改造等。节能技改投资额 1400 万元，建设期 9 个月。每年可节能 1.0 万 tce，年减排 2.7 万 tCO_2。年节能经济效益 812 万元，投资回收期约 1.8 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，我国铬铁产量约 380 万 t，预计未来 5 年全国铬铁生产可达 900 万 t。若该技术在行业内的推广比例按 30%计算，其推广总投入达 22.8 亿元，可形成年节能能力 129 万 tce，年碳减排能力 340 万 tCO_2。

49 大型焦炉用新型高导热高致密硅砖节能技术

一、技术名称：大型焦炉用新型高导热高致密硅砖节能技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业　焦化行业大型焦炉

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

钢铁行业是高能耗高污染行业，其中焦化工序能耗约占钢铁联合企业总能耗的 15%左右。2013 年，我国重点钢铁企业焦化工序能耗为 100.50kgce/t，企业先进值与落后值的差距高达 95kgce/t，焦化工序水平差异明显。目前，国内焦炉存在成焦率提高慢、燃料使用量大、保温效果差、使用寿命短、密封不严、烟气（硫、苯、以及一些其它化合物等）外溢、污染严重等问题。随着焦炉炉型日益大型化和环保化的发展要求，开发密封性好、导热性能高、保温效果好、使用寿命长的新型环保节能耐火材料，已成为新型焦炉的发展方向。目前该技术可实现节能量 19 万 tce/a，减排约 50 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1. 技术原理

焦炉炭化室传统采用硅质材料，该技术采用高导热硅砖替代传统的硅砖耐火材料，将焦炉碳化室用硅质材料导热率由传统的 1.85-1.90W/(m·K)提高到 2.33 W/(m·K)以上， 焦炉燃烧室的热量通过硅砖炉墙传导到炭化室中，在相同触煤面面积、相同的时间内、燃烧室火焰温度不变的情况下，增加高导热硅质材料传递的热量，降低炼成吨焦所需燃料量，起到节能效果。同时，改变焦炉炉门传统用粘土砖尺寸，将单块小砖逐块砌筑改成采用耐磨隔热耐火材料整体预制成型，有效降低热辐射，减少热量损失。此外，该技术可显著提高焦炉的密封性，减少排放到大气中的 NO_X 气体，在节能的同时也起到了环保的作用。

2. 关键技术

（1）高导热硅质材料制备技术

该技术通过选择合适的原料，引入减水剂、矿化剂以及少量的添加剂，不仅能够减少水分的引入，降低成品孔隙度，同时增加的玻璃相能够有效地缓解由于晶型转变过快而引起的应力释放，并对制品内的孔隙起到了填充作用，使得主晶

相与基质间结合得更紧密，这也为热导率的提高提供了基础条件。

（2）挂釉预制材料制备技术

该技术采用低导热、低膨胀率和热震稳定性极好的堇青石和莫来石材质，引入减水剂和纳米级矿化剂，通过振动减压成型方式和特定的烧成工艺，在制品表面附着高性能微晶陶瓷耐火釉料，实现耐材制品与陶瓷釉料间的一次同步复合，使耐材制品表面致密化，从而提高制品的强度及耐磨性和抗渗透侵蚀性能，解决了碳素和焦油沉积和化学物质渗透，大大提高了使用效果和寿命，提高了焦炉的生产率，降低了污染。

3. 工艺流程

高导热硅工艺流程：配料按照配方，添加剂、颗粒料和结合剂混合后加入到湿碾机内混练，400t摩擦压砖机，冲压6次成型，温度100℃×24小时干燥，1450℃×30小时烧成。采用高导热硅砖的焦炉炭化室示意图见图1。

图1 采用高导热硅砖的焦炉炭化室

挂釉炉门预制材料工艺流程：自动配料→混合→减压成型→中温烘烤→机械喷釉→高温釉化烧成→出检→包装。挂釉炉门示意图见图2。

图2 挂釉焦炉炉门

五、主要技术指标

1. 高导热硅砖主要技术参数：导热系数 2.4W/m·K（1100℃）；

2. 挂釉炉门预制件主要技术参数：釉面厚度 1.0m-2.0m，长期使用温度 1100-1300℃。

六、技术应用情况

该技术于 2010 年 9 月通过河南省科技厅组织的科技成果鉴定，并获得国家发明专利 1 项，实用新型专利 2 项。目前已为宝山钢铁股份有限公司、梅山钢铁公司、马鞍山钢铁股份有限公司和日本新日本制铁株式会社等供货 2000t，性能稳定，环保节能效益良好。

七、典型应用案例

典型用户：日本新日本制铁株式会社、宝山钢铁股份有限公司、梅山钢铁公司和马鞍山钢铁股份有限公司

典型案例 1

案例名称：宝山钢铁焦炉改造项目

技术提供单位：中钢集团耐火材料有限公司

建设规模：1 座 7m 焦炉。建设条件：适用于焦炉炭化室。主要技改内容：大焦炉炉门采用挂釉预制件，炭化室用高导热硅砖取代普通硅砖，主要设备为挂釉预制件炉门和高导热硅砖。技改投资额 1800 万元，建设期 5 个月。由于节省焦炉煤气，实现年节能量 4.81 万 tce，年碳减排量 12.7 万 tCO_2。年节能经济效益 4138 万元，投资回收期约 5 个月。

典型案例 2

案例名称：日本新日铁住金株式会社焦炉改造项目

技术提供单位：中钢集团耐火材料有限公司

建设规模：1 座 68 孔 6m 焦炉。建设条件：适用于各种大中小型焦炉炉门、上升管、烟囱等易结焦部位。主要技改内容：本项目产品主要是对焦炉炉门进行改造，主要设备为挂釉炉门预制材料 300t。技改投资额 330 万元，建设期 2 个月。年节能量 2740tce，碳减排量 7234tCO_2。年节能经济效益 236 万元，投资回收期 1.4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

高导热硅砖和焦炉炉门挂釉预制件的应用对降低焦炭企业能耗、减少污染、节约成本、提高效益具有重要的作用。预计未来 5 年，该技术在全国推广比例可达 15%，项目总投资额 3.6 亿元，可形成的年节能能力 96 万 tce，年碳减排能力 253 万 tCO_2。

50 高炉冲渣水直接换热回收余热技术

一、技术名称：高炉冲渣水直接换热回收余热技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 冶金行业炼铁、炼铜等生产过程高炉冲渣水余热回收利用

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

高炉炼铁熔渣经水淬后产生大量 60-90℃的冲渣水，其中含有大量悬浮固体颗粒和纤维。目前，我国高炉冲渣水余热主要采用过滤直接供暖及过滤换热供暖方式进行利用，但存在容易在管道或换热设备内发生淤积堵塞、过滤反冲频繁取热量少、产生次生污染等问题，无法长时间使用，因此多年来冲渣水余热未得到全面有效利用。按照我国钢铁生产产量 8 亿 t，按 350kg 渣比计算，由冲渣水带走的高炉渣的物理热量约占炼铁能耗的 8%左右，能源浪费巨大。该技术自 2013 年推广至今，已实施 26 座高炉，总供暖面积达 1400 多万平米，实现节能量 20 万 tce/a，CO2 减排约 52 万 t/a。

四、技术内容

1. 技术原理

高炉炼铁冲渣水含有大量60-90℃低品位热量，该技术采用专用冲渣水换热器，无需过滤直接进入换热器与采暖水换热，加热采暖水，用于采暖或发电，从而减少燃煤消耗并减少污染物的排放，达到节能减排的目的。冷却后的冲渣水继续循环冲渣，对于带有冷却塔的因巴等冲渣工艺，可以关闭冷却塔进一步节约电能消耗；而对于没有冷却塔的冲渣工艺，冲渣水降温后减少了冲渣水蒸发量，进一步减少水消耗。采用该技术，无需过滤，工艺流程短，运行及维护成本低，取热过程仅仅取走渣水热量，不影响高炉正常运行，无次生污染，整体运行可靠，适宜于长周期运行。

2. 关键技术

（1）直接换热技术。开发了专用冲渣水换热器，解决了纤维钩挂堵塞和颗粒物淤积堵塞问题，冲渣水无需过滤即可直接进入换热器与采暖水进行换热。

（2）抗磨损技术。冲渣水含有大量固体颗粒物，不仅容易淤积堵塞，而且极易磨损，该技术通过板型、材质、结构、流速等方面的控制解决了磨损问题。

（3）自动运行控制技术。根据高炉规模和冲渣工艺的不同特点，研发了系列工艺流程与之配套，大型高炉两侧冲渣的切换技术以及可靠的直接换热技术保证了自动运行的可实施性。

3. 工艺流程

高炉容积不同，冲渣工艺不同，以底滤法为例，其工艺流程如图 1 所示。

由高炉冲渣水泵出口管道处设置阀组提取冲渣水，取出的冲渣水流经冲渣水换热器取热降温后引回原管路继续冲渣；采暖水回水流经冲渣水换热器加热升温后，供采暖；系统安装自动控制包含 PLC 控制系统及温度、压力、热量计量等控制系统。

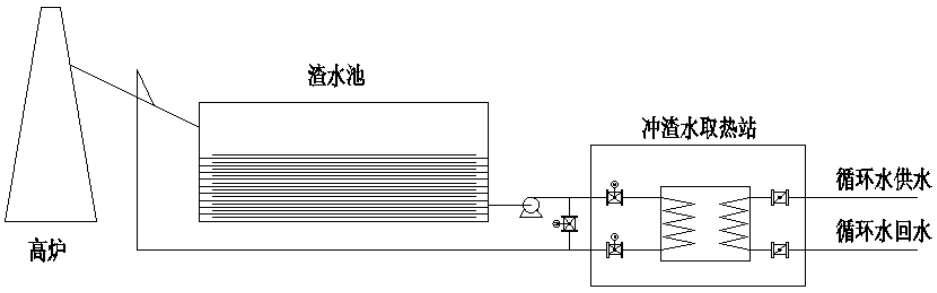


图 1 高炉冲渣水直接换热余热回收流程图

五、主要技术指标

1. 100%全水量取热，回收热量大，年产吨铁可配置采暖面积 0.4-0.6m^2，节能 5-7.5kgce，节水 40-57kg；

2. 直接换热技术，无需过滤、不堵塞，可实现一个采暖季连续不停车运转；

3. 大型高炉的因巴等冲渣工艺，冷端温差小于 5℃，可将冲渣水由 85℃降至 55℃以下；小型高炉的底滤等冲渣工艺，热端温差小于 2℃，可将采暖水加热至 65℃以上；

4. 冲渣水换热器技术指标：

单台最大换热器面积　　1200m^2；

单台最大换热负荷　　1.7×10^7kcal/h；

单台最大冲渣水处理量 1500m3/h（底滤法）、 1200m3/h（因巴法）；

换热器单平米供暖面积　175-500m^2。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术共获得国家专利 9 项，其中 2 项发明专利。2015 年、2016 年，该技术分别通过天津市、山西省组织的科学技术成果鉴定。2015 年 5 月入选中国“双十佳” 项目“十大节能技术”，同时入选国际能效合作伙伴关系 IPEEC 组织“十大节能技术”。2015 年获得天津市科学技术进步奖二等奖。

目前，已在北方 20 座高炉的冲渣水余热回收项目中推广实施，用于城市供暖，其中 19 座炼铁高炉，1 座铜冶炼高炉，供暖面积累计达 1100 万 m^2，取得良好的经济和社会效益。

七、典型应用案例

典型用户： 天津铁厂、山西太钢不锈钢股份有限公司、安阳钢铁股份有限公司、津西钢铁公司、万通钢铁公司、迁西和然节能科技有限责任公司等。

典型案例 1

案例名称：太钢 5#高炉冲渣水余热供暖项目

技术提供单位：天津华赛尔传热设备有限公司

建设规模：高炉炉容 4350m^3，冲渣工艺环保因巴，为太原市 220 万 m^2 城区建筑集中供暖；建设条件：具有足够供暖面积需求，冲渣水温度大于 60℃；本项目冲渣水温度周期变化，最高温度 95℃，冷却至 60℃以下，冲渣水流量 2400t/h，两套冲渣系统交替冲渣。主要技改内容：建设两套冲渣水取热站，各 6 台冲渣水换热器；建设配套采暖水泵站实现采暖水输送和调峰补热功能；相应连接管道、切换系统及控制系统。节能投资额 5200 万元，建设期 6 个月。年节能量 2.85 万 tce，年减排量 7.53 万 tCO_2。年节能经济效益为 1207 万元，投资回收期约 4 年。

典型案例 2

案例名称：安阳钢铁 1#高炉冲渣水余热回收东线供暖改造项目

技术提供单位：天津华赛尔传热设备有限公司

建设规模：高炉炉容 2200m^3，冲渣工艺热因巴，全水量部分取热。建设条件：具有足够供暖面积需求，冲渣水温度大于 60℃。主要技改内容：于冲渣水流经管道附近安装冲渣水专用换热器；从原冲渣管道处截断管道安装阀门管道，提取冲渣水；取出的冲渣水流经安装好的换热器后，由安装管道阀门接引回原管路继续冲渣；于原采暖回水管道安装采暖水管道阀门，提取采暖水，取出的采暖

水流经安装好的换热器后，由安装管道阀门接引回原采暖系统。主要设备为专用冲渣水换热器 1 台及附属设备 1 套。技改投资额 400 万元，建设期 2 个月。年节能量 3378tce，减排 8918tCO_2。年节能经济效益 348 万元，投资回收期 1.2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

随着高炉冲渣水直接换热余热回收技术的成熟，在有集中供暖需求的北方将得到进一步发展应用。预计未来 5 年，该技术的推广比例可达 10%，项目总投入 5200 万元，可形成的年节能能力为 143 万 tce，年碳减排能力为 378 万 tCO_2。

51 焦炉炭化室荒气回收和压力自动调节技术

一、技术名称：焦炉炭化室荒气回收和压力自动调节技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 钢铁和化工行业焦炉

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

以 2×60 孔 6m 顶装焦炉(年产焦炭 120 万 t)为例，采用焦炉炭化室压力自动调节煤气增收技术，可回收荒煤气量约为 477 万 m^3/a，则增收荒煤气为 $4m^3/tJ$。按其煤气热值折合成标准煤，相当于节约标准煤 2917t/a、减排 7700tCO_2/a。

四、技术内容

1．技术原理

根据每孔炭化室煤气发生量变化，实时调节桥管水封阀盘的开度，实现整个结焦周期内炭化室压力调节，避免在装煤和结焦初期因炭化室压力过大产生煤气及烟尘外泄，并大量减少炭化室内荒煤气窜漏至燃烧室，实现装煤烟尘治理和焦炉压力稳定。

2．关键技术

桥管阀体的研制；抗堵塞取压探头的研制；执行机构的选择与安装；控制系统的开发；负压集气管的压力调节与粉尘控制；炭化室底部压力的控制。

3．工艺流程

在装煤过程中，该炭化室的桥管水封阀完全打开，由于集气管内为的负压使装煤时产生的荒煤气和烟尘大量导入集气系统而不外泄，回收了荒煤气并实现了对装煤烟尘的高效治理，装煤烟尘治理可取消传统的装煤除尘或配合现有装煤除尘。装煤后进行炭化室压力单独调节，使炭化室在结焦全过程压力稳定，避免结焦末期集气管内荒煤气向炭化室倒流，防止炭化室底部出现负压和炉墙窜漏、冒烟、冒火现象发生，有利于焦炉稳定生产，对延长焦炉寿命具有重要作用。

五、主要技术指标

主要技术指标参见下表。

技术参数	设计指标	生产指标	单位
集气管压力	-150-250	-150-250	Pa
加煤初期桥管压力	70	70±10	Pa
加煤中期桥管压力	120	120±10	Pa
加煤后期桥管压力	135	135±10	Pa
炭化室底部压力	≥5	≥5	Pa
执行机构气源压力	0.6	≥0.4	MPa
测压装置气源压力	20	10-30	kPa

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

1．技术鉴定及获奖情况

2012 年 11 月该技术通过中冶集团技术成果鉴定，技术创新水平达到国际先进；专利名称：一种焦炉炭化室压力自动调节装置，专利号：ZL 200920008067.4；2012 年 11 月该技术通过中冶集团技术成果鉴定，技术创新水平达到国际先进。

2．目前技术应用现状及产业化发展情况

该技术现已在济钢 8、9 号焦炉和芜湖 1、2 号焦炉投产使用，用户反馈使用状况良好，经济效益显著。淮北焦化 5、6、7、8 号焦炉正在建设施工阶段。

七、典型应用案例

典型案例 1

典型案例应用单位：山东钢铁集团济南分公司

项目名称：济钢 8、9 号焦炉炭化室压力自动调节煤气增收技术项目

技术提供单位：中冶焦耐（大连）工程技术有限公司

建设规模：2×60 孔 6m 顶装焦炉。主要技改内容：8、9 号 6m 焦炉 2×65 孔，在新建时配套改造了水封阀、桥管、压力检测装置、气动执行机构，并配置了计算机控制系统。项目投资额约 900 万元，建设期为 12 个月，每年可实现节能量 1436tce，减排 3799tCO_2。投产后每年的经济效益 383 万元，项目的静态投资回收期为 2.35 年。

典型案例 2

典型案例应用单位：芜湖新兴铸管有限责任公司

项目名称：芜湖新兴铸管有限责任公司 1、2 号焦炉炭化室压力自动调节煤气增收技术项目

技术提供单位：中冶焦耐（大连）工程技术有限公司

建设规模：2×58 孔 6m 顶装焦炉。主要技改内容：1、2 号 6m 焦炉，配套改造了水封阀、桥管、压力检测装置、气动执行机构，并配置了计算机控制系统。项目改造的投资额约 870 万元，建设期为 12 个月，回收荒煤气的总量为 459 万 m^3/a，投产后每年的经济效益按照 370 万元考虑，项目的静态投资回收期为 2.35 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前该技术市场推广率不足 2%，随着节能减排要求及企业降本增效，特别是对焦炉装煤实现达标排放具备较大的市场推广潜力。未来 5 年，该技术的推广比例将达到 20%，预计到 2020 年投入资金 6.5 亿元，预计形成的节能能力约 10 万 tce/a，减排约 26 万 tCO_2/a。

52 冷捣糊整体优化成型筑炉节能技术

一、技术名称：冷捣糊整体优化成型筑炉节能技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 钢铁、有色、化工行业 适用于铁合金、黄磷、稀土金属等冶炼电炉

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国铁合金年产量约 7000 万 t，黄磷年产量约 400 万 t。铁合金生产综合电耗约为 4200kWh/t，每年电耗约 2940 亿 kWh，黄磷冶炼电耗为 14000kWh/t，每年电耗约 560 亿 kWh，能耗巨大。传统的铁合金炉和黄磷炉是用碳砖砌筑而成，碳砖之间用电极糊连接，因碳砖与连接糊的质量和材料性质差异及碳砖规格本身的局限性，施工过程相对复杂，且连接糊薄弱处易破损，电流分布不均匀，导致电炉电耗高、寿命短。冷捣糊整体优化成型筑炉技术采用先进的筑炉工艺，可有效降低加工电耗，延长炉体的使用寿命，实现节能。

四、技术内容

1.技术原理

采用冷捣糊进行整体筑炉，材料质量均匀结构致密，可筑成所需的各种结构，不同材料能无缝粘接，可避免传统筑炉工艺连接糊易破损及电流分布不均匀的问题，同时可增强炉体的保温性能，改善电炉的热平衡，有效降低加工电耗，并延长炉体的使用寿命。

2.关键技术

（1）冷捣糊制备技术

采用石墨化无烟煤和复合粘结剂，按照特定比例配料、混捏、凉料，制成专门用于电炉高温内衬的筑炉冷捣糊材料。

（2）整体筑炉技术

将冷捣糊材料按照一定的压缩比，利用高速振动机械对分层铺设的冷捣糊进行捣筑成型，通过层层复压，形成糊料的无缝捣筑并使冷捣糊捣固体获得较高的体积密度，使电炉高温内衬部分的炉底、炉壁成为一个整体。

（3）烘炉技术

采用高温结焦及电极焙烧方式，对冷捣糊整体成型筑炉的电炉进行烘炉处理。

3.工艺流程

该技术的工艺流程图见图 1。

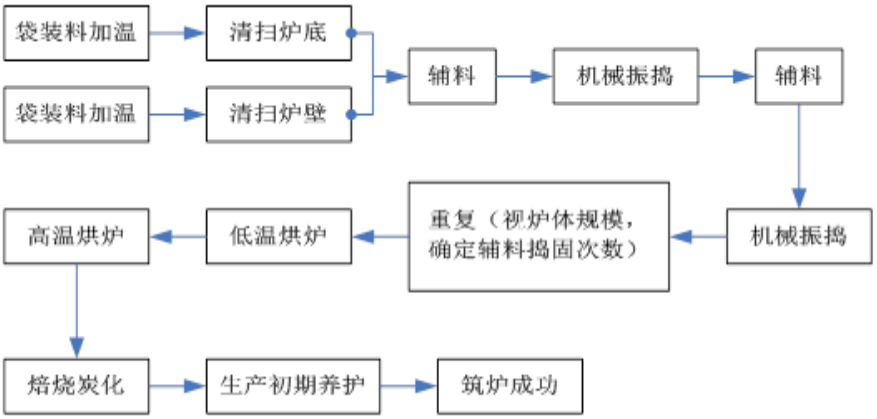


图 1 冷捣糊整体成型优化筑炉技术工艺流程图

五、主要技术指标

1．降低电炉电耗：3.5%-8%；

2．电炉使用寿命：≧3 年。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 1999 年通过由贵州省化工厅和贵州省磷化工协会组织的工业化成果鉴定，并于同年获得贵州省科技进步三等奖。该技术还获得国家发明专利 1 项，实用新型专利 2 项。目前，已在全国推广使用十余年，广泛用于铁合金、黄磷、稀土、铝电解等行业，用户数量达 100 多家。

七、典型应用案例

典型用户： 邦泰铁合金集团、中国五矿集团贵州铁合金公司等

典型案例 1

案例名称：邦泰（贵州）铁合金有限公司麻尾分公司 2#电炉筑炉技改项目

技术提供单位：贵州康格力炭素材料有限公司

建设规模：6300kVA 电炉筑炉，冷捣糊用量 70t。建设条件：利用电炉大修进行技术改造。主要技改内容：对电炉高温炭砖碳质内衬进行更换，用冷捣糊整

体成型技术筑炉，其它工艺条件不做改变。主要设备为空压机、振动设备。项目技改投资约 26 万元，建设期 20 天。项目年节能量 1037tce，年碳减排量约 2737tCO_2。年节能经济效益约 162 万元，投资回收期为 2 个月。

典型案例 2

案例名称：中国五矿清镇铁合金公司的 4 号炉筑炉技改项目

技术提供单位：贵州康格力炭素材料有限公司

建设规模：12500kVA 硅锰合金电炉，冷捣糊用量 123t。建设条件：利用电炉大修进行技术改造。主要技改内容：对电炉原有内衬进行更换，用冷捣糊整体成型技术筑炉。主要设备为空压机、振动设备。项目技改投资约 35 万元，建设期 1 个月。项目年节能量 1467tce，年碳减排量约 3873tCO_2。年节能经济效益 230 万元，投资回收期 2 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

目前我国铁合金、黄磷、铝电解等行业的电炉以及其它特种电炉都需要大量的碳素材料作内衬，冷捣糊整体成型筑炉技术具有广阔的推广前景。预计未来 5 年，该技术在铁合金和铝电解等行业的推广比例将达到 40%，项目总投资约 2 亿元，可形成的年节能能力约 80 万 tce，年碳减排能力约 210 万 tCO_2。

53 烧结废气余热循环利用工艺技术

一、技术名称：烧结废气余热循环利用工艺技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 烧结

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

截止2014年，我国大中型烧结机共约600台，年产烧结矿约8亿t，烧结工序的平均能耗为55kgce/t。烧结废气余热循环利用可节省烧结能耗5%以上，减少烧结CO_2排放以及废气排放总量20%以上。从2012年起，宝钢、宁波钢铁、沙钢等烧结机废气循环改造工程已陆续建成投运。

四、技术内容

1. 技术原理

烧结低温废气自烧结支管风箱/环冷机排出后，再次被引入、通过烧结料层时，因热交换和烧结料层的自动蓄热作用，可以将其中的低温显热供给烧结混合料，与此同时热废气中的二噁英、PAHs、VOC等有机污染物在通过烧结料层中高达1200℃以上的烧结带时被激烈分解，NOx在通过高温烧结带时亦能够通过热分解被部分破坏，尽管二噁英、PAHs、VOC等有机污染物在烧结预热带又可能重新合成，但废气循环烧结仍然可以显著减少有机污染物的排放，并大幅度削减废气排放总量。烧结废气余热循环利用可以富集SO_2,提高脱硫效率，并使NO_x被降解、二噁英在高温下热解、粉尘被吸附并滞留于料层，减少排入大气的烟气量，降低废气净化装置及运行成本，并提高已有烧结机的产能。

2. 关键技术

（1）烧结低温余热利用、废气减量、污染物同步脱除的方法、工艺和装置；

（2）循环烧结系统在线控制技术

包括循环烟温和氧含量调控、烟道防结露、循环风箱组合优化、循环烧结工艺与主工艺衔接等技术；

（3）循环烧结过程仿真模型

包括烧结终点温度控制、风氧平衡、烧结质量预报与控制、循环烧结传热、

节煤量实计、管路优化等子模型；

（4）循环烧结条件下配矿结构优化和提产增效技术

包括提高废气循环烧结利用系数及烧结矿转鼓强度的方法，提高烧结铁精矿用量和生产率的矿料使用方法等。

4.工艺流程

烧结废气余热循环利用工艺流程图见图1。

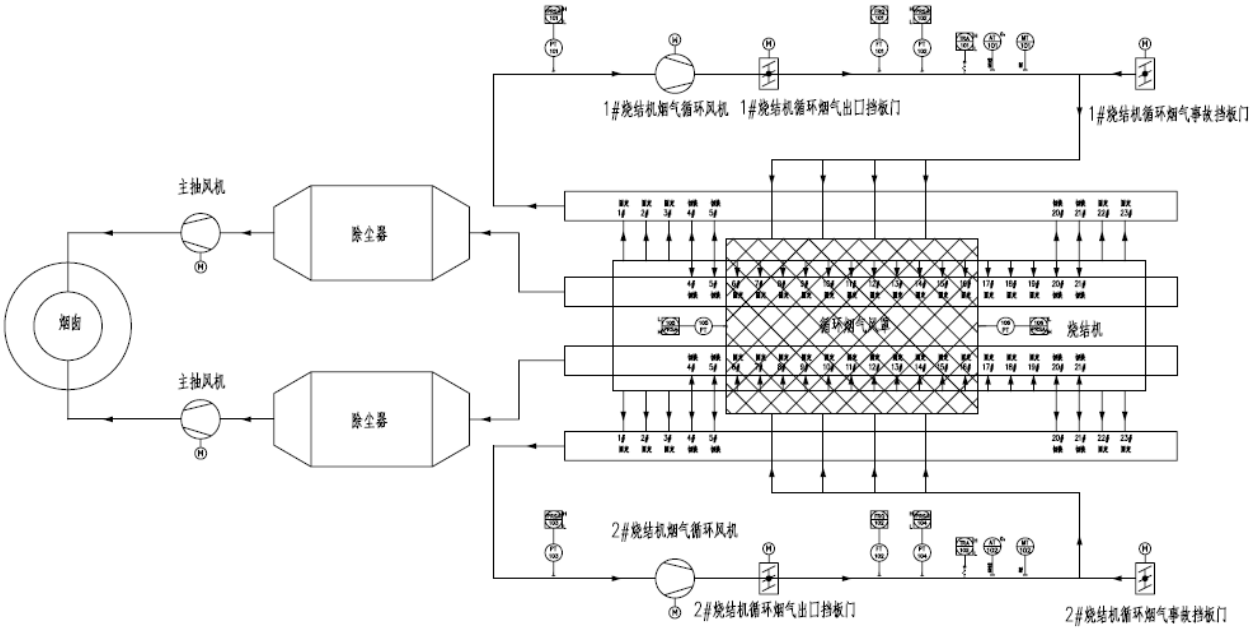


图1烧结废气余热循环利用工艺流程图

五、主要技术指标

1. 烧结工艺节能5%以上；

2. 烟气总量减排20%以上；

六、技术鉴定情况

本技术已申请 30 余项相关专利，目前已授权 10 项。2014 年 11 月，在宁钢循环烧结示范工程作为首批低碳技术创新和产业化示范工程通过了国家发改委工程验收组的项目验收。

七、典型应用案例

典型用户：宝钢、沙钢、宁钢等。

典型案例 1

案例名称：宁波钢铁 2#烧结机废气循环示范工程

技术提供单位：宝钢集团中央研究院

建设规模：430m^2 烧结机（烟气循环量 90 万 m^3/h）。建设条件：钢铁烧结工艺。主要建设内容：新建烟道、烧结机烟气循环风机、烧结机烟气循环风机出口挡板门、循环烟气事故挡板门、循环烟气风罩、除尘器及气力输灰系统、仪电控制系统等。主要设备为烟气循环风机、除尘器等。项目总投资 4500 万元，建设期为个 12 个月。年节能量 8173tce，减排量约 18000tCO_2。年节能经济效益 1936 万元，投资回收期约 2.5 年。

典型案例 2

案例名称：宝钢不锈钢有限公司 2#烧结机废气循环工业试验装置

技术提供单位：宝钢集团中央研究院

建设规模：132m^2 烧结机（烟气循环量 20 万 m^3/h）。建设条件：已建钢铁烧结工艺。主要建设内容：该装置由烧结废气循环系统、环冷废气循环系统、烟气混合器、循环烟罩及相应的控制系统、管路等构成。烧结废气循环量 11-17 万 m^3/h，温度约 200℃，环冷废气循环量 15-20 万 m^3/h，温度约 235℃。项目总投资 1100 万元，建设期为 12 个月。年节能量 2730tce,年减排量约 6000tCO_2。年节能经济效益 557 万元，投资回收期约 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在钢铁行业烧结工艺中的推广比例可达 30%，可形成年节能能力为 42 万 tce，年碳减排能力 92 万 tCO_2。

54 无引风机无换向阀蓄热燃烧节能技术

一、技术名称：无引风机无换向阀蓄热燃烧节能技术

二、技术所属领域及适用范围：冶金行业 钢（铁）包、中间包烘烤器；加热炉、退火炉、淬火炉等；石油化工、电力行业 火焰燃烧节能应用领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

传统蓄热燃烧技术主要设备包括引风机、助燃风机、换向阀、燃料系统和蓄热系统等，存在耗电量和耗气量大、结构工艺复杂、换向阀寿命低、设备维护工作量大等问题，导致传统蓄热燃烧技术能源利用效率比较低。据统计，仅烘烤设备的耗能约占冶炼行业用能的 15%-20%。该技术的主要设备包括助燃风机、燃烧系统和蓄热系统，去掉了引风机和换向阀，不仅使助燃风机功率降低，蓄热体寿命增加，燃烧更充分，大量节能电能和燃气，而且使设备维护工作简单，维护周期增加，从而有效提高能源利用效率，环保效益好，节能潜力巨大。

四、技术内容

1．技术原理

通过采用自吸式燃烧技术，显著降低助燃风机功率并提高燃烧器效率；采用新型双通道蓄热体实现无换向阀蓄热烘烤，热废气体的排烟温度显著降至 100^{o}C 以下，节约燃气。同时，通过热废气进口（高温区）和排烟口（常温区）所造成的温度差，形成一定压力变化实现自动引风，并分出助燃风机的部分风量作为动力源形成的引力，实现无引风机蓄热加热，节约电能。

2．关键技术

（1）无换向阀技术

通过新型双通道蓄热体，让热废气体和需要加热的助燃空气分别通过各自的固有通道，实现无换向阀加热。

（2）无引风机技术

通过热废气的进口（处于高温区和主火焰的外焰区）和排烟口（处于常温区）所造成的温度差来形成一定压力变化，实现把热废气从进气口自动引入，通过蓄热体从排烟口排出。

（3）低热值气体的自动点火技术

采用催化剂来提高燃气的热值来实现低热值气体的自动点火。

（4）自吸式燃烧器技术

通过燃气流速的变化实现自动吸入等比例空气的新型燃烧技术，获得燃气的差压最小，燃烧器的效率最高，同时排烟温度的降低也有利于来节约燃气。

（5）助燃风机功率大幅度降低技术

利用自吸式燃烧技术和新型蓄热体来降低热气体的阻力，可使助燃风机的功率显著降低来进一步节约电能。

3．工艺流程

燃气通过管路进入自吸式燃烧器，被吸入的空气通过双通道蓄热体加热后进行燃烧，形成稳定火焰对加热对象进行烘烤。同时，热废气通过两个紧邻主火焰的外焰进口（温度高）进入，经过双通道蓄热体（对蓄热体进行加热用）后由热废气排出口排出，从而省去了换向阀装置和引风机。具体结构见图 1。

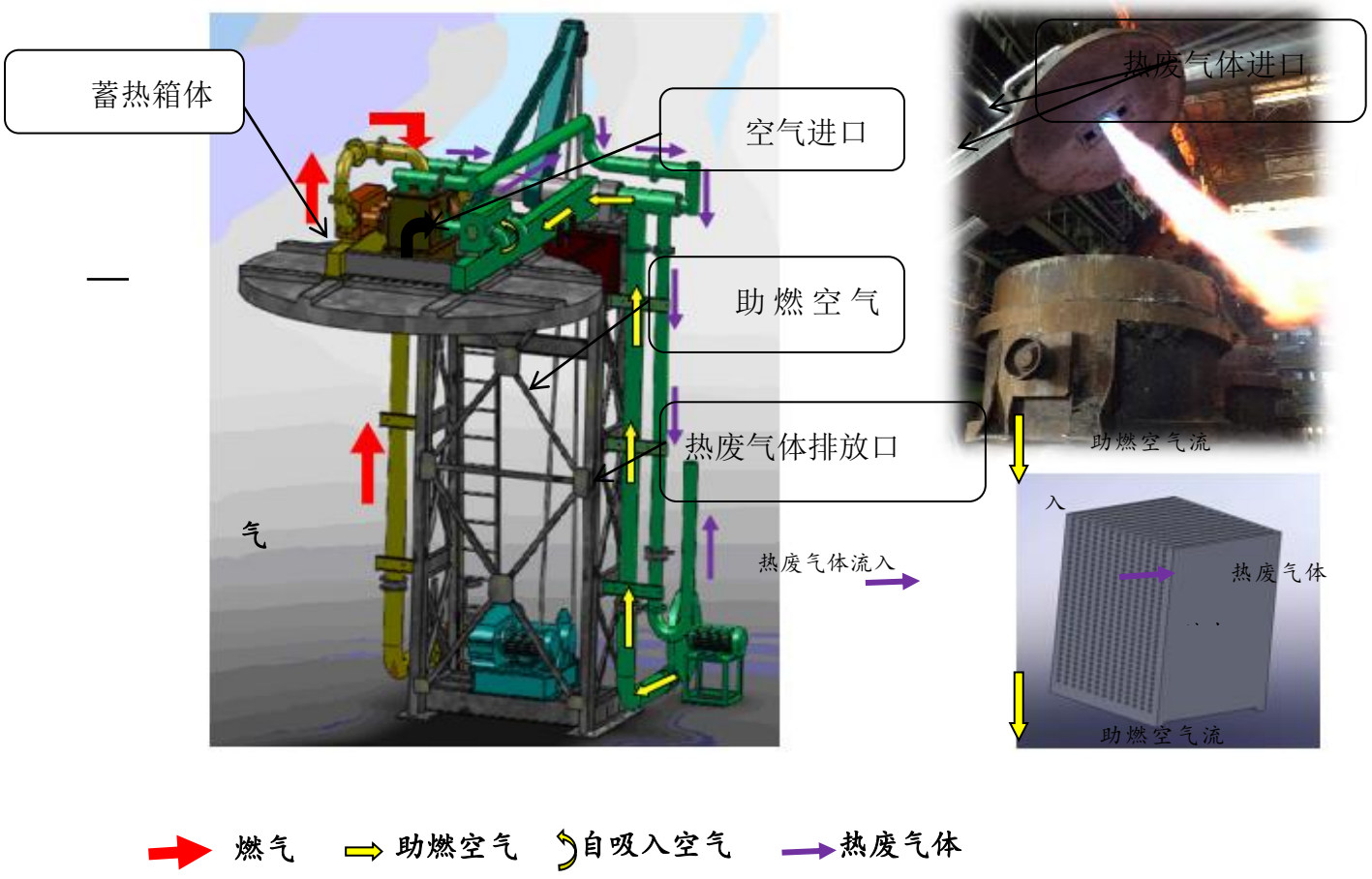


图 1　无引风机、无换向阀蓄热烘烤装置

五、主要技术指标

1．与原设备相比，节电量平均在 50%以上；

2．与原烘烤设备相比煤气节约率 20%-50%；

3．烟气排放温度低于 100ºC；

4．设备维护周期由原来的 6 个月延长到了 18 个月以上；

5．获得的火焰温度比传统蓄热加热提高了 100ºC 以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得 4 项国家发明专利和 16 项实用新型专利，在国内首次应用于钢（铁）包、中间包加热领域。目前，已在上海宝钢、江苏沙钢、江阴兴澄特钢等钢铁企业成功应用，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：上海宝钢、江苏沙钢、江阴兴澄特钢、河北敬业钢铁、广西盛隆冶金公司、湖南华菱涟钢等

典型案例 1

案例名称：江阴兴澄特种钢铁有限公司

技术提供单位：洛阳沃达节能科技有限公司

建设规模：一分厂（100 吨钢包一台）、二分厂（100 吨钢包一台）、特板分厂（150 吨钢包一台），共计 3 台无引风机无换向阀蓄热烘烤器。建设条件：燃气为转炉煤气和天然气；主要技改内容：对原有设备进行去掉引风机和换向阀；助燃风机功率从 18.5kW 降低至 11kW；去掉天然气消耗，用转炉煤气取代天燃气做为常明火；更换加热系统；控制系统升级改造。主要设备为燃烧系统、控制系统和管路系统。节能技改投资额 115 万元，建设期 2 个月。每年可节能 1142tce，碳减排量 3015tCO_2，年节能经济效益为 773 万元，投资回收期约 2 个月。

典型案例 2

案例名称：河北敬业钢铁有限公司第二炼钢事业部钢包蓄热改造项目

技术提供单位：洛阳沃达节能科技有限公司

建设规模：13 台无引风机无换向阀 150 吨钢包蓄热改造。建设条件：燃气为转炉煤气。主要技改内容：对原有设备的助燃风机利旧，引风机去掉，更换加

热系统，控制系统升级改造，主要设备为燃烧系统、控制系统和管路系统。节能技改投资额 190 万元，建设期 3 个月。每年可节能 2689tce，碳减排量 7100tCO_2，年节能经济效益为 546 万元，投资回收期约 3 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

无引风机无换向阀蓄热加热技术可广泛应用于冶金、石油化工等行业。随着我国环境约束日趋突出和经济转型升级要求日益迫切，该技术具有较大的发展空间。未来 5 年，仅在钢（铁）包、中间包加热领域可推广 30%，项目总投资约 6.2 亿元，可形成的年节能能力约 94 万 tce，年碳减排潜力 247 万 tCO_2。

55 焦炉荒煤气显热回收利用技术

一、技术名称：焦炉荒煤气显热回收利用技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁、焦化行业 焦炉荒煤气余热回收

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

据统计，在我国钢铁和焦化行业，从焦炉炭化室出来的 650℃-800℃荒煤气带出的余热约占焦炉热量损失的 36%，相当于 39kgce/吨焦。目前，传统的焦炉荒煤气冷却工艺采用喷洒大量 70℃-75℃的循环氨水冷却高温荒煤气，荒煤气温度降低后，进入煤气初冷器，再由循环水和低温冷却水进一步降低温度到 21℃左右，而高温荒煤气带出的余热无法利用。该工艺流程不仅浪费了大量的荒煤气余热，而且消耗大量氨水，浪费大量的水资源和电力。

四、技术内容

1．技术原理

通过上升管换热器结构设计，采用纳米导热材料起导热作用，并防止荒煤气腐蚀和焦油附着，采用耐高温耐腐蚀合金材料最大限度地适应了荒煤气运行的恶劣工况。特殊的几何态构体结构，合理地将换热和稳定运行有机结合，将焦炉荒煤气利用上升管换热器和除盐水进行热交换，产生饱和蒸汽，将荒煤气的部分显热回收利用，实现节能。

2．关键技术

（1）换热器防漏水技术

采用纳米导热层、耐磨耐腐耐高温合金层、金属导热层（无缝钢管）的三层保护结构材料，与荒煤气接触部分无任何焊缝，保证换热水不会漏入上升管内部，确保工艺安全。换热器换热结构采用自行研发的几何态换热结构形式，将水封闭在三层以外的密闭空间进行换热。

（2）换热器防堵塞技术

在结焦过程中，特别是存在大量荒煤气的阶段，可实现荒煤气出口温度与进水流量的全自动控制调节，将荒煤气出口温度控制在 450ºC 以上。同时，上升管换热器的内壁采用耐高温进口纳米导热材料，耐热温度为 1800ºC，经过 500ºC

高温后内表面形成均匀光滑而又坚固的釉面，不易造成焦油凝结，即使结焦也不易附着，便于清除。

3．工艺流程

除盐水经过除氧后通过给水泵送入汽包，汽包底部的强制循环水泵将一定压力的除氧水送入上升管换热器，在上升管换热器内的除氧水经换热后，返回汽包，在汽包内进行汽液分离，饱和蒸汽根据用户需求条件，通过管道供给用户。用户产生的冷凝水集中收集，返回系统重复使用。如果客户需要过热蒸汽，将分汽包内的饱和蒸汽引入其它上升管继续加热到规定温度，过热后的蒸汽送用户使用，冷凝水返回系统重复使用。工艺流程图见图1和图2。

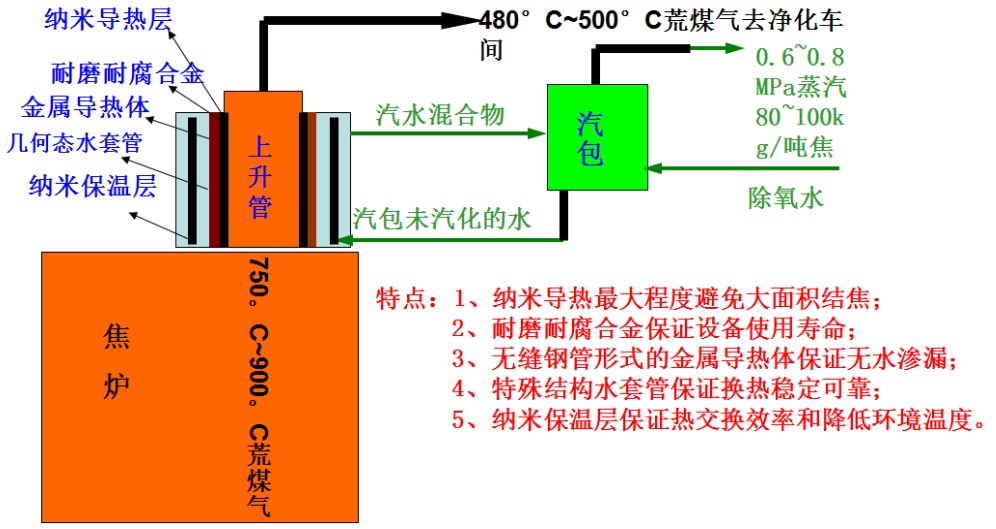


图1 焦炉上升管换热器结构示意图

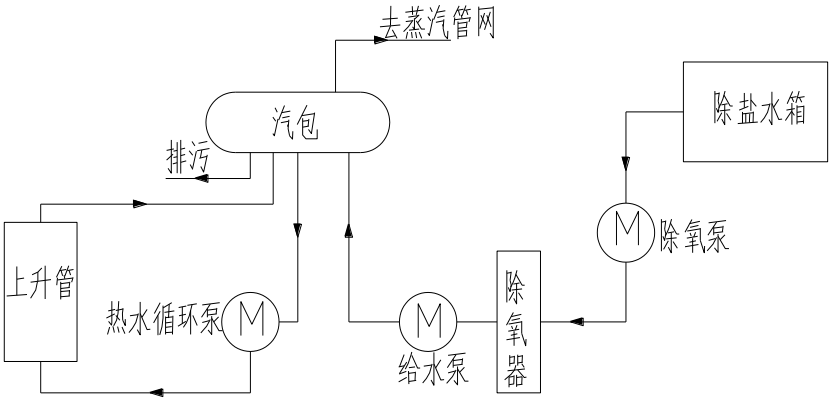


图2 焦炉荒煤气显热回收利用技术工艺流程图

五、主要技术指标

1. 产生饱和蒸汽量（0.6MPa）：75-110kg/tJ；

2. 降低工序能耗：8-10kgce/tJ；

3. 上升管换热器内无结焦、不漏水；

4. 余热回收系统运行平稳。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得国家发明专利1项，实用新型专利8项，并于2016年11月通过河北省焦化行业协会组织的成果鉴定。目前，该技术已应用于河北邯钢2座6m焦炉，运行状况良好。此外，安阳钢铁2座6m焦炉和邯宝焦化4座7米焦炉的焦炉荒煤气显热回收利用项目正在实施中。

七、典型应用案例

典型用户：河钢集团邯郸分公司

典型案例

案例名称：河钢集团邯郸分公司焦化厂焦炉荒煤气显热回收利用工程

技术提供单位：常州江南冶金科技有限公司、北京动力源科技股份有限公司

建设规模：2×45 孔 6m 焦炉，年产 0.6MPa 饱和蒸汽 9.08 万吨。建设条件：邯钢 2×45 孔 6m 焦炉，现场具备安装空间。主要技改内容：新建余热利用系统和设备，替换原有上升管为上升管换热器，并配套建设汽包、水泵、管路及控制系统。主要设备：90 个上升管换热器，以及配套的汽包、水泵等。节能技改投资额为 2800 万元，建设期 12 个月。每年可节能 8569tce，碳减排量 22625tCO_2。年节能经济效益为 800 万元，投资回收期约 3.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

焦炉荒煤气显热回收利用的经济效益十分显著，既能利用荒煤气的余热产生饱和或过热蒸汽，又能减少循环氨水的使用量和循环泵电力消耗，焦油和粗苯产率也略有提高。未来 5 年，预计焦化行业推广比例可达 50%，项目总投资为 50 亿元，可形成的年节能能力达 185 万 tce，年碳减排潜力 488 万 tCO_2。

56 基于炉腹煤气量指数优化的智能化大型高炉节能技术

一、技术名称：基于炉腹煤气量指数优化的智能化大型高炉节能技术

二、技术所属领域及适用范围： 钢铁行业，高炉炼铁

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国拥有高炉约 1200 余座，1000m^3级以上高炉 600 余座，高炉炼铁平均燃料比约 540kg/t 左右，平均工序能耗 420kgce/t 左右，吨铁碳排放量约 1200kgCO_2左右。采用基于炉腹煤气量指数优化的智能化大型高炉节能技术，可使燃料比降低至 500kg/t 以下，工序能耗降低至 390kgce/t 以下，吨铁碳排放量约为 1100kgCO_2，其中对于 4000m^3级高炉，燃料比最高可降低至 485kg/t，工序能耗低于 375kgce/t，吨铁碳排放量达 1080kg CO_2左右，具有较大的节能潜力。

四、技术内容

1.技术原理

在传统高炉炼铁流程基础上优化升级，通过基于炉腹煤气量指数为理论基础的工艺设计，采用高准确率的智能化控制模型，在精料的基础上合理优化煤气流分布，上部调剂采用“平台+漏斗”的布料模式，下部调剂采用适当高的鼓风动能保证吹透中心，获得以中心气流为主、边缘气流适度发展的两道气流，使高炉软熔带形状、位置合理，增大上部间接还原空间，从而提高煤气利用率，降低高炉燃料比，实现节能。

2.关键技术

（1）基于炉腹煤气量指数的高效低耗理论体系

由于不同高炉的原料和操作条件不同，炉内状况也不同，难以采用特定指标对常规操作参数进行量化评价。本技术提出的炉腹煤气量指数综合表征了风量、风温、喷煤量、富氧率等操作参数对高炉燃料消耗的影响，能够较为全面表征炉内的冶炼状态。通过炉腹煤气量指数与里斯特操作线关系的理论研究及对高炉生产实践的长期跟踪，提出大型高炉炉腹煤气量指数的合理区间在 56～65，为高炉设计和生产提供了重要指导，降低燃料比 20kg/t 以上。

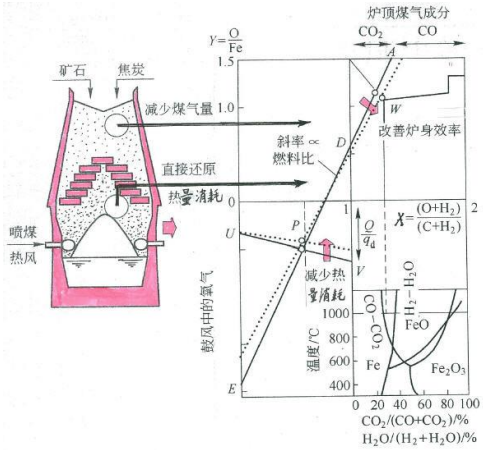


图 1 炉腹煤气量与 RIST 操作线解析

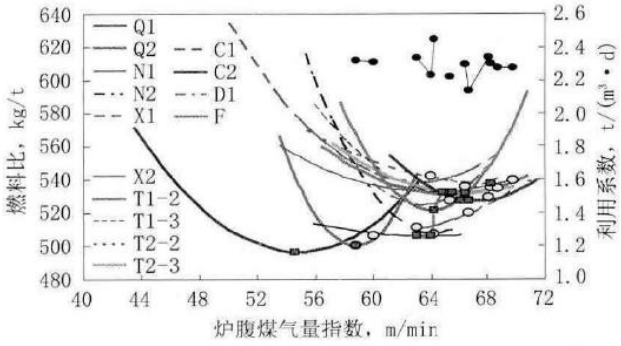


图 2 炉腹煤气量指数与燃料比关系

（2）结合炉腹煤气指数理论和高炉仿真的合理炉型设计技术

基于不同钢厂的不同的原燃料条件，展开不同的炉型设计。以炉腹煤气指数为理论基础，开展高炉全炉仿真研究，模拟炉顶料面形状和风口鼓风回旋区作为输入条件，模拟高炉内的温度场、压力场和物质场，为优化高炉炉型、寻找与原燃料条件及操作最匹配的炉型尺寸、实现定制化设计奠定基础。该仿真技术以炉腹煤气从风口形成、发生碳素溶损反应、穿过软熔带焦窗、上升到块状带发生间接还原、加热上部炉料为路径链条，模拟了高炉最接近真实的动力学、热力学和传热传质，有效提升了高炉炉内现象认识和炉型设计水平。

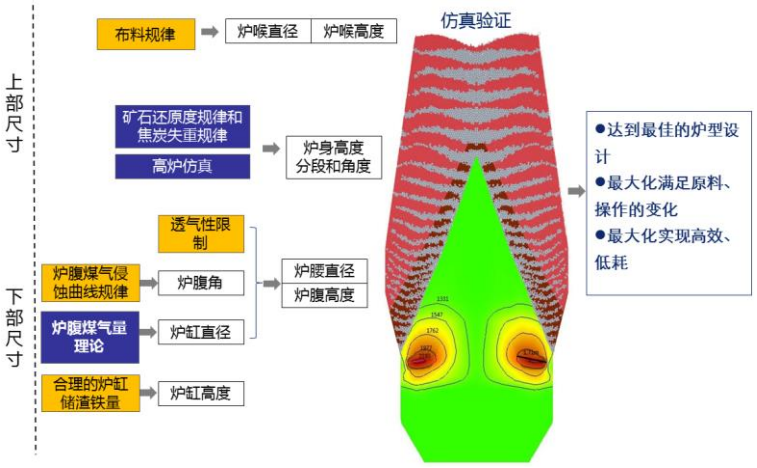


图 3 高炉高煤气利用的炉型设计体系

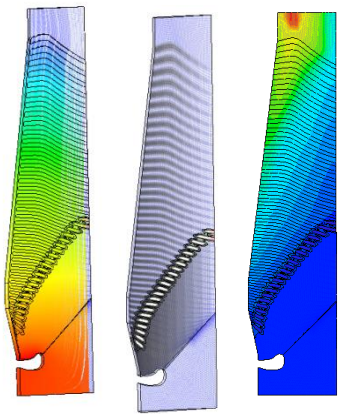


图 4 高炉全炉仿真技术

（3）大型高炉合理炉型构造技术

现代薄壁高炉的炉腹、炉身等部位的冷却设备在炉内复杂侵蚀作用下易出现侵蚀损坏，造成煤气流分布失常。本技术基于炉内不同部位的煤气流运动和内衬侵蚀规律，独创了三段式炉身和炉腹板壁结合的关键部位炉型构造技术，实现流线型构造，延长炉体寿命，同时促进煤气流合理分布。

（4）大型高炉系统节能技术

以往我国通过引入前苏联的冶炼强度指标计算风量，造成鼓风系统、煤气系统及 TRT 等配套系统能力普遍偏大，造成“大马拉小车”，燃料比高，能源大量浪费。本技术基于合理炉腹煤气量指数理论，建立了风机、热风炉、煤气清洗、TRT 等配套系统能力的计算模型，实现了各系统间的最佳匹配和整体能效的提高。

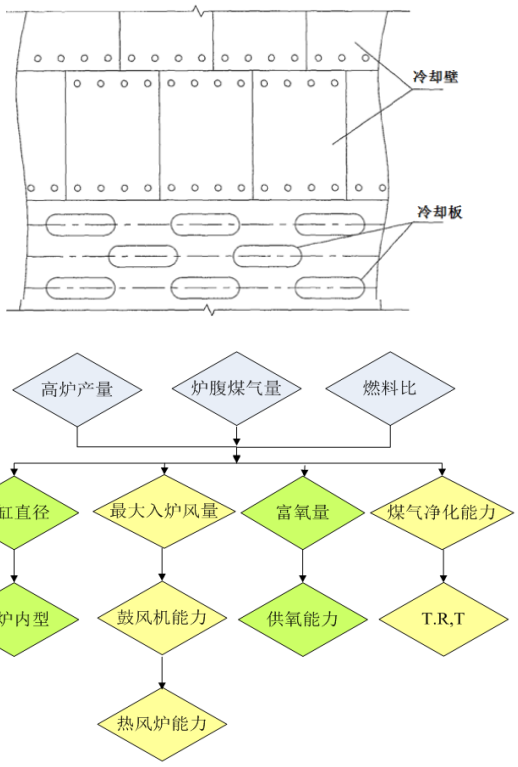


图 5 炉腹板壁结合炉型构造技术

图 6 高炉系统节能设计体系

（5）高炉智能化生产管理系统

开发出大型高炉高效低耗智能控制技术，为实现高炉稳定、顺行、低耗运行提供生产操作保障。引入工业大数据技术，加强高炉实测数据和历史数据的动态交互，自动修正参数设定和更新控制模式，提高了模型的智能水平。实现炉热 Si 偏差控制小于 0.1%，减少管道、滑料、渣皮脱落等异常炉况 20%以上，燃料比降低 5～10kg/t 以上。

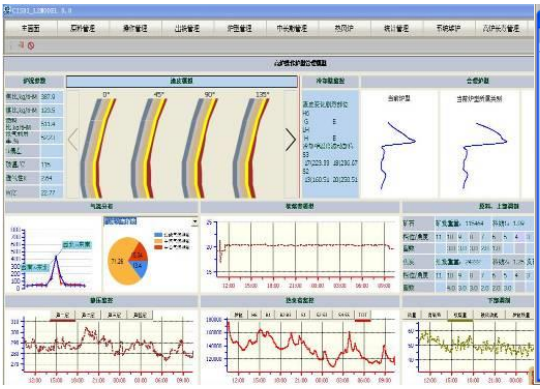


图 7 操作炉型智能管理模型界面

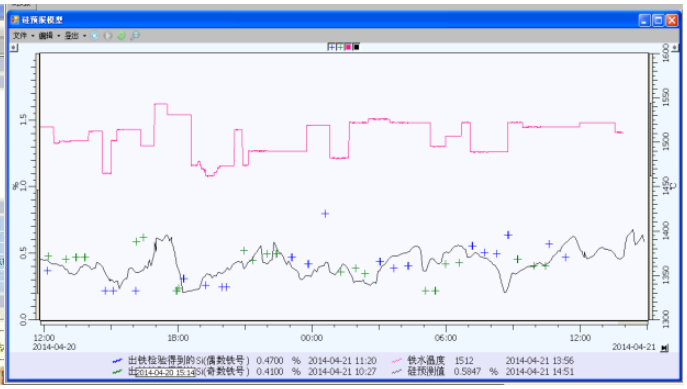


图 8 炉热预测及智能控制模型界面

3. 工艺流程

大型高炉的工艺流程图见图 9。大型高炉由炉体系统、炉顶系统、热风炉、出铁场、水渣系统、喷煤系统、除尘系统、矿焦槽及鼓风机系统等组成。从矿焦槽通过主皮带，由炉顶系统为高炉提供矿石和焦炭，由鼓风机输送的冷风经热风炉加热为热风后，从高炉风口鼓入炉内，高炉生产的铁水和热渣分别由出铁场铁沟和渣沟引至鱼雷罐车和水渣处理设施，而高炉炉顶的高炉煤气经除尘后经过 TRT 发电。

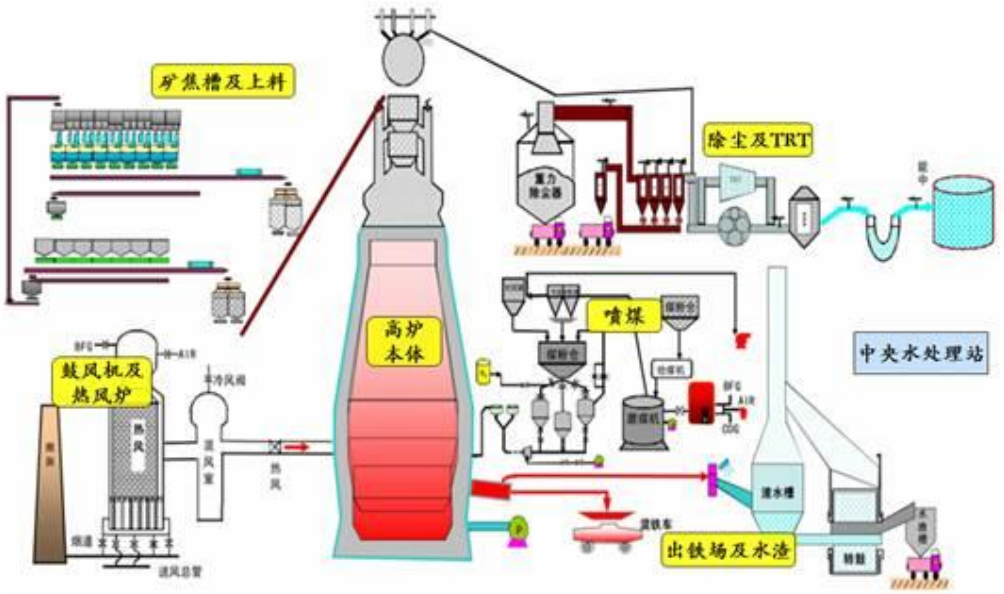


图 9 高效低耗大型高炉节能工艺流程图

五、主要技术指标

在必要的精料指标保障下，本技术可以使高炉实现更高的煤气利用率和更低的燃料比指标，如表 1 所示。

表 1 大型高炉煤气高效利用技术主要指标

类别	项目	2000 级	3000 级	4000 级	5000 级
原燃料条件	入炉品位	≥57%	≥58%	≥58%	≥58%
	熟料率	≥85%	≥85%	≥85%	≥85%
	铁份波动	≤±0.5%	≤±0.5%	≤±0.5%	≤±0.5%
	焦炭 CSR	≥60%	≥62%	≥64%	≥65%
	焦炭 CRI	≤26%	≤25%	≤25%	≤25%
	焦炭 M40	≥82%	≥84%	≥85%	≥86%
	焦炭 M10	≤7.0%	≤6.5%	≤6.0%	≤6.0%
高效低耗指标	煤气利用率	≥48%	≥49%	≥51%	≥51%
	燃料比	≤510	≤500	≤485	≤485
	焦比	≤330	≤320	≤300	≤300
	煤比	≥160	≥160	≥180	≥180

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2015 年通过重庆市科委组织的技术鉴定，并获得国家发明专利 19 项，实用新型专利 67 项。目前，该技术已经在 21 座 4000m^3以上大型高炉和 24 座 2000～4000m^3级高炉上推广应用，经济效益和社会效益显著。其中,宝钢 3 号高炉一代炉役 19 年，单位炉容产铁量 15700t，一代炉役平均焦比 302kg/t，煤比 196kg/t，燃料比 498kg/t，高效低耗指标达到国际领先水平。同时，该技术还应用于越南台塑 2 座 4350m^3高炉、印度 TATA KPO 2 号 5870m^3高炉等海外项目，获得了良好的国际影响。

七、典型应用案例

典型用户：宝钢集团、安钢集团等。

典型案例 1

案例名称：宝钢湛江 2×5050m^3特大型高炉工程

技术提供单位：中冶赛迪工程技术股份有限公司

建设规模：铁水年产量 800 万 t。主要建设内容：新建 2 座 5050m^3高炉，主要设备为高炉本体、国产无料钟炉顶、高风温顶燃式热风炉。项目投资额约 35 亿元,建设期 30 个月。每年可实现节能量 39.6 万 tce,减少碳排放 104.5 万 tCO_2,年节能经济效益约 3.2 亿元,铁水年利润效益 3.2 亿元,项目年总效益 6.4 亿元,投资回收期约 5 年。

典型案例 2

案例名称：安钢 3 号 4747m^3高炉工程

技术提供单位：中冶赛迪工程技术股份有限公司

建设规模：铁水年产量 380 万 t。主要建设内容：新建 1 座 4747㎥高炉，主要设备为高炉本体、高风温顶燃式热风炉、高炉智能化生产管理系统。项目投资额约 17 亿元，建设期 24 个月。每年可实现节能量约 13.7 万 tce，减少碳排放 36.2 万 tCO_2。年节能经济效益 1.1 亿元，铁水年利润效益 1.4 亿元，项目年总效益约 2.5 亿元，投资回收期约 7 年。

八、推广前景及节能减排潜力

高炉生产的能耗约占钢铁工业的 60%，随着钢铁行业绿色转型发展，高炉的大型化和集约化将是未来的必然趋势和选择，高炉节能技术具有很大的发展空间。预计未来 5 年，该技术可推广比例将达到 23%，项目总投资为 340 亿元，可形成的年节能潜力 324 万 tce，年碳减排能力为 855 万 tCO_2。

57 氧气底吹熔炼技术

一、技术名称：氧气底吹熔炼技术

二、技术所属领域及适用范围：有色金属行业 有色金属行业铅冶炼企业，规模 5-20 万 t/a 均可，亦适用于铜及其它硫化矿物的提取冶金企业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

氧气底吹熔炼技术在不断完善与提升，已取得一系列的技术进步。铅冶炼“氧气底吹熔炼-液态铅渣直接还原”取代“氧气底吹熔炼-鼓风炉还原”，吨粗铅综合能耗由 360kgce 降至 200kgce，吨粗铅减排 422.4kgCO_2。液态铅渣直接还原升级改造投资约 4000 万。氧气底吹炼铜技术工业化应用以来，吨粗铜综合能耗降至 120-140kgce，比 2012 年全国粗铜平均能耗 261.84kgce 低很多。采用氧气底吹炼铜工艺投资比采用其他炼铜工艺投资省至少 10%。目前该技术可实现节能量 6 万 tce/a，减排约 16 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

氧气底吹炼炉为一卧式圆柱体，支撑于设于硐基础的托辊之上，炉体通过齿轮转动，可绕水平轴左右转动。

炉体下部设有氧枪或还原枪，用于氧化硫化矿或还原氧化物。由于氧气浓度高，烟气量少，炉内衬耐火材料，无冷却水套，热损失少。铅精矿或铜精矿均可不加任何燃料，实现自然熔炼。且系统设有烟气余热锅炉生产蒸汽发电，热能利用率高。故氧气底吹炼铅或炼铜，目前均为世界上所有炼铅炼铜工艺中能耗最低的技术。

2.关键技术

氧气底吹熔炼-液态铅渣直接还原炼铅工艺、氧气底吹熔炼-氧气底吹连续吹炼炼铜工艺、熔炼炉、还原炉、底吹连续吹炼炉、氧枪、余热锅炉等与该工艺配套的技术装备。

3.工艺流程

铅硫化矿物、二次铅原料（铅膏、含铅玻璃、锌厂铅银渣、钢厂烟灰等）、

熔剂及烟尘返料经配料制粒后，直接进入氧气底吹熔炼炉中进行熔炼，产出的高温 SO_2 烟气经余热锅炉回收余热和电收尘器收尘后送两转两吸制酸；产出的一次粗铅送精炼；产出的熔融铅氧化渣直接流入还原炉。

熔融铅氧化渣与配入的熔剂、碎煤在还原炉内进行还原熔炼，也可以配入适量的铅氧化矿，产出的高温烟气经余热锅炉回收余热和收尘器收尘后送尾气脱硫；产出的二次粗铅送精炼；产出的还原炉渣直接流入烟化炉。

铜硫化矿物经氧气底吹熔炼产出铜锍，铜锍经氧气底吹连续吹炼产出粗铜，粗铜送精炼炉，熔炼阶段可加入自产的冷料，吹炼阶段可加入残极、外购废杂铜等冷料。

五、主要技术指标

吨铅电耗约 90kWh；吨铅煤耗 120-140kg；吨铅氧耗 300-400Nm^3；吨铅产饱和蒸汽 1.5-2.0t（4.0MPa）；吨粗铅综合能耗 200kgce。

吨铜电耗约 1000kWh；吨铜氧耗 1200-1300Nm^3；吨粗铜综合能耗 180-220kgce.

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

经专家鉴定，该技术处于国际领先水平。该技术获得了中国有色金属工业科学技术一等奖、国家科技进步二等奖。

氧气底吹熔炼技术自 2002 年第一条生产线投产以来，不断完善和提升，在原料适应性、节能减排、清洁生产等方面取得了显著的成绩，吨粗铅综合能耗降至 180-220kgce，与 QSL、Kivcet、Ausmelt/ISA 等国外工艺相比，氧气底吹熔炼-液态铅渣直接还原工艺处于国际领先水平。

氧气底吹炼铜技术投产以来受到了广泛关注，特别是双底吹连续炼铜技术的投产在世界炼铜史上具有里程碑意义，将开启炼铜技术的新纪元。氧气底吹熔炼技术安全可靠，历经十余年的市场检验，铅冶炼采用氧气底吹熔炼技术的生产线有 40 余条，其中氧气底吹熔炼-液态铅渣直接还原生产线 30 余条，使用年限超过 5 年的有 13 条生产线。氧气底吹炼铜熔炼技术已投产 6 条生产线，在建和在设计的还有 10 余条，氧气底吹连续炼铜工艺投产以来已稳定运行半年多。

七、典型应用案例

案例应用单位：河南金利金铅有限公司

技术提供单位：中国恩菲工程技术有限公司

改造内容：取消铸渣机及鼓风炉，在氧气底吹熔炼炉渣口端附件新建液态铅渣直接还原炉，采用余热锅炉回收余热。改造前按当量值计算产品单耗为351.33kgce/tPb，按等价值计算产品单耗380.89kgce/ tPb；改造后按当量值计算产品单耗为 154.93kgce/tPb，按等价值计算产品单耗 174.37kgce/tPb。分别降低了55.9%和54.22%，节能效果显著。改造投资额5100万元，投资回收期约3年。

八、推广前景及节能减排潜力

氧气底吹熔炼技术推广前景广阔，铅冶炼预计氧气底吹熔炼-液态铅渣还原技术将占全国矿铅冶炼市场份额的90%，即约有125万t铅产能将采用氧气底吹熔炼-液态铅渣直接还原进行技术升级改造，预计投入约12.35亿，预计可形成的总节能量20万tce、减排52.8万tCO_2；氧气底吹炼铜技术作为具有自主知识产权的技术，若推广至300万t/a产能，预计投入600亿，预计可形成的总节能36万tce、减排95万tCO_2。

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 45%，预计投资总额 6 亿元，节能能力10万tce/a，减排能力26万tCO_2/a。

58 氧气侧吹熔池熔炼技术

一、技术名称：氧气侧吹熔池熔炼技术

二、技术所属领域及适用范围：有色金属行业 铜冶炼、铜镍冶炼、镍铁冶炼、锑冶炼、铅冶炼以及有色金属综合回收。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

在我国已经有 5 家铜冶炼企业采用氧气侧吹熔池熔炼技术熔炼铜精矿，有 1 家企业采用氧气侧吹熔池熔炼技术熔炼铜镍精矿。铜冶炼企业铜精矿至粗铜工艺能耗：≤300kgce/t,回收率：≥98.5%。镍冶炼企业镍精矿至高冰镍工艺能耗：≤680kgce/t。氧气侧吹用于铅冶炼领域，粗铅工艺能耗≤230kgce/t，目前投入生产的企业，氧化段煤率约 3%，还原段煤率约 8%，氧气侧吹还原替代了以焦炭为燃料的鼓风炉还原熔炼，直接液态高铅渣还原，降低能耗。目前该技术可实现节能量 2 万 tce/a，减排约 5 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

氧气侧吹熔池熔炼技术采用工业氧进行强化熔炼，物料通过加料系统从炉顶加料口连续加入至炉内，富氧空气从炉身两侧一次风口鼓入炉内熔体中，从炉顶加入的物料在强烈搅动的熔体中快速熔化完成化学反应，以硫化铜镍精矿为例，铜镍精矿在炉渣中快速完成熔化及各类化学反应生成低冰镍（铜镍锍），由于比重差，低冰镍下沉至炉缸，炉渣在虹吸室进一步澄降分离，低冰镍送吹炼系统，熔炼高温烟气进入余热锅炉回收余热，经电除尘最后送制酸系统。

2.关键技术

氧气侧吹熔池熔炼技术及其核心装备（氧气侧吹炉）

3.工艺流程

铜冶炼工艺流程，主要包括配料系统、氧气侧吹熔炼、冰铜吹炼、阳极精炼、电解等过程；

铅冶炼工艺流程，主要包括配料系统、氧化熔炼、高铅渣还原熔炼及烟化炉吹炼。

五、主要技术指标

氧气侧吹炼铜，铜精矿至粗铜工艺能耗：≤300kgce/t，回收率：≥98.5%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

研发出富氧侧吹熔池熔炼技术及其装备，各项技术经济指标先进，在采用富氧侧吹技术处理铜镍混合矿领域，总体技术达到国际领先水平。喀拉通克矿业有限公司采用氧气侧吹熔池熔炼技术炼铜镍项目于 2010 建成投产，运行至今各项技术经济指标先进，技术成熟可靠。国内首次采用氧气侧吹熔池熔炼技术处理铜镍混合矿并实现工业化生产，提高了铜、镍的回收率，降低了单位产品能耗。富氧侧吹熔池熔炼炉密封性好，劳动强度低、现场工作环境好。该技术的成功应用为我国铜镍冶炼行业发展提供了一条有效途径，具有良好的经济效益、环境效益和社会效益。

七、典型应用案例

案例应用单位：新疆喀拉通克矿业有限责任公司

技术提供单位：长沙有色冶金设计研究院

节能改造前情况：2008 年 4 月新疆新鑫矿业股份有限公司喀拉通克铜镍矿委托长沙院进行冶炼扩建工程。建设规模：生产规模为水碎金属化高冰镍镍金属量 8kt/a。节能改造内容：（1）采用节能的氧气侧吹炼镍新工艺，进行富氧空气熔池熔炼，产出低冰镍锍的自热熔炼过程，只需补充少量煤或碎焦。可大幅度节省燃料。（2）本工程实现“以热定电、余热利用”对氧气侧吹炉、转炉和贫化电炉烟气中的余热回收发电，年发电量 1944 万 kWh,全年可节约 6804tce。（3）提高水的循环利用率，最大限度地使用循环水，根据生产工艺对循环水用水的要求，本设计将循环给水分为侧吹炉、贫化电炉、转炉密闭烟罩循环水、汽轮机循环水、制氧站循环水、硫酸循环水、空压机循环水和高冰镍冲渣循环水六个系统，循环利用率为 97.1%。（4）采用电力节能措施。建设期 16 个月。

节能改造经济效益：本项目采用氧气侧吹熔池熔炼技术取代原有的鼓风炉熔炼，原有鼓风炉熔炼能耗高，并且需要焦炭作为燃料。氧气侧吹熔池熔炼技术只要补充少量碎煤即可，富氧强化熔炼，熔炼效率高，产能由原来的年产高冰镍镍金属 3000t 扩到 8000t，烟气二氧化硫浓度高，烟气全部制酸，生产 98%硫酸 203557.03t/a。高冰镍单位产品综合能耗 665.2kgce/t。本项目为改扩建，采用氧气侧吹熔池熔炼技术熔炼铜镍矿。每年减少焦炭消耗 35125t/a。仅此一项减少生

产成本约 5620 万元/年，也即为企业增加经济效益 5620 万元/年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 10%，预计投资总额 10 亿元，节能能力 20 万 tce/a，减排能力 53 万 tCO_2/a。

59 双侧吹竖炉熔池熔炼技术

一、技术名称：双侧吹竖炉熔池熔炼技术

二、技术所属领域及适用范围：有色金属行业 该炉型及工艺适用于各个地区的 10-20 万 t 规模的铜、铅、镍火法冶炼之熔炼工序。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

在原料为 90%硫化矿和 10%氧化矿的情况下，吨粗铜综合能耗（余热回收蒸汽按发电折算）为 266.3kgce/t 粗 Cu，电耗 823.5kWh/t 粗 Cu。按相同原则计算，2011 年原料为 100%硫化矿的情况下，吨粗铜综合能耗为 213.9kgce/t 粗 Cu，电耗 652kWh/t 粗 Cu（以上按蒸汽发电计算）。2013.12 月开始采用 Fe/SiO_2 为 1.5-1.8 渣型进行熔炼，拆除贫化电炉，熔炼渣全部选矿贫化，综合能耗计算采用按余热产出蒸汽热量计 2014 年 1 月-5 月平均 120.35 kgce/t 粗 Cu。目前该技术可实现节能量 12 万 tce/a，减排约 32 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

通过双侧、多风道将 50%-90%浓度的富氧空气吹入熔炼炉内的熔渣和新入炉物料的混合层，在强烈而均匀的搅拌和高温作用下，氧化反应更迅速、更均匀，不但使熔炼效率更高；且降低了熔渣含铜。同时鼓风压力更低，更节能。

2.关键技术

（1）双侧、多风道送风：熔渣磁铁含量少，使渣含铜低；

（2）吹混合层：氧化传质过程缩短，减少铁的过氧化。吹风压力低；

（3）炉墙关键部位采用铜水套挂渣保护技术、不锈钢和紫铜复合材料风嘴；

（4）与余热锅炉连接烟道采用特殊耐火材料浇注，安全生产、避免粘结；

（5）倒梯形炉体结构，进料口不粘结，快速捕集铜精矿；

（6）生产负荷调节范围较大：调节范围可达 50%-100%，生产灵活；

（7）采用节能型贫化电炉。吨渣电耗低，弃渣含铜低。

3.工艺流程

工艺流程如图 1 所示。

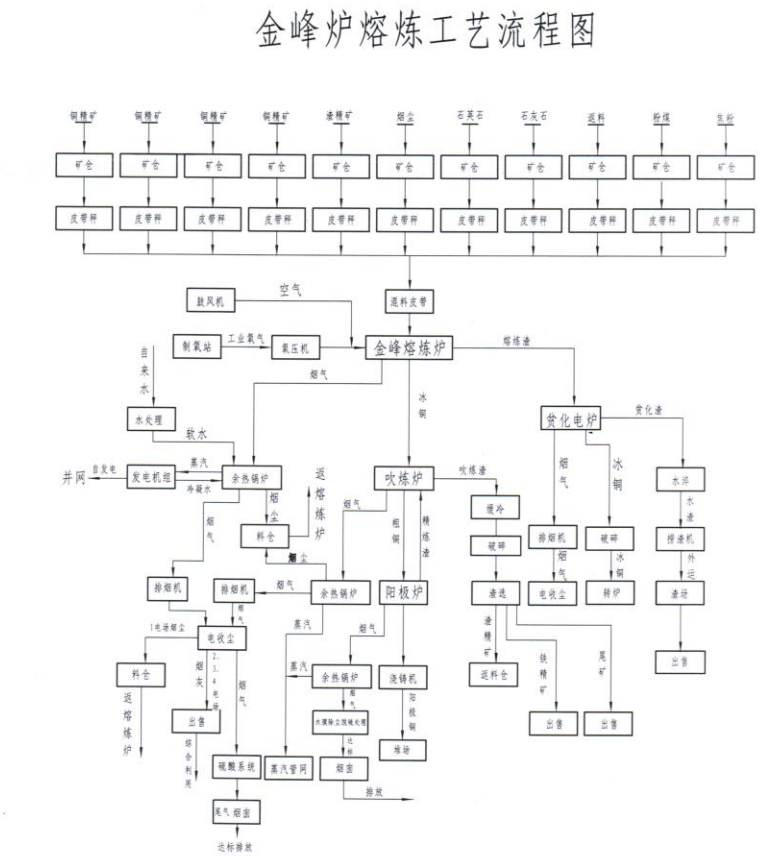


图 1 工艺流程

五、主要技术指标

生产能力 82.8t/m^{2}d；燃料率 2%-3%（占铜矿的）；熔渣含铜 0.7%-0.1％；贫化后熔渣含铜≤0.3％；综合弃渣含铜≤0.30％；铜熔炼直收率达 95.5％-97.5%以上；粗铜冶炼回收率≥98.5%。硫的总捕集率≥99.95％。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

已通过内蒙古科技厅的鉴定和自治区节能中心的检测；2010 年度获自治区科技进步一等奖。2007 年用于金峰铜业公司的 10 万 t 铜冶炼技术改造项目，自 2008 年 5 月 1 日至今稳定运行，指标优良。2010 年杭州富春江冶炼有限公司采用该技术，建设 12 万 t 铜冶炼改造项目，现已投产一年，生产稳定，各项指标优良。

七、典型应用案例

典型案例 1

案例应用单位：赤峰金峰铜业有限公司

技术提供单位：赤峰云铜有色金属有限公司

建设规模：赤峰金峰铜业有限公司 10 万 t 铜冶炼技术改造项目，建设条件：原有厂房、转炉、精炼炉、烟气及污水处理系统等配套设施不变，只增加制氧能力。主要改造内容：用金峰炉代替密闭鼓风炉，增建节能型贫化电炉、转炉渣选厂、7000m^3/h 制氧站、增添余热锅炉、发电站、改建配供料系统。主要设备：金峰双侧吹熔池熔炼炉、节能型贫化电炉、中压余热锅炉，变压吸附法制氧机、氧压机，6000kWA 汽轮机及发电机，配料供料及仪控系统等。节能技改投资额 12 亿元，建设期 2 年，节能量：按 2013 年粗铜产量（96522t）计算，金峰炉工艺比密闭鼓风炉熔炼工艺可节约标煤 45153t，按 2013 年产量（96522t）计算，年可产生节能经济效益为 4515 万元。

典型案例 2

案例应用单位：广西南国铜业有限公司

技术提供单位：赤峰云铜有色金属有限公司

建设规模：广西南国铜业有限公司 20 万 t 铜冶炼新建项目。建设条件：广西扶绥县新建金峰熔池熔炼炉、吹炼、阳极炉精炼、电解铜、硫酸、熔渣缓冷浮选设施、制氧站、供配电系统及附属设备，计划在 2016 年 6 月完成。主要改造内容：新建金峰熔池熔炼炉、PS 转炉、回转式阳极炉、电解铜系统、硫酸系统、熔渣缓冷浮选设施、2.8 万 Nm^3 制氧、供配电系统及附属设备。主要设备：46.8m^2 金峰熔池熔炼炉、180T PS 转炉 3 台、200T 回转式阳极炉 2 台、60 万 t 熔渣缓冷浮选设施、84 万 t 硫酸、2.8 万 Nm^3/h 制氧站等。。节能技改投资额 20 亿元，建设期 3 年，节能量：吨粗铜综合能耗为 266.3kgce/tCu，比行业标准 530 kgce/tCu 节约 263.7kgce/tCu，年产粗铜 20 万 t，年节能量为 52740tce。节能经济效益：每吨标煤的市场价格为 1000 元，年经济效益为 5274 万元。

八、推广前景及节能减排潜力

与其他熔炼法比，整体投资低 20%-30%，吨粗铜综合能耗低 100-130kg，弃渣含铜低 0.3-0.4 个百分点，熔矿成本低 100-500 元/tCu，总硫回收利用率高 0.5 个百分点，比引进的顶吹炉年效益增加 5000-8000 万元。该炉型及工艺技术在黄金及复杂矿的冶炼、镍精矿、铅精矿、锡精矿的冶炼也有很好的前景。预计未来

5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 8%，预计投资总额 40 亿元，节能能力 33 万 tce/a，减排能力 87 万 tCO_2/a。

60 有色冶金高效节能电液控制集成创新技术

一、技术名称：有色冶金高效节能电液控制集成创新技术

二、技术所属领域及适用范围：有色金属行业 有色金属行业 铜、铅、锌等采用湿法冶金年产 5 万 t 电解精金属规模以上企业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

冶炼是有色金属生产中耗能最大的环节。目前，我国有色行业能耗指标与国际先进水平相比，仍有较大差距。例如，国内的铜冶炼能耗先进水平为 366kgce/t，而世界先进水平为 300kgce/t；国内的铅冶炼能耗先进水平为 470kgce/t，而世界先进水平为 350kgce/t。目前该技术可实现节能量 1 万 tce/a，减排约 3 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用虚拟样机、半实物联合仿真及电液比例伺服集成控制等现代设计及控制技术，自主创新研发电解精炼过程中的关键技术装备，实现了系列装备的大型化、高速化、连续化、自动化及节能化，以提高电解效率，降低电耗，达到高效节能的目的。

2.关键技术

（1）智能化电液集成控制技术；

（2）虚拟样机及半实物仿真；

（3）设备状态监测及控制；

（4）纯水液压传动。

3.工艺流程

电液控制铜电解阳极自动生产线工艺流程见图1。

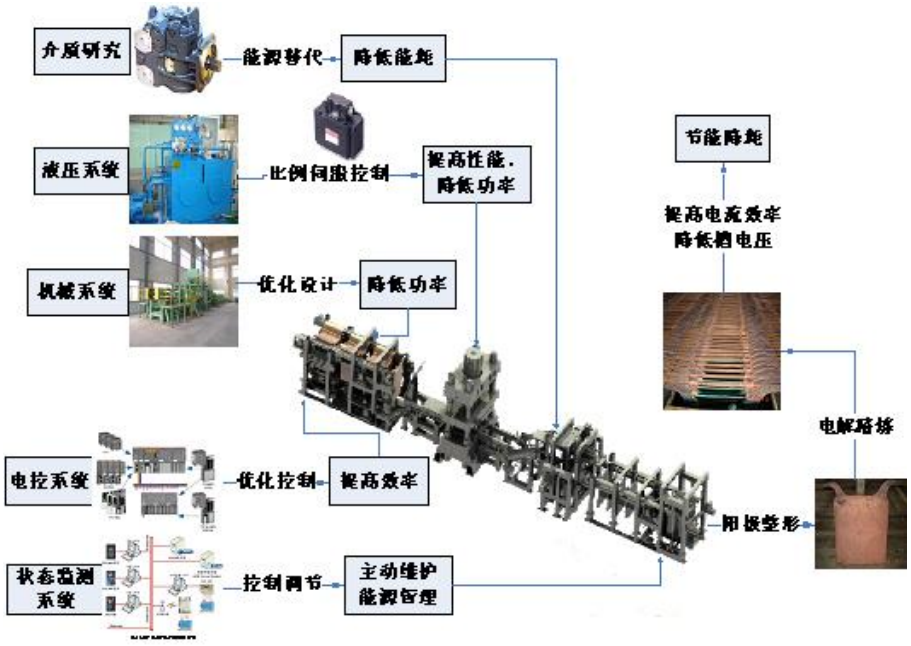


图 1 电液控制铜电解阳极自动生产线简图

五、主要技术指标

1．智能化电液控制铜电解阳极自动生产线：

（1）电解短路率降低 80%；

（2）电耗降低约 2.8kWh/tCu；

（3）电解效率提高 3%。

2．电液控制铅电解精炼生产线：

（1）电解短路率降低 80%；

（2）电耗降低 35-40kWh/tPb；

（3）电解效率提高 5%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获 2009 年国家科技进步二等奖；2008 年获云南省科技进步一等奖；2005 年获云南省科技进步三等奖。智能化电液控制铜电解阳极自动生产线已制作完成 5 套，先后大云南铜业集团公司、安徽铜陵有色金属集团公司、山东金玺铜业有限公司等企业投产，并出口中亚的哈萨克斯坦等国，最长已使用近 10 年。电液控制铅电解精炼生产线中的残极洗刷机组、阴极抽棒洗涤机组、阴阳极旋转吊具等技术成熟度较高，技术风险较低，已先后在云南驰宏锌锗股份有限公司、云南锡业股份有限公司、山东恒邦冶炼股份公司等企业投产，节能效果较好。

七、典型应用案例

典型用户：云南驰宏锌锗股份有限公司、云铜集团公司

典型案例 1

技术提供单位：昆明理工大学

建设规模：年产 10 万 t 电铜生产线。主要技改内容：采用该类技术装备对铜阳极进行制备，改善阳极品质，提高电效，降低能耗，提高技术装备水平，主要设备为智能化电液控制铜电解阳极自动生产线。节能技改投资额 650 万元，建设期 2 年。每年节约 841tce，年节能经济效益约为 642 万元，投资回收期约 1 年。

典型案例 2

技术提供单位：昆明理工大学

建设规模：年产 10 万 t 电铅生产线。主要技改内容：采用大极板电解工艺及大型自动化生产线，改善阴阳极品质，提高电效，降低能耗，降低工人劳动强度，提高技术装备水平，主要设备为电液控制铅电解精炼生产线。节能技改投资额 1700 万元，建设期 2 年。每年可节约 3313tce，年节能经济效益约为 1656 万元，投资回收期约 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 10%，预计投资总额 3.4 亿元，年节能能力 12 万 tce/a，减排能力 32 万 tCO_2/a。

61 铝酸钠溶液微扰动平推流晶种分解节能技术

一、技术名称：铝酸钠溶液微扰动平推流晶种分解节能技术

二、技术所属领域及适用范围： 有色金属行业 氧化铝冶炼

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

拜耳法生产氧化铝过程中，晶种分解是决定氧化铝质量和能耗的关键环节之一。目前全世界范围内的氧化铝厂采用的技术主要包括：（1）喷射压缩空气整体翻料式氧化铝晶种分解工艺技术及其种分槽，每台种分槽需喷射压力为500kPa的压缩空气量约200m^3/h；（2）平底机械搅拌全混流氧化铝晶种分解工艺技术及其种分槽，每台种分槽配置功率75kW电机一台，直接消耗电能65.7万kWh/a。我国现有各类氧化铝种分槽约1300余台，均属于高能耗装备。目前该技术可实现节能量2万tce/a，减排约5万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用基于过程特征的方法，通过研究过饱和铝酸钠溶液晶种分解反应的动力学过程和铝酸钠溶液浆料固-液两相流的流动与传输特性，根据铝酸钠溶液结晶反应动力学进程的需要，结合流体特性，合理分配机械能，采用微扰动与平推流结合方式，合理使用搅拌，消除多余搅拌无效能耗，实现氧化铝生产种分过程的大幅降耗。

2.关键技术

（1）针对目前不同类型的种分槽实现微扰动与平推流结合的设计技术；

（2）种分槽内利于浆料流动反应的特殊空间结构；

（3）N台种分槽实现串联生产的组合匹配。

3.工艺流程

该技术的工艺流程和装置结构见图1、图2。

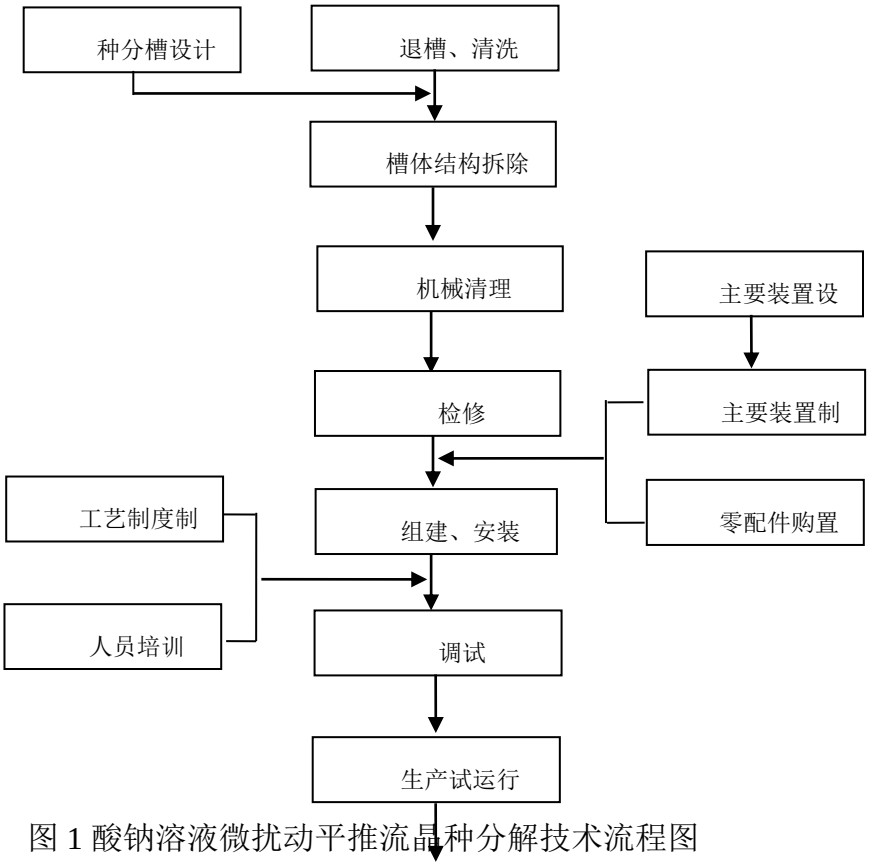
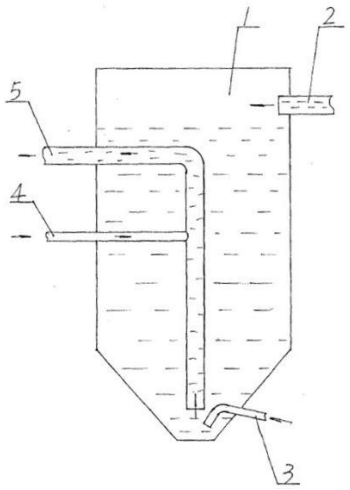


图 1 酸钠溶液微扰动平推流晶种分解技术流程图



1-分解反应槽 2-进料槽 3-扰动风管 4-提料风管 5-出料管

图 2 锥形底微扰动平推流氢氧化铝晶体结晶反应装置结构简图

五、主要技术指标

1.主要技术参数：

（1）种分槽容积（m^3）：1329-4500；

（2）单槽日处理能力（m^3）：7000 以上；

（3）压缩空气耗量(m^3/h)：25-30；

（4）承受最低风压（kPa）：460；

（5）分解率（%）：47-55。

2.适用外部条件参数：

（1）使用环境温度（℃）：-30-60；

（2）抗风压波动（kg）：±1.5；

（3）最长允许停风时间（h）：0.5。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2011 年 5 月“铝酸钠溶液微扰动平推流晶种分解技术及其装备”通过了中国有色金属工业协会组织的科技成果鉴定。目前，该项技术已在中国铝业股份有限公司贵州分公司 40 万 t 喷射压缩空气整体翻料式晶种分解生产线进行了应用，压缩空气消耗量同比减少 92.78%。同时由 φ14m×35m 平底机械搅拌全混流种分槽组成的 80 万 t 氧化铝生产线上也投入了使用，取得节约直接电耗 40%的良好效果。

七、典型应用案例

典型用户：中国铝业股份有限公司贵州分公司、中国铝业股份有限公司河南分公司

典型案例 1

建设规模：40 万 t/a 氧化铝种分生产线节能技术改造。主要技改内容：喷射压缩空气整体翻料式氧化铝晶种分解槽按照微扰动平推流技术设计、制作、安装，主要设备为晶种分解槽。节能技改投资额 500 万元，建设期 3 个月。每年可节能 7704tce，年节能经济效益为 916 万元，投资回收期约 6 个月。

典型案例 2

建设规模：100 万 t/a 氧化铝种分生产线节能技术改造。主要技改内容：喷射压缩空气整体翻料式氧化铝晶种分解槽按照微扰动平推流技术设计、制作、安装；主要设备为晶种分解槽。节能技改投资额 1000 万元，建设期 6 个月。每年可节能 2 万 tce，年经济效益为 1909 万元，投资回收期约 6 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 30%，预计投资总额 7

千 5 百万元，年节能能力 10 万 tce/a，减排能力 26 万 tCO_2/a。

62 低温低电压铝电解新技术

一、技术名称：低温低电压铝电解新技术

二、技术所属领域及适用范围：有色金属行业 电解铝生产企业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国是世界铝工业生产第一大国。2011 年全国原铝产量 1806 万 t，产量和消费量均约占全球的 40%。目前，尽管我国铝工业节能减排达到了国际先进水平，但 2011 年我国吨铝综合平均电耗为 13913kWh，而理论上只需要 6330kWh，因此仍具有较大的节能减排潜力。目前该技术可实现节能量 25 万 tce/a，减排约 66 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该技术主要对低极距型槽结构设计与优化、低温电解质体系及工艺、过程临界稳定控制、节能型电极材料制备等方面进行集成创新应用。在 200kA 以上铝电解系列上集成推广应用该技术，实现了铝电解生产直流电耗由 2011 年平均 13100kWh/t 左右降低到 12500kWh/t 以下，减少碳氟化合物排放量约 50%。

2.关键技术

（1）低温低电压条件下铝电解槽高效稳定运行技术；

（2）电解槽在低温低电压下稳定运行的槽结构与母线优化配置；

（3）维持电解槽在低温低电压下稳定运行的铝电解过程优化控制技术。

3.工艺流程

低温低电压铝电解技术流程见图1。

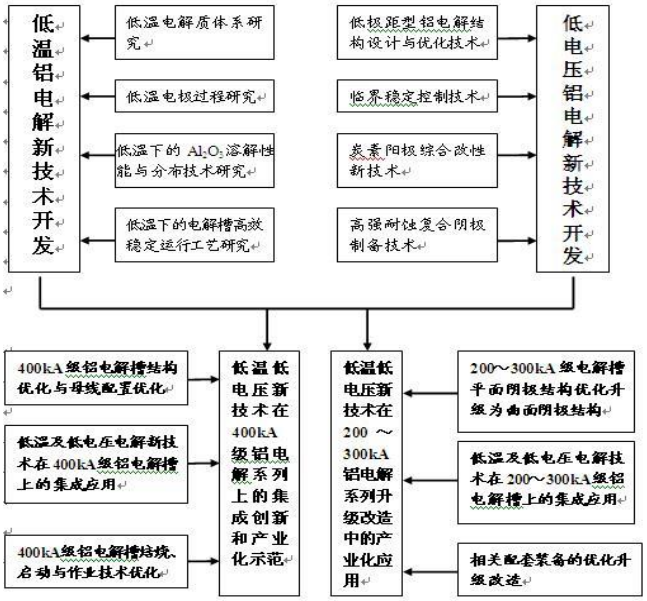


图 1　低温低电压铝电解技术流程图

五、主要技术指标

1．槽电压3.70-3.88V；

2．阳极效应系数≤0.02次/槽日；

3．电流效率≥93.0%；

4．直流电耗≤12500kWh/t-Al；

5．槽寿命≥2500天。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于2012年3月通过了中国有色金属工业协会组织的技术成果鉴定。目前，该技术已在云南铝业股份公司80台240kA铝电解槽上成功应用，吨铝直流电耗降低到12000kWh以下，达到国际领先水平；同时，河南中孚实业股份公司林丰铝电公司也对222台400kA铝电解槽开始进行节能技术改造。

七、典型应用案例

典型用户：河南中孚实业股份有限公司林丰铝电公司、云南铝业股份有限公司

典型案例

建设规模：80 台 240kA 铝电解槽。主要技改内容：阴极改造、工艺优化与控制技术升级，主要设备包括电解槽、智能多环协同优化与控制系统。节能技改投资额 15730 万元，建设期 8 个月。每年可节能 5.67 万 tce，年节能经济效益 8100 万元，投资回收期个 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，该技术在全国全面推广应用的比例不足 5%，预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到50%，预计投资总额70亿元，年节能能力245万tce/a，减排能力 647 万 tCO_2/a。

63 粗铜自氧化还原精炼技术

一、技术名称：粗铜自氧化还原精炼技术

二、技术所属领域及适用范围：有色金属行业 铜冶炼

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

传统火法精炼工艺表明，当深氧化作业将硫降到 0.005%以下时，铜液含氧量高达 0.8%-1.5%，而且铜液上面有大量以 Cu_2O 为主的渣层，必须用大量还原剂深还原将氧降到 0.2%以下。而在还原作业时，因还原剂在铜液停留时间很短，还原效率极低，即使还原效果最好的天然气其还原效率也不超过 40%，大量没有反应的炭黑溢出铜液进入大气，造成对环境的严重污染。目前该技术可实现节能量 22 万 tce/a，减排约 58 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

取消了火法炼铜生产工艺的氧化和还原两个作业过程，通过鼓入惰性气体搅拌铜液，创造良好的反应动力学条件，利用铜液中自身的氧和杂质反应，达到一步脱杂除氧的目的；实现了还原剂(天然气)的零消耗，不仅节约了能源，而且从根本上解决了粗铜火法精炼普遍存在的黑烟污染和二氧化碳排放问题。

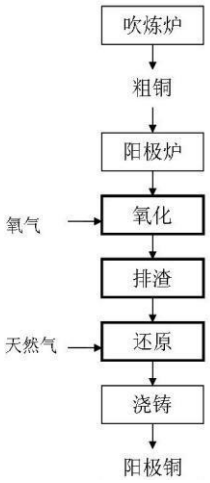
2.关键技术

（1）吹炼炉粗铜终点控制技术；

（2）惰性气体搅拌传质传热技术。

3.工艺流程

传统粗铜精炼技术与粗铜自氧化还原精炼技术的工艺流程对比见图 1、图 2。



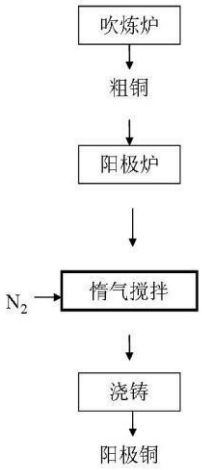


图 1 传统火法精炼工艺流程图　　图 2 新火法精炼工艺流程图

五、主要技术指标

1.产出的阳极板 Cu≥99.5%、S≤0.005%、O≤0.2%；

2.火法精炼时间由原来的 10h 以上降至 1h 以内；

3.还原天然气消耗量为 0。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家发明专利 3 项，并通过国家重有色金属质量监督检验中心检测，产品质量符合国家标准；技术成果于 2008 年 2 月应用于山东省重点工程-祥光铜业有限公司。目前，已与中国黄金集团公司、加拿大艾丰豪公司等多家国内外大型铜冶炼企业签订了技术转让合同。

七、典型应用案例

典型用户：阳谷祥光铜业有限公司、中国黄金集团公司、加拿大艾丰豪公司等。

典型案例 1

案例名称：阳谷祥光铜业有限公司阳极炉节能技术改造项目

技术提供单位：阳谷祥光铜业有限公司

建设规模：年产 50 万 t 阴极铜工程。要技改内容：主要对 2 台 630t 阳极炉进行工艺和风口改造。工艺改造包括惰性气体搅拌作业、自氧化还原作业；风口改造为开发新型风口，包括调整风口的位置和数量、改进风口角度、风口砖结构改进。主要设备为 2 台阳极炉和 2 台圆盘浇铸机等。技改投资额 1200 万元，建设期 1 年。以年产 40 万 t 阴极铜企业规模计，年节能量为 39393tce，年 CO_2 减排量约 70000t，投资回收期约 3 个月。

典型案例 2

案例名称：中国黄金集团公司河南中原黄金冶炼厂整体搬迁升级改造项目

技术提供单位：阳谷祥光铜业有限公司

建设规模：年产阴极铜 20 万 t、黄金 60t。主要技改内容：建造符合自氧化还原工艺要求的阳极炉及配套设施，采用自氧化还原工艺作业制度。主要设备为 1 台阳极炉和 1 台圆盘浇铸机等。项目投资额 1200 万元，建设期 2 年。与采用传统氧化还原工艺技术相较，年节能量 22000tce，年减排量 58080tCO_2，投资回收期约 5 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来5年该技术推广比例可达50%，涉及粗铜的产能500万t，总投资额约1.9亿，形成的年节能能力为54万tce，年减排能力为143万tCO_2。

64 复式反应新型原镁冶炼技术

一、技术名称：复式反应新型原镁冶炼技术

二、技术所属领域及适用范围：有色金属行业 镁冶炼

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，镁冶炼行业普遍采用横罐还原炉技术，其燃耗指标为 3.0tce/t 结晶镁（还原工序），碳排放指标为 7.92tCO_2/t 结晶镁。我国镁冶炼企业单位产品能耗限额限定值为 8.3tce/t 镁，先进值为 4.9tce/t 镁。目前该技术可实现节能量 2 万 tce/a，减排约 5 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

复式反应新型原镁冶炼技术从基础理论研究入手，建立了“微元料球”模型，从冶金化学反应的机理、速率考虑，进行了近千次热物理、热化学和耐热材料高温性能三方面的基础实验研究，找到了煅烧、还原反应的机理、掌握了上述反应的速率，创建了镁结晶、镁还原、还原渣传热、还原炉燃烧四个大型数理模型并进行上百次数值计算和多次仿真运行，大量完善、补充、修正了国内外现有热法炼镁的基础理论，形成了从煅烧、制球、还原到精炼较为完善的全套热法炼镁理论体系。

2.关键技术

（1）根据多相热物理理论，运用尺度趋于零的“微元”料球模型，提出了普遍适用于各种固相反应的“层移反应”原理并建立了相应的数学物理模型；

（2）对白云石煅烧、煅白还原、低熔点复合氧化物生成等热化学反应，进行系统实验研究，发现了煅烧结焦、还原球团粘结等现象的热化学反应和生成物；

（3）对反应器（还原罐）材料进行连续 3 个月不间断高温蠕变试验，在应力-应变分析基础上，推导出了一套反应器（罐）结构布置和尺寸计算的设计公式；

（4）基于对还原器材料高温蠕变性能的实验和认识，原创设计了一种连续工作寿命长、装料多的大型、新型复式还原器；

（5）综合燃烧学、传热学、热力学、流体力学等知识，用数值计算方法，

原创设计了新型、大型、连续出镁复式反应炉；

（6）采用目前可行的结晶器-数学建模和数值计算，原创设计了一种新型、大型、复式镁结晶器和蒸汽发生器计算方法；

（7）采用还原渣传热计算方法-数学建模和数值计算，原创设计了一种可将还原渣降温至 200℃左右的还原渣余热蒸汽回收器；

（8）开发了一种计算机自动控制系统，使原镁反应炉单班炉前操作工大大减少，且没有重体力劳动，实现了还原车间无烟、无尘、无明火的“洁净生产环境”。

3.工艺流程

该技术工艺流程见图 1。

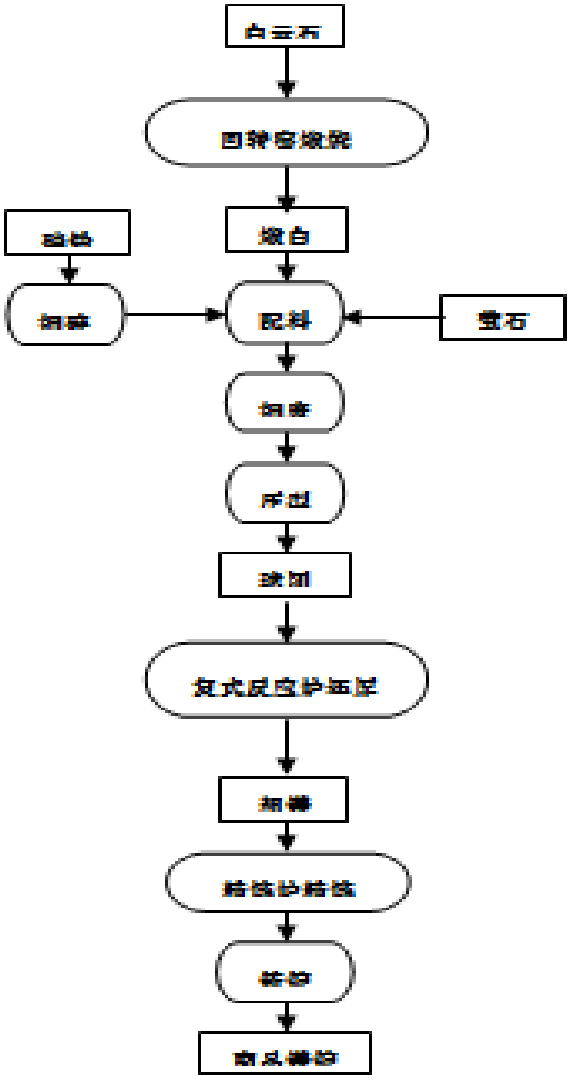


图 1 复式反应新型原镁冶炼工艺流程图

五、主要技术指标

1.与皮江法竖罐（或横罐）技术相比：

（1）复式反应技术万吨产能建设占地 40-50 亩，约为横罐技术的 1/10，约为竖罐技术的 1/5；

（2）复式反应技术万吨产能全厂定员约 100 人，约为横罐技术的 1/5，约为竖罐技术的 1/3；

（3）复式反应技术吨镁全厂（煤/水/气/电）综合能耗 3tce，约为横罐（竖罐）技术的 1/2；

（4）复式反应技术还原周期不超过 6h，约为横罐（竖罐）技术的 1/2；

（5）复式反应器工作寿命约 1.0 年，是横罐（竖罐）技术的 2 倍；

（6）复式结晶器单台次出镁 150-200kg，是横罐技术的 8 倍，约为竖罐技术的 5 倍；

（7）复式还原器单台日产镁 0.8-1.0t，是横罐技术的 15 倍，约为竖罐技术的 8 倍；

（8）复式反应炉单台日产镁 40-50t，是横罐技术的 40 倍，约为竖罐技术的 20 倍；

（9）复式反应炉连续出镁，无须“清罐”，高湿季节可正常生产；

（10）复式反应技术机械化生产，无重体力劳动，还原车间无烟、无尘、无明火。

2.可完全替代竖罐技术（新型蓄热竖罐还原炉炼镁技术），其应用模式体现在以下三个方面：

（1）“复式反应器”，可完全替代“竖罐”，且前者产量更大、排渣更顺利、寿命更长，操作更安全；

（2）“复式反应炉”，可完全替代“竖罐”还原炉，且前者能耗更低、产能更大、操作更简单；

（3）应用复式反应新型原镁冶炼技术，可对竖罐技术及横罐技术生产线的煅烧、制球、还原、精炼、余热利用等全系统进行升级改造，实现节约能耗、减少污染、系统机械化、降低成本的目的。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

复式反应技术及全套工艺装备，不论是和横罐技术现有最好水平相比，还是

和国内新近开发出的竖罐技术最好水平相比，包括和国内外最先进的挪威“诺斯克”电解法相比，均大幅度降低了镁冶炼的能耗和污染，显著降低劳动强度并改善劳动环境，显著提高劳动生产率，产品成本明显降低；大幅节约建设用地和标准模块化连续生产线的工艺特点，使每条生产线由目前普遍年产不足 3000t 规模提高到 1.25 万 t 以上，可显著促进规模化的实现和产业集约度的提高。

复式反应技术及其装备在技术工艺变革方面，源于对热法炼镁的热化学、热物理及材料高温性能三个方面基础研究的突破，是从局部到整体、工艺到装备、技术到经济的系统性、综合性全面提升，而不是仅对现有技术进行单一、局部的性能改进，实现了以往历次皮江法技术改造都未能实现的综合技术进步。因此专家认为复式反应炉技术是自热法炼镁技术诞生以来，最具革命性的一次工艺变革，必将全面取代当前炼镁工艺而成为最具经济社会价值的、国内领先的主流炼镁技术。

七、典型应用案例

典型案例用户：开泰镁业有限公司

技术提供单位：宁夏三新镁业科技有限公司

复式反应技术原镁冶炼生产线，已运行一年有余。机制目前，经统计已实现的节能量已超过 20000tce。若按该生产线运行 10 年测算，一条生产线的节能量则超过 20000tce。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 33%，投资总额 6 亿元，节能能力 38 万 tce/a，减排能力 99 万 tCO_2/a。

65 高电流密度锌电解节能技术

一、技术名称：高电流密度锌电解节能技术

二、技术所属领域及适用范围：有色金属行业 锌湿法冶金电解工序

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

湿法炼锌产量占世界锌总产量的80%以上，目前国内锌电解多采用低酸低电流密度（300-400A/m^2）生产。低电流密度电解技术的锌电解工序能耗高，直流电耗约3250kWh/t锌，直流电耗对应的碳排放量为2.27tCO_2/t锌。2013年，我国精锌产量为530.2万t，按电解锌占80%计算，约生产电解锌424.2万t，电解锌直流电耗约为137.9亿kWh，排放量约960.9万tCO_2。降低锌电解工序能耗对于锌冶炼行业的节能具有重要作用。目前该技术可实现节能量0.2万tce/a，减排约0.5万tCO_2/a。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术围绕电解前端工序的电解液质量、电解槽结构及槽电压分布、极板类型结构及沉积机理、硅整流供电系统供电效率等方向，通过电解整流系统非同相逆并联谐波抑制技术、深度净化技术和ASEP阳极板技术的集成创新应用，可实现谷电期按600-800A/m^2高电流密度的生产常态化，改变传统只能采用低电流密度（300-400A/m^2）的生产工艺，使整流和电解系统关键节能指标得到进一步优化，提升硅整流效率，降低直流电耗，最终降低吨锌综合能耗。

2. 关键技术

锌电解高电流密度节能技术通过硅整流系统扩容升级、新型特型尺寸极板和电解配套设施的集成优化，突破电流密度和电流效率相互制约的技术瓶颈，提高电解电流密度及硅整流效率，使整流和电解系统关键节能指标得到进一步优化。其主要的关键技术如下：

（1）电解整流系统非同相逆并联谐波抑制技术。将电流相等、方向相反的两个导电臂靠拢，达到交变磁场相互抵消、减小导电母排压降、提高功率因数、消除柜体涡流；

（2）电解液深度净化技术。SZP（Subside Zine Process）优先沉锌技术和超细金属锌粉置换技术。SZP 优先沉锌技术是以焙砂或石灰石作为沉锌剂保持系统水平衡，控制 F、Mg、Mn、Cl、K、Na 等杂质的深度净化技术；超细金属锌粉置换技术是避免杂质带入系统、提高浸出液除杂效率的深度置换净化技术；

（3）ASEP(Anode Surface Embossing Plate)阳极板技术。一种合金成分优化、金相组织致密的、适用于在高电流密度条件下长周期使用的波纹阳极板压延工艺技术。

3. 工艺流程

锌电解高电流密度节能技术指在电解过程中，采用 800-1000A/m^2 的阴极电流密度，以此强化生产，减轻工人劳动强度，适当增加产量。生产过程中采用一种特型尺寸（1.2-1.5m^2）的锌电解极板和相配套玻璃钢材料的电解槽，通过特有的压延表面极板结构，便于电解体系中的 MnO_2 在阳极板上沉积，快速形成阳极板板面保护层的阳极板。同时，采用一种二段中和的 SZP（优先沉锌）方法，把锌冶炼系统的 Mg、Cl、F 形成开路，Mg 去除率 95%以上，Cl、F 去除率 50%以上，提高硫酸锌溶液的质量；利用含铅（Pb：1.1%-2.0%）电炉锌粉和超细（800-400 目）金属锌粉深度净化硫酸锌溶液，在此基础上实现锌电解体系超高电流密度（600-800A/m^2）的产业化错峰生产。该技术的工艺流程如图 1 所示。

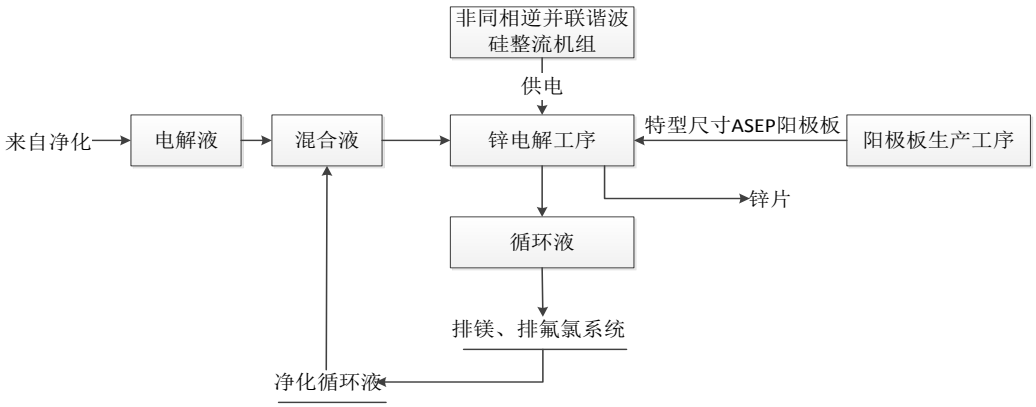


图 1　锌电解高电流密度节能技术工艺流程

五、主要技术指标

1. 谷电期电流密度达到 600-800A/m^2，高峰期电流密度 300-450A/m^2，代替传统的谷电期、高峰期电流密度均为 300-450A/m^2 的电解工艺；

2. 生产阶段直流电耗下降到 2900kWh/t·Zn 片；

3. 吨锌综合能耗下降到 1095kgce/t·Zn 锭以下。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

本技术于 2014 年通过云南省科技厅组织的成果鉴定，并获得国家发明专利 1 项。目前，该技术已在云南云铜锌业股份有限公司生产运用，节能效果显著，经济和社会效益好，并正在向同行业其他厂的锌湿法冶金电解工序推广应用。

七、典型应用案例

典型用户： 云南云铜锌业股份有限公司

典型案例 1

案例名称：云铜锌业超高电流密度电解锌产业化一期项目

技术提供单位：云南云铜锌业股份有限公司

建设规模：5 万 t/a。建设条件：对原电解系统进行升级改造后并按谷电期按 600-800A/m^2 高电流密度、峰电期 300-450A/m^2 的低电流密度组织生产。主要技改内容：锌电解系统进行改造，通过集成运用电解整流系统非同相逆并联谐波抑制技术、排镁、排氟氯和采用高品质置换锌粉的电解液深度净化技术和 ASEP 阳极板技术，实现谷电期以 600-800A/m^2 的高电流密度代替传统的 300-450A/m^2 低电流密度电解工艺。主要设备为 2 套硅整流机组的升级改造，采用一种特型尺寸（1.2-1.5m^2）的锌电解极板和相配套玻璃钢材料的电解槽。节能技改投资额 2950 万元，建设期 9 个月。每年可节能 1918tce，减排 5064tCO_2。年节能经济效益为 1336 万元，投资回收期约 2.8 年。

典型案例 2

案例名称：云铜锌业超高电流密度电解锌产业化二期项目

技术提供单位：云南云铜锌业股份有限公司

建设规模：2.5 万 t/a。建设条件在项目一期升级改造基础上，进行锌电解工序错峰生产扩容 2.5 万 t/a，达到原设计产量 7.5 万 t/a，并按谷电期按 600-800A/m^2 高电流密度、峰电期 300-450A/m^2 的低电流密度组织生产。主要技改内容：锌电解系统进行改造，通过集成运用电解整流系统非同相逆并联谐波抑制技术、排镁、排氟氯和采用高品质置换锌粉的电解液深度净化技术和 ASEP 阳极板技术，实现谷电期以 600-800A/m^2 的高电流密度代替传统的 300-450A/m^2 低电流密度电解工艺。主要设备为新增 1 套硅整流机组的升级改造，采用一种特型尺寸（1.2-1.5m^2）

的锌电解极板和相配套玻璃钢材料的电解槽。节能技改投资额 1250 万元，建设期 3 个月。每年可节能 959tce，减排 2530tCO_2。年节能经济效益为 668 万元，投资回收期约 2.6 年。

八、推广前景及节能减排潜力

2013 年，我国锌湿法冶金电解锌年产量约 420 万 t，按电解锌年产量增长 5%计算，预计未来 5 年，电解锌年产量可达 600 万 t，该技术在我国锌湿法冶金电解行业的推广比例可达 75%，总投资额约 25 亿元，可形成的年节能能力为 17 万 tce，年碳减排能力 45 万 tCO_2。

66 旋浮铜冶炼节能技术

一、技术名称：旋浮铜冶炼节能技术

二、技术所属领域及适用范围：有色金属行业 闪速炉冶炼领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，全世界火法炼铜的工厂约 110 家，其中采用闪速熔炼的工厂约 40 多家，产铜量占总产量的 60%以上。闪速冶炼以其节能高效环保的技术特点，成为世界先进、主流的铜冶炼工艺。我国铜冶炼综合能耗额一般在 300-350kgce/t 之间。与闪速冶炼技术相比，旋浮铜冶炼技术具有生产能力大、反应充分、烟尘率低、自热冶炼（可处理大量吸热原料如氧化矿等）、原料适应性强（可处理高杂质铜精矿）等优点，已被纳入《铜冶炼行业规范条件》。该技术适用于铜、镍、铅、金等有色金属冶炼工艺，在新建生产线和旧有生产线改造均可进行推广应用，前景十分广阔。

四、技术内容

1.技术原理

闪速冶炼反应机理为反应塔内氧气和物料颗粒间发生反应，以熔炼为例，主要反应：$CuFeS_2 \rightarrow FeS+Cu_2S$；$FeS+O_2 \rightarrow FeO+SO_2$；$FeO+O_2 \rightarrow Fe_3O_4$（过氧化反应）；$Cu_2S+O_2 \rightarrow Cu_2O+SO_2$（过氧化反应）。闪速冶炼对物料的分散采取的是用水平方向的分布风打散垂直下落的物料，当投料量大时，易出现反应偏析、下生料、烟尘率高、炉况波动等问题。

旋浮冶炼除了具有同闪速冶炼相同的反应塔上部反应机理外，还独创了反应塔下部过氧化物料颗粒和欠氧化物料颗粒间的碰撞反应机理。以熔炼为例，反应塔下部的主要反应：$Fe_3O_4+FeS \rightarrow FeO+SO_2$；$Cu_2O+FeS \rightarrow FeO+Cu_2S$；$FeO+SiO_2 \rightarrow Fe_2OSiO_4$。旋浮冶炼采用“风内料外”的供料方式，对物料的分散模拟了自然界龙卷风高速旋时转具有极强扩散和卷吸能力的原理，物料颗粒呈倒龙卷风的旋流状态分布在反应塔中央，在龙卷风旋流体中间增加中央脉动氧气，改变物料颗粒的运动，实现物料颗粒间脉动碰撞、传热传质以及化学反应的强化，使

整个熔炼和吹炼过程的化学反应能够充分完全的进行。

2.关键技术

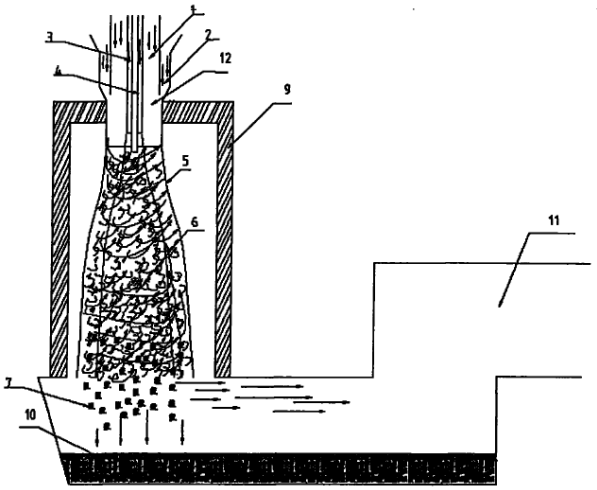
（1）超强化旋浮熔炼和旋浮吹炼技术；

（2）新型脉动旋流型喷嘴；

（3）旋浮冶炼在线控制技术；

3.工艺流程

旋浮铜冶炼工艺及装置示意图见图1，脉动旋流喷嘴原理示意图见图2。



1-富氧空气，2-粉状物料，3-脉动氧气，4-脉动燃料枪，5-高旋流体，6-脉动紊流，7-分离出的液滴，8-高温烟气，9-反应器，10-熔池，11-排烟道，12-脉动旋流喷嘴

图 1 旋浮铜冶炼工艺及装置示意图

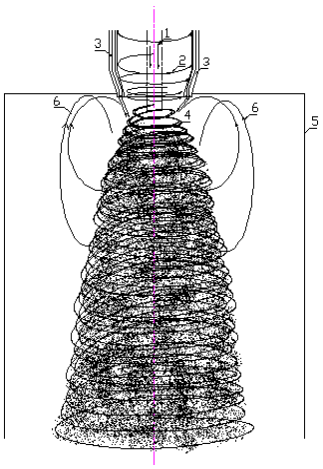


图 2 脉动旋流喷嘴原理示意图

五、主要技术指标

1. 投料量由 200t/h 提高到 350t/h；

2. 单台炉的年产能最大可提高到 50 万 t；

3. 反应塔热负荷 2600-2900MJ/m^3·h；

4. 熔炼炉作业率 98%，吹炼炉作业率 97%；

5. 粗铜综合能耗 150kgce/t；

6. 铜锍品位可达 70%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得国家发明专利 6 项、实用新型专利 7 项。2011 年通过山东省科技厅组织的科技成果鉴定；2012 年获得中国有色金属工业协会科学技术一等奖、二等奖各 1 项；2013 年获得国家科学技术进步二等奖；2014 年获得中国专利金奖。该技术已于 2009 年在山东省重点工程祥光铜业铜冶炼项目中实施应用，目前已在中国黄金集团、紫金铜业有限公司进行了推广。

七、典型应用案例

典型用户：阳谷祥光铜业有限公司、中国黄金集团—河南中原黄金冶炼厂有限责任公司、紫金铜业有限公司等。

典型案例 1

案例名称：阳谷祥光铜业有限公司年产 20 万 t 阴极铜节能改造项目

技术提供单位：阳谷祥光铜业有限公司

建设规模：年产 20 万 t 阴极铜工程，建设条件：闪速炉铜冶炼工艺改造。主要技改内容：用旋风脉动型精矿喷嘴和冰铜喷嘴替代了旧有的中央扩散型精矿喷嘴和冰铜喷嘴。主要设备包括旋风脉动型精矿喷嘴和旋风脉动型冰铜喷嘴各一台、冰铜干法粒化装置和吹炼渣干法粒化装置各 1 套。节能技改投资额 3000 万元，建设期 12 个月。每年可节能 95000tce，减排 155000tCO_2。年节能经济效益为 18572 万元，投资回收期约 0.2 年。改造后产能由原来的 20 万 t/a 提升为 50 万 t/a。

典型案例 2

案例名称：河南中原黄金冶炼厂有限责任公司年产 10 万 t 阴极铜改造项目

技术提供单位：阳谷祥光铜业有限公司

建设规模：年产阴极铜 10 万 t，建设条件：吹炼工艺采用旋浮闪速吹炼炉。主要技改内容：建造旋浮闪速吹炼炉及配套设施，采用旋浮吹炼工艺进行改造。主要设备旋浮闪速吹炼炉 2 台；冰铜干法粒化装置和吹炼渣干法粒化装置各 1 套。节能技改投资额 3000 万元，建设期 24 个月。每年可节能 19000tce，减排放 30970tCO_2。年节能经济效益 3700 万元，投资回收期约 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内规模以上企业（产能 20 万 t/a 以上）中推广比例将达到 80%；预计总投入约 2 亿元，按照中国年铜产量 800 万 t 计算，可形成的年节能能力约为 150 万 tce，年减排能力为 250 万 tCO_2。

67 大型高效无传动浮选技术

一、技术名称：大型高效无传动浮选技术

二、技术所属领域及适用范围：有色金属行业 有色金属、钢铁、非金属等资源加工行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国贫矿资源所占比例较大，随着资源逐年开发利用，富矿资源量越来越少，需迫切解决贫矿资源的高效选矿问题。目前，我国广泛使用的传统机械搅拌式浮选机存在占地面积大、能耗高、分选效果不佳等缺点；而浮选柱法虽然是浮选装备节能降耗的发展方向之一，但也存在粗粒难以上浮、磨损严重等缺点。与采用传统机械搅拌式浮选机相比，大型高效无传动浮选装备在实际工业生产中浮选作业单位电耗可下降约10kWh/t原矿。

四、技术内容

1.技术原理

无传动浮选槽的整个槽体无任何传动装置，其上部为圆柱形，下部为圆锥形，浮选槽锥形下部开有底流出口，泡沫槽的下端开有泡沫出口。浮选槽的工作原理为：矿浆从给料管进入分配系统，然后由分配系统分配到各矿化系统。空气从进气口压入矿化系统，在矿化系统内，高速流动的矿浆将空气打碎成微气泡并与矿浆形成含有大量微细气泡的气、固、液三相体系，在高紊流状态下实现气泡与矿浆的高效矿化。矿化系统与矿化喷头之间由矿化管连接，含有大量微气泡的三相体系在矿化管内二次混合并高度紊流矿化，然后仍保持较高能量状态进入矿化喷头，由矿化喷头上的喷嘴喷射入浮选槽内，在浮选槽内形成大量分散性能良好的微泡。整个浮选过程没有机械搅拌和传动装置，可有效降低选矿过程的能耗。

2.关键技术

无传动浮选槽是一种适应矿物浮选的装备技术，具有处理量大、富集比和分选效率高、适应范围广、节能且智能控制等优点，其主要的关键技术如下：

（1）多级高效矿化技术

（2）粗粒闪浮技术

（3）细粒高效微泡浮选技术

（4）双向协同液面控制技术

（5）高浓度浮选技术

（6）全浮选槽技术

3.工艺流程

无传动浮选槽结构示意图如图 1 所示，主要由矿浆分配器、发泡器、充气环管、矿化管、喷头、分选槽筒体、泡沫收集槽、中矿管、底流管等组成。

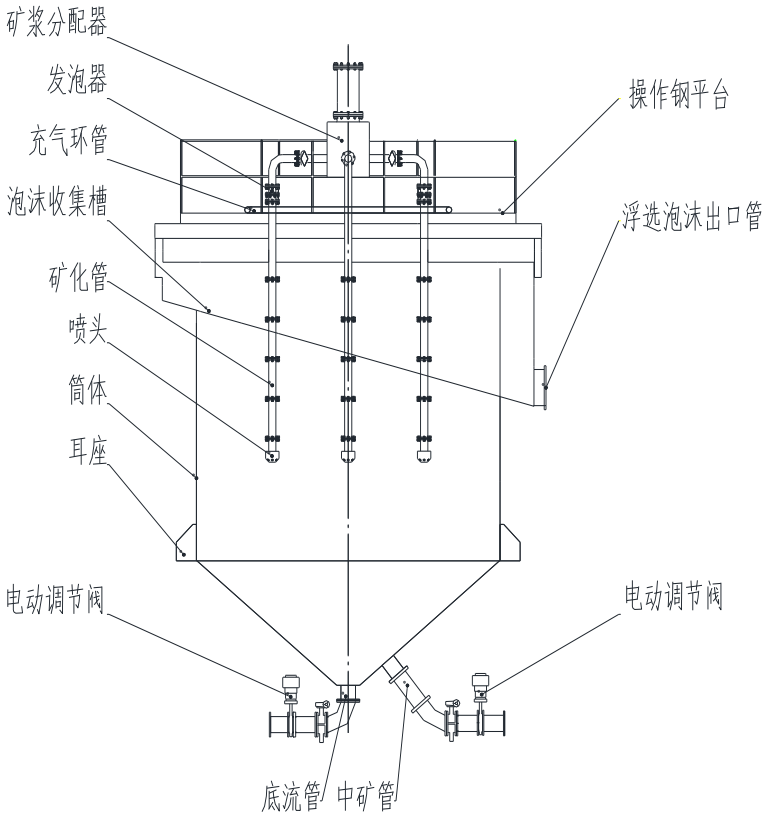


图 1　无传动浮选槽结构示意图

无传动浮选槽装备技术对铝土矿浮选脱硅和浮选脱硫通常采用简单的一粗一精一扫短流程工艺，具体工艺流程图见图 2。浮选脱硅也可采用一粗两扫工艺流程，根据不同矿石对磨矿粒度的要求，在上述工艺流程中也可增加分级和二段磨矿工艺。

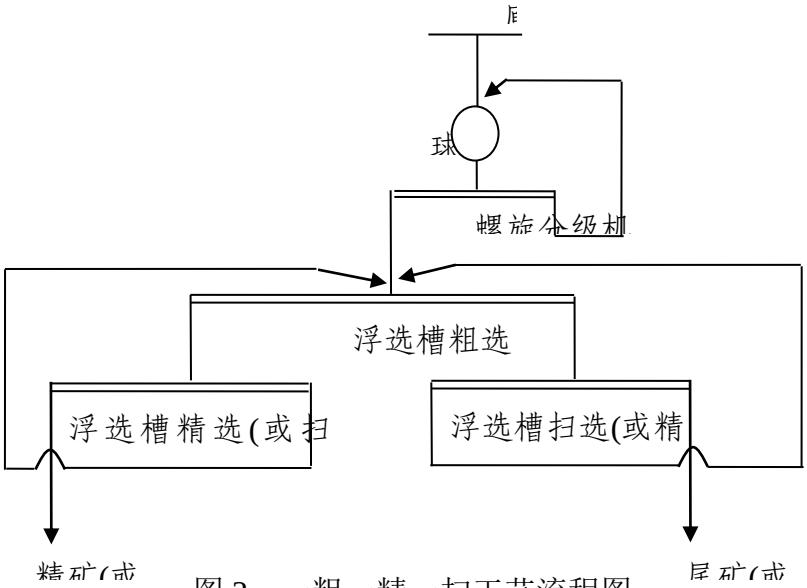


图 2　一粗一精一扫工艺流程图

原矿经过一段磨矿分级后，溢流产物与扫选泡沫（或底流）及精选底流（或泡沫）混合到一起进入浮选槽粗选作业，粗选泡沫经过一次精选（或扫选）作业后获得泡沫精矿（或尾矿），粗选底流进入扫选（或精选）作业，扫选（或精选）泡沫返回粗选作业，扫选（或精选）底流直接作为尾矿（或精矿）。

五、主要技术指标

1.经工业试验及生产实践证明，与传统机械搅拌式浮选机相比，铝土矿选矿采用无传动浮选工艺节省药剂用量约 30%，电耗降低约 30%（10kWh/t 原矿）。

2.工业生产浮选脱硫成本每吨原矿 60 元，较机械搅拌式浮选机传统浮选脱硫成本每吨原矿降低 15 元；工业生产浮选脱硅成本每吨原矿 58 元，较传统机械搅拌式浮选机脱硅成本每吨原矿降低 7 元。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得国家发明专利 3 项，实用新型专利 2 项。2011 年通过中国有色金属工业协会组织的科技成果鉴定；2013 年获中国循环经济协会科学技术奖一等奖。目前，该技术已在开曼铝业（三门峡）有限公司、山西道尔投资有限公司、鲁山县冠华实业有限公司、中国铝业遵义氧化铝有限公司等企业成功应用。

七、典型应用案例

典型用户：开曼铝业（三门峡）有限公司、山西道尔投资有限公司、鲁山县冠华实业有限公司等

典型案例 1

案例名称：开曼铝业（三门峡）有限公司 120 万 t/a 选矿脱硫项目

技术提供单位：中国铝业郑州有色金属研究院有限公司

建设规模：120 万 t/a 选矿脱硫项目浮选生产线，给料控制系统的压力为 0.08-0.2MPa，气量控制系统的压力控制为 0.1-0.6MPa。主要建设内容为流程改造、中矿循环系统改造、矿浆分配器及新型矿化系统改造更换、自动控制系统安装等。主要设备：Φ3000 无传动浮选槽、渣浆泵、智能自控系统等。节能技改投资额 1000 万元（包括设备购置、流程改造及安装工程费用），建设期 6 个月。相比传统浮选机每年可节能 3840 tce/a，年碳减排量为 9000tCO_2。年节能经济效益 600 万元，投资回收期约 2 年。

典型案例 2

案例名称：山西道尔投资有限公司 120 万 t/a 选矿脱硅项目

技术提供单位：中国铝业郑州有色金属研究院有限公司

建设规模：120 万 t/a 选矿脱硅项目浮选生产线，给料控制系统的压力为 0.08-0.2MPa，气量控制系统的压力控制为 0.1-0.3MPa。主要建设内容为低品位铝土矿浮选脱硅生产线改造。主要设备为 Φ4500 无传动浮选槽、渣浆泵、智能自控系统等。节能技改投资额 1040 万元（包括设备购置、流程改造及安装工程费用），建设期 6 个月。相比传统浮选机每年可节能 3072tce/a，年碳减排量为 7200tCO_2。年节能经济效益 538 万元，投资回收期约 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

与传统机械搅拌式浮选机相比，对于同规模的选矿厂，该技术具有投资更少、流程更短、能耗更低的特点，且平均节能能力可达 3.2tce/kt 原矿。预计未来 5 年，可在铝土矿、煤矿、磷矿、铜矿、铁矿等选矿领域的推广比例将达到 10%，选矿总产能可达 200000kt/a。形成的年节能能力约为 64 万 tce，形成的年碳减排能力约 150 万 tCO_2。

68 双炉粗铜连续吹炼节能技术

一、技术名称：双炉粗铜连续吹炼节能技术

二、适用范围：有色金属冶炼及压延加工业 铜精矿冶炼工艺的吹炼工序

三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状

依据国家标准GB 21248-2014《铜冶炼企业单位产品能耗消耗限额》中对粗铜工艺综合能耗（铜精矿-粗铜）限定值的规定，现有铜冶炼企业≤300kgce/t，新建铜冶炼企业≤180kgce/t；并规定粗铜工艺综合能耗的先进值为≤150kgce/t。目前我国铜冶炼（铜精矿冶炼工艺）生产企业因原料、工艺及装备存在差异，能耗水平不尽相同，粗铜产品综合能耗在150-300kgce/tCu范围，节能潜力较大。

四、技术内容

1．技术原理

该技术将铜精矿冶炼工艺中吹炼环节的造渣期和造铜期由传统间歇式 P-S 转炉吹炼工艺 (在一个吹炼空间分先后间断进行)，改为分置到两个独立固定的吹炼空间（造渣炉和造铜炉）前后连续进行，造渣炉与造铜炉之间用溜槽连接。该工艺连续进料，充分利用熔炼炉所产生的冰铜显热，可避免转炉吹炼需等料而导致鼓风机空吹带来的电力消耗；该工艺运行下烟气温度高、烟气量小、烟气连续稳定，同时设置中压余热锅炉，通过回收余热生产中压饱和蒸汽发电，实现节能。

2．关键技术

该工艺技术是一种主要由造渣炉、造铜炉以及连接前、后端装备的溜槽优化组合而成高效的铜精矿冶炼工艺的吹炼设备，其主要关键技术如下：

（1）吹炼造渣和造铜期分置空间反应技术

将粗铜吹炼所必须经过的造渣和造铜两个阶段，依次分置在两个吹炼空间，即冰铜在造渣炉内完成造渣吹炼，脱出冰铜中的Fe，产出含Fe很低的白冰铜；白冰铜在造铜炉内完成造铜吹炼，脱出白冰铜中的S及其它杂质，产出优质粗铜。

（2）液态冰铜、白冰铜及粗铜溜槽转送技术

熔炼炉与造渣炉、造渣炉与造铜炉、造铜炉与阳极炉之间的液态铜均通

过炉窑之间的溜槽进行转送，而不用冶金包进行熔体的转移，也无需在冶炼厂房内设置大吨位冶金吊车。

（3）连续生产技术

熔炼炉产出冰铜连续流入造渣炉，在造渣炉发生氧化反应产出白冰铜并连续流入造铜炉，白冰铜在造铜炉发生氧化反应连续产出粗铜。

（4）铜水套冷却挂渣保护技术

造渣炉和造铜炉的关键部位均设置采用了铜水套冷却挂渣保护技术，从而有效延长炉窑的使用寿命。

（5）残阳极加料技术

采用自主研发的残阳极加料技术，将电解工序返回的残阳极直接通过链式残阳极加料装置送入造铜炉。

（6）环集烟气收集技术

在熔炼炉、造渣炉和造铜炉的排铜、排渣口均设置自主研发的环境烟气集烟罩，对环集烟气统一收集并汇入制酸系统回收有价元素，同时确保了连续生产过程中无烟气逸散和低空污染。

3．工艺装备及流程

双炉粗铜连续吹炼工艺的技术装备及工艺流程见图1和图2。

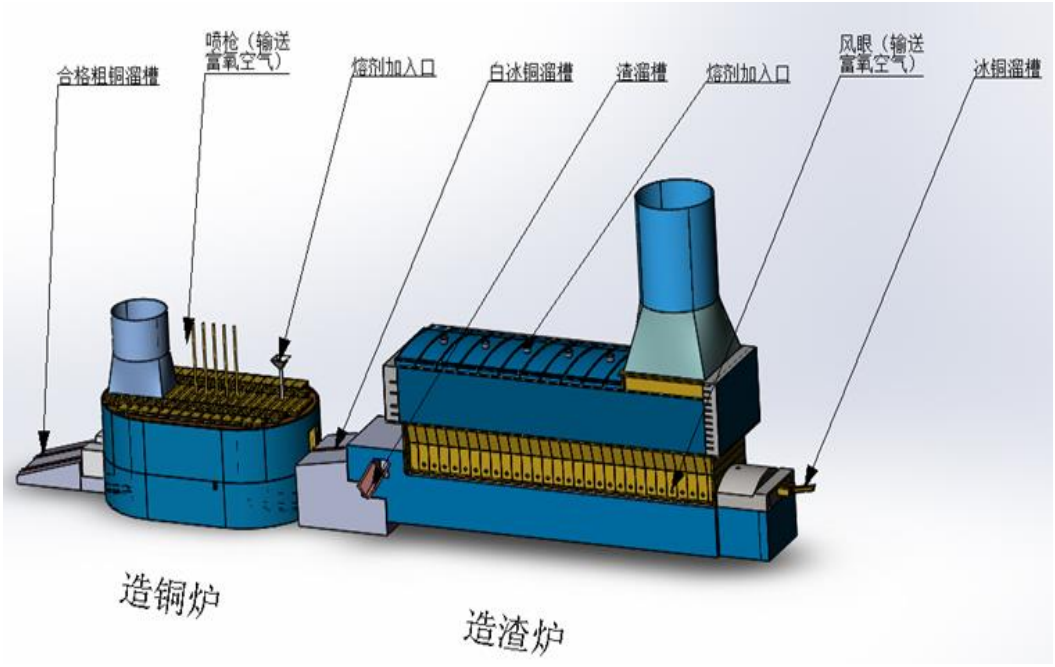


图 1 双炉粗铜连续吹炼炉装备图

工艺流程描述如下：

（1）造渣吹炼：熔炼炉产出含铜品位为 55%的冰铜，通过溜槽连续流入造渣炉，按优化设定的氧料比和熔剂加入量，通过 DCS 集散控制系统控制供风设备和熔剂加入设备，向熔池中鼓入富氧空气，并通过炉顶加料口向熔池内加入熔剂；同时根据炉温，调节富氧浓度及适量向炉内加入造铜炉渣和火法精炼渣等低品位含铜冷料；吹炼形成的渣浮在熔池上面，经沉淀分离后连续从溢流口排出进入渣包后运到渣缓冷场，进行浮选贫化处理；吹炼形成的白冰铜沉入熔池下部，从虹吸口连续排出并通过溜槽进入造铜炉；造渣吹炼产生的烟气经出口烟道进入余热锅炉，降温后进入冶炼烟气除尘、脱硫处理系统。

（2）造铜吹炼：白冰铜进入造铜炉后，按优化设定的氧料比和熔剂加入量，通过 DCS 集散控制系统控制供风设备和熔剂加入设备，向熔池中鼓入富氧空气，并通过炉顶加料口向熔池内加入熔剂；同时根据炉温的高低，适量向炉内加入残阳极等高品位含铜冷料和调节富氧浓度来控制炉温；通过炉顶的熔剂加入口加入少量熔剂；由于造铜期的渣量很小，因此采用间断放出的操作模式（约 12 小时放一次渣）；间断放出的造铜期渣通过渣包倒入渣冷却场，自然冷却破碎后均匀返回造渣炉；造铜炉产出的合格粗铜间断或连续通过溜槽排入阳极炉；造铜吹炼烟气经烟道出口进入余热锅炉，降温后进入冶炼烟气除尘、脱硫系统。

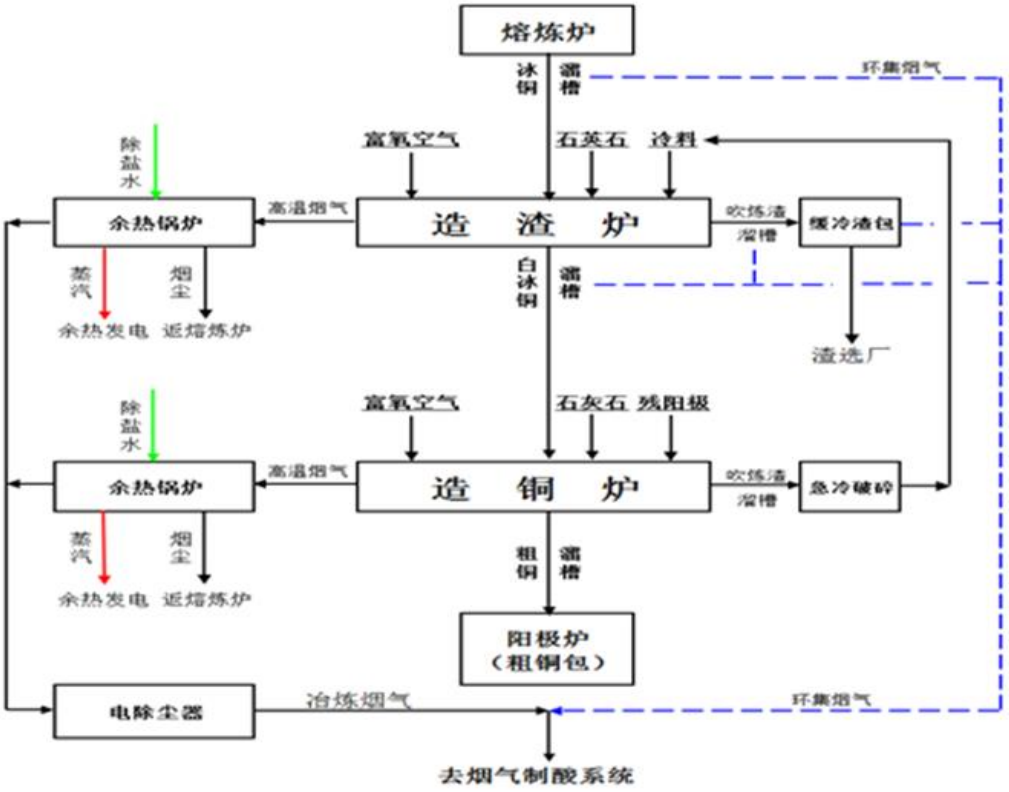


图 2 双炉粗铜连续吹炼工艺流程图

五、主要技术指标

1．粗铜综合能耗指标≤110kgce/t；

2．粗铜平均品位 98.8%-99.1%；

3. 粗铜含硫≤0.03%；

4. 冰铜至粗铜吹炼直收率为 98.39%；

5．送风时率（作业率）达 99%；

6. 较转炉时期产能提高 30%；

7. 吨粗铜烟气量≤4000Nm^3；

8. 硫回收率≥98.4%；

9. 硫捕集率≥99.8%。

六、技术应用情况

该技术获得国家发明专利 1 项，实用新型专利 1 项，并于 2015 年 4 月通过中国有色金属工业协会组织的科技成果鉴定。2014 年 9 月，首套粗铜连续吹炼工艺技术在赤峰云铜年产 13 万 t 阴极铜铜冶炼项目中投入工业化生产，此外还成功应用于广西南国铜业有限责任公司年产 20 万 t 的阴极铜铜冶炼项目，节能效果显著。

七、典型用户及投资效益

典型用户：赤峰云铜有色金属有限公司、广西南国铜业有限责任公司。

典型案例 1

项目名称：赤峰云铜粗铜连续吹炼工艺技术节能改造项目

技术提供单位：赤峰云铜有色金属有限公司、赤峰金峰冶金技术发展有限公司

建设规模：生产线规模 12.5 万 t。建设条件：与前端的金峰熔炼炉及后端阳极精炼炉产能匹配。主要技改内容：以双炉粗铜连续吹炼工艺技术取代传统 PS 转炉吹炼技术，主要设备为增加造渣炉和造铜炉各 1 台。节能技改投资额 4130 万元，建设期 4 个月。每年可节能 4822tce，碳减排量约 15800tCO2。年节能综合经济效益为 3350 万元，投资回收期约 1.3 年。

典型案例 2

项目名称：广西南国铜业有限责任公司年产 20 万吨高纯阴极铜项目

技术提供单位：赤峰云铜有色金属有限公司、赤峰金峰冶金技术发展有限公司

建设规模：年产 20 万 t 高纯阴极铜。建设条件：有足够的建筑面积，前后端工序设备产能匹配。主要建设内容：以新建双炉粗铜连续吹炼工艺系统取代建设传统 PS 转炉吹炼系统，主要设备为造渣炉和造铜炉各一台。节能技术建设投资额 8036 万元，建设期 6 个月。每年可节能 7716tce，碳减排量 25301tCO_2。年节能经济效益 5545 万元，投资回收期约 1. 5 年。

八、推广前景和节能潜力

对于生产规模达到 10 万吨以上的现有铜冶炼厂，不论采用何种熔炼工序，只要场地条件具备，都可以采用双炉粗铜连续吹炼工艺进行技术改造，从而淘汰高能耗、高污染的 P-S 转炉间歇吹炼工艺；对于新建铜冶炼厂，无论是从环保角度考虑，还是从经济效益角度考虑，均不会再使用 P-S 转炉，而会采用低能耗、低污染的连续吹炼工艺技术，因此该技术具有较大的推广前景。预计到 2020 年，该技术在铜冶炼行业的推广比例可达 30%，项目总投资 9 亿元，可形成的年节能能力为 12 万 tce，碳减排能力为 38 万 tCO_2。

69 节能高效强化电解平行流技术

一、技术名称：节能高效强化电解平行流技术

二、适用范围：有色金属行业 电解精炼工序

三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状

世界铜电解工艺自问世以来，已有140多年历史，现有常规电解工艺主要采用始极片电解和永久不锈钢阴极电解两种方式，是典型的高能耗行业。最早采用传统的始极片工艺生产电解铜，其电流密度一般在250A/m^2以下。此后，不锈钢阴极及专用机组的应用可以使电流密度提高到280-330A/m^2。虽然较低的电流密度降低了铜冶炼的电能消耗，但蒸汽消耗量巨大，存在生产效率低、综合能耗高、生产成本大等问题，电解工序综合能耗普遍在100-140kgce/t。而高效强化电解平行流技术有效解决了高电流密度下浓差极化和阳极钝化等技术难题，并于2011年6月应用生产，电流密度可稳定在420A/m2以上，节能效果显著。

四、技术内容

1．技术原理

电解液以 0.5m/s-2.5 m/s 高速度在靠近阴极板侧下部强制平行喷射进入阴阳极板间，给电解液提供动能，阴极表面电解液向上运动，阳极表面电解液向下运动，电解液在阴极和阳极之间形成“内循环”，消除浓差极化，同时带动阳极板表层阳极泥快速沉降，打破阳极钝化相膜，消除阳极钝化，从而实现高电流密度生产。高电流转化的热能可满足电解液热平衡，加热蒸汽消耗降低约 85%，节能效果显著。

2．关键技术

（1）平行流电解精炼新工艺技术

通过对电解反应机理研究及计算机仿真，开发出具有自主知识产权的平行流电解新工艺，解决了高电流密度下电解浓差极化这一世界难题，生产效率和电解产能提高50%。

（2）高杂阳极铜的射流电解精炼新技术

通过对阳极铜中杂质元素在电解过程中反应行为研究及试验，开发出具有自

主知识产权的射流电解精炼新技术，解决了阳极泥漂浮和阳极钝化难题，实现高电流密度条件下处理高杂阳极铜的突破，A 级阴极铜率100%。

（3）平行流电解工艺成套装备系统技术

根据新工艺技术原理及特点，开发出平行射流技术装备PFD/PFP；开发出采用变频泵直接供液的成套循环系统装备；开发出平行射流互联网+智能化控制系统配套平行流电解工艺，首次实现高电流密度的智能化铜电解大工业生产。

3．工艺流程

采用电解液由循环槽经变频泵直接给电解槽供液，取消了传统电解循环系统中的高位槽，电解槽供液采用侧面给液方式或采用两侧给液方式通过进液装置的喷嘴流出，由槽面两端溢流出的电解液汇总后返回循环槽。同时在出装槽作业时，利用变频泵与循环电解液的压力联锁，调节对电解槽的给液量，实现对电解槽给液的自动调节。通过平行流装置对阴极板的准确定位，电解装槽过程中加上全自动电解装用吊车与电解槽间的准确定位，带有阴极定位器的平行流装置对电解系统实现了全自动生产。传统电解工艺与新型平行流电解工艺流程图分别见图 1 和图 2。

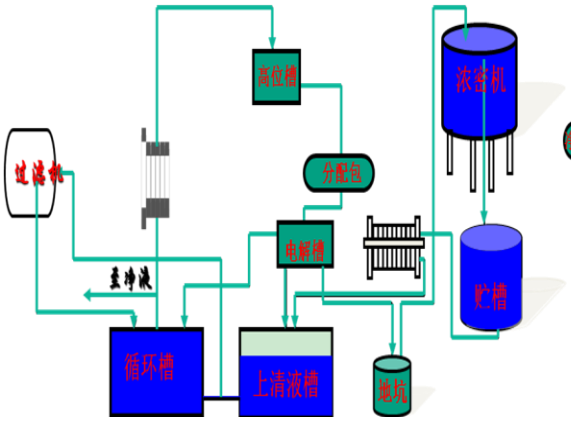


图 1 传统电解工艺流程图

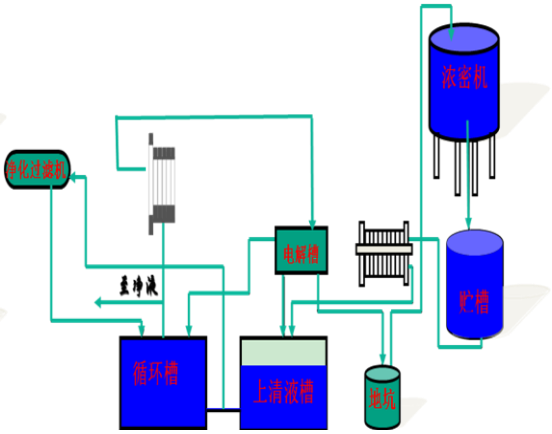


图 2 平行流电解工艺流程图

五、主要技术指标

1．电流密度：420A/m^2；

2．电流效率：98%；

3．蒸汽单耗：0.11t/t 铜；

4．产能：同等装备情况下，产能提高 50%。

六、技术应用情况

该技术已获得国家发明专利 2 项，实用新型专利 8 项，参与制定国家标准 2 项，并于 2015 年 8 月通过中国有色金属工业协会组织的科技成果评价，于 2016 年获得中国有色金属工业科学技术奖一等奖。目前，该技术成果已在山东阳谷祥光铜业、中国黄金集团河南中原黄金冶炼厂等先后应用，并在西班牙、奥地利等国的铜业生产线上推广使用。

七、典型用户及投资效益

典型用户：阳谷祥光铜业有限公司、西班牙大西洋铜业冶炼厂等

典型案例 1

项目名称：阳谷祥光 50 万 t 电解阴极铜工程项目

技术提供单位：阳谷祥光铜业有限公司

建设规模：年产 50 万 t 阴极铜工程。建设条件：采用永久不锈钢阴极工艺及装置基础上，在电解槽安装平行流装置，配套高电解液循环装置组织生产。主要技改内容：项目主要在原有 1440 个电解槽上安装平行流装置，由循环槽经变频泵直接给电解槽供液，取消了传统电解循环系统中的高位槽。主要设备为 1440 套平行流装置 PFD 和 4 套电解液循环装置。节能技改投资额 11200 万元，建设期两年。每年可节能 28500tce，碳减排量 75240 tCO_2。年节能经济效益为 3600 万元，投资回收期约 4 年。

典型案例 2

项目名称：西班牙大西洋铜业 26 万 t 电解阴极铜工程项目

技术提供单位：阳谷祥光铜业有限公司

建设规模：年产 26 万 t 阴极铜工程，建设条件：采用永久不锈钢阴极工艺及装置基础上，在电解槽安装平行流装置，采用配套的高电解液循环装置组织生产。主要技改内容：在 720 个电解槽内安装平行流装置，采用平行流电解精炼工艺作业制度。主要设备为 720 套平行流装置 PFD 和 2 套电解液循环装置。节能投资额 5600 万元，建设期两年。每年可节能 15000tce，碳减排量 39600 tCO_2。年节能经济效益 1900 万元，投资回收期约 3 年。

八、推广前景和节能潜力

高效强化平流技术不仅适用于铜电解行业，可推广到其他有色金属电解精炼

行业。预计到 2020 年，该技术可在有色金属冶炼行业推广到 50%，项目总投资 18 亿元，可形成的年节能能力可达 46 万 tce，碳减排潜力约 120 万 tCO_2。

70 新型稳流保温铝电解槽节能技术

一、技术名称：新型稳流保温铝电解槽节能技术

二、技术所属领域及适用范围：有色金属行业　电解铝企业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

现有传统铝电解槽技术直流电耗 13000kWh/t-Al，电力成本约占电解铝总成本的 50%左右。2016 年全国原铝产量 3200 万 t，平均铝锭综合交流电耗约 13500kWh/t-Al 左右，吨铝生产排放二氧化碳 11t。新型稳流保温铝电解节能技术可以实现吨铝节电 500kWh，吨铝减排二氧化碳 0.375t。

四、技术内容

1．技术原理

该技术通过模拟仿真和理论计算，优化铝液中的电流分布，降低铝液的流速和界面变形，优化阴极碳块中的电流分布，提高阴极铝水的稳定性；通过优化阴极结构和材料选型，开发稳流高导钢棒，结合低阴极压降组装技术，降低阴极压降，降低槽电压；通过根据电解槽区域能量自耗和电解质成分的初晶温度优化设计槽内衬，优化等温线分布，形成理想炉膛，降低侧下部散热；通过合理匹配电解槽工艺技术参数，最终达到稳定铝液波动、降低水平电流、降低槽电压、减少侧下部散热的目的，确保电解槽低电压高效率稳定运行，降低了电耗。

2．关键技术

（1） 铝阴极稳流优化技术

优化铝液中的电流分布，降低铝液所受电磁力，降低铝液的流速和界面变形，提高阴极铝水的稳定性；优化阴极碳块中的电流分布，避免碳块中的热应力集中，有利于提高槽寿命。建立了铝液、阴极碳块、钢棒同步优化组合复合稳流模式，在阳极电流密度 0.74A/cm^2时，阴极压降可降低至 169mV，同时优化了阴极铝液和阴极碳块的电流分布，使铝液和阴极碳块中的电流分布更加均匀，中缝位置阴极碳块垂直电流密度电流增加了 2.9%，出电端垂直电流降低了 32.7%。

（2） 电压平衡优化技术

通过优化阴极结构和材料选型，开发稳流高导钢棒，钢棒经过特殊处理后，常温电导率由普通钢棒的 4.03m/Ω·mm^2提高到 9.45m/Ω·mm^2。结合低阴极压

降组装技术，使阴极组装压降控制在 40mV 以下。石墨化阴极电解槽的理论槽电压达到 3.70V，50%石墨质阴极电解槽的理论槽电压达到 3.82V。

（3）热平衡优化技术

根据电解槽区域能量自耗和电解质成分的初晶温度优化设计槽内衬，优化等温线分布，形成理想的炉膛，提高阴极寿命，降低侧下部散热。通过对内衬材料重新设计和优选，实现初晶温度等温线下移，保护了阴极不会受到电解质凝结破坏，有利于电解槽长期稳定高效运行。同时，底部保温线上移，又可确保保温材料不受破坏，炉底温度降低，既减少了电解槽的底部散热，又可确保槽寿命。

（4）工艺参数匹配优化技术

通过理论推导和科学计算，结合现场实践，合理匹配电解槽工艺技术参数，确保电解槽低电压高效率稳定运行。根据实际条件，通过具体分析计算得出电解槽最佳的工艺参数。

3．工艺流程

新型稳流保温铝电解槽节能技术的工艺流程图见图 1。

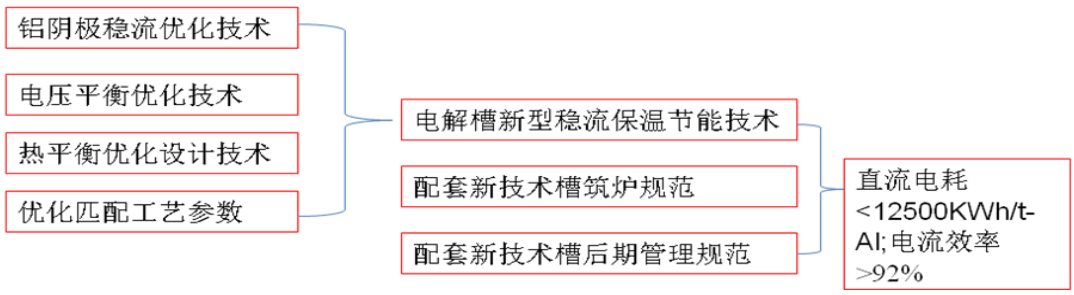


图 1　新型稳流保温铝电解槽节能技术流程图

五、主要技术指标

1．铝液直流电耗＜12500kWh/t-Al；

2．电流效率≥92%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2016 年通过中国有色金属工业协会组织的专家成果鉴定，获得 2016 年度中国有色金属工业科学技术奖一等奖，并获得 1 项国家发明专利，2 项实用新型专利。目前，该技术已在不同槽型的铝电解槽上使用，包括河南中孚铝业有限公司、永登铝业有限公司、林州市林丰铝电有限责任公司，以及中铝公司下属的连城分公司、山东华宇、青海分公司、兰州分公司、山西华圣、贵州分公司、包头分公司、山西华泽、遵义铝业等 9 家分公司，均获得了良好的应用效

果，实现吨铝节电 500kWh 以上，经济效益和环境效益巨大。

七、典型应用案例

典型用户：河南中孚铝业有限公司、永登铝业有限公司、林州市林丰铝电有限责任公司、中铝公司下属的连城分公司、山东华宇、青海分公司、兰州分公司、山西华圣、贵州分公司、包头分公司、山西华泽、遵义铝业等。

典型案例 1

案例名称：河南中孚铝业有限公司新型稳流保温铝电解槽改造项目

技术提供单位： 中国铝业郑州有色金属研究院有限公司

建设规模：200 台 400kA 和 320kA 电解槽。建设条件：大修槽。主要技改内容：铝电解槽大修，包括内衬优化，阴极优化，筑炉管理，工艺参数匹配等。主要设备为铝电解槽、内衬材料、高导电钢棒等。节能技改投资额：新增投资 2000 万元，建设期 24 个月。项目年节能量约 3.2 万 tce，碳减排量约 7.5 万 tCO_2。年节能经济效益约为 3420 万元投资回收期 7 个月。

典型案例 2

案例名称：河南永登铝业有限公司新型稳流保温铝电解槽改造项目

技术提供单位：中国铝业郑州有色金属研究院有限公司

建设规模：40 台 240kA 电解槽。建设条件：大修槽。主要技改内容：铝电解槽大修，包括内衬优化、阴极优化、筑炉管理、工艺参数匹配等。主要设备为铝电解槽、内衬材料、高导电钢棒等。节能技改投资额：新增投资额 240 万元，建设期 24 个月。项目年节能量为 4160tce，碳减排量为 9750tCO_2。年节能经济效益为 444 万元，投资回收期约 7 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

新型稳流保温铝电解槽节能技术可实现系列铝液直流电耗小于 12500kWh/t-Al，可较传统槽系列节电 500kWh/t-Al，节能潜力巨大。预计未来 5 年，可推广产能 300 万 t 左右，占全国产能的 10%，项目总投资约 3 亿元，可形成年节能潜力约 48 万 tce，年减碳能力 112 万 tCO_2。

71 大型高效阳极焙烧炉系统控制节能技术

一、技术名称：大型高效阳极焙烧炉系统控制节能技术

二、技术所属领域及适用范围：有色金属行业，铝用阳极生产焙烧工序

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

根据 2016 年行业统计数据，铝用预焙阳极产量约 1700 万 t。近年来，尽管行业在阳极焙烧炉的节能减排、质量提升、工艺控制优化等方面做了大量工作，但现阶段阳极焙烧炉单个火焰系统的产能仅在 4～6 万 t，天然气消耗水平约 60Nm^3/t 阳极，电耗水平约 60kWh/t 阳极，与国外先进技术水平相比（50Nm^3/t 阳极）仍有一定的差距，节能潜力仍然较大，开发大型高效节能阳极焙烧炉也成为技术发展的趋势和需求。

四、技术内容

1．技术原理

通过建立焙烧炉仿真模拟模型对炉体和燃烧控制系统设备结构优化，降低系统烟气流动过程中的阻力损失，减小排烟风机电耗，提高烟气的换热效率，降低炉体表面散热量；通过不等周期移炉操作和长保温时间低保温温度工艺，实现烟气余热的利用。同时，大型阳极焙烧炉实现单个炉室 15 火道 14 料箱布置，单炉装炉量增加，边火道和转弯炉室数量减少，可有效提高生产效率，降低能耗水平。

2．关键技术

（1）新型炉体布局技术

传统焙烧炉布置方案一般单个炉室配置 6～9 条火道（5～8 个料箱），并置于单跨厂房内，大型阳极焙烧炉单个炉室配置 15～17 条火道（14～16 个料箱），焙烧炉的上下两个部分分别置于一双连跨厂房的两跨厂房内，端部用连通火道相连，将两跨厂房的焙烧炉两个部分连成一个整体，形成大型环式焙烧炉。新的炉体布局边火道和转弯炉室数量减少，有利于能耗水平降低。边火道数量减少，相当于能耗水平降低 2～3Nm^3/t 阳极。

（2）焙烧炉三维仿真模型技术

通过该模型开发出大型高效节能焙烧炉新型火道结构、炉体密封和保温结构、新型排烟架等结构。通过对流场和压力场的模拟优化，将炉内及排烟系统的压损降低 50%以上，大大降低风机电耗，车间电耗水平降低 22～24kWh/t 阳极；同时通过流场、温

度场分布优化，确保了大型焙烧炉的能耗水平降低及产品温度均一性提升；通过采用焙烧炉三维仿真模型在此平台上对炉体进行结构优化，实现节能降耗和产品温度均匀性的提升。炉体结构的优化、表面散热降低以及加热效率提升，相当于降低能耗水平6～7Nm^3/t 阳极。

（3）焙烧工艺加热与余热利用技术

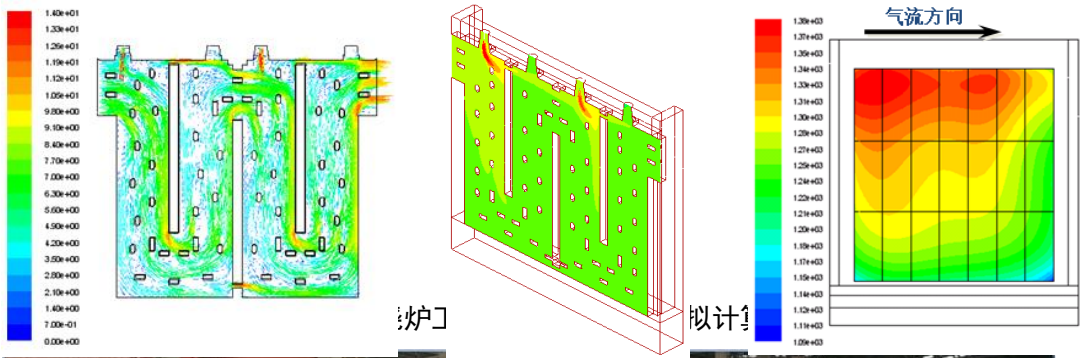
针对焙烧过程影响阳极质量的升温速率、焙烧终温、保温时间及生块沥青含量等主要因素，开发应用“不等周期移炉操作”方法实现高温烟气余热有效利用，降低焙烧炉能耗，同时通过“长保温时间低保温温度”加热控制方法，减少加热过程供入的燃气量并降低料箱的温差水平。烟气排烟温度和保温温度的降低，减少能耗水平 3～4Nm^3/t 阳极。

（4）大型阳极焙烧炉新一代燃烧控制系统技术

新型控制系统采用从加热到冷却一体化的整体控制策略，开发出负压均衡控制、多点燃烧稳定控制、冷却自平衡控制等模块，为实现大型焙烧炉的稳定合理控制提供了技术保障。

3．工艺流程

大型阳极焙烧炉工艺过程三维仿真模拟计算结果见图 1。



在控制系统开发方面，在开发负压均衡控制、多点燃烧稳定控制、冷却自平衡控制等控制模块，实现控制效果的稳定性以及各火道和料箱温度的均匀性之外，对硬件结构也进行了优化，图 2 为开发的新型排烟架结构，使排烟系统压力损失减少 50%左

右。

五、主要技术指标

1．单个火焰系统产能 8.5～9.5 万 t/a；

2．能耗 1.65～1.75GJ/t 阳极，折合燃气 47～49Nm^3/t 阳极，比行业平均水平降低 11～13Nm^3/t 阳极左右；

3.系统压力水平降低 50%，平均电耗 36～38kWh/t 阳极，比行业平均水平降低 22～24kWh/t 阳极左右；

4．单个料箱炭块的温差水平：小于±20℃。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得国家发明专利 7 项，实用新型专利 2 项，并于于 2017 年通过了中国有色金属工业协会组织的成果鉴定，整体技术达到国际领先水平。目前，该技术已经在嘉峪关索通炭材料有限公司、山东信发信源炭素有限公司、山东创新炭材料有限公司、山西华泽铝电有限公司等 6 个项目上成功应用，总产能约 240 万 t，效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：嘉峪关索通炭材料有限公司、山东信发信源炭素有限公司、山东创新炭材料有限公司、山西华泽铝电有限公司、中铝抚顺分公司等。

典型案例 1

案例名称：嘉峪关索通炭材料有限公司

技术提供单位： 沈阳铝镁设计研究院有限公司

建设规模：34 万 t 预焙阳极项目配套阳极焙烧炉及其控制系统。建设条件：使用天然气作为焙烧炉燃料。主要建设内容：新建 1 台 72 室 15 火道 14 料箱的大型阳极焙烧炉。主要设备为 72 室 15 火道 14 料箱大型阳极焙烧炉、自动控制系统以及烟气处理系统。项目总投资额约 11150 万元，建设期 24 个月。项目可实现年节能量 7930tce，碳减排量 20930tCO_2。年节能经济效益约 1534 万元，投资回收期约 7.5 年。

典型案例 2

案例名称：索通创新 60 万 t 预焙阳极项目

技术提供单位：沈阳铝镁设计研究院有限公司

建设规模：60 万 t 预焙阳极项目配套阳极焙烧炉及其控制系统。建设条件：使用天然气作为焙烧炉燃料。主要建设内容：新建 2 台 56 室 16 火道 15 料箱大型阳极焙烧炉。主要设备为：56 室 16 火道 15 料箱大型阳极焙烧炉、自动控制系统以及烟气处理

系统。项目总投资额约 18000 万元，建设期 24 个月。项目可实现年节能量 13990tce，碳减排量 36940tCO_2。年节能经济效益约 2700 万元万元，投资回收期约 6.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

采用大型阳极焙烧炉技术可提高生产效率，并具有良好的节能减排效益。预计未来 5 年内，采用该技术的焙烧炉总产能将达到 400 万 t 左右，约占行业总产能的 30%，项目总投资 20 亿元，可形成的年节能潜力约 14 万 tce，碳减排能力约 37 万 tCO_2。

72 变换气制碱及其清洗新工艺技术

一、技术名称：变换气制碱及其清洗新工艺技术

二、技术所属领域及适用范围：化工行业 联合法制碱企业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前联碱法生产纯碱的生产企业 30 家，总产量已超过 1 千万 t，其中采用变换气制碱技术的企业 12 家，总产量达 240 万 t。与目前的浓气联合制碱技术比较，变换气制碱技术单位产品节能 25kgce。按照上述浓气制碱产量，比采用变换气制碱法全国年耗能额外消耗 21.5 万 tce。目前该技术可实现节能量 5 万 tce/a，减排约 13 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

变换气制碱技术将合成氨生产中的变换气直接送入联碱碳化塔，在脱除变换气中二氧化碳的同时，又生成碳酸氢钠。这是我国继侯德榜发明联合制碱法后又一次在世界上首创新的纯碱生产工艺。变换气制碱将纯碱生产与合成氨生产进一步联合起来，纯碱的碳化工序同时又是合成氨的脱碳工序，它省掉了合成氨生产中的脱碳工序、联碱生产的 CO_2 压缩工序，同时还节省了合成氨脱 CO_2 溶液再生需要消耗的能量，节能效果和经济效益均十分显著。

变换气制碱清洗新工艺采用对 $NaHCO_3$ 不饱和的母液和部分出塔尾气加压后进清洗作业的碳化塔以增大塔内物料的搅动、加快塔内溶疤速度的清洗方法，实现了碳化塔和外冷器同时清洗，不但避免了洗水排放造成污染，而且使碱疤溶入母液、回到生产系统中，减少了物料损失，降低了消耗。

2.关键技术

低温变换气制碱技术；变换气制碱清洗流程；高效外冷碳化塔。

3.工艺流程

联碱生产过程中的氨母液 II 经泵送入碳化塔（清洗），在清洗碳化塔内，以增压后的碳化尾气为清洗介质进行搅动，热氨母液 II 自上而下流经塔内，溶解碱疤并吸收从塔底而上气体中的 CO_2（称清洗或预碳酸化过程），然后从碳化塔（清洗）底部取出，称碳氨母液 II，再经泵将其送至各碳化塔（制碱）顶部，与塔底通入来自合成氨装置的变换气逆流接触吸收其中的二氧化碳，生成碳酸氢钠的悬浮液，出碱液靠液位差自

压出碱槽后进行固液分离。

碳化塔反应热和结晶热通过母液自然循环至各外冷器利用冷却水将热量移出。

制碱塔尾气和清洗塔尾气合并进入碳化尾气洗涤塔，用软水进一步洗涤净化尾气中的 NH_3 和 CO_2，净氨后的碳化尾气（称脱碳气）符合合成氨系统的原料气含微量 CO_2 和 NH_3 的要求，返回合成氨装置，其中部分碳化尾气进入增压机，加压后送至碳化清洗塔作为清洗气用。工艺流程如图 1 所示。

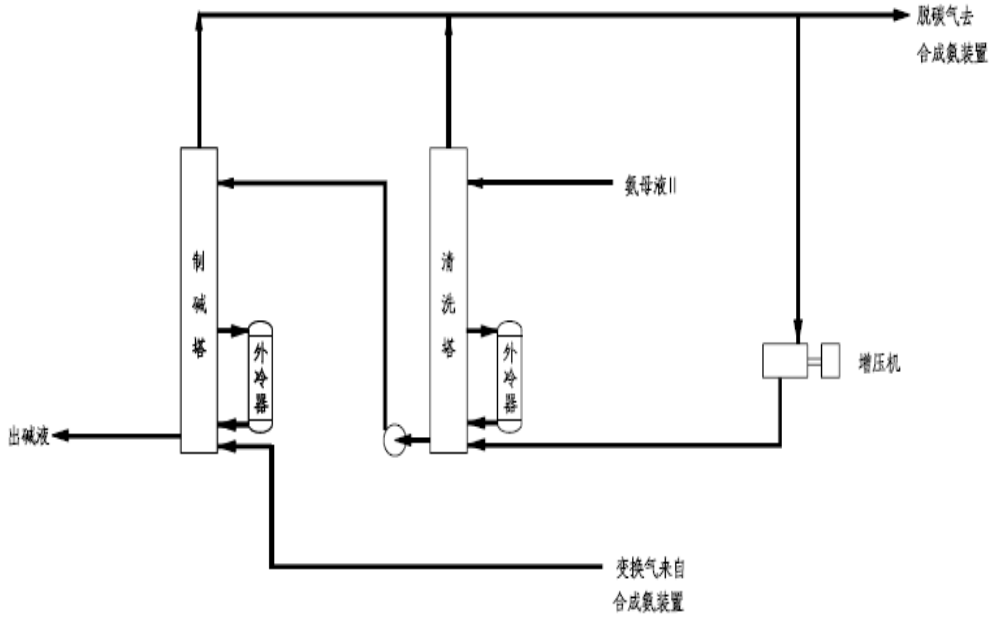


图 2　环保型变换气制碱外冷碳化塔清洗新工艺流程示意图（无角阀流程）

图 1　工艺流程图

五、主要技术指标

出碳化塔尾气 CO_2＜0.2%vol；碳化塔系统压降 0.32-0.35MPa；碳化塔进出母液 CNH_3 增量 42tt -50tt；结晶平均粒径＞120μm；碳化塔作业周期一年。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

1999 年通过国家石油和化学工业局技术鉴定；高效自然循环外冷式碳化塔取得实用新型专利，2000 年和 2007 年分别取得 2 项发明专利证书，至今采用本技术的制碱已经有 200 万 t 以上产能业绩，技术成熟可靠。

与目前的浓气联合制碱技术比较，变换气制碱较浓气制碱技术单位产品节电约 75kWh，折算单位产品节能 25kgce。比采用变换气制碱法全国年耗能额外消耗 21.5 万

tce。按照电力 CO_2 的排放系数 0.697kg / kWh 计，每年额外排放 CO_2 的量约 45t。

七、典型应用案例

应用单位：江苏华昌化工股份有限公司联碱项目

技术提供单位：中国成达化学工业公司

节能改造情况：江苏华昌化工股份有限公司 20 万 t/a 联碱项目，建设周期约一年，主要是取消了原有流程中的角阀，既节省设备投资，又免除了角阀的日常操作和维修工作量，同时也排除了因此项维修对生产的影响；改变了碳化塔清洗方式：由只是定时轮洗外冷器、定期煮洗碳化塔，改为同时定时轮洗整个碳化塔组（碳化塔与附属的外冷器同时轮洗）。

节能效果：由于碳化塔不再定期停塔煮洗，多台塔组的装置实现了真正的全年连续运行，提高了装置的有效生产率，年节约标准煤 5000t。

经济效益：（1）外冷碳化塔系统工艺清洗液零排放 （2）煮塔洗水零补充 （3） 根治联碱废水排放，真正实现废水零排放 （4）以 20 万 t/a 联碱生产规模为例，运行费用节约-1100 万元/a；设备投资费节省约 934 万元；占地面积节省 560m^2。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例可达到 35%，总投入 20 亿元，节能能力 9 万 tce/a，减排能力 23tCO_2/a。

73 先进煤气化节能技术

粉煤加压气化技术

一、技术名称：粉煤加压气化技术

二、技术所属领域及适用范围：化工行业电力行业（IGCC）、城市煤气等

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

同等产量条件下常压固定床技术：比氧耗 380 $Nm^3O_2/kNm^3(CO+H_2)$；有效气成分 $CO+H_2$，含量 60％-70％；碳转化率 78％；年消耗 71 万 tce。目前该技术可实现节能量 98 万 tce/a，减排约 259 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

粉煤加压气化技术通过将煤炭磨制成干燥的煤粉，用惰性气体连续送入带有水冷壁的气化炉，在 4-6.5MPa 压力和适当的温度条件下，通过精确控制煤、氧和水蒸气等原料的比例、分布等参数，经过一系列的物理化学反应生成以氢气和一氧化碳为主要成分的高温合成气及灰分熔渣，然后，经过激冷、分离、洗涤等工艺过程，分离出熔渣，得到纯净的饱和态合成气体。

2.关键技术

（1）干煤粉水冷壁气化加水激冷工艺技术；

（2）粉煤浓相加压输送技术；

（3）多路煤粉进料、多层冷却结构的单烧嘴顶烧组合燃烧器技术；

（4）气化炉设计技术；

（5）炉壁测温技术；

（6）气化炉炉膛火焰监测系统

（7）控制及安保软件系统。

3.工艺流程

固体煤炭-粉煤-加压输送至气化炉-$CO+H_2$ 混合气。

五、主要技术指标

比氧耗：300-360 $Nm^3O_2/kNm^3(CO+H_2)$；

有效气成分 $CO+H_2$ 含量：89％-91％；

碳转化率：>99%；

冷煤气效率：80%-83%；

煤气化热效率：95%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

获国家发明专利，已在河南濮阳龙宇化工 20 万 t/a 甲醇工业示范项目、安徽临泉化工 20 万 t/a 甲醇工业示范项目开车成功，正在实施山东瑞星化工 90 万 t/a 合成氨原料路线技改等项目。

七、典型应用案例

典型用户：山东瑞星化工 90 万 t/a 合成氨项目、河南濮阳龙宇化工 20 万 t/a 甲醇工业示范项目、安徽临泉化工 20 万 t/a 甲醇工业示范项目

技术提供单位：航天长征化学工程股份有限公司

典型案例 1：山东瑞星化工有限公司

建设规模：90 万 t/a 合成氨一期 30 万 t 项目。主要改造内容：采用先进的粉煤加压气化技术改造原有的常压固定床煤气化装置。节能技改投资额 1.6 亿元，建设期 3 年。年节能 6.5 万 tce，取得节能效益 7800 万元，投资回收期 2 年。

典型案例 2：河南濮阳龙宇化工有限公司:

建设规模：20 万 t/a 甲醇工业示范项目。主要改造内容：采用先进的粉煤加压气化技术改造原常压固定床煤气化装置。节能技改投资额 1.6 亿元，建设期 2 年。年节能 4.2 万 tce，取得节能效益 6000 万元，投资回收期 3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 60%，预计投资总额 160 亿元，节能能力 390 万 tce/a，减排能力 21030 万 tCO_2/a。

非熔渣-熔渣水煤浆分级气化技术

一、技术名称：非熔渣-熔渣水煤浆分级气化技术

二、技术所属领域及适用范围：化工行业 煤制合成气

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

同等产量条件下常压固定床技术：比氧耗 380$Nm^3O_2/kNm^3(CO+H_2)$；有效气成分 $CO+H_2$ 含量 60％-70％；碳转化率 78％；年消耗 71 万 tce。

四、技术内容

1.技术原理

制浆用级配技术，使煤浆浓度比现有技术提高 3％-5％；气化采用非熔渣-熔渣分级气化技术；洗气塔内件改造以减小系统压差；黑水闪蒸系统蒸汽综合利用。

2.关键技术

把一次给氧的连续气化过程分解为两次或多次给氧的气化过程，可改善炉内温度场分布和气化反应条件，提高煤种的适应性；进行全系统技术优化集成，在操作稳定性和装置投资经济性上都具有明显竞争优势。

3.工艺流程

原料通过给料机和燃料喷嘴进入气化炉的第一段，采用纯氧作为气化剂，采用其它气体（如与氧气以任意比混合的二氧化碳，氮气，水蒸汽等）作为预混气体，调节控制第一段氧气的加入比例，使第一段的温度保证在灰熔点以下；在第二段再补充部分氧气，使第二段的温度达到煤的灰熔点以上，并完成全部气化过程。

该技术的要点是：（1）氧气的分级供给，气化炉主烧嘴和侧壁氧气喷嘴分别加氧，使气化炉主烧嘴的氧气量可脱离炉内部分氧化反应所需的碳和氧的化学当量比约束；（2）由于氧气分级供给，可以采用氧含量从 0％-100％的不同气体作为主烧嘴预混气体，调整火焰中心的温度和火焰中心的距离，降低气化炉主烧嘴端部的温度。

具体工艺流程见图 1。

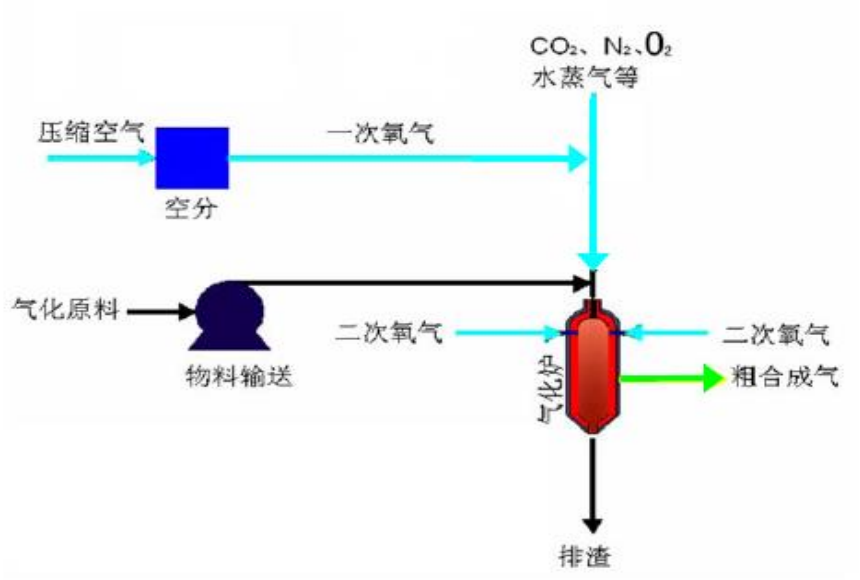


图 1　非熔渣-熔渣水煤浆分级气化技术工艺流程图

五、主要技术指标

比氧耗：361$Nm^3O_2/kNm^3(CO+H_2)$；

比煤耗：548$Nm^3ce/kNm^3(CO+H_2)$；

碳转化率≥97.5％；

1Nm^3（$CO+H_2$）能耗降至 13MJ 以下。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2007 年 12 月，该技术通过中国石油和化学工业协会组织的技术鉴定，已在山西喜丰肥业集团公司 10 万 t/a 甲醇生产线上应用，取得良好节能效果。

七、典型应用案例

典型用户：山西阳煤丰喜肥业（集团）股份有限公司

典型案例 1：

建设规模：20 万 t/a 甲醇气化装置。主要改造内容：采用级配磨煤技术、水煤浆分级气化和高压闪蒸蒸汽综合利用。节能技改投资额 1.5 亿元，建设期 2 年。年节能 6 万 tce，与固定床相比年增节能效益 6000 万元，投资回收期 3 年。

典型案例 2：

建设规模：18 万 t/a 合成氨装置。主要改造内容：采用级配磨煤技术、水煤浆分级气化和高压闪蒸蒸汽综合利用。节能技改投资额 1.5 亿元，建设期 2 年。年节能 5.7 万 tce，与固定床相比年增节能效益 5400 万元，投资回收期 3.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

2008 年我国合成氨产量约 5000 万 t，甲醇产量约 1100 万 t，两者折合总氨产品产

量已超过 6000 万 t，消耗能源 1.1 亿-1.2 亿 tce。在这些总氨产品产量中，约 75％的产量以煤气化为源头，其中约 50％采用常压固定床煤气化技术。预计未来 5 年可通过技术改造，使先进煤气化技术推广率达到本行业的 30％（共推广 1800 万 t/a 总氨能力规模）。如果其中 1/3 采用非熔渣-熔渣水煤浆分级气化技术，则届时可形成 130 万 tce/a 的节能能力，减排量 343 万 tCO_2/a。

多喷嘴对置式水煤浆气化技术

一、技术名称：多喷嘴对置式水煤浆气化技术

二、技术所属领域及适用范围：化工行业 煤制合成气

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

同等产量条件下常压固定床技术：比氧耗 380$Nm^3O_2/kNm^3(CO+H_2)$；有效气成分 $CO+H_2$ 含量 60％-70％；碳转化率 78％；年消耗 71 万 tce。

四、技术内容

1.技术原理

水煤浆、氧气进入气化室后，相继进行雾化、传热、蒸发、脱挥发分、燃烧、气化等 6 个物理和化学过程，煤浆颗粒在气化炉内经过湍流弥散、振荡运动、对流加热、辐射加热、煤浆蒸发与挥发份的析出和气相反应等，最终形成以 CO、H_2 为主的煤气及灰渣。产生的合成气经分级净化达到后序工段的要求，同时采用直接换热式渣水处理系统。

2.关键技术

多喷嘴对置式水煤浆气化技术采用四喷嘴撞击流、预膜式喷嘴，加强混合，强化热质传递。关键技术设备包括：

（1）由喷淋床与鼓泡床组成的复合床高温煤气洗涤冷却设备；

（2）合成气“分级”净化。由混合器、分离器、水洗塔组成的高效节能型煤气初步净化系统；

（3）直接换热式含渣水处理系统；

（4）预膜式长寿命高效气化喷嘴；

（5）结构新颖的交叉流式洗涤水分布器；

（6）国内首次成功实施停运气化烧嘴在线带压投料的操作技术。

3.工艺流程

通过喷嘴对置、优化炉型结构及尺寸，在炉内形成撞击流，以强化混合和热质传递过程，并形成炉内合理的流场结构。主要包括煤浆制备、输送单元，多喷嘴对置式水煤浆气化单元，煤气初步净化单元和含渣水处理单元，其中关键单元为气化、煤气初步净化和含渣水热回收。具体工艺流程见图 1。

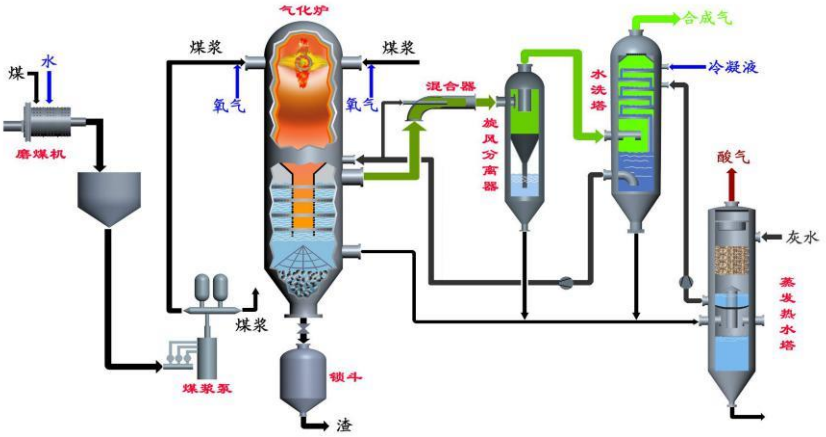


图 1 多喷嘴对置式水煤浆气化工艺流程图

五、主要技术指标

与引进的水煤浆气化技术相比，采用该技术可使比氧耗降低 7.9%，比煤耗降低 2.2%。

以北宿煤为原料，合成气有效气成分($CO+H_2$)含量 84.9%，比氧耗 309Nm^3O_2/1000Nm^3($CO+H_2$)，降低 7.9%；比煤耗 535kg/1000Nm^3 ($CO+H_2$)，降低 2.2%；碳转化率 98.8%，提高 2%-3%；产气率 2.20Nm^3/kg；有效气成分提高 2%-3%；CO_2 含量降低 2%-3%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2005 年通过中国石油和化学工业协会组织的工业示范装置现场 168 小时连续满负荷运行考核，2007 年获国家科技进步二等奖，并拥有多项专利，具有完全自主知识产权。目前已推广至国内 13 家企业，共 35 台气化炉。与引进的气化技术相比，氧耗节约 7%，煤耗节约 2.2%，有效气成分提高 2%-3%。2008 年 7 月与美国 Valero 公司签订技术许可合同，实现了国产化煤气化技术的首次技术输出。

七、典型应用案例

典型用户：兖矿国泰、兖矿鲁化、华鲁恒升、神华宁煤、江苏索普、江苏灵谷、安徽华谊、滕州凤凰等。

典型案例 1：兖矿国泰化工有限公司:

建设规模：两台日处理 1150t 煤多喷嘴对置式水煤浆气化炉。主要改造内容：配套新建 24 万 t/a 甲醇的煤气制备，节能技改投资额 25000 万元，建设期 2 年。年节能 5.3 万 tce，年节氧、节煤经济效益约 5900 万元，投资回收期 4 年。

典型案例 2：兖矿鲁南化肥厂:

建设规模：一台日处理 1150t 煤多喷嘴对置式气化炉。主要改造内容：配套新建 24 万 t/a 合成氨的煤气制备。节能技改投资额 12000 万元，建设期 2.5 年。年节能 2.4 万 tce，年节氧、节煤经济效益约 3200 万元，投资回收期 4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

据统计我国合成氨产量约 5000 万 t，甲醇产量约 1100 万 t，两者折合总氨产品产量已超过 6000 万 t，消耗能源 1.1 亿-1.2 亿 tce。在这些总氨产品产量中，约 75％的产量以煤气化为源头，其中约 50％采用常压固定床煤气化技术。预计未来 5 年可通过技术改造，使先进煤气化技术推广率达到本行业的 30％（共推广 1800 万 t/a 总氨能力规模）。如果其中 1/3 采用多喷嘴对置式水煤浆气化技术，则届时可形成 130 万 tce/a 的节能能力，减排量 343 万 tCO_2/a。

74 新型高效节能膜极距离子膜电解技术

一、技术名称：新型高效节能膜极距离子膜电解技术

二、技术所属领域及适用范围：化工行业 氯碱生产

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

2008 年我国烧碱产量（折 100%，下同）为 1852 万 t，居世界第一位。我国烧碱消费以轻工、化工、纺织行业为主，预计今后几年，我国烧碱市场需求将保持继续增长的态势。目前我国烧碱生产工艺主要有两类：离子膜法工艺和隔膜法工艺。其中，单位产品隔膜法烧碱的电和蒸汽消耗量要高于离子膜法烧碱。目前该技术可实现节能量 45 万 tce/a，减排约 119 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

离子交换膜法制氢氧化钠和氯气、氢气的电解原理：电解反应方程式：

$$2NaCl+2H_2O\rightarrow 2NaOH+Cl_2\uparrow+H_2\uparrow$$

2.关键技术

离子膜法制烧碱技术经历了从普通强制循环到高电流密度自然循环两个阶段。为了进一步降低电耗，目前国内外均已研发出的膜极距离子膜电解槽技术，通过减小极间距达到降低电耗的目的。关键技术为电解槽设计制造技术、电极制造技术。

3.工艺流程

离子交换膜法制烧碱的工艺流程主要包括 3 个工序：（1）二次盐水精制工序；（2）电解工序(电解和电解液循环)；（3）淡盐水脱氯工序。

五、主要技术指标

设计电流密度（kA/㎡）：6.0；

运行电流密度（kA/㎡）：5.5；

单元槽电压（V）2.98；

直流电耗（DC-kWh/MT）：2080；

烧碱浓度（Wt%）：32。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2008 年，该技术通过中国石油和化学工业协会组织的行业专家评定。引进的膜极

距离子膜电解装置在国内部分氯碱企业已投入运行，利用国内自主开发技术新建或改造现有装置的一些企业正在开展项目前期工作。江苏安邦电化有限公司 20 万 t/a 新型膜极距离子膜法替代原隔膜法烧碱节能改造项目已获中国化工集团批准立项。巴陵石油化工有限责任公司、上海天原华胜化工有限、浙江善高化工有限公司、河南焦作宇航化工公司均在开展试验工作。

七、典型应用案例

典型用户：江苏安邦电化有限公司、河北冀衡化学股份有限公司、宁波东港电化有限责任公司、河北黄骅氯碱责任有限公司

技术提供单位：蓝星（北京）化工机械有限公司

建设规模：20 万 t/a 新型膜极距离子膜法替代原隔膜法烧碱节能改造项目。主要改造内容：对原有 16 万 t/a 隔膜法烧碱生产装置改造成膜极距离子膜烧碱装置，具体改造内容包括：整流、盐水精制及电解、氯氢处理、氯气液化及包装、合成盐酸、蒸发固碱、卤水脱硝、变配电及配套公用工程。节能技改投资额 50270 万元，建设期 2 年。与隔膜法烧碱相比，每年可节能 6.8 万 tce，取得节能经济效益 8046 万元，投资回收期 5.4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前国内隔膜法烧碱产能约为 800 万 t/a，预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 50%，投资总额 26 亿元，节能能力 90 万 tce/a，减排能力 238 万 tCO_2/a。

75 顶置多喷嘴粉煤加压气化炉技术

一、技术名称： 顶置多喷嘴粉煤加压气化炉技术

二、技术所属领域及适用范围：化工行业 适用于化肥、煤化工、电力（IGCC）、民用（城市燃气）等

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

据统计，我国化工行业生产每年的能源消耗量约占全国能源消费总量的10%左右，其中合成氨行业的能源消耗量约占我国化工行业能源消费总量的25%。以年产30万t合成氨项目为例，采用传统的常压固定床气化技术，比氧耗约为380$Nm^3/kNm^3(CO+H_2)$，其中有效气（$CO+H_2$）含量约60%-70%，碳转化率为78%，年消耗能源约71万tce，是我国化工行业的重点节能领域。该技术通过采用煤粉高压密相输送技术、顶置煤烧嘴及点火烧嘴设计技术、水冷壁式气化炉反应器设计技术、多级闪蒸能量回收技术等，可显著提高合成氨的气化效率和粗合成气中有效气（$CO+H_2$）的含量。同时，与传统固定床气化合成氨技术相比，具有煤种适应范围广、工艺指标先进、装置稳定可靠、负荷调节范围宽、自动化程度高、建设投资及操作成本低等特点，可为我国劣质煤的清洁高效利用提供可借鉴的解决方案。

四、技术内容

1．技术原理

原料煤经磨煤干燥单元制备煤粉，密相输送系统将煤粉输送至气化炉顶部的三个煤粉烧嘴内，在烧嘴头部充分均匀混合并保证特有的旋转场，使气化炉内燃烧温度均匀分布，减少热损失，提高气化效率，粗合成气中的一氧化碳和氢气占比可达到90%以上，冷煤气效率可达80%以上，相比传统固定床气化技术进行合成氨生产实现节能。

2．关键技术

（1）煤粉高压密相输送技术

通过特殊设计的流化盘和通气锥设备，使用氮气或二氧化碳气体将固体粉煤进行平稳流化。在此基础上，通过特殊设计的角阀，在压差的推动下，获得固体粉状物质连续稳定的高密度输送。

（2）顶置煤烧嘴及点火烧嘴设计技术

通过特殊的通道和夹层设计，使不同物料在各自通道中以不同的速度和旋转角度

进行输送。特有的出口设计使不同物料在烧嘴头部进行充分均匀混合并保证特有的旋转场，使煤粉气化时能够拥有稳定的燃烧流场和回流场，保证气化炉内燃烧温度的分布均匀性。同时，通过通道和出口孔径数量的设计，使得点火烧嘴能够在常压到高压（4MPa）区间任意进行点火燃烧。

（3）水冷壁式气化炉反应器设计技术

通过盘管环绕方法设计制造气化炉反应器。反应器由水冷盘管构成并涂有耐火泥，外部承压设备为耐压的钢板壁。为达到水冷反应器内外压差一致，在反应器与承压外壳之间设有环形空间，通过特殊的通道设计使反应器与环形空间压力平衡。顶部的特殊对称多通道设计，确保煤粉烧嘴和点火烧嘴的摆放和工作，并保证反应器整体的密封性。

（4）多级闪蒸能量回收技术

使用三级闪蒸设计技术，将带有固体颗粒的高温黑水降温，并将固体物质絮凝沉降，净化黑水使其变成可回用的灰水。在此过程中，将释放的热能通过与回用灰水的直接和间接多阶段换热进行回收利用。通过上述方法，保证系统和工艺用水最高效的能量使用。

3．工艺流程

顶置多喷嘴粉煤加压气化炉技术的工艺流程中包含磨煤干燥系统、煤粉加压输送系统、气化与激冷系统、合成气洗涤系统、排渣系统及黑水处理系统。气化炉顶置多烧嘴结构见图 1，工艺流程见图 2。

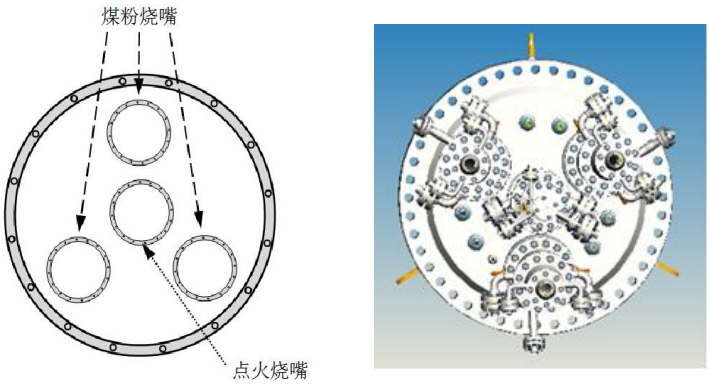


图 1 气化炉顶置多烧嘴分布图

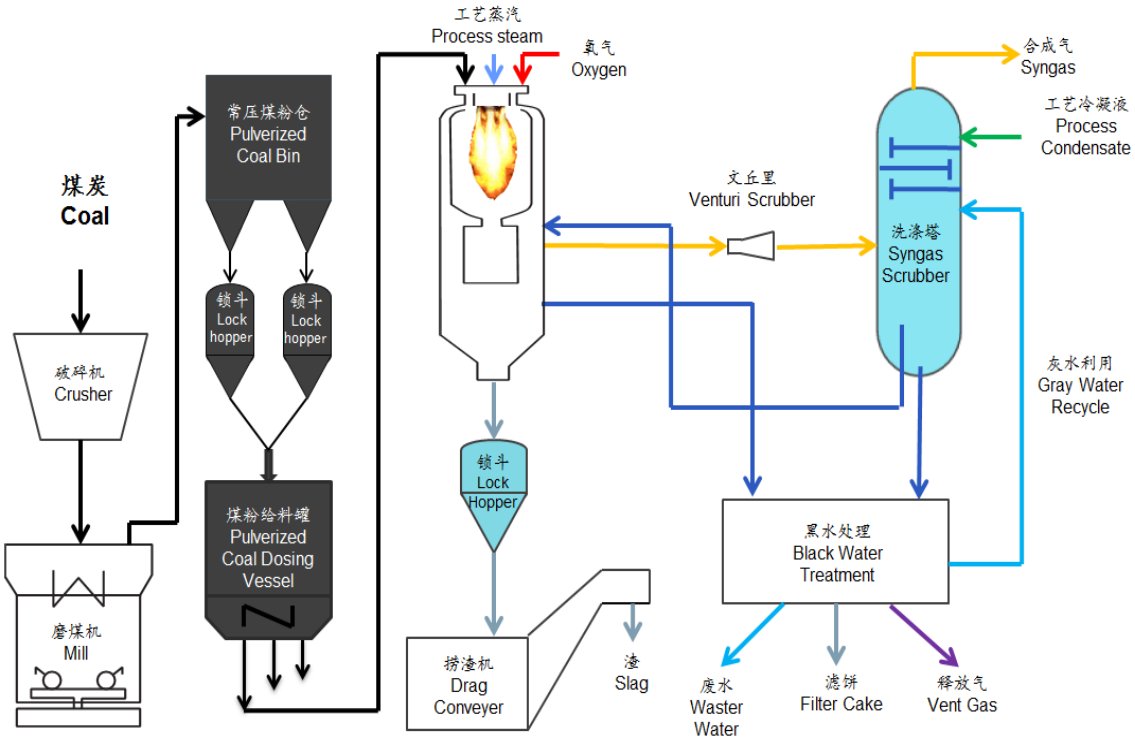


图 2 顶置多喷嘴粉煤加压气化炉技术工艺流程简图

五、主要技术指标

1．合成气有效气成分($CO+H_2$)含量：88%-92％；

2．比氧耗：310-350Nm3/kNm^3($CO+H_2$)；

3．比煤耗：510-580kg/kNm^3($CO+H_2$)；

4．碳转化率：96%-99％；

5．冷煤气效率：78%-82%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家发明专利 3 项，实用新型专利 3 项。目前已在贵州开阳化工有限公司 50 万 t 合成氨项目成功应用。

七、典型应用案例

典型用户：贵州开阳化工有限公司

典型案例 1

案例名称：贵州开阳化工有限公司 50 万 t 合成氨项目

技术提供单位：科林未来能源技术（北京）有限公司

建设规模：建设 50 万 t/a 合成氨装置。建设条件：采用当地多种“三高”无烟煤（高灰、高灰熔点、高硫），原料煤灰含量在 20%-35%，灰熔点（T4）在 1300-1560℃，硫含量在 2%-6%。主要技改内容：项目采用 CCG 顶置多烧嘴粉煤气化炉技术，建设 2

套粉煤气化装置，代替传统固定床气化技术。主要设备为粉煤气化炉、粉煤锁斗、粉煤加压给料灌、合成气洗涤塔、渣锁斗等。项目总投资约 25 亿元，比采用传统固定床气化技术增加技改节能投资 5 亿元，建设期 2.5 年。每年可节能 5 万 tce，碳减排 13.2 万 tCO_2，年节能经济效益为 25200 万元，投资回收期约 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

根据中国氮肥工业协会统计，目前固定床常压间歇气化工艺的合成氨产量约 3400 万 t。根据国家现有的产业政策，到 2020 年，以先进煤气化技术替换常压气化 50%产量计算，项目总投资约 825 亿元，可形成的年节能能力约 165 万 tce，年碳减排潜力约 436 万 tCO_2。

76 模块化梯级回热式清洁燃煤气化技术

一、技术名称：模块化梯级回热式清洁燃煤气化技术

二、技术所属领域及适用范围：化工行业 煤气化领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，国内的建材、冶金、化工等行业广泛的煤气化工艺是固定床煤气炉。传统固定床气化工艺副产蒸汽的同时，会产生大量容易堵塞设备与管道的焦油，导致生产过程中的余热难以回收利用，碳转化率只有 70%~80%，冷煤气效率只有 60%~70%，大量的热能通过未转化的碳和散热损失等形式排放至环境中，造成大量能源浪费。该技术通过采用梯级余热回收利用、强制循环和耦合气化等技术，不仅有效提升了系统的热效率和冷煤气效率，而且可避免产生黑水，具有良好的环境效益。

四、技术内容

1．技术原理

在循环流化床气化原理的基础上，优化换热过程，通过一级高温余热回收预热高温气化剂、二级中温余热回收产生气化所需水蒸汽、三级低温余热回收产生热水，实现煤气的梯级余热回收利用与干法降温，并避免湿洗所产生的黑水问题。

2．关键技术

（1）梯级余热回收技术

基于对能量品位分级引导梯度划分，使高、中、低温余热回收的冷热流得到合理匹配，降低温度错配造成的不可逆损失，在系统内实现全逆流换热与蒸汽自平衡，使系统冷煤气效率从60%-70%提升至70%-80%，解决了余热利用率低的行业难题。

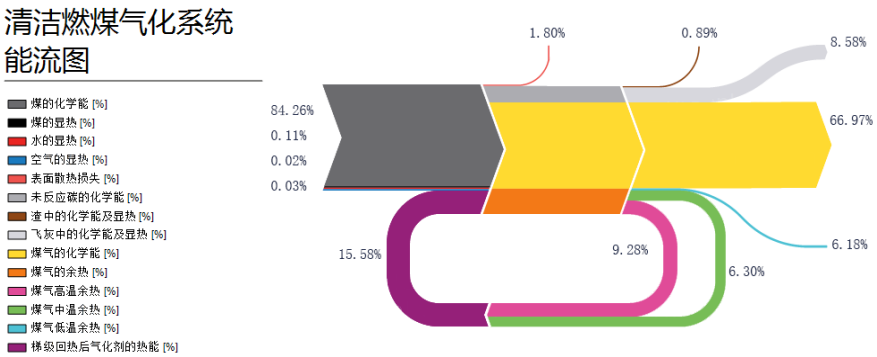


图1 清洁燃煤气化系统能流图

（2）基于气力输送的强制循环技术

依据对粉煤反应活性及飞灰形成机理，在旋风自然循环流化床气化炉的基础上，增加飞灰气力输送强制循环模块，可针对原料的特性对气化系统的循环倍率进行优化，将飞灰的产量和含碳量控制在合理范围，解决循环倍率的控制问题。

（3）耦合气化技术

利用流化床与气流床的互补特性，流化床为气流床提供品质稳定的“干煤粉”——含碳飞灰，气流床为流化床消化带出物，并产生额外的煤气和蒸汽。两者结合可将碳转化率从传统流化床技术的 85%-90%提升至 95%-99%，系统冷媒气效率进一步提升至 80%-90%，加上外供的蒸汽，整体热效率高达 95%以上，解决流化床飞灰残炭问题。

（4）系统模块化技术

按功能类别将工艺流程划分为多个易于进行标准化、系列化设计且能根据需要进行配置增减的系统级模块，形成以“梯级回热气化模块”为核心，备煤、除尘、灰输送、渣输送、脱硫、加压、空分、残炭热风炉、残炭锅炉、耦合气化炉等模块为备选配置的系列。通过模块的选择和组合，可以构成从最简配热煤气流程到最高配耦合气化流程系列，满足不同领域适用需求。

3．工艺流程

该技术的典型工艺流程见图2。

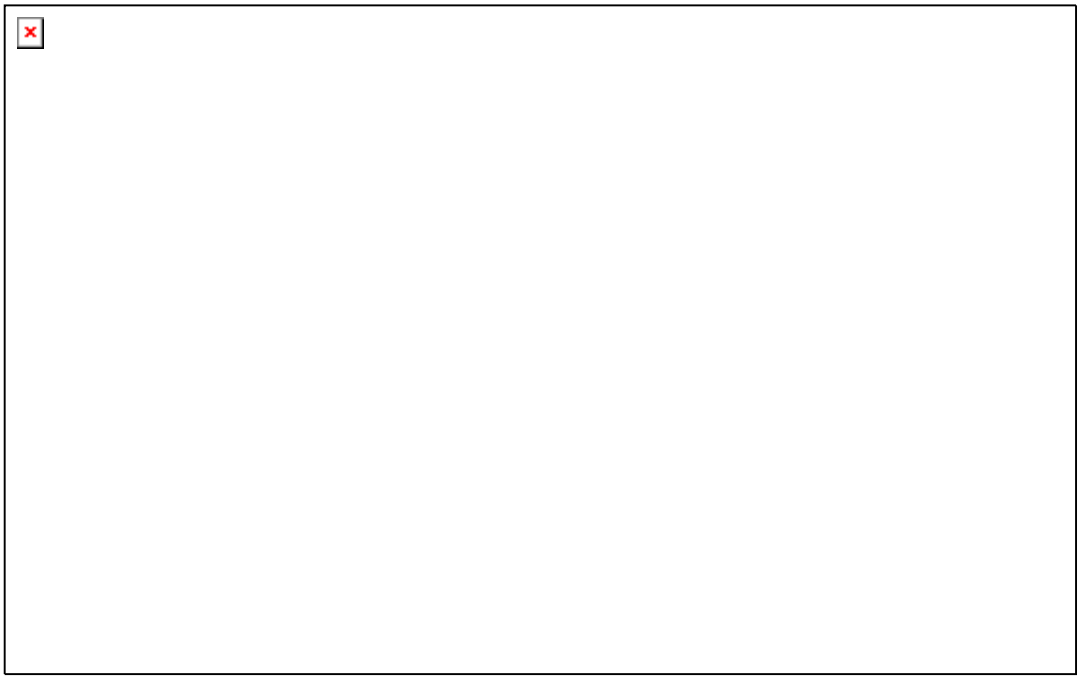


图 2　梯级回热式清洁煤气化典型工艺流程图

原煤经破碎处理成10mm以下煤颗粒，通过皮带运至煤斗，由螺旋给煤机送入流化床气化炉，在流化状态下与气化剂在950℃左右发生反应，生成粗煤气从炉顶进入旋

风分离器，大颗粒飞灰被分离后经返料管回到炉内继续反应，渣从炉底排出并输送至渣斗。粗煤气经旋风分离器进入高温换热器与气化剂热交换，温度降至450℃左右，并将气化剂预热至750℃。粗煤气进入余热锅炉与软水进行气水换热，生成饱和蒸汽与空气混合作为气化剂进入高温换热器；粗煤气经余热锅炉温度降至180℃左右，进入布袋除尘器过滤，收集的飞灰部分强制循环回到流化床，部分输送至气流床模块或粉煤锅炉。过滤了飞灰的煤气经省煤器冷却至脱硫温度后进入脱硫系统，除去H_2S后，由加压风机输送至下游用户。

五、主要技术指标

1．一次碳转化率：85%~90%；

2．一次冷煤气效率：70%-80%；

3．综合碳转化率：95%~99%；

4．综合冷煤气效率：80%~90%；

5．热效率：≥90%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得授权专利 55 项，其中国家发明专利 10 项，国际 PCT 专利 4 项，其中“循环煤流化床煤气化煤气发生炉系统”荣获中国专利优秀奖。同时，该技术于 2009 年通过广东省经济贸易委员会组织的新产品新技术鉴定，2015 年通过工业和信息化部组织的科技成果鉴定。目前，该技术已在沈阳、广西、山西、贵州等地 170 多套清洁煤气化系统上成功应用，效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：沈阳科达洁能燃气有限公司、广西信发铝电有限公司、山西信发化工有限公司、山东东岳能源交口肥美铝业有限责任公司等

典型案例 1

案例名称：沈阳市法库陶瓷工业园集中供气项目

技术提供单位：安徽科达洁能股份有限公司

建设规模：清洁工业燃气产量 220kNm^3/h，年产 14.26 亿 Nm^3 清洁工业燃气，煤气热值≥1600kcal/Nm^3，煤气压力-40kPa。建设条件：原料煤炭来源充足。主要技改内容：新建模块化梯级回热式清洁燃煤气化系统及输气管网，替代工业园各陶瓷企业原有固定床煤气发生炉，包括备煤系统、流化床气化系统、脱硫系统、水处理系统、气力输送系统、制氧系统、煤气加压系统、气流床气化系统、DCS 控制系统等，并铺设

煤气管网。主要设备为球形煤仓、气化炉、脱硫塔、精馏塔、加压风机等。项目投资额 35000 万元，项目建设期 8 个月。每年可节能 11.2 万 tce，碳减排量 29.5 万 tCO_2。每年可节省直接成本 6732 万元，总投资回收期 5.2 年。

典型案例 2

案例名称：广西信发铝电有限公司清洁煤气化系统投建项目

技术提供单位：安徽科达洁能股份有限公司

建设规模：清洁工业燃气产量 200kNm^3/h，对应年产 14 亿 Nm^3 清洁工业燃气，煤气热值≥1250kcal/Nm^3，煤气压力-30kPa。建设条件：原料煤炭来源充足，外围管道等配套齐全，且有自备电厂锅炉。主要技改内容：新建模块化梯级回热式清洁燃煤气化系统替代氧化铝厂内原有固定床煤气站，包括备煤系统、流化床气化系统、脱硫系统、水处理系统、气力输送系统、煤气加压系统、DCS 控制系统等，并铺设煤气管网。主要设备为破碎机、气化炉、脱硫塔、仓泵、加压风机等。项目投资额 22600 万元，项目建设期 8 个月。每年可节能 14 万 tce，碳减排量 37 万 tCO_2。每年可节省直接成本 2.4 亿元，投资回收期约 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，清洁燃煤气化系统已在国内陶瓷、氧化铝等行业成熟应用，可进一步拓展至金属深加工、造纸、纺织等行业以及集中供燃气的工业园区，具有较好的发展前景。预计到 2020 年，该技术的推广比例可达 10%，项目总投资约 60 亿元，可形成的年节能能力约 195 万 tce，年碳减排潜力 516 万 tCO_2。

77 玻璃板式换热器余热回收技术

一、技术名称：玻璃板式换热器余热回收技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业 加热炉、锅炉等烟气余热回收

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

在石化、电力和化工等行业，加热炉的排烟温度通常在 140℃左右，烟气直接排放到大气中会带走大量的热量，导致系统的热效率降低。如果对加热炉排出的高温烟气进行余热回收，当烟气温度低于露点时，会因腐蚀而损坏设备，缩短设备的使用寿命，因此传统余热回收将排烟温度控制在露点以上。在高的排烟温度下，不仅高温烟气会带走大部分热量，而且烟气中的水蒸气也因不能被冷凝释放出潜热，随烟气一起排放。玻璃板式换热器余热回收技术不仅可降低排烟温度，回收烟气中的热量，而且可将烟气中的水蒸气冷凝，回收冷凝水释放的潜热，同时解决设备露点腐蚀问题，可对 120~200℃的低温烟气进行深层次余热回收，从而提高加热炉的效率。目前，采用热管式空气预热器的加热炉效率约 92%，而采用新型玻璃板式换热器技术，加热炉效率可提高至 95%左右，具有较大的节能潜力。

四、技术内容

1．技术原理

采用耐热玻璃作为换热元件，解决烟气对设备的露点腐蚀问题，降低排烟温度，并实现烟气冷凝，回收冷凝水潜热；采用板式换热结构，提高流膜传热系数；采用弹性良好的支撑和密封材料，大大减少板片间的压差和泄漏量。该技术可对 120℃-200℃的低温烟气进行深层次余热回收，与传统管式加换热器相比，节能效果良好。

2．关键技术

（1）换热器防腐技术

采用耐热玻璃作为换热元件，可抵抗除氢氟酸外其他所有酸性物质的腐蚀，抗腐蚀性能优异，解决了烟气露点腐蚀问题，使烟气冷凝换热器成为现实。

（2）高效换热技术

采用板式结构，气-气换热，玻璃表面光滑，对流膜传热系数高，传热效率较管式换热器高 20%，且压降阻力低。

（3）高密封性技术

采用多重密封材料混合密封，板片间的压差小于 10kPa，泄漏量小于 0.3%。

（4）玻璃防破裂技术

采用弹性良好的支撑和密封材料，具有减震和柔性支撑功能，板片可在刚性框架内自由涨缩，应力变形破坏小，很难出现失效破裂，可在-40℃~250℃之间使用。

（5）在线清洗技术

采用在线水洗装置，在不拆卸模块的条件下，进行清洗，防止结垢和堵塞。

3．工艺流程

玻璃板式换热器余热回收流程图见图 1。

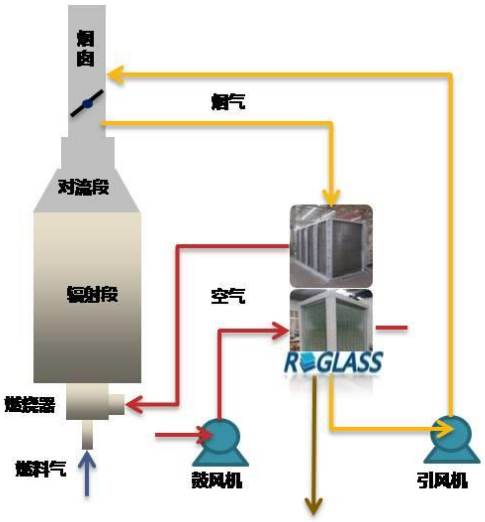


图 1 玻璃板式换热器余热回收流程图

玻璃板式换热器外观见图 2。

图 2 玻璃板式换热器

五、主要技术指标

1．和管式换热器相比，将排烟温度降到露点以下，可使加热炉效率提高 2%~3%；

2．使用压力≤10kPa，温度为-40℃~250℃，预期使用寿命 20 年；

3．传热效率较管式换热器提高 20%以上；

4．冷凝液可吸收烟气中 50%的 PM2.5 以下烟尘、90%的 SO_x 和大量 NO_x。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家发明专利 4 项，实用新型专利 2 项，外观专利 1 项，注册商标 1 项，并于 2014 年通过河南省科学技术厅的科技成果鉴定。目前，已在山东恒源、中石化茂名分公司、乌鲁木齐石化等 10 家企业成功应用。

七、典型应用案例

典型案例 1

案例名称：茂名石化 240 万 t 渣油加氢加热炉板换余热回收项目

技术提供单位：洛阳瑞昌石油化工设备有限公司

建设规模：240 万 t 渣油加氢装置空气预热器。建设条件：烟气入口 175℃，出口 98℃；空气入口 25℃，出口 101℃。主要技改内容：渣油加氢装置原有一台热管式空气预热器来进行余热回收，排烟温度 110℃左右，有严重的堵塞、低温腐蚀现象，热管失效严重，设备维护费高。在不改动风机、烟道的情况下，选用玻璃板式空气预热器替代原有的热管式空气预热器，对烟气余热回收系统进行改造，排烟温度降至 97℃。主要设备：玻璃板式空气预热器。项目投资额 90 万元，建设期 12 个月。每年可节能 1343tce，碳减排 3546tCO_2，年节能经济效益为 220 万元，投资回收期约 5 个月。

典型案例 2

案例名称：山东恒源石化 1.5 万标立/小时制氢加热炉烟气余热回收项目

技术提供单位：洛阳瑞昌石油化工设备有限公司

建设规模：1.5 万标立/小时制氢加热炉烟气余热回收系统。建设条件：烟气入口 680℃，出口 560℃，空气入口 280℃，出口 460℃。主要技改内容：1.5 万 Nm^3/h 制氢加热炉烟气余热回收系统采用金属板式空气预热器对高温烟气进行余热回收，使高温烟气由 680℃降低至 560℃，同时将空气由 280℃升温到 460℃,回收利用热量 1.8MW。主要设备：非焊接金属板式空气预热器。项目投资额 90 万元，建设期 6 个月。每年可节能 1937tce，碳减排 5114tCO_2，年节能经济效益 320 万元，投资回收期约 4 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

玻璃板式换热器具有热回收效率高、防露点腐蚀等优点，在石化、电力和化工等行业具有广阔的推广前景。预计未来 5 年，该技术的推广比例可达 20%以上，项目总投资 1.5 亿元，可形成的年节能能力约 16 万 tce，年碳减排能力约 42 万 tCO_2。

78 封闭直线式长冲程抽油机节能技术

一、技术名称：封闭直线式长冲程抽油机节能技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业，石油开采

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国约有 22 万口油井，绝大部分采用传统游梁式抽油机，初步估算每天耗电量约为 1.06 亿千瓦时，能耗巨大。该技术克服了游梁式抽油机存在的平衡效果差、曲柄净扭矩脉动大、存在负扭矩、载荷率低和能耗大等缺点，采用塔架式全封闭布置、直线运动、平衡配重和高效变速传动等技术，具有长冲程、低冲次、悬点负荷大等特点，可提高抽油产量 15%以上，大大降低生产能耗，节能效果显著。

四、技术内容

1．技术原理

采用定滑轮原理，抽油机的天轮一侧连接抽油杆，另一侧连接配重箱，两侧平衡度较高且便于调节，使抽油机平稳运行，且载荷在大部分时间相对恒定，其波峰和波谷的载荷变化波动范围很小，使电动机有效运行；采用封闭箱内双循环链条传动，可靠性强；采用扇形传动原理，使半径不同的主、从循环链轮，形成一个扇形结构，使上下直线运行的抽油杆可在运行中变速，延长油杆在顶端停留的时间，提高抽油泵的充满度系数和排量系数，进而提高泵效，增加产量。与传统游梁式抽油机相比，节能效果显著。

2．关键技术

（1）定滑轮技术

基于定滑轮原理，抽油机的天轮起到定滑轮的作用，一侧连接抽油杆，另一侧连接配重箱，两侧平衡度较高且便于调节，经过调节后其平衡率最高可达到 98%，从根本上解决了传统游梁式抽油机平衡不好、大马拉小车的问题。

（2）对称循环链条抽油机传动技术

采用封闭箱内双循环链条传动，换向轴两端分别与两条链固定连接，双链条拖动循环换向轴带动配重箱竖直运行，运行平稳，受力均衡，杜绝了其他类似直线式抽油机单排链与悬臂轴连接方式易发生损毁事故的情况。同时，链条下端浸入底部油池，换向轴循环一次浸油一次，保证润滑，提高传动效率，部件寿命长。

（3）沿扇形边沿传动链条与井杆运动抽油技术

采用半径不同的从循环链轮和主循环链轮，形成一个扇形结构，当循环轴运行到主循环链轮时行走路径较长，实现上下直线运行的抽油杆在运行中变速，相应抽油杆在顶端停留的时间较长，不仅降低了抽油杆柱的相对变形值，也减少了抽油泵柱塞的冲程损失，提高抽油泵的充满度系数和排量系数，进而提高泵效，使增加产量。

（4）封闭箱体抽油机的悬绳器技术

采用悬绳器装置，通过拧动调节螺母调节固结在调节螺栓中心孔的悬绳来调整悬绳架的平行位置，并调节固定在悬绳架上的井杆位置，保证井杆垂直投进油井中。

（5）托轮移位装置的橡胶托轮技术

装置以托轮、橡胶环、轴承和托轮轴所组成。托轮顶部的圆环沟槽装入橡胶环、轴承装入在托轮两侧的凹形圆窝内，托轮轴装入在轴承的中心孔中，托轮轴是封闭箱体抽油机托轮移位装置的配套产品，由于钢丝绳在环形橡胶的沟槽内运行，减少钢丝绳的摩损，延长钢丝绳的使用寿命，同时由于环形橡胶的弹力作用，使井杆在运行至上止点时停留时间增大，导致石油受压缩的能量得到充分释放，使采油产量的增加。

（6）悬绳连接器装置技术

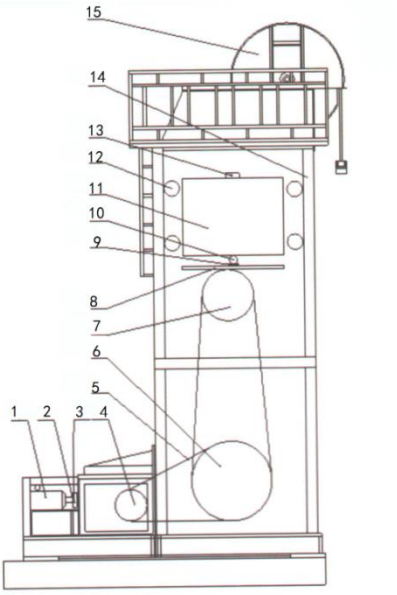
悬绳连接器装置由配重箱、钢丝绳和井杆之间的连接器组成，拧动任意一个调节螺母，可以调节任意一个钢丝绳的长度，技术维修方便，省时间，省费用。

（7）配重箱体装置技术

在装置中，配重箱体两侧上端和下端固结着箱耳，箱耳的孔内装入滚动轴，滚动轴装入在滚动轮孔内，滚动轮顶部与滑道相接触、滚动轮和滑道是滚动摩擦，配重箱体底部固结着上滑道和下滑道，循环轴轮装在其中，循环轴装入在循环轴轮中心孔内，以滚动轴、滚动轮、循环轴、循环轴轮均是滚动运动，比滑动摩擦减少摩擦力。

3．工艺流程

该技术主要装备的结构简图见图 1。



1.电机（380V/7.5kW） 2.制动器 3.联动器 4.传动装置 5.链条 6.大链轮 7.中链轮

8.滑道 9.滑块 10.换向轴 11.配重箱 12.导轮 13.悬绳器 14.箱体 15.大天轮

图 1 封闭直线式长冲程节能型抽油机示意图

五、主要技术指标

1．悬点载荷：100kN-140kN；

2．电动机功率：7.5kW-22kW；

3．扭矩：17.4kN·m-25kN·m。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家实用新型专利 7 项，并于 2011 年 12 月获得国家质量监督管理总局颁发的全国工业产品生产许可证，以及国家石油天然气股份有限公司油田节能监测中心等机构出具的检测检验报告。目前，该技术已在中国石油辽河油田高升采油厂、锦州采油厂应用 8 台，连续运行 7 年以上，实际运行稳定可靠，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：中国石油辽河油田高升采油厂、辽河油田公司锦州采油厂

典型案例 1

案例名称：辽河油田高升采油厂示范工程项目

技术提供单位：辽阳市天明机械制造有限公司

建设规模：7 台封闭直线式长冲程节能抽油机。建设条件：更换原有抽油机，无

其他限制条件。主要建设内容：将原有游梁式抽油机拆除后，更换为封闭直线式长冲程节能抽油机。主要设备为封闭直线式长冲程抽油机。项目总投资 200 万元，项目建设期 2 个月。项目年节能量约 107tce，碳减排量 252tCO_2。年经济效益 450 万元，投资回收期约 6 个月。

典型案例 2

案例名称：辽河油田锦州采油厂示范工程项目

技术提供单位：辽阳市天明机械制造有限公司

建设规模：1 台封闭直线式长冲程节能抽油机。建设条件：更换原有抽油机，无其他限制条件。主要建设内容：将原有游梁式抽油机拆除后，更换为封闭直线式长冲程节能抽油机。主要设备为封闭直线式长冲程抽油机。项目总投资 30 万元，项目建设期 15 天。项目年节能量约 12tce，碳减排量 29tCO_2。项目年经济效益 135 万元，投资回收期约 3 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术可以替代传统游梁式抽油机，用于新建常规油井、深井、稠油井、高凝井、低渗透油井等，应用空间广阔。预计至 2020 年，该技术可在行业内的推广比例可达 5%，总投入约 30 亿元，可形成的年节能能力约 18 万 tce，年碳减排潜力约 42 万 tCO_2。

79 热超导陶瓷涂层节能技术

一、技术名称：热超导陶瓷涂层节能技术

二、适用范围：电力、石化等行业 锅炉、炉窑等热工设备

三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状

在我国工业领域中，炼钢熔炼炉、电站锅炉、石化炼化炉、余热利用炉、电发热元件等热工设备使用非常广泛，其中保温材料的性能是决定这些热工设备能耗高低的重要因素之一。利用高性能保温材料对工业窑炉等进行改造，是减少热工设备的热损失、提高能源利用效率的重要措施之一。该技术通过采用在工业炉窑受热面表面喷涂一层热超导陶瓷涂层，提升受热面的辐射换热能力及耐腐蚀、耐磨损性能，施工简单可靠，节能效果良好。

四、技术内容

1．技术原理

采用常温喷涂的方法，在炉窑等受热面喷涂一种纳米级的热超导浆料，经常温干燥固化和随炉升温烧结后，在受热面表面形成一层超薄的高发射率涂层，同时具有导热性好、耐高温腐蚀、抗沾污结渣、自清洁度高、抗热震性强等特点，不仅提升了受热面的辐射换热能力，而且可解决锅炉在高温条件下因复杂燃料燃烧产生的腐蚀及结渣问题，实现节能。

2．关键技术

（1）纳米微粒子技术

涂层填料的微纳米化，有利于粉料与基材结合和渗透，表面平整，为宽波段的热反射提供基础保障，可以提高涂层的致密性，有利于涂层保护基材，起到抗沾污结渣作用。

（2）复合发射剂技术

不同材料在不同温度范围内发射率不同，不同材料的复合可提高在宽波段范围内的发射率，并保持不衰减，提高换热效率。

（3）系统粘结剂技术

调节不同粘结剂比例复合搭配，适用于不同基材不同温度高强度粘接，确保涂层与基材粘结可靠性。

3．工艺流程

涂料制备工艺路线图见图1。

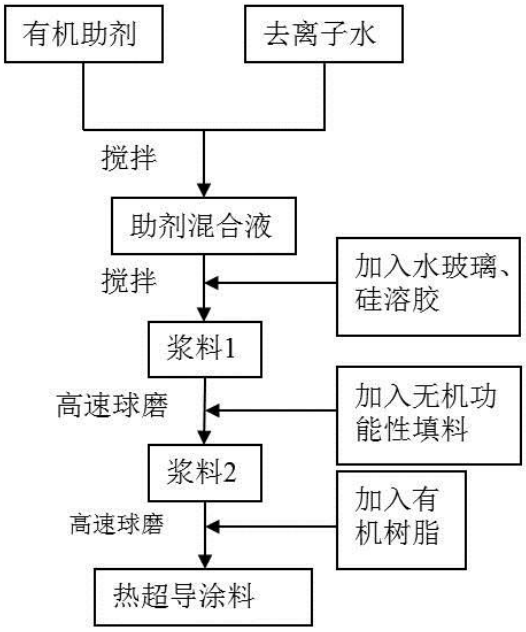


图1 热超导涂料制备工艺流程图

热超导陶瓷涂层的制备工艺路线图见图 2。

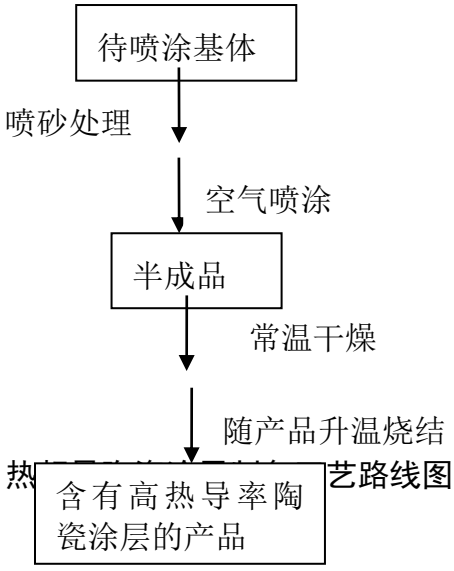


图2 热[illegible]艺路线图

五、主要技术指标

1．陶瓷涂层喷涂厚度：0.02mm~0.10mm；

2．陶瓷涂层热导率：6W/m·K~15W/m·K；

3．陶瓷涂层发射率：0.90~0.95；

4．陶瓷涂层耐用温度：200℃~1900℃。

六、技术鉴定与应用情况

该技术已获得国家发明专利 2 项。于 2012 年通过中国石油化工股份有限公司的科

技成果评定，2016 年通过工信部的科技成果鉴定及中国电力企业联合会的科技成果评审；2015 年先后获得中国计量科学研究院和国家耐火材料质量监督检验中心出具的测试报告。目前，该技术已在陕煤集团、李锦记（新会）食品有限公司、株洲冶炼集团等 30 多个工程项目上实施应用。

七、典型用户及投资效益

典型用户：陕煤集团神木张家峁煤矿、李锦记（新会）食品有限公司、株洲冶炼集团股份有限公司、佛山索奥斯玻璃有限公司、大唐耒阳电厂等

典型案例 1

案例名称：陕煤集团神木张家峁煤粉锅炉节能改造项目

技术提供单位：广东华材实业股份有限公司

建设规模：两台 20t/h 煤粉锅炉改造。建设条件：煤粉锅炉改造。主要技改内容 ：通过在辐射换热面（金属和非金属基质）表面喷涂 0.05-0.1mm 厚的热超导陶瓷涂层。主要设备：锅炉耐火衬里、过热器。节能技改投资额 64 万元，建设期为 1 个月。项目年节能量约 1992tce，碳减排量约 5258tCO_2。年节能经济效益约 60 万元，投资回收期约 7 个月。

典型案例 2

案例名称：株洲冶炼集团阴极熔炼炉节能改造项目

技术提供单位：广东华材实业股份有限公司

建设规模：1 台熔铅阴极熔炼炉,产量 1 万 t/年。建设条件：对现有冶炼锅炉进行改造。主要技改内容：在阴极熔炼炉的铸锅向火面喷涂热超导陶瓷涂层，解决铅锅长期高温下因燃料中硫份因素引起的锅底表面结焦、腐蚀换热效率低的问题。主要设备：锅炉耐火衬里。节能技改投资额 15 万元，建设期为 7 天。项目年节能量约 39tce，碳减排量约 102tCO_2。年节能经济效益约 15 万元，投资回收期约 13 个月。

八、推广前景和节能潜力

热超导陶瓷涂层具有较高的热导率和发射率，较强的自洁性能，在解决燃煤锅炉结焦结渣、高温腐蚀，提升锅炉效率方面作用明显，具有广阔的应用前景。预计到 2020 年，该技术的市场推广比例可达 3%，项目总投资约 2.7 亿元，可形成的年节能能力约 90 万 tce，年碳减排潜力 238 万 tCO_2。

80 油田采油污水余热综合利用技术

一、技术名称：油田采油污水余热综合利用技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业 油田、化工等行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

原油中含有约 85%的污水需降温后回灌，而在生产和生活中需要的中温热水主要依靠直接燃烧油气获得，能耗大，能效低。国内原油产量近 2 亿 t，如果陆上生产的原油按 1.5 亿 t 计算，采油过程中将产生 8.5 亿 t 温度约为 50℃的采油污水。目前该技术可实现节能量 2 万 tce/a，减排约 5 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

利用油田伴生气或者原油作为驱动热源，采用直燃式热泵技术，回收污水中的热量制取中温热水，用于外输原油加热器和油管道伴热，或者采油区的生活供暖。

2.关键技术

（1）系统优化设计技术；

（2）低温热水余热回收技术；

（3）高效传热传质技术；

（4）高真空技术；

（5）发生器结构技术；

（6）屏蔽泵变频技术；

（7）智能控制技术。

3.工艺流程　具体工艺流程见图 1。

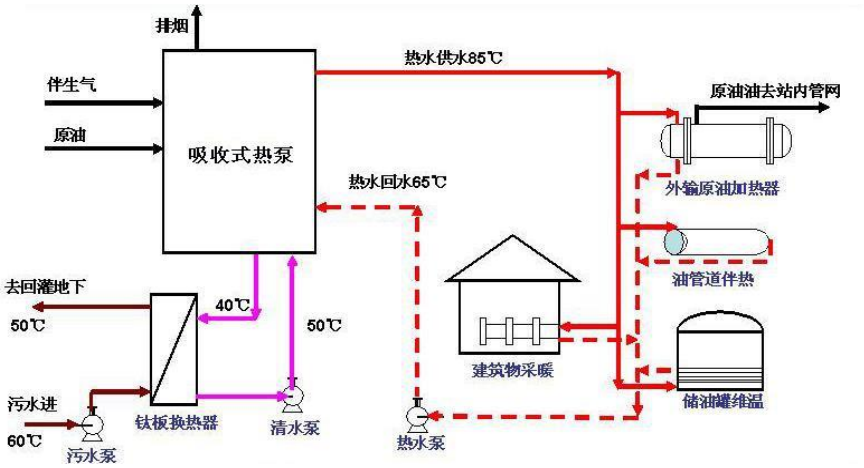


图 1　油田采油污水余热综合利用工艺流程图

五、主要技术指标

采油废水余热利用率达到 30%，直燃式热泵的 COP 为 1.7。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2010 年 5 月通过江苏省经济和信息化委员会和无锡市科技局联合组织的新产品和科技成果鉴定，鉴定结论为主要性能指标达到国际先进水平。拥有全部自主知识产权，已在华北油田采油厂成功实施，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：华北油田公司第一采油厂

技术提供单位：双良节能系统股份有限公司

建设规模：2×2910kW 油田污水余热综合利用系统。主要技改内容：增设采油污水余热利用系统及相关优化控制设备。节能技改投资额 800 万元，建设期 9 个月。每年可节约 2257tce，年节能经济效益 230 万元，投资回收期 3.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术节能效果明显，如果在油田开采、化工等行业广泛应用，可大幅降低能耗水平。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 30%，投资总额 13 亿元，节能能力 35 万 tce/a，减排能力 92 万 tCO_2/a。

81 换热设备超声在线防/除垢技术

一、技术名称：换热设备超声在线防/除垢技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业 换热设备

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国石化行业现存的换热设备超过30万台，长期以来这些设备的防垢、除垢问题一直没有很好的解决办法，换热设备普遍在带垢0.2-10mm厚度之间的状态下运行。垢的导热系数(一般均在 1 W/m•K左右)仅为换热器金属管壁的几十分之一。据行业统计，垢质每年在换热设备和管道中的沉积厚度约为4mm，换热设备积垢每增加1mm，传热系数下降9%-9.6%，能耗和排放将增加10%以上，同时带来生产效率下降、垢下腐蚀缩短设备寿命、安全隐患等一系列问题。目前该技术可实现节能量1万tce/a，减排约3万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

超声脉冲振荡波在换热器管、板壁传播，在金属管、板壁和附近的液态介质之间产生效应，破坏污垢的附着条件，防止换热设备在运行过程中结垢，提高换热设备传热能力，降低达到同样工艺要求所需的能耗量，实现节能目的。

2.关键技术

（1）强磁致伸缩新型换能器技术；

（2）超声波声学参数调测和数字控制技术；

（3）不同应用环境超声波声学参数定向设计技术。

3.工艺流程

（1）超声波防垢原理见图 1

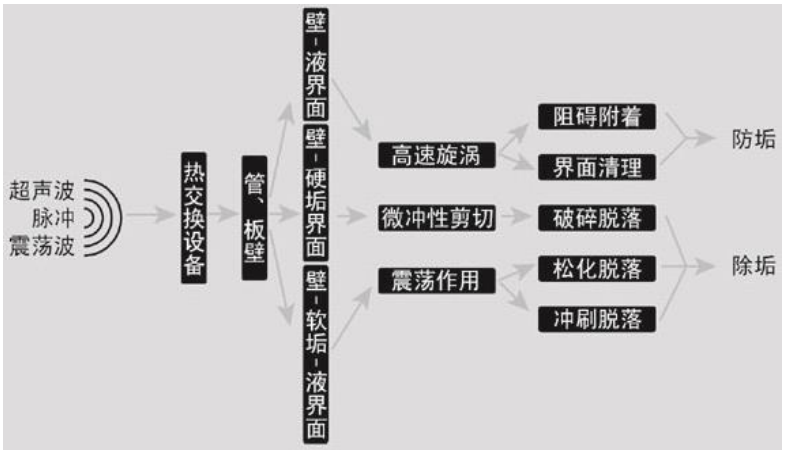


图 1 超声波防垢原理图

（2）超声波防垢机理

高速微涡效应：

由于超声波频率很高，在管、板壁传播时形成很高的加速度，作用于与管、板壁直接接触的流体介质时，会出现一个微小的真空区域。真空区域刚一形成，附近介质在压力的作用下就会迅速涌向这一区域来填补真空，形成许多微小的涡流，这些涡流与生产同时进行，对壁面形成不间断的冲刷，这就是高速微涡效应。这一效应相当于介质随时都在对壁面进行清洗，可有效防止污垢的粘附。

剪切应力效应：

壁面振动会带动其上的垢层一起振动，从而在壁面和垢层之间产生剪切力和推斥力，对于已有垢层，剪切力和推斥力会使其疲劳、裂纹、疏松、破碎而脱落；对于即将粘附的污垢成分，刚一接触壁面即被排开，无法稳定停留在壁面上。无论哪种情况，污垢都会随着介质的流动被带走，这就是剪切应力效应。剪切应力效应起到了除垢作用。

此外，介质流动时，由于与固体壁面有摩擦力，会在近壁区域而形成滞流层，也叫边界层。这一区域的传热过程为滞流介质的导热过程而不是对流换热过程，而介质的导热系数较对流换热系数要低得多，因此滞流层的存在会降低传热系数。当有超声波作用时，超声波引起的高速微涡可有效破坏滞流层，起到强化传热的作用。

五、主要技术指标

平均提高换热设备传热系数21%，降低换热设备污垢热阻55%；石化行业换热设备平均节能率为9.1%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2010年通过中国石油化工集团公司科学技术成果鉴定，目前已在石油、石化、化工行业众多企业应用。该技术在不同应用环境声学参数定向设计、减少超声波衰减和抗畸变方面具有新颖性，整体技术达到国际先进水平，具有显著的节能效益。

七、典型应用案例

典型案例1：中石化上海高桥分公司

技术提供单位：北京中环信科科技股份有限公司

建设规模：在炼油3部3#800万t常减压蒸馏装置换热网络超声波防、除垢技术改造。主要技改内容：炼油3部3#常减压蒸馏装置换热网络21台换热器上安装超声波防、除垢装置。节能技改投资额985万元，建设期2个月，年节能量7272tce，年节能效益为582万元，投资回收期20个月。

典型案例2：中石化四川维尼纶厂

技术提供单位：北京中环信科科技股份有限公司

建设规模：在四川维尼纶厂发电车间、乙炔车间、PVA车间的14台换热设备上应用超声波防垢技术。主要技改内容：在乙炔车间提浓装置E0401、E0442、E451\A\B\C、E455\A\B、V0601共8台换热器，聚乙烯醇车间E598、E590、E622、2H443、2H445共5台换热器，发电车间1#机组凝汽器，合计14台换热器上安装超声波防、除垢装置。节能技改投资额210万元，建设期1个月，年节能2396tce，年节能效益为192万元，投资回收期13个月。

八、推广前景及节能减排潜力

石化行业的换热设备数量超过30万台，如果采用超声波防垢技术解决污垢问题，可降低全行业换热设备能耗约9%。预计未来5年，该技术在行业内的推广潜力可达到40%，预计投资总额8亿元，节能能力55万tce/a，减排能力145万tCO_2/a。

82 氯化氢合成余热利用技术

一、技术名称：氯化氢合成余热利用技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业 现有或新建氯碱企业的氯化氢或盐酸合成炉新建或改造

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

对于氯化氢合成中的热能利用，国内主要有两种方法：一种是使用钢制水夹套氯化氢合成炉副产热水。这种钢合成炉在炉顶部和底部容易受腐蚀，使用寿命短，副产的热水应用范围有限；另一种是使用石墨制的氯化氢合成炉副产热水或0.2-0.3MPa 压力的蒸汽。由于石墨是非金属脆性材料，受强度和使用温度的限制，在副产蒸汽时石墨炉筒作为产汽的受压部件，安全上存在一定隐患，采用该方法副产的热水或低压蒸汽热能利用只能达到 40%，应用范围同样有限。目前该技术可实现节能量 2 万 tce/a，减排约 5 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

氯气与氢气反应生成氯化氢时伴随释放出大量反应热，完全可以用来副产蒸汽。副产中压蒸汽合成炉在高温区段，使用钢制水冷壁炉筒；在合成段顶部和底部钢材容易受腐蚀的区段，采用石墨材料制作。采用这种方法既克服了石墨炉筒强度低和使用温度受限制的缺点，又克服了合成段的顶部和底部容易腐蚀的缺点，从而使氯化氢合成的热能利用率提高到 70%，副产蒸汽压力可在 0.2-1.4MPa 间任意调节，可并入中、低压蒸汽网使用，使热能得到充分利用。

2.关键技术

自循环换热蒸汽发生技术；腐蚀控制技术；生产运行自动控制技术。

3.工艺流程

具体工艺流程见图 1、图 2。

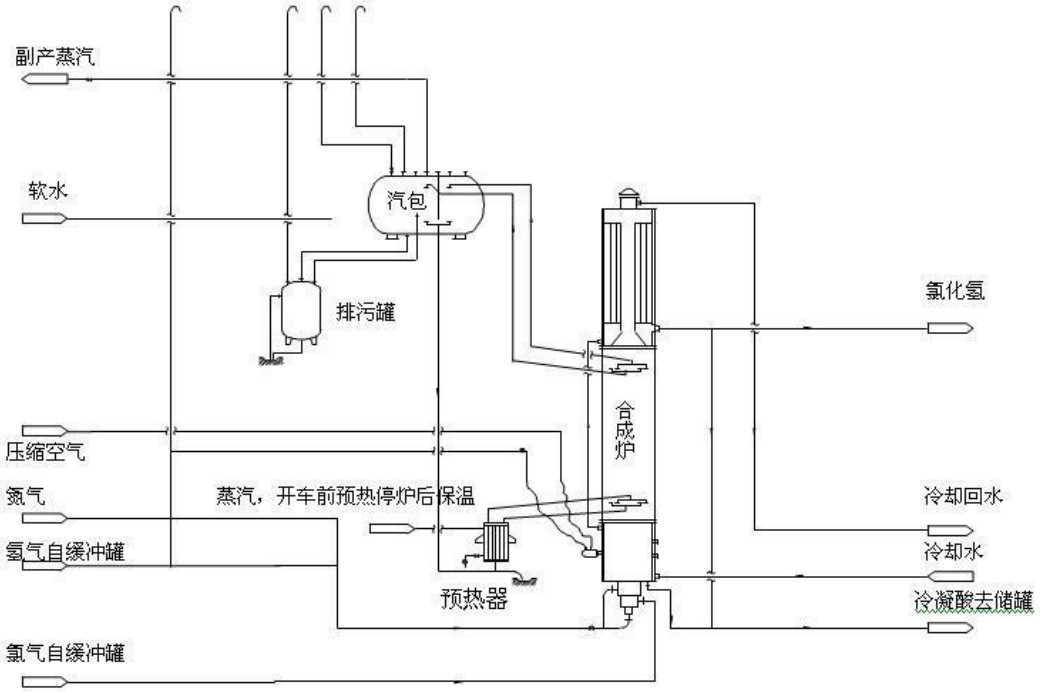


图 1　氯化氢合成余热利用技术图

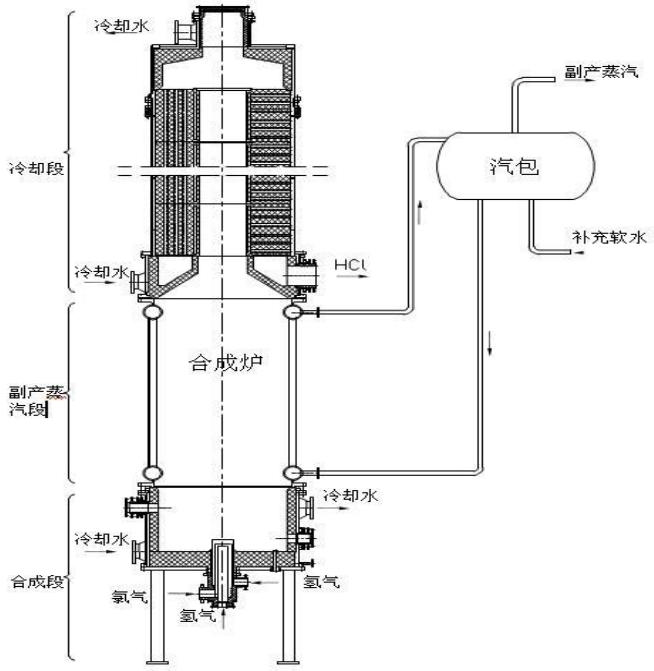


图 2 氯化氢合成余热利用技术设备图

五、主要技术指标

每合成生产 1t 氯化氢可副产 0.8-1.4MPa 中压蒸汽 0.7t。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已在部分化工行业推广应用，使氯化氢合成的热能利用率提高到 70%，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：浙江巨化股份有限公司电化厂、江苏大和氯碱化工有限公司、重庆三阳化工有限公司

典型案例 1：浙江巨化股份有限公司电化厂:

建设规模：08-140-84 型副产蒸汽氯化氢合成炉一套，日产氯化氢 140t，副产 1.2MPa 蒸汽 84t。主要技改内容：拆除原水套式石墨氯化氢合成炉，利用原厂房框架新上一套副产蒸汽氯化氢合成炉。主要设备包括副产蒸汽氯化氢合成炉、汽包、预热器和排污罐。节能技改投资额 400 万元，建设期 2 个月。每年可节能 3780tce，年节能经济效益 448 万元，投资回收期 1 年。

典型案例 2：江苏大和氯碱化工有限公司:

建设规模：09-150-30 型副产蒸汽盐酸合成炉一套，日产高纯盐酸 150t，副产 1.2MPa 蒸汽 30t。主要技改内容：拆除原水套式石墨氯化氢合成炉、石墨降膜吸收器、尾气塔，利用原厂房框架新上一套副产蒸汽四合一盐酸合成炉，主要设备包括副产蒸汽四合一盐酸合成炉、汽包、预热器和排污罐。节能技改投资额 200 万元，建设期 2 个月，年节能 1350tce，取得节能经济效益 160 万元，投资回收期 16 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

该项技术具有很好的经济效益和社会效益，目前，全行业氯化氢合成炉生产氯化氢的产能约 600 万 t。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 20%，投资总额 5 亿元，节能能力 35 万 tce/a，减排能力 81 万 tCO_2/a。

83 节能型尿素生产技术

一、技术名称：节能型尿素生产技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业 水溶液全循环尿素生产装置改造或新建

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国氮肥行业的吨尿素产品单耗为：氨 580 kg、蒸汽 1250 kg、循环水 140m^3、电 140kWh，合成转化率 65%。应用该技术可实现节能量 4 万 tce/a，减排约 11 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1．技术原理

（1）高压合成工序：

来自氨库的原料液氨，经液氨泵加压到 20-23MPa 后送往液氨预热器，被加热到 70℃分为两路，一路约为总量 80%的 NH_3、103℃甲铵液和来自 CO_2 压缩机 20-23MPa 的 CO_2 一起进入合成塔塔顶分布器；另一路约 20% 的 NH_3 通过尿素合成塔底部进入，在塔内完成等温高压合成反应，反应产物从塔的顶部出来。

工业生产尿素的反应分两步进行，第一步由氨和二氧化碳反应生成中间产物氨基甲酸铵（简称甲铵），其反应式为：

$2NH_3$（液）+ CO_2（气）=NH_4COONH_2（液）+ Q_1

第二步由甲铵脱水生成尿素，其反应式为：

NH_4COONH_2（液）=$CO(NH_2)_2$（液）+H_2O（液）－Q_2

第一步反应是一个可逆的强放热反应，生成氨基甲酸铵的反应速度比较快，容易达到化学平衡，且达到化学平衡后二氧化碳转化为氨基甲酸铵的程度很高。第二步反应是一个可逆的微吸热反应，需要在液相中进行，反应速度慢，需要较长时间才能达到化学平衡，即使达到化学平衡也不能使全部氨基甲酸铵都脱水转化为尿素。

（2）循环回收工序

从合成塔出来的反应混合物先后经过中压分解吸收（压力 1.7MPa）和低压分解吸收（压力 0.3MPa）后，尿素浓度达到 67%左右，温度为 140℃，然后送入蒸发系统；尿素尾气通过高效安全的尾气净氨处理后（氨含量小于 1%）放空。

（3）蒸发工序

从低压循环系统来的尿素溶液送入逆流降膜式预浓缩器，以中压分解气作热源进行预浓缩，将尿液浓度从 67%提高到 85%；用膨胀蒸汽和蒸汽冷凝液作热源对 85%尿液进行两段加热进行再浓缩，使尿液浓度从 85%提高到 95%，完成对尿素的一段蒸发。出一段蒸发器的尿液再经过二段蒸发加热器，浓缩至 99.6%左右，送至尿素造粒塔进行造粒。

（4）解吸、水解工序

碳铵液由解吸泵送至解吸水解系统，采用蒸汽加热气提，使塔底排出的解吸净水中尿素及氨含量≤5ppm；解吸水解塔底出来的 188℃解吸净水、解吸水解塔顶出来的 160℃的解吸气分级利用于尿素分解工序，利于节省蒸汽、维持系统水平衡。

2．关键技术

（1）液相逆流换热式等温合成塔和尿素合成塔的优化运行；

（2）二次加热-降膜逆流换热应用于中压分解工艺；

（3）三段吸收-蒸发式氨冷-低水碳比尿素中压回收工艺；

（4）一段蒸发系统低位能热的利用；

（5）尾气净氨新工艺；

（6）高效尿素低压分解回收新工艺；

（7）节资-节能型尿素废水处理系统。

3．工艺流程

工艺流程见图 1。

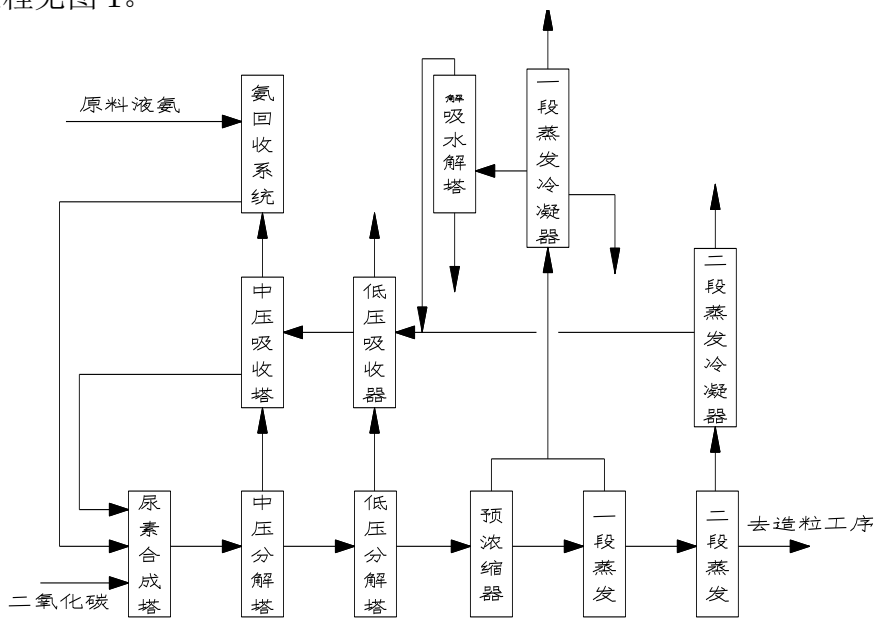


图 1 水溶液全循环节能尿素生产工艺流程图

五、主要技术指标

1.吨尿素单耗：氨570kg、蒸汽905kg、循环水77m^3、电125kWh；

2.合成二氧化碳转化率 72%；解吸后净水中氨和尿素含量＜5ppm。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已通过四川省科技厅的技术鉴定，并成功应用于 1000t/d 尿素生产装置，节能效果显著，安全环保，生产设施先进。

七、典型应用案例

典型用户：四川金象化工产业集团股份有限公司

技术提供单位：四川金象赛瑞化工股份有限公司

典型案例 1

建设规模：400t/d 尿素生产装置的技术改造

主要技改内容：利用节能型尿素生产技术对日产 400t 尿素装置中低压分解回收等系统进行节能改造，主要技改设备包括精洗器、预蒸发器和外冷器等。节能技改投资额 960 万元，建设期 6 个月。年节能 9145tce，年节能经济效益 799 万元，投资回收期约 1.2 年。

典型案例 2

建设规模：1000t/d 尿素生产装置新建项目

主要技改内容：新建 1000t/d 尿素水溶液全循环生产装置，主要设备包括液相逆流换热式尿素合成塔、尿素中压吸收塔、卧式浸没式尾气吸收器、蒸发式冷凝器和解吸水解塔等。节能技改投资额 15437 万元，建设期 1 年。年节能 2.1 万 tce，节能经济效益 2310 万元，投资回收期 4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

水溶液全循环节能尿素生产技术适合新建尿素生产装置和对现有水溶液全循环装置进行节能增产改造，改造工作量小，投资较低，生产能力有较大提高，并可大幅度降低原材料消耗、消除环境污染，经济效益和环保效益显著。在国内水溶液全循环尿素生产企业进行节能增产改造，有广阔的推广前景。

目前我国尿素产能约 6500 万 t/a。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 40%，投资总额 33 亿元，节能能力 47 万 tce/a，减排能力 128 万 tCO_2/a。

84 煤气化多联产燃气轮机发电技术

一、技术名称：煤气化多联产燃气轮机发电技术

二、技术所属领域及适用范围：化工行业 煤化工领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国60万t/a以上的大型甲醇装置一般都配套建设H_2回收装置，回收生产甲醇过程中排放的弛放气中的H_2。根据回收装置的实际运行状况，整体能量回收率只有50%左右，而且实际甲醇生产过程中H_2回收装置的运转率一般都较低。目前该技术可实现节能量35万tce/a，减排约92万tCO_2/ a。

四、技术内容

1.技术原理

将空气通过前置的过滤系统进入17级压气机压缩到1.3MPa，同燃料气一起进入燃烧室混合燃烧，燃烧后的高温气体进入三级透平膨胀做功，推动叶轮旋转，转速为5163转/分，经负荷齿轮箱减速为3000转/分，带动发电机发电。燃烧效率可达到99.85%，机组热效率达32%以上，机组平均负荷率为85%。燃烧后排出的高温废气进入余热锅炉换热副产中低压蒸汽用于生产工艺，剩余约130℃的废气排入大气。

2.关键技术

（1）多联产系统中低热值燃料燃气轮机技术；

（2）煤制气+弛放气燃气轮机燃烧室技术和控制系统技术。

3.工艺流程

该技术的工艺流程见图1。

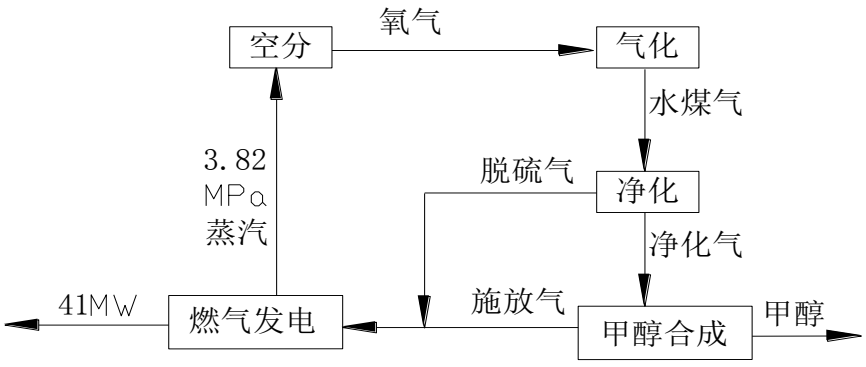


图 1　煤气化多联产燃气轮机发电技术流程图

五、主要技术指标

1.燃烧效率可达到99.85%；

2.机组热效率达32%以上；

3.机组平均负荷率为85%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已通过中国石油和化学工业协会组织的鉴定。2008 年 10 月，以“煤气化多联产燃气轮机发电技术”为核心的兖矿集团“煤气化发电与甲醇联产系统关键技术的研发与示范”获山东省科技进步一等奖。2009 年 7 月，以该技术为核心内容的“高效洁净煤制甲醇与联合循环集成系统的研发和示范”项目荣获国家科学技术进步二等奖。

该技术通过对多联产系统中低热值燃料燃气轮机技术的研发，突破了 40MW 级煤制气重型燃气轮机中 4 大核心设计技术中的“煤制气+弛放气燃气轮机燃烧室技术”和“控制系统”2 项技术，建成了适用于联产系统的 40MW 级燃气轮机工业示范。同时，燃料供应系统匹配与调节、燃气轮机现场测试调节及检测技术等煤制气燃气轮机技术又使装置具有燃料适应性广、节能效果显著、环保效果明显等优势。目前，该技术及其工业化示范装置已在兖矿国泰化工有限公司得到成功应用。

七、典型应用案例

典型用户： 兖矿集团有限公司

建设规模：燃气轮机装机容量 76MW。主要技改内容：年产 24 万 t 甲醇生产线配套建设 76MW 燃气轮机发电。主要技改设备包括压气机、燃烧室、透平、负荷齿轮箱、发电机和辅机系统。节能技改投资额 120000 万元，建设期 2 年。每年可节能 138229tce，实现销售收入 13000 万元，投资回收期约 10 年。

八、推广前景及节能减排潜力

煤气化多联产燃气轮机发电技术是国家“十五”“863”攻关课题，具有我国自主知识产权的专利技术，是我国第一座联产系统示范工程，实现了我国 IGCC 和联产系统“零”的突破，为中国煤炭联产系统的深入科学研究和广泛的工程应用打下了基础。

我国大型甲醇生产线中一般配备 H_2 回收装置，约占国内甲醇产能的 60%。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 20%，投资总额 12 亿元，节能能力 140 万 tce/a，减排能力 322 万 tCO_2/a。

85 新型吸收式热变换器技术

一、技术名称：新型吸收式热变换器技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业 温度范围在 60-180℃的废热回收

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前在国内吸收式热变换器应用仍没有达到预期的程度，其适用温度范围的限制是主要原因之一。在石油化工以及某些特殊生产过程中会产生高温废热，其温度超过 150℃甚至达到 200℃。为了扩大吸收式热变换器应用范围，使其能从高温废热（最高大于 200℃）到低温废热（60-100℃）回收能量，实现废热源的全温度范围内的梯级利用。目前该技术可实现节能量 5 万 tce/a，减排约 13 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

目前，实际应用的低温吸收式热变换器装置主要以中低温废热来驱动系统（例如 60-100℃工业余热），通过吸收过程放出的相变潜热使其中一部分低品位热能的温位提高后重新加以利用，而另一部分转换为更低的温位排放到环境中。

高温吸收式热变换器的基本原理与低温吸收式热变换器相同，但高压区和低压区都是正压，由于高压区压力高，高低压区压差大，工质对再循环过程中的控制比低温吸收式热变换器困难。同时，由于系统操作温度高（最高大于 200℃），对设备的耐腐蚀性要求极高。该技术通过使用一种抗腐蚀性复合 SiO_2 膜技术解决了高温吸收式热变换器的主要技术难点，输出可用热大于 200℃，从而扩大了吸收式热变换器的使用范围。如果将其与低温吸收式热变换器联合使用，可实现能量的梯级利用。

2.关键技术

（1）基于界面效应改善冷凝液流动原理，设计制作了工艺简单的功能强化表面，其冷凝传热效率优于部分功能强化管型的传热性能。通过几种异形强化管强化溴化锂垂直管外降膜吸收的性能，强化了降膜传热传质过程。

（2）利用在线成膜工艺，在系统运行时自动生成耐腐蚀硅膜，解决了高温溴化锂溶液腐蚀问题。

（3）利用涂层分布管替代光滑铜管，增强了液膜自身的掺混效果，其掺混强化率为光滑铜管的1.2倍。

3.工艺流程

工艺流程见图1。

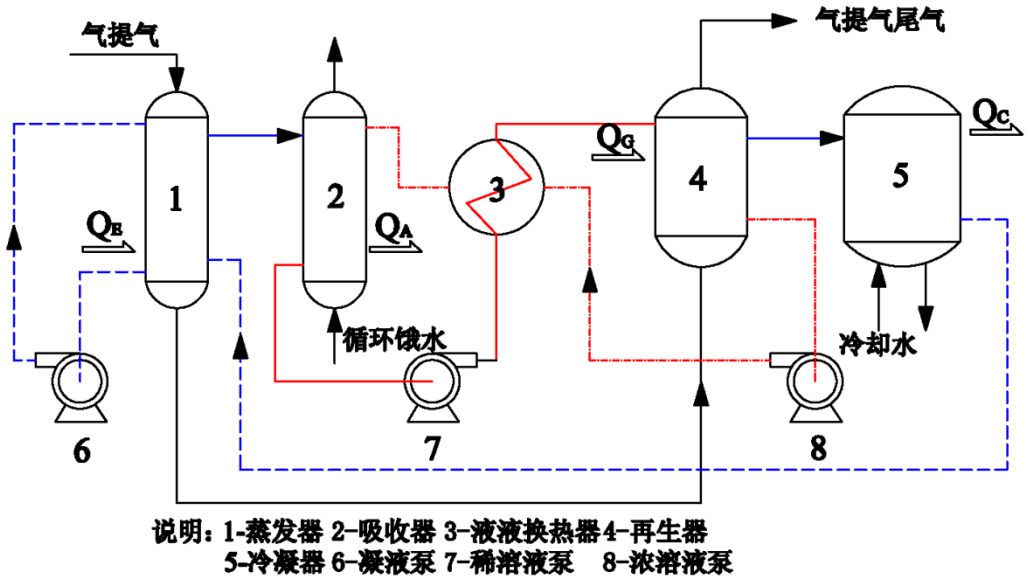


图 1　低温吸收式热变换器系统流程图

五、主要技术指标

1.输入废热温度范围：60-180℃，输出可用热温度范围：85-205℃；

2．系统温升范围：25-35℃；

3．COP范围：0.4-0.48；

4．各主要部件传热系数较光滑管提高30%；

5．使用寿命超过10年。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

1999年在燕化公司SBS凝聚工段建成了5MW的AHT工业装置，是国内第一台AHT工业化装置。2002年11月在燕化公司合成橡胶厂顺丁橡胶凝聚工段建成了7MW的AHT工业装置；2004年11月在上海高桥石化公司化工事业部合成橡胶装置上成功建成两套6MW的吸收式热泵。

目前，已成功研制出高温吸收式热变换器小型样机，各项性能均达到设计要求，从而扩大吸收式热变换器应用范围，形成了可应用于60-180℃全温度范围工业废热回收的吸收式热变换器装置，且完全拥有自主知识产权。

七、典型应用案例

典型案例 1：　北京燕山石化

建设规模：SBS 凝聚工段功率为 5MW 的吸收式热变换器。主要技改内容：配备功率 5MW 的吸收式热变换器装置，回收凝聚釜顶产生的废热。主要技改设备：吸收器、再生器、蒸发器、冷凝器、热交换器。节能技改投资额 610 万元，建设期 6 个月。每年可节能 1669tce，年节能经济效益 346 万元，投资回收期约 2 年。

典型案例 2：上海高桥石化

建设规模：顺丁橡胶工段功率 7MW 的吸收式热变换器。主要技改内容：配备功率为 7MW 的吸收式热变换器装置，回收凝聚釜顶产生的废热。主要技改设备：吸收器、再生器、蒸发器、冷凝器、热交换器。节能技改投资额 1450 万元，建设期 6 个月。每年可节能 2337tce，年节能经济效益 700 万元，投资回收期 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

我国化学工业能源利用效率比发达国家低 10%-15%左右，一些产品单位能耗比发达国家高 10%-20%。实现废热源全温度范围内的梯级利用，是提高能源利用效率的有效途径之一。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 10%，投资总额 7 千万元，节能能力 10 万 tce/a，减排能力 26 万 tCO_2/a。

86 高效复合型蒸发式冷却（凝）器技术

一、技术名称：高效复合型蒸发式冷却（凝）器技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业 甲醇、合成氨、尿素等生产过程中工艺气体冷却、冷凝

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

冷却（凝）设备是广泛应用于工业领域的重要基础设备，也是工业耗能、耗水较高的设备。据统计，冷却（凝）设备耗能约占工业用能的13%-15%。目前该技术可实现节能量石化行业11万tce/a，减排约29万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

蒸发式换热是利用水在蒸发时吸收潜热而使工质冷却（凝）的原理，工质在管内冷却（凝结）时放出的热量通过管壁传给管外的水膜，再通过水的蒸发将热量传递给空气。水膜和空气之间不但有热传递而且有质传递，蒸发时产生的水蒸气被空气带走。这种换热器的耗水量较少，空气流量也不大，比较适用于缺水地区。高效复合型冷却（凝）器以蒸发式换热机理为基础，以水和空气为冷却介质，同时运用蒸发式换热和空冷式换热对被冷却介质进行冷却（凝）的高效冷却（凝）设备，是对蒸发式冷却（凝）设备的重大改进和提升。

2.关键技术

高效复合型蒸发式冷却（凝）器技术是将蒸发式换热和空冷式换热优化组合而成的高效冷却（凝）设备，其主要的关键技术如下：

（1）高效复合型蒸发冷却（凝）技术；

（2）多组分介质换热器设计、制造和检验技术；

（3）高压复合型换热设备设计、制造和检验技术；

（4）高压换热管束柔性化技术；

（5）高压换热管束防震动固定技术；

（6）换热管内部防结晶等堵塞清理技术。

3.工艺流程

高温被冷却介质首先进入空冷换热部件，利用蒸发换热段产生的水蒸气与空气

混合所形成的湿空气对空冷部件内的高温被冷却介质进行冷却，使高温被冷却介质得到预冷降温；降温后的被冷却介质再进入蒸发冷换热部件，循环冷却水通过喷淋在蒸发冷部件的管（板）表面形成连续均匀的薄水膜，管（板）外表面水膜的蒸发使得空气穿过管（板）束后湿度增加而接近饱和，饱和湿空气在轴流风机超强风力作用下从设备上部排出，从而在换热部位形成负压区域，加速了管（板）外表面水膜的蒸发，实现强化管（板）外换热；饱和湿空气在排出设备前经过挡水板，夹带的水滴被挡水板收集循环利用。具体结构见图1。

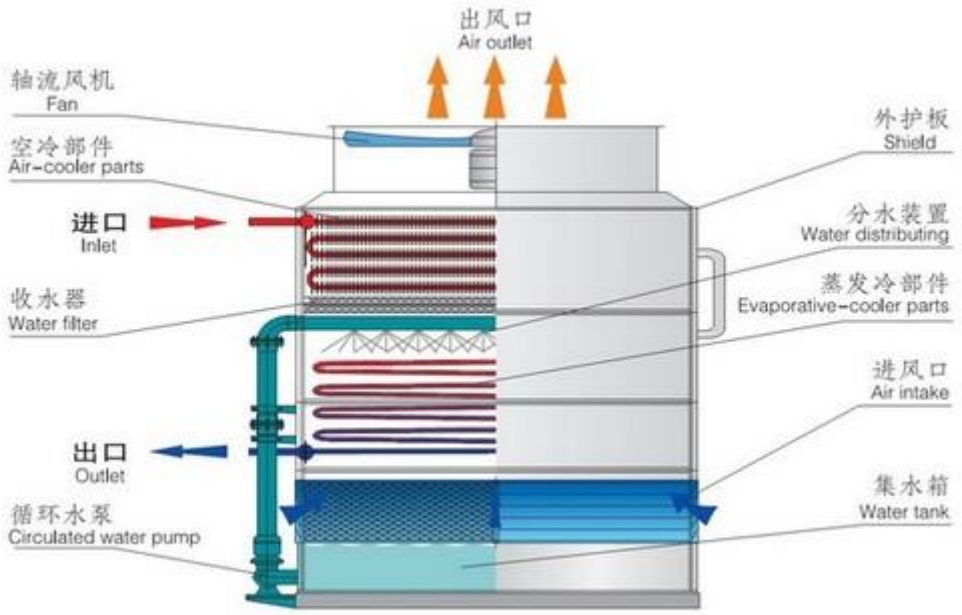


图 1 高效复合型冷却（凝）器基本结构图

五、主要技术指标

1．与空冷相比，节电率 30%-60%；

2．空冷岛运行的满负荷率可达 95%以上；

3．与传统水冷相比，节水率 40%-50%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2008 年 9 月通过河南省科技厅组织的科技成果鉴定，2009 年 3 月通过中国石油和化学工业协会组织的科技成果鉴定。2006 年首套高效复合型冷却（凝）器投入使用，至今已陆续应用于煤化工、石油化工、电力、冶金等工业领域和制冷行业。

七、典型应用案例

典型用户：中国石化长岭分公司、中国石化扬州分公司、中化弘润石油化工有

限公司、四川石达化工有限公司、山东晨曦石化有限公司、神华国能宁夏煤电有限公司鸳鸯湖电厂等

典型案例 1

技术提供单位：洛阳隆华传热节能股份有限公司

建设规模：60 万 t/a 煤制甲醇项目换热器改造，建设条件操作压力为 8.4Mpa(G)，进口温度 108℃，出口温度 40℃，总质量流量约为 336009kg/h，主要成份为甲醇合成气体。主要技改内容：以复合蒸发冷却方案取代水冷器方案，主要设备为 7 台复合蒸发冷却器。节能技改投资额 900 万元，建设期 6 个月。每年可节能 1188tce，年节能经济效益为 232 万元，投资回收期约 4 年。

典型案例 2

技术提供单位：洛阳隆华传热节能股份有限公司

建设规模：660MW 直接空冷燃煤机组增设蒸发式凝汽器，从原直接空冷凝汽系统主排汽管道分流 320t/h 的蒸汽，采用蒸发式凝汽器进行冷凝，在夏季（6 月-9 月）机组运行尖峰冷却装置，实际运行排汽背压在原基础上降低 5-18kPa。计算机组排汽背压加权平均值降低了 8.88kPa。单台机组年煤耗降低 15894t/a；在夏季 7、8 月份气温较高日，机组负荷限制在 80%-90%之间，改造后气温较高期间增加发电功率为 31.68GW。节能技改投资额 3393 万元，每年可节能 15894tce，投资回收期约 4 年。蒸发式凝汽器依靠水蒸发吸收热量，本项目系统耗水量为 210t/h，消耗水源为电厂各级处理排污水。

八、推广前景及节能减排潜力

冷却（凝）设备广泛应用煤化工、石油化工、冶金、电力、制冷等行业，这些行业对冷却（凝）设备的需求具体主要包括两个方面：一方面是扩大产能、产业整合升级等新增固定资产投资带来的新增设备的需求；另一方面是受国家节能减排等政策推动，实施节能节水改造，进行设备更新的需求。预计未来 5 年，该技术在石化行业内的推广潜力可达到 70%，投资总额 2.5 亿元，节能能力 25 万 tce/a，减排能力 66 万 tCO_2/a。

87 溶剂萃取法精制工业磷酸技术

一、技术名称：溶剂萃取法精制工业磷酸技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业 湿法磷酸精制装置

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，国内使用热法磷酸工艺生产 1t 磷酸（折 100%P_2O_5）需要耗电 6303kWh，能耗较高。而湿法磷酸工艺由于减少了黄磷的燃烧阶段，大大降低了生产能耗，平均一吨磷酸（折 100%P_2O_5）的电耗只需要 400kWh 左右。目前该技术可实现节能量 1 万 tce/a，减排约 3 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

经过预处理的湿法磷酸，再用萃取剂萃取，进行深度净化，得到杂质含量少的高纯度磷酸。

2.关键技术

（1）根据湿法磷酸原料的浓度、粘度和杂质含量的变化情况，优化萃取剂配方和工艺操作参数，增强预处理、溶剂萃取、深度净化等工序设备的适应性；

（2）通过对核心设备振动筛板塔内部结构的优化，进一步改善内部传质，提高其设备生产强度和萃取率；

（3）化学净化法与溶剂萃取法相结合，充分发挥了二者的优势，提高了萃取效率。

3.工艺流程

磷矿与硫酸萃取→稀磷酸→浓缩→浓磷酸→预处理→萃取→洗涤→反萃→浓缩→产品酸。具体见图 1。

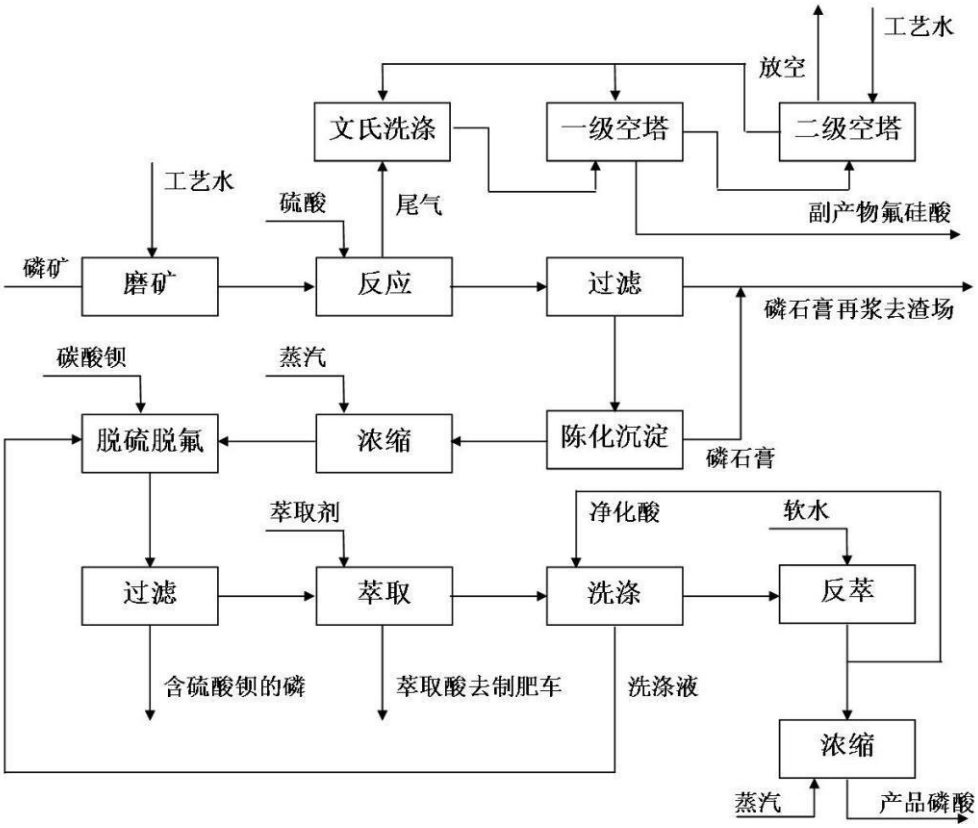


图 1 溶剂萃取法精制工业磷酸工艺流程图

五、主要技术指标

电耗低于 400kWh/tP_2O_5。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2006 年 7 月通过国家教育部组织的科技成果鉴定。目前，已成功在安徽六国化工、云天化国际、湖北兴发化工等企业进行了实施和应用，标志着我国溶剂法精制磷酸技术已实现了工业化。

七、典型应用案例

典型用户：安徽六国化工股份有限公司，云南云天化国际化工股份有限公司

典型案例 1

建设规模：5 万 t/a 工业级磷酸（折 100%P_2O_5）。主要技改内容：建设磷酸萃取净化的装置及配套公用工程，主要设备包括萃取塔和沉降槽。节能技改投资额 6070 万元，建设期 15 个月。每年可节能 103500tce，年节能经济效益为 2880 万元，投资回收期 2.1 年。

典型案例 2

建设规模：10 万 t/a 工业级磷酸（折 100%P_2O_5）。主要技改内容：建设磷酸萃取净化装置及配套公用工程，主要设备包括萃取塔和沉降槽。节能技改投资额 14880

万元，建设期 15 个月。每年可节能 20.5 万 tce，年节能经济效益 5760 万元，投资回收期 2.6 年。

八、推广前景及节能减排潜力

由于国内电能日趋紧张，原材料涨价等原因，采用热法磷酸技术生产工业磷酸及磷酸盐的利润越来越低。在此形势下，采用耗能少、生产成本低的湿法磷酸净化技术取代热法磷酸生产工业磷酸，必然是国内磷酸生产企业的最佳选择。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 50%，投资总额 6 亿元，节能能力 14 万 tce/a，减排能力 37 万 tCO_2/a。

88 工业冷却循环水系统节能优化技术

一、技术名称：工业冷却循环水系统节能优化技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业 工业冷却循环水系统 钢铁冶金、石油化工、热电、生化制药等领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

循环水系统以水为介质用于工艺过程的冷（热）量交换和传送，在石油化工、钢铁冶金、机械电子、食品制药、热电、集中供暖、中央空调等领域，是必不可少的基本环节。循环水系统以水泵为动力源，其电能消耗较大，约占社会总用电量的15%左右。目前，我国循环水系统普遍存在能耗较高的现象，与先进国家相比，水泵单机效率约低5%以上，系统效率低20%以上。目前该技术可实现节能量73万tce/a，减排约193万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

从流体力学基本原理可知，影响水泵功率的三大内在因素为：扬送的流量、扬程、运行效率。其中运行效率取决于水泵的效率性能，扬程用于克服管网阻力，流量用于工艺过程的冷（热）量交换和传送。从传热学基本原理可知，循环水量又取决于换热单元的热负荷、冷热流温差和传热系数。也即对某特定工艺的换热网络，若所移去的热量通过平衡后变少，换热器的热阻变少，循环水的供回水温差按设计规范要求控制在合理值内，那么流量就可以减少。根据上述原理，如果对某特定工艺，进行以下优化改造步骤，可从根本上解决循环水系统的高能耗问题：

（1）通过优化改造换热网络、消除因结垢或藻类滋生引起的热阻、做好管网的流量平衡并合理控制供回水温差，取得泵站最合理的扬送流量；

（2）通过配水管网优化，消除不利因素，如阀门损失、局部管路阻力偏大、并联管路性能差异大而引起的水力失衡、真空度控制不合理引起扰流等，从而降低管网阻力，取得水泵最合理的工作扬程；

（3）根据优化后的工作点参数（流量、扬程、效率、装置汽蚀余量），采用三元流技术设计出高效的水泵叶轮，以高效节能泵替换原有不匹配、低效率的水泵，确保泵站处于高效率运行状态；

（4）充分考虑因热负荷及环境温度变化引起的变工况运行，根据系统运行特征对泵站进行优化设计和管理。

2.关键技术

（1）循环水系统各换热设备、管网、泵站等的运行参数（包括压力、流量、温度、几何高度等）精确采集技术；

（2）换热网络优化和管网水力优化数学模型建立；

（3）对流量、管网阻力、水泵运行效率等专家分析诊断及优化系统。

（4）水力平衡调节装置、高效节能泵等多种针对性强的系列高效节能产品。

3.工艺流程

冷却循环水系统节能优化工艺主要包括以下环节：

（1）循环水系统及换热网络流程图绘制、各换热设备额定技术参数及热负荷值进行勘探，校对，记录；

（2）规定采集点的运行工况及环境参数采集；

（3）高能耗原因诊断分析；

（4）通过换热网络及配水管网优化设计，确定优化整改方案，确定合理循环水量及总管网最优阻力；

（5）原泵站性能评价与泵站优化设计，高效节能泵最优工作参数确定；

（6）定制生产高效节能泵；

（7）换热网络及配水管网的不利因素优化整改与调整；

（8）高效节能泵安装调试；

（9）对间隙式生产系统（如聚苯烯生产装置等），根据变工况运行特征，制订相应调节控制策略，加装变频控制系统；

（10）对循环水量较大（建议在 3000t/h 以上）或较复杂的系统，制订相应的在线监测与管理策略，安装循环水系统在线监控与能源管理系统。

循环水系统节能优化技术系统构架见图 1。

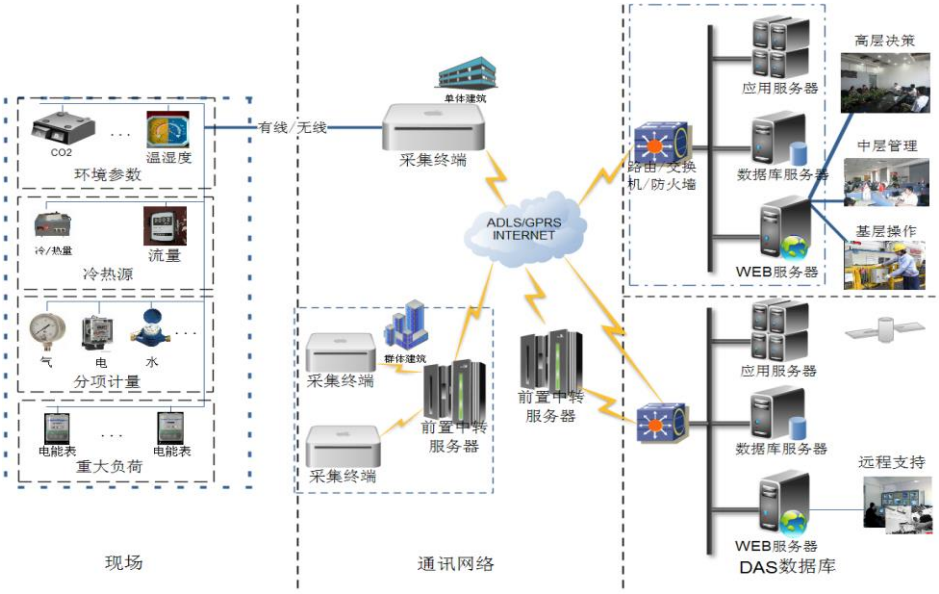


图 1 循环水系统节能优化技术系统架构图

五、主要技术指标

应用于工业冷却循环水系统节能改造节电率约为 12%-55%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2005 年 7 月通过浙江省科技厅组织的成果鉴定，拥有自主知识产权，并已获得计算机软件著作权登记证书 5 项。经浙江能源监察总队能源监测站、沈阳市节能技术研究所等多家权威机构检测，该技术实际应用的节能效果著，已在全国成功应用于 860 余个循环水系统的节能改造，目前处于大范围推广阶段。

七、典型应用案例

典型用户：上海石化、南京化工、扬子石化、中化集团、柳化股份、大化集团、上海医药集团、菱花味精、欧亚赐福集团、LG 甬兴化学、宝钢股份、首钢集团、上海大众汽车公司等。

典型案例 1

技术提供单位：浙江科维节能技术有限公司

建设规模：30 万 t/a 合成氨循环水系统（循环水量 35000t/h），配 7 台冷却水泵，其中 2 台配功率为 2240kW，1 台配功率为 900 kW，4 台配功率为 1000kW，相应配 7 台冷却塔。主要技改内容：换热网络及配水管网的不利因素优化整改与调整，特别是解决了纯碱厂和加氯车间最不利点的水力平衡问题；评价原泵站性能，并进行优化设计，确定高效节能泵最优工作参数及叶轮的水力模型设计；通过系统改造更换 7 台高效节能泵。主要设备包括水力平衡提升调节装置 2 套；高效节能泵 7 台；循环水在线检测与能源管理系统 1 套。节能技改投资额 1470 万元，建设期 5 个月。每年

可节能 4709tce，年节能经济效益为 573 万元。投资回收期 2.5 年。

典型案例 2

技术提供单位：浙江科维节能技术有限公司

建设规模：1780m^3 高炉鼓风机透平拖动装置冷却系统技改，配 6 台 900kW 冷却泵（2 用 4 备）；主要技改内容：换热网络及配水管网的不利因素优化整改与调整，特别是解决了供水总管止回阀阻力异常现象；评价原泵站性能，并进行优化设计，确定高效节能泵最优工作参数及叶轮的水力模型设计；通过系统改造更换 6 台高效节能泵。主要设备包括 PLC 计量系统、止回阀 6 台、高效节能泵 6 台。节能技改投资额 780 万元，建设期 4 个月。每年可节能 3048tce，年节能经济效益 459 万元，投资回收期 1.7 年。

八、推广前景及节能减排潜力

根据目前已在全国成功实施的 800 余套循环水优化系统的节能效果分析，与原有循环水系统相比，该技术的节电率一般在 20%-85%。这表明目前我国工业循环水系统仍然存在能耗过高的情况，有较大的节能潜力。

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 20%，投资总额 45 亿元，节能能力 207 万 tce/a，减排能力 546 万 tCO_2/a。

89 蒸汽系统运行优化与节能技术

一、技术名称：蒸汽系统运行优化与节能技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业 炼油、石化、钢铁等企业的动力车间，工业开发区与城市的热电企业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

一般热电系统（考虑到热电联产）的热能利用率约为65%，比世界先进水平约低10%左右，蒸汽管网的热损率约为5%-20%。目前该技术可实现节能量95万tce/a，减排约251万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

基于能量平衡的锅炉、汽轮机、除氧器等热电系统设备数学模型；基于基尔霍夫定律的管网水力学模型，以联立模块法表示热电系统的运行状况。

2.关键技术

（1）模拟技术：以专用软件PROSS经二次开发，将蒸汽动力系统和蒸汽管网系统的运行状态以精确的数学模型表示；

（2）工程化方法：将上述数学模型作实时应用，对蒸汽动力系统和蒸汽管网系统实际工况作出评估，提出可行的优化措施，达到节能降耗的效果；

（3）IT技术：将技术集成到企业调度指挥系统，形成能源（蒸汽）管控子系统。

3.工艺流程

工艺流程如图1所示。

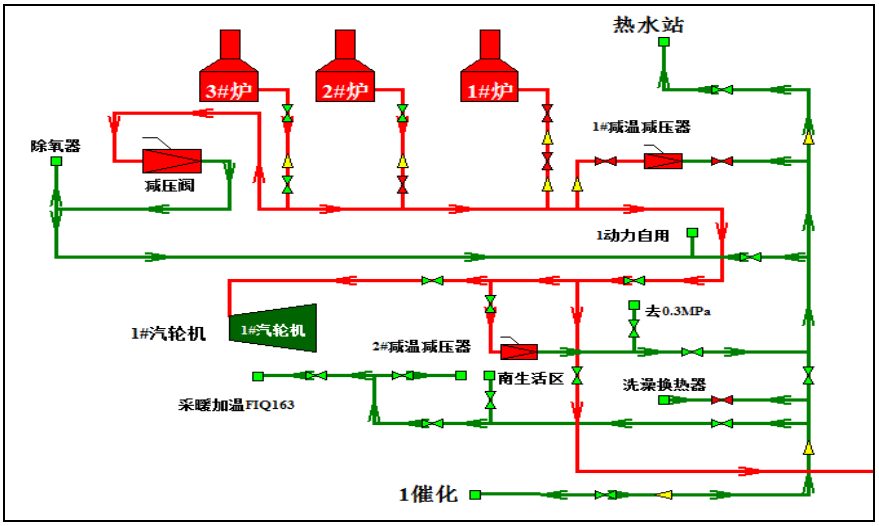


图 1　蒸汽系统运行优化流程图

五、主要技术指标

1．数学模型准确可靠，模拟计算结果与实测值偏差小于 5%；

2．模拟计算速度快，每次计算不超过 10s；

3．数学模型可扩展性强，能适应企业改扩建。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2005 年 11 月通过浙江省科技厅组织的技术鉴定，并已获得国家版权局的计算机软件著作权登记证书。目前，现已在中国石化济南分公司、中国石化广州分公司等 20 个大型企业和 5 个小型热电厂得到应用，技术成熟可靠。

七、典型应用案例

典型用户：中国石化济南分公司、中国石化广州分公司

典型案例 1

建设规模：蒸汽量 200t/h，蒸汽管网总长 14km。主要技改内容：蒸汽管网智能化管理系统，管线保温改造等，主要设备包括服务器、客户端和保温材料等。节能技改投资额 500 万元，建设期 8 个月。每年可节能 1.16 万 tce，年节能经济效益为 2360 万元，投资回收期约 3 个月。

典型案例 2

建设规模：蒸汽量 1500t/h，蒸汽管网总长 80km。主要技改内容：开发建立蒸汽动力系统运行优化系统和蒸汽管网智能监测系统，并集成入公司 MES，形成能源（蒸汽）调度系统，主要设备包括服务器、客户端和保温材料等。节能技改投资额 1000 万元，建设期 2 年。每年可节能 3.62 万 tce，年节能经济效益 3801

万元，投资回收期约 3 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内（炼油、石化）的推广潜力可达到 50%，投资总额 6.4 亿元，节能能力 158 万 tce/a，减排能力 417 万 tCO_2/a。

90 高辐射覆层技术

耐高温纳微米级高辐射覆层技术

一、技术名称：耐高温纳微米级高辐射覆层技术

二、所属领域及适用范围：钢铁行业 钢铁、冶金企业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

钢铁工业是我国的能耗大户，其中高炉和焦炉系统能耗约占全钢铁工业总能耗的 70%左右。据统计，高炉热风炉能耗约占炼铁总能耗的 45%，按 7 亿 t 铁产量计算，其能耗高达 6000 万 tce，焦炉能耗为 2600 万 tce。高炉热风炉和焦炉系统的节能减排潜力巨大。目前该技术可实现节能量 16 万 tce/a，减排约 42 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

耐高温纳微米级高辐射覆层材料具有高辐射、高吸收的特性，将其涂覆在复杂结构的高炉热风炉与焦炉的蓄热体表面及燃烧室内壁，可以提高蓄热体和燃烧室立火道表面的发射率（从涂覆前的 0.7-0.8 提高到 0.90 以上），强化高温环境下固体表面与气体间的辐射传热，提高蓄热体的表面温度，加大表里温度梯度，增加了蓄热量，提升能源利用效率，降低燃料消耗。

2.关键技术

（1）粉体超细化技术；

（2）表面前处理技术；

（3）高温胶制备技术。

3.工艺流程

按照高辐射覆层材料配方称量各组分，将粉体材料混合均匀后，经超细化处理，制成微纳米级的高辐射覆层粉体材料。根据配方精确称量 CMC 溶液、PA80 胶、水玻璃和水，混合制成高温胶。将高温胶倒入制备好的超细粉体材料中，使用胶磨机研磨混合，并静置发酵 24h 以上，完成高辐射覆层涂料的配制。

在使用高辐射覆层材料前，需要对耐材基体进行前处理，喷涂一层前处理液

以降低耐材基体的表面张力，提高涂料与耐材基体的吸附力。前处理液干燥后，将高辐射覆层涂料通过浸泡渗透或喷涂等方式包覆于耐材基体表面，形成一层发射率大于 0.9、厚度约为 0.3mm 的致密覆层，起到保护耐材、防止渣化的效果。高辐射覆层技术在高炉热风炉上的应用如图 1 所示。

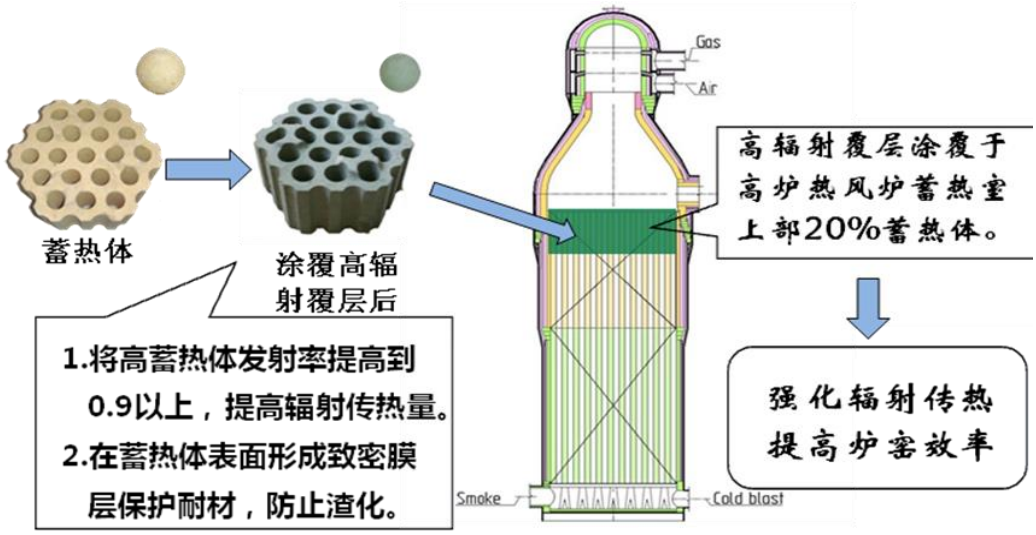


图 1 高辐射覆层材料应用示意图

五、主要技术指标

1.发射率 ≥0.9；

2.附着力 ≥2 级；

3.耐火度：1700℃；

4.容重：（1.4-2.0）×103kg/m^3；

5.提高高炉热风炉风温 10℃以上；

6.节约煤气消耗量 3%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已在覆层结构、材料制备、施工工艺、窑炉节能技术方面获国家发明专利 8 项，获日本专利、俄罗斯专利各 1 项。该技术产品在生产、应用、检测等各环节建立国家标准、行业标准 12 项，获得山东省科技进步二等奖、山东省节能奖等。“高炉热风炉蓄热体高辐射覆层技术及其应用研究”、“高效蓄热体覆层技术在球式热风炉节能改造中的应用”、“高辐射覆层技术在焦炉上的应用研究”等 3 项科技成果通过了省级鉴定。目前已在全国 70 余家钢铁企业的 447 座高炉热风炉和焦炉上应用，累计实现节焦 243 万 t（折合 236 万 tce），减排 583 万 tCO2，

节能效益约 76 亿元。

七、典型应用案例

典型用户：首钢京唐（曹妃甸）、鞍钢、济钢、邯钢、沙钢、日照钢铁公司等。

典型案例 1

案例名称：高辐射覆层技术在首钢京唐 2#5500m³高炉热风炉的应用

技术提供单位：山东慧敏科技开发有限公司

建设规模：36.5 万块格子砖表面涂覆高辐射覆层。建设条件：在高炉热风炉新建或大修时应用。主要技改内容：2#5500m³高炉的 4 座热风炉上部 50 层格子砖和 2 座预热炉上部 25 层格子砖采用高辐射覆层技术。技改投资额 807 万元，建设期 1 年。年节能量 25445tce，年减排量 67175tCO_2。项目经济效益 1148 万元，投资回收期 7 个月。

典型案例 2

案例名称：高辐射覆层技术在鞍钢新 5#2580m³高炉热风炉的应用

技术提供单位：山东慧敏科技开发有限公司

建设规模：6m 焦炉立火道及格子砖节能改造。建设条件：2009 年山东钢铁济钢焦化厂新建 8#、9#两座焦炉，炉型为 JN60 型 2×60 孔。主要技改内容：8#焦炉应用高辐射覆层技术，9#焦炉未应用。技改投资额 300 万元，建设期 1 年。年节能量 2833tce，年减排量 7479tCO_2。年节能经济效益为 238 万元，投资回收期约 13 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

目前全国有高炉 1400 余座，热风炉 4000 余座，产能 7 亿 t；焦炉约 3000 座，产能 3.8 亿 t。预计未来 5 年，该技术在国内推广比例可达 11%，可形成年节能能力 110 万 tce，年减排潜力 290 万 tCO_2。

高辐射陶瓷覆层技术

一、技术名称：高辐射陶瓷覆层技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业 石油、化工、冶金等企业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

加热炉是石油炼制、石油化工、化肥工业中的重要加热设备，加热炉燃料消耗在炼油化工装置中占有很大比例。炼油厂加热炉的燃料消耗占全厂能耗的 40%左右，乙烯裂解炉的能耗占乙烯装置总能耗的 50%-60%。降低加热炉的能耗是石化、化工等企业节能的重点方向。目前该技术可实现节能量 6 万 tce/a，减排约 16 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

根据基尔霍夫辐射定律，材料的发射率和吸收率相等。当物体表面的发射率提高后，它的热辐射和热吸收能力都得到增强。在高温条件下，热量传递以辐射为主，当被加热物体表面喷涂陶瓷涂层后，被加热体吸收和发射热量的能力提高，提升了辐射传热效率。

加热炉是石油化工生产主要装置，其关键部位为辐射室。加热炉 70%以上的能量在辐射室里传递。在辐射室内，炉管一方面要吸收燃料燃烧的直接辐射热，另一方面也吸收炉衬反射的辐射热，由炉衬传递给炉管的辐射热占总供热的 60%左右。炉体耐火内衬材料的发射率通常在 0.5-0.8，对红外线的吸收、反射和辐射能力较弱。通过喷涂高发射率陶瓷涂层，增强加热炉内衬对炉管的有效辐射，提高炉管对辐射热的吸收能力，有效提高加热炉的热利用效率，降低了燃料消耗，同时由于辐射传热效率提高，改善了加热炉内的温度均匀性。

2.关键技术

（1）高发射率陶瓷材料制备技术；

（2）金属陶瓷匹配的热膨胀系数调节技术。

3.工艺流程

加热炉衬里施工流程：

（1）耐火衬里表面损坏部分修补；

（2）喷涂炉衬辐射陶瓷涂层，厚度 0.20mm 左右；

（3）开炉升温固化。

加热炉炉管施工流程：

（1）炉管喷砂除油除锈；

（2）喷涂炉管辐射陶瓷涂层，厚度 0.10mm 左右；

（3）开炉升温固化。

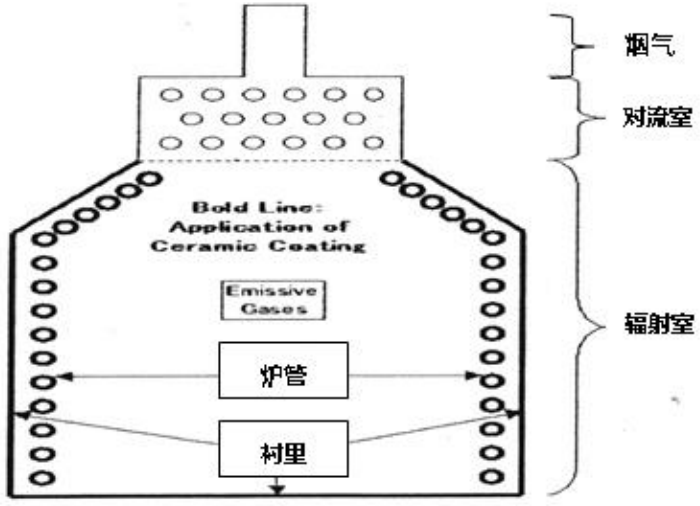


图 1 石化加热炉示意图

图 2 高发射率陶瓷涂层应用于加热炉管表面

五、主要技术指标

发射率＞0.9；

附着力≥2 级；

耐火度＞1700℃；

容重（1.4-2.0）×103kg/m^3 。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2008 年获得国家发明专利，2012 年通过国家红外及工业电热产品质量监督检验中心检测和黑龙江省精细化工产品质量监督检验站检测。

2008 年 9 月至 2013 年 11 月，高发射率陶瓷涂层技术在全国各炼化企业的 40 多台加热炉上广泛应用，包括常减压炉、四合一重整炉、制氢转换炉、热油进料加热炉、汽油加氢加热炉、PX 加热炉等，覆盖了石油化工企业典型的加热炉类型。

七、典型应用案例

典型用户：辽河石化、锦西石化、辽阳石化、锦州石化、抚顺石化、大连石化、庆阳石化、长庆石化、大港石化等

典型案例 1

案例名称：中国石油辽河石化公司 100 万 t 延迟焦化炉陶瓷喷涂项目

建设规模：100 万 t 延迟焦化炉。建设条件：装置停炉。主要技改内容：进行加热炉辐射室耐火衬里表面陶瓷喷涂和加热炉辐射室工艺管道表面陶瓷喷涂。主要设备为喷涂机、空压机等。技改投资额 520 万元，建设期 25 天。年节能量为 2700tce，年减排量 7128tCO_2。每年获得经济效益 257 万元。

典型案例 2

案例名称：中国石油辽阳石化 550 万 t/a 常减压炉陶瓷喷涂项目

建设规模：550 万 t/a 常减压炉。建设条件：装置停炉。主要技改内容：进行加热炉辐射室耐火衬里表面陶瓷喷涂和加热炉辐射室工艺管道表面陶瓷喷涂。主要设备为喷涂机、空压机等。技改投资额 440 万元，建设期 7 天。年节能量为 4130tce，年减排量 10903tCO_2。每年可获得经济效益 525 万元。

八、推广前景及节能减排潜力

高辐射陶瓷覆层技术可广泛应用于石化等行业的各类加热炉，尤其适合应用于负荷在 15MW 以上的加热炉。全国适合实施涂层技术改造的加热炉约 5000 台，预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 30%，投资总额 2 亿元，节能能力 11 万 tce/a，减排能力 29 万 tCO_2/a。

91 石化企业能源平衡与优化调度技术

一、技术名称：石化企业能源平衡与优化调度技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业 石化、化工、钢铁、有色、电力、建材等行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国石化、化工、钢铁、有色等高耗能行业的能源结构复杂，所涉及的能源种类繁多，能源之间相互关联。为了加强能源管理，实现能源的合理调度和控制，高耗能行业不断在管理节能方面进行探索，但与发达国家相比，能源管理总体水平仍然不高。能源监控平台和优化平台的契合度仍有待加强，多能源系统的优化调度和智能模拟仍在发展之中。因此，高耗能领域的管理节能仍然存在巨大潜力和空间。目前该技术可实现节能量 53 万 tce/a，减排约 140 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

在企业具备能源计量检测仪表和 DCS 自动化系统的支撑下，通过大型实时数据库，采集各种生产和能源数据，建设能源综合监控系统平台，并采用能源产耗预测、能源管网模拟、能源多周期动态优化调度等核心技术，建立能源产耗预测模型、能源管网模拟模型和能源系统优化调度模型，在能源平衡与优化调度平台上自动给出各种能源介质的优化调度和分配方案，实现工业企业主要能源系统（燃料气、氢气、蒸汽、电力、水系统等）的优化调度和运行，提高企业能源综合利用效率和能源管理水平。

2.关键技术

（1）实时数据库与能源综合监控平台技术；

（2）综合软测量与时间序列思想的能源产耗预测技术；

（3）多能源介质管网智能模拟技术；

（4）基于能源产耗预测数据和管网模拟平台的能源系统多周期动态优化调度技术。

3.工艺流程

该技术的基本工艺流程如图 1 所示。

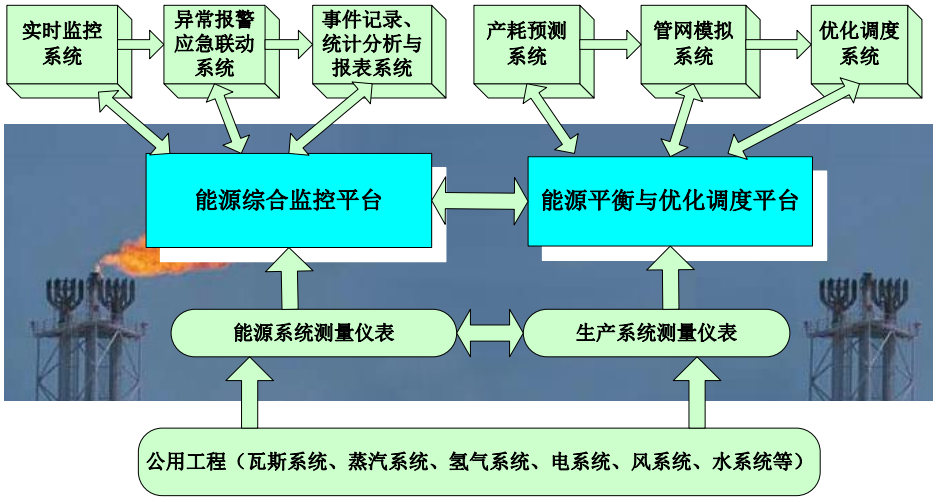


图 1 工业企业能源平衡与优化调度技术工艺流程图

五、主要技术指标

1.主要能源介质产耗预测精度大于 95%；

2.主要能源介质管网模拟精度大于 95%；

3.能源优化调度模型计算结果与实际匹配度大于 95%；

4.综合能耗降低 1.5%以上；

5.废气排放量减少 5%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2010 年获得 1 项国家发明专利及相关软件产品登记证书。2011 年度获得中国自动化产业“十大最具竞争力创新产品”，2012 年新疆天业能源管理中心项目通过国家工信部验收。

工业企业能源平衡与优化调度技术首先在炼油和石化行业取得突破，针对石化企业最主要的能源系统-瓦斯、氢气和蒸汽系统，建设了能源平衡与优化调度系统，通过减少瓦斯和蒸汽放散，节约轻烃和氢气资源，取得了显著的经济效益。能源平衡与优化调度技术推广到化工和钢铁企业，综合能耗普遍降低 1%-3%，节能减排效果显著。目前的产业化正处于起步阶段，已推广几十家企业。

七、典型应用案例

典型用户：新疆天业（集团）有限公司、中国石油化工股份有限公司镇海炼化分公司等。

典型案例 1

案例名称：新疆天业能源平衡与优化调度系统

技术提供单位：浙江中控软件技术有限公司

建设规模：国内最大的氯碱生产基地，具备 120 万 t 聚氯乙烯树脂、100 万 t 离子膜烧碱、200 万 t 电石、400 万 t 新型干法电石渣制水泥、140 万 kW 热电等的生产能力，项目覆盖 13 家生产企业的生产装置和能源系统。建设条件:企业具有 DCS 系统，主要能源计量数据传输到 DCS 系统。主要技改内容：增加能源计量仪表，实现数据采集和并传输到 DCS 系统；实施能源平衡与优化调度系统，通过大型实时数据库，采集各种生产和能源数据，建设能源综合监控系统平台，并通过建立能源产耗预测模型、能源管网模拟模型和能源系统优化调度模型，自动给出各种能源介质的优化调度和分配方案，提高能源的综合利用和管理水平。主要设备为流量计、服务器、服务器与 DCS 系统通讯的 OPC 接口、能源平衡与优化调度软件等。技改投资额 2000 万元，建设期 1.5 年。年节能量 21000tce，年减排量 55440tCO_2，投资回收期约 2 年。

典型案例 2

案例名称：镇海炼化能源平衡与优化调度系统

技术提供单位：浙江中控软件技术有限公司

建设规模：针对国内最大的 2000 万 t/a 原油炼制能力的炼油企业的 37 套装置及其能源系统（瓦斯、氢气、蒸汽等系统），实施能源平衡与优化调度系统。建设条件：企业具有 DCS 系统，主要能源计量数据传输到 DCS 系统。主要技改内容：增加能源计量仪表，实现数据采集和并传输到 DCS 系统；实施能源平衡与优化调度系统，通过大型实时数据库，采集各种生产和能源数据，建设能源综合监控系统平台，并通过建立能源产耗预测模型、能源管网模拟模型和能源系统优化调度模型，自动给出各种能源介质的优化调度和分配方案，提高能源的综合利用和管理水平。主要设备为流量计、服务器、服务器与 DCS 系统通讯的 OPC 接口、能源平衡与优化调度软件等。技改投资额 1500 万元，建设期 2 年。年节能量 10370tce，年减排量 27376tCO_2，投资回收期约 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，在千家耗能最大企业中的 30%中实施推广能源平衡与优化调度技术，预期可形成的年节能能力约 160 万 tce，年碳减排能力 422 万 tCO_2。

92 芳烃装置低温热回收发电技术

一、技术名称：芳烃装置低温热回收发电技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业 芳烃装置低温热回收

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

芳烃联合装置中抽余液塔、抽出液塔等精馏塔在常规设计时均为常压塔，塔顶温位较低，难以回收利用。传统方法采用空冷技术进行冷却，这部分能量散失在大气中而浪费。据统计，精馏塔采用传统的空冷技术，塔顶所散失的能量约占芳烃装置总能耗的 15%左右。目前该技术可实现节能量 5 万 tce/a，减排约 13 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术的芳烃联合装置中抽出液塔、抽余液塔和甲苯塔取消塔顶空冷设备，采用加压操作回收热能，塔顶蒸汽发生器发生 0.45MPa 蒸汽，发生的蒸汽经二甲苯塔重沸炉对流段过热后，一部分用于驱动歧化循环氢压缩机透平、除氧器除氧及管线伴热外，其余部分用于发电。成品塔、脱庚烷塔、邻二甲苯塔在常规设计时塔顶温度较低，分别为 126℃、124℃、157℃，塔顶热量通常是采用空冷进行冷却，这些低温热就散失掉了。本设计采用串联加热热水方式，产生 70℃/118℃热水，送至装置内热水发电机组发电，热水可以循环利用。芳烃装置低温热回收发电技术，有效回收原有精馏塔塔顶空冷方式损失的热量，可实现低品位热量的全面利用。

2. 关键技术

（1）蒸汽发生器技术：用精馏塔顶工艺介质加热除氧水产生蒸汽；

（2）蒸汽发电机技术：产生蒸汽驱动汽轮机进行发电；

（3）热水换热流程技术：利用芳烃装置低温余热，采用串联加热方式产生热水；

（4）热水发电机技术：ORC 热水发电机组是一个螺杆式膨胀机，螺杆式膨胀机需要在朗肯循环中借助于有机工质实现热功转换。有机工质在预热器、蒸发器内实现由液体变为蒸汽的过程，吸收了热源的负荷，温度升高。高温蒸汽进入

膨胀机后，在转子腔内实现膨胀，对外输出轴功率，同时工质温度、压力均下降。降温后的工质，仍是蒸汽，需要在冷凝器内实现液化，此期间对外放出热量。 液化后的工质，利用液体泵升到高压，然后进入预热器，实现下一轮循环。

3. 工艺流程

低温热回收蒸汽发电技术的工艺流程图如图 1 所示。

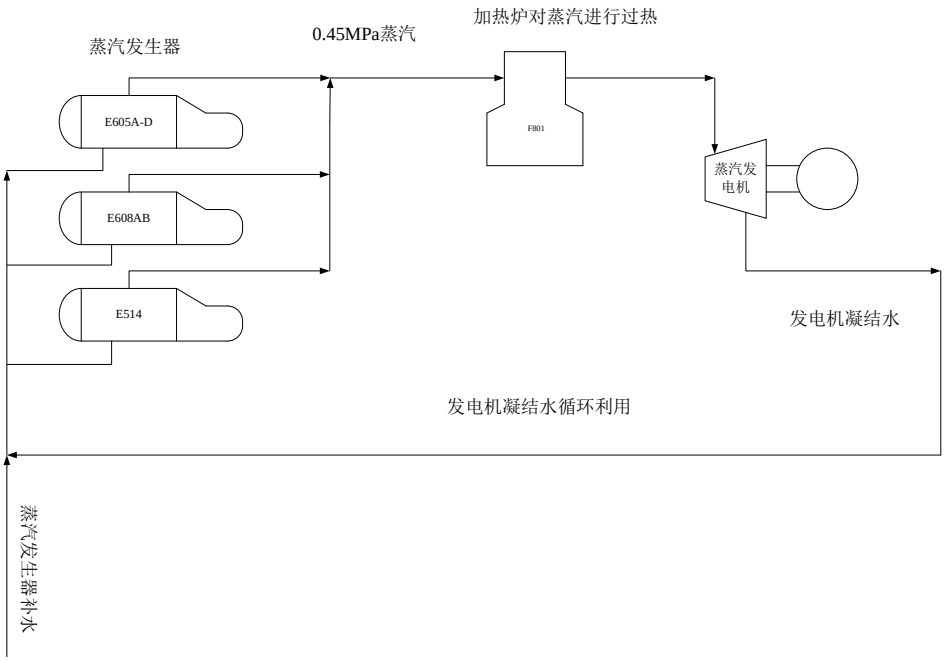


图 1 低温热回收蒸汽发电技术流程图

低温热回收热水发电技术的工艺流程图如图 2 所示。

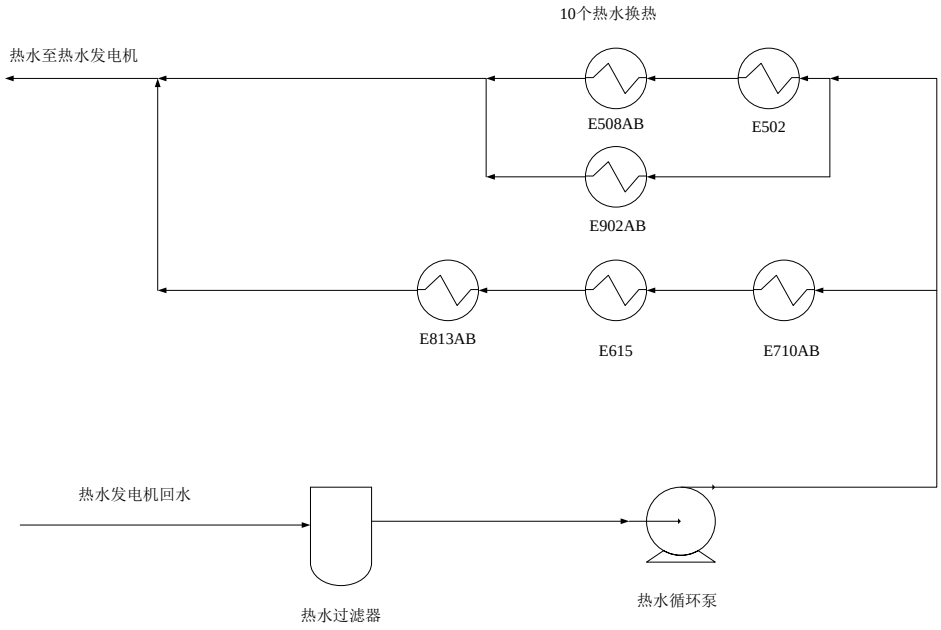


图 2 低温热回收热水发电技术流程图

五、主要技术指标

1．低温热回收蒸汽发电技术：平均节电 223 kWh/t 对二甲苯；

2．低温热回收热水发电技术：平均节电 16 kWh/t 对二甲苯。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2014 年 5 月，“PX 成套技术”通过了中国石化组织的专家鉴定，PX 成套技术鉴定包括芳烃装置低温热回收发电技术。该技术于 2013 年 12 月在海南炼化芳烃联合装置试车成功，海南炼化芳烃联合装置首次取消空冷，采用芳烃装置低温热回收发电技术，从投产至今一直安全稳定运行。

七、典型应用案例

典型用户：中国石化海南炼化

案例名称：海南炼化芳烃装置低温热回收发电技术

技术提供单位：中国石化海南炼油化工有限公司

建设规模：60 万 t/a 对二甲苯装置。建设条件：抽余液塔操作压力（塔顶）为 0.35MPa，塔顶温度 201℃，抽出液塔操作压力（塔顶）为 0.28MPa，塔顶温度 195℃，成品塔、脱庚烷塔、邻二甲苯塔塔顶温度分别为 126℃、124℃、157℃。主要技改内容：以塔顶蒸发器/换热器取代空冷冷却，主要设备包括蒸汽发生器、热水换热器、蒸汽发电机、热水发电机等。节能技改投资额 2.7 亿元，建设期 6 个月。年节能量 4.62 万 tce，碳减排量 12.2 万 tCO_2。年节能经济效益 8915 万元，

投资回收期约 3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

芳烃装置低温热回收发电技术可使芳烃装置取消空冷、回收低温热，回收的低温热用于产生蒸汽发电。预计未来 5 年，该技术在行业内推广比例将达到 40%，可形成的年节能能力为 46 万 tce，年减排能力为 122 万 tCO_2。

93 黄磷生产过程余热利用及尾气发电（供热）技术

一、技术名称：黄磷生产过程余热利用及尾气发电（供热）技术

二、技术所属领域及适用范围：化工行业 黄磷生产

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国黄磷单位产品平均综合能耗约为 3.2tce 左右，每生产 1t 黄磷产生黄磷尾气约 3000Nm^3，约占单位黄磷生产综合能耗的 30%以上。目前，黄磷生产中的尾气主要用来烧热水或者做原料烘干使用，其尾气的利用率不足 20%。按行业年总产能 180 万 t 计算，黄磷生产行业每年碳排放超过 400 万 t，节能潜力很大。目前该技术可实现节能量 6.7 万 tce/a，减排约 17.7 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1. 技术原理

通过对黄磷生产中排放的尾气进行收集、加压并进行净化处理，再输送到专用燃烧器中进行配风旋混燃烧，燃烧后产生的热量及强腐蚀高温烟气再经过耐腐蚀的专用黄磷尾气锅炉进行换热，交换后的热量用于加热水产生蒸汽或者利用蒸汽带动汽轮机发电系统发电，所产蒸汽与电量均用于黄磷生产，降低产品能耗。

2. 关键技术

黄磷生产过程余热利用和尾气发电（供热）技术是对黄磷尾气处理、尾气燃烧热能、尾气燃烧后（烟气中）排放物循环使用的综合利用系统，其主要的关键技术如下：

（1）尾气净化技术

通过除尘、除酸方式对尾气进行净化，净化技术采用水洗除尘及碱洗除酸，通过采取合理的净化方式以及适合的净化剂，确保在低净化成本的前提下，使得尾气中的杂质、总硫、总磷的含量控制在合理的范围之内，达到下述目的：净化后的尾气因杂质减少避免堵塞燃烧及换热设备；减轻尾气酸性物质对系统设备的腐蚀。

（2）专用燃烧器燃烧技术

通过专用燃烧器的旋混式结构设计，使得尾气与空气得到充分的混合，确保尾气燃烧充分，用于提高燃烬率；采用PDI技术合理配风及风压控制，确保尾气

在高温下的高效燃烧并抑制强酸性物质产生；内置蜂窝式陶瓷蓄热技术用于加强燃烧温度，提高辐射热能。

（3）锅炉的防腐技术

锅炉通过特有的设计结构确保尾气燃烧产生的热量在最大化吸收的前提下，实现烟气流动无死角，减少腐蚀物质堆积，避免形成垢下腐蚀；所有与烟气接触的换热元件均采用耐腐蚀材料；换热元件表面采用等离子耐腐喷涂进行防腐保护；针对燃烧后的烟气不同温度区间进行分段防腐处理等多种技术共用，彻底解决尾气燃烧中对锅炉的腐蚀问题。

（4）热能梯级利用技术

通过采用对尾气燃烧后高温段的热能回收技术产生中压、中温过热蒸汽，采用对尾气燃烧后低温段的热能回收技术产生低压饱和蒸汽，形成两种不同焓能的品质蒸汽，即高位热能与低位热能；其中高位热能用于发电，低位热能用于黄磷岗位生产所需热能供应，实现热能合理利用及热效率最大化。

（5）烟气中的酸物回收技术

燃烧后的烟气中含有大量的酸性物质，如磷酸、偏磷酸、氢氟酸、硫酸、亚硫酸等多元酸，这些混合酸液的PH值远小于1，形成的强酸性液体会对系统设备产生严重腐蚀，减少设备的使用寿命；同时，如果排出到大气中，会形成酸雨污染周边的环境；通过对烟气温度的控制以及多段综合回收技术，使得这些酸性物质在露点后被收集，并经过沉淀、过滤、浓缩等一系列回收工艺及技术处理，形成废酸用于磷化工生产。

3. 工艺流程

该技术主要包括“黄磷尾气净化系统”、“烟气（燃烧）系统”、“蒸汽系统”和“废液回收系统”等四个子系统，其工艺流程见图1，各系统的功能及所涉及的技术说明如下：

（1）黄磷尾气净化系统

通过对黄磷生产电炉产生的尾气采用除尘、除酸技术进行净化，减少了尾气中杂质及酸性物质的含量，同时减轻尾气燃烧后的烟气对锅炉的腐蚀。

（2）烟气（燃烧）系统

尾气进入锅炉燃烧的过程中，采用独特的燃烧技术，确保黄磷尾气与空气得

到充分混合，通过 PDI 算法自动配比黄磷尾气与空气的配风量，确保燃烧后尽可能减少强酸性物质的产生，蜂窝蓄热技术强化锅炉换热效率。

（3）蒸汽系统

专用黄磷尾气锅炉对尾气燃烧的热能进行高效回收，对回收的热量按品位等级梯级利用，高品位热能（过热蒸汽）用于发电，所发电量经升变压后，用于黄磷电炉生产用电，降低黄磷冶炼的生产能耗；低品位热能（饱和蒸汽）用于黄磷生产或下游产品生产用汽，降低单位产品生产的成本。

（4）废液回收系统

尾气燃烧后，烟气中含有的酸性污染物在降温中形成酸液，通过对酸液的集中回收，形成废酸，用于黄磷下游产品生产，变废为宝，减少大气中的酸性物质排放的同时，降低环境污染。

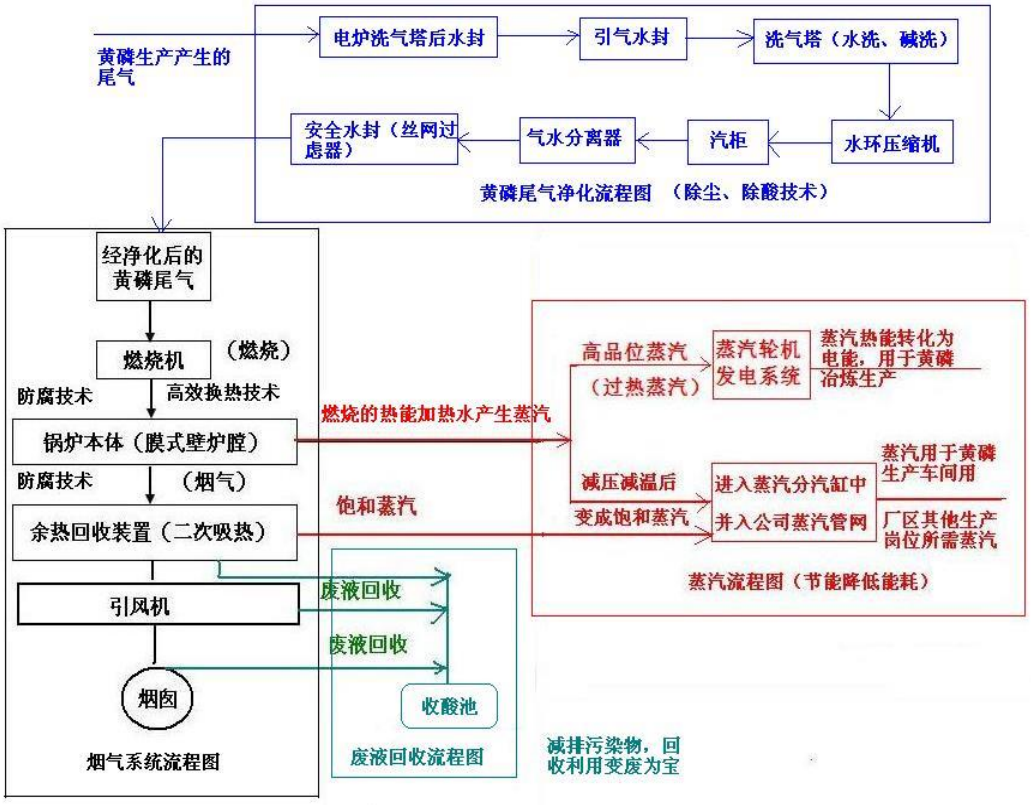


图 1 黄磷生产过程余热利用和尾气发电（供热）技术

五、主要技术指标

1．黄磷生产单位综合能耗下降约15%-30%；

2．净化成本与替代的技术相比下降50%以上；

3．系统热效率较原有的换热方式提高30%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术及系统核心装置获得 1 项国家专利发明，3 项实用新型专利。该技术自 2008 年开始推广以来，已经有 10 多套系统在云南、贵州、四川等地的黄磷生产企业投运，稳定运行达 5 年以上，具有良好的经济效益与社会效益。

七、典型应用案例

典型用户： 四川林辰实业集团有限公司，绵阳启明星磷化工有限公司、石棉蓝天化工有限责任公司、贵州开阳国华天鑫磷业有限公司、贵州福泉华鑫化工有限责任公司、云南澄江盘虎化工有限公司等。

典型案例 1

案例名称：石棉蓝天黄磷炉尾气燃烧热能综合利用系统

技术提供单位：武汉东晟捷能科技有限公司

建设规模：2×7500t/a 黄磷生产装置尾气综合利用；建设条件：黄磷尾气直接燃空排放生产线。主要技改内容：采用黄磷生产过程余热利用（供热）技术对一台黄磷电炉的 50%的黄磷尾气(约 1500Nm^3/h)进行余热利用，所回收热能产生蒸汽用于生产工艺段的供热及化工产品合成；主要设备为 1 台 6T 燃黄磷尾气专用锅炉。节能技改投资额 300 万元，建设期 4 个月。每年可节能 5573 tce，年减排 1.47 万 tCO_2。年节能经济效益为 820 万元，投资回收期 4 个月。

典型案例 2

案例名称：澂江龙凤黄磷生产过程余热利用和尾气发电（供热）系统

技术提供单位：武汉东晟捷能科技有限公司

建设规模：2×10000t/a 黄磷生产装置尾气综合利用；建设条件：黄磷尾气直接燃空排放；主要技改内容：采用黄磷尾气余热利用和尾气发电（供热）技术对厂区二台黄磷电炉的黄磷尾气约（6000 Nm^3/h）进行余热综合利用，其中尾气在黄磷尾气专用锅炉中燃烧产生的中压过热蒸汽用于带动汽轮机发电系统，所发电供黄磷装置使用，产生的饱和蒸汽于黄磷生产供热；主要设备为 2 套 10t/h 黄磷尾气发电专用锅炉及 4MW 汽轮机发电系统装置。节能技改投资额 3384 万元，建设期 12 个月。每年可节能 1.15 万 tce，年减排量 3.03 万 tCO_2。年节能经济效益为 1887 万元，投资回收期 18 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

黄磷生产过程余热利用和尾气发电（供热）技术广泛应用于磷化工黄磷生产领域，预计未来 5 年，该技术的行业推广比例可达 50%，项目总投资 3.6 亿元，可形成年节能能力达 67 万 tce，年减排能力为 177 万 tCO_2。

94 高压高效缠绕管换热技术

一、技术名称： 高压高效缠绕管换热技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业 高压冷换

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

150×10^4t/a 加氢裂化装置使用该技术后，燃料消耗减少 19%，每年节能量为 4015tce/a，减排量为 10599tCO_2/a。

四、技术内容

1．技术原理

高压高效缠绕管式换热器是近年来国内加氢裂化工艺变革中重要的传热设备，它利用反应流出物的高品位热能对进入加热炉前的混合原料（原料油和氢）进行预热，由于换热效率高，使得预热后的混合进料的温度接近反应器内物料反应温度，从而大大降低加热炉热负荷，同时反应流出物得到冷却，以便后续加工。

2．关键技术

提出了高压冷换缠绕管式换热器的几何特性；提出了加氢裂化中的反应流出物等介质的两相流动换热系数的确定方法；提出了两相流计算在缠绕管式换热器阻力特性中的应用方法；提出了关键受压元件的设计技术；完成了一系列关键制造技术研究。结构简图见图1、图2：

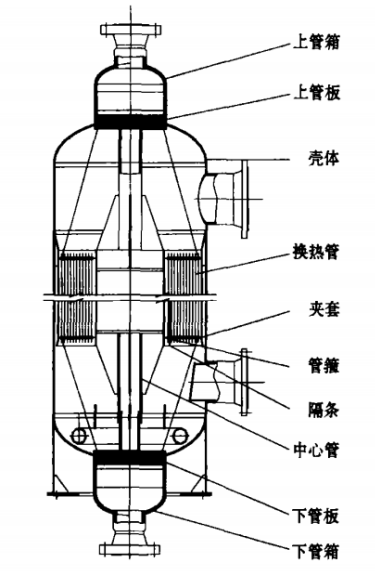


图 1 缠绕管式换热器的结构(单股流)

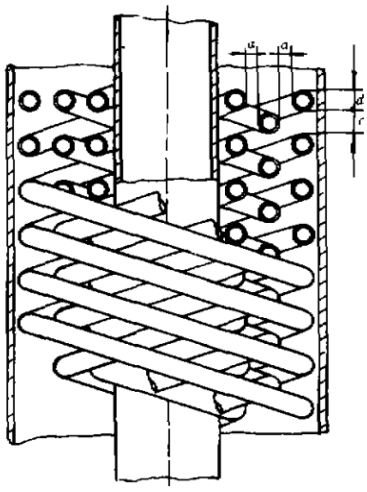


图 2 缠绕管换热器标准结构

3．工艺流程

热介质走管程，从顶部管口进入，在管内流动，和壳程介质进行热量交换后，从底部管口流出；冷介质走壳程，从底部侧向进入，在管间流动，和管程介质进行热量交换后，从上部侧向流出。

五、主要技术指标

加氢裂化高压高效缠绕管式换热器设计压力 16.8MPa，设计温度 440℃，单台换热面积≥1300m^2，热端温差为 15℃。150×10^{4}t/a 加氢裂化装置使用该技术后，燃料消耗减少 19%，节能量为 4015tce/a,减排量为 10599tCO_2/a。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

1. 技术鉴定及获奖情况

该技术已通过中国石油化工集团公司鉴定，已获得专利情况：ZL200910116632.3。

2. 目前技术应用现状及产业化发展情况

该项技术已成功应用于镇海炼化 150 万 t/a 加氢裂化、辽阳 100 万 t/a 加氢裂化改造工程、广石化 200 万 t/a 柴油加氢装置等项目。

七、典型应用案例

典型案例 1

典型案例应用单位：镇海炼化

项目名称：镇海炼化 150 万 t/a 加氢裂化装置

技术提供单位：合肥通用机械研究院

建设规模：150×10^{4}t/a 加氢裂化装置。新建项目加氢裂化流程采用高压缠绕管式换热器以后，热端温差平均减少 28.1℃，也就是混合进料的出口温度提高了 28.1℃，这部分热量原先都是靠反应加热炉 F1001 补充的，折合热量 14005040kJ/h，相当于节省燃料 335kgce/h。如果装置全年开工 8400h，燃油价格按照 3950 元/t 计算，每年节省燃料费用 1111.53 万元。折合标准煤每年约为 4015t，减排量为 10599 tCO_2。项目投资 2000 万，建设期 3 年，投资回收期 2 年。

典型案例 2

典型案例应用单位：中国石化广州分公司

项目名称：广石化 200 万 t/a 加氢裂化装置

技术提供单位：合肥通用机械研究院

建设规模：200 万 t/a 柴油加氢改质装置。新建项目加氢裂化流程采用高压缠绕管式换热器，两台设备投资近 5000 万元，由于传热的高效性，使得加热炉负荷明显下降，仅满足开工需求，高压空气冷却器和高压换热器投资降低，装置燃料消耗降低了 44.85%，年产效益约 2518 万元，投资回收期约 24 个月，每年节能能力为 5353tce,减排量为 14096tCO_2。

八、推广前景及节能减排潜力

应用该项技术后，每套加氢装置年节能能力按照每年节能能力为4015tce/a,减排量为10599tCO_2/a，预期到未来5年，该技术推广比例达到35%，形成48套类似装置，总投入5.6亿元，可形成节能能力约为11万tce/a，减排量约29万tCO_2/a。

95 等温变换节能技术

基于相变移热的等温变换节能技术

一、技术名称：基于相变移热的等温变换节能技术

二、技术所属领域及适用范围：化工行业 甲醇、合成氨、尿素等生产过程中 CO 变换，以及电石炉、高炉、黄磷等工业尾气回收利用中的 CO 变换

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

随着煤气化技术的发展，采用低阶煤连续气化的粗煤气中CO含量越来越高，如粉煤气化的CO含量高达68%以上。传统变换技术采用多段绝热反应的方式进行，由于反应温度高，只能采用段间喷水冷却增加水汽比以达到目标变换率，导致变换系统热能回收率低，能耗较大。由于流程长且复杂，系统阻力大，控制操作难度大，难以实现长周期稳定运行。此外，工业尾气如电石炉尾气、黄磷尾气等，其主要成分是CO，因传统变换技术的制约，高效综合利用难度大，通常只能进行简单燃烧，造成大量的能源浪费。

四、技术内容

1.技术原理

变换反应方程式：

$CO+H_2O$（汽）$= CO_2+H_2-41.4KJ/mol$

由上式可知，CO变换反应是强放热可逆反应，如果反应热不能及时移走会造成反应床层的超温，进而烧坏催化剂，影响生产系统的正常运行。该技术的核心是开发设计了相变移热等温反应器，及时移走变换反应所产生的反应热，保证变换反应催化剂床层的恒温低温。等温变换反应温度低，远离平衡，反应推动力大，反应效率高。同时，移热产生高品位蒸汽，可直接回收反应热，相对传统绝热变换工艺可提高反应热回收效率，实现节能。此外，由于反应器为全径向结构，塔压降低，可替代传统变换系统中的多台设备，简化生产流程，大幅减少系统阻力，降低压缩电耗。

2.关键技术

（1）双管板结构技术

相变移热等温反应器采用双管板结构，巧妙分隔移热与反应区间，同时悬挂固定移热水管，结构简单，安全可靠。根据放热反应特点研发的布管方法，可精确控制反应床层温度，温差≤5℃，反应效率高，催化剂使用寿命长，能量回收率高。

（2）双套管与全径向技术

相变移热等温反应器中双套管悬挂在管板上，可自由伸缩，有效吸收了热应力，使用安全；利用双套管输送移热的水相，换热效率高；催化剂装填在水管间，反应气流向为径向，反应压降小。

（3）径向分布技术

径向分布器采用多级腔体结构控制，使气体分布均匀，有效提高催化剂的利用率。

3.工艺流程

CO等温变换技术的核心为等温变换反应器，其结构如图1所示。

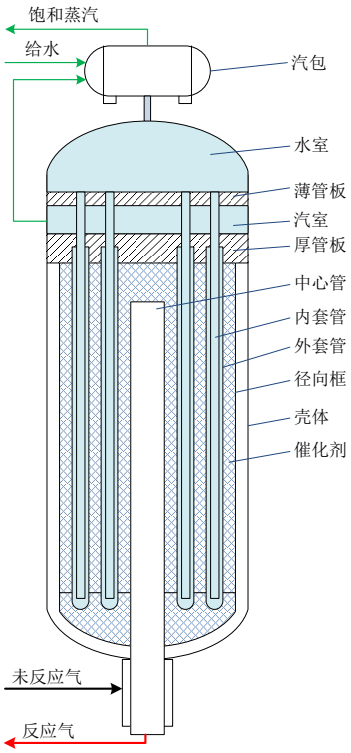


图 1 等温变换反应器结构示意图

粗煤气经加热和净化后进入等温变换炉发生 CO 变换反应，反应后的气体首先用来加热粗煤气，而后加热汽包给水降温，再经过脱盐水预热器和水冷器降温至常温后送入下一工段。如图 2 所示。

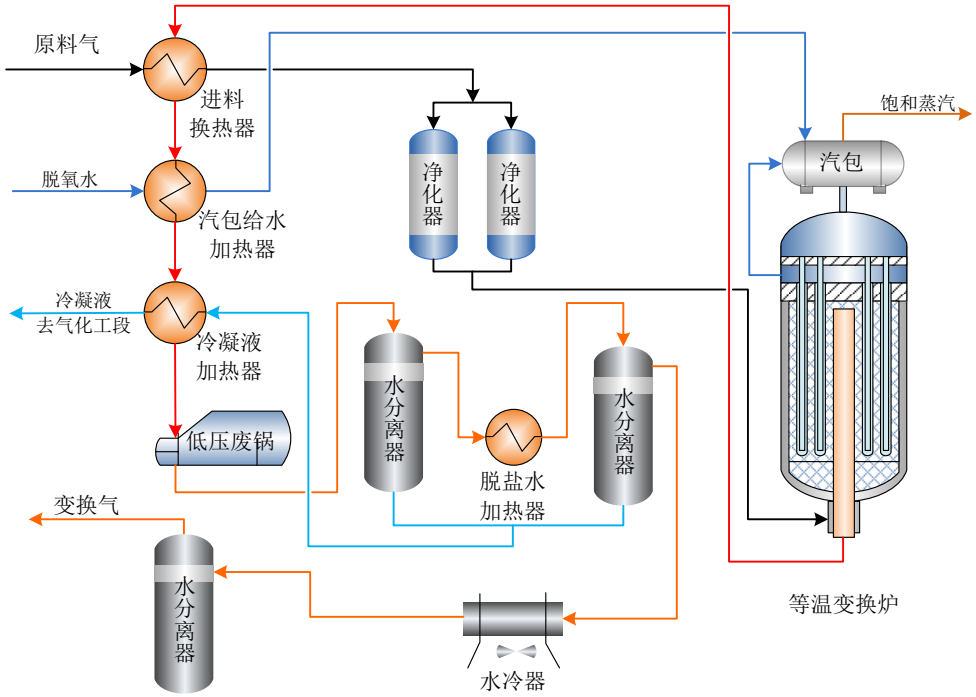


图 2 等温变换工艺流程图

五、主要技术指标

1．CO 一次变换率超过 98%；

2．反应温度不超过 300℃；

3．床层温差不超过 5℃；

4．等温变换系统阻力不超过 0.2MPa。

六、技术应用情况

该技术获得国家发明专利 2 项，并于 2014 年通过中国石油和化学工业联合会组织的成果鉴定。2012 年底该技术首先在新疆天业乙二醇项目进行应用。截止目前，该技术已山西临猗丰喜合成氨改造项目等近二十家企业进行应用。

七、典型应用案例

典型用户：新疆天业有限公司、丰喜集团临猗分公司、新疆中能万源化工有

限责任公司等。

典型案例 1

案例名称：新疆天业电石炉尾气综合利用制乙二醇项目

技术提供单位：湖南安淳高新技术有限公司

建设规模： 30500Nm^3/h 的电石炉尾气，系统入口 CO 浓度 65%-80%。建设条件：在项目新建时应用。主要技改内容：建设等温变换装置，高效利用电石炉尾气中大量的 CO，采用变换反应制取合成气。主要设备为 DN2200 等温变换反应器。项目投资额约 3000 万元，建设期 18 个月。项目年年节能量 854tce，碳减排量为 2256 tCO_2。年节能经济效益为 1500 万元，投资回收期不到 2 年。

典型案例 2

案例名称：丰喜集团临猗分公司水煤浆气化制合成氨项目

技术提供单位：湖南安淳高新技术有限公司

建设规模：10 万 t/a 的合成氨装置。建设条件：原甲醇生产装置改造。主要技改内容：新增等温变换炉取代原来的绝热变换炉，将变换系统出口的 CO 含量由改造前的 18%左右降至 0.9%以下，以满足合成氨对原料气的要求；并新增一个汽包回收变换反应放出的热量，利用相变移热产生蒸汽。主要设备为 DN2400 等温变换反应器。改造投资额为 1905 万元，建设期 7 个月。项目年年节能量 1424tce，碳减排量为 3759tCO_2。年节能经济效益为 918 万元，投资回收期不到 3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术广泛应用于煤气变换工段，是煤化工、合成氨、电石炉尾气利用等领域关键基础技术之一，其推广潜力巨大。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例将达到 25%，项目总投资 27 亿元，可形成的年节能能力 20 万 tce，年碳减排能力 53 万 tCO_2。

可控移热变换技术

一、技术名称：可控移热变换技术

二、适用范围：煤化工、石油化工等所有需要 CO 变换的装置

三、与该节能技术相关的能耗现状

传统绝热变换因受变换反应热累积影响，只能适应CO含量低于40%以下工艺，且存在着设备多、流程长、阻力降大，操作困难，蒸汽消耗高、催化剂使用寿命短等诸多问题。随着大型煤化工的发展、煤气化技术的进步，以及工业尾气的再利用等，高CO、高水气比的气体对变换技术提出了苛刻的要求，如仍采用传统多段绝热变换，不仅投资大，消耗高，而且操作困难，催化剂受热衰退影响，其使用寿命将大大缩短，造成大型装置不得不经常性停车更换催化剂，势必严重影响装置运行的安全性、经济性。

可控移热变换技术在变换反应的同时，高效及时地将反应热以副产高品位蒸汽的方式移出塔外，避免了塔内反应热的累积，特别是对高CO、高水气比的苛刻工况容忍度高，且操作简单、稳定，阻力小，消耗低，催化剂长期在中低温条件下操作，使用寿命长，不仅装置运行的安全性、稳定性和可靠性大大提高，同时也提高了装置运行的经济性，为国内煤化工大型化提供了新的技术支撑。

四、技术内容

1．技术原理

变换反应基本原理：$CO+H_2O \leftrightarrow CO_2+H_2$ - 40.16KJ/mol

从变换反应的基本原理可以看出，变换反应是一个强放热的可逆反应。对于绝热催化床层而言，反应量越大床层温升越高，平衡常数就越低，蒸汽消耗就越高。当温升过高时，还会给催化剂带来严重损害，甚至烧毁催化剂，同时给安全生产带来风险。

可控移热变换技术的基本原理，就是在反应器内置一台水移热管束，利用水相变时可吸收大量热，且温度相对稳定的基本原理，在变换反应的同时将多余的反应热，以副产高品位蒸汽的方式移出塔外。一台可控移热变换反应器可以替代传统多段绝热变换的 2-3 台反应器，且操作简单稳定，阻力低，平衡温距小，对 CO 的容忍度高。因此，可控移热变换技术具有设备少、流程短、蒸汽消耗小、热能利用率高，投资低等优点，且操作简单、稳定可靠。

2．关键技术

①　换热管非均布技术。换热管在催化剂床层内采取非均布的方式，从而使催化剂床层的温度呈“前高后低”，既可充分发挥催化剂最佳性能，又可缩小平衡温距，减少蒸汽消耗。

②　径向气体分布技术。借鉴国外大型反应器的径向床气体分布技术，我公司开发了具有“双向补偿”的径向床层分布技术，不仅使气体在催化剂床层内分布均匀，催化剂利用率高，且阻力低（≦15KPa）。

③　弹性管板技术。所有换热管与上下两个球管板相连接，既减小了平管板的径向应力，又实现“在线”检修，提高了设备使用的安全和可靠性，特别是检修的方便性（无需卸出催化剂即可进行检修）。

④　柔性管道技术。换热管设计了一种特殊的结构，从而使换热管的挠性大大提高，将应力控制在安全的范围内，有效防止设备使用过程的应力破坏，提高了设备的安全和可靠性。

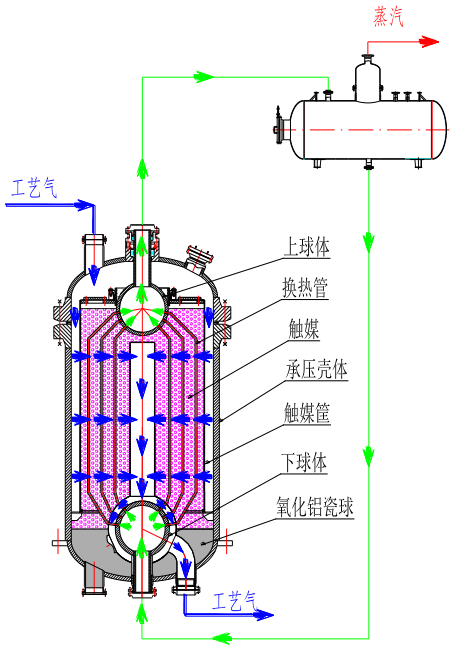
⑤　触媒自卸技术。反应器设计了特殊结构的催化剂自卸口，有效保证催化剂安全顺利、快速卸出，节省检修时间。

⑥　分体设计技术。可控移热变换反应器采用分体式结构，既方便设备的检查、检修和催化剂装填，又便于单独更换换热管束，延长设备使用寿命，降低使用成本。

3．工艺流程

（1）工艺原理图

变换反应器是可控移热变换技术的核心设备，其技术原理如右图所示。



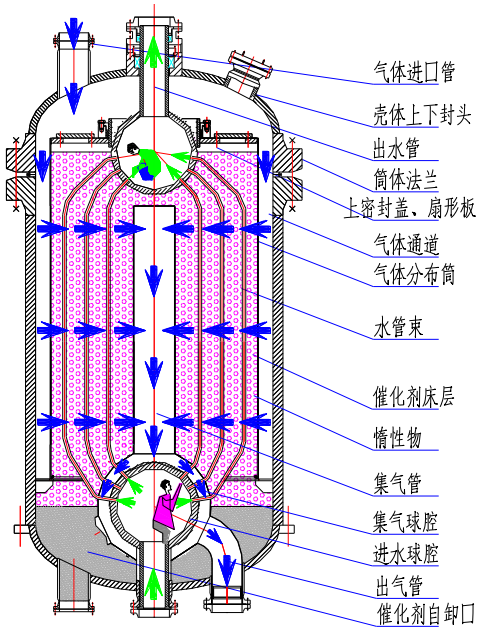
锅炉水经汽包的下降管从反应器下部进入下球体，再由下球体分配进入各个换热管，与管外的气体进行热交换，吸收热量后的锅炉水部分汽化、密度减小，经上球体汇合后从上升管回到汽包，再汽包内实现汽水分离。

工艺气由上部的进气口入塔后，强制转为径向流穿过催化剂床层，并在催化剂的作

用下发生 CO 变换反应，反应后的气体经中心集气管引导从下部出塔，反应产生的热量由换热管内水吸收转化为蒸汽，带出塔外，因此可以不受进口 CO 含量的高低、水气比高低的影响。

该反应器综合了换热管非均布技术、弹性管板技术、径向气体分布技术、柔性管道技术、触媒自卸及分体设计技术，既提高了设备使用的安全性，又方便了检查检修，是国内目前唯一的可以不卸催化剂即可“在线”检修的反应器，为国内煤化工装置大型化提供了可靠的保证。

（2） 结构（简）图



五、主要技术指标

① 变换炉阻力：≤10Kpa；

② 系统阻力：≤0.15Mpa；

③ 系统最高温度：300℃；

④ CO 总转化率：99%；

⑤ 冷却水耗：“零”；

⑥ 副产蒸汽压力：4.0MPa

六、技术应用情况

该技术自 2012 年推向市场以来，已成功签约 34 套煤化工装置，受到客户的广泛认可和好评。该技术先后被评为“十二五”期间氮肥、甲醇行业技术进步一等奖，“十三五”期间氮肥、甲醇行业节能减排先进适用技术以及全国化工企业

技术创新管理三等奖等荣誉。

七、典型用户及投资效益

案例名称：安徽昊源化工集团有限公司 36-60 项目

建设规模：20 万吨合成氨/40 万吨尿素

基本概况：安徽昊源化工集团 36-60 项目，其两期建设，每期的实际产能 20 万吨氨/年配套 40 万吨尿素，一期采用传统绝热变换，二期采用南京敦先可控移热变换工艺，通过变换系统干基流量 59000Nm^3/h，气化采用国内自主产权的航天炉加压气化，系统压力 4.0MPa。

二期采用南京敦先可控移热变换工艺后，相对于一期传统绝热装置，经济性效果非常明显。

下表为相应运行参数：

主要经济指标名称	单位	一期绝热变换	二期可控移热变换	备注
系统处理气量	Nm^3/h	111835	121651	
汽气比		0.82	0.82	
系统进口 CO（干基）	%	63.20	67.40	
系统出口 CO（干基）	%	0.4	0.4	
CO 总转化率	%	98.96	99.00	
副产 2.5～3.8MPa 蒸	t/h	5.8	27.4	
副产 1.0～1.6Mpa 蒸	t/h	0	4.80	
副产 0.5Mpa 蒸汽	t/h	16	0	
添加 4.6 MPa 蒸汽	t/h	1.5	6.4	
系统阻力	MPa	0.20	0.08	折电耗下降 266KWh/h
加热脱盐水量	t/h	228	135	二期脱盐水量少 93t/h
冷却水量	t/h	374	391	
系统出口温度	℃	31.3	27.5	出口降低 3.8℃
催化剂装填量	m^3	165	127	催化剂使用寿命至少延长两年
工程投资	万元	6895.4	6121	考虑甲醇产品，多上一台前置废锅，约 125 万

我们以中东部发达地区的原料及产品的价格来核算：4.6MPa 蒸汽 150 元/吨、2.5MPa 蒸汽 130 元/吨 、1.0MPa 蒸汽 110 元/吨 、 0.5MPa 蒸汽 100 元/吨 、电 0.69 元/Kwh ，全年有效生产时间为 8000 小时来计算，二期工程较一期工程带来的经济效益计算如下：

副产 2.5MPa 蒸汽效益：（27.4－5.8）×130=2808 元/h；

副产 1.6MPa 蒸汽效益：（4.8－0）×110 = 528 元/h；

副产 0.5 MPa 蒸汽效益：（0－16）×100 =－1600 元/h；

添加蒸汽效益：（1.5 -6.4）×150 =－735 元/h；

电耗效益：266×0.69=183.5 元/h；

催化剂消耗：（165-127/2）×80000÷8000=1015 元/h

合计小时节省运行费用：2808＋528 - 1600－735+183.5+1015=2199.5 元/h；

全年运行带来直接经济效益：2199.5×8000×0.0001=1759.6 万元/年，折吨氨降低成本 88 元/tNH_3。

此案例所涉及装置的产能为 20 万吨氨/年，根据测算，对于 40 万吨氨/年的类似装置，采用可控移热变换装置，其装置建设总投资约 7500 万元，与传统的多段绝热变换相比：

① 投资节省约 1500 万元以上；

② 年增效益：88×40=3520 万元/年；

如按照电的折标系数 0.32kgce/KWh 以及蒸汽的电的折标系数 0.1tce/t 计算，年节约标准煤 25842tce；减少碳排放量 68223tCO_2。

八、推广前景和节能潜力

煤化工的发展离不开变换，可控移热变换技术作为传统变换工艺的升级技术，它的应用范围十分广泛，如煤制油、煤制氢、煤制烯烃、煤制乙二醇、煤制甲醇、煤制合成氨等变换工段的节能改造及新建项目，有利于促进节能减排、利于装置大型化，具有较好的经济和社会效益。

根据中国氮肥协会 2015 年的统计数据，全国的合成氨产量为 7310 万吨，其中以烟煤为原料的大型合成氨装置约占 39.3%，以无烟煤为原料的中小型合成氨装置约占 35.4%，剩下的主要是天然气、其它工业废气等为原料的合成氨装置。到 2020 年，将再新增产能约 1300 万吨，淘汰落后产能 1000 万吨，届时我国的合成氨总产能将达到 7600 万吨左右。如可控移热变换技术在 10%的大型合成氨装置和中小型合成氨装置上得到应用，则年可节能和减少 CO_2 排放量：

7600*39.3%*10%*103.64/1000+7600*35.4%*26.57/1000=38.18 万 tce/年；

7600*39.3%*10%*273.62/1000+7600*35.4%*10%*70.14=100.59 万吨 CO_2/年；

新建的 1300 万吨合成氨产能，按单套装置产能 40 万吨/年为例，其变换投资约 7500 万元，1300 万吨合成氨全部建成后其变换总投资：

1300/40*7500=24.37 亿元

如全部采用可控移热变换技术，则至少可制约投资：

24.37*15%=3.66 亿元。

由此可见，可控移热变换工艺在促进企业降低投资、节能减排具有重要的积极意义，应加以大力推广。

综上所述，到 2020 年，我国总的合成氨能力将达到 7600 万吨/年，如该技术的推广比例将能达到 8%-10%，则将节省投资达 3.66 亿元（仅对新建产能而言），年节能 38.18 万 tce，年碳减排潜力 100.59 万 tCO_2。

高 CO、高 H2O/CO 比条件下大型等温变换技术

一、技术名称：高 CO、高 H_2O/CO 比条件下大型等温变换技术

二、适用范围：不同压力、粗煤气成分及水气比条件的 CO 变换装置

三、与该节能技术相关的能耗现状

1、副产高品位蒸汽节能量

与传统绝热变换工艺设计相比较等温变换工艺副产蒸汽高品位蒸汽量增加低压蒸汽量减少，高品位蒸汽增加约 16.4t/h。

传统的设计实际运行的系统压降都在 0.4MPa 以上，等温变换系统实际经过设备少，压降小于 0.4MPa，节省压缩功，降低耗电量，经计算系统压降降低 0.1 MPa，节省压缩功耗约 333.3kw/h ，折合约 4kw/t 氨。

按照 4.0 MPa 蒸汽 150 元/吨，2.5 MPa 蒸汽 130 元/吨，1.0MPa 蒸汽 110 元/吨，0.5 MPa 蒸汽 100 元/吨，电价按 0.52 元/度，全年有效生产时间 300 天计算改造等温变换工艺后带来的经济效益。按照系统压降降低 0.1 MPa，全年节省运行费用 1026 万元/年。

2、长周期运行带来的间接经济效益

传统绝热变换设计 1#变换炉催化剂一般使用时间 1 年，等温变换催化剂使用 5 年，按催化剂 6 万元/ m^3 计算，更换催化剂的人工费及其他生产费暂忽略。更换催化剂节省费用：（48-170÷5）×6=84 万元/年。

而按等温变换三段变换流程来看，2#变换炉催化剂更换费用也应计算在内，2#变换催化剂使用 5 年更换，按催化剂 6 万元/ m^3 计算，更换费用为：

128÷5×6=153.6 万元/年。

等温变换工艺流程实际能节省更换催化剂投资为：84+153.6=237.6 万元/年。

3、全年运行节省的总费用：1026+238=1264 万元/年

经过以上建设投资费用和运行费用比较来看，等温变换工艺三段变换炉工艺与传统绝热变换工艺的四段绝热变换炉工艺比较具有很大优势。

四、技术内容

1．技术原理

等温变换炉通过在绝热变换反应器内置换热管，换热管内走水、管间装催化剂，换热管内水汽化及时移走反应热，副产高品位蒸汽，变换炉整体操作温度低，

催化剂床层不超温，一台反应器能替代多段绝热反应器，工艺流程短，系统阻力小。

2．关键技术

（1）通过换热管的非均匀布置实现反应温度分布接近最佳温度曲线，催化剂用量少；

（2）操作简单稳定，通过产汽压力的调节来调节等温变换炉出口温度；

（3）严密的内件结构设计，使泄漏的可能性降到最低；

（4）换热管束采用特殊的结构形式，加工容易，加工质量有充分保证，标准化管束，加工周期短，解决了筒体与管束内件间的热膨胀问题；

（5）阻力降小；

（6）采用轴径混流设计，阻力小，催化剂利用率高。

3．工艺流程

（1）设备原理图

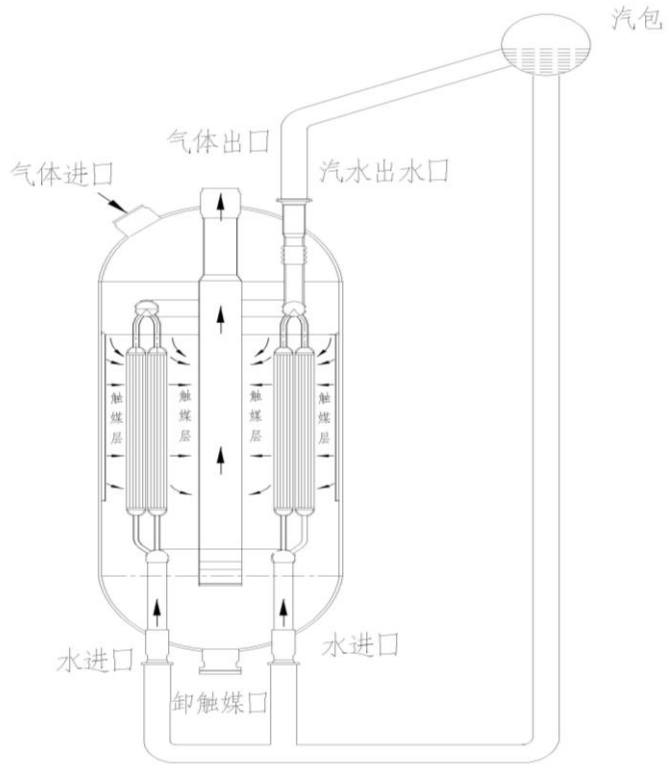


图1 ZY型等温变换炉原理图

（2）结构（简）图

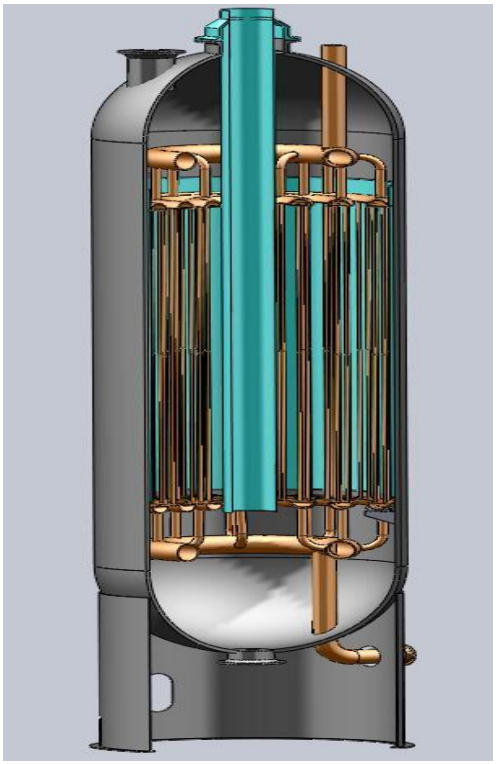


图 2 ZY 型等温变换炉设备简图

五、主要技术指标

1、等温变换炉出口 CO 含量

等温变换炉出口 CO 含量≤6%；

2、等温变换炉压降

等温变换炉压降≤0.02MPa；

3、工艺流程

等温变换工艺流程相比绝热变换流程明显缩短，减少装置一次投资。

六、技术应用情况

该技术已经获得实用新型专利两项；是“十三五期间氮肥、甲醇行业推广的节能减排先进适用技术”；2017 年 6 月通过了中国石油和化学工业协会组织的科技成果鉴定，认定为国际先进水平。该技术应用于石家庄中冀正元化工有限公司变换改造项目，于 2012 年 10 月开车；沧州正元化肥有限公司 60-80 项目年产 60 万吨合成氨装置配套等温变换装置，于 2015 年 3 月投产运行；2017 年 9 月内蒙古伊霖化工有限公司 20 万吨/年合成气制乙二醇项目变换装置，已经完成工艺包设计。

七、典型用户及投资效益

案例名称：沧州正元化肥有限公司 60-80 项目等温变换项目

技术提供单位：河北阳煤正元化工集团有限公司

建设规模：

年产 60 万吨合成氨配套 CO 等温变换装置，2015 年 3 月投产。项目投资 9000 万元，投资回收期 8 年（以 60-80 项目为准核算）。案例年节能量 15589tce。

八、推广前景和节能潜力

年产 60 万吨合成氨企业投资 8000～9000 万元，吨氨节电 4KWh，年节标煤 4514.4 吨。预计 2020 年该技术在行业内的推广比例预计可达到 20%，总投资额约 1800 万元，节能能力 15589tce/a，减排能力 41154tCO_2/a。我公司将在不同气质、不同工况条件下进行 CO 变换技术进行深入研究，以期增强该技术的适用性，建议在行业内大力宣传类似节能装置的更新替代。

96 硝酸生产反应余热余压利用技术

一、技术名称：硝酸生产反应余热余压利用技术

二、技术所属领域及适用范围：化工行业 硝酸生产流程的能量回收

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

2014 年我国浓硝酸产量（折纯 100%）为 288.21 万 t。在硝酸的生产过程中需要提供压力能，以通常装置的平均生产水平计，每万吨成品约需要消耗功率 20 万 kW，能耗巨大。该技术旨在对硝酸生产的余热余压进行利用，具有较好的节能效果。

四、技术内容

1.技术原理

将硝酸生产工艺流程中产生的反应余热、余压进行回收，转化的机械能直接补充在轴系上，用于驱动机组，可减少能量多次转换损耗，提高能量利用效率。同时，向装置外供送蒸汽，使余热余压最大化利用。该技术配合双加压法稀硝酸生产工艺，与采用综合法和中压法的硝酸生产相比，可显著降低生产电耗。

2.关键技术

（1）系统与尾气能量回收及关联技术

回收硝酸生产流程中的氨氧氧化反的反应热及氮氧化物吸收后的余压，驱动机组做功，并向装置界外输送副产蒸汽。

（2）多跨轴系转子动力学及转子可靠性分析技术

多跨轴系能量回收机组的每个单机的弯振及整个轴系的扭振分析，以保证机组安全运行。

（3）多跨轴系能量回收机组自动控制及防喘振技术

实现能量回收机组启动、运行、停机及防喘振自动控制，以及机组运行状况远程监测技术。

（4）高温及硝酸腐蚀性环境材料选用技术

选择耐高温及硝酸的材料，防止有害物质泄漏和零部件的酸性腐蚀，延长机

组使用寿命。

（5）能量回收机组与系统工艺匹配及轴流与离心压缩机性能匹配技术

根据系统工艺合理选择压缩机设计参数；对空压机与 NOx 压缩机压力进行合理分配，达到优化能量回收机组性能，使之运行效率更高，更节能。

3.工艺流程

轴流压缩机将空气压缩至 4.5-6bar，与气氨按照一定的比例混合，送入氧化炉进行氨氧化反应。NOx 压缩机将氮氧化物加压至 11-13bar，用于 NO_2 的吸收。回收系统反应热，产生中温中压蒸汽；用于驱动汽轮机拖动机组，并外供至装置界外。回收 NO_X 吸收后的剩余能量，将余热、余压转换为机械能，与汽轮机共同驱动机组。具体工艺流程见图 1。

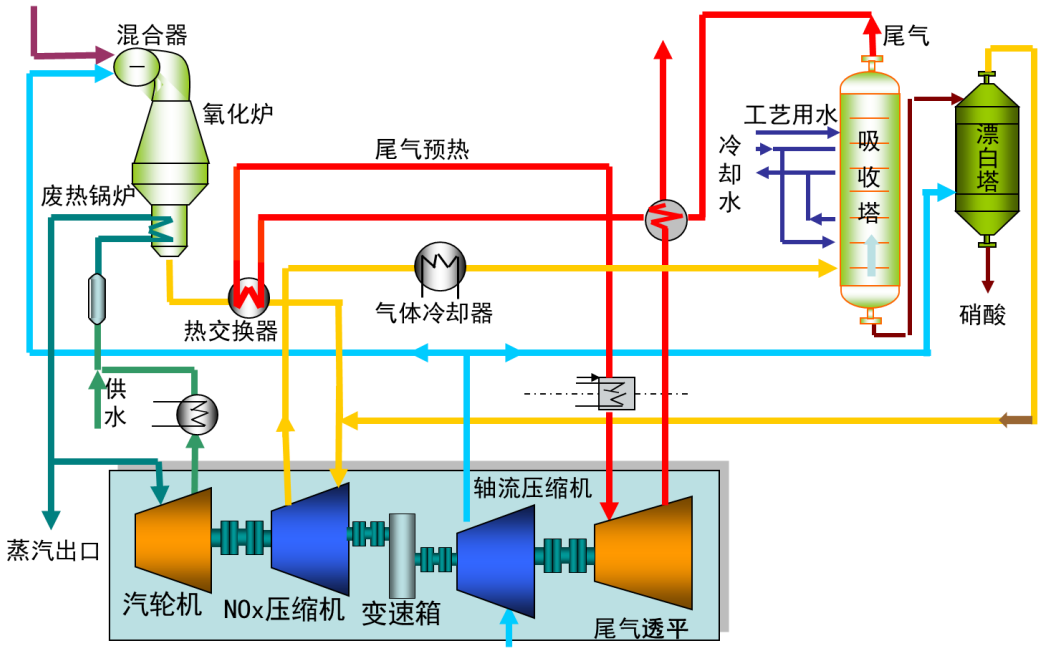


图 1 硝酸生产流程反应余热余压利用技术工艺示意图

五、主要技术指标

以 1200t/d 规模双加压法硝酸生产装置为例：

1．年回收电量：≧23000 万 kWh；

2．装置蒸汽产生量：≧60t/h；

3．吨酸外供蒸汽量：0.53t。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得国家发明专利 4 项，实用新型专利 4 项。于 2005 年通过陕西省科技厅组织的科学技术成果鉴定，2008 年获得陕西省科学技术奖一等奖，于 2011 年获得陕西省科学技术奖二等奖、中国机械工业科技技术二等奖，2012 年获得西安市科学技术奖一等奖，2013 年获得国家能源局科技进步奖三等奖，2015 年获得陕西省科学技术奖三等奖。

随着硝酸生产工艺的进步和装置大型化的发展，双加压法硝酸生产工艺被广泛应用，目前国内建成投产的最大规模装置规模为 1200t/d，国产化装置规模为 902t/d，已陆续应用于石油化工、煤化工、化肥等工业领域，不同规模装置能量回收机组 107 套。截至 2014 年底，已投入运行 60 套，运行装机规模约 945 万 t，合计年回收电量约 54 亿 kWh。

七、典型应用案例

典型用户：河南晋开化工投资控股集团有责任限公司、万华化学集团股份有限公司

典型案例 1

案例名称：河南晋开化工投资控股集团硝酸生产装置建设项目

技术提供单位：西安陕鼓动力股份有限公司

建设规模：902t/d 双加压法硝酸生产装置 3 套。建设条件：采用双加压法进行硝酸生产。主要建设内容：新建 902t/d 双加压法稀硝酸生产装置。主要设备：硝酸装置能量回收机组、过滤器、氨空混合器、氧化炉、吸收塔及中间换热设备、控制系统等。单套项目建设投资额 1.7 亿元，建设期 2 年。年节能量约 5 万 tce，年碳减排量约 13.2 万 tCO_2。年节能经济效益约为 7800 万元，硝酸产品净利润约 1.4 亿元，投资回收期小于 1 年。

典型案例 2

案例名称：万华化学集团股份有限公司新建硝基苯生产线项目

技术提供单位：西安陕鼓动力股份有限公司

建设规模：902t/d 双加压法硝酸生产装置 2 套。建设条件：采用双加压法进行硝酸生产。主要建设内容：新建 902t/d 双加压法稀硝酸生产装置。主要设备：硝酸装置能量回收机组、过滤器、氨空混合器、氧化炉、吸收塔及中间换热设备、控制系统等。单套建设投资额 1.7 亿元，建设周期 2 年。年节能量约 5 万 tce，

年碳减排量约 13.2 万 tCO_2。年节能经济效益约为 7800 万元，硝酸产品净利润约 1.4 亿元，投资回收期小于 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术对硝酸生产过程中的余热余压进行回收利用，打破了国外对硝酸装置的技术垄断，实现了硝酸生产流程余热余压回收装置大型化、国产化的需求。化工领域的大量流程生产过程中，都存在余热、余压的回收利用的可能，该技术有广阔的市场推广和示范效应。预计未来 5 年，该技术在行业内推广比例将达 70%，项目总投资 17 亿元，可形成的年节能能力为 50 万 tce，年碳减排能力为 132 万 tCO_2。

97 水平带式真空滤碱节能技术

一、技术名称：水平带式真空滤碱节能技术

二、技术所属领域及适用范围：化工行业 纯碱生产过程中重碱过滤

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

滤碱机是纯碱生产中的主要设备之一，用于滤碱工序，其作用是将固体重碱从母液分离出来送至煅烧工序生产纯碱。传统真空转鼓滤碱机生产能力较低，洗水当量较大，重碱滤饼含水率高，导致下游煅烧工序蒸汽消耗高，可达每吨碱1.45t 蒸汽。一套 30 万 t 纯碱装置中压蒸汽能源消耗量超过 4 万 tce，应用先进的重碱过滤技术将有利于促进纯碱行业的节能降耗。纯碱水平带式真空过滤机技术不仅适用于联碱生产，也适用于氨碱生产，可用于新建装置或老旧装置的改造。与传统真空转鼓滤碱机相比，节能效果明显，且具有较好的经济效益和社会效益。

四、技术内容

1.技术原理

水平带式真空过滤机是一种水平放置固定式带式结构的真空过滤机。其分离过程包括滤饼形成、滤饼洗涤、滤饼脱水、预干燥、卸料和滤布洗涤，连续循环操作。固液分离的动力来自于真空泵产生的负压，物料传输来自于过滤介质传送带的移动。相对于传统转鼓滤碱机，水平带式真空过滤机可以降低洗水当量，降低重碱水分和盐分，减少蒸汽消耗，实现节能。

2.关键技术

（1）箱式布料器均匀布料技术

研制多管进料的箱式布料器，通过在出料口设置带有可调配重的调节门，实现大流量条件下的均匀布料。

（2）重碱预干燥技术

研制重碱预干燥装置，使得重碱水分降低 1%-1.5%，烧成率提高 0.5%-1.5%。

（3）滤布清扫专用滚刷技术

研制滤布清扫专用滚刷代替刮刀，使得滤布带碱量由 2%-3%减低到

0.5%-1%，减少碱的损失，延长滤布的使用寿命，同时保证洗水系统稳定运行。

（4）专用橡胶过滤带制作技术

研制专用的模具用于制作专用橡胶过滤带，使得气液通道更加通畅，过滤速率增加，有效改善固液分离效果，提高过滤能力，降低滤饼含水率。

（5）多管喷淋洗涤技术

采用多管喷淋洗涤装置，提高洗涤效率，确保重碱含盐量控制在0.09%-0.20%之间，洗水当量的降低，使系统母液收缩。

3.工艺流程

水平带式真空过滤机的主电机通过减速装置带动头轮转动，头轮拖动环状滤带连续循环移动。碳化悬浮液经进料分配器进入鱼尾形进料箱，将碱液均匀分布在移动的滤布上分离，滤液穿过滤布进入脱水皮带槽，经真空盘后通过排水口进入滤液收集总管，最后排至气液分离罐。滤饼随滤布向前移动中，经过两段洗水逆流洗涤，洗去残留在重碱中的母液，洗涤液分别收集循环利用，最终进入母液系统。滤带向前移动的过程中，在挤压辊和真空作用下，不断压出和抽出重碱中的游离水，经过预干燥，完成滤饼的干燥过程。滤饼与滤布分离掉入卸料漏斗，进入重碱皮带运输机去煅烧工序煅烧。分离罐分离出的母液自压流入母液桶。气体进入净氨塔用清水吸收气体中的氨后，由真空泵抽出排空。卸料后，滤布洗涤水泵打出的高压水通过清洗头清洗滤布，残留在滤布上的固体被清洗掉和洗水一起收集到卸料端接水盘中，作为滤饼洗涤循环使用水。滤布得到再生清洗后，再经纠偏机构实现方向纠正，重新返到过滤段，如此往复循环完成过滤全过程。

工艺流程图如图 1。

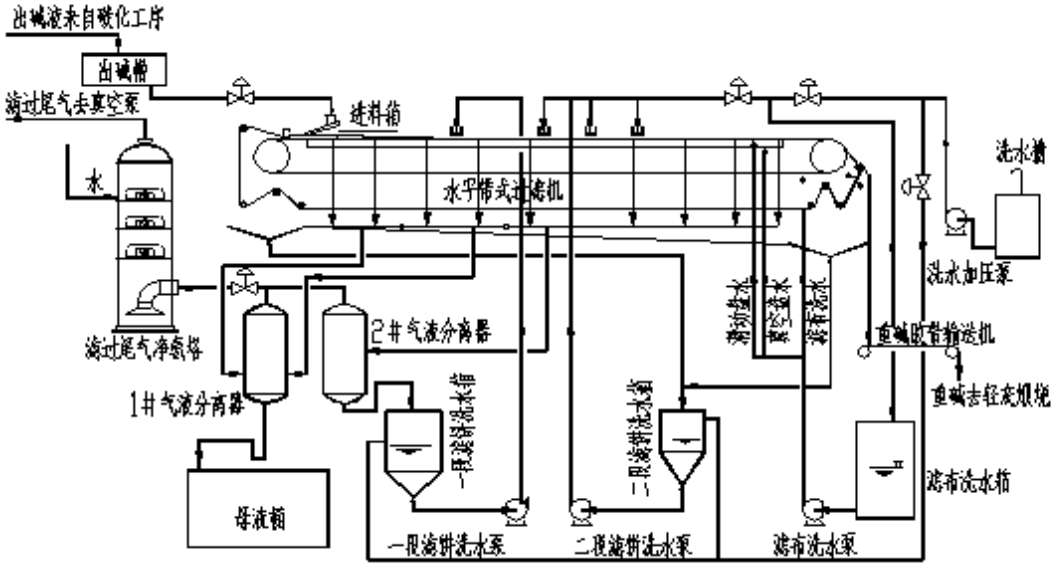


图 1 水平带式真空过滤机流程图

设备基本原理和结构图见图 2。

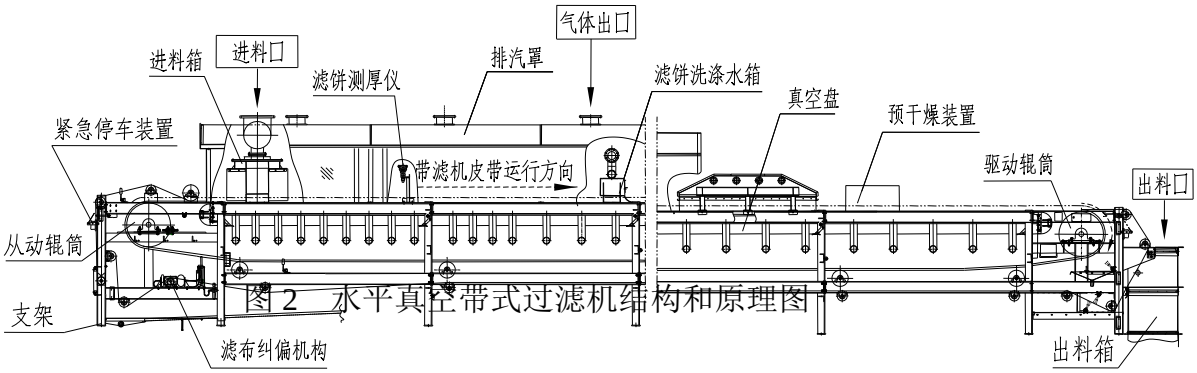


图 2 水平真空带式过滤机结构和原理图

五、主要技术指标

1. 单台生产能力 45t/h; 重碱水分≤15.5%; 重碱盐分≤0.2%; 洗水当量≤600kg/t 碱； 固体回收率≥98%； 重碱烧成率≥53%。

2. 洗涤软水量每吨碱降低 0.16m^3。

3. 重碱烧成率提高 2.99%，水分平均下降 2.9%，节省中压蒸汽每吨碱 108kg。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2012 年通过中国石油和化学工业联合会组织的“纯碱水平带式真空过滤机”科技成果鉴定，于 2013 年 11 月获得中国纯碱工业协会年度科技进步一等奖。同时，重碱预干燥装置于 2013 年获得国家实用新型专利 1 项。2011 年 11 月，首套 30 万 t/a 纯碱国产化水平带式真空过滤机在大化集团大连化工股份

有限公司投入使用，各项指标均达到国内领先水平。采用该技术的纯碱水平带式真空过滤机，已经投入生产三年多，运行稳定可靠。

七、典型应用案例

典型用户：大化集团大连化工股份有限公司

典型案例 1

案例名称：大化集团搬迁改造 60 万 t/a 联碱项目

技术提供单位：大连大化工程设计有限公司

建设规模：30 万 t/a 联碱装置。建设条件：真空度 0.4bar，洗涤水温度 40℃，处理能力约为 45t/h。主要技改内容：重碱过滤采用国产化水平带式真空过滤机。主要设备包括 1 台水平带式真空过滤机及配套洗水系统等，节能技改投资额 1200 万元（包括土建厂房及辅助设施），建设期 2 年。每年可节能 3058tce，年碳减排量为 8073tCO_2。年节能经济效益为 478 万元，投资回收期约 2.5 年。

典型案例 2

案例名称：大化集团搬迁改造 60 万 t/a 联碱项目

技术提供单位：大连大化工程设计有限公司

建设规模：30 万 t/a 联碱装置。建设条件：真空度 0.4bar，洗涤水温度 40℃，处理能力约为 40t/h。主要技改内容：对原进口水平带式真空过滤机进行国产化改造，各项技术指标提升到新研制的国产带滤机水平。主要设备包括 1 台水平带式真空过滤机及配套系统。节能技改投资额 1550 万元（包括土建厂房及辅助设施，利旧设施按原值计算），建设期 2 年。每年可节能 3058tce，年碳减排量为 8073tCO_2。年节能经济效益 478 万元，投资回收期约 3.2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，我国纯碱产能达 3000 万 t/a，应用水平带式真空过滤机的约为 5%，还有较大的需求空间。预计未来 5 年，该技术推广比例约 30%，项目总投资 4.2 亿元，可形成的年节能能力约 11 万 tce，年碳减排潜力约 28 万 tCO_2。

98 车用燃油清洁增效技术

一、技术名称：车用燃油清洁增效技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业 应用汽油、柴油、重油等液体燃料的各类机动车(汽油车、柴油车、摩托车等) ，内燃机为动力的船(客轮、货船、渔船、邮轮) ，内燃机为动力的发电设备(工地\隧道\油田) ，各类应用燃油的工程机械（施工\建筑\矿山）、工业炉窑

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国每年的燃料油消费量约 2.5 亿 t，碳排放约 5 亿 tCO_2。其中车船用燃油消耗是交通行业主要的能源消耗领域。随着节能环保形势日益严峻，我国不断提高对汽车油耗和尾气排放标准的要求，而燃油品质直接关系到交通运输业节能环保工作的开展。采用燃油添加剂，不仅可以直接提升燃油燃烧效率，而且能够减少车船尾气中的污染物排放，是欧洲、美国等一直大力推广的节能减排技术。

四、技术内容

1.技术原理

采用不含金属成分和灰分、特殊配方精炼的硝基化合物作为促燃原料，其分子结构主要由 R(C1-C4 烷基)和 NO_2 两个官能团组成，化学反应活性高，更易分解，在燃油燃烧过程中产生大量自由基，引发连锁的分子链断反应，可有效提高燃烧速度，促进燃料充分燃烧，提升燃油能效。配方中含有聚醚类物质以及其他润滑材料，可有效清理发动机的积炭，延长发动机的使用寿命，并减少污染物排放。

2.关键技术

根据不同燃油成分和品质，有针对性的采用低碳硝基化合物（硝基丙烷、硝基甲烷、硝基乙烷）、甲苯和油脂等为原料，通过调节各主要成分的比例，实现燃油的清洁高效燃烧。

3.工艺流程

燃油清洁增效技术的原理图见图 1。

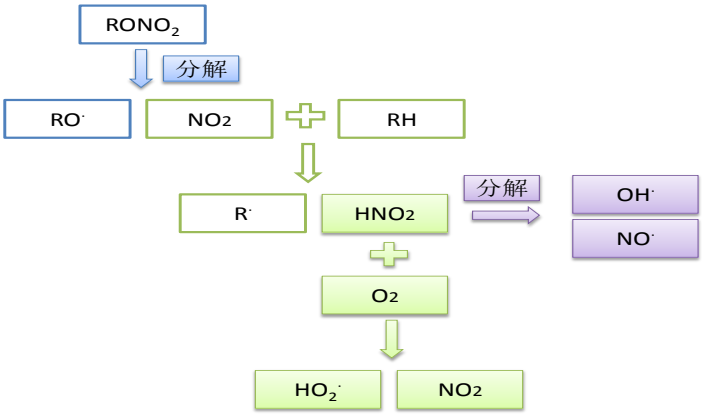


图 1 燃油清洁增效技术原理图

五、主要技术指标

1. 汽油节油率：国家轿车质量监督检验中心（天津）汽油车整车台架检验（十五工况法），多工况节油率 3%，等速油耗试验（60km/h、90 km/h）节油率 5.7% 、3.4%。

2. 柴油节油率： 国家汽车质量监督检验中心（长春）检测柴油发动机台架检验（十五工况法），平均节油率为 2.21%。

3. 国 V 汽油节油率及减排指标：国家环保总局机动车排污检测中心整车台架检测（运转循环工况法 ECE15），节油率为 2.5%，碳氢化合物（HC）下降 18.2%，一氧化碳（CO）下降 19.3%，氮氧化合物（NOx）下降 20%。（适用于典型案例 3）

4. 国 VI 汽油节油率及减排指标：国家环保总局机动车排污检测中心整车台架检测（运转循环工况法 ECE15），节油率为 3.43%，碳氢化合物（HC）下降率 30.00%，一氧化碳（CO）下降率 29.22%，氮氧化合物（NOx）下降率 0.00%（GB18352.6 轻型汽车污染物排放限值汽油车国六（VIa）阶段 NOx 排放为 0.06，国六（VIb）阶段 NOx 排放为 0.035，试验检测数值为 0.03，低于规定限值，所以下降率为 0.00%）。（由典型案例 3 单位提供更新）。

六、技术应用情况

该技术获得国家发明专利 1 项。2005 年 3 月通过甘肃省科技厅组织的科技成果鉴定。2007 年 5 月获得甘肃省科技进步三等奖。2005 年通过由中国科学院、

中国工程院及汽车、环保、石油化工等领域的权威专家组织的技术鉴定。目前已陆续在石油化工、交通运输及工业炉窑等领域进行了推广和应用。

七、典型应用案例

典型用户：中石油兰州张掖批发油库、酒泉地区批发油库等

典型案例 1

案例名称：中石油兰州张掖批发油库燃油清洁增效项目

技术提供单位：北京长信万林科技有限公司

建设规模：500t/a 的仓储及添加剂加注设备，建设条件：在燃油批发油库中应用。主要技改内容：在燃油中加入燃油能效技术的产品，提升燃油燃烧性能,改进燃油品质。主要设备包括：油泵、加注等设备及储存罐。节能技改投资额 700 万元，建设期 3 个月。每年可节能 31404tce，减排 82906tCO_2。年节能经济效益为 12300 万元，投资回收期约 2 年。

（注：该案例使用的是以硝基化合物、醚类等为主要组分的清洁增效燃油添加剂）

典型案例 2

案例名称：白山市人民政府各县市公共机构公务用车清洁增效项目

技术提供单位：吉林省神力节能环保科技有限公司

建设规模：3026 辆政府公车，建设条件：在车辆上使用。主要技改内容：在公车油箱中加入燃油能效技术的产品，提升燃油燃烧性能,改进燃油品质。主要设备包括：清洁增效燃油添加剂。节能技改投资额 490 万元，使用期 2.5 年。每年可节能 1367tce，减排 2845tCO_2。年节能经济效益 132 万元，投资回收期约 3.7 年。

（注：该案例使用的是以植物液和促活剂为主要成分的清洁增效燃油添加剂。）

典型案例 3

案例名称：烟台港轮驳有限公司拖轮船柴油品质提升节油项目

技术提供单位：山东吉利达能源科技有限公司

建设规模：年使用柴油 3000t，建设条件：在拖轮船上使用。主要技改内容：在港务局码头油库中调和应用。主要设备包括：计量泵、清洁增效燃油添加剂。

节能技改投资额 13 万元/年，使用期 3 年。每年可节能 167tce，减排 440tCO_2。年节能经济效益 84 万元，投资回收期约 2 个月。

（注：该案例使用的是以聚异丁烯胺与聚醚胺等胺基聚合物为主要成分的清洁增效燃油添加剂。）

八、推广前景及节能减排潜力

随着国家大气污染防治法实施，我国政府对各种车辆、船舶尾气排放将提出更加严格的要求，该技术可广泛用于石油化工、交通、工业炉窑等行业领域，对促进燃油清洁高效的应用具有重要意义。预计未来 5 年，该项技术可在石油化工、交通领域、工业炉窑等行业推广到 8%左右。可形成的年节能能力为 300 万 tce，年碳减排能力 792 万 tCO_2。

99 大型往复式压缩机流量无级调控技术

一、技术名称：大型往复式压缩机流量无级调控技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业 炼油、煤化工等应用大型往复压缩机的工业领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

往复压缩机是石化、冶金、炼油、煤化工等领域广泛使用的重要高耗能设备，一般功率较大，常高达几千千瓦,如 80t 活塞力往复压缩机功率最高可达 10000kW。这些大型压缩机通常按照最大生产能力设计,机组实际运行工况常低于设计条件，需要进行流量调节。然而，压缩机的调节方法十分有限，常采用旁通调节法，但在调节压缩机流量的同时压缩机仍然处于满负荷运行工况，因此低流量负荷下能源浪费严重。国外同类产品价格昂贵，对技术严格保密，且服务维修周期长。大型往复压缩机流量无级调控技术通过采用基于主动控制进气阀的流量调节系统，可有效解决压缩机在低流量工况下能源浪费的问题，降低压缩机使用功耗而节能。此外，与国外同类技术产品相比，也具有价格优势。

四、技术内容

1.技术原理

该技术基于主动控制进气阀原理，采用旁通控制、气阀控制、余量控制等流量调节方法，通过控制系统和液压执行机构的精确配合，依据系统实际需求气量，实时精确控制吸气阀动作，使部分气体未经压缩便回流到吸气管道，减少实际被压缩的气体流量，实现流量 0%-100%范围内无级调节。与传统的调节方法相比，可有效减少无用的压气量，从而降低电机的输出，减少电能损耗，实现压缩过程的节能。

2.关键技术

（1）耦合控制系统、液压伺服系统、机械执行机构和气阀的复杂系统数学模型设计技术；

（2）多级多列往复压缩机流量无级调控方法及吸气阀延迟关闭技术；

（3）基于高响应速度和低撞击力的机-电-液复杂系统设计技术；

（4）流量无级调节实验系统的集成设计。

3.工艺流程

该技术的工作原理示意图见图 1。

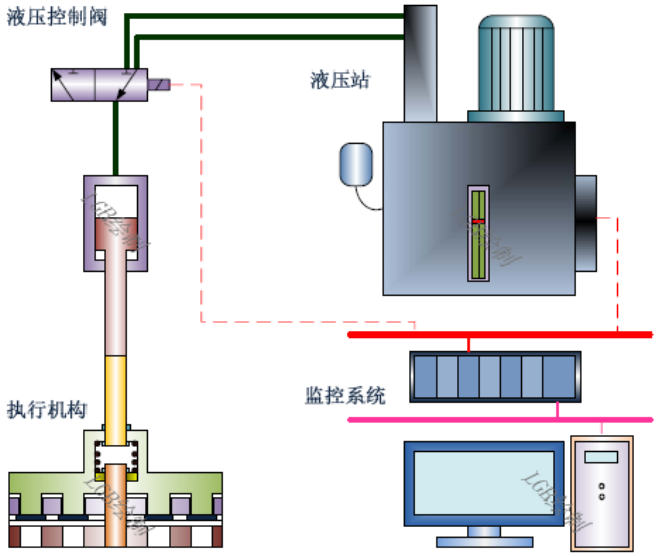


图 1 系统工作原理示意图

五、主要技术指标

1. 进气流量调节范围：0%-100%；
2. 连续运行时间：每年大于 8000 小时。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得国家发明专利 1 项；于 2014 年 11 月通过中国机械工业联合会组织的技术成果鉴定。目前已在中石化广州分公司、中石油四川石化等多个项目应用，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：中石化广州分公司，中石油四川石化

典型案例 1

案例名称：中石化广州分公司重整氢压缩机改造项目

技术提供单位：合肥通用机械研究院

建设规模：配套 2000kW 压缩机装置，应用于中石化广州分公司炼油加氢工艺。建设条件：具有大型工艺压缩机需求场所。主要技改内容：增装 1 套往复压缩机流量无级调节装置。主要设备：大型往复压缩机气量无级调节装置 1 套（含执行机构、液压站、控制系统等）。节能技改投资额 140 万元，建设期 12 个月，每年可节能 177tce，

减少碳排放 384tCO_2 。年节能经济效益为 115 万元，投资回收期约 16 个月。

典型案例 2

案例名称：中石油四川石化半产品气压缩机改造项目

技术提供单位：合肥通用机械研究院

建设规模：配套 4M40 压缩机装置 1 套。建设条件：具有大型工艺压缩机需求场所。主要技改内容：增装 1 套往复压缩机流量无级调节装置。主要设备：大型往复压缩机气量无级调节装置 1 套（含执行机构、液压站、控制系统等）。节能技改投资额 170 万元，建设期 12 个月。每年可节能 156tce，减少碳排放 340tCO_2 。年节能经济效益 101 万元，投资回收期约 20 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

大型往复压缩机广泛应用于我国天然气化工、石油化工、煤化工、炼油等行业，在役机组数量巨大,仅炼化企业保有量就超过 6000 台。目前，该技术市场推广比例约为 5%，预计未来 5 年推广比例将达到 50%左右，可形成的年节能能力约 36 万 tce，年碳减排量约 80 万 tCO_2。

100 高效降膜式蒸发节能技术

一、技术名称：高效降膜式蒸发节能技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业　石油化工、煤化工、制药、食品、水处理等领域乙二醇、乙醇胺、己内酰胺、聚碳酸脂、烷基苯酚、腈纶、氯碱、水处理等装置

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

石油化工、煤化工、制药、水处理等装置中的绝大多数蒸发器（再沸器）采用蒸汽加热，而传统的蒸发（再沸）设备换热效率低、能耗高。新型高效降膜式蒸发（再沸）设备较传统设备的能耗降低30%以上，有巨大的节能潜力。

四、技术内容

1. 技术原理

降膜式蒸发器（再沸器）上部管箱内设有液体物料的分布装置以及换热管管口布膜器，物料沿管内壁成膜状流动，较薄的液膜具有较高的蒸发传热系数，传热能耗低。管箱内部的液体分布装置采用单级或多级结构，换热管口采用旋流式分布器，使液位更稳定、液体分布更均匀，可解决由于负荷变化或设备安装偏差等因素而造成的液体分布不均问题，避免换热管内可能出现的偏流、干点等现象，设备不易结垢、结焦，甚至堵管。换热管采用外表面纵槽管强化传热，可显著提高换热效率。

2. 关键技术

（1）液体分布优化技术

通过管箱内防涡流液体分布装置与换热管管口旋流式布膜器的设置，实现液体的稳定分布。

（2）新型布膜器技术

采用金属模具塑性成形技术，将管口布膜器加工成旋流式结构形式，流体通道可加工为槽型或是孔型结构。

（3）最小成膜流量控制技术

根据无量纲化因子关联式，计算不同物料、不同物性参数条件下的换热管几何尺寸及最小成膜流量，实现降膜式蒸发设备的设计选型与参数优化，节约能耗。

（4）纵槽形强化换热管技术

采用模具滚压方式，在普通换热管的外表面加工成纵槽形，强化管外蒸汽冷凝传热。

（5）工艺计算软件技术

开发了新型高效降膜式蒸发设备热力工艺计算软件，建立了常用物料的物性数据库，实现新型高效降膜式蒸发设备工艺与结构的现代设计。

3. 工艺流程

立式降膜式蒸发器（再沸器）中，流体从设备顶部进入液体分布器，再通过管口布膜器将流体均匀地分布到每一根加热管中，在换热管内壁形成一薄膜层，物料依靠重力作用呈膜状向下流动。换热管内的流体液膜与换热管外的热流体之间进行热量交换，管内物料在液膜表面蒸发汽化传热，而换热管外的热流体被冷却。该过程不同于传统的热虹吸或是强制循环的沸腾汽化传热过程，物料靠重力呈薄膜状流动，压降低，蒸发设备传热效率高，物料停留时间短，不会使热敏性物料降解。换热管可采用光管，也可采用外表面纵槽管，管外得以传热强化。设备结构见图 1。

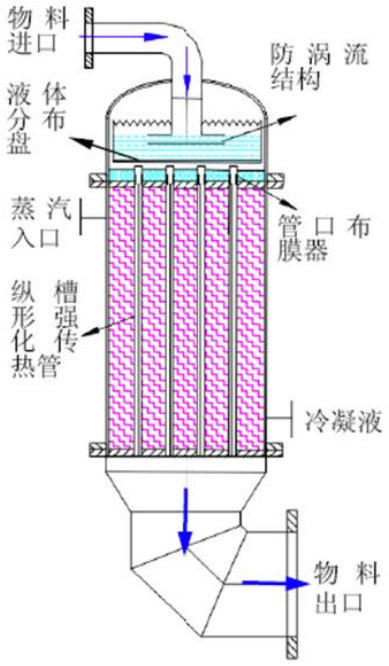


图 1 设备结构图

五、主要技术指标

1．与传统蒸发（再沸）设备相比较，传热效率提高 40%以上；

2．与传统蒸发（再沸）设备相比较，减少蒸汽用量 30%以上。

3．设备使用周期内比传统设备延长清洗周期 3 倍以上，或是免清洗。

4．纵槽管管外冷凝传热系数，比光滑管提高 30%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得 3 项国家实用新型专利，申请发明专利 1 项，并于 2016 年 1 月通过上海石油化工股份有限公司的科技成果评定。目前，该技术已分别在上海石化 2#乙二醇装置、上海石化腈纶装置以及江苏斯尔邦石化乙醇胺装置推广应用，节能效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：上海石油化工股份有限公司，江苏斯尔邦化工有限公司，内蒙古易高化工有限公司，福建莆田化工有限公司、江苏德纳化学股份有限公司等。

典型案例 1

案例名称：上海石化乙二醇装置降膜式再沸器节能技术改造

技术提供单位：华东理工大学

建设规模：20 万 t 乙二醇装置精制工段 MEG 回收塔、DEG 精馏塔及 TEG 精馏塔的 3 台塔底再沸器进行降膜式再沸器节能技术改造。建设条件：不增加占地，利用原有的泵阀、管线以及仪器仪表等，对旧再沸器进行技术改造更换。主要技改内容：对上海石化 2#乙二醇装置精制工段的乙二醇再沸器、二乙二醇再沸器、多乙二醇再沸器三台传统再沸器进行高效降膜式再沸器替代，完成了新设备的工业设计、制造、安装调试与运行考核。主要设备为三台新型高效降膜式再沸器 E-630、E-710、E720。节能技改投资额 240 万元，建设期 6 个月。每年可节能 2638tce，碳减排量 6964tCO_2。年节能经济效益为 326.4 万元，投资回收期约 9 个月。

典型案例 2

案例名称：金阳装置溶剂回收五效蒸发节能技术优化研究

技术提供单位：华东理工大学

建设规模：16 万 t/a 腈纶装置溶剂回收五效蒸发节能改造。建设条件：不增加占地，利用原有的泵阀、管线以及仪器仪表等，只对旧蒸发器进行技术改造更换。主要技改内容：对上海石化腈纶金阳装置溶剂回收五效蒸发工段的原一至五效蒸发器 YE-1301、YE-1302、YE-1303、YE-1304 以及 YE-1305，进行高效降膜式蒸发器的技术改造。主要设备包括高效降膜式蒸发器 YE-1301、YE-1302、YE-1303、YE-1304、YE-1305。节能技改投资额 320 万元，建设期 6 个月。每年可节能 3260tce，碳减排量 8606tCO_2。节能经济效益 403.2 万元，投资回收期约 9.5 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，我国石油化工行业有乙二醇、乙醇胺、己内酰胺、腈纶等工业装置 100 余套，同时拟在“十三五”期间计划实施在建的上述装置 20 余套。降膜式蒸发器（再沸器）传热效率高，蒸汽耗量低，防结垢结焦，免清洗，应用前景广阔。预计至未来 5 年，该技术的推广比例至少可达 30%左右，即在 30 套上述各类装置中实施应用，项目总投资 2 亿元，可形成的年节能潜力约 31 万 tce，碳减排能力约 82 万 tCO_2。

101 全氧燃烧技术

一、技术名称：全氧燃烧技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 建材、轻工等行业玻璃纤维池窑及玻璃熔窑

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

与该节能技术相关生产环节的能耗现状为玻璃纤维池窑的作用是将矿石原料熔化成玻璃液，目前其熔化都采用空气燃烧的方式进行加热，每千克玻璃液的能耗一般在 2700kcal 以上。应用该技术可实现节能量 3 万 tce/a，减排约 8 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

空气中含氧量约 21%，而氮的含量为 79%。在燃烧过程中，只有氧参加燃烧反应，氮仅仅作为稀释剂。大量的稀释剂吸收了大量的燃烧反应放出的热，并从烟道排走，造成显著的浪费。

2.关键技术

窑炉结构、燃烧设备、熔制工艺。

3.工艺流程

以纯氧代替空气，经过调压后，以一定的流量送入窑炉，与燃料进行燃烧。

五、主要技术指标

玻璃纤维池窑采用纯氧燃烧后，每千克玻璃液的能耗，一般在 1350kcal 以下，节能 50%。

六、典型应用案例

典型用户巨石集团有限公司

典型案例 1

年产 6 万 t 无碱玻璃纤维池窑，节能技改投资额 1000 万元，建设期 1 年，节能量 1000 万 m^2 /a（天然气），综合效益 2000 万元/年，投资回收期 0.5 年。

典型案例 2

年产 10 万 t 无碱玻璃纤维池窑，节能技改投资额 1200 万元，建设期 1 年，节能量 14000t /a（液化气），综合效益 4000 万元/年，投资回收期 0.3 年。

典型案例 3

中国耀华玻璃集团拟上全氧燃烧项目，利用制氮的富氧提纯，供熔窑燃烧，节能 20%，年节标煤 8427t，减烟尘排放 70%-80%。

七、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的普及率可达到 10%，年节能能力可达到 15 万 tce，年减排能力 37 万 tCO_2。

102 富氧燃烧技术

一、技术名称：富氧燃烧技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 建材、轻工等行业工业窑炉

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

与该节能技术相关生产环节的能耗现状为行业平均能耗为每重箱 20kgce。目前应用该技术可实现节能量 22 万 tce/a，减排约 58 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

用富氧代替空气助燃，可改善玻璃质量、降低能耗、减少污染。

2.关键技术

工艺参数的合理调配。

3.工艺流程

在助燃空气中渗入氧气或在 1 号及零号小炉增设氧枪。

五、主要技术指标

富氧含氧量一般在 23%-25%；全氧含氧量在 90%以上。

六、典型应用案例

中国耀华玻璃集团 1#线富氧燃烧项目，氧含量 32%，节油 4%。热耗由 7331kJ/kg 降至 7050kJ/kg 玻璃液，节油率 3.83%。

七、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 30%，年节能能力 43 万 tce，年减排能力 99 万 tCO_2。

103 大推力多通道燃烧节能技术

一、技术名称：大推力多通道燃烧节能技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 建材、化工、冶金、有色等行业 回转窑和燃烧炉

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

与目前国内一般的燃烧器相比，吨熟料烧成热耗降低 3.5kgce 以上，可实现节能量 23 万 tce/a，减排约 61 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

大推力多通道燃烧器，是由内部的旋流通道、中间的煤流通道、外部的轴流通道以及最外部的冷却风通道构成的燃烧器。煤粉从多通道燃烧器喷出燃烧，除空气输送煤粉本身就是煤粉与风的预混合外，还要经过多次扰动、混合。外部的轴流风通道将高压空气从通道中送出，使局部的出口空气风速接近风速，在如此高速气流的卷吸作用下，大量二次风进入燃烧区域，极大地提高了煤粉的燃烧速度和温度。在较小的一次风量条件下获得更高的火焰温度，从而达到节能降耗的目的，同时对不同煤质的适应性也大大提升，能使用4200kcal/kg的低热值无烟煤。另一方面在轴流风外侧布置冷却风道对设备运行进行技术保护，延长设备使用寿命。

2.关键技术

主要包括：热回流技术、可压缩流燃烧技术

3.工艺流程

煤粉经计量后由送煤罗茨风机送入燃烧器，一次风由罗茨风机供给，其流程见图 1。

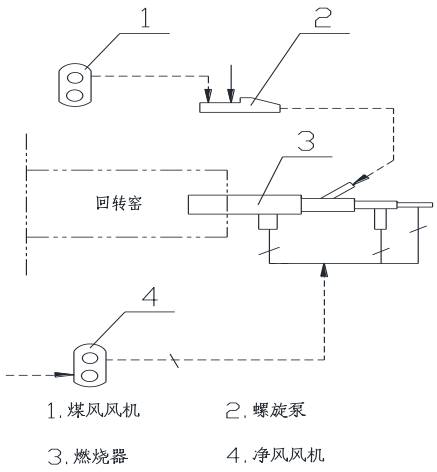


图 1　大推力燃烧器工艺流程图

五、主要技术指标

一次风量<8%，一般燃烧器 12%左右。吨熟料烧成热耗比一般燃烧器降低 3.5kg 标煤以上。对燃料适应性强，可烧烟煤、褐煤、劣质煤和无烟煤，实现多种燃料混烧。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2010 年 12 月该技术作为“新型干法节能减排示范线关键技术与装备的研发及应用”项目的一部分通过中国建材联合会鉴定，技术水平达到国际先进水平，并获得 2013 年度中国建材联合会科技进步二等奖。

大推力多通道燃烧器已在全国各地多家水泥窑、活性氧化钙窑、氧化铝窑、冶金球团窑、镍铁窑等推广应用 500 余台（套），并出口国外。

七、典型应用案例

典型用户：河北燕赵水泥有限公司 5500t/d 水泥生产线。

技术提供单位：合肥水泥研究设计院、热工装备科技有限公司

建设规模：5500t/d 水泥生产线。主要技改内容：大推力多通道燃烧器。节能技改投资额约 120 万元，建设期 6 天，改造后熟料产量由 5700t/d 提高到 6150t/d，吨熟料热耗降低 3.6kgce。年节能 6160tce，年节能经济效益约 620 万元，投资回收期 2.3 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

该产品可用于新建厂和老厂的设备改造，其主要性能指标已达到国际先进水平，目前国内常规燃烧器有明显进步，可使吨水泥熟料的热耗下降 3.5kgce 以上，节能效益显著。预计 5 年内可在行业推广到 40％，形成约 45 万 tce/a 的节能能力，减排能

力约 119 万 tCO_2。

104 Low-E 节能玻璃技术

一、技术名称：Low-E 节能玻璃技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 建筑墙体装饰

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

外门窗玻璃的热损失是建筑物能耗的主要部分，占建筑物能耗的 50%以上。普通浮法玻璃的辐射率高达 0.84，热量损失严重。目前该技术可实现节能量 19 万 tce/a，减排约 50 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

在普通玻璃上镀上一层以银为基础的低辐射薄膜后，使其辐射率可降至0.15以下，减少散热损失，达到节能的目的。该技术可在普通浮法玻璃生产线锡槽的末端或者退火窑的前端增加一套Low-E镀膜设施，在浮法玻璃生产线上实现在线CVD或者PCVD镀膜生产。

2.关键技术

Low-E镀膜技术。

3.工艺流程

工艺流程见图 1。

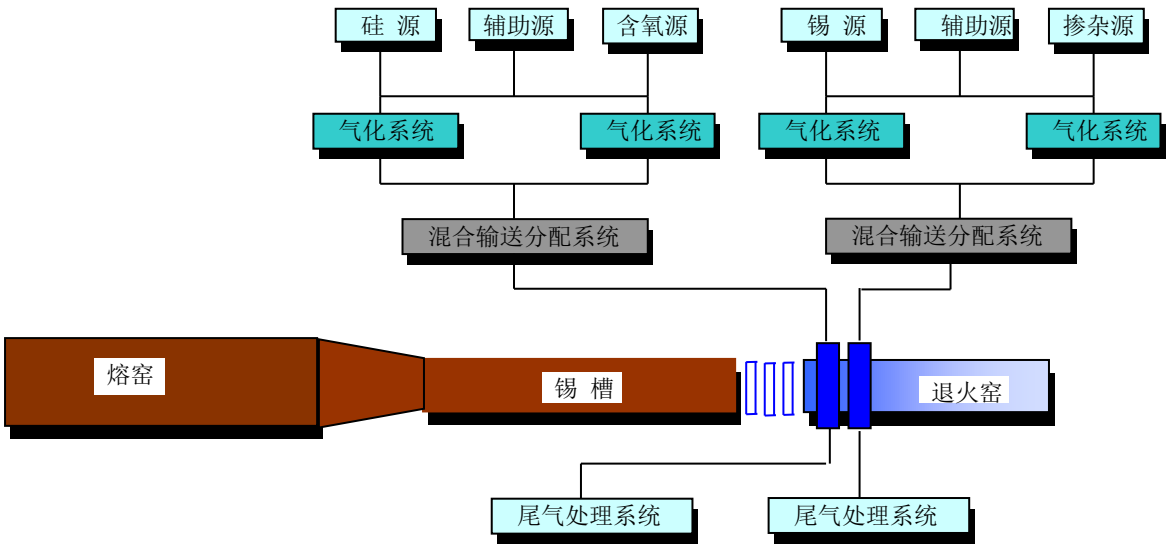


图 1　Low-E 节能玻璃在线镀膜技术工艺流程图

五、主要技术指标

传热系数 k 值范围：1.6-2.2W/m^2k，达到国际先进水平。

六、典型应用案例

典型用户：首都机场 T3 航站楼、中央电视台

典型案例 1

建设规模：15 万 m^2 节能玻璃。主要技改内容：安装 15 万 m^2 的 Low-E 节能玻璃。节能技改投资额 1200 万元，建设期 2 年。年节能量 4180tce，年节能经济效益为 560 万元，投资回收期 2.5 年。

典型案例 2

建设规模：8.6 万 m^2 节能玻璃。主要技改内容：安装 8.6 万 m^2 的 Low-E 节能玻璃。节能技改投资额 688 万元，建设期 1 年。年节能量 2400tce，年节能经济效益为 320 万元，投资回收期 2 年。

七、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例可达到 10%，节能能力 95 万 tce/a，减排 251 万 tCO_2/a。

105 预混式二次燃烧节能技术

一、技术名称：预混式二次燃烧节能技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 预混式二次燃烧节能减排技术，适用于轧钢、石油、化工、熔炼有色金属、烧制陶瓷等行业的工业窑炉。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

现在国内普遍使用的传统燃气燃烧器是后混式（扩散式）燃气燃烧器。其混合原理是边进风，边喷气、边混合、边燃烧，由于空气与可燃气体的压力、比容、比重差异较大，无法在短时间内混合均匀，因此，它的空气过剩系数不得不加大，一般在 1.6-1.8 的范围，大的甚至达到 3 以上，造成大量的多余空气没有参加反应需升温吸热并直接被加热到排烟温度状态而从烟囱被排走，结果是废烟气量增大，由烟气带走的热损失增大；同时，大量的多余空气又会降低火焰及窑道温度，影响了燃烧的稳定性，直接造成了产品废品率的增加和质量的难以提升。

预混式二次燃烧系统经过计算机数值模拟，采用红外热像仪监测其温度场及燃烧状态，最终优化改进的结果。将它应用于陶瓷辊道窑上，经过窑炉结构和操作的不断优化，可将空气过剩系数控制在 1.2 以下，并能满足陶瓷的烧成工艺。与传统燃气燃烧器相比，通过第三方的检测及节能量审核报告显示，可实现 9.5%的节能效果；同时，由于排烟量相应减少，从而达到减少烟气对环境的污染的效果。目前该技术可实现节能量 1 万 tce/a，减排约 3 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

预混式二次燃烧节能减排技术是让一部分空气与燃气在预混合腔内进行预混和碰撞，形成含氧的可燃气体后喷出燃烧，二次空气可以调节热气流的射程，同时也可以使未燃尽的燃气完全燃烧。这种燃烧技术可以将空气过剩系数控制在 1.05-1.20 的范围内，而传统的扩散式燃烧系统由于不能良好控制燃料和空气的配比，使得空气过剩系数在 1.6-1.8 的范围内，造成了大量的排烟热损失。因此，其节能减排效果是显而易见的。

2.关键技术

改进燃烧器结构，优化窑炉燃烧系统，控制空燃比；提高火焰温度 15%-20%，

改善陶瓷窑内温度场分布的均匀性；延长火焰在炉膛中的停留时间；采用二次空气补偿，提高火焰梯度的燃烧强度；调节热烟气的喷嘴射程。

3.工艺流程

工艺流程如图 1 所示。

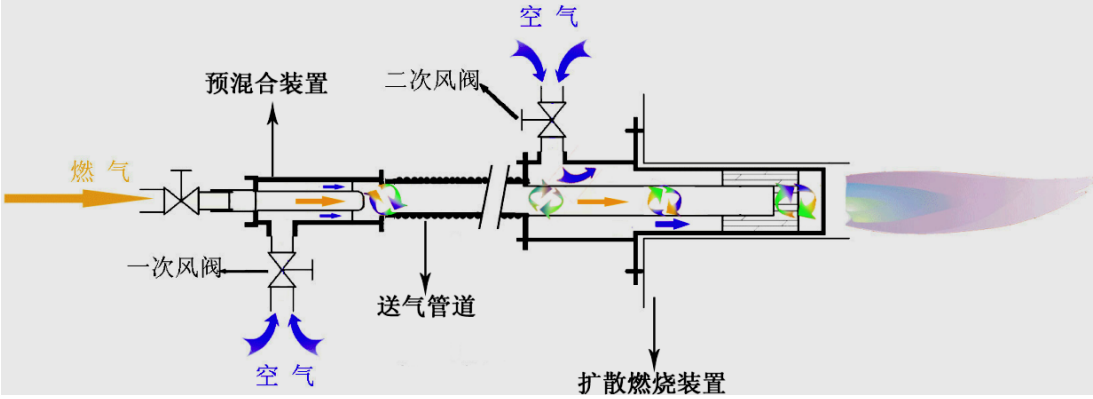


图 1　预混式二次燃烧节能技术工艺流程示意图

新型燃烧系统的 CAD 设计--FLUENT 模拟软件设计及有关参数选取--计算机模拟及结构优化--燃烧器检测平台的检测--实际窑炉上考核--定型加工生产。

五、主要技术指标

应用于陶瓷辊道窑上，改变辊道窑传统燃烧器燃料与空气量不能良好调节的现状，经过预混式二次燃烧系统优化改造后，可将空气过剩系数控制在 1.05-1.2，并能满足陶瓷的烧成工艺。与传统燃气燃烧器相比，根据第三方机构的节能量审核报告，节能率达到 9.5%，同时，改造后排烟量也至少减少 20%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2009 年 12 月通过佛山市科学技术局的科学技术成果鉴定

七、典型应用案例

应用单位：广东蒙娜丽莎陶瓷有限公司

技术提供单位：广东蒙娜丽莎陶瓷有限公司

节能改造情况：14 条陶瓷窑炉（辊道窑）燃烧系统节能技术改造，项目使用“预混式二次燃烧节能减排技术”改造原有燃烧系统。节能效果：广东蒙娜丽莎陶瓷有限公司 2009 年能源统计数据，原煤消耗 105668.84t（折标准煤 76683.88t），用于生产发生炉煤气的原煤数为 68911.56t（折标准煤 57871.93t），发生炉煤气平均热值 1500kcal/m^3，发生炉煤气综合成本为每立方米 0.45 元。根据广州能源检测研究院对广东蒙娜丽莎陶瓷有限公司检测审核，项目节能率为 9.61%。经济效益概述：项目投

资额 600 万元。单位节能量投资额约 1500 元/tce；与基准情景相比的静态投资回收期少于 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例可达到 20%，投资总额 28600 万元，节能能力约 25 万 tce/a，减排能力约 66 万 CO_2/a。

106 高固气比水泥悬浮预热分解技术

一、技术名称：高固气比水泥悬浮预热分解技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 水泥行业，改造现有新型干法水泥烧成系统；新建水泥熟料生产线

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

现有水泥企业能耗限额限定值:可比熟料综合煤耗≤112kgce/t。目前该技术可实现节能量 18 万 tce/a，减排约 48 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

通过提高系统内固体物料与气流的质量比，达到提高系统热效率、增强系统热稳定性的效果。

2.关键技术

（1）高固气比预热器单元的性能优化，各列、各级预热单元合理匹配；

（2）粗物料的外循环，实现分解炉体系内的高固气比化；

（3）粗粉分离器内部旋流强度的设计、物料循环倍数的控制以及炉体对各种条件变化的适应性。

（4）高固气比悬浮预热分解工艺集成方案。

3.工艺流程

水泥原料通过计量装置，定量喂入高固气比预热器系统的顶层预热单元，在各级各列预热单元内逐次与废烟气热交换，粉体物料预热至 780℃以上；进入外循环式高固气比分解炉系统，在悬浮态下完成碳酸盐的分解。通过五级旋风分离器气固分离后，物料进入回转窑内煅烧成熟料，经冷却机冷却破碎后由输送机送至熟料库。气体流向为冷空气由风机送入冷却机，在冷却熟料的同时，二次空气预热至 1100℃以上，进入回转窑，三次空气预热至 900℃以上，进入外循环式高固气比分解炉，经煤粉燃烧后变成热烟气，进入预热器系统，分两列与物料逐级热交换，换热后的烟气温度降至 260℃左右，由高温风机抽出，送至原料制备车间，用作原料烘干热源。工艺流程见图 1。

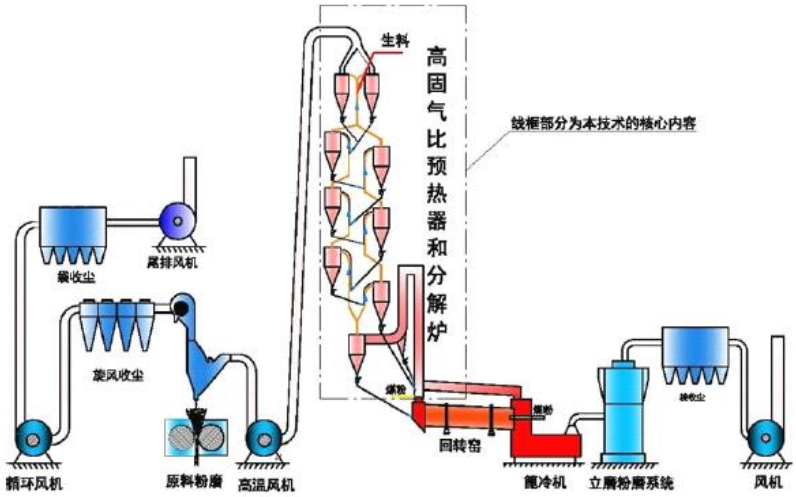


图 1 高固气比水泥煅烧技术工艺流程图

五、主要技术指标

1.窑尾废气温度小于 260℃；

2.水泥熟料烧成的可比热耗低于每公斤熟料 2675kJ (640kcal)；

3.吨熟料电耗小于 56kWh；

4.窑系统运转率大于 90%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2011 年 5 月，该技术已通过陕西省科学技术厅组织的技术鉴定。该技术 2011 年被评为“中国高等学校十大科技进展”，入选国家工信部《工业节能十二五规划》，荣获“第四届节能中国十大应用技术”。

七、典型应用案例

典型案例 1

案例名称：陕西尧柏阳山庄水泥有限公司高固气比水泥熟料生产线（2500t/d 级）

技术提供单位：西安建筑科技大学

建设规模：日产 2500t 熟料的水泥熟料煅烧生产线。主要建设内容：采用高固气比预热分解技术设计水泥熟料烧成系统。主要设备：高固气比预热器系统和外循环式高固气比分解炉系统（2500t/d 级）。建设投资额 3500 万元，建设期 1 年。每年可节能 19500tce，年碳减排能力 48000tCO_2，投资回收期约 1 年。

典型案例 2

案例名称：陕西生态水泥富平有限公司高固气比水泥熟料生产线（5000t/d 级）

技术提供单位：西安建筑科技大学

建设规模：日产 5000t 熟料的水泥熟料煅烧生产线。主要建设内容：采用高固气比预热分解技术设计水泥熟料烧成系统。主要设备：高固气比预热器系统和外循环式高固气比分解炉系统（5000t/d 级）。改造建设资额 4500 万元，建设期 1 年。每年可节能 26000tce，年碳减排能力 63960tCO_2，投资回收期约 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术在节能减排、系统稳定性等方面有突出优势，吨熟料可比现有技术节约 16kgce，在行业内的推广前景和减排潜力很大。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例可达到 5%，投资总额 55 万元，节能能力 90 万 tce/a，减排能力 238 万 tCO_2/a。

107 预应力高强混凝土管桩免蒸压技术

一、技术名称：预应力高强混凝土管桩免蒸压技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 预应力高强混凝土管桩（PHC 管桩）生产

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

现阶段，PHC 管桩的生产过程多采用常压蒸汽养护和高压蒸汽养护相结合的二次养护工艺。据统计，每立方米管桩混凝土养护能耗约为 28-40kgce。目前该技术可实现节能量 8 万 tce/a，减排约 22 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

通过使用特种矿物掺合料和专业外加剂，使管桩混凝土经过一次常压蒸养（6-8 小时），和短期自然养护（3-7天），即可达到使用要求（混凝土强度等级为C80）。

2.关键技术

特种矿物掺合料的复配和专业外加剂的选取。要求掺合料和外加剂能够降低用水量，保持管桩混凝土的工作性，并能在短期提高管桩混凝土的强度。

3.工艺流程

预应力高强混凝土管桩免蒸压技术工艺流程见图 1。

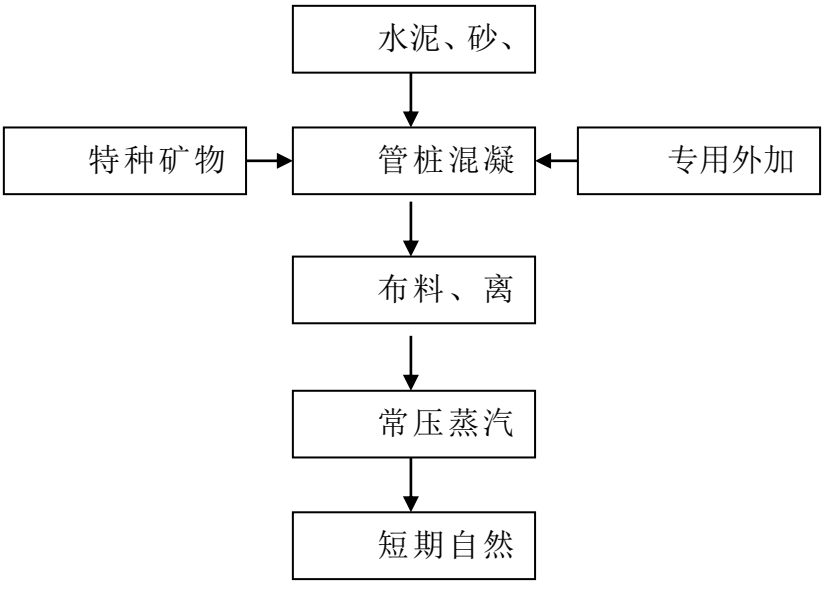


图 1 预应力高强混凝土管桩免蒸压技术工艺流程图

五、主要技术指标

预应力高强度混凝土管桩的总养护能耗降低 40%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2009 年 5 月通过中国建材联合会组织的“免压蒸高耐久性 PHC 管桩的研制”项目鉴定。2011 年度广东省科技奖励三等，2012 年度中国混凝土与水泥制品协会技术革新奖二等奖，2013 年全国建材行业技术革新奖二等奖目前，已在江苏三和建设有限公司、中交三航第三工程有限公司、中交第三航务工程局有限公司浦东分公司等进行了应用。

七、典型应用案例

典型案例 1

案例应用单位：江苏三和建设有限公司

技术提供单位：广东三和管桩有限公司

建设规模：年产 PHC 管桩 300 万 m 生产线。主要技改内容：免除高压设备，降低锅炉吨位，增加原材料储存罐，主要设备为原有管桩生产线设备。节能技改投资额 712 万元，建设期 6 个月。每年可节能 2718tce，年节能经济效益为 239 万元，投资回收期约 2 年。

典型案例 2

案例应用单位：中交第三航务工程局有限公司浦东分公司

技术提供单位：广东三和管桩有限公司

建设规模：一条直径（φ800-φ1200 mm）整节长度 55mPHC 管桩生产线。主要技改内容：通过合理的混凝土原材料选择和配合比设计以及生产工艺流程的优化改进，取消高压蒸养，变二次蒸养为一次蒸养，主要设备包括新增模具 2 套、新增养护池 1 个、离心机一套。节能技改投资额 794 万元，建设期 1 年。每年可节能 2062tce，年节能经济效益 238 万元，投资回收期约 3.3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

能耗过高和环境压力大已成为阻碍管桩行业发展的重要问题。该技术可降低 PHC 管桩 50%的养护能耗，节能效果明显，同时也可降低生产成本，减少环境污染。预计未来 5 年该技术可在全国推广比例达 30%（总长度约 1 亿 m），形成的年节能能力为 25 万 tce，年减排能力约为 66 万 tCO_2。

108 层烧蓄热式机械化石灰立窑煅烧节能技术

一、技术名称：层烧蓄热式机械化石灰立窑煅烧节能技术

二、技术所属领域及适用范围： 建材行业 石灰生产

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前我国贵州、福建、山东、四川、安徽、江西、广西等 30 多个省市地区的石灰生产企业中，约三分之二仍然在使用土窑及普通立窑。石灰烧成能耗约为 185kgce/t，在个别落后地区，石灰烧成能耗超过 200kgce/t，我国的石灰生产工艺仍处于能耗较高的水平。目前该技术可实现节能量 44 万 tce/a，减排约 116 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该技术采用花瓶式内胆，呈变径断面（曲线型），能使物料平稳下落，同时增加石灰石翻滚次数而得到更均匀的热交换。加料形式采用层料式，即按一定比例间歇式加一层石料，再加一层燃料，并根据窑断面不同部位的不同热交换需要来布煤，结合立窑的边风效应并采用差热布煤。

石灰石在足够长的预热带中与煅烧带来的热废气进行充分的蓄热换热，在进入煅烧带前，石灰石被预热至800-900℃。根据不同的产品品质和原燃料条件，通过调整工艺参数可使窑顶废气温度少于250℃，窑低出灰温度少于60℃，从而最大限度的节省了热耗，提高了燃料的利用率。

2.关键技术

（1）花瓶形内胆、上部环型烟道和简单合理特有的节能保温结构；

（2）料钟、行车提升加料装置，底部复合炉排及往复式出灰机；

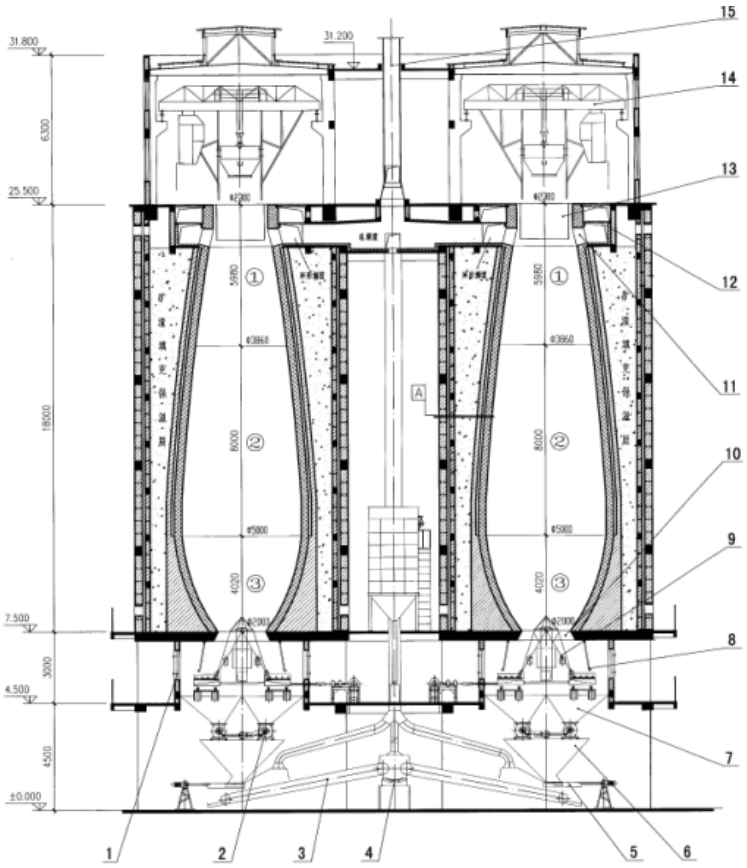
（3）风机及锁风装置；

（4）水浴烟气处理装置和滤筒式除尘装置；

（5）信息自动化处理系统。

3.工艺流程

层烧蓄热式石灰立窑结构见图 1，工艺流程图见图 2。



1 检修门; 2 电液动截漏阀; 3 胶带输送机; 4 胶带输送机; 5 电液动平板阀; 6 单料斗

7 双料斗；8 栅栏；9；复合炉排；10 炉座；11 烟道吸口；12 烟道盖板；13 上窑圈；14 料钟加料机；15 烟囱

图 1 层烧蓄热式石灰立窑结构

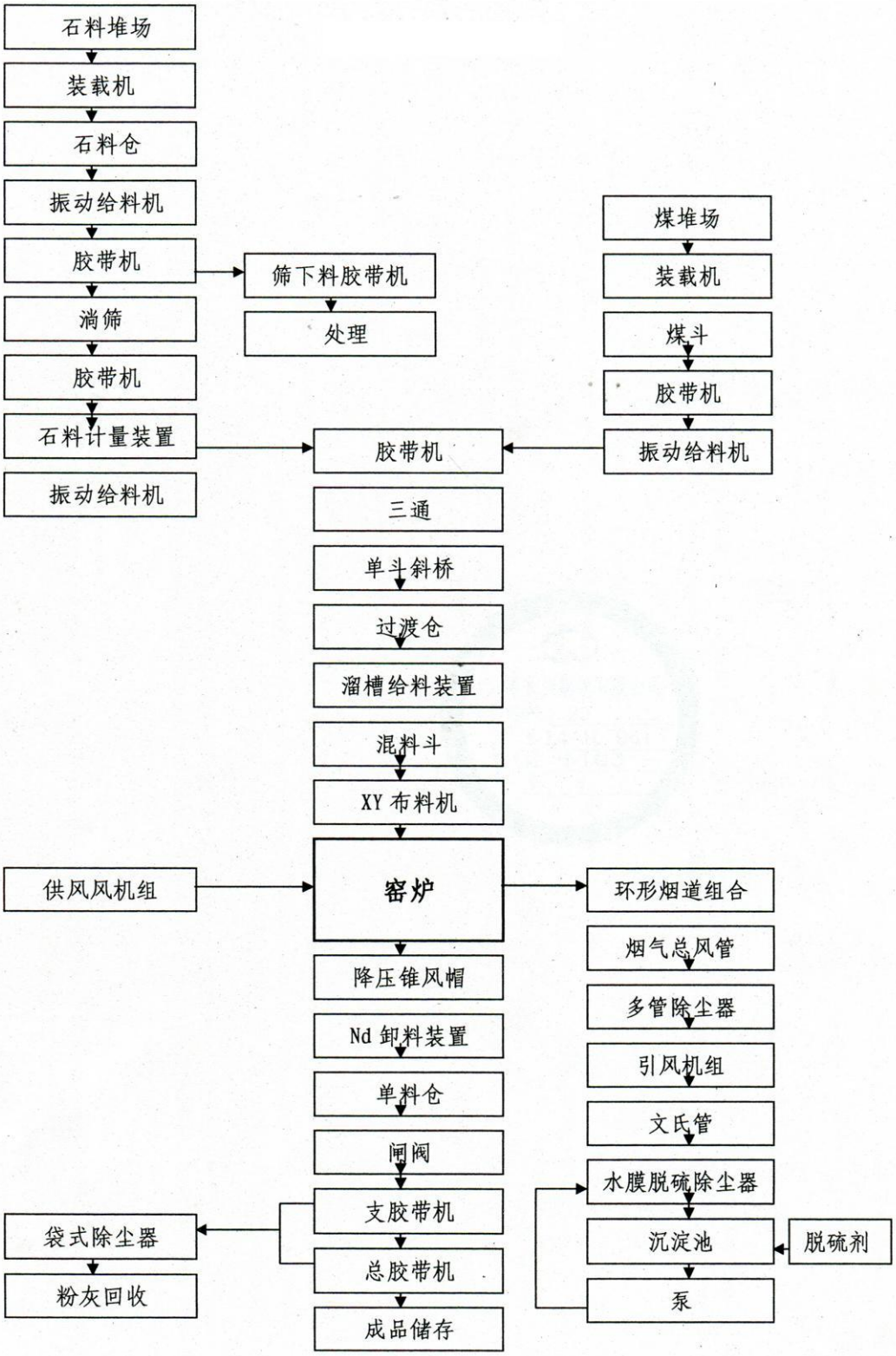

石料堆场
装载机
石料仓
振动给料机
胶带机
筛下料胶带机
处理
淌筛
胶带机
石料计量装置
振动给料机
煤堆场
装载机
煤斗
胶带机
振动给料机
胶带机
三通
单斗斜桥
过渡仓
溜槽给料装置
混料斗
XY 布料机
窑炉
供风风机组
环形烟道组合
烟气总风管
多管除尘器
引风机组
文氏管
水膜脱硫除尘器
沉淀池
脱硫剂
泵
降压锥风帽
Nd 卸料装置
单料仓
闸阀
支胶带机
总胶带机
成品储存
袋式除尘器
粉灰回收

图 2 工艺流程图

五、主要技术指标

1．吨石灰平均能耗为 145kgce；

2．煤种适应范围广，低位发热量 5500-5800kcal/kg 的无烟煤均可使用。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

节能型石灰立窑于 1991 年通过审评，1994 年通过国家鉴定为标准设计，并在全国推广。该技术属于节能型石灰窑的之一，已获得 6 项技术专利，目前已在全国二十余省市应用，且技术已出口东南亚。由于投资小，能耗低，效益好的特点，该技术已成为替代落后石灰土窑的主要节能型石灰窑。

七、典型应用案例

典型案例 1

案例应用单位：宜兴精诚山钙业有限公司

技术提供单位：无锡中石技术发展有限公司

建设规模：50 万 t/a 石灰生产线。主要技改内容：改造窑内胆呈花瓶形，增加环形烟道、除尘设备、节能风机、上料系统等，主要设备包括往复出灰机、复合炉排、节能风机、烟气除尘器、粉尘除尘器、上料系统、环形烟道等。节能技改投资额 4500 万元，建设期 6 个月。每年可节能 1.5 万 tce，年节能经济效益为 1500 万元，投资回收期 3 年。

典型案例 2

案例应用单位：张家港市锦华炼钢辅助材料有限公司

技术提供单位：无锡中石技术发展有限公司

建设规模：80 万 t/a 石灰生产线。主要技改内容：改造窑内胆呈花瓶形，增加环形烟道、除尘设备、节能风机、上料系统等，主要设备包括往复出灰机、复合炉排、节能风机、烟气除尘器、粉尘除尘器、上料系统、环形烟道等。节能技改投资额 6500 万元，建设期 6 个月。每年可节能 2.4 万 tce，年节能经济效益 2400 万元，投资回收期约 2.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

“十二五”期间，为了确保石灰行业节能减排工作的完成，石灰立窑工艺流程与装备技术的完善与推广将成为石灰行业的主要措施。预计未来 5 年石灰行业将推广到 30%，总节能量约为 88 万 tce/a，减排能力约 232 万 tCO_2/a。

109 高效优化粉磨节能技术

一、技术名称：高效优化粉磨节能技术

二、技术所属领域及适用范围： 建材行业 建材、矿山等行业粉磨生产系统

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国建材、矿山、发电等行业粉磨生产系统仍以球磨机作为粉磨主机为主，物料的粉碎和研磨均在球磨机内完成。粉磨生产系统电耗一直较高，球磨机的电能有效利用率只有 1%-5%左右，效率非常低。建材行业水泥生产是粉磨应用较普遍的领域，以水泥企业为例，其粉磨电耗约占水泥企业总电耗的 2/3，球磨机系统吨水泥粉磨电耗（未加预粉磨系统）约 35-42kWh/t，采用增加预粉碎系统后，吨水泥粉磨电耗可达到 30kWh/t 以下，节能效果显著。目前该技术可实现节能量 12 万 tce/a，减排约 33 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用高效冲击、挤压、碾压粉碎物料原理，配合适当的分级设备，使入球磨机物料粒度控制在 2mm 以下，改善物料的易磨性；使入磨物料同时具备“粒度效应”及“裂纹效应”；并优化球磨机内部构造和研磨体级配方案。利用 HT 高效优化粉磨机与球磨机组成联合粉磨系统，实现粉磨系统“分段粉磨”，从而达到整个粉磨系统优质、高产、低消耗的目的。

2.关键技术

（1）利用HT高效优化粉磨机预粉磨物料，与球磨机组成联合粉磨系统。

HT高效优化粉磨机充分利用高效冲击、挤压、碾压粉碎物料原理，设备构造科学合理，电能有效利用率高；装备耐磨材料研制取得重大突破，新耐磨件使用寿命大大延长；装备采用先进的避铁和除铁装置充分保护了设备的安全运行。

HT高效优化粉磨机设备结构简图见图1。

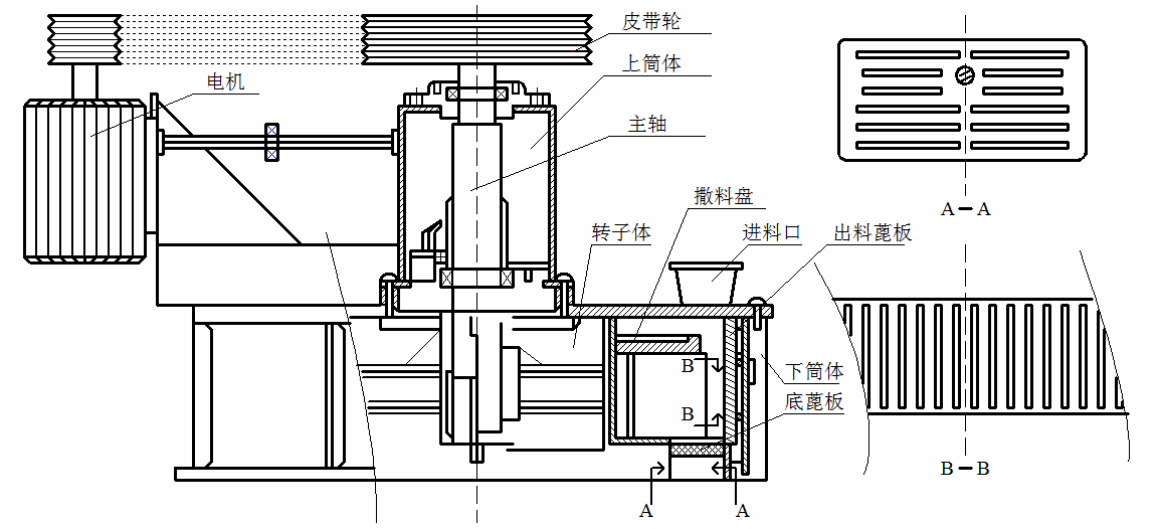


图 1　HT 高效优化粉磨机结构简图

（2）配套物料分级装置，确保入磨物料粒度小于2mm；入磨物料经预粉磨后，物料邦德功指数下降10%-25%。

（3）优化球磨机磨内构造和研磨体级配方案。

优化改造球磨机内部构造，采用新型隔仓装置、活化装置、出料装置，改造更能提高研磨体粉磨效果的衬板等。根据入磨物料的易磨性和粒度大小优化调整球磨机研磨体级配方案，提高研磨体粉磨效率，改善水泥颗粒结构，提高水泥比表面积，从而提高水泥强度，同等水泥熟料质量，可增加混合材的掺入量。

3.工艺流程

粉磨物料经过计量配料后，进入物料分选设备进行分选，细颗粒物料（粒度＜2mm）进入球磨机进行研磨作业；粗颗粒物料（粒度≥2mm）进入 HT 高效优化粉磨机进行破碎、粉磨，出 HT 高效优化粉磨机物料，再进入物料分选设备进行分选，分选后的细颗粒物料（粒度＜2mm）进入球磨机进行研磨作业，粗颗粒物料（粒度＞2mm）返回 HT 高效优化粉磨机再进行粉碎。进入球磨机的物料经球磨机研磨后，达到一定细度和比表面积要求，出磨后进入成品库。

高效优化粉磨节能技术工艺流程简图见图 1。

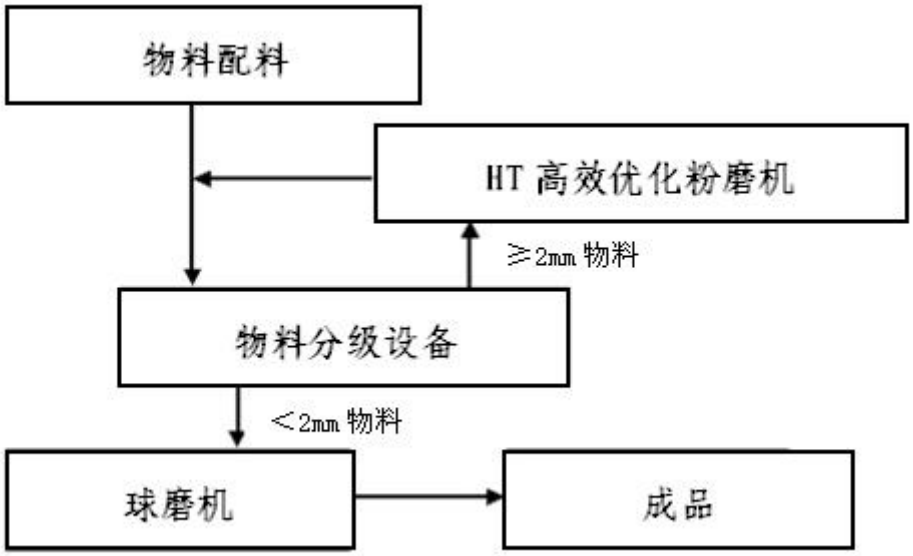


图 1　高效优化粉磨节能技术工艺流程简图

五、主要技术指标

1.入磨物料粒度控制在 2mm 以下，0.08mm 筛筛余小于 70%；

2.吨水泥粉磨电耗达到 28kWh/t 以下；吨水泥粉磨电耗下降 25%以上；

3.成品（出磨）水泥比表面积提高 20%以上；

4.粉磨系统机物料消耗降低 30%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得多项技术专利，且经过安徽省能源利用监测中心的节能效果认定。目前，该技术和设备已在全国多家水泥制造、矿山企业粉磨生产线应用。对水泥粉磨生产线进行技改，系统优化，使水泥磨机大幅提产，降低单位产品电耗，提高水泥比表面积，降低熟料掺加量，使企业产品更具市场竞争力。

七、典型应用案例

典型应用案例 1

技术提供单位：安徽华特绿源节能环保科技有限公司

安徽聚龙新型节能建材有限公司 Φ3.2×13m 水泥球磨机粉磨生产线高效优化粉磨节能技术节能改造项目。主要技改内容：在 Φ3.2×13m 水泥球磨机前增加 1 套水泥配料预粉磨系统，磨机内部采用先进的超细磨内筛分技术对隔仓板、出料篦板等进行优化改造，优化调整磨内研磨体级配方案。主要增加设备有 HT 高效优化粉磨机、新型滚筒筛、双层新型隔仓板、出料篦板等。项目技改投资 200 万元，建设期 1 个月。每年节电节能量达 1575tce，年节电节能产生经济效益 292.5 万元以上，项目投

资回收期为 8 个月。

典型应用案例 2

技术提供单位：安徽华特绿源节能环保科技有限公司

安徽皖维高新材料股份有限公司 Φ3.8×13m 水泥球磨机粉磨生产线高效优化粉磨节能技术节能改造项目。主要技改内容：在 Φ3.8×13m 水泥磨机前增加 1 套水泥配料预粉磨系统，将原水泥粉磨闭路磨系统改造为开路磨系统；磨机内部采用先进的超细磨内筛分技术、部件对衬板、隔仓板、出料篦板等进行更换改造，优化调整磨内研磨体级配方案。主要增加设备有 HT 高效优化粉磨机、新型滚筒筛、Φ3.8×13m 开流水泥管磨机专利部件、排风机、提升机等。项目技改投资 300 万元，建设期 1 个月。每年节电节能量达 2940tce，年节电节能产生经济效益 546 万元以上，项目投资回收期为 7 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，国内建材行业、矿山行业 85%以上使用球磨机进行粉磨作业，球磨机生产系统大部分没有进行磨前预粉碎技改，市场前景广阔，节能潜力巨大。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例可达到 10%，形成的年节能能力约为 123 万 tce，年减排能力约 325 万 tCO_2。

110 钛纳硅超级绝热材料保温节能技术

一、技术名称：钛纳硅超级绝热材料保温节能技术

二、技术所属领域及适用范围： 建材行业 保温：陶瓷、玻璃、耐火材料等窑炉保温；钢铁、有色金属加工、电石、黄磷等炉体保温；原油贮罐及管道保温；化工、化肥设备管道；供暖管道保温；电热厨电；太阳能光热发电保温；保冷：液化气体（LNG、液氮、液氧等）船、贮罐及管道保冷；冷库、冷藏车辆、冰箱冷柜保冷；保温或保冷：航空航天器、舰船、火车、飞机、建筑的保温隔热。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

1.平板玻璃窑炉墙砌筑及保温、能耗情况

玻璃窑炉的炉体保温材料一般为轻质保温砖、磷酸盐珠光体、珍珠岩等，这些保温材料的导热系数较高，通常在 0.05 W/m•K（常温）以上，即使使用厚度较大，散热量仍然很大。玻璃窑炉体散热量可占玻璃熔化总能耗的 1/3。而美国、日本等发达国家仅通过提高保温材料性就能取得约 30%的节能效果，与国外先进水平相比，我国璃窑炉能耗比国外高 30%左右。

2.陶瓷行业炉窑保温、能耗情况

目前，我国陶瓷行业的辊道窑都是标准化、系列化设计制造，辊道窑外壁散热热耗高达 20%以上。我国陶瓷工业的能源利用率与国外相比差距较大，发达国家的能源利用率一般高达 50%以上，而我国仅达到 28%-30%。

目前该技术可实现节能量 4 万 tce/a，减排约 11 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

在诸多的工业、民用、军事领域中，存在大量的需要保温（或保冷）的设备或场所，传统的绝热材料由于较差的保温性能、阻燃性能和使用寿命，在这些领域的热能损失仍然较大，特别是在超高温（或超低温）的设备上；同时，保温材料更换频繁，也存在安全性问题。

本项目技术的基本原理是使用钛纳硅超级绝热材料，替代或部分替代或结合传统绝热材料；由于本材料的绝热性能远远优于传统的绝热材料，所以在使用时表面能量损失极少，从而达到明显的节能效果或更优秀的保温设计方案；同时钛纳硅材

料为 A1 级不燃材料，安全环保；使用效果稳定，寿命长。

2.关键技术

（1）气凝胶中纳米级孔洞中的空气不能自由流动，消除了空气对流传热；

（2）气凝胶中高达 80%以上的成分是空气，固体成分少，且热传导路径细长，从而大大减轻了固体热传导；

（3）纳米级孔洞的孔径（大部分为 20-50nm）小于空气分子自由程（70nm），大大减弱了空气分子发生碰撞而形成的热传导；

（4）存在大量的气固界面，并添加了特殊的遮光剂，大大阻隔了热辐射。

3.工艺流程

气凝胶超级绝热保温材料的立体结构及分子结构见图1。

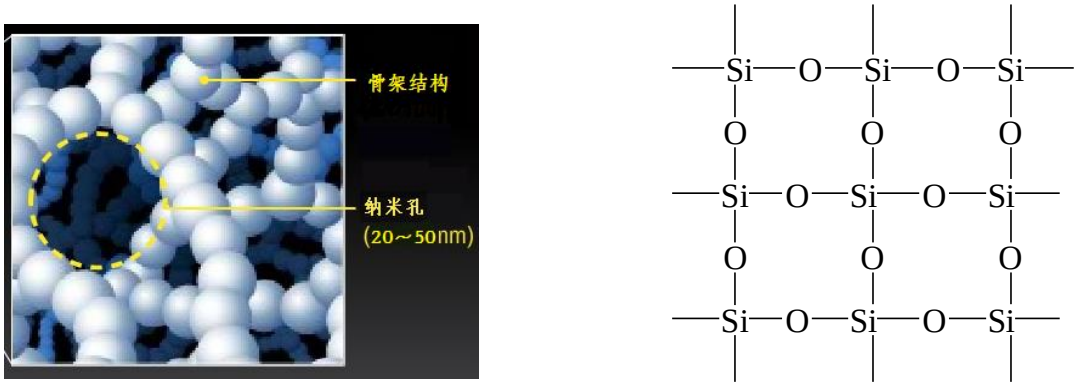


图 1 气凝胶超级绝热保温材料的立体结构图和分子结构图

五、主要技术指标

1.颜色：白色、黄色-黄褐色、黑色；

2.厚度：3、6、8、10 mm；

3.尺寸：宽 1440mm，长 20-100m；

4.导热系数 0.014-0.016 W/m·K（GB/T 10295-200（8）；

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2012 年通过中国建材联合会组织的科技成果鉴定。目前，该技术已经在浮法玻璃生产线上、陶瓷生产线、油田蒸汽管道、原油贮罐的罐顶保温、光热发电高温管道保温上成功使用，节能效果明显。其中，在玻璃窑炉上使用后的散热率可下降 6%-10%。

七、典型应用案例

典型案例 1

应用单位：海南中航特玻材料有限公司

技术提供单位：常州循天节能科技有限公司

建设规模：550t/a 高档浮法玻璃生产线窑炉节能保温工程，采用了合同能源管理模式，于 2013 年 12 月 27 日-2014 年 1 月 14 日组织实施。该项目采用了钛纳硅技术为核心的组合保温技术，对窑炉的熔化部大碹、澄清部大碹、蓄热室大碹、蓄热室墙体、胸墙、小炉等部位，保温总面积 871m^2，钛纳硅超级绝热彩料使用 2613m^2。保温前单耗 2164kcal/kg 玻璃液，保温后 2096kcal/kg 玻璃液，节能率 3.14%；年节约天然气 213.2 万 m^3，节能技改投资额：310 万元，年经济效益 426 万元；年节约标煤 1948t，减排 5182tCO_2，投资回收期 10 个月。

典型案例 2

应用单位：江苏华尔润集团 6 号线

技术提供单位：常州循天节能科技有限公司

建设规模：500t/a 高档浮法玻璃生产线窑炉节能保温工程，采用了合同能源管理模式，于 2011 年 7 月 18 日-7 月 30 日组织实施。该项目采用了钛纳硅技术为核心的组合保温技术，对窑炉的熔化部大碹、澄清部大碹、蓄热室大碹、蓄热室墙体、胸墙、小炉等部位，保温总面积 897m^2，钛纳硅超级绝热彩料使用 2690m^2。保温前单耗 6480.8kJ/kg 玻璃液，保温后 6202.9kJ/kg 玻璃液，节能率 4.28%；燃料石油焦，年节约 1497t，效益 224.5 万元；年节约标煤 1751t，减排 4657 tCO_2。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，可在浮法玻璃行业推广 50 条生产线，建筑陶瓷行业推广 5000 条生产线，有色金属、钢铁等行业可推广 20%，可形成的年节能能力为 25 万 tce，年减排能力约 66 万 tCO_2/a。

111 烧结砖隧道窑辐射换热式余热利用技术

一、技术名称：烧结砖隧道窑辐射换热式余热利用技术

二、技术所属领域及适用范围： 建材行业 烧结砖瓦隧道窑生产线

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，隧道窑生产线消耗的一次能源（煤），除窑体散热、砖坯水分蒸发、烧结等必须消耗的能量外，约 40%-45%的能量是随排烟热损失和产品冷却而浪费。在这些浪费的热量（简称余热）中，采用余热干燥砖坯的方式，可利用余热的 15%，另有 25%-30%左右的余热还没有得到充分利用，采用制砖隧道窑辐射换热式余热利用技术，废弃的余热被用于发电或供汽。砖瓦企业每生产一万块（折标）的用电量平均为 350-500kWh，采用隧道窑余热利用（发电）技术后，每生产一万匹标砖可以下降到 100kWh 以下，节约二次能源；采用隧道窑余热产生蒸汽供热，每生产一万匹标砖可节约标煤 390-500kg；降低企业的生产成本，减少二氧化碳气体排放。目前该技术可实现节能量 2 万 tce/a，减排约 5 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

将隧道窑 950-200℃砖坯余热通过辐射换热式余热锅炉产生 2.45MPa、400℃蒸汽，余热锅炉利用后的 200℃以下的低温烟气余热再用于砖坯干燥，在不影响原生产工艺、不增加燃料消耗和不影响砖坯质量的前提下，实现隧道窑余热的梯级利用。产生的蒸汽直接用于生产、生活或推动汽轮机发电。

2.关键技术

（1）隧道式窑炉余热发电装置技术；

（2）隧道式窑炉余热锅炉；

（3) 超内燃烧结砖隧道窑余热锅炉；

（4）满足隧道窑生产工艺需要的分段换热技术。

3.工艺流程

该技术的工艺流程见图1。

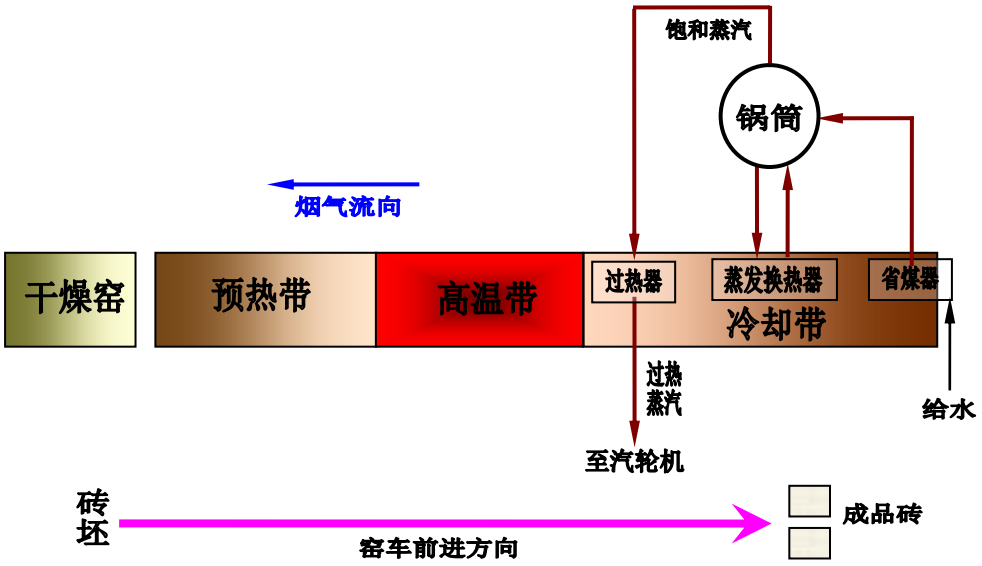


图 1 烧结砖隧道窑辐射换热式余热利用技术流程图

五、主要技术指标

1.隧道窑余热利用率：＞20%；

2.每万匹标砖产汽量：4-5t 蒸汽（参数 2.45MPa、400℃）；

3.每万匹标砖发电量:680-860kW（凝汽式汽轮发电机组）；

4.单位节能量：供汽时每万标砖 390-500kgce，发电时每万标砖 210-300kgce。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

项目技术已于 2011 年 5 月由农业部和联合国工业发展组织（UNIDO）组织工信部、国家发改委、中国砖瓦工业协会和西安墙体材料设计研究院等单位现场鉴定、验收。2012 年 6 月通过四川省科技厅组织科技成果鉴定（川科鉴字[2012] 第 514 号）。获得中国砖瓦工业协会 2012 年度“砖瓦行业技术革新”一等奖（技术开发类）、四川自贡市 2013 年度科技进步二等奖。

七、典型应用案例

典型案例 1

应用单位：吉林辽源矿业（集团）九台新型墙体材料分公司

技术提供单位：四川国立能源科技有限公司

建设规模：该公司实际年产 1.8 亿块（折标）。建设条件：利用煤矿废弃的煤矸石作为制砖原料。主要改造内容：在两条新建 6.90m 隧道窑上安装两台 4t/h（2.5MPa、400℃）隧道窑辐射换热式余热锅炉，在两条 9.20m 隧道窑上安装两台 6t/h（2.5MPa、400℃）隧道窑辐射换热式余热锅炉，安装一台 3MW 抽凝式发电机、一套 20t/h 锅炉水处理装置以及配套装置等。冬季利用汽轮机部分低压蒸汽向建材厂供暖。投资

额 2150 万元，年供电量 1690 万 kWh，每年节约 5509tce。节约电费 929.5 万元。发电量能够满足建材公司全部的用电需求。

典型案例 2

应用单位：山西聚义实业集团鑫融新型建材有限公司

技术提供单位：四川国立能源科技有限公司

建设规模：山西鑫融新型建材有限公司隧道窑余热发电项目（冬季利用部分蒸汽供暖），设计年产 1.2 亿块（折标），装机容量 1500kW，达产时平均发电功率 1100kW。建设条件：利用洗煤厂废弃的煤矸石作为制砖原料。在两条 6.90m 隧道窑上安装两台 4t/h（2.5MPa、400℃）隧道窑辐射换热式余热锅炉、一台 1.5MW 抽凝式汽轮发电机（额定电压 0.4kV）、一套 8t/h 锅炉水处理装置以及配套设施。冬季利用部分低压蒸汽向建材厂和洗煤厂供暖。节能效果及经济效益：节能技改投资额 1150 万元，年供电量 800 万 kWh，每年节约 2608tce。企业节约电费 440 万元。发电量能够满足建材公司全部的用电需求，富余电力向洗煤厂供电。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，国内有制砖生产企业近七万户，已建成 2000 多条年产量在 6000 万标砖及以上的隧道窑制砖生产线。随着国家淘汰 24 门以下轮窑生产线、年产量在 3000 万标砖以下小型砖瓦企业等政策调控的实施，同时受劳动力成本上升的影响，未来将有更多的以轮窑生产工艺为主、目前约占行业 90%的小砖厂被淘汰，取而代之的是更多的大中型现代化隧道窑制砖生产线。如果保持现有的 10000 亿（折标准砖）产量，则需 15000 条年产量达 6000 万标砖/年以上的隧道窑制砖生产线。如在砖瓦行业全面推广余热发电技术，预计未来 5 年该技术的推广率可达 10%，形成的年节能能力约为 20 万 tce，年减排能力约 52 万 tCO_2/a。

112 水泥企业用能管理优化技术之一：

新型干法水泥窑生产运行节能监控优化系统技术

一、技术名称：新型干法水泥窑生产运行节能监控优化系统技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 新型干法水泥生产线

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国新型干法水泥生产线约 1500 条以上，2010 年产量达到 18.6 亿 t，耗煤超过 3 亿 t，约占全国煤炭消耗的 8%左右。水泥窑炉控制方法，一般采用操作工人凭经验观察，根据观察结果来确定处理，难以精确控制水泥窑炉的温度和其他参数，不仅直接影响水泥熟料的质量，而且造成能源的极大浪费。目前该技术可实现节能量 8 万 tce/a，减排约 21 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

利用气体采样装置采集水泥窑炉废气，根据废气成分计算燃烧状态和能源消耗并利用专家系统提供操作指导。集成 3G、SHDSL、ZigBee 等通信技术，构建包括生产现场、中控室、数据中心和数据用户的大规模节能减排监测网络，将采样原始数据和分析结果发布到网络上；以多种形式的媒体承载信息，使企业技术和管理人员能够用计算机、掌上电脑和移动电话等各种终端装置随时、随地、随身获取所需要的最新信息，并根据这些信息调控生产工艺参数。

2.关键技术

（1）采用计算机系统分析水泥生产废气成分，判断窑炉燃烧状态，指导生产操作的节能监控技术；

（2）大规模的水泥生产节能减排监测网络技术。

3.工艺流程

该技术的系统流程见图 1。

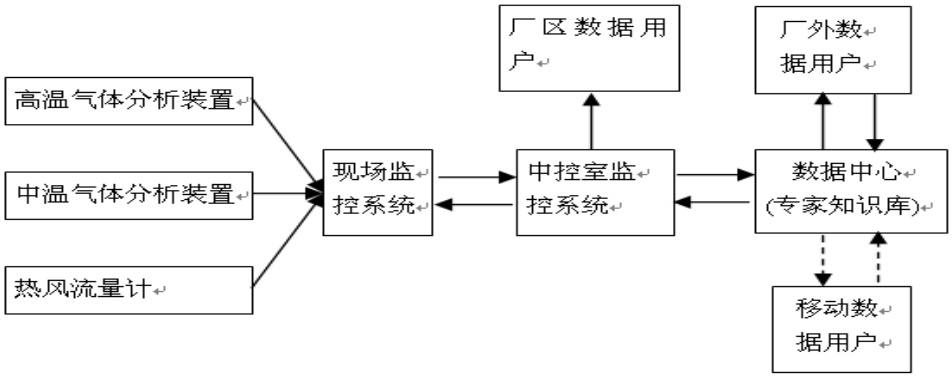


图 1 新型干法水泥生产节能监控优化系统流程图

五、主要技术指标

2500t/d 以上新型干法水泥窑熟料的平均烧成热耗可降低 70kcal/kg.cl。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2009 年取得国家专利，并获得了相关计算机软件著作权，2011 年 5 月通过了中国建筑材料联合会组织的技术鉴定。目前，该技术已先后在冀东水泥有限公司唐山一厂、唐山二厂、承德冀东水泥有限公司、承德天宝水泥有限公司等企业投入应用，使应用单位的水泥生产熟料热耗由 800kcal/kg.cl 左右，降低到到约 730kcal/kg.cl，节能效果明显。

七、典型应用案例

典型用户：冀东水泥有限公司唐山一厂、唐山二厂、承德冀东水泥有限公司、承德天宝水泥有限公司

典型案例 1

建设规模：4500t/d 新型干法水泥生产线。主要技改内容：窑尾烟室安装高温气体分析装置，预热器出口安装中温气体分析装置，现场安装数据采集器和工控机，中控室安装工控机，数据中心安装服务器。现场工控机和中控室工控机之间通过企业局域网通信，中控室和数据中心通过互联网通信，主要设备包括气体采样装置，气体分析仪、工控机（2 台），数据采集器，服务器。节能技改投资额 98 万元，建设期 1 个月。每年可节能 13500tce，年节能经济效益为 800 万元，投资回收期 2 个月。

典型案例 2

建设规模：4000t/d 新型干法水泥生产线。主要技改内容：窑尾烟室安装高温气体分析装置，预热器出口安装中温气体分析装置，现场安装数据采集器和工控机，中控室安装工控机，数据中心安装服务器。现场工控机和中控室工控机之间通过无线数传电台通信，中控室和数据中心通过无线公用网络通信，主要设备包括气体采样装置，

气体分析仪、工控机（2 台），数据采集器，服务器，ZigBee 数传电台，GPRS 数传电台等。节能技改投资额 99 万元，建设期 1 个月。每年可节能 12000tce，年节能经济效益 700 万元，投资回收期约 1.5 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术可在全国的新型干法生产线上推广达 10%，约可应用于 100 条 4000t/d 新型干法水泥生产线，形成的年节能能力可达 50 万 tce，年减排能力约 132 万 tCO_2/a。

113 水泥企业用能管理优化技术之二：

水泥企业可视化能源管理系统

一、技术名称：水泥企业可视化能源管理系统

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 水泥、建材等工业信息领域该技术可以应用于新建、改建、扩建的水泥生产企业或水泥粉磨企业，也可以在原有生产系统基础上，建设覆盖企业生产全过程的能源管理系统，打造企业能源管控中心。该技术还可以应用于其它类型的工业企业、大型公建、公共机构等用能单位。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

以 2 条 2000t/d 的水泥熟料生产线为例，应用该技术可实现节能量 2429tce/a，减排量 13774tCO_2/a。

四、技术内容

1．技术原理

水泥企业可视化能源管理系统由可视化数据采集系统、可视化能效分析系统、可视化能效考核管理系统组成。其技术核心是基于水泥生产工艺系统的可视化能效分析。通过对生产全过程各工艺、重点用能设备能耗数据的实时监测，结合生产工艺参数及产能参数，通过可视化能效分析系统进行能效分析，挖掘节能空间，制定运行改善措施；通过可视化能效考核管理系统，实现企业能源的精细化考核，以提高企业的能源利用效率及能源管理水平。

（1）对水泥企业生产全过程消耗的煤、电、水、汽等能源数据、生产自动控制系统参数及产能参数进行实时采集；

（2）通过可视化能效考核管理系统对上述数据进行加工、计算，按工艺、工序计算任意时段的产品单耗；统计各生产班组的能耗及产品单耗；

（3）找出原辅料输送系统、生料磨系统、煤磨系统、窑系统、水泥磨系统、余热发电系统的产品最低单耗，挖掘节能空间，制定运营改善措施，实现管理节能；

（4）该系统通过设定主要用能设备的运行效率标准值，对超过过低于标准值的设备运行报警；

（5）通过可视化能效分析方法对上述数据进行分析，对企业、车间、工艺、工序、生产班组（个人）及重点耗能设备/系统的能源利用效率进行考核评价，为企业提供能

源精细化管理的工具。

2．关键技术

（1）可视化数据采集技术；

（2）可视化能效分析技术；

（3）可视化能效考核管理技术

3．工艺流程

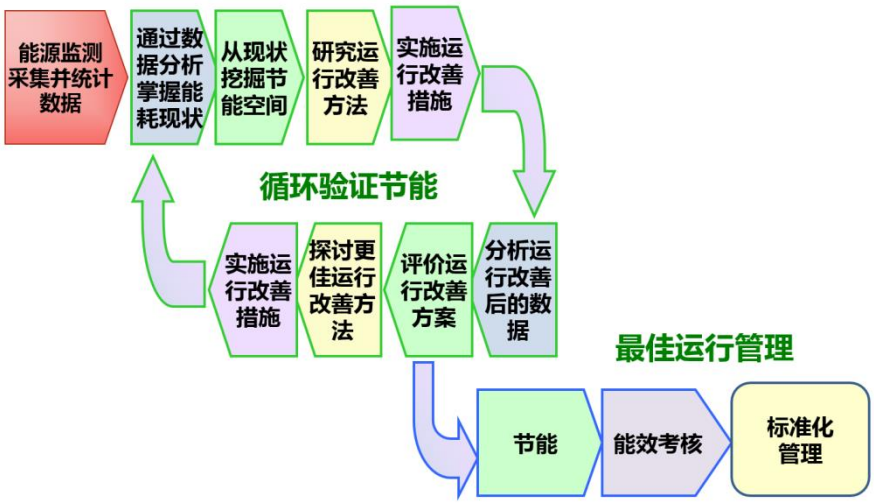


图 1 水泥企业可视化能源管理系统运行改善流程图

五、主要技术指标

主要技术指标表现在系统功能的实现上，基础功能有基础能耗数据采集、流程图展示、实时报表、报警，能耗统计。可视化能源管理系统对数据进一步分析，分析节能。典型功能如：变频器运行状态分析、设备运行状态分析、重点设备能效分析、生产工艺能效分析、节能空间管理、运行改善项目管理、节能效果管理。可视化能源管理中心的性能参数主要为以下几项：

（1）系统容量：并发用户数：提供≥50 个并发用户数；采集点数量：满足≥20000 点的实时数据采集容量。

（2）DCS 接口：DCS 与信息系统（包括能源管理系统）网络单向隔离；DCS 数据采集频率>1000 点/秒。

（3）信息系统接口：维持现有信息系统运行的独立性；信息系统数据通信延迟<1 秒。

（4）数据采集时间间隔：1 分钟、5 分钟、10 分钟、30 分钟、60 分钟。

（5）系统响应：基于 WEB 的可视化能源管理中心数据响应时间≤2 秒。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

1．技术鉴定及获奖情况

金隅集团北京市琉璃河水泥有限公司应用水泥企业可视化能源管理系统，建成企业能源管理中心平台。该项目于 2013 年 6 月 16 日被北京市发展与改革委员会列为北京市工业企业唯一一家节能减排教育示范基地。

2．目前技术应用现状及产业化发展情况

目前该技术已在北京、天津、河北、河南等进行运用，并取得良好的节能效果。

七、典型应用案例

典型案例 1

典型案例应用单位：北京市琉璃河水泥有限公司

项目名称：北京市琉璃河水泥有限公司能源管理中心建设项目

技术提供单位：北京市琉璃河水泥有限公司、北京可视化节能科技股份有限公司

建设规模：两条 2000t/d 新型干法水泥熟料生产线、2 台年产 70 万 t 和 2 台年产 100 万 t 水泥磨、1 条 6MW 和 1 条 4.5MW 纯低温余热发电系统。主要技改内容：该项目合计安装电量监测设备 259 台/套，新建光纤通信网络，开发能源管理中心软件平台，建设大屏幕显示系统，直接监测重点设备占全厂设备总数的 23%，能耗占全厂总电耗的 87%；其它设备干线监测；接入企业生产 DCS 系统，读取生产过程用煤量数据及各项产能数据等系统参数。项目总投资 672 万元，年节电量为 1976.17 万 kWh，约合 2186tce，减排 4765tCO_2。节能经济效益 1383.3 万元，投资回收期 0.99 年。

典型案例 2

典型案例应用单位：河北金隅鼎鑫水泥有限公司

项目名称：河北金隅鼎鑫水泥有限公司能效管控中心建设项目

技术提供单位：北京可视化节能科技股份有限公司

建设规模：两条 2000t/d、三条 5000 t/d 新型干法熟料水泥生产线，年产 200 万 t 的水泥粉磨站。主要技改内容：对企业原有 7 套 DCS 控制系统建立与能源管理中心通讯；将企业原有 SE-900 电网综合监控系统以 OPC 方式接入能源管理中心；对企业 100kW 以上的设备以及 100kW 以下的关键设备用电量进行监测，监测电量点位 486 个；预留企业 ERP 系统、物料计量数据系统、矿山管理系统接口；新建光纤通信网络，开发能源管理中心软件平台；项目总投资 750 万元，项目建设可视化能效管控中心，根据建设前后对比，估算 2015 年节电量为 1229.1 万 kWh。约合 3933tce，减排 8574tCO_2。

投资回收期为 1.36 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前我国有水泥企业超过 1800 家，推广比例不足 1%。预计未来 5 年内，在行业内的推广比例达到 5%，总投入 7.4 亿元，按单个项目年节能量 2400tce，年减排 14000tCO_2 估算，该技术可实现节能量 28 万 tce/a，减排量 61 万 tCO_2/a。

114 新型水泥预粉磨系统节能技术

一、技术名称：新型水泥预粉磨系统节能技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 水泥生产线

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，在国内建材、矿山等行业粉磨生产系统中，仍以球磨机作为研磨物料的主机，球磨机单机生产的能耗极高，达 35-40kWh/t，消耗大量电耗。同时，水泥生产中球磨机粉磨电耗约占水泥企业总用电量的 70%，因此粉磨系统的节能改造是水泥企业节能减排的重点环节。目前该技术可实现节能量 1 万 tce/a，减排约 3 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

基于盘辊式料层挤压粉磨比对辊式料层挤压粉磨有较大的临界钳入压力中心角，即具有较小的挤压通道收缩率，有同比较大的实际承压面，因而有较好的料层粉磨稳定性的原理，本公司对现行盘辊式料层挤压粉磨进行多项创新改造，形成多项自主知识产权的具有明显节能特色的FP粉磨系统。

2.关键技术

磨内筛分技术、动静环料层稳定技术、无动力溜子卸料技术、低能耗大型粗粉分级技术、FP 无球化粉磨综合技术。

3.工艺流程

由 FFP 磨、FPS 粗粉分级机等组合并构成 FP 节能粉磨特征的新型粉磨工艺代表性流程主要表现为下述 4 项：

1.FPP 磨半终粉磨圈流粉磨系统（图 1）；

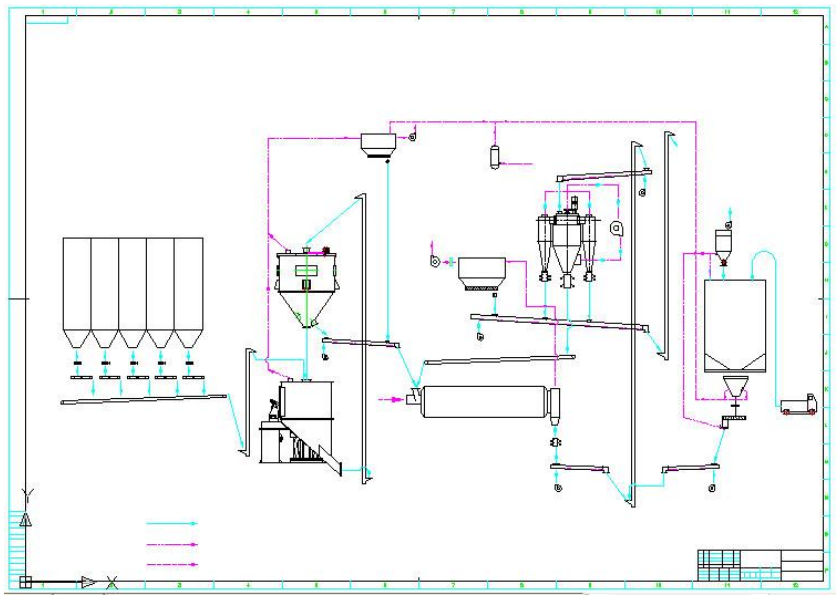


图 1

2.FPP 磨半终粉磨开流磨粉磨系统（图 2）；

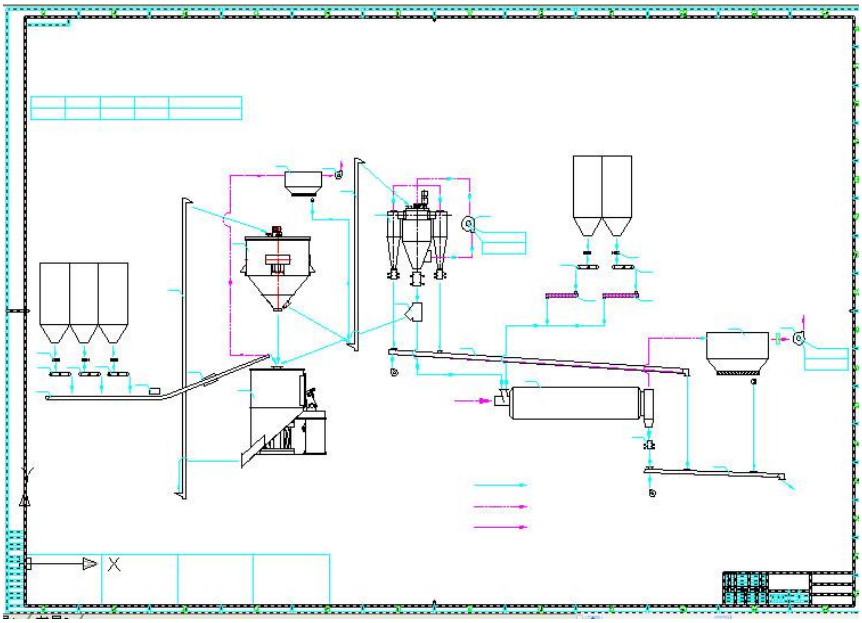


图 2

3.FPP 磨预粉磨圈流磨粉磨系统（图 3）；

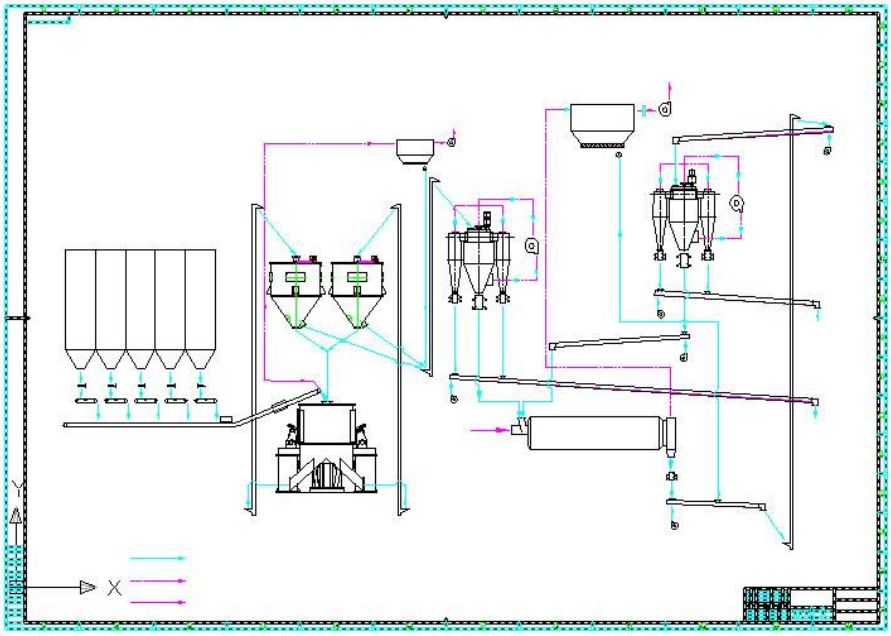


图 3

4.FPP 磨水泥终粉磨粉磨系统（图 4）

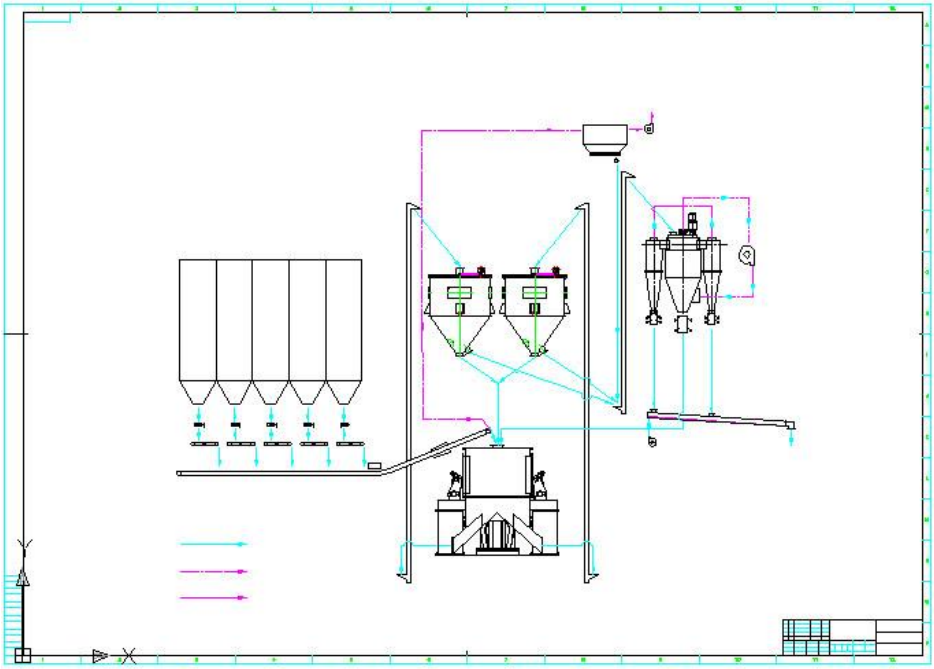


图 4

五、主要技术指标

1.以 PO42.5 水泥为例粉磨能耗为：24-27kWh/t（取 26kWh/t），其中案例中贵州省贞丰县仁都水泥有限公司的情况生产 PC32.5 水泥粉磨能耗达到：21.5kWh/t，(折算成 PO42.5 水泥粉磨能耗为：21.5*1.15=24.725kWh/t)

2.水泥粉磨能耗降低量可达： 12kWh/t 水泥以上，4.2kgce/t

3.CO_2 排放量减少量：10.5kg/t 水泥；

4.如按年产 100 万 t（140t/h）水泥产量:节电：1200 万 kWh/a， 节省标煤：4200tce/a，减排 CO_2：10500tCO_2

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

围绕 FP 盘辊式料床粉磨系统的技术革新，已获国家实用新型 17 项，发明专利 3 项。2010 年 3 月由中国建材联合会组织的专家组对“FPP 预粉磨技术与设备研发”的新产品新技术鉴定。2011 年 1 月“FPP 预粉磨技术与设备研发”被中国建筑材料联合会和中国硅酸盐学会评为建筑材料科学技术奖的科技进步三等奖；2011 年月 1 月“FPP 预粉磨系统装备”被江苏省经济和信息委员会评为江苏省优秀新产品奖；2007 年 12 月“FPP 系列磨机”被中华人民共和国科学技术部授予国家火炬计划证书；2010 年 12 月“FPP 系列磨机”被江苏省科技厅认定为高新技术产品。

七、典型应用案例

案例应用单位：贵州省贞丰县仁都水泥有限公司

技术提供单位：江苏飞鹏重型设备有限公司

建设规模：增加一台 FPP1900（功率：630kW），增加一台 FPS15 粗粉分级机（功率：7.5kW），进料提升机一台（15kW），回料提升机一 kW），空气斜槽四台（4*5.5kW），增加一台袋式除尘器（7.5kW），增加的装机容量：1054kW，技改投资额：650 万元。年节能量 4200tce，年减排量 11088tCO_2，投资回收期 6 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来5年，可在建材行业球磨系统改造领域推广10%，形成的年节能能力为8万tce；年碳减排能力22万tCO_2。

115 浮法玻璃炉窑全氧助燃装备技术

一、技术名称：浮法玻璃炉窑全氧助燃装备技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 浮法玻璃生产线

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前我国浮法玻璃生产线有 270 多条，单线产量从 300-1200t/d 不等。以熔化能力每日 600t，燃料为天然气浮法玻璃窑炉为例，日耗天然气量为 11.0×104 Nm^3，日排 CO_2 为 238t，排 SO_2 为 0.552t，排 NO_X 为 0.86t，不仅能耗偏高，也对环境造成了一定程度的污染。目前该技术可实现节能量 4 万 tce/a，减排约 11 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

浮法玻璃熔窑纯氧助燃系统包括两个方面：在投料口与 1 号小炉之间增设一对纯氧燃烧喷枪（俗称 0 号小炉），在原燃料喷枪底部加入纯氧进行助燃（俗称氧气底吹）。

0 号小炉位于窑炉投料口与 1 号小炉之间，玻璃窑炉这段区间没有火焰覆盖，既浪费玻璃熔窑熔化面积，又增加能量的消耗。0 号小炉的纯氧和燃料燃烧反应速度快，火焰辐射强，由于该位置玻璃液面被配合料覆盖，配合料黑度比玻璃液的黑度大得多，其吸热能力也比玻璃液的吸热能力强，因此传热效果更高。纯氧喷枪燃烧产生烟气量少，火焰动量小，不会将配合料粉尘吹起，相反配合料表面快速形成“釉层”，减少配合料的飞料。实践证明，高温强制熔化有利于节能降耗，提高玻璃的质量和产量。

在原燃料喷枪底部通入氧气，氧气从燃料喷枪底部加入，解决传统燃烧方式该位置燃烧缺氧的问题。高纯度氧气燃烧速度快，温度高，辐射能力强，有利于玻璃熔化、澄清和均化，因此可以减少燃料上部空气量，从而降低空间火焰温度，使温度呈梯度分布，起到保护窑炉火焰空间胸墙、大碹作用，大大延长窑炉的使用寿命，同时也大幅降低尾气中 NO_X 含量。燃料喷枪底部的氧气还可以燃烧掉对面燃料喷枪未燃尽燃料，避免燃料带入玻璃窑炉蓄热室，烧坏格子体，从而延长窑炉格子体使用寿命。

2.关键技术

（1）解决了全氧喷枪系统火焰长短和刚度调整问题，实现在不同窑体的使用；

（2）通过研发满足不同要求的配套喷嘴砖，解决了喷嘴砖材质、更换和耐碱液冲刷的问题。

3.工艺流程

技术工艺流程图见图 1，与传统燃烧方式的对比图见图 2。

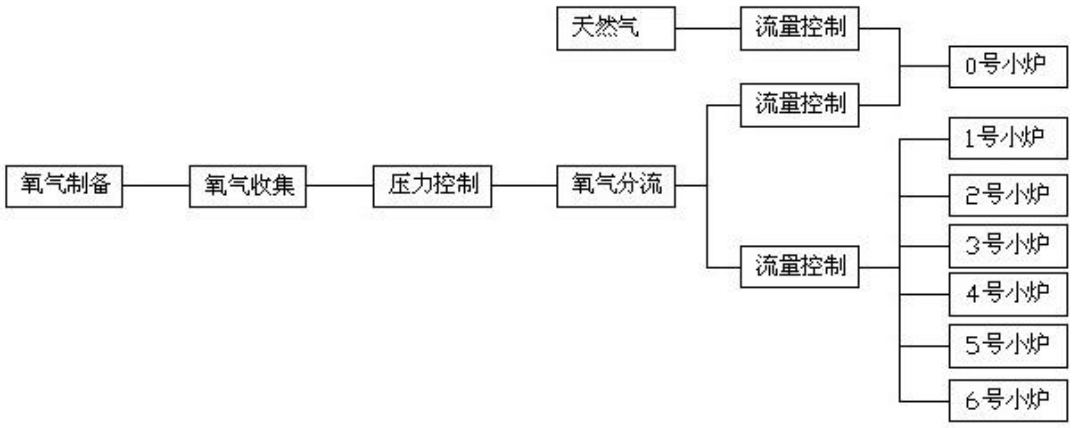


图 1 浮法玻璃纯氧燃烧工艺流程图

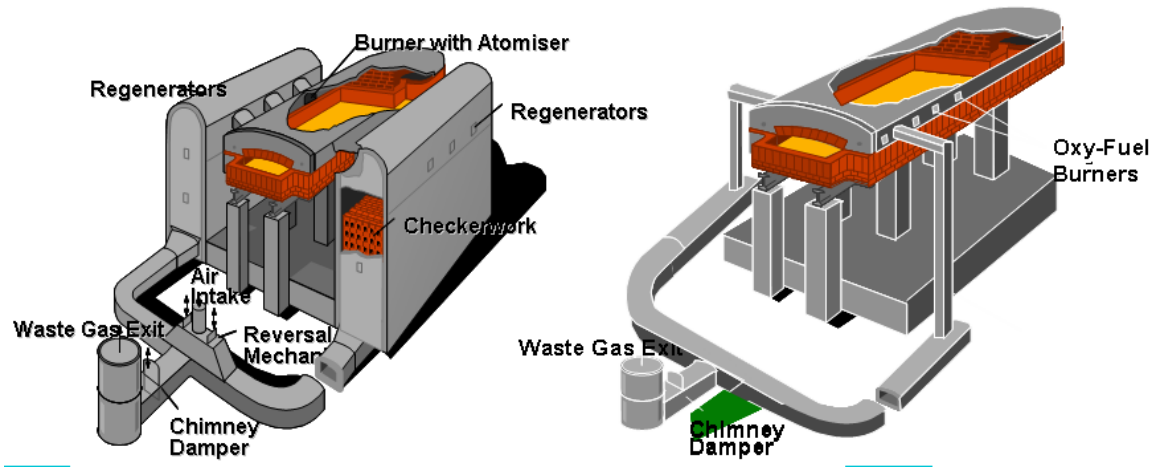


图 2 空气助燃技术与纯氧燃烧技术工艺对比图

五、主要技术指标

1.提高玻璃熔窑的拉引量 5%-10%；

2.节省燃料 3%-8%；

3.减少气泡和结石，提高成品率 0.5%-3%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2012 年获建材行业科技进步三等奖。申报专利 5 项（其中发明专利 4 项），授权专利 3 项（其中发明专利 2 项），授权软件著作权 1 项，2013 年获得国家重点新产品称号，开发了多燃料全氧喷枪系统，特种玻璃小流量全氧喷枪系统，低热值燃料全氧喷枪系统等。目前已经在国内浮法玻璃、超白光伏玻璃、玻璃纤维、高硼硅特种浮法玻璃、日用玻璃等生产线上应用，效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：山东金晶节能玻璃有限公司，江苏苏华达新材料有限公司，河北大光明集团公司，宁波康力玻璃有限公司等。

典型案例 1

案例名称：山东金晶节能玻璃有限公司玻璃生产线 0#喷枪纯氧助燃系统项目

建设规模：600t/日浮法玻璃生产线。建设条件：预留双高空分塔的制氧接口。主要技改内容：改造双高空分设备、氧气天然气主盘和流量控制盘、0#枪位置窑炉开孔。主要设备为双高空分设备、氧气燃料流量控制系统、0#氧枪及配套喷嘴砖等。技改投资额 700 万元，建设期 6 个月。年节能量 4200tce，年减排量 11090tCO_2，投资回收期约 1 年。

典型案例 2

案例名称：宁波康力玻璃有限公司浮法二线 0#喷枪纯氧助燃系统及氧气底吹助燃系统项目

建设规模：600t/日浮法玻璃生产线。建设条件：预留双高空分塔的制氧接口、0#枪和底吹氧枪位置窑炉。主要技改内容：改造双高空分设备、氧气重油主盘和流量控制盘、氧气底吹流量控制及换向系统、电气控制柜与窑炉总控制系统的衔接等。主要设备为双高空分设备、氧气燃料流量控制系统、0#氧枪及配套喷嘴砖、底吹氧枪及喷嘴砖。技改投资额 780 万元，建设期 6 个月。年节能量 4400tce，年减排量 11616tCO_2。通过该技术的应用，使窑炉的生产能力达到 700t/d，提高产量 16%，烟气中 NO_X 的排放浓度从 2200mg/Nm^3 降低到约 1500mg/Nm^3，降低

约 32%。投资回收期约 1.3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来5年，全国按20条600t浮法生产线使用该技术计算，推广比例可达10%，形成的年节能能力约13万tce，年碳减排能力34万tCO_2。

116 建筑陶瓷薄型化节能技术

大规格陶瓷薄板生产技术

一、技术名称：大规格陶瓷薄板生产技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 陶瓷工业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

陶瓷砖生产是高能耗、高污染产业，多年来一直是国家严控的产业。目前我国陶瓷行业年消耗相关原材料资源超过 2.5 亿 t，消耗煤炭超过 5000 万 t，并向环境排放大量的废气、废水、固体废弃物等。目前该技术可实现节能量 3 万 tce/a，减排约 8 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用新技术、新工艺、新方法实现陶瓷砖的薄型化生产，其厚度是传统陶瓷砖的 1/3，实现了陶瓷生产过程节约原材料资源超过 60%，整体节能超过 40%，SO_2、CO_2 等气体的排放减少近 20%-30%。

2.关键技术

大规格陶瓷薄板布料技术、液压成型技术、烧结技术、深加工技术、包装技术。

3.工艺流程

大规格陶瓷薄板的生产工艺流程图如图 1 所示。

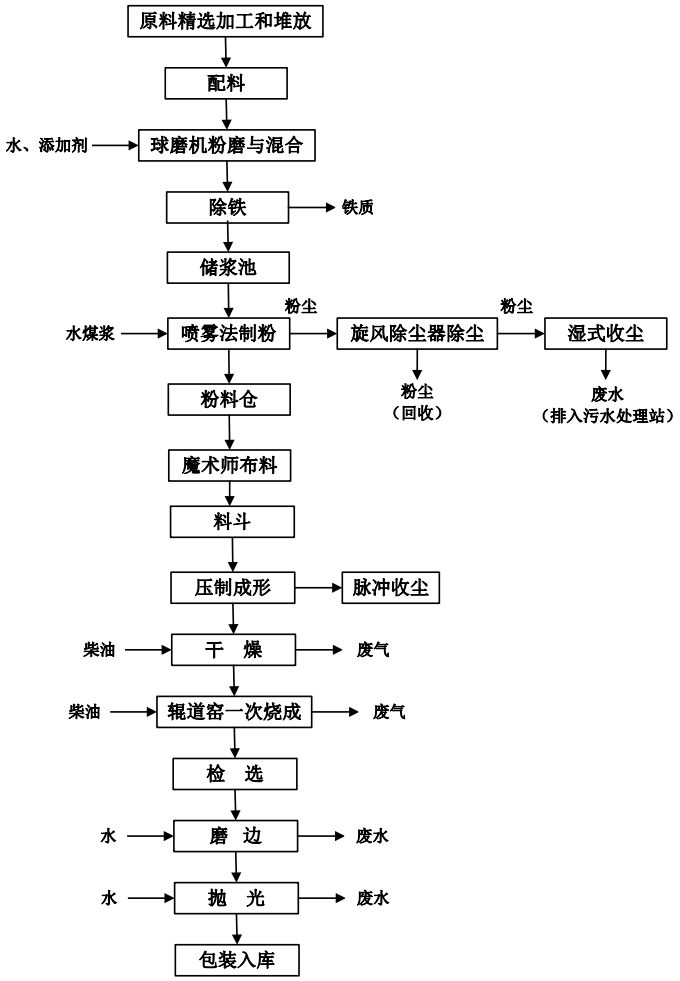


图1 大规格陶瓷薄板的生产工艺流程图

五、主要技术指标

1.装备的主要技术性能指标：

（1）陶瓷板规格：≥900mm×1800mm；

（2）瓷板厚度：3-5.5mm 可调；

（3）最高烧成温度＜1250℃；

（4）烧成周期＜60 分钟；

（5）年产量≥100 万 m^2。

2.装备所生产的产品主要技术性能指标：

（1）平均吸水率≤0.2%；

（2）破坏强度≥800N；

（3）平均断裂模数≥45MPa；

（4）耐磨性≤135mm^3；

（5）内照射指数≤0.5、外照射指数≤0.9。

各项指标均符合《陶瓷砖》国家标准规定。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术的各项核心装备已于 2012 年 12 月通过了省级科技成果鉴定，获得 15 项国家发明专利。目前，该技术已经在广东蒙娜丽莎陶瓷有限公司和山东德惠来装饰瓷板有限公司投产使用，节能减排效果明显，具有良好的社会经济效益。

七、典型应用案例

典型案例 1

案例名称：广东蒙娜丽莎陶瓷有限公司项目

技术提供单位：蒙娜丽莎集团股份有限公司

建设规模：日产量 3500m^2。建设条件: 大中型规模的陶瓷墙地砖生产企业。主要技改内容：生产线建设。使用的主要设备包括：墙地砖布料及模具系统；全自动液压压砖机；高效节能辊道窑；大规格陶瓷薄板抛光线；大规格陶瓷砖自动包装线，并配套相关的水电、能源、仓储、运输等条件。技改投资额 1500 万元，建设期 4 个月。年节能量 1962tce，年减排量 5180tCO_2，投资回收期约 1.3 年。

典型案例 2

案例名称：山东德惠来装饰瓷板有限公司项目

技术提供单位：蒙娜丽莎集团股份有限公司

建设规模：日产量 2900m^2。建设条件: 大中型规模的陶瓷墙地砖生产企业。主要技改内容：生产线建设，使用的主要设备包括：墙地砖布料及模具系统；全自动液压压砖机；高效节能辊道窑；大规格陶瓷薄板抛光线；大规格陶瓷砖自动包装线，并配套相关的水电、能源、仓储、运输等条件。技改投资额 1150 万元，建设期 3 个月。年节能量 1300tce，年减排量 3432tCO_2，投资回收期约 1.2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

大规格陶瓷薄板技术与装备的推广应用，将能大幅度降低建筑陶瓷砖能源和资源消耗，实现环境友好，使建筑陶瓷行业得到良性的发展。以我国年产90亿m^2陶瓷砖计算，预计未来5年，可在建筑陶瓷领域推广10%，形成的年节能能力约25万tce，形成年碳减排能力66万tCO_2。

超薄陶质砖生产技术

一、技术名称：超薄陶质砖生产技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 陶瓷工业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

传统陶瓷制造行业资源和能源消耗较高的领域.目前，我国年产陶瓷墙地砖 90 亿 m^2：原材料消耗约 1.08 亿 t，电耗约 200 亿 kWh，油耗 0.112 亿 t(折成柴油计算)。传统陶瓷的综合能耗为 4.747kgce/m^2；单位碳排放量为 12.6 $kgCO_2/m^2$。目前该技术可实现节能量 5 万 tce/a，减排约 13 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

增大塑性原料在陶质砖坯体配方中的用量，引入高温性能好的锂瓷石等方法，解决成型过程中生坯强度问题和产品烧成后的物理强度问题，从而将陶质砖的成品厚度减薄近一半，而不影响其产品的基本性能，达到节约资源的能源的目的。

2.关键技术

研发了超薄砖工艺配方：粘土 35%-40%，长石 25%-30%，锂瓷石 8%-13%，铝矿 5%-10%，白砂 15%-20%，并在原有传统陶瓷砖生产工艺上进行改造，实现超薄陶质砖的生产。

3.工艺流程

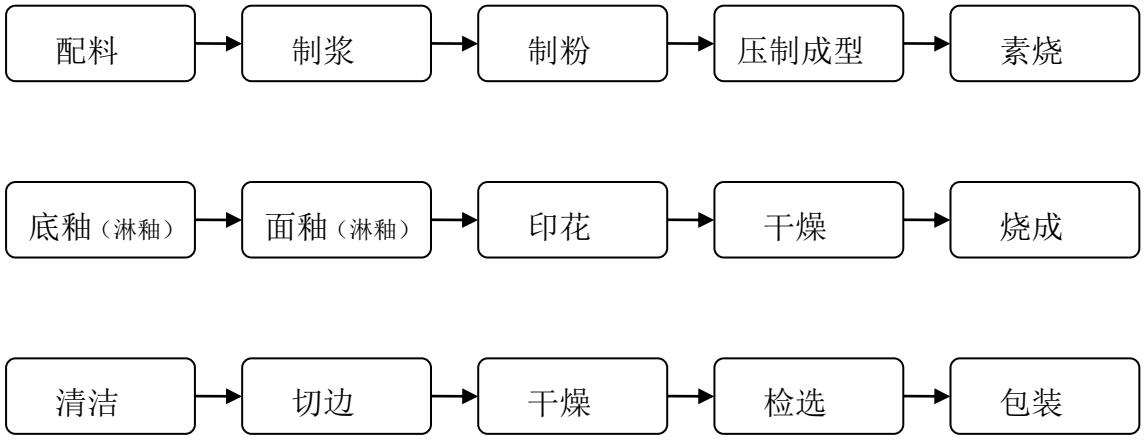


图 1 超薄陶质砖生产技术工艺流程图

五、主要技术指标

1.陶瓷砖的破坏强度 400-550N（国家标准 350N）；

2.断裂模数 21-26MPa（国家标准 15MPa)；

3.吸水率 13%-18% （国家标准大于 10%）；

4.成品砖厚度 4.5-6mm，辐射内照射指数 IRa0.2 （国家标准（1），外照射指数 IY0.4 （国家标准 1.（3），能够达到建筑陶瓷 A 类的标准。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2012 年通过四川省科技厅组织的科技成果鉴定，获得 2 项国家实用新型专利。目前已经在全国有两个案例应用，节能减排效益较好。

七、典型应用案例

典型用户：四川省鑫源陶瓷有限责任公司，白塔新联兴陶瓷集团项目等。

典型案例 1

案例名称：四川省鑫源陶瓷有限责任公司

技术提供单位：广东科达机电股份有限公司

建设规模：年产 800 万 m^2 超薄砖。建设条件:原有年产 800 万 m^2 陶质砖生产线，主要技改内容：调整生产工艺配方，改造压机成型模具、推料器、生坯砖转送平台系统，窑炉烧嘴等。技改投资额 500 万元，建设期 3 个月。年节能量 10000tce，年减排量 26400tCO_2，投资回收期约 1 年。

典型案例 2

案例名称：四川白塔新联兴陶瓷集团有限责任公司改造项目

技术提供单位：广东科达机电股份有限公司

建设规模：年产 700 万 m^2 超薄陶质砖。主要技改内容：调整生产工艺配方，改造压机成型模具、推料器、生坯砖转送平台系统，窑炉烧嘴等。技改投资额 450 万元，建设期 3 个月。年节能量 11000tce，年减排量 29040tCO_2，投资回收期约 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，全国有 1300 条左右的传统陶质砖生产线，其中 20%的生产线可进行陶质超薄化的生产，预期未来 5 年，该技术在行业内推广比例可达 20%，可形成的年节能能力约 100 万 tce，年碳减排能力为 264 万 tCO_2/a。

117 无动力防卡筛及配套骨料前端砂石同产工艺技术

一、技术名称：无动力防卡筛及配套骨料前端砂石同产工艺技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 骨料筛分与生产领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

传统筛分设备通常用于对破碎前后的骨料进行筛分，使用的均为振动型筛分设备，筛功率通常在 37-55kW，电耗较高。同时，由于传统砂石骨料生产中碎石、制砂各是一条生产线，每套生产线功率约 800-2000kW，存在耗电高、耗油高、耗水高、污染和浪费严重等问题。目前该技术可实现节能量 10 万 tce/a，减排约 26 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1. 技术原理

通过创新筛条结构和布局，利用物体重力滑落，无阻防卡，不需要消耗电能实现骨料筛分。同时，无动力筛与碎石、制砂设备配套联组，将传统的碎石、制砂两条生产线高效集约成一条生产线，部分采用开路循环提高产能，实现砂石同产，提高能效和资源利用率。

2.关键技术

（1）无动力筛分技术

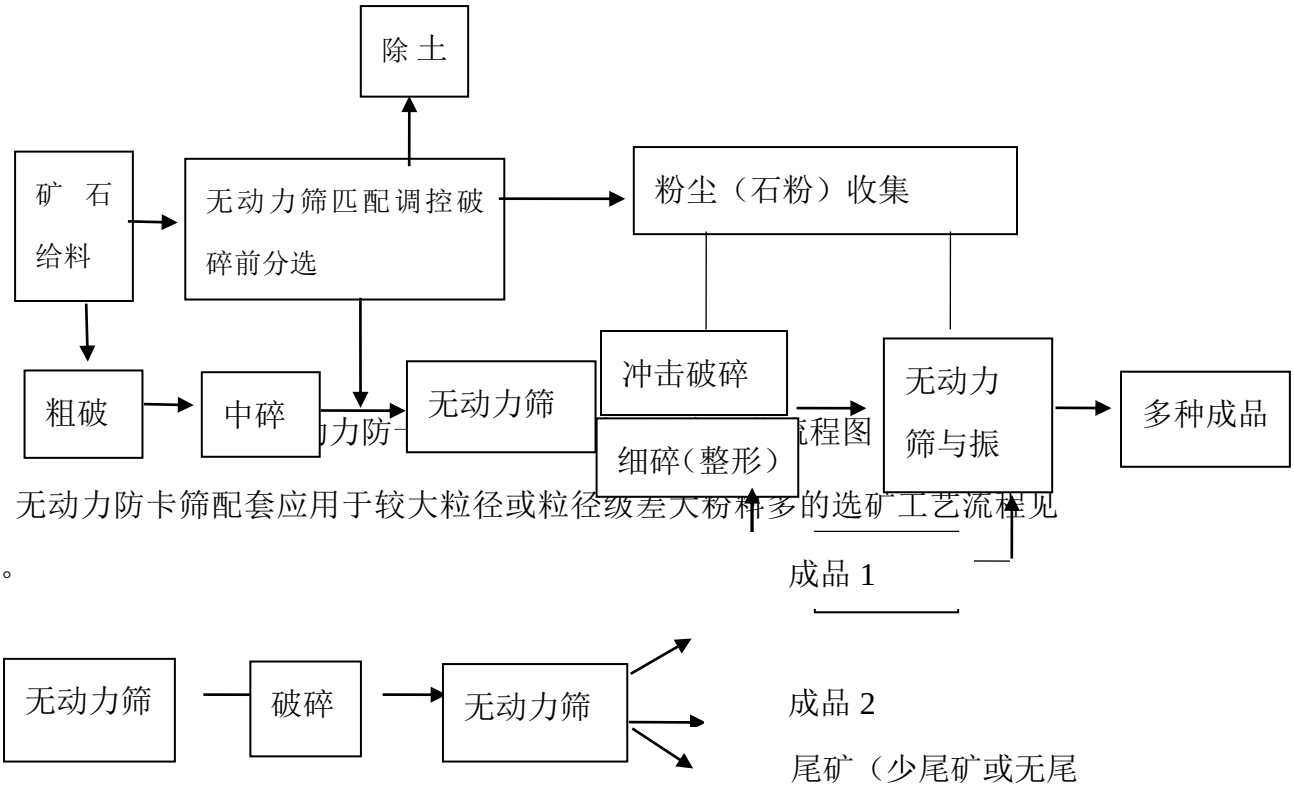
代替传统振动筛，无需用电，提高整条生产线产能，集约高效多筛少破、一层多级筛分；制砂免水洗，无尾矿，减少资源浪费，环境污染及尾矿防治从末端治理转向前端控制。代替传统振动筛，可独立应用大块骨料筛分，直选中、小块粒径骨料，尤其适用粒径极差大（传统振动网筛无法筛分）、含粉多的尾矿，配套新旧骨料生产线转型升级。

（2）砂石同产技术

无动力防卡筛配套前端砂石同产工艺，将传统碎石、制砂两条生产线集约整合为砂石同产一条生产线。

3．工艺流程

无动力防卡筛配套前端砂石同产工艺流程见图1。



无动力防卡筛配套应用于较大粒径或粒径级差大粉料多的选矿工艺流程图见图2。

图2 无动力防卡筛配套应用于较大粒径或粒径级差大粉料多的选矿工艺流程图

五、主要技术指标

1. 节电率：≧25%；

2. 减少尾矿：≧40%；

3. 提高产能：≧25%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2014 年通过中国高科技产业化研究会组织的科学技术成果鉴定，2014 年列入内蒙古推荐的装备制造业重点推广目录。目前已有多套设备成功应用于冀东发展泾阳建材有限责任公司骨料生产线、辽阳冀东恒盾矿业有限公司骨料生产线、包头市大松工贸有限公司等。

七、典型应用案例

典型用户：包头市大松工贸有限公司、冀东发展泾阳建材有限责任公司、辽阳冀东恒盾矿业有限公司。

典型案例 1

项目名称：包头市大松碎石制砂生产线节能改造项目

技术提供单位：包头市屹峰建材外加剂有限公司

建设规模：碎石产量 55 万 t /a 及砂产量 17 万 t /a 生产线。主要技改内容：应用无动力防卡筛经过对生产工艺的设计，技术改造升级为砂石同产一条生产线。主要设备为无动力防卡筛。节能技改投资额 30 万元，建设期 2 个月。每年可节能 970tce，碳减排量 2560tCO_2。年节能经济效益 363 万元，投资回收期约 3 个月。

典型案例 2：

项目名称：巴彦淖尔市无电源硅矿场无动力筛及配套生产线

技术提供单位：包头市屹峰建材外加剂有限公司

建设规模：年产 10 万 t 碎石生产线。建设条件：无电源生产环境。主要技改内容：无需增加电源，无需基础建设，只需增加两台无动力防卡筛，一台用于宕口处，一台取代传统振动筛。技改后将尾矿率从 60%降低到 20%，成品量提高到 30 万 t。节能技改投资额 25 万元，建设期 1 个月。每年可节能 835tce，年碳减排量 2204tCO_2。年节能经济效益 215 万元，投资回收期约 3 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

无动力防卡筛可广泛应用于砂石一体化、铁矿、硅矿、石灰石矿、煤矿、稀土矿、钢渣尾矿、建筑垃圾、移动车载站、废石尾矿等行业的骨料筛分或预筛分，配套新旧骨料生产线进行技改转型升级。预计未来 5 年，该技术推广比例可达到 5%，项目总投资额约 1.5 亿元。可形成年节能能力约 48 万 tce，年碳减排能力 128 万 tCO_2。

118 智能调节透反射率节能玻璃膜

一、技术名称：智能调节透反射率节能玻璃膜

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 建材、建筑、民用及商用；建筑玻璃及汽车玻璃贴膜；各类既有和新建建筑玻璃窗及汽车玻璃贴膜。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前社会总能耗 15 亿 tce，建筑能耗 6 亿 tce，其中玻璃能耗占建筑能耗比超过 30%。

四、技术内容

1．技术原理

智能调节透反射率节能玻璃膜是一种利用纳米 VO_2 功能材料的温控相变特点，实现智能调控光热透反射特性的节能材料。仅利用自然环境温度变化就能实现对太阳能的自动调控，达到冬暖夏凉效果。

2．关键技术

（1）实验室几克转化为宏量制备公斤级纳米 VO_2 粉体；

（2）纳米 VO_2 粉体及色母料均匀分散在 PET 切片中；

（3）通过双向拉伸完成功能膜基膜生产；

（4）功能膜一面硬化处理，另一面涂胶贴离型膜。

3．工艺流程

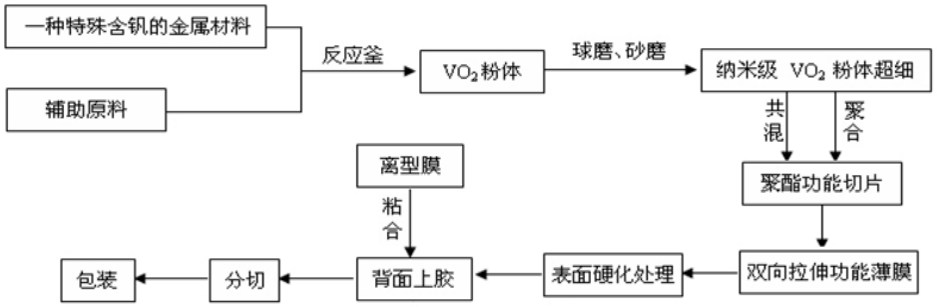


图 1 生产工艺流程图

五、主要技术指标

1. 太阳能调节率：＞25％，相变温度：20℃-40℃，紫外线透射比：＜1%；

2. 可见光透射比：夏季 53.4%；冬季 53%；

3. 可见光反射比：夏季 6.8%；冬季 7.4%；

4. 太阳能总透射比 ：夏季 56.4%；冬季 63.8%；

5. 遮阳系数：夏季 0.5；冬季 0.6。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

1．技术鉴定及获奖情况

（1）通过国家住房和城乡建设部唯一一项认定的应用于建筑玻璃节能的国家级薄膜产品科技成果。中国科学院查新为国内首创、国际先进水平。

（2）4 项发明专利：一种二氧化钒均匀分散的 PET 膜的制备方法；一种二氧化钒均匀分散的改性 PET 膜的制备方法；一种三层共挤双向拉伸功能聚酯薄膜结构；一种共挤双向拉伸功能聚酯智能调光膜及其制备方法。

（3）2 项实用新型专利：一种双向拉伸薄膜生产线横向拉伸段链夹冷却系统；一种水膜法静电吸附辅助装置。

（4）产品经国家相关专业检测部门检测所有指标均达到或超过国家标准。

2．目前技术应用现状及产业化发展情况

（1）住建部发公函至海南、广西、四川等地对产品进行推广介绍。

（2）形成一批战略合作伙伴。一批示范性项目工程：紫竹数码港、海上海大厦二期、扬子江万丽大酒店、杨浦区创智天地、上海大酒店、市政大厦（大沽路 100 号）、莘庄镇政府、瑞金宾馆等，到目前为止贴膜总面积已达：100000m^2。

（3）按照紫东公司目前 VO_2 纳米粉体的生产制备及功能切片生产能力，利用全进口德国双向拉伸聚酯薄膜生产流水线可稳定批量生产 PET 功能膜基膜 500t，按平方计算，可达 1000 万 m^2。

七、典型应用案例

典型案例 1

典型案例应用单位：上海紫竹信息数码港

项目名称：上海紫竹信息数码港玻璃幕墙贴膜项目

技术提供单位：上海紫东薄膜材料股份有限公司

建设规模：28000m^2 建筑窗玻璃及玻璃幕贴膜，投资额 450 万元。建筑室内

夏季空调节电 25%。冬季空调节电 15%，全年平均节电在 20%左右。全年的用电量减少约 200 万 kWh，节电费用约在 240 万元左右。每年可节约 640tce；减排 1395tCO_2；回收期 2 年。

典型案例 2

典型案例应用单位：上海“海上海新城”

技术提供单位：上海紫东薄膜材料股份有限公司

项目名称：上海“海上海新城”（公共区域）玻璃幕墙贴膜项目

建设规模：500m^2 建筑窗玻璃及玻璃幕贴膜，投资额 10 万元。夏季空调节电 20%，冬季空调节电 15%，全年公共区域平均节电在 17%左右，全年的用电量减少约 4.3 万 kWh 左右，节电费用约在 5 万余元左右。每年可节能为 13.76tce；减排 30tCO_2；回收期 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前该技术在行业内推广比例不足 1%，预计未来 5 年该技术的推广比例将达到 2%，预计总投入 10 亿元，形成年节能能力 11 万 tce，年减排量 24 万 tCO_2。

119 水泥熟料烧成系统优化技术

一、技术名称：水泥熟料烧成系统优化技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 水泥

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

根据 GB16780-2012 水泥单位产品能源消耗定额，可比熟料综合煤耗限定值为：现有水泥企业 112kgce/t；新建水泥企业 108kgce/t；先进水泥企业 103kgce/t。据统计，国内 4000t/d 以上生产线烧成平均热耗为 3160kJ/kg。新型干法生产线熟料烧成热耗的先进水平为 2927kJ/kg，窑系统年运转率 90%，与国际先进水平仍然有一定差距。

四、技术内容

1.技术原理

水泥熟料烧成是将生料喂入预分解系统，经预热分解进入回转窑煅烧，然后由冷却机冷却的过程。本技术是通过提高预热器、冷却机的换热效率和分解炉、回转窑内煤粉的燃烧效率以及降低废气、熟料带出热量来降低熟料烧成热耗。

该技术主要针对预分解系统、冷却机、燃烧器以及配套工艺进行研究。优化设计预热器、分解炉的结构；优化配置旋风筒、分解炉、换热管道系统，改善了燃烧及换热状况，改进了撒料装置和锁风阀，提高了换热效率，采用高效冷却机，提高了熟料冷却效率；利用旋喷结合、二次喷腾的分解炉技术，提高了分解炉容积利用率，使炉内燃烧更充分，物料分解更完全。

2.关键技术

（1）高效旋风筒技术、扩散式撒料装置、连接筒及偏心结构的高温卸料锁风阀；

（2）旋喷结合、二次喷腾的分解炉新型流场技术；

（3）高效冷却机技术；

（4）大型强涡流多通道燃烧器技术。

3.工艺流程

核心装备主要包括新型撒料装置、新型分解炉等。具体见图 1，图 2。工艺流程图见图 3。

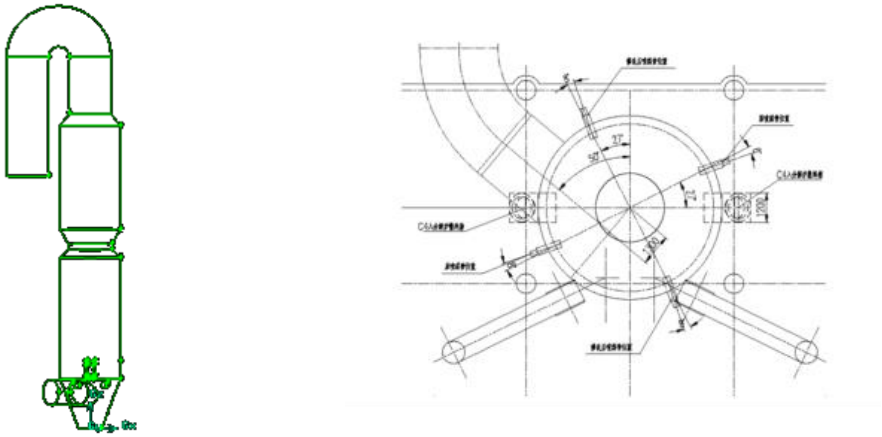


图 1 新型分解炉结构简图

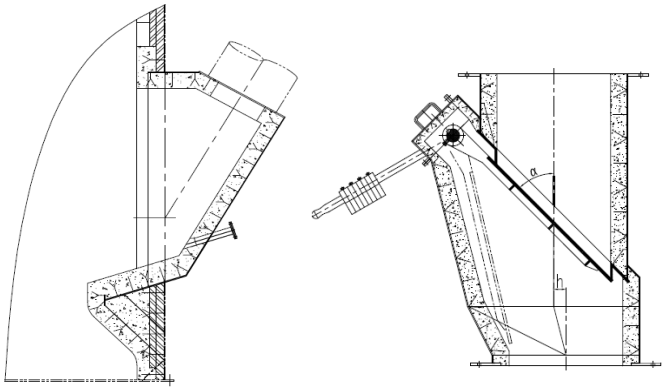


图 2 撒料装置结构简图

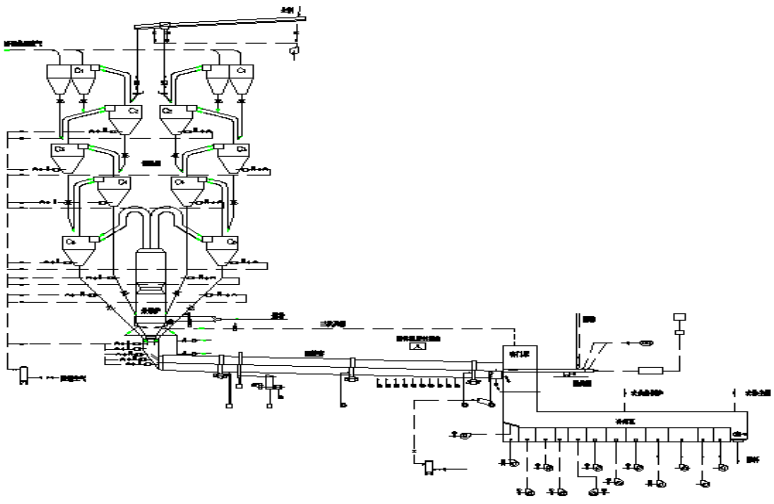


图 3 高效孰料烧成系统工艺流程图

五、主要技术指标

1. 烧成系统熟料产量 5816t/d；

2. 烧成热耗 2940kJ/kg-cl；

3. 1#旋风筒出口温度 280℃；

4. 三次风温度 1080℃，出冷却机熟料温度 93℃；

5. 冷却机热回收效率 76%，单位熟料冷却风量 1.82Nm^3/ kg-cl。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得国家实用新型专利 14 项。2011 年 12 月通过中国建材协会组织的科技成果鉴定；2012 年度获中国建材联合会中国硅酸盐学会科技进步一等奖；2013 年获安徽省科学技术二等奖。目前已在国内改造 40 余条新型干法水泥窑生产线，节能效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：宝鸡众喜金陵河水泥公司、江西玉山南方水泥有限公司

典型用户 1

案例名称：宝鸡众喜金陵河水泥公司 5000t/d 新型干法水泥生产线新建项目

技术提供单位：中建材（合肥）热工装备科技有限公司

建设规模：日产熟料 5000t 新型干法水泥窑生产线 ，建设条件：满足新型干法水泥窑建设的地质条件、原料条件等。主要技改内容：新建一条 5000t/d 生产线。主要设备：HF 型高能效预热预分解系统、第四代步进式高效冷却机、HP 型强涡流型高效节能燃烧器等。节能技改投资额 1200 万元（增量投资），建设期 18 个月。每年可节能 41468tce，减排 107816tCO_2。年节能经济效益 1500 万元，投资回收期约 10 个月。

典型用户 2

案例名称：玉山南方 2500t/d 节能降耗示范线（岩鹰线）技改工程

技术提供单位：中建材（合肥）热工装备科技有限公司

建设规模：日产熟料 2500t 新型干法水泥窑生产线。建设条件：熟料产量 3000t/d，熟料烧成热耗 3074kJ/kg-cl，C1 出口风温 300℃，烧成系统电耗 57kWh/t-cl。主要技改内容： 2500t/d 熟料烧成系统整体改造。主要设备包括预分解系统、冷却机、燃烧器等。节能技改投资额 950 万元，建设期 3 个月。每年

可节能 6600tce，减排 17792tCO_2。年节能经济效益 660 万元，投资回收期约 1.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，在水泥行业的推广比例将达到 30%，形成的年节能能力约为 240 万 tce，年碳减排能力约 630 万 tCO_2。

120 建筑陶瓷制粉系统用能优化技术

一、技术名称：建筑陶瓷制粉系统用能优化技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 卫生陶瓷/陶瓷粉料生产制备

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

陶瓷制粉是陶瓷行业重要的生产环节，也是整个陶瓷企业能耗成本、用工成本最集中的环节。据统计，陶瓷制粉阶段的用能成本约占企业用能总成本的 40%，陶瓷粉料制备技术和工艺装备的先进程度，直接关系到企业的综合竞争力和可持续发展。目前国内大部分建筑陶瓷企业采用传统的间歇式球磨和水煤浆炉作为热源的干燥工艺方式，制粉过程不连续，每处理 1t 陶瓷干粉料约消耗电能 58-80kWh，消耗原煤 75-110kg。

四、技术内容

1.技术原理

该技术根据“以破代磨、分类粉碎、连续球磨；以干代湿、集中干燥”设计原理，变间歇式球磨为连续式球磨；变水煤浆炉为微粉洁净燃煤；对传统喷雾干燥方式进行系统性改造，优化集成串联式连续球磨机技术、往复式对极永磁磁选技术、大型节能喷雾干燥塔与微煤洁净喷燃系统技术等，对陶瓷粉料生产进行集中生产、管理和配送，可以实现陶瓷粉料标准化、系列化、规范化和精细化生产输送，有效提高制粉系统的能效。

2.关键技术

（1）串联式连续球磨机及球磨工艺技术

串联式连续球磨机系统实现了陶瓷粉料的连续化生产，整套系统自动化程度高，球磨效率高、用人工少、占地面积少等，从进料到出浆只需要1.5小时。

（2）往复式对极永磁磁选技术

往复式对极永磁磁选机的磁场为两极集中磁场，磁选介质采用横向排名的介质棒，介质棒之间可以产生梯度磁场，在磁选时，矿浆为自然流动状态，在流动过程中可以让矿浆与磁介质充分接触，可有效地避免磁性矿的漏选，速度快、效

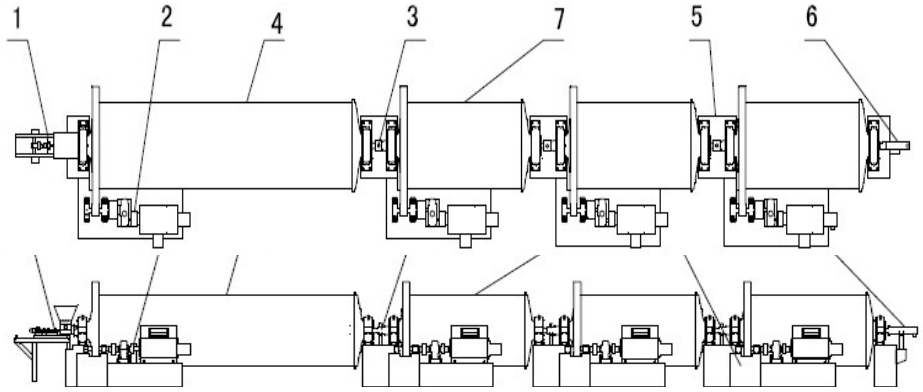
率高、有效的磁选除铁，提高了陶瓷原料的纯度和白度。

（3）大型节能喷雾干燥塔与微煤洁净喷燃系统技术

通过煤块粉碎风送一体机把细煤研磨成圆形颗粒状微粉，同时用风机输送到燃烧塔内燃烧，煤粉燃烧时不容易结块，着火速度快，比湿煤浆燃烧更充分，燃烧率高达98%以上；由于减少了蒸发水分环节，极大的减少了热损耗，显著提高了干燥效率。

3.工艺流程

串联式连续球磨系统示意图见图 1。大型节能喷雾干燥塔示意图见图 2。建筑陶瓷集中制粉工艺流程图见图 3。



1. 给料装置 2.传动装置 3.连接装置 4.一级球磨罐 5.连接装置 6. 出料装置 7.二级球磨罐

图 1 串联式连续球磨系统机组示意图

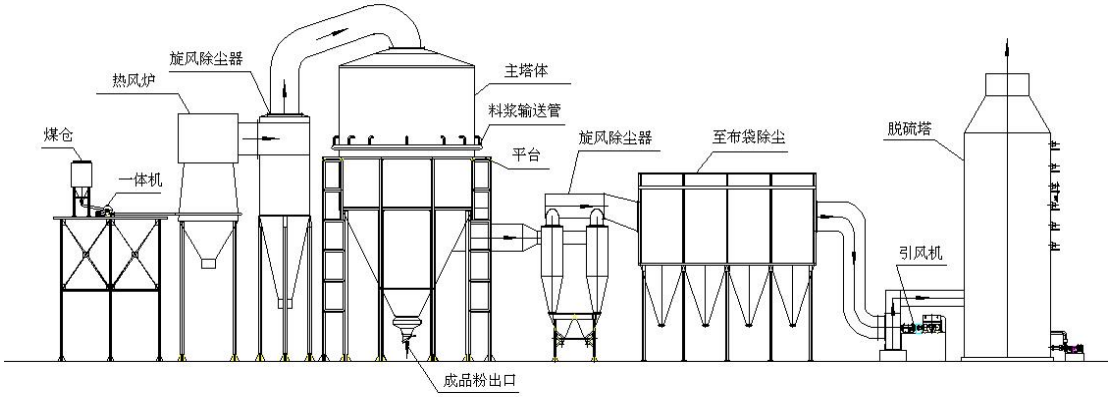


图 2 大型节能喷雾干燥塔示意图

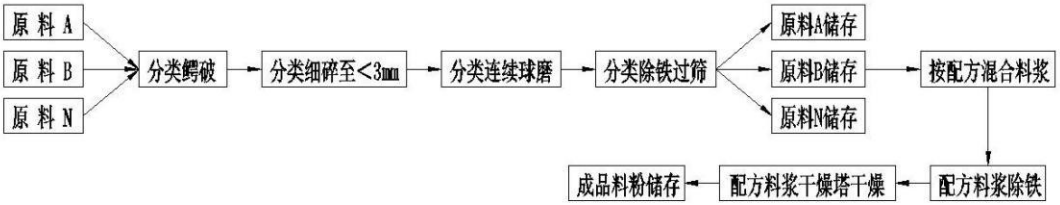


图 3 建筑陶瓷集中制粉工艺流程图

五、主要技术指标

1、陶瓷粉料球磨阶段与传统间歇式球磨机相比综合能耗降低 50%；

2、喷雾干燥阶段煤炭消耗量降低 40%-50%；

3、球磨阶段和喷雾干燥阶段综合节水 10%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得国家实用新型专利 8 项。核心技术“串联式连续球磨机及球磨工艺”于 2015 年 9 月通过淄博市科学技术局组织的科技成果鉴定。2014 年 4 月份，陶瓷集中制粉系统在淄博唯能陶瓷有限公司和淄博艾丽嘉陶瓷有限公司投产运行。此外，该技术也在山东淄博、广州佛山清远进行了应用。

七、典型应用案例

典型用户： 淄博唯能陶瓷有限公司、淄博艾丽嘉陶瓷有限公司等

典型案例 1

案例名称：淄博艾丽嘉陶瓷有限公司陶瓷粉料集中制粉项目改造

技术提供单位：淄博唯能新材料科技有限公司

建设规模：日产 1000t 陶瓷干粉料。主要技改内容：陶瓷原料车间建设和改造，包括原料输送、串联式连续球磨机系统、除铁、微煤燃烧炉、节能喷雾干燥塔、布袋尘器、脱硫塔等建设，把传统歇式球磨改造为连续式球磨；把传统水煤浆炉改造为微粉洁净喷燃热风炉，对传统喷雾干燥方式进行系统性改造。主要设备为串联式连续球磨机、大型节能喷雾干燥塔、高效微煤洁净喷燃热风炉。节能技改投资额：2500 万元，建设期 6 个月。每年可节能 17651tce，减排 46600tCO_2。年节能经济效益为 2100 万元，投资回收期约 2 年。

典型案例 2

案例名称：淄博唯能陶瓷有限公司原料厂陶瓷低碳集中制粉项目改造

技术提供单位：淄博唯能新材料科技有限公司

建设规模：日产 1200t 陶瓷干粉料。主要技改内容：陶瓷原料车间建设和改造，包括原料输送、串联式连续球磨机系统、除铁、微煤燃烧炉、节能喷雾干燥塔、大型布袋尘器、脱硫塔等，把传统歇式球磨改造为串联式连续式球磨机；把传统水煤浆炉改造为微粉洁净喷燃热风炉，对传统喷雾干燥方式进行系统性改造，大型粉料储存塔仓。主要设备为串联式连续球磨机、大型节能喷雾干燥塔、高效微煤洁净喷燃热风炉。节能技改投资额 3500 万元，建设期 8 个月。每年可节能 21344tce，减排 56349tCO_2。年节能经济效益为 2560 万元，投资回收期约 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

据统计，2014 年度中国建筑陶瓷行业产能约 102 亿 m^2，若按每平米 18kg（墙砖、地砖平均值）计算，全国需要处理的陶瓷粉料约 1.84 亿 t。采用陶瓷集中制粉技术每制造一吨干粉料可节电 33-38kWh，节煤 55kg。预计未来 5 年，该技术在全国各大陶瓷产区、陶瓷企业的推广比例达 30%，形成的年节能能力达 310 万 tce，年碳减排能力 818 万 tCO_2。

121 保温技术之一：纳米梯度结构保温材料节能技术

一、技术名称：纳米梯度结构保温材料节能技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 冶金、化工等行业适用于工业锅炉、窑炉、城市热力管道保温等领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

在我国工业领域中，热工设备使用非常广泛，如锅炉、化工反应釜、石油化工设备、陶瓷窑炉、玻璃窑炉、城市供暖管网及各种热力管道等。其中，保温材料的性能是决定这些热工设备能耗高低的重要因素之一。利用高性能保温材料对工业锅炉、窑炉等进行改造，减少热工设备的热损失，具有较大的节能潜力。

四、技术内容

1.技术原理

基于纳米颗粒的表面与界面特性，通过物理加工将不同成分的纳米微粒形成梯度结构，并进一步形成微米尺度上的颗粒团，使材料具有良好的加工特性和环境友好性。利用材料体系中的纳米颗粒和结构，显著降低热量的传导、对流和辐射，起到绝热保温的效果，从而减少工业锅炉、窑炉及管道的热损失，实现节能。

2.关键技术

（1）物理法纳米颗粒制备技术

该技术以物理方法将各种天然矿物材料破碎加工为 100nm 以下的颗粒。天然矿物的选择依据纳米梯度结构的设计，包括层状的高岭石、纤维状的硅灰石、颗粒状的白云石等。

（2）纳米梯度复合技术

将各种纳米颗粒按照结构和功能的不同，在纳米尺度上实现结构上的梯度复合，以形成具有特定性能的材料体系。首先以颗粒状的纳米矿物材料（白云石）为核心，采用专用材料复合设备，在其表面先包裹一层纤维状纳米矿物材料（硅灰石），再二次包裹一层层状纳米矿物材料（高岭石），使得纳米晶体界面上形成梯度结构，并进一步构成类似洋葱状的壳层结构，形成具有近于封闭纳米孔的纳米梯度材料体系。

3.工艺流程

纳米梯度材料制备的工艺流程见图 1。

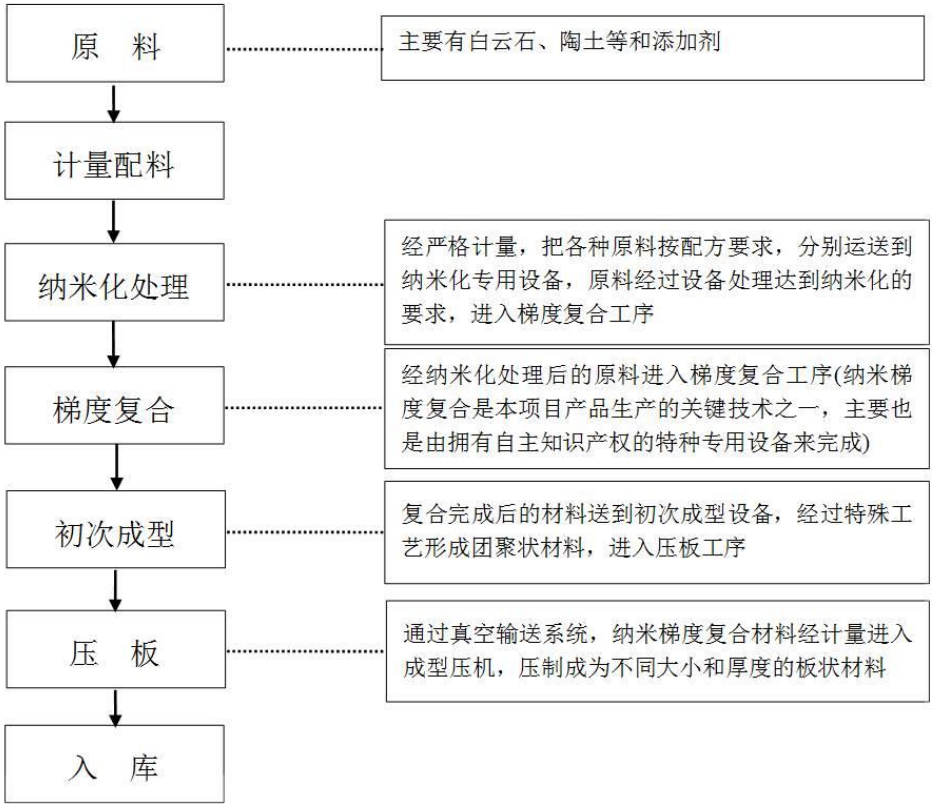


图 1 纳米梯度材料制备工艺流程图

纳米梯度保温材料在锅炉及管道使用的实物图(图中绿色所圈部分为纳米梯度材料保温板)见图 2。

（a）15 吨链条燃煤锅炉改造　　（b）530℃高温热力管道

图 2 纳米结构保温材料使用示意图

五、主要技术指标

1．25℃导热系数为 0.026W/(m•K)；

2．热面温度 200℃时，导热系数为 0.025W/(m•K)；

3．热面温度 400℃时，导热系数为 0.021W/(m•K)；

4．热面温度 600℃时，导热系数为 0.023W/(m•K)；

5．热面温度 800℃时，导热系数为 0.026W/(m•K)；

6．热面温度 1000℃时，导热系数为 0.031W/(m•K)；

7．块状样品压缩（10%）强度：>0.50MPa；

8．防火性能：A 级。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得 3 项国家发明专利。目前已在燃煤锅炉、造纸干燥机、燃油金属熔炼炉、箱式电电炉、台车式电炉、高压热力管道等领域进行应用，并已建成 300t/a 生产线，正在建设 3000t/a 生产线。

七、典型应用案例

典型用户：金湖县海新热工机械有限公司、中国中煤能源集团有限公司

典型案例 1

案例名称：金湖县海新热工机械有限公司台车式电阻炉节能改造工程

技术提供单位：北京德重节能科技有限公司

建设规模：50 台 220kW 台车式电阻炉。建设条件：对电阻炉进行节能改造。主要技改内容：利用该技术生产的新型保温板替换原炉的陶瓷纤维保温棉。主要设备为 220kW 台车式电阻炉。节能技改投资额 667 万元。建设期 1 个月。项目年节能量为 2251tce，年碳减排量为 5942tCO_2。年节能经济效益 1373 万元，投资回收期约为 6 个月。

典型案例 2

案例名称：中煤图克煤制化肥项目的高压蒸汽管道改造工程

技术提供单位：北京德重节能科技有限公司

建设规模： 38.5m 的高压蒸汽管道。建设条件：对高压蒸汽管道进行节能改造。主要技改内容：高压蒸汽管道内的保温材料更换。主要设备为高压蒸汽管道。中煤图克煤制化肥项目对该项目高压蒸汽管道进行改造投资额 5000 元，建设期 2 天。项目年节能量为 47tce，年碳减排量为 125tCO_2。年节能经济效益 9528 元，投资回收期约 6 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例将达到 30%，总投资额约 10 亿元，可形成的年节能能力 90 万 tce，年碳减排能力 238 万 tCO_2。

122 保温技术之二：陶瓷纳米纤维保温技术

一、技术名称： 陶瓷纳米纤维保温技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 工业领域管道或窑炉高(低)温工程防火隔热

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，国内高耗能行业由于表面热损产生的能耗量和碳排放量无定量统计和标准，需进一步加强工作管理。以国内炼油一次加工能力 7 亿 t 为基数，以炼厂规模均为 1000 万 t/a 计算，仅对蒸汽管网进行估算，每年由于管道保温造成的散热损失约 128 万 tce，碳排放量约 337 万 t。

现有保温材料均为隔热材料，主要有超细玻璃棉毡、陶瓷纤维毯和复合硅酸盐板等。其导热系数为 0.11-0.15w/m.k（热面温度 600℃），散热强度一般不能达到国家标准要求；保温层经济厚度为 150-250mm，保温体表面散热面积较大；由于现有保温材料结构强度方面存在缺陷，保温性能每年衰减 5%-10%；保温体表面散热损失是国际先进水平的 2.5 倍，节能潜力巨大。

四、技术内容

1.技术原理

传统保温材料是靠隔绝空气来隔热，其导热系数大于空气的导热系数。我们在民用生活中采用抽真空技术形成真空结构，从而形成绝热结构以达到理想的保温效果。

工业生产中被保温体体积巨大，形状复杂，温度变化幅度更大（-162℃-1700℃）。陶瓷纳米纤维毯是以玻璃纤维和陶瓷纤维等多种纤维为骨架，采用胶体法和超临界强化工艺将陶瓷材料制备成为纳米级材料，粒径小于40nm（空气分子团自由行程约为70nm）的陶瓷粉体占98%以上，形成真空结构，从而在工业工程领域实现了真空绝热结构，使被保温体表面散热量减少50%以上（较传统保温材料）。

陶瓷纳米纤维毯及其包裹技术采用了更为合理的密封材料，使传热垂直对流值降到最小；采用了更为科学的施工工艺，使陶瓷纳米纤维毯保温体与被保温体贴附紧密，使传热水平对流值降到最小。

2.关键技术

陶瓷纳米纤维毯及其包裹技术包括了陶瓷纳米纤维毯制备技术、配套密封材料制

备技术、与之配套的保温结构工艺包和陶瓷纳米纤维毯包裹技术。

陶瓷纳米纤维毯制备技术采用了胶体法工艺和超临界工艺，使陶瓷材料形成真空结构；密封材料制备技术采用高分子材料和有机硅在光催化作用下形成致密型完整密闭保护层;保温结构工艺包根据陶瓷纳米纤维毯的绝热物性和保温体层间温度大数据，在工程中实现陶瓷纳米纤维毯的最佳经济厚度和节能效果；陶瓷纳米纤维毯包裹技术含专用工装和施工技术，使陶瓷纳米纤维毯在绝热工程中实现最优性能。

3.工艺流程

陶瓷纳米纤维毯制备工艺：

陶瓷组分溶于醇类——化学法凝胶——强化脱水——超临界物理强化。

五、主要技术指标

陶瓷纳米纤维毯技术指标制定过程中参照了 ASTM、ISO、API 和国家及石化行业等标准，详见下表。

名称	陶瓷纳米纤维毯	陶瓷纳米纤维毯
型号	RD-600	RD-1000
最高使用温	600℃	1000℃
长期使用温	450℃	850℃
永久线变化	3%（600℃×24h）	3%（1000℃×24h）
体积密度	≯200kg/m3	≯200kg/m3
含水率	≯2%	≯2%
憎水率	≮98%	≮98%
体积吸水率	≤3%	≤3%
溶出液 PH 值	7-8	7-8
氯含量	≤25PPM	≤25PPM
氧化铝含量	——	≮30%
防火等级	A1	A1
导热系数	≤0.045（600℃热面）	≤0.055（600℃热面）

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

技术鉴定及获奖情况：陶瓷纳米纤维毯及包裹技术已取得中国石油化工股份有限公司科学技术成果鉴定证书（中国石化鉴字[2016]005 号）。

目前技术应用现状及产业化发展情况：陶瓷纳米纤维毯及包裹技术已在石化行业所有高温管线部位及加热炉完成工业化应用，并获得用户较高评价。目前在石化行业内推广应用比例不足 1%，该技术已列入中石化和北京市节能低碳推广技术目录。未来除在石化行业加大技术推广力度外，还应在其他高耗能行业（如：钢铁、冶金、热电、精细化工、LNG 和城市热网等）推广，争取在 5 年内形成每年 20 亿元人民币产值的节能产业。

七、典型应用案例

典型案例 1

典型案例应用单位：中国石油化工集团北京燕山石油化工有限公司

项目名称：热力厂一热力车间至炼油一厂柴油加氢精制装置中压蒸汽管线保温节能改造

技术提供单位：合肥市嘉邦节能技术有限责任公司

建设规模：炼油一厂 260 万 t/a 柴油加氢装置采用 3.5MPa 蒸汽作为循环氢压缩机的驱动力，该管线全长约 1350m。主要技改内容：原保温结构为 250mm 厚硅酸铝棉＋镀锌铁皮。采用陶瓷纳米纤维毯及包裹技术对该管线进行改造，使用 50mm 厚陶瓷纳米纤维毯保温结构替换 250mm 厚原保温结构，该项目总投资约 350 万元人民币。该项目改造后运行正常，节约蒸汽量 8288.13t/a，折合 926tce/a，减排约 2445tCO_2/a，经济效益 127.3 万元/年，回收期 2.8 年。

典型案例 2

典型案例应用单位：中国石油天然气股份有限公司长庆石化分公司

项目名称：中石油长庆石化公司催化装置三旋至烟机烟气管线保温改造

技术提供单位：合肥市嘉邦节能技术有限责任公司

建设规模：长庆石化公司 140 万 t/a 催化装置三旋至烟机进口管线，烟气温度 650-680℃，其中竖直段直径 1524×16mm，长度 42.448m；水平直管段直径 1220×16mm，长度 12m；共计 54.448m。主要技改内容：原保温采用憎水型陶瓷纤维毯，保温效果不理想，外壁温度较高，原保温体表面平均温度与环境温度差不小于 85℃；采用 70mm 厚陶瓷纳米纤维毯保温结构后，保温体表面平均温度与环境温度差不大于 30℃；本次改造约 80 万元，由于烟机效率提高，每年多发电 336 万 kWh，折合 412.8tce/a，减碳量 601tCO_2/a，直接效益 174.72 万元/年，回收期 6 个月。

典型案例 3

案例名称：中国石化青岛石油化工有限责任公司 15000Nm³/h 制氢装置转化炉下尾管/集气管保温节能改造

案例应用单位：中国石化青岛石油化工有限责任公司

技术提供单位：合肥市嘉邦节能技术有限责任公司

青岛石化公司 15000Nm³/h 制氢装置化炉下尾管/集气管保温管线，转化气温度850℃，其中下尾管直径35mm×435m，直径129mm×108m；集气管直径219mm×23m；共计566m。原保温结构为下尾管90mm陶纤绳，集气管300mm硅酸铝棉，无法保证外壁温度低于防烫伤温度60℃，为避免高温烫伤危险，在管线外部均设置防护围挡，防止员工巡检及作业中烫伤。采用陶瓷纳米纤维毯及包裹技术对该管线进行改造，使用70mm厚陶瓷纳米纤维毯保温结构替换90/300mm厚原保温结构后，保温体表面平均温度与环境温度温差仅为26.2℃，杜绝了高温烫伤风险，保证了装置安全运行。该项目投资约90万元人民币，改造后运行正常，由于保温效果提高，由改造前消耗外部中压蒸汽1.4t/h，变成了改造后外供中压蒸汽0.7t/h；节约中压蒸汽约18396t/a，折合2055.5tce/a，减排约3350tCO_2/a，回收期7个月。

八、推广前景及节能减排潜力

未来5年，将在高耗能行业推广陶瓷纳米纤维毯及包裹技术，推广比例达10%，预计投资额约50亿元人民币，可形成节能量约132万tce/a，减排量约349万tCO_2/a。

123 智能连续式干粉砂浆生产技术

一、技术名称： 智能连续式干粉砂浆生产技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业 适用于各种普通干粉砂浆的生产

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，市场上应用的干粉砂浆生产线普遍采用称重计量、大功率搅拌机搅拌的生产方式，属于间歇式生产，实际生产能力一般只有 60t/h，每吨砂浆耗电 4kWh-8kWh，能耗巨大。而智能连续式干粉砂浆生产技术颠覆了传统的间断式生产方式，实现连续下料、搅拌及出料，并具有生产效率高、能耗小、计量准确、搅拌均匀、使用成本低、自动化程度高、无粉尘排放等诸多优点，节能效果显著，环保效益良好。

四、技术内容

1．技术原理

通过动态计量系统、三级搅拌系统及计算机控制系统，充分利用物料的自重，使用小功率电机实现连续计量、连续下料、连续搅拌、连续出料，替代传统间歇式生产方式，在保证均匀搅拌的前提下，提高产量，并显著降低电耗。

2．关键技术

（1）动态失重计量技术

通过称重传感器适时将感知的重量计量值传输给PLC控制器，通过PLC控制器对传感器传输的计量值进行相关计算，通过对输送螺旋的转速及补料螺旋的开启与关闭进行控制，保证输送螺旋在单位时间内输送设定的量粉料，从而对连续流动的粉料进行精准计量。

（2）三级搅拌混合技术

一级混合充分利用物料的自重及良好的流动性，让物料不断的快速流动混合，即集中-分散，集中-分散，再集中-再分散，实现了无动力混合。二级搅拌使用小功率电机，进行无死角快速强制搅拌。三级搅拌是强化搅拌，在一二级混合搅拌效果非常完美的基础上，通过特殊设计的螺旋进行输送与再搅拌，以保证混合率100%。

（3）智能化的控制技术

智能控制系统采用先进的触摸技术、动态模拟图、自动调整配方、故障自动报警等一系列功能，可实现单人控制整条生产线。

3．工艺流程

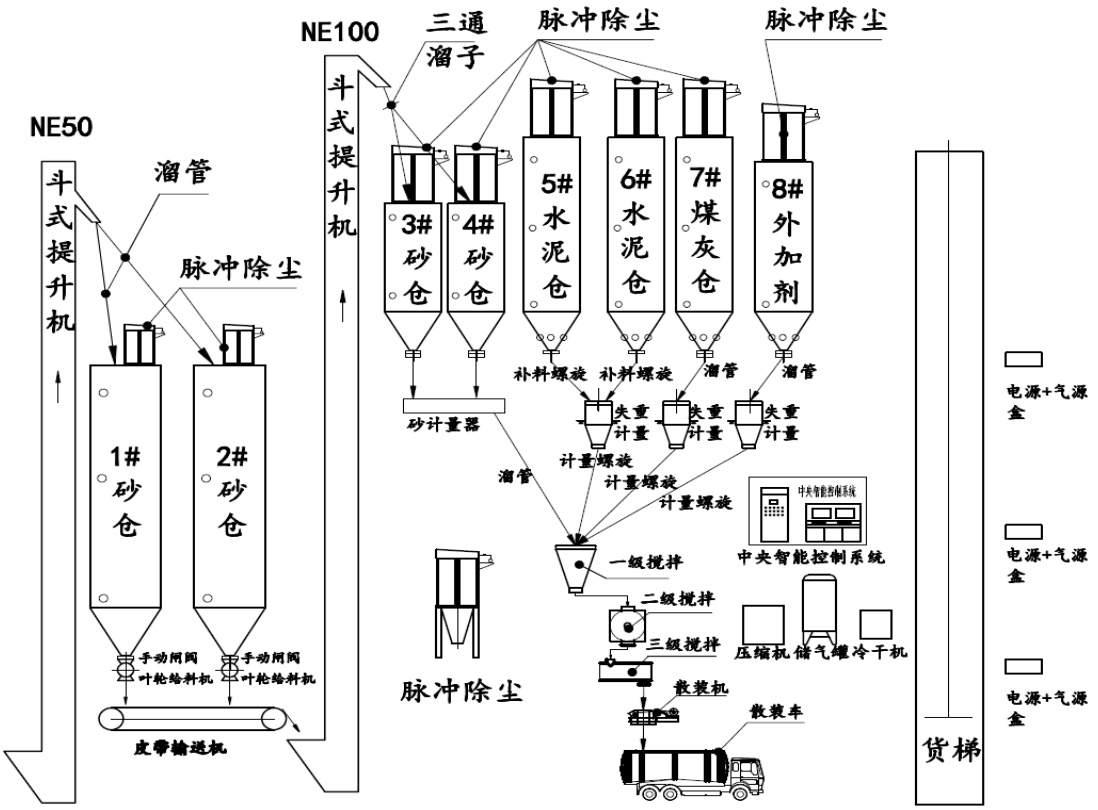


图 1 智能连续式干粉砂浆生产工艺流程图

五、主要技术指标

1．产量：≥80 t/h；

2．耗电量：＜1kWh/t；

3．混合机总功率：13.2kW；

4．骨料计量精度：±0.5％；

5．粉料计量精度：±0.5％；

6．粉尘排放标准：≤20mg/m^3。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家发明专利 5 项，实用新型专利 6 项，并于 2015 年 8 月通过江苏省新产品暨科技成果鉴定，2016 年 3 月获江苏省重点领域首套重大装备认定。目前，该技术已在江苏、浙江、河南、河北、广西等地 30 多条生产线上进行应用，节能环保效益良好。

七、典型应用案例

典型用户： 许昌金科资源再生股份有限公司、南通正锋建材科技有限公司、启东

市新联建筑材料有限公司、南通鼎固建材科技有限公司等

典型案例 1

案例名称：许昌金科年产 40 万 t 干粉砂浆生产线项目

技术提供单位：江苏晨日环保科技有限公司

建设规模：年产 40 万 t 干粉砂浆。建设条件：自然资源、原材料、燃料和动力等生产条件的供应稳定。主要技改内容：新建干粉砂浆生产线。主要设备为料仓、砂计量器、动态计量机构、三级搅拌机构、散装机、脉冲式收尘器。节能技改投资额 600 万元，建设期 3 个月。每年可节能 771tce，碳减排量 2035tCO_2。年节能经济效益为 140 万元，投资回收期约 1 年。

典型案例 2

案例名称：南通邦顺生产线项目

技术提供单位：江苏晨日环保科技有限公司

建设规模：年产 48 万 t 干粉砂浆。建设条件：自然资源、原材料、燃料和动力等生产条件的供应稳定。主要技改内容：新建干粉砂浆生产线。主要设备为料仓、砂计量器、动态计量机构、三级搅拌机构、散装机、脉冲式收尘器。节能技改投资额 750 万元，建设期 3 个月。每年可节能 925tce，碳减排量 2167tCO_2。年节能经济效益为 140 万元，投资回收期约 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

随着我国经济的快速发展，资源环境约束日益突出。因与传统的砂浆生产相比，该技术具有显著的节能环保效益，未来在干粉砂浆生产领域具有较大的发展前景。预计到 2020 年，该技术在行业内的推广比例可达 50%，项目总投资 5.5 亿元，可形成的年节能能力约 16 万 tce，碳减排能力约 39 万 tCO_2。

124 大型回转窑组合炉衬节能技术

一、技术名称： 大型回转窑组合炉衬节能技术

二、技术所属领域及适用范围：建材、有色金属等行业 适用于原料焙（煅）烧和废料（尾渣）处理的炉衬

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

回转窑是建材、有色、冶金等行业重要的加热设备，例如镍铁合金生产工艺中，含镍红土焙烧还原处理需要采用大型回转窑。该类回转窑一般直径为 4m-5.5m 以上，长度一般达到 100m-120m 左右，体型体量超过大型水泥回转窑。在生产运行中，由于砖砌炉衬中砖缝的活动和变形，会导致炉衬变形和炉砖摇摆及相互碰撞，并产生“滑差移位”，从而破坏炉衬的稳定性，使损坏炉衬，不仅加热效率大幅降低，而且使用寿命明显缩短。大型回转窑组合炉衬的寿命是传统砖砌炉衬的 3-7 倍，可大量节约耐火原料资源及其生产过程中的热能，具有有效运行周期长、检修率低、设备利用率高、成本少、环保效益好等优势，未来具有较大的推广应用潜力。

四、技术内容

1．技术原理

以高强浇注料整体炉衬取代传统分离贴靠堆砌的耐火砖炉衬，通过浇注料炉衬和外钢壳之间的空气夹层，显著降低炉衬的导热率和高温区钢外壳的表面温度，从而提高回转窑的热效率。同时，通过提高整体炉衬的强度和稳定性，延长炉衬的使用寿命，可大量减少窑衬材料的损耗及其生产能耗，降低窑体的检修率及窑体重新启动时的烘烤能耗，整体节能效果显著。

2．关键技术

（1）炉衬“滑差移位”抑制技术

由于回转窑自身运行的特点，传统回转窑的砖砌炉衬在生产运行中会发生砖与砖之间的“滑差移位”，产生相互对撞损坏；而回转窑浇注料整浇炉衬呈一个整体，在实际运行过程中可完全避免出现“滑差移位”问题。

（2）档料圈和止推梁应用技术

在回转窑浇注料整浇炉衬中建造了回转窑档料圈、止推梁等多种功能部件,相当于增加了回转窑炉衬的长度，窑内物料在档料圈上下搅拌翻滚，可提高回转窑的热效

率。

（3）金字塔式金属锚固系统技术

在回转窑浇注料整浇炉衬中，金字塔式金属锚固系统用于炉衬中低温区，用以改善和弥补中低温区炉衬硬脆的缺点；金字塔式金属锚固与砖混搭矩阵锚固用于炉衬高温区锚固，用以增加高温区的锚固强度和刚性，以弥补炉衬材料在高温区由于液相的产生使炉衬软化变形导致硬度下降的不足。

（4）高强浇注料应用技术

采用多种高强度、低蠕变、理化性能稳定的高强浇注料，使回转窑浇注料整浇炉衬这种大型现浇耐火混凝土技术成功实现理论到实践、实践到产品、产品到商品的转化。

（5）长条形连续施工工法及模具应用技术

该技术改变了传统的回转窑炉衬施工模式，使回转窑炉衬施工简单化、程序化、连续化，不需要特殊技术就能成为施工人员，有利于快速向各行业各种浇注料回转窑推广。

3．工艺流程

回转窑筒体内衬示意图见图 1。

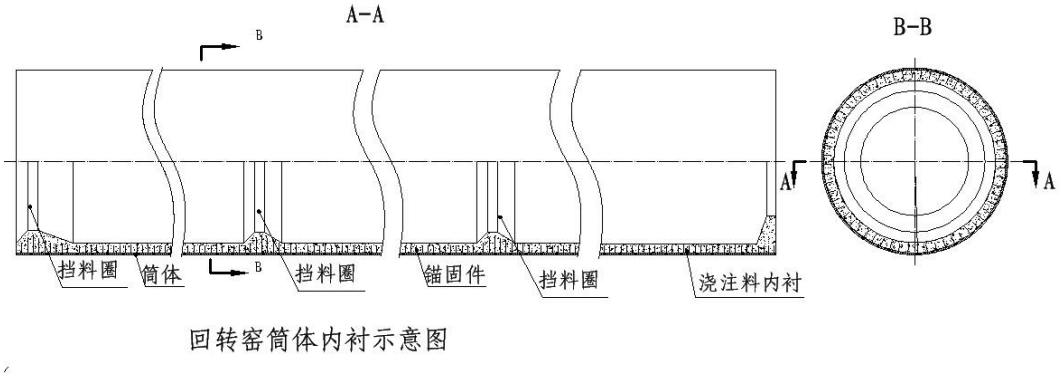


图 1 回转窑筒体内衬示意图

五、主要技术指标

1．耐火材料消耗量：相当于传统砖砌炉的 17%~25%；

2．停窑检修次数：相当于传统耐火砖回转窑的 7%；

3．回转窑高温区窑体钢外壳温度：≤230ºC。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得 9 项国家发明专利和 2 项实用新型专利，并获得国家耐火材料质量监管检验中心出具的检验报告。目前，已在 4 条红土镍矿原料焙烧回转窑、1 条有色

行业锌冶炼挥发窑、1 条石灰回转窑、1 条化工高温废渣回转窑成功应用。

七、典型应用案例

典型用户：广东阳江世纪青山镍业有限公司、广西金源镍业有限公司、山东鑫海科技服务有限公司等。

典型案例 1

项目名称：广东阳江世纪青山镍业有限公司 1#、2#回转窑建造工程

技术提供单位：洛阳市洛华粉体工程特种耐火材料有限公司

建设规模：二条 Φ4,4×100 米红土镍矿还原回转窑。建设条件：新建回转窑工程。主要建设内容：二条窑炉衬的交钥匙工程，包括炉衬设计、浇注料生产制造、锚固件生产制造安装、施工模具生产制造、排水排气系统设计安装、浇注料炉衬浇注施工、炉衬烘烤技术制定指导、窑头罩缓冲仓窑尾罩炉衬设计、供料施工安装等。主要设备：吊车 2 台、叉车 1 台、强力搅拌机 6 台、振动棒 10 套、钢模版 5t 等。节能技改投资额 1000 万元，建设期 3 个月。项目年节能量 2586tce，碳减排量 6828tCO_2 。项目年经济效益 100 万元，投资回收期约 3 年。

典型案例 2

项目名称：广西金源镍业有限公司 1#回转窑建造工程

技术提供单位：洛阳市洛华粉体工程特种耐火材料有限公司

建设规模：一条 Φ4.8×110 米红土镍矿还原回转窑。建设条件：新建回转窑工程。主要建设内容：一条窑炉衬的交钥匙工程，包括炉衬设计，浇注料生产制造、锚固件生产制造安装、施工模具生产制造、排水排气系统设计安装、浇注料炉衬浇注施工、炉衬烘烤技术制定指导、窑头罩缓冲仓窑尾罩炉衬设计、供料施工安装等。主要设备：吊车 1 台、叉车 1 台、强力搅拌机 4 台、振动棒 5 套、钢模版 4t 等。节能技改投资额 500 万元，建设期 2 个月。项目年节能量 1293tce，碳减排量 3414tCO_2。项目年经济效益 50 万元，投资回收期约 3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

回转窑组合炉衬技术可在有色、冶金、建材等行业广泛推广应用。预计到 2020 年，该技术的推广比例可达 10%，项目总投资约 15 亿元，可形成的年节能能力约 38 万 tce，年碳减排潜力约 102 万 tCO_2。

125 纳米阻燃隔热材料节能技术

一、技术名称：纳米阻燃隔热材料节能技术

二、技术所属领域及适用范围：建材、石化等行业　蒸汽输送

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

蒸汽是我国工业领域重要的二次能源，蒸汽的持续稳定供应是工业生产和建筑供暖的必要保障。为实现蒸汽的高效生产和利用通常采用能源站或电厂进行集中供应，因此蒸汽长距离输送成为工业和建筑领域能源输送的一种重要形式。目前，国内蒸汽管道保温多以岩棉作为保温材料，但由于岩棉导热率高、保温性能差，长距离输送会导致蒸汽输送效率大幅降低。纳米阻燃隔热材料是一种新型的保温隔热材料，具有热导率小、反射率高等特性，能有效降低高温蒸汽管道的散热损失，在长距离蒸汽管网应用节能效果显著。

四、技术内容

1．技术原理

纳米阻燃隔热材料节能技术采用具有抗氧化、耐腐蚀的高纯度镜面铝箔反射技术（高纯度镜面铝箔表面反射率达90%以上），能将到达材料表面的热量有效反射，大幅降低热辐射损失；将纳米五氧化二锑阻燃剂加入粘接胶水和阻燃气泡层中实现产品的绝热和阻燃功能。该技术产品**实现**高纯度镜面铝箔与纳米阻燃气泡有机结合，具有良好的隔热、保温和阻燃性能，可降低蒸汽输送过程中的热量损失。

2．关键技术

（1）复合式保温结构工艺技术；

（2）抗氧化、耐腐蚀铝箔反射技术；

（3）纳米阻燃技术。

3．工艺流程

纳米阻燃隔热材料结合长输热网专用技术以及传统保温材料（高温玻璃棉、硅酸铝棉毡）组成最佳形式的复合式保温结构，如下图所示：

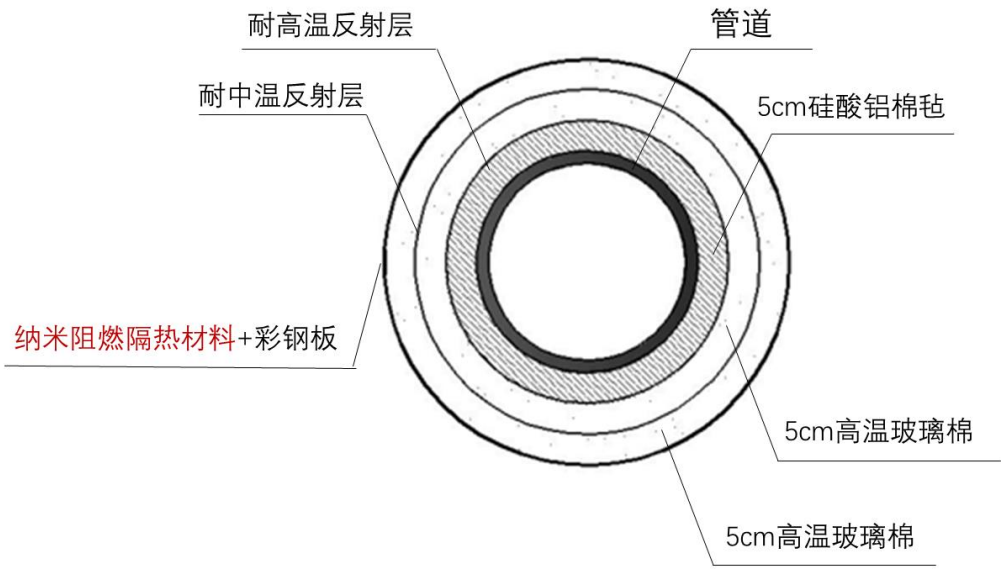


图 1　管道复合式保温结构示意图

产品最外层采用具有纳米 SiO_2 抗氧化涂层的高纯度镜面铝箔。涂上纳米 SiO_2 抗氧化涂层的高纯度镜面铝具有良好的抗氧化、耐腐蚀能力。同时将纳米五氧化二锑阻燃剂加入粘接胶水和阻燃气泡层中实现产品的阻燃功能。

五、主要技术指标

1. 管道表面温度降低 10℃左右，与环境温差在 5℃左右；

2. 导热系数＜0.037W/m·k，反射率＞90%；

3. 每公里温降由最初的 15℃~20℃降为 4℃~6℃，热网效率提升 5%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得 4 项发明专利和 35 项实用新型专利，并于 2014 年通过国家科技部成果鉴定；于 2014 年入选江苏省重点推广应用的新技术新产品目录。目前，该技术已在华电、国电等五大电力集团应用，在全国 20 多个省市建立样板工程，取得了良好的经济和社会效益。

七、典型应用案例

典型用户：盛虹集团有限公司、吴江罗森化工有限公司等

典型案例 1

项目名称：盛虹集团蒸汽管道改造项目

技术提供单位：苏州市君悦新材料科技股份有限公司

建设规模： 10km 供热管道，该管道最大供汽量 120t/h；输送蒸汽温度 290℃，压力 2.5MPa。建设条件：有长距离蒸汽输送需求。主要技改内容：蒸汽供热管道保温材料的更换。主要设备或材料：纳米阻燃反射层保温材料。节能技改投资额 52 万元，

建设期 21 个月。每年可节能 7682tce，年节能经济效益为 384 万元，投资回收期约 2 个月。

典型案例 2

项目名称：吴江罗森化工蒸汽管道保温项目

技术提供单位：苏州市君悦新材料科技股份有限公司

建设规模： 20.1km 供热管道，该管道最大供汽量 30t/h；输送蒸汽温度 290℃，压力 3MPa。建设条件：有长距离蒸汽输送需求。主要技改内容：蒸汽供热管道保温材料的更换。主要设备或材料：纳米阻燃反射层保温材料。节能技改投资额 111 万元，建设期 12 个月。每年可节能 11579tce，年节能经济效益为 580 万元，投资回收期约 5 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

预计到 2020 年，该技术的推广比例将达到 5%，项目累计投资约 1 亿元，可形成的年节能能力约为 80 万 tce，年碳减排能力达 210 万 tCO_2。

126 用于高耗能行业的集成系统诊断与优化节能技术

一、技术名称：用于高耗能行业的集成系统诊断与优化节能技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁、建材、石化、轻工等行业 节能改造和运维阶段系统诊断与优化

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

在我国高耗能工业领域，从国内生产企业经营现状看，相当数量的企业对与生产紧密相关的水、电、油、蒸汽和天然气等资源和能源消费量仍采用人工计量的方式进行统计，而且不少企业仍停留在车间级别的测量与计量，没有对每个机台和生产工序进行数据分析与运行优化，因此不能准确反映企业生产过程中的能耗、物耗、财耗等整体状况。与传统的能管系统、信息化系统等可视化技术相比，该技术综合考虑环境问题和资源效率，可为企业提供全面/全方位的节能诊断和持续优化节能改造方案，其目标是使产品在整个生命周期中，对环境影响最小，资源利用最优，能源消耗最省，生产效率最佳。目前，该技术已在全国 100 多个工业领域项目中得到应用，可实现企业单位产品能耗降低 3%~20%，其中设备或局部工艺改造节能效益可提升 5%~8%，节能效果良好。

四、技术内容

1．技术原理

基于多年行业经验积累建立的大型数据库，以特有系统性节能诊断为手段，以专有的硬件设备和系统优化策略为核心，集成多种节能技术、信息技术、自诊断分析技术和大数据挖掘技术，实现运营企业从设备、工艺管控和管理策略三方面优化和改造，并通过持续节能服务，保证运营企业生产与能效最优，全方位解决企业运维阶段的高能耗问题。

2．关键技术

（1）节能诊断分析技术

通过建立终端负荷生产运行与能耗分析模型、能源消耗量和消费结构与能源成本分析模型、过程自动调节控制与能效优化的分析模型，可实现自动输出简明的诊断分析结论与优化方案，进而优化调节设备运行参数、能耗结构，为企业安全运行、经济运行提供双重保障。

（2）三层面全方位节能技术

设备运行优化节能：设备经济运行节能调控策略，优化设备配置并实施精确控制；工艺管控优化节能：优化工艺运行参数、避免空转空待、故障预警、解决生产瓶颈；管理策略优化节能：融入先进的管理策略和方法，实施重点管理与考核。

（3）持续的节能服务

专业团队实施数据解析与节能运维，完善节能分析策略，实施闭环节能，提升能效。

（4）特定工况下硬件节能产品

变负载进相器：通过突变负载功率因数闭环控制，提升电机本体运行效率 3%-5%；大功率可并联能量回馈装置：无线均流扩容，电能质量控制，节电率 20%-30%；三相电磁平衡节电器：通过“Z 型”绕组电磁平衡技术和调零技术，平衡三相负荷并调压节能，节电率 5%-8%。

3．工艺流程

高耗能工业的工艺参数和能耗数据是实时变化的，将能耗数据、工艺参数、生产过程数据导入分析诊断模型，利用数据挖掘分析技术，形成行业节能控制方案：一方面形成新型专用节能控制调节设备和局部自动化控制装备，使设备控制与负载精确匹配节能；另一方面将大量数据导入诊断分析模型，利用各种算法和数据挖掘分析，达到智能过程控制与能效优化管理双向互动调节，实现节能。为管理和技术人员提供节能优化的决策依据，以适应生产和工艺变化，保持并持续提升节能效益。

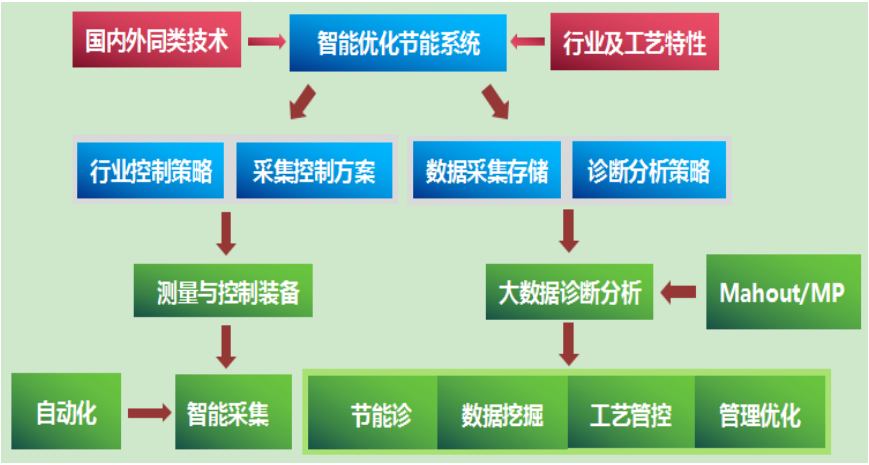


图 1 总体流程

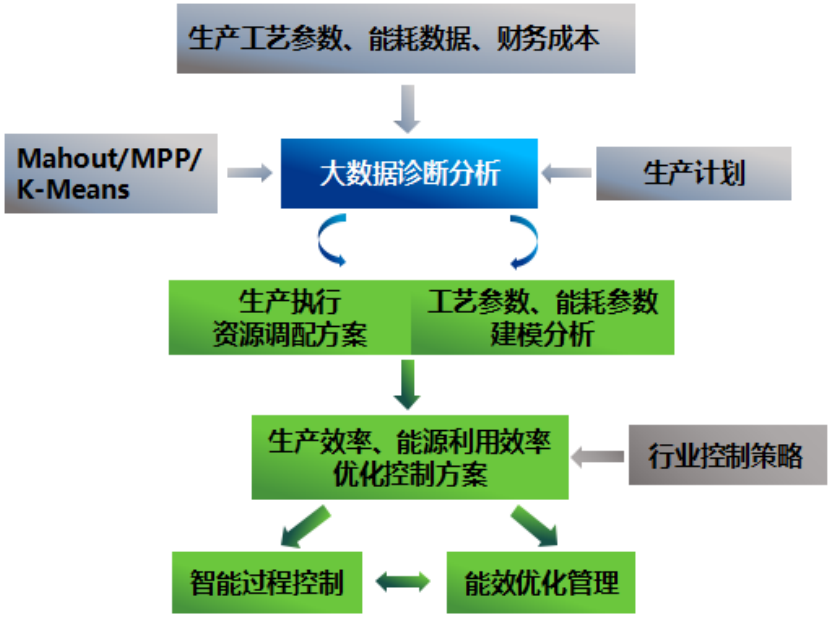


图 2 诊断分析流程

五、主要技术指标

1．能源系统总体节能效益达 3%~20%；

2．提升主要设备或局部工艺改造的节能效益 5%~8%；

3. 采集精度：监测精度误差≤0.3%，功率电能精度误差≤0.5%，AO 精度误差≤±1%，AI 精度误差≤±1%；

4．通讯误码率：无线<10^{-7}，光纤<10^{-12}，电缆 <10^{-10} 。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得国家发明专利 2 项，实用新型专利 3 项，软件著作权 3 项，并于 2013 年 10 月通过湖北省科技厅组织的科技成果鉴定。目前，该技术已在钢铁、有色、建材、木业等行业推广应用 100 多套，节能效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：中国中材（宁夏建材集团）、大冶有色、重庆东方希望、立晋钢铁、金太阳纸业、施尔佳肥业、九德木业、鼎森木业

典型案例 1

案例名称：安徽九德木业有限公司系统优化节能改造项目

技术提供单位：万洲电气股份有限公司

建设规模：10 万方中密度板生产线系统系统节能改造。建设条件：25 层热压生产线，月耗电量约 290 万 kWh，仅在锅炉和热压工段有自动化控制，设备运行管理不到位、热压工段生产不顺畅效率低，平均能耗偏高。主要技改内容：热压油泵、空压机、

热压除尘风机、锅炉鼓风机实施设备运行优化节能改造；热压工段实施工艺管控优化节能，缩短热压周期，提高生产效率；通过错峰运行、优化调整砂光机结构，平衡负载实施管理策略优化节能。主要设备为服务器 1 台、交换机 1 台、智能测控终端 81 只、通讯服务器 4 台、WDJ-D 系列电机节电器（7 台），自动化控制箱（1 台）、分析管理软件 1 套。节能技改投资额 150 万元，建设期 2 个月。通过实际表计测量和同等生产条件下单耗下降测算，每年可节能 425tce，年节能经济效益为 75 万元，投资回收期约 2 年。

典型案例 2

项目名称：重庆东方希望水泥有限公司系统优化节能改造项目

技术提供单位：万洲电气股份有限公司

建设规模：5 条设计规模为 5000t/d 的干法水泥线系统节能改造。建设条件：生产处于不饱和状态，综合能耗未达到国家水泥企业先进值，设备、工艺、管理等方面能耗漏洞较多。主要技改内容：包装空压站、水泥磨机、高温风机实施设备运行优化节能改造；群组冷却塔风机、压缩空气系统、众多主辅关联环节实施工艺管控优化节能改造；水泥磨、辊压机等实施诊断分析管理节能。主要设备为服务器 1 台、交换机 1 台、通讯服务器 13 只、智能测控终端 330 只、智能流量积算仪 24 只、WVP 系列进相器 1 台、WDJ-H 系列电机节电器 1 台、WDJ-D 系列电机节电器 4 台、自动化控制箱 1 台、分析管理软件 1 套。节能技改投资额 600 万元，建设期 5 个月。通过实际表计测量和同等生产条件下单耗下降测算，每年可节能 2200tce，年节能经济效益为 386 万元，投资回收期约 1.6 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，我国节能工程项目大多属于“交钥匙”前的设计优化和维护，且多为局部改造，“交钥匙”后仅做质保维护。该技术依托大数据诊断分析和持续节能服务平台，将节能项目延伸到“交钥匙”后的持续节能运维，充分发挥系统和各类节能措施的效益价值，具有较大的推广潜力。预计到 2020 年，该技术的市场推广比例可达 10%，总投入 3.5 亿元，可形成的年节能能力 20 万 tce，年碳减排能力约 47 万 tCO_2。

127 串联式连续球磨机及球磨工艺节能技术

一、技术名称： 串联式连续球磨机及球磨工艺节能技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑陶瓷行业陶瓷原料加工生产用设备及工艺技术领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

按照2015年全国瓷砖生产总量约101.8亿㎡，按平均每平米18kg计，仅2015年就需要约1.83亿t陶瓷原料，若每吨原料耗电65kWh，则总用电耗约91.5亿kWh，折合排放二氧化碳约686万t，折合标煤约242万t。到2022年，如果全部采用此项串联式连续球磨机及球磨工艺，其工艺节能约30%左右，可实现节能量72.6万tec/a，CO_2减排约205万tCO_2/a。

四、技术内容

1．技术原理

通过采用独创的液压辊压机预先对硬质料进行碾压破碎,破碎至3毫米以下进入球磨机，减少了硬质料在球磨机里面的时间，从而大大降低球磨的能耗；同时，针对不同的原料，采用分类处理的方式，对硬质料进行碾压粉碎，使其易磨，而泥料通过公司发明的泥料化浆机，化成泥浆之后直接进入连续球磨机细磨阶段，从而达到节能降耗的效果；同时把球磨机传统的封闭式、间歇式改为开放式、连续式，可实现持续喂料，连续出浆，避免了能耗的浪费和“过磨现象”的产生；另外，该技术采用的高压电机和齿轮传动，最大程度的提高电能转换率，减少电损耗，从而在一定程度上也达到节能效果。

2．关键技术

（1）液压对辊技术

通过发明的新型液压辊压机，把硬质料粉碎至3毫米以下，改善陶瓷原料的易磨性，从而实现陶瓷原料的细化、均化和标准化。

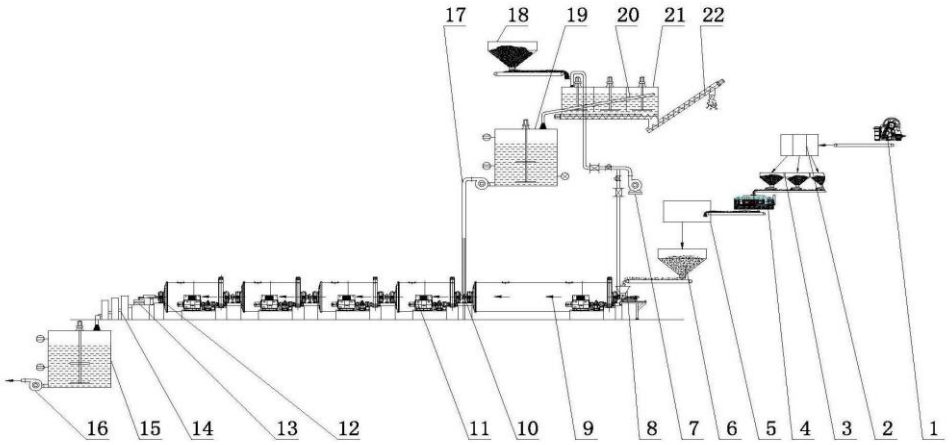
（2）泥料化浆技术

通过发明的泥料化浆机，能把泥料化成泥浆，可实现泥沙分离，同时把泥料里面的杂质提取出来。

（3）连续球磨技术

通过对球磨罐的内部设计，发明了自动给水给料装置和自动提流盘，实现了自动喂料、自动加水加球、自动出浆效果，从而在极大的降低人工成本和劳动力的同时，使得生产出来的料浆含水量和配方都比较稳定，也易于控制和调整。

3．工艺流程



1、颚式破碎机　2、原料分类堆放场　3、计重配料斗　4、液压对辊机　5、混合细料堆放场
6、喂料机　7、供水系统　8、独立给料机　9、连续球磨机　10、连续球磨机串联加料加球装置
11、连续球磨机传动装置　12、联续球磨机出料装置　13、振动筛　14、除铁器　15倒浆罐
16、倒浆泵　17、泥浆输送管　18、泥料喂料机　19、泥浆伺服罐　20、泥浆溢流管　21、化浆池
22、出渣机

图 1 串联式连续球磨工艺流程图

五、主要技术指标

1．与传统间歇式球磨机相比，综合节电30%左右；

2．单套串联式连续球磨机系统每小时可以处理40～60t原料；

3．进料粒度：＜3mm，出料粒度250目，筛余小于1.2%；

4．可实现24小时连续生产。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

串联式连续球磨机及球磨工艺技术获得国家 1 项发明专利和 5 项实用新型专利，并于 2015 年 12 月 31 日，通过中国建筑材料联合会组织的成果鉴定，鉴定结果为国际先进；2017 年 1 月 23 日，“串联式连续球磨机及球磨工艺”荣获淄博市 2016 年度“淄博市科学技术奖”技术发明奖一等奖。该技术在淄博、广东陶瓷产区已有四家陶瓷企业应用。

七、典型应用案例

典型用户：淄博唯能陶瓷有限公司，淄博艾丽嘉陶瓷有限公司，广东冠星陶瓷有

限公司，广东顺成陶瓷有限公司。

典型案例 1

案例名称：淄博唯能陶瓷有限公司

技术提供单位：山东鼎汇能科技股份有限公司

建设规模：建设一套串联式连续球磨机系统,年处理陶瓷原料 36 万 t。建设条件：公司有建设场地和电力线路。主要技改内容：建设高标准刚结构厂房、陶瓷原料破碎预处理系统、串联式连续球磨机机组及配套设施、大型地上泥浆储存罐及辅助设施。主要设备：串联式连续球磨机。节能技改投资额 1200 万元。建设期：4 个月。每年可节能 4900tce，碳减排量 12939tCO_2，年节能经济效益为 490 万元，投资回报期约 2 年。

典型案例 2

案例名称：淄博艾丽嘉陶瓷有限公司

技术提供单位：山东鼎汇能科技股份有限公司

建设规模：建设一套串联式连续球磨机系统，年处理 20 万 t 陶瓷原料。建设条件：公司厂区有建设场地和电力线路。主要技改内容：串联式连续球磨机机组及配套设施。主要设备：串联式连续球磨机。节能技改投资额 1000 万元。建设期：4 个月。每年可节能 2722tce，碳减排量 7186tCO_2,年节能经济效益为 280 万元，投资回报期约 3 年

八、推广前景及节能减排潜力

此项技术是解决我国建筑陶瓷行业原料加工领域自动化和减排增效的关键技术，是企业转型升级及节能技术改造的优选技术，具有广泛的市场空间和推广前景。预计到 2020 年有 20%的建筑陶瓷企业应用此项节能技术,可实现节能量 15 万 tec, 年碳减排潜力 38 万 tCO_2。

128 塑料动态成型加工节能技术

一、技术名称：塑料动态成型加工节能技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 主要应用于塑料制品加工领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

与传统设备相比，新设备具有物料热机械历程缩短30%左右、加工温度降低最大达20℃、加工能耗降低30%以上、混炼效果及制品性能提高、噪声降至77分贝以下、对物料适应性广等显著特点，解决了传统技术存在的能耗大、噪音大、对物料适应性窄、塑化效果及制品质量难以控制等国际上一直未能很好解决的问题。新技术使塑料成型加工原理和概念实现了由“稳态”到“动态”的变革，打破了我国引进、跟踪、低水平仿制的局面，推动了塑料成型装备产业技术进步和塑料制品加工业的可持续发展。目前该技术可实现节能量24万tce/a，减排约63万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

由于塑料导热性差，塑料熔体又具有高粘度、高弹性等特点，一般情况下在进行成型加工时需要较长的热机械历程。塑料动态成型加工技术与装备，是将振动力场引入到塑料塑化成型加工全过程，使成型加工过程中的各种物理量发生周期性变化，变传统的塑料纯剪切稳态塑化输运机理为振动剪切动态塑化输运机理，达到缩短热机械历程、降低成型加工能耗、提高加工制品质量的目的。塑料动态塑化成型加工技术与装备包括塑料动态塑化挤出设备和动态注射成型设备。

2.关键技术

（1）针对塑料挤出制品包括管材、棒材、片材、薄膜、各种异型材等高效节能加工的需要，将振动力场引入塑料塑化挤出全过程，实现了动态固体压实、动态熔融塑化和动态熔体输送等基本技术原理，变传统的“稳态”塑化挤出成型为周期性的动态塑化挤出成型，发明并研制出塑料动态塑化挤出成套技术装备。

（2）根据成型外形复杂、尺寸精确的塑料注射成型制品高效节能加工的需要，将振动力场被引入物料的塑化、注射、持压和冷却全过程，实现了动态塑化计量、动态注射、动态持压和冷却，即塑料塑化注射成型全过程均处于周期性振动状态，发明并研制出塑料动态塑化注射成套技术装备。

3.工艺流程

塑料动态成型加工的节能技术广泛用于塑料制品的生产，例如挤出类的塑料薄膜、塑料管材、塑料片材、塑料扁丝等等；注射类的塑料制品：如日常生活用的桶、盆、箱体等、电子类、光学类、手机类、五金类及玩具类产品等等。

五、主要技术指标

1.加工成型温度降低最大达20℃，能耗降低30%-60%；

2.机器噪音减少到77分贝以下；

3.塑化效果好，制品质量高：标准试样拉伸强度、弯曲强度等提高10%以上；

4.生产效率及制品精度提高：重复精度≥99%；

5.对物料的适应性广：不需要更换螺杆等硬件，即可加工所有热塑性塑料。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得国家技术发明奖二等奖、国家科学技术进步奖二等奖、中国专利发明创造金奖、中国高校科学技术进步奖一等奖、广东省科学技术进步奖特等奖、广东省科学技术奖励一等奖、教育部科技进步一等奖等。据行业协会统计，预计到 2015 年和 2020 年中国塑料制品总产量将分别达到 7500 万 t 和 12000 万 t。项目推广至 2015 年，新设备推广应用于 30％以上挤出、注射制品的生产加工，以传统常规加工装备平均单耗为 0.6kWh/kg 计算，新装备较之常规装备单耗降低 40％，当年可节电 54 亿 kWh 以上，折合消耗 142.5 万 tce 以上，折合 CO_2 排放量 376 万 t 以上。以每吨标煤 1000 元计，节能增效达 14 亿元/年。项目推广至 2020 年，新设备推广应用于 70％以上挤出、注射制品的生产加工，以传统常规加工装备平均单耗为 0.6kWh/kg 计算，新装备较之常规装备单耗降低 40％，当年可节电 201.6 亿 kWh 以上，折合消耗 532 万 tce 以上，折合 CO_2 排放量 1405 万 t 以上。以每吨标煤 1000 元计，节能增效达 53 亿元/年。

七、典型应用案例

典型案例 1

应用单位：广州一道注塑机械有限公司惠州分公司

技术提供单位：华南理工大学

节能改造情况：对广州一道注塑机械有限公司惠州分公司生产车间内的 3 台 PET 瓶胚注塑机进行了动态注射综合节能改造，在原注射缸的控制阀上加入脉动信号，将振动力场引入物料注射、持压和冷却全过程，即注射冲模全过程均处于周期性振动状态，同时利用负载感应型液压驱动与传动技术对原有的液压系统进行了改造升级。

节能效果：改造后设备投入运行稳定，现场测试各设备的制品单耗为：1 号机 0.32 kWh/kg、2 号 0.35 kWh/kg、3 号 0.33 kWh/kg，较之前分别较低了 35%、33%、40%。该项目节能量： 316.8tce/a；二氧化碳减排量 836.4 tCO_2/a。

经济效益：该项目共投资 45 万元。改造后每月节电约 10 万 kWh 电，节约电费开支 8 万多元，投资回收期 1 年。单位节能量投资额：每吨标煤 1420 元。

典型案例 2

应用单位：东莞市正新包装制品有限公司

技术提供单位：华南理工大学

节能改造情况：对东莞市正新包装制品有限公司 5 条多层共挤吹膜机组的 21 台挤出机进行了动态挤出节能改造通过在原挤出机上增加轴向振动装置，变传统的“稳态”螺杆塑化挤出为周期性的动态塑化挤出，有效降低了成型温度与电机负载。

节能效果：改造后设备投入运行稳定，现场测试各挤出机的单耗为 0.35 -0.42kWh/kg，节能降耗 38%-46%。该项目节能量：158.4tce/a；二氧化碳减排量：418.2tCO_2/a。

经济效益：该项目共投资 35 万元。改造后每月节电约 5 万 kWh 电，节约电费开支 4 万多元，投资回收期 1 年。单位节能量投资额：每吨标煤 2210 元。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 50%，总投入 6 亿元，预计节能能力 60 万 tce/a，减排能力约 158 万 tCO_2/a。

129 聚能燃烧技术

一、技术名称：聚能燃烧技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 应用于燃气灶、燃气热水器、家用采暖等家用燃气具产品与设备，以及工业制造中的工业燃烧加热工序，如锅炉制暖系统、红外线热水系统、陶瓷窑炉、熔铝炉、固碱炉、工业锅炉等。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，国家标准中家用燃气灶具的热效率只有 50%-55%，普通大气式燃气灶具的热效率仅仅高出国家标准 2%-3%，热效率较低。应用该技术可实现节能量 12 万 tce/a，减排约 32 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

在燃烧之前，燃气与空气实现全部预混，燃烧所需求的空气全部通过低压燃气的能量引射吸入到燃烧器腔体内，并经充分的混合，过剩空气系数 α=1.03-1.06，燃气-空气的混合物在金属蜂窝体中间进行燃烧。约 50-60 秒后，当板面温度上升到 800-900℃时达到平衡进行辐射传热，将燃烧所得到的热能转化为红外线，并以红外辐射传递为主的形式对锅体进行传热。聚能型锅支架设计使锅支架与金属板燃烧器的凹面结构形成一个整体聚能凹面，扩大了聚焦的效果，将热量集中在锅的底表面进行加热，将散失的热量又聚合起来反射给锅底吸收，大大减少了热量物理损失，使得热效率更高。

2.关键技术

（1）采用金属蜂窝体燃烧技术，提高热量辐射效率；

（2）采用催化燃烧材料喷涂金属蜂窝体表面，加快燃烧反应速度；

（3）采用金属蜂窝体作为发热体，增大火孔面积，提高热负荷；

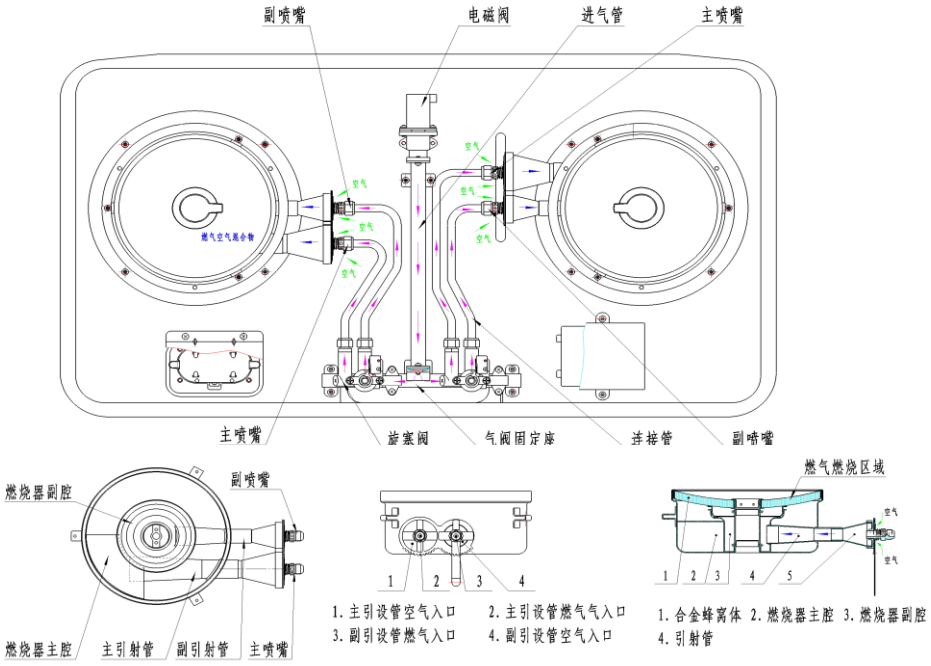
（4）采用具有聚能的护围结构，减少热量损失，提高热效率；

（5）采用多层隔热结构，降低灶具内部温度；

（6）采用双针合一点火感应结构，降低成本，减少故障率。

3.工艺流程

主要生产工艺流程如图 1 所示：



燃烧方式：全预混三元催化无焰燃烧；

热负荷：≥3.5kW；

干烟气中 CO 浓度：≤0.02%；

干烟气中 NO_X 含量：≤0.004%；

热效率： ≥79.6%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2010 年通过广东省科学技术厅成果鉴定，处于国际领先水平。目前已广泛应用于灶具制造企业，节能效果明显。

七、典型应用案例

典型用户：重庆一能公司

技术提供单位：华帝股份有限公司

建设规模：16768 台聚能燃烧型炉具系统。主要技改内容：将大气式燃烧的炉具更改为聚能燃烧的炉具，主要设备为聚能燃烧型炉具。总投资 3320 万元，建设期 1.2 年。按每台灶每天省 0.23kgce 计算，总节能量为每日 3856.64 kgce，年可取得节能经济效益 500 万元，投资回收期为 6.6 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，聚能燃烧技术可以在全行业推广到 20%，总量将达到 3720 万台，按每台聚能燃烧型灶具每年可节能 83.95kgce 测算，每年可形成总节能能力达 312 万

tce，年减排能力约 824 万 tCO_2。

130 智能高压钠灯电子节电控制系统

一、技术名称：智能高压钠灯电子节电控制系统

二、适用范围：道路照明领域，适用于机场、码头、船坞、广场、工矿企业、公园、庭院照明等范围。

三、与该节能技术相关的能耗现状

我国的城镇人口从5.62亿增长到7.49亿，城镇化率从42.97%增长到54.75%，年均增长1.18个百分点。根据预测，到2020年我国城镇化率将达到60%左右，城市照明行业将继续保持快速增长，每年消耗的电量上千亿万度，给社会能源供应带来巨大负担。如今，人们对节能环保意识不断增强，“绿色照明”理念的提出，以及科学技术的发展进步，大量高效节能的新灯具不断被使用到城市照明系统，缓解了城市照明给地方政府带来的财政压力，同时也降低了城市照明带来的能源消耗以及环保问题。但是我国城市路灯照明节能与环保方面任然存在很多不足，需要进一步研究提出有效对策。

高压钠灯作为城市照明首选，主要体现在发光效率高、寿命长、透雾能力强、光色利于夜间行车辨识度和不诱虫等，多应用于道路、机场、码头、船坞、广场、工矿企业、公园、庭院照明等，是其他光源不可替代的光源。

由于气体放电灯需电感式镇流器+触发器+电容组合才能有效工作，而电感镇流器功耗比较大，可达到灯本身消耗功率的15%以上，且功率因素低于0.5，所以可采用新型高效的设备进行替换，在使用过程中不仅具有高效节能、维修维护简单便捷、使用寿命长等特点，还可以增加功能模块，实现智能化控制。

四、技术内容

1．技术原理

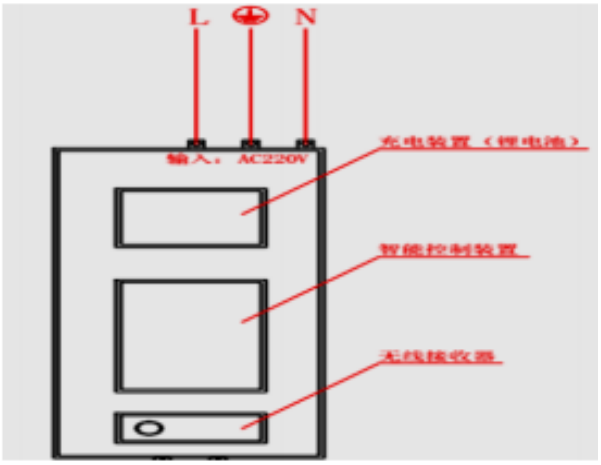
智能高压钠灯电子节电控制系统，以电子镇流器为载体、加入智能控制装置、充电装置、锂电池、无线接收器、NAND FLASH智能存储芯片，存储单元、USB接口、软件系统组成。采用A级电子元器件，保持恒流恒压的工作模式。形成一套新型智能高压钠灯电子节电控制系统，具有智能控制功能，远程通讯、策略本地单灯存储功能，远程开关、调光控制功能等，彻底解决传统路灯照明工作模式，

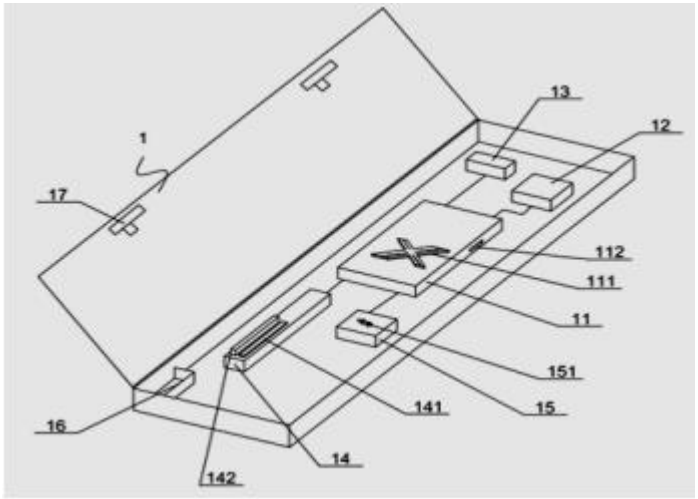
人工巡查等机械作业方式。

2．关键技术

（1）组成与结构

系统由高压钠灯电子镇流器和智能智控器组成，其结构如图1所示。智能控制器与高压钠灯电子镇流器嵌入式设计，智能控制器主要与150W、250W、400W电子镇流器匹配，主要硬件配置为智能控制装置、充电装置、锂电池、无线接收器、NAND FLASH智能存储芯片，存储单元、USB接口、软件系统组成。采用A级电子元器件，元器件之间由传感器相连。





智能控制器 1；控制主体 11；NAND FLASH 智能储存芯片 111；通用串联总线接口 112；信息储存器 12；无线信号收发器 13；储能器 14；电能收集器 141；电能释放器 142；故障预警器 15；过载保护器 151；干燥剂放置槽 16；指纹锁 17

①存储芯片——内置（日期、时间、启动设置）按命令要求自动控制。记录整套灯具运行状况，自动接收信息、存储分析信息、并执行发送命令至硬件设备，使各个硬件设备按照命令要求各自独立运行，保障整套灯具正常工作。通过通讯

接收或USB接口随时可以提取/下载存储内容，以便分析灯具状况以及各硬件参数，辅助工作人员对硬件状况监测分析，及时对发生故障问题反馈至移动端。

②传感器——连接各个电路元器件，将信号传输至NAND FLASH存储芯片。

③无线接收器——通过无线网或4G网或蓝牙接收信号、发送信号。

④锂电池——充电、储电，为存储芯片20H供电。

⑤USB接口——移动端设备连接。

（2）电子镇流器智能控制技术

集微处理器智能调控和创新设计为一体，提高功率因素。采用由可编程微控器控制，预留数字信号接口，可与无线通讯技术相连接，实现远程控制，并使用高性能APFC电路设计，电路损耗、器件损坏率极大降低，使其安全可靠性大大提高。

（3）独立本地策略预设

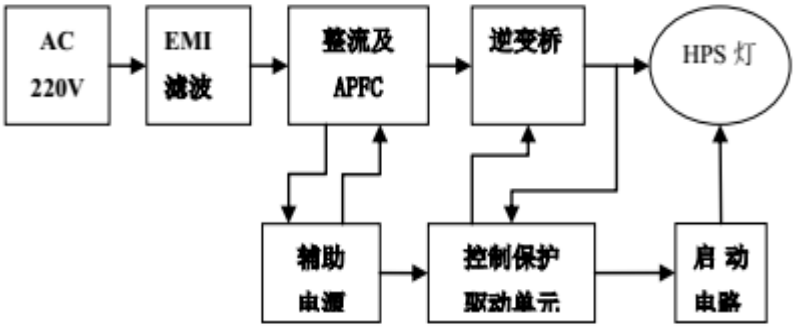
通过NAND FLASH芯片记录原始启动策略，在不发生重大策略变化的情况下，按照预设的节能策略进行稳定运行，对远程控制不存在完全依赖关系，具有较强的节能和独立运行的可靠性，在该预设照明策略效果无法满足需求时，可以通过集中控制器或无线网关与电子镇流器中集成的无线收发模块进行通讯下发，更新后的策略存储于NAND FLASH芯片，在关灯断电状态下NAND FLASH芯片也能保持通讯，由NAND FLASH电池给予供电，在通电状态下NAND FLASH电池得到充电补给。

（4）现场维修无线检测

故障书籍包括设备编号、地址属性、故障原因、时间等，现场维修人员在地面通过无线终端（带网关的笔记本电脑或无线PDA）可以现场调试，更新策略，故障对应检修，维修后检测是否解决故障。

3、工艺流程

设备原理图



五、主要技术指标

1、宽电压输入，交流输入电压，AC170—265V 范围内均可正常工作，适应不同地方电网波动要求。

2、恒功率输出，无论电网电压怎么变化，均保持恒定的输出功率，保持功率不变、灯亮度不变。

3、高功率因素、低谐波含量，产品输入电路采用高效有源功率因素校正电路，使功率因素≥0.99，灯电流系数 CF≤1.7，有效降低电网峰值电流，大大降低电网电流谐波含量，符合国家低谐波含量要求，谐波含量≤10%。

4、快递启动采用单片机控制电子启辉电路，启辉时间≤0.5S。

5、全保护电路，产品具有输入过压、防雷保护、输出开路、短路及异常状态保护。

六、技术应用情况

该技术获得国家实用新型专利一项，并于 2016 年通过中国轻工业联合会组织的成果鉴定，于 2017 年入选中国照明学会办法的中照创新奖，同时入选 2017 北京新技术新产品，入选 2017 京津冀节能低碳产品推广目录。2013 年首先在武汉经济开发区庙山开发区项目进行应用。截至目前，该技术已在 21 个节能改造中进行应用。

七、典型用户及投资效益

典型用户：武汉市庙山开发区、武汉市蔡甸区、武汉市新洲区等。

典型案例一：

案例名称：武汉庙山开发区路灯改造项目

技术提供单位：北京光宇锦业节能科技有限公司

建设规模：路灯改造数量 2901 盏。

建设条件：在项目进行节能改造时使用

主要技改内容：替换传统电感镇流器为智能高压钠灯电子节电控制系统，同时替换光源。主要设备为智能高压钠灯电子节电控制系统、可调型高压钠灯光源、高空作业平台车。项目投资额 203.07 万，按每套 700 元来计算。建设期为 80 天，综合节电率为 52%，项目年节能量为 156 万 kwh，折合标准煤 449.2tce，减少 CO2 排放 1317.9tco，年节约经济效益为 134.16 万，投资回收期一年半。

典型案例二：

案例名称：武汉大桥新区路灯改造项目

技术提供单位：北京光宇锦业节能科技有限公司

建设规模：路灯改造数量 1416 盏

建设条件：在项目进行节能改造时使用

主要技改内容：替换传统电感镇流器为智能高压钠灯电子节电控制系统，同时替换光源。主要设备为智能高压钠灯电子节电控制系统、可调型高压钠灯光源、高空作业平台车。项目投资额为 99.12 万元。此次改造经历了 3 个月的前期测试，确定达到预期的节能效果后才予以实施，建设周期为 2 个月，因此项目业主要求亮灯时间为 6 小时，属于亮灯时间少的节能改造项目。故项目年节电 42kwh，折合标准煤 134.4tce，项目减少碳排放 354.8tco。

八、推广前景和节能潜力

该技术广泛应用于道路照明，是替换电感高压钠灯照明关键节电之一，现国内 70%以上路灯均为电感高压钠灯，其推广潜力巨大。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例将达到 25%，项目总投资 49 亿元，年节能能力 21.7 万 tce，年碳减排能力 63 万 tCO_2。

131 铅蓄电池高效低能耗极板制造技术

一、技术名称：铅蓄电池高效低能耗极板制造技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 起动型、固定型、动力型铅蓄电池，卷绕式铅蓄电池、铅炭电池

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

传统的极板板栅“重力浇铸”工艺需要将铅液保持在一定高温下（450-550℃）进行浇铸板栅，工艺和设备耗能高，生产效率低，同时产生的铅烟和废铅渣需要回收和特殊处理。板栅铸造是铅蓄电池生产中产生污染的源头之一，也是引起作业工人铅中毒最严重的工序。

铅蓄电池高效低能耗极板制造生产工艺与装备采用“铅带连铸连轧”、“拉网式板栅”、“冲孔（网）式板栅”、“连续和膏”、“连续涂膏”等工艺技术和装备结合，可以降低生产环节能耗 30%-50%。国际上，美、欧、日等国家的先进铅蓄电池制造企业中 90%的企业已经采用这种先进的技术和设备，而国内 98%以上的铅蓄电池制造企业仍采用传统的“重力浇铸”工艺和设备，采用这种新技术和设备的电池企业不到 2%。目前该技术可实现节能量 4 万 tce/a，减排约 11 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

铅蓄电池极板制造主要工序为冷加工（熔铅除外）。其中，铅带连铸连轧工艺可以将铅液精确控制在接近熔点的温度范围（327-340℃），然后经快速冷却获得结晶细化的金属结构；后续的连续压轧及拉网、冲孔等加工过程都是在室温下进行。该工艺避免了采用高温和对铅液的搅动，不会产生铅烟和铅渣，可大幅度减少铅烟、铅渣的产生和排放，同时大大地降低能耗和铅耗。

2.关键技术

（1）铅带连铸连轧技术；

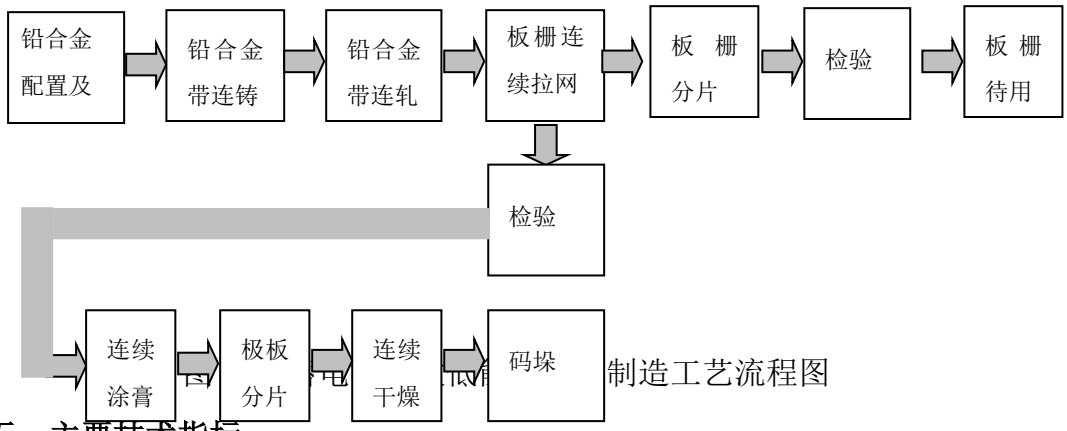
（2）连续扩展网板栅制造技术；

（3）连续冲孔（网）板栅制造技术；

（4）实现铅渣、铅烟零排放或微排放的清洁制造设计。

3.工艺流程

工艺流程见图1。



制造工艺流程图

五、主要技术指标

1.铸带宽度：90-400mm；

2.轧带宽度：≤380mm；

3.轧带速度：15m/min、20m/min、25m/min（按基本厚度 1mm 计算）；

4.铅带厚度范围：≥0.6mm；

5.拉网速度：≥15m；

6.冲孔（网）速度：≥15m；

7.涂膏速度：≥15m。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

目前，国外从事拉网式、冲孔（网）式、连铸连轧等先进板栅和极板制造工艺和设备的公司约有十余家，比较活跃的公司有意大利 Sovema 和美国 Wirtz，具有三十多年从事该技术研究的历史，在设备成套性、适用电池品种、设备性能等方面都有很大的优势。而国内只有不足 10 家铅蓄电池企业通过引进国外先进设备进行生产，如保定风帆电池公司和湖北骆驼电池公司。

该技术已与华北蓄电池有限公司联合开发“ARD-CCRS-90 铅蓄电池极板制造清洁生产技术与装备”，与广东猛狮电源科技有限公司联合开发“ARD-CP-140 卷绕电池冲孔（网）设备”，与广东雄韬电源科技有限公司联合开发“ARD-CCRS-400 连铸连轧生产线和 ARD-CP-380 冲孔（网）生产线”。

七、典型应用案例

典型用户：广东美美电池（台资）、猛狮电池

典型案例 1

建设规模：（1）年产 25 万 kVAh 摩托车电池生产线；（2）年产 50 万 kVAh 汽车电池生产线。主要技改内容：摩托车电池生产线采用“连铸-连轧-冲压板栅生产线”取代原重力浇铸工艺和美国“WIRTZ”铸板机 8 套；新建密闭汽车电池生产线，采用 ARD-CCRS-160 系列“连铸-连轧-冲孔（网）板栅生产线”。节能技改投资额 2100 万元，建设期 1 年。每年可节能 1527tce，年节能经济效益 4000 万元，投资回收期约 6 个月。

典型案例 2

建设规模：年产量在 60 万 kVAh 密闭电池生产厂配套。主要技改内容：采用自动板栅连铸/连轧系统和连续膨胀拉网板栅加工设备部分取代原生产中使用重力浇铸工艺和设备。节能技改投资额 500 万元，建设期 1 年。每年可节能 418tce，年节能经济效益 1800 万元，投资回收期约 3 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

板栅连铸-连轧、连续膨胀拉网与连续冲孔（网）板栅技术是铅蓄电池制造业近年发展起来具有显著节能环保、高效低耗的最新电池极板制造技术。2009 年全国铅蓄电池总产量 12000 万 kVAh，如果采用该技术可以实现降低单位电池产量能耗（0.3kWh/kVAh），降低单位电池产量耗铅量（5.0×10^{-3} t/kVAh）。

预计未来 5 年，该技术在国内电池生产行业内推广比例可达 25%，规模为 250 套生产线，总投资 25 亿元，总节能能力约 46 万 tce/a，减排能力约 121 万 tCO_2/a。

132 高红外发射率多孔陶瓷节能燃烧器技术

一、技术名称：高红外发射率多孔陶瓷节能燃烧器技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 各种民用、商用室内外燃气灶、燃气取暖器、燃气烧烤器、燃气热水器等产品，食品、涂装、纺织、鞋材、木材加工、陶瓷、冶金等工业加热、采暖、干燥、烘烤、锅炉等设备

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，一般采用铜、铸铁以及合金等金属材料制造灶具燃烧器，开采、冶炼、加工以及运输过程能耗和污染大、成本高；以此材料制备的嵌入式燃气灶具热效率一般仅略高于 50%，能源利用率低。应用该技术可实现节能量 14 万 tce/a，减排约 36 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用高红外发射率多孔陶瓷替代传统的铜、铁铬铝和镍铬合金等高耗能稀缺金属材料制备燃烧器；采用全预混无焰燃烧技术，把燃气燃烧产生大部分热量以红外线辐射的方式传递给受热体。通过采用完全预混式催化燃烧技术，精确控制空燃比，并使混合更均匀，既保证燃烧更完全，减少不充分燃烧带来的化学热损失，同时也减少过剩空气所带走的热量，并且可有效抑制一氧化碳和氮氧化物的生成。通过红外线辐射传热，燃烧面温度高，传递距离短，大大减少热量传递过程的物理热损失。燃烧器表面采用高辐射率红外涂层，并使涂层红外发射波长窗口与受热体红外吸收波长窗口尽可能匹配，进一步提高热量吸收效率。采用红外无焰燃烧技术，无明火，彻底消除炭黑产生的根源，也减少了锅底集炭造成的热效率下降的隐患。

2.关键技术

（1）红外多孔陶瓷清洁生产技术；

（2）高红外发射率和高温燃烧催化双效涂层生产加工技术；

（3）燃气全预混无焰燃烧技术；

（4）防意外熄火和回火安全防护技术。

3.工艺流程

工艺流程见图 1。

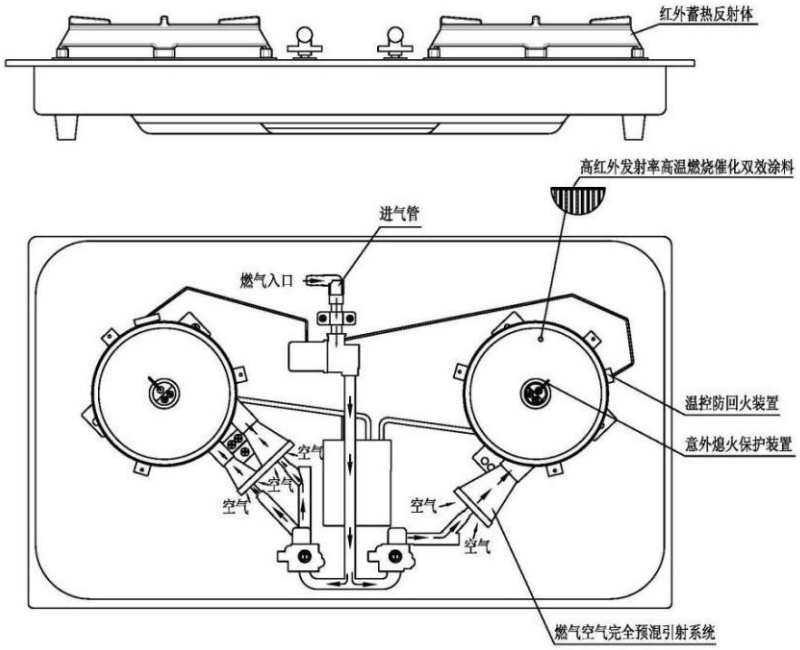


图 1　红外多孔陶瓷节能灶

五、主要技术指标

1.红外涂层平均发射率达 0.89；

2.CO 浓度< 0.01%；

3.NO_X 浓度< 0.01%；

4.节能灶热效率指标> 65%；

5.多孔陶瓷平均寿命> 12000 小时，可正常使用 8 年。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已通过广东省科技厅的技术成果鉴定，获得广东省科学技术奖励一等奖和广州市科学技术奖励一等奖，产品获得了中国节能认证与中国环保认证。

目前，高红外发射率多孔陶瓷节能燃烧器已在国内民用灶具上使用多。据不完全统计，用户保有量超过 650 万台，灶具热效率可达 65%以上，比传统产品节能 15%-20%。每年销往美国、加拿大与欧洲等国外市场的产品超过 200 万件。

七、典型应用案例

典型用户：陕西省人事厅家属区、河北沧州市嘉禾小区、江西景德镇发电厂、甘肃武威市富民社区、天津胡家园小区、河南坪山·永和苑新区等

技术提供单位：广州市红日燃具有限公司

典型案例 1

建设规模：小区用户 156 台普通家用燃气灶改造。主要技改内容：将普通家用燃气灶替换为红外多孔陶瓷节能灶。节能技改投资额 4.4 万元，建设期 1 个月。每年可节能 12tce，年节能经济效益 1.8 万元，投资回收期 2.5 年。

典型案例 2

建设规模：小区普通家用燃气灶更换 480 台。主要技改内容：将普通家用燃气灶替换为红外多孔陶瓷节能灶。节能技改投资额 26.4 万元，建设期 25 天。每年可节能 61.3tce，年节能经济效益 11 万元，投资回收期 2.4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

据粗略统计，我国民用燃气灶（假设均使用天然气）平均每台每天耗气量为 0.5kg，全国每天耗气量达 9.3 万 t。目前大多数家庭用大气式灶具的热效率都在 50%左右，节能灶具的热效率可达 65%以上。从市场调查情况看，目前我国节能灶具在销售量及用户使用量比例不大，若加以推广，燃气灶具节能减排的潜力较大。预计未来 5 年，我国城镇家庭中使用高红外发射率多孔陶瓷节能燃烧器的比例为 30%，农村推广使用比例为 20%，则每年可节省天然气 102 万 t，折标煤 135 万 t，年减排能力约 356 万 tCO_2。

133 高效放电回馈式电池化成技术

一、技术名称：高效放电回馈式电池化成技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 锂离子电池、镍氢电池、铅酸蓄电池生产过程中的电池极板化成和成品电池的化成充放电和补充电

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，国内外铅酸蓄电池生产过程普遍采用的充放电技术主要有两种:

一种是采用可控硅为主的充放电技术。这种设备放电电能返回公用电网，放电回收效率低。充放电时，设备功率因数低，谐波含量高，对电网产生污染，增加输配电的电能损耗和额外的电网谐波损耗，另需增加电网处理设备对电网进行处理。设备输出直流电流含有较高的纹波，会引起电池发热和导线发热的增加。

另一种是采用高频开关电源方式的充电技术。采用高频开关电源方式的主电路对电池充电，采用电阻放电。充电谐波含量高，会增加额外输配电和谐波损耗；放电过程电能全部以电阻放电的方式消耗，浪费大。

目前应用该技术可实现节能量6万tce/a，减排约16万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用最新的数字控制和高效放电回馈式电池化成技术，回馈式充放电电源，使放电的利用率有较大提高；输出平滑直流电流对电池充电，减少了电池和输出导线的发热；采用变压器的多相整理技术提高功率因数及减少谐波，减少输配电损耗。

2.关键技术

（1）蓄电池放电电能回馈到局部直流母线，放电电能通过局部母线互连，对其他充电设备提供电能。直流母线和公用电网相互隔离。

（2）当蓄电池放电到公用母线的电能大于其他充电设备所需电能时，多余电能通过绿色逆变器对公司内部公用电网逆变，然后以符合国家标准的方式返回电网。

3.工艺流程

蓄电池化成过程中，蓄电池放电能量回收利用到设备局部直流母线，回收的能量供其他相互连接的充电设备充电。当放电电能无法被其他充电设备利用时，多余电能以正弦波形式返回公用电网；采用高功率因数技术，降低电流谐波，减少电网

输配电电能损耗；采用高频充放电技术减少输出电流纹波，减少电池发热量和输出导线损耗。具体工艺流程见图 1。

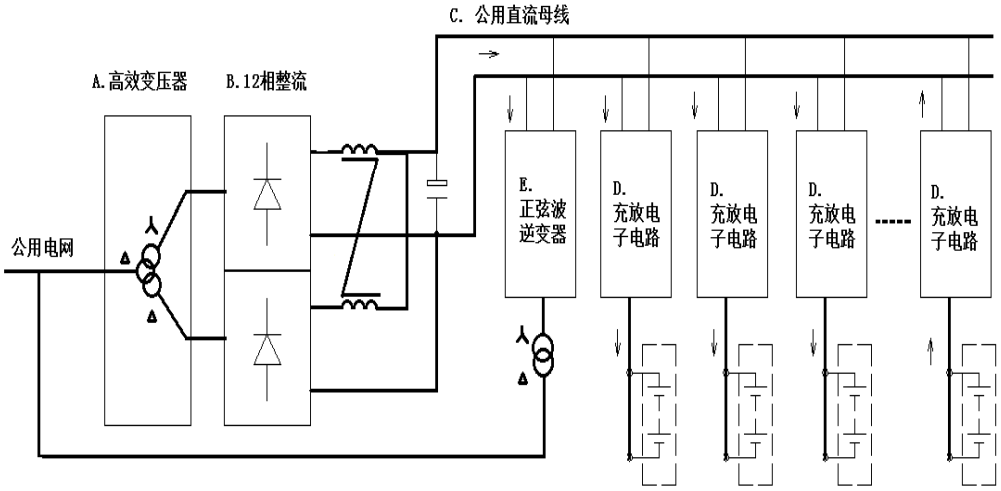


图 1　高效放电回馈式电池化成技术

五、主要技术指标

1.蓄电池放电能量回收，回收效率≥ 90%；

2.高输入功率因数，平均功率因数≥ 0.93；

3.低输入电流谐波，60%负载工作时，输入谐波含量≤ 5%；

4.充放电输出纹波≤ 5%（设备额定输出直流）。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已通过沈阳蓄电池研究所专家组和行业协会产品鉴定，与 2010 年 10 月在浙江超威等公司进行了产品验证运行，于 2011 年 10 月 29 日通过了江苏省经信委组织的技术产品鉴定。该技术已为超威动力、天能集团、南都电源、理士国际等国内大型电池制造商所采用，技术性能指标稳定，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：超威动力、浙江天能集团、南都电源、理士国际

典型案例 1

建设规模：日产电池 2 万只。主要技改内容：淘汰老式的可控硅化成充放电电源，采用先进的 IGBT 母线式全数字充电机 268 台。主要技改设备：高效放电回馈式化成充放电电源及其他蓄电池专用设备。节能技改投资额 1286 万元，建设期 7 个月。每年可节能 1500tce，年节能经济效益 350 万元，投资回收期 4 年。

典型案例 2

建设规模：日产电池 1.4 万只。主要技改内容：淘汰老式的可控硅化成充放电电源，采用先进的 IGBT 母线式全数字充电机 220 台。主要技改设备：高效放电回馈式化成充放电电源及其他蓄电池专用设备。节能技改投资额 1215 万元，建设期 6 个月。每年可节能 1080tce，年节能经济效益 250 万元，投资回收期 4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，全国有生产各类蓄电池的企业 3000 余家，各类电池总产量约 500 亿只，销售总额约 3000 亿元，占全球的一半。预计未来 5 年推广比例达到 30%，可形成年节能能力 180 万 tce，年减排能力约 475 万 tCO_2。

134 金属涂装前常温锆化处理节能技术

一、技术名称：金属涂装前常温锆化处理节能技术

二、技术所属领域及适用范围： 轻工行业 汽车、家电、机电、建材、装备制造业、铝型材、彩涂板等金属制品行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国用于金属涂装行业的磷化液年消耗量在 200 万 t 以上。由于常温磷化防腐性能指标不达标，所以约 60%企业使用中温磷化技术(50-60℃)，每吨磷化液升温并维持工段温度需 10.6tce，能耗较高。应用该技术可实现节能量 6 万 tce/a，减排约 16 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

锆化技术采用氟锆酸作为主剂，利用氟锆酸的水解反应在金属基材表面形成一种化学性质稳定的无定型氧化物转化膜；转化膜依靠锆化物与金属基材牢固结合，同时，依靠锆化液中的高分子化合物与涂层强烈结合，从而获得高性能的金属表面皮膜，从而达到优异的附着力和防腐能力。其在冷轧板上的成膜机理如反应方程式（1）、（2）所示。

$$Fe+3HF\leftrightarrow FeF_3+3/2H_2 \qquad (1)$$

$$H_2ZrF_6+2H_2O\leftrightarrow ZrO_2+6HF \qquad (2)$$

通过反应方程式（1）的腐蚀反应，HF 被消耗，使反应（2）的平衡向右移动形成 ZrO_2，膜的主要成分以 Zr 的氧化物和氢氧化物。在此过程中，Zr 的氧化物和氢氧化物的羟基可与高分子化合物结合，常温下可形成纳米尺寸厚度的有机-无机杂化膜。

该技术采用锆化液替代磷化液对金属表面进行预处理，省略了磷化工艺中对槽液进行加热处理的升温环节，降低了能耗。

2.关键技术

在常温条件下，锆化技术对金属表面处理的效果超越传统的加热磷化处理工艺。国内外现有的常温锆化技术广泛存在金属件二次腐蚀或返锈问题，该技术首次将稀土元素铈引入锆化前处理工艺，锆化液在与高分子化合物成膜过程中，铈掺杂入复

合锆化膜中，使形成的纳米厚度锆化膜在结构上更为致密均匀，可有效防止处理后金属件的二次氧化，解决了常温锆化技术推广中的过度腐蚀和返锈问题。在处理中低档冷轧板时，返锈率小于0.5%，远低于国际平均水平（约40%）。

3.工艺流程

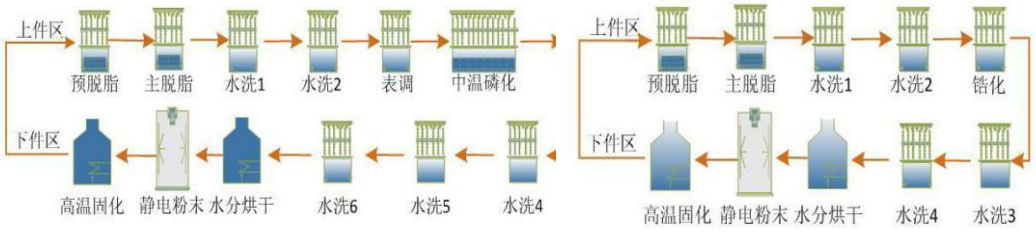
金属涂装前常温锆化处理技术与传统磷化工艺的流程对比见图1、图2。

传统磷化工艺通常为：

预脱脂→脱脂→水洗→水洗→表调→中温磷化（需加热）→封闭→水洗→水洗→水洗→水洗→干燥；

采用锆化节能技术，其工艺通常简化为：

预脱脂→脱脂→水洗→水洗→常温锆化液处理（无需加热）→水洗→干燥。



中温磷化工艺　　常温锆化工艺

图 1　常温锆化工艺与中温磷化工艺的对比示意图

五、主要技术指标

1.能耗：0.5tce/km^{2}处理面积；

2.工段操作温度：环境温度（5-35℃）；

3.前处理槽容量：6-200t；

4.废水量（日）：＜3t，以6t处理槽计；

5.喷淋泵功率：44kWh。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于2011年6月通过了辽宁省科技厅组织的科技成果鉴定，目前已在辽宁、浙江、江苏、山东、天津、广东等地进行了推广应用。该技术的核心产品先后通过了日本三洋、日本三菱重工、海尔集团、一汽集团、通标标准技术公司（SGS）的检测，检测结果符合标准规定，达到相关企业的性能指标要求。该技术相继在三菱重工海尔（青岛）空调机有限公司、海尔开立冷冻设备有限公司、德意电器有限公司、大连三洋冷链有限公司、一汽大连客车有限公司、大连爱丽丝有限公司、山东小鸭

零售设备有限公司、中国步阳集团、丹东曙光集团、永康索福门业等四十多家知名企业中得到应用。经过3年多连续运行，证明金属表面的常温锆化处理技术成熟、生产稳定性好且显著降低了企业的能耗。

七、典型应用案例

典型用户：三菱重工海尔（青岛）空调机有限公司、海尔开立冷冻设备有限公司、大连三洋冷链有限公司、一汽大连客车有限公司、步阳集团、德意电器有限公司、赛德隆国际电器（中国）有限公司、丹东曙光集团黄海客车有限责任公司、浙江索福门业等。

典型案例 1

技术提供单位：大连工业大学，大连九合表面技术有限公司

建设规模：年处理防盗门 30 万樘。主要技改内容：原有中温磷化线改造，去除加热装置、设备清理，主要设备对原有磷化槽、喷淋设备的改造。节能技改投资额 38 万元，建设期 2 个月。每年需要使用常温锆化液 14t，与加温磷化工艺相比可节约 319tce，年节能经济效益为 32 万元，投资回收期约 1 年。

典型案例 2

技术提供单位：大连工业大学，大连九合表面技术有限公司

建设规模：年产 300 万台冷藏设备，1200 万 m^2 涂装面积。主要技改内容：设备清理，首次投槽。主要设备是对喷淋设备进行改造。节能技改投资额 6 万元，建设期 1 个月。每年可节能 2023tce，年节能经济效益 172 万元，投资回收期约 1 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

据估算，2010 年我国涂装的板材面积就达 300 亿 m^2 以上，未来 3-5 年内，60%的中温磷化技术将更新为以锆化技术或硅烷化技术为代表的新型涂装前处理技术。该技术推广的领域涉及到金属制品的各个相关行业，如汽车、家电、机电、建材、装备制造业、铝型材、彩涂板等诸多行业，节能潜力较大。

预计未来 5 年，可在相关应用领域推广 20%，形成的年节能能力约为 23 万 tce ，年减排能力约 61 万 tCO_2。

135 异麦芽酮糖发酵工艺优化技术

一、技术名称： 异麦芽酮糖发酵工艺优化技术

二、技术所属领域及适用范围： 轻工行业 蔗糖转化成异麦芽酮糖生产

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

异麦芽酮糖生产是以蔗糖为原料，经蔗糖异构酶催化蔗糖转化为异麦芽酮糖而实现的，目前比较常用的蔗糖异构酶生产菌包括P. rubrum、S. plymuthica、Er. carotovora、Er. Rhapontici等。虽然这些菌所产生的酶都能将蔗糖转化为异麦芽酮糖，但转化产物中的异麦芽酮糖产率仅在8%-86%范围内变化，而且在转化过程中还产生5%-15%的副产物（葡萄糖和果糖），严重影响异麦芽酮糖的结晶和产品质量。因此，传统的异麦芽酮糖生产工艺包括酶制剂制备、蔗糖异构化、蔗糖酶或酵母分解残留蔗糖、离子交换树脂分离纯化、浓缩结晶等工序，生产工艺十分复杂。在传统工艺中，主要耗能环节包括转化时间和搅拌时间长、搅拌功率大、额外的酵母发酵消除蔗糖和树脂分离纯化工序等，单位产品平均能耗约为1.3tce/t。如果使用克雷伯新菌（K. chinesensis）生产异麦芽酮糖，仅需要蔗糖发酵转化和浓缩结晶两步工序，可使生产工艺简化，大幅度降低成本。目前该技术可实现节能量7万tce/a，减排约18万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

通过使用蔗糖异构酶产生菌克雷伯新菌（K. chinesensis），并采用含有蔗糖异构酶的活性细胞碎片催化蔗糖转化，可使蔗糖转化率高达99.8%以上，不仅大幅缩短转化时间，需氧量明显降低，而且转化产物中不产生葡萄糖和果糖副产物，可实现无分离纯化工序直接浓缩结晶，简化了异麦芽酮糖的生产工艺。由于该技术减少了发酵和搅拌时间，降低了搅拌功率，因此实现了工序的节能。

2.关键技术

（1）研发寻找到优秀的克雷伯新菌（K. chinesensis），使蔗糖转化率高达99.8%以上，且产物中不形成葡萄糖和果糖副产物；

（2）将酶制剂生产与蔗糖转化两步工序合并，采用同步工艺，将异麦芽酮糖的发酵转化时间由24h缩短为9h以内；

（3）采用无分离纯化直接浓缩结晶工艺，避免了酵母发酵和离子交换层析等异麦芽酮糖分离纯化步骤；

（4）在蔗糖转化过程中，采用前期搅拌通风后期停止搅拌工艺，搅拌时间由传统转化工艺的24h以上，减少为少于5h。

3.工艺流程

与传统工艺流程相比，异麦芽酮糖发酵优化工艺显著简化，仅包括蔗糖转化和浓缩结晶两步工序，如图1所示：

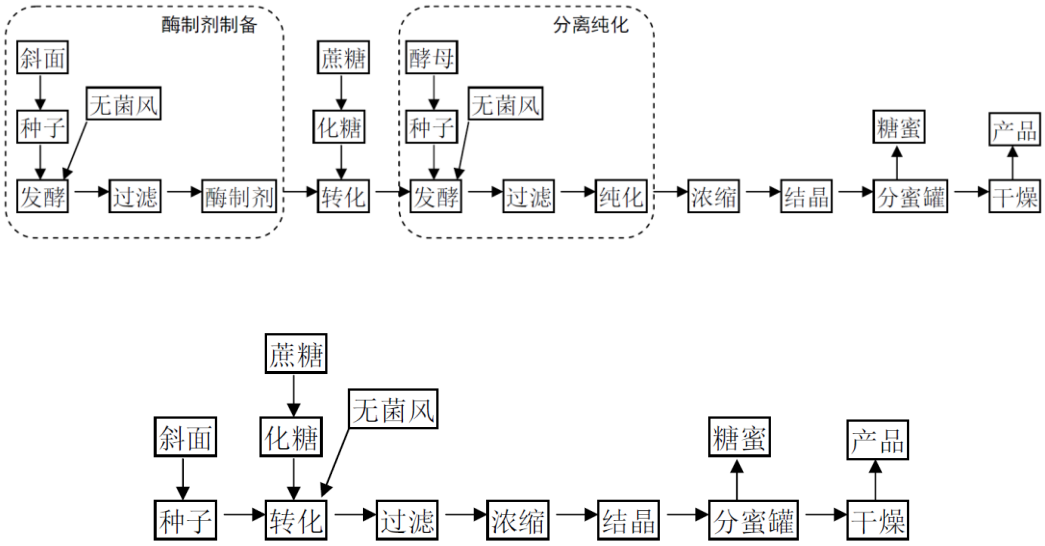


图1　异麦芽酮糖发酵优化工艺与传统生产工艺的流程对比图

五、主要技术指标

1.发酵转化时间缩短 62.5%；

2.搅拌时间缩短 79.2%；搅拌功率减少 40%；

3.分离纯化减少 100%；

4.每生产 1t 异麦芽酮糖节能 143kgce。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2006 年 6 月，该技术通过大连市科技局主持的异麦芽酮糖生产菌的科技成果鉴定，并获得大连市科技进步一等奖。2007 年获得辽宁省科技进步二等奖。本技术已在 2 条异麦芽酮糖生产线上使用，节能效果明显。

七、典型应用案例

典型用户：镇江欣隆生物有限公司、青岛琅琊台集团公司等

典型案例 1

技术提供单位：镇江欣隆生物有限公司

建设规模：1000t/a 的异麦芽酮糖生产线。主要技改内容：新建异麦芽酮糖生产线，主要设备包括转化罐，结晶罐，分蜜罐和干燥器。节能技改投资额 100 万元，建设期 1 年。每年可节能 148tce，年节能经济效益为 47 万元，投资回收期约 2 年。

典型案例 2

技术提供单位：镇江欣隆生物有限公司

建设规模：5000t/a 的异麦芽酮糖生产线。主要技改内容：新建异麦芽酮糖生产线，主要设备包括：转化罐，结晶罐，分蜜罐和干燥器。节能技改投资额 260 万元，建设期 1 年。每年可节能 715 tce，年节能经济效益 120 万元，投资回收期约 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

异麦芽酮糖生产只是在蔗糖生产工艺中增加了蔗糖转化步骤，其它工序可以完全借用蔗糖生产设备。因此，同一套设备既可以用于蔗糖生产，也可以用于异麦芽酮糖生产，可以根据市场需求，随时转换产品。预计未来 5 年，可在行业内推广约 10%，形成的年节能能力约为 34 万 tce，年减排能力约 90 万 tCO_2。

136 高效节能型锥形同向双螺杆挤出技术

一、技术名称：高效节能型锥形同向双螺杆挤出技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 塑料造粒、各类管材、型材、板/片材、木塑混炼制品挤出成型

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前国内常用的塑料挤出设备主要包括锥形异向双螺杆挤出机、平行同向双螺杆挤出机和单螺杆挤出机，这三类设备的实际比功率基本都在 0.14kW/(kg.h)以上。2011 年我国使用这三种挤出机的塑料制品产量约为 7000 万 t，仅挤出主机耗电就超过 80 亿 kWh。应用该技术可实现节能量 27 万 tce/a，减排约 71 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该技术结合了目前世界上两种双螺杆挤出机“锥形异向双螺杆挤出机”和“平行同向双螺杆挤出机”的功能结构优势，将“锥形螺杆”和“同向旋转”相结合，既保持了锥形异向双螺杆挤出机挤出力大的特点，又达到了平行同向双螺杆挤出机塑化性能好的特性，同时还可以满足螺杆低速旋转、低温等难度较大的加工要求，具有高产低能耗的特点。

2.关键技术

（1）锥形螺杆的同方向旋转使加工的物料进入机筒后环绕锥形双螺杆成“∞”字形运动，增加了塑化时间和密炼性能，从而保证了产品的塑化质量；

（2）采用锥形螺杆可在减速分配箱末端有足够的空间可选用大规格推力轴承，以承担锥形螺杆的大挤出力，保持了锥形双螺杆挤出机良好的挤出力性能。

3.工艺流程

塑料物料（包括各种粉粒、粒料、回收料等）经过定量喂料机加入机筒螺杆，再经过加热圈加热以及螺杆对物料的压缩、混炼，达到熔融状态，将物料挤出，根据加工需要配以不同的模具。节能型锥形同向双螺杆挤出机主要应用于物料挤出造形。该技术的工作原理和工艺流程见图1、图2、图3。

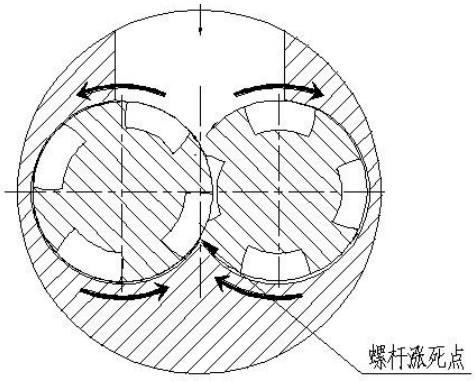


图1 锥形异向双螺杆工作原理简图

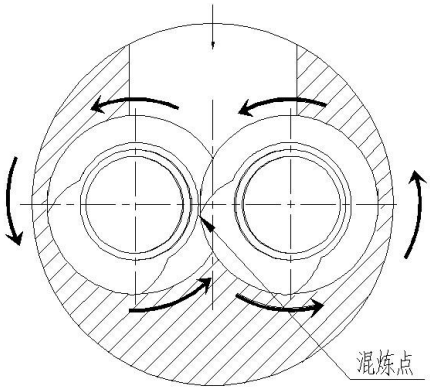


图2锥形异向双螺杆工作原理简图

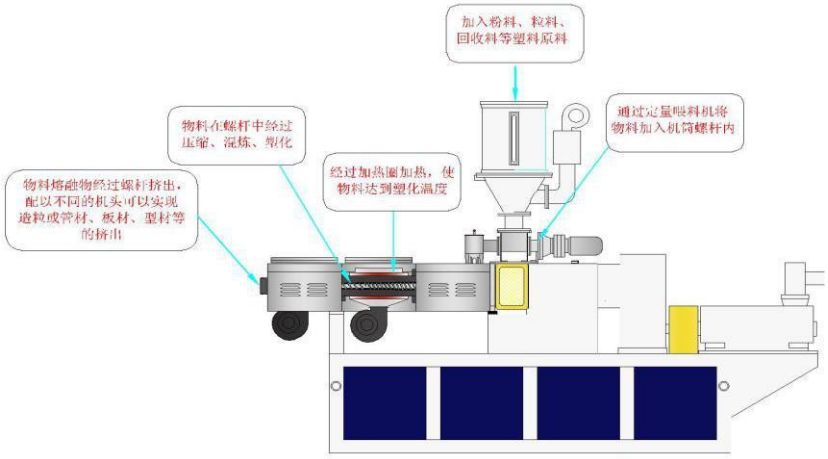


图 3　锥形同向双螺杆挤出机工艺流程图

五、主要技术指标

1.螺杆直径 65/130；

2.主机功率 75kW；

3.产量 672kg/h；

4.实际比功率仅为 0.07kW/(kg·h)；

5.同比产量增加一倍以上，节电率约 50%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2008 年 1 月通过浙江省科技厅组织的科技成果鉴定，2007 年 6 月通过国家塑料机械产品质量监督检测中心对“锥形同向双螺杆挤出机”进行的检测。

目前，该技术已形成产业化，产品已应用于各种塑料造粒、型材挤出等方面。2010 年荣获塑料加工协会“最佳塑料机械产品优秀奖”、“最佳独特优秀设计产品奖”等称号。目前国内使用该技术实现的年产能约为 337 万 t，已处于大规模推广阶段。

七、典型应用案例

典型用户：上海公元、上海心尔、福建隆盛轻工有限公司；武汉丰澜数控机械有限公司；兰溪中苔新材料有限公司、台湾汉洋、彩虹集团、紫江集团、广东泛昌、广东兴世、江苏联冠等百余家

典型案例 1

建设规模：10 台高效节能型锥形同向双螺杆挤出机，建成产能 47 万 t/a 的挤出造粒生产线。主要技改内容：针对硬质 PVC 窗帘料的特性，采用 10 台高效节能型锥形同向挤出机代替原来的 40 台能耗大、产量低的单螺杆挤出机，主要设备为 10 台高效节能型锥形同向双螺杆造粒机。节能技改投资额 300 万元，建设期 5 个月。每年可节能 1154tce，年节能经济效益为 300 万元，投资回收期 1 年。

典型案例 2

建设规模：60 台（套）高效节能型锥形同向双螺杆挤出机建成年产 120 万 m 双壁波纹管项目。主要技改内容：用高效节能型锥形同向双螺杆挤出机替代原来的单螺杆挤出机及锥形异向双螺杆挤出机，建成年产 120 万 m 的双壁波纹管生产线，主要设备包括 60 台（套）高效节能型锥形同向双螺杆挤出机。节能技改投资额 1800 万元，建设期 1 年。每年可节能 2505tce，年节能经济效益 700 万元，投资回收期约 2.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，我国全年塑料总产量可达 1 亿 t 以上，若该技术可在业内推广至 10%，则可形成的年节能能力约 90 万 tce，年减排能力约 238 万 tCO_2。

137 双级高效永磁同步变频离心式冷水机技术

一、技术名称：双级高效永磁同步变频离心式冷水机技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 家用/商用变频空调、冷冻及冷藏设备

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

公共建筑空调能耗在我国全社会能耗中占有较大比例，而离心式冷水机组约占公共建筑能耗30%。以2011年为例，我国离心式冷水机组市场容量约4500台，其中：80%为普通定频离心机组，机组额定能效系数（COP）约5.0-6.0，全年综合能效系数IPLV一般为6.0-6.7左右，而变频离心机组的全年综合能效系数IPLV一般为9.0-10.0左右。因此，普及和推广变频离心机组仍然是建筑空调节能的一个重要途径。目前该技术可实现节能量1万tce/a，减排约3万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

（1）高速电机直驱双级叶轮

永磁同步变频电机直驱双级叶轮做功，取消了传统离心机必须的增速齿轮，降低压缩机的机械损失，降低了压缩机噪声。

（2）高速永磁同步变频调速电机及其驱动系统

采用大功率高速永磁同步变频电机及四象限绿色变频器驱动系统，电机功率400kW，转速12000rpm，功率因数达99.9%。

（3）全工况“宽频”气动设计技术

针对不同转速进行全工况的“宽频”设计，改变传统以额定工况为设计点的方法，并研制了适合全工况特性的“全自由曲面”叶轮与低稠度叶片扩压器，辅以双机压缩中间补气的制冷循环技术，实现了压缩机全工况下高效运行。

2.关键技术

（1）高速电机直驱双级叶轮；

（2）全工况“宽频”气动设计技术；

（3）高速永磁同步变频调速电机及其驱动系统。

3.工艺流程

双级高效永磁同步变频离心式冷水机技术的工艺流程见图1。来自蒸发器的制冷

剂气体经永磁同步电机驱动的双级叶轮做功，压缩为高压气体进入冷凝器，在冷凝器内冷凝为高压液体，将两次节流后进入蒸发器，在蒸发内吸收冷冻水的热量蒸发，从而实现对冷冻水制冷。机组通过电机变转速与进口导叶联合实现冷量的精确调节。

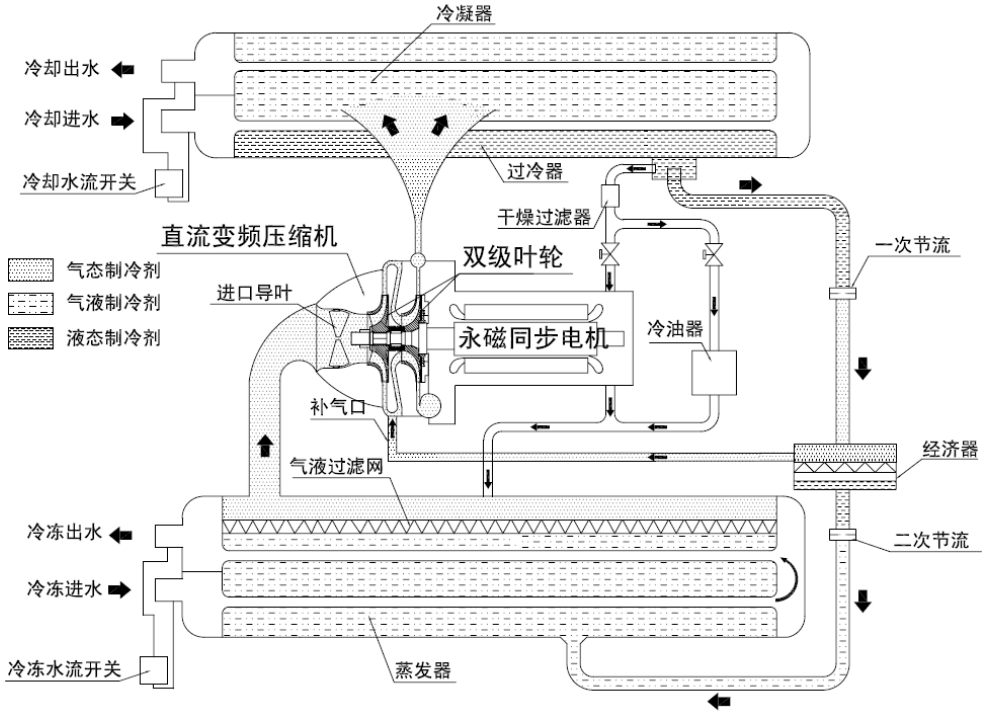


图 1 双级高效永磁同步变频离心式冷水机工艺流程图

五、主要技术指标

按 ARI550/590-2003 标准工况，主要技术指标如下：

1.机组满负荷 COP 达到 6.73；

2.机组综合部分负荷性能系数 IPLV 达到 11.2。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2011 年 12 月 17 日通过广东省科学技术厅组织的科技成果鉴定，并已申请专利 65 项，其中发明专利 46 项，实用新型 17 项，外观专利 2 项。目前，该技术已经应用于学校、办公楼、酒店、工厂等大中型建筑的集中供冷机组、中央空调，技术成熟可靠。

七、典型应用案例

典型用户：清华大学金融学院、山东烟台大学生创业园、北京中福丽宫、舟山大宗商品交易中心、广西华成商业广场、广州龙归商业城、东澳岛南沙湾酒店、梧州国龙大酒店、温州正泰集团智能工业园、北京电子标签研发生产及数字化印刷基地等。

典型案例 1

技术提供单位：珠海格力电器股份有限公司

建设规模：建筑面积 4.4 万 m^2，空调面积 3.1 万 m^2。主要技改内容：空调制冷总负荷约 4570kW，采用 2 台直流变频离心机组。节能技改投资额 240 万元，建设期 3 个月。每年可节能 236tce，年节能经济效益为 67.4 万元，投资回收期 3.6 年。

典型案例 2

技术提供单位：珠海格力电器股份有限公司

建设规模：建筑面积 21000m^2，空调面积 18657m^2。主要技改内容：直流变频离心机改造，主要设备包括 2 台直流变频离心机组。节能技改投资额 240 万元，建设期 3 个月。每年可节能 182tce，年节能经济效益 52.1 万元，投资回收期 4.6 年。

八、推广前景及节能减排潜力

2011 年我国离心机的销量约 4500 台，近 5 年来，每年增长速度达到 30%以上。相比常规离心机组，该技术全年节能可达 40%，具有较好的节能性，是未来离心机组发展的重要方向。预计未来 5 年，在离心机行业的推广比例可达 35%，形成的年节能能力约为 19 万 tce，年减排能力约 50 万 tCO_2。

138 粮食干燥系统节能技术

一、技术名称：粮食干燥系统节能技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 粮食行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

在我国，粮食（玉米）烘干技术还处在初级发展阶段，传统的燃煤烘干技术热效率相对较低，约60%左右。而发达国家的粮食干燥系统90%以上采用燃气、燃油技术，燃烧效率相对较高，而且不需换热装置，由于采用了低温烘干和后冷却工艺，粮食温度低，排出的废气温度也低，总体热效率可达90%以上。二者差距较大。目前该技术可实现节能量2万tce/a，减排约5万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

保持原有粮食干燥系统的平衡不变，将分层供煤、高效换热器、部分废气和烟气余热的回收利用、调整空气烟气走向、先进保温材料等节能技术进行有机结合并应用于粮食干燥系统中，在保证产量不降低、降水幅度提升和粮食烘干品质的前提下，达到节能减排的目的。

2.关键技术

（1）采用分层供煤装置提高燃烧效率

采用分层给煤装置，使较大颗粒的煤块在煤层的下面贴近炉排，较小颗粒的碎煤和煤粉覆盖在煤层上部，使煤层透气性好，风阻小，改善燃烧条件，减少漏煤量，提高热风炉的热效率。

（2）更换高效换热器提高换热效率

换热器经过长时间运行，会产生列管脱炭、老化和漏烟等现象，从而导致部分列管堵塞，换热效率低，能耗大。此外，换热器列管管壁结焦和堵塞及砌筑式管壳也会对换热效率有很大影响。采用四回程换热器以及装配式换热器管壳，可有效提高换热器的换热效率。

（3）部分废气和烟气余热回收再利用

尾部干燥段末端的废气温度一般在50℃左右，湿度在20%左右。将干燥段末端的废气进行回收利用，用管道送至换热器进风口，可有效提高换热器进风口的空气温

度。

冷却段排出的废气温度约在30℃左右，且湿度小，将该热量回收利用，可以提高换热器的进气温度，节约能源，并减轻换热器尾部烟管结硫。这些废气经沉降室后，通过管道送至换热器进风口，进入换热器再加热，继续用来干燥粮食。

热风炉烟囱排放的烟气温度一般在110-150℃，是干燥系统能量浪费的主要环节之一。通过合理的方式对该部分烟气余热进行利用，至少可回收5%左右的热量，节能效果显著。

（4）调整空气与烟气两相流走向

在粮食干燥系统的供热装置中增加倒流板等技术措施，使空气与烟气均匀分布于换热器的列管中，使其充分发挥效能，从而提高换热效率。

（5）采用先进的保温材料与保温方式

对粮食烘干系统中的部分设备进行全面保温处理，根据不同的部位，采用不同的导热系数小、耐高温且阻燃的保温材料，对热风炉、换热器、热风室和风机等设备进行保温隔热处理，减少热量损失，避免能源浪费。

3.工艺流程

该技术流程见图 1。

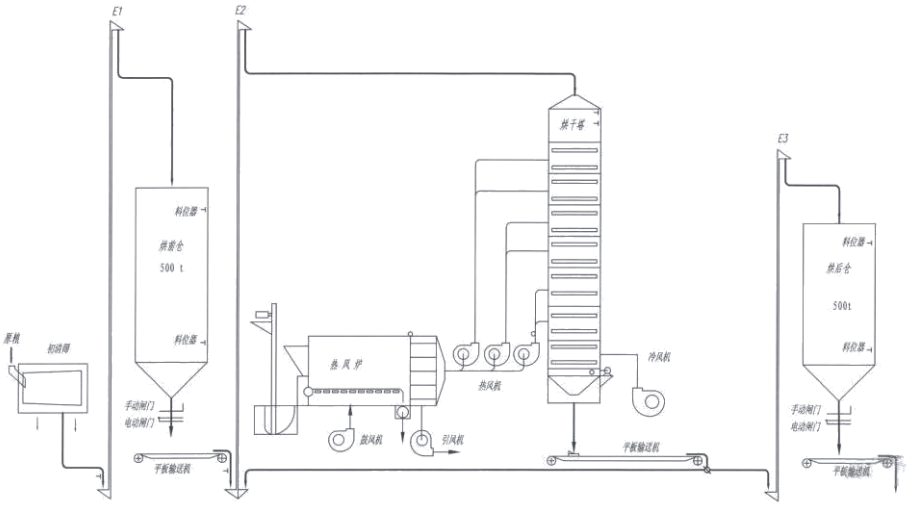


图 1　粮食干燥系统节能减排技术流程图

五、主要技术指标

1．粮食干燥系统可节煤 15%左右；

2．粉尘排放可降低 50%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于2008年首先在辽宁辖区的抚顺、台安、丹东、阜新、开原、朝阳、建平、凌源和兴城等9个中央储备粮直属库进行节能减排技术改造示范，取得了良好的效果；2009年，在辽宁辖区8家直属库的玉米烘干机系统中推广应用；2010年，推广应用面到中储粮黑龙江分公司和内蒙古分公司，使技术的应用库点达到30多家。自2009年以来，在中储粮总公司新建的粮食干燥系统中，全部采用了该项技术。到目前为止，已累计应用于38套玉米烘干机系统中，节能减排效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：中储粮管理总公司阜新直属库

典型案例 1

技术提供单位：中国储备粮管理总公司

建设规模：300t/d 粮食干燥系统。主要技改内容：尾部干燥段废气回收利用，冷却段废气回收利用，烟气余热回收利用，设备保温处理。主要设备包括干燥废气余热回收装置、全部冷却废气回收装置、烟气余热回收利用装置、热风炉、换热器和热风机增设保温装置。节能技改投资额 60 万元，建设期 2 个月。每年可节能 78tce，年节能经济效益为 15 万元，投资回收期 4 年。

典型案例 2

技术提供单位：中国储备粮管理总公司

建设规模：300t/d 粮食干燥系统。主要技改内容：更换四回程换热器，烟气余热回收利用，设备保温处理，增设分层煤斗。主要设备包括换热器、余热回收装置和分层煤斗。节能技改投资额 40 万元，建设期 2 个月。每年可节能 75tce，年节能经济效益 11 万元，投资回收期约 4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

在我国整个东北地区，现有粮食干燥系统 3000 余套，每年烘干粮食约 3700 万 t，消耗煤炭约 148 万 t。预计未来 5 年，该技术可在北方粮食干燥系统中推广 50%，可形成的年节能能力约 10 万 tce，年减排能力约 26 万 tCO_2。

139 全自动连续煮糖技术

一、技术名称：全自动连续煮糖技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 甘蔗糖厂和甜菜糖厂

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

煮糖（结晶）工段是制糖生产中的重要环节，耗汽量占全厂 60%。煮糖工段不仅决定产品的最终质量，还影响着回收率及节能降耗。国内制糖企业绝大多数采用间歇结晶罐，依靠人工操作，自动化水平低。为提高效率，节约能源，采用结晶生产连续化、自动化和信息化管理是重要的措施之一。2012 年，我国甘蔗糖厂平均吨糖能耗为 414kgce；甜菜糖厂平均吨糖能耗为 567kgce。目前应用该技术可实现节能量 2 万 tce/a，减排约 5 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

通过利用新型连续煮糖罐（包括立式和卧式）代替现有间歇煮糖罐，罐内糖膏液位低，循环好，加热蒸汽压力仅需 0.09MPa 即可满足生产需要，有效降低了制糖过程的耗汽量。实现煮糖过程的连续化和自动化，解决了我国糖厂间断煮糖生产波动大、不稳定的问题。

2.关键技术

连续结晶罐和自动控制系统。

3.工艺流程

立式连续煮糖技术结构和流程见图 1 所示。

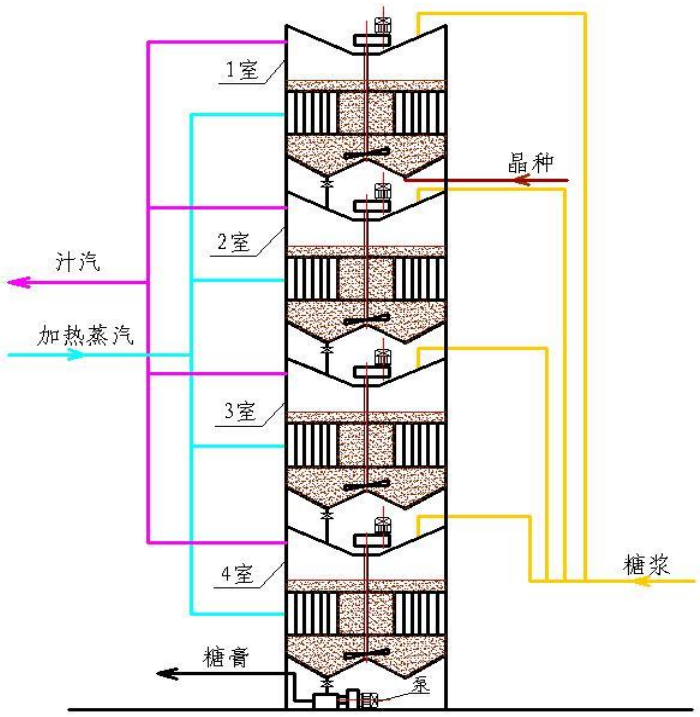


图 1 立式连续煮糖罐结构示意图

五、主要技术指标

1.甘蔗糖厂吨糖节能约 30kgce；

2.甜菜糖厂吨糖节能约 35kgce。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2010 年 11 月通过了新疆兵团科技局的科学成果鉴定，整体水平达到国内领先。目前，已在新疆绿原糖业公司的糖厂应用。由于立式连续煮糖罐具有煮糖所需蒸汽压力较低、各个结晶室过饱和度控制稳定、可实现长时间不停机清洗、晶体质量均匀、占地面积少等优点，因此可广泛应用于我国的制糖行业。

七、典型应用案例

典型用户：新疆绿原糖业公司、广西大新县雷平永鑫糖业有限公司。

典型案例 1

案例名称：新疆绿原糖业公司煮糖生产线改造项目

建设规模：日处理甜菜 5000t。主要技改内容：现有间歇式结晶罐改为立式连续结晶罐，并配以相应的自控装置。主要设备为采用立式连续结晶罐，连续助晶机等。技改投资额 1100 万元，建设期 1 年。年节能量 8000tce，

年减排量 21120tCO_2，投资回收期约 5 年。

典型案例 2

案例名称：广西大新县雷平永鑫糖业有限公司新建煮糖生产线项目

建设规模：日处理甘蔗 12000t/a，榨期按 120 天计。主要技改内容：新建一套立式连续煮糖罐，结晶罐总容积 185m^3，用于丙糖膏，配套自动控制系统等。主要设备为立式连续煮糖罐及配套自动控制系统。技改投资额 1820 万元，建设期 8 个月。年节能量 6060tce，年减排量为 16000tCO_2。投资回收期约 5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来5年在全国甘蔗糖厂和甜菜糖厂中的推广比例可达40%，形成的年节能能力为33万tce，年减排能力87万tCO_2。

140 热泵双级压缩变频增焓节能技术

一、技术名称：热泵双级压缩变频增焓节能技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 民用及商用制热需求场所

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国家用热水器主要由电热水器、燃气热水、太阳能热水器以及热泵热水器构成，根据 2012 年有关分析数据，其能耗及碳排放情况为消耗标准煤 1390 万 t，碳排放 3670 万 t，具体如表 1 所示。

表 1 热水器能耗及碳排放数据表

序号	类别	2012 销售规模（万台/套）	消耗能源（万 tce）	碳排放量(万 tCO_2)
1	电热水器	1450	870	2297
2	燃气热水	1099	229	605
3	太阳能热水器	1001	283	747
4	热泵热水器	47	8	21
5	合计	3597	1390	3670

（注：上述计算是以一年 365 天，每天每台套热水器加热 15℃到 55℃的热水 100L 计算能耗和碳排放量。燃气热水器能耗计算：液化石油气热值 43200kJ/kg，相当于 1.63kgce 热值。）应用该技术可实现节能量 18 万 tce/a，CO_2 减排约 47.5 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

（1）双级增焓转子式压缩机技术

双级压缩系统与普通单级压缩系统相比，压缩过程从一次压缩分解为两次压缩，增加闪蒸器和一级节流装置，双级增焓转子式变频压缩机的两个气缸分别承担低压级压缩和高压级压缩，单个气缸的压缩比得到大幅降低。通过上下气缸工作容积及结构的合理设计，可使压缩机在高压比工况下，其容积效率比单级压缩机得到明显提高，进一步加强双级增焓压缩机制冷、制热能力的优势。

（2）变频控制技术

采取双级增焓变频压缩机和带闪蒸器的双电子膨胀阀串联喷焓系统，结合控制中压腔的喷射量和主回路循环冷媒量，适时控制压缩机运行频率，实现各种工况下系统以最佳 COP 运行，保障系统运行安全可靠，并满足大范围宽工况要求。

（3）能效比自动优化技术

通过最优 COP 分析方法，综合环境温度、水箱水温、压机频率等运行状态，通过模拟计算出机组瞬时状态制热能力和能效，并通过持续的状态对比，将机组运行设置在能效比（COP）最佳运行状态，持续提升机组 COP 值。

（4）微通道高效换热技术

通过对微通道换热技术的研究和应用，增大了冷媒的接触截面积，有效分解压强，提升了系统耐压能力，大大强化传热效果。

2.关键技术

（1）双级增焓转子式压缩机技术；

（2）变频控制技术；

（3）能效比自动优化技术；

（4）微通道高效换热技术。

3.工艺流程

双级压缩循环系统简图见图 1。

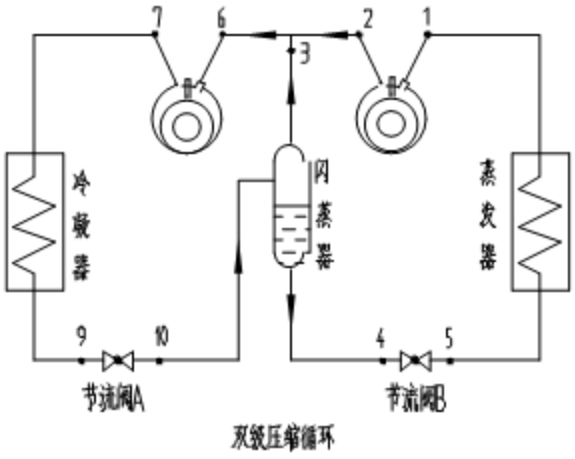


图 1 双级压缩循环工艺流程图

该技术也可用于空气能热水器，其制热水工作过程如下：当室外环境低至一定温度时，喷焓电磁阀开启，从压缩机出来的冷媒和水箱内的水换热后经过一级节流毛细管节流后进入闪蒸器，从闪蒸器出来的制冷剂分为主、辅两路，气体（辅

路）进入压缩机喷焓口，主路的制冷剂液体则经二级节流电子膨胀阀降压后进入室外蒸发器，在蒸发器中吸热气化后流经气液分离器后被吸入压缩机。主路制冷剂经过压缩后和辅路的制冷剂在压缩机工作腔内混合，经进一步压缩后排出压缩机进入水箱冷凝器，如此构成完整的循环。具体如图 2 所示。

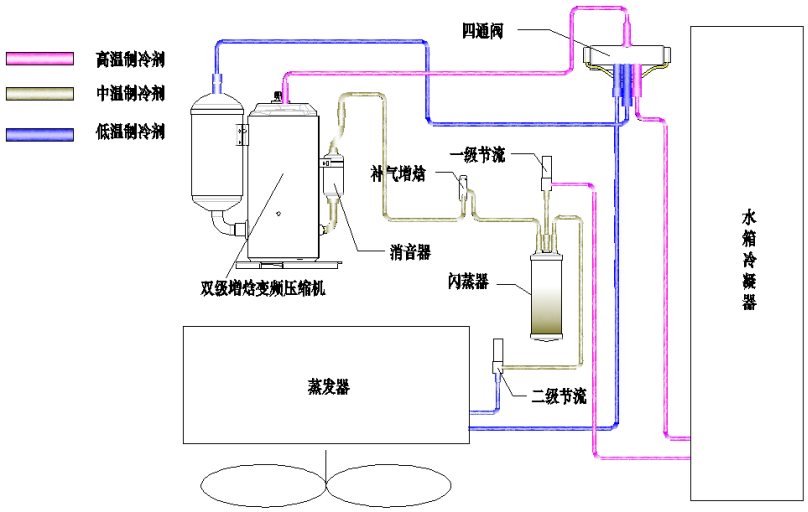


图 2 利用双级焓增变频压缩机的热泵热水器设备工艺流程图

五、主要技术指标

1.系统 COP 可达 5.44W/W；

2.在-15℃环境温度下制热最大 COP 可达 3.0W/W。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术 2012 年 12 月通过了广东省科学技术厅组织的技术鉴定。获得授权发明专利 4 项；获得授权实用新型专利 19 项。

目前该技术已进入产业化阶段，在制造成本上，双级增焓变频热泵较同等能力的热泵成本增加不到 5%，具备很好的产业化推广应用条件。随着国家节能环保政策的推进和人们对舒适制热和热水的更高追求，双级增焓变频热泵技术以其高效节能、安全舒适的优点，未来市场有望持续快速增长，具有广阔的发展前景。

七、典型应用案例

典型用户：中山阳光花园小区、江西红星小区等。

典型案例 1

案例名称：珠海格力电器股份有限公司

技术提供单位：中国储备粮管理总公司

建设规模：432 套住房改造。主要技改内容：双级增焓变频热泵热水器替换电热水器。主要设备为双级增焓变频热泵热水器等。技改投资额 346 万元，建设期 3 个月。年节能量 560tce，年减排量 1478tCO_2，投资回收期约 3 年。

典型案例 2

案例名称：江西红星小区燃煤锅炉热水工程改造项目项目

案例名称：珠海格力电器股份有限公司

建设规模：564 套住房改造。建设条件：小区原供热水方式为燃煤锅炉集中供热水方式，主要技改内容：双级增焓变频热水器替换燃煤锅炉， 主要设备为双级增焓变频热水器等。技改投资额 451 万元，建设期 2 个月。年节能量 610tce，年减排量 1610tCO_2。投资回收期约 5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，我国电热水器制热水占热水器总销量的40%，销售量大约在650万台，预计未来5年，在热水器领域的推广比例可达5%，形成的年节能能力为90万tce，年碳减排能力为238万tCO_2。

141 玻璃瓶罐轻量化生产技术

一、技术名称：玻璃瓶罐轻量化生产技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 日用玻璃

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

据统计，2010 年规模以上日用玻璃行业生产玻璃瓶 1993 万 t，完成工业总产值 1262 亿元。预计在“十二五”期间日用玻璃行业生产量年平均增长率在 8%-10%，到 2015 年，我国日用玻璃瓶年产能将达 2500 万 t。

“十二五”期间日用玻璃吨玻璃产品消耗 440kgce，按照 2010 年日用玻璃实际产能和能耗指标测算，目前我国日用玻璃行业实际消耗约 874 万 tce。

我国现有玻璃瓶的盛装水平为 1.0t 玻璃瓶盛装 1.1t 食品或饮料，一般是 440g 玻璃瓶重盛装 500g/500ml 食品或饮料。因此，在保证产品质量和满足用户使用条件及要求的前提下，降低相同容积（盛装量）玻璃瓶的重量，将大大减少原材料和能源的消耗，有效实现社会资源的节约，并从根本上实现节能减排。目前应用该技术可实现节能量 3 万 tce/a，减排约 8 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

通过优化玻璃配方，提高窑炉自动化控制水平和精度，提高玻璃液熔化质量和均匀度，优化瓶型设计，使用良好材质的玻璃模具和先进压吹法行列式制瓶机等一系列技术和手段，使玻璃在瓶罐各部位分布均匀，以达到减少瓶壁、瓶底的厚度，总体减轻瓶罐重要的目的。

2.关键技术

玻璃配方及控制系统、高效节能窑炉即控制系统、精密控制供料道、模具及瓶型的设计、行列式制瓶机。

3.工艺流程

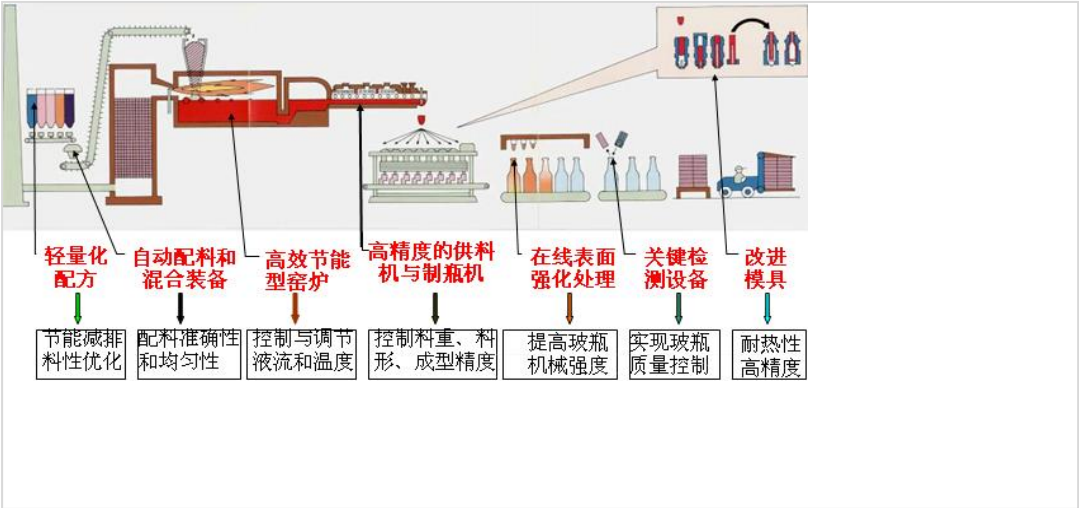


图 1 玻璃瓶罐轻量化生产工艺流程图

五、主要技术指标

1.产品环切均匀度达到 B^- 以上，相对密度差≤5×10^{-4}；

2.瓶罐轻量化度值小于等于 1；

3.可回收瓶罐轻量化度 L＝0.44×瓶重（g）/满口容量$^{(0.81)}$（ml）；

4.一次性瓶罐轻量化度 L＝0.44×瓶重（g）/满口容量$^{(0.77)}$（ml）；

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

我国是玻璃瓶罐生产大国，绝大部分企业采用的是吹吹法行列机制瓶方式，目前仅有少部分企业积极引进或研究开发玻璃瓶罐轻量化生产技术，并取得了一定的成效，而国外发达国家大部分瓶罐的生产已基本实现了轻量化，因此，在我国推广潜力较大。

七、典型应用案例

典型用户：广东佛山华兴轻量化食品瓶项目。

典型案例 1

案例名称：佛山华兴 1#炉 10 万 t 项目

建设规模：新建一座年产 10 万 t 轻量化酱油瓶窑炉。主要技改内容：4 条轻量化玻璃瓶罐生产线。主要设备为自动化配料设备、高效节能窑炉、伺服控制行列式制瓶机、摄像检验机等。技改投资额 12000 万元，建设期 1 年。年节能量 5500tce，年减排量 14520tCO_2。投资回收期约 5 年。

典型案例 2

案例名称：广东三水华兴轻量化啤酒瓶项目

建设规模：年产 12 万 t 窑炉。主要技改内容：4 条轻量化瓶罐生产线等。技改投资额 15000 万元，建设期 1 年。年节能量 6600tce，年减排量 17424tCO_2。投资回收期约 5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

轻量化玻璃瓶在满足使用要求和保证产品质量的前提条件下，通过降低玻璃瓶重量的方法，可使单位容量的玻璃瓶降低重量20%-40%，实现单位容积玻璃制品能耗降低15%-30%。预计未来5年，全国将有20%约600万千升的内装物可使用轻量化玻璃瓶罐进行包装，可产生的年节能能力约实现节能量20万tce，年碳减排能力53万tCO_2。

142 基于感应耦合的无极荧光照明技术

一、技术名称：基于感应耦合的无极荧光照明技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 工矿、场馆、道路、隧道等领域照明

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前我国全社会用电量为 49591 亿 kWh，照明用电占全社会用电量的 13%左右，照明用电量约为 6447 亿 kWh，照明领域的节能减排潜力很大。应用该技术可实现节能量 54 万 tce/a，减排约 143 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该技术以电磁感应耦合放电为工作原理，电磁场的能量以感应方式耦合到灯泡内，使灯泡内气体被击穿，形成等离子体。等离子体受激发原子返回基态时，辐射出253.7nm的紫外线，激发灯泡内壁的荧光粉产生可见光，改变了传统光源由电能转变为热能再转变为光能的发光原理，减少了热能损耗，并具有光衰小、眩光小、显色性高、稳定性好、瞬时启动等特点，可应用在工程照明等领域，替代传统的高压汞灯、高压钠灯及金属卤化物灯，降低功率，节约电能。此外，由于灯泡内没有灯丝，且电路采用高频电子开关电路，延长了灯泡的工作寿命。

2.关键技术

（1）高耦合率的结构设计技术；

（2）EMC 模组、电路结构设计技术；

（3）大功率电子镇流器开关电源技术；

（4）汞齐和辅助汞齐技术。

3.工艺流程

该项技术的工作原理见图 1 和图 2。

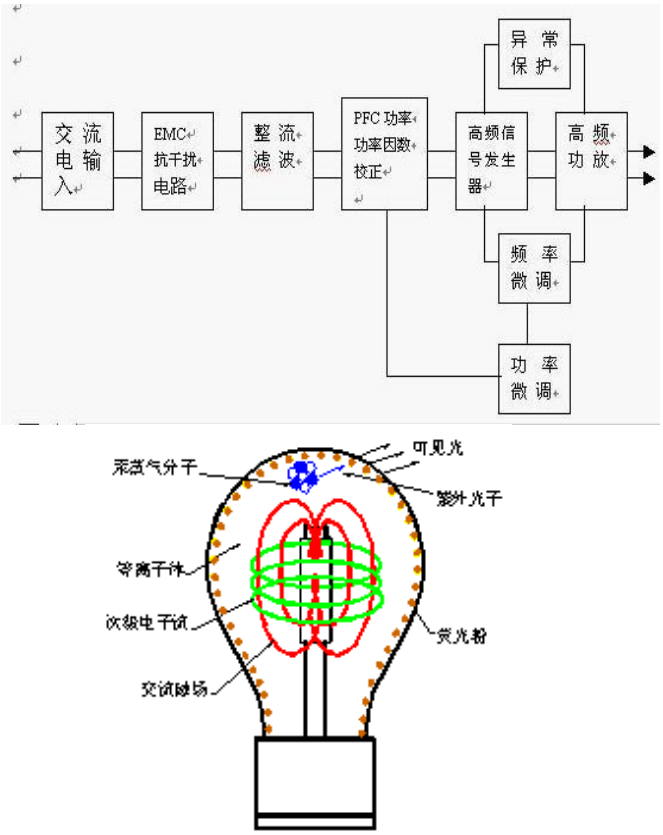


图1　内耦合无极灯工作原理图

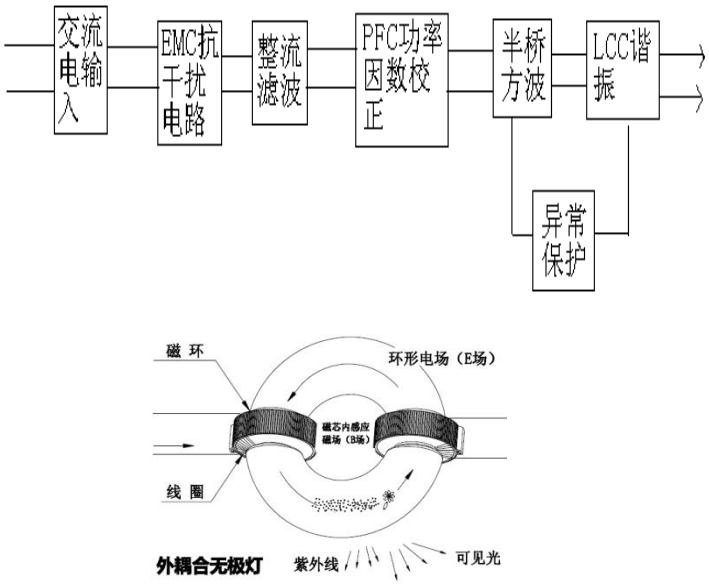


图 2 外耦合无极灯工作原理图

五、主要技术指标

1.内耦合无极灯光效≥70 lm/W；

2.外耦合无极灯光效≥90 lm/W 以上；

3.光通维持率达到 85%每 1 万小时以上，70%每 6 万小时以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已通过国内外多项产品认证，拥有无极灯相关专利技术 29 项。国内已有无极灯的国家和行业标准 7 项，正在起草的标准有 3 项。国内无极灯生产企业已有数百家，目前国内最大的无极灯生产基地具有 7 条无极灯生产线，拥有年产 100 万套无极灯的生产能力。

七、典型应用案例

典型用户：银川望远工业园管理委员会、成都现代工业港管理委员会等

典型案例 1

案例名称：银川望远工业园道路亮化工程项目

技术提供单位：成都东旭节能科技有限公司

建设规模：8 条道路，共计 51km，包括灯杆、灯具及项目施工。建设条件：新建照明工程，包含节能光源安装及相关工程施工。主要技改内容：使用无极灯 5164 套用于新建道路照明。主要设备为无极灯光源、专用灯具、灯杆等。技改投资额 6800 万元，其中节能灯具费 664 万元，建设期 1 年。年节能量 990tce，年减排量 2614tCO_2，年节能经济收益 130 万元。

典型案例 2

案例名称：成都现代工业港道路节能改造项目

技术提供单位：成都东旭节能科技有限公司

建设规模：18 条道路，共计 46km 的道路节能改造。建设条件：灯具替换。主要技改内容：使用 1052 套无极灯替换原有钠灯用于道路节能改造。主要设备为无极灯光源、专用灯具等。技改投资额 775 万元，其中节能灯具费 167 万元，建设期 3 个月。年节能量 202tce，年减排量 533tCO_2，年节能经济收益 49 万元。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来5年，我国无极灯的产量达1000万套左右，可应用在工矿、场馆、道路、隧道等领域照明，替代传统的高压汞灯、高压钠灯及金属卤化物灯等。预计推广比例可达10%，可形成的年节能能力180万tce，年减排潜力475万tCO_2。

143 金属纤维全预混强制鼓风商用燃气灶节能技术

一、技术名称:金属纤维全预混强制鼓风商用燃气灶节能技术

二、技术所属领域及适用范围:轻工行业 商用燃气灶具

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国传统的中餐灶技术多采用大功率风机将火焰吹出、火焰对流冲刷加热锅底的燃烧方式，这类技术存在燃烧器功率大、热效率低、风机耗电量大、空烧浪费严重、噪音大、燃烧不充分、污染物排放高等问题。传统中餐灶每灶眼能耗约为 45-60kW，热效率通常在 20%-28%，能源损失严重。目前该技术可实现节能量 9 万 tce/a，减排约 24 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用完全预混式的金属纤维表面燃烧方式，使燃气与空气完全预混，实现金属纤维表面均匀的燃烧辐射和高强度的蓝色火焰，并能在红色和蓝色火焰两种模式下平滑过渡，燃烧完全；采用直流风机、文丘里燃气空气混合装置及压力伺服电磁阀实现燃气空气比例调节，燃烧自动控制系统实现自动点火和火力无级负荷控制。通过上述燃烧方式，相对传统商用灶，能有效提高燃烧器的热效率，节约燃料。

2.关键技术

（1）采用耐腐蚀结构的金属纤维表面燃烧技术

燃烧器的头部将燃气、空气混合物均匀分布在金属纤维网格上，并进行稳定的完全燃烧。燃烧器头部采用坛式结构，上封盖及紧固密封件之间设有防水缝隙，坚固密封件上设有挡水檐，可以有效防止含盐汤汁对金属纤维网的腐蚀。

（2）全预混式比例自动调节技术

自动控制系统控制风机与电磁阀将燃气与空气在文丘里混合器中按照比例完全预混，将混合后的气体吹送到燃烧器中完全燃烧，通过控制电位器调节档位可实现无级负荷调节。

（3）分离式长明火自动点火技术

将自动点火系统设计在燃烧器底部且不接触主燃烧器火焰，不使其他部件过

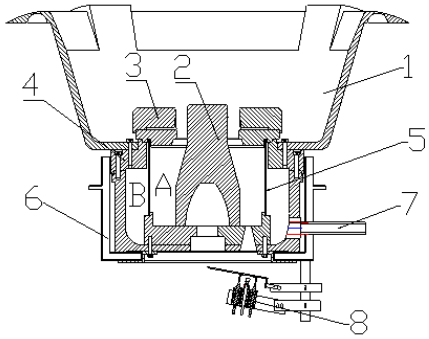
热，解决了点火针附着在燃烧器头部上导致点火针及其导线在高温下易损毁的难题，保证点火的安全可靠性，底部点火速度快，不会产生爆燃。

（4）保温隔热复合炉膛技术

炉膛采用锥形复合锅圈设计，设计定制了与锅圈连为一体的锥形复合炉膛，内壁采用不锈钢、外壁采用铸铁制造，夹层采用硅酸铝陶瓷棉的设计，具有良好的保温隔热功能。

3.工艺流程

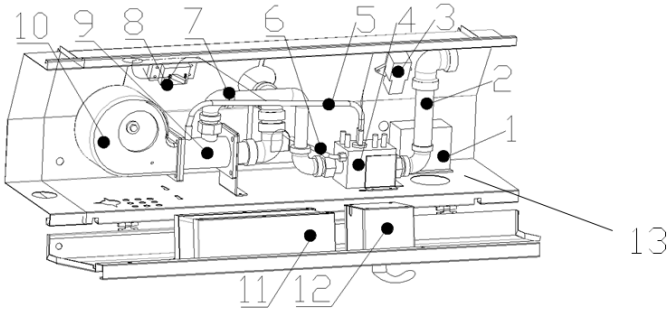
金属纤维全预混强制鼓风商用燃气灶的燃烧器头部结构见图 1。



1 锥形锅圈；2 导流锥形件；3 上封盖；4 紧固密封件；5 嵌合式表面燃烧构件；7 混合气体进气管；8 分离式长明火点火装置；A 燃烧室；B 混合室

图 1 燃烧器头部结构示意图

金属纤维全预混强制鼓风商用燃气灶的控制系统结构见图 2。



1 变压器；2 主燃气管；3 脉冲点火器；4 压力伺服电磁阀；5 硅胶管气压取样管；

6 长明火燃气管；7 分支燃气管；8 漏电保护装置；9 文丘里混合器；10 直流风机；

11 数字热流量显示控制面板；12 数字热流量调节控制器；13 安全隔离舱

图 2 控制系统结构示意图

五、主要技术指标

1.额定功率：20-30kW；

2.热效率：45%-50%；

3.干烟气中 CO 含量：≤0.05%；

4.风机功率：≤90W；

5.燃烧噪音：45-67dB。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2009 年通过山东省建设厅组织的科技成果鉴定， 2012 年通过国家燃气用具产品质量监督检验中心（佛山）的检测，同年通过中国城市燃气协会与住房和城乡建设部科技发展促进中心联合主办的科技成果评估；2013 年 5 月获得中国烹饪协会颁发的中餐科技进步奖一等奖，并已获得国家专利 30 余项，其中发明专利 1 项。自 2011 年以来，金属纤维全预混强制鼓风商用燃气灶已在北京、烟台、青岛、上海、重庆、武汉、深圳等多个地区进行推广应用，累计使用 500 多台。

七、典型应用案例

典型用户：北京市东城区政府机关食堂、中国政法大学、中国全聚德（集团）股份有限公司、深圳维也纳精品连锁酒店、深圳面点王饮食连锁有限公司等。

典型案例 1

案例名称：深圳维也纳精品连锁酒店中餐灶具项目

技术提供单位：烟台众德环保设备科技有限公司

建设规模：中餐灶具 100 台。主要技改内容：以金属纤维表面燃烧高效中餐灶取代传统灶具，主要设备为金属纤维表面燃烧中餐灶。节能技改投资额 180 万元，建设期 1 个月。每年可节能 494tce，碳减排 1300tCO_2。年节能经济效益为 230 万元，投资回收期约 9 个月。

典型案例 2

案例名称：烟台东山宾馆中餐灶具项目

技术提供单位：烟台众德环保设备科技有限公司

建设规模：中餐灶具 17 台。主要技改内容：以金属纤维表面燃烧高效中餐灶取代传统灶具，主要设备为金属纤维表面燃中餐灶。节能技改投资额 30.6 万元，建设期 1 个月。每年可节能约 129tce，碳减排 340tCO_2。年节能经济效益为约 38 万元，投资回收期约 12 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

中餐燃气炒菜灶是餐饮、饭店、学校和部队食堂等的主要炊事用具，该技术具有良好的推广前景。预计未来 5 年，该产品可在行业内推广比例达 10%，项目总投资额 54 亿元，年节能能力达 90 万 tce，年碳减排能力达 238 万 tCO_2。

144 LED 智能照明节能技术之一：道路照明技术

一、技术名称：LED 智能道路照明技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 室外道路照明场所的新建照明工程和照明节能改造工程

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

道路照明由于应用在户外场所，对产品性能的要求较高，如要求照度均匀、无眩光、寿命长、可靠性高、色温可调节等，其应用产品主要包括高压钠灯、金卤灯、无极灯和LED灯等。随着LED照明技术的提升、价格的下降，以及城市照明节能减排的需求日益迫切，道路照明市场对LED路灯的需求量也快速增长。

根据中国照明学会和华通人公司的调查研究表明，2014年照明用电约占全社会用电量的14%左右，其中道路及景观照明用电约占全社会照明用电的38%，成为用电量最大的照明领域。

据CSA Research调研，2014年LED道路照明产品的整体光效超过100 lm/W，与高压钠路灯相比，采用LED路灯产品可节电40%以上。假设道路照明产品每天使用11小时，每年使用365天，则每盏灯的年节电量Eu为：

$$E^{u} = \frac{(W_{\mathrm{HPSL}} - W_{LED}) * 11 * 365}{1000}$$

其中：Eu为每盏路灯年节电量（kWh）；WHPSL为高压钠灯的功率（W）；WLED为LED路灯的功率（W）。假设道路照明产品每天使用11小时，每年使用365天，以140WLED路灯替换250W高压钠灯计算，则每盏灯的平均年节电量Eu为442kWh（度）。

若应用N盏LED路灯，则LED路灯的总节电量E如下：

$$E = \frac{(W_{\mathrm{HPSL}} - W_{LED}) * 11 * 365 * N}{1000}$$

据CSA Research统计数据，2014年我国LED路灯国内销量约688万盏，则据此公式，年节电量约30亿kWh，相当于年节约标煤9600万t，年减排二氧化碳约275万t。

注：1kWh电相当于0.35kg标煤，0.9074kgCO_2

四、技术内容

1.技术原理

LED(Light Emitting Diode),发光二极管,是包含了P-N结的半导体器件，在被电流激发时，将发出非相干的光辐射。典型的LED芯片结构如图1所示，白光LED器件的现主要为蓝光LED配黄色荧光粉结构，如图2所示。

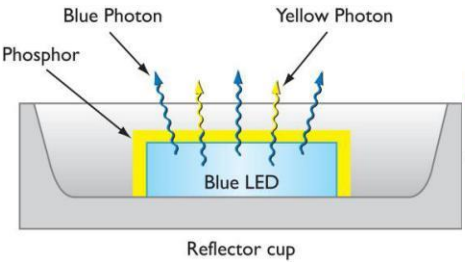


图1 LED芯片结构示意图

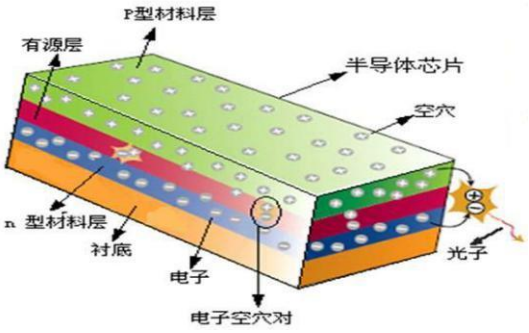


图2 白光LED结构示意图

LED 灯是指基于 LED 发光技术的光源，LED 照明产业链如图 3 所示

图3 LED照明产业链简图

2.关键技术

LED路灯一般包括LED器件、控制装置、光学配件、散热部件等，关键技术包括芯片封装、二次配光设计、结构及散热技术、驱动电路设计等。LED路灯应首先考虑满足安规、电磁兼容等基本要求，确定LED灯具的具体外型尺寸、内部结构、电气连接方式等，考虑LED模块、控制装置的通用型、互换性，以保证设

计出满足LED模块、控制装置可以互换的LED路灯。

3.工艺流程

LED 路灯的工艺流程如图 4 所示：

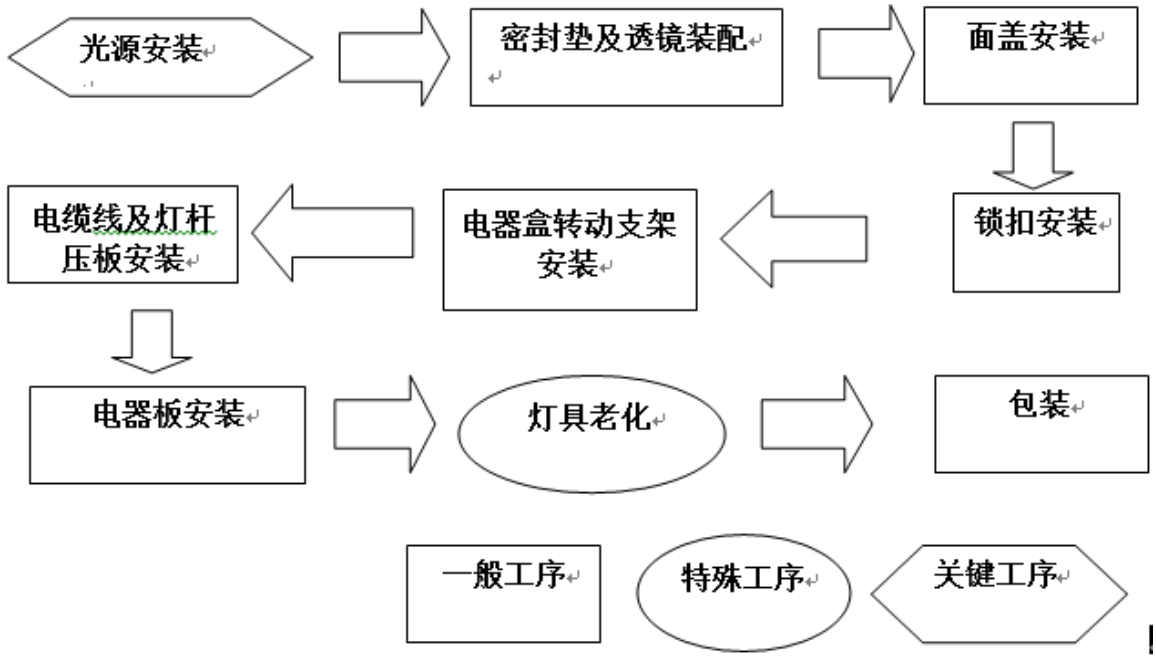


图4 LED路灯工艺流程图

五、主要技术指标

1.LED路灯应符合GB17625.1、GB17743、GB/T18595相关的电磁兼容的要求。

2.LED路灯应符合GB7000.1、GB7000.203相关的安全要求。

3.LED路灯需满足LED模块、电子控制装置互换，满足CSA016-2015、CSA022-2015的符合性测试。

4. LED路灯额定色温不宜大于5000K；整灯光效≥100lm/W（额定相关色温≤4000K)，整灯光效≥105lm/W（4000K<额定相关色温≤5500K)；功率因数≥0.98，显色指数应不小于70，防护等级不应低于IP65，寿命不小于2.5万小时。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

城市道路主要分为主干道/快速路、次/支干道、人行道路等几类，不同道路对照明的要求不同，使用的照明产品也不相同，传统照明产品主要有 150W、250W 和 400W 高压钠灯，基于 2013 年底 LED 道路照明产品的技术水平，对应的 LED 照明产品则以 90W、140W、250W 的 LED 路灯为主。基于政府市政工程的推广

应用，目前，我国路灯市场是 LED 通用照明细分市场中发展最为成熟的市场之一，生产 LED 路灯产品的厂商众多，随着 LED 路灯技术水平的不断提升，LED 路灯市场规模不断增长，市场渗透率不断提高。目前，LED 道路照明技术在支次干道的应用日益成熟，在主干道的应用还在进一步探索中，而且向智能照明系统方向发展，节能减排效果愈发显现。

据全球市场研究机构 DIGITIMES Research 2014 年 3 月发布的《2014 全球高亮 LED 市场趋势及安装量预测分析报告》显示，目前全球路灯安装量约为 2 亿盏，其中欧洲约 6500 万盏，占比 30%以上，美国约 4400 万盏，占比约超过 20%。

据 CSA Research 调研统计，2014 年，我国 LED 路灯产量约 840 万盏，国内市场销量约 688 万盏，年增长率达超过 90%，其国内市场渗透率约 25%，国内市场规模约 76 亿元。而中国目前的路灯安装量（保有量）约在 3500 万盏，其中 LED 路灯安装量约 800 万盏。

七、典型应用案例

典型案例 1

典型案例应用单位：扬州市市政道路

项目名称：扬州市文昌西路节能改造工程

技术提供单位：江苏史福特光电股份有限公司

建设规模：1445 盏 LED 路灯。主要技改内容：扬州市文昌西路 3×250W 高压钠灯改造为 3×120W LED 路灯，主要设备为防眩光高效 LED 路灯。节能改造投资额 300 万元，年节能量约 894tce，年减少碳排放量约 2360tCO_2。每年节电可获经济效益 223 万元，投资回收期约 1.5 年。

典型案例 2

典型案例应用单位：大连普兰店经济开发区管理委员会

项目名称：大连普兰店经济开发区 LED 路灯改造项目

技术提供单位：山西光宇半导体照明股份有限公司

建设规模： 200 瓦 LED 路灯灯具 729 盏，150 瓦 LED 路灯灯具 101 盏，100 瓦 LED 路灯灯具 531 盏，项目共计 1361 盏 LED 路灯。主要技改内容：振兴路、振兴桥、平安河桥、滨海路用 200W LED 路灯；兴民街、延长线用 150W LED 路灯；纳水南路、海河路、海口路、海平路、海甸路、兴和街用 100W LED 路

灯。投资额 1878 万元，年节能量约 154tce，年减少碳排放量约 400tCO_2。每年节电可获经济效益 100 万元，投资回收期约 2.5 年。

典型案例 2

典型案例应用单位：大连普兰店经济开发区管理委员会

项目名称：深圳市 LED 路灯节能改造三标段项目

技术提供单位：四川九洲光电科技股份有限公司

建设规模：全市道路的传统高压钠灯改造，项目共计 10837 盏 LED 路灯。建设期 2 个月，投资额 4900 万元，年节能量约 2583tce，年减少碳排放量约 6463tCO_2。每年节电可获经济效益 100 万元，投资回收期约 4 年。

中节能晶和案例，由中节能咨询公司编写。

八、推广前景及节能减排潜力

随着城镇化步伐加快以及节能减排的迫切需求，LED 道路照明产品极具推广前景。据交通部“十二五”规划，至 2015 年，我国的公路总里程将达到 450 万 km，高速公路总里程达到 10.8 万 km，二级及以上公路里程达到 65 万 km，农村公路总里程达到 390 万 km。这意味着，截至 2015 年我国道路照明光通量超过 5000 亿 lm。CSA Research 根据国标对道路照明的规定要求和国内道路里程测算，到 2015 年我国的路灯需求量约 3800 多万盏，市场空间巨大。

据 CSA Research 测算，预计未来几年，LED 路灯仍将维持 20%以上的年复合增长率，2015 年我国 LED 路灯国内销量将超过 950 万盏，其国内市场渗透率将超过 30%；预计未来 5 年，我国 LED 路灯国内销量将接近 2500 万盏，其国内市场渗透率将超过 65%。

根据此公式，按照 CSA Research LED 路灯国内销量预测数据， 则 2015 年我国国内 LED 路灯销售年节电量超过 40 亿 kWh，相当于年节约标煤超过 1 亿 t，年减排 CO_2 超过 370 万 t； 2020 年我国国内 LED 路灯销售年节电量超过 100 亿 kWh，相当于年节约标煤约 1.3 亿 t，年减排 CO_2 超过 980 万 t。

145 LED 智能照明节能技术之二：隧道照明技术

一、技术名称：LED 智能隧道照明技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 属于道路照明；适用于所有高速公路和城市的道路隧道照明。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

传统隧道照明一般均采用传统高压钠灯或荧光灯。据统计，10000 盏 115W 的高压钠灯一年要耗电约 10074000kWh，相当于排放 4069.9tce/a、10043.8tCO_2/a。

四、技术内容

1．技术原理

隧道灯属于大功率照明，散热属于关键技术、难点技术。传统的LED隧道灯采用铝基板、铝散热器的密封结构，铝基板中存在隔热的绝缘层，且热量容易密封在密封的灯具腔体结构内，大大影响导热和散热的效果。

采用陶瓷材料的蜂窝式镂空对流散热技术，完全打开了密封腔体，使得热量能很快地通过空气的上下对流散出去；同时陶瓷同时具有绝缘好和散热好的优点，具有很好的导热和散热效果。

通过独特的陶瓷近端对流散热技术，提高散热效率，大大减轻灯具重量；通过采集隧道洞外亮度、车流量、车速及隧道内亮度或照度等数据，经过系统智能算法及时调整隧道里的亮度，实现二次节能；通过精确的二次配光技术，提高光的利用率，实现更多的节能；采用软开关技术，提高LED驱动的效率，从而达到更节能的目的。

2．关键技术

（1）蜂窝式镂空对流散热技术

通过独特的蜂窝式镂空近端对流散热技术，提高散热效率，大大减轻灯具重量。

（2）陶瓷材料作为散热导热材料的技术

率先在隧道灯中采用陶瓷作为散热和导热材料，获的很好的绝缘、导热、散热效果。

图 1 陶瓷像素体

（3）根据车流量和隧道外亮度，进行亮度调节，实现按需照明智能控制技术。

（4）863科技攻关课题“标准化、模块化LED道路照明及智能控制系统研发及示范”的成果转化。

3．工艺流程

（1）智能控制技术

LED照明控制系统主要由上位机监控软件系统、LC300系列集中控制器、服务器、监控电脑、传感设备、智能电源等组成，系统的主要结构如下图所示：

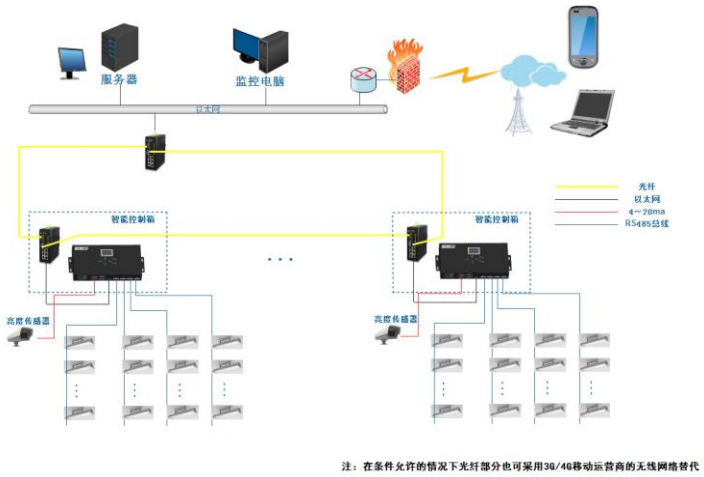


图2 智能控制系统结构图

（2）LED 照明灯散热设计技术

采用高导热性、高绝缘性的陶瓷材料做成灯具散热底座，将LED贴片直接贴装在陶瓷底座上，形成单个的镂空的对流散热的陶瓷像素体。其热量传递途径为：LED芯片PN结——焊接电路层——陶瓷灯体——空气，这种一体式散热结构，解决了热量传递过程中热阻大的问题，使热阻几乎接近于零。

五、主要技术指标（与节能相关的技术指标为主）

1．LED 隧道灯比传统高压钠灯或荧光灯节能 40%以上；

2．LED 隧道灯寿命达到 50000 小时，是传统高压钠灯或荧光灯寿命的 5 倍。

3．隧道灯的要求（参照相关标准）

初始光效（lm/W）：

额定相关色温≤3500K 时，应≥90；

3500K<额定相关色温≤5000K 时，应≥95；

5000K<额定相关色温≤6500K 时，应≥100；

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

隧道节能技术已获得奖项包括了隧道中国 2013 最知名照明设备提供商，上海市节能产品称号，2013 节能中国优秀产品，19 届广州国际照明展览会-阿拉丁神灯奖，上海发明创新奖三等奖，2013 年创新产品等。获得专利 29 项，其中，发明专利 11 项，实用新型 17 份、外观专利 1 份。

相关产品已在大连路隧道、泉州南惠隧道、江西景鹰黄竹山隧道等隧道工程中得到好评。

七、典型应用案例

典型案例 1

典型案例应用单位：上海大连路隧道

项目名称：上海大连路隧道基本照明系统 LED 节能改造项目

技术提供单位：上海三思电子工程有限公司

建设规模：线路总长约 2.5km，安装 1600 盏 LED 隧道灯。主要技改内容：原采用的 1600 盏传统的荧光灯照明，每盏灯的功率 80W，使用寿命约为 8000 小时，投资额 118 万元，建设期 4 个月。每年节省耗电约 732000kWh，约合每年节约 234tce，减排 510tCO_2，年节能经济效益 116 万元，投资回收期 1 年。

典型案例 2

典型案例应用单位：云南大丽高速公路建设指挥部

项目名称：云南省大丽高速公路 LED 隧道照明工程项目

技术提供单位：上海三思电子工程有限公司

建设规模：安装 12462 盏 LED 节能灯，节能技术投资额 505 万元。LED 光源采用蜂窝近端对流散热设计技术，整灯寿命达到 50000 小时。每年节省耗电约

6000000kWh，约合每年节约 2424tce，减排量 5284tCO_2，年节能经济效益 600 万元，投资回收期 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

近年来，我国 LED 隧道灯应用市场发展迅速，我国正成为全球 LED 隧道灯需求量最大的国家。如果做到 LED 隧道灯的全覆盖，年节省二氧化碳排放量将达到万吨级别。放眼全国，隧道 LED 智能照明节能技术带来的节能效应将非常可观。预计未来 5 年，该技术在隧道交通行业中的推广将达到 50%，预计总投入 6.25 亿元，节能能力可达约 44 万 tce/a，减排 96 万 tCO_2/a。

146 LED 智能照明节能技术之三：地铁照明技术

一、技术名称： LED 智能地铁照明技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 属于室内建筑照明；用于地铁、轨道交通车站、站厅、站台和车箱等所有环境的室内公共区域照明。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

通常，地铁照明采用传统的荧光灯，一般情况下，采用 T8 双管荧光灯。据统计，每 10000 盏荧光灯一年耗电 5256000kWh，相当于每年耗能 2123tce，排放 5240tCO_2。

四、技术内容

1．技术原理

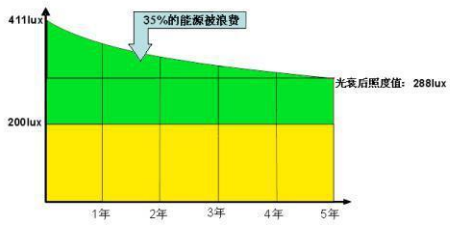
一般的室内LED平面灯具，为了达到出光柔和、舒适的要求，出光面罩采用磨砂或雾化材料，对光的损失很大。大反射式配光技术，出光面罩采用全透明的钢化玻璃，光损失少、节能效果好，同时大反射式配光技术通过反射、散射，也获得了柔和、舒适的出光效果。

LED照明节能的根本原因在于其光效高，寿命长，产生同等亮度需要耗费的电功率比传统灯具小。随着照明环境的变化（如时间、人流量、温度等），通过智能照明监控系统实时地、灵活地采用多种调光方式（0-5V/10V、脉宽调制PWM、DALI协议、 RS485通信、无线-WIFI等）对照明亮度进行调节控制，从而达到按需照明的目的，进一步提升节能效果。

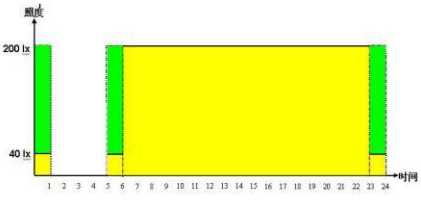
2．关键技术

（1）配光上，运用大反射、散射光学设计技术，解决LED灯具高效率与无眩光的矛盾，既节能，又确保乘客视觉的舒适性、柔和性。

（2）采用智能场景模式实现多状态下的亮度调整方案，如高峰模式、平谷模式、参观模式、清扫模式、停运模式等实现按需照明的节能模式、更大限度地增加节能效果。



系统调光节能（1）



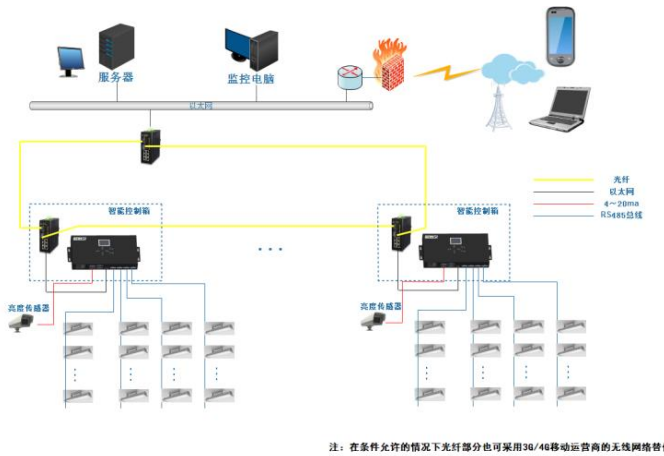
系统调光节能（2）

（2） 散热技术采用长条整体外壳散热设计技术。

大反射式技术的照明灯

3．工艺流程

LED 照明控制系统主要由上位机监控软件系统、LC300 系列集中控制器、服务器、监控电脑、传感设备、智能电源等组成，系统的主要结构如下图所示：



系统调光节能：采用数字调光技术，将前期的亮度调下来，降低运行功率，提高节能效果，同时使得灯具的寿命延长。

大反射式技术：解决了 LED 灯具高效率与无眩光的矛盾，使光强分布精确并合理化。

五、主要技术指标

1．LED 节能灯具比荧光灯节能 30%-40%；

2．LED 节能灯具寿命达到 50000 小时，是传统荧光灯的 6 倍。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

本技术获得得专利 29 项，其中，发明专利 11 项，实用新型 17 份、外观专利 1 份。

该技术于 2010 年首次应用在深圳地铁二号线照明工程，至今已在杭州地铁、上海地铁、郑州地铁照明工程中得到应用。获得的奖项有：

1．.第二十四届上海市优秀发明选拔赛优秀发明铜奖；

2．上海发明创新奖三等奖；

3．2010 中国 LED 应用工程优秀奖；

4．光耀 2013 年创新产品；

5．第八届中照照明奖：科技创新奖优秀奖。

七、典型应用案例

典型案例 1

典型案例应用单位：深圳地铁集团有限公司

项目名称：深圳地铁二号线 LED 综合节能照明工程

技术提供单位：上海三思电子工程有限公司

建设规模：在 29 个地铁车站公共区、出入口通道、设备区有人值班房间及走廊、垂直电梯轿厢，车辆段建筑内办公室、走廊、洗手间、门厅、列车检修地沟、停车场等场所，安装 25590 盏 LED 节能灯，项目投资额 3392 万元。深圳地铁 2 号线每天早上 6 点半开始运营至晚上 23 点半结束，灯具照明使用时间 17 小时计算，25590 盏 LED 节能灯，灯具总功率 937.53kW，每天耗电 15938kWh，每年用电 5817373kWh。在满足地铁照明设计要求的前提下，通过每盏灯的系统调光技术调节亮度和照度，减少光衰，实现照明系统的综合节能，与 T8 荧光灯照明系统平均水平相比，LED 节能灯整体节能超过 50%。平均每年节能 2787tce，减排 6076tCO_2，年节能经济效益 688 万元，投资回收期约 3 年。

典型案例 2

典型案例应用单位：郑州地铁集团有限公司

项目名称：郑州地铁 1 号线 LED 节能照明工程

技术提供单位：上海三思电子工程有限公司

建设规模：在郑州地铁 1 号线的 7 个站点的区间隧道和工作站安装了 2687

套 150 型的 LED 节能灯，项目投资额 131.8 万元。在满足地铁照明设计要求的前提下，与荧光灯照明系统平均水平相比，LED 照明系统节能 65%，每年可节省电费 42.3 万元，节能 155.37tce，减排 338.7 tCO_2，投资回收期约 3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前我国约有十余个城市开通地铁，另有十余个城市正在建设中，各地铁集团对 LED 地铁灯具新安装及替换工程需求量极大。目前该技术推广比例为 10%，预计未来 5 年该技术的推广比例将达到 40%，预计总投入 10 亿元，形成年节能能力 40 万 tce，年减排二氧化碳 87 万 tCO_2。

147 基于 LED 发光特性的广告灯箱节能技术

一、技术名称：基于 LED 发光特性的广告灯箱节能技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 照明行业轨道交通等场所的广告灯箱系统

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国广告灯箱的主要光源系统仍以 T8/T5 的荧光灯管为主，这类灯管存在光效低、功耗大、光照度衰减严重、寿命短等不足。据统计，目前全国地铁线路共 93 条，总共 2418 个站点，以每个站点 80 个灯箱，灯箱面积约 90 万 m^2，每个灯箱 500W 计算，其照明耗电量超过 4 亿 kWh/a。此外，公交站台、高铁站、机场等场所也存在大量广告灯箱，该领域具有较大的节能减排潜力。应用该技术可实现节能量 1 万 tce/a，减排约 3 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术采用 LED 作为主体光源，对 LED 光源进行模块化设计，采用铝型材作为散热器，上侧使用透明材料作密封处理，侧部用防火橡胶或塑料进行封闭，以使 LED 不受水汽和灰尘的侵蚀，降低 LED 的光损耗，延长 LED 的使用寿命，保证灯箱的光照度。同时，利用二次反射理论，将散热器型材作为光反射板，对匀光板反射回来的光进行二次反射，匀光板的一次透光率为 55%，通过反射器进行二次反射后，整体透光率可达到 85%，提高了出光效率。在保持光照度不变的情况下，相对传统的荧光灯管，大幅降低了广告灯箱的功耗。

2. 关键技术

（1）LED 模块密封技术。利用 LED 模块密封技术防止环境因素造成 LED 的光衰减，确保 LED 灯箱的显示效果；

（2）灯箱反射器二次反射技术。利用二次反射技术提高灯箱光照度，降低灯箱功耗。

3. 工艺流程

基于 LED 发光特性的广告灯箱的 LED 模块设计图、反射器反射示意图、反

射器二次反射示意图分别见图 1、2、3 所示。

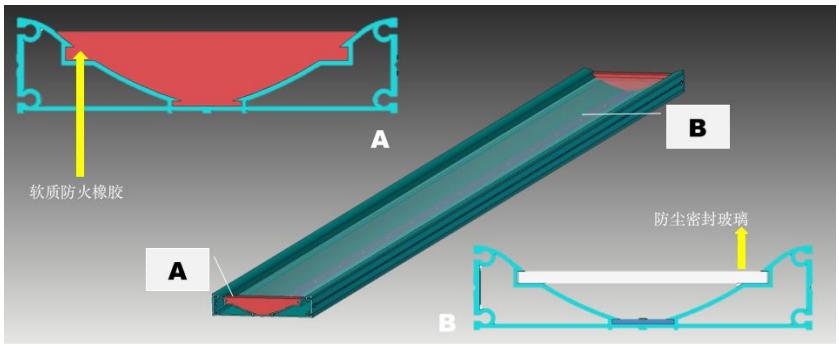


图 1 LED 模块设计图

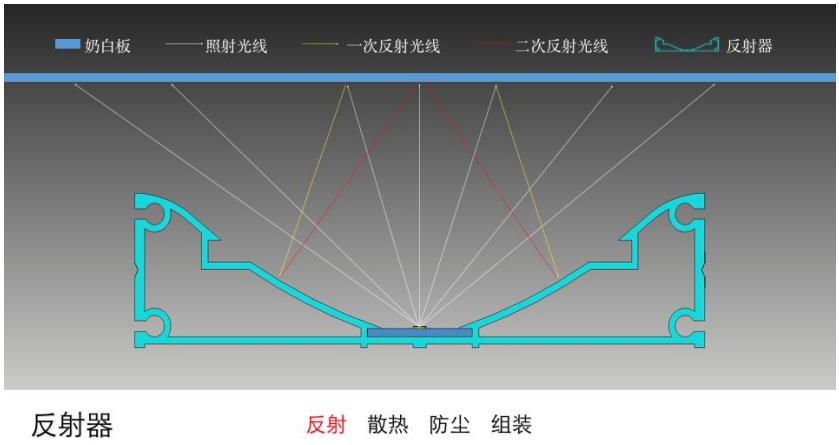


图 2 反射器反射示意图

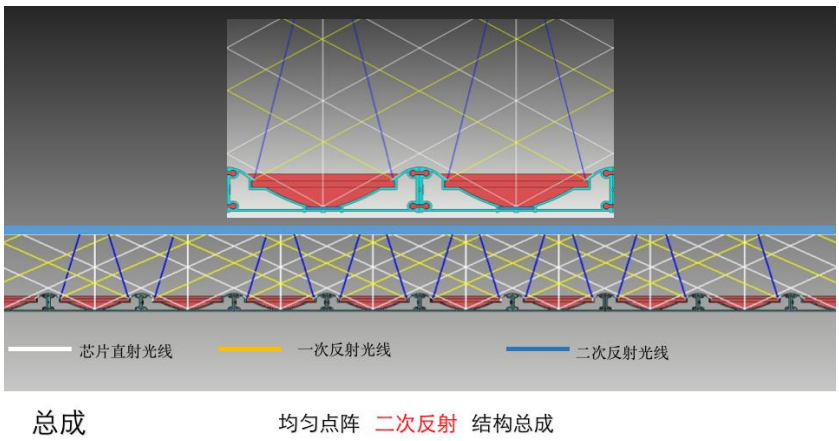


图 3 反射器二次反射示意图

五、主要技术指标

1.灯箱表面照度≥3000lux；

2.灯箱单位面积功耗≤35W/m²；

3.显色指数 Ra≥80；

4.均匀度(最暗点/最亮点) ≥90%；

5.色温 5700-6300K；

6.照度衰减≤3%/a。

六、技术应用现状及产业化情况

该技术已获得 3 项国家专利。目前，已在广州和上海两市的地铁广告灯箱中实施应用，并已成为全国灯箱行业的示范性项目。

七、典型应用案例

典型用户：广州地铁、上海地铁

典型案例 1

案例名称：广州地铁广告灯箱全线网的节能改造项目

技术提供单位：江苏山水节能服务有限公司

建设规模：全线网广告灯箱数量为 6641 个。主要技改内容：使用广告灯箱专用 LED 光源系统替代荧光灯管光源系统。技改投资额 2700 万元，建设期 6 个月。项目年节能量为 3852tce，年碳减排量 1.02 万 tCO_2。节能经济效益为节约电费 994 万元，投资回收期约 2.7 年。

典型案例 2

案例名称：上海申通德高广告灯箱 LED 光源改造项目

技术提供单位：江苏山水节能服务有限公司

建设规模：上海地铁二号线、四号线 2345 个广告灯箱改造。主要技改内容：使用广告灯箱专用 LED 光源系统替代荧光灯管光源系统。技改投资额 1100 万元，建设期 6 个月。项目年节能量为 1104tce，碳减排量 2915tCO_2。节能经济效益为年节约电费 327 万元，投资回收期 3.4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来5年，我国轨道交通广告灯箱的市场规模将超过500万m^2，该技术在行业内推广比例将达20%，项目总投资额9亿元。可形成的年节能能力为14万

tce，年碳减排能力为36万tCO_2。

148 基于二级变频控制驱动的 XED 灯节能技术

一、技术名称：基于二级变频控制驱动的 XED 灯节能技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 照明领域 道路、工矿企业、商场、码头等的照明

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国照明用电量在社会总用电量中占较高的比例。根据《2009-2013 年照明产品市场调查数据》显示，2013 年全社会照明用电量达到 7246.59 亿 kWh，占到全社会用电量的 14.15%。照明用电耗，特别是道路照明、工矿企业照明用电耗能很高，研发推广高效照明技术和产品对照明行业节能减排具有重要意义。目前该技术可实现节能量 2 万 tce/a，减排约 5 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1. 技术原理

XED 灯即氙气放电灯，由氙气气体在高压（23kV）电场激发后形成等离子放电发光，并在二级变频控制技术驱动器的控制下维持一定功率状态等离子持续放电发光，产生类似太阳光光谱的高效可见光，替代传统高压钠灯等高压气体放电灯，降低照明电耗。此外，采用二级变频控制，通过镇流升压后的恒定电压进行脉冲电压二级频率变换。第一级变频频率为 40-200kHz 方波脉冲频率，第二级跟随变频转换为 50-500Hz 方波脉冲频率，并控制驱动 XED 光源，使 XED 光源在恒定或受控功率状态下工作，提高驱动器效率，降低电力消耗。

2. 关键技术

（1）驱动器二级变频控制技术。采用软件方式实现二级变频算法对 XED 灯进行控制，可以有效提高 XED 的控制效率，延长 XED 灯的使用寿命；

（2）XED 光源技术。采用无封口真空等离子吹泡成型工艺，实现高压启动器与发光体无缝对接，实现高效发光。同时，由于无高压接口，提高了安全性。

3. 工艺流程

基于二级变频控制技术见图 1。

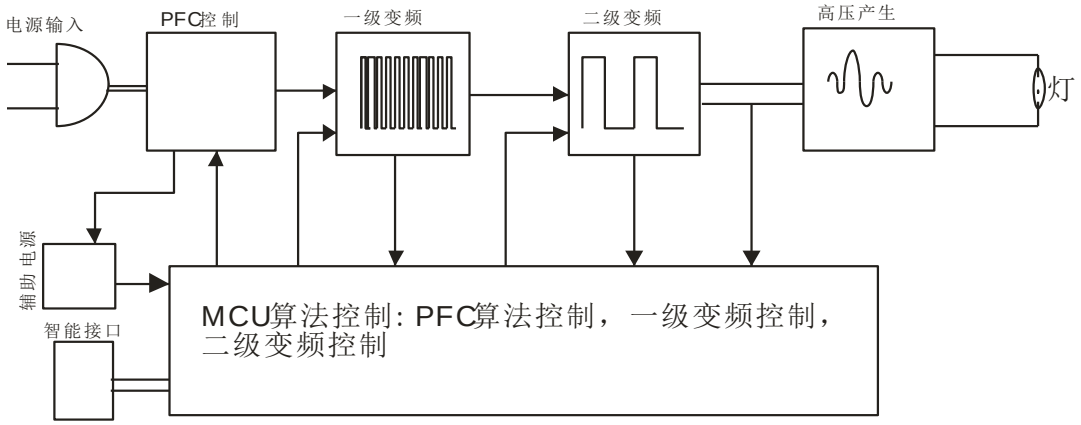


图 1 基于二级变频控制驱动的 XED 灯技术

五、主要技术指标

1.镇流器：功率因素：＞0.98，效率：＞93%；

2.XED 光源：发光效率：＞95lm/W 发光维持率：＞90%（8000h）。

六、技术应用情况

该技术于 2013 年 9 月通过国家电光源质量监督检验中心的检验，并获得国家实用新型专利 6 项，外观专利 7 项。目前已在道路照明、工矿企业照明中推广应用，累计推广数量超过 20 万只。

七、典型应用案例

典型用户：黑龙江明水县，江苏常州绿安州长江码头广场，浙江德清禹越、新安，大连甘井子区，上海第一食品上海江桥万达广场一店等。

典型案例 1

案例名称：大连甘井子区道路照明改造工程

技术提供单位：嘉兴雷明电子科技有限公司

建设规模：甘井子区道路照明 7437 盏道路灯改造。建设条件：直接更换光源。主要技改内容：4635 盏 250W 高压钠灯和 2802 盏 400W 高压钠灯分别采用 100W 和 50W 的 XED 灯进行改造。技改投资额 1100 万元，建设期 3 个月。年节能量 2203tce，碳减排量 5816tCO_2。节能经济效益 535 万元，投资回收期 2 年。

典型案例 2

案例名称：常州录安洲长江码头有限公司对常州长江码头照明改造工程

技术提供单位：嘉兴雷明电子科技有限公司

建设规模：680 盏高杆灯改造。建设条件：原有码头广场高杆灯 680 盏 400W 高压钠灯进行节能改造，直接更换光源。主要改造内容：680 盏 400W 高压钠灯的高杆灯改造，采用 180W 的 XED 灯进行替代。技改投资额 122 万元，建设期 5 天。年节能量 252tce，碳减排量 665tCO_2。节能经济效益 99 万元，投资回收期 1.2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

我国现有道路照明存量近亿盏，随着城镇化的快速发展，各种公共场所及工矿企业的照明需求量将持续增长。预计未来 5 年，该技术在照明行业可推广到 1%，项目总投资 36 亿元。可形成的年节能能力达 18 万 tce，碳减排能力 48 万 tCO_2。

149 高光快速注塑成型技术

一、技术名称：高光快速注塑成型技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 家电、汽车、电子通讯、医疗卫生等对塑件外观要求较高的行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

普通注塑工艺下，塑件成型后还需要喷涂处理，才能达到镜面要求效果。以电视机壳为例，普通注塑（含喷涂）的能耗约为每万件23.1tce，能耗高，成型周期长，造成能源浪费和环境污染。与普通注塑工艺相比，高光注塑工艺的能耗约为每万件11.3tce，可节能约50%，具有较大的节能潜力。

四、技术内容

1.技术原理

高光快速注塑成型技术可快速提升模温到100-120℃（普通模具只有30-60℃），提高熔体填充时的流动能力，减小注塑压力，从而减小注塑机的输出功率（8%左右）；同时快速加热、快速冷却的技术特点，可缩短成型周期50%以上。采用该技术，可一次注射成型表面完全无熔痕、高光泽度的塑件，直接作为成品使用，取消喷涂等加工环节，省去再加工所需要的能耗。

2.关键技术

高光快速注塑成型技术（RHCM）主要体现在模具设计和快速模温控制 2 个方面：

（1）高光模具设计技术

高光模具设计包括管路设计和镜面设计。通过模具内部布局合理的加热、冷却管路，提高了加热（冷却）过程的热交换效率，满足模具温度精确快速控制的要求；控制型腔表面粗糙度 Ra<0.01μm(普通模具 Ra=2.5μm)，成型产品表面光泽度由 80%提升到 95%左右。

（2）快速模温控制技术

通过自主开发的模温控制系统（图 1），将蒸汽和冷水交替引入模具内部（图

2），实现模具温度快速变化（图 3）。这种动态温度曲线可提高熔体充模的流动能力，使熔体与型腔面良好贴合，达到高光效果；可有效避免熔体流动时前端形成冷凝层，消除熔接痕等缺陷；可实现快速加热、快速冷却，提高生产效率。

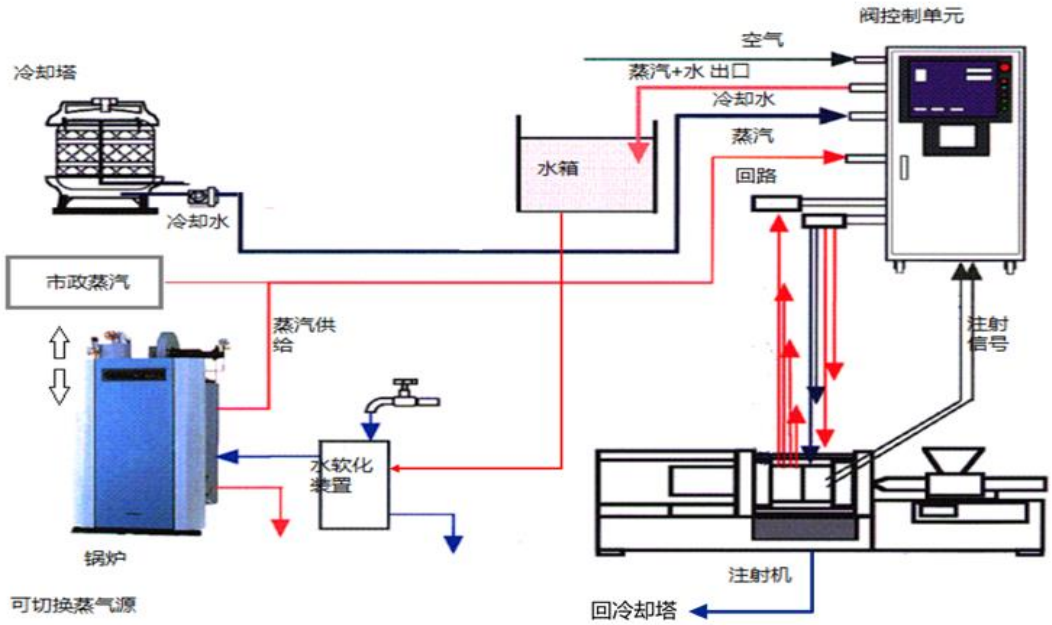


图 1 快速注塑热循环系统简图

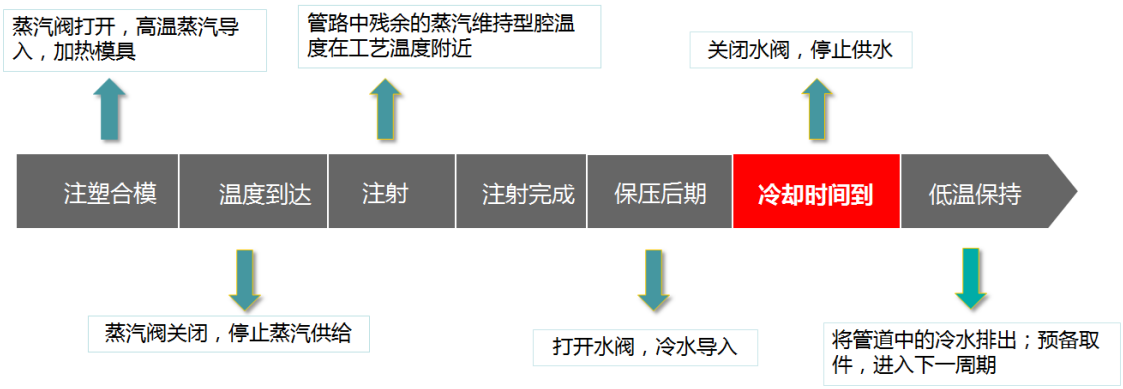


图 2　加热快速热循环系统工作流程图

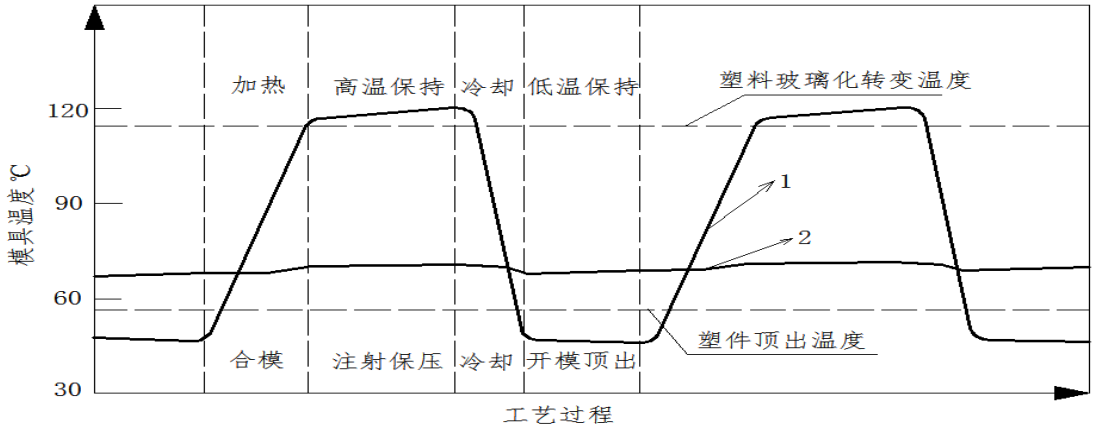
3.工艺流程

如图3所示，快速热循环注塑技术可根据各工艺阶段的特点，随时调整模具温度：

（1）在射胶前，将模具型腔表面加热至100-120℃，开始注射；

（2）在熔体填充流动过程中，模具温度始终保持在较高的数值；

（3）在保压阶段后期（注塑机开始溶胶时），快速冷却已定型的聚合物熔体，使材料温度降低到热变形温度以下，便于顶出产品及开模取件。



1：快速热循环注塑模温变化曲线； 2：普通注塑模温变化曲线

图 3 快速热循环注塑工艺原理及其模具温度控制曲线

五、主要技术指标

1．注塑周期可缩短 50%以上，提高了注塑效率；

2．产品合格率由 90%提高到 97%以上，减少无效能耗；

3．在注塑过程整体节能率在 30%以上；

4．避免喷涂环节的苯、甲苯、二甲苯排放，污水指标（COD、氨氮、悬浮物）降低。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获发国家明专利授权 5 项，实用新型专利授权 4 项。于 2010 年获得国家科学技术进步二等奖，同年获得山东省科学技术一等，。目前，已经在海信（黄岛）产业园建成快速热循环注塑生产线 31 条（台），达到年产 1000 万件的生产能力；同时在海信（江门）产业园建成快速热循环注塑生产线 14 条（台），达到年产 300 万件的生产能力。此外，已累计研制生产高光模具 1000 余套，并出口到韩国、日本、土耳其等国家。

七、典型应用案例

典型用户：海信、三星、LG、夏普、土耳其 Grundig 和 Vestel 等；

典型案例 1

案例名称：海信（黄岛）产业园高光技改项目

技术提供单位：海信集团有限公司

建设规模：年产 1000 万件的生产能力。建设条件：配有蒸汽管路（市政蒸汽或锅炉蒸汽），蒸汽压力为 6-8kg/cm²。主要建设内容：建设高光快速注塑生产线 31 条（台），包括更换注塑机、开发高光模具、增加高光控制系统等，基础设施建设包括锅炉房、冷却塔、水泵房等。主要设备为注塑机、高光模具、热流道控制柜、蒸汽控制柜、浇口控制柜等。项目投资额 2.9 亿元，建设期 1 年。项目年节能量约 1.3 万 tce，年碳减排量约 3.4 万 tCO_2。年综合经济效益（节约能源费、喷涂材料费、环境处理费）1 亿元，投资回收期约 3 年。

典型案例 2

案例名称：海信（江门）产业园高光技改项目

技术提供单位：海信集团有限公司

建设规模：年产 300 万件的生产能力。建设条件：配有蒸汽管路（市政蒸汽或锅炉蒸汽），蒸汽压力为 6-8kg/cm²。主要建设内容：新建高光快速注塑生产线 14 条（台）及市政蒸汽接入工程等。主要设备为注塑机、高光模具、热流道控制柜、蒸汽控制柜、浇口控制柜等。项目投资额 9456 万元，建设期 24 个月。项目年节能量 3920tce，年碳减排量 10350tCO_2。年综合经济效益为 3300 万元（节约能源费、喷涂材料费、环境处理费），投资回收期约 3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

高光快速注塑成型技术目前在电视、空调等行业已广泛应用，未来在家电各细分行业中将继续应用推广，并在汽车、医疗显示、通信等对注塑件外观要求高的行业具有广阔的发展前景。预计未来 5 年，该技术在行业内推广比例可达 65%，项目总投资为 29 亿元，可形成的年节能能力为 24 万 tce，年碳减排能力为 63 万 tCO_2。

150 基于翅片式换热结构的节能型炊具技术

一、技术名称：基于翅片式换热结构的节能型炊具技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 适用于明火燃烧的燃油燃气炊具

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

传统燃油燃气明火燃烧的炊具制作主要重视材质选择与形状设计，对于燃料消耗过程中的浪费和损失考虑不足。长期以来，明火炊具的能源利用效率偏低，通常有效利用率只能达到 15%-40%。通过结构设计改善明火炊具的能源利用效率，对于炊具领域节能具有重要意义。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术的核心是在不锈钢炊具加装一套翅片式节能装置。节能装置选用高导热金属材料，与不锈钢本体牢固焊接，增加了炊具与火焰的受热面积，有效提高传统炊具的能源利用效率，减少使用过程中的热能损失，达到节油、节气、省时的效果。

2. 关键技术

（1）翅片优化设计技术

翅片设计为曲线形状，成辐射状排列，根据灶头各部火力大小布置相应的翅片面积，使加热与受热合理匹配，中心的局部高温会沿着翅片向四周传递，避免局部高温造成的糊底现象。

（2）均热片复合技术

在翅片与炊具之间复合一层导热良好的均热片，局部高温通过均热片向四周迅速扩散，进一步减少糊底现象。

3. 工艺流程

由翅片成型组装专用设备完成组装，再由焊接专用设备完成复合焊接。制作工艺流程为：

翅片设计——→冲压成型——→组装复合——→焊接——→抛光打压。

基于翅片式换热结构的不锈钢炊具见图 1 所示。

图 1 基于翅片式换热结构的不锈钢炊具示意图

五、主要技术指标

1. 与传统炊具相比，节气率大于 30%；

2. 与传统炊具相比，节时率大于 30%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2001 年通过国家日用金属制品质量监督检查中心检测，2013 年获得国家实用新型专利 1 项。目前，该类炊具已在上万户居民中使用。

七、典型应用案例

典型用户：太原市燃气用户

典型案例

案例名称：12 万件/年翅片式炊具生产线

技术提供单位：山西今耐科技有限公司

建设规模：年产 12 万件翅片式炊具生产线。主要技改内容：对传统炊具进行翅片焊接，生产翅片式炊具。主要设备为翅片成型复合设备 6 台，钎焊设备 2 台。节能技改投资额 100 万元，建设期 3 个月。每年可节能 750tce，年减排量 1980tCO_2。年节能经济效益 1700 万元，投资回收期约 1 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术能有效提高传统炊具的能源利用效率，具有良好的节能低碳效果。目

前，该技术在行业内应用比例尚不足 1%。预计未来 5 年，在全国的推广比例可达 6%，项目总投资 1.5 亿元。可形成的年节能能力为 11 万 tce，年碳减排能力 30 万 tCO_2。

151 陶瓷金卤灯高效照明系统

一、技术名称：陶瓷金卤灯高效照明系统。

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 适用于城乡道路、大型厂房、隧道桥梁、车站码头、体育场馆和机场侯机楼等照明场合的新建与改造。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

近国际照明界的研究表明，在天将黑而道路需要照明的条件下，所使用的光源除了应辐射透雾性强的黄色光外，还应发出蓝绿波长的光色，即光源应有足够高的显色指数。这时人们辨别障碍物所需的路面亮度值要求，远比仅辐射黄色光的要低，即改变光源的发光颜色可达到节能的效果。

四、技术内容

1．技术原理

陶瓷金属卤化物灯是在半透明（透光率 97%）多晶氧化铝陶瓷放电腔内填充了若干种金属卤化物的高强度气体放电光源。灯燃点时，在管壁处可形成高气压的金属卤化物气体分子，它们靠浓度梯度向涡度更高的电弧中心扩散，并被分解成金属原子和卤素原子；这些金属原子被高速运动的电子碰撞，从而产生激发电离等气体放电过程。

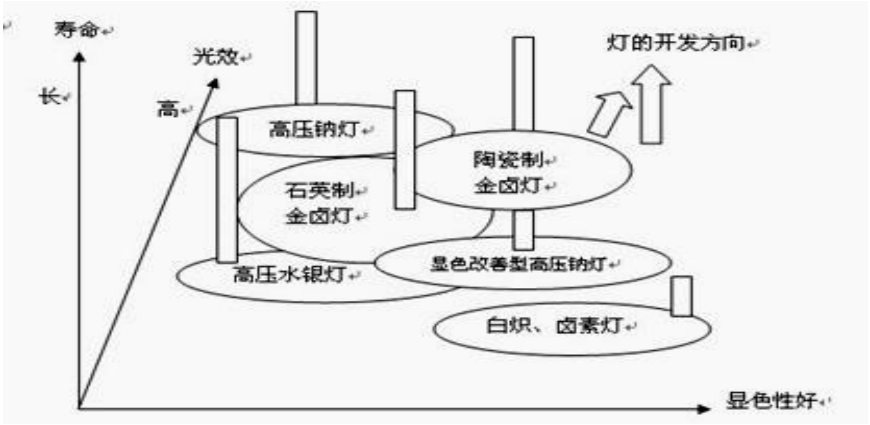


图 1 光源的未来开发方向

在放电腔内填充不同的金属卤化物组合，就可得到所希望的不同光谱（即颜色）输出。所以金属卤化物灯就有高光效（与高压钠灯的相当）和高显色指数（接近太阳光），且色温可调，是高强度气体放电光源中的领先者。而采用具有高化

学稳定性的透明陶瓷替代传统的石英作为放电腔的材料，解决了高温下发光物质与石英之间的化学反应问题，从而灯的性能更稳定，寿命也更长（可达 26000 小时），所以被用于高显示场合。

实践证明。一个 150W 陶瓷金卤灯的实际光效是相当于显色指数仅为 20 的 600W 高压钠灯的实际光效。陶瓷金卤灯用于道路照明，不仅节能效果明显，而且照明质量（如雨雾的穿透力，被照物体的清晰度等）更高。

2．关键技术

半透明多晶氧化铝陶瓷放电腔的制造技术和形成电弧管时金属电极和陶瓷放电腔之间的气密封接，是陶瓷金卤灯的关键技术，灯的发光效率和使用寿命与国际同类产品相当。

3．工艺流程

陶瓷金属卤化物灯的生产工艺流程为：

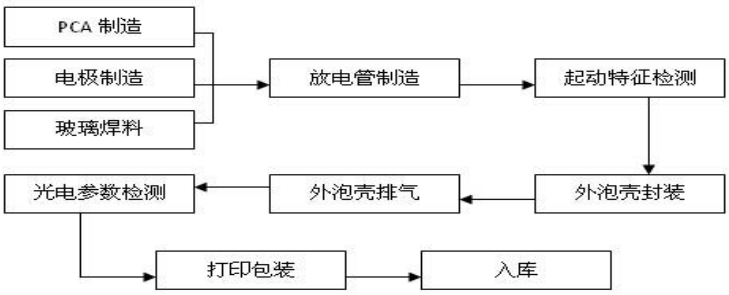


图 2 生产工艺流程图

其中放电管的质量是保证整灯质量的关键，它必须在超纯的氩气氛围下完成。

五、主要技术指标

采用陶瓷金卤灯智能照明系统，用 70W 陶瓷金卤灯替换 150W 高压钠灯，150W 陶瓷金卤灯替换 250W 高压钠灯，250W 陶瓷金卤灯替换 400W 高压钠灯，节能（节电）率为 60%以上。

主要技术参数及其与替代的技术对比，特别是能效指标对比。

产品名称	功率（W）		平均照度	平均亮度	均匀度	显色指数	光利用率
	光源	整灯					
陶瓷金卤灯	70	80±2	18	1.1	0.5	≥70	85％
高效照明系	150	165±3	21	1.8	0.60	≥70	85％

统	250	265±5	33	2.4	0.67	≥70	85％
高压钠灯	150	165±3	18	0.7	0.31	20	65％
	250	285±5	23	1.6	0.35	20	65％
	400	450±5	35	1.8	0.39	20	65％

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

浙江新光阳照明股份有限公司已获国家专利 30 项，其中 4 项发明专利。产品填补了国内空白，陶瓷金卤灯的光效和显色指数均优于高压钠灯和石英金卤灯的指标，替换后既达到了节能效果，又提高了照明质量，是城市公共场所的最佳光源。

七、典型应用案例典型案例 1

典型案例应用单位：常州市武进区礼嘉镇

项目名称： 常州市武进区礼嘉镇路灯照明改造

技术提供单位：江西省铨盛稀土之光科技有限责任公司（常州市凯凯照明有限公司）

建设规模：1620 盏路灯光源系统。主要技改内容：原安装使用的高压钠灯 1824 盏。项目总投资 116.64 万元，建设期 65 天。经改造该项目节电率达 60%以上，年节约电量 125.44 万 kWh，折合 401tce，减排 874.18tCO_2。该项目每年可节省电费 110.38 万元，投资回收期 1.1 年。

典型案例 2

典型案例应用单位：海宁市路灯管理有限公司

项目名称：陶瓷金卤灯对海宁大道的路灯节能改造

技术提供单位：浙江新光阳照明股份有限公司

建设规模：924 盏路灯光源系统。主要技改内容：原安装使用的高压钠灯 2843 盏，总功率为 1038.525kW。项目总投资 235 万元。海宁达到改造前年耗电量 416.97 万 kWh，改造后年耗电量为 141.19 万 kWh，年节约电量 275.78 万 kWh，折合 883tce，减排 1925tCO_2。该项目每年可节省电费 260.89 万元，投资回收期 0.9 年。

典型案例 3

典型案例应用单位：上海天聚源实业有限公司

项目名称：上海闵行区辛庄工业园区金都路等 29 条马路照明节能改造

技术提供单位：浙江新光阳照明股份有限公司

建设规模：2159 只路灯光源系统。主要技改内容：金都路等 29 条双向四车道道路 250W 高压钠灯 2159 盏。改造前年耗电量 234.05 万 kWh，改造后年耗电量为 91.02 万 kWh，年节约电量 143.03 万 kWh，折合 458tce，减排 998.44tCO_2。

八、推广前景及节能减排潜力

未来 5 年，该技术在全行业的推广比例将达到 2%，预计总投入约 4.2 亿元，可形成节能能力约 21 万 tce/a，减排量约 46 万 tCO_2/a。

152 大功率氙气照明节能技术

一、技术名称：大功率氙气照明节能技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 轻工照明行业道路交通、工矿企业、户外景观、港口码头和各种场馆等场所大功率照明

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

据统计，2014 年国内全社会用电量 55233 亿 kWh，按工商业及民用电的 15%为大功率照明用电计，约 8135 亿 kWh；国内大功率照明市场 95%以上为金卤灯和高压钠灯，年耗能约 7728 亿 kWh。照明用电耗，特别是道路照明、工矿企业照明用电耗能很高，研发推广高效照明技术和产品对于照明行业节能减排具有重要意义。

四、技术内容

1.技术原理

氙气灯是由氙气气体在高压电场激发后形成等离子放电发光。相对于高压钠灯、金卤灯等传统气体放电灯，在同样气体压力下，氙气与电子的碰撞几率较大，且碰撞损失和热导损失较小，因此较传统气体放电灯光效更高、能耗更低；同时，氙气灯能提供七色自然光谱，是最接近太阳光的光源，显色指数高，舒适度好。

2.关键技术

大功率氙气照明节能技术是通过配制特定的以氙气为主，添加多种碘化物和其他物质的混合惰性气体配方，通过电感镇流器启动，高压震幅激发石英管内的氙气电子游离，在两电极之间产生拉弧放电光源技术，其主要的关键技术如下：

（1）发光气体配方技术

以氙气为主要成分，调配四十余种物质（含金属卤化物）混合而成独家发光气体配方，可将传统氙气灯启动电压（23000-40000V）降低至 5000V 以下。

（2）延长大功率氙气灯寿命技术

充分利用氙气具有保护电极和热导损失小的特点，在制造工艺上增加喷涂工艺，进一步降低光源内泡燃点温度，将传统氙气灯 2000h 寿命延长至 10000h 以上。

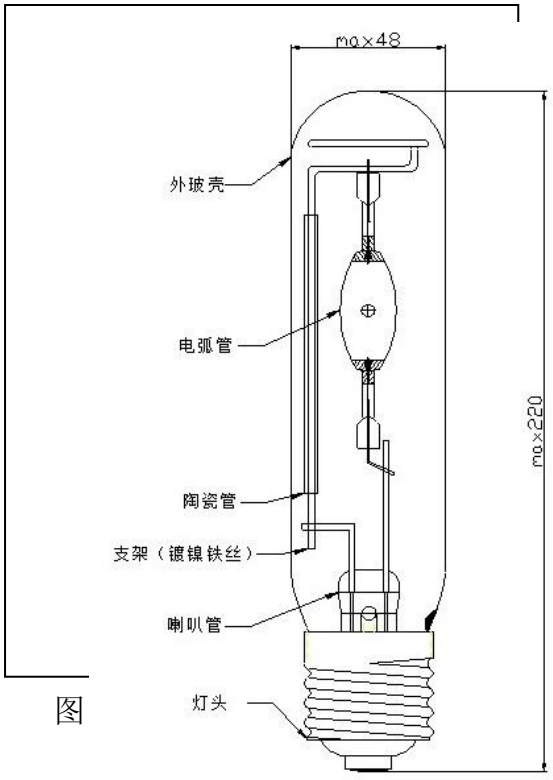
（3）通用金卤灯、高压钠灯的电器及灯具技术

突破性地配套使用电感镇流器，实现与金卤灯和高压钠灯的灯具及电器附件通用，极大地降低了大功率照明升级换代的成本。

3.工艺流程

将真空石英管通过泡壳成型设备吹制为设计要求的固定形状，通过设备内夹将电极组件和泡壳压制在一起，将填充物质及氙气注入内胆，经过排气工艺进行封离，利用喷涂设备将氧化铝粉末喷涂在氙气光源两端，将成型内管老化一定时间后，进行成型内管测试，最后进行传统外泡封装。

以下为常规 250W 氙气灯光源结构图：



图

五、主要技术指标

1．大功率氙气灯平均光效 110lm/W；

2．平均显色指数 75Ra；

3．使用寿命 10000 小时以上；

4．与传统金卤灯相比，节能率＞40%；与高压钠灯相比，节能率＞40%；与大功率 LED 相比，节能率＞20%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家发明专利 2 项,实用新型技术专利 17 项，外观专利 1 项。2014 年获得国家科技部“国家重点新产品”认定。目前，该技术产品已在大型工业厂矿、户外广场、机场港口、高速公路、运动场馆等大功率照明领域广泛应用，累计应用量已经超过 10 万余套，具有广阔的推广前景。

七、典型应用案例

典型用户： 广东韶关钢铁、南京梅山钢铁、广州互太纺织、杭宁高速、沪宁高速、上海世博园、南方电网东莞物流中心、润扬长江大桥、唯品会物流中心、南京禄口机场、呼和浩特机场、广州华南碧桂园、昆明世纪城、四川省体育馆、港珠澳大桥中山基地等

典型案例 1

案例名称：韶钢照明节能改造工程

技术提供单位：常州天雄照明科技有限公司

建设规模： 18000 套照明灯节能改造。建设条件：对原有金卤灯、高压钠灯等传统气体放电灯进行节能改造，直接更换光源。主要技改内容：以 150W 替代 250W、以 250W 替代 400W、400W 替代 1000W，以低于原功率 40%以上的大功率氙气灯替换原有传统气体放电灯，同时优化照明线路，主要设备为 70-400W 氙气灯及配套电器、灯具。节能技改投资额 632 万元，建设期 6 个月。每年可节能 3998tce，碳减排量约 9370tCO_2。年节能经济效益为 694 万元，投资回收期约 14 个月。

典型案例 2

案例名称：渝蓉高速璧山收费站照明节能改造工程

技术提供单位：常州天雄照明科技有限公司

建设规模：中型高速收费站 75 盏路灯节能改造。建设条件：对原有金卤灯灯进行节能改造。主要技改内容：以 100W 氙气灯替代 150W 传统金卤灯，主要设备包括 100W 天雄氙气灯及配套电器、灯具。节能技改投资额 1.9 万元，建设期 4 天。每年可节能 6tce，碳减排量约 14tCO_2。年节能经济效益 2.3 万元，投资回收期约 10 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术可广泛应用于各类工矿企业、港口码头、户外广场、运动场馆、道路

交通等大功率照明场所。据目前产能测算，预计未来 5 年可达成 1500 万支光源的生产销售，推广量约占全国大功率照明产品市场年需求量的 10%，总投资 3.5 亿元，可形成的年节能能力约 210 万 tce，年碳减排约 458 万 tCO_2。

153 造纸靴式压榨节能技术

一、技术名称： 造纸靴式压榨节能技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业 造纸机压榨工序

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

在我国造纸行业，如果采用传统的辊式压榨技术，纸页在网部成形以后，虽然已脱去大量水分，但仍有近 80%的水分。如果这样的湿纸页直接进入纸机干燥部，不但成纸质量差，生产效率低，而且会消耗大量的蒸汽。从国外进口的先进高速纸机，基本上都配备有靴式压榨装置，国产纸机很少有靴式压榨技术的应用。该技术研制的靴式压榨装置，在运行可靠、产品质量稳定的前提下，与传统的辊式压榨相比，可节约 20%以上的干燥蒸汽，-节能效果显著。

四、技术内容

1．技术原理

靴式压榨技术是将辊式压榨的瞬时动态脱水，改为静压下的长时间宽压区脱水，靴板上凹形弧面和背辊复合形成压区，靴式结构不仅增加了压区宽度，同时可保证在高达 1000KN/m 的线压下不会将纸压溃，宽的压区和高的线压力，使脱水效率大幅度地提高，可比传统的辊式压榨节约 20%以上的干燥蒸汽。

2．关键技术

（1）静压下长时间高效脱水技术

靴板上凹形弧面和背辊复合形成了压区，靴的这种结构增加了压区宽度（250mm），同时保证了在高达 1000kN/m 的线压下不会将纸压溃，宽的压区和高的线压力，使脱水效率大幅度地提高。

（2）靴辊制造技术

靴辊是实现靴式压榨的核心部件，靴辊制造技术包括高线压下的靴板、承载梁、液压缸、旋转头等关键部件的设计、制造和集成。靴板的特殊设计、制造确保了靴压的宽区压榨及纸幅的均匀脱水，承载梁、液压缸的设计、制造保证了靴压可在实现高线压力的加压。

（3）辅助系统设计与集成技术

对液压加压系统、靴套张紧系统、靴套润滑系统、靴板温度控制系统、靴辊内压力控制系统等进行设计集成，这些系统可确保靴压加压均匀、靴套张紧适度、靴套与靴板得到充分润滑，避免发生由于发热而损坏设备，辅助系统是确保靴压实现正常运行的根本保证。

（4）与纸机衔接设计技术

该技术包括自动控制技术以及与整机控制的衔接。自动控制技术可实现靴压加压的闭环稳定控制、边缘加压控制、在线监测靴板稳定及油压、控制靴辊内气压等等。整机衔接不仅体现在靴压在整机的排布格局设计，更重要的体现在当纸机发生断纸或其它异常情况时，靴压的联锁反应，车速越高要求联锁反应越及时，对自动控制要求就越严格。

3．工艺流程

该技术的靴压区由背压辊和靴压辊组成（结构如图 1 所示），靴辊压板上凹形弧面和背辊形成压区。靴板后面布置有一排液压缸，液压缸安装在靴梁上，靴板与背压辊之间有一个靴套，靴板、液压缸靴梁全部包围在靴套中间。工作时，在靴梁的支撑下，液压缸推动靴板向前加压，在整个横幅方向排列的每个液压缸的推力是自动控制的，靴套在背压辊带动下运行。

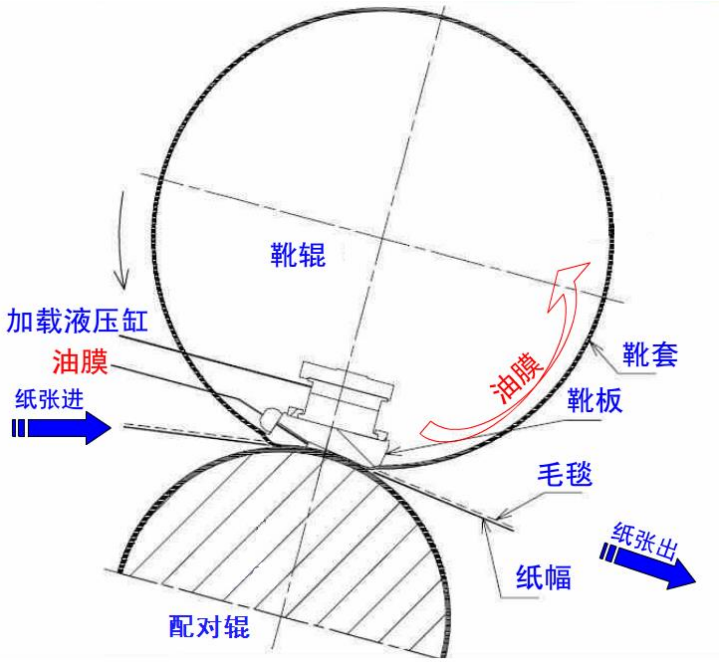


图 1 靴压压区结构示意图

五、主要技术指标

1．适应纸机车速：≥600m/min；

2．适应净纸幅宽：≥3000mm；

3．靴套平均使用寿命：6000 万转（达到国际先进水平）；

4．纸页出压榨部干度：48%-52%；

5．靴式压榨与传统辊式压榨相比节约蒸汽：≥20%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家实用新型专利 5 项。2014 年 11 月通过中国轻工业联合会组织的科技成果鉴定，并获得国家轻工业造纸食品日用化工塑料机械质量监督检测中心出具的检测报告。目前，该技术已在江河纸业公司国产高速 5600 型文化纸生产线上应用，经过近三年的运行，各项指标完全达到设计要求，运行平稳，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：河南江河纸业股份有限公司

典型案例

项目名称：河南江河纸业股份有限公司年产 20 万 t 高档文化用纸扩建项目

技术提供单位：河南大指造纸装备集成工程有限公司

建设规模：扩建年产 20 万 t 造纸生产线。建设条件：净纸幅宽 5600mm，设计车速 1500m/min，靴辊直径 1425mm，靴压压区宽度 250mm，设计线压 1000kN/m；纸机压榨部前配稀释水流浆箱、水平夹网等，纸页进压榨前干度不低于 20%。主要建设内容：靴式压榨装置，主要有靴辊、背辊、靴压机架及辅助系统。主要设备为靴辊，主要由靴板、靴梁、油压加载系统、靴套张紧系统、靴套润滑系统、靴板温度控制系统及靴套组成。项目投资额为 2000 万元，建设期 12 个月。年节能量 9899tce，碳减排量 26134tCO_2。年节能收益 1205 万元，投资回收期约 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

造纸靴式压榨技术适应纸机车速 600m/min 以上、幅宽 3000mm 以上的造纸生产线，我国此类生产线有 400 条左右，约 75%是采用传统的辊式压榨，节能潜力巨大。预计到 2020 年，该技术推广比例可达 40%，项目总投资为 8 亿元，可形成的年节能能力约 96 万 tce，年碳减排潜力约 253 万 tCO_2。

154 塑料加工双效加热节能技术

一、技术名称：塑料加工双效加热节能技术

二、适用范围：轻工行业　塑料、橡胶加工设备

三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状

塑料加工机械设备中的料筒加热回路，大多数使用的是非节能型加热器，加热效率低，热损失大，产生二次降温能耗，导致料筒加热能耗高，碳排放量大。该技术采用特殊的结构设计，充分利用热传导、热辐射两种热传递方式，有效提高塑料加工过程中的热能利用效率，具有较大的节能潜力。

四、技术内容

1．技术原理

采用特殊的结构设计和高导热金属材料，同时利用热传导和热辐射原理，提高料筒加热过程的热能利用率。此外，高导热金属超导材料增加了镜面反射装置，可提高热能的一致性；外层配置高效纳米隔热层，与镜面反射装置实现双重隔热，可进一步提高保温效果。

2．关键技术

（1）热传导技术

塑料加工设备的金属料筒与发热元件、石英管、特殊结构的高导热金属接触，最大效率的传导热量，升温降温迅速，温度梯度小。

（2）热辐射技术

料筒的工艺温度通常在200-400℃，发热元件发热温度在500℃左右。发热元件主要发出远红外光，传热形式是辐射传热，由电磁波传递能量，一部分射线被穿透，另一部分被吸收；当远红外线波长与被加热物体的波长一致时，被加热物体内部分子和原子发生“共振”，产生强烈的振动、旋转而升温，热效应效果最大。

（3）热反射技术

特殊结构的高导热金属为镜面结构，辐射热量被反射回料筒，热量单向性好。

（4）模块化技术

相同结构与功能的加热单元，为高导热金属制造，设计为坦克链结构，可以

链接起来，根据料筒直径不同而延展，即可模块化组装，满足各种尺寸规格。

（5）保温技术

高强度的金属外壳包覆纳米保温层、隔热层、高导热金属、镜面反射层、石英管和料筒，最大限度地确保热量高效迅速地传递至被加热物体，杜绝了热能的散失，节能效果显著，料筒外表温度低，对环境温度影响小。

3．工艺流程

加热器结构示意图见图1。

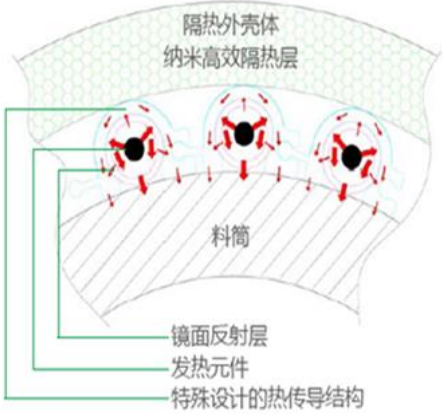
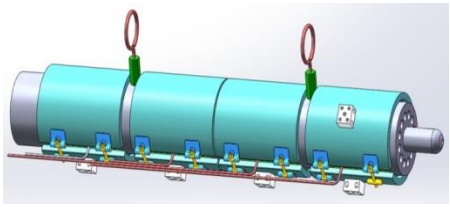
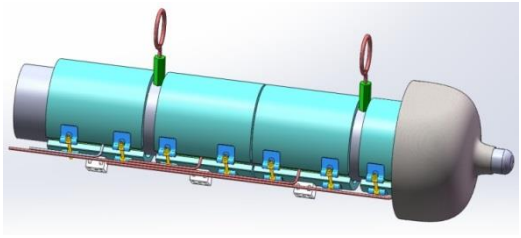


图1 加热器结构单元示意图

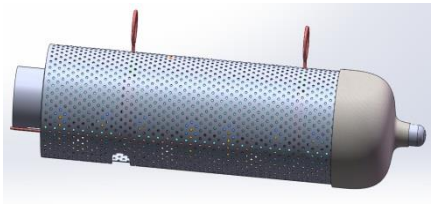
加热器安装流程图见图2。



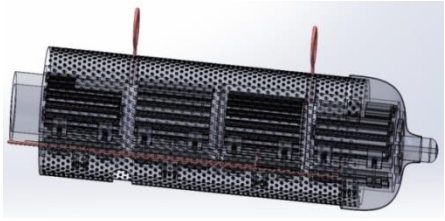
A、料筒安装加热器：固定，电气元件连接



B、安装防漏胶装置



C、安装防护罩



D、安装完成剖面图

图2 双效节能加热器安装流程图

五、主要技术指标

与普通加热器相比：

1．整机节省电能 30%-70%；

2．升温时间缩短 20%以上；

3．升温耗能下降 20%以上；

4．塑化能力提升 9%以上；

5．表面温度大幅度下降，保持 70℃以下；

6．零部件安装效率提升，安装时间缩短 10%以上。

六、技术应用情况

该技术已获得国家发明专利 1 项，实用新型专利 1 项、外观设计专利 1 项。截止 2015 年底，共完成节能应用注塑设备 2490 台，装机功率 43465kW。

七、典型用户及投资效益

典型用户：海天塑机集团有限公司、延峰汽车饰件系统有限公司、飞雕电气集团有限公司、苏州泰丰塑胶有限公司、上海正雄汽车注塑件有限公司、宝时得机械（中国）有限公司等

典型案例 1

项目名称：海天塑机注塑设备料筒加热节能技术应用项目

技术提供单位：苏州锦珂塑胶科技有限公司

建设规模：1844 台注塑机加热应用。建设条件：原有注塑机料筒加热器改造。主要建设内容：将非节能型注塑机料筒加热器替换为双效节能加热器。主要设备为注塑机和双效节能加热器。项目总投资额 903 万元，建设期 2 个月。年节能量 4275tce，碳减排量 10020tCO_2。项目年节电效益 1200 万元，投资回收期约 8 个月。

典型案例 2

项目名称：苏州泰丰注塑设备料筒加热节能技术改造项目

技术提供单位：苏州锦珂塑胶科技有限公司

建设规模：10 台注塑机节能技术改造。建设条件：原有注塑机料筒加热器改造。主要建设内容：采用双效节能加热器替换普通料筒加热器。主要设备为注塑机和双效节能加热器。项目总投资 45 万元，建设期 2 个月。年节能量 144tce，碳减排量 338tCO_2。项目直接经济效益 45 万元，投资回收期 1 年。

八、推广前景和节能潜力

塑料加工是需要高耗能的成型加工方式，市场应用领域不断扩大，市场容量和规模迅速扩大。该技术既可应用于注塑设备制造厂配套，推出节能型新产品，也可用于注塑设备的终端用户进行节能技术改造，具有较大的推广应用空间。预计到2020年，该技术推广比例可达30%，项目总投资约23亿元，可形成的年节能能力约50万tce，年碳减排潜力约119万tCO_2。

155 基于双转子连续混炼造粒机的高效混炼节能技术

一、技术名称：基于双转子连续混炼造粒机的高效混炼节能技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业　橡塑加工领域

三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状

目前，聚合物共混主要设备为单螺杆、双螺杆挤出机和密炼机等。其中，单螺杆挤出机具有结构简单、易于制造、成本低等优点，但混合能力较差；双螺杆挤出机作为混炼设备，具有优异的混合特性，但填充混合能力弱，单位产品的能耗较高；密炼机在塑料混合方面应用比较广泛，但间歇式操作，产品质量不稳定，能量利用不合理，单位产品能耗高。基于混沌混合的双转子连续混炼造粒机结合了密炼机优异的混合特性和双螺杆挤出机连续工作的特点，具有极强的填充、分散混合能力，节能效果良好。

四、技术内容

1．技术原理

采用基于高拉伸的混沌型转子，使塑料在连续混炼机内的熔融过程呈现离散熔融状态，提高传热效率和熔融速度；通过在连续混炼机的熔融区和混炼区之间建立起能量耦合，利用混炼过程中产生的熔融耗散热，满足固体树脂熔融过程中对热量的需求；通过在混炼场中建立高效的拉伸流动，提高混炼效率。最终使整个混炼过程的能量消耗大幅降低。

2．关键技术

高效连续混炼技术通过转子结构和混炼工艺，在混炼流场中建立起强拉伸混沌混合流动和强化的熔融耗散混合过程，可有效解决高比例粉体填充改性聚合物过程中的粉体分散问题，其主要关键技术如下：

（1）塑料颗粒的离散熔融技术

借助于混沌型转子结构，使塑料的熔融过程呈现离散包覆熔融状态，提高了熔融过程中能量的传递效率和固体颗粒熔融速率，降低了熔融过程的能量消耗。

（2）基于能量耦合的热量自循环技术

通过对混炼机内部轴向返混流动的优化，在连续混炼机的熔融区和混炼区之

间建立起能量耦合，利用混炼段熔体粘性耗散产生的热量，满足固体物料熔融过程对能量的需求，使设备在运行过程中不再需要外部补充热量。

（3）基于高拉伸的粘性耗散熔融高效混合技术

借助于优化的转子结构和三维造型，在混炼腔内建立起高拉伸混沌混合流动，提高了混炼效率，降低了单位产品的能量消耗。

3．工艺流程

以高效清洁化连续混炼成套生产装置为核心主机的塑料共混加工过程的典型生产工艺流程（电缆屏蔽料）见图 1。物料（包括各种粉料、粒料、添加剂等）经过增重式计量秤计量后，进入低速预混混合器混合。借助于失重计量秤，将混合后的物料以一定的比例和流率连续地加入到双转子连续混炼机中进行混合，实现各组分的均匀分散。熔融的物料通过出料口均匀流出并进入到单螺杆挤出机中，建立足够的压力，通过模头挤出，经过造粒机切成所需要的颗粒，并经过离心脱水机干燥，得到最终成品。

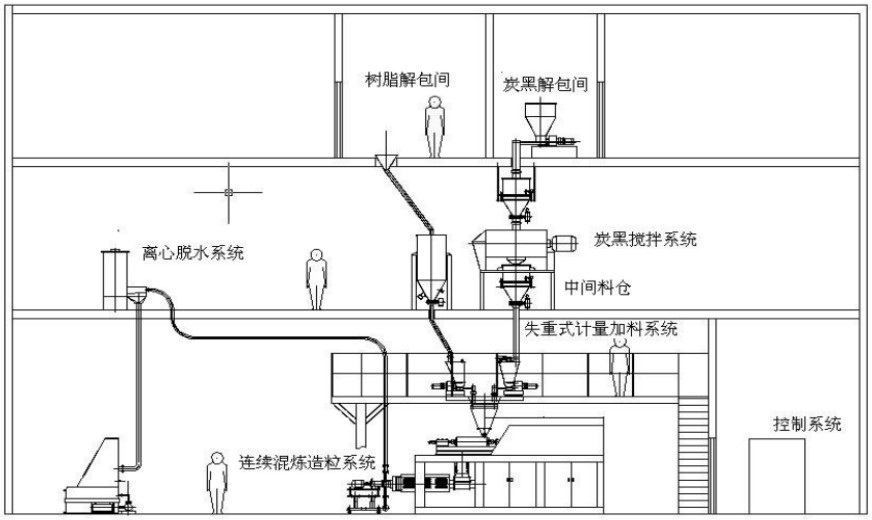


图 1 塑料共混加工典型工艺流程图

本技术所采用的核心部件——双转子连续混炼机转子结构如图 2 所示。根据其功能可以划分为加料段、混炼段和出料段。

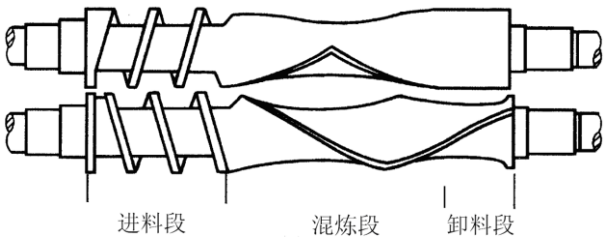


图 2　连续混炼机双转子结构示意图

由图 2 可见，转子的加料段像一对非啮合的双螺杆，将计量加料机加入的物料输送到混炼段。转子的混炼段像一对密炼机的转子，其表面有两对旋转方向相对、角度各不相同的螺棱，物料在此被压缩、熔融、剪切、伸展，从而最终被混炼与塑化；转子的卸料段是椭圆形的，混炼完成的物料在此通过机筒上卸料口被排出。

五、主要技术指标

1．实际混炼能耗比功率：0.24kW/(kg·h)（80%$CaCO_3$/HDPE）；

2．相对传统混炼工艺，减少能耗：30%-50%；

3．减少有害异味气体排放量：≥60%；

4．减少粉体排放量：98%。

六、技术应用情况

该技术获得国家发明专利 5 项，并于 2003 年获得江苏省科学技术进步三等奖，2008 年获得中国机械工业联合会科学技术进步三等奖， 2012 年获得上海市科学技术进步二等奖。目前，已在市场上成功应用近 40 套设备，经过与美国 FARREL 公司的 CPⅡ连续混炼机对比，该技术设备的产量提高约 20%；与目前国内常用的塑料混炼方法对比，单位产品能耗降低 30%~50%，粉尘排放量降低 90%~95%，节能环保效益良好。

七、典型用户及投资效益

典型用户：上海万益高分子材料有限公司、山东安澜高分子材料有限公司、苏州国嘉高分子科技有限公司、广东彩虹色母粒有限公司、南京新鹏塑化有限公司、金发科技股份有限公司、杜邦（中国）研发中心、浙江万马高分子材料有限公司等。

典型案例 1

案例名称：上海万益高分子材料公司电缆屏蔽料连续混炼造粒项目

技术提供单位：华东理工大学

建设规模：1 万 t/a 电缆屏蔽料清洁连续混炼造粒系统。建设条件：厂房面积 4000m^2，层高 6m+4m+4m，三层。主要改造内容：采用 4 套转子直径为 100mm 的基于混沌混合的双转子连续混炼造粒机组替换原美国进口的 CPⅡ-500 型连续混炼造粒机组。项目投资额 800 万元，较进口生产线节约投资 1920 万元，建设

期 5 个月。年节能量约 93tce，碳减排量 218tCO_2。年节能经济效益为 24 万元，投资回收期约 1 年。

典型案例 2

案例名称：金发科技公司高浓缩滑石粉母粒的连续混炼造粒项目

技术提供单位：华东理工大学

建设规模： 2500t/a 高浓缩滑石粉母粒连续混炼造粒系统。建设条件：厂房面积 1000m^2，高 12m，单层。主要技改内容：采用 1 套转子直径为 100mm 的高效清洁双转子连续混炼造粒装置替代原有的密炼机+单螺杆挤出造粒机系统，提高了生产能力和产品质量，降低了单位产品的能量消耗，同时构建了无尘化生产车间。项目投资额 180 万元，建设期 5 个月。年节能量约 104tce，碳减排量 244tCO_2。年节能经济效益 24 万元，投资回收期约 3 年。

八、推广前景和节能潜力

基于混沌混合的双转子连续混炼造粒机及相关的高效连续混炼技术，结合了密炼机优异的混合特性和双螺杆挤出机连续工作的特点，广泛应用于橡塑加工行业。该技术在提高共混塑料制品性能的同时，不仅可以大幅度降低现有橡塑加工过程中的能耗和运行成本，还能有效提高自动化程度和生产效率，改善车间环境，有效粉尘排放量减少 95%以上，推广前景广阔。以高浓缩色母粒、功能母粒制造业为例，预计到 2020 年，本技术可推广至 40%，实现生产共混改性母粒和专用料 1000 万 t/a，项目总投资 20 亿元，可实现的年节能能力约 13 万 tce，年碳减排潜力约 31 万 tCO_2。

156 制糖热能集中优化控制节能技术

一、技术名称：制糖热能集中优化控制节能技术

二、适用范围：轻工行业 精炼糖厂、甘蔗糖厂和甜菜糖厂等

三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状

制糖业是关系国计民生的重要产业。我国是世界第三大食糖生产国，2015-2016年制糖期，全国开工糖厂230多家，糖产量约为858万t。目前，我国制糖行业普遍存在耗能高、技术装备落后、生产过程自动化和信息化管理程度低等问题，百吨糖料平均能耗约5.1tce，是国际平均水平的1.2倍，是国外先进制糖企业的1.7倍。糖厂的锅炉动力、蒸发、煮糖等是制糖企业主要的热力工段，其能源的合理分配使用对制糖企业能耗影响显著。

四、技术内容

1．技术原理

采用热能集中优化控制系统，将自动控制、优化技术、信息技术等应用于糖厂的热能管理，实现蒸发、煮糖等主要热能消耗工段的网络化自动控制，通过热力模型进行热力方案优化，实现热力系统的优化控制，使热力系统高效稳定运行，实现节约。

2．关键技术

（1）锅炉工段自动控制技术

通过建立蔗渣炉燃烧过程的蒸汽压力、炉膛负压、烟气氧含量、进料量、蔗渣水分、送风量、引风量等主要参数的数学模型，采用广义预测控制策略，实现蔗渣锅炉燃烧过程自动控制及优化燃烧过程，提高蔗渣锅炉的燃烧效率。

（2）蒸发工段自动控制技术

开发出锤度在线检测设备的抗积垢技术，使糖浆锤度在线检测稳定可靠。通过采取有效的糖浆液位、糖浆锤度控制策略解决多效蒸发过程的大容量滞后特性带来的控制问题，实现多效蒸发过程的自动控制。

（3）煮糖工段自动控制技术

采用母液浓度和糖膏锤度双参数控制方案，开发应用了双参数自动煮糖控制

系统，实现高浓度自动煮糖，缩短煮糖时间，减少煮糖过程用汽量。

（4）糖厂多效蒸发系统最小有效能优化技术

基于有效能损失最小为目标函数建立糖厂热能优化模型，约束条件充分考虑了加热和煮糖工段的用汽条件及耗汽量，运用最优规划化理论和 PSO 算法，对生产过程多效蒸发系统热力方案进行集中优化，得到符合当前设备状态和生产状态的热能优化方案，并通过控制系统调节，使热能优化方案得以执行，从而达到以最小的能量消耗完成生产任务目的，显著提高节能水平。

（5）全厂组网集中优化监控技术

基于 OPC 通讯协议完成网络对糖厂生产数据的采集，将生产主要能耗部门锅炉、电力、压榨、澄清、蒸发、煮糖等工段能耗数据进行统—监控和优化控制管理，显著降低全厂的能耗水平。

3．工艺流程

糖厂热能集中优化及控制系统建立了糖厂锅炉动力、多效蒸发、煮糖等主要热力工段的网络控制系统，构建全厂整个生产过程的热力模型（图1、图2）。通过网络控制系统实现各工段生产数据的在线检测和共享，对全厂的生产状况和生产能耗进行适时在线分析，并利用优化手段对全厂热力方案进行调优，实现生产流程的优化控制，最大限度地挖掘各单元设备的生产潜力，确保糖厂在既有生产装备条件下，能够以最小的能量消耗完成生产任务，达到生产节能的目的。

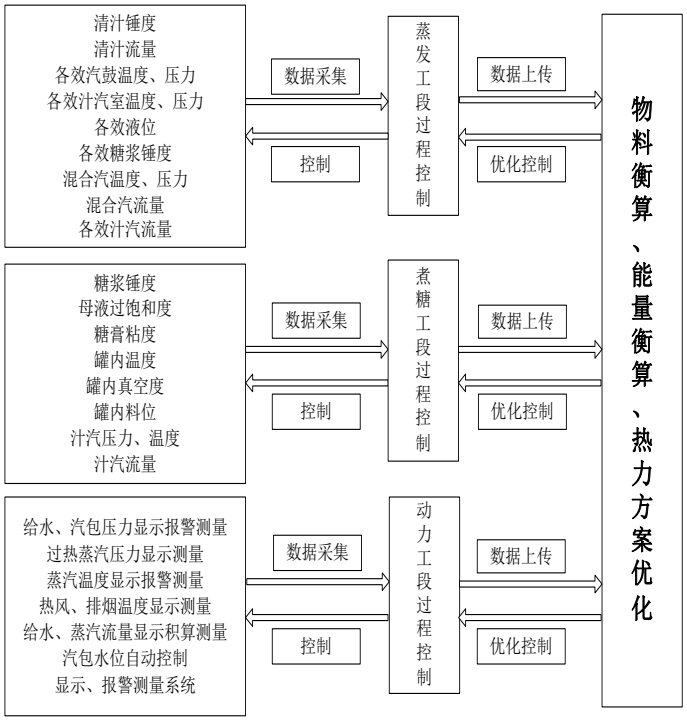


图 1 技术路线总体框图

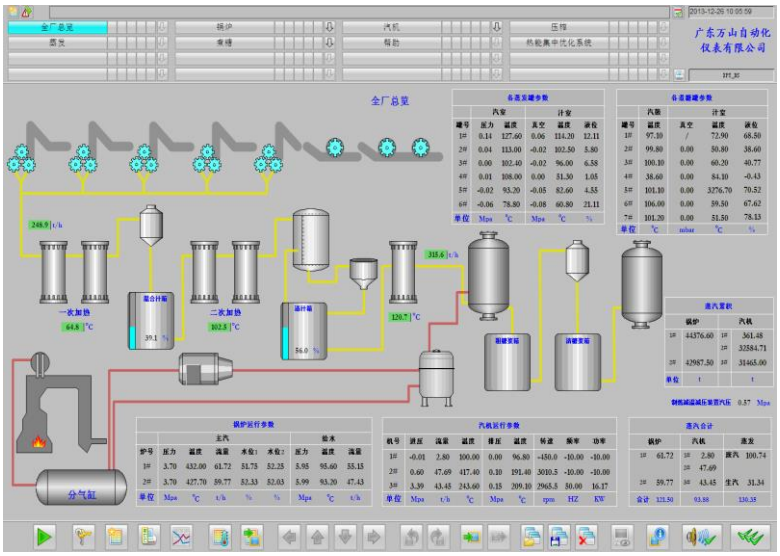


图 2 糖厂各主要能耗工段自控系统操作界面

五、主要技术指标

1．百吨甘蔗能耗：3.55tce（2012/13-2014/15 年制糖期行业平均值为 5.045tce）；

2．蒸发一效汁汽冷凝水含糖量：≤30mg/kg；

3．锅炉热水回炉利用率：98%。

六、技术应用情况

该技术获得国家发明专利 4 项，并于 2014 年 3 月通过中国轻工业联合会组织的成果鉴定。目前，该技术已在广西自治区 5 家制糖企业成功应用，节能效果良好。

七、典型用户及投资效益

典型用户：广西来宾永鑫小平阳糖业有限公司、广西来宾永鑫糖业有限公司、广西都安永鑫糖业有限公司、广西合浦西场永鑫糖业有限公司、广西大新雷平永鑫糖业有限公司等。

典型案例 1

项目名称：广西来宾永鑫小平阳糖业有限公司热能集中优化控制项目

技术提供单位：广东省生物工程研究所（广州甘蔗糖业研究所）

项目建设规模：日榨甘蔗 7500t（年处理 100 万 t 蔗）。项目建设条件：亚硫酸法甘蔗糖厂。主要建设或改造内容：糖厂实施热能集中优化控制系统。主要设

备为锅炉工段 DCS 控制系统、澄清蒸发工段 DCS 自动控制系统、煮糖自动控制系统、全厂组网集中优化监控系统、“两化”融合信息系统。项目投资额 1486 万元，项目建设期 5 个月。项目节能量 14950tce，项目碳减排量 39468 tCO_2。项目年经济效益约为 740 万元，投资回收期约 2 年。

典型案例 2

项目名称：广西大新县雷平永鑫糖业有限公司热能集中优化控制项目

技术提供单位：广东省生物工程研究所（广州甘蔗糖业研究所）

项目建设规模：日榨甘蔗 12000t（年处理约 128 万 t）。项目建设条件：亚硫酸法甘蔗糖厂。主要建设或改造内容：对锅炉、蒸发、煮糖等糖厂重点工段进行了自动控制系统改进、同时安装了全厂组网集中优化监控系统及“两化”融合信息系统。主要设备为锅炉工段 DCS 控制系统、澄清蒸发工段 DCS 自动控制系统、煮糖自动控制系统、全厂组网集中优化监控系统、“两化”融合信息系统。项目投资额 1898 万元，项目建设期 4 个月。项目节能量 20400tce，碳减排量 53856 tCO_2。项目年经济效益为 963.00 万元，投资回收期约 2 年。

八、推广前景和节能潜力

由于我国制糖业自动控制技术水平相对还比较低，在糖厂热能集中优化控制系统方面经验积累有限，现有的节能设备和技术成果主要是在生产的某一局部环节发挥节能的作用，鉴于此该技术将具有较大的推广应用潜力。预计到 2020 年，该技术在行业内的推广比例将达到 20%，项目总投资 2 亿元，可形成的年节能能力约 22 万 tce，年碳减排能力约 58 万 tCO_2。

157 智能照明节能技术

基于边缘计算的公共照明智能控制节能技术

一、技术名称：基于边缘计算的公共照明智能控制节能技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业　应用于道路、隧道、景观等照明工程

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国城市照明灯具数量达 3000 万盏以上，城市道路照明行业保持持续快速发展的趋势。2016 年，全社会用电量为 5.9 万亿 kWh，道路照明用电量不低于 270 亿 kWh，耗电量较大。在城市照明领域采取智慧节能系统技术，具有较大的节电空间和潜力。

四、技术内容

1．技术原理

通过在路灯终端安装单灯控制器，实现对单盏路灯的状态监测、故障巡检、调光控制，并通过电力线载波等通信手段将信息与后台主站进行双向交互，配合主站节能策略，实现对路灯系统的二次节能。同时，主站的运维功能提升了路灯的管理效率，系统具备良好的横向硬件扩展能力，保证了海量异构数据的存储能力，大幅度提高系统的并发处理能力，有效解决了传统城市照明中存在的巡视监察效率低下、管理及数据信息等功能不全面、照明不智能、电力浪费等问题。

2．关键技术

（1）边缘计算技术

边缘计算技术指在靠近物体或数据源头的网络边缘侧，融合网络、计算、存储、应用核心能力的开放平台，就近提供边缘智能服务，满足行业数字化在敏捷连接、实时业务、数据优化、应用智能、安全与隐私保护等方面的关键需求的计算机技术。该技术以项目为单位，在每个项目前端部署边缘计算服务器实时对接入服务器的路灯进行整体数据分析、节能管理，再将分析处理后的结果反馈到后端服务器，使整个系统具备分布式的海量设备接入能力，并且保证对单个终端设备控制处理的实时性。

（2）数据采集与监视系统技术

数据采集与监视系统技术（SCADA，Supervisory Control And Data Acquisition）实现对照明系统的智慧监控，实现节能、安全及城市维护管理现代化和科学化。

（3）电力线载波通信技术

采用专有的动态调整位同步解码方法改进传统电力线载波通信，并综合GPRS 无线通信技术，在不增加通信网络成本的条件下远程对所有路灯照明设备单独控制，以实现节约电能和路灯故障自动检测的最佳照明监控方案。

3．工艺流程

系统主要由终端采集层、集中控制层、通讯传输层、照明控制系统组成；照明控制系统对路灯进行实时监控、策略管理、全资产管理等，对路灯智能控制，实现智慧节能。技术原理图见图1。

图 1 基于边缘计算的公共照明智能控制系统原理图

五、主要技术指标

1. 节能率：智能控制实现二次节能率 20%；

2. 调光精度：1%；

3. 抗雷击浪涌等级：10kV 以上；

4. 节约运维成本：80%；

5. 系统寿命：25000h。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

本技术已获得 5 项国家发明专利，11 项实用新型专利。目前，已在福建、贵州、广东、天津、湖南、江苏、北京、内蒙古、安徽、湖北、西藏、辽宁等省区 150 多个工程项目推广应用，节能效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：厦门市信达光电科技有限公司、鸿宝科技股份有限公司、正元地理信息有限责任公司、三安光电股份有限公司等。

典型案例 1

案例名称：福建省厦门市岛内路灯智能化改造项目（一期、二期）

技术提供单位：厦门市致创能源技术有限公司

建设规模：5894 盏路灯。建设条件：公共场所照明工程节能改造。主要建设内容:运用基于载波通信的动态调整位同步解码方法,增加安装智能控制设备，实现智能控制，主要设备包括远程控制终端、单灯控制器、集中控制器、三相计量设备、八路扩展设备、互感器。项目投资额 158 万元，建设期 3 个月。项目年节能量 447tce，年碳减排量 1048tCO_2。年节能经济效益 90 万元，投资回收期约 2 年。

典型案例 2

案例名称：广东省中山市小榄镇路灯智能化改造项目

技术提供单位：厦门市致创能源技术有限公司

建设规模：6000 盏路灯。建设条件：公共场所照明工程节能改造。主要建设内容：以照明智慧路灯杆为载体，运用基于载波通信的动态调整位同步解码方法，增加安装智能控制设备实现照明智能控制，同时具备在灯杆上加载视频监控系统、音频播放及紧急呼叫系统、视频播放系统、环境监测系统等设备的功能，综合集成智慧照明体系，主要设备包括远程控制终端、单灯控制器、集中控制器、三相计量设备、八路扩展设备、互感器。项目投资额 160 万元，建设期 4 个月。每年可节能 455tce，碳减排量 1067tCO_2。年节能经济效益 92 万元，投资回收期约 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，我国公共照明智能控制节能技术的市场占有率约为 2%。预计未来 5 年，技术推广比例可达 25%，总投资需 12.5 亿元，可形成的年节能能力 96 万 tce，年碳减排能力 222 万 tCO_2。

基于 ZPLC 的楼宇智能照明节能技术

一、技术名称：基于 ZPLC 的楼宇智能照明节能技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业　建筑楼宇照明

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国照明用电约占全社会总用电量的 12%，其中楼宇照明能耗约占照明能耗的 30%以上。随着我国建筑领域节能需求不断增大，传统机械开关控制方式的照明系统已无法满足按需分配照度和节能的需求。目前，建筑行业普遍采用的智能照明系统的控制方式主要分为有线控制和无线控制，传统有线控制系统结构复杂，施工周期长、造价高，推广难度较大；无线控制系统受动力线电磁干扰和传输距离影响较大，系统稳定性不高，特别对于照明灯具规模较大的系统，无线控制不仅会增大控制系统自身能耗，还在一定程度上增加控制系统成本。该技术属于有线控制系统，可借助动力线传输控制信号，免除了复杂信号线路的铺设，具有低成本、抗干扰性强、施工周期短、便于维护等特点。与传统开关式控制方式相比，该技术的照明能耗可降低 10%～20%；如果采用高光效灯具（LED）替换传统照明设备，照明能耗可降低 60%～70%。

四、技术内容

1．技术原理

采用基于电力载波（ZPLC）的单灯控制技术，控制信号通过动力线传送至调光模块（单独设置或预设值在灯具中），调光模块根据建筑照明的实际需求，控制指令调节灯具的照度、光色等参数，并通过时序控制、逻辑控制和操作控制提高照明质量和舒适度，实现按需照明，节能电能。同时，因该技术采用原有动力线进行控制信号传输，具有成本低、通讯距离长、实施便捷、施工周期短等特点。

2．关键技术

（1）ZPLC通信技术。该技术具有信号传输稳定、成本低、功耗低和通讯距离长等特点，在不需额外铺设控制信号线的情况下可实现照明系统的通讯。

（2）基于ZPLC的调光模块调光技术。该技术基于ZPLC电源线的数字基带调制及解码技术，通过电源线获取控制信息并根据指令输出相应变量（开关、模拟和脉冲），可实现光源的亮度、色温、分组等控制。

（3）基于多元参数照明智能控制系统技术。采用集中控制的方式，实现对

所有光源集中控制管理，在达到照明需求、舒适、节能三者平衡的同时，实现管理节能。

3．工艺流程

上位机（智能照明控制器）位于建筑总控室，ZPLC控制器安装于车间或房间现有的照明开关处，调光模块安装于光源输入端。在ZPLC控制器自动完成与上位机的组网基础上，系统通过基于多元参数照明智能控制程序实现自动运行，进而达到自动控制灯具开关和亮度等。另外，该系统也可以通过计算机或手机访问远程控制界面，实现远程灯光控制、管理、故障反馈等。基于ZPLC的楼宇智能照明系统架构详见图1。

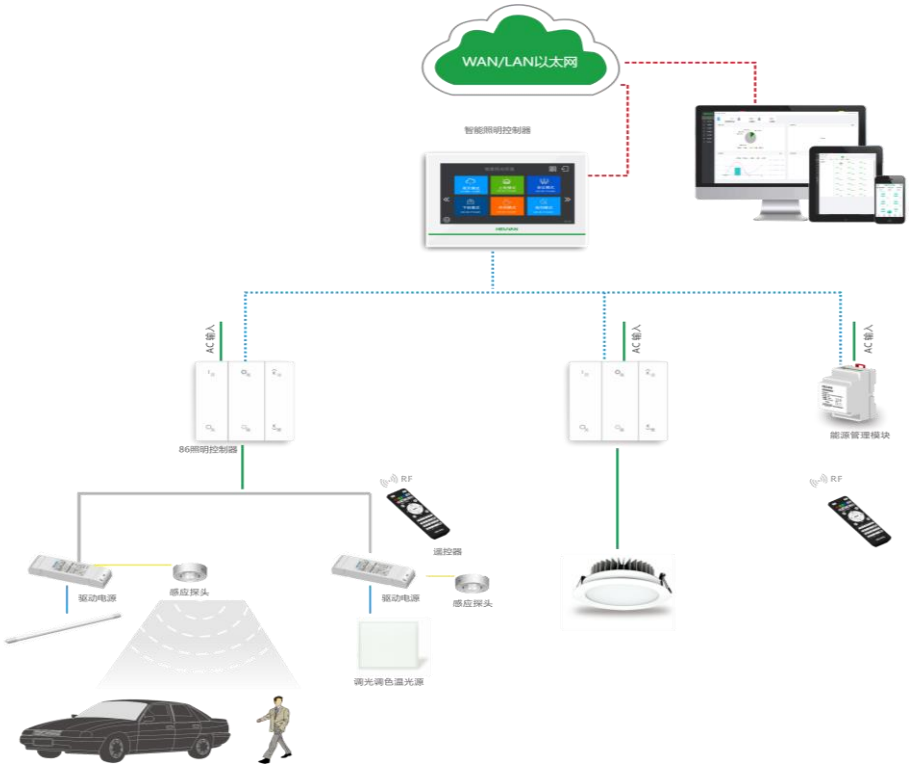


图1 基于ZPLC的楼宇智能照明系统架构图

五、主要技术指标

1. 与传统荧光灯照明对比：能耗降低60%～70%；与LED照明对比：能耗降低10%～20%；

2. 调光范围：0～100%，亮度可调，按需照明；

3. 照明灯具光效：＞100Lm/W；

4. 免布控制线，相对传统有线控制系统施工周期缩短60%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已经获得 11 项国家发明专利和 6 项实用新型专利，并于 2017 年获得中国照明学会颁发的“中照照明奖”一等奖。目前，已建成 4 条核心设备生产线，年可生产系统设备 30 万台(套)，并在 120 多个项目成功实施应用。

七、典型应用案例

典型用户：中国人民银行（重庆营业管理部大楼）、中国国家外交部（车库）、中国人民解放军第三〇七医院、第三军医大学新桥医院、重庆市南川区人民医院、重庆市万盛区人民医院、甘肃财政厅地下车库项目等。

典型案例 1

案例名称：中国人民银行重庆营业管理部 LED 照明智能化改造

技术提供单位：恒亦明（重庆）科技有限公司

建设规模：项目建筑规模为 3.2 万 m^2，项目建设条件：照明设备老化，部分线路出现照明故障等。主要改造内容：银行办公大楼所有照明系统进行 LED 照明智能化系统改造。主要设备为：调光模块、调光调色温 LED 灯具、ZPLC 控制器、上位机。项目投资 223 万元（含灯具），建设期为 4 个月。项目年节约电耗 45.3 万 kWh，折合节能量 145tce，碳减排量 340tCO_2。年节能经济效益为 45 万元，投资回收期约 5 年。

典型案例 2

案例名称：重庆市南川区人民医院 LED 照明智能化改造

技术提供单位：恒亦明（重庆）科技有限公司

建设规模：项目建设规模 4.5 万 m^2，项目建设条件：南川区人民医院存在光源亮度不足、光源频闪、光源长明等现象。主要改造内容：医院所有办公大楼照明系统改造。主要设备：调光模块、调光调色温 LED 灯具、ZPLC 控制器、上位机。项目投资额 220 万元（含灯具），建设期为 5 个月。项目年节约电耗 60.28 万 kWh，折合节能量 193tce，碳减排量 452tCO_2。年节能经济效益为 6 万元，投资回收期约 3.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

基于 ZPLC 的楼宇智能照明节能技术可广泛应用于办公楼、医院、酒店、学校、地下车库等领域的照明改造或新建项目中，应用前景广阔。预计未来 5 年，该技术在行业内推广比例可达 5%，项目总投资达 20 亿元，可形成的年节能能力

16 万 tce，年碳减排潜力 38 万 tCO_2。

158 人体电压感应节能控制芯片技术

一、技术名称：人体电压感应节能控制芯片技术

二、技术所属领域及适用范围：电子行业，家用电器领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国民用和工业用电器产品在待机状态下均存在不同程度的功耗。根据相关统计，采用传统触摸开关技术的电器产品，单台待机功耗约在几瓦至数十瓦之间，全国家用电器每年的待机能耗在 1000 亿 kWh 以上，节能潜力巨大。

四、技术内容

1．技术原理

采用一种可调阈值四端模块，植入有待机功耗的电器中，将电器原有的待机功耗（一瓦至十几瓦）降低为零，并可通过人体感应电压，以触摸或轻触的方式瞬间启动电器。由于关闭电器后，电器与模块均不耗电，实现电器节能。

2. 关键技术

（1）四端控制技术

通过特殊工艺，将常规的三端 MOSFET（金属-氧化物半导体场效应晶体管）的源极 S 和衬底电极 B 打开，在两极之间加接一个偏置电压 V_{BS}，可实现 MOSFET 的阈值电压 V_{th} 改变。

（2）驻极体调制阈值电压技术

在四端控制技术的基础上，通过植入驻极体调制 MOSFET 的阈值电压 V_{th}，实现了适用于人体感应电压激励触发的电子电路。

（3）人体电压感应芯片技术

将采用上述技术的模块植入电器，可实现关闭电器后，电器及本模块均不耗电，可以通过人体感应电压以触摸/轻触方式瞬间启动电器，并且不改变电器原有功能，实现电器待机无功耗的节能效果。

3．工艺流程

人体电压感应节能控制芯片技术的示意图见图 1。

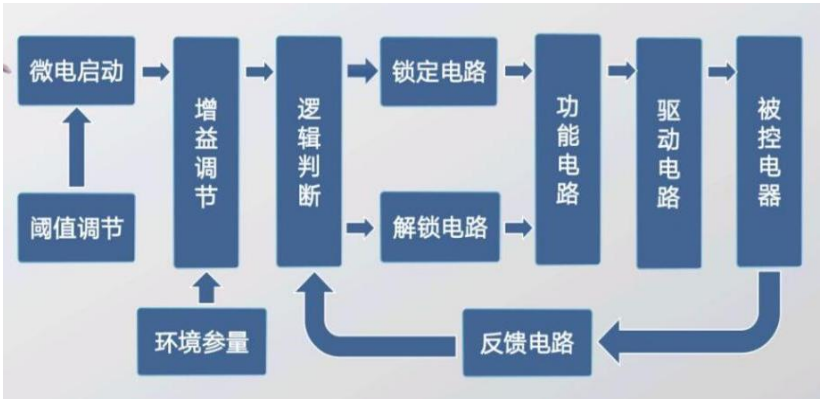


图 1 人体电压感应节能控制芯片技术示意图

五、主要技术指标

1. 适用电器参数：A.C. 100V～240V，50Hz/60Hz；

2. 待机功耗：0（现有电器待机功耗通常在 1W～15W）。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得国家发明专利 1 项，并于 2016 年 10 月入选工信部国家重点标准制定目录（标准号：2016-1494T-SJ，标准名：《半导体集成电路 人体电压感应控制电路详细规范》）。目前，该技术产品已在全国 2 家企业应用，效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：重庆千一电器股份有限公司、海南国际热带海洋旅游文化度假区等。

典型案例 1

案例名称：重庆千一电器股份有限公司电器节能改造项目

技术提供单位：重庆富硕科技有限公司

建设规模：300 万台电器，包括净水机、冷风机、风扇等。建设条件：产品外接电源使用范围为 A.C. 100V～240V 50Hz/60Hz。主要建设内容：对原有净水器、冷风机、风扇等家用电器机型的电源开关电路进行设计改造，全部安装节能芯片，主要设备为 SMT 贴片机、电器产品总装生产线、家用电器常规检测和例行试验设备。项目投资额 900 万元，建设期 1 年。项目年节能量 12614tce，碳减排量 29565tCO_2，年节能经济效益为 1971 万元，投资回收期约 6 个月。

典型案例 2

案例名称：海南国际热带海洋旅游文化度假区电器节能改造项目

技术提供单位：重庆富硕科技有限公司

建设规模：362 台电器，包括空调、液晶电视、台式电脑、打印机等。建设条件：产品外接电源使用范围为 A.C. 100V～240V 50Hz/60Hz。主要建设内容：对空调、液晶电视、台式电脑、打印机设备的电源开关电路进行设计改造，安装节能芯片。项目投资额 0.29 万元，建设期 4 个月。项目年节能量约 2.3tce，碳减排量约 5.4tCO_2，年节能经济效益 0.36 万元，投资回收期约 10 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

根据调查统计，全球每年存在待机功耗的电器产品新增量超过 30 亿台，其中在中国的制造量约 20 亿台，包括空调、洗衣机、电视机、机顶盒、打印机、复印机、电脑、显示器、抽油烟机、电热水器、电磁炉、微波炉等二十多个大类产品，待机节能芯片市场前景广阔。预计未来 5 年，人体电压感应节能控制芯片的市场占有率将达 10%，项目总投资约 1.2 亿元，可形成的年节能潜力约 92 万 tce，年碳减排能力约 217 万 tCO2。

159 高温高压气流染色技术

一、技术名称：高温高压气流染色技术

二、技术所属领域及适用范围：纺织行业 各类纤维染整企业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

超低浴比高温高压气流染色技术设计目的在于克服已有气流机设计的上述不足之处，这是一种高效节能并可满足染色工艺要求的气流染色机，在气流染色机的设计上跨出重要一步。节电多于 30%，水、蒸汽等用量有显著减少。目前该技术可实现节能量 1 万 tce/a，减排约 3 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

新一代灵活每管独立运作的气流织物染色机，以规模相对细小的风机取代传统笨重的大型风机，一改以往气流机的形象，是行业中前所未见的专利新设计，其主要技术性能指标均达到国际领先水平。

传统的气流染色机无论多少组管道，一般采用单台风机的设计，而且需要经过冗长的分风管道向各管供风.。此供风系统除引致风量不均外，分风管道阻力明显增加，除供风效能低之外，还要通过大大提升供风量使每管的染色效果相近均匀.。现有气流机的设计中，由于能效的限制最大只能供应 6 条染管，所以传统气流染色机有浴比低的优点，但耗电量巨大。

超低浴比高温高压气流染色技术是多管独立供风气流染色机，机上每管将有各自的风机连接至与其相连的喷嘴组合，而且各风机亦有独立的吸风管道。由于供风系统不涉及分风管道，送风阻力显著降低.，可使每台风机实现最佳运行， 整个供风系统达到最佳的节能效果。由于每管风机独立操作，运行中操作灵活、检修方便、电耗减少、节能显著。

2.关键技术、工艺流程

（1）每管独立风机

已有的气流染色机的风机是安装在主缸一侧（图 1），经冗长的导风管将风送至导布管道。超低浴比高温高压气流染色技术则是每台风机放置于主缸顶部各

染管之间（图 2），以便风机出口与喷嘴组合的气流入口对接，使风机出口管道达到最短，缩减气流从风机出口至喷嘴的路线，风阻大为降低，效率得以提升。

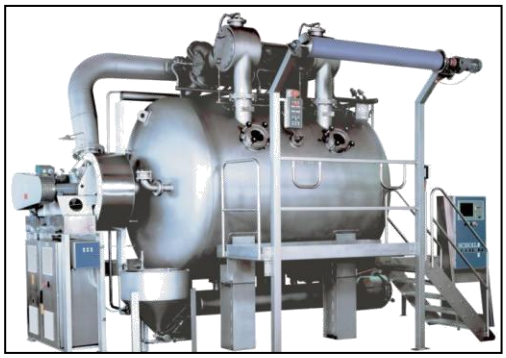


图 1 传统气流染色机使用导风管

图 2 超低浴比高温高压气流染色技术

（2）新颖染液喷洒装置

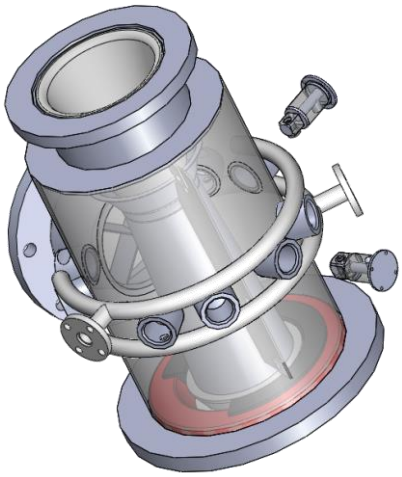


图 3 染液喷洒装置

超低浴比高温高压气流染色技术还包含一项新颖染液喷洒装置（图 3），其喷嘴组合由两组或两组以上染液导管及喷嘴头组成，分两路或以上将染液送至多组不同的喷嘴头，各组喷嘴头的喷洒量经设计限制而不同。

每组管路各由一阀门控制以提供多种染液喷洒模式组合，不仅提高了染色的均匀度和效率，而且拆装方便，随时改变喷嘴头组合，以适应不同需求的各种工艺。

喷咀组合的调配及染液流量由主控制器程序操控，改革了传统的喷嘴备件和

手工操作。

（3）综合智能洗水功能

系列设备上同时具备有专利设计的综合智能洗水系统：电脑自动控制入水随动阀，精确控制洗水流量、洗水水位和洗水温度，连续洗水，减少了停机时间和；。以自主研发的洗水指数， 用光学方式监测实时水洗效果，并作为染色跳步的指标，简化了洗水过程的控制，进一步实现了洗水过程自动化。

（4）新型盐桶设计

超低浴比高温高压气流染色技术首次在定量料桶上加入了溢流化盐的功能，配合设备上的定量注入以及主缸回流功能、回流搅拌功能、蒸汽直接加热功能以及可以在 105℃注入等，达到最优质的染色结果并能增加经济效益。

（5）专利设计的碎毛收集器

以新型的碎毛收集器，代替旧式的筛网过滤器，，可有效地把碎毛从染液流中收集，在特定空间堆积并自动排放。碎毛收集器在染色过程中连续运作，省却了停机清理、人工操作的弊端。

（6）出布装置

采用 X-Y 摇折及出布装置，该装置可以前后左右出布，全自动双向(纵向、横向)摆动，实现高度自动化的出布。可实现多管同时出布，摇折使布匹整齐地折迭在载布车上，气动装置的横向摆动可充分装满载布车的阔度，可降低操作工的劳动力及减省出布时间，同时也可配合长型载布车使用。

五、主要技术指标

1.每管独立供用；

2.配用新颖喷洒装置 ；

3.崭新温控系统；

4.综合智能水洗；

5.X-Y 织物摆斗以及出布装置；

6.自动化碎毛收集器；

7.风机安装功率: 每管 11kW；

8.水比：1:3；

9.操作温度：140℃；

10.操作压力：3bar；

11.最高滚筒转速：700r/min；

12.最高单管载量：300kg。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

超低浴比高温高压气流染色技术经国家纺织机械质量技术监督中心检测，所测各项技术指标符合 Q/LX0011-2014 标准要求；产品经多家印染厂使用，均达到染色工艺要求，深受用户欢迎。多管独立供风等技术共获得发明专利 1 项，实用新型专利 6 项。

七、典型应用案例

应用单位：互太纺织控股有限公司

技术提供单位：立信染整机械（深圳）有限公司

互太纺织控股有限公司引入了 300 台高温气流染色机， 取缔以往使用的水流染色机。有效节约用电 10%-20%， 水和蒸气的耗用有明显改善。改造后项目年节能量 21634tce，年 CO_2 减排量 57114t，总投资 45000 万元，投资回收期 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的普及率能达到 10%左右，需总投入 30 亿元，预计年节能量可达到 14 万 tce，预计年 CO_2 减排 37 万 t。

160 合成纤维熔纺长丝环吹冷却技术

一、技术名称：合成纤维熔纺长丝环吹冷却技术

二、技术所属领域及适用范围：纺织行业 化学纤维生产企业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

合成纤维熔纺长丝生产过程中，冷却工序的平均耗能为 2000 kWh/t 丝，制冷风机组的装机容量平均在 600kW 左右，开机半年时间，单台耗电约 260 万 kWh。通常的侧吹冷却风速一般为 0.5m/s，而环吹冷却只需 0.3m/s，同时出风面积也比侧吹冷却大 2 倍。目前应用该技术可实现节能量 4 万 tce/a，减排约 11 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该技术采用高均匀低能耗性环吹冷却装置和技术，不但解决侧吹的不利因素，减小各丝束之间冷却差异，并且与适纺超细纤维的纺丝、卷绕工艺技术以及精密卷绕设备与技术相结合，使纺丝机纺出高品质的超细纤维。可在 ϕ85mm 的喷丝板上纺出 144f、0.5dpf 以下的超细纤维，对多孔细旦纤维具有极佳的可生产性和高品质。

2.关键技术

（1）适纺超细纤维的纺丝、卷绕工艺技术；

（2）低能耗的环吹冷却装置与技术；

（3）精密卷绕设备与技术。

3.工艺流程

外环吹风装置的结构：外环吹装置结构如图 1 所示。该装置由 1-吹风头箱、2-水平风道、3-限位传感器、4-水平风网、5-下风道、6-手动限位所组成。

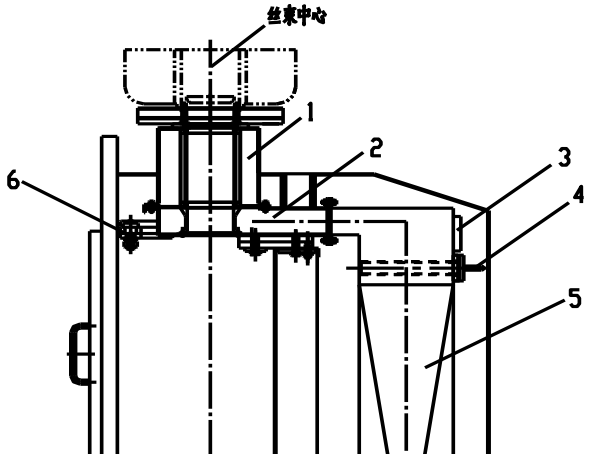


图 1 环吹风结构

结构上：环吹风装置风道与水平的进风箱连接，风道从下到上依次设有过滤层和第一层多孔板；环吹风箱设置在进风箱上方，与进风箱之间还设有一水平多孔板；进风箱内设有若干导向筒座，环吹风箱内设有与导向筒座相同数量的风向整流筒，导向筒座与风向整流筒相接，风筒采用多孔板和若干层不同目数组合的不锈钢金属丝网组成。保证各风筒之间和风筒内各区风压风速一致。

工艺流程：PET 切片→熔融挤压（或直接纺）→精确计量→多孔纺丝→缓冷装置→均匀冷却（测吹风或环吹风）→均匀上油 →多级牵伸→热辊定型→精密卷绕→涤纶丝饼。

五、主要技术指标

本项目采用φ85mm风筒，有效吹风高度为145mm。能纺制dpf≤2de的涤纶纤维，对纺制0.3de≤dpf≤1.0de的多孔丝更有优势。

本项目为节能型的“合成纤维熔纺长丝环吹冷却技术”，因此所涉及到POY、FDY纺丝机全套设备及所有单元设备的设计方案，都要适应“环吹风冷却装置”的新技术、新内容，因此要：

1.涤纶切片(包括直接纺丝)经熔融、计量、组件、喷丝板，使运动中的熔体细流稳定地由流体变成固体丝束，以获得良好初生态结构的纤维。

2.设计和制造适合环吹冷却方式的涤纶长丝的关键部件--纺丝箱。

3.对采用环吹装置纺细旦涤纶纤维的化纤纺丝工艺探索和研究。

4.研制专用的缓冷装置，保证组件和喷丝板温度恒定、稳定。

5.如何保证环吹风装置出风均匀、稳定，空气流动顺畅，各个风筒间的风速差值≤5%。

6.如何保证环吹风冷却装置风筒风速不匀率≤4%。

7.设计研制适合新型环吹纺丝装置的精密卷绕控制系统，用于生产0.3de≤dpf≤1.0de的涤纶细旦纤维。

8.最终形成一种新型的、节能型的化纤成套设备。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

节能型环吹风式涤纶成套设备的研发成功及产业化推广，其技术先进性方面达到国际先进水平。被认定为 2014 年度北京市高新技术成果转化项目，其技术可靠性方面经多家用户的实践检验已被认可，为化纤领域产品的开发和质量的提升拓展了空间。

七、典型应用案例

应用单位：浙江兴惠化纤公司

技术提供单位：北京中丽制机工程技术有限公司

采用了这种新装置、新技术的生产过程能源消耗大大降低。以每条生产线 8 个纺丝位，12 个丝饼/位、位距 1，200mm，采用侧吹风冷却装置，达到同等产量，每年生产所需冷却风量 $0.47\times108m^3$。环吹风装置所需供风量仅是侧吹风装置供风量的三分之一，综合分析节能效果达到 50%。以每条生产线年产涤纶细旦丝 10000t 的 48 个纺丝位计算，节能改造投资额度为 2500 万元，年节能量 270 tce，年 CO_2 减排量 712.8t，其效益占 20%左右，投资回收期约 3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的普及率能达到 40%左右，需总投入 5000 万元，年节能可达 11 万 tce，年减排 29 万 tCO_2。

161 超低浴比高温高压纱线（拉链）染色机

一、技术名称：超低浴比高温高压纱线（拉链）染色机

二、技术所属领域及适用范围：纺织行业 适合纺织印染行业 纱线、棉纱、羊毛、化纤、拉链、织带等织物染色。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

超低浴比高温高压纱线（拉链）染色机的作用是进行纱线、化纤、拉链、织带染色。染色机的技术和工艺直接影响纺织服装面料的质量，染色机技术工艺的先进性将影响节能和减排量。目前国内印染企业使用的染色机普遍存在浴比大、能耗高、污染物排放大、使用染料助剂多、工艺落后、染色周期长、操作繁琐等问题，节能减排潜力巨大。目前应用该技术可实现节能量 14 万 tce/a，减排约 36 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用离心泵和轴流泵的三级叶轮泵和短流程冲击式脉流染色技术，实现超低浴比（1:3）、高效率染色。冲击式脉流染色可在超低浴比下进行，染液不浸泡纱锭，减少染料助剂用量。纱锭与染液由于不浸泡在水中，减少了纱锭渗透阻力，加快染色交换速度，并且有利于均匀染色和缩短染纱时间。同时该技术由于大幅降低浴比，减少了循环水泵的电耗和加热蒸汽的使用量，达到了节能减排的目的。

2.关键技术

（1）离心泵和轴流泵的三级叶轮泵染色技术；

（2）短流程冲击式脉流染色技术；

（3）可调流调压纱架（拉链架）装置；

（4）小浴比智能环保染色工艺。

3.工艺流程

该技术装备整体透视图见图 1；核心设备三叶轮泵见图 2；冲式冲击脉流染色原理图见图 3；关键设备沙盘及附件结构图见图 4。

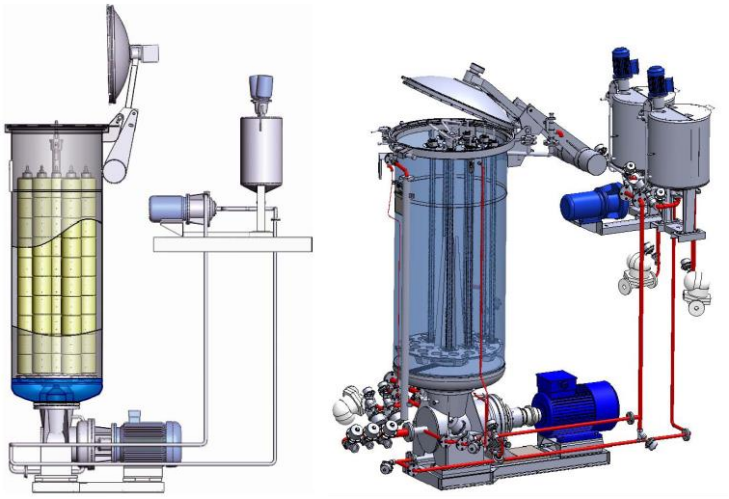


图 1 超低浴比高温高压纱线染色机设备图

图 2 三级叶轮泵图

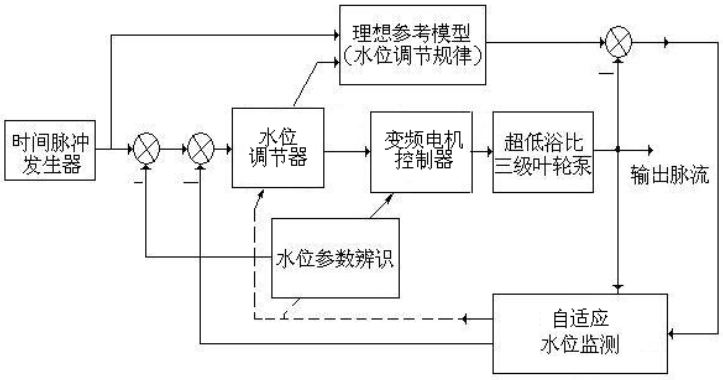


图 3 冲击式脉流染色原理图

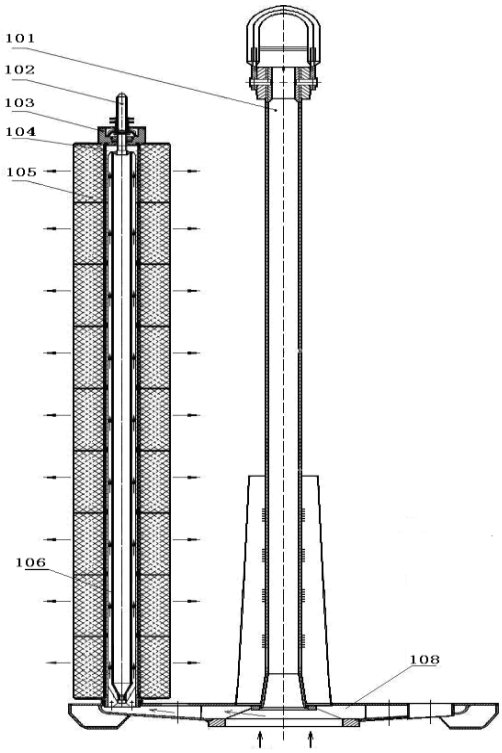


图 4　纱架、吊环、纱杆（光身水鼓）、纱盘、重力锁头结构图

五、主要技术指标

1.浴比低至 1:3；

2.耗水量≤45t/t 棉纱；

3.耗蒸汽量≤2.5-3t/t 棉纱；

4.耗电量≤350kWh/t 棉纱；

5.染纱工艺周期时间小于 8h。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2011 年获得国家专利，并通过了广东省经济和信息委员会组织的技术鉴定。目前，已在全国推广应用 350 台（套），具有良好的经济和社会效益。

七、典型应用案例

典型案例 1

应用单位：广东省佛山市顺德区金丰漂染有限公司

技术提供单位：广州番禺高勋染整设备制造有限公司

建设规模：31 台超低浴比高温高压纱线染色机，年产纱线 1.2 万 t 纱线。主要技改内容：对 31 台超低浴比高温高压纱线染色机进行技术改造。主要设备为超低浴比高温高压纱线染色机等。技改投资额 1550 万元，建设期 1 年。年节能

量 14018tce，CO_2 减排量 35092t。年节省水、电、蒸汽能源成本 2586 万元，每生产一吨纱线降低成本 1500-2527 元。投资回收期 7 个月。

典型案例 2

应用单位：山东省孚日集团有限公司

建设规模：34 台超低浴比高温高压纱线染色机节能改造项目，年产纱线 1.3 万 t 纱线。主要技改内容：对 31 台超低浴比高温高压纱线染色机进行技术改造。主要设备为超低浴比高温高压纱线染色机等。技改投资额 1700 万元，建设期 1 年。年节能量 15367tce，CO_2 年减排量 38465t。年节省水、电、蒸汽能源成本：2914 万元，每生产 1t 纱线降低成本 1500-2527 元。投资回收期 7 个月。

典型案例 3

应用单位：浙江省桐乡市新达丝绸炼染有限公司

建设规模：20 台超低浴比高温高压纱线染色机，年产纱线 7776t 纱线。主要技改内容：对 31 台超低浴比高温高压纱线染色机进行技术改造。主要设备为超低浴比高温高压纱线染色机等。技改投资额 1000 万元，建设期 1 年。年节能量 9044tce，CO_2 年减排量 22640t。年节省水、电、蒸汽能源成本 1714 万元，每生产一吨纱线降低成本 1500-2527 元。投资回收期 7 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的普及率能达到 6%左右，需总投入 9 亿元，预计年节能能力可达到 81 万 tce，年减排能力 214 万 tCO_2。

162 高温低浴比 O 型染色机节能技术

一、技术名称：高温低浴比 O 型染色机节能技术

二、技术所属领域及适用范围：纺织行业　染整设备

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国纺织印染行业大部分企业采用传统的大浴比（1:8 以上）溢流染色机，需要消耗大量的水、电、蒸汽和染料助剂，污染问题严重，是我国重点污染行业之一。因此，改造落后生产工艺，提高绿色化工工艺的应用水平，保护生态环境，已经成为印染行业亟待解决的问题。高温低浴比 O 型染色机技术可将浴比降低至 1:3.8，极大地提高了染色效率，减少污水的排放，降低染色成本，具有显著的节能环保效益。

四、技术内容

1.技术原理

该技术采用卧式主缸体结构设计，集成应用智能高端控制系统、自增压功能染液动力系统、超低浴比染液循环系统、染色机除毛过滤系统等技术，不仅可有效提升优化染色机性能，简化操作程序，确保染机在恶劣环境下长期稳定运行，而且能有效解决循环动力系统的汽蚀问题，提高染液的循环利用效率，使染色机的浴比降低至1:3.8，大幅度减少水、电、蒸汽、染料和助剂消耗量，综合节能减排效果显著，实现低成本染色。

2.关键技术

（1）智能高端控制系统

采用高端工业级处理器和低发热的电气元件，不需要电风扇散热系统，使染色机操作简便、性能优越，确保在恶劣的染整厂环境下也能够长期稳定运作；

（2）两种不同的布循环控制方式

根据实际工艺需求，可自由选择采用速度控制和圈时控制两种不同的布循环控制方式，以圈时控制，能减少管差，重现性好；以速度控制，能提高洗水效率，有效缩短洗水时间，并节省洗水用水量；

（3）小浴比智能环保染色工艺

采用小浴比环保染色工艺，浴比低至1:3.8，有效减少水、电、蒸汽、染料、助剂和盐的消耗量，节能环保效果显著；

（4）自增压功能染液动力及循环系统

采用自增压功能染液动力及循环系统技术，可有效解决循环动力系统的汽蚀问题，提高染液的循环利用效率，降低染色工艺成本。

3.工艺流程

高温低浴比 O 型染色机装备示意图见图 1，其工艺流程分为前处理（煮布）工艺、染色工艺和后处理（煮视）工艺三个步骤，分别见图 1 至图 3。

图 1 高温低浴比 O 型染色机装备示意图

（1） 前处理（煮布）工艺

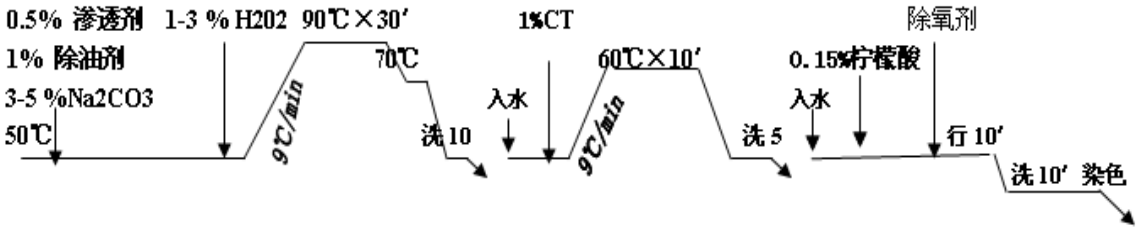


图 2 煮布工艺流程图

（2）染色工艺

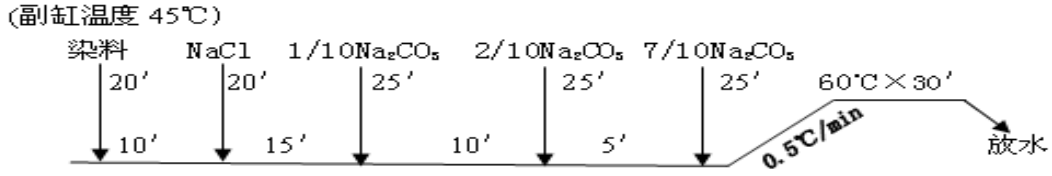


图 3 染色工艺流程图

（3）后处理（煮视）工艺

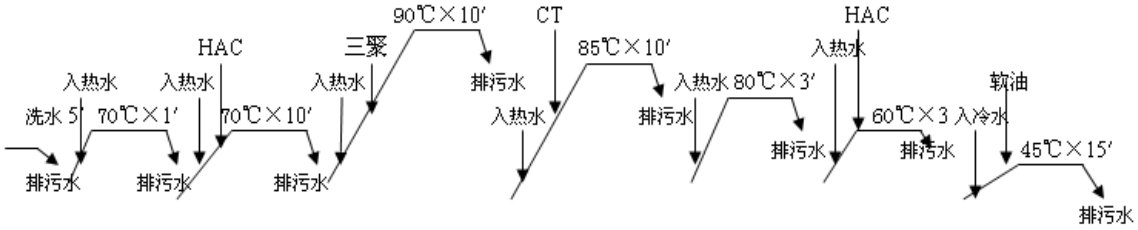


图 4 煮枧工艺流程图

五、主要技术指标

1. 浴比：1:3.8；

2. 耗水量：25-30 t/t（布）；

3. 耗蒸汽量：2-2.5 t/t（布）；

4. 助剂成本：每吨 280-350 元（布）；

5. 染布工艺周期时间：7h。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得 2 项国家发明专利和 1 项实用新型专利，于 2012 年被评为广东省高新技术产品。目前，该技术装备已在河北、天津等地应用，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：辛集市东方纺织印染有限公司、天津市广健纺织技术有限公司等。

典型案例 1

案例名称：辛集市东方纺织印染有限公司高温低浴比 O 型染色机引进项目

技术提供单位：广州番禺高勋染整设备制造有限公司

建设规模：8 台高温低浴比 O 型染色机。建设条件：技术应用企业具备相应染布辅助设施。主要技改内容：购置高温低浴比 O 型染色机染整装备，并对生

产线进行节能升级改造。主要设备：高温低浴比 O 型染色机及辅助设备。节能技改投资总额 450 万元，建设期为 6 个月。每年可节能 2614tce，减少碳排放 6901tCO_2。年节能经济效益为 534 万元，投资回收期约 10 个月。

典型案例 2

案例名称：天津市广健纺织技术有限公司高温低浴比 O 型染色机引进项目

技术提供单位：广州番禺高勋染整设备制造有限公司

建设规模: 5 台高温低浴比 O 型染色机。建设条件：技术应用企业具备相应染布辅助设施。主要技改内容：购置高温低浴比 O 型染色机染整装备，并对生产线进行节能升级改造。主要设备：高温低浴比 O 型染色机及辅助设备。节能技改投资总额 280 万元，建设期为 4 个月。每年可节能 1634tce，减少碳排放 4314tCO_2。年节能经济效益 334 万元，投资回收期约 10 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

2014 年，我国规模以上印染企业印染布产量达 537 亿 m。以此推算，我国织布染色机（改造）市场可高达 300 亿元，市场前景广阔。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例将达到 5%，可形成的年节能能力将达到 42 万 tce，年碳减排能力约 110 万 tCO_2。

163 液相增粘熔体直纺涤纶工业丝技术

一、技术名称：液相增粘熔体直纺涤纶工业丝技术

二、技术所属领域及适用范围：纺织行业 涤纶工业丝生产企业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

与民用丝相比，涤纶工业丝要求聚酯纤维断裂强度大、模量高、尺寸稳定性好，因此需要制备高粘聚酯熔体,然后进行纺丝拉伸。目前，涤纶工业丝生产技术普遍采用的是基于“基础聚合—冷却切粒—氮气输送—固相增粘—螺杆熔融—纺丝”的切片纺丝工艺。液相增粘熔体直纺涤纶工业丝技术实现了由基础聚合工艺直接到增粘工艺，减少了中间环节，极大的降低了从聚酯纤维聚合到纺丝过程的能耗。

四、技术内容

1.技术原理

该技术在获得低粘聚酯熔体后，将低粘聚酯熔体直接输送至液相增粘釜,在液体状态下通过管式降膜并脱除小分子继续进行缩聚反应（温度280℃左右，时间45-90min），获得高粘聚酯熔体后进行纺丝拉伸，实现连续纺丝过程。与传统间接纺丝相比，该技术省去了切片纺工艺中熔体冷却切粒－输送－挤压熔融等过程的方案升级成，大幅降低了工业丝生产能耗。同时，突破切片纺螺杆容量的限制，可实现单纺位产能提升50%以上。

2.关键技术

（1）垂直管外降膜的聚酯立式液相缩聚工艺技术；

（2）年产20万t液相增黏熔体直纺涤纶工业丝成套装备制造技术；

（3）大容量、柔性化、重旦多头纺丝技术。

3.工艺流程

液相增粘熔体直纺涤纶工业丝技术工艺流程见图 1。

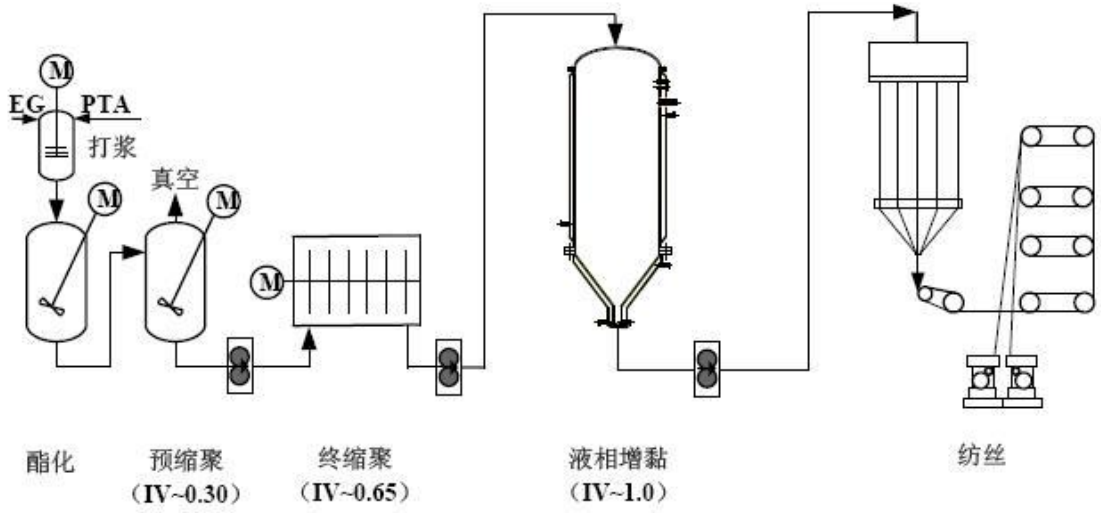


图 1 液相增粘熔体直纺涤纶工业丝技术工艺流程

五、主要技术指标

1. 单纺位最大总纤度：24000D；

2. 单位产品能耗：255.35kgce/t；

3. 增粘后高粘聚酯熔体：特性粘度 IV 1.0dl/g 左右，端羧基含量 26mol/t 左右；

4. 直纺涤纶工业丝物性指标：纤度范围 100-12000D，高强型断裂强度≥8.0cN/dtex；低缩型断裂强度：7.2cN/dtex 左右。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得 8 项国家发明专利和 5 项实用新型专利；于 2010 年通过中国纺织工业协会组织的科技成果鉴定，2012 年获得纺织工业协会科技进步一等奖，2014 年获得浙江省技术发明奖一等奖和 2014 年度桑麻奖一等奖。自 2011 年 7 月全球首条 20 万 t 级液相增粘熔体直纺涤纶工业丝生产线投产至今，熔体直纺产能达到已达 50 万 t，约占全球涤纶工业丝产能的 30%。

七、典型应用案例

典型用户：浙江古纤道新材料股份有限公司、浙江绿色纤维有限公司

典型案例 1

案例名称：年产 20 万 t 液相增粘熔体直纺涤纶工业丝

技术提供单位：浙江古纤道新材料股份有限公司

建设规模：年产 20 万 t 涤纶工业丝。建设条件：具备 PET 聚酯聚合装置。主要建设内容：年产 20 万 t 工业丝生产线。主要设备：五釜聚合装置、液相增粘釜、纺丝卷绕设备、酯化废水处理系统、酯化余热利用系统。项目总投资额为 12 亿元(与同等规模固相增粘工艺相比投资略低)，建设期为 2 年，年节能量约为 3.14 万 tce，年碳减排量约 8.29 万 tCO_2。年经济效益 20 亿元以上，其中节能产生的经济效益约为 2000 万元。

典型案例 2

案例名称：年产 50 万 t 聚酯配套 30 万 t 液相增粘熔体直纺涤纶工业丝生产线

技术提供单位：浙江古纤道新材料股份有限公司

建设规模：年产 50 万 t 聚酯，其中液相增粘熔体直纺部分 30 万 t。建设条件：具备 PET 聚酯聚合装置。主要建设内容：年产 50 万 t 聚酯配套 30 万 t 液相增粘涤纶工业丝生产线。主要设备：4 釜聚合装置、12 个液相增粘釜、114 个纺位。项目总投资额为 15 亿元，项目建设期间为 2 年，年节能量约 3.74 万 tce,年碳减排量约 9.87 万 tCO_2。年经济效益 30 亿元，其中节能产生的经济效益约为 3000 万元。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，该技术的推广比例为 30%，预计未来 5 年推广比例将达到 45%，可形成的年节能能力约 10 万 tce，年碳减排能力 26 万 tCO_2。

164 基于智能化控制的蒸汽高效利用技术

一、技术名称：基于智能化控制的蒸汽高效利用技术

二、技术所属领域及适用范围：纺织行业 染整加工生产企业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

印染企业的生产加工能耗以蒸汽热能为主，用于烘燥、洗涤、蒸煮、高温热处理等工序，占印染总能耗的 80%以上。据不完全统计，我国纺织印染行业的年总能耗超过 6000 万 tce，由于高温排液量大，热能利用率只有 35%左右，造成能源的极大浪费。该技术可有效实现蒸汽管网压力在线检测与控制，蒸汽压力由人工模糊控制转变为定量控制，在保证工艺稳定的同时，极大节省印染蒸汽用量，对印染企业实现转型升级、提高经济效益具有重要作用，帮助企业从源头上实现节能减排。

四、技术内容

1. 技术原理

采用高精度电磁流量计、压力变送器、温度综合检测和比例阀控制等形式，对蒸汽压力进行智能化控制，在汽压变化、车速变化、品种更换或停车时，压力自动跟随控制。在机台蒸汽总管路和各用汽点上安装气动比例阀调节用汽流量，同时安装反馈传感器（压力、流量、温度）构成全闭环控制系统，各用汽点压力可单独设定并调节。该技术可实现蒸汽压力由人工模糊控制到定量控制的转变，将蒸汽压力控制在合理范围内，提高蒸汽使用效率，有效降低能耗，实现二氧化碳减排。

2. 关键技术

（1）蒸汽动态消耗供汽技术

根据生产工艺需要，通过压力、流量、车速、温度等各项工艺参数，集中进行蒸汽流量、恒压等优化控制，保证各项工艺指标的连续稳定。

（2）蒸汽自动测控反馈控制技术

根据生产过程中产品的含湿率检测，将蒸汽用量由人工经验操作变为精确

定量闭环自动调节控制，提高蒸汽使用效率，大大减少蒸汽使用量。

3. 工艺流程

蒸汽智能管控系统工艺流程图见图1。

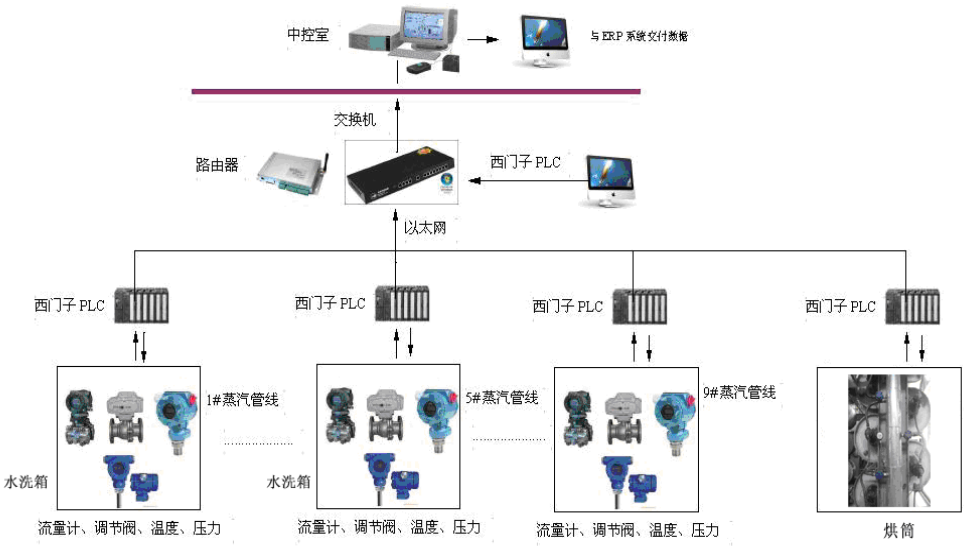


图 1 蒸汽智能管控系统架构图

五、主要技术指标

1. 流量控制范围：0-50t/h；

2. 压力控制精度：±0.1bar；

3. 流量计精度：工业0.5级。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家发明专利 1 项，实用新型专利 4 项。目前该技术已应用到浙江、山东等地多家纺织印染企业，产业化前景广阔。

七、典型应用案例

典型用户：常州东恒印染有限公司、四川南充嘉美印染有限公司、宜兴乐祺印染有限公司等。

典型案例 1

案例名称：常州东恒印染有限公司蒸汽高效利用技术改造项目

技术提供单位：常州市宏大电气有限公司

建设规模：印染布年产量 5000 万 m。建设条件：棉、涤棉连续平幅印染加

工企业。主要建设内容：蒸汽供气系统智能化改造。主要设备为智能蒸汽控制系统、网络化管控软件。项目总投资 350 万元，建设期为 1 个月。项目年节能量 1972tce，年碳减排量约 5200tCO_2，产生经济效益 420 万元，投资回收期约 10 个月。

典型案例 2

案例名称：四川南充嘉美印染有限公司蒸汽高效利用技术改造项目

技术提供单位：常州市宏大电气有限公司

建设规模：印染布年产量 1 亿 m。建设条件：棉、涤棉连续平幅印染加工企业。主要建设内容：蒸汽供气系统智能化改造。主要设备为智能蒸汽控制系统、网络化管控软件。项目总投资 500 万元，建设期为 3 个月。年节能量 3944tce，碳减排量约 10400tCO_2，产生经济效益 720 万元，投资回收期约 8 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

近年来，随着纺织印染产业升级步伐加快，国际先进国家已加快调整科技和产业发展战略，将信息技术、低碳技术等作为纺织印染行业实现低碳经济的突破口。随着国际贸易竞争的加剧以及绿色经济的推动，生产低碳纺织品、发展低碳经济已是纺织行业的必然趋势。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广应用比例可达 20%，项目总投资约 20 亿元，可形成的年节能能力约 110 万 tce，碳减排能力约 290 万 tCO_2。

165 智能全模式染色机高效节能染整装备技术

一、技术名称：智能全模式染色机高效节能染整装备技术

二、技术所属领域及适用范围：纺织行业 染整设备

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国纺织印染行业大部分企业采用传统的大浴比（1:8 以上）溢流染色机，需要消耗大量的水、电、蒸汽和染料助剂等，能耗高，污水排放量大。改造落后生产工艺，提高绿色化工工艺的应用水平，已经成为印染行业亟待解决的问题。智能全模式染色机采用气流雾化染色模式时浴比可降低至 1:2.8，采用溢流染色模式及气液分流染色模式时浴比低至 1:3.5，可极大地提高染色效率，降低电耗，减少污水排放，具有显著的节能环保效益。

四、技术内容

1. 技术原理

采用具有离心泵和轴流泵的二级叶轮泵染色动力系统和全模式（气流雾化、气液分流、溢流染色模式）喷嘴，以及喷嘴与提布系统内置于主缸的超低张力织物运行技术，使主泵在气流雾化染色模式高扬程低流量，气液分流、溢流染色模式低扬程高流量，保持高效率运行，并提升主泵汽蚀余量，有效降低染色机的浴比，实现超低浴比气流雾化模式（1：2.8）染色、超低浴比气液分流模式（1：3.25）染色、超低浴比溢流模式（1：3.5）染色，达到降低耗电量、耗蒸汽量和耗水量的目的。

2. 关键技术

（1）离心泵和轴流泵的二级叶轮泵染色技术

采用离心泵和轴流泵的二级叶轮泵染色技术，使主泵在气流雾化染色模式高扬程低流量，气液分流、溢流染色模式低扬程高流量，各种模式都能高效率运行，有效降低染色机的浴比。

（2）泵气蚀余量提升技术

采用储液槽变径管及相关组件，在染液进入泵组件前将染液中的动能转换为压力能，利用动压转换原理增大泵入口处压力，从而提高泵的汽蚀余量，解决离

心泵的汽蚀问题，降低染色机的浴比。

（3）泵前自动清洁与碎毛过滤器系统

通过电机驱动刀片将附着在滤网上的碎毛刮落，并利用高压水将刮落的碎毛冲出过滤系统，解决染色过程碎毛堵塞主泵叶轮、喷嘴、管路，造成主泵效率降低、增大人工清理成本等问题。

（4）全模式染色喷嘴系统技术

针对不同的织物特性在前处理、染色、后处理等不同工艺段，采用与染色质量平衡匹配的不同处理模式（气流雾化、气液分流、溢流染色），降低耗电量、耗蒸汽量与耗水量，提高染液使用效率、提升染色质量、缩短染色时间、降低助剂与染料使用量，降低 COD 总量。

（5）喷嘴与提布系统内置的超低张力织物运行系统技术

将染色喷嘴与提布内置于主缸，有效降低溢流喷嘴带动织物运行所需染液量，从而降低主泵的功率、降低浴比。同时，由于织物提升高度下降，使织物运行张力低、行程短、运行快，布面染色效果大幅提升。

3．工艺流程

织物染色包括染液喷射和织物运动两个过程。染液喷射，是染缸底部的染液经过主泵加压通过染液管道输送到喷嘴中，通过染液喷嘴定量、均匀地喷射并穿透织物，从而实现织物染色过程；而未吸附在织物上的染液则回流到染缸底部并通过回流管及过滤器流回主泵而实现染液的循环利用。织物循环运动，是经过喷嘴的织物叠放在 U 型储布槽内，在自身的重量下织物由 U 型储布槽的一端滑向另一端，再通过提布轮的带动下再次进入喷嘴系统，在喷嘴系统中气流和染液的带动下快速运行、循环喷染，直至喷染周期完成。见图 1-图 3。

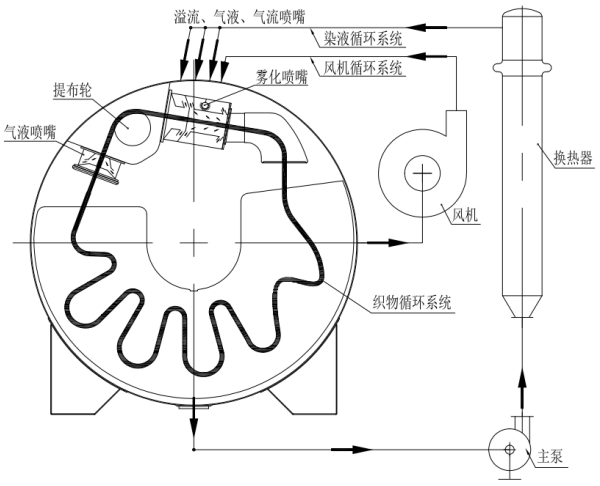


图 1 全模式染色机系统原理图

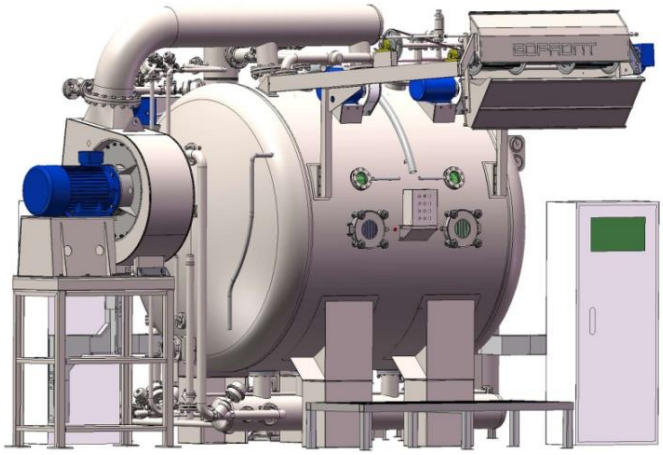


图 2 智能全模式染色机设备示意图

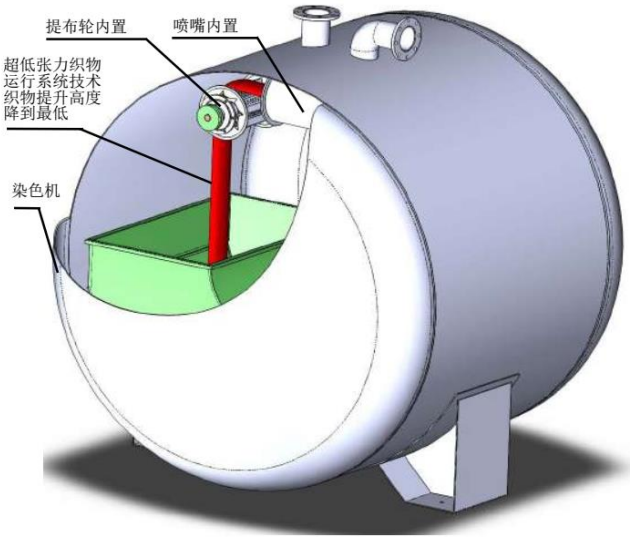


图 3 全模式喷嘴及提布内置超低张力织物运行系统技术图

五、主要技术指标

1. 染色浴比：气流雾化模式 1:2.8，溢流模式、气液分流模式 1:3.5；

2. 耗水量：36～45t/吨布；

3. 耗气量：＜4.2t 蒸汽/吨布；

4. 助剂成本：280～350 元/吨布；

5. 染布工艺周期：5.5～8h。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得 10 项国家发明专利、9 项实用新型专利和 1 项外观设计专利，于 2015 年被评为广东省高新技术产品。目前，该技术装备已在广东省普宁市联泰印染制衣有限公司 56 台高端智能全模式染色机节能改造项目、浙江省绍兴市南洋染织有限公司 4 台高端智能全模式染色机节能改造项目、福建福田纺织科技印染有限公司 10 台高端智能全模式染色机节能改造项目等推广应用，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：普宁市联泰印染制衣有限公司、绍兴市南洋染织有限公司等。

典型案例 1

案例名称：普宁市联泰印染制衣有限公司智能全模式染色机项目

技术提供单位：广州番禺高勋染整设备制造有限公司

建设规模：新建 56 台高端智能全模式染色机。建设条件：具备水、电、蒸汽、污水处理等配套设备。主要技改内容：采用智能全模式染色机，淘汰原有的浴比 1:10 的传统染色机，对生产线进行节能升级改造。主要设备：高端智能全模式染色机及辅助设备。项目投资额 3050 万元，建设期 1 年。项目年节能量 12550tce，碳减排量 33140tCO_2。年节能经济效益 2379 万元，投资回收期约 1.3 年。

典型案例 2

案例名称：绍兴市南洋染织有限公司高端智能全模式染色机引进项目

技术提供单位：广州番禺高勋染整设备制造有限公司

建设规模：4 台高端智能全模式染色机。建设条件：具备水、电、蒸汽、污水处理等配套设备。主要建设内容：采用智能全模式染色机，对生产线进行节能

升级改造。主要设备：高端智能全模式染色机及辅助设备。项目投资额 260 万元，建设期 4 个月。项目年节能量 830tce，碳减排量 2191tCO_2。年节能经济效益 157 万元，投资回收期约 1.7 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，我国规模以上印染企业印染布产量达730亿m，织布染色机升级改造市场前景广阔。预计未来5年，该技术在行业内的推广比例将达到6%，总投资9亿元，可形成的年节能潜力约37万tce，年碳减排能力约99万tCO_2。

166 高效翼型轴流风机节能技术

一、技术名称：高效翼型轴流风机节能技术

二、技术所属领域及适用范围：纺织行业 各工序通风换气、温湿度送风调节、回风系统、回风再利用环节、车间风量平衡补充、温湿度自控调节等

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国纺织行业使用的空调风机运行普遍存在技术工艺落后、性能系数不匹配、功耗大、效率低等问题。据统计，纺织行业通风设备能耗约占企业总能耗的21%～28%，如果使用节能风机技术对纺织空调风机进行改造，一般节电率可达10%以上，全国纺织行业节能降耗具有较大的潜力。

四、技术内容

1．技术原理

采用独特的高升阻比先进翼型技术，气体由一个攻角进入叶轮，在翼背上产生一个升力，同时在翼腹上产生一个大小相等方向相反的作用力使气体排出；叶片与叶柄采用过度扭曲矩形连接方式，有效降低风机叶轮旋转时的流动阻力；叶片长度比传统叶片增长，过风面积增大，增强叶片做功能力，减少无用功耗，降低同等工况下的轴功率损失；采用航空特殊铝镁合金材质，比重轻，可减小叶轮自重耗能。通过上述手段，实现空调风机综合节电的效果。

2．关键技术

（1）航空先进翼型技术

风机叶轮采用沿叶片弦长函数曲线设计，合理借鉴三元流体理论、飞机机翼、螺旋桨发动机及最佳气动布局等航空先进设计技术，设计制造高升阻比的先进翼型。

（2）叶面及叶形优化设计技术

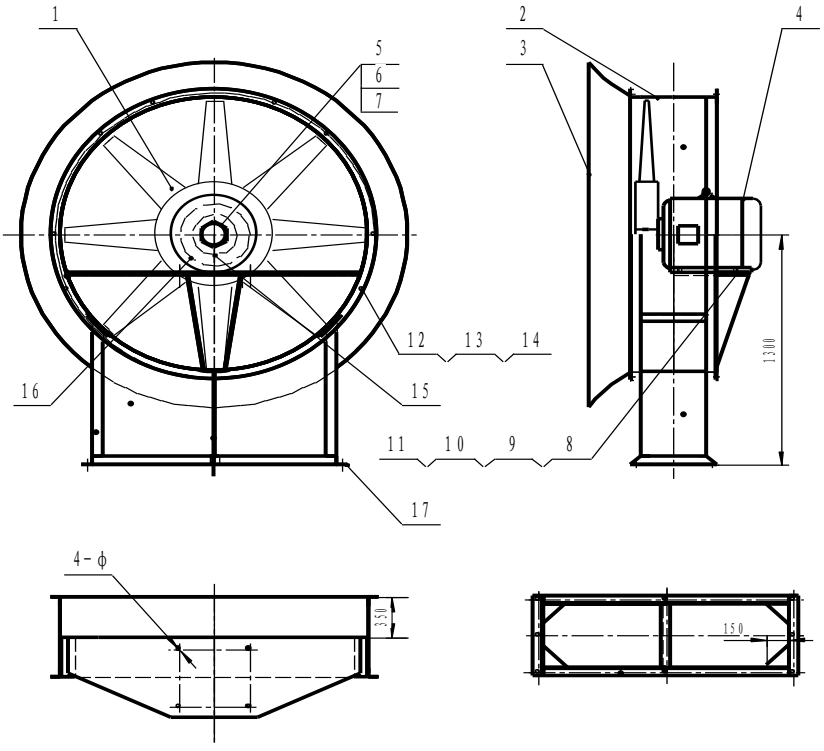
叶片弦长过渡到根部为扭曲角度，叶片与叶柄为过度扭曲矩形连接方式，有效降低风机叶轮旋转时产生的流动阻力。叶片长度比传统叶片增长约15%（根据不同工况具体确定长度），过风面积增大，增强叶片做功能力，减少无用功消耗，降低同等工况下的轴功率损失。

（3）叶片特殊材质铸造技术

风机叶片采用航空特殊铝镁合金材质铸造。铝镁合金比重轻，可减小叶轮自重消耗的能量；铝镁合金具有良好的抗震动及降噪性能，在相同载荷下，减振性是铝合金的100倍，是钛合金的300～500倍，有效降低风机噪音。

3．工艺流程

纺织节能风机借鉴航空飞机机翼、翼型、螺旋桨以及航空发动机的设计方法，采用三元流理论和最佳气动布局进行风机整体化设计出先进翼型节能轴流风机。风机主要由风筒，叶轮，电机、集流器，扩散口等部分构成，如图 1 所示。



1-叶轮　2-机壳　3-集流器　4-Y 系列三相异步电动机 B3 型　5-变径螺栓　6-盖形螺母 M10　7-标准型弹簧垫圈 12　8-M22X90　9-平垫　10-标准型弹簧垫圈 22　11-六角螺母　12- M12X40　13-平垫　14-六角螺母　15-压盖　16-护帽　17-地脚螺栓

图 1 高效翼型轴流风机结构示意图

五、主要技术指标

1. 风机叶片长度增加 15%；

2. 风机升阻比提高 40，提高率 66%；

3. 噪音降低 7～13dB（A），降低率 8%～12%；

4. 风量增加 4～5 万 m³/h，增加率 25%～28%；

5. 最大风压升高 79Pa，升高率 12%；

6. 风机效率提高 8%；

7. 运行电流降低 8A；

8. 节电率 10%～20%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得国家发明专利 2 项，实用新型专利 6 项，并于 2010 年获得陕西省科学技术成果鉴定证书，于 2015 年通过上海国家级电气器具检验测试所检测风机能源效率，判定能效等级为 1 级。目前，该技术已在山东、河北、河南、安徽、江苏、浙江、广东、湖南、湖北、四川、陕西、新疆等地的 780 多家纺织企业广泛应用，累计使用约 6 万多套，节能和社会效益良好。

七、典型应用案例

典型用户： 山东鲁泰集团、江苏大生集团、安徽华茂集团、山东恒丰集团、雅戈尔集团、山东宏业纺织股份有限公司、河南银龙集团、江苏天虹集团、邓州市永泰棉纺股份有限公司等。

典型案例 1

案例名称： 山东宏业纺织股份有限公司纺织空调风机节能改造项目

技术提供单位：陕西金翼通风科技有限公司

建设规模：102 台轴流风机。建设条件：对原有风机实施改造。建设内容：对轴流风机叶轮进行新型节能叶轮更换改造，以实现风机增加风量、降低电流、节约能耗的目的。主要设备：YFZ40/35-No16、18 型号风机。项目投资额 120 万元，建设期 2 个月。项目年节能量 533tce,碳减排量 1249tCO_2。年节能产生的经济效益约 133 万元，投资回收期约 10 个月。

典型案例 2

案例名称：邓州市永泰棉纺股份有限公司纺织空调风机节能改造项目

技术提供单位：陕西金翼通风科技有限公司

建设规模：120 台轴流风机。建设条件：对原有风机实施改造。建设内容：对轴流风机叶轮进行新型节能叶轮更换改造，以实现风机增加风量、降低电流、节约能耗的目的。主要设备：YFZ40/35-No11.2、No14、No16、No18 型号风机。项目投资额 231 万元，建设期 2 个月。项目年节能量 1547tce,碳减排量 3627tCO_2。年节能经济效益约 387 万元，投资回收期约 9 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

高效翼型轴流风机不仅可在纺织行业空调领域广泛应用，而且可在煤碳、钢铁、石油化工等行业推广应用，具有较大的推广应用潜力。预计到未来5年，仅在纺织空调领域的推广应用比例就可达20%，项目总投资约16亿元，可形成的年节能潜力约88万tce，碳减排潜力232万tCO_2。

167 频谱谐波时效技术

一、技术名称：频谱谐波时效技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 机械制造过程中金属工件在铸造、锻压、焊接和切削加工和使用中的残余应力的降低和均化。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

热时效技术采用退火炉，能源可采用电、煤炭、天然气等。以 800kW 电炉（容积为 10t）为例，处理时间 8 小时，升温 3 小时（消耗 80%功率），保温 3 小时（消耗 50%功率），降温 2 小时。退火炉单位能耗为：312kWh/t。对于复杂工件，处理时间会更长，因此退火炉单位能耗会更高。目前应用该技术可实现节能量 87 万 tce/a，减排约 230 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

通过傅立叶分析，不需扫描，在 100HZ 内寻找低次谐波，施加合适的能量在多个谐波频率振动，引起高次谐波累积振动产生多方向动应力，与多维分布的残余应力叠加，造成塑性变形，从而降低峰值残余应力，同时使残余应力分布均化。

2.关键技术

将电子测量技术、计算机技术、自动控制技术等结合在一起，机电一体化。特点是各功能模块采用目前先进成熟的技术，最后组合成最先进、可靠的设备。其中，加速度的测量与数据采集、FFT 频谱分析，直流电机的 PWM 控制和电机转速的稳频等为关键技术。

（1）控制器驱动激振器进行振动，通过加速度传感器，在 1000-5000rpm 的转速范围内采集进行傅立叶分析的数据，获取工件的固有频率及其谐振频率分布。

（2）对获取的频率自动进行分类、排序和选取时判据原则是：A.多振型原则；B.最大能量吸收原则；C.频谱分析只选取范围在 16.7-200Hz 以内的频率，处理的激振频率选取范围在 16.7-167.7Hz 以内。

（3）自动选取要处理的频率个数为 3 个或 3 个以上。自动选取要处理的频率个数最佳为 5 个。

（4）以最佳疲劳载荷加载原则为判据来确定 2、中所选取频率需要处理的时间。

（5）顺序处理 2、中选取的频率时，若由共振频率，则自动跳开共振频率去处理下一个频率。

（6）本专家系统软件作为工艺设备核心，要求具备高可靠性、操作便捷性，因此分别选择在成熟稳定的 MSDOS 平台和 WINDOSXP 下采用 TurboC2.0 语言编写，以达到内存节约、系统稳定的需求。

3.工艺流程

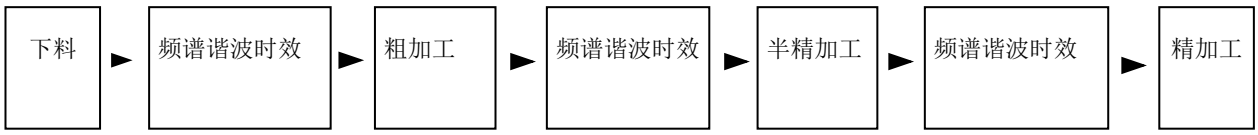


图 1 工艺流程图

在毛坯状态下、粗加工之后、半精加之后用频谱谐波时效的方式取代原来的热时效，以消除材料和加工之后产生的残余应力，提高尺寸精度稳定性，防止变形开裂。

五、主要技术指标

1.功能指标：

（1）最大激振力可达 80kN；

（2）对工件进行傅里叶频谱分析，找出 5 个谐振频率，2 个备用谐振频率；

（3）循环选择频率，同时具备加速度延时保护功能和亚共振频率自动过峰功能；

（4）振动参数除激振力调节保证有两个最大振动加速度 30-70m/s^2 值在外，其余参数选择由振动设备自动完成；

（5）振动频率为 6000rpm 以下，噪音低；

（6）设备的软件操作系统：Windows XP。

2.硬件技术指标

（1）高速、多通道的 A/D 转换，保证了数据的高速采集和实时处理；

（2）高效、严格的数字信号处理，无需电机从 1000 转到 10000 转进行全程扫描，通过频谱分析即可得到相应的峰值，并可自动确定最佳的振动频率组；

（3）采用高速微处理器作为下位机，对电机具有高精度的控制能力，电机稳频精度为：±1rpm；

（3）采用先进稳波控制技术，电流输出平稳、无电气噪音，温升大幅度降低，电机持续运行可靠性和寿命高；

（4）在大偏心、转速通过亚共振峰时，可以抗击瞬间超过 30A 的过载大电流；

（5）采用电磁屏蔽结构，防止信号由于外界电磁干扰造成波动、失真的现象；

（6）加速度值由符合国家标准的振动测量仪在：30-70m/s^2 范围内进行校订，保证振动强度符合国军标《WJ2969-2008》；

双保险：加装电源滤波器和自主设计的吸收电路模块，防止工作电源受干扰波动时，设备造成损伤。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2009 年，翔博科技频谱谐波时效技术被列入国家重点节能技术推广目录（第二批）；2010 年，翔博科技频谱谐波时效技术被列入《北京市 2010 年节能节水减排技术推荐目录》；2010 年，翔博科技频谱谐波时效技术被列入《国防科技工业节能减排技术目录》；2010 年，翔博科技频谱谐波时效技术纳入“十二五”国防科技工业百项先进工艺技术；2011 年，翔博科技频谱谐波时效技术纳入机械基础件、基础制造工艺和基础材料产业“十二五”发展规划。

常用热时效炉平均功率 800kW、1000kW，时效周期从 4 小时到几十小时不等。以平均 8 小时为例，消耗电能为 6400kWh。频谱谐波时效技术，采用机械振动的方式进行残余应力消除，常用机型额定功率为 2.5kW、3.2kW，处理时间为 1 小时，消耗电能为 1-3kWh。与传统热时效相比节约能源 95%以上。

七、典型应用案例

应用单位：中船重工集团下属的重庆齿轮箱有限责任公司

技术提供单位：北京翔博科技有限责任公司

节能改造情况：中船重工集团下属的重庆齿轮箱有限责任公司，现有 25 台频谱谐波时效设备用于建材行业和风电行业。每年需热时效工件产量 3.5 万 t。

节能效果：据重齿集团提供数据，采用频谱谐波时效技术替代热时效后，节电 1198 万 kW，节约天然气 120 万 m^3，累计节约标煤达 6435t。频谱谐波时效处理工件每 1t 消耗 1kWh 计算。另来自中国信息协会数据:每节约 1 亿 kWh 就意味着节约 4.04 万 tce，减排 10.64 万 tCO_2。

经济效益：项目总投资 1000 万用于设备采购，半年即可收回投资，能耗节约率达 99.7%。原支付配套厂热时效费用 400 元/t，采用频谱谐波时效技术后支付配套厂费用为 100 元/t，加工费用节省 1050 万，节约电费 779 万元，节约天然气费用为 160 万元，年累计节约为 1989 万元。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力达到 15%，预计总投入 6 亿元，节能能力 130 万 tce/a，减排能力约 343 万 tCO_2/a。

168 零过渡过程动态无功补偿节能增效技术

一、技术名称：零过渡过程动态无功补偿节能增效技术

二、适用范围：属电力节能领域，适用于电网、电厂和各用电行业节能降损、改善电压质量、提高电能利用效率（功率因数）和电气设备工作效率。

三、与该节能技术相关的能耗现状:

2016 年，我国全口径发电设备容量 16.5 亿千瓦，发电量 5.99 万亿千瓦时，大约三分之一的发电量为发、输、配三大环节的设备损耗 ,其中：配电系统损耗最大，其损耗占总电量的 15%以上，即：8985 亿千瓦时。

传统的电容器组投切无功补偿装置存在安全性不高（可能产生 3 倍过电压和 20 倍过电流）、实时性不强（电容器切除后需要放电 1 至 3 分钟，电压降至 50V 以下才能再投入）、补偿效果不好（最低功率因数可能低于 0.5）和使用寿命短（电容器长期在过电压 1.1 倍下运行，其使用寿命缩短五分之三）等问题，导致电网电压质量降低、电网安全运行水平下降、电气设备绝缘老化、电气设备使用寿命缩短，甚至导致电源开关跳闸、继电保护和自动装置误动，电容器组爆炸等事故，危害供用电系统的安全运行。

四、技术内容

1．技术原理

零过渡过程动态无功补偿节能增效技术采用发明专利《零过渡过程触发二控电容投切方法及装置》（专利号：ZL 97 1 09354.7），将无功补偿装置与电网视为一个有机的整体，通过检测电网和无功补偿装置的基本电物理量和零过渡过程条件，自动跟踪、分析电网和无功补偿装置的运行状态，根据电磁能量守恒原理，在电容器无需放电的情况下，选择在系统零过渡过程时刻触发控制电力电子开关动态投切电容器组，使电网的动态电流和电压的非周

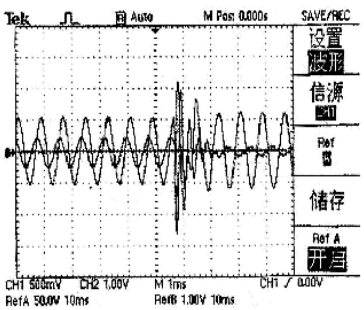


图 1 非零过渡过程投切电容器组的电网电压和电流波形图

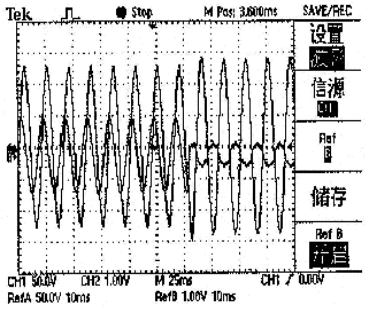


图 2 零过渡过程投切电容器组的电网电压和电流波形图

期衰减分量接近零，从而实现零过渡过程动态无功补偿。它从物理本质上解决了电容器残余电压在投切过程中产生过电压和过电流的世界技术难题，电容器无需放电，电容器切投速度提高 3000 至 9000 倍，最低功率因数可设计并达到 0.95 以上，平均功率因数可以达到 0.98 以上。

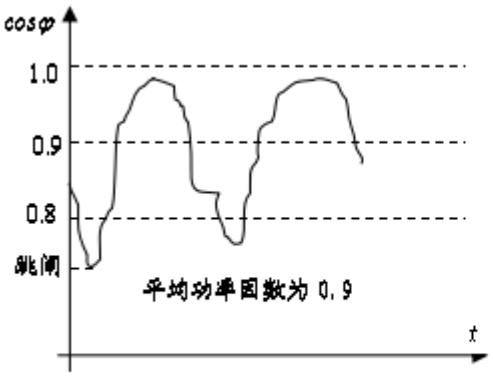


图 3 传统无功补偿装置补偿效果

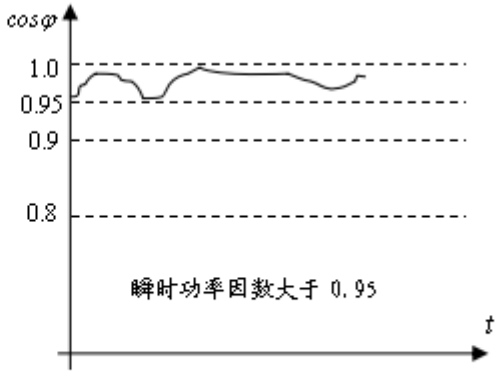


图 4 零过渡过程动态无功补偿装置补偿效果

传统无功补偿装置电容器投切时，容易产生过电压和过电流，可能导致断路器跳闸，因此，通行无功补偿国家标准和行业标准要求电容器需要放电 1 至 3 分钟，电容电压低于 50V，才能重新投入，放电时功率因数低，放电后功率因数高，平均功率因数 0.9 左右，电压不稳定，功率因数低于 0.6 时，供电系统容易跳闸，其波形图如图 1 和图 3 所示。

零过渡过程动态无功补偿装置电容器组投切时，电容器不需要放电，每个周期均可以投切，而且不产生过电压和过电流，如果按功率因数 0.95 设计补偿装置容量和组数，则平均功率因数可以达 0.98 以上，动态补偿效果好、从系统获取电流少、节能效果好、电压稳定、电动设备效率高（与电压平方成正比）、供电可靠，其波形图如图 2 和图 4 所示。

2．技术原理图

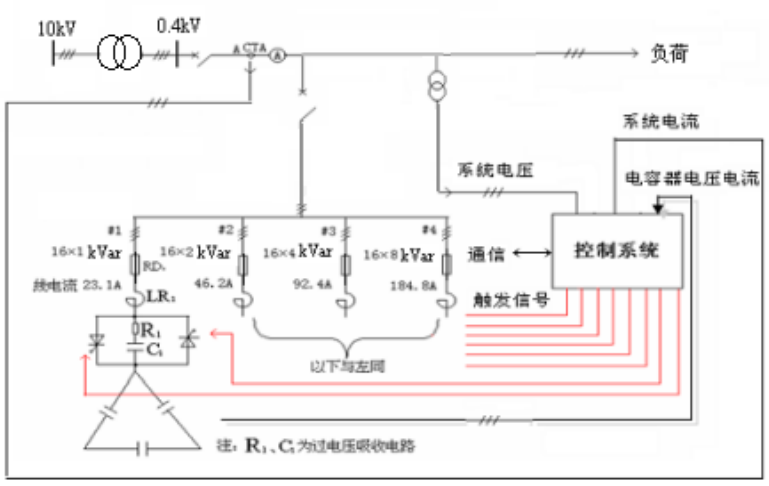


图 5 零过渡过程动态无功补偿装置原理图

3．关键技术

零过渡过程条件检测技术：实时监测电网和补偿装置的电流和电压状态变量，当动态电流和电压的非周期衰减分量接近零条件满足时，自动形成一个触发脉冲。

零过渡过程触发控制技术：实时检测和计算电网的电压、电流、无功缺额和功率因数，确定电容器的投切容量，当零过渡过程条件满足时，编码动态投切电容器组，实现无功功率动态平衡。

4．技术水平

该技术 2003 年获国家电力公司科技项目资助，2005 年科技成果鉴定评价：该项目控制技术处于国际领先水平。2006 年该技术产业化，2010 年形成国家标准 GB/T25839-2010《零过渡过程低压动态无功功率补偿装置》。

5．经济效益和技术效果

（以自然功率因数为：0.35-0.80 提高到 0.98 为例分析）：

(1)可提高变压器供电能力:18~63%；

(2)用户节电、减少电费支出:5.75~ 75.75%；

(3)提高电压质量以及电压敏感产品的生产质量和产量，增加产品的附加值；

(4)延长所有电气设备的使用寿命:补偿装置寿命延长 3-4 倍；

(5)减少变压器和线路的有功功率损耗和电压损耗，线损率减少不低于 33~87％。

6．工艺流程

设计要求或现场检测数据→标准化或定制产品设计→设计方案审查（不合格重新设计）→（合格）材料器件采购→入厂质量检验（不合格退货）→（合格）入库→领料产品机柜主电路生产和组装、控制系统(硬件和软件)生产和调试（不合格进行整改）→（合格）装置整机组装、调试和试验→装置考机与出厂质量检测（不合格进行整改）→（合格）入库→包装、物流发货→现场安装调试（不合格进行整改）→（合格）项目验收（不合格进行整改）→（合格）投入运行→售后服务或委托维护保养。

五、主要技术指标

该节能技术技术指标（传统技术技术指标）

1．响应时间≤20ms（100ms+60000ms）；

2．投切方式和级数:编码投切、一般 15 级(循环投切、6-7 级)；

3．补偿后功率因数：合理配置补偿容量和投切级数，最低功率因数大于 0.95（0.5-0.8）；

4．电容器组最小切投间隔时间≤20ms（100ms+60000ms）；

5．电容器投切过电流倍数≤1.5（≤20）；

6．电容器投切过电压倍数≤1.1（≤3.0）；

7．保护动作切除电容器时间：≤20ms（100ms+60000ms）。

六、技术应用情况

该节能技术系列产品已在全国 10 多省（市）的军工、造船、汽车、印钞、电网、电厂、铁路、冶金、化工、建材、机械加工、机电制造、食品加工、大型超市、酒店、政府机关、大专院校等行业推广应用，还进入国际市场，应用于国际大型知名品牌塑料制品集团公司-SRITHAI SUPERWARE PUBLIC COMPANY LIMITED(总部在泰国曼谷),并取得显著的经济效益和社会效益,获得到用户好评。该节能技术提升为国家标准 GB/T 25839-2010《零过渡过程低压动态无功功率补偿装置》，其推广应用获得政府和行业的大力支持，武汉市政府多次召开该专利产品应用的现场经验交流会，并出台措施《专变用户无功补偿典型配置设计导则》(武无功技改办〔2012〕3 号)，湖北省地方标准 DB42T 1112-201520160119《电力用户无功补偿典型配置设计导则》，广东省出台地方标准制定计划（粤质监标函{2015}402 号），湖北省电力公司出台企业标准 Q/GDW15-001-2014-10501《新建住宅供电配套工程设计规范》，在一定范围内强制性推广应用该节能技术国家标准。水利部、湖北省、广东省、武汉市、国网节能服务公司、南方电网综合能源公司将该系列专利产品作为重点推广项目。近 5 年全国配电网建设与改造投资 2 万亿，大约有 10%的市场需求，可见节能空间巨大。

七、典型用户及投资效益

典型案例 1

案例名称：零过渡过程动态无功补偿节能增效技术改造试点（汽车配件厂）

技术提供单位：武汉国想电力科技股份有限公司

建设规模：2 台，840kvar；项目建设条件：试点项目验收技术指标（第三方检测技术指标）：补偿后平均功率因数≥0.95（第三方检测 0.98 和 0.99）；补偿装置投入后降损率≥20％（第三方检测 20.32％和 45.82％）；主要建设或改造内容：广东鸿图科技有限公司通过零过渡过程功态无功补偿节能增效技术改造试点，解决提高电能利用效率和降低电能损耗问题，以便在全长推广应用；主要设备：GX-LDB2-240/0.4NK 和 GX-LDB2-600/0.4NKL 零过渡过程动态无功补偿装置；项目投资额（万元）：45；项目建设期：2015 年 3 月至 2015 年 5 月。

项目节能量（tce）：840×0.15×6000×320÷1000000=241.9 吨标准煤；项目碳减排量（折 tCO_2）：840×0.15×6000×0.75÷1000=567 吨二氧化碳。

项目经济、环境及社会效益：减少电源建设投资 4000×840×0.15=50.4 万元，减少用户电费支出 840×0.15×6000×0.5=37.8 万元/年。1.19 年收回投资。

典型案例 2

案例名称：零过渡过程动态无功补偿节能技术开发（火力发电厂）

技术提供单位：武汉国想电力科技股份有限公司

建设规模：2 台，1100kvar；项目建设条件：要求通过零过渡过程动态无功补偿节能技术开发，降沙角 A 电厂厂用电输煤配电系统的功率因数从 0.68 提高到 0.95（实际检测 0.97）；主要建设或改造内容：广东省粤电集团有限公司沙角 A 电厂，通过零过渡过程动态无功补偿节能技术开发，解决厂用电输煤配电系统提高电能利用率问题；主要设备：GX-LDB2-510/0.4NK，2 台零过渡过程动态无功补偿装置；项目投资额（万元）：41；项目建设期：2013 年 6 月至 2013 年 8 月。

项目节能量（tce）：672600×320÷1000000=215.2 吨标准煤（验收报告）；项目碳减排量（折 tCO_2）：672600×0.75÷1000=504.5 吨二氧化碳。

项目经济、环境及社会效益：减少电源建设投资减少电源建设投资 4000×1100×0.15=66 万元，减少用户电费支出 349752 元（验收报告）；1.17 年收回投资。

八、推广前景和节能潜力

1、技术应用的节能减碳潜力

产品的市场规模及增长趋势可以根据我国发电机组的总装机容量和增长趋势确定。2016 年中国大陆全口径发电量 5.99 万亿千瓦时，发电装机容量 16.5 亿千瓦。变压器的总容量三倍于发电机总装机容量，超过 49.5 亿千伏安，无功补偿总容量大约占变压器总容量的 40%左右，即：19.8 亿千乏左右，低压无功补偿容量大约占无功补偿总容量的二分之一，即：9.9 亿千乏左右。按 550 元/千乏，每年新增 10%（平均增长率为 12.17%）保守计算，目前国内市场规模大约 5445 亿人民币，其市场发展空间巨大。

目前，我国传统的电容器组投切无功补偿装置大约占无功补偿市场份额的 80%以上，各用电行业内部供用电系统的电能利用效率不高，平均功率因数在 0.65 至 0.85 之间，无法满足国务院关于相应的电力用户功率因数不低于 0.95 的要求。我国一方面缺电，另一方面，电能的浪费严重，电能利用率较低。若将平均功率因数提高到 0.95

以上，可以相应提高电能利用效率 10%至 30%以上，电能传输损耗下降 20%至 53%左右。若全国整体提高电能利用效率 10%，则一年可多提供电能相当于 5 个三峡工程的一年的发电量,即 4000 多亿千瓦时。

2、预计至 2020 年推广总投入

预计到 2020 年投资 5.5 亿元，可年提供该技术的无功补偿容量 1837575kVar，可以年节省标准煤 26.5 万吨，减少二氧化碳排放量 43.1 万吨。

169 高效节能电动机用铸铜转子技术

一、技术名称：高效节能电动机用铸铜转子技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 30kW 以下的高效、超高效、超超高效中小型电动机

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

电动机消耗电能已占全国总耗电的 60%以上，成为耗电最大的终端设备。目前应用该技术可节能 4 万 tce/a，减碳能力 11 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

铸铜转子是以铜为导电基质的新型电动机转子，利用铜优异的导电性能，来降低转子损耗，提高电动机效率。与传统铝转子电动机相比，铸铜转子电动机有以下优点：

（1）损耗低，效率高

铜的导电性要比铝的高40%左右，铸铜转子可以使电动机的总损耗显著下降，从而提高电动机的整体效率。

（2）温升低，可靠性高

在电动机损耗降低的同时，由于转化为热能的能量减少，从而使得转子以及定子线圈温度降低，工作温度的降低，大大延长了电动机的寿命和降低维修费用。

（3）震动小，噪音低

较低的温度就意味着可以使用较小的风扇甚至不使用风扇，这将会减少附加零件的摩擦损失以及空气阻力的损失，减小震动及噪音，进一步提高电动机的效率。

（4）设计灵活

铸铜转子可以为电动机的设计以及制造提供更大、更灵活的设计空间，既可以追求高效率，在效率同等的情况下，也可以追求低成本、体积小、重量轻等，或者在几者之间进行平衡。

2.关键技术

铸铜电动机转子项目关键技术的开发工作主要是要解决以下三个方面的关键技术问题（或者说是技术障碍）：

（1）解决压铸模寿命不足的问题。使用压铸铝转子的模具来压铸铜转子，其仅能

承受400次左右的冲击，比起压铸铝转子能达到5万次左右的冲击相差太远，因此必须寻找或开发一种能适应于铜压铸的模具材料，同时研究能延长其寿命的技术处理办法；

（2）纯铜压铸工艺研究。研究高熔点金属铜的压铸工艺和控制技术，并同时对压铸铜的关键设备--压铸机进行改进；

（3）完成铸铜转子电动机的优化设计--铸铜转子的优化设计及与之配套的电动机定子的优化设计，从而形成完整的铸铜转子电动机的设计定型并建立相应的技术标准。

3.工艺流程

压铸厂生产工艺流程见图1。

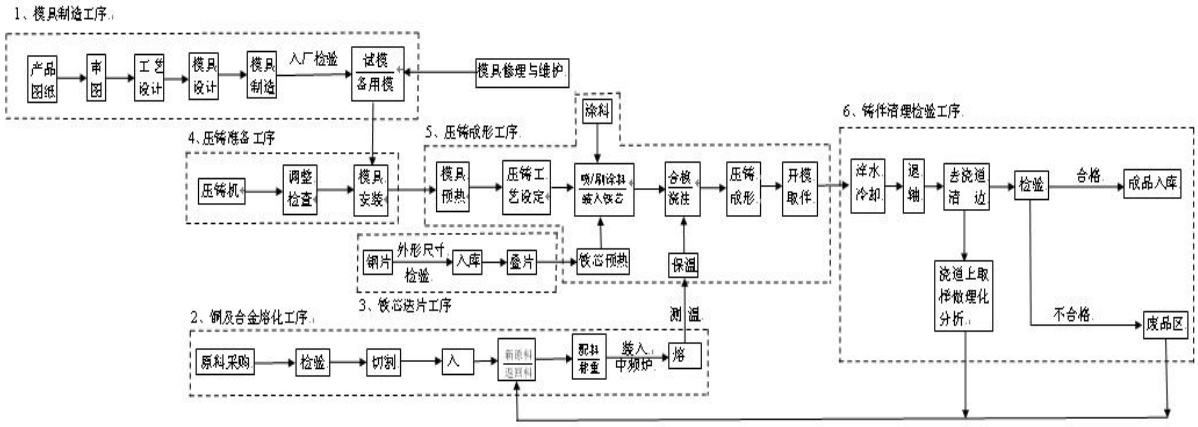


图 1 工艺流程图

五、主要技术指标

生产的铸铜转子电机较铸铝传统电机相比，实现，效率提升 2%-5%以上，损耗降低 15%以上，重量减轻 15%以上，同时材料成本、温升、电机全寿命周期成本均有不同程度的明显降低.

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2010 年及 2014 年经过河南省科技厅、云南省科技厅的技术成果鉴定。

在 2009 年举行的第十八届全国发明展览会上荣获金奖。2009 年 9 月布达佩斯举行的欧洲国际发明展上被国际发明家联合会（International Federation of Inventers' Association）授予最高奖——"GENIUS Cup"（天才杯）。

项目产品已为国内外五十几个客商提供 5 大系列 100 余个规格的铸铜转子几万台，产品广泛运用于工业、家电、航空、航海、军事等领域。

七、典型应用案例

典型案例 1

典型案例应用单位： 胜利油田

项目名称：在胜利油田实际工况使用的 30kW-6（IE4）铜转子电动机

技术提供单位：云南铜业压铸科技有限公司

主要节能技改内容：安装一台 10 马力 4 极铸铜转子电动机替代原有的普通电动机，该铸铜转子电动机被用来驱动一台鼓风机。高效铸铜转子电动机相比普通 Y 系列 6 极-30kW 电动机提高效率 3%，每天节能 8.38 kWh，每年节能 2514 kWh，折合 0.8tce，减排二氧化碳 1.875t。每年可节约电费 2110 元，投资回收期 2 年。

典型案例 2

典型案例应用单位：CRANE（克瑞）航空、 CDA（美国）、NORD(诺德）传动、西门子电机、 KINGDOM（高崎）电机（台湾）、TECO（东元）电机（台湾）、佳木斯电机、南阳防爆电机、湘潭电机、河北电机、上海日立（HITACHI)、总装备部（军工）。

项目名称：空调压缩机转子节能改造项目

技术提供单位：云南铜业压铸科技有限公司

建设规模：改造 100 台电机。主要技改内容：500W 空调压缩机转子部分，用铸铜转子替换原来的铸铝转子，效率提高 4%-5%。节能技改投资额 30 万元，建设期半年。每年可实现节能量 64tce，减排二氧化碳 150t。

八、推广前景及节能减排潜力

根据统计 2010 年中国电动机系统总耗电量达 26530.2 亿 kWh(2653TWh)，占社会总用电量的 63%，其中工业系统电动机总用电量为 23076.3 亿 kWh(2307.6TWh)，占工业系统总用电量的 75.1%。正是由于电动机在工业用电中所占的比重如此之大，提高电动机的能效对于促进能源的节约利用，保护环境以及可持续发展都具有非常重要的意义。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 10%，年节能能力 339 万 tce，年减排 795 万 tCO_2。

170 稀土永磁盘式无铁芯电机节能技术

一、技术名称：稀土永磁无铁芯电机节能技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 通用于中小型电动机及发电机系统

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

正在服役的各类中、小型电动机所消耗的电能占我国电网总供电量的 60％-70％，是第一耗电大户。传统电机在低负载时效率和功率因数很低，实际使用中大马拉小车现象非常严重，电机大多数处于低负荷状态，系统运行效率比国外低 20％-30％，电力浪费惊人。目前应用该技术可实现节能量 6 万 tce/a，减排约 16 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

转子上安装永磁体磁极形成磁场，没有励磁绕组，无需励磁电流，励磁损耗为零，节约铜材；电枢绕组用高分子材料精密压铸成型工艺固定在定子上，实现电机无铁芯化，铁损为零，提高效率，节约硅钢片；采用轴向磁场结构，磁场垂直分布度好，通电的电枢绕组切割永磁材料形成的磁力线产生力矩，使电机旋转，实现电能和机械能的转换。比传统电机的径向磁通结构磁能利用率好，单位功率密度高；采用智能变频技术，配备新型智能逆变器，可以实现从零到额定转速的高效、无级调速，调速范围宽，精度高。

2.关键技术

采用轴向磁场结构设计，大幅度提高功率密度和转矩体积比；采用新型绕制工艺和高分子复合材料高压精密压铸成型工艺，有效降低绕组铜损；不使用硅钢片作为定、转子铁芯材料，减少了磁阻尼，降低了驱动功率，减少了铁损发热源。结合自主研发的电子智能变频技术，使电机系统在宽负载范围效率大大提高。

3.工艺流程

永磁无铁芯电机的生产工艺流程见图 1。

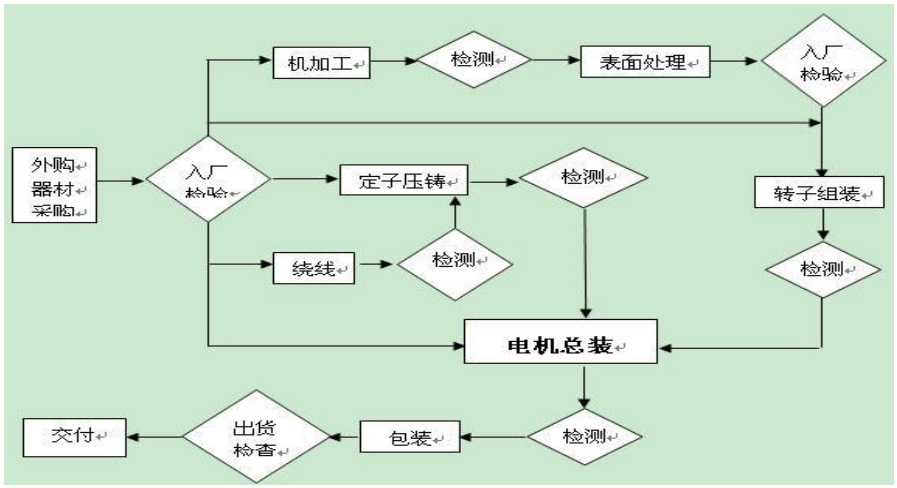


图 1 稀土永磁无铁芯电机生产流程图

五、主要技术指标

功率：1.1-11kW，转速 1500r/min、3000r/min、6000r/min 等

效率：30％以上额定负载不低于 75％，50％以上额定负载不低于 85％，额定点不低于传统高效节能电机

功率因数：30％以上额定负载不低于 0.85，50％以上额定负载不低于 0.95。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2009 年，国家中小电机质量监督检验中心对该设备进行了性能检验。

工业锯床应用表明，与异步电机加齿轮箱系统相比，系统节能 30％-80％以上；工业精密铣床对比表明系统节能 30％以上；工业台钻表明系统节能 50％以上。采用稀土永磁无铁芯电机的柴油电站，同等输出功率条件下，油耗降低约 40％。与传统电机系统相比还可节约钢材 50％左右，节约 100％硅钢片，节约铜材 50％。

七、典型应用案例

典型用户：解放军后勤总部、浙江晨雕机械有限公司

技术提供单位：深圳市安托山特种机电有限公司

建设规模：工业锯床用稀土永磁无铁芯电机。主要改造内容：永磁无铁芯电机和智能驱动器替代原有减速箱、皮带轮等。每台锯床技改投资约 6000 元，建设期 1 年。每台年节能 1.7tce，投资回收期约 4.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年该技术可推广至 5％，形成约 30 万 tce/a 的节能能力，减排能力 79 万 tCO_2/a。

171 电子膨胀阀变频节能技术

一、技术名称：电子膨胀阀变频节能技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 家用空调、商用空调、冷冻及冷藏设备

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

从 2014 年 10 月 1 日起，中国变频空调能效限定值从 3.0 提升至 3.9，市场的准入门槛提升。在空调行业发展规划中明确要求到 2015 年，变频空调能效水平较 2010 年提高 20%，到 2020 年较 2015 年再提高 20%。目前应用该技术可实现节能量 34 万 tce/a，减排约 90 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

电子膨胀阀是变频空调的关键元件。变频空调是通过变频器改变供电频率调节压缩机的转速。上述变化必须依靠电子膨胀阀来自动控制系统中冷媒流量的大小，使之与变频压缩机的功率相匹配。通过电子膨胀阀对制冷剂流量的自动调节,可使空调系统始终保持在最佳的工况下运行，达到快速制冷、精确控温、节省电能的效果。同时电子膨胀阀可实现制冷、制热状态下流量的自动控制。

2.关键技术

（1）一种电磁线圈装置；

（2）电子膨胀阀、电子控制阀、电动阀及其止动装置、一种热交换装置及其电动阀。

3.工艺流程

电子膨胀阀由阀体和线圈两部分组成，其工艺流程不同。阀体部分工艺重点在于机加工、装配、焊接和总装检测；线圈部分重点在于线包的制作、封装以及电气性能检测。

阀体由三部分组装焊接而成，阀组部件的零件需要先通过，车加工→组装→炉焊→螺母压配等工序；转子部件从车加工的丝杆开始需要经过：磁体注塑→止动部焊接→阀针压配组装→转子着磁等工序；上述两个部件再配套止动器部件组装后进行激光焊密封，最后进行阀体总成的在线性能检测。

线圈需要通过骨架注塑→绕线→线头处理→导磁体组装→注塑封装→外壳焊接→线圈电气性能检测等工序。

五、主要技术指标

1.气密性 4.2MPa×1min 无泄漏；

2.耐压 6.3MPa×3min 无变形；

3.破坏压力 16.8MPa×1min 无开裂；

4.阀口泄漏≤600ml/min；

5.逆向开阀压差≥2.11MPa；

6.最大动作压差≥3.43MPa；

7.绝缘电阻≥100MΩ，电气强度 AC500V/50Hz 1min 无闪络或击穿；

8.线圈温升≤60K；

9.寿命耐久≥10 万次。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2002 年 4 月，DPF 型家用空调电子膨胀阀通过省级新产品鉴定，产品技术达到国际同类产品先进水平；2009 年 12 月，Q 型家用空调电子膨胀阀通过省级新产品鉴定，产品技术达到国际先进水平。2012 年 1 月，DPF（S03）型大容量电子膨胀阀于通过省级新产品鉴定，达到国际先进水平。2013 年 12 月，O 型电子膨胀阀通过省级新产品鉴定，技术水平达到国际先进水平。

目前国内市场变频空调占有率已超过 50%，国际市场变频空调的占有率正逐步上升，为满足不断增长的市场需求，公司正在进行年产 1380 万套变频节能空调用电子膨胀阀的扩能改造，15 年将形成年产 2700 万套的能力。

七、典型应用案例

典型案例 1

技术提供单位：浙江三花股份有限公司

建设规模：本项目的建设规模为购置精密车床、滚丝机、瑞士多工位组合机床等进口设备，倒角机、超声波清洗机、组装工作台、全自动装配线等国产设备，形成年产 1380 万套直流变频空调用电子膨胀阀的生产能力。项目建成后，年可节能 71.23 万 tce。主要技改内容：1、选择和采购合适的高精度加工设备及确定合理的加工工艺；2、选择和采购转子部件相关材料，转子部件相关成型模的设计制造和加工工艺的确定，以及转子充磁工装的设计和充磁参数的确定，以满足转子精度、磁性

能和稳定性、可靠性的要求；3、塑封线圈的极板精度保证和包封材料、加工设备的选型、工艺设备的确定，以保证精度和塑封密封性；4、阀体外罩材料的选择和成型工艺的确定；5、产品加工装配用专用设备的设计制造，包括隧道炉设备的设计制造和激光焊设备的设计制造；6、产品专用检测试验台的设计制造，包括电子膨胀阀内漏和开阀脉冲试验台、流量测试台、氦检外漏测试台、开阀压力差试验台、转子多项性能测试设备等。主要设备：精密车床、滚丝机、瑞士多工位组合机床等进口设备；倒角机、超声波清洗机、组装工作台、全自动装配线等国产设备。总投资：19600万元，其中固定资产投资 15974.6 万元，铺底流动资金 3584 万元。建设期 4 年，节能量：节电 57.9 亿 kWh/a，折标准煤为 71.23 万 t/a。节能经济效益：项目投产后实现年均销售收入 40259.6 万元，年均增值税 2530 万元，年均销售税金及附加 253 万元，年均利润总额 10453.7 万元。投资回收期 2.08 年。

八、推广前景及节能减排潜力

电子膨胀阀主要应用于变频空调系统中，以实现制冷剂流量的自动调节，目前日本市场中变频空调使用比例达 100%，而国内市场其使用比例已达到 48%，随着国家变频空调能效标准的不断提升，国内变频空调市场将会进一步发展，预计未来 5 年，该技术在行业内的推广率可达到 50%，投资额 2 亿元，年节能能力可达到 85 万 tce/a，减排能力 224 万 tCO_2/a。

172 曲叶型系列离心风机技术

一、技术名称：曲叶型系列离心风机技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 主要用于水泥、钢铁、电力、化工等国民经济各行各业。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

上世纪80年代，直叶片系列风机技术从国外引进并广泛应用于水泥、钢铁、火电、化工等行业。按行业协会统计数据，截止2010年12月，全国工业在用离心风机总量为75000台，其中，1600kW电机的风机占30%以上，电机功率为950-2000kW之间。这些风机消耗大量的电能，全国1600kW在用风机的年耗电总量达2494亿kWh。目前应用该技术可实现节能量4万tce/a，减排约11万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

（1）采用CFD（Computational Fluid Dynamics计算机流体动力学）技术对旋转机械内部的流动进行数值模拟、性能预测以及为改型提供依据；

（2）采用等减速设计方法将叶片设计为等减速曲叶型；

（3）改变气流由轴向到径向的气流转折角度，改变进风口端壁线；

（4）设计叶片的组合模具，以5档为一规格共用上、下底模，利用共用底模与叶片压模滑块来联接后压型，获得成型的叶片，节省了模具制造周期和成本；

（5）采用以计算机为基础的自动检测系统，可快速、准确测量气体压力、温度及流量等参数，测量精度高，测量数据可靠，为新产品的研制、开发提供强有力的保证。

2.关键技术

（1）运用已有设计经验数据、风机理论知识及CFD软件等使6-39B系列风机效率相比进口BB50风机有大幅度的提升，达到最终2%-4%的增长目标。

（2）采用等减速法设计并绘制出叶片型线。

（3）曲形叶片的模具设计，掌握不同材料和厚度下的回弹系数和回弹量问题，保证实际成型的叶片型线符合设计的尺寸及公差要求。

3.工艺流程

工艺流程见图 1。

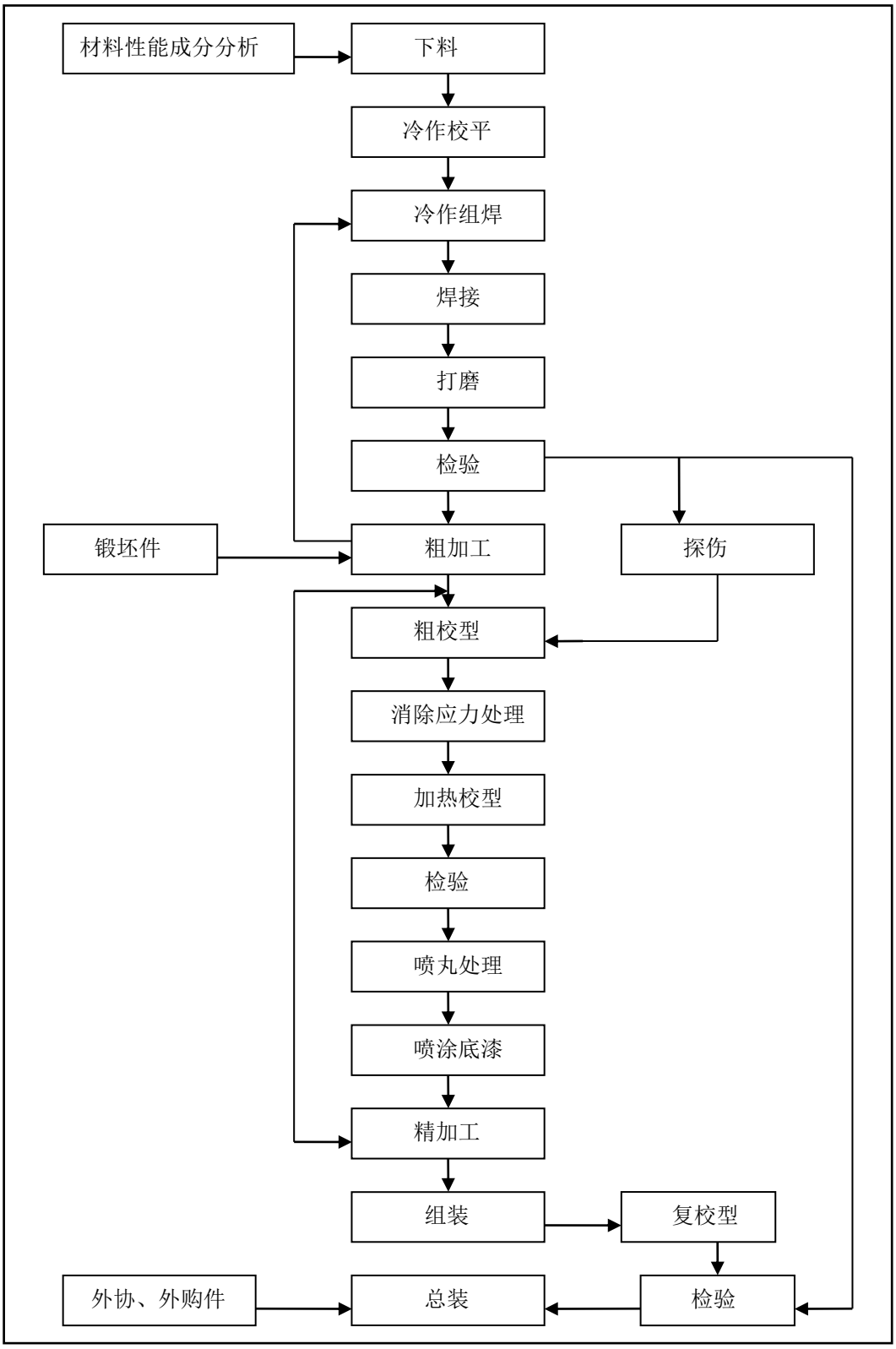


图 1 工艺流程图

五、主要技术指标

与引进技术 BB50 离心风机的比较见下表：

表 1 曲叶型系列离心风机与引进技术 BB50 离心风机的比较

项目	单位	BB50 工况参数	6-39B 系列工况参数
流量	m^3/h	20908	20267
压力	Pa	3806	3955
轴功率	kW	28.1	26.5
风机转速	r/min	1450	1450
工作温度	℃	20	20
全压效率	%	80.9	85.4

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2011 年 2 月 18 日，产品通过重庆市科委的重点新产品鉴定，“整机效率达到国内领先水平”。2009 年 8 月 12 日，产品已通过重庆市质量检测研究院进行的性能测试，“该样品经检验所有项目符合 JB/T10563-2006 标准的要求”。产品自投放市场以来，已成功应用于华润水泥（武宣）有限公司、大冶有色金属有限公司、常州水泥有限公司和宜宾天源特种水泥有限公司山东鲁碧建材有限公司。

七、典型应用案例

应用单位：重庆小南海水泥厂

技术提供单位：重庆通用工业（集团）有限责任公司

节能改造情况：2012 年，该公司日产水泥 5000t 生产线增产技术改造。原 3 台生产线用窑尾高温风机、生料磨循环风机和水泥磨排风机均由重通公司提供。产品技术均源自重通公司从英国直接引进技术的戴维森高温风机。由于经过长达 3 年的负荷运行，风机的叶轮出现不通程度的磨损，功效自然下降。为解决生产能力面临的瓶颈，重庆小南海水泥厂于 2011 年底启动了生产线的前期技术改造。主要设备：1 台，6-2×39№31.5F 窑尾高温风机、1 台 SL6-2×39№33.5F 生料磨循环风机、1 台 Y6-39№25.5F 水泥磨排风机。

节能改造内容：在保持原有生产工艺不变的前提下，提高日单产生产能力，有 5500t 提高到 8000 万 t。同时，年耗电量下降 6.75%，由 4623.84 万 kWh（度）降低为 4311.84 万 kWh（度），全年节省用电 312 万 kWh（度）。

节能效果：（1）比较原引进技术生产的离心风机的年耗电量，4623.84 万 kWh，三台采用曲叶型高效离心风机年耗电量，4311.84 万 kWh。全年可实现的节电量 312

万 kWh。（2）比较原引进技术生产的离心风机，三台采用曲叶型高效离心风机全年少交电费 255.84 万元。

经济效益：采用 3 台曲叶型离心通风机，用以替代原有的窑尾高温风机、生料磨循环风机和水泥磨排风机。平均单台售价 83.6 万元。从电费节省中可实现成本投资回收期的缩短。比较基础为原三台公司产离心风机 250.8 万元。由于三台采用曲叶型高效离心风机全年少交电费 255.84 万元。投资回收期 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计在近期 5 年内，投资 5500 万元，对现有生产线进行扩容改造，提升生产加工能力，目前在水泥行业的占率仅为 22%。已经产生的环保效应体现为可实现全年节电 2583 万 kWh（度）、减少标煤消耗 113 万 t、减少 CO_2 排放 255.8 万 t。与传统的 BB50 离心风机比较，效率高出 4%，市场潜力巨大。如果能推广应用实现 56%，将产生巨大的经济和环保效应，可形成节能能力约 80 万 t，减少 CO_2 排放 211 万 t。

173 自密封旋转式管道补偿节能技术

一、技术名称：自密封旋转式管道补偿节能技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 通用机械工业热网管道

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

管道输送受环境及输送介质温度变化影响，必然产生热胀冷缩，因此在管道设计中补偿节必不可少。

目前多种补偿器均依靠补偿节金属材料自身弹性变形进行补偿，补偿距离短。例如，高压、高温管道每隔 20-30m 设置一个，能耗大，热量和压力损失常高达 20%-30%，每公里管道能量损耗可达 8%以上，这是工业管道能量损失的主要原因，通常管道距离越长损耗越大。特别是对温度≥450℃、压力≥4.5MPa 的高温高压蒸汽管道，因管道内介质温度高、压力大，目前大多数采用能量损失较大的“Π”型补偿器，其补偿间距更短，造成的能量损失更大。目前应用该技术可实现节能量 14 万 tce/a，减排约 37 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

管道用自密封旋转补偿器装置由若干旋转补偿器、弯头及短管组成，旋转补偿器与两端 90°弯头连接成为一个旋转节，两旋转节之间与同一短管连接成横臂。当两旋转节各另一端 90°弯头与前后直管焊接连接后，即安装完成一套管道用自密封旋转补偿器装置。采用该种补偿器，平均补偿距离由采用传统补偿技术的 20-40m 扩大为 200-500m，补偿距离扩大了 10 倍，延长米大大缩短，弯头及管材使用数量减少，不需增加管材和弯头壁厚。同时，可有效克服热胀冷缩产生的二次应力，管道不产生蠕变，使用寿命长（可达到 25-30 年），管道运行安全，热量损失降到 3%以下，压力损失降到 5%以下，每公里管道能量损耗降到 3%以下，从而大幅度降低能量损失。

2.关键技术

（1）管道用自密封旋转补偿器组对连接使管道无二次应力，消除管道轴向应力，降低了对管道本体材质的要求，降低工程造价 30%以上，大大节省设备间连接管道，提高了设备振动环境下的安全性；

（2）独创环面与端面的自密封型式及新型端面密封材料，最高动态使用压力可

达 30MPa，可实现管道长距离两端补偿，即 500m 直管段内中间无需设置补偿器，可大大减少补偿器的使用数量；

（3）旋转补偿器组消除管道轴向应力，降低高温高压管道对材质的要求，降低工程造价 40%以上；

（4）可使设备间管道实现无应力连接，提高设备的安全性。

3.工艺流程

工艺流程见图 1。

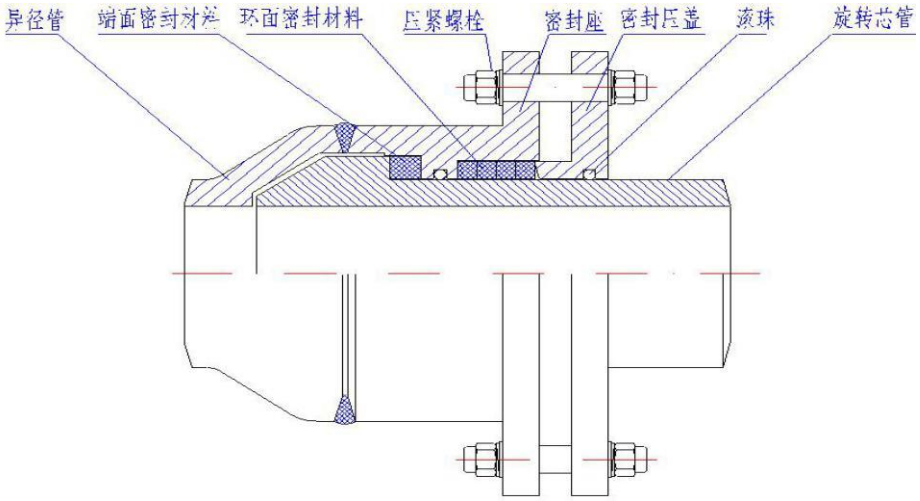


图 1 自密封旋转补偿器结构图

五、主要技术指标

技术指标见表 1。

表 1 技术指标

序号	名　　称		可达到的指标
1	公称通径（㎜）		50-3000
2	公称压力（MPa）		1.0≤PN≤30
3	工作温度（℃）	蒸汽管道用	≤605
4		热水管道用	≤130
5	补偿能力（㎜）		0-1800
6	管线补偿距离（m）		200-500
7	密封材料耐温（℃）		-196℃-1600℃
8	密封材料抗压强度（kg/cm$^{(2)}$		32-5820
9	使用寿命（年）		25-30
10	工程应用中的压力损失(%)		≤3

11	工程应用中的温度损失(%)	≤5
12	工程应用中的能量损失(%)	≤3

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已通过国家质量监督检验检疫总局特种设备安全技术委员会及中国石油和化工自动化应用协会鉴定，获中国第一批高耗能特种设备节能技术及产品证书。

该技术已广泛用于工业各领域，如石化厂、炼油厂、核电站、钢铁厂、焦化厂、化工厂、化肥厂、油田等的长距离输送原油、高压天然气输送管道、发电厂主蒸汽管道以及高温高压给水管道等的热力管道上。目前，该项技术已在中石化、中石油、中海油、神华宁煤集团、中国华电、中电投、大唐集团 、华能集团、国电集团、协鑫集团、首都钢铁集团、鞍山钢铁集团、武汉钢铁集团等单位及其下属企业得到成功应用。

七、典型应用案例

典型用户：江苏灵谷化工有限公司、江苏双良科技有限公司热电分公司、江阴苏龙发电有限公司

典型案例 1

建设规模：年产 45 万 t 合成氨/80 万 t 尿素一期项目。主要技改内容：公用管道工程系统中，部分主蒸汽动力管道设计压力 P=10.8MPa，设计温度 T=550℃，规格 φ426×36，材质 12Cr1MoVG，直线长度为 580m。节能技改投资额 140 万元，建设期 2 个月。每年可节能 1350tce，年节能经济效益约 135 万元，投资回收期约 1 年。

典型案例 2

建设规模：4×135MW 和 2×330MW 燃煤机组的供热管道。主要技改内容：总长 15km 的城市供热热网管道补偿。节能技改投资额 8000 万元，建设期 2 年。每年可节能 24400tce，年节能经济效益 2440 万元，投资回收期 5.2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

管道用自密封旋转补偿器不仅解决了超高温高压、长距离、低损耗介质输送中的管道补偿问题，也可代替输送中低温介质的管道补偿器。目前， 已经累计生产管道用自密封旋转补偿器约 8 万台。如果以 2 台为一组系统补偿型式，可补偿距离平均为 250m 左右来计算，则已经补偿的热力管道总长度约为 1.2 万 km。预计未来 5 年推广比例达 20%，年节能能力可达 140 万 tce，CO_2 减排能力达 370 万 tCO_2/a，总投资约 24 亿元。

174 基于低压高频电解原理的循环水系统防垢提效节能技术

一、技术名称：基于低压高频电解原理的循环水系统防垢提效节能技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 通用机械行业水冷中央空调机组、工业各类型循环水冷设备（换热器）

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国 90%以上的空调系统均采用化学药剂处理水垢或污垢，但是化学药剂不仅引起系统管道腐蚀，而且会造成大量酸性、含磷等的高浓度化学有害废水排放。据统计数据显示，中央空调电耗约占建筑楼宇总耗电量的 65%-75%。中央空调在实际运行过程中，一般普遍存在水垢，造成能耗增加。因此，建筑空调及工厂冷却循环系统因水垢或污垢会无形中多耗电约 10%-20%。目前应用该技术可实现节能量 26 万 tce/a，减排约 69 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

低压高频、变频的电解，使循环水(大分子团水)电解成具有强溶解性和渗透性的小分子还原水。小分子还原水具有溶解水垢的能力，能起到代替化学药剂的作用。浸在水中的负极水垢收集器，使溶解后带正电的钙镁离子在收集器上结晶析出，达到去除循环水中钙镁离子的目的，使水体硬度大大降低，减少了换热器表面发生结垢的机会，从而起到防垢、除垢的作用，提高了换热效率，实现换热器的节能运行。

（注：大分子团水由 10 个以上水分子组成，小分子水由低于 5 个水分子组成。普通水电位在+100mV 以上，电解还原水为带有负电位（-250mV 以下）的水）

2.关键技术

（1）把市电变成特殊波形的低压高频电流输送到电极，产生高能量电解信号，快速产生具有强渗透性及溶解性的小分子水；

（2）可根据水质的差异智能改变信号强弱，达到最佳电解除垢效果；

（3）3 组高频电极周期转换技术，提高电解水除垢效果；

（4）独立设置一个恒为负电的圆形水垢收集器，不间断吸附循环水系统中的水垢，使换热器长期保持无垢状态，实现节能运行。

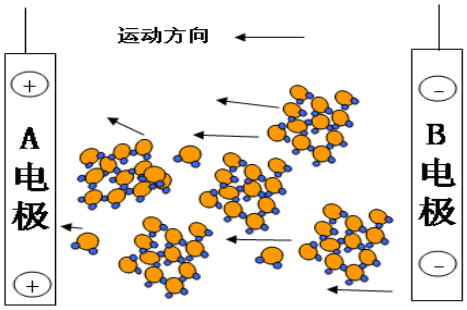
3.工艺流程

基于低压高频电解原理的循环水系统防垢提效技术原理及工艺流程见图 1、图 2。

（1）大水分子团水在电极高速（300kHz/s）正负转换的作用力下，不断发生碰撞以及振动，被细化成小分子水。

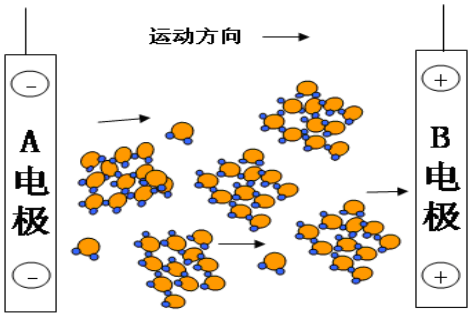
（2）大分子团水变成小分子还原水后，水分子间的空隙变大，同时被细化的小分子水由于结构变小，具有更强的渗透性及溶解能力，起到代替化学药剂的作用，在系统循环水不断循环的过程中，把换热器的水垢逐步溶解，从而提高换热效率。

（3）水垢被溶解成 Ca^{2+}、Mg^{2+}后，被水流带到固定的负极水垢收集器收集，避免在换热器重新结垢，使水体硬度保持在较低水平，换热器长期保持最佳换热效率，实现节能效果。



注：为氧，为氢，为水分子

1. A 电极作正极，B 电极做负极时（大分子团水往正极移动）



2. A 电极作负极，B 电极做正极时（大分子团水往正极移动）

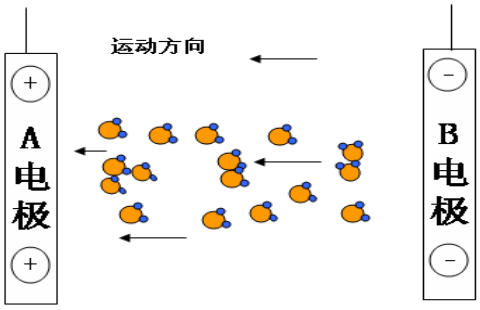


图 1　低压高频电解原理图

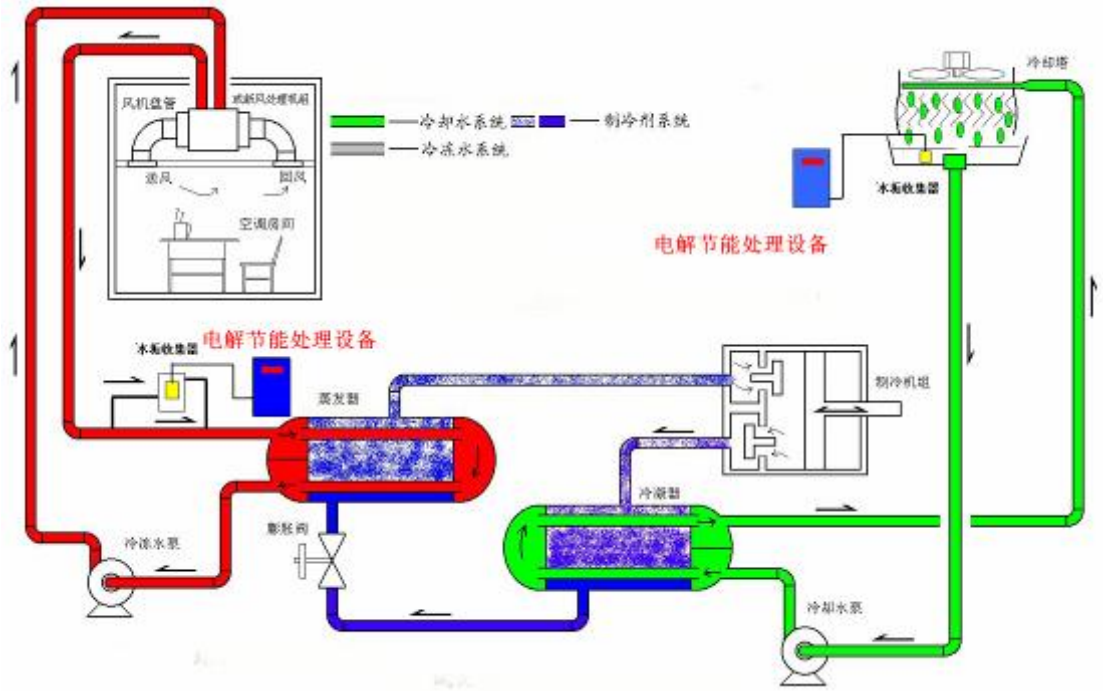


图 2　基于低压高频电解原理的循环水系统防垢提效技术流程图

五、主要技术指标

1.处理后中央空调冷凝器的热交换率比传统化学药剂处理（或人工清理）方式提高 30%以上；

2.中央空调节电 15%以上；

3.用于冷却系统时，确保换热系统无垢无锈，使系统的趋近温度、制冷温差等接近空调厂家出厂标准，冷却系统长期处于最佳工作状态（根据不同机型，趋近温度在 0.5-1.5℃，冷却水进出水温差 5-7℃）；

4.阻垢率>95%，灭藻率>95%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2012 年 3 月通过广东省科技厅组织的技术成果鉴定，并被列入 2011 年广东省十大节能品牌。目前已在建筑空调、石油、化工、食品、电力、机械、造纸、电子等行业的中央空调、空压机、注塑机等冷却系统广泛应用，共使用 480 多台。同时，该技术设备已出口到香港、澳门、台湾、印尼、新加波、美国等地区，实际应用效果较好。

七、典型应用案例

典型用户：中国电信、中国石化、松下电工电子材料（广州）有限公司、广州广州白天鹅宾馆等。

典型案例 1

建设规模：7 台空压机，8 台冰水机冷却系统，总冷量需求为 6500 冷 t。主要技改内容：低压高频电解节能设备 15 台。节能技改投资额 130 万元，建设期 15 天。每年可节能 370tce，年节能经济效益为 95 万元，投资回收期约 1.3 年。

典型案例 2

建设规模：3 台 900 冷 t、3 台 1000 冷 t 的冷水机组节能技术改造。主要技改内容：低压高频电解节能设备 12 台。节能技改投资额 110 万元，建设期 12 天。年可节能 340tce，年节能经济效益为 84 万元，投资回收期约 1.3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术设备广泛适用于板式换热器、管式换热器以及热水锅炉等，市场需求巨大。目前，全国约有 250 万台以上大型中央空调，400 万台工业循环水冷却（换热）设备，广泛分布在各城市建筑楼宇、工矿企业、民用热水锅炉等。预计未来 5 年推广比例达 10%，年节能能力可达 260 万 tce，CO_2 减排能力达 686 万 tCO_2/a，总投资约 45 亿元。

175 永磁涡流柔性传动节能技术

一、技术名称：永磁涡流柔性传动节能技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 广泛应用于航天、军工、海事、发电、煤炭、冶金、石化、矿山、造纸、天然气、水泥、水处理等行业中的恶劣工况下的大型设备的传动系统中。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

国内电机及负载长期低负荷运行，同时调节方式落后，运行效率比国外先进水平约低 10%-20%，每年浪费电能约 5000 亿 kWh，节电潜力巨大。另外大部分风机、水泵采用的是液力耦合器调速方式，机械效率仅为 70%左右。 永磁涡流柔性传动节能技术的节能效率在 20%以上，自身不耗电，没有漏油污染，节电率可达 20%以上，能在各种恶劣环境下稳定工作，使用寿命长达 20 年。目前应用该技术可实现节能量 25 万 tce/a，减排约 66 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该技术是应用永磁材料产生的磁力作用，实现力或者力矩无接触传递的一种新技术。负载和电机之间通过气隙相连接。该技术装置包括永磁磁力耦合器和永磁调速传动装置等，由于电机启动时不需要克服负载惯性，大大减小了峰值电流，缩短浪涌持续时间，从而节约能源，还大幅减少设备磨损，保证设备的可靠运转。

其基本原理就是遵循楞次定律，具体表述为感应电流的磁场总是阻碍引起感应电流磁通量的变化。感应传动气隙越小磁体与导体间感应越强，导体与磁体间感应力越大，扭矩传输效率可通过调整气隙来控制。

2.关键技术

（1）转速范围：0-3000r/min；

（2）适配电机功率：4.0-4000kW；

（3）调速范围：30%-99%；

（4）传递效率：96%-99%；

（5）节能效率：20%以上。

3.工艺流程

工艺流程见图1。

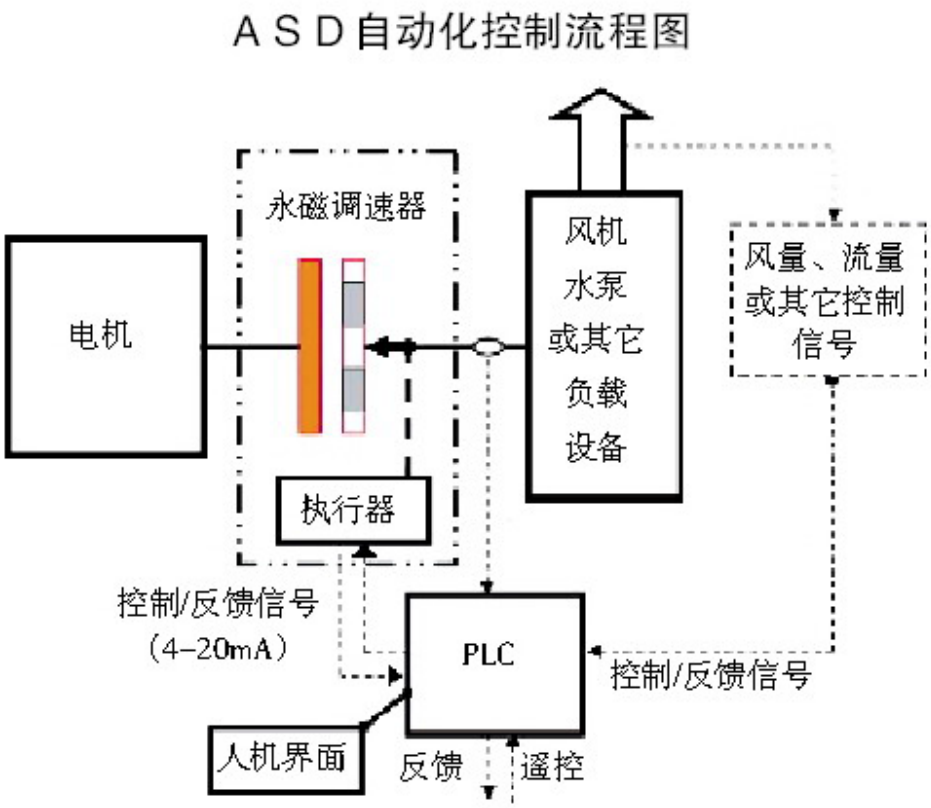


图 1 工艺流程图

五、主要技术指标

1.转速范围： 0-3000r/min； 2.适配电机功率:4.0-4000kW； 3.转矩范围：40-30000N·m；4.工作温度范围：-40℃-+50℃；5.调速范围：30%-99%；6.传递效率：96%-99%；7.气隙调节范围：3mm-40mm；8.滑差率：1%-4%；9.安装精度：< 1 mm；10.节能效率：20%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得 10 项发明专利和 16 项实用新型专利，外观设计 1 项。2011 年该技术通过省级新产品、新技术的鉴定。该技术已成功在鞍钢、宝钢及海华发电等企业应用。该技术匹配电机功率范围为 4kW-3000kW，速度最高可达 3600r/min，调速范围 30%-99%，传递效率 96%-99%，节能效率 20%以上。

七、典型应用案例

典型案例 1：中国石油炼化厂

技术提供单位：北京东方永传节能科技有限公司

建设规模：炼油装置鼓风机一台投入运行。建设条件：设备改造实施前广西石化加热炉风机，年挡板平均开度 80%左右，年运行 8000 小时，耗电量为 1480000kWh 电。主要技改内容：在电机及风机之间加装永磁传动调速联轴系统， 自动执行器及控制软件系统，实现后将传统的刚性传动改为了磁力柔性传动；使用执行器配合控制送风量以替代原有挡板控制方式，根据工艺的需求自动调整风机转速，使电机系统运行在最经济的工况下，该装置年耗电量大比例的下降，年节省电费近 30 万元，为该厂创作了经济价值。同时以柔性传动替代刚性传动降低了设备的震动及噪音，不仅将停车检修周期由原有的 3 个月延长至 12 个月，还为装置生产人员营造了更舒适的工作环境。设备投资额 50 万元，建设期 3 个月。使用永磁调速系统后该装置年节电量约为 370000kWh，相当于节约 116.37tce，减排 CO_2 为 368t。投资回收期约 20 个月。

典型案例 2：上海宝山钢铁股份有限公司钢管条钢事业部

技术提供单位：迈格钠磁动力股份有限公司

建设规模：电机功率为 160kW，功率因数为 0.83，风机在额定运行时，电机功率为 132.8kW。主要技改内容：在宝山钢铁股份有限公司钢管条钢事业部电炉合金库除尘机上安装永磁涡流柔性调速装置，实时调节风机的运行转速。主要设备永磁涡流柔性调速装置。设备投资 22 万元，建设期约 20 天。每年可节省电能 84.9 万 kWh（电机工作时间按 300 天计算），折 297tce，年节能经济效益 18.79 万元，投资回收期约 1.2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

全国各种风机、泵类约有 4700 万台，如果其中 50%需要进行流量的调节，除了变频器调速、液力变扭器外，则还有 25%的风机、泵类设备需要进行调速改造，在剩下的 1175 万台中如果有一半选择永磁传动调速的话，则有 587.5 万台市场规模，如果我们市场占有率按未来五年分别为 0.1%、0.2%、0.4%，平均功率按 315kW 计算，平均节电 15%，年设备运行按 7000 小时计算，则 2015、2017、2020 年的节能潜力分别为：2015 年，19.5 亿 kWh，折合 78 万 tce，CO_2 减排 194.4 万 t；2017 年，39 亿 kWh，折合 156 万 tce，CO_2 减排 388.8 万 t；2020 年，60 亿 kWh，折合 200 万 tce， CO_2 减排 528 万 t。

176 工业微波/电混合高温加热窑炉技术

一、技术名称：工业微波/电混合高温加热窑炉技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 通用机械行业非金属材料高温加工

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国工业窑炉大部分是燃煤、燃油、燃气窑炉，这些工业窑炉大量耗用一次能源，并对环境产生一定污染。与电炉相比，工业微波/电混合加热窑炉通常可节电 40%以上；与燃煤(焦)、燃油、燃气窑炉相比，能耗费用大致相当或略有降低，但减排效果显著。同时，工业微波窑炉装备通常可大幅改善加工材料的品质和大幅提高加工效率，设备自动化程度高，而其制造成本却与传统窑炉装备相当，因而具有广阔的市场应用前景。目前应用该技术可实现节能量 10 万 tce/a，减排约 26 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

微波加热是利用微波电磁场中材料的介质损耗使材料整体加热至温度升高。在微波电磁场作用下，材料会产生一系列的介质极化，在极化过程中极性分子由原来的随机分布状态转向依照电场的极性排列取向，而在高频电磁场作用下，分子取向按交变电磁的频率不断变化，依靠材料本身吸收微波能转化为材料内部分子的动能和势能，进而实现材料内外同时均匀加热的原理。

传统加热热源是通过热辐射、传导、对流三种方式完成的，而微波加热则是通过物质内部粒子与高速交变的电磁波相互作用来完成的。这种相互作用引起物质中电介质的损耗，使电磁能转变为热能，高效、清洁。

微波/电混合高温加热技术可克服部分材料在低温状态下吸收微波差而升温速度慢等缺点，具备特点如下：

（1）优质：通过均匀穿透的能量作用大幅提高加工材料的品质。如采用微波高温合成技术可生产出世界上高品质的磁性材料、动力电池材料和氮化铁合金材料等；

（2）高效：通过整体同步的能量作用大幅缩短材料的加热或加工时间，提高加热或加工效率数倍乃至数百倍。如采用微波烧结技术生产氮化硅锰，可使效率提高20倍，生产成本降低70%；

（3）节能：因材料加热或加工效率高而显著节能，与常规电加热窑炉相比，通常可省电40%以上，如烧制氮化硅锰，可节电90%左右；

（4）改性：因微波加热存在非热催化效应，颠覆部分传统产品烧结工艺，如人造金刚石石墨+触媒，由原来真空状态下纯氢气烧结改变为常压状态下氮气烧结，可大大降低成本，提高设备使用的安全性；

（5）应用范围广：充分利用纯微波高温加热技术与电加热的优势，克服部分材料在低温状态下吸收微波差而升温速度慢等缺点，应用范围大大提高。

2.关键技术

（1）高稳定性的微波源技术；

（2）建立不同边界条件下微波腔体的微波模数结构计算与设计软件系统，确保微波与材料最佳偶合；

（3）设计多种微波抑制及微波屏蔽器，设计出微波屏蔽装置，将电热元件引出线的微波辐射降低到100μW/cm^2；

（4）采用专用于微波高温窑炉测温用热电偶，与常规热电偶相比，该技术引出线微波辐射少，测温精度高；

（5）微波窑炉加热元件是微波源，布置在保温层外面，微波穿过保温层加热物料，要求微波窑炉的保温材料吸波性能差，在微波照射下自身发热小。研究开发出可适应微波烧结温度高于1600℃的保温材料，以及炉管、匣钵、推板、氧化铝空心球砖等耐火材料，是该技术完成的重要保障；

（6）温度精确控制技术。采用温度曲线的控制，实际就是微波功率的控制，这要求一是做到微波功率的精确无级可调，二是闭环控制时间响应快。微波功率调节是非线性的，它由雷基图决定。本技术采用常规的PLC、触摸屏、经多种温度曲线计算，实现微波功率的控制。

3.工艺流程

微波烧结炉工作原理与传统烧结炉对比见图1。

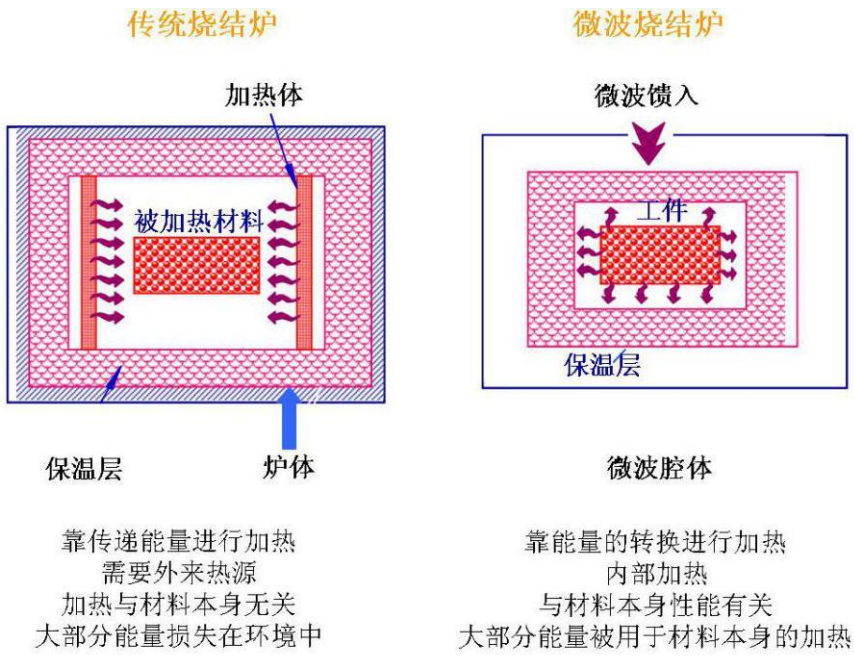


图 1 传统烧结炉与微波烧结炉工作原理对比图

五、主要技术指标

1.微波输出频率：2.45GHz±25MHz；

2.最高温度：1650℃；

3.工作温度：1600℃；

4.温度均匀度：±6℃；

5.窑炉温度稳定度：±5℃；

6.曲线控制精度：±2℃。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于2012年3月通过湖南科学技术厅组织的技术成果鉴定，并获得多项国家专利。2012年3月，“RWEG微波(电热)高温辊道窑、RWET微波(电热)高温辊道窑、RWS微波多功能实验炉”三项产品成功通过湖南经信委与湖南资源综合利用协会组织的产品鉴定。

与常规工业加热技术相比，该技术可大幅改善材料品质，并具有显著的高效、节能、环保等特点，节能率可达40%以上，且制造成本与常规技术相当，因而具有使用领域广、性价比高的竞争优势。目前，该技术已在湖北钟祥华邦科技有限公司、广东风华高新科技股份有限公司新宝华电子设备分公司、潮州市博大工艺品制作有限公司等企业应用，产品技术符合技术指标需求，技术成熟、稳定。

七、典型应用案例

典型用户：湖北钟祥华邦科技有限公司、广东风华高新科技股份有限公司、潮州市博大工艺品制作有限公司等

典型案例 1

技术提供单位：湖南省中晟热能科技有限公司

建设规模：6 条 3000t/a 氮化钒微波高温合成窑炉。主要技改内容：利用微波（电热）代替电加热窑合成氮化钒，主要设备为微波（电热）高温推板窑。节能技改投资额 4200 万元，建设期 6 个月。每年可节能 5760tce，年节能经济效益为 1008 万元，投资回收期约 4 年。

典型案例 2

技术提供单位：湖南省中晟热能科技有限公司

建设规模：2 条 1.8 万 m^3/a 高档日用瓷、艺术瓷的微波高温素烧窑。主要技改内容：利用连续式微波（电热）高温辊道窑代替原有的间歇式液化气窑，主要设备为微波（电热）高温辊道窑 2 套。节能技改投资额 1100 万元，建设期 6 个月。每年可节能 1746tce，年节能经济效益 806 万元，投资回收期约 1.4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

微波能的应用始于 1947 年第一台家用微波炉在美国的诞生，到现在已经六十多年，使用初期仅限于某些特殊领域，直到近二十年才得到迅猛发展。由于微波能应用技术具备显著的优质、高效、节能、环保的特点，随着微波装备制造技术的不断提高和材料的微波加工工艺技术的不断开发，全球微波能应用技术也将逐渐取代传统的蒸汽、烟气、热风、电加热实现微波干燥，同时微波高温技术也开始在微波冶金、微波烧结陶瓷、无机类新材料微波法制备等方面得到普遍的认可。预计未来 5 年，可在相关领域推广 10%，形成的年节能能力约为 100 万 tce，年减排能力 264 万 tCO_2。

177 数字化无模铸造精密成形技术

一、技术名称：数字化无模铸造精密成形技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 通用机械行业 汽车、工程机械、船舶、电力、交通、航空航天等领域复杂零部件

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

铸造行业的能耗约占机械工业能耗的 25%-30％（仅指铸造系统单独使用的能源而言，不计各种原材料能耗)；整个机械制造行业的 GDP 能耗为每万元 0.18tce，而铸造业约为每万元 0. 8tce。目前，我国铸造行业的能源利用率是仅为 17％，铸造生产的综合能耗是发达国家的 2 倍，节能潜力很大。然而，我国铸造行业清洁生产与环境保护意识差，能耗大。据统计，中国制造业的铸件生产过程中材料和能源的投入约占产值的 55％-70％。每生产 1t 合格铸铁件的能耗为 450-650kgce，国外为 300-400kgce；生产 1t 合格铸钢件的能耗为 700-800kgce，国外为 500-800kgce。同时，传统铸造中的铸型制造需要通过木模或金属模翻制而成，存在拔模工序多，制模周期长，成本高、原材料浪费大、废弃物排放多等问题，且产品设计发生改动，需要重新制造模具，严重影响关键零部件开发速度和成本，造成资源的重复浪费。目前应用该技术可实现节能量 2 万 tce/a，减排约 5 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

数字化无模铸造精密成形技术是一种全新的铸型制造方法。铸型制造是砂型铸造的关键工艺，决定铸件的质量和开发速度。本技术基本原理为：首先根据铸型三维 CAD 模型进行分模，并结合加工参数进行砂型切削路径规划；对规划好的路径模拟仿真，确保不会发生刀具干涉和砂型破坏；将砂坯置于加工平台上加工，产生的废砂被喷嘴吹出的气体排除。最后将加工的砂型单元砍合组装成铸型、浇注，得到合格金属件。不需要木模（金属模）等模具多工序翻制砂型，不需要拔模斜度和工艺补正量，减少了零部件设计中加工余量，节约了木材和金属消耗、降低了铸件能耗，实现了铸型设计、加工、组装过程数字化及工艺模拟和铸型数字化制造的无缝连接，实现了铸件生产的数字化、精密化、柔性化、自动化、绿色化。

2.关键技术

（1）刀具冷却及废砂排除一体化系统技术；

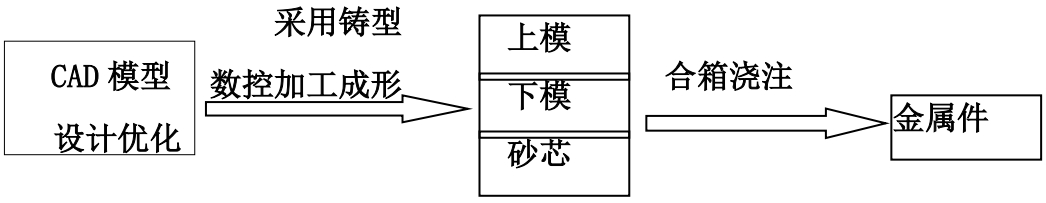
（2）数字化无模铸造精密成形机加工专用刀具技术；

（3）自适应铸型及砍合组装技术；

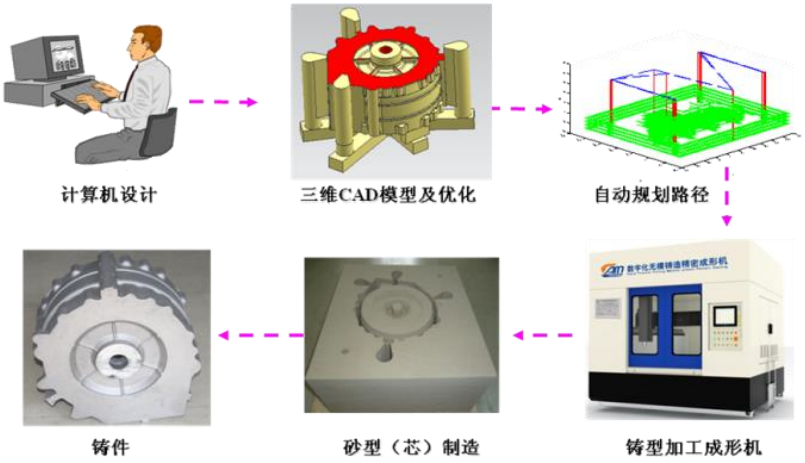
（4）数字化无模铸造精密成形机专用控制系统技术。

3.工艺流程

工艺路线见图1所示。



无模铸型制造技术路线图



无模化砂型制造技术路线图

图 1 工艺路线

五、主要技术指标

数字化无模铸造精密成形机的最大加工范围达 1500mm×1000mm×400mm，更大砂型可以分块加工再组合，能够进行树脂砂、水玻璃砂、覆膜砂等不同砂型的加工，也可用于石膏、聚苯乙烯的加工制造。

砂型制造不需要木模或金属模，缩短铸造流程，节约材料，减少能耗，实现了传统铸造行业的数字化制造，与传统有模铸造相比，铸造开发时间缩短 50%-80%，

制造成本降低 30%-50%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该 2011 年 3 月经中国机械工业联合会组织同行专家鉴定，数字化无模铸造精密成形方法、技术及装备创新显著，技术水平达到国际领先。目前，2012 年获北京市科学技术奖一等奖、2011 年获北京市发明专利一等奖、2012 年获绿色制造科技进步一等奖、2013 年获中国铸造协会的铸造装备创新奖等。同时，获得 3 项国家重点新产品、2 项北京市自主创新产品以及中关村十大创新成果。目前，该技术已先后在中国一汽、中国一拖、广西玉柴、广西柳工、北京隆源、哈尔滨维恩瑞弛、北京星航机电厂、江苏技术师范学院等单位进行应用，显著缩短新产品的开发周期和投产时间，节约了模具制造费等相关开支，提高了制造工艺的快捷性和灵活性，在汽车、航空航天、国防军工等领域取得了显著的经济和社会效益。

七、典型应用案例

典型用户：一汽铸造有限公司、中国一拖集团有限公司、广西玉柴等

典型案例 1

技术提供单位：机械科学研究总院先进制造技术研究中心

建设规模：年加工 50t 复杂零部件的铸造生产线。主要技改内容：利用基于数字化无模铸造精密成形设备，开展无模铸造精密成形工艺研究，实现柴油机缸体等复杂部件砂模的快速加工制造，从而取代进口金属模具制造精密型芯。主要设备为 2 台数字化无模铸造精密成形机。节能技改投资额 250 万元，建设期 1 年。每年可节约模具材料 2500t，节约模具加工耗能 30.75tce，年节能节材经济效益为 7500 万元，投资回收期 1 个月。

典型案例 2

技术提供单位：机械科学研究总院先进制造技术研究中心

建设规模：年加工 3000t 复杂零部件的铸造生产线。主要技改内容：利用基于数字化无模铸造精密成形设备，开展无模铸造精密成形工艺研究，实现复杂涡壳、传动箱体、机床床身等复杂零部件的无模铸造。主要设备包括 6 台数字化无模铸造精密成形机。节能技改投资额 750 万元，建设期 1 年。每年可节能 300tce，年节能节材经济效益 3000 万元，投资回收期 2 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

据统计，国内现有铸造企业 22000 多家，汽车零部件制造企业 5000 多家，机床

制造企业 2000 多家，工程机械制造企业约 2000 家。大量的企业在新产品开发和单件、小批量制造中，急需数字化无模铸造精密成形技术及装备。预计未来 5 年，我国铸件总产量将达到 5000 万 t 以上，如果该技术可在铸造行业推广 10%，形成的年节能能力可达到 21 万 tce，年减排能力 55 万 tCO_2。

178 低压工业锅炉高温冷凝水除铁技术

一、技术名称：低压工业锅炉高温冷凝水除铁技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 通用机械行业低压工业蒸汽锅炉

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

蒸汽冷凝水是含有高潜热的可利用资源，作为锅炉给水回收再利用可以节约10%-20%的能源消耗和50%-80%水资源。然而目前我国大多数低压工业锅炉由于其使用工艺的特殊性（间断用气），冷凝水中铁离子浓度较高，超过工业锅炉国家标准而不能回用，导致大量的蒸汽工业锅炉冷凝水得不到合理的回用，造成能源、水资源的浪费和环境污染。目前应用该技术可实现节能量8万tce/a，减排约22万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

由于工业锅炉系统开放式的运行，冷凝水中铁主要是以凝胶状态的三价铁的形式存在，可通过富集、过滤的方式去除。该技术通过采用不规则的直径为1-3mm 的轻质陶瓷粒料作为滤料，利用滤料本身的大比表面积和多孔性及不规则外形堆积后产生的孔隙/缝隙，大量截留水中的铁离子化合物，可以有效去除冷凝水中的铁离子，确保出水铁离子浓度达到国家工业锅炉的给水标准，同时不会给高温冷凝水带入其他杂质。

二价铁是离子状态的，溶于水中很难去除。而考虑到冷凝水中二价铁的存在，该技术采用平衡罐的方式处理二价铁，即通过具有催化作用和极强的吸附能力的熟料，加速二价铁转化为三价铁，改变价键后的铁也可以通过过滤去除。

2.关键技术

（1）滤料

过滤器填充的滤料是经过改性的陶瓷滤料，具有轻质多孔、表面粗糙、无定形、多棱角等特点，主要成分为氧化硅和氧化铝，配入一定比例的高分子材料，是在特殊工艺条件下高温烧结而成，为无规则形状，不含钙镁等元素，不会增加析出硬度。滤料的比重为1.2-1.5 g/cm^3，比表面积18-20 m^2/kg，内外平均孔隙率80%，抗剪切强度5.6 MPa，抗压强度7.0MPa。滤料堆积后，棱角及大孔的纳污和过滤效果远远好于目前常用的普通滤料，如锰砂、石英砂、普通陶瓷粒等等。

（2）反洗效率

过滤系统是否能够长期稳定的运行，很重要的原因在于反洗技术。该技术反冲洗时，由下部布水器旁口喷咀喷出高压气体，形成一定直径的上流气柱，而四周的滤料下降补充空位。这样，第一是向上的气流，第二是由此带动的水流，第三是上下滤料运动的摩擦形成了三重剪切力，用机械方法，水流，气流的剪切力清除吸附杂质，去除颗粒之间的污物。

（3）水质平衡器

由于冷凝水收集量的不确定性、间断性和波峰性都会影响处理过程的稳定性，该技术通过对平衡器水位进行的液位控制，让工作水泵在液位允许的范围内工作，可以起到稳定流量的作用，同时还可以实现平衡温度的功能。

水质平衡器通过特殊的设计，采用一些有催化功能的特殊过滤材料，这种材料可将二价铁离子催化氧化为三价铁，且不会对过滤水渗透任何杂质。

（4）水处理能力调整方便

系统可以采用模块化组合方式，占地面积小很，多组模块可单独/整体进行清洗运行，装置每个自成一体单独清洗运行时不影响其他的正常运行。

适用的冷凝水处理流量范围广，每小时水处理量1吨至数百吨均可。

4.工艺流程

工艺流程见图1及图2所示。

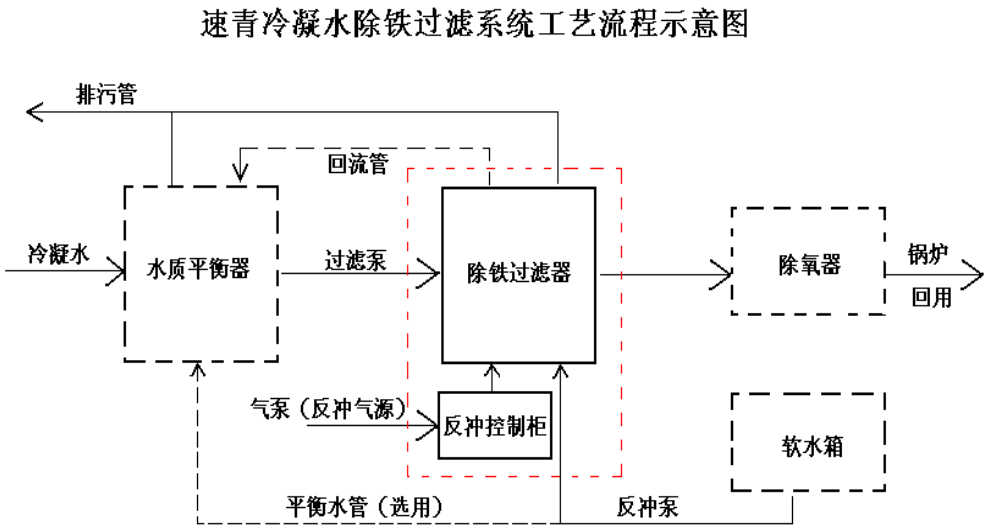


图 1 冷凝水除铁过滤系统工艺流程图

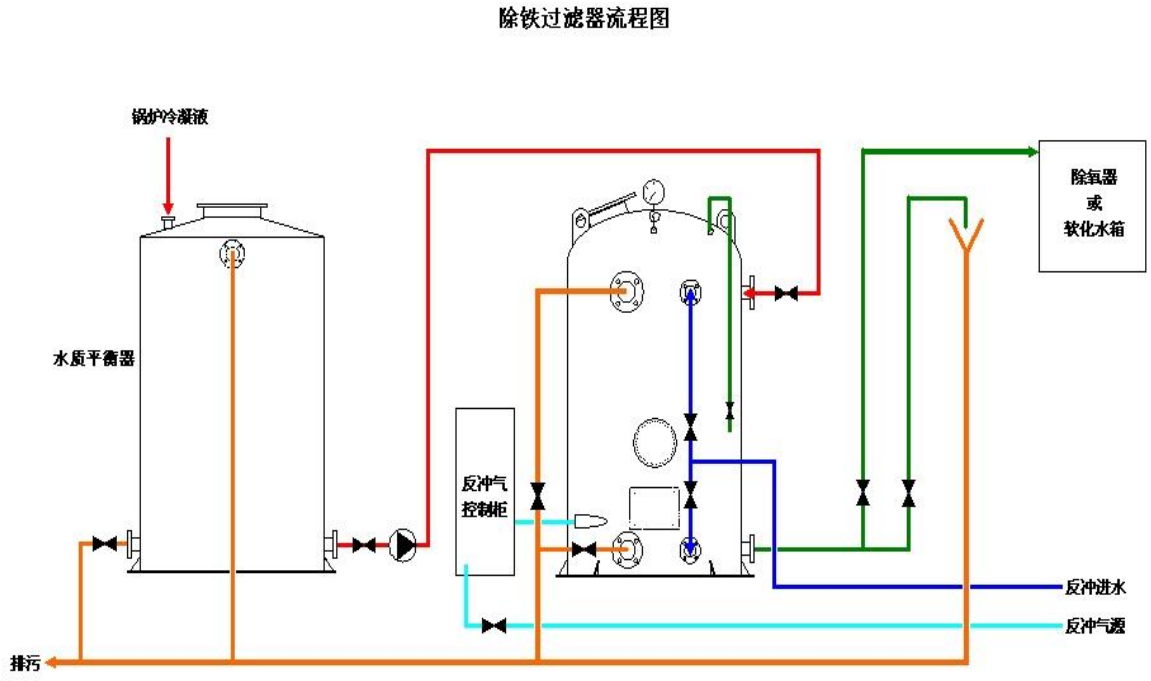


图 2 除铁过滤器流程图

五、主要技术指标

1.适用条件：进水铁含量 5-10mg/L（适应铁含量动态变化范围宽）；

2.出水标准：铁含量≤0.3mg/L，浊度≤1 度，电导率增加不会超过 1%；

3.设计流量： 每小时 0.1t 以上（视用户要求而定，大小可调）；

4.工作压力: 0.1-0.2MPa（如现场条件许可，也可以常压过滤）；

5.工作水温度：小于 98℃（特殊情况可以特殊制作）。

6.反洗用水量：不大于过滤总量的 2%

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2005 年开始研制，通过 2-3 年的试用和改进，于 2009 年通过国家锅炉水处理质量监督检验中心的检测。目前在低压工业锅炉领域已有百余台过滤设备在使用，设备正常运行率在 90%以上。

七、典型应用案例

典型用户：烟草行业：湖北中烟、湖南中烟、四川中烟，安徽中烟、13 个烟厂；中石化：长城润滑油 5 个分公司，催化剂公司等 10 家化工企业，中石油企业；军工企业:葫芦岛驳船重工，北京武警总部等；其它行业如食品饮料行业，医药行业，宾

馆饭店，学校等。

典型案例 1：武汉卷烟厂

技术提供单位：北京宇清源水处理技术开发有限公司

建设规模：处理冷凝水量 20t/h，建设条件具备冷凝水回收管线即可。主要技改内容：该厂在 2005 年安装了冷凝水回收设备，由于冷凝水不达标，一直采取冷凝水回收后集中排放。2006 年开始采用该技术进行冷凝水除铁后，全部可以回收的冷凝水都再次返回到锅炉给水系统。节能技改投资额 60 万元，建设期 30 天。每年可节能 1262 tce，年节能经济效益为 220 万元，投资回收期约 3 个月。

典型案例 2：江西赛维 LDK 光伏硅科技有限公司

技术提供单位：北京宇清源水处理技术开发有限公司

建设规模：处理冷凝水量 175t/h，建设条件具备冷凝水回收管线即可。主要技改内容：冷凝水回用，增加除铁过滤设备。节能技改投资额 500 万元，建设期 50 天。每年可节能 9168tce，年节能经济效益 3000 万元，投资回收期约 3 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

蒸汽工业锅炉冷凝水回用后可作为优质的热源给水。回收冷凝水的热量并加以妥善利用，会明显减少锅炉燃料消耗，既提高锅炉给水温度，也可减少锅炉补给水量（软化水），降低蒸汽生产成本，并且由于锅炉的水质改善，还会减少锅炉的排污热损失，提高锅炉的使用效率，是锅炉供热过程中节能节水的有效措施。预计未来 5 年，可在全国低压工业锅炉推广 10%，形成的年节能能力约为 83 万 tce，年减排能力 219 万 tCO_2。

179 新型桥式起重机轻量化设计节能技术

一、技术名称：新型桥式起重机轻量化设计节能技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 通用机械行业各种通用桥式起重机

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

通用桥式起重机是一种应用量大面广的机械设备之一。现有通用桥式起重机，受传统的设计理念局限，产品自重过大，制造成本过高，运行耗能较高。采用现代设计理论及科学设计方法对传统产品进行轻量化设计，可实现节能、节材、节电的目的，是通用桥式起重机产品升级的重点任务之一。目前应用该技术可实现节能量2万tce/a，减排约5万tCO_2/a。

四、技术内容

1. 技术原理

（1）采用模块设计，将起升机构的电动机+减速器+制动器设计组成一个模块，分设 17kW、32kW 和 63kW 三个机型，灵活组织批量生产；根据不同起重量组合成 14 个吨位的起升机构；将车轮设计成 φ250mm、φ315mm、φ400mm、φ500mm 四个模块，按不同的起重量和跨度、最大承载能力可设计成四轮、八轮和十六轮等结构；

（2）起重机的主梁采用全偏轨设计，小车运行轨道采用方钢；

（3）控制系统采用 PLC 变频调速技术，各机构采用变频调速、PLC 可变控制程序、在线监控、故障显示及报警，机构互相连锁，实现调速和控制一体化。

2. 关键技术

（1）起重小车的轻量化设计的研究；

（2）起重桥架的轻量化设计的研究；

（3）大小车行走机构的轻量化设计的研究；

（4）运行机构安全保护限位装置的设计研究；

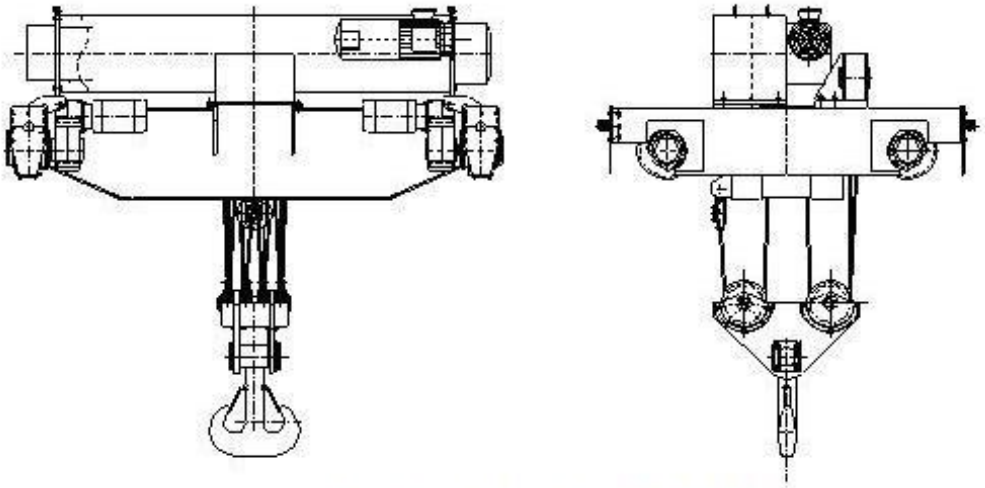
（5）主梁自动焊接技术的研究与应用；

（6）起重机各机构采用变频调速、PLC 可变控制程序、在线运行监控、故障显示及报警，机构互相连锁，实现调速和控制一体化。

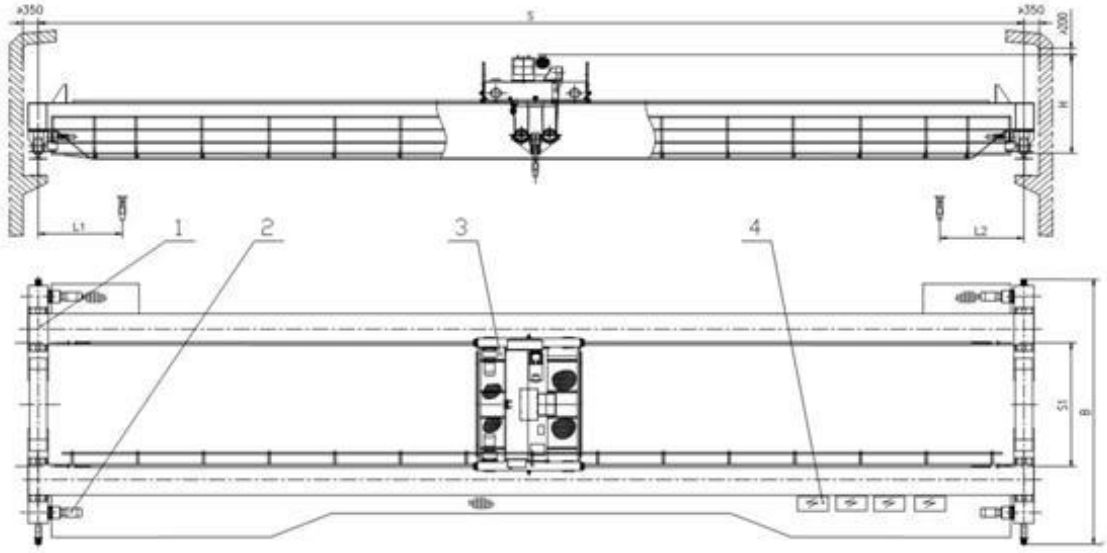
（7）轻量化桥式起重机配套技术研究。

3. 工艺流程

轻量化桥式起重机小车及结构如图1所示。



轻量化桥式起重机小车简图



轻量化桥式起重机结构简图

图 1 轻量化桥式起重机小车及结构

五、主要技术指标

1.起重量 5-100t；

2.起重机每台平均节电率约 37.9%；

3.起重机每台平均节约钢材率 18.0%；

4.起重机每台平均自重减轻 34.4%；

5.在不改变原厂房的结构基础上起重量可提升 25%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得 3 项实用新型专利，并于 2010 年通过了浙江经信委组织的技术成果鉴定。目前全国总共有 15 台该类型的设备在使用。

七、典型应用案例

典型用户：浙江省汇众粉末冶金有限公司、中超机器有限公司、浙江金奥兰有限公司等

典型案例 1

技术提供单位：宁波市凹凸重工有限公司

建设规模：24m×96m 生产车间。主要技改内容：采购 2 台起重量为 80t、跨度为 22.5m 的通用桥式起重机。节能技改投资额 390 万元，建设期 8 个月。每年可节能 70tce，年节能经济效益为 140 万元，投资回收期约 3 年。

典型案例 2

技术提供单位：宁波市凹凸重工有限公司

建设规模：18m×54m 生产车间。主要技改内容：老厂房增加 1 台新的 80t 桥式起重设备。节能技改投资额 100 万元，建设期 3 个月。每年可节能 30tce，年节能经济效益 95 万元，投资回收期约 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术可在全国桥式起重机使用企业推广 20%，形成的年节能能力可达 35 万 tce，年减排能力 92 万 tCO_2。

180 磁悬浮离心式鼓风机技术

一、技术名称：磁悬浮离心式鼓风机技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 可广泛运用于污水处理、造纸、石油化工、印染、冶金、钢铁、水泥、矿山矿井、食品、制药等行业，用于曝气或气体输送等工艺环节。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

风机用电约占全国发电总量的 10%，其中离心式风机用电约占风机用电总量的 50%。离心风机以节能、高效、故障率低等优势广泛应用在我国各领域，但由于风机转速的限制，不能提供更高级别的风压，使离心风机的使用在一定程度上受到了制约。特别是在污水处理工艺行业中，如果可以提高离心风机风压可以有效降低污水处理厂的运营成本，进而降低污水处置费用。目前应用该技术可实现节能量 3 万 tce/a，减排约 8 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

磁悬浮离心式鼓风机是采用磁悬浮轴承的透平设备的一种，其主要结构是鼓风机叶轮直接安装在电机轴延伸端上，而转子被垂直悬浮于主动式磁性轴承控制器上，不需要增速器及联轴器，实现由高速电机直接驱动，由变频器来调速的单级高速离心式鼓风机。该类风机采用一体化设计，其高速电机、变频器、磁性轴承控制系统和配有微处理器的控制盘等均采用一体设计和集成。

2.关键技术

（1）磁悬浮风机集成设计；

（2）高速磁悬浮轴承技术；

（3）中大功率高速永磁电机技术；

（4）大功率高效变频调速技术

（5）高效离心叶轮。

3.工艺流程

该创新技术采用一体化设计，其核心是磁悬浮轴承和永磁电机技术。同步永

磁电机采用了无机械磨损的磁悬浮轴承技术，最大程度地降低了机械传动损耗，工作转速可达 36000r/min。此外采用了专用变频器驱动，变频器驱动效率可达 98.1%，结构示意图如图 1 所示。

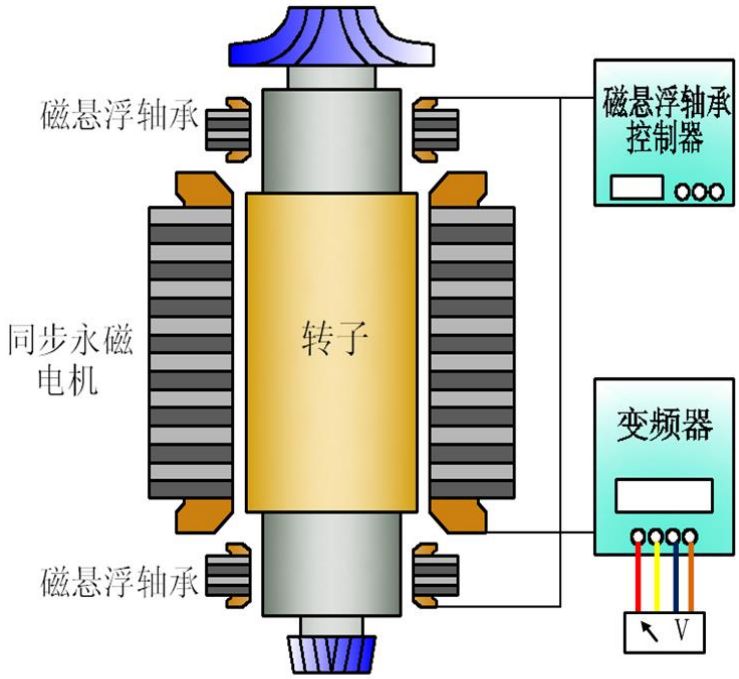


图 1 磁悬浮离心式鼓风机原理简图

五、主要技术指标

1.磁悬浮离心式鼓风机采用高速稀土永磁电机，功率达到 50-300kW，额定转速 15000-36000r/min；

2.采用的主动磁悬浮轴承，其功耗损失 < 1kW；

3.变频器效率 > 97%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2011 年通过了江苏省质量技术监督风机产品检测站检测，已获得授权专利 20 多项。目前，75kW 磁悬浮离心式鼓风机产品已在国内 10 多个项目中成功运用，设备运行稳定可靠。

七、典型应用案例

典型案例 1

案例名称：宁波三菱化学有限公司污水站项目

技术提供单位：南京磁谷科技有限公司

建设规模：日生产废水约 6000m^3，初期污染雨水约 220m^3/d，混合废水化学需氧量（COD)约在 4500mg/L。采用好氧生物处理，处理后废水水质可达到：化学需氧量（COD)120mg/L 以下，目前出水水质基本稳定在 40mg/L，低于一级排放标准。污水站建设规模为 300m^3/h，建设初期采用 7 台（4 用 3 备）罗茨风机，每台风机风量为 100m^3/min，压力为 80kPa，配套电机额定功率为 250kW，实际耗电功率约为 220kW，4 台罗茨风机总耗电量每小时约为 880kW。主要技改内容：在现有污水处理系统基础上，用 8 台“磁谷”磁悬浮离心式鼓风机替换掉原有罗茨风机。主要设备为“磁谷”磁悬浮离心式鼓风机 8 台。技改投资总额 350 万元，其中设备投资 328 万元，改造费用 22 万元。建设期 3 个月。年节能量 646tce，年减排量 1706tCO_2。每年可获得社会和经济效益为年节约电费 183.6 万元，投资回收期 1.9 年。

典型案例 2

案例名称：宁波万华聚氨酯有限公司技改项目

技术提供单位：南京磁谷科技有限公司

建设规模：3 台罗茨鼓风机改造成磁悬浮离心式鼓风机。主要技改内容：把罗茨风机替换成磁悬浮风机，由于磁悬浮离心式鼓风机风量可以调节，原单台流量 55m^3/min，功率 96.6kW。改造后同等工况条件下，鼓风机功率为 73.9kW，总减少 136.2kW。主要设备“磁谷”磁悬浮离心式鼓风机 6 台等。技改投资额 280 万元，建设期 3 个月。年节能量 381tce，年减排量 1006tCO_2。每年可获得社会和经济效益为节约电费 82 万元，投资回收期 3.4 年。

典型案例 2：

案例名称：浙江闰土集团生态化工园污水厂风机改造项目

技术提供单位：亿昇（天津）科技有限公司

建设规模：日处理 5000 吨印染废水，用三台亿昇大功率高效节能磁悬浮离心鼓风机替代三台罗茨风机，满足使用需求。建设期 15 天，节能改造投资 225 万元，年可节电 90 万元，投资回收期 2.5 年，年可节电 128 万 kWh、约合 448 吨标煤。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来5年该技术可在相关领域推广比例可达到8%，年节电量约7.34亿kWh，可形成的年节能能力26万tce，年碳减排能力68万tCO_2。

181 两级喷油螺杆空气压缩机节能技术

一、技术名称：两级喷油螺杆空气压缩机节能技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 通用机械行业空气压缩机领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

空压机是一种耗电量巨大的设备，其用电量约占我国发电总量的 7%，其形式主要有活塞式、回转式、滑片式等。螺杆压缩机是回转式压缩机的一种，普遍应用在我国各工业领域。目前 160kW 以上的螺杆压缩机能效等级较低，只有个别企业的产品可以达到 II 级能效，绝大数产品主要处于 III 级能效水平。目前应用该技术可实现节能量 12 万 tce/a，减排约 32 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

喷油螺杆空气压缩机采用两级压缩来提高压缩机的能效，其能效的提高基于下列的两个主要原因：一是每一级压比的降低，提高了容积效率，降低了每一级的内外泄露；二是在油气混合物在一级排气进入二级吸气之前，可充分混合，起到级间冷却的作用，这一较为充分混合的油气混合物进入压缩机的第二级进行压缩，也使得第二级的压缩过程更为接近等温过程，提高了压缩机的能效。

2.关键技术

（1）高效转子型线技术；

（2）级间冷却关键技术:在压缩气体通道上安装有多个喷射孔形成雾状喷射帘，以实现快速降温。整个过程接近等温，节能效果较好；

（3）系统结构优化技术，其中包含压比分配优化技术、排气空口优化技术、喷油量优化技术等。

3.工艺流程

该技术工艺主要包括：压缩空气流程、润滑油流程和控制管路流程。具体工艺流程见图 1。

（1）压缩空气流程：空气通过进气过滤器将大气中的灰尘或杂质滤除后，由进气控制阀进入压缩机一级主机，在压缩过程中与喷入的冷却润滑油混合，经压缩后的混合气体从一级压缩腔排入联接腔，在联接腔内与喷入润滑油混合冷

却，进入二级主机进气腔，并经行压缩、提高压力，从两级压缩腔排入油气分离罐。

（2）润滑油流程：油气桶内的润滑油被压出，经温控阀、油冷却器，冷却后再经油过滤器除去杂质颗粒，然后分成两路。一路从机体下端喷入一级压缩室，冷却压缩空气，并通到一级及两级机体两端，润滑轴承组；另一路通过管路，喷入联接腔，降低一级压缩气体温度。而后各部分的润滑油再聚集于压缩室底部，由排气口排出。与油混合的压缩空气排入油气桶后，绝大部分的油沉淀于油气筒的底部，其余的含油雾空气再经过油细分离器，进一步滤下剩余的油，并参与下一个循环。

（3）控制管路流程：起动→负载运行→卸载运行。

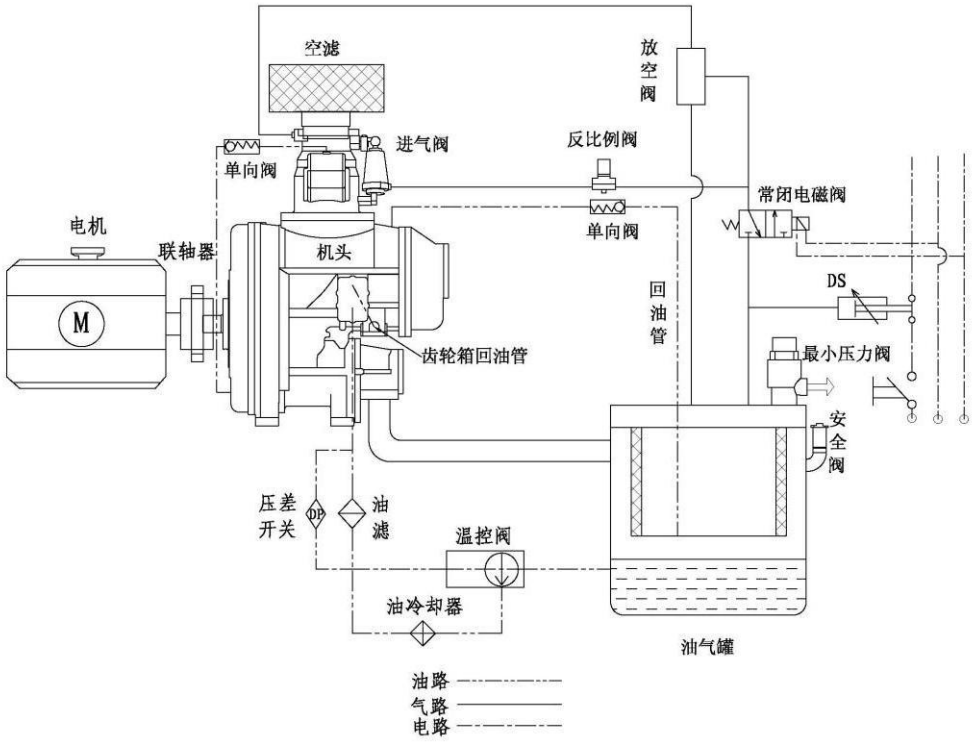


图 1 两级喷油螺杆空气压缩机节能技术工艺流程图

五、主要技术指标

1.产品达到 GB19153-2009 标准的 I 级能效；

2.比 II 级能效省电 15%；

3.比 III 级能效省电 30%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2013 年通过了浙江省机械工业联合会组织的科技成果鉴定，并且

通过了合肥通用机械产品检测院Ⅰ级能效检测。

七、典型应用案例

典型用户：衢州氟化学有限公司压缩机系统改造、青岛双星轮胎工业有限公司压缩空气系统节能改造。

典型案例 1

案例名称：衢州氟化学有限公司压缩机系统改造项目

技术提供单位：浙江开山压缩机股份有限公司

建设规模：250kW 压缩机改造。主要技改内容：采用螺杆空气压缩机代替原有空压机组。主要设备为螺杆空气压缩机等。技改投资额 52 万元，建设期约 15 天。年节能量 126tce，年减排量 332tCO_2。每年可获得经济效益为 23.5 万元，投资回收期 2.2 年。

典型案例 2

案例名称：青岛双星轮胎工业有限公司压缩空气系统节能改造项目

技术提供单位：浙江开山压缩机股份有限公司

建设规模：6 台 250kW 空压机改造。主要技改内容：采用螺杆空气压缩机代替原有空压机，主要设备为螺杆空气压缩机等。技改投资额 556 万元，建设期 40 天。年节能量 756tce，年减排量 1996tCO_2。每年可获得经济效益 143 万元，投资回收期 3.8 年。

典型案例 2

案例名称：山东申丰水泥集团有限公司

技术提供单位：益鑫能源科技（上海）有限公司

建设规模：6 台 132kw 空压机节能改造。

建设条件：原熟料系统 2 个空压站 10 台 110kw 空压机。

主要建设内容：采用永磁变频双级压缩一体式空压机替换原有空压机组。

节能建设投资额 197.76 万元，建设期 1 个月。每年可节能 1153.3tce，年减排量 3044.6tCO_2，年节能经济效益为 201.3 万元，投资回收期约 12 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

据统计，全国大功率空压机大约为 20 万台，假设按每台平均功率为 200kW，平均节能 18%，每年使用 8000 小时，预计未来 5 年按推广比例 10%计算，每年可节省的电量 35 亿 kWh 电。可形成的节能量约为 120 万 tce/a，碳减排能力 317

万 tCO_2/a。

182 变频优化控制系统节能技术

一、技术名称：变频优化控制系统节能技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 电力、冶金、机械等行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国电力节能产品市场需求巨大，每年市场规模在几千亿元以上，并以每年10%的速度增长。由于高能耗企业如钢铁、建材、石油化工等动力设备设计参数较大，存在较大的能源浪费现象。电动机系统节能工程是政府有关部门启动的“十二五”国家十大重点节能工程之一，变频优化控制系统节能技术节能空间巨大。目前应用该技术可实现节能量 6 万 tce/a，减排约 16 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该技术根据计算机模糊控制理论，自动检测并计算系统负荷量的大小，根据负载变化情况实时调整变频器、电机、负载的运行曲线，使三者始终在最佳状态下运行，对原系统进行精细的优化控制，确保在满足系统需求的前提下大幅度的提升系统效率，达到最佳节电效果。

2.关键技术

（1）计算机离散及稳态误差控制技术；

（2）抗干扰、稳态 PLC 模块设计。

3.工艺流程

变频器、电机、风机在任一时刻的运行曲线都不是完全吻合的，通过对三者运行曲线进行优化，让设备始终在一个最佳效率区间内运行。变频优化控制系统在满足工艺需求的速度前提下，选择三者最佳工作频率点，将整体效率达到最高，其最佳工作点如图 1 阴影部分所示。

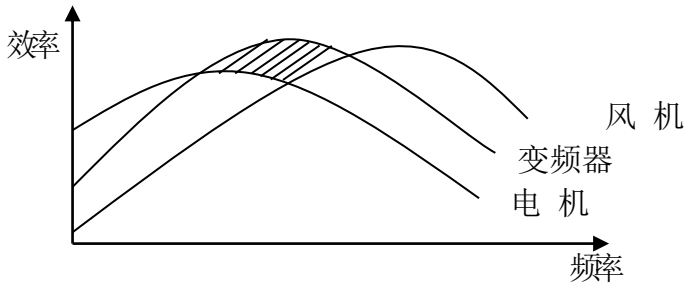


图 1 变频优化控制系统运行曲线图

五、主要技术指标

1.电压范围：0.38-10kV；

2.负载范围 15kW-20000kW；

3.效率 0.95 以上；

4.系统数据采集、控制及动态响应时间＜0.1 秒；

5.在变频器基础上提升节电率达 10%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得 3 项国家专利，并通过了国家电控配电设备质量监督检验中心性能检测。目前已经在钢铁、电力等领域得到一定比例的应用。

七、典型应用案例

典型案例 1

案例名称：孝义市兴安化工有限公司二期四条生产线项目

技术提供单位：北京乐普四方方圆科技有限公司

建设规模：58 台总功率 13514kW，主要技改内容四条生产线的风机、水泵配置变频优化控制系统。项目投资 2100 万元，建设期约 3 个月，综合节电折合标准煤约 10457tce，减排 27606tCO_2。该项目年收益为 1100 万元，项目回收期为 1.9 年。

典型案例 2

案例名称：山西同世达煤化工有限公司甲醛系统项目

技术提供单位：北京乐普四方方圆科技有限公司

建设规模：5 台总功率 1900kW，主要技改内容：在锅炉风机上安装变频优化控制装置、传感器、变送器和控制系统等。项目投资 500 万元，建设期约 2

个月。综合节能量为 700tce，减少二氧化碳排放 1848t。该项目年收益为 200 万元，项目回收期为 1.9 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术推广比例为 10%，形成的年节能能力为 11 万 tce，年减排能力 29 万 tCO_2。

183 节能铜包铝管母线技术

一、技术名称：节能铜包铝管母线技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 通用机械行业电网、发电、石油、化工、矿山、冶炼、钢铁、水泥等用电企业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

母线是电力系统的重要元件，起着汇集、分配和传送电能的作用，是输配电的枢纽，主要用于发电机、变压器等的电能传输，其工作的可靠性将影响到电力系统的安全运行。目前，国内外变电所高压配电装置的连接，以及变压器等电气设备和相应配电装置的连接大都采用矩形或圆形截面的裸导线或绞线。由于母线在运行中有巨大的电能通过，发热量大，导致线损耗能较大。另外，国内母线生产企业生产的矩形等传统母线使用有色金属的量较大，消耗资源严重。随着国家智能电网的建设和我国电力的发展需求，开发新型节能绝缘母线是必然的趋势。目前应用该技术可实现节能量 10 万 tce/a，减排约 26 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

铜包铝管的结构，一方面使铜管与铝管的集肤效应，内外呼应，增大了整体通流的有效截面，从而降低了交流电阻；另一方面此结构改善了母线导体的电流密度均匀性，抵消了单一管导体的较大的集肤效应，增大了整体的集肤深度，增加了导体载流量，提高了材料的利用效率，母线温升由国标的50K降低至30K。

温升降低可以提高载流量，保证母线供电可靠性，节省铜材，并达到降低线损、节约能源的目的。温升降低，使绝缘不碳化，保证母线的绝缘寿命满足30年免维护的要求。

2.关键技术

（1）铜铝配比算法技术；

（2）导线加工集成技术；

（3）导线融合搭接技术。

3.工艺流程

节能铜包铝管母线相关结构及原理图见图 1、2、3、4。

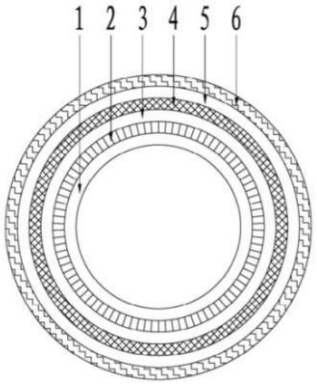
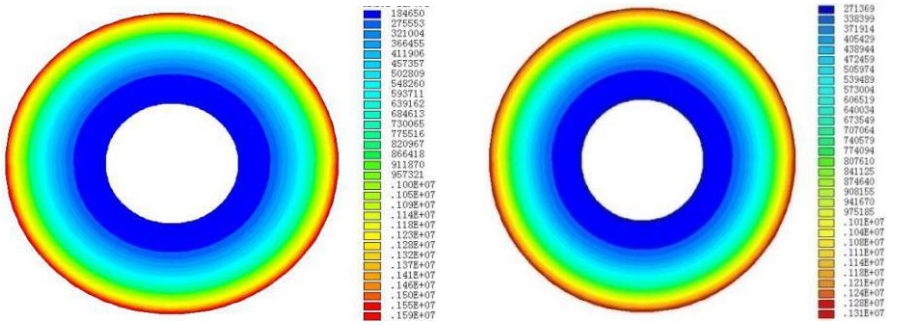


图 1 节能铜包铝管母线结构示意图

1- 铝管；2-铜管；3-主绝缘层；4-半导电层；5-屏蔽层；6-绝缘护套



铜管的电流密度　　铝管的电流密度

图 2 铜管和铝管的电流密度

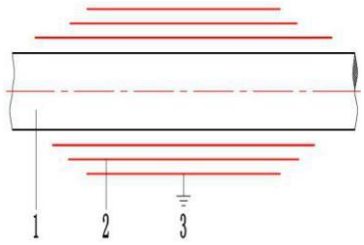


图 3 电容式绝缘管母线结构

1- 管导体，2-电容屏，3-接地屏

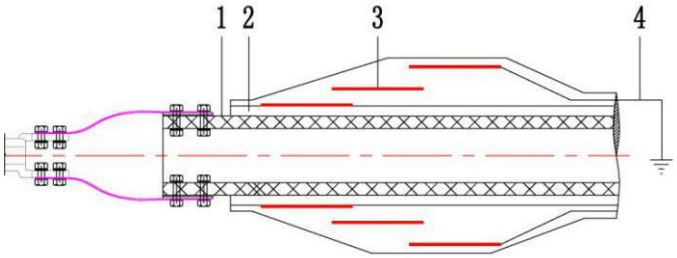


图 4 节能铜包铝管母线端部电场分散处理图

1-主绝缘；2-铜包铝管；3-应力层；4-屏蔽接地层

五、主要技术指标

1.导体温升≤30K；

2.电压等级规格

产品电压等级规格分为 1kV、3.15kV、6.3kV、10.5kV、13.8kV、15.75kV、18kV、20kV、24kV、35kV、66kV、110kV、220kV 等。

3.各规格载流量（额定电流的导体温升不大于 30K）：

300A、400A、500A、630A、800A、1000A、1250A、1600A、2000A、2500A、3150A、4000A、5000A、6300A、8000A、10000A、12500A、16000A、20000A。

4.绝缘水平（高于国标）

表 1 35kV 电压等级的绝缘水平表

额定电压 U_0/U /（kV）	0.6/1	3.6/6	8.7/15	12/20	26/35
5min 工频耐压值/（kV）	6/10 U_0	45/12.5U_0	60/6.9U_0	84/7U_0	120/4.6U_0

表 2 66kV 电压等级的绝缘水平表

额定电压 U_0/U（kV）	38/6
30min 工频耐压值（kV）	103/2.7U_0

表 3 110kV 电压等级的绝缘水平表

额定电压 U_0/U（kV）	64/110
30min 工频耐压值（kV）	173/2.7U_0

表 4 220kV 电压等级的绝缘水平表

额定电压 U_0/U（kV）	127/220
30min 工频耐压值（kV）	$337/2.65U_0$

5.节能指标（相比传统铜排母线）

（1）节铜：70%；

（2）节能率：44.2%；

（3）年节能量：2128.7kWh/m；

（4）年节煤量：0.262tce/m；

（5）年二氧化碳减排量：0.687 tCO_2/m。

6.节能铜包铝管母线与替代的主流技术对比

传统主流技术是常规铜排母线。由于导体的集肤效应原因，实芯导体电流密度不均匀系数大，热损耗严重，导体通流的利用率低，耗费大量铜资源，温升高于 50K，安全性差。

常规铜排母线引用《金属封闭母线》标准，其额定电流的导体温升为 50K，电厂和电站在夏季运行时的环境温度可能会达到 60℃，进而，铜排母线的运行温度将达到 110℃，此时的导体非常容易氧化，在高温运行下，极易引发短路事故，使发电机或变压器回路跳闸，影响整个供电系统可靠性。可见，目前主流技术--常规铜排母线在，实际运行中，不能具备安全与节能的条件，更不能满足 30 年免维护的要求。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术 2010 年 5 月获得国家科技部的国家重点新产品认证，2013 年 3 月获得广东省高新技术产品认证，2013 年 12 月通过了由中国工业节能与清洁生产协会组织的科技成果鉴定。目前该技术累计安装使用超过 10000 多组 20 多万 m，广泛应用于全国各地的电网、发电、石油、化工、矿山、冶炼、钢铁、水泥、造船、造纸及房地产等众多能源性建设领域。

七、典型应用案例

典型案例 1

案例名称：安徽淮化股份公司发电厂项目

技术提供单位：广东日昭新技术应用有限公司

建设规模：节能铜包铝管母线 2900m（2000A）。主要技改内容：取消支柱绝缘子，直接用金属架作为支撑。主要设备为节能铜包铝管母线等。技改投资额960 万元，建设期 20 个月。项目年节能量 760tce，年减排量 2006.4tCO_2，节能经济效益为 417 万元。投资回收期 2.3 年。

典型案例 2

案例名称：兖矿新疆煤化工有限公司发电厂项目

技术提供单位：广东日昭新技术应用有限公司

建设规模：节能铜包铝管母线 1430m（3150A）。主要技改内容：取消支柱绝缘子，直接用金属架作为支撑。主要设备为节能铜包铝管母线等。技改投资额572 万元，建设期 6 个月。年节能量 543tce，年减排量 1434tCO_2，节能经济效益为 43 万元。

八、推广前景及节能减排潜力

国内各类母线及电缆市场很大，根据中国电器工业协会相关统计，2012 年常规电缆产值 11438 亿元，市场上各种类型的母线产值约 100 亿元，产量 2800 多万 m。未来 5 年，该技术预期推广比例 30%，可形成年节能能力 30 万 tce，年减排潜力 79 万 tCO_2。

184 智能真空渗碳淬火技术

一、技术名称：智能真空渗碳淬火技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 通用机械行业有渗碳热处理工艺需求的企业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

2012 年我国热处理生产总量约为 2000 万 t，其中渗碳处理约占 1/8，在 250 万 t 左右。渗碳处理的主要设备包括井式炉、箱式多用炉和真空渗碳炉，其中井式渗碳约 125 万 t、箱式渗碳约 123.75 万 t、真空渗碳约 1.25 万 t。井式炉单位电耗最高，箱式多用炉次之，真空渗碳炉最低。根据 JB/T50182-1999《箱式多用热处理炉能耗分等》，箱式多用路的一等可比单耗指标为 b_k≤440kWh/t，而真空渗碳炉的可比单耗为 b_k=265kWh/t。真空渗碳炉相对箱式多用炉节能量约 61kgce/t，减排量约 161kgCO_2/t。目前应用该技术可实现节能量 1 万 tce/a，减排约 3 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

真空渗碳是一种真空热处理工艺。由于渗碳在真空环境中进行，可以精确控制碳势，工件表面洁净，有利于碳原子的吸附和扩散，实现高温渗碳速度的提高。相对于普通渗碳，可将渗碳时间缩短 50%以上，大幅节约电能。在真空环境下，还可有效避免氧化性气体与工件表面合金元素发生晶间氧化，提高工件的耐磨性和疲劳性能，同时实现对细孔等内表面的渗碳，使整批工件获得均匀一致的表面碳浓度和渗碳层厚度。

智能型真空渗碳淬火炉采用计算机控制系统对温度、时间、渗碳气体流量和压力四个重要参数进行精确控制，保证炉体内温度均匀性和气氛均匀性良好，使渗碳工件获得最小的渗层深度误差和合理的晶相组织分布。同时在计算机控制下，渗碳剂可由多通路多喷嘴以精确流量进入炉内，分布面广且均匀，充分发生裂解和渗碳反应，不会产生过多游离碳，有效减少碳黑对炉体的污染。

2.关键技术

（1）气氛流量控制技术；

（2）减少炭黑污染技术。

3.工艺流程

工件→清洗→生成或编制工艺→装炉→真空渗碳→淬火或冷却。其结构图及自动控制系统示意图分别见图 1 和图 2。

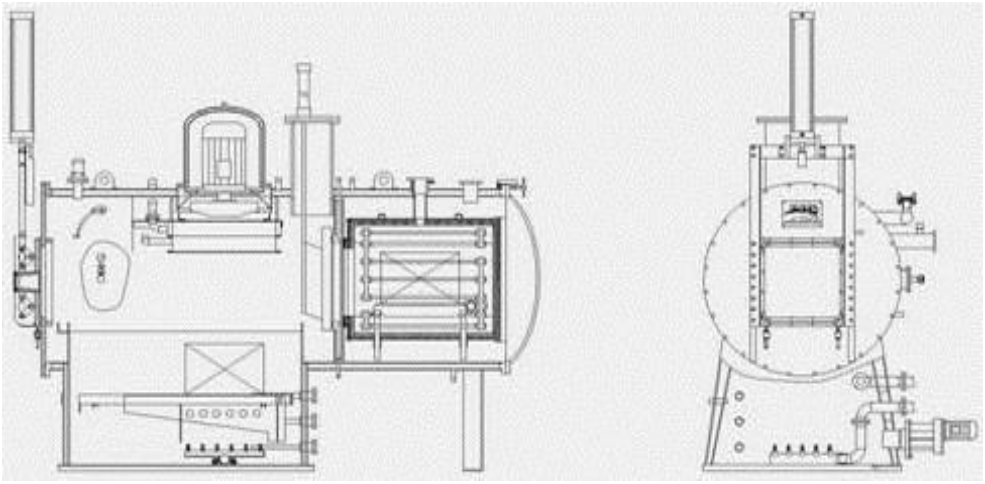


图 1 智能真空渗碳淬火炉结构图

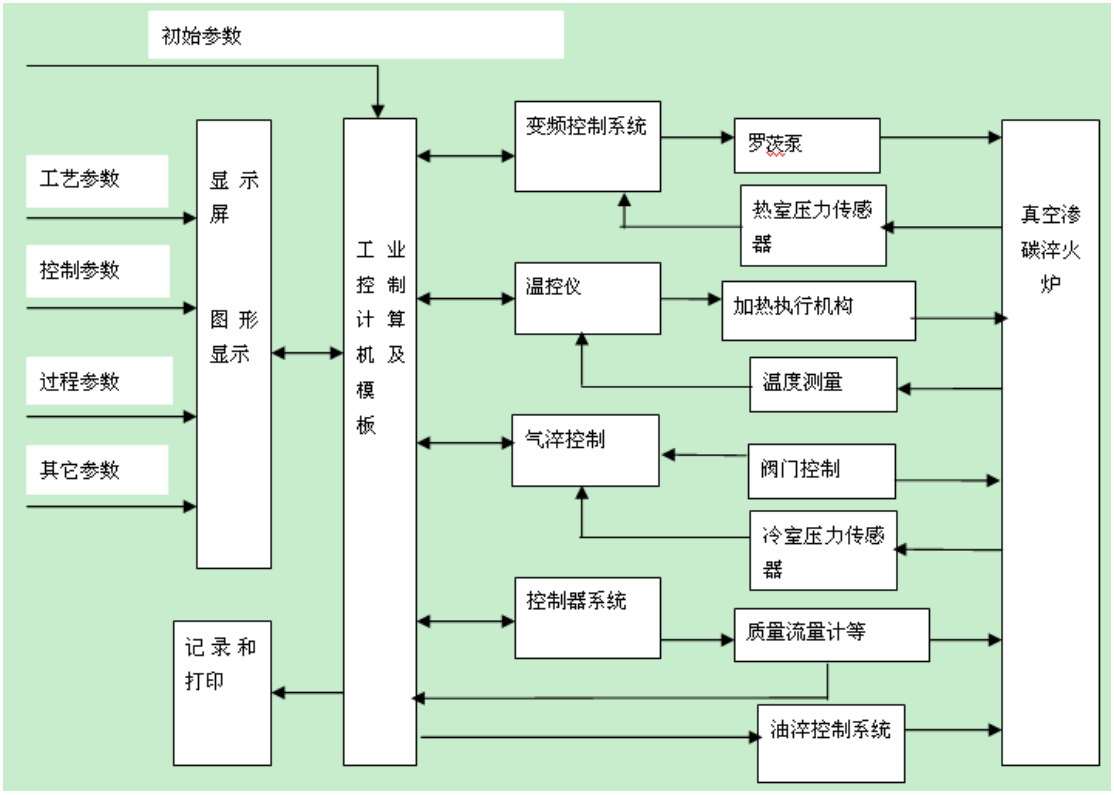


图 2 智能真空渗碳淬火炉自动控制系统示意图

五、主要技术指标

1.电耗：265kWh/t

2.最高工作温度：1300ºC；

3.炉温均匀性：≤±5ºC；

4.极限真空度：≤4×10^{-1}Pa；

5.压升率：≤0.65 Pa/h；

6.淬火转移时间：≤25S；

7.气体压力：≤12bar；

8.硬化层深度偏差：≤±0.1mm。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2010 年通过国家电炉质量监督检验中心的检验，于 2012 年通过了中国热处理行业协会组织的鉴定，并获得多项国家实用新型专利。目前已有 10 余台智能真空渗碳淬火炉在国内机械行业中应用。

七、典型应用案例

典型案例 1

案例名称：山东龙口春龙集团公司气动机械厂真空渗碳项目

技术提供单位：北京华海中谊工业炉有限公司

建设规模：1 台日处理 150-200kg 的智能真空渗碳炉。主要技改内容：用智能真空渗碳炉替换箱式多用炉渗碳。主要设备为智能真空渗碳炉。技改投资额 156 万元，建设期 6 个月。年节能量 30tce，年减排量 79tCO_2，每年节电产生的经济效益约 8.7 万元。

典型案例 2

案例名称：东莞市禾盛金属科技有限公司真空渗碳项目

技术提供单位：北京华海中谊工业炉有限公司

建设规模：1 台日处理 150-200kg 的智能真空渗碳炉。主要技改内容：用智能真空渗碳炉替换箱式多用炉渗碳。主要设备为智能真空渗碳炉。技改投资额 120 万元，建设期 5 个月。年节能量 5tce，年减排量 13tCO_2，每年节电产生的经济效益 1.4 万元。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，国内热处理行业中真空渗碳占全部真空渗碳的市场比例很小，不足

1%。随着国内市场的迅速发展，真空渗碳淬火炉年需求量约 30 台。预计未来 5 年，该技术预计推广比例 15%，可形成的年节能能力 10 万 tce，年减排潜力 26 万 tCO_2。

185 锅炉燃烧温度测控及性能优化系统

一、技术名称：锅炉燃烧温度测控及性能优化系统

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 通用机械行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国燃煤机组平均供电煤耗约为 326g/kWh，高于发达国家平均水平。目前国内大多发电锅炉运行经济性差，特别是在机组负荷变化、燃用煤种有偏差时，很难保持机组在理想状态下运行，造成单位能耗偏高，污染物排放量偏大。目前应用该技术可实现节能量 3 万 tce/a，减排约 8 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

基于电厂智能化（大数据）管理系统，对设备与生产管理之间的基础数据效验、立体燃烧监控和锅炉系统生产过程节能控制的优化；对未来发电厂的自动化生产节能分析起到承上启下的作用；集运行的技能管理、DCS 数据效验、大数据运行分析、设备系统匹配和挖掘设计冗余等为一体的节能操作平台基于电厂智能化（大数据）管理系统，对设备与生产管理之间的基础数据效验、立体燃烧监控和锅炉系统生产过程节能控制的优化；对未来发电厂的自动化生产节能分析起到承上启下的作用；集运行的技能管理、DCS 数据效验、大数据运行分析、设备系统匹配和挖掘设计冗余等为一体的节能操作平台.

2.关键技术

（1）精度检测锅炉内烟气温度场技术，精度±5%；

（2）±2％在线烟气分析技术；

（3）定向无线数据传输技术；

（4）煤粉浓度及流速、煤粉细度在线监测技术；

（5）煤粉平均分配、调平技术；

（6）生产运行小指标考核系统；自学习寻优技术；

（7）在线（亚临界机组）煤质软测量技术。

3.工艺流程

该技术通过对烟气温度、煤粉细度等进行在线监测采集锅炉运行数据并储存到数据库，并根据数据库内已有实际运行数据设计优化方案，进行由单变量到多变量的锅炉试验。试验后由经济运行系统建立锅炉的数学模型，同时采用自训练方式不断对锅炉模型进行完善，以达到最优方案选择进而进行锅炉调试。调试后结果可通过部分闭环控制或发布运行指导意见达到优化燃烧的目的。另外，系统在运行期间会不断补充验证，优化实验模型实现模型的动态管理。具体流程如图1所示。

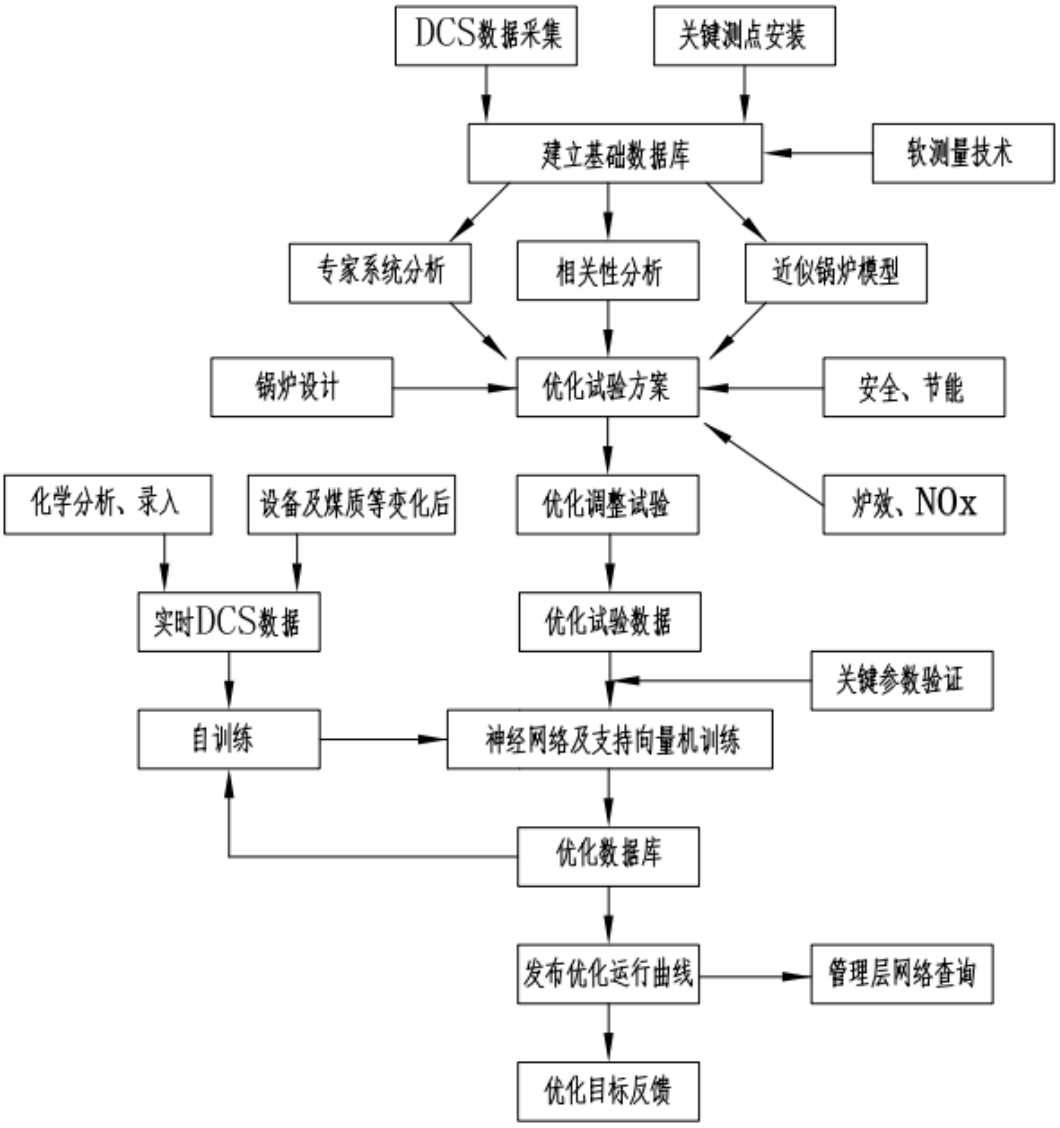


图1锅炉节能监测及系统优化流程图

五、主要技术指标

1.测温精度：±5%

2.温度测量范围：380-1600℃

3.信息发布周期：＜10s

4.提高锅炉效率：≥0.3%

5.降低供电煤耗（标煤）：≥1g/kWh

6.单位碳减排量为：≥2.62g/kWh

7.降低 NO_X 排放：≥5%

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2012 年获得计算机软件著作权登记证书 1 项，实用新型专利 9 项，经华电集团、华电电科院、西安热工院等多家权威机构验证该技术实际应用的节能效果显著（不低于 1g/kWh），目前处于大范围推广阶段，已经成功应用于多台亚临界、超临界等燃煤锅炉（6MW-600MW）和循环流化床锅炉。

七、典型应用案例

典型案例1

案例名称：牡丹江第二发电厂#8、#9机组（2*300MW）锅炉性能优化项目

技术提供单位：天津鹰麟节能科技发展有限公司

建设规模：牡丹江第二发电厂四期2×300MW热电联产机组。主要技改内容：安装火电机组智能运行优化及管理系统、安装小指标绩效考核软件、安装远红外炉膛出口烟气温度监控装置、安装性能优化服务器。项目投资额492万元，建设期6个月。每年可节标煤4099tce，年碳减排量10821tCO_2，年节能经济效益为266万元，投资回收期1.9年。

典型案例 2

案例名称：珙县电厂一期2×600MW工程锅炉燃烧调整优化项目

技术提供单位：天津鹰麟节能科技发展有限公司

建设规模： 四川华电珙县发电有限公司一期600MW超临界“W”型燃煤汽轮发电机组。主要技改内容：安装火电机组智能运行优化及管理系统、安装小指标绩效考核软件、安装远红外炉膛出口烟气温度监控装置、安装性能优化服务器。项目投资额368万元，建设期6个月。每年可节能4500tce，年减排量11880tCO_2，年节能经济效益为270万元，投资回收期1.4年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来5年，该技术可在相关领域推广比例可达到10%，预期可形成的节标煤能力28万tce，预期可形成的碳减排能力74万tCO_2。

186 三相工频感应电磁锅炉技术

一、技术名称:三相工频感应电磁锅炉技术

二、技术所属领域及适用范围: 机械行业 民用及商用行业 用于生活热水、饮用、采暖及工业锅炉预热等

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国的供热设备主要包括传统的燃煤、燃气和电热管锅炉以及新兴的太阳能、热泵系统。然而，我国的电热管锅炉实际能量转换效率相对偏低，太阳能和热泵系统又受环境的影响较大，传统化石燃料锅炉污染相对严重。三相工频感应电磁锅炉技术与热泵系统相比，初始投资及运行成本均有较大的节约空间。在不考虑能源利用品质的条件下，该技术与传统燃煤统锅炉相比具有较高的热效率，节能优势明显。特别是在我国峰谷电价差距较大的情况下，该技术用于热水制备具有良好的经济和社会效益。目前应用该技术可实现节能量 3 万 tce/a，减排约 8 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

三相工频感应电磁锅炉的主机是一种特殊结构的水冷干式“短路变压器”，主机直接设置在循环水中，利用主机的副边外壳作为第一主发热体。设备主机副边受到电磁感应产生短路电流，进而产生热量，其漏磁又使循环水箱感应产生较大的涡流与磁滞，使循环水箱成为第二发热体。由于主机产可产生极大电流，因此可使效能达到最高，几乎可以将全部电能转化为热能。同时，由于该设备回收漏磁进行加热，又可将电网中无功功率充分利用，使其效能进一步提高。

2.关键技术

（1）特殊结构的电磁感应发热技术

利用主机外壳作为主发热的副边，使设备获得极高的加热效率，并保持良好的散热性能，同时有效降低制造成本。

（2）高效电磁感应技术

副边感应电流达到极大状态（短路状态），使电流发热量最大，同时可有效控制短路电流。

（3）无功功率利用技术

利用电磁原理加热，其电能中的有功和无功都得到高效利用。

（4）流体磁化技术

由于使用电子感应加热，使其周围的介质水在被加热的同时被磁化，可有效解决水体结垢问题。

3. 工艺流程

设备结构示意图见图 1。

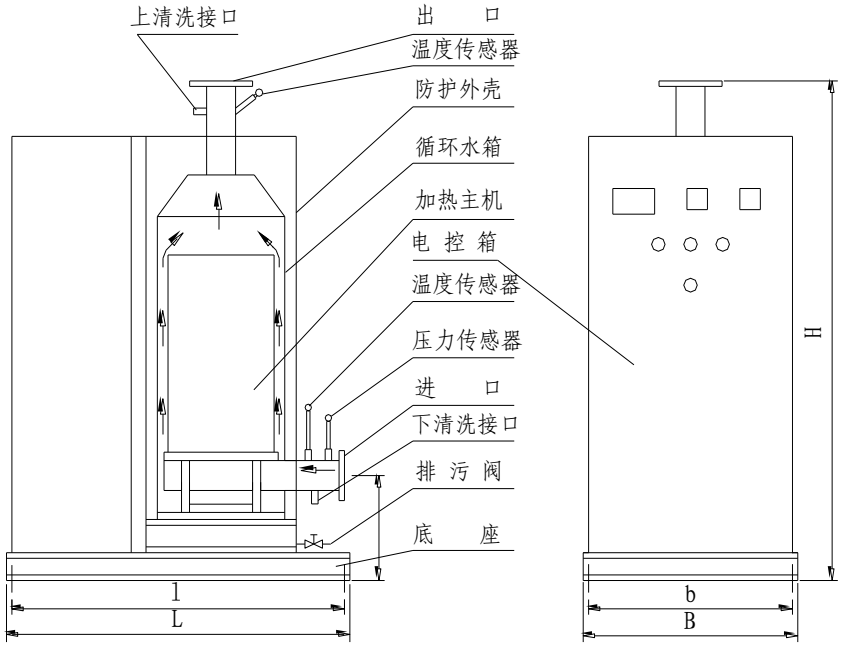


图 1 三相工频感应电磁锅炉结构示意图

五、主要技术指标

1.有功功率转化热效率≥99%；

2.功率因数 cosφ≥0.98；

3.终端效率（即系统效率）≥0.9；

4.磁化功能：加热水不结垢，加热油不结炭，使用寿命长。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2014 年通过中国高科技产业化研究会组织的技术成果鉴定，并获

得国家发明专利和实用新型专利 18 项，同时获得美国、日本和欧盟的发明专利各 1 项。目前，该技术已在沪东重机股份有限公司、常州常林机械有限公司等近 200 家企业实施应用，累计达 500 台套。

七、典型应用案例

典型用户：沪东重机股份有限公司、常州常林机械有限公司、吟飞科技（江苏）有限公司等。

典型案例 1

案例名称：沪东重机股份有限公司柴油机系统油路改造项目

技术提供单位：常州市三利电器有限公司

建设规模：21 条船用大马力柴油机试车车间串油及串水加热系统改造。建设条件：大型低速船用柴油机在试车前应按工艺要求，将 70t 的滑油、30t 的淡水加热到 75℃，串油串水过程中，油温水温保持 60℃。主要技改内容：将原蒸汽加热系统全部改成电磁锅炉系统。主要设备：21 台三相工频感应电磁锅炉。节能技改投资额 641 万元，建设期 2 个月。年可节能量 4654tce，年减排量 12286tCO_2，年节能经济效益为 1059 万元，投资回收期约 8 个月。

典型案例 2

案例名称：常州常林机械有限公司职工热水系统改造项目

技术提供单位：常州市三利电器有限公司

建设规模：2 台燃煤锅炉改造。主要技改内容：使用该电磁锅炉两台取代原燃煤锅炉，利用谷电蓄热供全天使用，主要设备包括 2 台三相工频感应电磁锅炉。节能技改投资额 50 万元，建设期 2 个月。年可节能量 1692tce，年减排量 4467t CO_2，年节能经济效益 91.43 万元，投资回收期约 5 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术的应用可大幅消纳峰谷电，结合电能的高效利用，具有较大的节能潜力。预计未来5年，推广比例达到5%，项目总投资2.5亿元。可完成装机功率40万kW，相比传统燃煤、燃气、电热管锅炉，可形成年节能能力14万tce，年碳减排能力38万tCO_2。

187 热转印标识打印技术

一、技术名称:热转印标识打印技术

二、技术所属领域及适用范围:机械行业 机械、电力、交通、石油化工等行业 标识打印应用

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

传统标识指示牌一般采用搪瓷、铝合金、不锈钢等材质，具有制作工艺复杂、生产周期长、造价高、使用寿命短、无法重复利用等局限，从而给标识应用领域造成了大量人力、物力、财力的浪费。传统标识在制作过程中能耗较大，以铝合金标识牌为例，加工过程通常包括机加成型、抛光、喷漆、丝网印刷环节，每吨铝合金标识牌的制作电能消耗约为1000 kWh，自来水消耗达6t，生产过程中会产生有害酸碱废液。如果采用热转印标识打印技术，可以大幅减少制作过程中的电力消耗和金属材料消耗。与传统制作技术相比，无需消耗水、煤及大量的电能等资源，也不需要使用酸碱性溶液，使标识牌制作更加节能环保。目前应用该技术可实现节能量1万tce/a，减排约3万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

热转印标识打印技术是利用工质在高温时的物理变化进行信息打印，通过打印头上的发热体将碳带上的油墨局部融化，同时施以压力将油墨分子附着在打印材料上形成图像，完成标识的制作。该技术打印的标识大小、使用寿命等特征不仅能满足传统标识的要求，而且在制作工艺流程中，减少了大量金属或陶瓷材料、水及电的消耗，同时避免使用酸碱性溶液，具有良好的节能环保效益。

2.关键技术

（1）宽幅打印技术：可制作最大幅宽 500mm 的标识牌，满足行业客户对标识牌的最大尺寸要求；

（2）多色打印技术：通过打印和数据处理同步设计，实现多色同时打印；

（3）碳带节省技术：在判断标签中无打印内容的区域后可自动抬起打印头，避免不打印区域的碳带浪费；

（4）打印头压力可调技术：通过多个打印头压力档位设置，使打印机可以

支持不同幅面耗材的打印。

3.工艺流程

热转印打印机的内部结构如图 1 所示。安装好胶带纸及碳带以后，电源接通，热打印头抬起，同时送纸胶辊压下，绷紧碳带。打印开始后，胶带匀速出纸，碳带同步转动，热打印头将碳带加热并压印在胶带上，完成一张标识的打印。打印时，传感器检测到空白区域，打印头会自动抬起，节省碳带，避免浪费。

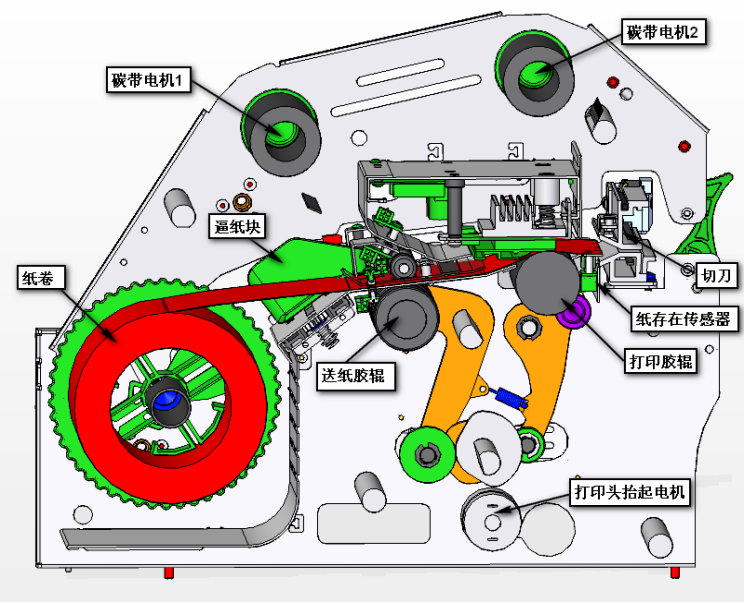


图 1 热转印打印机结构示意图

五、主要技术指标

1.户外抗紫外线、耐腐蚀 8 年以上；

2.耐磨性：≧300 次；

3.有效打印宽幅：500mm。

六、技术应用情况

该技术于 2011 年通过国家质量技术监督局的 3C 认证，2012 年通过国家纸张质量监督检验中心检测，2013 年列入北京市发改委“北京市节能减排推荐目录”。获得国家发明专利 4 项，实用新型专利 7 项。自 2012 年起，该项技术在电力行业推广应用，目前已被广泛应用于电力、能源、化工、交通等多个领域。

七、典型应用案例

典型用户：哈尔滨超高压、黑龙江黑河背靠背 500kV 换流站、±800kV 宾金线等

典型案例 1

案例名称：黑龙江电力公司营配贯通改造项目

技术提供单位：北京鼎一伟信科技发展有限公司

建设规模：标识近 53 万张，标识总面积 7.9 万 m^2。主要技改内容：对全省 10kV 以下线路进行规范化建设。主要设备：14 台热转印打印机。项目总投资 2998 万元。与常规标识制作相比，节省时间近 130 天，年节能量 585tce，年碳减排量 1544tCO_2，节能的经济效益为 4200 万元。

典型案例 2

案例名称：天津电力公司配网信息化标识改造项目

技术提供单位：北京鼎一伟信科技发展有限公司

建设规模：电子标签近 6 万张，标识 0.4992 万 m^2。主要技改内容：对天津电力公司配网标识进行信息化建设。主要设备：4 台热转印电子标签打印机。项目总投资 230 万元，与常规标识制作相比，年节能量 91tce，年碳减排量 240tCO_2。节能的经济效益 180 万元。

八、推广前景及节能减排潜力

据统计，目前我国每年需求标识约 2 亿多块，预计未来 5 年，热转印标识打印技术在行业内的推广比例可达到 35%，项目总投资 44 亿元，可形成的年节能能力约 10 万 tce，年碳减排能力 26 万 tCO_2。

188 板型叶片高效离心风机模型优化设计技术

一、技术名称：板型叶片高效离心风机模型优化设计技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 离心风机制造

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

风机是生产中常用的耗能设备，使用量大，应用面广，其耗电量约占全国总耗电量的 10%。目前，我国离心式风机年生产量近 100 万台，广泛应用于工矿企业、工厂车间等场所。然而，国内离心式风机制造大多采用八十年代前开发的模型，如 9-19、9-26、5-48 等系列，设计基础模型陈旧，导致风机生产成本高昂，风机能源利用效率低下。板型叶片高效离心风机模型优化设计技术针对传统风机设计模型的不足，建立全新的风机模型，优化风机的设计，可有效改善风机的性能，降低风机的运行能耗。该技术的推广应用将有助于提高我国离心风机的制造水平。

四、技术内容

1．技术原理

该技术采用 N-S 方法对整机复杂三维湍流流场进行计算机模拟分析，突破传统的取值范围对叶片进出口流动角、进口加速系数、叶轮进出口宽度比、蜗壳螺旋角等重要风机设计参数进行修订，不仅可在设计阶段对风机性能进行准确预估，而且可兼顾降低噪声和非设计工况性能，实现离心风机性能的全面提升。

2．关键技术

（1）变气动设计流量和全压值下，性能优化技术；

（2）风机设计参数优化技术；

（3）进风口优化设计技术。

3．工艺流程

离心风机流场建模示意图见图 1，№8 系列模型风机产品示意图见图 2。

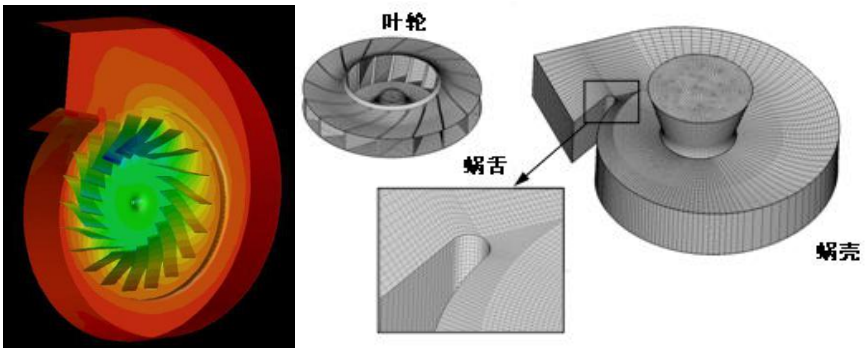


图 1　离心风机流场建模示意图

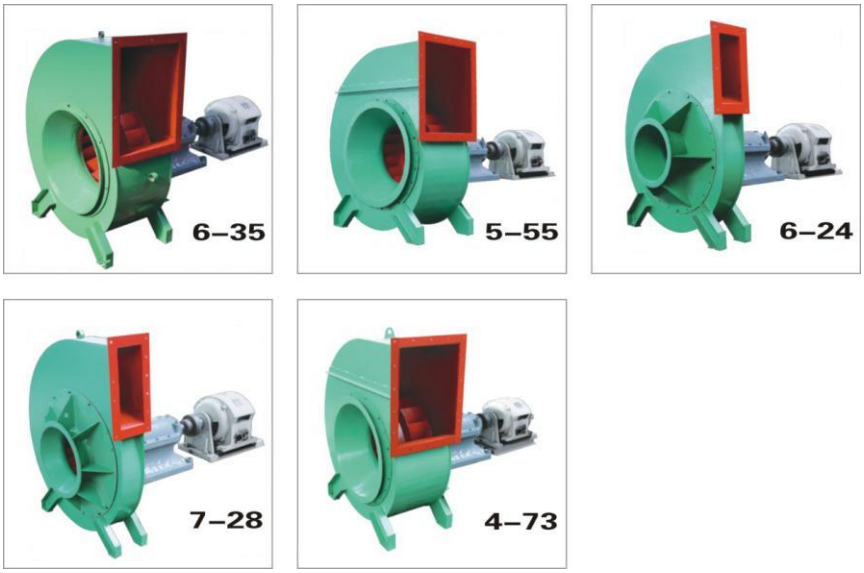


图 2　№8 系列模型风机产品示意图

五、主要技术指标

1. 6-35№8（叶轮直径 800mm）模型：最高通风机效率 85%；

2. 5-55№8（叶轮直径 800mm）模型：最高通风机效率 87%；

3. 6-24№8（叶轮直径 800mm）模型：最高通风机效率 82.3%；

4. 7-28№8（叶轮直径 800mm）模型：最高通风机效率 87%；

5. 4-73（板型叶片）№8（叶轮直径 800mm）模型：最高通风机效率 87%。

六、 技术鉴定、获奖情况

该技术 5 个系列模型（6-35、5-55、6-24、7-28、4-73）分别获得国家发明专利。目前，该技术已在重庆、湖北、江苏、陕西等省 20 多家企业得到应用，应用效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：湖北省风机厂有限公司、重庆通用工业（集团）有限公司、陕西鼓风机（集团）有限公司等。

典型案例 1

案例名称：湖北省风机厂有限公司风机设计模型技术转让项目

技术提供单位：沈阳鼓风机研究所(有限公司)、清华大学

建设规模：年产通风机 1302 台，配套电机总功率 170 万 kW。建设条件：具备风机制造能力。主要建设内容：提供离心通风机设计模型。采用本技术已生产风机 51 台，总功率为 6.94 万 kW，项目投资 26 万元，该风机用户每年可节电约 2000 万 kWh,折合节能量约 6416tce,减少碳排放约 1.4 万 tCO_2。

典型案例 2：

案例名称：重庆通用工业（集团）公司风机设计模型转让项目

技术提供单位：沈阳鼓风机研究所(有限公司)、清华大学

建设规模：年产通风机 1031 台，配套电机总功率 103 万 kW。建设条件：具备风机制造能力。主要建设内容：提供离心通风机设计模型。采用本技术已生产风机 43 台，配套电机总功率为 43360kW，项目投资 32 万元，该风机用户每年可节电约 1249 万 kWh,折合节能量 4010tce,减少碳排放 0.87 万 tCO_2。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，该技术推广比例约为10%，预计未来5年推广比例将达到50%，可实现年节电能力约20亿kWh,折合64万tce，年减少碳排放139万tCO_2。

189 自励三相异步电动机（制造）技术

一、技术名称：自励三相异步电动机（制造）技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 驱动无特殊要求的机械设备

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

据统计，我国电机系统耗电约占全社会用电量的60%以上，约占到工业用电量的80%，是工矿企业中耗电量最大的一类电气设备。传统的三相异步电动机，长期存在效率低、功率因数低、起动转矩和最大转矩小，且起动电流大的缺陷，常处于“大马拉小车”的状态，严重浪费电能。自励三相异步电动机采用自励磁技术，具有高效率、高功率因数、高起动转矩和低电流等性能，广泛适用于工厂、油田、矿山等工业领域。在电机频繁启动的应用领域，与传统三相异步电动机相比，该类电机的综合节电率可达到10%-35%。

四、技术内容

1.技术原理

该技术采用自励磁技术，仅从电网中获取有功功率，无功功率则由电机内部通过串联电容和逆向绕组自行产生，可有效降低无功功率损耗，提高功率因数，优化电动机的性能指标，实现节能。

2.关键技术

（1）“自励磁”技术。在电动机内部形成励磁，避免线流中产生无功励磁电流；

（2） 电动机性能优化技术。可实现电动机高效率、高功率因数、高转矩、低电流的特性，能消除或基本消除5次、7次等高次谐波。

3.工艺流程

自励三相异步电动机的结构示意图如图1所示。

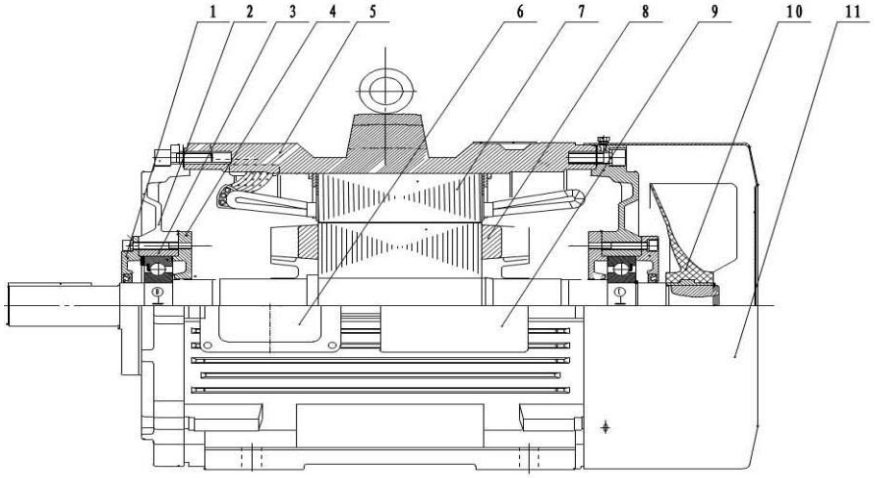


图 1 自励三相异步电动机结构示意图

五、主要技术指标

1．电动机效率：可达到国家 2 级能效标准；

2．额定功率因数：cosφ≥0.97；

3．起动转矩：≥2.6 倍额定转矩；

4．最大转矩：≥3.0 倍额定转矩。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得 1 项国家发明专利、3 项实用新型专利和 3 项外观设计专利；于 2013 年入选“2013 年度国家火炬计划产业化示范项目”。目前，该类产品已在全国各地区油田、工厂等多家企业使用。

七、典型应用案例

典型用户：中石油管辖的油田、云南省的钢铁集团、浙江药品器材企业等

典型案例 1：

案例名称：大气油田抽油机高耗能电机改造项目

技术提供单位：鸡西德元电器有限公司

建设规模：更换油田抽油机电动机 400 台，总功率 13735kW。建设条件：原有抽油机运转电动机效能低下。主要技改内容：将淘汰高耗能落后电动机更换

为自励三相异步电动机，主要设备为自励三相异步电动机。节能技改投资额 1452 万元，建设期 3 个月。年可节约电量 808 万 kWh，折合 2586tce/a，年碳减排量为 5632tCO_2。按平均电价 0.8 元/度计算，年节能经济效益为 646 万元，投资回收期约 1.3 年。

典型案例 2：

案例名称：炼胶工艺高能耗电动机改造项目

技术提供单位：鸡西德元电器有限公司

建设规模：更换设备上拖动电动机 83 台，总功率 1639kW。建设条件：原有拖动用电动机效能低下。主要技改内容：将淘汰高耗能落后电动机更换为自励三相异步电动机，主要设备：自励三相异步电动机。节能技改投资额 96 万元，建设期 2 个月。年节电量约 115 万 kWh，折合 368tce/a,年碳减排量约为 800tCO_2。年节能经济效益 90 万元，投资回收期约 1.1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，自励三相异步电动机预计可推广 34 万台,电机总功率约 1000 万 kW，推广比例将达到 10%。可形成的年节电量将达 60 亿 kWh,折合 192 万 tce，形成的年碳减排量达 418 万 tCO_2。

190 基于微机控制的三相电动机节电器技术

一、技术名称：基于微机控制的三相电动机节电器技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 三相异步电动机驱动的机床领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，在我国普通车床、经济型数控机床、铣床和立式钻床等机床均使用三相异步电动机作为动力，生产量大，应用广泛，据统计这四类机床的社会存量约710万台，年耗电约213亿kWh。通常这些机床的单台电机功率较小，大多采用间歇式作业方式，且机床在设计电动机容量时，常以最大可能负载作为设计依据。而在实际生产中，机床多数时段处于轻载状态，轻载时段电机扔满负荷出力而负载较小，形成“大马拉小车”现象。该技术通过星三角转换实现的电机节能，可使电机使用效率提高20%以上，节能效果良好。

四、技术内容

1．技术原理

该技术采用“星三”转换方式，使机床电机在启动阶段进行星形连接，运转阶段转入实时监控、自动调整状态。当实时负载大于电机额定功率一半以上时，电机转入“三角形”接法；小于额定功率三分之一时转入星形接法，从而实现负载和实际运行功率的良好匹配，减少电机运行过程中的能耗。

2．关键技术

（1）瞬态有功功率测量模块。该模块可精确测量电动机瞬态负载有功功率，并精确控制电动机运转阶段星形连接和三角形连接的自动切换和稳定运行；

（2）电动机启动识别模块。该模块可自动检测电动机启动完成时间点，并对随时发生的负载变化工况做出快速反应，使机床电机只在有效切削时运转，在非切削辅助工况时停转，从而节约部分电能；

（3）刹车电流、时间和转速三重自动反馈模块。该模块具有三重功能，一是稳定刹车力矩；二是自动识别刹车结束时间；三是实时监控主轴转速，向软件模块提供自动控制的转速数据。

3．工艺流程

该技术控制系统工作原理图见图 1。

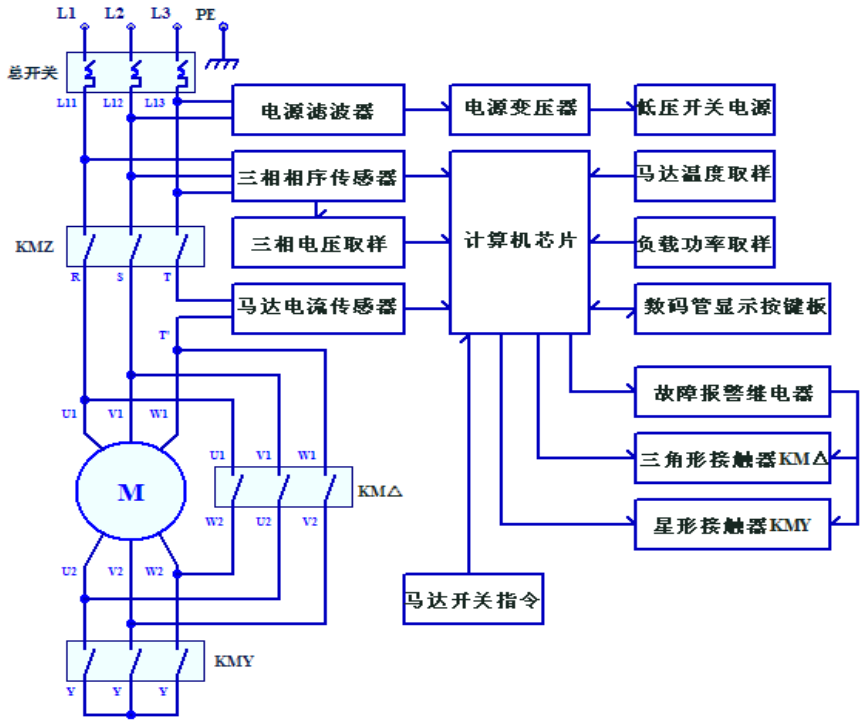


图 1 基于微机控制的三相电动机控制系统工作原理图

五、主要技术指标

1．电源范围：380V +10% -15%（320-420V）；

2．电机范围：4.0kW-315kW 三相异步电动机；

3. 节省有功电能：应用于普通车床>40%，应用于经济型数控机床＞20%；

4. 节省无功电能：＞60%；

5. 取样电动机信号精度：0.1% 。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得 2 项国家发明专利，6 项实用新型专利，2 项软件著作权。目前已在北京、陕西、浙江、江苏等地多个项目中推广应用。

七、典型应用案例

典型用户：宝鸡机床集团有限公司、陕西咸阳市周陵机械修造厂、陕西

蔡家坡机械制造厂、陕西汉中机械修造厂、甘肃天水机械制造厂、杭州爱科机械公司、江苏真州建筑公司、北京古达仪表有限公司等。

典型案例 1

案例名称：宝鸡机床集团有限公司新机床节电器配套项目

技术提供单位：北京优尔特科技股份有限公司

建设规模：年产经济型数控机床和普通车床 5600 台，电动机装机容量合计 4.2 万 kW。主要技改内容：原三相电动机中增加节电器等。主要设备：多功能节电器。节能技改投资 862 万元，建设期为 12 个月。项目改造完成后，年节电 1061 万 kWh，折合 3396tce，年碳减排 7395 tCO_2。年节约电费 1061 万元，项目投资回收期约为 10 个月。

典型案例 2

案例名称：咸阳市周陵机械修造厂旧机床节能改造项目

技术提供单位：北京优尔特科技股份有限公司

建设规模：32 台 X6132A 铣床配套多功能节电器、15 台 Z535 立式钻床配套单功能节电器、101 台 C6140 普通车床配套多功能节电器，电动机装机容量合计 1016kW。主要技改内容：原铣床、钻床和车床的三相电动机中增加节电器等。主要设备：单功能节电器和多功能节电器。节能技改投资 30 万元，建设期 12 个月。项目改造完成后每年可节电 26 万 kWh，折合 83tce，年碳减排 195tCO_2。年节电费 26 万元，投资回收期约 1.2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术将在普通车床领域推广到 5%（约 12.5 万台），在经济型数控机床领域推广到 4%（约 6.4 万台），合计推广该技术产品 18.9 万台，总投资约 3 亿元。可形成年节电量 3.17 亿 kWh，折合 10 万 tce，年碳减排能力 22 万 tCO_2。

191 基于电磁平衡调节的用户侧电压质量优化技术

一、技术名称：基于电磁平衡调节的用户侧电压质量优化技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 冶金、化工、煤炭等行业中典型的三相异步电机负载

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

风机、水泵、压缩机等三相异步电机负载是广泛应用于工业领域的重要基础设备，也是工业耗能较高的设备。目前，在我国工业领域实际应用过程中，该类设备普遍存在“大马拉小车”的现象，造成极大的能源浪费。据统计，目前由此造成的电能浪费约占其用能总量的5%-10%，具有较大的节能空间。

四、技术内容

1.技术原理

电机工作时的综合能量损耗包括恒定损耗、负载损耗和杂散损耗。该技术通过采集用电设备端的电压、电流及功率因数等电气参数，并根据用电设备的自身特性进行参数计算和分析，确定用电设备的最佳工作点，即综合耗损最低时的工作点。当用电设备的实际能耗大于最佳工作点的能耗时，装置的主控制单元会立即通过无扰动切换模块启动电磁式自耦调压器，调整用电设备的输入电压等电气参数。通过多级调整从而使用电设备的实际工作状态达到或接近最佳工作点，优化用电侧用电质量，降低用电设备综合损耗，最终达到节电效果。

2.关键技术

（1） 最佳工作点追踪技术

根据电机等负载的输出、电机自身阻抗特性及供电情况进行电机的最佳工作状态追踪和调整，调整电机的供电情况，使电机在能效转化最高、自身损耗最低的最佳供电状态下工作。

（2）无扰动切换技术

无扰动切换技术由一次电路和控制电路两部分组成。一次电路由调压变压器、补偿变压器和可控硅组成，控制电路部分主要以主控制器和触发板组成的控

制电路组成。一次电路中，调压变压器的一次绕组接成 Y 型，连接在稳压器的输出端，二次绕组连接在补偿器的一次绕组，补偿器的二次绕组连接在主回路中，通过控制可控硅的导通与关断来改变调压器的匝数，从而改变补偿电压的大小与极性，进而控制输出电压的大小。该项技术可解决电压参数调整过程中保持电压的连续性问题，在切换过程中不产生谐波和尖峰、快速投档、不会产生断电和失压情况。

3.工艺流程

将电磁式电能质量优化装置串联在电源和用电设备之间，装置中的数据采集模块（DCM）对设备的输出电压参数等进行采样，采样的数据进入中央计算模块（CPM），根据中央计算模块（CPM）对供电电压、电机工作电流、系统功率因数等电源、负载及负载率的情况进行最优化程序计算，得出此状态下电机工作的最佳工作点。中央计算单元（CPM）将结果通过无扰动切换模块（NTCM）对设备供电参数进行调整，使电机工作状态靠近最佳工作点，提高电机工作效率，降低电机的能耗。该装置的控制电路逻辑图见图1。

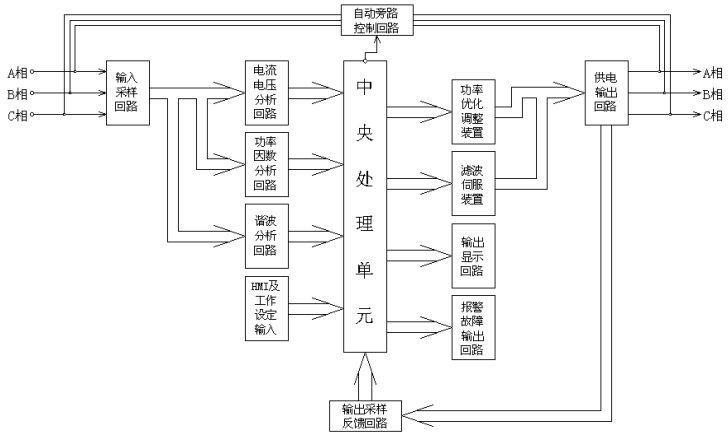


图 1 控制电路逻辑图

电磁式电能质量优化装置结构图见图2和图3。

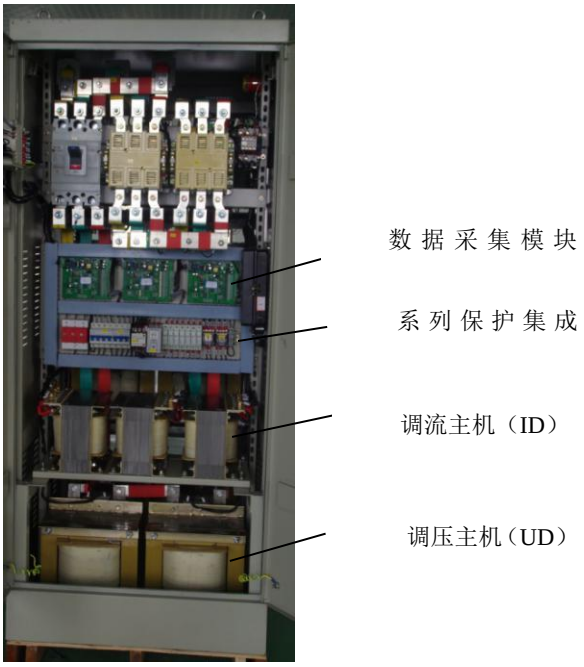


图 2 内部装置结构图(正面)

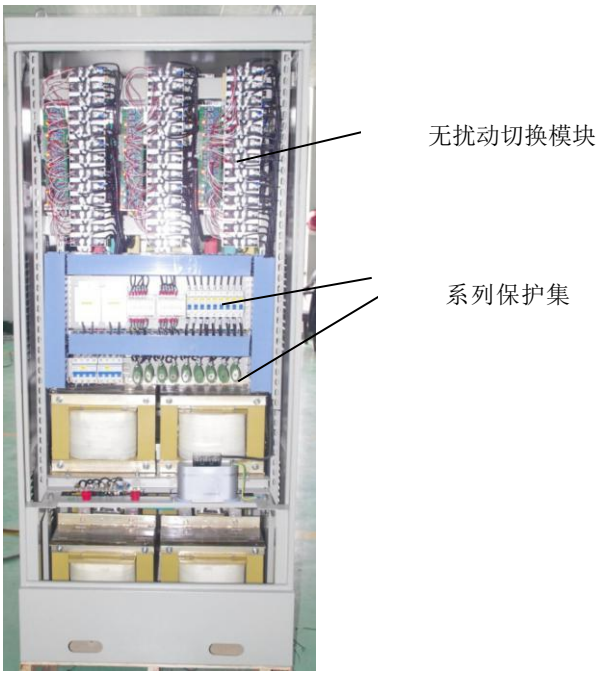


图 3 内部装置结构图(背面)

五、主要技术指标

1．对于 0.4kV 三相异步电机，节电率：8%-15%；

2．对于 6 kV 三相异步电机，节电率：6%-9%；

3. 照明负载场合，节电率：15%-25%；

4．切换时间：10-20ms；

5. 切换过程实现无扰动、不失压。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2013 年通过了苏州电器科学研究所做的产品型式试验，并获得 2 项国家发明专利、6 项实用新型专利和 3 项相关软件著作权登记证书。目前，该技术产品已陆续应用于冶金、化工、煤炭等多个行业中的三相异步电机负载，应用案例超过 20 个，应用数量在 36 台套以上。

七、典型应用案例

典型用户：恒源煤电集团、贵州永贵集团高山矿、芜湖融汇化工集团、铜陵有色集团、马鞍山钢铁集团、江苏中天钢铁、辽宁抚顺矿务局页岩油厂、南钢集团金安矿业等。

典型案例 1

案例名称：铜陵有色金口岭矿井下风机节能改造项目

技术提供单位：安徽集黎电气技术有限公司

建设规模：额定功率 260kW、额定电压 400V 的井下风机。建设条件：要求设备不不产生谐波干扰，具有良好的软起特性和较强的过负荷能力，由于井下湿度较大，同时要求具有一定的防湿防腐能力，对于安装的位置有一定的空间要求。主要技改内容：将高压电机专用型电磁式电能优化装置串联在高压压风机供电前端。主要设备：电磁式电能优化装置、260kW 高压风机。项目技改投资额 20 万元，建设期 2 个月。年节能量 32tce，碳减排量 84tCO_2。年节能经济效益 9 万元，投资回收期为 2.5 年。

典型案例 2

案例名称：恒源煤电百善矿压风机节能改造项目

技术提供单位：安徽集黎电气技术有限公司

建设规模：6kV 供电的 250kW 高压压风机。建设条件：现场粉尘等污染较多，要求设备具有一定的绝缘能力，保证设备能够安全持续运行，具有良好的软起特性和较强的过负荷能力，并且在设备故障时候能够脱离设备运行，安装于电机配电的电缆沟上，有一定的空间要求。主要技改内容：将高压电机专用型电磁式电能优化装置串联在高压压风机供电前端。主要设备：电磁式电能优化装置、250kW 高压风机。项目技改投资额 27 万元，建设期三个月（含运行监测时间）。年节能量 39tce，碳减排 100tCO_2。年节能经济效益 9 万元，投资回收期为 3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，全国各类采矿企业 30000 多家。就煤矿企业而言，规模以上煤炭企业 1200 多家，煤矿矿井近 4 万口，需要矿井压风机约 16 万台左右。预计未来 5 年，该技术在全国煤炭行业推广比例可达 5%，技改总投资约为 24 亿元，年节能量可达 60 万 tce，碳减排量约 158 万 tCO_2。

192 绕组式永磁耦合调速器技术

一、技术名称：绕组式永磁耦合调速器技术

二、适用范围：机械行业　电机控制节电领域

三、与该节能技术相关的能耗现状

风机、水泵等电机驱动设备是我国工业领域的常用装备，用电约占工业领域总电耗的75%。我国电机驱动设备运行效率比国外先进水平低10-20%，每年电能浪费极其严重。但由于变频设备价格昂贵、操作复杂和谐波污染等问题，目前很多风机、泵类负载仍采用挡板或阀门的机械节流方式来调节风量或流量，系统调节方式落后。绕组式永磁耦合调速器是一种新型调速技术，与变频调速技术相比，在较小负载率（较大调速范围）工况下综合节电效率可维持在96%以上，节电率比变频调速提高30%左右；在较大负载率（较小调速范围）工况下综合节电性比变频技术提高2%-4%，并且几乎不产生谐波等二次电磁污染。

四、技术内容

1．技术原理

绕组式永磁耦合调速器是一种转差调速装置，由本体和控制器两部分组成。本体上有两个轴，分别装有永磁磁铁和线圈绕组。驱动电机与绕组永磁调速装置连在一起带动其永磁转子旋转产生旋转磁场，绕组切割旋转磁场磁力线产生感应电流，进而产生感应磁场。该感应磁场与旋转磁场相互作用传递转矩，通过控制器控制绕组转子的电流大小来控制其传递转矩的大小以适应转速要求，实现调速功能，同时将转差功率引出再利用，不仅可解决转差损耗带来的温升问题，而且可实电机现高效运行。

2．关键技术

（1）电机的离合与调速技术

绕组接通，则形成电流回路，绕组中电流产生电磁场与原永磁场相互作用传递扭矩（离合器合）；绕组断开，绕组中无电流不传递扭矩（离合器离），此离合器无机械动作、无摩擦磨损。通过控制绕组中感应电流大小，即可控制传递扭矩大小，即可实现软起功能，又能达到调速目的。

（2）转差功率回馈技术

通过将绕组中产生的转差功率引入反馈回供电端，即可实现电能的回收，又能保证绕组温升始终处于电机正常工作的温升。对短时间软起调速或小功率的传动，可将引出的转差功率消耗在控制柜内的电阻上。

3．工艺流程

（1）设备原理图

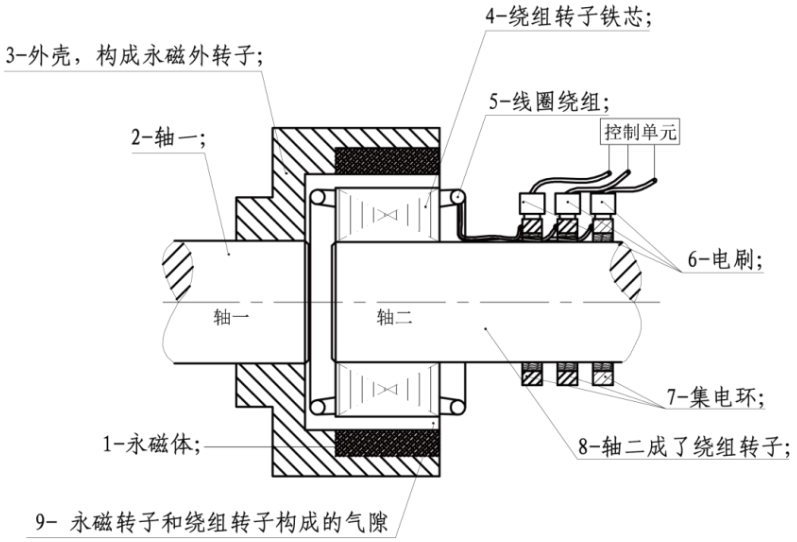


图1 绕组式永磁耦合调速器工作原理图

（2）结构（简）图

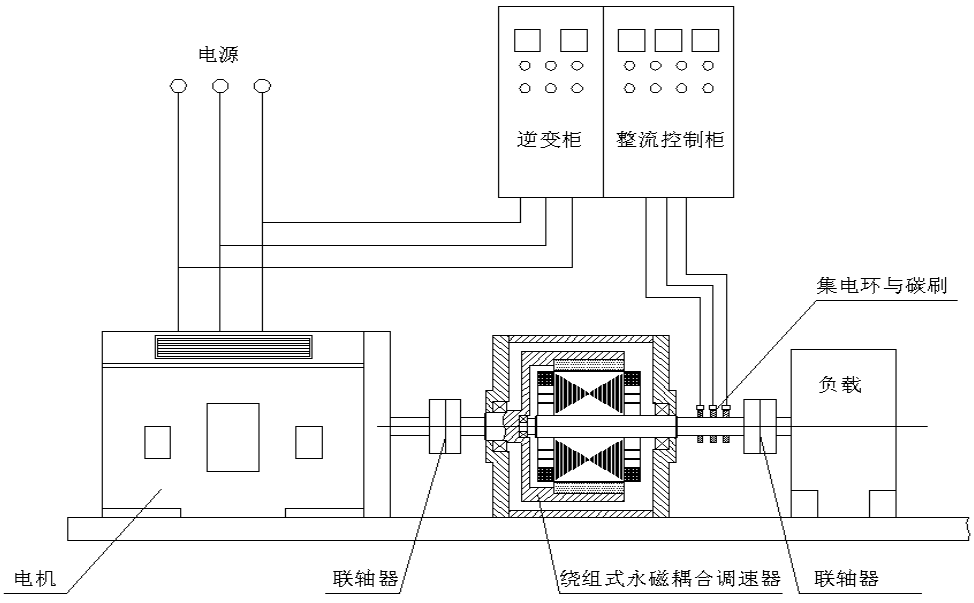


图2 绕组式永磁耦合调速器结构（简）图

五、主要技术指标

1．功率范围：1.5kW-5000kW；

2．配套电机极数：2、4、6、8、10、12 等；

3．调速范围：0-99%；

4．振动：≤2.8mm/s；

5．效率：98%-96%；

6．各类节能方式比较：在低转速（流量）工况时，绕组永磁节电效果与其它方式比较节电优势尤为明显。例如：在转速 50%时，绕组永磁比变频设备节电高 20%-30%。

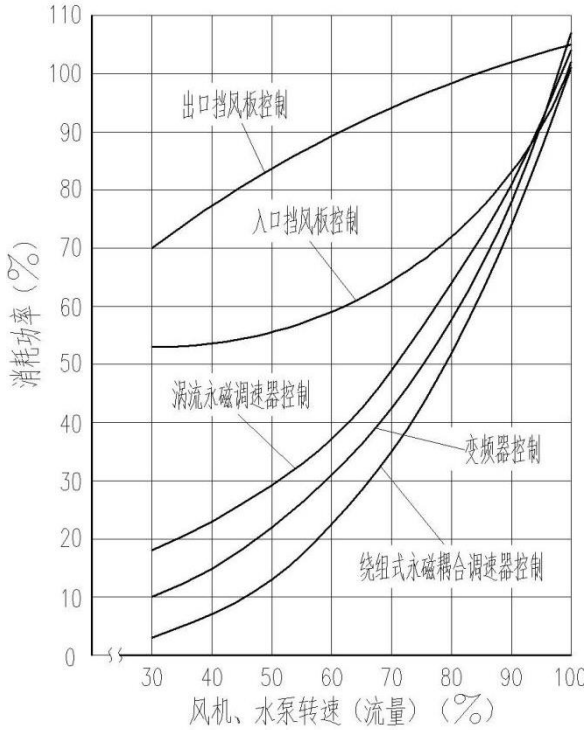


图 3 各类调节方式能耗比较

六、技术应用情况

该技术已获得国家实用新型专利 7 项，2 项 PCT 专利。目前，该技术已在我国大型钢铁、电力、石化、水泥等多个高能耗企业成功应用，节能效果显著。

七、典型用户及投资效益

典型用户：沙钢集团、山西建邦钢铁、秦皇岛鸿兴钢铁、铜陵旋力特钢、杭锦集团萧山电厂、中石化齐鲁石化、镇江索普集团、鸳鸯湖电厂等。

典型案例 1

案例名称：沙钢集团 2500kW 永磁调速器改造项目

技术提供单位：江苏磁谷科技股份有限公司

建设规模：1 套 2500kW 永磁调速器改造。建设条件：电炉炼钢二车间除尘风机。主要技改内容：二次除尘风机改造，新增永磁调速器一台取代现有液力偶合调速器。节能技改投资额 150 万元，建设期 2 个月。每年可节能 1312tce，年节能经济效益为 246 万元，投资回收期约 7 个月。

典型案例 2

案例名称：秦皇岛宏兴钢铁 630kW 永磁调速器改造项目

技术提供单位：江苏磁谷科技股份有限公司

建设规模： 2 套 630kW 永磁调速器。建设条件：四期喷煤主排风机。主要建设内容：四期喷煤主排风机永磁调速器的系统设计、供货、现场指导安装调试。节能建设投资额 68 万元，建设期 2 个月。每年可节能 429tce，年节能经济效益 80 万元，投资回收期约 10 个月。

八、推广前景和节能潜力

绕组式永磁耦合调速器与液力偶合调速器及涡流永磁耦合调速器都属转差类调速器（只调负载转速，电机不调速），转差类调速器都存在转差损耗，转差损耗通常都表现为设备本体温升。绕组式永磁耦合调速器可将此转差损耗转化为电能进行再利用，不仅可彻底解决设备温升问题，而且更加节电，因此在调速设备领域将具有较大的推广潜力。预计到 2020 年，该技术的推广比例将能达到 3%-5%，累计投资达 9 亿元，可形成的年节能能力 108 万 tce，年碳减排潜力 254 万 tCO_2。

193 基于低真空相变原理的高污染工业废水余热回收技术

一、技术名称：基于低真空相变原理的高污染工业废水余热回收技术

二、技术所属领域及适用范围： 机械行业 工业废水低品位余热回收

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状：

我国工业废水排放量约 250 亿 t，其中温度在 50℃-90℃之间的低品位热水可满足超过 20 亿㎡的建筑采暖需求。但由于生产工艺需求，这些废水中往往都含有浓度较高的酸碱类物质，一般都属于酸性或碱性饱和离子水，易析晶、结垢并具有较强的腐蚀性。利用传统的接触式换热器进行余热回收时，溶解于水中的各类盐碱类物质由于温度的降低，会发生严重的析晶、结垢现象，产生大量污染物附着于换热壁表面，造成换热壁面迅速污染甚至堵塞。因此，高污染工业废水余热目前尚未得到有效且广泛的开发利用。基于低真空相变原理的高污染工业废水余热回收技术从根本上解决了传统换热器在回收高污染工业废水的结垢与腐蚀问题，为高污染工业废水余热利用提供了一套极具性价比解决方案，具有较大的推广价值。

四、技术内容

1．技术原理

利用水的沸点会随着环境压力的降低而降低的特性，制造多级负压环境，使 50℃以上的工业废水发生闪蒸，产生负压蒸汽携带汽化潜热输送至冷凝器内，向低温介质（如供暖水）进行冷凝放热，从而实现高污染工业废水余热的清洁、高效、低成本回收。当环境压力降低到 13kPa 左右时，50℃以上的工业废水会达到沸点发生闪蒸，而在该工况下，溶解于水中的各类污染物并不会蒸发汽化，因此闪蒸出的负压蒸汽是清洁的水蒸气，不会对换热设备造成污染和腐蚀。

2．关键技术

基于真空相变原理的高污染工业废水余热回收技术是将高污染工业废水余热的提取与释放在蒸发器和冷凝器内分别进行，目的是避免废水与换热壁面的直接接触，从而规避其对换热壁面造成污染与腐蚀。其关键技术如下：

（1）低真空相变换热技术；

（2）改性环氧树脂为基材的 MH-700 重防腐涂料蒸发器内壁防腐技术；

（3）隔水板流量控制技术；

（4）低密度、大流量负压蒸汽冷凝器工艺设计技术；

（5）废水侧连续多级独立闪蒸提热，低温介质侧逆向串联逐级冷凝放热，大温降、小传热温差高效换热技术。

3．工艺流程

该技术是一种真空相变法高污染工业废水余热提取技术，工艺设备主要由蒸发器、冷凝器和真空泵构成，具体换热原理详见图 1，设备机构图详见图 2。

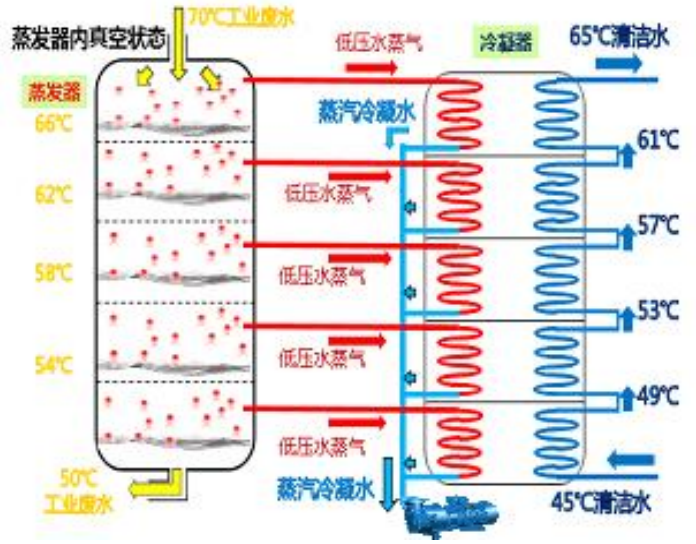


图 1　设备原理图

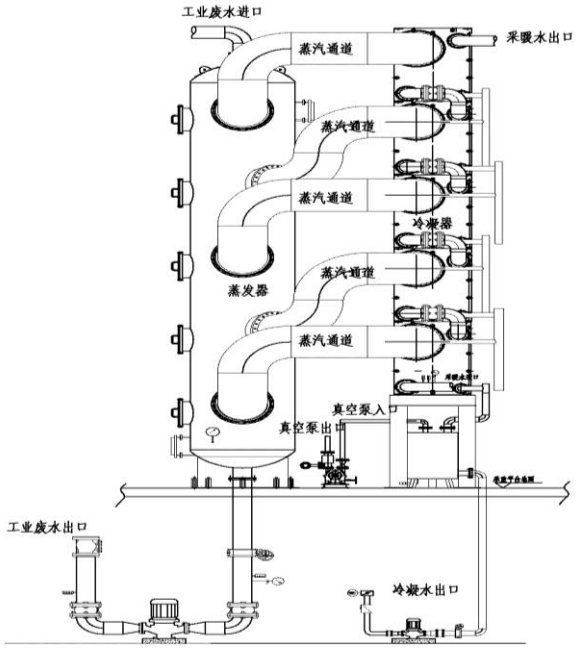


图 2 设备结构图

五、主要技术指标

1．额定热量：5000kW；

2．机组输入功率：17.2kW；

3．冷凝器传热系数≥1800W/(㎡•℃)；

4．冷凝器渣水侧/系统水侧压力降：47.4KPa/60KPa。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家发明专利 4 项和实用新型专利 1 项；于 2014 年 7 月通过黑龙江省工信委组织的新产品鉴定，2015 年通过哈尔滨市科学技术局组织的科技成果鉴定。目前，该技术已在河北邱县龙港化工厂、邯郸钢厂、灵寿正元化肥厂、唐山钢厂等多个余热回收项目中成功应用，实现产品销售 60 余台，累计已完成城镇集中供热面积近 1000 万 m^2，取得用户一致认可及好评。

七、典型应用案例

典型用户：邯郸市热力公司、邢台市金昊热力公司、河钢集团唐山钢铁公司、灵寿正元化肥有限公司、山西美锦钢铁有限公司、潍坊特钢、丰喜化工集团等。

典型案例 1

项目名称：灵寿县正元化肥利用工业余热集中供热项目

技术提供单位：哈尔滨工大金涛科技股份有限公司

建设规模：配备本项目技术产品 10 台，配套以循环水泵、水箱、定压补水等设备，构成一个完全以化肥厂半水煤气洗汽水余热为主热源、供热能力 50MW 热源站一座；建设条件：河北省灵寿县正元化工厂半水煤气洗汽水温度约 70℃左右，流量约 2000m^3/h，可制取采暖水出水温度 65℃，通过供热管网向城区供热，替代城区原有区域燃煤锅炉 87 座；节能技改投资额 3500 万元，建设期 6 个月。该项目年节能量 13948tce，年节能经济效益为 756 万元，投资回收期 4.6 年。

典型案例 2

项目名称：邯郸钢厂余热利用项目

技术提供单位：哈尔滨工大金涛科技股份有限公司

建设规模：配备本项目技术产品 10 台，配套以循环水泵、水箱、定压补水

等设备，构成一个完全以高炉冲渣水余热为主热源、供热能力 50MW 热源站一座；建设条件：利用邯钢集团 4、5 # 高炉冲渣水温度约为 70℃，流量约 2000m³/h，可制取 65℃采暖水送入邯郸市热力公司原有供热管网，替代原有 75 吨燃煤锅炉房一座，为邯郸市铁西区约 100 万㎡居民建筑供暖。节能技改投资额 3800 万元，建设期 5 个月。该项目年节能量 6269tce；年节能经济效益为 688 万元，投资回收期 5.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前我国正在大力推动余热暖民工程，该技术产品完全符合国家产业政策，市场前景广阔。仅对冶金、化工两个行业高污染工业废水资源量初步统计，产品市场总容量保守计算约 2700 台。预计到 2020 年，该技术的推广比例将达到 20%，累计投资约 20 亿元，可形成的年节能能力约为 48 万 tce，年碳减排能力约 127 万 tCO_2。

194 节能高效挖掘机势能回收技术

一、技术名称：节能高效挖掘机势能回收技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 挖掘机、装载机等机械设备

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

挖掘机是采掘、建筑等行业的重要用能设备，也是重要的一类重型装备，在我国工程建设领域发挥着重要的作用。据统计，我国挖掘机 10 年保有量约 150 万台，以单台油耗 14L/h-17L/h（1m^3 斗容）计算，每年耗油量就到达上千万吨。传统普通挖掘机设计臂重占机身总重的 25%，在挖掘时不仅需将物料或土方进行抬举，也同时需对大臂进行上下摆动，致使挖掘机能量利用率不足 20%。该技术可将挖掘机大臂下降时产生的势能回收，在挖掘机大臂升时将势能释放，可大幅降低挖掘机的无用功，进而减少发动机耗油，并提高整机的工作效率。目前，该技术已在黑龙江省、山东省等地近 400 台挖掘机上得到应用，取得了良好的经济和社会效益。

四、技术内容

1．技术原理

采用惰性气体储能系统，将工作装置（大臂）的势能回收/释放以降低挖掘机的无用功。工作装置（大臂）下降时，产生的势能推动蓄能油缸，将蓄能油缸大腔里面的液压油通过管道强行推到蓄能器内，储能器内惰性气体被压缩并储存势能；工作装置上升时，控制油缸和储能油缸同时出力推动工作装置实现挖掘操作。该储能装置与动力油缸均为独运行，具有结构简单、维护方便等特点，在设计上可以减少发动机动力，在操作上可提高挖掘机挖掘速度，并可大幅降低挖掘机挖掘油耗，在实际应用案例中节油率最高可达 50%。

2．关键技术

（1）储能系统工艺设计技术：储能系统主要包括蓄能罐、蓄能油缸及控制阀。

（2）液压阀及主泵配比优化技术：通过该优化技术可提高挖掘机工作装置工作速度和提高挖掘出力，进而提高挖掘机整体的工作效率。

（3）核心储能罐的设计技术：该蓄能罐内的气体为无毒无害的惰性气体，受环境温度的影响的变化小；罐体设计允许最大额定压力为 65MPa，工作压力为 25MPa。

3．工艺流程

挖掘机工作装置（3）下降时，通过蓄能油缸（1）将压入有压气体蓄能罐（2），蓄能罐内气体受蓄能油缸回油压缩并进行储能。在挖掘机工作装置需要上升时，在液压阀组（4）的指挥下蓄能罐压缩气体释放能量，与辅助控制油缸（5）一同完成指定动作。

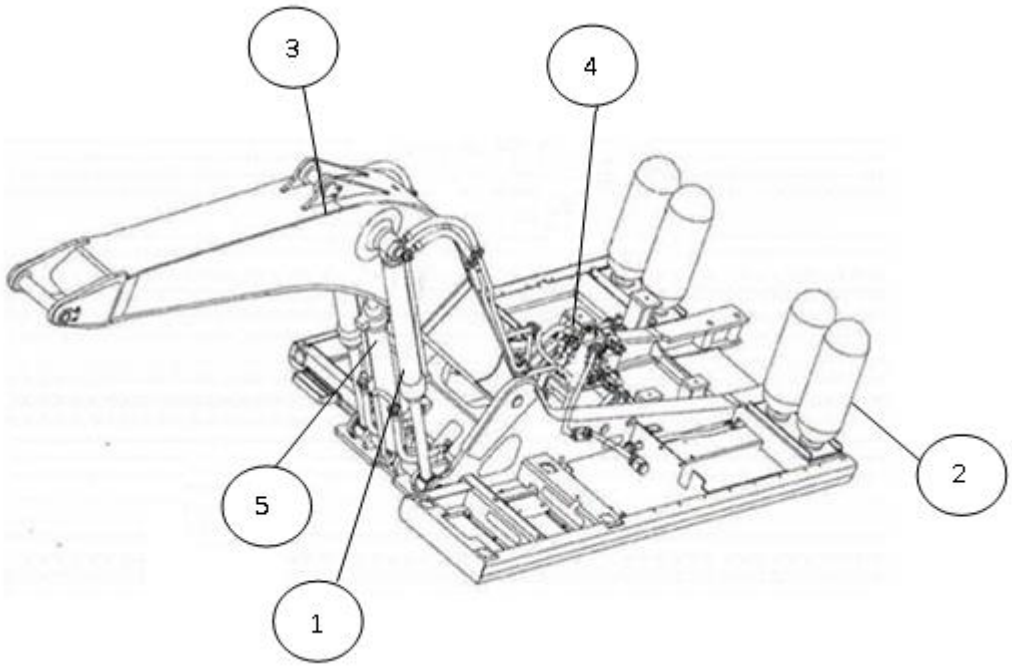


图 1 挖掘机势能回收主要装置

五、主要技术指标

1．单位挖掘量油耗降低：30%-50%；

2．与装机功率的相同挖掘机相比出力提高：50%-100%；

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家发明专利 1 项，并已获得欧盟各国、俄罗斯、韩国、日本等多国的 PCT 专利;于 2014 年 7 月通过山东省工程机械产品质量检测中心检验，2014 年 7 月通过山东省机械工业协会高效节能环保挖掘机的新产品鉴定，2016 年 11 月通过机械工业工程机械及液压件产品质量监督检测中心（天津）检验。目前，势能回收技术挖掘机已实现批量化生产，年产能达 2000 台，并已在江苏

矿业集团沂南分公司、浙江金鑫矿业、山西鑫源煤矿、内蒙集新沟矿业、新疆鑫铭原有限公司等工地使用 300 多台，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：

江苏矿业集团沂南分公司、浙江金鑫矿业、山西鑫源煤矿、内蒙集新沟矿业、新疆鑫铭原有限公司等

典型案例 1

项目名称：江苏矿业集团沂南分公司挖掘机采购项目

技术提供单位：哈尔滨双来蓄能工程机械有限公司

建设规模：年产 5000 万 t 的水泥石料场。建设条件：原矿山取料装运挖掘机超过使用年限需要更换。主要技改内容：以蓄能节能高效挖掘机取代传统同等功率挖掘机。主要设备：3 台挖掘机。节能技改投资额 1000 万元，建设期 3 个月。年节油折合标准煤约 195t，年节能经济效益为 270 万元（含油费和台班费），投资回收期约 4 年。

典型案例 2

项目名称：新疆鑫铭原有限公司挖掘机采购项目

技术提供单位：哈尔滨双来蓄能工程机械有限公司

建设规模：年产 3000 万吨的煤矿。建设条件：煤原矿山取料装运挖掘机超过使用年限需要更换。主要技改内容：以蓄能节能高效挖掘机取代传统同等功率挖掘机。主要设备：5 台挖掘机。节能技改投资额 1600 万元，建设期 3 个月。利用势能回馈技术的挖掘机，每年可节能 325tce，年节能经济效益为 450 万元，投资回收期约 4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

据统计，我国每年新增挖掘机约 7 万台，以应用该技术的挖掘机占新增挖掘机数量的 5%（3500 台）来计算，预计到 2020 年，项目投资总额将达到 450 亿元，可实现每年节油 60 万 t，折合标准煤约每年 85 万 tce, 年碳减排量约 185 万 tCO_2。

195 锅炉防腐阻垢及相平衡热回收节能技术

一、技术名称：锅炉防腐阻垢及相平衡热回收节能技术

二、适用范围：机械行业 中低压蒸汽锅炉及其附属水汽系统

三、与该节能技术相关生产环节的能耗现状

锅炉是工业和建筑领域重点的耗能设备之一。据统计，我国仅中低压锅炉就近30万台。目前，锅炉运行工艺普遍采用“软化（除盐）－除氧－ 排污”模式，但该模式在各工艺环节能源和水资源损耗巨大。例如，软化（除盐）工艺浪费的水约占锅炉给水的20%左右；除氧工艺蒸汽排空损失可观；锅炉排污能源浪费较大；凝水回收率普遍偏低等。锅炉防腐阻垢及相平衡热回收技术是一种新型中低压锅炉循环水处理技术，该技术的应用可以减少传统的软化（除盐）、除氧和排污环节，并可以保证锅炉各项运行指标满足规范要求，大幅降低运营过程中的能耗与水耗。

四、技术内容

1．技术原理

依据腐蚀与防腐蚀化学原理研发的氧化性水工况及其防腐阻垢技术，采用专利药剂在锅炉水汽系统表面形成保护膜，保证锅炉无需除氧也不腐蚀，降低除氧器能耗；杜绝凝结水对回收系统的腐蚀，保证凝结水品质，并回收高温凝结水及其显热；利用系统平衡装置，回收锅炉排污热、排污水；并利用物联网技术对蒸汽系统及回水系统管网节点进行控制及优化，降低管网输送过程中的热损耗。与传统锅炉运行工艺相比，可显著提高锅炉的实际运行效率，降低锅炉能耗及水耗。

2．关键技术

（1）系统平衡技术

利用研发的系统平衡装置，将部分锅炉水进行处理，排掉杂质，部分水和热量回收利用。

（2）氧化性水工况及其防腐阻垢技术

在锅炉表面形成保护膜，保护锅炉不腐蚀，即使除氧不合格或不除氧，也一样保证锅炉运行安全，降低除氧工艺能耗；同时，基于药剂优良的阻垢分散作用，

可以保证锅炉不结垢，优异的分散性能可以降低蒸汽硅含量，保护汽轮机不结垢。

（3）超分子缓蚀剂法防腐蚀技术

在蒸汽系统投加超分子缓蚀剂，该药剂具有汽液两相性质，并会寻找金属表面吸附。另外，该药剂也会进入蒸汽及冷凝水，在整个水汽系统形成保护氛围，保证设备管道不腐蚀，保证凝结水品质。

（4）物联网技术

锅炉水汽系统往往比较庞大，管网错综复杂，该技术可以对整个蒸汽管网进行模拟优化，实现蒸汽输送过程及末端使用的节能。

3．工艺流程

与传统锅炉运行工艺对比图详见图 1。

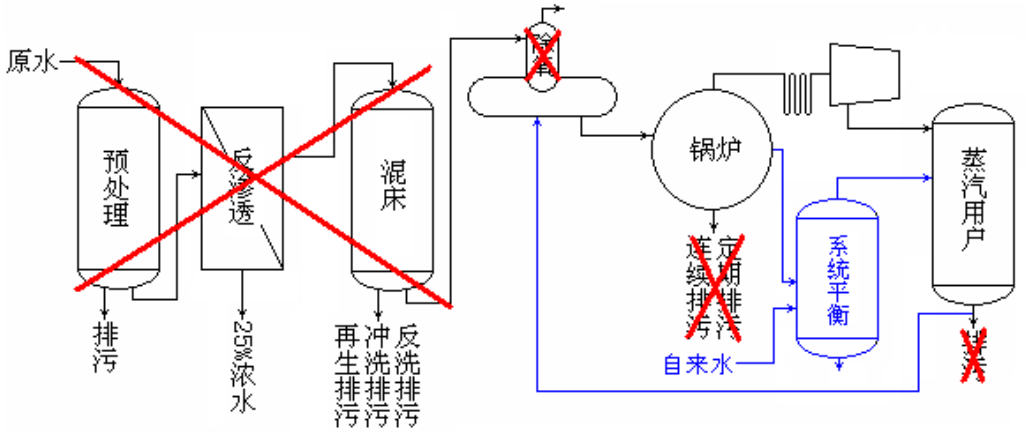


图 1 锅炉节能节水及废水近零排放技术

五、主要技术指标

1．锅炉排污率≤1%；

2．吨蒸汽废水量≤0.01m^3；

3．节能 5%~10%，根据原系统能耗高低，节能量有所不同；

4. 锅炉钢腐蚀率≤0.02mm/a；

5. 阻垢率≥99.9%；

6．凝结水回收率>90% ，蒸汽参与生产反应消耗的不计算在内。

六、技术应用情况

该技术获得 10 项国家发明专利，并于 2007 年获得国家技术发明奖二等奖，2009 年列入国家 863 计划，2013 年试行国家标准 GB/T29052-2012。目前，该技术已在化工、烟草、供热、煤化工等行业建成一批示范工程，并得到用户的肯定。

七、典型用户及投资效益

典型用户：石家庄双联化工集团、河北廊坊耀邦热力、北京正东电子动力集团有限公司、河南新郑卷烟厂、阳煤平原化工有限公司等

典型案例 1

项目名称：阳煤平原化工有限公司锅炉系统改造项目

技术提供单位：北京国华金源科技有限公司

建设规模：3 台 35t/h、3.82MPa 中温中压锅炉改造。主要技改内容：尿素车间凝结水用该技术直接回收，去掉水制水系统、除氧系统、连续排污、定期排污，增加系统平衡装置，回收排污热排污水，锅炉在接近零排污工况下运行。节能技改投资额 328 万元，建设期 4 个月。每年可节能 5000tce，年节能经济效益为 500 万元，投资回收期约 6 个月。

典型案例 2

项目名称：北京正东电子动力集团锅炉系统改造项目

技术提供单位：北京国华金源科技有限公司

建设规模：2 台 75t/h 锅炉及其附属水汽系统。主要技改内容：对凝结水系统进行源头保护，各换热站实现自动监控回收，去掉制水系统、除氧系统，增加云节能智能控制中心，锅炉在接近零排污工况下运行。节能技改投资额 1000 万元，建设期 6 个月。每年可节能 2000tce，年节能经济效益 482 万元，投资回收期约 2 年。

八、推广前景和节能潜力

预计未来 5 年，该技术的推广比例将达到 5%，项目投资约 35 亿元。可形成的年节能能力约 69 万 tce，年碳减排能力 182 万 tCO_2。

196 开关磁阻电机调速系统节能技术

一、技术名称：开关磁阻电机调速系统节能技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 电力拖动电机领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

据统计，我国工业年用电量超过 2.5 万亿 kWh，其中 75%用于电机设备。近年来，我国大力推广变频节电类技术，并取得了丰硕的成果。但当电机长期处于低速或低负载运行且需要频繁正反转等工况下，传统变频系统节能效果并不理想，同时在小功率电机设备上采用变频技术也不具备经济性。该技术可有效地解决低速运行、频繁正反转等调速问题，并兼具直流、交流两类调速系统的优点，具有低起动电流、高启动转矩、功率因数高、可频繁正反转、无级调速、系统效率高等特点。该技术的推广应用将为我国家电、电动汽车和工业领域提供更多节能解决方案，具有较大的节能潜力。

四、技术内容

1．技术原理

该技术是集现代微电子技术、数字技术、红外光电技术为一体的光、机、电一体化技术，主要由开关磁阻电机本体和智能控制系统两部分组成。其中，电机本体根据磁阻最小原理，线圈电流通断和磁通状态直接受开关控制；智能控制系统为闭环控制系统，由微控制器、数字逻辑电路及接口电路等构成，通过对电机转速和电流等数据的实时监测，判断负载变化状态，并根据负载变化情况，实时调节输出功率。特别是当负载功率小于电机额定功率时，通过降低输出电压，从而降低电机的输出功率，以匹配负载的变化，保证电机高效运行，实现电机节能。

2．关键技术

（1）控制系统采用双MCU（核心处理器）处理技术。其中，一个核心处理器用于电机位置信息的逻辑处理，另一核心处理器用于外部电流、电压等模拟量的运算处理。采用双MCU可以并行处理大量需要实时、快速处理的数据，实现电机50～15000转高速运行，并提高电机在不同运行状态下的稳定性；

（2）高可靠性磁位置传感技术。该技术着重解决光电传感中粉尘影响的问题，以提高位置采集精度，保障电机在恶劣的环境中稳定工作并，延长电机的使

用寿命；

（3）自适应调节技术。可在系统内部储存不同工况下的经验数据（例如用于抽油机），电机工作时调速系统根据经验数据，可自动调节电机的转速；

（4）滤波技术。在设备内部植入EMC滤波器，减少系统对电网的干扰，提高设备本身运行的可靠性。

3．工艺流程

开关磁阻电机调速系统原理及电机本体和控制系统详见图 1～3。

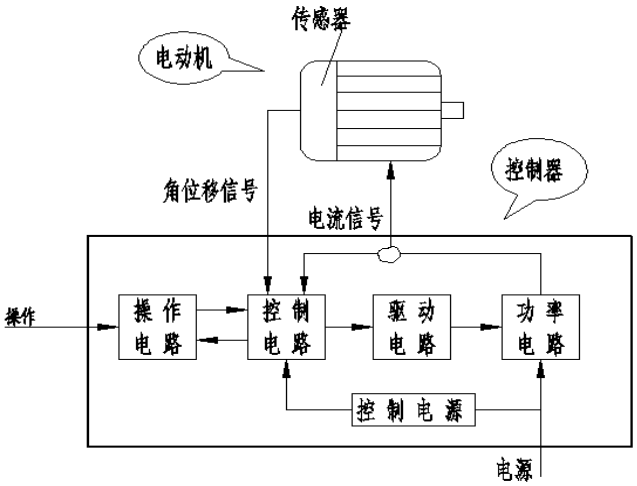


图 1 开关磁阻电机调速系统原理图

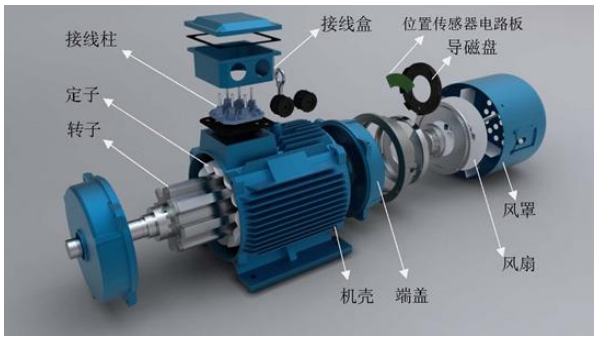


图 2　开关磁阻电机

图 3　开关磁阻电机控制器

五、主要技术指标

1. 在 0～100%调速范围内：平均效率≥85%；
2. 起动扭矩达到额定扭矩 100%时，起动电流为额定电流的 15%；
   起动扭矩达到额定扭矩 150%时，起动电流为额定电流的 30%；
3. 电机使用寿命：≥15 年；
4. 调速范围内功率因数：≥0.98。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得 4 项国家发明专利、15 项实用新型专利和 3 项外观专利。目前，该技术已经在油田抽油机、龙门刨床、电动汽车、水泵风机、皮带输送机、剑杆纺织机等设备上得到应用，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：胜利油田、大庆油田、中原油田、河南油田、青年汽车集团、山钢集团莱芜分公司、山钢集团济南分公司等。

典型案例 1

案例名称： 胜利油田临盘采油厂抽油机节能改造项目

技术提供单位： 淄博京科电气有限公司/淄博京科电气研究所

建设规模：200 口抽油机井电机节能改造。建设条件：原抽油机使用电机为 Y2 三相异步电机，电机能效过低需要改造（单机功率为 22kW 和 37kW）。主要技改内容：用同功率开关磁阻电机调速系统替换掉原来的高能耗电机。主要设备：开关磁阻电机和控制器。项目节能技改投资额 660 万元，建设期 3 个月，年节能量 1752tce，碳减排 4109t CO_2，年节能经济效益 383 万元，投资回收期约 1.7 年。

典型案例 2

案例名称：胜利油田东辛采油厂电机节能改造

技术提供单位：淄博京科电气有限公司/淄博京科电气研究所

建设规模：120 口抽油机井电机节能改造。建设条件：抽油机使用高能耗的 Y2 三相异步电机，电机能效过低需要改造（单机功率为 22kW）。主要技改内容：用 22kW 开关磁阻电机调速系统替换掉原有电机。主要设备：开关磁阻电机和控制器。项目节能技改投资额 400 万元，建设期 3 个月，年节能量 1059tce，碳减排量 2483 tCO_2，年节能经济效益 231 万元，投资回收期约 1.7 年。

八、推广前景及节能减排潜力

开关磁阻电机调速系统可广泛应用于电力设备拖动，尤其是设备频繁启停、频繁正反转、负载变化较大、长期低速运行的工况，应用市场空间广阔。预计未来 5 年，该技术推广比例达到 10%（仅计算油田领域），项目总投资 5 亿元，可形成的年节能潜力 13 万 tce，年碳减排潜力 30 万 tCO_2。

197 基于三相采样与快速响应的电机节能技术

一、技术名称：基于三相采样与快速响应的电机节能技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业　冶金、煤炭等行业低压三相交流异步电机

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

据统计，我国工业用电约占全社会用电总量的 71%，其中低压三相交流异步电机年耗电量约为 1.98 万亿 kWh。目前，变频技术在我国得到普遍推广，但在大电流冲击负载和恒定中高负载工况下（如矿山破碎机、油田抽油机、无调速需求的中高负载水泵和风机等），变频技术无法发挥其调频节能效果，节能需求空间巨大。该技术通过降压节能原理可有效降低大电流冲击负载和恒定中高负载工况下电机的能耗，在一定程度上弥补了电机节能领域的空白，对推动我国电机节能具有重要的促进作用。目前,该技术相关产品已在河北津西钢铁集团、唐山德龙钢铁集团等大中型工业企业开展推广应用，节能效果显著。

四、技术内容

1．技术原理

基于电机降压节能原理，通过闭环反馈系统对电压进行调节，可精确控制电机的电压和电流，使电机在最佳效率状态下工作；采用可调电阻网络三相采样、高频脉冲列触发可控硅和感应电压检测等核心技术，可有效提高功率因数角检测电路的检测精度和响应速度，确保可控硅能够更加稳定、精确、快速的触发，保证电动机启动和运转更加平稳，实现电机能耗降低。

2．关键技术

（1）可调电阻网络三相采样技术。三相电源的每一相提供一个独立的相位检测电路，即每个相线端和前端运放之间、每个电动机输入端和前端运放之间分别设置独立可调节的电阻网络。

（2）高频脉冲列触发可控硅技术。高频脉冲列后沿固定、前沿可调，并设定每个脉冲间隔为 40 微秒，最大宽度等于 180°，确保感性负载可靠地触发。

（3）感应电压检测技术。该关键技术通过检测可控硅关断期间电动机产生的感应电压，能快速检测到电动机负载突然变化的情况，可提高电动机运行过程中负载突然变化时的响应速度。

3．工艺流程

闭环反馈系统工作原理如图 1 所示。控制系统通过采样测量功率因数角，并经误差放大电路放大后与三角波进行比较，以确定各相可控硅导通时序，进而通过脉冲列触发可控硅，从而实现电机端电压的调节。控制系统通过调节输入电机功率值，使其与实际负载相适应，即保证电机处于最佳工作状态。

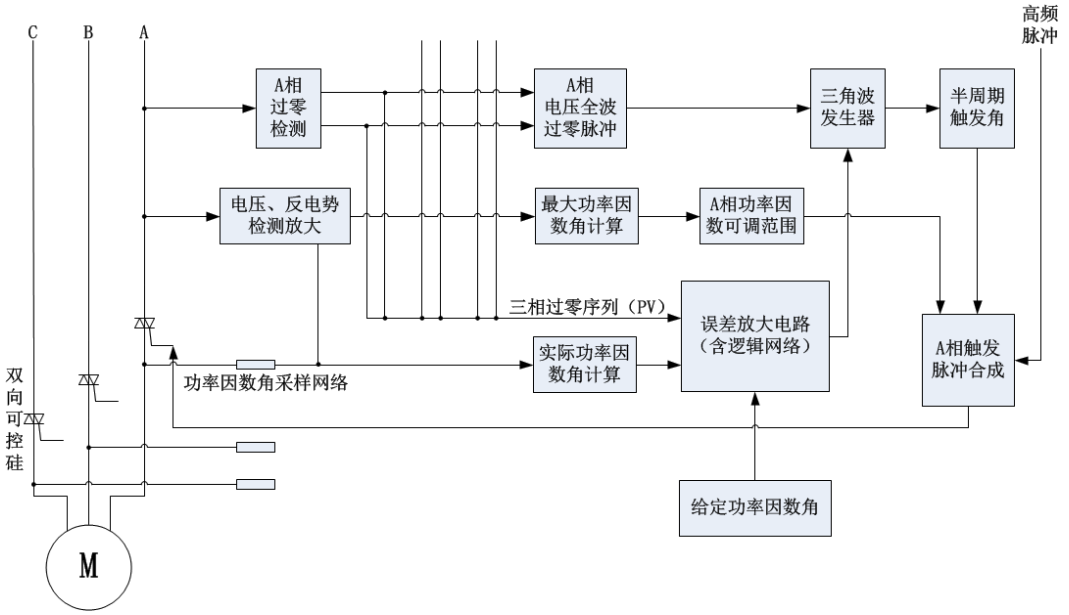


图 1 闭环反馈系统工作原理图

五、主要技术指标

1．冲击负载工况：在电机负载变化较大的机械设备上，有功功率节电率为 20%～40%；

2．渐变负载工况：在电机负载变化不大的机械设备上，有功功率节电率为 15%～30%；

3．恒定中高负载工况：在电机负载较稳定的机械设备上，有功功率节电率为 5%～7%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家发明专利 3 项，实用新型专利 1 项，并于 2016 年取得由国家电控配电设备质量监督检验中心出具的检验测试报告。目前，该技术已经在中国石化胜利油田、河北津西钢铁集团正达钢铁有限公司、唐山德龙钢铁有限公司等大中型企业成果应用，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：中国石化胜利油田、河北津西钢铁集团正达钢铁有限公司、唐山

德龙钢铁有限公司、河北天柱钢铁集团有限公司、承德丰宁顺达矿业集团有限公司建宇铁矿厂、承德兆丰钢铁集团等。

典型案例 1

案例名称：承德丰宁顺达矿业集团有限公司电机节能改造项目

技术提供单位：承德电智尚节能科技有限公司

建设规模：低压三相交流异步电机装机容量为 6500kW。建设条件：多台低压三相交流异步电机能耗偏高（功率 7.5kW 至 315kW），并且软启动需要更换。主要技改内容：用基于三相采样与快速响应的电机节电器替代低压三相交流异步电机配电系统及软启动设备。主要设备：基于三相采样与快速响应的电机节电器，适配容量 6500kW。项目节能技改投资额 325 万元，建设期 1 周。项目可实现年节能量 874tce，碳减排量 2048 tCO_2。年节能经济效益为 164 万元，投资回收期约 2 年。

典型案例 2

案例名称：河北津西钢铁集团正达钢铁有限公司电机节能改造项目

技术提供单位：承德电智尚节能科技有限公司

建设规模：低压三相交流异步电机装机容量为 13000kW。建设条件：多台低压三相交流异步电机能耗偏高（功率 7.5kW 至 315kW），并且软启动需要更换。主要技改内容：用基于三相采样与快速响应的电机节电器替代低压三相交流异步电机配电系统及软启动设备。主要设备：基于三相采样与快速响应的电机节电器，适配容量 13000kW。项目节能技改投资额 720 万元，建设期为 1 周，年节能量 1747 tce，碳减排量 4095 tCO_2。年节能经济效益为 328 万元，投资回收期约 26 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

基于三相采样与快速响应的电机节能技术可广泛应用于冶金、石化、煤炭、制造等涉及低压三相交流异步电机的行业领域，具有较大的推广潜力。预计未来 5 年，该技术在全国低压三相交流异步电机市场推广比例可达 5%，技改总投资约为 30 亿元，可形成的年节能量能力约 150 万 tce，碳减排潜力约 350 万 tCO_2。

198 ORC 螺杆膨胀机低品位余热发电技术

一、技术名称：ORC 螺杆膨胀机低品位余热发电技术

二、技术所属领域及适用范围：机械行业 建材、化工、冶金、纺织、窑炉等低品位余热利用

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

低品位余热资源分布广泛，如在石化的炼油领域，温度低于 200℃的流体所携带的热量占炼厂总能耗的 40%以上；在有色冶金行业，大量温度 60℃以上的液态余热（如冷却水）及低压蒸汽蕴含可用的热能约 1000 万 tce 以上；水泥行业在生产过程中产生的大量 350-400℃以下的余热，其总热量占水泥熟料烧成总耗热量的 35%以上。对上述各领域的低品位余热进行合理利用，具有较大的节能潜力。

四、技术内容

1.技术原理

该技术把有机朗肯循环与螺杆膨胀机结合起来进行应用，整个系统包括：蒸发器（含预热器）、膨胀机、冷凝器、液体泵。系统循环工质选用 R245fa。当回收低品位余热时，含热流体经过蒸发器时加热液态膨胀机工质，产生高温高压的膨胀机工质蒸汽进入膨胀机，推动膨胀机做功。由膨胀机排出的低温低压膨胀机工质进入冷凝器向环境放热冷凝成液态，再由液体泵送入蒸发器蒸发，由此完成一个完整循环。

螺杆膨胀机属于容积式膨胀机，结构紧凑，强度高，不易损坏。变工况能力极强，在负荷的 10%-120%范围内均可稳定运行，非常适合余热、废热等参数波动性较强的能源的回收和利用。

2.关键技术

（1）采用 Y 系列型线螺杆膨胀发电机组

Y 系列型线螺杆膨胀机可以使流动阻力减小，等熵效率可达 85%以上。5:6 螺杆齿数比，可达到较大的高压孔口，减少进气阻力，并使转子强度更高。

(2）定制式优化设计

针对余热利用的具体条件，进行型线的优化，使热力学系统更合理，通过单级 ORC 发电、串级 ORC 发电设计，使系统的发电效率达到最大。

(3）高效液体泵

针对输送低粘度、易闪发液体工质的使用要求，采用了特殊设计型线的螺杆泵，内泄漏小，绝热效率高，功耗低，变频驱动，比屏蔽泵减少功耗 50%以上。

3.工艺流程

ORC 螺杆膨胀发电工艺流程图见图 1。管壳冷型 ORC 螺杆膨胀发电机组示意图见图 2。

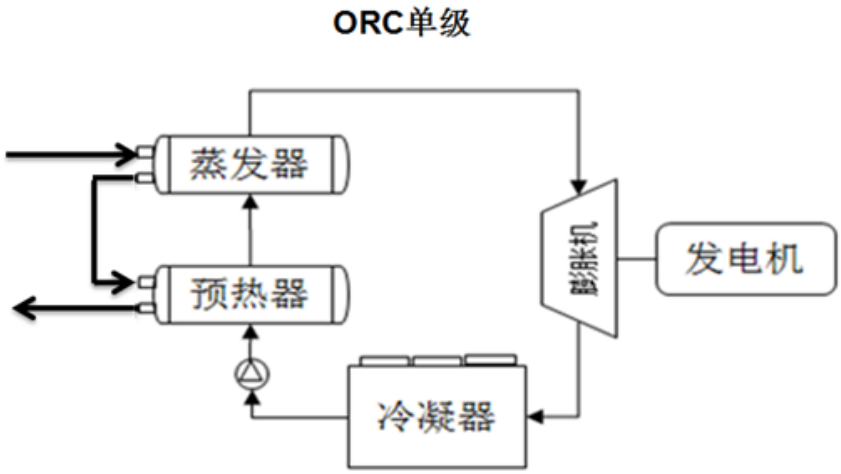


图 1 ORC 螺杆膨胀发电工艺流程图

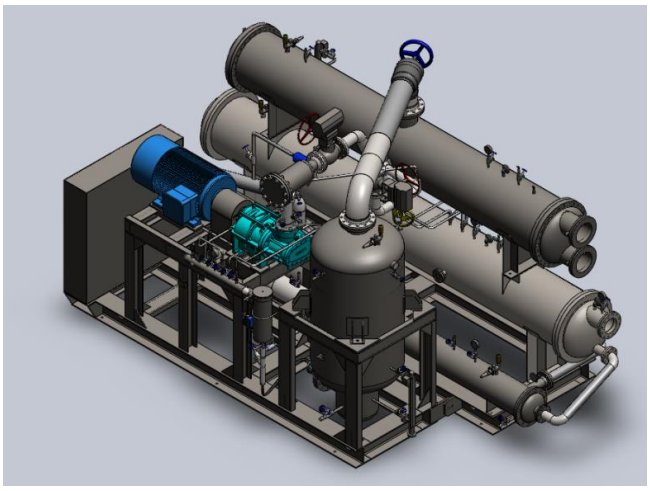


图 2 管壳冷型 ORC 螺杆膨胀发电机组示意图

五.主要技术指标

对于 120-250℃的烟气、80-160℃热水等低品位余热， ORC 机组发电效率 8%-12%

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家发明专利 3 项，实用新型专利 16 项。2013 年通过浙江省“国内首台套产品”技术鉴定，2013 年 11 通过国网天津市电力公司电力科学研究院的技术鉴定。目前，在低品位余热回收发电领域已经推广应用 100 余台（套），取得了较好的节能效益。

七、典型应用案例

典型用户：天津天丰钢铁公司、永鑫能源集团、燕山石化、海南炼化等。

典型案例 1

案例名称：天丰钢铁蒸汽余热发电项目

技术提供单位：浙江开山压缩机股份有限公司

建设规模：总装机容量 2.84MW 钢铁厂低品位余热发电项目。建设条件：回收利用带钢厂、轧钢、炼钢车间原有冷却后外排的水蒸气，排放压力约 0.5MPa（a）,流量 23t/h。主要设备为 ORC 螺杆膨胀机发电系统。节能技改投资 2160 万元，建设期 5 个月。每年可节能 5632tce，减排 20122tCO_2。年节能经济效益 1179 万元，投资回收期为 1.83 年。

案例名称 2

案例名称：永鑫能源集团热水发电项目

技术提供单位：浙江开山压缩机股份有限公司

建设规模：总装机容量 1.85MW 余热发电项目。建设条件：回收利用生产过程产生的热水进行发电，出水 100℃，回水 70℃，流量 485t/h。主要设备为 ORC 串级螺杆膨胀机发电系统。节能技改投资 1675 万元，建设期 5 个月。每年可节能 3456 tce，减排 7527tCO_2。年节能经济效益 810 万元，投资回收期约 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，全国低品位 ORC 发电的总装机容量可达 50 万 kW，形成的年节能能力约为 150 万 tce,减排能力 400 万 tCO_2。

199 热泵节能技术之一：地源热泵技术

一、技术名称：地源热泵技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 建筑物的采暖供冷

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前应用该技术可实现节能量 18 万 tce/a，减排约 48 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

地源热泵是一种利用地下浅层地热资源，即可供热又可制冷的高效节能系统。地源热泵通过输入少量的高品位能源（如电能），实现低温热源向高温热源的转移，地能分别在冬季和夏季作为低温热源和高温热源；即在冬季，把地能中的热量“取”出来，提高温度后，供给室内的热用户；在夏季，把室内的热量取出来，释放到地能中去。它的封闭环路部分由埋藏在地表以下的一长段塑料管组成，该塑料管道埋在地下与土壤耦合，因而热量在管道里的液体和土壤之间进行传递。该系统包括封闭环路埋管、地源热泵（水-空气）和空气分布三部分，系统也可用来提供生活热水。

2.关键技术

系统匹配设计、地下钻孔下管、连管。

3.工艺流程：现场勘查→设计→钻孔→下管→室外水平连管。

五、主要技术指标

制热性能系数 4.2；制冷性能系数 7.81。

六、典型应用案例

山东省煤田地质局第四勘探队办公楼，投资额 1000 万元，经济效益为 200 万元/年，投资回收期 5-8 年。

七、推广前景及节能减排潜力：

根据建设部第 38 号、北京发改委等九个部门联合发的京改[2006]839 号文件精神，国家大力提倡使用地源空调，在全国范围内推广，并出台了各项优惠政策予以扶持。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 50%，年节能能力

达到 90 万 tce，年减碳能力约 207 万 tCO_2。

200 热泵节能技术之二：水源热泵技术

一、技术名称：水源热泵技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 建筑物的采暖供冷

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前应用该技术可实现节能量 46 万 tce/a，减排约 121 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

利用地球表面浅层水源，如地下水、河流和湖泊中吸收的太阳能和地热能而形成的低温低位热能资源，并采用热泵原理，通过少量的高位电能输入，实现低位热能向高位热能转移的一种技术。在夏季将建筑物中的热量转移到水源中，由于水源温度低，所以可以高效地带走热量，而冬季，则从水源中提取能量，由热泵原理通过空气或水作为载冷剂提升温度后送到建筑物中。

2.关键技术

利用了地球水体所储藏的太阳能资源作为冷热源，进行能量转换的供暖空调系统。

3.工艺流程

如图 1 所示。

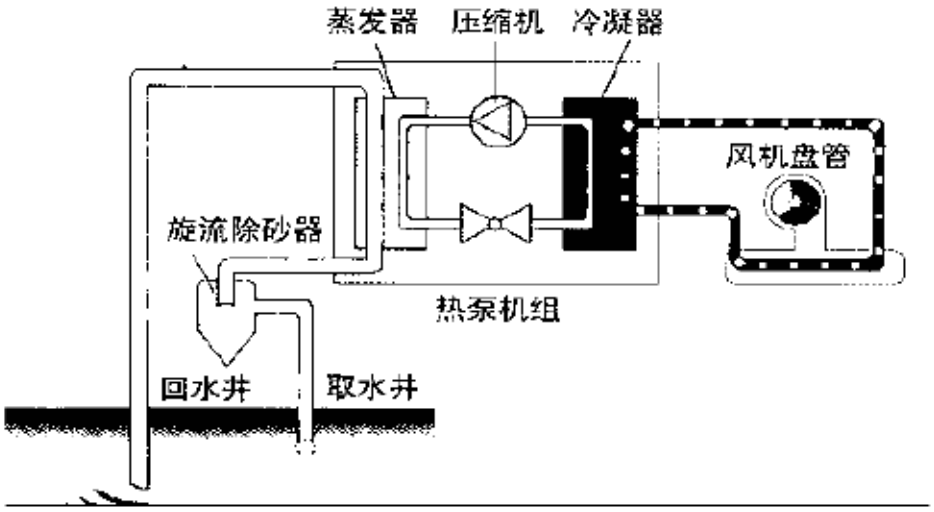


图 1 工艺流程图

五、主要技术指标

水源水温应为 12-22℃；在制冷运行工况时，水源水温应为 18-30℃。水源的水质，应适宜于系统机组、管道和阀门的材质，不至于产生严重的腐蚀损坏。制热工况下冷凝器出/回水温度 42-52℃，制冷工况下蒸发器出回水温度 7-12℃。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

水源热泵技术在我国得到较快的发展。近几年来在山东、河南、湖北、辽宁、黑龙江、北京市及河北等地，已有 100 多个利用地下水的水源热泵工程在实际应用。供热／空调面积达 100 余万 m^2。

七、典型应用案例

北京市天银地热开发有限责任公司开发、建设的奥运村再生水热泵冷热源工程，总投资合计 11080.47 万元，为奥运村 41.325 万 m^2 建筑提供奥运赛时空调制冷负荷 29.98MW、生活热水加热负荷 8.822MW；奥运赛后空调制冷负荷 22.834MW、采暖负荷 19.94MW、生活热水加热负荷 4.245MW。再生水热泵是一种新型清洁热源利用方式，借助奥运村临近清河污水处理厂的有利条件，充分利用再生水资源，提取再生水有效能量作为建筑能源，可每年替代标煤 8000 余 t，每年减少排放一氧化碳(CO)180 余 t、碳氢化合物(CNHM)3.6t、氮氧化物(NO_X)30t、二氧化硫(SO_2)135t，粉尘 80 余 t，其社会效益、环境效益明显。再生水热泵比常规空调系统节能 25%以上，比分体家用空调（即空气源热泵）节能 40％以上。投资回收期 11.4 年。

八、推广前景及潜力：

水源热泵是既节能又经济的空调方式，是符合当今世界可持续发展要求的一项“绿色”节能空调技术，目前已经成为我国空调系统的一大热点，已经从北京、天津、山东、河南、河北，迅速扩大到湖北、湖南、内蒙和东北等地。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 70%，年节能能力 80 万 tce，年减碳能力约 184 万 tCO_2。

201 热泵技术之三：空气源热泵冷、暖、热水三联供系统技术

一、技术名称：热泵技术之三-空气源热泵冷、暖、热水三联供系统技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 本项目系列产品在不同建筑类型、不同气候类型、不同行业领域都有广泛应用。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

本项目系列产品在不同建筑类型、不同气候类型、不同行业领域都有广泛应用。如武汉东湖宾馆、武汉五月花大酒店、贵州凯里大酒店、首玺池典大型浴池、武汉中南大酒店、湖北荣军医院、武汉钢铁公司、北京康悦会所、内蒙古科技厅等工程的运用为公司积累了大量的基础数据，节能率达到 50%左右，可在建筑行业推广 20%。目前应用该技术可实现节能量 59 万 tce/a，减排约 156 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

高度集成“三位一体”，采用电驱动，蒸气压缩循环，供冷同时供生活热水、供暖同时供生活热水，也能单独供冷、单独供暖、单独供生活热水的设备。

2.关键技术

（1）三联供系统结构模块化优化设计：

三联供系统管路存在较多调整切换。为满足客户需求以及生产环节的适应性，模块化设计被引入到项目中。在有限的机组空间内完成相关组合具有较大的技术难度。采用机组的性能模拟与三维结构化设计相结合的方法，进行大量的模拟及仿真辅助设计，最终采用机组组件标准化生产的方法进行解决。

（2）三联供系统各换热器之间的性能匹配与优化控制：

为了同时提供不同品质的输出，三联供系统各供应状态之间应能进行适当的转换调节，以便扩大应用范围。但不同输出之间存在着复杂的能量交换及互相耦合因素。虽然产品设计时，已经考虑了卸载调节，但三联供系统换热器的性能匹配及其供应态调整的优化控制也是研究的难点之一。通过整体优化的方法，实现各换热器之间的性能匹配，并留有适当的可伸缩性。

3.工艺流程

空气源热泵冷、暖、热水三联供技术原理见图 1。

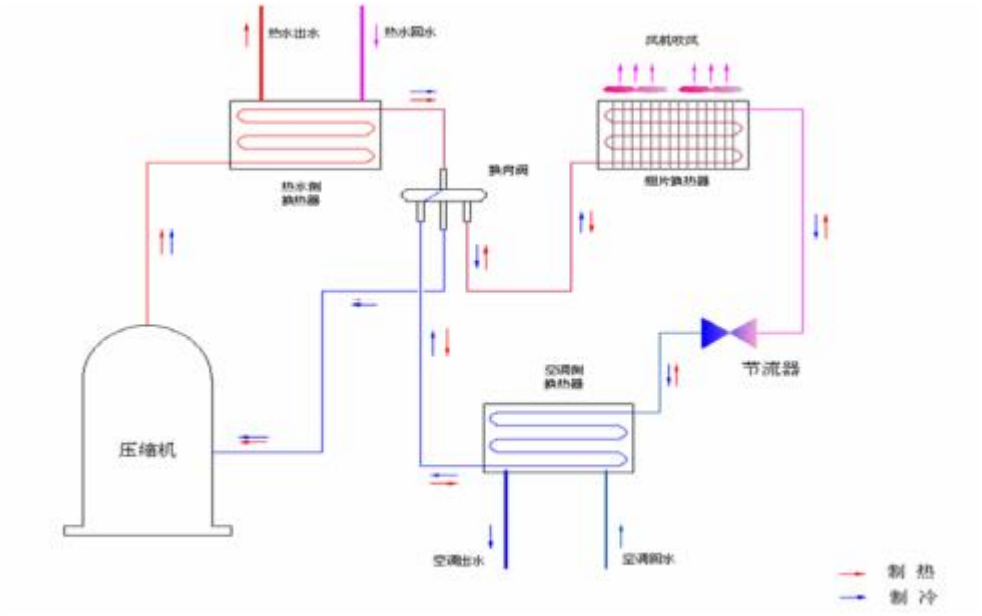


图 1　空气源热泵冷、暖、热水三联供技术原理简图

五、主要技术指标

空气源热泵三联供机组制冷、制热单项测评指标能效比高；考虑全年生活热水利用的综合指标测评，其综合能效比（SEER）远高于国内同行业平均水平。国家空调设备质量监督检验中心检测数据显示，朗肯空气源热泵三联供机组，在标准工况制热时性能系数 COP 达 3.6；制冷时 EER 达 3.83；综合能效比 SEER 远高于国内空调平均水平。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

建设部颁发《建设行业科技成果评估证书》认为：该机组“达到国际先进水平，具有推广应用价值，是空调行业的一次革命”。2011 年科技部对该项目的科技成果鉴定认为：该项目“拥有自主知识产权，技术水平达到国内领先。建议将该成果进行推广应用”。以 LKR3FX-40/44II 机组为例，对长江两岸十三个省直辖市的节能和经济效益进行估算。如果在每个省市一年推广 5 万台 10kW 的三联供机组，那么十三个省市当年共安装 65 万台 LKR3FX-40/44II 机组，取代传统空调、热水器、供暖锅炉，投入折合人民币 260 亿元。

七、典型应用案例

典型用户：东湖宾馆

技术提供单位：武汉朗肯节能技术有限公司

改造强情况：宾馆空调原设计系统为：制冷系统采用 2 台制冷量为 872.2kW 的开利压缩式冷水机组（额定功率为 241kW）和 1 台制冷量为 1044kW 的开利螺杆式制冷机组（额定功率为 212kW），满足甲乙两处的夏季制冷需求（两用一备）；供热及热水系统采用 2 台燃气真空热水锅炉来满足 2 栋楼冬季供暖及全年热水需求。

建设规模：南山甲、乙二所建筑物（面积 2.2 万 m^2）。主要技改内容：统一安装武汉朗肯节能技术有限公司生产的空气源热泵三联供机组 20 台、废水源热泵三联供主机 8 台，并进行相应的工程改造，以满足对整个酒店全年的空调、热水供应。主要技改设备：选用 20 台 LKR3FX-40/44Ⅱ*2 空气源热泵三联供机组和 LKSR3FX-100/120Ⅱ废水源三联供机组，空气源三联供机组每台制冷量为 80kW，制热量为 88kW。则 20 台机组总冷/热负荷为 1600/1760 kW；废水源三联供机组单台制冷量为 100kW，制热量为 120kW，则 8 台机组总冷/热负荷为 800/960kW，故总的冷/热负荷为 2400/2720kW，完全可满足系统冷/热负荷需求。

节能技改投资额 610 万元。每年可节能 855tce，年节能经济效益 122 万元，投资回收期 5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术推广率达到 60%，总投资 70 亿元，年节能能力约 89 万 tce，预计二氧化碳减排能力 235 万 tCO_2/a。

202 热电协同集中供热技术

一、技术名称：热电协同集中供热技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 集中供热行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前全国北方地区总采暖供热建筑面积约 80 亿 m^2，每年能耗 1.8 亿 tce，占全国总能耗的 7%，占全国城市建筑能耗的 40%。其中，热电协同集中供热面积超过 45 亿 m^2，热电协同供热量约占北方集中供热量的一半以上。

该技术将现有供热系统与热泵技术及蓄热技术的特点有效结合，将大幅提高我国热电联产集中供热系统的效率和发电调节能力，是我国 的未来发展方向。传统热电联产抽汽供热能耗约为 19.5kgce/GJ。二氧化碳排放为 51.48kg/GJ，供热面积为 1000 万 m^2 的供热首站投资 5000 万元。目前应用该技术可实现节能量 16 万 tce/a，减排约 42 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

在热电联产集中供热系统的热力站采用热泵型换热机组代替常规的水-水换热器，在不改变二次网供回水温度的前提下，大幅降低一次网回水温度（显著低于二次网回水温度），从而增大一次网供回水温差，并为回收电厂余热创造条件；在热力站设置蓄热装置，使得热泵可充分利用谷电维持所需一次网回水温度；在热电厂内设置以热泵技术为核心的电厂余热回收机组，以汽轮机采暖抽汽作为驱动热源，回收汽轮机乏汽冷凝余热；在热电厂设置大型蓄热装置，在热电厂维持供热能力及余热回收量稳定的前提下，扩大机组发电上网功率的调节范围，缓解冬季电网调峰难的问题。

2.关键技术

热电协同的集中供热技术针对常规采暖供热换热环节存在的不可逆损失，通过设置于用户热力站的热泵型换热机组和设置于热电厂供热首站的余热回收机组高效回收热电厂凝气余热供热；通过设置于热力站及热电厂的蓄热装置，实现用电负荷的“移峰填谷”，并扩大热电厂发电上网功率的调节范围。

3.工艺流程

设置于各小区热力站的热泵型换热机组与设置于热电厂供热首站的电厂余热回收专用热泵机组通过一次供热管网连接，一次网供水经各小区热力站的热泵型换热机组后降低至 20℃左右返回电厂首站，再被电厂余热回收专用热泵机组梯级加热至 130℃后供出，如此循环，回收电厂汽轮机凝汽器乏汽余热；设置于热力站的蓄热装置在电负荷低谷期时消耗谷电制取低温水并储存在蓄热罐中，电负荷高峰期时，释放蓄热罐中储存的低温水，代替热泵换热机组，维持所需一次网回水温度；设置于热电厂的蓄热装置在电网调度负荷下降时消耗机组所发过剩电力制取热量并储存，当电网调度负荷升高时，释放储存热量以代替热电机组抽汽，提高机组发电功率，实现热电厂发电上网负荷的大范围调节。技术流程如图 1 所示。

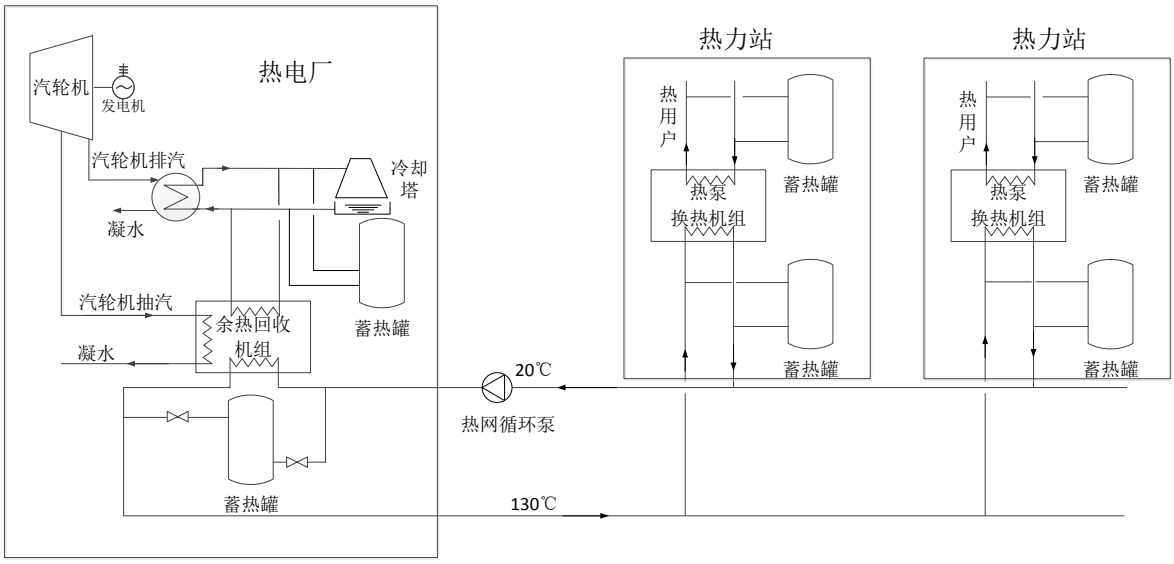


图 1 热电协同的集中供热技术流程

五、主要技术指标

1.可高效回收汽轮机乏汽余热，热电联产集中供热系统能耗降低 40%-50%，一次水回水温度降低到 20-30℃甚至更低，也为高效回收工业余热创造条件。

2.供热系统供热能力提高 30%-50%。

3.热电厂在维持供热能力稳定的前提下，发电上网功率可在额定值的 60%-100%范围内调节。

4.热网输送能力提高 60%-80%，可实现远距离供热，对于新建大型热网可

降低管网建设投资 30%以上，在城市核心区域，由于地下管线空间资源紧张，利用既有供热管线实现大温差运行扩容，避免破路施工。

该技术无需改动原汽轮机组的结构，改造难度小，工程量少，由于一次热网回水温度低，汽轮机排汽余热全部回收而大幅度提高供热能力，根据示范工程测试，可降低供热能耗至 10.7kgce/GJ。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2008 年在赤峰市建成首个完整应用该技术的示范工程，为全面推广奠定了基础；2010 年在大同市建成大规模示范工程，标志着该技术在大型集中供热系统的成功推广；从 2011 年开始，该技术已在北京、内蒙古、山西、山东、宁夏等地区实施了若干个工程，回收的工业余热增加供热面积约 2800 万 m^2。2014 年在太原市建成首个应用吸收压缩复合式换热机组及蓄热系统的热力站。

2012 年 11 月，中国城镇供热协会对该技术核心产品--吸收式换热机组进行评审，认为该技术和产品“居于国际领先水平，使我国集中供热系统产生了革命性变化，使我国供热行业从技术引进迈入技术创造的时代”。

七、典型应用案例

应用单位：华电大同第一热电厂有限公司和大同煤矿集团鹏程物业公司

技术提供单位：清华大学

节能改造情况：根据改造前电厂汽轮机的实际运行情况，可测算该电厂最大抽汽供热功率约为 268MW，供热面积为 440 万 m^2。利用清华大学基于吸收式换热的集中供热技术进行供热改造，回收汽轮机乏汽余热功率 132MW，供热面积增加 200 万 m^2。

节能改造内容：利用清华大学基于吸收式换热的集中供热技术对华电大同第一热电厂 2×135MW 机组进行供热改造，供热热网同时进行了吸收式换热改造，热力公司改造 14 座热力站，安装 18 台吸收式换热机组，用于降低一次热网回水温度。

节能效果：改造后电厂供热能力增加到 400MW，满足 640 万 m^2 供热，每年回收乏汽余热 179 万 GJ 向城市供热，与集中供热锅炉相比，相当于每年节约 7.6 万 tce。

经济效益概述：节能改造总投资 9270 万元，每年回收乏汽余热 179 万 GJ 向热网供热，售热价格按 15 元/GJ 计算，年收益 2685 万元，投资回收期为 3.5

年左右。

八、推广前景及节能减排潜力

热电协同的集中供热技术可实现凝汽余热的最大化利用，是解决北方城市热源不足、降低城市空气污染、替代城市中小型燃煤锅炉房缓解城市雾霾的有效途径。预计未来 5 年推广实现此技术集中供热面积 3 亿 m^2，节能 120 万 tce，减少二氧化碳排放 317 万 t。

203 节能型合成树脂幕墙装饰系统技术

一、技术名称：节能型合成树脂幕墙装饰系统技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 建筑墙体装饰

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

外墙装饰用幕墙通常使用铝塑板，主要成分为铝材和 PE 塑料，每 m^2 铝塑板所用资源的生产能耗为 20.56 kgce，制造能耗为 40.15 kgce。因此，铝塑板幕墙的总能耗为 60.71 kgce/m^2。

节能型合成树脂幕墙装饰系统由腻子、底漆和涂料构成，每平方米的生产能耗为 2.44 kgce，制造能耗折合 0.26 kgce。节能型合成树脂幕墙装饰系统的总能耗为 2.7 kgce/m^2。

与铝塑板幕墙相比，节能型合成树脂幕墙装饰系统可节约 58.01 kgce/m^2。目前应用该技术可实现节能量 39 万 tce/a，减排约 103 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1. 技术原理

以合成树脂为主要粘结材料，与颜料、体质颜料及各种助剂配制成腻子以及各种涂料，分层施涂在建筑物墙体上，形成具有幕墙外观的建筑装饰层。面层材料具有铝塑板的金属效果和光泽，从而实现对铝塑板的替代。整个系统基于无机改性聚合物，形成了一个有机的整体，保障了涂层系统各构成材料的匹配性和相容性，从而实现整个系统优异的耐候性和稳定性。

2. 关键技术

无机改性聚合物的合成技术；各层材料之间的匹配性及相容性的设计与优化技术。

3. 工艺流程

工艺流程：基面处理 → 粗腻子施工 → 切缝 → 粗腻子找平 → 细腻子施工 → 抛光腻子施工 → 中涂施工 → 面涂施工 → 分格缝填制 → 分格缝修色

节能型合成树脂幕墙装饰系统的构造如图 1 和图 2 所示。

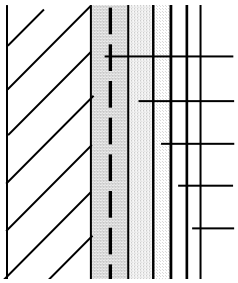
基层墙体	基本构造					构造示意图
	①	②	③	④	⑤	
混凝土墙各种砌体墙保温系统	找平腻子 + 耐碱玻璃纤维网布	柔性腻子	抛光腻子	底漆	涂料	

图 1 节能型合成树脂幕墙装饰系统基本构造 (平面装饰效果)

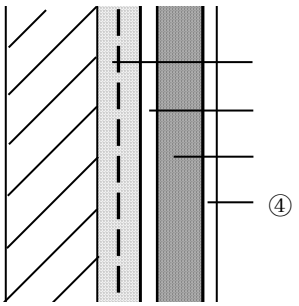
基层墙体	基本构造				构造示意图
	①	②	③	④	
混凝土墙各种砌体墙保温系统	找平腻子 + 耐碱玻璃纤维网布	底漆	骨料	涂料	

图 2 节能型合成树脂幕墙装饰系统基本构造 (立体装饰效果)

五、主要技术指标

耐侯性：表面无裂纹、粉化、起泡、剥离现象；

耐冻融(30 次循环)：表面无裂纹、空鼓、起泡、剥离现象；

耐冲击性：无裂纹、剥落、明显变形现象；

拉伸粘结强度：≥1.0 MPa

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已通过建设行业科技成果评估(建科评[2002] 059 号)，并被列为国家火炬计划项目、国家科技成果重点推广计划、建设部节能省地型建筑推广应用技术目录。该技术已在全国 25 个省、66 个城市得以成功应用，完成约 1650 万 m^2 外墙面积的工程。

七、典型应用案例

典型用户：国家体育场（鸟巢）、首都国际机场

典型案例 1：国家体育场（鸟巢）

建设规模：19000 m^2。主要改造内容：建筑外墙装饰。节能技改投资额 190 万元，建设期 4 个月。与铝塑板幕墙相比节能 1102tce，节能经济效益 475 万元，投资回收期 5 个月。

典型案例 2： 首都国际机场

建设规模：50000m^2。主要改造内容：建筑外墙装饰。节能技改投资额 500 万元，建设期 10 个月。与铝塑板幕墙相比节能 2900tce，节能经济效益 1250 万元，投资回收期 5 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

据建设部统计，每年新建公共建筑面积约 3 亿 m^2，折算为外墙面积为 1.8 亿 m^2。这其中，铝塑板幕墙、大理石幕墙和玻璃幕墙为三种主要的外墙装饰材料，应用比例达 90%以上。铝塑板幕墙的应用面积约为总面积的 1/4，即 4500 万 m^2。预计未来 5 年，预期推广比例为 10%，节能能力可达 130 万 tce/a，减少二氧化碳排放 343 万 t。

204 水性高效隔热保温涂料节能技术

一、技术名称：水性高效隔热保温涂料节能技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 用于建筑、石化、运输等需要保温隔热的材料表面

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

在我国，由于建筑外墙、屋顶和门窗的保温与隔热性能不良造成的能源消耗，约占整个建筑能耗的 50%左右。目前，我国的建筑外墙主要采用外挂式保温技术，施工方法相对复杂，容易产生热桥现象，易开裂脱落。采用低传热系数的高效保温隔热涂料，应用在建筑屋顶及外墙、工业厂房、石油储罐、化工管道、仓库、营房等表面，具有较好的隔热保温作用。此外，该技术还具有附着性强、拉伸性能及耐久性好、防结露等特点。目前该技术可实现节能量 9 万 tce/a，减排约 24 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该技术通过配方和制漆工艺的设计，采用具有低堆积密度和低导热系数的聚氨酯中空微珠、高反射性颜料、高发射性助剂等，使涂膜断面为连续的蜂窝网状结构，涂膜内部不形成沟状热流，显著降低涂膜导热系数，大大减少热流量，实现隔热保温。同时，使涂膜具有高附着性、强拉伸性及耐久性、防结露等良好性能。用于建筑、厂房屋顶、管道等表面时，可显著降低空调等设备的使用能耗，实现节能。

2.关键技术

（1）聚氨酯中空微珠蜂窝排列技术

采用具有低堆积密度和低导热系数的特殊微珠，使得涂层具有极低的导热系数。在微珠表面包裹化合物，使微珠在涂层中稳定有序排列成中空蜂窝结构。微珠具有弹性抗压、抗外力击破，不易在制取加工中破损的优点，具有较好的耐冷热变化性。

（2）涂膜的高反射性技术

将屏蔽红外线颜料技术应用于隔热保温涂料，使涂膜对可见光和红外线反射率显著提高，具有良好的遮热作用。

（3）涂膜的高发射性技术

利用红外高发射性助剂（特种金属氧化物），使吸收的太阳能辐射转化为热量，以红外长波的形式发射入大气红外窗口，使涂膜物体表面和内部降温，最大程度地提高降温效果。

3.工艺流程

技术工艺流程图见图 1 和图 2。

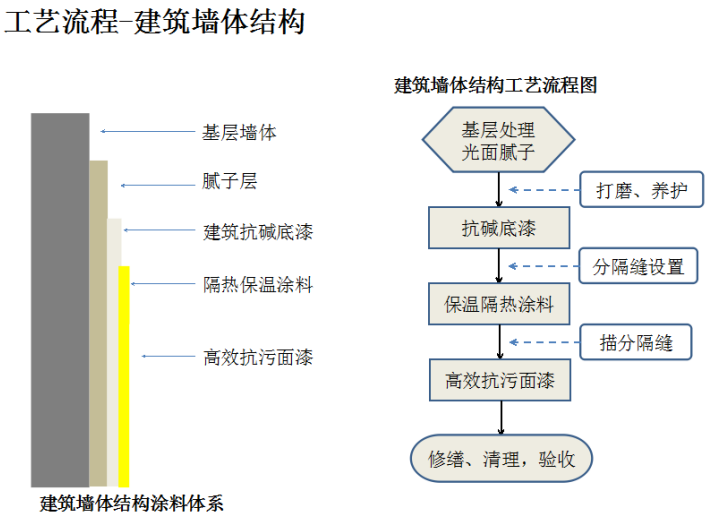


图 1 隔热保温涂料应用于建筑墙体结构示意图

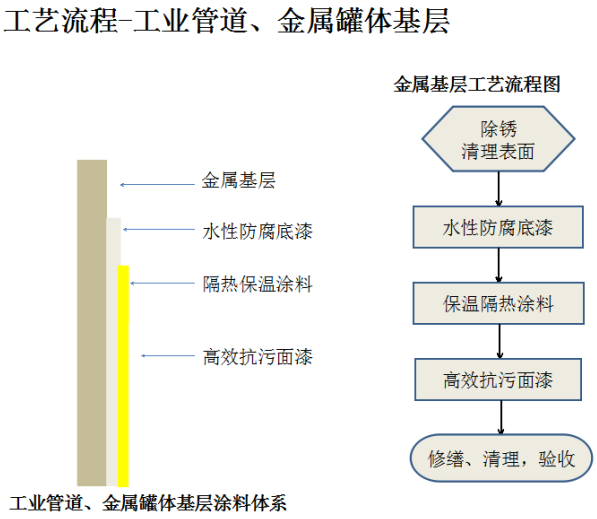


图 2 隔热保温涂料应用于管道、罐体示意图

五、主要技术指标

1.涂膜导热系数：≤0.045W/(m·K)；

2.太阳反射比（白色）：0.86；

3.半球发射率：0.88；

4.隔热温差：14.6^{o}C；

5.黏着强度：1.5N/mm^{2}。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2014 年 8 月通过中国高科技产业化研究会鉴定，并已申请公开国家发明专利 2 项，实用新型专利 1 项。目前，该技术系列产品已在不同地域、不同基材表面应用共计 92t。

七、典型应用案例

典型用户： 国投新集能源股份有限公司

案例名称：新集三矿节仓库节能涂料项目

技术提供单位：浙江亚宁科技有限公司

建设规模：涂刷面积 450m^{2}。建设条件：仓库为彩钢板墙面护围、彩钢板屋面结构，高度为 6m，建筑体形系数 0.5。主要技改内容：1＃库涂刷普通涂料，2＃库涂刷本技术发明的隔热保温涂料，主要设备为高压无气喷涂机。节能技改投资额 4720 元，建设期 7 天。每年可节能 0.7tce，碳减排 1.8tCO_2。年节能经济效益为 2108 元，投资回收期 2.2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

随着水性高效隔热保温系列涂料的推广应用，预计未来 5 年，在行业内推广比例达 2%，项目总投资额 12 亿元。可形成的年节能能力约 17 万 tce，年碳减排能力约 45 万 tCO_2。

205 温湿度独立调节系统

一、技术名称：温湿度独立调节系统

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 公共建筑、住宅建筑等的采暖供冷系统节能

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前我国与国外发达国家的大型公共建筑的能耗水平相当，暖通空调系统的能耗占总能耗的一半以上。要想大幅度降低大型公共建筑空调系统的能耗，就需要研究创新的高效空调系统形式与节能的新方法。国外学术界也普遍认为温湿度独立调节技术是最理想的中央空调方式。对深圳市大型办公建筑的能耗调查结果显示，同类办公建筑采用常规的制冷系统单位空调面积年平均耗电量为 49kWh/m^2（空调面积）。目前应用该技术可实现节能量 35 万 tce/a，减排约 92 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

温湿度独立调节系统由温度调节系统和湿度调节系统组成。温度调节系统是由干式风机盘管、辐射板等干式末端组成；湿度调节系统是由溶液除湿机组或其他类型新风机组组成。系统将处理后的新风送入房间控制湿度，而高温冷源产生 16-18℃冷水被送入干式末端，带走房间显热，控制房间温度。

2.关键技术

温湿度独立调节系统中温度控制系统的干式末端--毛细管辐射产品、湿度控制系统的溶液除湿技术、室内温度、湿度控制与调节技术、防结露技术。

5.工艺流程

技术原理及工艺流程见图 1、图 2。

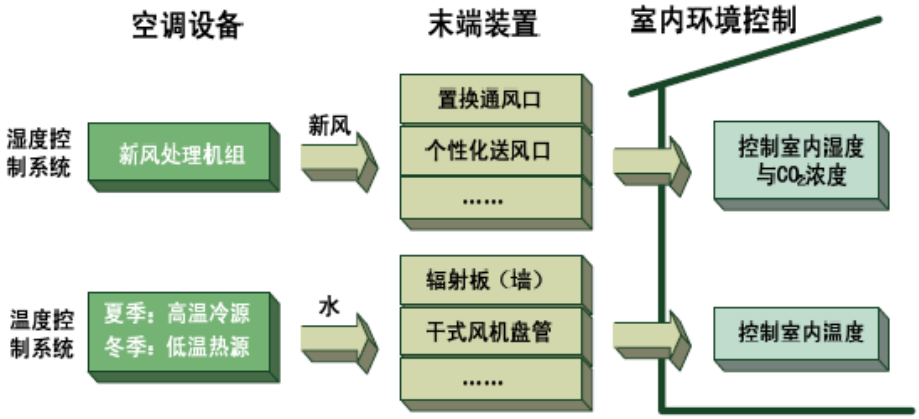


图 1　温湿度独立调节系统技术原理图

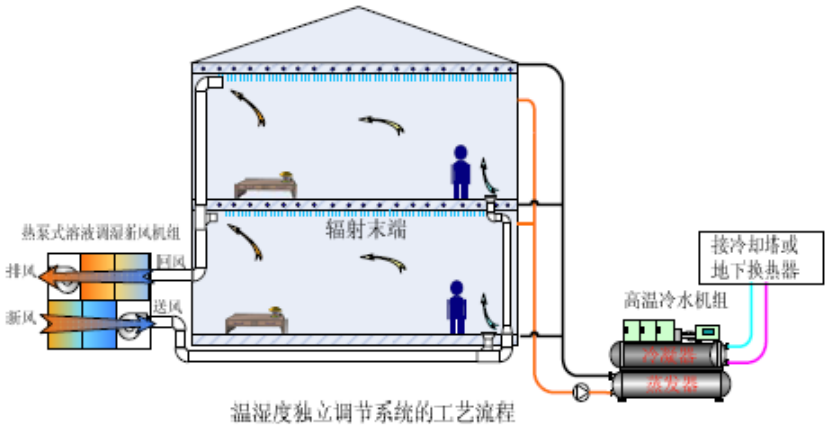


图 2　温湿度独立调节系统技术工艺流程图

五、主要技术指标

1.传统空调供冷温度 7℃，供热 60℃，温湿度独立调节系统供冷温度为 16℃以上，供暖温度低于 35℃；

2.夏季可利用自然界的天然冷源供冷，冬季可利用废热供热；

3.主机 COP 由常规的 5.5 提高到 8-11.5，整个系统节能 40%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该离心式冷水机组在 2009 年 10 月 24 日通过广东省科学技术厅组织的科技成果鉴定，达到国际领先水平。自投入使用后，已在南京锋尚国际公寓、深圳南海意库、深圳三湘海尚花园、深圳招商地产办公楼、西门子中国总部大楼、天津

火车站、青岛香溪庭院别墅等单位进行应用，运行稳定，未出现问题。

七、典型应用案例

典型案例 1

案例应用单位：深圳招商地产

项目名称：深圳招商地产办公楼项目

技术提供单位：珠海格力电器股份有限公司

建设规模：空调总面积 1.3 万 m^2 办公楼空调系统，采用温湿度独立调节系统技术进行供冷。主要设备：高温离心机 1 台、冷冻水泵 2 台、冷却水泵 2 台、冷却塔 1 台、溶液除湿新风机组 9 台、风机盘管等。投资总额约 200 万。相比于常规空调，年节约电耗 22.1 万 kWh，年节能量 58.4tce，减排 154.2tCO_2，投资回收期 2.5 年。

典型案例 2

案例应用单位：彩怡百货有限公司

项目名称：彩怡百货有限公司莞城店节能技改项目

技术提供单位：广东迪奥技术有限公司

主要技改内容：中央空调系统采用热湿分控技术改造，加装 ICMA 强化新风除湿机组，冷冻水泵变频处理，中央空调系统智能控制系统，室内温湿度精度控制，室内二氧化碳浓度智能控制。总投资额 150 万元。中央空调系统改造后节能率达 33%，年节约用电量 64.4 万 kWh，年节能量约 206tce，年减排约 449tCO_2。没年可节约电费 56 万元，投资回收期 2.67 年。

八、推广前景及节能减排潜力

温湿度独立调节系统的节能潜力很大，目前已有约 300 万 m^2 的建筑采用该系统。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例可达 5%，需投资 200 亿元人民币，形成年节能能力 175 万 tce，减少二氧化碳排放 462 万 t。

206 中央空调全自动清洗节能技术

一、技术名称：中央空调全自动清洗节能技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 各种建筑楼宇及工业厂房所有的水冷式中央空调热交换器均可通用

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，全国约有 250 万台大型中央空调。预计到 2020 年，中央空调全自动清洗节能系统技术推广率达到 10%，约有 25 万台中央空调可进行改造，总投资 64 亿元，年节能能力约 400 万 tce，预计 CO_2 减排能力 1056 万 t/a，同时减少 5000 万 t 高浓度有害污水排放（每台平均排污 200 t）。目前应用该技术可实现节能量 40 万 tce/a，减排约 106 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

将软质特殊球送入冷凝器，对冷凝管道进行固定频率地自动反复擦洗，确保冷凝管壁始终处于无任何结垢的干净状态下运行，以达到节能目的。

2.关键技术

（1）利用中央空调冷却循环水的自身动力，将具有擦洗功能的特殊球自动送入空调冷却系统中，对冷凝管壁进行自动擦洗。

（2）完成擦洗的特殊球从冷却系统中送回系统外的球注入器中作自我清洗动作，并自动排除出脏水。

（3）采用全物理方式 36 次全自动清洗冷凝管道。

3.工艺流程

工艺流程如图 1 所示。

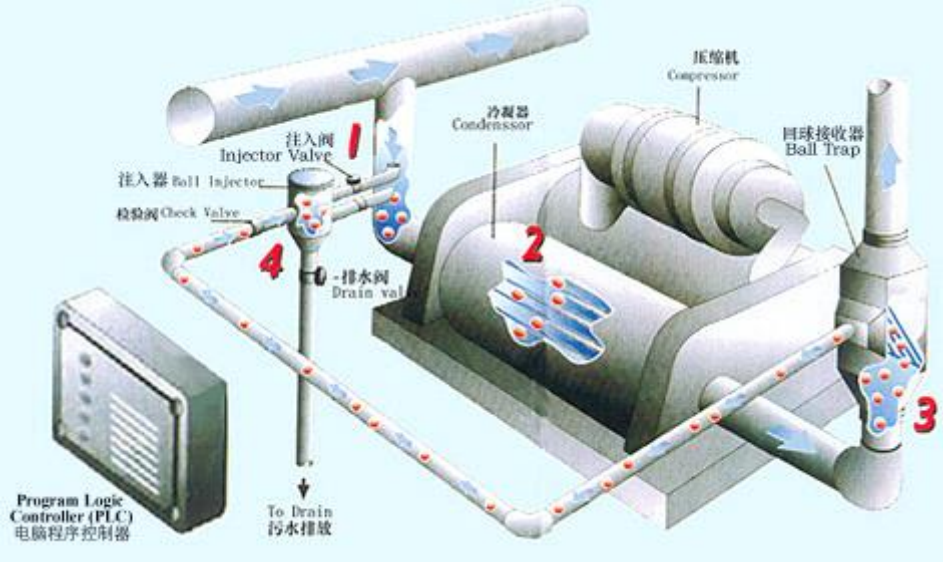


图 1 中央空调全自动清洗节能系统技术原理图

（1）电脑程序控制器启动清洗循环，将注射阀门打开，控制特殊球进入冷凝器循环系统；

（2）尺寸比管道稍大的软质材料制成的特殊球通过冷凝器，将冷凝器管壁上的水垢和污垢带走；

（3）特殊球通过冷凝器后，被回收器接收；

（4）电脑程序控制器打开排水阀门，球自动回到球注入槽，槽中的水自动将特殊球进行清洗、排污、排水阀门关闭，完成一次循环。遵此电脑程序每天进行 36 次循环清洗。

五、主要技术指标

1.无需化学水处理，减少化学水处理产生严重污染排放；

2.中央空调冷凝器的热交换率提高 20%-50%；

3.中央空调节省 10%-30%电能；

4.使中央央空调的趋近温度保持在 0.5-1.2 之间，长期保持设计的最佳效果；

5.全自动管理运行，无需专人监管，无需另加动力源，并可控制清洗次数。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术荣获 2008 年上海国际节能减排博览会获创新奖证书、第四届国家专利技术优秀发明一等奖、第五届国家科技成果进步奖一等奖。

七、典型应用案例

典型用户：北京国贸中心大厦

技术提供单位：福建柏德环保有限公司

主要技改内容：2 台 450 冷 t、2 台 500 冷 t、2 台 1100 冷 t 中央空调节能技术改造。主要技改设备：中央空调全自动清洗系统。节能技改投资额 100 万元，建设期 10 天。每年可节能 546tce，年节能经济效益（累计开机 5000 小时）250 万元，投资回收期 5 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，中央空调全自动清洗节能系统技术推广率达到 5%，约有 25 万台中央空调可进行改造，总投资 32 亿元，年节能能力约 200 万 tce，预计 CO_2 减排能力 528 万 t/a。

207 动态冰蓄冷技术

一、技术名称：动态冰蓄冷技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 各种中央空调系统及工艺用冷系统

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国大部分地区处于温带和亚热带，每年空调使用时间较长，在南方地区甚至可达 8 个月。夏季高温时段空调用电负荷，特别是大型中央空调、区域供冷和地铁空调等空调负荷集中，是造成城市电力负荷峰谷差的主要原因，而冰蓄冷空调是实现用户侧调峰的有效技术之一。目前我国已有的蓄冰空调工程设备 70%以上来自国外，且 99%都属于静态蓄冰技术，主要包括盘管制冰、冰球制冰等传统静态制冰方式，其体积大、运行成本高、制冰效率低，平均制冷量只有空调工况制冷量的 50%。目前应用该技术可实现节能量 30 万 tce/a，减排约 79 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

冰蓄冷中央空调是指在夜间低谷电力时段开启制冷主机，将建筑物所需的空调冷量部分或全部制备好，并以冰的形式储存于蓄冰装置中，在电力高峰时段将冰融化提供空调用冷（见图（1）。由于充分利用了夜间低谷电力，不仅使中央空调的运行费用大幅度降低，而且对电网具有显著的移峰填谷功能，提高了电网运行的经济性。动态冰蓄冷技术采用制冷剂直接与水进行热交换，使水结成絮状冰晶；同时，生成和溶化过程不需二次热交换，由此大大提高了空调的能效。冰浆的孔隙远大于固态冰，且与回水直接进行热交换，负荷响应性能很好。

2．关键技术

（1） 过冷却水稳定生成技术。过冷却水生成技术是冰浆冷却及蓄冷技术的核心。过冷却水是冰浆生成的基础，只有稳定生成过冷却水，才可以通过促晶等技术生成冰浆；

（2）超声波促晶技术。在生成过冷水后，只有通过促晶才能使过冷水快速生成冰浆，这就需要促晶技术。目前，国际上采用的技术有超声波促晶、电动阀

促晶以及其他一些促晶技术；

（3）冰晶传播阻断技术。

3．工艺流程

动态冰蓄冷技术可应用于新建系统以及既有系统的节能改造。新建系统需要根据冷量输送需求进行全新设计，其它过程相同，包括根据制冷机组的额定功率搭配制冰机组；根据负荷情况合理配置蓄冰槽，并根据应用场合配置不同的控制系统。流程见图 1 所示。

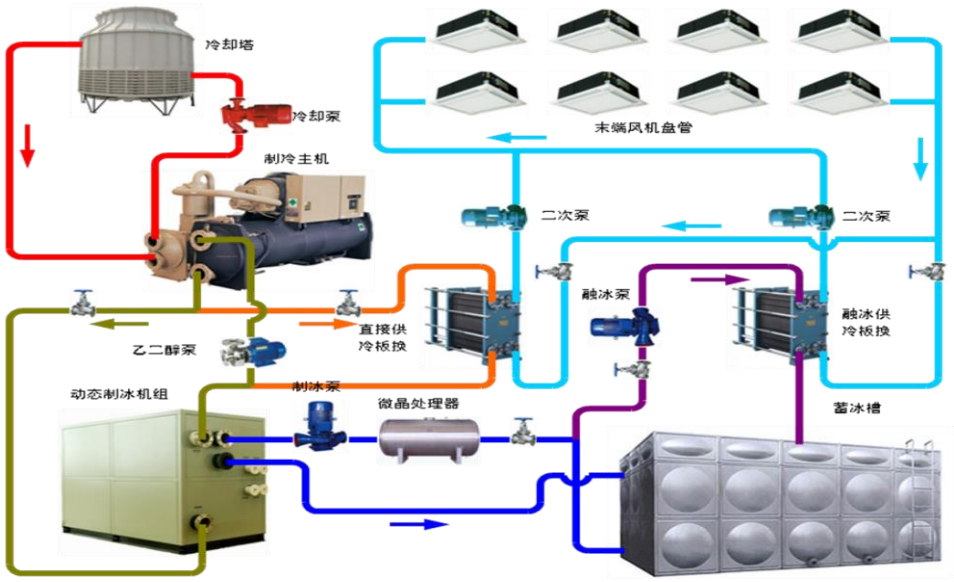


图 1　动态冰蓄冷系统流程图

五、主要技术指标

1.额定制冰工况下，主机蒸发温度≥-6℃；

2.制冰工况下，制冷主机单机能效(COP)＞3.0；

3.蓄冰槽最大蓄冰量≥45%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

目前，该技术在民用建筑、工业厂房已得到应用，如佛山高新区创新中心动态冰蓄冷系统、富士康集团办公楼动态冰蓄冷系统、清华紫光信息港、新百丽鞋业等实施了多项动态冰蓄冷工程。

七、典型应用案例

典型用户：深圳富士康集团办公楼动态冰蓄冷系统、东莞帝光电子科技有限公司 100RT 制冷空调机组改造等

典型案例 1

技术提供单位：中国科学院广州能源研究所

建设规模：深圳富士康集团办公楼中央空调系统，供冷面积 2 万 m^2，制冷机组额定功率 600RT，蓄冷量 3600RTh，蓄冰槽 360m^3。主要技改内容：增加制冰机组、蓄冰槽以及控制系统，主要技改设备：动态制冰机组一台、蓄冷槽 360m^3 、控制系统一套。节能技改投资额 255 万元，建设期 3 个月。年节能经济效益 86 万元，投资回收期 3 年。

典型案例 2

技术提供单位：中国科学院广州能源研究所

建设规模：东莞帝光电子科技有限公司 100RT 制冷空调机组改造，供冷面积 2000 m^2。主要技改内容：增加制冰机组、蓄冰槽以及控制系统。节能技改投资额 100 万元，建设期 3 个月。年节能经济效益 22 万元，投资回收期 4.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

2011 年全国高峰用电负荷约为 7.86 亿 kW，其中空调负荷占高峰负荷的 30%，全国现有大型中央空调约 250 万套，预计未来 5 年在全国推广 5%，约 12.5 万套空调可使用采用动态冰蓄冷技术，全年转移峰时电量约 52 亿 kWh，减少电厂装机容量 1180 万 kW，减排能力约 400 万 tCO_2，节能潜力较大。

208 高效水蓄能中央空调技术

一、技术名称：高效水蓄能中央空调技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑领域供热制冷

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

随着我国城镇化快速发展，建筑能耗总量也持续快速增长。在建筑能耗中，空调能耗约占建筑能耗的50%。因此，降低空调能耗已经成为我国建筑领域节能减碳的重要措施。夏季时，空调的大量使用造成我国高峰时段电力紧缺而低谷过剩的矛盾越来越突出，使用节能环保型的空调系统，高效用能，是解决我国高峰用电短缺、实现建筑节能的有效途径。该技术集成使用空气源冷热水机组技术、水蓄能集成技术、冷暖系统自动远程控制技术等，有效实现空调的节能降耗作用，具有良好的经济性、适用性和环保性。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术综合利用水冷空调机组、空气源热泵、水源热泵、地源热泵、热泵热水器、电锅炉等设备为载体，在夜间采用水为蓄能介质，利用水的显热进行能量储存；同时，根据不同建筑物的实际情况和需求进行配套的蓄能，在高峰时段进行释能，通过实现电力移峰填谷而达到降低能耗、节省运行费用的目的。

2. 关键技术

（1）空气源冷热水机组技术

采用全封闭柔性涡旋式补气增焓压缩机，具备超低温、强热型、高效等特点。机组制冷时出水温度 3.5℃；制热时进出水温为 55/60℃。

（2）水蓄能斜温层控制技术

水蓄能分布器计算除了满足 Re 和 Fr 准则外，还可实现经分布器结构和孔口优化设计后的斜纹层厚度低于 30cm。该技术对针低矮空间开发的迷宫+H 型分布器，在高度仅有 2.5m 的使用环境下具有良好分层效果。

（3）水蓄能集成技术

根据客户需求提供不同冷热供应方案，如冷水机组+电锅炉+水蓄能、水源

热泵+水蓄能、地源热泵+水蓄能、空气源热泵+水蓄能等。开发了聚氨酯+聚脲大温差内保温防水结构，可满足电锅炉长期高温蓄热需求。

（4）水蓄能系统控制技术

采用气候（节气）补偿的控制方式，与传统方式相比可节能 5%-10%。增加了水蓄能预警功能，具有远程管控制功能。

3. 工艺流程

高效水蓄能中央空调技术工艺流程见图1。

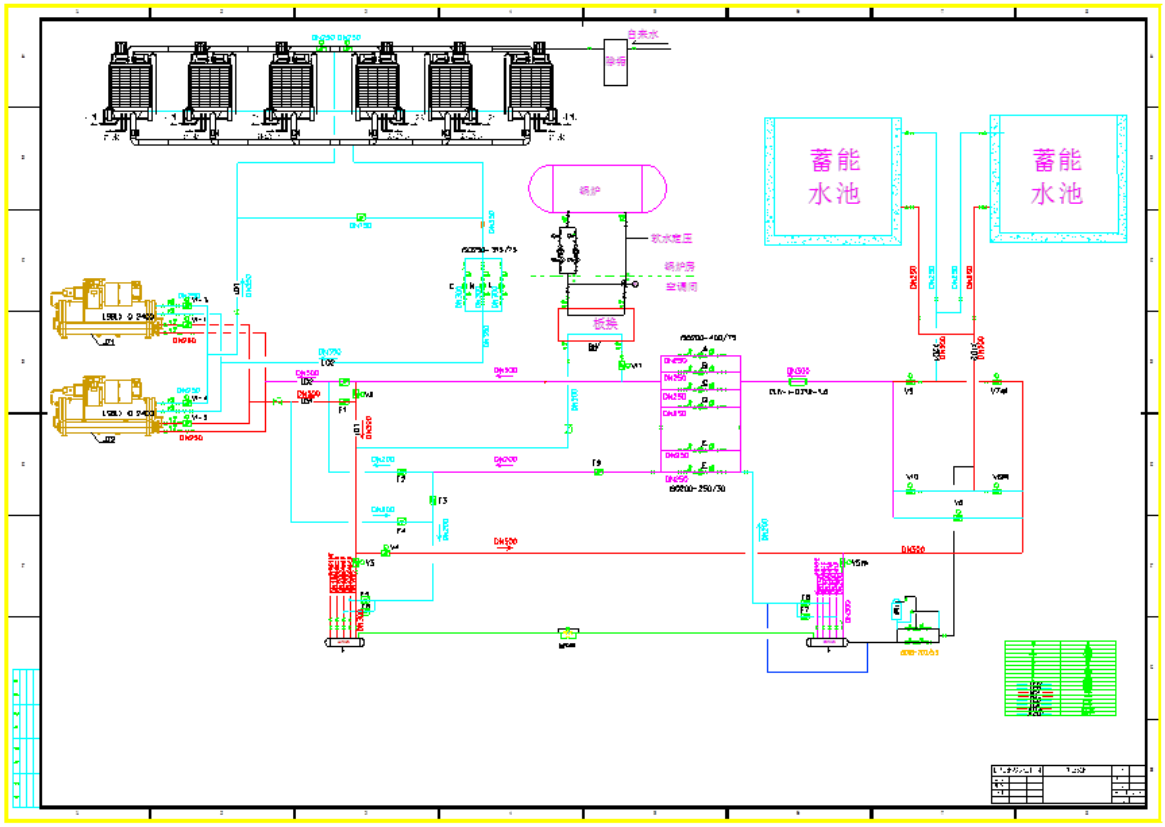


图 1 高效水蓄能中央空调技术工艺流程示意图

五、主要技术指标

1. 蓄能空气能冷（热）水机组在低温工况空气干球温度-25℃，制热时进出水温 55/60℃，蓄能工况的 COP 可达到 1.8；

2. 斜温层厚度≤30cm；混流层厚度≤10cm；

3. 具有气候（节气）温度补偿控制、系统预警功能，并且可实现远程运行管理，系统能耗相比常规控制系统降低 5%-10%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家实用新型专利14项，软件著作权3项。目前，该技术已在酒店、办公楼、商场、工矿企业等70多个项目进行应用，在特别是在替代燃烧小锅炉供热方面显示出明显的优势，具有较大的推广潜力。

七、典型应用案例

典型用户：北京爱玛裕家居、石景山区麻峪药业物流中心等

典型案例 1

案例名称：北京爱玛裕家居购物广场水蓄能项目

技术提供单位：北京辰威晟节能科技有限公司

建设规模：项目建筑面积 8 万 m^2。项目建设条件：改造前项目供暖采用 12 蒸吨的燃煤锅炉，供冷采用风冷热泵机组。项目建设内容：增加水蓄能系统。主要设备：采用 4 台电锅炉、2 台循环水泵、2 台离心机组及水蓄能系统设备。项目总投资 1400 万元，项目建设周期为 10 个月，年可节能 172tce，减少碳排放 403tCO_2。年减少运项目行费用 140 万元,项目投资回收期为 10 年。

典型案例 2

案例名称：石景山区麻峪药业物流中心蓄能能源站

技术提供单位：北京辰威晟节能科技有限公司

建设规模：石景山区麻峪药业物流中心水蓄能配套项目，建筑面积 6 万 m^2。项目建设条件：改造前项目供暖采用 8 蒸吨的燃煤锅炉，供冷采用风冷热泵机组。主要建设内容：改造为水蓄能供暖、供冷系统。主要设备：8 台空气源热泵机组、2 台离心机组、2 台电锅炉、9 台水泵及蓄能系统。项目总投资约 678 万元，项目建设周期为 3 个月，年可节能 129tce，减少碳排放 302tCO_2。年减少项目运行费用 153 万元，项目投资回收期为 4.4 年。

八、推广前景和减排潜力

高效水蓄能中央空调技术不仅可以实现电力的移峰填谷、降低峰谷电比，在应对大气污染替代燃煤小锅炉供暖方面也有明显的优势。预计未来 5 年，该技术的推广比例将达到 5%，项目投资将达到 100 亿元，年可以减少调峰损耗电能 6.7 亿度，可形成的年节能能力约 21 万 tce，碳减排能力约为 50 万 tCO_2。

209 基于相变储热的多热源互补清洁供热技术

一、技术名称：基于相变储热的多热源互补清洁供热技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业　可再生能源与工业低品位余热回收存储利用

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国北方地区城镇采暖面积达 120 亿 m^2，其中城镇集中供热面积为 71 亿 m^2，采暖用能超过 1.8 亿 tce（燃煤约占 90%），不仅消耗了大量化石能源，还造成严重的环境问题。该技术开发了太阳能、风能等可再生能源相变储热系统、低谷电相变储热系统、工业余热回收相变储热系统、相变蓄热移动供热车等多种产品，实现以相变储热技术为纽带构建多热源互补的清洁能源供热系统。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术以相变蓄热技术为核心，将工业余热、低谷电等产生的热能高效储存，实现多热源互补。由于采用可再生能源和低品位工业余热替代传统化石能源供热，减少了化石燃料消耗，实现节能。

2. 关键技术

（1）相变蓄热技术

采用高性能相变蓄热材料（PCM - Phase Change Material）技术，以稀土功能材料作为触发剂和稳定剂，制备无机复合相变材料。该材料随温度变化发生相变，在固相-液相转变过程中，吸收或释放大量的潜热，实现可再生能源与工业余热等能量的稳定储存和转移。

（2）相变蓄热元件模块化技术

将蓄热材料制作成蓄热元件，可依据不同热源特点，利用该元件组装生产多种功能的蓄热产品，实现产品的生产规模化与集成化。

（3）快速储热技术

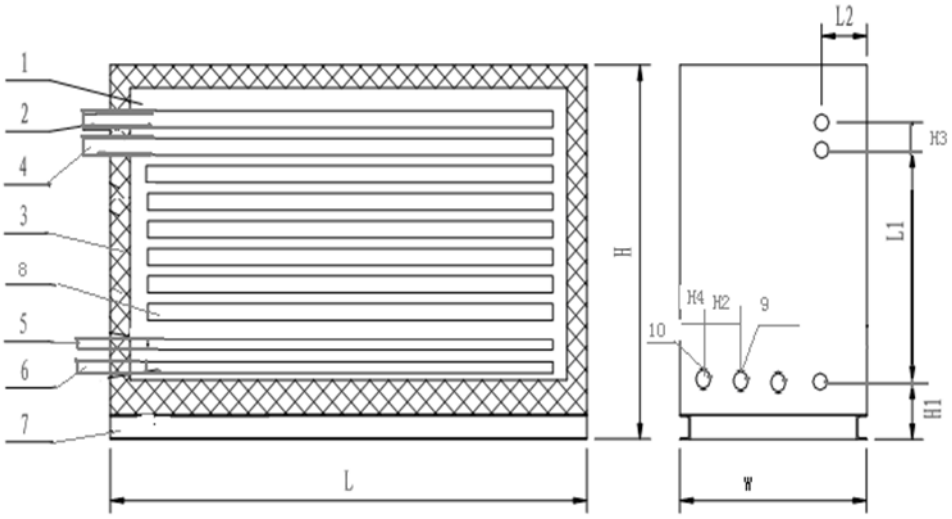
采用金属波纹管壳体以增加传热面积和换热能力。蓄热过程中，由于采用了波纹管结构加速形成内部对流传热，使得蓄热材料融化速度快，实现快速蓄热。

（4）高效板式太阳能相变蓄热技术

将蓄热体和太阳能集热板一体化，相变蓄热体兼作黑体光热转换元件。太阳能产热由蓄热元件中相变材料的相变潜热储存，集热板间采用特殊直接对接结构，消除外接管路，不需要防冻伴热，减少无阳光时的伴热能耗。

3. 工艺流程

相变蓄热装置由余热回收换热器、蓄热元件、供热换热器、导热介质、蓄热箱体、保温壳体、供热控制系统等组成。如图1所示。



1、传热介质 2、进水口 3、保温层 4、出水口 5、冷凝水出口 6、余热蒸汽进口 7、底座 8 蓄热单元 9、补水口 10、排污口

图1 相变蓄热装置结构示意图

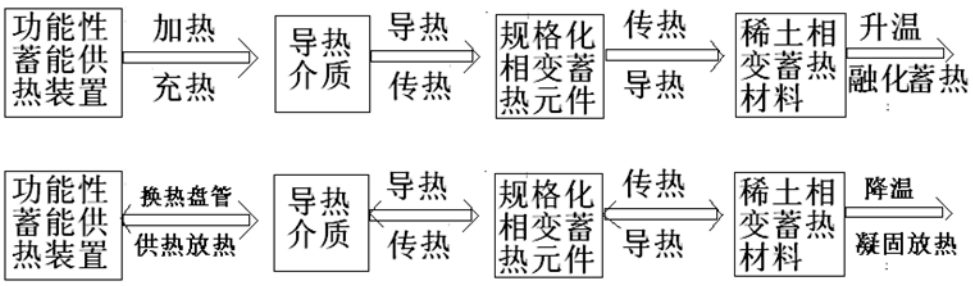


图2 功能性蓄热装置的蓄热放热工作原理示意图

五、主要技术指标

1．稀土相变蓄热材料（82℃）：密度2400kg/m^3，60℃-90ºC蓄热量380kJ/kg，储热能力1000kJ/L；

2．蓄热材料稳定性好，蓄热性能10年无衰减；

3．蓄热装置常压运行，安全性高。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得国家专利 11 项，其中发明专利 2 项，并于 2011 年被列为选北京市节能低碳技术产品， 2012 年入选国家科技部科技惠民目录。目前，已在北京、天津、山东、山西、辽宁、新疆等多地的热电集团以及企业应用，推广潜力较大。

七、典型应用案例

典型用户： 包头钢铁集团、中国管理科学研究院等

典型案例 1

案例名称：包头钢铁高炉渣余热用于集中供热项目

技术提供单位：中益能（北京）技术有限公司

建设规模：对包钢 4 座高炉冲渣水及焖渣低品位余热进行回收。建设条件：该技术适用于 200℃以下中低品位余热回收，包钢高炉渣水池温度平均为 78℃，冲渣水温度约 67℃，包钢附属家属区及周边有供暖和生活热水需求。主要建设内容：利用相变储热技术回收钢厂内放散蒸汽及冲渣水的低温余热，替代钢厂内用于建筑物采暖及水厂生水与除盐水预热的低压蒸汽，替代出的低压蒸汽作为驱动，回收包钢热电厂的循环水余热，满足包钢附属家属区约 380 万 m^2 建筑物的采暖需求。主要设备为相变蓄热装置 16 套、冲渣水余热回收系统 8 套、放散蒸汽回收系统 8 套、智能控制系统 1 套。项目总投资 10680 万元，建设期为 36 个月。项目仅每个供暖期向市政集中供热管网提供总余热量约 380 万吉焦，年节能量约 12 万 tce，减排量约 29 万 tCO_2。产生年经济效益 4700 万元，投资回收期约 4 年。

典型案例 2

案例名称：通州区新农村建设清洁能源供热示范项目

技术提供单位：中益能（北京）技术有限公司

建设规模：400m^2 低谷电与太阳能相变蓄能供热。建设条件：适合需要替代燃煤（气）锅炉和无集中供暖地区。主要建设内容：利用低谷电蓄热技术及太阳能等清洁能源蓄热技术，用较低成本的低谷用电替代区内小型燃煤锅炉，为用户供暖和全年生活热水。主要设备为：低谷电蓄冰蓄热系统 1 套、太阳能相变蓄热

装置 1 套。项目总投资 4 万元，建设期为 15 天。年节能量约 11tce，碳减排量约 26tCO_2。产生年经济效益 0.7 万元，投资回收期约 4.2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计到 2020 年，我国城镇供热面积将从目前 130 亿 m^2 增至 200 亿 m^2，同时城乡居民对生活热水的需求也将迅猛增长。预计未来 5 年，全国清洁能源替代燃煤供热将达到 20 亿 m^2 以上，其中通过相变蓄热技术利用可再生能源和工业余废热供热可达 1 亿 m^2，推广比例约 5%，项目总投资额约 50 亿元，可形成的年节能能力约 175 万 tce，碳减排能力约 400 万 tCO_2。

210 过程能耗管控系统技术

一、技术名称：过程能耗管控系统技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 建筑、交通、机械、电力、通信等行业高能耗单位的电、气、水等能源监测和管控

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状：

当前，我国主要工业用户能源使用管理主要集中在对总体能源消耗量和局部总量数据的监测与管理，缺乏对能源消耗过程细节（包括生产设施内部所有主要用能设备的实际能源使用效率、具体能源消耗过程以及单位产量的具体能耗构成）的监测和管理手段。与发达国家相比，这是造成我国能源管理水平低、单位产品能耗高及二氧化碳排放量较高的原因之一。目前应用该技术可实现节能量 13 万 tce/a，减排约 34 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

过程能耗管控系统产品采用现代智能数字测量与处理技术、大规模总线数据通讯技术以及性能成倍提升的SOC 技术，采用分层分布数据结构，整体能耗管控系统的硬件平台实现对用户的主要用能设备具体用能过程的实时监测与管控，消除生产设备实际用能过程中无效能耗，可降低整体设施能源消耗。

2.关键技术

（1）负载设备智能测量技术；

（2）同步传输通讯技术；

（3）分散设备时钟同步技术；

（4）海量数据存储、查询技术；

（5）基于富客户端的图形化技术；

（6）数据挖掘仿真建模技术；

（7）自动化集成控制技术。

3.工艺流程

工艺构成原理图参见图 1。

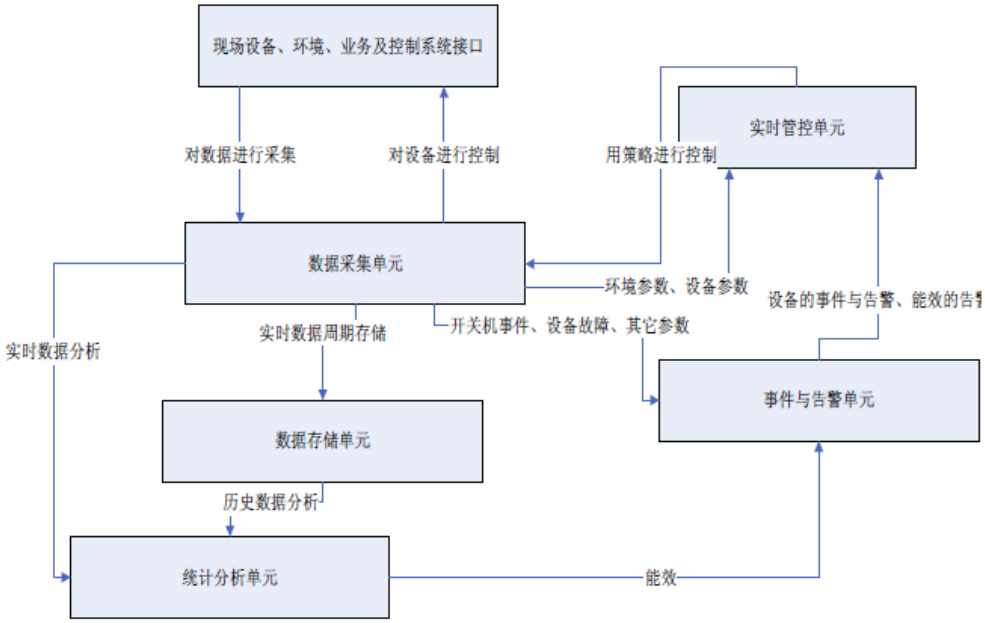


图 1 主要工艺环节构成原理图

五、主要技术指标

1.能源数据综合误差：≤0.5%；

2.遥信信号响应率：≤100%；

3.遥控正确率：100%；

4.系统数据采集频率：1 秒/点；

5.全系统实时数据扫描周期：≤1 秒；

6.画面实时调用响应时间：实时画面≤2 秒，其它画面≤3 秒；

7.画面实时刷新周期：2-3 秒，可调；

8.打印报表输出周期：按需整定；

9.系统可用率：≥99.99%；

10.系统平均无故障时间 MTBF：>30000 小时；

11.系统内双 CPU 的负荷率：正常状态下任意 30min 内小于 35%；事故情况下 10s 内小于 50%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

技术产品获得了广东省重点新产品。目前该技术已在北京北站和南方中集控实际运行，节能效果良好。

七、典型应用案例

典型案例 1：北京北站

技术提供单位：深圳市海亿达能源科技股份有限公司

节能改造前北京北站耗电设备主要动力系统包括售票室机械系统、安检系统、电梯系统和排污系统等设备，站台照明系统和空调系统，平均每年耗电量1501.95万kWh。该项目对站房内耗电设备进行监测、分析和管控，对中央空调和照明系统安装控制子系统，直接实施管控措施。，能准确的发现无效用能，并采取管控措施；及时发现低效能耗，进行优化系统配置提高系统能效；依据能源管控系统调整工艺调度，找出能源使用最优的工艺调度策略；通过实施能源管控系统管控模式和非管控模式两种情况下耗电量进行数据对比，综合节能率达到29.5%。项目总投资169万元，年节约电费46万元，节约59tce，投资回报期约3 年。

典型案例 2：深圳南方中集东部物流装备制造有限公司

技术提供单位：深圳市海亿达能源科技股份有限公司

全面实施能源管控系统前，2011 年中集单箱能耗达到238kWh。该项目对中集厂区5个低压配电房（装机总容量为35900kVA）、生产用电、用水、用气（压缩空气、天然气、蒸汽、CO_2 等）的能源数量、能源使用过程数据、耗能设备运行参数进行实时采集、存储、分析，结合产量、生产工艺、设施状况、班组排班等信息展开组合式的能源在线监测、分析与管控。单箱能耗从238kWh下降到217kWh，通过能源管控系统，对厂房配电箱、生产设备的能耗进行实时监测、分析，并结生产合工艺流程，制定合理的管控指令，降低能耗，每年为中集节约600万元的费用。项目总投资680万元，年节约费用电费280多万元，因能更准确统计年用电量，免去罚单约240多万元，即每年可以为中集节约520多万元费用，投资回报期约1.2年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年该技术在行业内的推广潜力可达到 10%，总投入 45 亿元，年节能能力 130 万 tce，年减排能力 343 万 tCO_2。

211 蒸汽节能输送技术

一、技术名称：蒸汽节能输送技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 热力输送，城镇集中供热、热电联产蒸汽热能输送、分布式能源配套热网等。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前国内蒸汽输送热能损耗一般在 10%-30%左右，并且管道占据地下空间较大，城镇供热管网建设的投资能耗高。应用该技术可实现节能量 28 万 tce/a，减排约 74 万 tCO_2/ a。

四、技术内容

1.技术原理

将应用与航空航天等领域的纳米级二氧化硅气凝胶绝热保温材料和玻璃纤维、泡沫保温材料以最佳的形式组成蒸汽输送管道的保温层结构，其是具有高保温性、高防水性、高稳定性的节能性蒸汽输送管道。采用抽真空技术将保温管道保温腔中空气抽空，最大限度减少对流换热损失，在蒸汽输送环节降低热能损耗，同时优化疏水方式，减少疏水环节蒸汽热能损耗。

2.关键技术

纳米级二氧化硅气凝胶绝热保温层以及其高保温性能和防水性能等、复合保温结构设计以及其优越的保温性能和经济性；抽真空技术以及优化疏水技术。

3.工艺流程

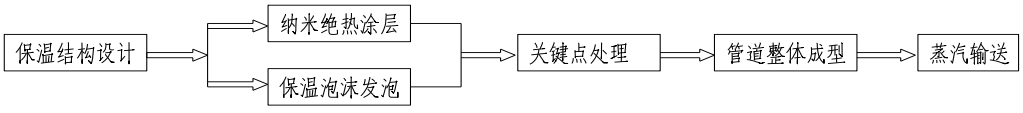


图 1 蒸汽节能输送技术工艺流程图

注：优化疏水技术在节点处理环节，抽蒸汽系统在蒸汽输送正式运行初期环节。

五、主要技术指标

1.管道外表面散热损失平均减少≥20%；

2.工程造价平均降低约≥5%；

3.管道占据空间平均减小≥25。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术通过省级科技成果鉴定，经查新属于国内最新的行业技术，故属于国内领先技术。所应用的保温材料均为无机材料（二氧化硅气凝胶绝热保温材料和超细玻璃棉），材料性能稳定，无毒无害无污染，整体钢套钢保温管道生产技术成熟，在行业能应用实践较长，可靠性较好。蒸汽节能输送技术除了对热力输送领域保温材料应用和保温结构设计是一次质的提升和跨越，能够实现输送环节能源损耗降低 20%以上，还能够将热网工程尤其是直埋热网工程的综合造价略有降低，使得该项技术的技术先进性和可实施行同样较好。

七、典型应用案例

典型案例 1：黄石市集中供热工程

技术提供单位：武汉德威工程技术有限公司

建设规模：单线管长 21km，最大供热量 171t/h，314.3 万 GJ/a。主要技改内容：增加管道纳米绝热涂层、对管网中所有蒸汽管道进行抽真空处理，主要设备包括纳米绝热涂料和抽真空机。节能技改投资额 1000 万元，建设期 1 年。每年可节能 6500tce，年节能经济效益为 630 万元，投资回收期约 1.6 年。

典型案例 2：宜兴协联热电联产工程

技术提供单位：武汉德威工程技术有限公司

建设规模：单线管长 8km、最大供热量 70t/h，126 万 GJ/a。主要技改内容：增加管道纳米绝热涂层、对管网中所有蒸汽管道进行抽真空处理，主要设备包括纳米绝热涂料和抽真空机。节能技改投资额 500 万元，建设期 1 年。每年可节能 2300tce，年节能经济效益为 204 万元，投资回收期约 2.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术推广比例增加至 20%，则年节能量可以达到 280 万 tce，年减排 739 万 t。

212 墙体用超薄绝热保温板技术

一、技术名称：墙体用超薄绝热保温板技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 新建建筑节能保温、既有建筑节能改造

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，国内保温市场发展很快，主要用于建筑节能市场和工业保温市场。当前市场上保温材料主要包括以下几种：

1.膨胀聚苯板（EPS 板）：导热系数 0.037-0.041， 保温效果好，强度较差；

2.挤塑聚苯板（XPS 板）：导热系数 0.028-0.03，保温效果更好，强度高，耐潮湿，使用时表面需要处理；

3.岩棉板：导热系数 0.041-0.045，防火，阻燃吸湿性大，保温效果差；

4.胶粉聚苯颗粒保温浆料：导热系数 0.057-0.06，阻燃性好，废品回收，保温效果不理想，对施工要求高，主要应用于建筑保温上；

5.聚氨酯发泡材料：导热系数 0.025-0.028，防水性好，保温效果好，强度高；

6.珍珠岩等浆料：导热系数 0.07-0.09 ，防火性好，耐高温保温效果差，吸水性高。

与国外主流外墙保温材料的各项性能相比，上述各种保温材料仍有一定差距，由于建筑保温材料应用的范围广、数量多，因此有较大的节能潜力。目前应用该技术可实现节能量 98 万 tce/a，减排约 259 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该保温材料主要由填充芯材与真空保护表层复合而成。其中，填充芯材主要是低导热系数的芯材填料，外层采用多层复合材料进行包覆，以保证整个保温板材的气密性。通过对整个板抽真空至内压低于一定值以下，可有效地避免空气对流引起的热传递，因此导热系数可大幅度降低。该保温板完全采用无机材料，不含有任何有毒性材料，具有环保和高效节能的特性。

2.关键技术

（1）真空绝热芯；

（2）封装设备与薄抹灰施工技术。

3.工艺流程

墙体用超薄绝热保温板工艺流程见图1。

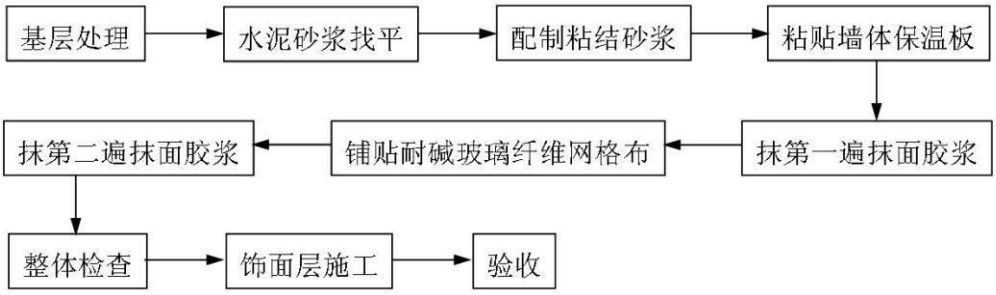


图1 墙体用超薄绝热保温板施工工艺流程图

五、主要技术指标

1.导热系数低于 0.008W/(m·K)；

2.属于 A 级防火材料，技术产品应用可以达到国家要求建筑节能标准；

3.每平米重量 3kg。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术产品已通过国家建筑材料质量监督检验中心检验，2010 年 1 月通过住房和城乡建设部科技发展促进中心组织的科技成果鉴定。目前，该技术产品的使用建筑面积约 200 万 m^2，已形成生产、施工一整套技术体系，并在墨德馨大厦、新泰市 110 处置中心、青岛市奥帆中心、潍坊宝鼎花园、青岛坊子街等建筑物外保温工程中应用，技术成熟可靠。

七、典型应用案例

典型用户：万科集团、青岛海都集团、唐山市建设局、中国建筑技术集团有限公司等

典型案例 1

技术提供单位：中国建筑科学研究院

建设规模：建筑面积 10 万 m^2，建设条件外墙干挂大理石。主要技改内容：保温面积 3 万 m^2。节能技改投资额 180 万元，建设期 5 个月。每年可节能 1638tce，年节能经济效益为 163.8 万元，投资回收期约 1 年。

典型案例 2

技术提供单位：中国建筑科学研究院

建设规模：建筑面积 70 万 m^2，建设条件外墙乳胶漆。主要技改内容：保温面积 20 万 m^2。节能技改投资额 1200 万元，建设期 5 个月。每年可节能 1.15 万 tce，年节能经济效益 1150 万元，投资回收期约 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

随着国家对节能环保的要求，对建筑外墙节能保温材料要求也越来越严格，目前新建建筑都要求进行保温材料安装，而且要求使用 A 级防火材料进行施工，因此使用该技术既满足了国家对节能环保的要求又满足了对安全防火的要求。

目前，我国既有建筑外墙保温需实施改造的约 130 亿 m^2，新增建筑需做保温处理的约有 100 亿 m^2。 预计未来 5 年，可推广实施的建筑面积约为 17 亿 m^2，可形成的年节能能力约为 245 万 tce，减排 647 万 tCO_2。

213 磁悬浮变频离心式中央空调机组技术

一、技术名称：磁悬浮变频离心式中央空调机组技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 本产品为大型离心式中央空调系统，适用各种建筑空调:地铁、办公写字楼、酒店、学校、机场和工艺冷却等场所

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

1.普通离心式中央空调满载能效一般在5.5左右；IPLV在7左右；能效低消耗大量能源。

2.普通离心式中央空调能量调节负荷一般为30%-100%之间；低负荷存在喘振风险；运行过程中为避免喘振需要额外消耗能源。

3.普通离心式中央空调噪音一般在80分贝，存在严重噪音干扰和振动；需要额外进行降噪和减震处理；

目前应用该技术可实现节能量4万tce/a，减排约11万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

利用直流变频驱动技术，高效换热器技术，过冷器技术，基于工业微机的智能抗喘振技术，提高离心式中央空调的运行效率和性能稳定性，从而实现节能目的。

2.关键技术

（1） 磁悬浮无油运转技术，运行完全无摩擦，无机械损耗，比常规机组寿命提高 1倍；无油运行，省去复杂润滑油系统，机组能效提高15%；

（2）全直流变频技术，实现负荷变化与机组完全匹配，实现10%-100%负荷自由调节，实现超高部分负荷能效；

（3） 高效换热器技术，通过CFD 模拟验证，获得换热器管群换热最优，降低传热温差，提高能效；

（4）双级压缩机补气增焓+过冷器技术，充分发挥双级压缩效果，利用独立过冷器提高冷媒过冷效果，提高单位冷媒制冷能力；

（5） 基于工业微机的智能抗喘振技术，利用工业级控制器实时采集压缩机运行状态，调整转速与IGV，确保机组稳定可靠运行。

3.工艺流程

工艺流程见图1所示。

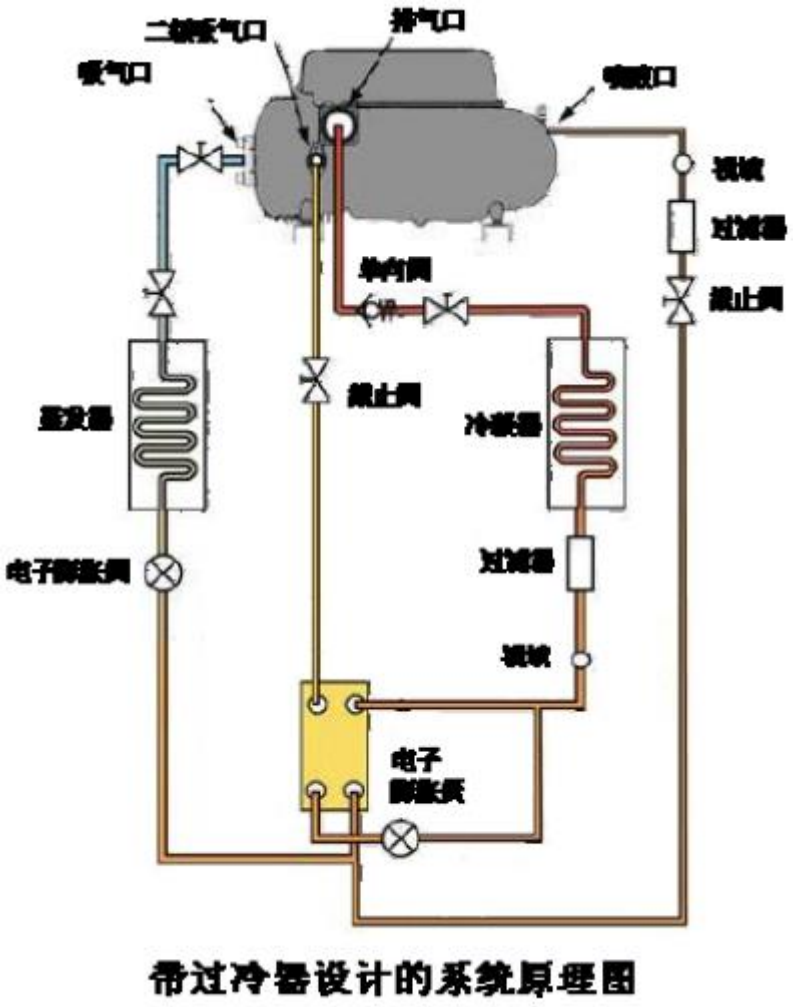


图1 系统原理图

低温低压制冷剂经膨胀机构节流降压后，进入水交换器（蒸发器）中蒸发吸热，从空气（水）中吸收大量的热量； 蒸发吸热后的制冷剂以气态形式进入压缩机，被压缩后，变成高温高压的制冷剂（此时制冷剂中所蕴藏的热量分为两部分：一部分是从空气（水）中吸收的热量 Q2，一部分是输入压缩机中的电能在压缩制冷剂时转化成的热量 Q1； 被压缩后的高温高压制冷剂进入热交换器（冷凝器），将其所含热量（Q1+Q2）释放给进入热换热器中的冷却水，冷却水被加热后，经过冷却塔冷却，再进入热交换器（冷凝器）。放热后的制冷剂以液态形

式进入膨胀机构，节流降压如此不间断进行循环。磁悬浮离心式冷水机组主要由磁悬浮离心压缩机、壳管式冷凝器、满液式蒸发器、电子膨胀阀、经济器及其电控系统组成。

五、主要技术指标

1.机组的综合能效比(IPLV)11.1；

2.机组最大 COP26；

3.机组启动电流 2A。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2009 年 6 月通过山东省科技局的专家评审，处于国际领先水平；2009 年 12 月山东省科技局的专家评审：处于世界同类产品国际领先水平；中国轻工业联合会科技进步三等奖；山东省科学技术进步奖。产品经过试验检测，各项性能指标均高于国际水平，且性能稳定可靠，结构合理。首批产品于 2007 年应用于深圳招商地产项目，目前已经稳定运行 5 年时间，经过客户和环境的双重检验。

七、典型应用案例

典型案例 1

案例应用单位：凯芙建国酒店

技术提供单位：青岛海尔空调电子有限公司

建设规模：占地面积 90000m^2，建筑面积 19860m^2。新建五星级酒店项目，其中客房面积为 9440m^2，餐饮商务面积 10410m^2，豪华客房、标准客房以及套 172 间。主要技改内容：空调制冷主机和冷却水系统。主要设备：LSBLX300/R4(BP)机组 2 台。节能技改投资额 300 万元，建设期 1 年。年节能经济效益为 15.79 万元，投资回收期约 2.98 年。

典型案例 2

案例应用单位：南海意库 3#办公楼项

技术提供单位：青岛海尔空调电子有限公司

建设规模：该项目主体为五层，总建筑面积 21960m^2，其中空调面积 15600m^2。主要技改内容：空调制冷主机和冷却水系统。主要设备：LSBLX360/R4(BP) 1 台。节能技改投资额 100 万元，建设期 1 年。年节能经济效益为 10.46 万元，投资回收期约 1.91 年。

八、推广前景及节能减排潜力

国家能源政策是节能和新能源开发、再生能源利用并重。因此，高能效技术的推广应用在我国具有极大的现实意义和广阔的发展前景。大型地铁、办公写字楼、酒店、学校、机场和工艺冷却等场所的招标均要求节能，预计未来 5 年，直流变频离心式中央空调机组在离心式中央空调的占比会提高到 10%；总计投入在 5 亿元，预计节能 39 万 tce，减排 102 万 tCO_2。

214 分布式能源冷热电联供技术

一、技术名称：分布式能源冷热电联供技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 大型楼宇建筑，容积率较高的综合物业形态区域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

常规模式冷、热、电的供应由大型电厂通过燃煤实现，目前我国发电量的供电标煤消耗为 326g/kWh，供电效率 39%。电能通过高压线路远距离输送至各用能建筑，建筑内夏季冷需求通过电制冷机制冷，冬天通过锅炉采暖。远距离电力输送浪费严重电能损失超过总发电量的 6%，极大影响电厂总的发电效率。热电冷三联产系统可以实现现有冷、热、电供应模式的改变，其综合能效可达到甚至超过 75%。该技术在不同应用领域其配置有所不同，配置方案主要取决于当地的能源需求结构，而主要设备无论那种模式都包括原动、制冷及供热等装置。目前应用该技术可实现节能量 9 万 tce/a，减排约 24 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

用能建筑就近建设能源站，采用一次能源天燃气作为主要能源发电，发电机产生的尾气用来制冷与采暖，能源梯级利用，能源利用率可高达85%。同时直接在需能单位就近建设，避免输送浪费。

2.关键技术

（1）溴化锂吸收式余热设备：远大自主研发可应用于冷热电联供系统的余热设备，利用发电机尾气或余热，进行制冷或制热或提供卫生热水，一机三用，共计拥有50余项吸收式技术专利，稳定可靠。

（2）多能源组合模式：远大针对冷热电联供系统的特点，开发出了热水制冷机组、蒸汽制冷机组、烟气制冷制热机组、混合能源型制冷制热机组，与各类发电机组无缝对接。

（3）精确冷热电配比：远大通过多年项目经验，总结出冷热电设计项目规范，自主开发了冷热电配比软件，针对不同用户采用软件精确分析冷、热、电需

求，并根据需求设计最节能环保的冷热电系统。远大设计的冷热电系统已经在多个项目上得到验证。

（4）冷热电自动控制系统：远大通过多个项目的运营管理经验，自主研发，开发了冷热电自动化控制系统与能耗监测系统，实现对各个设备自动控制，实时监测设备能耗，绘出能流图，通过软件分析能耗情况，自动调整运行策略，保障经济运行。

3.工艺流程

工艺流程见图1所示。

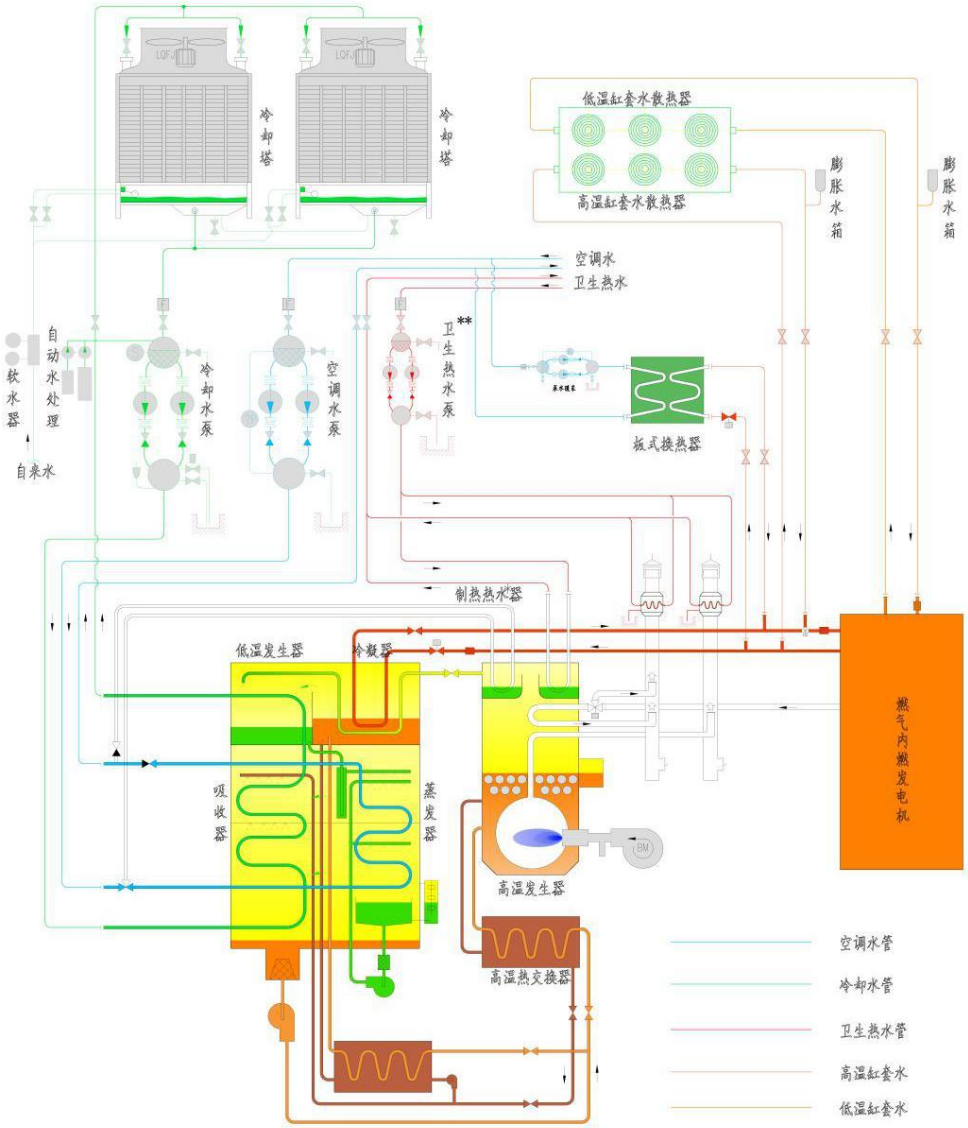


图1 工艺流程图

五、主要技术指标

1.年平均标煤节能量：12.86kg/m^2；

2.年平均 CO_2 减排量：37.7kg/m^2；

3.年综合能源利用率：70%以上。

传统用能的能耗及碳排放现在，根据国家统计数据：每 kWh 发电量的供电标煤消耗 325g，供电效率 38% 。

制冷：电制冷机的能耗，根据运行 COP 值折算成每 kWh 冷量消耗的相应电量，并换算成对应的标煤消耗，社会平均电制冷机运行 COP 为 4.5。

锅炉的能耗：根据全国平均水平的燃气锅炉效率，社会平均锅炉效率为 85% 。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2013 年被评为北京市高新技术成果转化项目，并获得多项专利。该技术在美国、欧洲、日本等许多国家被广泛的推广应用。而在我国从上个世纪开始探索并应用，目前在北京、上海、江苏等地应用较为普遍。

七、典型应用案例

典型案例 1

案例应用单位：航天五院 1 期

技术提供单位：远大能源利用管理有限公司

建设规模：航天五院总面积 70 余万 m^2，1 期面积 17.6 万 m^2，机房配置 2 台 1160kW 发电机组，1 台 800 万 kcal 余热机组，1 台 800 万 kcal 燃气机组，1 台 500 万 kcal 燃气机组，为整个园区供冷，供热以及部分电力。建设条件：有较为稳定的冷热负荷及电负荷；有稳定可靠的天燃气供应；有相应的场地可供建设。主要技改内容：突破传统建筑供能模式，直接在建筑附近建设能源站；主要输入能源只有天燃气，发电自发自用；利用发电机尾气余热制冷采暖利用天燃气对余热制冷进行补充，保障系统的稳定性。主要设备：发电机、余热制冷机组、天燃气制冷机组、水泵若干、散热设备若干。节能技改投资额对比传统模式，增加投资 1516 万元。建设期 1 年，年节能量 1302tce/a，节能经济效益 130 万/年，投资回收期 11 年。

典型案例 2

案例应用单位：黄花机场

技术提供单位：远大能源利用管理有限公司

建设规模：黄花机场总面积 15.4 万 m^2，机房配置 2 台 1163 发电机，1 台余热机组。建设条件：有较为稳定的冷热负荷及电负荷；有稳定可靠的天燃气供应；有相应的场地可供建设。主要技改内容：突破传统建筑供能模式，直接在建筑附近建设能源站；主要输入能源只有天燃气，发电自发自用；利用发电机尾气余热制冷采暖；利用天燃气对余热制冷进行补充，保障系统的稳定性。主要设备：发电机、余热制冷机组、天燃气制冷机组、水泵若干、散热设备若干。节能技改投资额 8200 万元。建设期 1 年，年节能量 3300tce/a，节能经济效益 1020 万/年，投资回收期 10.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

分布式能源作为一种新型的能源利用方式，与传统电力系统相比具有节省投资、降低损耗、提高系统可靠性、能源种类多样化、减少污染等诸多优点，在美国、欧洲、日本等许多国家被广泛的推广应用。我国从上个世纪开始探索并应用分布式能源，经过多年的经验积累，分布式能源在我国有了很大的发展。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例可达到 10%，，总投入 15 亿元，节能能力 90 万 tce/a，减排能力 238 万 tCO_2/a。

215 分布式水泵供热系统技术

一、技术名称：分布式水泵供热系统节能技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 本技术应用于集中采暖地区的供热节能改造工程

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

据资料显示，我国北方采暖地区城镇的实际采暖耗热量大体位于0.4GJ-0.55GJ/(m^2a)，平均约在 0.47 GJ/(m^2a)。经过我公司多年供热经验，传统供热系统实际采暖耗电量在 1.2-2.5kWh/(m^2a)之间，平均约 2kWh/(m^2a)。目前应用该技术可实现节能量 42 万 tce/a，减排约 111 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

分分布式混水系统在锅炉房内设置主循环泵，换热站或楼前混水机组设置沿程泵与混水泵。循环水泵加装变频调速控制装置，利用自控技术将质调节转变为动态变流量调节。气候补偿器按照室外温度变化计算出最适宜的供水温度，控制变频控制器调节二级泵与沿程泵的转速，实时改变进入换热器的一次循环水量，达到控制二次水温度、维持用户室内温度恒定、按需供热节约能源的目的。

2.关键技术

（1）压差点的选择：热源出口处选择合适的压差点最节电；

（2）补水定压的稳定控制：采用旁通定压的方式有利系统的平稳运行。

（3）气候补偿自动调节：充分利用调节灵活的特点达到最大的节能效果。

（4）分布式水泵供热系统调节：减少系统波动，保持稳定、安全运行

3.工艺流程

锅炉房内的热源循环泵，负责热源内部的水循环；热力站一次网侧设置加压泵，负责一次网的水循环；热站二次网侧设置循环水泵，负担用户侧的水循环，如图1。

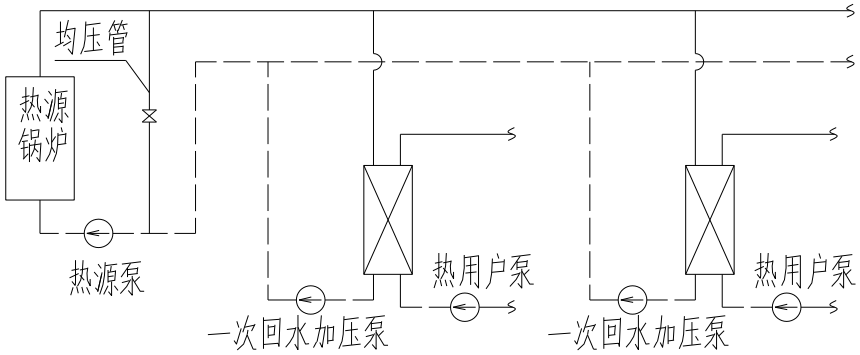


图1 工艺流程图

五、主要技术指标

1.可自动调控热源循环泵和热力站一次泵，实现供热量自动调节。

2.采取旁通定压、系统停电联锁控制等措施，保障锅炉的安全运行。

3.一次网实现“大温差”运行，降低运行电耗。

4.热力站二次网温度调节响应快、调节精度高，能够迅速实现一次管网水力平衡。

5.内置多种控制手段，适应初调节、日常运行调节和故障处理。

6.远程集中监控，远程管理与维护。

7.支持 PC、手机、掌上电脑等手持无线设备访问和操作系统。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该系统是一套国内领先的拥有自主知识产权的监控系统， 已经通过建筑行业科技成果评估。分布式水泵供热系统从设计上就避免了无效能耗的产生，“以泵代阀”来实现热量的调节；还能随着室外气温的变化实现补偿调节，循环流量在 50%-100%的设计流量下运行，经计算该系统运行可节电 50%。

七、典型应用案例

典型案例 1

案例应用单位：北京市丰台区房屋经营管理中心供暖设备服务所 翠林燃煤锅炉供热系统

技术提供单位：北京硕人时代科技有限公司

建设规模：改造燃煤锅炉房 1 座和 11 座换热站组成的供热系统，供热面积 1113459m^2。建设条件：已有燃煤热水集中供暖系统。主要技改内容：1、采用气候补偿控制柜，实现 11 个换热站一次管网加压泵的气候补偿自动控制，并实现

实时采集运行参数和故障自动报警等功能；2、实现锅炉房运行数据采集、自动故障报警和一次主循环泵和旁通电动阀的自动控制；3.采用 HOMS5.0 软件实现锅炉和换热站的远程集中监测和调度。主要设备：气候补偿控制柜、锅炉房现场控制柜、变频柜（含变频器）、水道温度/压力传感器；HOMS5.0 供热运行管理软件。项目投资额 115.1 万元。建设期 3 个月，项目节能量 1276.51tce，折合每平米节省标煤 1.146kg，节能经济效益 153 万/年，投资回收期 1 年。

典型案例 2

案例应用单位：阳泉市热力公司

技术提供单位：北京硕人时代科技有限公司

建设规模：采用分布式水泵热网监控系统改造供热面积 645 万 m^2，31 个换热站。建设条件：多热源集中供热系统、热电联产供热。主要技改内容：采用现场控制柜，实现 31 个分布式水泵换热站的数据采集、本地自动控制、和故障自动报警等功能，可实现无人值守；实现多个热电厂首站的数据采集、自动故障报警；采用 HOMS5.0 软件实现锅炉和换热站的远程集中监测和调度。主要设备：现场控制柜、变频柜（含变频器）、水道温度/压力传感器；HOMS5.0 供热运行管理软件。项目投资额 723 万元。建设期 3 个月，项目节能量 16874tce，折合每平米节省标煤 2.61kg，节能经济效益 593 万/年，投资回收期 1.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

分布式水泵热网监控系统具有很高的应用和示范价值，符合国家节约能源的产业政策，属于国家鼓励节能改造项目，对于推进节能环保事业和建设资源节约型社会起到积极的促进作用。预计未来 5 年，该技术在行业内的节能潜力达到 5%，投资额 10 亿元，形成的年节能能力万 104tce/a，减排能力 275 万 tCO_2/a。

216 基于冷却塔群变流量控制的模块化中央空调节能技术

一、技术名称:基于冷却塔群变流量控制的模块化中央空调节能技术

二、技术所属领域及适用范围: 建筑行业 建筑及工业领域使用水冷式机组的中央空调系统

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

近年来，我国的建筑能耗不断升高，约占全社会能源消费的 28%-30%。2013 年，我国能源消费总量为 37.6 亿 tce，仅建筑能耗就达到 10.5 亿 tce 至 11.28 亿 tce。建筑用能中约有 50%的能耗与空调系统有关，中央空调能耗占医院总能耗的 35%-45%，占酒店总能耗的 50%-60%，占写字楼总能耗的 50%-60%。此外，数据机房及生产企业的中央空调也存在大量的能源消耗。提高中央空调系统能效，降低相关能源消耗，对于促进我国建筑行业节能减排具有重要意义。目前应用该技术可实现节能量 3 万 tce/a，减排约 8 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该技术采用冷却塔群变流量技术，充分利用冷却塔有效换热面积，提高冷却效率，减少冷却水流量需求，降低主机及冷却水泵的能耗；采用双变流量技术，用一次泵系统实现主机定流量安全运行、末端变流量节能运行，降低冷冻水泵的能耗；由传统的采集所有温度、压力、流量等信号，由上位机集中处理后发出指令去驱动相关设备，变为独立采集相关设备信号后直接驱动的方式，实现模块化控制，各个设备按预先设定运行，实现系统高效运转。

2.关键技术

（1）模块化控制技术。由原来的集中采集信号变为各个模块独立采集信号，其优点在于系统可以标准化生产后大量普及。

（2）智能型变流量冷却塔技术。采用水力稳压器以及变流量喷头组合而成。当流量变化时，能够均匀布水的冷却塔群，以实现冷却塔在流量变化时仍然保持高效，降低冷却水温度。

（3）双向变流量技术。中央空调主机与末端流量互相补偿，以实现冷冻水

泵流量扬程的有效匹配，达到节省冷冻水泵电能的目的。

（4）水力平衡控制技术。末端各个分支之间流量分配技术，以达到各个支路流量的有效分配，以此达到冷冻水泵电能以及损耗下降的目的。

3.工艺流程

该技术以冷却塔变流量技术为前提，冷却塔模块根据采集的数据，在尽可能降低冷却水温度的前提下，使冷却塔风机节省电能；冷却泵模块根据采集的数据，控制冷却泵运转速度以及数量提高系统输送系数；主机策略模块根据冷机的特性，控制冷机工作在高效区；冷冻泵控制模块在双变流量技术的硬件支持下，达到末端与主机流量的互调，降低冷冻泵用电量；水力平衡模块负责调节各个支路的流量。利用配套研发的WISDOM平台，实现整个系统的智能化节能运行，其系统原理图见图1。

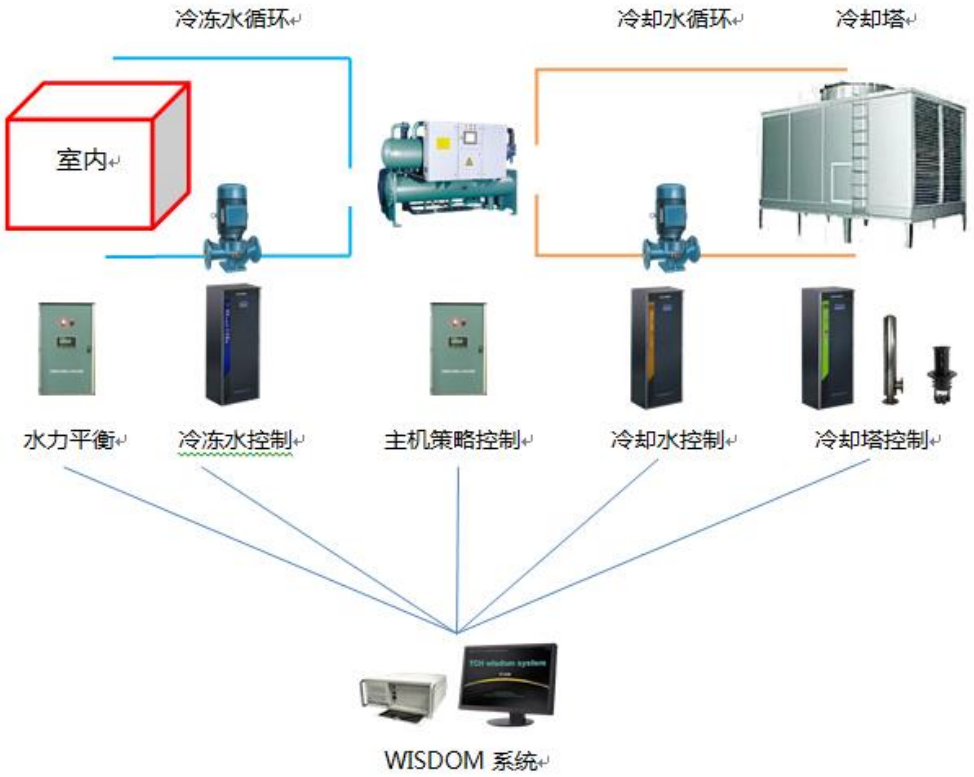


图 1 模块化控制高效节能水冷式中央空调系统原理图

五、主要技术指标

1.中央空调整体节能率：≧30%；

2.中央空调机房年综合制冷能效比：4-5。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术中的“冷却塔水力稳压器”和“智能型变流量冷却塔”分别于 2011 年和2013 年通过江苏省科学技术厅的高新技术产品认定，并于 2011 年获得国家火炬计划项目资金支持。此外，该技术已获得 11 项国家专利，其中发明专利 1 项，计算机软件著作权 5 项。目前，已在医院、酒店、商场、写字楼、电子厂、光伏厂、制药厂等 60 多个项目中成功应用。

七、典型应用案例

典型用户：东方电气集团（宜兴）迈吉太阳能公司、宜兴市中医医院等。

典型案例 1

案例名称：东方电气集团（宜兴）迈吉太阳能公司中央空调系统改造项目

技术提供单位：江苏天纳节能科技有限公司

建设规模：1.5 万 m^2 建筑面积。建设条件：由离心式机组，横流式冷却塔和冷冻、冷却水泵构成水冷式系统。主要技改内容：将原有 4 台 700m^3/h 的冷却塔升级成智能型变流量冷却塔，对 3 台 1000RT 离心机进行主机策略控制，对 2 台 90kW 冷冻泵进行控制，对 2 台 75kW 冷却泵进行控制。主要设备包括：冷却塔变流量喷嘴 1867 个，水力稳压器 DN200 型 16 个，冷却塔能效控制柜 2 台，冷却水能效控制柜 2 台，冷冻水能效控制柜 2 台，主机策略控制柜 2 台，监控终端 1 套。节能技改投资额 315 万元，建设周期 2 个月。每年可节能 823 tce，碳减排量 2172tCO_2。年节能经济效益 187 万元，投资回收期 1.7 年。

典型案例 2

案例名称：宜兴市中医医院中央空调系统改造项目

技术提供单位：江苏天纳节能科技有限公司

建设规模：8 万 m^2 建筑面积。建设条件：由蒸汽型溴化锂主机，横流式冷却塔和冷冻、冷却水泵构成水冷式系统。主要技改内容：将原有 3 台壳管式换热器更换为 2 台浮动盘管式换热器；通过管路改动，实现冷热水共用循环水泵，拆除原有 3 台 18.5kW 热水泵；将原有 3 台 600m^3/h 的冷却塔 90 度转向，并升级成智能型变流量冷却塔；对 3 台制冷量 2330kW 蒸汽型溴化锂主机进行主机策略控制；对 2 台 75kW 冷温泵进行控制；对 2 台 75kW 冷却泵进行控制。主要设备包括：冷却塔变流量喷嘴 1200 个，水力稳压器 DN200 型 12 个，冷却塔能效控制

柜 2 台，冷却水能效控制柜 2 台，冷温水能效控制柜 2 台，主机策略控制柜 2 台、热源策略控制柜 1 台，监控终端 1 套。节能技改投资额 296 万元，建设周期 2 个月。每年可节能 884tce，碳减排量 2334tCO_2。年节能经济效益 220 万元，投资回收期约 1.3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

随着我国城镇化建设与建筑节能工作不断推进，大型建筑的中央空调节能改造将具有广阔的市场前景。预计未来5年，该技术在行业内的推广比例将达到1%，项目数量达500项，总投资额7.5亿元，形成的年节能能力为25万tce，年碳减排能力为66万tCO_2。

217 低辐射玻璃隔热膜及隔热夹胶玻璃节能技术

一、技术名称:低辐射玻璃隔热膜及隔热夹胶玻璃节能技术

二、技术所属领域及适用范围: 建筑行业 建筑及建材行业民用或商业建筑窗体

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国既有建筑窗户玻璃维护市场约 100 亿 m^2，每年新增建筑窗户玻璃 2 亿-3 亿 m^2。由于我国节能玻璃起步较晚且价格相对较高，造成节能玻璃技术推广较为缓慢。据测算，我国每年通过窗户损失的能耗约占全社会终端总能耗的 13.8%，占建筑能耗 50%以上。该技术的应用可以降低通过窗户损失的能耗，减少建筑用能，其市场前景广阔，节能潜力较大。应用该技术可实现节能量 2 万 tce/a，减排约 5 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该技术是在聚酯薄膜上涂布具有高反射红外、紫外光谱性能的金属及金属氧化物，经压制贴合制成隔热膜，其具有隔热节能、抗紫外线、美观舒适、安全防爆等特性。隔热膜贴于既有建筑的玻璃表面可以起到良好的隔热作用，可减少建筑物内热能的损失。同时，该隔热膜用于复合玻璃中，可制成夹胶玻璃，其效果与镀膜玻璃特性类似，但工艺更为简单，成本更低，具有较大的节能潜力。

2.关键技术

（1）控制红外反射率的溅射技术：关键材料选择和溅射工艺；

（2）纳米涂布技术：纳米材料分散、材料选择和精密涂布技术；

（3）紫外阻隔技术：阻隔紫外线材料的选择和分散涂布技术；

（4）夹胶玻璃组装技术。

3.工艺流程

隔热膜的结构包括硬化层、PET 聚酯片基、隔热层和背胶层。其中，硬化层暴露在空气中，具有抗摩擦和抗腐蚀的作用；隔热层阻挡太阳光中的红外线透过进入室内，起到隔热的效果；背胶层具有与玻璃有黏贴作用的同时，阻挡阳光中的紫外线进入室内对人体和物体造成伤害，其结构原理如图 1 所示。

隔热夹胶玻璃结构主要包括玻璃、PVB 胶膜和隔热膜。其中，PVB 主要起与玻璃粘结的作用，赋予玻璃防碎防爆的安全功能；隔热层具有阻隔紫外线和红外热线的作用，其结构原理如图 2 所示。

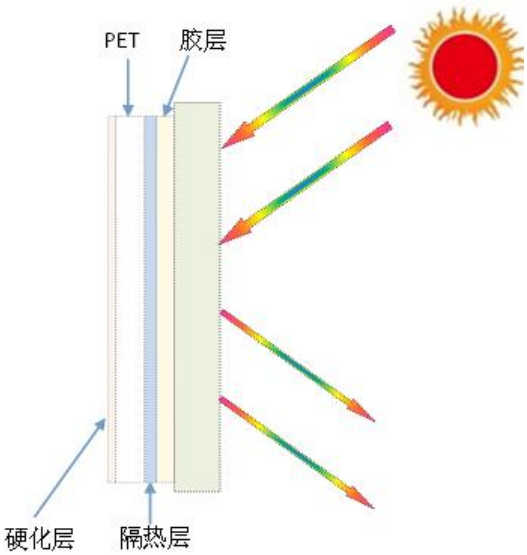


图 1 窗户玻璃隔热膜结构示意图

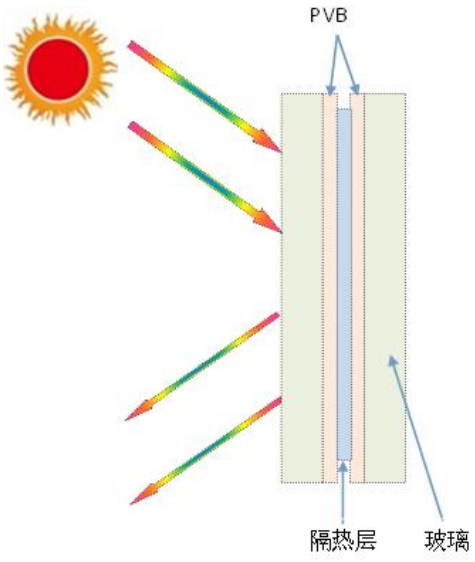


图 2 隔热夹胶玻璃结构示意图

五、主要技术指标

1．窗户玻璃隔热膜技术指标

（1） 可见光透过率≥56%；

（2） 红外线透过率≤8%；

（3） 紫外线透过率≤1%；

（4） 太阳能总隔阻率≥60%。

2．隔热夹胶玻璃技术指标

（1）可见光透过率≥55%；

（2）红外线透过率≤5%；

（3）紫外线透过率≤0.5%；

（4）太阳能总隔阻率≥65%。

六、典型应用案例

该技术于 2014 年 5 月国家安全玻璃及石英玻璃质量监督检验中心的检测认定，并已获得国家发明专利 5 项，实用新型专利 1 项。目前，该技术已在乐凯胶

片股份有限公司、保定市永屹机电设备安装维修有限公司等 4 家企业应用。

七、典型应用案例

典型用户：乐凯胶片股份有限公司、保定市永屹机电设备安装维修有限公司等

典型案例 1

项目名称：保定市永屹机电设备安装维修有限公司建筑窗体玻璃改造项目

技术提供单位：中国乐凯集团有限公司

建设规模：既有建筑窗体玻璃 1.2 万 m^2。建设条件：已有建筑未采用节能技术的窗体玻璃。主要技改内容：居民小区和办公大楼建筑玻璃直接贴隔热膜。项目投资约 90 万元，建设期约 1 个月。年节能量 192tce，年减排量 507tCO_2。每年可获得经济效益约 17 万元，投资回收期约 5 年。

典型案例 2

项目名称：乐凯胶片股份有限公司空中走廊玻璃窗改造项目

技术提供单位：中国乐凯集团有限公司

建设规模：既有建筑窗体玻璃 100m^2。建设条件：已有建筑未采用节能技术的窗体玻璃。主要技改内容：将原有中空玻璃替换成隔热夹胶玻璃。技改投资为 2 万元，建设期约 7 天。年节能量 2.3tce，年减排量 6.1tCO_2。每年可获得节能经济效益 4000 元，投资回收期约 5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，有超过 100 亿 m^2 的玻璃节能改造市场，而具有较大需求的玻璃节能改造市场超过 1 亿 m^2。预计未来 5 年，隔热膜及隔热夹胶玻璃技术应用比例将达到 10%，累计面积达 1000 万 m^2，项目总投资规模达 10 亿元，每年可形成节能能力约 21 万 tce，年碳减排能力 55 万 tCO_2。

218 溴化锂吸收式冷凝热回收技术

一、技术名称：溴化锂吸收式冷凝热回收技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 采暖供冷、工业领域工艺制冷及供热

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

本技术主要是针对同时有制冷制热需求的用户，通过采用冷凝热回收技术回收制冷剂冷凝废热，在制冷的同时产生 80-90℃的高温热水，降低机组的运行能耗。

以每标准台溴化锂吸收式冷凝热回收机组（制冷量 1163kW，卫生热水量 400kW）为例，常规形式的直燃机每小时天然气耗量为 125m^3/h，使用冷凝热回收技术后，机组运行能耗为 105m^3/h，直燃型冷凝热回收机组每小时运行能耗降低 20m^3（相当于 24.5kgce）。溴化锂冷凝热回收技术较常规方式可降低 15%能耗，减少 7%的冷却水流量及电耗等。

与常规电空调加锅炉的模式相比，当电气价比为 1：3.75 时运行费用相当，每小时节省 73kgce。

四、技术内容

1．技术原理

在溴化锂吸收式制冷机的高温发生器内增加高温冷凝器，回收制冷蒸气在冷凝过程中放出的冷凝热用于制取空调热水、卫生热水、生产工艺用热或其它热用途。相当于输入 1 份驱动热源可以获得 1 份热的同时获得 0.7 份冷。

2．关键技术

（1）机组内部双效流程及单效循环流程同时存在并且不相互干扰。（2）机组内部突破常规冷凝热回收供热温度最高 50℃的限制。（3）机组突破常规溴化锂吸收式机组功能单一，实现由制冷机向冷凝热回收、分隔式供热切换的技术难题，机组内部实现不同工况间的转变。（4）机组制冷、供热负荷间通过机组控制系统实现智能调节。

3．工艺流程

溴化锂冷凝热回收机组由高温发生器、高温冷凝器、低温发生器、低温冷凝器、蒸发器、吸收器等其它管道组成。在高温发生器内输入热能加热溴化锂溶液，产生高温制冷蒸汽和浓溴化锂溶液，高温制冷蒸汽在高温冷凝器内冷凝产生90℃左右的热水供用户使用，冷凝下的制冷剂在蒸发器内蒸发制冷，产生的制冷蒸汽在吸收器内被发生器内的浓溴化锂溶液吸收变稀。稀溶液经泵送至发生器内再次加热循环。

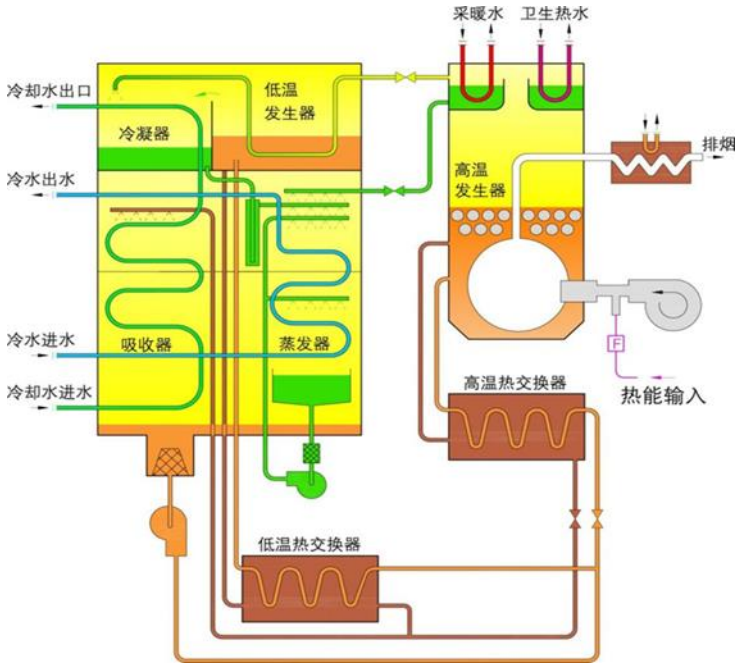


图 1 主要工艺流程

五、主要技术指标

机组制冷量范围为 233kW-11630kW，冷凝热回收调节范围 0%-100%，实现部分冷凝热回收至全热回收的转换。冷凝热回收制取的热水温度最高可以达到 95℃。每输入一份天然气，可以获得 0.7 份冷的同时得到 1 份冷凝热回收热量。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

1. 技术鉴定及获奖情况

直燃型冷凝热回收机组通过《中国国家节能产品认证证书》，获得 2015 年度湖南省战略性新兴产业领域首台（套）重大技术装备，申请企业标准《溴化锂吸收式冷凝热回收机组》。

2. 目前技术应用现状及产业化发展情况

经过两年多的推广，目前已在使用的客户达到 10 多家，总生产台数达到 15 台，总制冷量达到 32468kW，约占远大空调公司年生产标台数的 5%。目前主要用户为：

江铃小蓝、深圳威斯汀酒店、萍乡市第一人民医院、芜湖海螺医院、韩国金融中心、北京右安门医院、南昌大学第一附属医院、安徽国耀星达城、桂林罗山湖等。

后期拟投资 1000 万人民币用于厂房的改造，新增一条生产线，适应销量的增加。

七、典型应用案例

典型案例 1

典型案例应用单位：南昌市江铃股份小蓝基地

项目名称：江铃小蓝二期项目

技术提供单位：远大空调有限公司

建设规模，本项目二期新采购一台 BZ800 型号（800 万 kcal/时）冷凝热回收机组。项目总投资 700 万元，建设期 6 个月。该冷凝热回收机组同时提供 7℃冷水和 90℃热水，机组制冷量 4800kW，制热量 5000kW，采用冷凝热回收技术全年可节省 300 万 m^3 天然气，节省运行费用 1200 万元，相当于年节能量 3600tce，减排 9500tCO_2。年经济效益可达 1350 万元，回收期 0.5 年。

典型案例 2

典型案例应用单位：深圳益田威斯汀酒店，

项目名称：深圳威斯汀酒店节能改造项目

技术提供单位：远大空调有限公司

建设规模：将原 BZ150 机组改造成冷凝热回收机组用于提供卫生热水，空调面积 22000m^2。项目总投资 254.9 万元，建设期 2 个月。改造后单台机组制冷量 1745kW，卫生热水 600kW。运行一年节省运行费用 44 万元，相当于年节能量 443tce，减排 1170tCO_2。年经济效益可达 113.46 万元，回收期 2.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例为 20%，预计总投入 31104 万元，形成年节能量 1.296 亿 m^3 天然气，相当于年节能能力 16 万 tce，年减排量 42 万 tCO_2。

219 浅层地能利用之一：单井循环换热地能采集技术

一、技术名称： 单井循环换热地能采集技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 节能、环保、可再生能源利用领域。浅层地能与成熟的热泵技术产品结合，适用建筑无燃烧智慧供暖（制冷、提供生活热水），以清洁可再生的浅层地能替代煤、油等传统化石能源，实现建筑节能及减排，有利于电力需求侧的高效用电、平衡用电。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

采用传统电供暖，建筑物面积热指标按 50W/m^2 计算，供暖时间 123 天，单位平方米每供暖季平均折合耗电量约为 109.8kWh, 单位平方米每供暖季平均折合碳排放 82.35kgCO_2。

四、技术内容

1．技术原理

浅层地能是0℃到25℃可再生的低品位热能，,来源和保持主要由于太阳和地芯热的共同作用形成，主要蕴含在陆地的岩土体以及自然界的江河湖海之中。单井循环换热地能采集技术是以水为介质，安全、高效、省地、经济地采集浅层地能，实现在动态平衡下自然能源的循环利用。

2．关键技术

以循环水为介质全封闭循环换热采集浅层地能，源汇同一，利用压差形成温差。在任何地质条件下都可以安全、高效、省地、经济地采集浅层地能，。简单说就是一个广义的高效土壤换热器。

3．工艺流程

单井循环换热地能采集井由负压腔、正压腔、平衡腔、密封腔组成，以水为介质，从负压腔将采集到的热量进入换热器，将换热以后的介质通过高压腔循环到负压腔，封闭循环换热。平衡腔的功能是保证在动态平衡之下自然能源的循环采集。

（1）有蓄能颗粒采集井：，循环水由置于隔热管底部抽水去的潜水泵抽出，进入热泵机组放热或吸热后，由热泵机组返回进入地能井的上部加压回水区内。

水流在有蓄能颗粒的环形空间内向下流动至抽水区，透过隔热管下部的花管部分进入隔热管，再由潜水泵抽出。水流在有蓄能颗粒的环形空间由上向下的运动的过程中实现热交换。

（2）无蓄能颗粒地能采集井：，井水由置于隔热管底部抽水去的潜水泵抽出，进入热泵机组放热或吸热后，由热泵机组返回进入地能井的上部加压回水区内，通过花管流出地能采集井外遇周围岩土体进行热交换后，通过隔热管下部的花管进入隔热管内再由潜水泵抽出。水流在由正压区流到负压区的过程中实现与井周围岩土体的热交换。

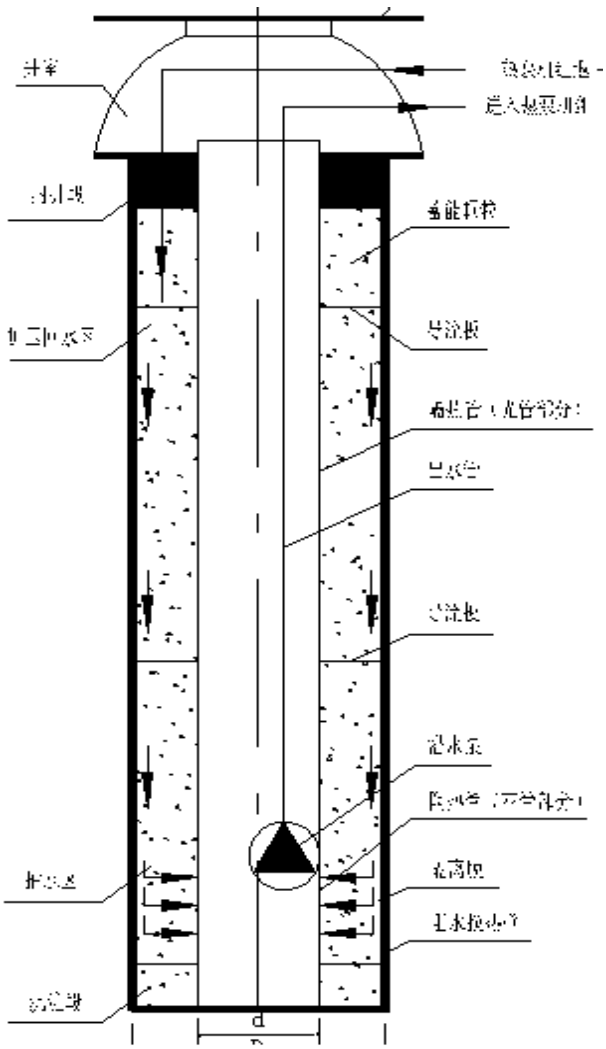


图1 有蓄能颗粒地能采集井示意图

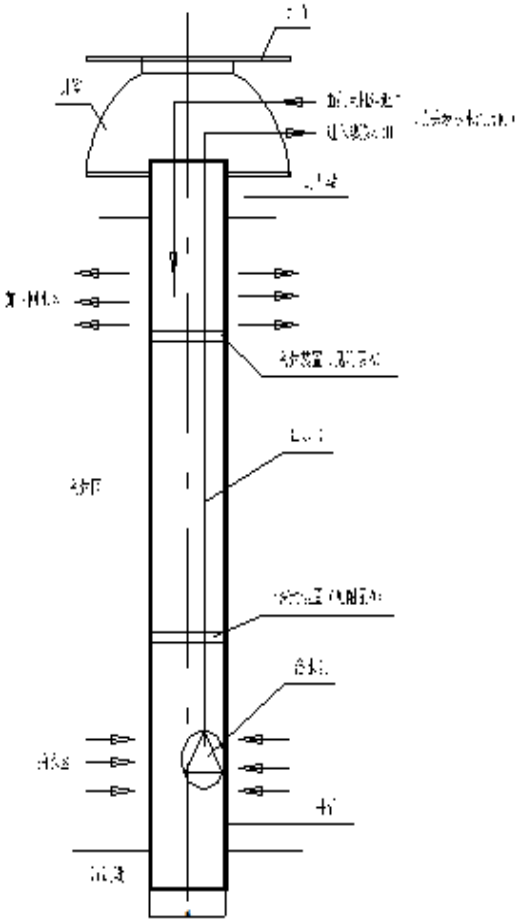


图 2 单一水层无蓄能颗粒地能采集井示意图

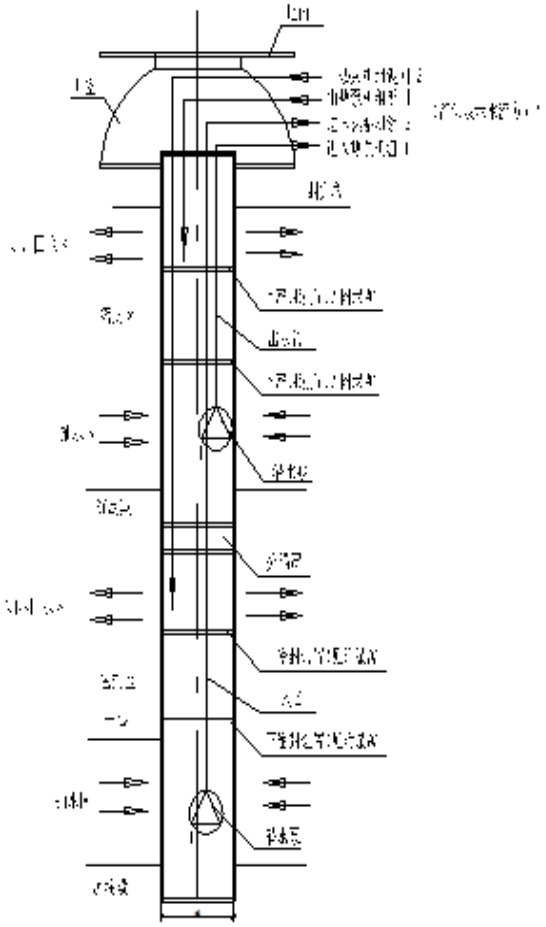


图 3 多水层无蓄能颗粒地能采集井示意图

五、主要技术指标

1．有蓄能颗粒采集井：地层岩性：粗砂、岩石，供热功率 250kW-500kW；地层岩性：岩石，供热功率 30kW-320kW；地层岩性：粉砂、细砂，供热功率 30kW-250kW；地层岩性：粘土，供热功率 30kW-150kW。

2．无蓄能颗粒采集井：地层岩性：粗砂、卵石，供热功率 15kW-500kW。

3．换热效率为传统地埋管 20-100 倍，占地面积为传统地埋管 1/20-1/100 分之一。对地下水零消耗、零污染。实现水为介质，源汇同一 100%回灌。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

1．技术鉴定及获奖情况：省部级鉴定达到国际先进水平。国内外双向查询为原创技术。2008 年 12 月获得全国工商联颁发的科技进步一等奖。

2．单井循环换热地能采集原创技术，实现了产业化的发展，以 1200 元采集 1kW 的热能，它让传统的燃烧供暖行业全面升级换代利用浅层地能无燃烧为建

筑物智慧供暖，发展了地能热冷一体化的新兴产业。地能热冷一体化新兴产业是以新能源为基础，进行与浅层地能相匹配的新产品（热泵）开发，集成保证供暖的系统，完善产业链。地能热泵环境系统：相当于传统区域锅炉房集中供暖。地能热宝系统：相当于传统农村农户的自采暖。50MW-900MW 分布式地能冷热源站：相当于传统城市热力。实现传统能源的替代、浅层地能为建筑物无燃烧智慧供暖的全覆盖。

七、典型应用案例

典型案例 1

典型案例应用单位：北京海淀外国语实验学校

项目名称：北京海淀外国语实验学校

技术提供单位：恒有源科技发展集团有限公司

建设规模：北京海淀外国语实验学校总建筑面积 92632m^2。主要技改内容：采用 13 口单井循环换热地能采集井，13 套地能热泵环境系统，满足北京海淀外国语实验学校由教学楼、图书馆、科技馆、宿舍、食堂、体育馆、游泳馆等诸多建筑组成的建筑群的供暖、制冷、生活热水、泳池加热。项目总投资 3242.12 万元，建设期 6 个月。供暖直接能耗成本每平方米 18.06 元，北京市热力非居民供暖收费标准每平方米 47 元，冬季供暖较北京热力非居民供暖收费标准节约 60.74%，全年（供暖、制冷、5400 人的生活热水、泳池加热）运行费用合计也低于仅供热的北京热力非居民供暖收费标准每平方米 20.28 元。年节能量约 3372tce，年减排量 8902tCO_2。

典型案例 2

典型案例应用单位：全国工商联

项目名称：全国工商联办公楼

技术提供单位：恒有源科技发展集团有限公司

建设规模：全国工商联办公楼总建筑面积 23000 m^2。主要技改内容：采用 4 口单井循环换热地能采集井，1 套地能热泵环境系统，满足全国工商联办公楼采暖、制冷、生活热水。供暖直接能耗成本每平方米 15.28 元，北京市热力非居民供暖收费标准每平方米 47 元，冬季供暖较北京热力非居民供暖收费标准节约 66.8%，全年（供暖、制冷、生活热水）运行费用合计也低于仅供热的北京热力非居民供暖收费标准每平方米 15.46 元。年节能量约 337tce，年减排量 890tCO_2。

八、推广前景及节能减排潜力

2014 年我国建筑能耗占社会总能耗的 41%。预计未来 5 年，全国采用浅层地能供暖建筑面积约 5.85 亿 m^2，单井循环换热地能采集技术将推广应用至约 1.2 亿 m^2，占全行业的 20%，预计总投入约 420 亿元，可形成年节能能力约 300 万 tce/a，减排量约 792 万 tCO_2/a。

220 浅层地能利用之二：浅层地（热）能同井回灌技术

一、技术名称： 浅层地（热）能同井回灌技术及装置

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 建筑工程节能，使用于酒店、住宅、商业、学校、医院、工业园区等民用商用中央空调或者需要供暖的区域 。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

以鑫港假日酒店项目为例，改造前采用多井回灌水源热泵中央空调技术，建筑面积为12000m^2，检测了三个月的数据从2013年12月17日-2014年3月17日3个月的捡测数据表明，能耗为81.8tce，碳排放量为215t。

四、技术内容

1. 技术原理

用先进的钻井成井工艺，在井内安装“浅层地热能同井回灌”装置。地下水抽取上来后，将水中携带的低位地热能量交换给热泵系统，释放能量以后的水又回到同一口井内。回水通过井内抽灌换热装置，将回灌水按照设计的流量分三到四层回灌到井周围的土壤和滤料层中。水在回灌过程中与土壤进行热交换，使其采集了地热能量，能持续、恒定地供应制冷、制热所需的能量。

2. 关键技术

浅层地热能同井回灌技术采用独特的成井工艺，井孔直径为800mm，井深为150-260m，井管采用直径为377mm的花管，空间四周添加了250mm厚，标准颗粒直径为3-5mm的石英砂，改变了现有的地质结构。解决不同地质灌通问题，多路回水在高压作用下，实现了100%回灌，不浪费地下水资源。四周都是滤料层为标准颗粒石英砂，降低了水流的流速，延长水与土壤的交换，提高了换热量，使出水温度一直处于恒定状态，保证了运行这一技术节能的稳定性。

3. 工艺流程

从潜水泵抽出通过抽水管，经水处理装置进入主机换热后，换热后的水经过回水装置分流到井下三到四层的回水空间，回水经过和滤料层土壤层和水换热后又回到出水点，这一循环周而复始的进行。回水点的设置是根据当地的地质条件情况去设置。水一直在密闭循环，对水质无污染。

五、主要技术指标

多路同时回水，实现等量的出水、回水，可实现 100%回灌，不浪费水资源，节能效果显著，比常规空调节能 40%左右。整个系统能效指标可达 6.5 以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

1. 技术鉴定及获奖情况

此项技术获得了 7 项实用新型专利和发明专利共 7 项，2015 年 8 月 14 日已经通过了科技成果鉴定，鉴定结果为回灌率 100%，节能效果显著，达到国内行业领先水平。

2. 目前技术应用现状及产业化发展情况

我们公司拥有自己的标准化加工厂房和研发实验基地，；该技术已经获得知识产权局颁发的专利证书，8 月 14 日通过了科技成果鉴定，达到国内领先水平。三年来该技术已经广泛应用于工程项目中，目前在建的项目已经达到 450 多万 m^2，已经运行的项目 12 个项目，面积达到 200 多万 m^2

七、典型应用案例

典型案例 1

典型案例应用单位：河南省鑫港实业有限公司

项目名称：鑫港假日酒店中央空调合同能源管理改造工程

技术提供单位：河南润恒节能技术开发有限公司

建设规模：12000m^2 供热面积。主要技改内容：改造水源井系统，机房设备更换及系统改造，自动化控制系统。项目总投资 235 万元，建设期 30 天。项目实施前的 2013 年 12 月-2014 年 3 月，综合能耗为 66.5584 万 kWh，供给面积为 12000m^2，单位面积能耗为 55.47kWh/m^2。项目实施后 2014 年 12 月-2015 年 3 月，综合能耗为 23.016 万 kWh，供给面积为 12000m^2，单位面积能耗为 19.18kWh/m^2，2015 年 1 月-3 月项目节能量为 43.5454 万 kWh，53.51tce。每年酒店运行 270 天，平均每年节能量 160tce，年减少二氧化碳排放量 422t，经济效益 45 万元，投资回收期 5 年。

典型案例 2

典型案例应用单位：郑州升达经贸管理学院

项目名称：郑州升达经贸管理学院中央空调合同能源管理改造工程

案例应用节能技术情况：

建设规模：该项目的建设面积为500000m^2，项目投资4800万元，项目改造前采用锅炉供暖和分体空调供冷的方式，每年消耗原煤 28023t，消耗电力 3246万kWh，共计折合标煤32405.27tce；冬季运行100天，夏季运行70天；项目实施后可实现每年节能量为22841tce，减少二氧化碳排放量60300t，校区每年节省运行费用1900万元，公司运行利润为850万元，回收期5.6年。

八、推广前景及节能减排潜力

该项技术推广前景很大，在适宜的水文地质条件下解决了水源热泵的回灌问题，充分了开发利用了低品位能源-地热能，采用地热能同井回灌技术，结合合同能源管理运营模式，可以大面积推广。因能源站布置灵活、可大可小；一个能源站可供给建筑面积大则几十万 m^2、小则几千 m^2；解决了用户供暖的问题，把节能效益发挥到最好，既减少前期投资，又降低后期运行费用，对节能减排做出很大的贡献。预计未来5年，该技术在行业内的推广比例可达到8%，预计总投入39.6亿元，可形成节能能力约27万tce/a，减排能力为71万tCO_2/a。

221 智能热网监控及运行优化技术

一、技术名称：智能热网监控及运行优化技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 建筑行业供热领域，适用于热电联产集中供热系统和区域锅炉房集中供热系统。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

2014年，我国北方地区城镇采暖面积达120亿m^2，其中城镇集中供热面积为71亿m^2。采暖用能超过1.8亿tce（燃煤约占90%）。不仅消耗了大量能源，产生了大量的二氧化碳排放，同时还带来了严重的环境问题，是我国北方地区冬季雾霾的主要成因之一。

四、技术内容

1.技术原理

通过集成互联网、云计算和自动化控制相关技术搭建智能化供热管理平台，实现从热源、热力站、管网到热用户的全供热系统的集中监控和热量计量，保证供热系统安全节能运行。其核心是集中监控、热量计量、预警分析、量化管理。平台内置数据分析模型，可通过对历史数据的分析自动总结温度运行规律、经济流量、热指标、能耗指标等，模拟和预测供热系统运行和事件发展趋势，提前预警，从而优化热网调度，减少事故发生概率，缩短事故处理时间。

2.关键技术

（1）采用自感知、自学习、自适应计算，并结合动态预测负荷预测、单位面积能耗、气象预测等算法，形成云计算数学模型，经过学习形成供热量与室内温度、室外气象的函数关系，自动归纳供热运行规律，给出最佳运行调度参数，精确调控供热系统。

（2）优化后的算法可用于预测供热系统的未来24小时热负荷、未来3天热负荷，实现把总量细化为每个能耗计量点每小时的热量指标，满足多样化的供热需求。

3.工艺流程

智能热网监控及运行优化技术工艺流程如图1所示。

通过全面监控可获取各能耗计量点的实际运行数据，利用负荷预测内置数据分析模型，可自动分析、自动优化热负荷与气象的关系，并自动计算出各个能耗计量点的逐时热负荷和建议供回水温度。优化后的参数可传输给全网调度，通过手动或自动对全网进行调节。能耗管理环节可对前一阶段的能耗和室内温度情况进行分析总结，考核完毕后，将结果通过全面监控反馈给各个能耗计量点。

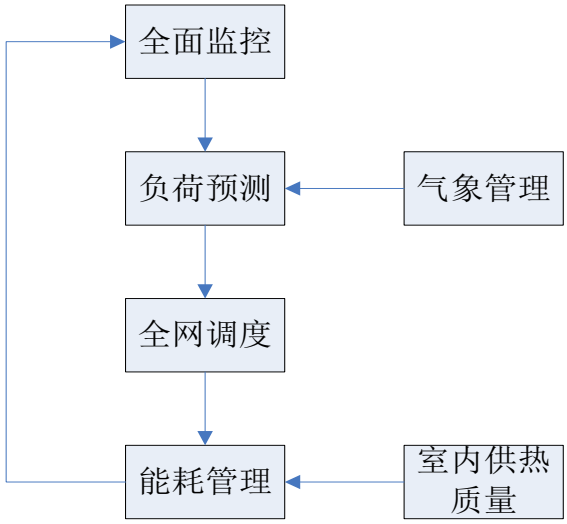


图 1　智能热网监控及运行优化技术工艺流程示意图

五、主要技术指标

1．全面监控，可实现热源、热力站、公共建筑、居住建筑和热用户的供热全过程动态监测、远程调控和计量。

2．自优化的负荷预测功能，可实现单个能耗计量点的未来24小时和未来3天的负荷预测和建议供回水温度。

3．可依据负荷预测建议值自动进行全网调度。按照能耗计量点实测值与预期目标的偏差调节一次网流量，平衡后可一键保存当前平衡状态。

4．可手动进行全网调度，调度完成后，与设定偏差不大于±1℃，热量偏差不大于±5%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得国家发明专利 1 项，计算机软件著作权授权 2 项。于 2012 年 6 月通过国家住房和城乡建设部组织的科技成果鉴定，并于 2013 年作为全国建设

行业科技成果进行推广。目前全国应用供热系统智能化运行调度的供热面积已达约 3.6 亿 m^2，在北京、哈尔滨、阳泉、西安、乌鲁木齐等城市供热系统中均进行了推广应用。

七、典型应用案例

典型用户：北京大龙供热中心、乌鲁木齐华源热力股份有限公司、哈尔滨信托物业供热有限责任公司、西安能源服务有限公司、阳泉热力公司等

典型案例 1

案例名称：北京大龙供热中心节能改造工程

技术提供单位：北京硕人时代科技股份有限公司

建设规模：845 万 m^2 供热系统，建设前采用人工调控燃煤锅炉房供热量，并人工调控热力站供热量、热力站的水力平衡等。主要建设内容：包括智能热网 IDH 管理平台的软件开发与调试，服务器、网络设备、显示系统、视频监控、视频电话会议等等硬件设备；热源厂集中监控系统建设、热力站自动化监控系统和管网平衡阀等硬件设备。节能技改投资额 3597 万元，建设期 12 个月。年节能 9902tce，减排 26145tCO_2。每年可节能收益为 851 万元。投资回收期约为 4 年。

典型案例 2

案例名称：阳泉热力公司供热节能改造项目

技术提供单位：北京硕人时代科技股份有限公司

建设规模：1696.5 万 m^2 供热系统，地势呈驼峰状，地势高差 120m。由阳光、龙川、河坡和调峰热源厂联网供热，热网无法远程调控。主要建设内容：在供热指挥调度中心建设智能热网 IDH 管理平台。建设期 2 年。年节能 12800tce，减排 33792tCO_2。节能技改投资额 4377 万元。全年节能收益 1860 万元。投资回收期约为 2.3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

我国传统集中供热系统管理水平相对落后，在解能源监测、统计分析、供热系统能耗预测及预警等方面有很大提升空间。因此精细化、全自动的供热系统故障诊断及运行方案优化必将成为我国供热领域节能改造的方向。预计到 2020 年，该技术在供热/冷行业的推广比例将达到 5%，可形成的年节能能力约为 18 万 tce，年碳减排能力为 48 万 tCO_2。

222 燃气锅炉烟气余热回收利用技术之一：宽通道双级换热燃气锅炉烟气余热回收技术

一、技术名称：利用烟气余热预热燃气锅炉给水给风节能技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业　供暖、燃气锅炉

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

随着我国对环境保护的重视，燃气锅炉应用比例逐年加大。截至目前，燃气锅炉总规模已达到我国锅炉保有量的 12%，降低锅炉的排烟温度一直是燃气锅炉节能领域重要的研究方向。利用烟气余热预热燃气锅炉给水给风节能技术可大幅回收烟气中的余热，可使燃气锅炉由原始排烟温度 120℃降低到 40℃，可提高锅炉效率 4%-11%。同时，该技术的应用还可以减少氮氧化物的排放，具有节能和环保双重效益。

四、技术内容

1.技术原理

该技术通过2段换热和烟气冷凝水回收技术，极大降低燃气锅炉排烟温度，实现烟气余热的回收利用。首先，通过一级换热装置，将烟气温度降低至60℃以下，回收烟气中的显热；其次，利用常温空气预热器进行冷却，将烟气降低至40℃以下，回收烟气中显热及潜热；最后，将微酸性冷凝纯水进行处理作为供暖系统的补充水，实现第三级余热回收。同时，该技术还配有废气再循环系统，通过改变锅炉燃烧方式，抑制氮氧化物的生成。

2.关键技术

（1）高性能换热组件设计及加工技术。将不锈钢板片冲压成凸槽、凹槽；两板之间凸槽的顶部相对,作为支撑点；凹槽的底部相对构成窄流道。高性能换热组件结构简图 1 和图 2。

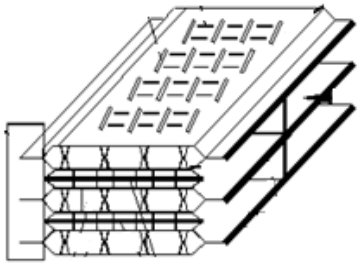


图 1 板束组纵焊缝与横焊缝示意图

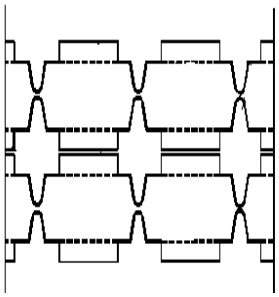


图 2 板束示意图

（2）全位置焊接技术。采用全位置焊接技术将板束组安装在受压板壳内，不仅提高了组件的承压能力，还解决了传统管式换热器烟气泄漏的关键难题。

（3）烟气再循环燃烧技术。该技术通过抽取部分废烟气再输送回燃烧器参与燃烧，降低炉膛内的局部温度，形成局部还原性氛围，抑制氮氧化物（NOx）的生成。

3.工艺流程

该技术系统工艺流程图见图 3。

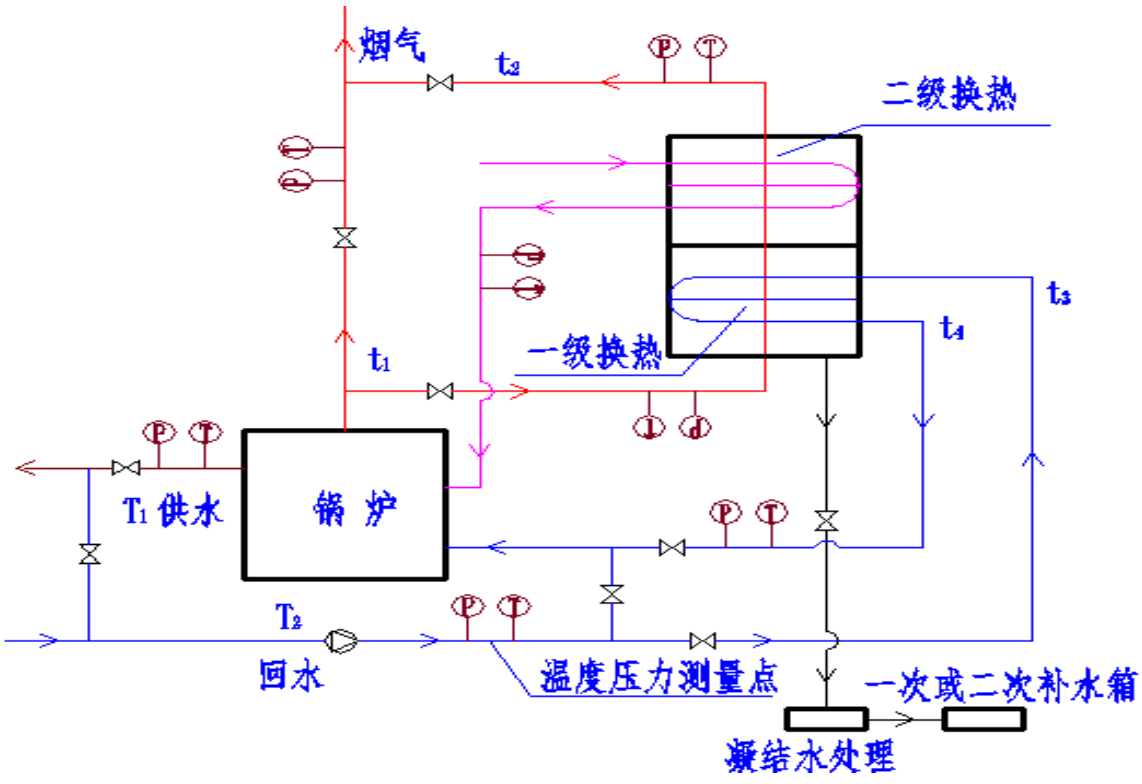


图 3 系统工艺流程图

五、主要技术指标

1．烟气排烟温度：≤40℃；

2．与未加余热回收系统燃气锅炉相比效能提高：4%-11%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术共获得国家发明专利 1 项，实用新型专利 1 项。于 2013 年通过北京市经信委组织的科技成果鉴定。自该技术投入市场以来，已销售至全国各地，在北京市南苑机场、北京市热力集团、重庆市特种设备管理协会、陕西省发改委培训中心等企业得到应用，节能效果良好。

七、典型应用案例

典型用户： 南苑机场中心锅炉房、北京热力集团东郊供热厂、陕西省发改委培训中心、重庆市特种设备管理协会等。

典型案例 1

案例名称：南苑机场燃气热水锅炉余热回收项目

技术提供单位：北京市京海换热设备制造有限责任公司

建设规模：南苑机场中心锅炉房 2 台（14MW）燃气热水锅炉烟气余热回收改造。建设条件：锅炉尾部排烟温度大于 70℃。主要技改内容：通过增加余热回收装置，实现排烟温度降至 40℃以下，锅炉的一次回水温度在 40-60℃之间。主要设备：燃气锅炉热能回收装置。节能技改投资额 120 万元，建设期 3 个月。每年可实现节能 236tce，折合减少碳排放约 541tCO_2。年节能经济效益为 62.9 万元，投资回收期约 2 个采暖季。

典型案例 2

案例名称：东郊供热厂燃气热水锅炉余热回收项目

技术提供单位：北京市京海换热设备制造有限责任公司

建设规模：东郊供热厂 1 台（14MW）燃气热水锅炉烟气余热回收改造。建设条件为锅炉尾部排烟温度大于 75℃。主要技改内容：通过增加余热回收装置，实现排烟温度降至 40℃以下，锅炉的一次回水温度在 40-60℃之间。主要设备为燃气锅炉热能回收装置。节能技改投资额 120 万元，建设期 2 个月。每年可实现节能 360tce，折合减少碳排放约 950tCO_2。年节能经济效益 59.4 万元，投资回收期约 2 个采暖季。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术可广泛应用于分布式能源、热水锅炉、蒸汽锅炉、燃气轮机、燃气内燃机、工厂空气（水）冷却等系统。预计未来 5 年，该技术在相关领域的推广比例可达到 20%，可形成的年节能能力约 10 万 tce，年减少碳排放 23 万 tCO_2/a。

223 燃气锅炉烟气余热利用技术之二：烟气源热泵供热节能技术

一、技术名称：烟气源热泵供热节能技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 能源动力系统节能减排技术，适用于燃气锅炉（直燃机）供热及热水的医院、学校、宾馆、饭店、写字楼、游泳池以及工业生产的食品加工、饮料生产、金属表面处理、汽车涂装生产线等高耗能行业。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前现状燃气锅炉（直燃机）烟气排放温度较高，天然气的热能有15%以上热能从烟筒排放，造成能源的浪费和环境的污染，其释放的水汽加剧了北京地区雾霾的形成。

四、技术内容

1．技术原理

采用三级降温两级换热的热能梯级利用方式，利用汽水换热器和烟气源热泵将烟气中的热能（显热和潜热）全部回收利用。

2．关键技术

（1）烟气源热泵技术，利用气源热泵吸收低品位热能的特点，将气源热泵引入烟气余热回收领域，将烟气中的低品位热能回收利用，创造了气源热泵的新品种；

（2）混合降温技术，利用低温烟气做热能的载体进行换热，使气源热泵获得高效而稳定的运行条件；

（3）采用整体镀膜技术解决热泵蒸发器在烟气酸性冷凝水中的设备腐蚀问题。

3．工艺流程

采用三级降温两级换热的工艺流程，将燃气锅炉烟气中的热能梯级回收利用，特别是利用气源热泵吸收低品位热能特点，将 30℃以下的烟气中的潜热回收，使低品位的热能提升至可用的高品位热能来供暖或供应热水，实现了烟气中

的热能全热（显热和潜热）回收，有效地解决了空气源热泵冬季运行低效和结霜的难题。

第一级降温、换热是将 120℃的烟气通过气-水换热器降至 60℃，水温提升 6-7℃；第二级降温是通过混合降温器将烟气从 60℃降到 30℃；第三级降温、换热是通过烟气源热泵将烟气降到 15±5℃后排放，水温提升 6-7℃。三级降温烟道串联连接，二级换热的热水管道由串联和并联组成多种运行工况。在烟气降温过程中，大部分水蒸气凝结成水，吸收烟气中的部分氮氧化物，实现了节能减排。

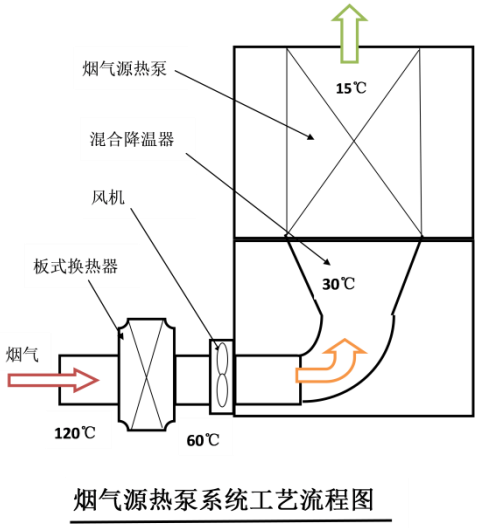


图 1 烟气源热泵工艺流程

五、主要技术指标

1．可将燃气锅炉的排烟温度从 120℃降到 15±5℃，天然气的热能（显热和潜热）全利用。可回收利用锅炉负荷的 10%以上的热能。

2．在设计工况（烟气温度 120℃）时，消耗 1kWh 电（860kcal，电费 0.89 元），可回收相当于 7.9kWh 电（6794kcal，电费 2.544 元）的热能，可以节约 0.79m^3 天然气（价值 2.544 元）。

3．设计工况（烟气温度 120℃）时，烟气源热泵系统加热的电费成本为 41.52 元，比燃气锅炉加热的成本（每吉焦 105.84 元）降低 60%。

4．系统综合能效比：

（1）烟气温度 150℃以上，系统能效比为 8 以上；

（2）烟气温度 120℃以上，系统能效比为 7 以上；

（3）烟气温度 100℃以上，系统能效比 6 以上；

（4）烟气温度 80℃以上，系统能效比为 5 以上

5．单纯采暖锅炉的烟气余热回收，其节约的天然气费用可在 3.5-4 年内收回投资。既有采暖又有生活热水的锅炉余热回收，节约的燃气费可在 2 年内收回投资。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

1．技术鉴定及获奖情况

2008 年 12 月，申请发明专利，2012 年 4 月获得专利权；2011 年 3 月，经北京节能环保中心检测报告，系统能效比为 6.53；2011 年 3 月通过，北京机械工程学会组织专家鉴定，结论为：该技术实现了多种节能技术的综合运用，集成系统达到了国内领先水平；2012 年 3 月，北京市节能技术检测中心检测，系统能效比 7.91；2012 年和 2014 年两次列入北京市发改委颁布的《北京市节能低碳技术产品推荐目录》；2014 年 6 月，列入北京市科委的《北京地区大气污染防治技术和产品目录》；2015 年 10 月，列入国管局《公共机构节能节水技术产品参考目录目录（2015）》

2．目前技术应用现状及产业化发展情况

2011 年以来，先后在北京交通大学、国家住建部、国家安监总局、煤矿文工团、中国国际货运航空公司、浙江义务仙华温泉度假村建成烟气余热回收项目，取得较好的节能减排效果。

2015 年，正在设计、招标的项目：北京公安大学团河校区、国家工信部、国家自然基金委员会、中医药大学、国管局东坝中心锅炉房节能改造项目。

目前，本技术的产品已形成产业链，一级换热器和混合降温器由北京市京建盛业环保科技发展公司生产，烟气源热泵由广东芬尼克兹节能设备公司生产，以上均具备一定生产规模。

七、典型应用案例

典型案例 1

典型案例应用单位：北京交通大学

项目名称：北京交通大学东校区锅炉房节能改造示范工程

技术提供单位：北京泰豪智能工程有限公司、北京浩特沃特节能科技公司

建设规模：2000m²建筑供热和学生浴室每天 50t 热水。主要技改内容：安装一套烟气源热泵余热回收系统，本系统包括一台不锈钢板式换热器、一台混合降温器、一组（四台）输入功率 44kW 的烟气源热泵。烟气温度为 120℃时，输出功率为 350kW，与改造前相比相当于增加了 0.55t/h 锅炉的供热量。 项目总投资额 45 万元，建设期 3 个月。改造后可形成年节能量 90tce，CO_2 减排量 214t。节约燃气费 15.96 万元，投资回收期为 2.8 年。

典型案例 2

典型案例应用单位：国家安监总局

项目名称：国家安监总局机关采暖锅炉房烟气源热泵节能改造工程

技术提供单位：北京泰豪智能工程有限公司、北京浩特沃特节能科技公司

建设规模：三台 4-6t 热水锅炉，供热面积 8.6 万 m^2，排烟温度为 80-110℃。主要技改内容：安装一套烟气源热泵余热回收系统，水路接入供热系统的二次循环，给办公楼供热。经过 2014 年采暖季节的运行，节能效果显著，有效运行 75 天，比 2013 年同期节约天然气 5.9 万 m^3，折合标准煤约 71.6tce，减排 189tCO_2。节约燃气费 14.5375 万元，投资回收期为 3.65 年。

八、推广前景及节能减排潜力

这项技术的研发成功，是燃气锅炉烟气余热回收技术的一个重大突破，既实现了天然气烟气余热的全部利用，节约 10%以上的天然气消耗，也为北方地区推广空气源热泵开辟了新的途径，同时还收到了节水和减排的效果。目前该技术推广比例不足 1%，未来 5 年在行业内的推广比例将达到 3%，预计总投入 5 亿元，可形成节能潜力约 10 万 tce/a，碳减排能力约 24 万 tCO_2/a。

224 燃气锅炉烟气余热回收利用技术之三：喷淋吸收式烟气余热回收利用技术

一、技术名称：喷淋吸收式烟气余热回收利用技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 建筑领域供热行业针对燃气锅炉、燃气热电联产、燃气热电冷联供系统烟气余热回收。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国供热领域的天然气供热方式包括燃气锅炉、燃气热电联产、燃气热电冷联供三种方式，其中最主要的是燃气锅炉和燃气热电联产，燃气锅炉供热能耗约 31.7Nm^3 天然气/GJ，燃气热电联产约 11.4Nm^3/GJ，对应单位 GJ 供热量的 CO_2 排放量为 22-61kg/GJ。燃气锅炉的排烟温度普遍在 100℃左右，排烟热损失约占总能耗的 15%左右。

四、技术内容

1.技术原理

该技术是采用直接接触式换热与吸收式热泵相结合的方式对天然气烟气余热进行深度回收利用的新工艺。利用天然气燃烧过程中的不可逆损失，增设吸收式热泵与直接接触式烟气冷凝换热器（烟气换热塔），以天然气为驱动能源，驱动吸收式热泵产生冷介质，该冷介质与烟气在喷淋式直接接触式换热装置中换热，冷介质温度升高后送入吸收式热泵中放热。直接接触式换热方式极大地增加了气-液两相接触面积，能够快速完成传热和传质，烟气和水在很小温差下即可实现稳定接触换热,无需金属换热面，降低了烟气侧阻力，减小了换热器的体积，大幅度降低了换热器成本。烟气的排烟温度最低可达 20℃以下。同时，通过深度回收冷凝热，使冷凝水回收再利用成为可能，减少了废气中 NOx 等污染物排放。

2.关键技术

（1）大功率直接接触式烟气冷凝换热器的设计和制造；

（2）专用吸收式热泵的流程优化、设计和制造；

（3）喷淋吸收式烟气全热回收利用系统的集成与优化运行。

3.工艺流程

以在燃气锅炉房中的应用为例，在燃气锅炉房增设专用吸收式热泵与直接接触式烟气冷凝换热器，吸收式热泵以天然气为驱动能源，驱动吸收式热泵产生冷介质，该冷介质与烟气在烟气冷凝换热器中换热，换热过程采用喷淋式直接接触式换热装置，使系统排烟降温至露点温度以下，烟气中的水蒸汽凝结放热，达到回收烟气余热及水分的目的，热网回水首先进入吸收式热泵中被加热，然后进入燃气锅炉加热至设计温度后送出，完成热网水的加热过程。燃气锅炉的排烟从与吸收式热泵的排烟混合后进入烟气冷凝换热器中，系统排烟温度降低到 20℃以下后送回烟囱中排放至大气。喷淋吸收式烟气余热回收系统流程图见图 1。

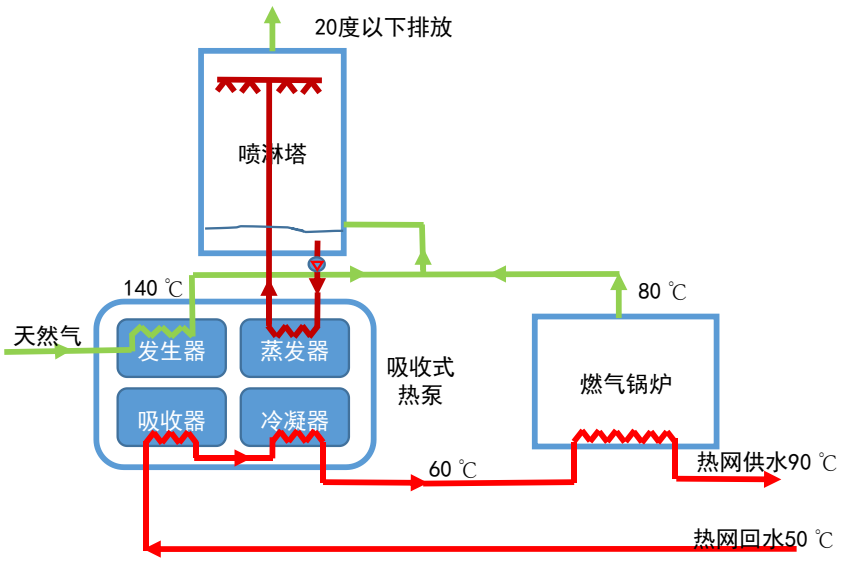


图 1 喷淋吸收式烟气余热回收系统流程图

（注：在燃气电厂中应用时，可利用燃气热电厂的抽汽作为专用吸收式热泵的驱动热源；在燃气热电冷联供系统中应用时，可利用发电机排出的高温烟气作为热泵的驱动热源。）

五、主要技术指标

1. 在避免了露点腐蚀的情况下，燃气锅炉的排烟温度可达 20-30℃。

2. 燃气锅炉房可节能 10%-15%；在燃气热电联产及热电冷联供系统中，供热节能 20%-26%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得 5 项国家发明专利，并于 2007 年 3 月通过了教育部组织的科技成果鉴定。专用吸收式热泵、直接接触式换热塔、全热回收型补燃换热机组等多项产品已初步实现了产业化。目前该技术已经在北京、天津燃气锅炉房和燃气热电厂成功应用，回收烟气余热量超过 50MW；在太原市燃气热电厂及换热站共安装 70 余台该类型机组，烟气余热回收量达 130MW。

七、典型应用案例

典型用户： 总后干休所锅炉房、沙河镇政府锅炉房、永安热力南环锅炉房、永安热力北环锅炉房、太原市热力公司等

典型案例 1

案例名称：总后干休所燃气锅炉房烟气余热回收利用工程

技术提供单位：清华大学建筑节能中心

建设规模：烟气余热回收量 3MW；建设条件：回收 1 台 29MW 的燃气锅炉的烟气余热，排烟温度从 60-70℃降低至 20-30℃。主要技改内容：利用喷淋吸收式烟气余热回收技术，主要设备为烟气余热回收专用吸收式热泵及直接接触式换热塔。节能技改投资额 600 万元，建设期 6 个月。每年节省天然气 86.4 万 m^3，可节能 1041tce，减排 1697tCO_2。年节能经济效益约为 202 万元，投资回收期约 3 年。

典型案例 2

案例名称：沙河镇政府锅炉房烟气余热回收利用工程

技术提供单位：清华大学建筑节能中心

建设规模：烟气余热回收量 0.5MW；建设条件：回收 2 台 15t/h 的燃气锅炉的烟气余热，排烟温度降低至 25℃。主要技改内容：利用喷淋吸收式烟气余热回收技术，主要设备为烟气余热回收专用吸收式热泵及直接接触式换热塔。节能技改投资额 150 万元，建设期 5 个月。每年节省天然气 15 万 m^3,可节能 174tce，减排 294tCO_2。年节能经济效益约为 40 万元，投资回收期约 3.7 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计到 2020 年，该技术在全国燃气锅炉余热回收领域的推广比例将达到 10%，可形成的年节能能力约为 340 万 tce，年碳减排能力为 554 万 tCO_2。

225 建筑节能智能控制技术之一：建筑（群落）能源动态管控优化系统技术

一、技术名称：建筑(群落)能源动态管控优化系统技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 建筑行业建筑及工业、交通等领域的单栋建筑、建筑群落以及跨区域建筑群落（包括 IDC 机房）的节能减排。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

建筑能耗总量持续增长，2001-2012年建筑能耗总量从约3.6亿tce增长到6.9亿tce，增长近1倍。从发展需求上来说，未来十年内建筑能耗应控制在10亿tce内才能实现国家对能源总量控制。而公共机构单位建筑面积能耗由23.9kgce/m^2降至21kgce/m^2，是国务院节能减排的是“十二五”规划之一。目前应用该技术可实现节能量12万tce/a，减排约32万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

该技术采用自动化、信息化技术和集中管理模式，对建筑能源系统的生产、输配和消耗环节实施集中扁平化的动态监控和数字化管理，改进和优化能源平衡，实现系统性的节能降耗。根据专业策略实现负荷追踪和匹配、用能设备工艺、逻辑和过程的自适应控制和优化，在满足正常需求下实现最大限度的节能减排。

2.关键技术

（1）区域和建筑多种形式能源追踪预测、协同控制与互补调度技术；

（2）基于国际IEEE 1888中国自主知识产权标准的物联云终端监控技术；

（3）基于国际IEEE 1888物联网精细化能源计量监测技术；

（4）区域建筑电力需求侧分析、相应和平衡控制技术；

（5）区域和建筑能源负荷特性和多级负荷管理技术；

（6）可视化区域和建筑能耗仿真、优化和再分配技术；

（7）建筑能源需求与消耗智能专家诊断技术；

（8）建筑（群落）负荷跟踪技术，利用先进的感知技术，感知建筑（群落）人员情况，环境参数及气候参数等，根据需求负荷变化实时动态追踪、控制和优

化建筑（群落）能效；

（9）基于Saas(软件即服务)和Paas(平台即服务)技术的设备设施运行管理服务。

3.工艺流程

系统通过现场物联网监测能耗、环境和运行状态的实时动态参数，云平台对能耗参数、环境参数、及设备运行参数后作整体数据分析，并根据气象信息库、专家设计库、其他策略库等信息，进行仿真计算，确定针对性策略，发送至建筑系统应用层和区域能源调配系统，实现整体节能。工艺流程见图1。

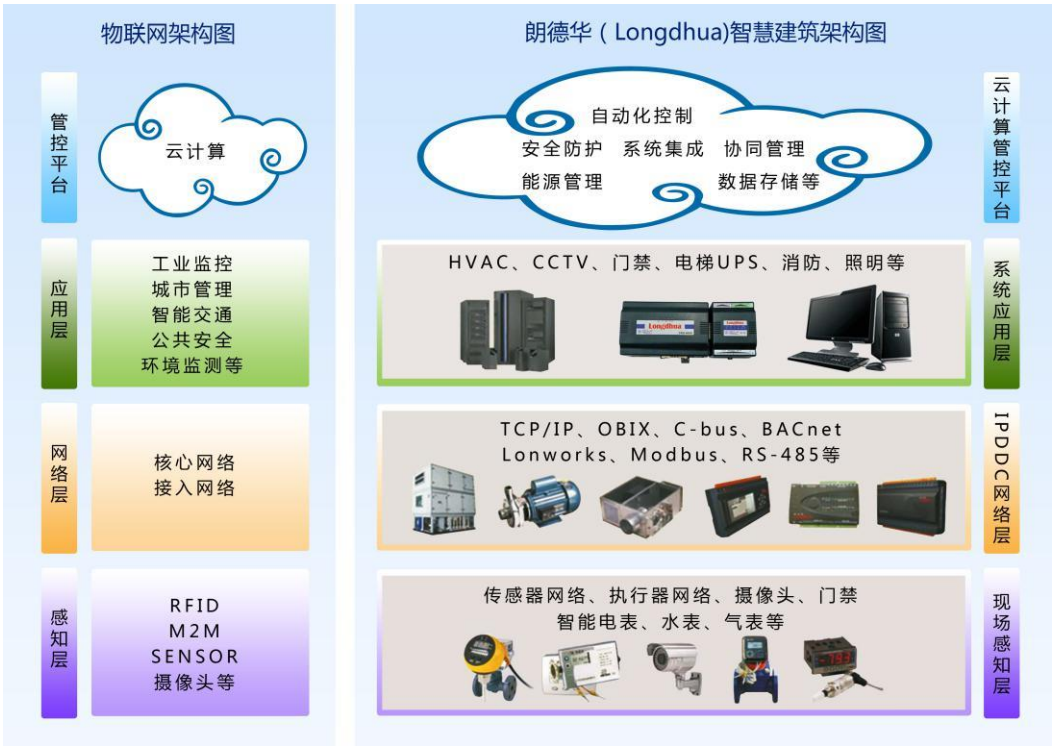


图1 工艺原理架构图

五、主要技术指标

1.云平台软件技术参数：24 小时不间断服务；实时操作响应时间小于 10s；流量统计响应时间 5000 万条以内 30s；数据综合误差率小于 0.3%。

2.云平台虚拟化技术参数：每台 X86 化为虚拟计算机 I 不少于 10 台；用于软件管理、使用计量、存储管理、运行监控、部署管理、安全管理。

3.云平台存储系统技术参数：高性能集群架构存储系统，横向扩展、在线修复、对外服务接口、支持主机系统、高可用性。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术的软件平台已经获得多项著作权认证、专业的质量认证检测、通过专业软件测评、匹配的 IP 物联网控制器产品通过了 CE 认证和 EMC 检测、节能控制柜已经通过 3C 认证等。智能建筑与能源管理服务相结合，且创新的将云计算技术应用到建筑节能领域。整体而言："建筑（群落）能源动态管控优化系统技术"的投资将比替代的原有技术降低 20%-30%的投资成本。

七、典型应用案例

典型案例 1

案例应用单位：昆仑饭店

技术提供单位：朗德华信（北京）自控技术有限公司

建设规模：昆仑饭店年平均电能耗 1301.57 万 kWh，年平均电费 RMB1216.38 万元，年平均燃气 54.19 万 m^3，年平均燃气费 RMB153.94 万元，年平均生活热水能耗 19509GJ，年平均供暖 25259GJ。主要技改内容：昆仑饭店节能监控平台本项目平台建设将分三个子系统进行：昆仑饭店能耗监测中心系统，节能控制优化系统，能耗监测大屏展示系统。主要设备：系统软件、采集设备、控制设备、工程管材。节能技改投资额 370 万元，单位节能量为 5.4kgce/m^2，投资回收期约 3 年。

典型案例 2

案例应用单位：苏宁集团南京总部 30 万 m^2 建筑能源管理系统

技术提供单位：朗德华信（北京）自控技术有限公司

建设规模：为苏宁集团南京总部 30 万 m^2 等建筑群落搭建集团式云能源管理控制与优化配置平台。主要技改内容：包括以海量数据库应用为核心的云计算管理信息系统，其中管理范围包括 HR/SOA 等业务流程集成、门禁系统、停车场系统、视频监控系统、安全防范系统、保安巡更系统、信息发布系统、楼宇自控系统、消防报警系统、机房环境监测系统、智能灯光系统、会议室中控系统共十三个专业子系统，最终实现总部综合能源管控模式。

节能情况：据实际数据计算，建筑能耗节能平均超过 15%-25%，每平米单位面积年节能量超过 15kWh，每平方米节能量大约 5.4kgce，那么年节能量将超过 1620tce。节能技改投资额：850 万元。节能效益：每平方米单位面积年节能量超过 15kWh，则总共节电约 450 万 kWh，则可节约电费 350 万元左右，投资回收期：3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例可达到 10%，预计投资额 60 亿元，可形成的节能量达到 120 万 tce/a，减排能力 317 万 tCO_2/a。

226 建筑节能智能控制技术之二：基于实际运行数据的冷热源设备智能优化控制技术

一、技术名称：基于实际运行数据的冷热源设备智能优化控制技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 适合于、锅炉、中央空调、直燃机以及换热器设备

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

该技术产品在市场上无替代产品，市场相近技术一般都指的是辅机（变频）节能，而不能整体节能，技术是主要主机节能，辅机（变频）节能的技术已经非常成熟，已被广泛应用；能效指标整体节能在25%-40%左右，而其它相近辅机节能在40%-60%，但是在整体节能中只站比例为5%-10%。目前应用该技术可实现节能量3万tce/a，减排约8万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用人工智能神经网络技术，基于历史数据和实时数据，使用神经网络算法建立能耗设备在不同的干扰量（负荷，环境温度、湿度、照度、压力）下，能耗设备各可调量与能耗设备运行性能之间的非线性动态模型，在保证系统正常运行，并满足负荷要求、空气质量等级要求下实施节能优化改造，对系统实时监测控制，动态调节，实现系统的供需平衡，提高能耗设备的能源利用效率，达到节能目的。

2.关键技术

基于实际运行数据的冷热源设备智能优化控制技术（智慧WESTAR）适合于中央空调、燃油、燃气、电锅炉以及热交换站这样复杂、非线性和时变性系统的优化控制。其核心是基于神经元网络的控制优化技术，该系统实质是一个非线性系统多目标优化问题，在保证目标负荷不变的前提下，追求尽可能高的能耗设备的效率的控制策略。智慧WESTAR系统由控制接口、设备模型、环境模型、系统运行模型、数据库等构成，可实现冷热源设备的能效优化。节能率在20%-60%的范围，同时可以延长设备维修3个月左右。

3.工艺流程

工艺流程见图1。

图 1 工艺流程

五、主要技术指标

1.通讯方式：TCP/IP、Modbus、Bacnet 等；

2.系统系统：操作系统、SQL 数据库；

3.用户软件：组态软件、PLC 编程软件、节能优化软件、节能分析软件、自学习软件；

4.防护等级：IP20；

5.环境要求：环境温度-5℃-70℃，环境湿度 5%-95%RH；

6.散热方式：强制风冷；

7.控制方式：负荷优化-通讯输出+变频调速；

8.主机节能率：10%-40%；

9.辅机节能率：25%-50%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术属于国内领先技术，产品已在众多建筑内得到应用：北京世贸天阶中央空调及换热站节能等 5 家、上海红星美凯龙浦东店中央空调节能等 3 家、山东银座空调及供暖系统节能改造（济南、潍坊、烟台、威海）、河北、湖北、江苏

湖南山西等数十家企事业单位的空调系统节能改造。产品技术指标稳定成熟。设备使用年限为 15 年。

七、典型应用案例

典型案例 1：绿地和创大厦制冷主机控制系统改造

技术提供单位：中惠元景能源科技（北京）有限公司

建设规模：25 层智能化商务办公大楼制冷系统。主要技改内容：3 台溴化锂直燃机进行改造；每台循环泵加装变频柜控制;节能策略软件、RIC 控制器、室内温度传感器、室外照度传感器和电表等。技改投资额 108 万元，建设期 3 个月。年节能量 308tce，年减排量 844.2tCO_2。年节能经济效益为 108 万元，项目经济回收期 1 年。

典型案例 2：世贸天阶制冷系统改造项目

技术提供单位：中惠元景能源科技（北京）有限公司

建设规模：世贸天阶建筑面积 15.8 万 m^2。主要技改内容：使用 6 台离心式制冷机作为冷源，配套空调自动化控制系统，并采用时间与温度结合的调节方式对末端装置、新风机和空调机进行自控系统调节；采用 3 台板式换热器进行采暖改造，同时采用 2 台容积式换热器供应生活热水。技改投资额 110 万元，建设期 3 个月。年节能量 320tce，年减排量 845tCO_2，年可获得经济效益 98 万元，项目经济回收期 1.2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前我国能源特别紧张，而建筑物的制冷、采暖设备耗能约占国家总能耗的 1/5，系统节能面临新的挑战，同时系统采用智能化控制的不足 1/5，并且系统的开放性、兼容性和使用效果较差，不能满足用户后期升级及改造要求。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例可达到 10%，总投入 30 亿元，节能能力 32 万 tce/a，减排能力 84 万 tCO_2/a。

227 建筑节能智能控制技术之三：基于人体热源的室内智能控制节能技术

一、技术名称：基于人体热源的室内智能控制节能技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 本技术应用于集中采暖地区的供热节能改造工程

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

本技术主要替代有线方式的风机盘管温控器、分体空调遥控器、非遥控的供电插座和照明开关，替代市场已有的建筑照明自控系统和空调末端控制产品；使建筑节能改造简单易行，提高工程效率及降低改造成本。由于在节能改造工程中不需大量的线材，故投资将比传统节能改造工程减少20%-30%。目前应用该技术可实现节能量14万tce/a，减排约37万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

本技术采用RF射频技术、红外技术或热成像技术对人体移动热源（即建筑内移动用能负荷）进行监测，配合环境及气象参数采集、预置时间策略、能源管理策略与能耗数据分析模型构成的智能化室内节能控制系统；针对室内照明开关、供电插座、空调末端实施（无线）联网的、精细化节能管理；通过后台软件的集成管理，及时反馈末端的温湿度、开启状态、人数等，通过建立动态模型来联动BA系统，支持控制楼层风柜、新风机、中央冷冻站空调机组的开启、变频调节、温度调节，调整系统的控制策略，提升系统能效比；与其它建筑机电设备智能控制系统共同构筑完整的建筑整体节能控制系统。

2.关键技术

能耗模拟分析技术，控制组态管理技术，空调末端群控技术，RF射频自组网技术。

3.工艺流程

工艺流程如图1所示。

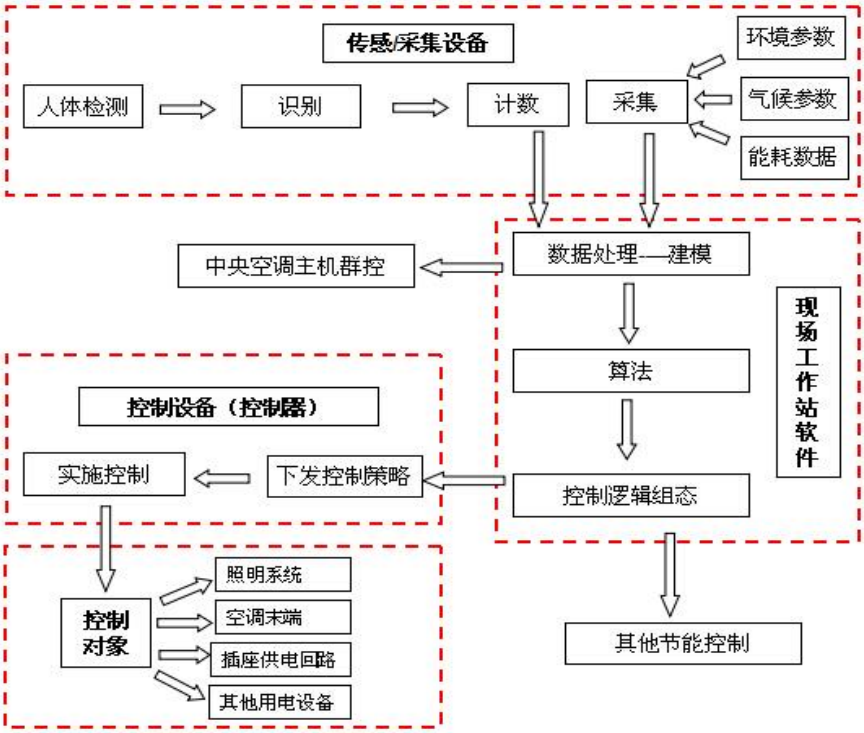


图 1 工艺流程

五、主要技术指标

1.系统节能率：>15%；

2.分项指标：室内照明用电节能率 5%-10%；室内插座用电节能率 5%-10%；室内空调末端用电节能率 5%-15%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

按本技术的系统节能率为 15%计，以长江以南地区的 1 万 m^2 办公/写字楼建筑为例，电耗指标均值按 80kWh/m^2·a，则年平均耗电约 80 万 kWh，可节约用电 12 万 kWh，折合标准煤为 350gce/kWh*12 万 kWh=42tce；折合碳减排量为 0.75kgCO_2/kWh*12 万 kWh=90tCO_2。因该技术的应用，可对中央空调机房、风柜、新风系统提供节能算法的室内热源负荷信息，由此带来的直接节能效益提升应该在 8%-10%.

七、典型应用案例

案例应用单位：珠海城建集团

技术提供单位：珠海优华节能技术有限公司

珠海城建集团所属“节能减排大厦”；对建筑室内照明开关、供电插座和空调末端温控器进行替换；安装联网节能控制系统；运行 13 个月，初步测算节能率大于 18%；预计每年可节省电费开支约 26.69 万元，2.6 年可收回投资。

八、推广前景及节能减排潜力

“十二五”期间，住建部已经确定了 40 个公共建筑重点改造城市，要求 2 年内每个城市改造面积不少于 400 万 m^2，则最低将完成 1.6 亿 m^2 的建筑节能改造。本技术已在 136 万 m^2 的建筑节能改造项目中应用，在全部需完成节能改造建筑的占比为 0.085%。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例将达到 10%，预计投资额 4 亿元，形成年节能能力 142 万 tce/a，年减排能力 375 万 tCO_2。

228 基于喷射式高效节能热交换装置的供热技术

一、技术名称：基于喷射式高效节能热交换装置的供热技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 城市集中供热

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国供热面积近 150 亿 m^2，全年采暖供热能耗约 1.4 亿 tce。换热器是供热系统中一次网和二次网的中间环节，其效率高低对供热系统影响较大。目前，供热系统普遍采用板式或管壳式换热器，这些类型的换热器均属于间接换热，往往在运行一段时间后会出现换热效率大幅降低，并且具有维护复杂、成本高等特点。喷射式高效热交换装置是一种直接接触式换热器，可使一次网的热能和压力能全部传递到二次网中，在相同供热面积的情况下，可降低供热能耗的 10%~20%。

四、技术内容

1．技术原理

应用拉法尔原理，以蒸汽作为热源，利用蒸汽处于临界温度、临界压强以及临界速度状态下，通过喷射、收缩及扩散等过程，将具有一定计算容积比的蒸汽与水的混合物在混合室直接混合，形成单项热水，其流动速度完成向亚声速的转变，当流动速度逐渐减缓，产生压力激波，压力剧烈增大，在没有换热损失下，推动循环系统流体运动而供热。与传统供热方式相比，因没有换热损失，能源利用效率高。

2．关键技术

（1）喷射式高效节能热交换技术。以蒸汽或高温水为热源，以一定的容积比在混合室与冷水直接混合，实现能量的全部转换。

（2）城市集中供热管控技术。通过自动调节运行参数、远程监控等功能，实现热交换系统的集中控制、能量的合理调配和综合管理。

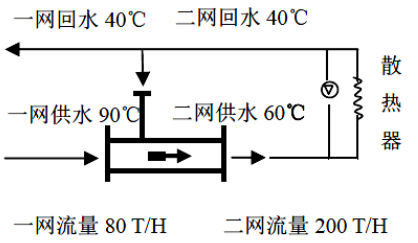
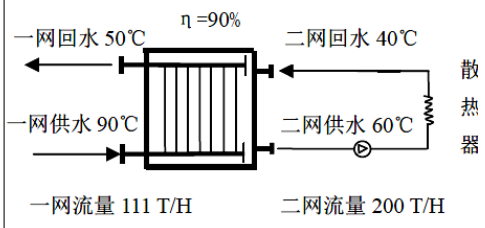
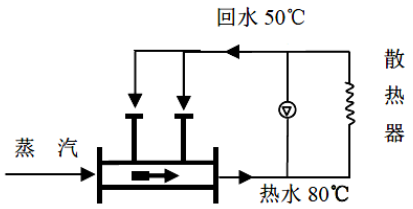
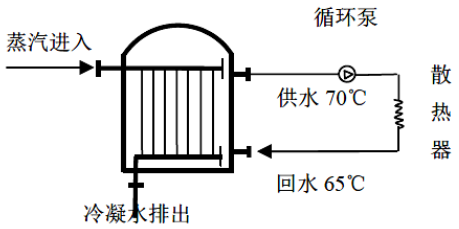
（3）多相流消音减振技术。通过消音减振技术降低二项流向单向流转变时产生的压力激波噪音。

（4）工业蒸汽回收与再利用技术。通过高压蒸汽进入喷射器来引射低压的乏汽和闪蒸汽，使得乏汽和闪蒸汽的热量得到充分使用。

3．工艺流程

喷射式换热器与传统换热器工艺流程比较详见表 1。

表 1 喷射式换热器与传统换热器比较

区　分	喷 射 式 高 效 热 交 换 器	传 统 热 交 换 器
换热效率	直接混合换热，η接近 100%	间接换热，η=80%~90% （新设备　η=90%，使用一年后　η=80%左右）
供　电	节省电能 （无循环泵或降低循环泵使用功率）	电量消耗较大 （循环泵输送热水）
供　水	供水温度较高，省水、无排放	需补充水
体　积	0.1~1 m^3	1~2 m^3
寿　命	10 年 以 上	每年需要除垢，5~6 年大修或更换
水-水换热器工作循环示意图		
汽-水换热器工作循环示意图		

五、主要技术指标（与节能相关的技术指标为主）

1．换热效率接近100%，与板式/管壳式换热器相比，节能12%~30%；

2．与板式/管壳式换热器相比，提供相同供热面积的条件下，减少一次网供水流量20%~30%，新建管网投资节约20%（水-水换热系统）；

3．提升换热器标准使用年限达到10年以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得 2 项国家发明专利和 8 项实用新型专利。2010 年 3 月通过住房和城乡建设部科技发展促进中心的科技成果鉴定，2011 年通过科技部国家重点新产品评定，2012 年通过国家火炬计划产业化示范项目评定，2015 年 5 月列入国家建筑标准设计图集 14R105 及《既有建筑改造年鉴（2014）》。目前，该技术已在大连、北京、长春等地近 2000 万 m^2 供暖面积进行推广应用，取得了良好的

经济和社会效益。

七、典型应用案例

典型用户：北京市热力集团、大连市热电集团、营口热电集团有限公司、长春市热力集团等

典型案例 1

项目名称：大连市热电集团换热站项目

技术提供单位：大连应达实业有限公司

建设规模：三个热交换站，84 万 m^2 供热面积的节能改造。项目建设条件：原换热站换热效能低下，急需更换。主要技改内容：以喷射式高效节能热交换装置取代板式、管壳式热交换器。主要设备为 13 台喷射式高效节能热交换装置。节能技改投资额 385 万元，建设期 1 个月。每年可节能 1749tce，年节能经济效益为 300 万元，投资回收期约 2 年。

典型案例 2

项目名称：北京市热力集团供热项目

技术提供单位：大连应达实业有限公司

建设规模：三个热交换站，33.8 万 m^2 供热面积。项目建设条件：原换热站换热效能低下，急需更换。主要技改内容：以喷射式高效节能热交换装置取代板式、管壳式热交换器。主要设备为 6 台喷射式高效节能热交换装置。节能技改投资额 380 万元，建设期 1 个月。每年可节能 780tce，年节能经济效益 251 万元，投资回收期约 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计到 2020 年，该技术推广比例可达 5%，项目投资总额约 25 亿元，可形成的年节能能力约 148 万 tce，年碳减排潜力约 390 万 tCO_2。

229 基于全焊接高效换热器的撬装换热站技术

一、技术名称：基于全焊接高效换热器的撬装换热站技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业　供热领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国供热面积近 150 亿 m^2，供热采暖全年耗能约 1.4 亿 tce，约占全国总能耗的 3.3%。换热站作为供热管网中极为重要的环节，在热电联产集中供热工程中是热量交换、热量分配以及系统监控、调节的枢纽，具有承前启后的过渡连接作用，其性能直接关系到供热质量，同时也关乎整个热电联产供热系统的稳定性和先进性。目前，我国的换热站普遍存在设计、技术、智能化、效率、能效等多方面的不足，已经成为供暖系统改造和优化的重点。基于全焊接的撬装换热站技术可解决传统换热站单位能耗高、结垢腐蚀严重、均未能实现智能化、统一化运营等问题。目前，该技术已在京津冀地区得到推广应用，根据实际应用统计，可实现换热站平均能耗降低 10%-20%，节省占地面积约 70%，节约综合投资 30%，节约运行费用 80%，并实现智能化控制。

四、技术内容

1．技术原理

以全焊接高效换热器为核心技术，整合全焊接高效换热器、智能水处理设备、智能电气控制设备及智能运行监控设备等先进的设备及技术，使换热站实现换热效率高、阻力小、能源梯级利用、智能化控制、无人值守、按需按量供热、自动水处理系统，以及免清洗、免维护。可解决我国城市集中供热系统供热效率偏低、能耗过大、运行不稳定、智能调节与管控失调等问题。

2．关键技术

（1）全焊接高效换热器技术

全焊接高效换热器其板片波纹采用JF形设计，将不锈钢板片冲压成凹凸界面作为流道，凸槽与凸槽顶部相对，凹槽与凹槽底部相对，单板平均利用率可达到99.9%，其单板板长理论可无限大。通过增加折流装置，可将水进行多次的逆向热交换，将换热效率提高达到97%以上，并可实现热冷两端温差趋近于1℃ 的高

效传热的目的。

（2）基于换热站监测检验的智能化控制系统

对控制系统与信息接口（TCP/IP、CDMA、M-BUS、GPRS）、气候补偿、水处理、热计量、微电脑自动加药、监控、事故报警等功能进行优化，增加信息通讯的多样性，把热计量合理植入该装置，提高整体设备的智能性；集成数据建模、模拟仿真、移动互联网等技术，研制换热站群的智能化控制技术，并建立数字化计算机总控管理中心，以实现对工程中所有换热站的实时监控和高效管理。

（3）自动水处理技术

采用对循环水进行处理，加阻垢缓蚀剂后，对钙、镁、铁、锰、铜等离子具有很强的螯合能力，很少的加药浓度就可有效地阻止水系统结垢；还可解决因为腐蚀或水中亚铁离子含量较高引起的红水危害，使水的浊度和色度在金属表面形成保护膜，有效地减缓水系统腐蚀现象。

3．工艺流程

高温一次水与低温二次水同时进入全焊接换热器，经换热后流出换热器，一、二次水在各自系统中循环流动。经过加热的二次水可供用户取暖使用，由于换热器的高效率，热量得到充分交换，并且在换热器及管路上采用橡塑保温棉进行保温，减少热量损失，达到节能降耗目的。工艺流程、 设备外型及核心板件相见图 1-图 3。

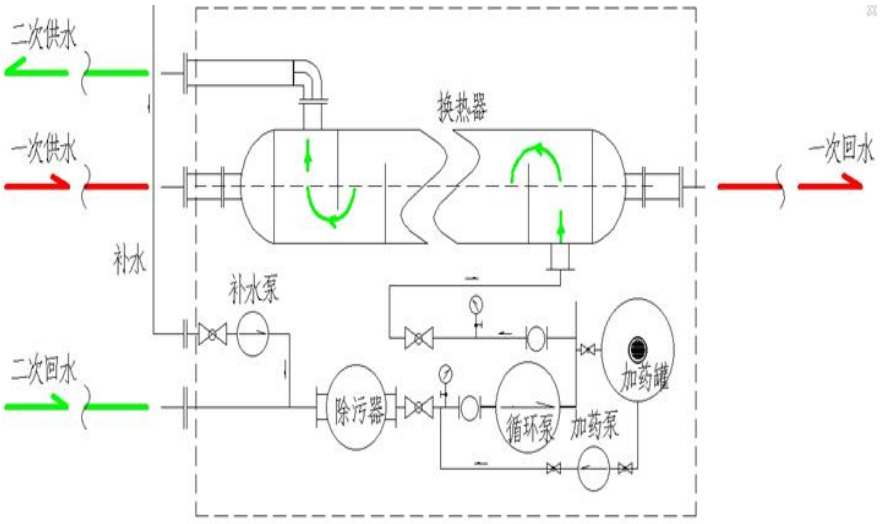


图 1 整体工艺流程图

图 2 设备外形结构图

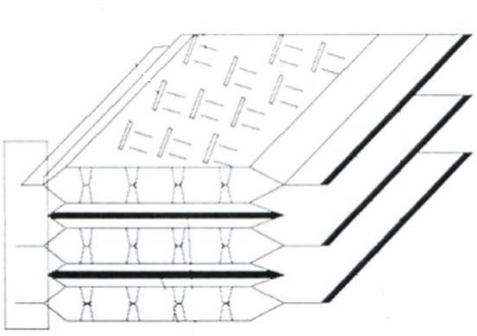


图 3 核心板片结构图

五、主要技术指标

1．换热效率达到 97%；

2．压降 ΔP 小于 0.03MPa；

3．单板平均利用率达到 99.9%；

4．最高承压能力 4.0MPa；

5．最高操作温度 500℃；

6．两端温差趋近于 1℃；

7．节省占地面积 70%；

8．提高板片的利用率约 30%；

9．提高有效换热面积 40%；

10．节省综合投资 40%；

11．免维护运行 10 年。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家发明专利 1 项，并于 2013 年 5 月通过北京市经济与信息化委员组织的新产品鉴定。目前，该技术已在京津冀地区广泛应用，新建和改造供热面积累计约 2000 万 m^2，节能效果良好。

七、典型应用案例

典型用户： 北京市热力集团、天津蓟州热电公司、张家口宣化热力公司、陕西榆林热力公司。

典型案例 1

项目名称：北京市热力集团田华热力站改造项目

技术提供单位：北京市京海换热设备制造有限责任公司

建设规模：供热面积 23 万 m^2，供热功率 11.5MW。建设条件：有新建或改造热力站需求。主要技改内容：换热站改造，主要设备为全焊接智能换热站。节能技改投资额 150 万元，建设期 3 个月。每年可节能 966tce，年节能经济效益为 85 万元，投资回收期约 2 个采暖季。

典型案例 2

项目名称：北京市热力集团鲁谷 6 号热力站改造项目

技术提供单位：北京市京海换热设备制造有限责任公司

建设规模：供热面积 20 万 m^2，供热功率 10.83MW。建设条件：有新建或改造热力站需求。主要技改内容：换热站改造，主要设备为全焊接智能换热站。节能技改投资额 120 万元，建设期个 3 月。每年可节能 840tce，年节能经济效益 76.6 万元，投资回收期约 2 个采暖季。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，我国近150亿m^2的供热面积，供热过程中使用可拆式换热站和散泵站数量占比在90%以上。全焊接智能换热站作为新一代换热站，在换热效率和运营成本方面都有较大优势，市场前景广阔。预计到2020年，该技术可在相关领域推广比例达到5%，实现2亿m^2供暖面积的改造，项目累计投资约12亿元，可形成 年节能能力约84万tce，年碳减排能力220万tCO_2。

230 冷库围护结构一体化节能技术

一、技术名称：冷库围护结构一体化节能技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑材料　冷库领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

截至2015年，我国冷库总量达到3740万t，约9350万m^3，以冷库平均能耗约90 kWh/m^3进行计算，全国冷库用电量约84.2亿kWh，折合269万tce。我国冷库能效水平总体偏低，平均能耗是发达国家的两倍多。目前，我国80%以上的冷库采用红砖外加保温板的传统土建方式建设，保冷隔热性能差，运营电耗高，产品保鲜效果差，既没有实现冷库的节能隔热，也没有实现储存货物的真正保鲜。冷库围护结构一体化节能技术可有效提高冷库的保冷隔热性能，显著降低冷库能耗。与传统土建冷库相比，可实现节电30%~60%，且施工周期短，建设成本低。

四、技术内容

1．技术原理

采用改性阻燃型聚苯乙烯颗粒加热发泡，通过特殊工艺和专用设备一次加热成型空腔构造模块，同时使用聚氨酯发泡隔热层和膨胀玻化微珠防火层等材料，构建冷库围护结构。该技术使保温材料与墙体结构紧密结合，使墙体、屋顶与地面的保冷隔热性能有效匹配，避免产生冷库围护结构热桥效应，从而提高冷库的保冷隔热性能，大幅度降低冷库围护结构的热量传递，减少冷库能耗。

2．关键技术

（1）EPS空腔构造模块制备技术

采用用改性阻燃型聚苯乙烯颗粒加热发泡，并通过特殊工艺和专用设备一次性加热成型，制得具有空腔结构的节能保温模块。模块周边具有十字或一字型的矩形插接企口，内外表面设有燕尾槽结构，可以实现无缝对接及内外双层保温。

（2）采用EPS空腔构造模块搭建冷库墙体技术

在采用EPS空腔构造模块搭建冷库墙体的过程中，采用边搭建边现浇混凝土的方式，进行分层组装。安装到一定层数在空腔内浇灌混凝土，然后依次安装至所需高度。

3．工艺流程

EPS 空腔构造模块是国内首创的独特模具，通过车间先进的生产工序制造而

成，生产工艺流程主要包括原料预发、干燥熟化、模块成型、烘干陈化、检验入库等环节。

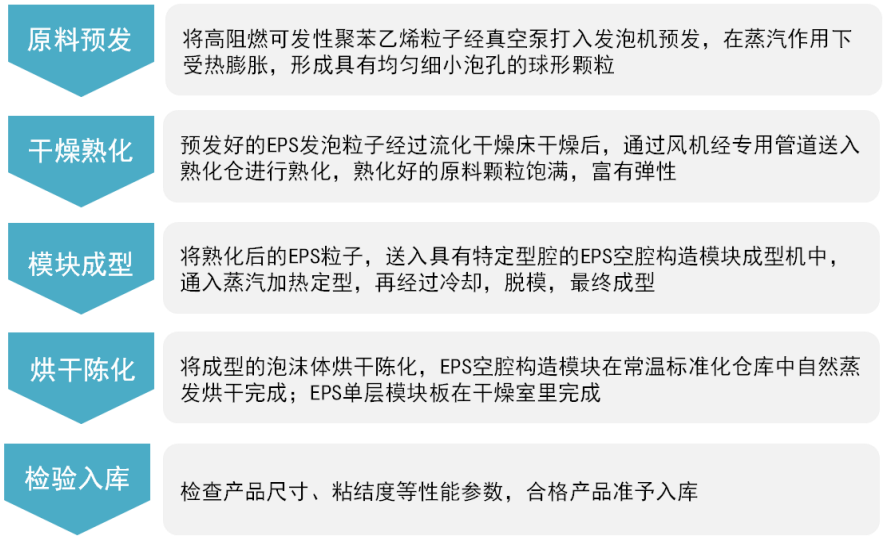


图 1　EPS 空腔构造模块生产工艺流程

采用冷库围护结构一体化节能技术建设节能冷库，主要流程有做好地基、搭建模块墙体、建设库顶、内外墙体和库顶薄抹灰、库顶安装彩钢板、内墙内顶涂抹隔热层与防火层、地面防冻保温等。

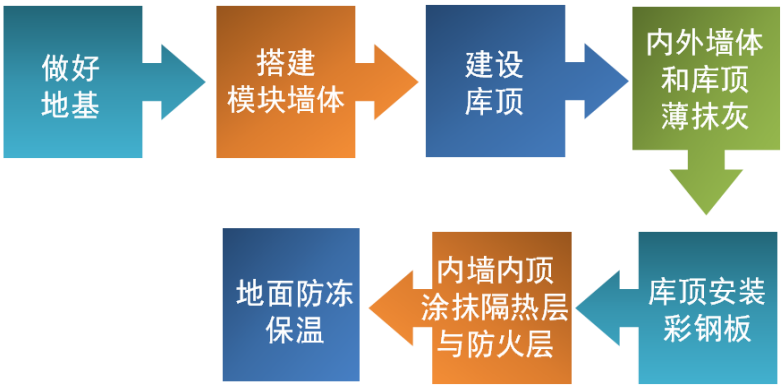


图 2　一体化冷库施工工艺流程

五、主要技术指标

1．表观密度≥ 30 kg/m^3；

2．导热系数≤ 0.033 W/（m·K）；

3．抗拉强度≥0.30MPa；

4．抗压强度≥0.20MPa；

5．尺寸稳定性≤0.3%；

6．吸水率（体积分数）≤2.0%；

7．燃烧性能等级 B1 级。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得 63 项实用新型专利，并于 2016 年 7 月通过山东省住房和城乡建设厅组织的科技成果鉴定，2015 年 3 月获得中国工程建设标准化协会颁发的“绿色建筑节能推荐产品证书”，2015 年 7 月获得山东省住房和城乡建设厅颁发的“山东省建筑节能技术与产品应用认定证书”。目前，该技术已在全国 12 万 m^3 冷库推广应用，节能效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：平邑县运通冷藏食品有限公司冷库项目、沂源县三源顺果蔬专业合作社保鲜冷库

典型案例 1

项目名称：平邑县运通冷藏食品有限公司冷库项目

技术提供单位：东营海容新材料有限公司

建设规模：该冷库总容量为 4500m^3，主要存储水果罐头果粒，温度要求为-26℃。主要技改内容：冷库墙体采用 25cm EPS 空腔构造模块，外加 10cm 聚氨酯隔热层，以及膨胀玻化微珠防火层；库顶采用彩钢板、轻钢顶板模块、聚氨酯发泡隔热层与膨胀玻化微珠防火层；地面设置聚苯泡沫保温板、隔汽层、防潮层等。主要设备为钎探设备、振捣棒、水准仪、经纬仪等。节能技改投资额 45 万元，建设期 1 个月。每年可节能 70 tce，年节能经济效益为 18 万元。由于该项目投资额小于传统方式建设冷库（65 万元），因此当时即可回收成本。

典型案例 2

项目名称：沂源县三源顺果蔬专业合作社保鲜冷库项目

技术提供单位：东营海容新材料有限公司

建设规模：该冷库总容量约为 3880m^3，主要存储苹果，温度要求为-1℃。主要技改内容：冷库墙体采用 32cm EPS 空腔构造模块，外加 10cm 聚氨酯隔热层，以及膨胀玻化微珠防火层；库顶采用彩钢板、轻钢顶板模块、聚氨酯发泡隔热层与膨胀玻化微珠防火层；冷库地面设置隔汽层、聚苯泡沫保温板、防潮层等。主要设备包括钎探设备、振捣棒、水准仪、经纬仪等。节能技改投资额 100 万元，

建设期 1.5 个月。每年可节能 72tce，年节能经济效益 19 万元。由于该项目投资额小于传统方式建设冷库（140 万元），因此当时即可回收成本。

八、推广前景及节能减排潜力

据统计，到2020年我国冷库容量将达到1.9亿m^3，市场潜力非常巨大。预计到2020年，该技术可推广应用1900万m^3，占全国冷库市场的比例将达到10%左右，项目累计投资约19亿元，可形成的年节能能力将达到30万tce，年碳减排能力约70万tCO_2。

231 胶条密封推拉窗技术

一、技术名称：胶条密封推拉窗技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业　推拉窗密封

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

建筑门窗面积约占建筑外围护结构部分的10%，但能耗约占建筑总能耗的50%左右。据统计，门窗的耗能大部分是通过空气对流散失，尤其是传统推拉窗，由于其结构问题和密封方式所限，气密性差，内外空气对流严重，较平开窗能耗更高。传统推拉窗通常采用毛条密封，存在密封不严、易老化、易磨损等问题，导致推拉窗的密封性能下降很快。胶条密封推拉窗技术是一种针对推拉窗设计的新式密封技术，可以将推拉窗密封等级提高至最高等级8级，可有效解决推拉窗的密封问题。

四、技术内容

1．技术原理

采用特殊的窗型材结构设计，通过增加型材空气腔数量和玻璃槽口尺寸，显著增加窗体强度，可防止窗框变形与坠扇，提高门窗的保温性能；采用接触式胶条密封，保证推拉窗在关闭状态下完全挤压接触密封，有效提高气密性，并减少空气的对流，降低窗体的散热损失。密封胶条采用优质三元乙丙材质，有抗老化、耐低温、结构稳定、使用寿命长等优点，可从根本上解决推拉窗的不密封和密封条使用寿命短等问题。

2．关键技术

（1）胶条密封推拉窗胶条密封技术。解决了接触式密封与摩擦阻力大之间的矛盾，实现胶条式密封在推拉窗中的应用。

（2）换窗技术。拆除原有钢窗、铝窗、单玻塑窗等不达标窗，更换为胶条密封推拉窗，传热系数可由原来的6.4W/㎡•K-3.5 W/㎡•K降低到1.5W/㎡•K-2.4W/㎡•K。

（3）在用不达标毛条密封推拉窗改造技术。不拆除原有外窗，不破坏装修，直接增加胶条密封组件，实现推拉窗胶条多道密封，传热系数可由原来的2.8降低到2.4 W/㎡ •K左右，气密性由2-3级提升到7-8级，在节能的同时，避免大量仍

有利用价值的门窗拆除浪费，减少建筑节能改造对内装修的破坏。

3．工艺流程

（1）更换原有不达标外窗：车间门窗型材下料加工—密封组件安装—门窗组装成型—现场安装成窗—检测验收

（2）不拆除原有外窗，直接应用胶条密封推拉窗技术改造：既有建筑外窗状况评估—维护检修—安装专用密封条等密封组件（可单玻改双玻或加装新窗）—检测验收。

主橡胶密封条的材料结构见图 1；材料应用位置见图 2。

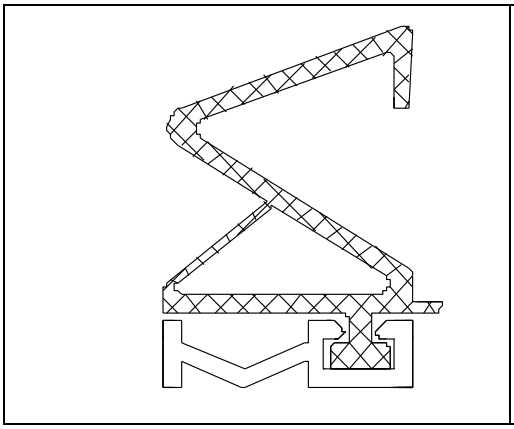


图 1　主橡胶密封条结构示意图

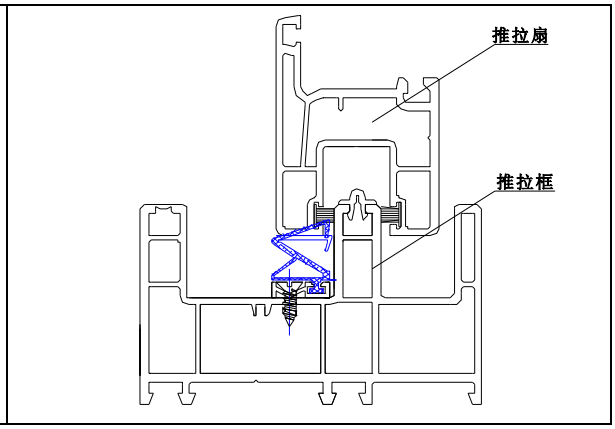


图　2 材料安装后效果示意图

五、主要技术指标

1. 与普通毛条推拉窗相比，气密性提高 3-5 级；

2. 与普通毛条推拉窗相比，水密性提高 1-2 级；

3. 与普通毛条推拉窗相比，抗风压性能提高 1-3 级；

4. 与普通毛条推拉窗相比，传热系数 K 值提高 0.5W/m^2·K-1.4 W/m^2·K。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得国家发明专利 5 项，并于 2011 年 6 月通过住建部科技发展促进中心的建设行业科技成果评估，2014 年 4 月入选北京市住建委发布《胶条增强型密闭与限位开启推拉窗应用技术导则》。胶条密封推拉窗技术可满足北京市节能 65%和 75%的要求，目前已在北京市老旧小区改造及新建建筑中已成功应用 1000 万 m^2，各项指标也通过权威检测机构检测。

七、典型应用案例

典型用户：万柳新贵大厦、 交大东路 52 号院、怀柔一中、平谷、延庆、大兴老旧小区节能改造。

典型案例

项目名称：北京市平谷区在用推拉窗密封改造项目

技术提供单位：北京安居建研科技有限公司

建设规模：100 万 m^2 建筑，建设条件：在用不达标双玻毛条密封塑钢推拉窗。主要技改内容：不更换原有外窗，直接应用胶条密封推拉窗技术进行胶条组合密封改造，主要设备包括：塑料型材挤出线、橡胶密封条生产线、密封件生产线。节能技改投资额 780 万元，建设期 60 个月。每年可节能 900tce（不更换原有外窗，直接应用胶条密封推拉窗技术进行胶条组合密封改造后，可使单位建筑面积采暖能耗降低 0.9kgce），年节能经济效益 90 万元，投资回收期约 8.7 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，非寒冷地区现有非节能公共建筑和居住建筑大都采用毛条推拉窗，预计“十三五”期间将完成改造的建筑面积约 12000 万 m^2。以此计算，预计到 2020 年，该技术可推广的比例将达到 15%，项目投资约 22 亿元，可形成的年节能能力约 18 万 tce，年碳减排能力约 48 万 tCO_2。

232 预制直埋保温管保温处理工艺技术

一、技术名称： 预制直埋保温管保温处理工艺技术

二、技术所属领域及适用范围： 建筑行业 城市集中供热、区域供冷等领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

热力管网是供暖系统的重要组成部分，承载了从热源到用户的全部热量传输。据统计，我国现有保温热水管网的散热损失约占总输热量的 5%-8%，热能损耗巨大。同时，由于我国预制直埋保温管技术尚不成熟，普遍存在质量差、寿命低、易老化等问题，导致热力管网热损逐年增大，在一些老旧热力管网中仅管道散热损失就高达 20%以上。预制直埋保温管保温处理工艺技术是一种新型的保温处理技术，可显著增强保温管道的系统结构，提高保温管道的保温性能，延长保温管道的使用寿命。

四、技术内容

1．技术原理:

采用环戊烷发泡工艺和聚氨酯发泡剂自动喷涂技术，在管道外部形成保温结构，并通过热缠绕技术对外护管进行冷却定型，实现工作钢管、聚氨酯保温层、外护管的紧密粘接，构成了“三位一体”的保温管完整结构，解决了传统保温工艺处理的保温管能耗高、热损大、寿命短等关键技术问题，可使管道保温的使用寿命延长至30年-50年，具有保温效果好、保温性能衰减慢等特点。

2．关键技术:

（1）全自动硬质聚氨酯泡沫喷涂发泡技术

采用全自动喷涂方式，在工作管表面形成均匀的硬质聚氨酯发泡；采用环戊烷发泡剂不仅可保障保温管道恒定的保温性能，还可以实现发泡过程中温室气体的零排放，具有绿色制造工艺的突出特征。

（2）高密度聚乙烯外护管缠绕技术

通过挤出机热缠绕，形成叠加的外护管。该技术系统力学的机械强度，实现了钢管、保温层与外护管构成三位一体式整体结构，延长保温管道的使用寿命。

（3）卫星定位焊接补口系统管理控制技术

该技术的实施克服了保温管道系统的薄弱环节，实现补口与管道同质量的保

温性能。

（4）供热管网动态监测报警技术

采用预先管道敷设报警线缆技术、信息传送技术、中央系统在线实时监控技术，实现了保温管道运行的动态监控。

3．工艺流程

预制直埋保温管保温处理工艺主要包括钢管除锈（抛丸除锈，除锈等级(Sa2．5)）、保温层喷涂（采用环戊烷发泡的硬质聚氨酯）、外护管缠绕（高密度聚乙烯挤出后均匀缠绕在硬质聚氨酯保温层上，并通过特殊粘结材料与硬质聚氨酯粘结为一体），这边构成钢管、聚氨酯保温层与外护管的“三位一体”式整体结构，具体流程如下图：

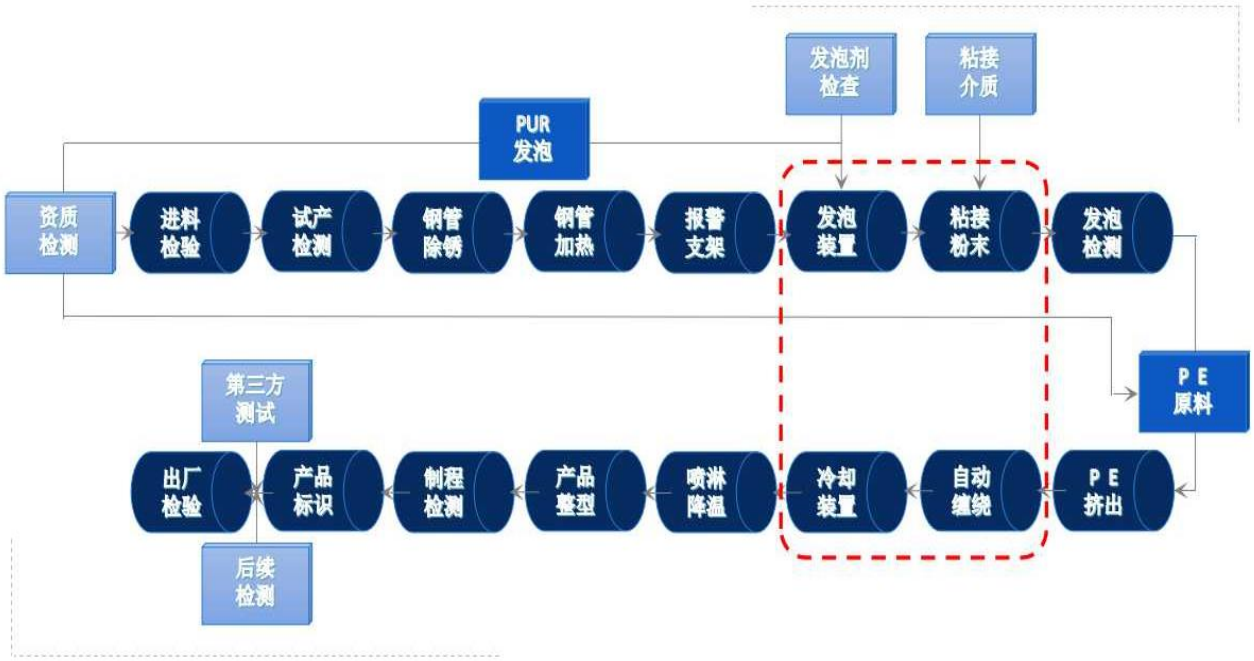


图 1 预制直埋保温管保温处理工艺

五、主要技术指标

1．保温层泡孔尺寸：泡孔应均匀细密，泡孔平均尺寸不大于 0.5mm；

2．保温层密度：密度不小于 60kg/m^3；

3．保温层压缩强度：径向压缩强度或径向相对变为 10%的压缩应力不小 0.35MPa；

4．保温层吸水率：不大于 8%；

5．保温层闭孔率：闭孔率不小于 90%；

6．保温层导热系数：不大于 0.030［W/（mK）］。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得 11 项目国家发明专利，并于 2012 年 8 月获得北京市建设工程质量第四检测所出具的检测报告；同时，作为主要参编单位参与了国家标准《硬质聚氨酯喷涂乙烯缠绕预制直埋保温管》的制定。目前，该技术已在黑龙江省、辽宁省多个城市的供热管网推广应用，节能效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：

哈尔滨物业供热集团、哈尔滨投资集团、鞍山、铁岭等所属供热公司。

典型案例 1

项目名称：哈尔滨华能集中供热管网改造项目

技术提供单位：朗格斯特哈尔滨环保节能产品制造有限公司

建设规模：5km 供热管道，管径 DN800。项目建设条件：原管道老旧供热管网热损大、能耗高，急需更换。项目建设内容：对原有管道进行更换。主要设备：保温材料及现场施工工具。项目投资 1400 万元，建设期 3 个月。项目年节能约 1.3 万 tce，年节能效益 457 万元。投资回收期约 3 年。

典型案例 2

项目名称：哈尔滨投资集团供热管网改造项目

技术提供单位：朗格斯特哈尔滨环保节能产品制造有限公司

建设规模：5km 供热管道，管径 DN400。原管道老旧供热管网热损大、能耗高，急需更换。项目建设内容：对原有管道进行更换。主要设备：保温材料及现场施工工具。项目投资 500 万元，建设期 3 个月。项目年节能量约 2732tce，年节能效益 95 万元。投资回收期约 5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计到2020年，该技术的推广比例将达到10%，累计投资约13亿元，可形成的年节能能力约110万tce，年碳减排潜力约290万tCO_2/a。

233 CO_2空气源热泵供热技术

一、技术名称：CO_2空气源热泵供热技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业　集中、分布式供暖及生活热水

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国传统供暖热源主要有燃煤锅炉、燃气锅炉、电锅炉和热泵系统等，其中以燃煤锅炉系统为主。据统计，我国北方燃煤锅炉供暖每年消耗标煤近 1.9 亿 t，这也成为我国北方地区冬季雾霾的重要成因。空气源热泵是实施清洁供暖的重要途径之一，而普通空气源热泵虽然能效较高，但受传统工质物理特性限制，在寒冷地区及严寒地区几乎无法推广应用。而以CO_2为工质的空气源热泵具有出水温度高，对寒冷地区室外温度适应能力强等特点，在大温差条件下具有较高的制热系数，例如在零下 20℃下热系数可达到 1.6 以上，适合寒冷地区及严寒地区供暖和取暖热水供应。该技术的推广我国为北方地区清洁供暖提供新的解决方案。

四、技术内容

1．技术原理

CO_2热泵以CO_2为工质，替代传统空气源热泵中的氟利昂工质，出水温度可达70℃以上，可以满足传统散热器的需求，因此不需要对老旧小区管道和楼宇内部系统进行改造。同时，采用一系列关键性技术，解决了CO_2热泵大温差供水与供暖系统要求供水温度高、供回水温差小的矛盾，并有效解决了冬季蒸发器结霜带来的效率降低问题，为CO_2热泵在寒冷地区及严寒地区的推广提供了保障。

2．关键技术

（1）降低高温回水导致系统制热能力衰减技术。通过增加回热装置（过冷器）和软件监控程序，保障供回水在最佳温差范围内，进而实现热泵在最佳工况运行。

（2）最优排气压力控制技术。实时对排气压力进行监控，实现24小时全工况条件下最优排气压力极值的自动搜索及稳压控制，保证全工况全运行时系统的制热效能。

（3）除霜控制逻辑优化技术。通过建立不同地区的除霜模型，并不断优化

除霜条件控制和时序控制，达到合理除霜控制逻辑的目的。

（4）系统优化设计及控制。通过优化设计换热结构、工质（CO_2）流速，实现系统制热量、系统能效比和排气压力协调一致。

3．工艺流程

低温低压的 CO_2 气体进入压缩机，经压缩机压缩后达到超临界状态；在超临界状态下高温 CO_2 在气体冷却器中与外部介质换热；冷却后的高压 CO_2 进入中间换热器与从蒸发器出来的低温低压的 CO_2 进行换热；经过中间换热器进一步冷却后的高压 CO_2 直接进入膨胀装置节流至低温低压状态，随后进入到蒸发器；在蒸发器内 CO_2 制冷剂吸收外部介质热量后，以两相或过热状态进入储液回油器；饱和或者过热状态的 CO_2 制冷剂经中间换热器换热后达到过热状态，并连同润滑油一起进入压缩机，如此完成一个循环。具体热泵循环详见图 1。

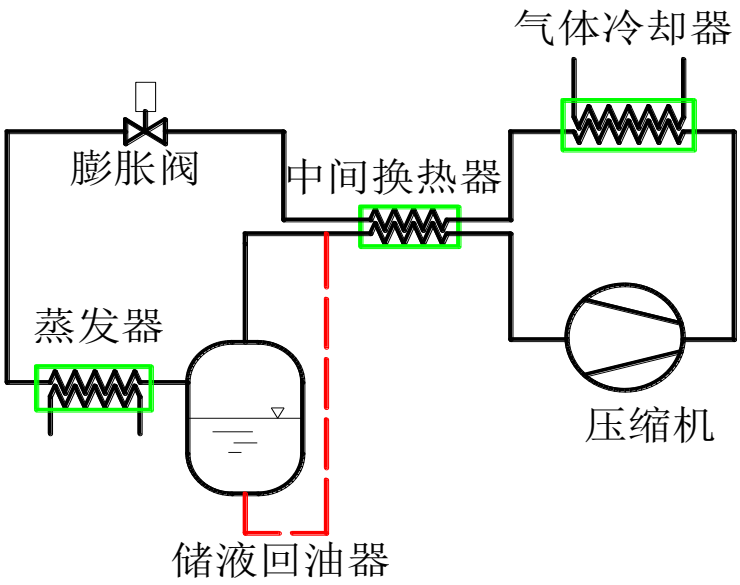


图 1　CO_2 热泵热力循环系统图

五、主要技术指标

1．名义工况（室外干球温度 7℃）达到热水进/出水温度 50℃/70℃，制热量 64kW，制热总功率 26kW，COP 2.46；

2．低温工况（室外干球温度-12℃）达到热水进/出水温度 50℃/70℃，制热量 38.45kW，制热总功率 21.17kW，COP1.82；

3．低温工况（室外干球温度-20℃）达到热水进/出水温度 50℃/70℃，制热量 33.54kW，制热总功率 20.2kW，COP1.66；

4．低温工况（空气干球温度-25℃）达到热水进/出水温度 50℃/70℃，制热量 30.28kW，制热总功率 20.07kW，COP1.51；

5. 单机最大制热功率 96kW，输入功率 26kW。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术共获得 4 项实用新型专利和 4 项外观专利，并于 2017 年取得合肥通用机电产品检测院出具的检测报告。目前，该技术已在北京、天津、河北、辽宁、甘肃等地的水利系统、政府办公楼、铁路沿线工区、居民住宅、旅游场所等投入使用，应用效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：河北省黄壁庄水库管理局、沈阳铁路局、北京顺义李遂镇政府、北京中铁节能环保有限公司、石家庄黄壁庄水库管理局等。

典型案例 1

案例名称：河北省黄壁庄水库管理局办公楼供暖系统热源改造项目

技术提供单位：北京嘉孚科技有限公司

建设规模：总建筑采暖面积 8640m^2。项目建设条件：所有建筑中采暖末端均为暖气散热器采暖系统供，暖环境最低温度-30℃，设计供回水温度 70℃/50℃。项目建设内容：采用 10 台 CO_2空气源热泵采暖机组替换燃气锅炉。主要设备：热泵机组及循环泵组、软水装置、定压装置等。项目节能技改投资额 181 万元，建设期 15 天，年节能量约 128tce，碳减排量 301tCO_2，年节能经济效益为 28 万元，投资回收期约 4 年。

典型案例 2

案例名称：沈阳铁路局大连段供暖节能改造项目

技术提供单位：昆明东启科技股份有限公司

建设规模：总建筑采暖面积 10000 m^2。建设条件：供热需求持续稳定且满足热泵机组建设的外部施工条件。项目建设内容：采用 CO_2空气源热泵替换燃油锅炉为沈阳铁路段 5 个站点的办公楼、食堂、车间供暖。主要设备：共 9 台 CO_2热泵机组（465.0kW）及相应的辅机。项目节能技改投资 358 万元，建设期为 60 天，年（供暖季）节能量 107tce，碳减排量 250tCO_2，年节能经济效益 72 万元，投资回收期约 3.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

我国存量和新增供暖需求十分巨大，仅新增部分每年增加近 4 亿 m^2。随着我国推进北方地区清洁供暖工作力度加大，CO_2 热泵供热机组将迎来全新的发展机遇。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例将达到 10%，项目总投入约 50 亿元，可形成的年节能能力约 58 万 tce，年碳减排潜力 136 万 tCO_2。

234 基于自学习模糊前馈控制的冷热源系统节能技术

一、技术名称：基于自学习模糊前馈控制的冷热源系统节能技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业　建筑及工业领域中央空调冷热源系统

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

随着我国城市化进程的加快和城市建设规模扩大，建筑能耗日益增长。2016年我国建筑能耗已达到8.14亿tce，其中中央空调系统能耗约占65%。冷热源系统作为中央空调系统的主要耗电设备，其控制方式多采用独立控制，同时主要设备控制方式基本为反馈控制，这种控制方式不仅能耗指标高且具有较大的滞后性。基于自学习模糊前馈控制的冷热源系统节能技术可实现中央空调冷热源系统的整体协同控制，并以末端负荷需求为依据，采用具有自学习功能的模糊前馈控制技术，实时对控制参数进行自动优化，消除冷热源系统大滞后特性的影响，解决常规控制方式因各设备独立反馈控制引起的系统能耗高、舒适性低等问题。该技术与常规控制方式相比，可降低建筑能耗20%～50%，节能潜力巨大。

四、技术内容

1．技术原理

该技术以中央空调系统末端负荷需求为导向，以冷热源系统整体节能为目标，对中央空调冷热源系统进行整体协同控制，并进行持续自动优化，进而实现冷热源系统保持最佳工况。同时，通过建立中央空调冷热源主要设备的关联控制模型，根据末端负荷及室外环境变化，采用前馈主动控制进而消除冷热源系统大滞后特性的影响；采用能耗自寻优关联控制技术，自动寻找各主要设备间的最佳运行匹配关系和节能控制参数，实现系统整体能效最优。另外，该技术还可对关

联控制模型进行在线优化，可进一步提高控制模型的准确性。

2．关键技术

（1）冷热源按需主动控制技术。采用冷热源系统末端负荷预测模型，根据末端负荷及室外环境变化情况，计算出下一时刻冷热源系统的负荷需求。依据负荷需求和关联数据库控制模型，自动分配各主要设备（冷水机组、水泵、冷却塔等）的运行参数，实现冷热源系统的主动前馈控制，消除冷热源系统大滞后特性的影响，实现系统对负荷变化的快速响应。

（2）能耗自寻优关联控制技术。根据按需主动控制输出的各主要设备运行参数，对冷水机组、水泵、冷却塔等设备的运行参数进行动态优化，在满足负荷需求的前提下，精确控制各设备协同运行，使系统整体能效最优。同时，通过自主学习功能在线滚动优化关联数据库控制模型，形成最适合当前系统的控制模型参数，指导系统持续高效运行。

（3）最佳效率曲线控制技术。根据冷水机组、水泵、冷却塔等设备的工作特性，对不同工况下各设备的运行参数进行拟合，形成不同工况下各设备的能效曲线，并分析得到“最佳效率曲线”。当主要耗能设备的实际运行状态偏离“最佳效率曲线”时，结合能耗自寻优关联控制策略，通过调节系统的运行参数，使各主要设备尽量接近“最佳效率曲线”运行，从而实现系统整体高效运行。

3．工艺流程

中央空调冷热源节能控制工艺流程图详见图 1。

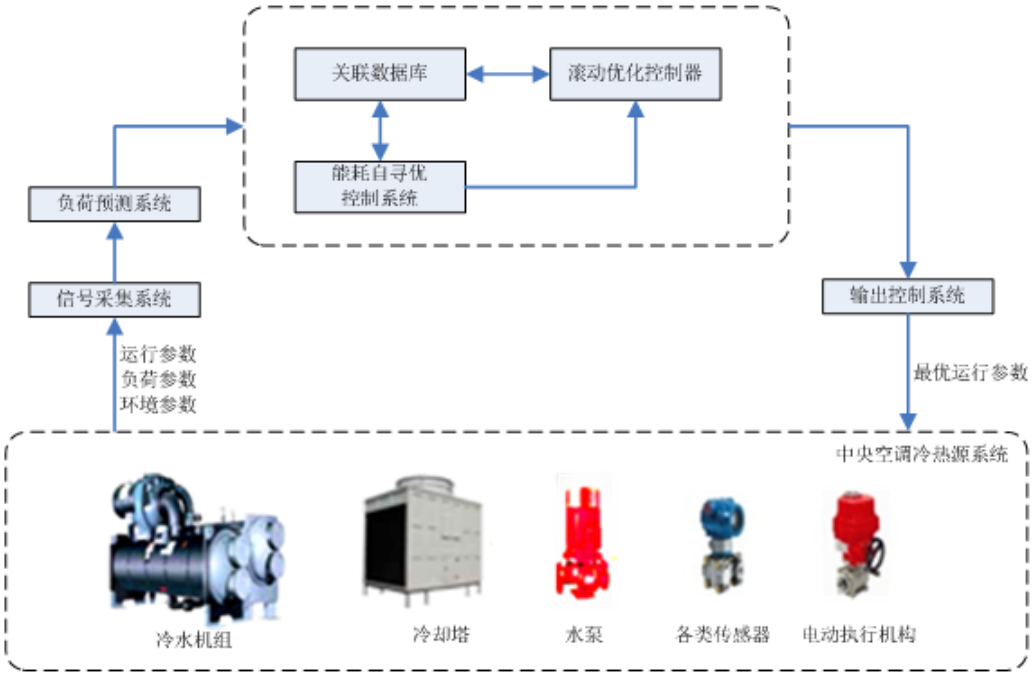


图 1 中央空调冷热源节能控制工艺流程图

五、主要技术指标

（1）冷热源系统节能率：20%～50%；

（2）控制系统运行环境：5～95% RH（相对湿度），-5℃～60℃；

（3）数据采集响应时间≤1s，控制响应时间≤2s；

（4）运维人员数量缩减：50%；

（5）支持 TCP/IP、Modbus 等主流通讯接口及协议，具有远程通讯功能；具有故障排查专家诊断系统，可对常规故障的解决方案做出提示。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家发明专利 6 项，实用新型专利 4 项，并于 2014 年入选工信部“国家重点推广的电机节能先进技术目录”。目前，该技术已在我国民用建筑、区域能源、大型商业综合体等领域 100 余套中央空调冷热源系统中成功应用。

七、典型应用案例

典型用户：武汉新城国际博览中心、深圳航天科技广场、北京地铁 9 号线郭公庄站、、武汉辛亥革命博物馆、上海空间电源研究所、深圳航天科技广场、武汉地铁六号线（26 站）、银川建发大阅城、武汉地铁八号线（12 站）。

典型案例 1

案例名称：武汉国际博览中心空调系统

技术提供单位：北京星达科技发展有限公司/北京卫星制造厂

建设规模：总建筑面积 55 万 m^2，总制冷量为 35522kW。建设条件：原系统为电驱动的中央空调冷热源系统且机组能耗指标偏高。主要技改内容：增设一套节能控制系统，实现冷热源系统的整体协同运行。主要设备：节能控制系统及相关传感器、变频器、电动执行机构等。项目节能技改投资 400 万元，建设期 4 个月，年节能量 979tce，碳减排量 2295 tCO_2，年节能经济效益为 372 万元，投资回收期约 1.1 年。

典型案例 2

案例名称：深圳航天科技广场空调系统

技术提供单位：北京星达科技发展有限公司/北京卫星制造厂

建设规模：总建筑面积 19.6 万 m^2，总制冷量为 19094kW。建设条件：原系

统为电驱动的中央空调冷热源系统且机组能耗指标偏高。主要技改内容：增设一套节能控制系统，实现冷热源系统的整体节能协同运行。主要设备：节能控制系统及相关传感器、变频器、电动执行机构等。项目节能技改投资 175 万元，建设期 3 个月，年节能量 450tce，碳减排量 1055 tCO_2，年节能经济效益为 171 万元，投资回收期约 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术可替代常规中央空调冷热源控制技术/控制系统，实现民用建筑、区域能源、轨道交通、数据中心、大型商业综合体等领域的中央空调冷热源系统节能控制。预计未来 5 年内，该技术在行业内的推广比例将达到 15%，预计总投入约 10 亿元，可形成的年节能能力 30 万 tce，年碳减排能力 72 万 tCO_2。

235 污水源热泵系统流道式换热技术

一、技术名称：污水源热泵系统流道式换热技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业 建筑供热领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国市政污水资源非常丰富，年污水排放量超过 500 亿 t，且市政污水水温稳定，蕴含大量的热能，可作为热泵优质热源为建筑供暖提供热量。然而，通常受换热设备的制约，热泵往往布置于污水处理厂出水末端，同时因供热半径的影响，污水源热泵技术较难实现全面推广。污水源热泵系统流道式换热技术是一种针对污水源换热设备研发的成套技术，不仅解决了污水源热泵推广中换热设备易堵塞、腐蚀等问题，而且可在市政污水主管道取水和换热，实现污水热能的就地提取。该技术的推广应用对于我国普及推广污水源热泵、开发探索绿色供暖技术具有重要的意义。

四、技术内容

1．技术原理

污水源热泵系统流道式换热器是污水源热泵系统的关键设备之一，是实现低品位热能收集的重要装置，其换热稳定性对供热系统尤为重要。该技术污水侧采用单流道、大截面、无触点结构设计，因此具有优异的抗堵、防垢性能；设备清水侧（介质水）采用紧凑型、小截面、多支点、多层并联和串联结构，既保证了换热设备整体的承压能力与抗挠度，又减少了设备体积与占地面积，解决了设备在热交换过程中的堵塞、腐蚀等一系列问题，实现高效换热。利用该技术的热泵系统运行工况稳定，COP可达3.5～4.5，节能效益显著。

2．关键技术

（1）航空级防腐铝换热单元加工技术

主要部件全部采用模具预制，提高了加工精度及设备承压能力，完全实现了产品的标准化、模块化生产。同时，换热表面进行阳极氧化处理，防腐性能与表面硬度是碳钢的 2 倍；换热设备采用的新型防腐铝材传热系数是碳钢的 4 倍、不锈钢的 10 倍，换热器传热系数大幅度提高。

（2）热源介质侧无触点加工技术

热源介质侧采用“无触点单宽流道”设计，即保证了设备换热面的抗挠度和承压能力，又保证了热源介质在换热设备中顺畅通过。换热器两端分别设置专用密封门，可快速开启实，便于清洗维护。

（3）纯逆流换热结构设计

冷热介质实现逆向流动换热，并在换向时形成激烈扰动，保证了设备高效换热。

3．工艺流程

该换热系统可实现三种取水换热方式：

（1）直接从市政排水干渠上取水；

（2）从污水处理厂或排水泵站进口或出口取水；

（3）工厂或小区的排水口取水

因此，该技术的推广更有利于污水源热泵技术的应用，污水源热泵系统供热工艺流程详见图 1。

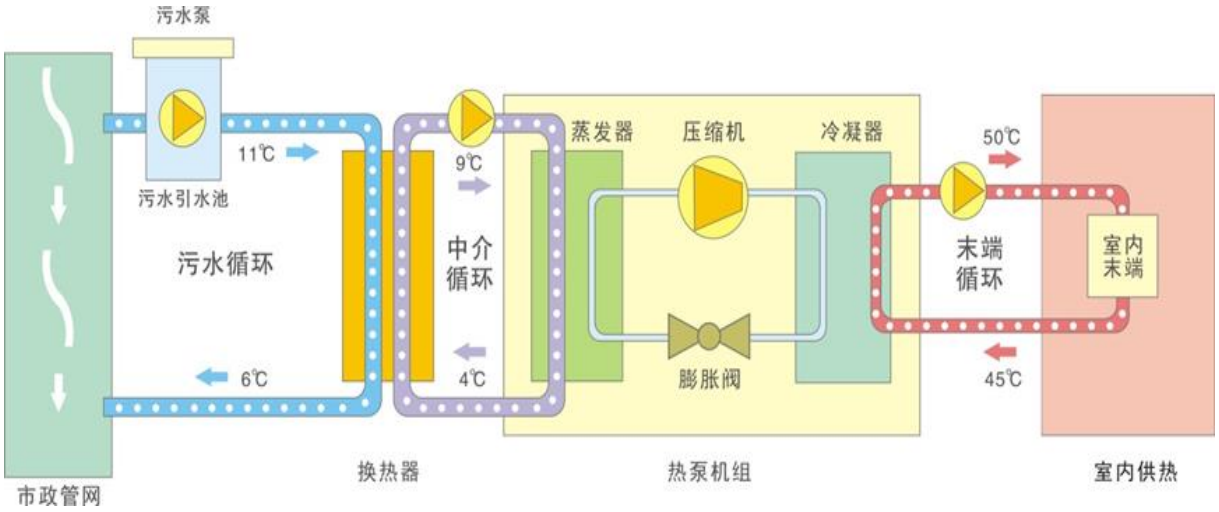


图 1　污水热泵系统供热工艺流程

五、主要技术指标

1．设备承压：＞1.0 Mpa；

2．换热器清水工况下传热系数:＞3000W/㎡.k；

3．单台设计水量:20～100㎥/h；

4．换热器阻力:40～80kPa；

5．清洗周期可达:＞180 天（单台清洗用工约 1 人 1 个工作日）。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术共获得 7 项国家发明专利，2 项实用新型专利，并于 2011 年通过黑龙江省住房和城乡建设厅科技成果鉴定。目前，该技术产品已在全国 150 多个项目 4000 多万㎡的建筑中成功应用，节能效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：哈尔滨学院欧亚之窗校区污水源热泵供热项目、沈阳阳光一百污水源热泵供热项目、河北师范大学污水源热泵供热项目等。

典型案例 1

案例名称：哈尔滨学院欧亚之窗校区污水源热泵供热项目

技术提供单位：哈尔滨工大金涛科技股份有限公司

建设规模：供暖建筑总面积约为 28.4 万㎡。建设条件：项目利用的污水取自流经本项目地欧亚之窗院内何家沟污水截流干渠，本项目工程污水总用量约为 1647㎥/h；其中一期工程 19.5 万㎡，污水的需用量为 1131 ㎥/h。主要技改内容：新建污水源热泵系统、换热站及配套管网。主要设备为污水源热泵系统流道式换热器。节能技改投资额 2313 万元，建设期 3 个月。项目年节能量约 1885tce，年碳减排量约 4976tCO_2。项目年节能经济效益为 324 万元，投资回收期约 7.18 年。

典型案例 2

案例名称：沈阳阳光一百污水源热泵供热项目

技术提供单位：哈尔滨工大金涛科技股份有限公司

建设规模：供暖建筑面积约为 113 万㎡，建设条件：项目污水的用量为 6600 ㎥/h。主要技改内容：新建污水源热泵系统、换热站及配套管网。主要设备:污水源热泵系统流道式换热器。节能技改投资额：13780 万元，建设期个 7 月。年节能量约 6614tce，年减碳减排量 17460tCO_2。项目年节能经济效益 1620 万元，投资回收期约 4.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术行业推广比例将达到 20%，项目总投资约 90 亿元，可形成的年节能能力 60 万 tce，年碳减排能力 158 万 tCO_2。

236 基于新型换热结构的一体式低氮燃烧冷凝技术

一、技术名称：基于新型换热结构的一体式低氮燃烧冷凝技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业　民用建筑采暖、工业领域供热

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

燃气锅炉是我国民用建筑采暖和工业领域供热的重要设备，数量约占我国锅炉总量的 10%左右，近年来应用占比逐年增加。我国现有燃气锅炉中，90%以上为非冷凝式燃气锅炉，锅炉热效率通常介于 88%～92%之间。国内冷凝式燃气锅炉多采用传统炉体配置节能器或冷凝器等方式回收烟气显热和冷凝热，锅炉效率约在 94%～96%左右，与国外冷凝锅炉相比仍有一定的差距，而且在冷凝器换热面容易出现盐化结垢现象，致换热效率逐年衰减。该技术将锅炉与冷凝回收装置集于一体，可减少冷凝回收装置二次换热造成的能量损失，极大回收烟气中的约 8%的显热和 10%的潜热，且换热面积更小，换热系数更大，因此热效率相比国内现有冷凝燃气锅炉更高，锅炉最高热效率可达 109%，热效率可提高 10%以上。该技术的推广应用不仅有利于提高燃气锅炉的经济性，而且可有效降低氮氧化物的排放，对雾霾及大气染污治理发挥积极的作用。

四、技术内容

1．技术原理

采用 316L 不锈钢材质特殊换热结构，可有效抵御冷凝腐蚀，使得烟气在换热过程中产生旋转、分流和汇合、收缩和膨胀，从而打破对流换热热边界层及层流边界层，进而提高换热效率；同时，由于烟气对换热面形成有效的冲刷，可使换热面持久洁净。此外，该冷凝锅炉采用大炉膛尺寸设计，确保在不牺牲效率的前提下降低热力型氮氧化物产生，实现低氮排放。

2．关键技术

（1）烟气侧强化传热技术。换热面设计为特殊波纹结构，烟气经过时产生旋转、分流和汇合、收缩和膨胀，从而打破了对流换热热边界层及层流边界层，使得换热效率更高。

（2）受热面自清洁技术；烟气在经过两组波纹结构中高速流动，形成冲刷作用，使得烟气中的污染物无法沉积，进而确保了换热面的持久清洁

（3）防冷凝腐蚀技术。采用优质 316L 不锈钢制作换热部件，能有效低于冷凝腐

蚀。

（4）低氮炉体结构设计技术。采用了单回程炉体结构设计，相比传统三回程炉体，可以在同样炉筒内安装更大尺寸的炉膛，可降低火焰温度进而减少热力型氮氧化物生成。实现了在采用同型号燃烧器条件下，氮氧化物排放量更低。

3．工艺流程

一体式冷凝燃气热水锅炉主要包括两个流程：水侧和烟气侧流程，详见图 1。

水侧流程：供热系统低温回水首先进入锅炉冷凝换热器，然后进入锅炉的炉胆与锅壳间的水套进一步升温。

烟气侧流程：天然气燃烧后的高温烟气在各受热面完全冷却的烟气从锅炉后部烟道排出。水与烟气主要为逆流换热，局部为交叉流换热。

、

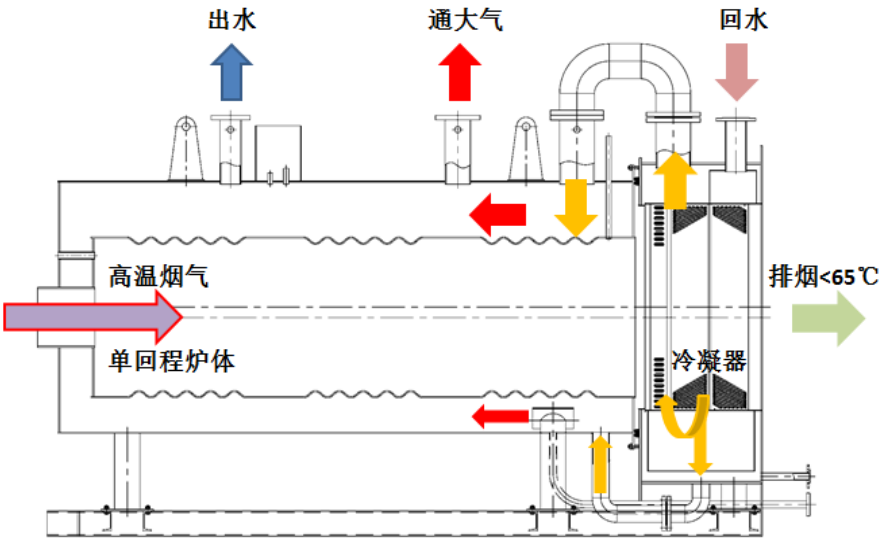


图 1 一体式冷凝锅炉换热流程

五、主要技术指标

1．30℃回水时，满负荷热效率：106.7%，最小负荷热效率：109.5%；

2．40℃回水时，满负荷热效率102.2%，最小负荷热效率105.1%；

3．50℃回水时，满负荷热效率98.5%，最小负荷热效率100.5%；

4．氮氧化物排放：

采用常规扩散式燃烧器

4.1 不采用FGR技术时，NOx＜50mg/m^3 。

4.2 采用FGR技术时，NOx＜30mg/m^3。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得 1 项实用新型专利，并于 2016 年 9 月取得江苏省特种设备安全监

督检验研究院出具的能效检测报告， 2016 年 11 月取得中国特种设备检验研究院出具的能效和环保排放检测报告。目前，该技术已在北京、山西、山东等地 20 多个供热项目上推广应用，累计供热面积近 800 万 m^2。

七、典型应用案例

典型用户： 北京市昌平区沙河镇于辛庄、济南大学、韶关国润再造烟叶厂

典型案例 1

项目名称：济南大学燃煤采暖锅炉替换项目

技术提供单位：苏州博墨热能产品有限公司

建设规模：11.2MW 锅炉供热系统。建设条件：原有燃煤锅炉房及管网陈旧，锅炉效率低下（采暖供回水温度 60/40℃）。主要建设内容：以一体式冷凝燃气热水锅炉置换原有燃煤锅炉。主要设备为 4 台 2.8MW 一体式冷凝燃气锅炉。项目投资 679 万元，建设期 3 个月。相对于普通燃气锅炉，每年可节能省燃气消耗 64 万 Nm^3，折合标准煤 777tce，减少碳排放 1267tCO_2，年节能经济效益为 167 万元，投资回收期约 4 年。

典型案例 2

项目名称：韶关国润再造烟叶厂锅炉采购项目

技术提供单位：苏州博墨热能产品有限公司

建设规模：26 蒸吨锅炉供热系统。建设条件：新建厂房的蒸汽系统，设计蒸汽压力 0.8MPa，年蒸汽用量约 7 万蒸 t。主要建设内容：新增 3 台冷凝式蒸汽锅炉（2 台蒸 8t，1 台 10 蒸 t）。项目投资额：400 万元，建设期 3 个月。每年可节能省燃气消耗 70 万 Nm^3，折合标准煤 850tce，减少碳排放 1386tCO_2，年节能经济效益为 210 万元，投资回收期约 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术推广比例达到 1%，可推广约 1 亿 m^2 供暖建筑面积，累计投资约 40 亿元，可形成年节能能力 49 万 tce，年碳减排能力 80 万 tCO_2。

237 汽车混合动力技术

一、技术名称：汽车混合动力技术

二、技术所属领域及适用范围：交通行业 汽车行业混合动力汽车

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国汽车每百公里平均油耗比发达国家高 20％以上，其中轿车油耗比日本高 20％-25％，比欧洲高 10％-15％，比美国高 5％-20％。我国目前的汽车保有量已超过 3000 万辆，且增长迅速，由此造成的能源消耗和环境污染日益严重。目前应用该技术可实现节能量 53 万 tce/a，减排约 140 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

（1）再生制动能量回收：汽车制动时电动机工作处于发电机模式，将车辆的行驶动能转换成电能储存于电池中，将传统机械制动器消耗掉的部分能量进行回收；

（2）消除怠速工况：电动机作为起动电机，使发动机可以在停车期间和减速滑行期间关闭，消除了怠速工况，节省了燃油；

（3）减小发动机排量：由于电动机的助力作用，在保证同样动力性的情况下，可以减小发动机的排量；

（4）对发动机本体进行重新优化设计，针对混合动力的工作特性对发动机进、排气系统进行优化，设计开发出具有高效率的混合动力专用发动机；

（5）通过整车控制策略的优化匹配设计，使发动机运行在高效率低排放的区域。

2.关键技术

多能源动力总成控制技术；专用发动机及其控制技术；ISG 电机及其控制技术；电池组及能量管理系统技术；混合动力变速器技术；CAN 总线通讯技术等。

3.工艺流程

与传统发动机相比，发动机的装配工艺流程增加了 ISG 电机的装配环节。

具体见图 1。

整车焊接及涂装与传统车基本相近。与传统车相比，总装生产线增加了电池、IPU、DCDC 及散热系统安装，动力线束安装，混动系统自检查等工序。

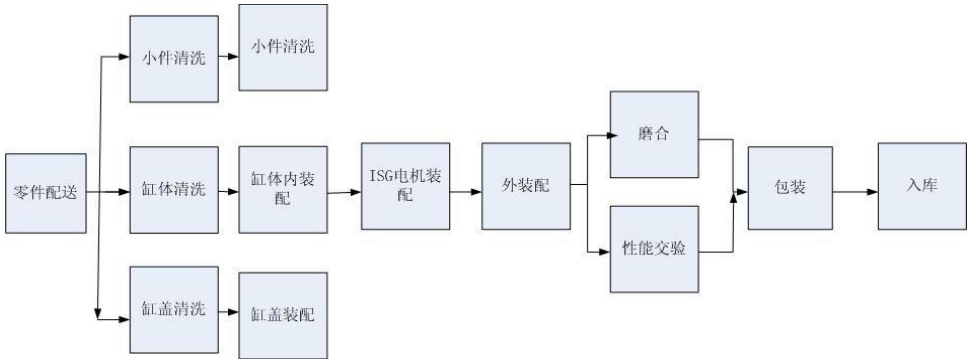


图 1　混合动力汽车发动机的装配工艺流程

五、主要技术指标

1.动力性：最高车速大于 160km/h；

2.经济性：弱混合动力节油 5％以上，中混合动力节油 20％以上，强混合动力节油 35％以上；

3.排放：达到国Ⅳ排放标准。

六、典型应用案例

典型用户：长安汽车、奇瑞汽车、一汽汽车

长安汽车股份有限公司。建设规模：形成年产 30000 台长安混合动力系列车能力。主要技改内容：建设混合动力汽车生产线，建立混合动力系列车的配套体系。节能技改投资额 9485 万元，建设期 2 年期。按年产 3 万辆，每辆车每年运行 3 万 km，百公里节油 20％（即 1.7 升）计算，每辆车每年节油 510 升，折合每辆车 0.71tce/a，每年可节约费用 3570 元/车。按年销售 1 万辆，每辆车利润 0.3 万元计算，投资回收期 3.16 年。

七、推广前景及节能减排潜力

2010 年，我国混合动力汽车的产量将超过 4.5 万辆，其中混合动力轿车 4 万辆，产值超过 60 亿元；混合动力客车 5000 辆，产值 25 亿元。混合动力汽车的潜在客户包括公务用车、出租车、私人用户等。预计未来 5 年，该技术在行业的推广潜力可达到 20%，预计混合动力汽车可推广至 300 万辆，形成节能能力 210 万 tce/a，减排能力 554 万 tCO_2/a。

238 温拌沥青在道路建设与养护工程中的应用技术

一、技术名称：温拌沥青在道路建设与养护工程中的应用技术

二、技术所属领域及适用范围：交通行业 沥青路面的建设和养护

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前用于沥青路面建设和维修养护的材料中95％以上为热拌沥青混合料，施工时热拌沥青混合料的温度一般在160-180℃以上，不仅需要消耗大量的加热燃油（每t沥青混合料需消耗7-8kg燃油），而且会产生大量的温室气体（CO_2、SO_2、NO_X等）和沥青烟等有害、有毒气体。

近几年，我国每年热拌沥青混合料的用量约为2.5亿t，每年消耗燃料油175万-200万t，折合237万-270万tce。应用该技术可实现节能量3万tce/a，减排约8万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

通过在沥青混合料的拌和过程中加入温拌添加剂等技术手段降低沥青结合料的粘度，从而实现沥青混合料在较低的温度（110-130℃）下进行拌和并压实成型。目前，基于表面活性剂的温拌沥青技术是最常用的一种温拌方式，由于表面活性剂型的温拌添加剂的加入，在温拌沥青内部形成许多细小的液态微粒，这些液态微粒起到润滑作用，从而降低了沥青混合料的粘滞度，提高了沥青混合料的和易性及可压实性能。与热拌沥青混合料相比，在不降低沥青混合料性能的前提下，温拌沥青混合料的拌和温度一般可降低40-60℃，从而降低拌和过程中的燃料油消耗，一般可节能燃料油20％-30％；降低拌和、运输和摊铺过程中有害、有毒气体排放的减少，二氧化碳和沥青烟的排放可分别下降50％和80％以上。

2.关键技术

温拌沥青混合料设计技术，温拌沥青混合料施工技术，温拌添加剂技术。

3.工艺流程

表面活性剂法温拌沥青混合料生产工艺流程：用温拌表面活性剂配制一定浓度的水溶液，然后在沥青和集料拌和过程中喷入该溶液，经充分搅拌后生产出温拌混合料。以出料温度为120℃的温拌沥青混合料为例，其拌和工艺为：（1）在拌和锅中将约135℃的热集料干拌；（2）在130℃左右的沥青开始喷出后随即喷出50℃左右

的表面活性剂水溶液；（3）充分拌和生产出120℃左右的温拌混合料。

工艺流程见图 1，温拌表面活性剂溶液添加设备示意图见图 2。

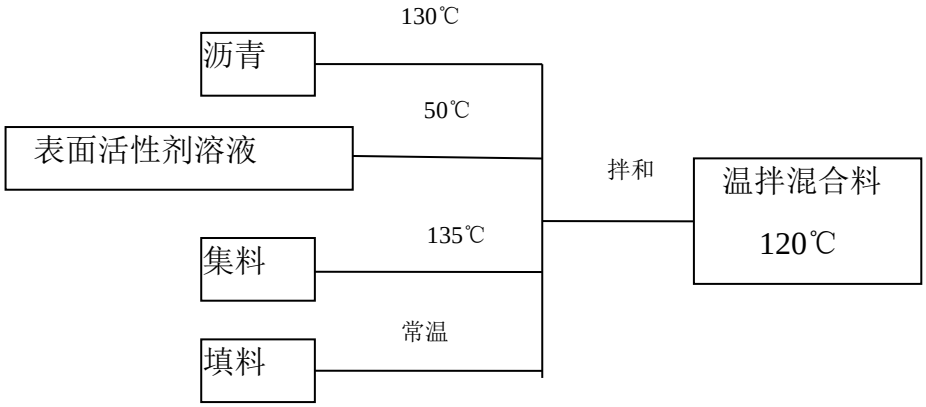


图 1 温拌沥青混合料工艺流程

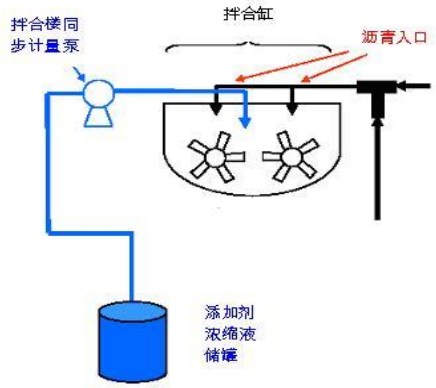


图 2 表面活性剂溶液添加设备示意图

五、主要技术指标

在保持同类型热拌沥青混合料良好性能的前提下，温拌沥青技术可降低施工温度 40-60℃，节省加热燃油 20%-30%（每 t 沥青节省 1.5-2.0kg 混合料），减少温室气体（CO_2 等）排放 50%以上，减少沥青烟等有毒气体排放 80%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

温拌沥青技术是由多家单位依托交通部西部科技项目，共同研究开发的高节能、低排放的低碳铺路技术，是路面铺筑技术的重大创新。温拌沥青技术已在北京、上海、河北、江苏、青海等多个省市的60多条包括高速公路及城市快速路在内的道路上得到应用。继在2008北京奥运工程成功应用后，温拌沥青技术再次在六十周年大庆的长安街路面大修工程中得到应用。上海崇明岛越江隧道工程、世博工程等重大项目中也应用了50℃, 135℃沥青表面活性剂溶液130℃集料填料常温拌和温拌混合

料120℃温拌沥青技术。

七、典型应用案例

典型用户：北京市公联公司、首发高速公路公司，上海场道建设公司

典型案例1

案例应用单位：北京市公联公司、首发高速公路公司等

技术提供单位：交通运输部公路科学研究所

建设规模：2009年使用温拌沥青混合料近20万t，工程包括：六十周年大庆长安街路面大修工程、八达岭高速大修罩面工程、京沈高速大修罩面工程、京承高速隧道道面铺装工程、京包高速隧道道面铺装工程等。主要技改内容：沥青混合料搅拌设备安装温拌添加剂喷淋装置。节能技改总投资额约20万元，节约350-400t加热燃料油，相当于节煤473-541tce。如果每t 燃料油按4500元计，节能经济效益约158万-180万元。

典型案例2

案例应用单位：上海场道建设公司

技术提供单位：交通运输部公路科学研究所

建设规模：2009 年使用温拌沥青混合料 10 多万 t，工程包括：高架路罩面工程、崇明岛越江隧道工程、世博工程。主要技改内容：沥青混合料搅拌设备安装温拌添加剂喷淋装置。节能技改投资额约 10 万元，节约加热燃料油 175-200t，相当于节煤 237-270tce。如果每 t 燃料油按 4500 元计，节能经济效益达 79 万-90 万元。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，温拌沥青技术可在我国公路和城市道路沥青路面建设和维修养护工程中的推广应用率达到 50%，届时预计年节约消耗燃料油 19 万-25 万 t，节能能力约为 30 万 tce/a，减排能力约为 79 万 tCO_2/a。

239 沥青路面冷再生技术在路面大中修工程中的应用技术

一、技术名称：沥青路面冷再生技术在路面大中修工程中的应用技术

二、技术所属领域及适用范围：交通行业 各等级公路沥青路面大中修养护工程

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

热拌沥青混合料的生产温度一般在160-180℃以上，不仅需要消耗大量的加热燃油（每吨沥青混合料需消耗7-8kg燃油），而且会产生大量的温室气体（CO_2、SO_2、NO_X等）和沥青烟等有害、有毒气体。

近几年，我国每年热拌沥青混合料的用量约为2.5亿t，每年消耗燃料油175万-200万t，折合236.6万-270.4万tce。目前应用该技术可实现节能量4万tce/a，减排约11万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

冷再生技术是对沥青路面进行冷铣刨、破碎和筛分，掺入一定数量的新集料、再生结合料、活性填料（水泥、石灰等）和水（新材料掺配比例一般在30%以内），经过常温拌和、常温摊铺、常温碾压等工序，实现旧沥青路面再生的技术。按照再生工艺的不同，冷再生技术可以分为厂拌冷再生和就地冷再生两种方式；按照所用结合料的不同，冷再生技术可以分为泡沫沥青冷再生、乳化沥青冷再生和水泥冷再生三种方式。

2.关键技术

沥青路面冷再生技术的关键技术是：

（1）乳化沥青配方设计技术；

（2）沥青发泡特性改进技术；

（3）冷再生沥青混合料设计技术；

（4）冷再生施工质量控制技术。

3.工艺流程

按照工艺的不同，沥青路面冷再生技术可分为厂拌和就地两种方式。

（1）厂拌冷再生的工艺流程：

原路面冷铣刨得到废旧路面材料RAP→将RAP运输至拌和厂→采用专用设备进

行混合料拌制→将冷再生混合料运输至施工现场→摊铺→碾压→养生→加铺罩面层。

（2）就地冷再生的工艺流程：

采用专用设备对原路面进行就地冷铣刨，同时完成就地拌和、就地摊铺、就地压实，经养生后加铺罩面层。

按照再生结合料的不同，沥青路面冷再生可以分为泡沫沥青冷再生、乳化沥青冷再生二种。

泡沫沥青：是采用将热沥青和水在专用的发泡装置内混合、膨胀，形成的含有大量均匀分散气泡的沥青材料（见图（1）。由于含有大量气泡，因此泡沫沥青粘度较小，可以在较低的温度下与石料拌和。

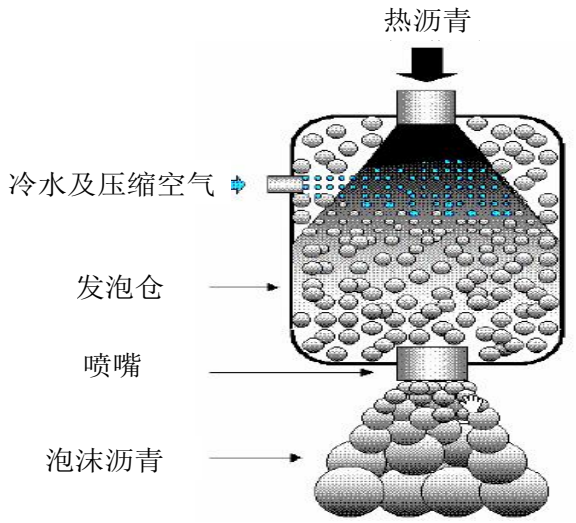


图 1　沥青发泡装置

乳化沥青：是将石油沥青与水在乳化剂、稳定剂等的作用下，经乳化加工制得的均匀沥青产品。由于将沥青以细微颗粒的形式分散到了水相中，使得乳化沥青在常温下呈液态，可以在常温下与石料拌和均匀。

通过冷再生，可以消除原路面较深层位病害，延长路面寿命。典型的沥青路面冷再生结构形式见下图 2。

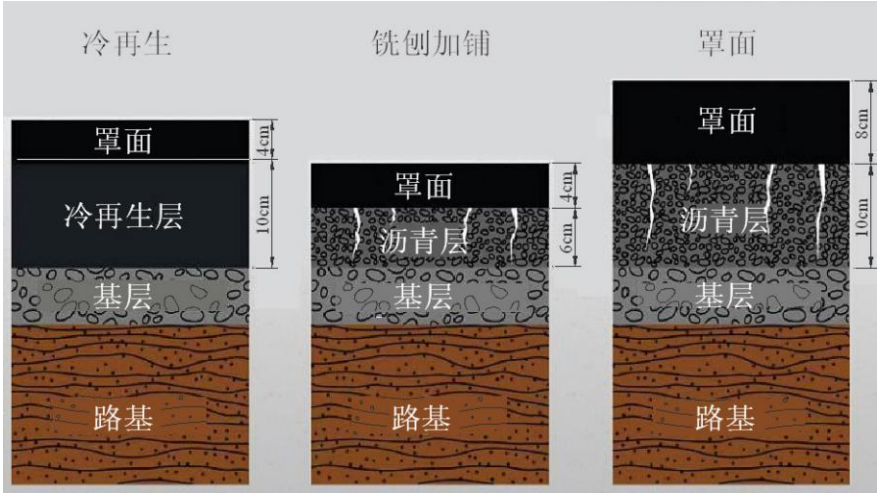


图 2 冷再生技术方案示意图

五、主要技术指标

与传统铣刨加铺维修技术比较，在不影响路面使用性能的前提下，采用冷再生技术可节省加热能源 60%以上，减少 CO_2 排放量 80%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得 2009 年度中国公路学会科学技术一等奖。2004 年以来，我国辽宁、江苏、河北、江西、浙江、陕西等十几个省市都先后铺筑了沥青路面冷再生试验路或实体工程，使用泡沫沥青和乳化沥青的冷再生应用面积已超过 1000 万 m^3，技术成熟可靠。

七、典型应用案例

典型用户：江西赣粤高速公路股份有限公司、河北省公路管理局、浙江省公路管理局、辽宁省营口市公路处等

典型案例 1

案例应用单位：江西省昌九高速公路

技术提供单位：交通运输部公路科学研究所

建设规模：应用乳化沥青冷再生技术 90 多 km 的路面大修工程。主要技改内容：采用厂拌冷再生路面结构方案，应用乳化沥青冷再生技术实现了对原半刚性基层的柔性化转换，并将厂拌冷再生层作为高速公路的上基层。主要设备为经过自主改造的国产水泥稳定拌和设备。节能技改投资额 100 万元，建设期 3 年，节能量折合约 780 tce，节约沥青 7845t，总计节能经济效益约为 5600 万。

典型案例 2

案例应用单位：河北省国道 G106（衡水段）一级公路

技术提供单位：交通运输部公路科学研究所

建设规模：应用泡沫沥青冷再生技术 80 多 km 的路面大修工程。主要内容：采用泡沫沥青就地冷再生技术，将泡沫沥青冷再生混合料作为一级公路的下面层，应用泡沫沥青冷再生混合料 50 多万 t。与传统的热拌沥青混合料（ATB-2（5）相比，节省燃料油 4000t（50 万 t×8kg），按 1t 燃料油折算成 1.43tce 计算，节约标准煤约为 5720t。

八、推广前景及节能减排潜力

随着使用期的延长，我国的高等级公路大量进入维修养护期，维修养护、翻修重建的任务越来越重。我国公路已经开始由建设为主的发展阶段逐步转变为建养并举的发展阶段。冷再生技术可广泛应用于各等级公路及城市道路的沥青路面大中修工程，具有明显的节能减排效果，显著提高了旧路面材料的利用率，经济效益和社会效益明显，具有广泛的推广应用前景。

据统计，我国每年高等级公路维修养护中铣刨的旧沥青路面材料约为 7000 万 t。预计未来 5 年，铣刨的旧沥青路面材料中将有 40%采用冷再生技术，与传统的热拌沥青混合料（ATB-2（5）相比，可节省燃料油 22.4 万 t，折合成标准煤，可节约 32 万 tce，减排 84 万 tCO_2。

240 轮胎式集装箱门式起重机“油改电”节能技术

一、技术名称：轮胎式集装箱门式起重机“油改电”节能技术

二、技术所属领域及适用范围：交通行业 集装箱堆场等集装箱装卸港口

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国集装箱码头的集装箱堆场装卸一般采用轮胎式集装箱门式起重机（简称 RTG）作业，用柴油发电机组供电，能耗及成本较大，且排放大量废气、噪声，对环境产生一定的影响，单位能耗量约在 6.5tce/万 t 吞吐量左右。目前应用该技术可实现节能量 2.7 万 tce/a，减排约 7 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

本技术把用柴油发电机组供电的轮胎式集装箱门式起重机改为用市电作为动力，既降低了能耗和运营成本，同时也使环境质量得到改善。

2.关键技术

供电技术方案、自动纠偏及牵引技术、柴油发电机组供电与滑触线、卷筒供电安全、快速的切换以及安全保护技术。

3.工艺流程

本技术系统包括建设滑触线供电线路或电缆卷筒供配电系统-避雷系统、供配电及电气保护装置和快速切换装置。

改造示意图见图 1 所示。

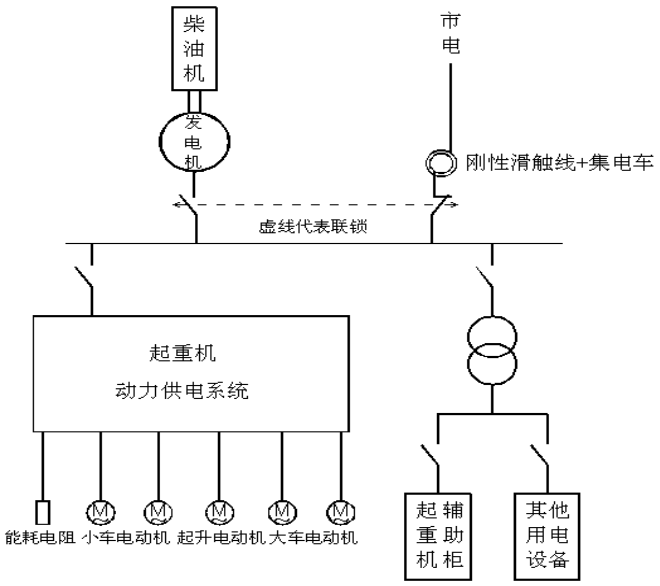


图 1 轮胎式集装箱门式起重机“油改电”示意图

五、主要技术指标

RTG“油改电”后， RTG 操作单箱 TEU 能源节约率达 50%，设备使用率提高了 10%，噪音降低 90%以上，大大改善环境质量。

六、典型应用案例

典型用户：上港集团明东公司、沪东公司、青岛港前湾 QCT 公司、宁波北仑集装箱公司、深圳、天津港等

技术提供单位：中交水运规划设计院有限公司

建设规模：60 台轮胎式集装箱门式起重机油改电改造。主要技改内容：供电滑线 72 条，供电箱变 18 台，完成全部 RTG“油改电”改造等。节能技改投资 4000 万元，建设期 9 个月，年节能量 1687tce，年节能经济效益 1527 万元，投资回收期 2.5 年。

七、推广前景及节能减排潜力

目前，我国集装箱堆场装卸设备 90%以上应用轮胎式集装箱门式起重机，如果交通港口行业 75%完成轮胎式集装箱门式起重机的“油改电”，那么相应年节能量为 20 万 tce，年减排能力 53 万 tCO_2，节能潜力较大，同时，可以改善港口的环境，减少废气排放，推广应用前景广阔。

241 新型轮胎式集装箱门式起重机节能技术

一、技术名称：新型轮胎式集装箱门式起重机节能技术

二、技术所属领域及适用范围：交通行业 交通运输行业港口、中转站装卸集装箱或件杂货等

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

通用型轮胎式集装箱门式起重机（简称通用型RTG）是集装箱港口的重要设备，在现代化港口集装箱堆场中占据主导地位。它可以大范围灵活调动，具有空间利用率高、生产率高和全堆场机动的特点。但通用型RTG使用柴油发电机组为整机提供动力，存在造价高、日常使用维护成本高、能源消耗大和废气排放污染、噪声污染等缺点。据统计，通用性RTG作业每标箱能耗为1.2-2.2升柴油。

新型轮胎式集装箱门式起重机为大型机械设备，其生产过程的主要耗能是电。由于新型RTG为轻型化设备，整机重量降低约1/3，所以在生产过程中可以节约大量能源。目前应用该技术可实现节能量4万tce/a，减排约11万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

（1）采用“四卷筒”组合驱动技术

在总体设计上，新型RTG采用四组钢丝绳卷筒装置（见图1），依靠卷筒的正、反转，收放钢丝绳实现货物的起升和横向移动。驱动装置和卷筒安装在门架底梁上，与通用型RTG（起升和小车运行机构都设置在小车上）相比，大幅降低小车质量和整机重心，优化了整机结构，实现了整机重量的轻型化。

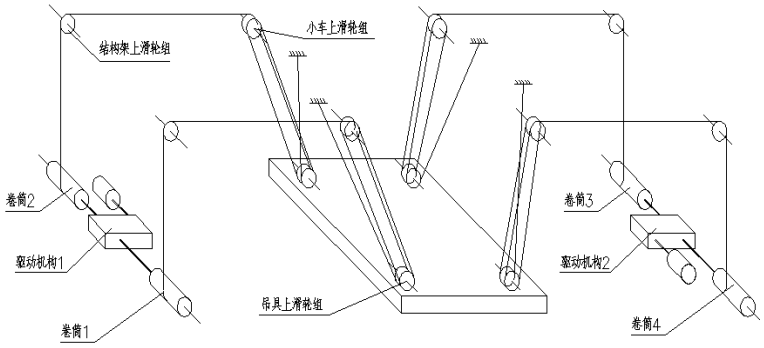


图1 “四卷筒”组合驱动原理示意图

（2）采用电力驱动

通用型RTG采用柴油发电机组提供动力，由于系统载荷是变化的、非线性的，因此通用型RTG在载荷较轻时，柴油机处于标定转速部分负荷运转，柴油发电机组效率较低。据统计，通用型RTG发动机启动后，用于装卸作业的时间不到50%，其它时间为空耗，一台通用型RTG每小时空耗的柴油约15升。新型RTG工作电机和照明均采用市电为动力，只配备小功率柴-电机组柴油机作为转场使用，满足RTG机动性要求。

（3）电力驱动控制

电动RTG采用变频调速、可编程控制器（PLC）和现场总线控制组成电力驱动控制系统，实现调速、控制一体化。整机的主要控制单元都以节点形式连接到总线上，实现数字信号通讯，具有快速、准确的特点。同时节省了各控制单元间的大量信号线，简化了硬件系统，降低了成本。

2.关键技术

（1）总体参数的优化设计研究；

（2）整机结构轻型化与起升和小车运行一体化研究；

（3）电力驱动系统。

3.工艺流程

（1）卸车的工艺流程

集装箱卡车到设备跨距车道内→起重机小车运行到集装箱卡车上方→起重机起升机构吊具下降→吊具抓取集装箱→确保安全后从集装箱卡车上将集装箱提到安全高度→起重机小车运行将集装箱吊运到指定的箱位→起重机起升机构吊具下降→将集装箱放到箱位上→吊具放下集装箱后起升→完成集装箱的卸车。

（2）装车的工艺流程

与卸车的工艺流程相反。

五、主要技术指标

主要技术指标见表 1 所示。

表 1 主要技术指标

序号	名称		指标
1	额定起重量（吊具下）		30.5/35/40.5t
2	堆码层数（ISO 标准集		过 3 堆 4～过 5 堆 6
3	起升高度		16.5～18.3m
4	跨箱数（跨距）		17m （4 列箱+1 车道）
			20m （5 列箱+1 车道）
			23.47m （6 列箱+1 车道）
5	起升速度	重载	18～20m/min
		空载	32～40m/min
6	小车运行速度		60～72m/min
7	大车运行速度		40～70m/min
8	装机容量		160kW
9	控制型式		交流变频

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

经上海港口机械质量监督检验测试中心检测，各项指标均满足标准规范的要求，技术成熟可靠。实际的应用案例到现在最长的使用时间已经接近 10 年，使用情况良好。

七、典型应用案例

典型用户：广州鱼珠木材有限公司、肇庆港务有限公司、广东佛山南港码头有限公司

技术提供单位：交通运输部水运科学研究院

建设规模：集装箱码头年通过能力 60 万 TEU。主要技改内容：在原有件杂货堆场基础上进行扩建，新购置 RTG 设备，对堆场设备进行更新。节能技改投资额 2322 万元，建设期 3 年。可节能 1606 tce，节能经济效益 847 万元，投资回收期 4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 25%，预计总投入 6 亿元，年节能能力 10 万 tce/a，二氧化碳减排能力 26 万 tCO_2/a。

242 发动机智能冷却技术

一、技术名称：发动机智能冷却技术

二、技术所属领域及适用范围：交通行业 适用于各类商用车辆（客车、卡车等）和工程机械

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

由于冷却系统对于发动机的动力性、经济性、可靠性具有综合性的影响，发动机智能冷却技术作为传统冷却系统的升级换代新技术，不仅有效提升了发动机的性能、降低了燃料消耗、污染排放总量和噪声，而且具有成本低、效益好、安全可靠等优势，因此必将得到广泛推广应用。目前应用该技术可实现节能量3万tce/a，减排约8万tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

传统冷却系统的“非温控”、“非按需散热”、“非独立换热器”等三个“三非”主要特点，是商用车辆燃耗高的主要原因。发动机智能冷却系统优化节能技术模拟了发动机台架实验工况的水、气温度条件，将台架试验时的良好条件“移植”到整车，使发动机在整车上得到良好应用。同时，采用了低能耗的新型驱动管理技术，综合降低了燃耗。

2.关键技术

（1）冷却系统的产品架构设计技术，解决了困扰商用车冷却系统设计的“二元换热”理论数学模型问题。

（2）将发动机台架试验工况理想状态，成功“移植”于整车使用，整车维持最佳水、气温度，提高发动机热效。

（3）先进的冷却系统设计架构、实时温度控制策略和独立换热器布置型式。

（4）全数字化、闭环式的电控系统控制设计方案，“PWM”脉宽调制波变频控制技术、数字化传感技术、“AVF”直流变频、变压、变流等变控技术。温控方式ECU化、变频化、实时化、恒温化。

（5）专用高效换热器设计技术。

3.工艺流程

工艺流程如图 1 所示。

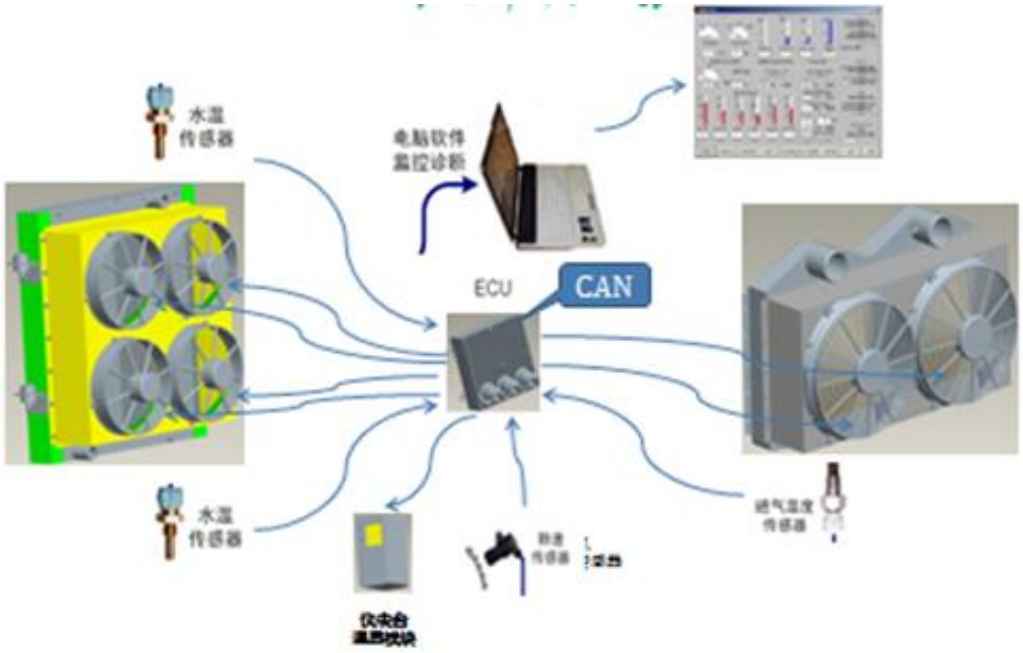


图 1 工艺流程

五、主要技术指标

发动机智能冷却技术的冷却功率消耗，仅占发动机的有效功率的比率约为 2%，功率消耗降低了 80%。对应于整车的燃料消耗降低率为≥5%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2012 年 3 月 14 日，中国机械工业联合会受国家科学技术委员会委托，组织召开对 ATS 技术的“国家高新技术企业科技成果鉴定”会议，由方茂东、王秉刚、陈全世等九位著名专家组成的鉴定委员会一致认为：ATS 技术“总体技术达国际先进水平”。

2009 年，获“影响中国客车业▪2009 年度中国客车技术应用创新贡献奖”

2011 年，获“2011 第六届中国国际客车大赛▪中国客车零部件技术创新奖”

2011 年，获“中国客车零部件创新奖”

七、典型应用案例

应用单位：北京公交集团

技术提供单位：苏州工业园区驿力机车科技有限公司

建设规模：1000 台公交车。主要技改内容：通过在用车技术改造和更新车标配，在公交车装配采用发动机智能冷却技术的冷却装置。目前已经实施的情况：2009 年在用车进小批量技改换装，一种车型换装发动机智能冷却技术的设备；2010 年技改换装量 72 台，三种车型换装发动机智能冷却技术的设备；2011 年技改换装量 612 台，

采购新车标配 290 台，共八种车型换装发动机智能冷却技术的设备。建设期：2 年。项目投资总额 1025.8 万元，年节能量为 1998tce，年节能经济效益约 829.6 万元，投资回收期约 14 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 55%，预计总投入 60 亿元，年节能能力 141 万 tce/a，减排能力 373 万 tCO_2/a。

243 高速公路电子不停车收费技术

一、技术名称：高速公路电子不停车收费技术

二、技术所属领域及适用范围：交通行业　高速公路收费领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，高速公路主要的收费手段是人工收费。截止 2011 年底，全国高速公路通车总里程已经超过 8.6 万 km，全国民用汽车保有量也达到了 10578 万辆，大中城市中汽车保有量达到 100 万辆以上的城市数量达 14 个。到“十二五”期末，预计高速公路里程将接近 11 万 km，民用车辆保有量将超过 1.5 亿辆。由于人工收费效率低下，随着高速公路车流量不断增加，收费站拥堵现象日益严重，不仅影响交通治安，降低社会生产效率，还导致了汽车油耗和尾气排放大幅增加。应用该技术可实现节能量 5 万 tce/a，减排约 13 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

公路交通运输企业的能源成本主要来自于汽车油耗，汽车行驶过程的速度变化是汽车油耗增加的主要因素之一。高速公路电子不停车收费系统（ETC）主要通过收费站 ETC 车道上的微波天线与安装在车辆挡风玻璃上的车载电子标签之间的专用短程通信，在不需要司机停车和其他收费人员操作的情况下，通过微波实现车辆身份参数的快速自动识别和数据交换，获取通过车辆的类型和所属用户等数据，并由计算机控制系统指挥车辆通行，其通行费可以通过计算机网络系统直接从储值型 IC 卡中扣除或者通过记账型 IC 卡信息从用户在银行开设的专用账户上扣除，从而实现车辆的不停车收费。

使用电子不停车收费系统（ETC），大大减轻了高速公路交通堵塞和拥挤，有效提高了高速公路通行速度，在汽车发动机、载重量、几何外形和公路质量等因素不变的情况下，过往车辆制动减速、怠速待车和踩油门加速的频率得到了有效降低，即可以大幅度降低高速公路汽车能源消耗值和尾气排放值。

2.关键技术

（1）DSRC 设备研制

ETC 专用短程通信设备由安装在车辆上的微型化车载单元 OBU 和路侧设备

RSU 构成。其中，车载单元 OBU 是一种具有微波通信功能和信息存储功能的移动设备识别装置，它以 5.8GHz 微波为传播介质，采用 5.8GHz 微波天线，包含调制解调器和编码、解码电路，实现从 DSRC 物理层到 DSRC 数据链路层数据变换要求。车载单元 OBU 平时处在耗电低的休眠状态，只有进入路侧设备 RSU 的通信区域，被路侧设备 RSU 发射的 BST(Beacon　Service Table)微波信号激活进入相应的工作状态；接收路侧设备 RSU 发出的控制信息和要求，转发下行链路载波，其载波已由二次副载波调制，实现上、下行链路的通讯。由于将采用微封装器件、SMD 焊接工艺和 ABS 高温改性 ABS 塑料外壳，使得整个车载单元 OBU 具有结构紧凑、体积小、安装方便的特点。

RSU 是 OBU 的读写控制器，由加密电路、编解码器电路和收、发独立的微波电路及核心单元---数字信号处理器等组成，以 DSRC 通讯标准的数据交换方式和微波无线传递手段，实现移动车载设备与路侧设备之间安全可靠的信息交换目的。路侧设备 RSU 电路采用模块化设计，选用微封装器件、SMD 焊接工艺，外壳采用不锈钢材料和全密封防水结构，以期达到交通道路现场使用要求。

（2）密钥系统及双界面 CPU 技术

密钥系统是整个 ETC 解决方案的安全保障，它有自身行业的一些特殊要求。与该技术的密钥系统相关的关键技术及解决途径包括：双界面 CPU 卡开发技术、CPU 卡、母卡等密钥卡开发技术、密钥导出、导入及分散技术和 TAC 码认证技术。

（3）ETC 车道逻辑

ETC 车道逻辑主要包括过车逻辑、异常处理逻辑、设备检测与控制逻辑。

（4）ETC 运营模式的优化。

3.工艺流程

该技术系统流程见图1、图2。

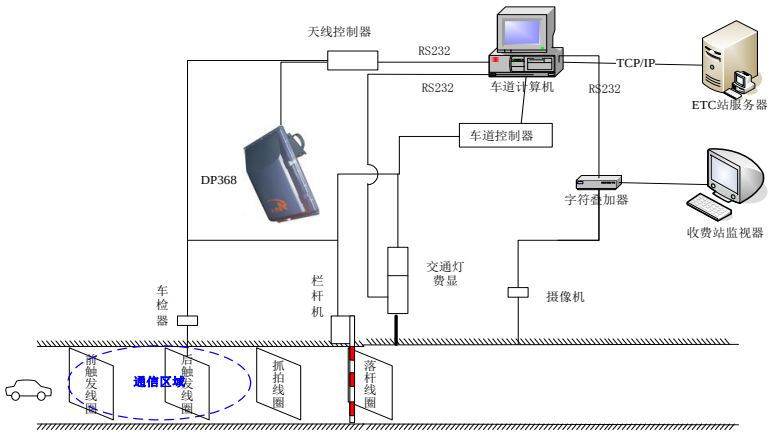


图 1 电子不停车收费系统结构图

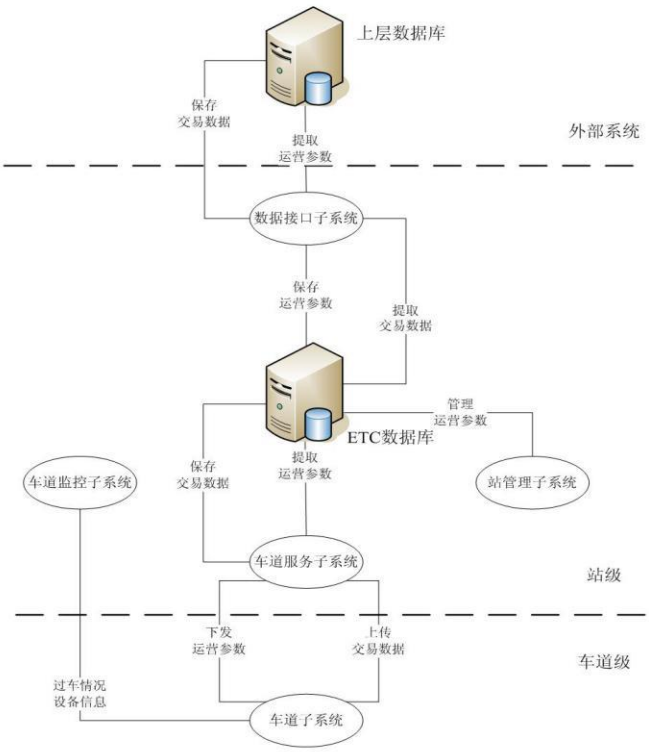


图 2 电子不停车收费系统原理简图

五、主要技术指标

1.单车交易处理时间≤3s；

2.车道通行能力≥1200 辆/车道·h；

3.过车速度最高可达 40km/h；

4.可靠性：每 10 万次交易不能有多于 3 次的错误；

5.车道信息保存：至少 6 万车次过车记录；

6.MTBF：大于 1 万 h。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2011 年 5 月通过广东省交通运输厅组织的专家鉴定。2000 年 6 月，国家智能交通系统工程技术研究中心在第四届亚太区 ITS 年会上创造性地提出了组合式收费技术方案。2000 年底，交通部公路科学研究所确定京珠高速公路粤境南段（曲江-翁城段）采用组合式收费技术进行收费，将该项目作为组合式收费技术向全国推广的示范工程。同时，在广东省开始了 ETC 系统的推广应用工作。随着国家标准的发布和交通部门的大力宣传，ETC 建设也得到了蓬勃发展，继广东之后，先后有福建、湖北、甘肃、陕西、山西、湖南、重庆、四川、辽宁、云南、贵州、新疆等省市相继开始启动电子不停车收费项目的建设实施，技术成熟可靠。

七、典型应用案例

典型用户：广深高速公路有限公司、深圳高速公路有限公司等

典型案例 1

建设规模：高速公路 37 个收费站，共建设 ETC 车道 70 条。主要技改内容：收费站土建改造，机电设备（包括微波读写控制器 RSU、车道计算机、电动栏杆、费额显示器、车牌识别器、车辆检测器等）的铺设和安装，以及软件系统的集成，软件系统由站级子系统和车道级子系统构成，其中车道级子系统包括：车道系统、车道监控系统、站管理系统和接口系统。主要设备包括微波读写控制器 RSU、车道计算机、电动栏杆、费额显示器、车牌识别器、车辆检测器等。节能技改投资额 3500 万元，建设期 5 年。年节能量约为 1064tce。节能经济效益 771 万元，投资回收期约 4.5 年。

典型案例 2

建设规模：26 个收费站，共建设 ETC 车道 52 条。主要技改内容：收费站土建改造，机电设备（包括微波读写控制器 RSU、车道计算机、电动栏杆、费额显示器、车牌识别器、车辆检测器等）的铺设和安装，以及软件系统的集成，软件系统由站级子系统和车道级子系统构成，其中车道级子系统包括：车道系统、车道监控系统、站管理系统和接口系统，主要设备包括微波读写控制器 RSU、车道计算机、电动栏杆、费额显示器、车牌识别器、车辆检测器等。节能技改投资额 2600 万元，建设期 5 年。年节能量约为 847 tce，节能经济效益为 614 万元，投资回收期约为 4.2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

我国在上世纪 90 年代开始引入 ETC 系统，经过多年研究建设，近几年取得飞

速发展。2009 年全国使用 OBU 不停车收费用户数共计 52 万，开通车道条数约为 1292 条；2010 年全国使用 OBU 不停车收费用户数约为 110 万，开通车道条数约为 1927 条；至 2011 年底，全国已有 22 个省市建设不停车收费系统，开通 ETC 车道约 3172 条，使用 OBU 不停车收费用户达到约 270 万。预计未来 5 年，全国高速公路 ETC 平均覆盖率（设置 ETC 车道的收费站数量占比）将达到 60%，ETC 车道数达到 6000 条以上，ETC 用户量提升至 500 万个，形成的年节能能力约为 8 万 tce，年减排能力 21 万 tCO_2。

244 高压变频数字化船用岸电系统技术

一、技术名称：高压变频数字化船用岸电系统技术

二、技术所属领域及适用范围：交通行业 除油轮外所有大型远洋船舶

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

据统计，目前 5 万 t 船舶靠泊一昼夜使用辅机发电能耗为重油 4t，轻油 1t，折合 7.17tce。目前应用该技术可实现节能量 1 万 tce/a，减排约 3 万 tCO_2/ a。

四、技术内容

1. 技术原理

船舶靠港期间，停止使用船舶上的发电机，而改用陆地电源供电。港口提供岸电的功率应能保证满足船舶停泊后所必需的全部电力设施用电需求，主要包括生产设备（如舱口盖驱动装置、压载水泵等）、生活设施、安全设备以及其它设备。港口(提供岸电)和靠港船舶(接受岸电)各自专门带有一套岸电系统。

2. 关键技术

（1）高压变频电源；

（2）高压上船；

（3）不间断供电；

（4）自动控制。

3. 工艺流程

高压变频数字化船用岸电系统流程见图 1。

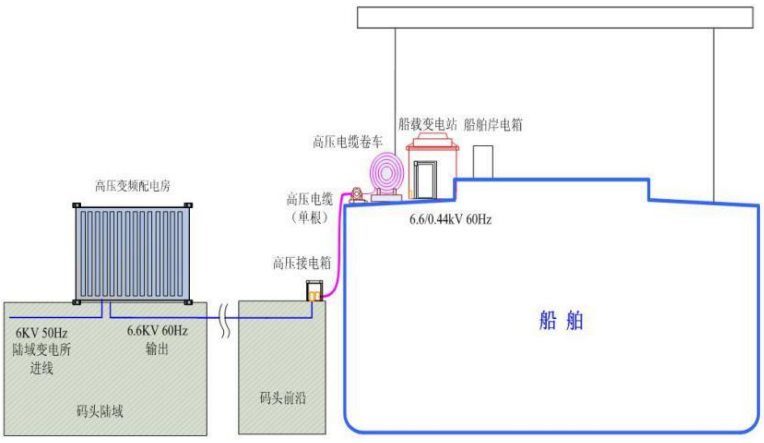


图 1 高压变频数字化船用岸电系统示意图

五、主要技术指标

1.高压变频电源输入侧为 10kV 或 6kV 交流电源，内部进行 AC-DC-AC 转换，为 6n 脉波控整流输入，输出侧为 60Hz/6.6kV，为 2n+1 相电压输出，谐波电压和谐波电流含量满足 IEEStd519-1992 和 GB/T14549-93《电能质量公用电网谐波》技术要求；

2.船载变电站输出为 60/50Hz/450V 船舶用电；

3.系统总效率在 95%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2011 年 4 月通过连云港市科技成果鉴定。该技术针对不同船型设计了不同的改造方案。例如，针对老船、老码头的改造，用电量 2MW 以内的第一系列产品，以连云港“中韩之星”轮船舶及连云港港 59 泊位为代表；针对新造散杂货船和新建码头，用电量 5MW 以内第二系列产品研发及产业化，以河北远洋的“富强中国”轮船舶及连云港港 58 泊位为代表，此外还在神华集团“神华 501”船舶及黄骅港得以实现；针对所有集装箱船，用电量在 5MW 以内的系列产品将在中海集运“新扬州”号集装箱班轮及上海港集装箱码头上实施。

七、典型应用案例

典型案例 1

应用单位：江苏连云港港口股份有限公司东泰港务分公司

技术提供单位：连云港港口集团有限公司

建设规模：59 泊位实施岸上改造和大型船舶上实施船上改造。主要技改内容：59 泊位变电所旁建设高压变频电源 1 座，容量为 1500kVA（10kV-50Hz/6.6kV-60Hz），电源以 6.6kV 上船，在码头靠海侧靠泊船舶尾部建设高压接电箱 1 个；在大型船舶上实施电气系统改造，安装船载变电站 1 套（6.6kV/440V）和高压电缆卷车各 1 个。主要设备包括高压变频电源 1 座、高压接线箱 1 只、高压电缆卷车 1 台、高压进出线柜 1 只、岸电控制屏 1 只等。节能技改投资额 600 万元，建设期 50 天。每年可节能 622tce，平均年节能经济效益为 179 万元，平均投资回收期约 3.3 年。

典型案例 2

应用单位：中韩轮渡有限公司

技术提供单位：连云港港口集团有限公司

建设规模：200 泊位加装码头岸电系统和新造船舶上加装船舶岸电系统。主要技

改内容：变电所内建设高压变频电源 1 座，容量为 1500kVA（10kV-50Hz/6.6kV-50Hz），电源以 6.6kV 上船，在码头靠海侧靠泊船舶尾部建设高压接电箱 1 个；在新造船舶上安装船载变电站 1 套（6.6kV/450V）和高压电缆卷车各 1 个。主要设备包括高压变频电源 1 座、高压接线箱 1 只、高压电缆卷车 1 台、高压进出线柜 1 只、岸电控制屏 1 只等。节能技改投资额 450 万元，建设期 30 天。每年可节能 594tce，年节能经济效益 150 万元，投资回收期约 3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

在国内外推广应用船舶岸电技术，并将其完善成为全国标准乃至提升为世界标准，在新建造的码头和船舶中应用，最终使船舶靠港使用岸电将进入一个新的历史性阶段。交通运输部将推广应用靠港集装箱船和散货船岸电技术作为开展重点技术和典型经验推广应用工作的配套项目之一，并提出到 2015 年力争我国主要港口大型集装箱码头和散货码头完成相关技术改造的目标。预计未来 5 年，全国万吨级以上泊位使用该岸电技术预期比例将超过 30%，可形成的年节能能力约为 27 万 tce，年减排能力 71 万 tCO_2。

245 船舶轴带无刷双馈交流发电系统技术

一、技术名称：船舶轴带无刷双馈交流发电系统技术

二、技术所属领域及适用范围：交通行业 内河与沿海船舶以及所有采用固定桨的海洋船舶

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，船舶主要靠辅机柴油机组进行发电。辅机消耗柴油，而负责船舶推进的主机往往有冗余能量，如果主机不在满负荷下运行，则部分有功功率将被白白浪费掉。应用该技术可实现节能量 6 万 tce/a，减排约 16 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1. 技术原理

采用自主创新的无刷双馈电机和控制技术充分利用船舶主机的出力，在船舶主机带动固定螺旋桨推进船舶航行的同时，拖动轴带发电机发电，从而实现船舶正常航行时不使用辅机柴油发电机组发电，达到节省燃油的效果。该系统针对固定螺距桨推进船舶航行中主机转速不断变化的工况，通过双馈变频控制技术获得并提供稳压稳频的电力保障。

2. 关键技术

（1）新型无刷双馈电机转子结构形式，采用“变极”法将电机转子不同变极比换相绕组的出线端作异极反相序联接，从而产生不同的反向磁场，并分别与定子两套绕组耦合。采用“齿谐波”法，根据交流电机绕组理论，利用电机定子绕组的齿谐波磁动势绕组系数与基波磁动势绕组系数相同，低次齿谐波磁动势与基波磁动势旋转方向相反的原理，在满足转子绕组对称性的条件下，选择适宜的定子槽数和槽型，从而达到转子导体利用率高、谐波含量低、电机效率高的目的。由此可以灵活实现针对不同实际工况需求的无刷双馈电机设计方案。

（2）采用矢量控制技术，对两个空间旋转磁场进行定向控制，即对无刷双馈电机的功率绕组和变频绕组两个定子绕组的两个空间旋转磁场分别进行解耦控制，并通过两个空间旋转磁场的相互作用，将多个坐标系下的矢量信号归于一个坐标系下，通过对变频绕组的控制，即可分别实现对功率绕组和变频绕组两个定子绕组的频率、电压和电流控制。

（3）采用多频率叠加变频控制技术实现转速变化时稳压稳频。由于无刷双馈电

机的特性决定了变频绕组中存在基波、次基波、谐波等多个不同频率的信号，采用多频率叠加变频控制技术，是对联接变频绕组的变频驱动器同时输出除基波以外的次基波、谐波等多个频率叠加的变频电源，实现转速变化时稳压稳频。

3.工艺流程

轴带无刷双馈交流发电系统开发流程及原理见图1、图2。

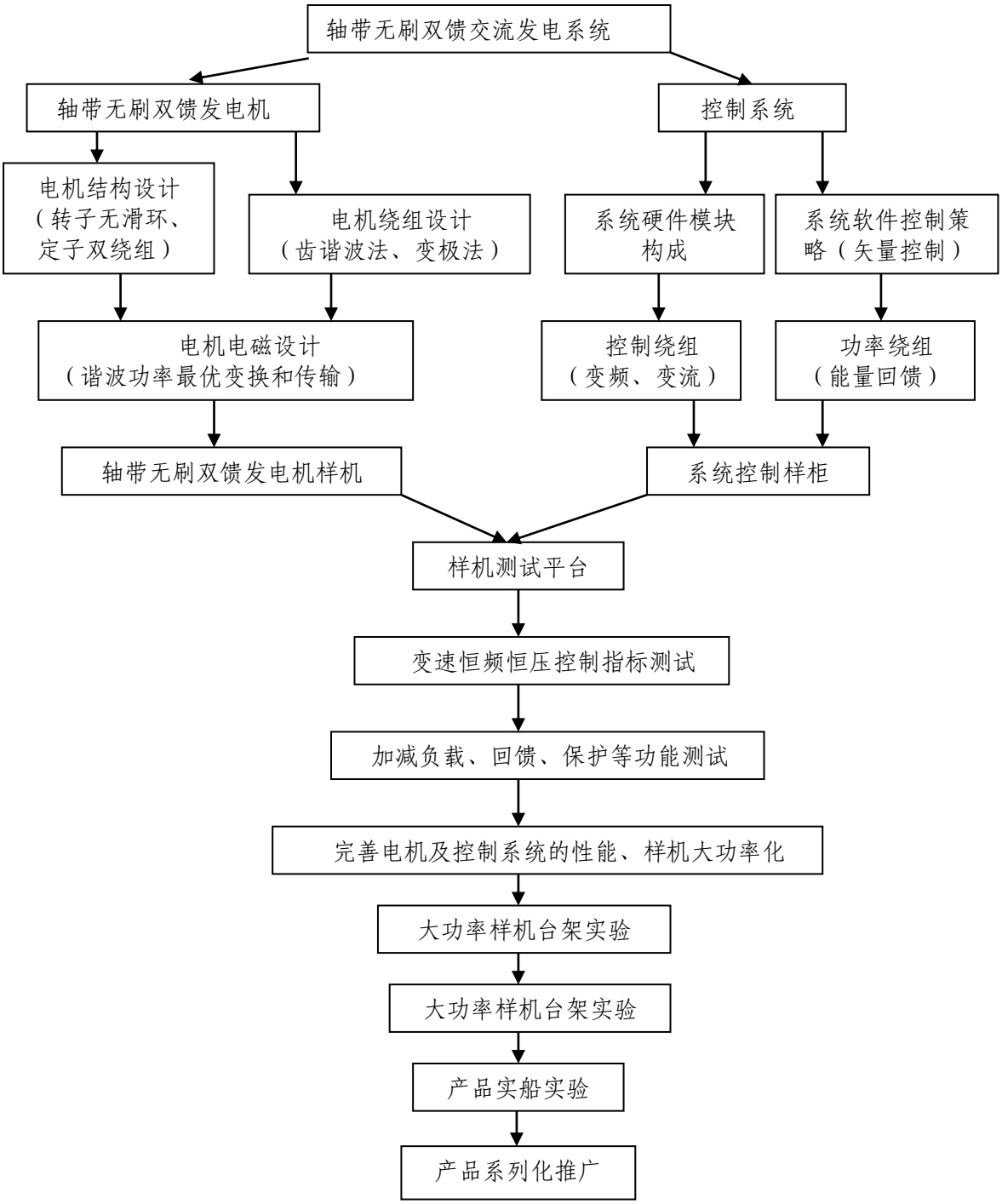


图 1 轴带无刷双馈交流发电系统开发流程图

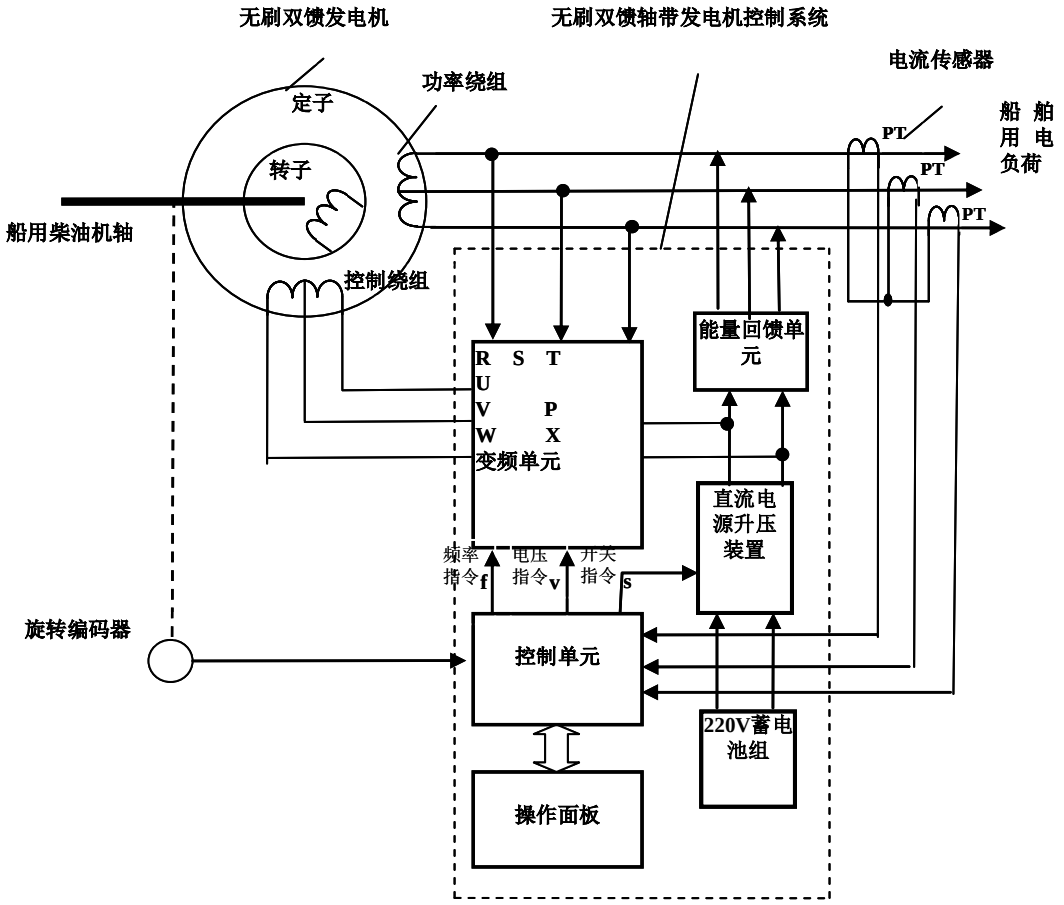


图 2　轴带无刷双馈发电系统原理及架构图

五、主要技术指标

1.在船舶主机转速范围内或由此调整速比的范围内，发电机输出 50/60(±1.5%)Hz 恒定频率；

2.在船速范围内能够根据不同转速变频调整输出电压，从而改变控制绕组的励磁电流并实现恒压控制，使功率绕组输出稳压给定值 400/450(±2%)V；

3.当船舶转速急加速和急减速时，允许电压瞬时波动±5%，且能在 3-5s 内恢复稳定，静差值±2%。励磁系统必须具备良好的动态特性和稳态特性；

4.在全转速范围内对发电机自然同步点处对 50%发电容量的用电负荷进行突加突减，1-3s 调节至稳频稳压；

5.能量回馈控制：母线直流电压达 DC830-900V，220%额定电流过流保护。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2012 年 2 月通过湖北省科技厅组织的科技成果鉴定。目前，该技术已在重庆长江轮船公司 325TEU 型集装箱船上应用，运行稳定，使用情况良好。

七、典型应用案例

典型用户：重庆长江轮船公司

典型案例 1

技术提供单位：中国外运长航集团有限公司

建设规模：325 箱内河新型集装箱船安装应用 64kW 轴带发电机。主要技改内容：在新建 325 箱船右主机进行轴带无刷双馈发电系统的安装，主要设备包括船舶无刷双馈轴带发电系统和高弹联轴器。节能技改投资额 35.5 万元，建设期 1 年。每年可节能约 7tce，年节能经济效益为 9.7 万元，投资回收期约 4 年。

典型案例 2

技术提供单位：中国外运长航集团有限公司

建设规模：5000DWT 内河自航船。主要技改内容：在新建 325 箱船右主机进行轴带无刷双馈发电系统的安装，主要设备包括船舶无刷双馈轴带发电系统和高弹联轴器。节能技改投资额 32.1 万元，建设期 1 年。每年可节能 6.4 tce，年节能经济效益 8.3 万元，投资回收期约 4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

根据相关数据分析，目前，除远洋变距桨船舶以外，我国和国际内河以及沿海固定桨船舶至今还没有应用轴带发电实现节能减排、增收节支的案例。因此，船舶营运商、船舶设计企业和船舶设备及建造企业等将成为该技术推广应用的主要对象。预计未来 5 年，该技术可在船舶相关领域可推广至 2%，可形成的年节能能力约为 12 万 tce，年减排能力 32 万 tCO_2。

246 混合动力交流传动调车机车技术

一、技术名称：混合动力交流传动调车机车技术

二、技术所属领域及适用范围：交通行业 各铁路站、场（段）及地铁、城轨、冶金、石化、煤矿、电厂、港口等内部铁路的调车作业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

在我国铁路站、场承担调车任务的内燃机车（调车内燃机车），以及在钢铁、石化、煤炭、电厂、港口、码头等工矿企业内部承担铁路运输任务的内燃机车（工矿内燃机车），由于其工作的特殊性，柴油机满负荷工作时间只占 10%左右，约 30%的工作时间处于空载，且柴油机频繁地处于交变工作状态，在整个工作期间的平均使用功率只有额定功率的 1/3-1/2，其动力潜能得不到充分发挥，柴油浪费比较严重，且排放的废气污染环境。承担调车任务的内燃机车和工矿内燃机车一般运行在城市、工厂、码头等人员稠密区，降低排放对城市尾气减排具有重要意义。目前应用该技术可实现节能量 2 万 tce/a，减排约 5 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1. 技术原理

混合动力交流传动调车机车的动力是由较小的柴油发电机组和大功率蓄电池共同组成，牵引和辅助装置全部采用交流电机驱动，调车作业时既可以用柴油机发电机组供电，也可以用蓄电池组供电或两者同时供电，节能效果显著。

2. 关键技术

（1）多能源动力总成控制及再生制动能量回收技术；

（2）整车集成和整车控制策略优化匹配技术；

（3）蓄电池组及能量管理系统技术；

（4）牵引变流控制系统技术。

3. 工艺流程

混合动力交流传动调车机车原理见图 1。

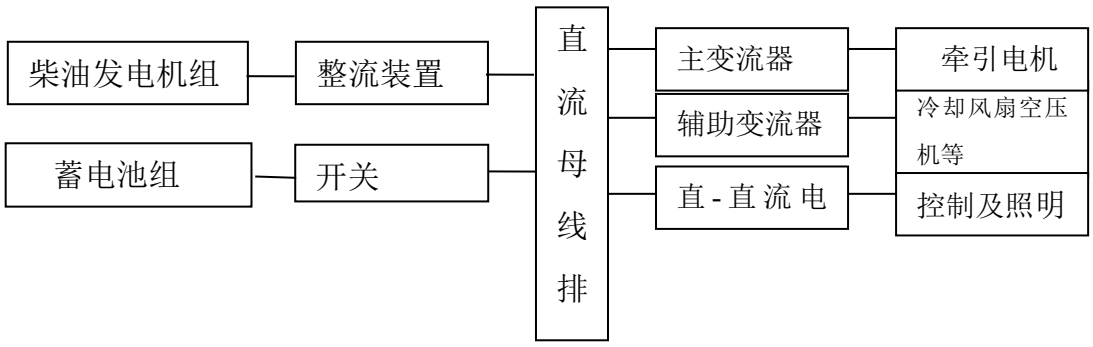


图 1　混合动力交流传动调车机车原理简图

五、主要技术指标

1.装车功率为柴油发电机组 600kW，牵引蓄电池组 550kW；

2.机车整备重量 92t；

3.通过最小曲线半径 70m，机车最大运用速度 80km/h；

4.起动牵引力大于 50kN，持续牵引力大于 210kN；

5.整车牵引性能提高 20%-30%；

6.节约柴油可达 30%-40%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2012 年 10 月通过四川省科技厅组织的科技成果鉴定。混合动力技术在世界范围内都属于比较前沿技术，在国外，只有加拿大开始生产系列混合动力机车；在我国，混合动力汽车和纯电动汽车已日益得到推广应用，而在铁路机车领域，具有良好节油减排效果的混合动力机车将是铁路机车发展的趋势。目前，该技术已在资阳晨风天勤有限公司、武钢股份有限公司得到应用，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型案例

典型用户：南车资阳机车有限公司、武钢股份有限公司

技术提供单位：南车株洲电力机车有限公司

建设规模：年产 100 台功率为 1150kW 的混合动力系列机车。主要技改内容：建设混合动力机车生产线，建立混合动力系列机车的配套体系，主要设备包括钢板预处理生产线、轮对电机试验台、数控折弯机、变流系统试验台、车载微机控制系统试验台、数控外圆磨床（车轴）、数控车轮车床、自动轮对压装机、三坐标划线仪、

构架组焊工装、三坐标测量机、1000t 油压机等。节能技改投资额 10000 万元，建设期 4 年。100 台机车投入运营，每年可节能 8100tce，单台机车年节能经济效益为 50 万元，单台机车增量投资的回收期年约 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，中国仅铁路站场和工矿企业的内燃调车机车就达数千台，如果全部更新为混合动力机车，将产生较大的节能经济效益。预计未来 5 年，混合动力机车可推广 2000 台，约占全国调车市场的 10%，形成的节能能力约为 16 万 tce，年减排能力 42 万 tCO_2。

247 金属减摩修复技术

一、技术名称：金属减摩修复技术

二、技术所属领域及适用范围：交通行业 铁路内燃机车柴油机

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国是机械设备大国，在摩擦副运动件上的能源消耗十分可观。我国铁道部内燃机车保有量约有 11000 台，年燃油消耗约 550 万 t，其中因为摩擦导致的能耗可达 30 万 t 燃油以上。目前应用该技术可实现节能量 1 万 tce/a，减排约 3 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

利用机械设备的润滑系统，将以功能材料为主要成分的摩安金属减摩修复剂介入到机械摩擦副；在摩擦副表面相对运动的过程中，利用既有的载荷、速度、温度等工况条件，金属减摩修复剂中的功能材料与摩擦副表面材料发生机械、物理、化学等综合作用，使表面的材料特性、表面形貌得到改性和优化，从而实现减少摩擦、降低摩擦损耗、节约机械设备能量消耗的效果。

2.关键技术

减摩修复技术是依据材料学、物理学、化学、表面工程学、摩擦学等多学科基础理论而研发的节能技术。其关键技术包括：

（1）矿物原料的精细提纯、层片剥离及其纳米化加工制备技术；

（2）矿物原料的功能化表面改性及其插层-复合技术；

（3）减摩-修复功能材料的制备工艺及与载体的复合技术;

（4）摩擦学、表面工程分析技术。

3.工艺流程

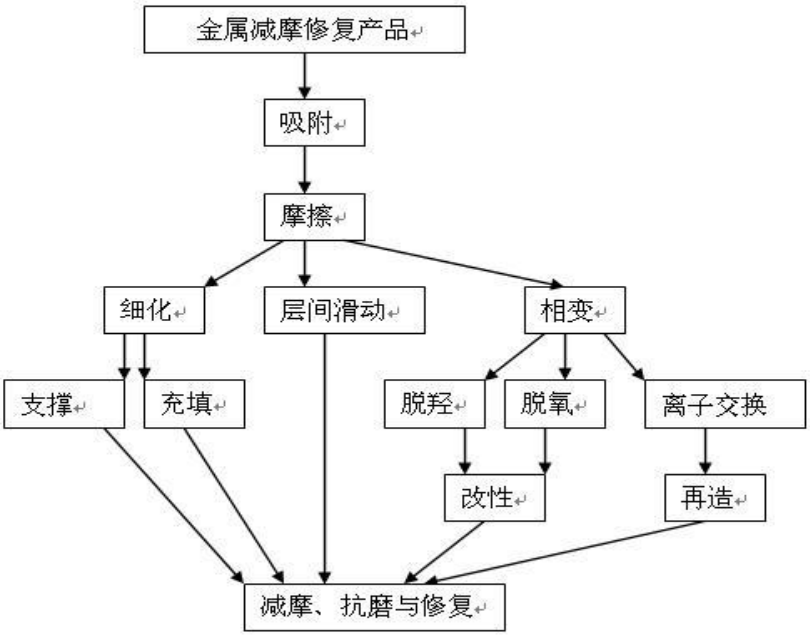


图 1　金属减摩修复原理示意图

五、主要技术指标

1.摩擦系数降低 60%以上；

2.表面硬度 HV 可达到 1000；

3.发动机压缩压力可恢复 30%以上；

4.热能动力机械节约燃油 2.5%以上；

5.发动机气缸套寿命延长两倍以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2009 年获得国家发明专利，并通过中国非金属矿工业协会组织的技术鉴定。可广泛应用于各种热能动力机械、通用或专用机械、流程机械、大型机械部件、交通运载工具等其机械设备。至今，已在我国铁路、能源、交通、运输、工程机械等系统得到成功应用。

七、典型应用案例

典型用户：郑州铁路局、广铁集团、乌鲁木齐铁路局、南宁铁路局、哈尔滨铁路局、北京铁路局等

典型案例 1

建设规模：1 台 DF8B 内燃机车。主要技改内容：添加金属减摩剂。节能技改投资额 10 万元，在 90 万 km 机车运行里程上使用，每年可节能 130tce，年节

能经济效益为 58 万元，投资回收期约 2 个月。

典型案例 2

建设规模：1 台 DF4B 内燃机车。主要技改内容：添加金属减摩剂。节能技改投资额 10 万元，在 71 万 km 机车运行里程上使用，每年可节能 76.9tce，年节能经济效益 34.3 万元，投资回收期约 4 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术在铁路内燃机车上应用，可有效减少燃油消耗，提高气缸使用寿命，减少缸内摩擦副中修频率，减少维修时间和费用。预计未来 5 年，可在铁路行业 50%以上的机车上使用该技术，形成的年节能能力约 20 万 tce，年减排能力 53 万 tCO_2。

248 基于减小螺旋桨运动阻力的船舶推进系统节能改造技术

一、技术名称：基于减小螺旋桨运动阻力的船舶推进系统节能改造技术

二、技术所属领域及适用范围：交通行业 船舶行业船龄较长、推进力不足、未安装导流罩等设备的旧船舶或新造船

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国是世界造船大国，造船能力已占全球 1/3 以上。而船舶作为交通运输行业典型的能耗大户，每年耗能量巨大。据统计，2012 年我国燃料油表观消费量为 3446 万 t，其中内贸船燃料油消费约为 680 万 t，随着国内贸易和内河水路运输的稳定增长，预计未来船用燃油量将保持年均 3%左右的增长率。同时，我国还存在大量船龄较长、推进力不足、燃油利用率普遍较低的船舶，对这些船舶的推进系统进行节能技术改造，已成为航运及造船业节能的重要选择。目前应用该技术可实现节能量 8 万 tce/a，减排约 21 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1. 技术原理

船舶螺旋桨工作时，通过电机驱动水流而产生推进力的同时，一部分动能会随螺旋桨尾流耗散到船后静止水体，造成能量损失。在保持原船推进主机、轴系不变的前提下，通过加装消涡鳍、前置预旋导轮，或可调螺距螺旋桨、高效导管等节能改造装置，对船舶的船桨推进系统进行技术改造，可有效降低螺旋桨运动阻力、回收螺旋桨尾流能量损失，从而提高船舶推进动力，达到提高能效、降低能耗目的。

2. 关键技术

（1）桨前节能改造技术。通过在螺旋桨前加装预旋导轮等调整螺旋桨进流场，降低螺旋桨尾流中的能量损失；

（2）桨后节能改造技术。通过在螺旋桨后增设消涡鳍等设备，回收螺旋桨尾流中的能量损失，从而提高船舶推进效率；

（3）桨盘节能改造技术。采用 4 叶可调螺距螺旋桨、导管螺旋桨更换原有螺旋桨系统，或通过加装高效导管、伴流补偿导管对原螺旋桨进行改造，提高船

桨推进效率。

3. 工艺流程

船舶推进系统节能改造设备如图 1-3 所示。首先根据不同船只型号，设计可供选择的 4 叶可调螺距螺旋桨、高效导管、伴流补偿导管或消涡鳍、前置预旋导轮等节能改造装置，加工制造好设备后直接安装在待改造的船只上，通过不断实船调试校验，最后推广应用。

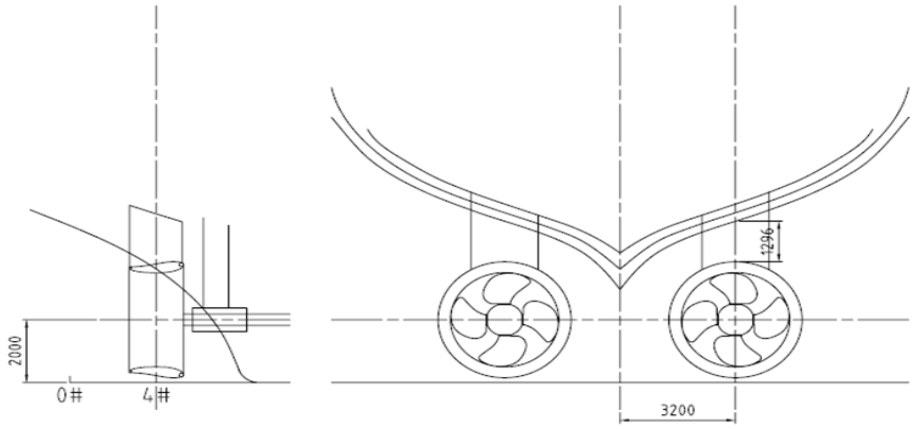


图 1　4 叶可调螺距螺旋桨示意图

图 2 前置预旋导轮示意图图

图 3 消涡鳍示意图

五、主要技术指标

1.与原推进系统相比，船舶的系柱推力增加 20%-25%；

2.与原推进装置相比，船舶逆水作业时，航速提高 0.1-0.3km；

3.节能效率平均提高 15%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

“新型可调螺距螺旋桨”和“高效导管改造技术”已于 2010 年通过上海市科委组织的科技成果鉴定，目前已推广应用 4 船套，具有良好的节能效果和经济效益。消涡鳍、前置预旋导轮、伴流补偿导管等技术产品已获得国家发明专利 3 项，同时获得中国船级社（CCS）和英国船级社（LR）的认证，目前已推广应用消涡鳍 80 余套、前置预导轮 20 余套。

七、典型应用案例

典型用户：中港疏浚有限公司、江苏韩通船舶重工有限公司、大新船务、华泰重工、中船澄西船舶修造有限公司、江苏韩通船舶重工有限公司等。

典型案例 1

案例名称：航浚 4008 轮新型导管可调桨装置改造

技术提供单位：中港疏浚有限公司

建设规模：自航耙吸挖泥船新型导管和螺旋桨一船套。建设条件：船龄较长、推进力不足、未安装导流罩的自航耙吸式挖泥船。主要技改内容：设计和加装新型导管可调桨。主要设备为 4 叶可调螺距螺旋桨和高效导管。技改投资额 460 万元，建设期 1 个月。年节能量为 3190 tce，碳减排量为 6571 tCO_2，年节能经济效益为 1700 万元，投资回收期约 4 个月。

典型案例 2

案例名称：57000DWT 散货船水动力节能装置改造项目

技术提供单位：中国船舶科学研究中心

建设规模：改造一艘散货船推进系统。主要技改内容：根据该船的水动力性能特点，选择安装前置预旋导轮和消涡鳍。技改投资额 100 万元，建设期 1 个月。年节能量为 520 tce，碳减排量为 1380 tCO_2。年节能经济效益为 270 万元，投资回收期约 5 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

目前我国船龄较长、推进力不足、未安装导流罩等新型节能设备的船舶数量较多，亟需进行节能技术改造。根据中国船舶工业行业协会统计，到 2015 年，我国造船业年完成载重量将占全球的 35%，成为世界最主要的造船大国，因此该技术在新造船上的应用潜力巨大。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广比例可

达 25%以上，总投资 6.1 亿元。可形成的年节能能力为 40 万 tce，年碳减排能力为 87 万 tCO_2。

249 轨道车辆直流供电变频空调节能技术

一、技术名称：轨道车辆直流供电变频空调节能技术

二、技术所属领域及适用范围：交通行业 轨道交通领域适用于城市轨道交通车辆、铁路客车、铁路机车、高速列车、动车组等的空调系统

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

车辆空调是轨道交通车辆的关键系统，也是车辆第二大耗能设备。据统计，城轨车辆空调系统耗能约占车辆总能耗的 30%-40%。截止目前，轨道交通车辆配备的 7 万台空调机组，95%以上采用能耗高、效率低的传统定速空调，制冷量无法大范围调节，对环境变化适应性差，运行不节能；制热则采用电加热器技术，能效比低，仅为 1.0 左右。如果升级改造成电源直进变频热泵空调，节能潜力巨大。

四、技术内容

1.技术原理

该技术将直流供电技术和变频热泵技术组合优化，将输入的三相交流 380V 电源（或直流 600V/750V/1500V 电源），逆变为电压可变频率的可变电源(即 VVVF)，控制压缩机运转频率，实现空调机组的制冷量在 10%-120%内连续调节，满足客室热负荷不断变化的需求，相对传统定速空调电耗降低。同时，采用热泵制热技术将车辆外的低品质热源通过热泵转移到需要热量的车厢内，实现冬季取暖，热泵制热能效比达 2.4 以上，相比传统电加热器能耗降低。

2.关键技术

（1）电源直进技术

结合变频空调技术特点，将列车电网、超级电容以及辅助电源的 DC1500V/DC750V/DC600V 直流电源直输入空调机组，滤波后直接逆变为电压可变频率可变电源(即 VVVF)，来控制电机变速运行。

（2）直流矢量变频调速技术

利用高速运算 CPU，适时快速检测电机运转状态，准确预测电机的转子位

置，实现永磁无刷直流电机的精确控制。通过矢量变频 SVPWM 技术，在实现 VVVF 电压输出的同时，提高输入电压利用率，减少变频器谐波含量，降低对外电磁干扰，提高电机运行效率，降低空调震动和噪音。

（3）机电一体化技术

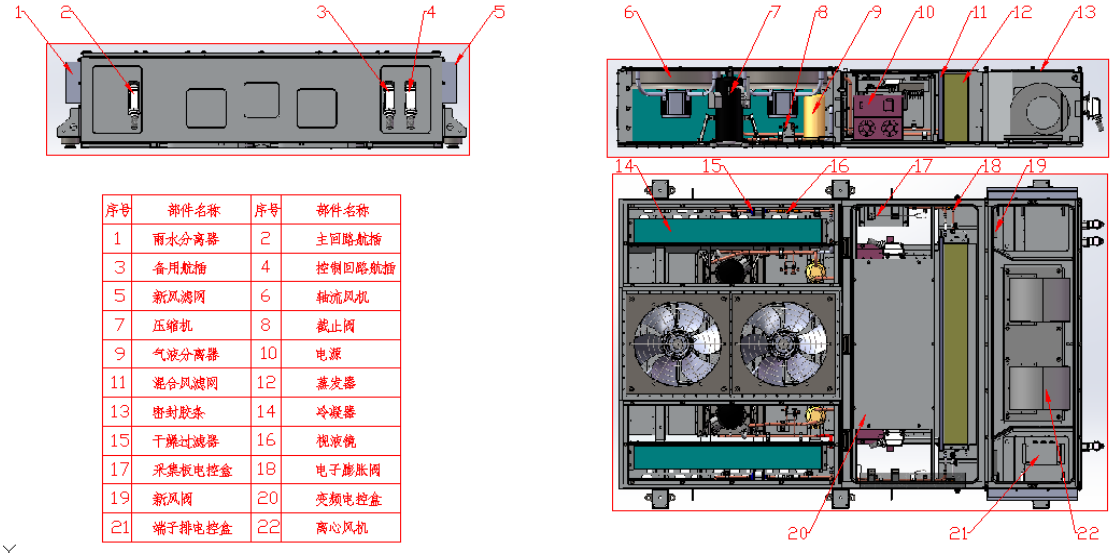
利用矢量变频控制技术，开发出适用于轨道交通车辆空调的矢量直流变速控制器，并将其标准化、小型化，嵌入空调机组内部，实现了机电一体化，节省车辆空间，提高空调可靠性。

（4）智能模糊控制技术

变频空调运用智能检测和模糊控制技术，自动分析运行车辆的温度及热负荷变化，实时调节压缩机频率和电子膨胀阀节流开度，实现控制空调制冷（热）量的变化，保证客室温度的恒定和舒适。

3.工艺流程

通过电源直进技术、变频热泵技术、模糊控制技术和热力学优化技术的结合，空调机组直接输入直流电源，取消列车辅助逆变电源，降低电源转换损耗，减少空调开关机损耗，降低空调能效，同时提高不同工况和负荷下的运行效率，提高客室舒适性。具体空调结构见图 1。



序号	部件名称	序号	部件名称
1	雨水分离器	2	主回路航插
3	备用航插	4	控制回路航插
5	新风滤网	6	轴流风机
7	压缩机	8	截止阀
9	气液分离器	10	电源
11	混合风滤网	12	蒸发器
13	密封胶条	14	冷凝器
15	干燥过滤器	16	视液镜
17	采集板电控盒	18	电子膨胀阀
19	新风阀	20	变频电控盒
21	端子排电控盒	22	离心风机

图 1 电源直进变频热泵空调结构图

五、主要技术指标

与定速空调相比，直进变频热泵空调在制冷能力范围、调节级数、节电率和

舒适性等方面具有更好的技术指标优势，主要技术指标为：

1. 额定能力能效比：2.6 以上（直流变频）；

2. 调节范围：10%-110%（额定能力）；

3. 启动电流：零电流启动；

4. 节电率：制冷节电率 30%以上，热泵制热节电率 50%以上；

5. 舒适性：客室温差控制在±1℃范围内。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家发明专利 5 项，实用新型专利 20 余项。于 2009 年获得山东省科技进步三等奖，2011 年通过中国交通运输协会组织的技术鉴定，2014 年通过中国铁路总公司科技部组织的技术鉴定。目前，该技术已经成功应用于上海地铁、沈阳地铁、长春轻轨、广州地铁、重庆单轨、深圳地铁、广州海珠线有轨电车等 15 个项目，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：上海申通地铁集团有限公司、广州地下铁道总公司、深圳地铁有限公司、沈阳地铁有限公司、长春市轨道交通有限公司等。

典型案例 1

案例名称：上海地铁 5 号线 AC11 型电动列车空调系统节能改造项目

技术提供单位：山东朗进科技股份有限公司

建设规模：17 列车换装 136 台节能变频热泵车辆空调。建设条件：在传统定速空调机组上升级改造即可，机械接口完全一致。主要技改内容：空调机组内增加电源直进单元和变频控制单元，采用变频压缩机替换原有的定速压缩机，优化空调系统管路。空调控制柜内采用专用控制器替代原有空调控制器，主要设备为变频器、压缩机及空调控制器。节能改造项目新增节能投资 408 万元，建设期 3 个月。项目年节能量 406tce，年碳减排量 885tCO_2。每年节能经济效益 97 万元，投资回收期约 4 年。

典型案例 2

案例名称：深圳地铁 2 号线车辆空调系统项目

技术提供单位：山东朗进科技股份有限公司

建设规模：17 列车安装 204 台变频车辆空调。建设条件：新造列车直接采

用变频空调技术。主要技改内容：取消列车紧急通风逆变器、减化空调控制柜、空调内部变频控制单元。主要设备：204 台新造变频车辆空调。节能新增投资 612 万元，建设期 4 个月。项目年节能量 537tce，年碳减排量 1170.66tCO_2。每年节能经济效益 166 万元，投资回收期约 4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

随着我国轨道交通的发展，地铁及城轨车辆、有轨电车、普速客车、高铁动车等的数量将进一步增加。根据不同车辆的配备，预计未来 5 年，车用空调总数将超过 20 万台，按该技术推广比例 40%计算，项目总投资约 25.3 亿元，可形成的年节能能力约 28 万 tce，年碳减排潜力约 61 万 tCO_2。

250 城市轨道交通牵引供电系统制动能量回馈技术

一、技术名称：城市轨道交通牵引供电系统制动能量回馈技术

二、技术所属领域及适用范围：交通行业 城市轨道交通运输

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国地铁和轻轨列车刹车制动时，车载电动机转为发电机运行，由此产生的再生制动能量将首先通过直流电网被相邻列车吸收，但当列车运行密度较低或相邻车辆也处于制动工况时，这些电能被吸收利用的几率会大大减小。为了保证牵引供电网电压的稳定和列车安全运营，无法吸收的多余能量将由列车自身携带的制动电阻或地面制动电阻通过发热的形式消耗掉，这部分能量占列车运行牵引能耗的 30%左右，造成大量的电能浪费。

四、技术内容

1.技术原理

采用该技术，在城轨列车制动时，可将原本消耗到车载或地面制动电阻上的列车制动能量回馈到 35kV/33kV/10kV 等交流公用电网，供给交流公用电网中的其他用电设备使用，实现能量回收再利用。同时，再生能量回馈装置能够在交流电网功率因数较低时，作为静态无功补偿（SVG）装置运行，向交流电网补偿无功功率，提高功率因数，减少无功能量损耗，降低系统运营成本。

2.关键技术

（1）高可靠性和高可用性的再生能量回馈系统技术

在牵引供电系统中设置单独的再生能量回馈支路，该支路与二极管牵引整流机组在电路结构和系统保护方面具备良好的兼容性，具有多级交/直流过压保护、多级过流保护、温度保护、框架保护等系统保护功能，且回馈支路和二极管牵引整流机组支路互相独立工作，保证了整个系统的高可靠性和高可用性。

（2）城市轨道交通供电系统应用的底层控制技术

底层控制技术包括基于空间矢量的两电平双模式过调制技术、高效锁相及电网故障判别技术和基于多绕组变压器的载波移相技术，能更好满足供电系统的应

用要求。

（3）轴向多分裂高漏抗高解耦率变压器技术

通过多绕组分裂式结构，解决变压器各绕组间相互耦合的难题，便于降低回馈系统工作时注入电网的谐波，保证回馈到公用电网的能量具备很好的清洁度，同时便于实现多支路并联，以适应不同情况下功率扩展的需求。

（4）再生能量回馈装置产品技术及模块化结构技术

建立稳定的产品控制平台，模块化的结构设计实现了系统容量的灵活扩展，可维护性能好。

（5）再生能馈装置脉冲功率源测试技术

解决城市轨道系统再生负荷周期性、多变性特点对装置温升等经济技术指标评估带来的难题，建立了在 100%容量条件下再生能量回馈系统对城轨列车负荷特性适应性的考核方法和试验平台。

（6）变流器模块控制技术

采用三相电压源型四象限 PWM（脉冲宽度调制）变流器，控制方法采用最稳定、经典的电压外环、电流内环控制算法。

3.工艺流程

城市轨道交通再生能量回馈装置包括直流馈线柜、能馈变流器、升压变压器及高压开关柜。电力变流器采用大功率 IGBT（绝缘栅双极型晶体管）作为逆变电路元件，高压开关柜采用高可靠性的 GIS 开关柜（气体绝缘组合电器设备）。采用双 DSP（数字信号处理）+FPGA（现场可编程逻辑门阵列）的控制平台，通过电压电流双闭环控制策略及零序分量注入式 SPWM 调制（正弦脉宽调制）方式，实现能量回馈系统全功率回馈能量及无功功率连续补偿，达到节能效果。再生能量回馈系统构成见图 1。

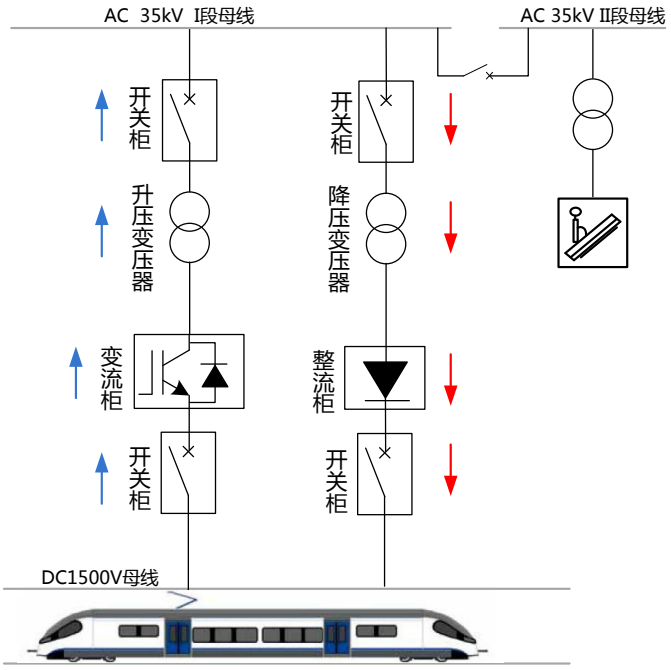


图 1 城市轨道交通再生能量回馈装置系统示意图

五、主要技术指标

再生能量回馈装置主要技术指标如下：

1．峰值回馈功率：3.6MW，30s/120s，间歇工作制；

2．额定回馈功率：2MW，持续工作制；

3．标称电压：DC1500V；

4．额定频率：50Hz±2%；

5．馈入点功率因数：≥0.98（测量点在能馈变压器原边 35kV 侧）；

6．系统效率：＞95%（额定负荷）；

7．回馈装置动作电压范围：DC1700-1900V；

8．谐波指标：≤3%（计算至 50 次），满足 GB/T 14549-1993（测量点在能馈变压器原边 35kV 侧，短路容量为 200MVA）；

9．节能率：≥30%（北京地铁 14 号线试运行报告）。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得国家发明专利 1 项，实用新型专利 7 项。于 2013 年通过湖南省科技成果鉴定，2014 年获得湖南省科技进步奖二等奖，相关产品通过了铁道部产品质量监督检验中心牵引电气设备检验站检验测试，所测试验项目均为合格。

目前，该技术已在国内地铁试验线及正线上示范应用，包括北京地铁 14 号线、宁波地铁 1 号线二期、广州地铁 4 号线、株洲电力机车厂磁悬浮试验线、昆明南车轨道交通有限公司动调试验线等，累计应用 6 套。此外，该技术即将在长沙地铁 2 号线、昆明地铁 3 号线、广州地铁 4 号线和 9 号线投入运行，应用再生能量回馈装置将超过 30 套。

七、典型应用案例

典型用户：北京地铁、广州地铁

典型案例 1

案例名称：北京地铁 14 号线再生制动能量回馈系统项目

技术提供单位：株洲时代装备技术有限责任公司

建设规模：交流电压 10kV，直流电压 1500V，峰值回馈容量为 3.6MW。建设条件：在原牵引变电所安装能量回馈系统。主要技改内容：在北京大井站牵引变电所和园博园牵引变电所各加装 1 套能量回馈装置，该再生能量回馈装置与变电所内的牵引整流支路并联，将直流电网中的列车制动能量通过该系统回馈到 10kV 中压电网侧。主要设备为 1 套能量回馈系统，包括 2 台能馈变流器柜、能馈变压器、直流隔离开关柜及相关控制保护设备，同时配套的有高压开关柜、直流馈线柜。项目投资额 350 万元，项目建设期 2 个月。项目年节能量 335tce，碳减排量 884tCO_2。节能经济效益为 108 万元，投资回收期约 3.3 年。

典型案例 2

案例名称：广州地铁 4 号线再生制动能量回馈系统

技术提供单位：株洲时代装备技术有限责任公司

建设规模：交流电压 33kV，直流电压 1500V，峰值回馈容量为 2.1MW。项目建设条件：在原牵引变电所安装能量回馈系统。主要技改内容：在庆盛区间牵引变电所牵引支路并联新建能量回馈系统，该再生能量回馈装置与变电所内的牵引整流支路并联，将直流电网中的列车制动能量通过该系统回馈到 33kV 中压电网侧。主要设备为 1 套能量回馈系统，包括 2 台能馈变流器柜、能馈变压器、直流隔离开关柜及相关控制保护设备，同时配套的有高压开关柜、直流馈线柜。项目投资额 240 万元，项目建设期 2 个月。项目年节能量 244tce，碳减排量 644tCO_2。节能经济效益为 72 万元，投资回收期约 3.3 年。

典型案例 2

案例名称：北京地铁 14 号线

技术提供单位：北京千驷驭电气有限公司 北京交通大学

建设规模：北京地铁有限公司 14 号线 17 套多功能复合型城市轨道交通牵引供电系统装置。2014 年 12 月 28 日正式投入运营。节能技改投资额 4196 万元，建设期 7 个月。每年可节电约 10548500kWh ，平均节能率 13.10%，节能效果非常显著。投资回收期约 3.9 年。

八、推广前景及节能减排潜力

当前，我国城市轨道交通正在飞速发展，现经国务院批准修建地铁的城市有 39 个，总规划里程超过 7300km。预计到 2020 年，符合国家建设地铁标准的城市将增加到 50 个左右，该技术的推广应用对城市轨道交通的节能降耗有着重要作用。预计未来 5 年，该技术可在行业内推广约 80%，投入再生能量回馈装置 500 套，总投资额约 20 亿元，可形成的年节能能力约 20 万 tce，年碳减排能力约 53 万 tCO_2。

251 热管/蒸气压缩复合制冷技术

一、技术名称：热管/蒸气压缩复合制冷技术

二、技术所属领域及适用范围：通信行业 通信、IT、金融等行业以及各部委、科研院所等所辖的通信基站、局站、通信机房、数据机房及其它全年或全年绝大部分时间需要制冷的建筑空间。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

通信基站及数据中心的总电耗占通信网络用电的 90%左右。其中，通信基站主设备约占其总电耗的 50%，空调系统占 43%；数据中心主设备约占其总电耗的 40%，空调系统占 50%。目前，我国空调市场平均 COP 不超过 3。而日本国内的空调器的能效比一般都在 4.0-5.0 左右。目前应用该技术可实现节能量 2 万 tce/a，减排约 5 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

根据室内外温度和室内负荷情况，热管/制冷复合型空调机组自动选择运行制冷模式或热管模式，在保证室内降温要求的前提下达到节能运行的目标。

（1）热管模式

当室外温度降到足够低时，机组的热管支路开启，制冷支路关闭，蒸发器和冷凝器构成热管自然循环回路，机组进入热管节能模式运行。热管模式下，由于压缩机不运行，输入功率减少一大半。同时室外温度越低，机组调小室内外风机转速也可满足降温要求，从而使得风机的能耗进一步降低。

（2）制冷模式

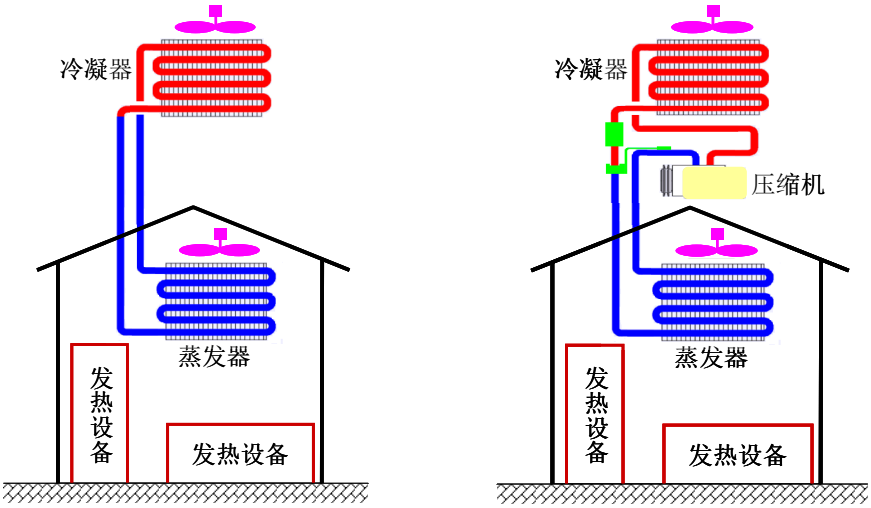
当室内负荷较大，热管模式无法达到足够的降温效果时，机组将切换至常规的制冷模式，此时压缩机驱动电机将消耗大量的电能，同时蒸发器和冷凝器的风扇全速运转，所以制冷模式输入功率相对较大，能耗较高。

2.关键技术

在同一设备载体上实现分离式热管技术与蒸气压缩式制冷技术的复合，最大限度地利用室外自然冷源。

3.工艺流程

机组具备两种循环模式，当三通阀连通压缩机支路时，压缩机、冷凝器、储液器、节流装置、蒸发器和气液分离器构成压缩制冷循环，当三通阀连通热管支路时，蒸发器，冷凝器，储液器和液体管电磁阀构成热管自然循环。工艺流程见图 1 和图 2。



热管模式　　制冷模式

图 1　技术原理图

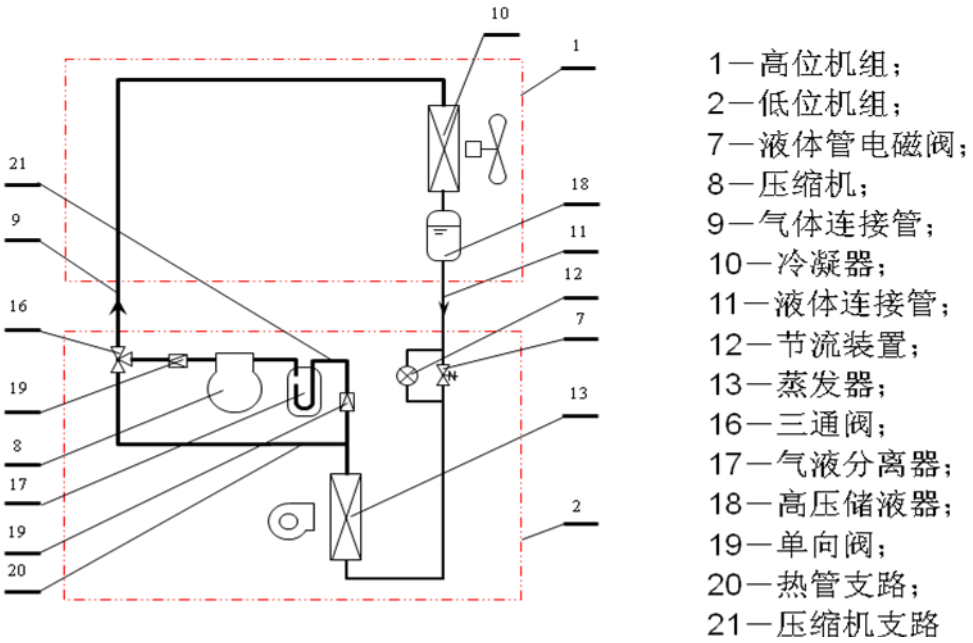


图 2　热管/制冷复合型空调机组简图

五、主要技术指标

主要技术参数：

1.热管模式满足“室内温度满足 15℃以上，室内外温差 10℃”的条件时，COP 可达 5.8 以上；

2.热管模式满足“室内温度满足 15℃以上，室内外温差 20℃”的条件时，COP 可达 11.4 以上；

3.制冷模式 COP 超过 2.8 以上，即使在夏季也约有 20%左右的节能率；

4.充分利用自然冷源，全年节能率超过 35%。

与替代的主流技术对比：

目前，我国空调市场平均 COP 水平较低，不超过 3。欧洲的能效标准，空调能效水平分为 A、B、C、D、E、F、G 共 7 个级别。其中 A 级最高，能效比为 3.2 以上；D 级居中，介于 2.8-2.6 之间；E 级以下属于低能效空调。而在日本国内的空调器的能效比现在一般都在 4.0-5.0 左右。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2009 年我国三家通信运营企业电力消耗为 289 亿 kWh，能耗总量折合为 440.7 万 tce，与其他高新产业相比，能耗相当可观。在夏季室外温度较高时，热管/蒸气压缩制冷复合空调机组全天基本运行于制冷模式；在秋、冬季室内外温差加大的情况下，热管/蒸气压缩制冷复合空调机组较多时间运行于热管模式，与传统空调相比较，全年实际节能率在 40%以上。 在北京地区使用时，对于全年存在过渡季及冬季的北方地区，热管/蒸气压缩制冷复合空调机组均有适用性。

七、典型应用案例

应用单位：新华通讯社机关事务管理局

技术提供单位：中节能（北京）空调节能科技有限公司

节能改造情况：

新华社发行中心 UPS 机房位于大楼地下一层，机房内共配置 3 台空调，一台海尔 5HP 空调（已坏），一台格力 5HP 空调，一台大金 3HP 机房专用空调及一台制冷量为 4kW 的中央空调风机盘管；风机盘管仅在夏季的白天开启。送风采用直吹自由回风的形式。空调室外机安装于 UPS 室外 B1 层的大厅内。

改造前，以大金 3HP 空调、一台 5HP 格力空调以及白天有风机盘管工作的状态，在设定温度 20℃的情况下，室内温度能保持 22℃。原空调系统全年能耗为 56239.2kWh，折合 22.72tce/a。

建设规模：

该项目对新华社发行中心 UPS 机房、电力二科配电室机房、配电中心机房三个机房分别实施改造，总改造机房面积 537m^2。

主要技改内容：

综合考虑节能效益和用户需求，项目共配置 2 台型号为 DYRG125-60 的热管/蒸气压缩制冷复合空调机组，总制冷量达到 24kW，一用一备，最大限度提高机房安全性。同时，由于改造空间限制，拆除了两台 5HP 空调，仅保留 3HP 大金机房专用空调以作节能效果对比。

改造后，2 台热管/蒸气压缩制冷复合空调机组全年运行能耗为 38244.7kWh，折合 15.45tce/a。

全年节能量为： 17994.5kWh，折合 7.27tce/a。

全年节能率为： 32%

节能技改总投资为 235016 元，建设期 5 个月，全年实际节能量 22863.2 kWh，节能效益为 22863.2 元/年，静态投资回收期 8 年。

八、推广前景及节能减排潜力

通讯、IT、金融等行业的通信设备、数据中心、通信基站等每年需消耗大量电能用于制冷。热管/蒸气压缩制冷复合空调机组满足了机房制冷的需求，同时兼具节能功效，与传统空调相比较，全年实际节能率在 35%以上，具有较高推广价值。预计未来 5 年，需投资 25 亿元，年均节能能力为 30 万 tce，年减排能力 79 万 tCO_2。

252 通信用 240V 直流供电系统

一、技术名称：通信用 240V 高压直流供电系统技术

二、技术所属领域及适用范围：通信行业 可应用于工业、通讯、国防、医院、计算机业务终端、网络服务器、网络设备、数据存储设备等各个领域的数据机房中向服务器等通信设备供电。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

2011 年中国电信生产用房耗电量超过 100 亿 kWh，其中数据中心和通信机房用电约 50 亿 kWh。由于 UPS 供电架构 N+1 的模式效率不高且不能工作在高效率区间，尤其是 UPS 电源中 DC-AC 转化环节的能耗较高，因此使 UPS 供电的平均效率低于 80%，造成了电能的浪费。目前应用该技术可实现节能量 40 万 tce/a，减排约 106 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1. 技术原理

HVDC 电源模块是 HVDC 系统的核心，是利用电力电子技术将电网的交流电变换成与电网隔离的直流输出。采用模块组建电源系统具有设计周期短、可靠性高、系统升级容易等特点。

HVDC 电源模块由三相有源 PFC 和 DC/DC 两个功率部分组成。在两个功率部分之外还有辅助电源、输入输出检测保护电路、驱动控制电路、通讯电路等。前级三相有源 PFC 电路由输入 EMI 和有源 PFC 组成，用以实现交流输入的整流滤波和输入电流的校正，使输入电路的功率因数大于 0.99，THDI 小于 5%。后级的 DC/DC 电路由 DC/DC 变换器及其控制电路、整流滤波、输出 EMI 等部分组成，用以实现将前级整流电压转换成通讯电源要求的稳定的直流电压。 PFC 和 DC/DC 之间由 SCI 通讯进行数据和指令传送，再由 DC/DC 部分的 DSP 通过 CAN 通讯与监控建立联系。

2. 关键技术

（1）高效三相 PFC 交错技术，采用先进的 SiC 二极管和 ST 的 STW57N65M5 MOSFET 来提高 PFC 部分的效率，减小损耗和原材料的使用。

（2）LLC 串联谐振电路可以实现全负载范围内零电压开关（ZVS），减小了电磁干扰，与其它的 DC/DC 变换器相比有很大的优势；LLC 串联谐振变换器使用变频控制，与传统的 PWM 控制拓扑更容易满足通信电源的掉电保持时间要求。

（3）使用了自主开发的 ZHM05、ZHM07 监控系统，具有软件均流、模块休眠功能、电池巡检功能、绝缘监测功能。

在对外接口的考虑上，选择了基于 RS232 和 RS485 的 MODBUS 协议以及目前广泛通用的 TCP/IP 以太网络协议。在国内首次将 TCP/IP 以太网络协议引入直流操作电源监控，将 TCP/IP 协议嵌入单芯片控制器构成的系统中，通过现在较为普及的以太网络，按照给定的 IP 地址，上传本地信息，完成远程监控。现场智能设备的以太网接口，TCP/IP 嵌入，可配置的 IP 地址大大加强了直流屏监控系统与后台通讯的能力，用户通过局域网实现对直流屏的管理。

3. 工艺流程

HVDC(高压直流电源系统)，作为数据服务器的供电电源，是 IDC 机房的心脏。核心部件是 AC/DC 变换器和系统监控及子监控。系统采用分散控制、集中管理的监控模式，由主监控模块单元、n+1 冗余式的高频开关整流模块单元、蓄电池管理单元、绝缘监测单元组成，各模块都有自己独立的监控程序，共同组成系统监控。其结构框图如图 1 所示。模块间具有 RS-485 串行通信通道，主监控单元为系统的主模块，其余模块均为从模块，接受主监控单元的管理，主监控单元可经 RS-232 串口与上位机通信，或通过光纤与远方计算机通信。

五、主要技术指标

1．交流输入

（1）交流电压 250-500V（三相三线制）；

（2）交流输入频率：50Hz±5Hz；

（3）输入电流：≤30A（有效值)；

（4）THDI：≤3%；

（5）功率因数：≥0.999；

（6）效率：≥96%。

2．直流输出

（1）电压范围：195-295V；

（2）额定输出电流：50A；

（3）最大输出电流：55A；

（4）电压上升时间：3-10s（软启动时间）；

（5）输出恒流范围：5-55A±0.5A；

（6）稳流精度：≤±0.5%（20%-100%限流测试）；

（7）峰-峰值杂音电压：≤0.5%；

（8）稳压精度：≤±0.5%；

（9）温度系数（1/℃）：≤±0.2‰。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术及成套设备已通过信息产业邮电工业产品质量监督检验中心检验。目前，高压直流技术已经应用到了腾讯天津数据中心、深圳联通坪山数据中心、中国电信宁波云数据中心等 155 个数据中心。其中深圳联通坪山数据中心采用了 60 套中恒 HVDC 系统，最后的测试数据显示整体 PUE 小于 1.5。采用“高压直流（50%）+市电（50%）”的供电模式。采用这种供电方案后，市电侧无中间转换损耗，效率高达 100%；高压直流侧可采用节能休眠模式，全负载范围内 94%以上高效率。因此，综合供电效率高达 97%。

七、典型应用案例

应用单位：深圳联通坪山数据中心

技术提供单位：杭州中恒电气股份有限公司

节能改造情况：通过综合采用各种技术，高压直流+市电直供的供电方式、行级制冷和冷通道密封技术，空调系统变频节能等技术，使气流循环的路径最短，节能 10%以上。

建设规模：坪山数据中心项目集高压直流、行级制冷、能效管理等于一体，机房微模块分别标准化为 18R 模块、12R 模块。

主要技改内容：坪山数据中心项目集高压直流、行级制冷、能效管理等于一体，机房微模块分别标准化为 18R 模块、12R 模块。18R 模块按照总体功率 120kW，12R 微模块按照总体功率 80kW 计算。微模块局部 PUE1.07，30%负载率整体 PUE1.5 左右，90%负载率整体 PUE1.4 左右。腾讯市电直供加 240V 高压直流备份方案：采用“高压直流（50%）+市电（50%）”的供电模式。在保证可靠性的基础上，坪山数据中心在负载达到三分之一的时候，PUE 保持在 1.5 左右。采用

这种供电方案后，市电侧无中间转换损耗，效率高达 100%；高压直流侧可采用节能休眠模式，全负载范围内 94%以上高效率。因此，综合供电效率高达 97%。

项目投资额：120 万元，年节能能力 22 tce/a。

八、推广前景及节能减排潜力

我国通信行业发展迅速，初步估算，国内主要通信企业中国移动、中国电信、中国联通现有 UPS 约 10 万套，需要替换的老旧 UPS 设备约为 20%，即 2 万套，到“十二五”末期，UPS 的新增需求量为 22 万套，总共 24 万套，项目推广潜力巨大，预计未来 5 年，该技术的推广率可达 50%，总投入可达到 4 亿元，形成的年节能能力约为 198 万 tce，年 CO_2 减排约为 598 万 t。

253 基站载频设备智能节电技术

一、技术名称：基站载频设备智能节电技术

二、技术所属领域及适用范围：通信行业 电信行业移动通信领域，GSM 移动通信系统和 TD-SCDMA 移动通信系统。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

根据相关统计，基站整体能耗约占全部通信网络能耗的 60%以上，基站主设备能耗约占基站整体能耗的 50%左右，基站主设备功耗普遍较高，大部分设备整机效率不超过 15%。目前应用该技术可实现节能量 11 万 tce/a，减排约 29 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1.技术原理

基站主设备功耗主要由机柜功耗和载频功耗两部分组成。机柜功耗主要包括控制板、风扇、合路器几部分，能耗值在基站功耗中所占比例较少；载频功耗则是基站功耗的主要部分。

由于无线用户的移动特性，基站设备每天不同时间段的负荷具有较大差异，在没有话务时，载频依然满功率工作，将造成能源浪费。

基站载频智能节电技术是通过实时评估基站小区载频上的话务量水平，根据判决结果将空闲资源转入关断状态以达到节能目的。这种对于空闲资源的关断主要是指对于载频单元中功放模块（PA）的关断。

2.关键技术

功放模块是载频中向天馈发射功率的主要部分，通常情况下，无论是否有业务发生，功放模块都以满负荷状态工作。采用该技术后，系统能够根据业务负荷对功放模块进行瞬时关断和开启。功放模块能耗由静态能耗和动态能耗两部分组成，其中静态能耗由偏置电压控制，动态能耗由工作电压控制。智能节电技术通过关闭功放模块的工作电压和偏置电压降低功放模块的功耗，进一步降低载频功耗，从而实现基站整体能耗的降低。

3.工艺流程

智能节电技术可以通过硬件或软件控制实现，其实现方式可分为基于时隙的PA关断和基于负荷的载频/PA关断。

（1）基于时隙的PA关断技术

基于时隙的PA关断是指在没有话务的时隙（即动态功耗为0）的情况下，关闭PA的偏置电压，从而进一步节省功放的静态功耗的技术。工作原理见图1。

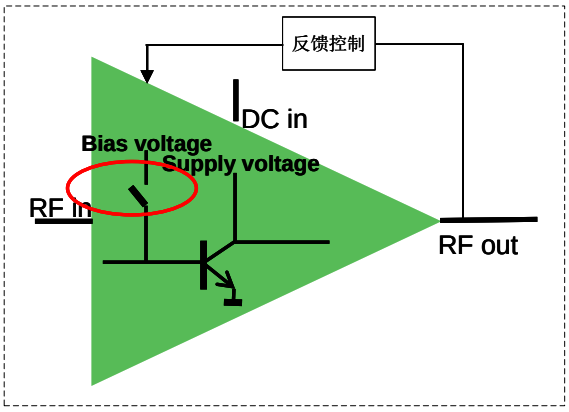


图 1　基于时隙的 PA 关断原理图

（2）基于负荷的载频/PA关断技术

基于负荷的PA关断是根据每个载频话务情况，将空闲时长超过门限时间（可设置）的载频对应的功放偏置电压关闭，在话务增长时重新打开功放偏置电压。工作原理见图2。

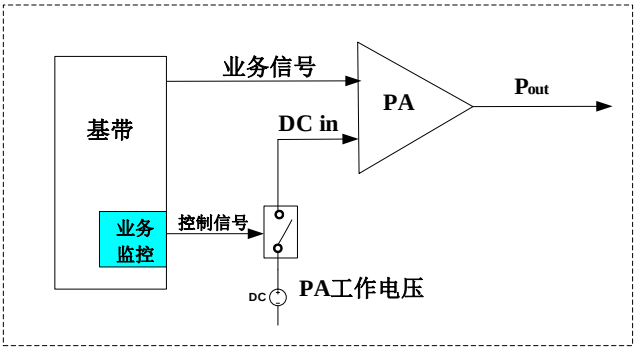


图 2　基于负荷的载频/PA 关断技术原理图

五、主要技术指标

1.基于时隙的PA关断技术节电效果从12%-40%不等；

2.基于负荷的PA/载频关断技术节电效果为3.4%-20%；

3.平均每载频节省功耗范围从4-36W不等（每载频年均节电35-320kWh）。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术属于国际领先技术，是目前世界各大运营商大力推广应用的基站节能技术。根据估算，目前国内基站应用比例约达到 50%。

七、典型应用案例

典型用户：中国移动通信集团河北有限公司石家庄分公司

典型案例 1

技术提供单位：中国移动通信集团公司

建设规模：2009 年起开始对现网设备进行软件升级，同时在新建设备均开启该项功能。原有设备软件升级即可生效，新建设备开通即具备。该分公司使用智能节电的 GSM 基站载频规模超过 66000 个。主要技改内容：对于已建基站，将 BSC 设备开启智能节电功能，软件开启，无需硬件改动，需升级的设备包括：基站控制器 BSC、基站 BTS、网管设备；对于新建基站，在建设阶段即开启智能节电功能。根据现网统计数据，使用智能节电功能后，每载频每天平均节电 0.3kWh。石家庄分公司 GSM 基站全年节电量为 722.7 万 kWh。按照折算标准煤系数为 0.1229kgce 计算，折算全年节约 2493tce。全年减少 CO_2 排放 5037t。节能技改投资额 660 万元，建设期 2 年。每年可节能 888tce，年节能经济效益为 614 万元，投资回收期约 13 个月。

典型用户：中国移动通信集团河北有限公司保定分公司

典型案例 2

技术提供单位：中国移动通信集团公司

建设规模：2009 年起开始对现网设备进行软件升级，同时在新建设备均开启该项功能。原有设备软件升级即可生效，新建设备开通即具备。该分公司使用智能节电的 TD-SCDMA 基站载频规模超过 12000 个。主要技改内容：对于已建基站，将 RNC 设备开启智能关载频功能，软件开启，无需硬件改动，需升级的设备包括：RNC、Node-B、网管设备；对于新建基站，在建设阶段即开启智能节电功能。根据现网统计数据，使用智能节电功能后，每载频每天平均节电 0.6kWh。

保定分公司 TD-SCDMA 基站全年节电量为 262.8 万 kWh。年节约 323tce。年减排 CO_2 排放 1832t。节能技改投资额 170 万元，建设期 6 个月。每年可节能 323tce，年节能经济效益 223 万元，投资回收期约 9 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术可在电信行业各运营企业的移动通信网络全面推广，实现 2G、3G 移动通信基站设备的节能降耗。预计未来 5 年，该技术在移动通信领域推广比例将超过 80%，形成的年节能能力为 22 万 tce，年减排能力 58 万 tCO_2。

254 通信用耐高温型阀控式密封电池节能技术

一、技术名称：通信用耐高温型阀控式密封电池节能技术

二、技术所属领域及适用范围：通信行业 室内及户外基站

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

据统计，通信行业的能耗 80%以上是电力消耗，基站的电力消耗约占通信行业的 62%，而每年空调耗能占到基站耗能的 50%左右。基站的温控节能对于通信行业的节能减排至关重要。对于通信基站而言，空调温度每调高 1ºC，可节约用电 6%-8%，如果温度提高 10ºC，整个机房的电耗将降低 50%以上。目前应用该技术可实现节能量 3 万 tce/a，减排约 8 万 tCO_2/a。

四、技术内容

1. 技术原理

普通阀控式密封铅酸蓄电池的标称使用温度为 25ºC，在高温条件下会由于正极板栅腐蚀、失水干涸、热失控、负极硫酸盐化等问题失效。长期运行时，温度每升高 10ºC，使用寿命约降低一半。为保证蓄电池正常工作，需要配备专用工业空调，将运行温度长年设置为 25ºC，消耗了大量电能。耐高温型阀控式密封电池节能技术采用耐腐蚀铅锡硅三元合金技术提高了电池板栅的耐腐蚀性，利用氢氧辅助复合技术解决了负极充电不足的问题，使用特殊的耐高温外壳材料及先进的耐压、耐冲击结构设计，解决了电池热失控问题，开发出适合在 35-40ºC 高温环境下长期正常使用的高温型阀控式密封铅酸蓄电池，极限使用温度可达到 75ºC。通过高温型阀控密封电池的使用，可将基站空调温度提高 10ºC，大幅降低空调运行时间，减少空调电耗。

2.关键技术

（1）耐腐蚀合金技术；

（2）耐高温电池外壳材料技术；

（3）铅膏配方及极板化成技术；

（4）独特的氢氧辅助复合技术；

（5）先进的电池结构设计。

3.工艺流程

该技术的电池结构见图 1 所示，通讯基站工作原理见图 2。

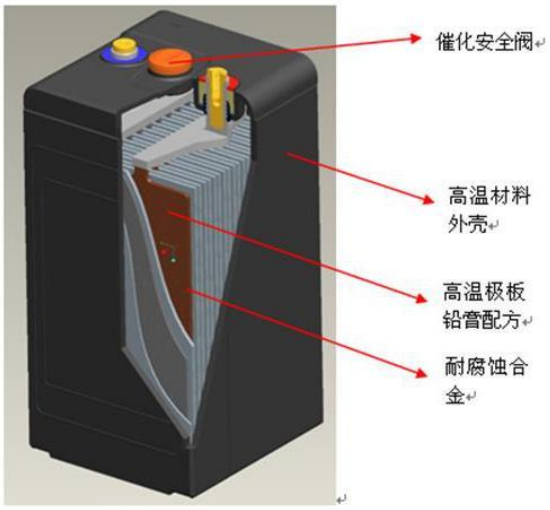


图 1　耐高温型阀控式密封电池结构图

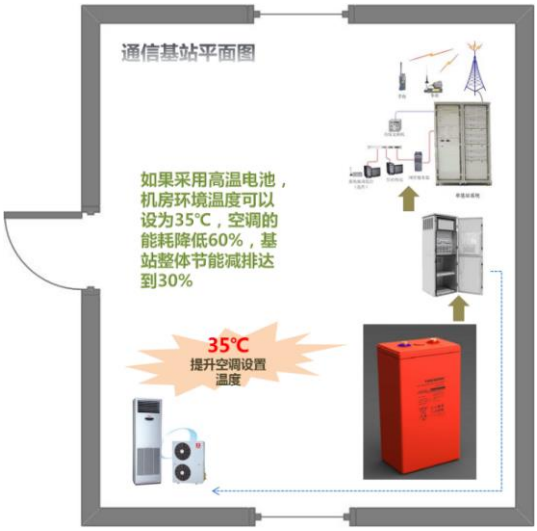


图 2　耐高温型密封电池应用于通信基站示意图

五、主要技术指标

1.产品符合 IEC60896-2004 以及通信行业 YD/T799-2010《通信用阀控式密封铅酸蓄电池》的技术要求；

2.35ºC 工作环境温度，设计浮充寿命≥10 年；

3.电池最高可承受工作环境温度：75ºC；

4.55ºC 工作环境温度，80%DOD 循环寿命大于 12 次大循环，每次大循环包含 11 次 80%DOD 放电循环。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获得了多项国家专利，于 2011 年 5 月通过工信部科技司组织的科技成果鉴定，把额定工作环境温度提高到 35ºC，填补了国际空白，达到了国际先进水平。该技术制定了通信行业标准：YD/T 2657-2013 通信用高温型铅酸阀控密封蓄电池。目前在中国移动、中国联通、沃达丰、法国电信等国内外通信运营商实际应用的通信基站数量已超过 8000 个，运行情况良好。

七、典型应用案例

典型用户：中国移动、中国联通、沃达丰、法国电信等

典型案例 1

案例名称：中国电信股份有限公司安徽分公司园林处 C 网基站

技术提供单位：浙江南都电源动力股份有限公司

建设规模：基站为移动彩瓦板房结构，房屋面积 18m^2 ，实际负载约 17.7A，

信号覆盖半径 500-800m。据六安市分公司提供的电力消耗数据，基站年耗电量E1:15300kWh。主要技改内容：将原使用电池更换成高温电池后，通过将项目场所空调设置温度从 25℃提高到 35℃，实现空调消耗电力的降低。主要设备为项目场所基站安装有电能表计量总耗电量，主要耗电设备有：无线设备、传输设备、开关电源、蓄电池、冷却系统等。总投资额 0.84 万元，建设期 1 年。年节电率 26%，年节能量 1.63tce，年 CO_2 减排量 4.3t。年经济效益为 4487.8 元，投资回收期约 1.87 年。

典型案例 2

案例名称：四川移动达州分公司通川区火车站基站

技术提供单位：浙江南都电源动力股份有限公司

建设规模：C 网基站改造，基站功率 3000-5000kW。主要技改内容：用高温电池代替普通电池。主要设备为无线设备，传输设备，开关电源，空调，高温蓄电池等。总投资额 1.8 万元，建设期 1 年。年节电率 26.6%，年节能量 2.8tce，年 CO_2 减排量 7.4 t。年经济效益为 8160 元，投资回收期约 2.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前我国通信基站约150万座，基站空调的节能潜力很大。预计未来5年，该技术预期推广比例可达到20%，可形成的年节能能力为60万tce，年CO_2减排潜力为158万t。

255 数据中心机房供冷技术之一：分布式热管冷却技术

一、技术名称： 数据中心分布式热管冷却技术

二、技术所属领域及适用范围：通信行业 可应用于通信基站、通信机房、新建 IDC 数据中心、学校信息机房、政企信息机房等高发热密度的信息机房的温度控制系统。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

在北京，移动、电信、联通三家通信运营商的数据中心约为 30 万 m^2，全国共拥有约 300 万 m^2 左右；百度、阿里、腾讯以及其他一些政府、企业都有大量的数据中心需求和应用；大量的提供数据服务的企业也拥有大量的数据中心；全国拥有超过 100 万座通信基站。

按照常规机房面积 600m^2，配置的 IT 设备功率为 500kW 来核算,全国数据中心年耗电量超过千亿 kWh 量级，能耗巨大,CO_2 排放量超过 3000 万 tCO_2/a，具有较大的节能潜力。

四、技术内容

1.技术原理

采用“自然冷源”，或“自然冷源+强制制冷”的方式，通过小温差驱动热管系统内部循环工质的气液形成自适应的动态相变循环，把信息机房内热量带到室外的排热，实现室内外无动力、自适应平衡的冷量传输。通过特定的设备设计形式，实现数据中心机柜级/行间级/通道级的精确供冷、低能耗供冷。

热管技术是利用工质相变（气/液态转变）实现热量快速传递的一项传热技术。

热管工作原理：

（1）热管的蒸发段与热源（机房热空气）接触；（2）热管液态工质在蒸发段吸热蒸发，成为气态；（3）气态工质沿着热管的蒸汽管快速流动至冷凝段；（4）热管的冷凝段与冷源接触；（5）气态工质在冷凝段放出热量，冷凝为液态；液态工质在重力的作用下沿着液体管回流至蒸发段；（6）以上流程循环往复，实现热量快速传递。

2.关键技术

（1）通过全封闭连接管路中的工质自然循环进行热传递，不直接引入室外空气，保证机房室内空气的洁净度。

（2）室内末端循环工质为不燃、无毒、无腐蚀、常压下为气态的制冷剂，通过小温差驱动换热芯体中介质达到动态的气液相变热力平衡，实现数据中心内设备的节能冷却，且保证无水进入机房，杜绝水浸机房的安全隐患，安全可靠。

（3）室内设备全显热换热，无冷凝水产生，杜绝常规精密空调除湿、加湿同时进行这种不合理的费能现象。

（4）采用分布式自适应按需冷却，根据机房实际需求，实现机柜级、行间级、通道级按需供冷的个性化温、湿度调控。

（5）设备与数据中心的机柜、冷/热通道紧密结合，占地空间小，空间利用率高。

（6）有效解决机房气流组织混乱的问题，消除局部热点。

（7）用抗震结构设计，容灾能力强。

3.工艺流程

分布式热管冷却技术由在机房内的 SIS 热管冷却末端、安装室外的 DCU、冷冻水系统以及控制系统构成。

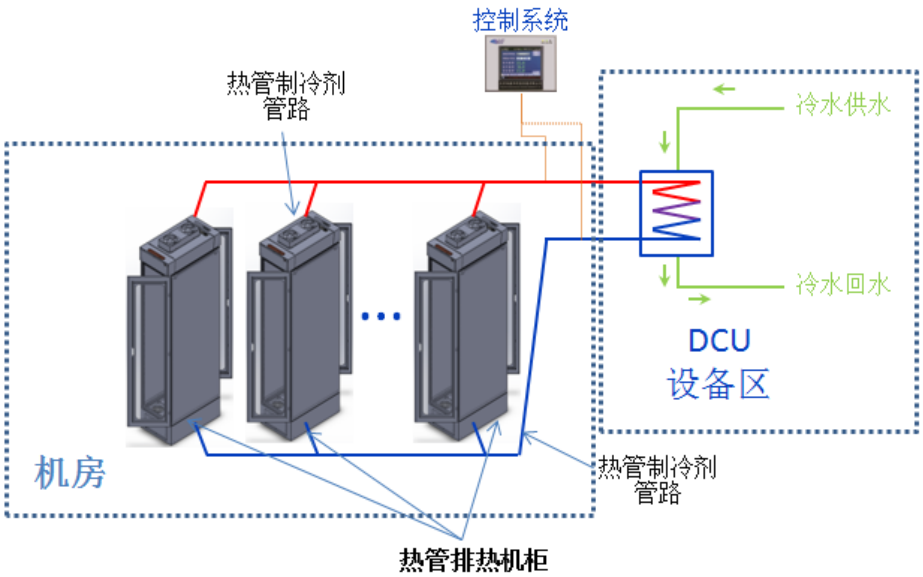


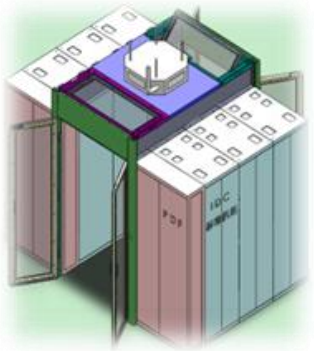
图 1 分布式热管冷却系统的运行原理图

A）室内部分

设备：分布式热管冷却末端

热管背板

列间热管



顶置式热管

图 2 分布式热管冷却末端设备

优点：

高密度冷却，单机柜散热能力超过 14kW。

分布式冷却，各机柜按需供冷，消除局部热点。

安全可靠，采用无毒、无腐蚀的气态工质，无液态物质进机房， 避免因泄漏引发的安全隐患。

监控完善，监控等级细化至单个机柜，更易于及时发现机房的运行异常，提高机房的安防等级。

容错能力强，某个机柜发生故障时，附近区域内的机柜可提供充足的冷量，柜内 IT 设备可正常运行，机柜实现在线修复。

能耗低，与常规风冷精密空调系统相比，年节电率＞70%

节约用地，冷媒管路安装于地板下方、机柜上方，不占用机房地面空间。

B）DCU(热管冷凝器)

原理：DCU 作为分布式热管冷却系统的冷凝端，负责将分布式热管末端中制冷剂所携带的热量传递至系统的冷源（冷水）中。DCU 可根据分布式热管末端的负载情况，自动调节冷量输出，实现按需供冷。

通过 DCU 使分布式热管冷却系统能够把冷量充分的携带至最靠近机房内热源的地方，又能够保证机房内无水进入，确保机房内设备运行的安全性。

DCU 的冷源（冷水）可来自于冷却塔、冷水机、或者是现有空调系统的冷冻水。

C）冷源部分

冷源部分用于为 DCU 供冷，冷源可由各种形式的自然冷源模块、冷却塔（直接蒸发、间接蒸发、开式冷塔、闭式冷塔）、冷水机（风冷机组、水冷机组）组成。在室外温度较低的地区（全年室外湿球温度低于 16℃的时间较长的地区），可通过自然冷源模块、冷却塔将室外冷量引入机房，实现免费制冷。同时，机房产生的热量可以热回收的形式免费生产生活热水、采暖用水等。

D）自控系统

自控系统是用于实现热管背板系统自动控制以及运行状态监控的集成式的智能监控系统，主要功能有：

动力环境监视：通过温度探点和各水路温度探点对整个机房温度进行全方位立体化的监控，系统还包括对供电系统电能信息的监控。

综合自动化管理：通过对采集数据进行计算分析，调节热管排热量，控制区域温度防止局部热点的出现。

系统优化节能：通过对采集数据进行计算分析，按需分配各区域的排热量。

数据及时共享：提供 RS485 MODBUS-RTU、OPC、ODBC 等多种接口，实时将数据同原有动力环境监控系统进行分享。

自动监测自然冷源、热回收等各项数据中心所用资源的使用效率。

五、主要技术指标

1.分布热管冷却末端能效比≥60；

2.系统空调末端 PUE 因子≤0.02；

3.设备结构尺寸小，热管背板冷却末端厚度≤200mm；

4.末端的供水温度不高于 14℃；系统无单点故障；

5.系统无水进入机房，安全性高；模块化、标准化设计。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

1.技术鉴定及获奖情况

通过国家教育部科技成果鉴定；入选北京市 2013 年节能低碳技术产品推荐目录；获北京市自主创新产品；获得中国通信学会 2011 年科学技术二等奖；申请并获得数据中心新型空调末端专利 13 项。

2.目前技术应用现状及产业化发展情况

分布式热管技术经过的长时间的应用测试、运行安全性评估，产品应用规模

涵盖 20 个机柜的小型信息机房、3000 个机柜的大型数据中心，已经在通信行业、政企事业用户得到广泛认可。目前该项技术的应用比例较低，具有较大的推广应用前景。

产品将朝着定制化（节能改造方向），产品标准化、模块化（新建数据中心、快速部署）两个方向快速发展。

七、典型应用案例

典型案例 1

典型案例应用单位：中国移动通信集团山西有限公司

项目名称：山西移动计费机房节能改造项目

技术提供单位：北京纳源丰科技发展有限公司

建设规模：机房面积约 550m^2。IT 设备输入功率约为 350kW。机房室内设定温度为 23℃，8 台上送风精密空调机房设备。为机房内局部热点较严重的机柜加装 SIS 热管背板，实现机柜按需供冷。室外采用自然冷源模块+冷机。主要设备：室内 14 个 SIS 热管背板及热管工质循环管路系统。室外 SIS 自然冷却风冷模块、风冷冷水机组（水系统）。项目实施投资 104 万元，，年节电量为 38.05 万 kWh，约合 122 tce，房空调整体能耗降低 24%，碳减排量为 285 tCO_2，年节能经济效益 38 万元，投资回收期约为 2.7 年。

典型案例 2

典型案例应用单位：中国电信股份有限公司

项目名称：中国电信股份有限公司南通分公司机房制冷改造项目

技术提供单位：中能深思（北京）节能技术有限公司

建设规模：安装 13 台智能冷却终端，单机柜制冷能力为 6kW/rack。主要技改内容：机房共布置 134 台机柜，其中 13 台安装智能冷却终端，独立为服务器提供制冷服务。主要设备：13 台智能冷却终端，1 台冷量分配单元，1 套智能控制系统，1 台冷却塔，1 台水冷冷水机组。技改投资额 44 万元，建设期为 1 个月。年节能量为 105 tce，碳减排量为 227 tCO_2，年节能经济效益 32 万元，投资回收期约为 1.4 年。

典型案例 3

典型案例应用单位：中国电信股份有限公司

项目名称：中国电信股份有限公司南京分公司机房制冷改造项目

技术提供单位：浙江盾安人工环境股份有限公司

建设规模：两个数据机房原风冷型机房精密空调制冷系统改造。主要技改内容：安装 97 套热管背板式空调，单机架设计功耗 3.2kW。主要设备：97 台微功耗散热机柜，11 台台壳管式换热器，单台换热量 270kW。技改投资额 125.2 万元，建设期为 1 个月。年节能量为 160tce，碳减排量为 374tCO_2，年节能经济效益 49.8 万元，投资回收期约为 2.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

我国数据中心、通信行业快速发展，年投资经费超过千亿元，市场容量巨大。已当前数据中心、信息机房保有量 500 万 m^2 计算，常规机房面积 600m^2，IT 设备功率为 500kW，采用常规水冷型精密空调机房 PUE 约为 1.6，而分布式热管节能技术，在北京低区机房 PUE 约为 1.4 以下（根据不同气候条件，还有较大降低空间），采用分布式热管技能技术，每 1m^2 年节电量约为 1460kWh/a/m^2，5 年内技术在 20%的数据中心应用分布式热管冷却技术，全国机房总面积为 100 万 m^2，应用此项技术可实现年节能潜力为 46.72 万 tce,CO_2 减排约 102 万 tCO_2。

256 数据中心机房供冷技术之二：全密闭动态均衡送风供冷节能技术

一、技术名称：数据中心全密闭动态均衡送风供冷节能技术

二、技术所属领域及适用范围：通信行业 各类数据中心（IDC）、机房

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

近年来，我国数据中心迅猛发展，总量已超过 40 万个，年耗电量超过全社会用电量的 1.5%，且大多数数据中心的电能使用效率（PUE）仍大于 2.2，与国际先进水平相比有较大差距。

四、技术内容

1.技术原理

送、回风密闭导流系统与空调送、回风通道连接构成与外部空间隔离的全封闭送回风系统。在二维动态平衡导流送风系统内部的垂直方向配置多套变风量装置，机柜内部在水平截面方向实现高效冷却的平行流气流组织，在垂直截面方向实现分层变风量差异化供冷并通过自动调整风量，解决IDC整体送风压力差异，保持远近端风压稳定。应用自主研发的智能控制模型，智能管理平台调节变风量装置自动实现机柜二维空间的负荷与供冷的动态匹配，还可根据各机柜的不同温度要求，选择不同机柜的多温区差异化供冷，大幅提高冷量的利用效率。

2.关键技术

（1）全封闭冷热通道隔离供冷技术；

（2）二维动态平衡变量导流送风技术；

（3）气流组织静电消除技术

静电消除技术系统在模块使气流离子中性化，消除静电对设备带来的隐患和危害，并延长设备的使用寿命；

（4）机柜独立单元安全防控技术

动态送风模块内部配置独立气体灭火装置，实现独立监控和灭火功能；

（5）安全风险规避管控系统。

3.工艺流程

动态均衡送风供冷系统示意图见图 1。送、回风系统结构简图见图 2。

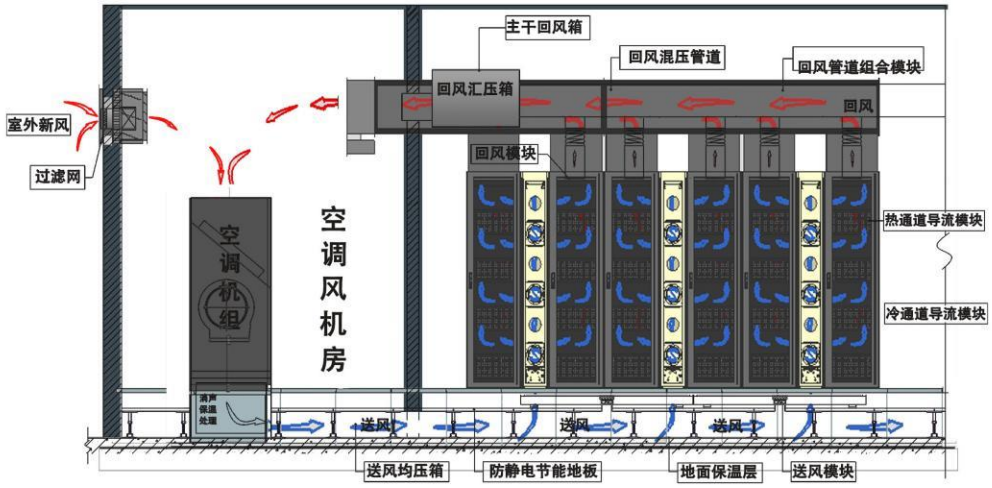


图 1 动态均衡送风供冷系统示意图

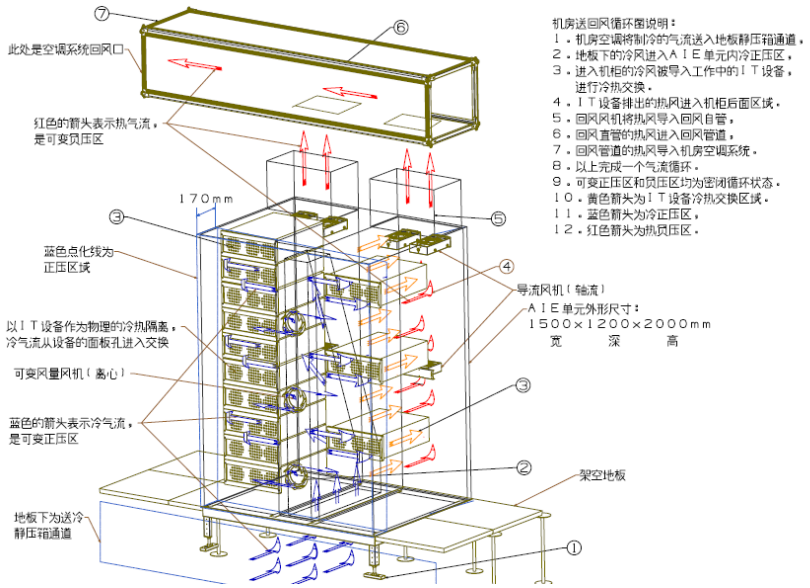


图 2 送、回风系统结构简图

五、主要技术指标

1. 送风温度 23℃±2℃、回风温度 35-39℃、提高回风温度 10℃以上；

2. 提高了冷却效率，节能 35%以上；

3. 年平均 PUE 优于 1.5。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家发明专利 4 项，计算机软件著作权 2 项，实用新型专利 4 项，并获得美国、欧盟等国际专利 5 项。于 2015 年 4 月通过中国科学院广州能源所的节能效果检测。目前已经在广州市公安局萝岗区分局、佳都新太科技股份有限公司进行了推广应用，节能效果良好。

七、典型应用案例

典型用户： 广州市公安局萝岗区分局、佳都新太科技股份有限公司等。

典型案例 1

案例名称：广州市公安局萝岗区分局

技术提供单位：广州汇安科技有限公司

建设规模：机房空调配置冷量总功率为 53.2kW。建设条件：广州市公安局萝岗区公安分局联和派出所监控机房，占地面积 60m^2，共安装 8 套（16 个 42U 机架）标准节能单元，项目设计 IT 设备总功率为 60kW。主要技改内容：安装 8 套（16 个 42U 机架）标准节能单元。机房空调总冷量功率配置为 53.2kW，空调工作为 4 台 13.3kW（冷量功率）下送风精密空调，单台电功率为 4.5kW，室内机为 2 组。主要设备：精密送风空调。节能技改投资额 73 万元，年节能 89tce，年减排 172tCO_2。年节能经济效益 24 万元，投资回收期约 3 年。

典型案例 2

案例名称：佳都新太科技股份有限公司

技术提供单位：广州汇安科技有限公司

建设规模：机房空调设计配置冷量总功率为 840kW，机房 IT 设备总功率约为 600kW。建设条件：通信机房占地面积 150m^2，共安装 30 套（60 个 42U 机架）标准节能单元，项目设计 IT 设备总功率为 600kW。主要技改内容：安装 30 套（60 个 42U 机架）标准节能单元。机房空调设计总冷量功率 840kW，机房共 7 台 120kW（冷量功率）下送风精密空调，系统设置 5 主+2 备的工作模式，单台精密空调用电功率为 40kW/h，室内机组为 7 台，室外机组共 14 台（1：2）。节能技改投资额 218 万元，年节能 274tce，年减排 598tCO_2。年经济效益 76.4 万元，投资回收期约 3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，可在通信、数据处理行业中推广 5%，形成的年节能能力约

为 180 万 tce，碳减排能力 475 万 tCO_2。

257 服务器芯片液体冷却节能技术

一、技术名称：服务器芯片液体冷却节能技术

二、技术所属领域及适用范围：通信行业 服务器、数据中心、云计算、智慧城市等

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

根据《2014 年中国数据中心能效白皮书》中的数据显示，2014 年中国数据中心保有量约为 4.9 万个，年耗电量约为 960 亿 kWh，对应电力折合标准煤 3072 万 tce，碳排放为 7200 万 tCO_2。

四、技术内容

1．技术原理

目前的服务器采用风扇进行冷却，用机房专用精密空调来冷却热空气。由于空气不是热的良导体，因此散热效率低下，难以解决高热流密度的散热问题，并造成空调的耗电量和能耗巨大。

本技术的核心在于利用工作流体作为中间热量传输的媒介，将服务器芯片发出的热量传递到远处再进行冷却。在该技术中，冷媒与被冷却对象分离，冷媒有其自身通路，并不与电子器件直接接触，而是通过液冷板等高效热传导部件将被冷却对象的热量传递到冷媒中。本技术有两大好处，一是将冷却剂直接导向热源，而不是像风冷那样间接制冷；二是和风冷相比，由于液体比空气的比热大很多，因此制冷效率远高于风冷散热，每单位体积所传输的热量即散热效率高达 3500 倍。该技术能解决高密度服务器的散热问题，且大大减少了机房空调的数量，节能降噪。

2．关键技术

水平分液器技术、竖直分液器技术、密封技术、防泄露技术、防腐蚀技术、热插拔技术、制冷系统自动监控技术、自动冲排液技术、温湿度监测技术

3．工艺流程

在刀片式液冷服务器内的芯片上安装固定水冷板，水冷板有进液口和出液口，工作液体在其内循环流动。冷流体在制冷模块 CDM 内获得动力，通过管路

系统输送到负载机柜内侧的竖直分液器 VCDU 中，VCDU 将冷流体平均分配给负载柜内不同位置的刀箱内的水平分液模块 HCDU 中，再利用 HCDU 的十个分支口将冷流体平均分配输给刀箱内所有服务器的水冷板。冷流体在水冷板内后被芯片加热，引起其温度升高，各刀片内的热流体汇集进入 HCDU，机柜内所有 HCDU 的热流体汇集进入机柜另一侧的 VCDU，送入 CDM 中被重新冷却，然后进行下一循环。系统中集成有液冷控制系统，可根据芯片的核心温度自动调节流量，在检测到泄漏时进行报警并应急处理。

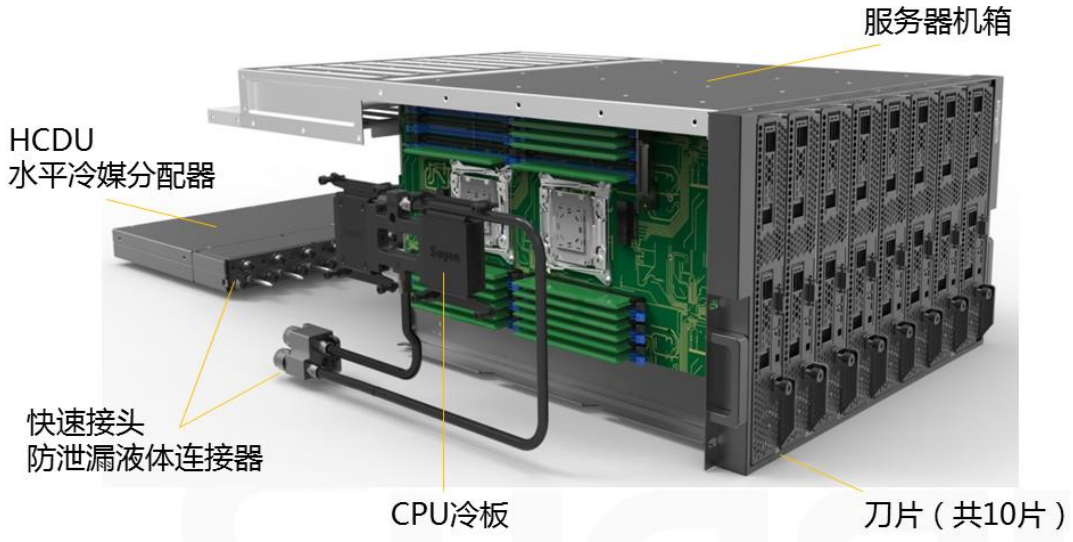


图 1 工艺流程示意图

五、主要技术指标

供水温度为 35℃，可实现全年自然冷却，PUE 为 1.2，降低噪音 10dB。可降低 CPU 核心温度 30℃，使得 CPU 可超频工作，性能提升 5%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术通过了中国科学院声学计量测试站的测试认证。获得由中国电子节能技术协会数据中心节能技术委员会颁发的“最佳节能技术创新奖”。

曙光公司利用液体来冷却服务器芯片，摒弃了换热不良的风冷散热器，不但提高了制冷效率，而且大大减少了数据中心的机房空调的数量，从而节能降耗，降低噪音。

根据系统数据统计显示，该技术能帮助用能单位节省 95%以上的浪费能耗，采用节能型液体冷却服务器系统后的节能效率高达 45%以上，可降低 PUE 至 1.2。目前该技术已经应用于中科院大气所的地球数值模拟系统中，以及某军队的项目

中。某些银行、政府等机构也已经订货。

根据权威媒体的公开报道，曙光公司的节能型液体冷却服务器系统是至今为数不多的,由主流大厂推出的产品化和商业化产品。目前，国内服务器和数据中心市场的节能减排市场非常庞大，能耗基本处于无控制状态，且能源浪费程度很高。如果技术推广到国内的数据中心的节能减排市场，能大幅度提高能源的使用效率，降低能耗。

七、典型应用案例

典型案例应用单位：中国科学院大气物理研究所

项目名称：地球系统数值模拟装置

技术提供单位：曙光信息产业（北京）有限公司

建设规模：计算节点超过 1000 个，总功率超过 700kW。项目总投资 1000 万元，建设期 60 天。主要设备为节能型液体冷却服务器系统，使用该技术后数据中心能耗效率 PUE 平均值可达 1.17，每年可形成节能能力 1727tce，减排 3765tCO_2。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 15%，预计投资总额近 25 亿元，年节能能力约达 62 万 tce/a，减排量约 135 万 tCO_2/a。

258 电子设备液冷导热节能技术

一、技术名称：电子设备液冷导热节能技术

二、技术所属领域及适用范围：通信行业　数据中心领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

根据工信部统计数据，我国数据中心 2015 年耗电量在 1000 亿度左右，其中约 40%的电力被制冷系统消耗。传统数据中心机房主要采用传统的精密空调主机、供冷管道、末端送回风模式，在冷能利用率、气流组织模式、适应服务器等电子设备高热流密度趋势等方面存在较大不足，平均机房 PUE 高达 2.0 以上。该技术可以将数据中心 PU 值降低至 1.2 以下，且具有不受地域限制、可任意范围部署的特点，可实现数据中心节能 40%以上，对促进我国数据中心绿色可持续发展具有重要意义。同时，未来该技术可在超算、雷达、激光器、大型工控设备、LED 大屏等高热流密度冷却领域逐步推广应用，具有广阔的发展前景，节能潜力巨大。

四、技术内容

1．技术原理

针对数据中心主设备服务器的热场特征，即服务器高热流密度元器件（例如 CPU、GPU）发热量占比大、分布相对集中的特点，采用热管散热技术和水冷散热技术相结合，将热管冷板模块与服务器耦合形成芯片级制冷，将服务器高热流密度产生的热量导出到服务器机箱外，然后通过液冷内外循环系统将热量传递至冷却塔散热。该技术无需空调压缩机，PUE 值大幅降低，有效实现数据中心的节能。

2．关键技术

（1）热管冷板模块技术

热管冷板模块由基板、热管、冷板三部分组成。基板采用铝板或者铜板制成，与服务器芯片紧密接触吸热并通过热管将热量传递到冷板。冷板采用带有槽道的冷板，增加流体与冷板的接触面积，强化流体与冷板之间的对流换热，以提高水冷板的散热效率，其结构如图 1 所示。

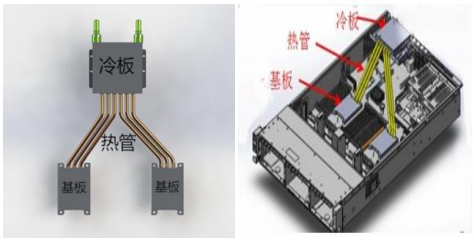


图 1 热管冷板模块示意图

（2）快速插拔防泄漏接口设计技术

服务器与内循环系统连接设计成可快速插拔的接口，采用可靠、无泄漏密封技术，确保拔插过程水不会泄漏到服务器中。

（3）水力平衡设计技术

对于机架间水力平衡，采用冷却分支主管并联同程设计，实现机架间流量匹配和可靠供液。对于机架内水力平衡，采用歧管式或点阵式液冷分配技术，解决架内流量匹配的问题。

（4）液冷内外循环隔离技术

液冷系统采用内外循环及板换隔离技术，应用 316 不锈钢管和去离子水，避免内循环污染和腐蚀结垢，有效保证内循环水质。

（5）液冷内循环定温技术

智能控制系统通过自动调节内循环系统中控制阀、水泵和冷却塔等设备对内循环供水温度进行精确调控，确保服务器安全稳定和机房内水管等设备不产生凝露现象。

3．工艺流程

电子设备液冷导热系统原理图见图 2。

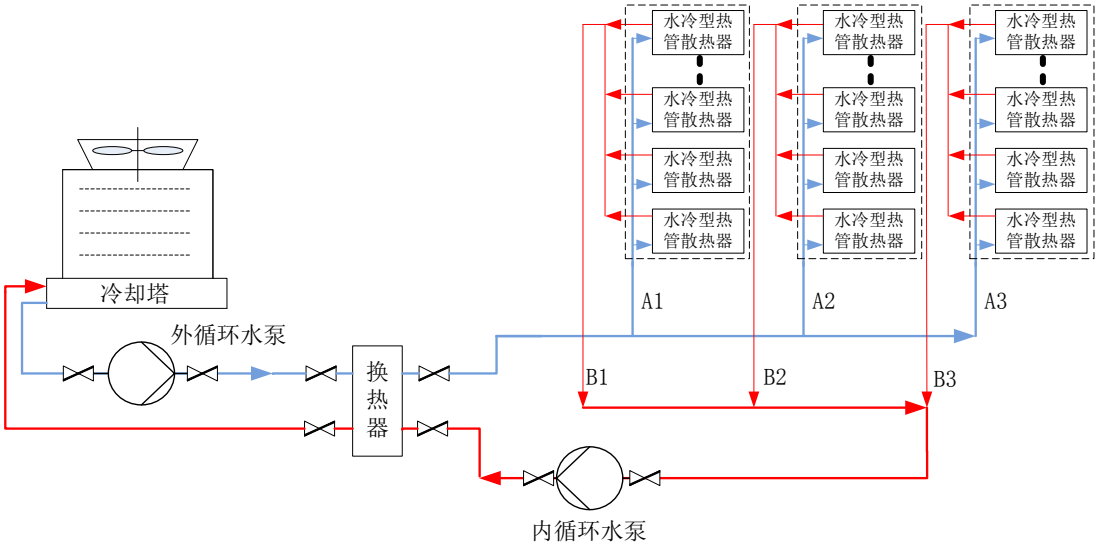


图 2 电子设备液冷导热系统原理图

五、主要技术指标

1．数据中心 PUE 低于 1.2；

2．服务器 CPU 满负荷条件下工作温度低于 60℃；

3．单机架装机容量适配 5～25kW。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家授权发明专利 7 项，实用新型专利 26 项，并于 2016 年通过工信部组织的“数据中心液/气双通道精准高效致冷系统关键技术及应用”科技成果鉴定，于 2016 年通过工信部电子第五研究所（赛宝质量安全检测中心）对本项目成果进行的检测，年平均 PUE 值为 1.15。目前，该技术已在数据中心行业中国移动南方基地部署应用，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：中国移动南方基地，广东威创视讯科技股份有限公司等。

典型案例 1

案例名称：中国移动南方基地云基础设施机房配套建设双通道致冷系统项目

技术提供单位：广东盈嘉科技工程发展股份有限公司

建设规模：14 个 6kW 业务机架，单业务机架装 15 台 2U 服务器，最大装机容量 210 台。建设条件：热管冷板模块需与服务器厂商配合进行结构设计。主要建设内容：建设 14 个 6kW 业务机架，70 台液冷服务器。主要设备：高压直流供电设备 1 套、EPS 供电设备 1 套、业务机架 14 个、行间空调 6 台、液冷内循环

系统 1 套、液冷外循环系统 1 套、液冷服务器 70 台。项目投资额 1050 万元，建设期 2 个月。项目年节能量 188tce，碳减排量 442tCO_2。相对传统机架建设项目增量投资 182 万元，年节电经济效益 53 万元，投资回收期 3.4 年。

典型案例 2

案例名称：中国移动南方基地基于热传导的自然散热系统建设项目

技术提供单位：广东盈嘉科技工程发展股份有限公司

建设规模：6 个液冷系统业务机架，共计 48kW。建设条件：热管冷板模块需与服务器厂商配合进行结构设计。主要建设内容：建设 4 个机架功耗共 48kW 的服务器作为 IT 业务负载。主要设备为高压直流供电设备 1 套、业务机架 6 个、行间空调 1 台、液冷内循环系统 1 套、液冷外循环系统 1 套、热管散热模块 133 套。项目投资额245万元，建设期5个月。项目年节能量108tce，碳减排量252tCO_2。相对传统机架建设项目增量投资 101 万元，年节电经济效益 30 万元，投资回收期 3.3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

数据中心是我国信息社会的基石，尤其在金融、电信、国防等领域决定着国家的战略安全，但当前面临着能耗高、资源利用率低等难题。该技术具有投资小、建设周期短、节能效益良好等特点，如果该技术产品可以普及推广，全国数据中心的平均 PUE 可从 2.0 降低到 1.2。预计未来 5 年，按 20%推广比例测算，项目总投资约 500 亿元，可形成的年节能潜力 135 万 tce，碳减排能力 315 万 tCO_2。

259 基于 SDR 集群专网通信系统节能技术

一、技术名称： 基于 SDR 集群专网通信系统节能技术

二、技术所属领域及适用范围： 通信行业 无线专网通信领域，包括 2G/3G/4G 集群产品、2+4 宽窄带融合集群产品、应急通信/便携通信产品等

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

传统的集群基站采用信道机方案，功耗大、体积大，需要专用机房和空调设备，耗电量巨大。以一个站点典型四载波配置为例，单个信道机功耗 250W，基站设备工作功耗需要 1000W，配备 1 个 3P 空调，功耗 2500W，每个基站每年需要 3 万度电。采用新型 SDR 软基站技术，功耗可降低到 450W，具有较大的节能潜力。

四、技术内容

1．技术原理

采用数字中频多载波合路技术减少功率放大器的使用数量，采用限制峰值功率和数字预失真对消技术提高功放效率，从而整体降低基站功率放大器的能耗。同时，光纤传输和紧凑的硬件结构使得设备可适应室外安装和自然散热，减少机房面积和空调能耗，进一步实现节能。

2．关键技术

（1）SDR分布式基站技术

将SDR（Software Defined Radio，软件定义无线电）基站的基带单元和射频单元独立开来，彼此以光纤相连。射频单元可直接安装在楼顶或铁塔上，通过跳线和天线直接相连，减少传统长距离馈线损耗，降低功放输出功率要求和设备能耗。另外，随着功耗减小，射频单元可以采用自然散热，无需空调甚至风扇配置，大幅降低配套功耗和噪声。

（2）数字中频多载波合路技术

通过中频数字信号处理，实现多载波数字中频无损合路，硬件高集成度，原来四路硬件只需一路，避免了传统技术通过合路器合路造成的天线口发射功率损失。若是按传统方式采用合路器进行合路，每两路信号合路就会造成天线口发射功率减半。

（3）DPD-数字预失真技术

DPD（Digital Pre-Distortion，数字预失真）技术的主要作用是在数字域产生与功放非线性产物相反形状的波形信号来抵消PA（Power Amplifier，功率放大器)的非线性信号,改善由于PA非线性引起的信号失真,使得PA能够工作在非线性区,从而提高功放效率。

（4）Doherty功放技术

Doherty结构由两个功放组成，一个主功放，一个辅助功放，通过主辅功放的配合，使得整体功放效率远高于单个功放的效率。

（5）动态功率匹配（D-PT)）技术

传统功放电源只能在额定负载区域效率最优，在低负载区域效率较低。SDR基站的射频单元通过实时监控输出功率,根据忙时和闲时的负荷情况动态调整功放电源电压，保证不同负载情况下，功放效率保持最优的工作状态，从而实现在低输出功率情况下更大限度的提升功放的效率，从而降低功耗，整机功耗可降低12%。

3．工艺流程

SDR基站由基带单元和射频拉远单元组成，其结构如图1所示。

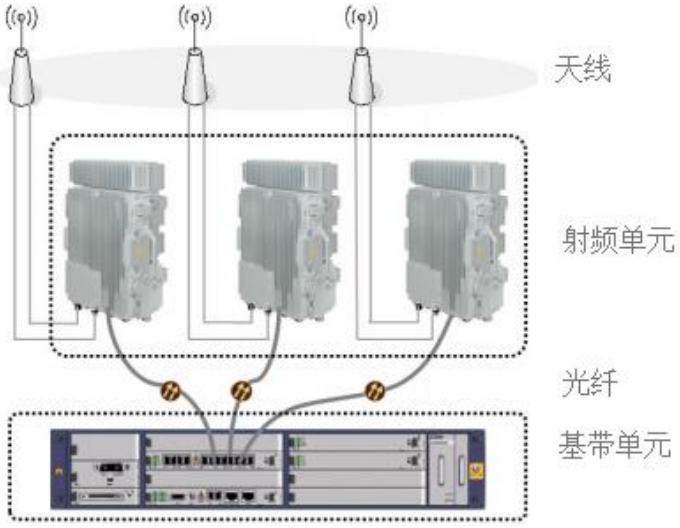


图1 SDR基站结构示意图

SDR 基站工作原理图见图 2，其中 DPD 位于数字中频部分。

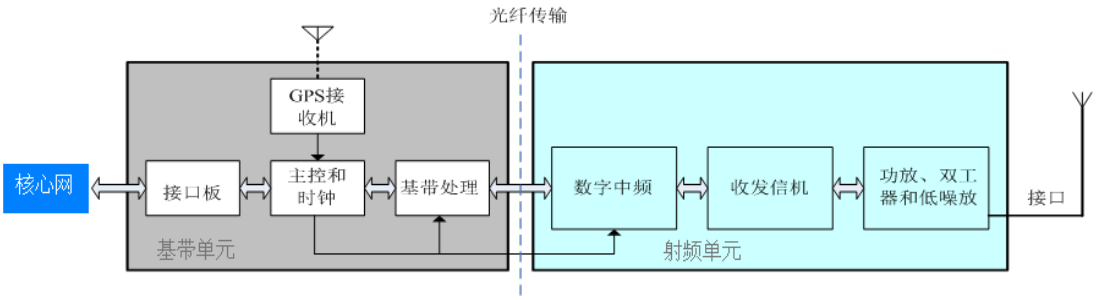


图2 SDR基站工作原理图

五、主要技术指标

1．功放效率：45%以上（传统基站功放效率 10%左右）；

2．覆盖面积：达到传统基站 2 倍以上；

3．功耗水平：使整机功耗降低 12%；

4．节能率：与传统的技术相比，单基站可降低功耗 40%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得国家发明专利 3 项，实用新型专利 3 项，并于 2009 年获得国家科技进步二等奖。目前，基于 SDR 架构的专网集群产品已经在北京(320 基站)、上海(1200 基站)、广州(1440 基站)、武汉(336 基站)等十多个城市政务网以及公安、轨道交通、港口、林业、油田等行业中广泛应用。

七、典型应用案例

典型用户： 四川省电信、北京政务网、上海政务网、广州政务网、武汉政务网、甘肃省公安厅、合肥市公安局、秦皇岛市公安局、绥化市公安局等。

典型案例 1

案例名称： 四川省电信成都电信集群项目

技术提供单位：中兴通讯股份有限公司、北京中兴高达通信技术有限公司

建设规模：807 个基站。建设条件：传统基站升级改造，并支持宽带业务。建设内容：将原基带和射频一体式的基站机柜改造为 SDR 架构，基带部分功能由基带单元 B8200 承担，射频部分由 R8882 上塔安装，SDR 基带单元 B8200 与射频拉远单元 R8882 之间采用光纤连接，主要设备包括基带单元 ZXSDR B8200、射频单元 ZXSDR R8882。项目投资额 1.2 亿元，项目建设期 3 个月。项目年节能量 1895tce，年碳减排量 4440tCO_2。年节能经济效益约 533 万元，投资回收期 7 年。

典型案例 2

案例名称： 甘肃省公安厅全省公安警用数字无线通信（PDT）系统建设项目

技术提供单位：中兴通讯股份有限公司、北京中兴高达通信技术有限公司

建设规模:甘肃全省 PDT 窄带集群基站数量 107 个基站(每基站配置 4 载波)。建设条件：柜式基站升级改造。建设内容：去掉原有基站的分路器，天线放大器，腔体合路器等射频无源设备，对原有 19 英寸标准机柜、天线进行利旧，将信道机替换为 SDR 基带单元 B8200，新增射频单元 R8881 上塔安装，主要设备为 SDR 基带单元 B8200 与射频拉远单元 R8881，SDR 基带单元 B8200 与射频拉远单元 R8881 之间采用光纤连接。项目投资额 2140 万元，项目建设期 3 个月。项目年节能量 274tce，年碳减排量 641tCO_2。年节能经济效益约 78 万元，该项目为政府采购，不考虑回收投资。

八、推广前景及节能减排潜力

基于 SDR 集群专网通信系统节能技术可广泛应用于无线专网通信系统领域，提升专网通信网络的节能环保性能，SDR 架构产品的推广将会在节能降耗方面产生巨大的社会和经济效益。预计未来 5 年，按合计 50%的推广比例测算，项目总投资 77 亿元，可形成的节能潜力 12 万 tce，碳减排潜力 29 万 tCO_2。

260 餐厨垃圾就地快速处理及油水高效分离节能技术

一、技术名称：餐厨垃圾就地快速处理及油水高效分离节能技术

二、技术所属领域及适用范围：其他行业 就餐人员集中的国家机关、企业、学校、医院等企事业单位的餐饮场所

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

随着我国城镇化快速发展，城市餐厨垃圾每年的产量已超过 6000 万 t，并呈快速增长趋势。我国餐厨垃圾具有含水率高、有机物含量高、高油脂、高盐度等特点，且容易发酵、变质、腐烂，不仅容易滋生病原微生物，产生大量病毒，而且还会散发恶臭和大量温室气体，如处理不当，不仅会导致地沟油、泔水猪等食品安全问题，还会造成严重的环境污染。因此，科学、合理地处理餐厨垃圾成为我国目前亟需解决的问题。

传统餐厨垃圾及厨余油污水通常采用生化法进行处理，普遍存在能耗大、垃圾转运过程易造成二次污染、处理场所臭味大等问题。与传统生化法相比，该技术采用物理法处理餐厨垃圾及含油污水，不仅可有效降低电耗量约 60%，减少二氧化碳排放约 60%，且生产场所无异味产生，经处理的水可直接达到排放标准，同时生产出具有高附加值的油脂类产品及饲料或有机肥料，具有良好的节能、环保和经济效益。此外，该技术的推广应用，对于彻底解决我国地沟油问题，保证餐桌上的安全具有重要的意义。

四、技术内容

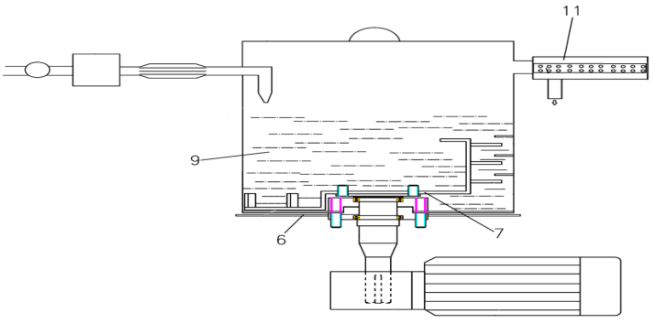
1.技术原理

采用物理法，通过快速加热、翻滚、破碎、凝缩水汽等工序对餐厨垃圾进行处理，将其在 2 至 3 小时内迅速转化为颗粒状有机肥料或饲料，使其体积减小 80%以上，因无发酵环节，不会有臭味产生；采用自动拦截、破乳、聚结、分离等过程，先去除餐饮油污水的中固体杂质，再高效分离油污水中的动植物油，使其由乳化油转为游离油，废水符合排放标准可直接排放。

2.关键技术

（1）餐厨垃圾物理快速处理技术

采用专用处理设备，实现餐厨垃圾就地，具体结构见图 1。该设备具有围绕工作机槽 9 侧面、底部的加热装置 6，快速加热其内的餐厨垃圾并使其温度保持在 100℃～120℃；翻滚装置 7 对餐厨垃圾料进行翻滚、破碎，与泵送含氧气体的进气系统配合促使餐厨垃圾中水分形成水汽而快速脱离；集气系统 11 使水汽迅速离开而凝缩成废水，以排入油水分离系统进行回收处理。



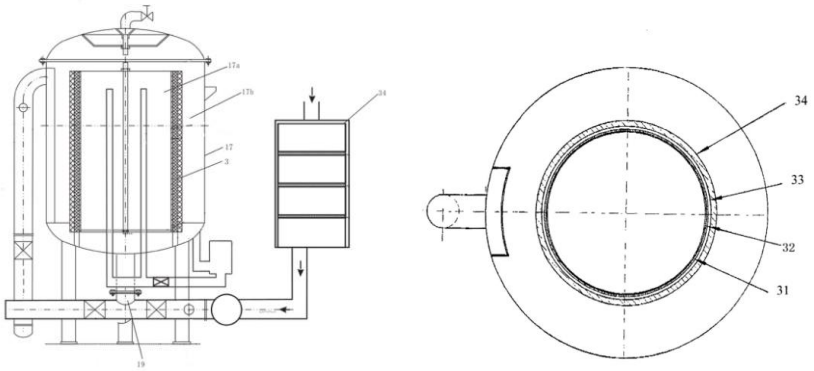
（6-加热装置；7-翻滚装置；9-工作机槽；11-集气装置）

图 1 餐厨垃圾就地处理设备

（2）油水高效分离节能技术

采用基于物理方法的全自动分离设备，通过拦截、破乳、聚结、分离等工序，实现油水渣的分离和收集，设备结构详见图 2。其中，聚油滤芯是油水分离的关键部件，其为顶部密封、底部开口的多层结构筒体，安装在罐体内，由外至内依次为用于将小油滴聚结为大油滴的聚结层、破坏油水分子结合力的破乳层、滤除污水中杂物的精滤层和起支撑作用的多孔板骨架层。其中，破乳层是有机纤维层，聚结层是化学纤维层。

含油污水从进水口进入罐体内，先经由精滤层滤除污水中的细微杂物，再经破乳层破坏油水分子结合力，最后经聚结层将小油滴聚结为大油滴。污水经聚油滤芯过滤后，大油滴因比重轻漂浮在水面，从而实现油水分离。其中，未分离污水和被分离油、水分别容置于聚油滤芯内部第一容室和外部第二容室。



（1） （2）

（3-聚油滤芯；17-罐体；17a-聚油滤芯内部第一容室;17b-聚油滤芯外部第二容室;19-污水进水口；31-多孔板骨架层；32-精滤层；33-破乳层；34-聚结层）

图 2 油水高效分离设备示意图

3. 工艺流程

采用餐厨垃圾就地处理专用设备，经除水、分离、减量等处理，生成有机肥料颗粒及含油废水；含油废水进入油水分离装置进行分离，回收动植物油用于能源化利用。全工艺流程见图 3。

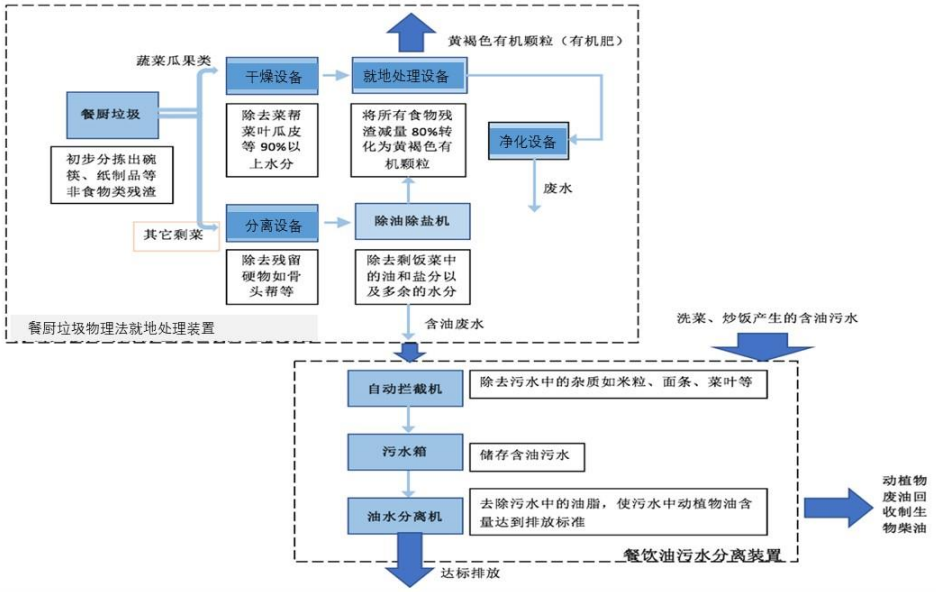


图 3 工艺流程图

五、主要技术指标

1. 餐厨垃圾处理：体积减量 80%，循环利用 100%。

2. 油污水分离：动植物油去除率达 99%，处理后的污水可达标排放。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已获得5项国家发明专利和11项实用新型专利，并于2016年通过中国环境保护产业协会组织的技术成果鉴定，2017 年获得由中环协（北京）认证中心颁发的“中国环境保护产品认证证书”。目前，该技术已在全国人大常委会办公厅、APEC 永久会址、人民大会堂宾馆、中石化总部办公大楼等四十多个国家机关、大型国企、酒店中成功应用，节能环保效益显著。

七、典型应用案例

典型用户：中国石化大厦、北京市政务服务中心等。

典型案例1

案例名称：中国石化大厦餐厨垃圾处理及餐饮油污水分离项目

技术提供单位：北京国资环境保护技术有限公司

建设规模：3000人用餐，每日产生约1t餐厨垃圾，187.5t厨余污水。建设条件：对原有设备进行替换。主要技改内容：新建餐厨垃圾处理设备间，安装餐厨垃圾就地处理设备7台，替换原有餐厨垃圾生物处理设备7台；改造厨余油污水分离设备间，采用厨余油污水专业分离机 6 台，替换原有油水分离器设备 4台。节能技改投资1510万元，建设期1个月。项目可实现年节能量368tce，碳减排量863tCO_2。年节能经济效益233万元，投资回收期约6.5年。

典型案例2

案例名称：北京市政务服务中心大楼餐厨垃圾处理及餐饮油污水分离项目

技术提供单位：北京国资环境保护技术有限公司

建设规模： 约2500人用餐，每日产生约0.75t餐厨垃圾，125t厨余污水。的剩饭剩菜约和厨余污水 125t。建设条件：对原有设备进行替换。主要技改内容：新建餐厨垃圾处理设备间，安装餐厨垃圾就地处理设备5台；改造厨余油污水分离设备间，采用厨余油污水专业分离机 7 台，替换原有油水分离器设备 3台。节能技改投资2041.58万元，建设期1个月。项目可实现年节能量356tce，碳减排量833tCO_2。年节能经济效益268万元，投资回收期约7.6年。

八、推广前景及节能减排潜力

科学合理地处理餐厨垃圾及含油污水，不仅有利于环境污染治理，而且关系到人们日常生活中餐桌上的安全。该技术可广泛应用于就餐人员集中的国家机关、企业、学校、医院、大型商业综合体等餐饮场所，可安全有效地处理餐厨垃

圾，具有较大的推广应用空间。预计未来 5 年，该技术推广应用比例将达 10%，项目总投资 45 亿元，可形成的年节能能力约 11 万 tce，年碳减排潜力约 29 万 tCO_2。