附件2

《国家重点节能低碳技术推广目录》

（2014年本 节能部分）

技术报告

国家发展和改革委员会

2014 年 12 月

目　　录

1 煤矿低浓度瓦斯发电技术 9
2 矸石电厂低真空供热技术 11
3 储运扬尘防治成套技术及装备 12
4 矿井乏风和排水热能综合利用技术 15
5 新型高效煤粉工业锅炉系统技术 18
6 综采工作面高效机械化矸石充填技术 21
7 煤矿矿井水超磁分离井下处理技术 24
8 超低浓度煤矿乏风瓦斯氧化利用技术 27
9 皮带机变频能效系统技术 30
10 汽轮机通流部分现代化改造 33
11 汽轮机汽封改造 35
12 变频器调速节能技术 37
13 电除尘器节能提效控制技术 39
14 纯凝汽轮机组改造实现热电联产技术 42
15 回转式空气预热器接触式密封技术 45
16 电站锅炉智能吹灰优化与在线结焦预警系统 48
17 电站锅炉用邻机蒸汽加热启动技术 52
18 脱硫岛烟气余热回收及风机运行优化技术 55
19 提高火电厂汽轮机组性能综合技术 57
20 火电厂烟气综合优化系统余热深度回收技术 60
21 火电厂凝汽器真空保持节能系统技术 63
22 高压变频调速技术 67
23 配电网全网无功优化及协调控制技术 70
24 新型节能导线应用技术 73
25 超临界及超超临界发电机组引风机小汽轮机驱动技术 77
26 可控自动调容调压配电变压器技术 80
27 全光纤电流/电压互感器技术 83

28 自然通风逆流湿式冷却塔风水匹配强化换热技术 87
29 冷却塔用离心式高效喷溅装置 90
30 大型供热机组双背压双转子互换循环水供热技术 93
31 回转式空气预热器密封节能技术 96
32 基于快速涡流驱动及短路识别的电网运行控制技术 99
33 基于架空地线绝缘接地方式的交流输电线路节能技术 103
34 大容量高参数褐煤煤粉锅炉技术 106
35 一种高效利用超低热值煤矸石的循环流化床锅炉技术 109
36 大型高炉长周期高效运行的干式 TRT 装置 112
37 高温高压干熄焦装置 116
38 钢铁行业烧结余热发电技术 119
39 转炉煤气干法回收技术 120
40 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 123
41 低热值高炉煤气燃气-蒸汽联合循环发电 126
42 炼焦煤调湿风选技术 128
43 钢铁行业能源管控技术 131
44 矿热炉节能技术 134
45 高炉鼓风除湿节能技术 138
46 螺杆膨胀动力驱动节能技术 140
48 矿热炉烟气余热利用技术 145
49 非稳态余热回收及饱和蒸汽发电技术 147
50 加热炉黑体技术强化辐射节能技术 150
51 棒材多线切分与控轧控冷节能技术 153
52 钢水真空循环脱气工艺干式（机械）真空系统应用技术 156
53 炭素环式焙烧炉燃烧系统优化技术 160
54 环冷机液密封技术 163
55 旋切式高风温顶燃热风炉节能技术 166
56 中低温太阳能工业热力应用系统技术 169
57 燃气轮机值班燃料替代技术 172

58 冶金余热余压能量回收同轴机组应用技术 176
59 全密闭矿热炉高温烟气干法净化回收利用技术 183
60 大型焦炉用新型高导热高致密硅砖节能技术 187
61 高炉冲渣水直接换热回收余热技术 191
62 大型高效充气机械搅拌式浮选机 194
63 氧气底吹熔炼技术 196
64 铝电解槽新型阴极结构及焙烧启动与控制技术 199
65 流态化焙烧高效节能炉窑技术 203
66 精滤工艺全自动自清洁节能过滤技术 205
67 铅闪速熔炼炉蓄热式燃烧技术改造 208
68 氧气侧吹熔池熔炼技术 211
69 双侧吹竖炉熔池熔炼技术 214
70 有色冶金高效节能电液控制集成创新技术 217
71 铝酸钠溶液微扰动平推流晶种分解节能技术 220
72 低温低电压铝电解新技术 224
73 粗铜自氧化还原精炼技术 227
74 复式反应新型原镁冶炼技术 230
75 高电流密度锌电解节能技术 234
76 油田机械用放空天然气回收液化工程 238
77 变换气制碱及其清洗新工艺技术 239
78 矿或冶炼气制酸低温热回收技术 242
79 环保节能型密闭电石生产装置 245
80 合成氨节能改造综合技术 249
81 燃煤催化燃烧节能技术 250
82 先进煤气化节能技术 251
83 新型高效节能膜极距离子膜电解技术 259
84 大型高参数板壳式换热技术 261
85 炭黑生产过程余热利用和尾气发电（供热）技术 264
86 乏汽与凝结水闭式全热能回收技术 266

87 纳米陶瓷多空微粒绝热节能材料涂层技术 268
88 油田采油污水余热综合利用技术 270
89 换热设备超声在线防、除垢技术 272
90 氯化氢合成余热利用技术 275
91 节能型尿素生产技术 278
92 煤气化多联产燃气轮机发电技术 281
93 新型吸收式热变换器技术 283
94 高效复合型蒸发式冷却（凝）器技术 286
95 溶剂萃取法精制工业磷酸技术 289
96 工业冷却循环水系统节能优化技术 292
97 蒸汽系统运行优化与节能技术 296
98 高辐射覆层技术 299
99 石化企业能源平衡与优化调度技术 305
100 芳烃装置低温热回收发电技术 308
101 黄磷生产过程余热利用及尾气发电（供热）技术 311
102 水性高效隔热保温涂料节能技术 316
103 玻璃熔窑余热发电技术 319
104 全氧燃烧技术 321
105 辊压机粉磨系统 323
106 立式磨装备及技术 325
107 富氧燃烧技术 327
108 稳流行进式水泥熟料冷却技术 328
109 大推力多通道燃烧节能技术 330
110 高效节能选粉技术 333
111 Low-E 节能玻璃技术 335
112 烧结多孔砌块及填塞发泡聚苯乙烯烧结空心砌块技术 337
113 预混式二次燃烧节能技术 339
114 膨胀玻化微珠保温砂浆制备及应用技术 342
115 高固气比水泥悬浮预热分解技术 347

116 预应力高强混凝土管桩免蒸压技术 350
117 层烧蓄热式机械化石灰立窑煅烧节能技术 352
118 高效优化粉磨节能技术 356
119 钛纳硅超级绝热材料保温节能技术 360
120 烧结砖隧道窑辐射换热式余热利用技术 363
121 新型干法水泥窑生产运行节能监控优化系统技术 366
122 新型水泥预粉磨系统节能技术 369
123 浮法玻璃炉窑全氧燃烧装备技术 373
124 建筑陶瓷薄型化节能技术 376
125 无动力防卡筛及配套骨料前端砂石同产工艺技术 381
126 塑料动态成型加工节能技术 384
127 高浓度糖醇废水沼气发电技术 387
128 锅炉烟道气饱充技术 388
129 管束干燥机废气回收综合利用技术 389
130 高效双盘磨浆机 391
131 谷氨酸生产过程中蒸汽余热梯度利用技术 393
132 机械式蒸汽再压缩技术 396
133 聚能燃烧技术 398
134 高强度气体放电灯用大功率电子镇流器新技术 401
135 新型生物反应器和高效节能生物发酵技术 403
136 铅蓄电池高效低能耗极板制造技术 407
137 高红外发射率多孔陶瓷节能燃烧器技术 410
138 高效放电回馈式电池化成技术 413
139 金属涂装前常温锆化处理节能技术 416
140 异麦芽酮糖发酵工艺优化技术 419
141 高效节能型锥形同向双螺杆挤出技术 422
142 双级高效永磁同步变频离心式冷水机技术 425
143 粮食干燥系统节能技术 428
144 全自动连续煮糖技术 431

145 热泵的双级增焓提效技术 434
146 玻璃瓶罐轻量化生产技术 438
147 基于感应耦合的无极荧光照明技术 441
148 金属纤维全预混强制鼓风商用燃气灶节能技术 444
149 防眩光高效 LED 路灯节能技术 448
150 基于 LED 发光特性的广告灯箱节能技术 453
151 基于二级变频控制驱动的 XED 灯节能技术 456
152 棉纺织企业智能空调系统节能技术 459
153 染整企业节能集热技术 462
154 高温高压气流染色技术 465
155 聚酯化纤酯化工艺余热回收制冷技术 469
156 合成纤维熔纺长丝环吹冷却技术 471
157 超低浴比高温高压纱线（拉链）染色机 474
158 频谱谐波时效技术 478
159 动态谐波抑制及无功补偿综合节能技术 482
160 控制气氛渗氮工艺节能技术 485
161 高效节能电动机用铸铜转子技术 488
162 稀土永磁盘式无铁芯电机节能技术 491
163 直燃式快速烘房技术 493
164 塑料注射成型伺服驱动与控制技术 495
165 电子膨胀阀在变频节能技术中的应用 497
166 工业冷却塔用混流式水轮机技术 500
167 曲叶型系列离心风机技术 503
168 自密封旋转式管道补偿节能技术 507
169 基于低压高频电解原理的循环水系统防垢提效节能技术 510
170 永磁涡流柔性传动节能技术 514
171 工业微波/电混合高温加热窑炉技术 517
172 数字化无模铸造精密成形技术 521
173 低压工业锅炉高温冷凝水除铁技术 525

174 新型桥式起重机轻量化设计节能技术 529
175 磁悬浮离心式鼓风机技术 532
176 两级喷油螺杆空气压缩机节能技术 535
177 变频优化控制系统节能技术 538
178 节能铜包铝管母线技术 541
179 智能真空渗碳淬火技术 546
180 锅炉燃烧温度测控及性能优化系统技术 549
181 三相工频感应电磁锅炉技术 552
182 热转印标识打印技术 555
183 热泵节能技术 558
184 热电协同集中供热技术 562
185 夹芯复合轻型建筑结构体系节能技术 566
186 节能型合成树脂幕墙装饰系统技术 569
187 温湿度独立调节系统技术 572
188 动态冰蓄冷技术 575
189 中央空调全自动清洗节能系统 578
190 过程能耗管控系统技术 581
191 热泵技术之三-空气源热泵冷、暖、热水三联供系统技术 584
192 蒸汽节能输送技术 587
193 墙体用超薄绝热保温板技术 590
194 磁悬浮变频离心式中央空调机组技术 593
195 建筑(群落)能源动态管控优化系统技术 597
196 分布式能源冷热电联供技术集成 601
197 基于实际运行数据的冷热源设备智能优化控制技术 605
198 分布式水泵供热系统节能技术 608
199 基于人体热源的室内智能控制节能技术 611
200 基于冷却塔群变流量控制的模块化中央空调节能技术 614
201 低辐射玻璃隔热膜及隔热夹胶玻璃节能技术 618
202 汽车混合动力技术 621

203 温拌沥青在道路建设与养护工程中的应用技术 623
204 沥青路面冷再生技术在路面大中修工程中的应用技术 626
205 轮胎式集装箱门式起重机“油改电”节能技术 630
206 新型轮胎式集装箱门式起重机节能技术 632
207 发动机智能冷却技术 635
208 高速公路电子不停车收费技术 638
209 高压变频数字化船用岸电系统技术 643
210 船舶轴带无刷双馈交流发电系统技术 646
211 混合动力交流传动调车机车技术 650
212 金属减摩修复技术 653
213 基于减小螺旋桨运动阻力的船舶推进系统节能改造技术 656
214 热管/蒸气压缩复合制冷技术 660
215 通信用 240V 直流供电系统 664
216 基站载频设备智能节电技术 668
217 通信用耐高温型阀控式密封电池节能技术 672
218 机房智能直冷优化应用技术 676

1 煤矿低浓度瓦斯发电技术

一、技术名称：煤矿低浓度瓦斯发电技术

二、技术所属领域及适用范围：煤炭行业矿井抽采瓦斯用于发电

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

瓦斯的主要成分为 CH_4、O_2、N_2 以及少部分 CO_2，将这些瓦斯直接排放到大气中对环境的影响是非常大的。该技术主要是利用瓦斯中的 CH_4 进行发电。目前应用该技术可实现节能量 150 万 tce/a，CO_2 减排约 1500 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

一般瓦斯电站机组只能用 30%浓度以上瓦斯发电，否则不易稳定燃烧。且低浓度瓦斯易发生爆炸，输送安全难以解决。

本技术通过多级阻火器和水雾输送系统保证输送安全，并在发电机组中，通过过氧燃烧达到利用瓦斯能量发电的目的。

2.关键技术

（1）低浓度瓦斯的安全输送系统；

（2）低浓度瓦斯过氧燃烧的瓦斯发电机组。

3.工艺流程

瓦斯气→抽采泵站→湿式放散阀→水位自控式水封阻火器→瓦斯管道专用阻火器→水雾输送系统→溢流式脱水水封阻火器→发电机组→发电。

五、主要技术指标

总装机容量 9000kW 可年发电 5.44×10^7kWh，年耗瓦斯量 18144 万 m^3。

表 1　与国外同类或相近产品主要技术参数对比

机型 / 项目	中国胜动（12V190）	德国道依茨（TGB620V16K）	美国卡特彼勒（3520C）	奥地利颜巴赫（TGC420）
标定功率（kW）	700	1360	1800	1416
标定转速（r/min）	1000	1500	1500	1500

缸径×行程（mm）	190×210	170×195	170×190	145×185
燃气热耗率 (MJ/kWh)	9.6	9.0	9.2	8.5
点火方式	火花塞	火花塞	火花塞	火花塞
排气支管温度（℃）	500	525	464	400
是否需要外置增压设备	不需要	需要	需要	需要
是否需要储气柜	不需要	需要	需要	需要
应用瓦斯浓度范围	大于 8%	大于 25%	大于 25%	大于 25%
排放指标	欧Ⅱ	欧Ⅲ	欧Ⅲ	欧Ⅲ

六、典型应用案例

技术提供单位：胜利油田胜利动力机械集团有限公司

峰峰大淑村矿 8 台 500GF1-3PW 发电机组，装机容量 4000kW，节煤 3000 吨/年，年创效益 447 万元，投资回收期 4.69 年。

羊渠河矿 5 台 500GF1-3PW 发电机组装机 2500kW 节煤 2200 吨/年，年创效益 265 万元，投资回收期 4.69 年。

七、推广前景及节能减排潜力

我国煤矿瓦斯电站一般只能用浓度 30%以上煤矿瓦斯发电，低浓度煤矿瓦斯（甲烷含量 6%-30%）得不到应用，而直接排空造成浪费及污染环境。因此采用此项技术既节约能量又可减少环境污染，值得在煤矿推广。目前瓦斯发电行业整体处于加速上升期，且在“十二五”、“十三五”规划期内，伴随着煤层气的大力发展，瓦斯发电行业将持续加速发展。预计未来 5 年该技术的推广比例将达到 40%，节能能力 200 万 tce/a，减排量 2000 万 tCO_2/a。

2 矸石电厂低真空供热技术

一、技术名称：矸石电厂低真空供热技术

二、技术所属领域及适用范围：煤炭行业矿山民用及办公建筑冬季采暖

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 7 万 tce/a，CO_2 减排约 18 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

将汽轮发电机正常凝汽温度由 40℃提高至 80℃，通过热交换形成 55-60℃的循环水，从而实现低真空供热。

2.关键技术

将汽轮发电机凝汽温度由正常的 40℃提高至 80℃后，凝汽器真空度提升为 0.08-0.09MPa，加大发电机轴向推力操作及管理难度增大；与 85℃出水温度，60℃回水温度的传统供热相比，低真空供热需加大暖气片的散热面积，其中旧建筑改造难度大。

五、主要技术指标

汽轮机凝汽温度 80℃，凝汽器真空度 0.08-0.09MPa，循环水出水温度 55-60℃，回水温度 40-45℃，汽轮机热效率可由 20%左右提升至 70%左右。

六、典型应用案例

河北金能集团井陉矿务局低真空供热面积 12.85 万 m^2，现一期工程 5 万 m^2 的改造已竣工运行。2 台 3MW 汽轮发电机组已正常运行，通过技改可实现最低 15 万 m^2 的低真空供暖，投资额 1171 万元，节能量 4226tce/采暖期（120 天），经济效益为 338 万元/采暖期（120 天），投资回收期 3.4 年。

七、推广前景及潜力：

适用于所有汽轮发电机凝汽余热对居民及办公的冬季采暖，节能潜力巨大。该技术目前在国内的推广比例为 20%，预计未来 5 年该技术的推广比例将达到 70%，节能能力 24 万 tce/a，减排量 63 万 tCO_2/a。

3 储运扬尘防治成套技术及装备

一、技术名称：储运扬尘防治成套技术及装备

二、技术所属领域及适用范围：煤炭等行业粉料运输及露天堆放

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

铁路敞车运输的损失为：500km-1000km 时原煤损耗为 1.2％-2.5％；洗精煤的运输损耗为 2％～4％。煤炭铁路运输损失率平均为 1.2％，最小为 0.8％。

公路运输损耗一般为 80kg/100km 左右，以运距 300km、每车 25t 计算，煤炭损耗为 240kg，即煤炭汽车运输损耗为 0.96％以上（包括使用篷布）。

储煤场煤炭损失很难估算。一般海拔越高、风速越大的煤炭损失率也越高。

目前该技术可实现节能量 441 万 tce/a，CO_2 减排约 1164 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

通过设备将减损抑尘剂喷洒到煤炭或粉状物料表面后，形成固化层，以达到降低损耗、防治扬尘的目的。

2.关键技术

减损抑尘剂无毒、无味、无腐蚀，喷洒于煤层表面后能形成具有一定强度和韧性的固化层，有效地防止扬尘。特点是成本低廉，使用方便，效果好。

3.工艺流程

具体工艺流程见图 1。

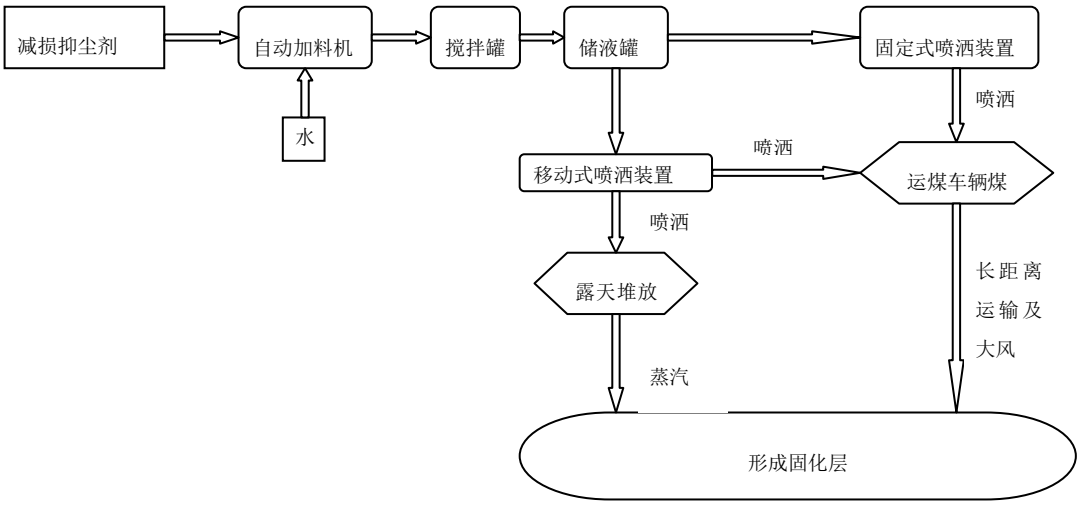


图 1　减损抑尘剂使用流程图

五、主要技术指标

1.减损抑尘剂溶液：透明-半透明液体，无机械杂质，密度 1.00-1.10g/cm^3（20℃），粘度≥5 mpa s（20℃），pH 值 6-8，在 10℃-40℃范围内使用。

2.减损抑尘效果：固化层厚度：10mm；风蚀率小于 1.0％。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术通过经铁道部、山西省科学技术厅和甘肃省科技厅的鉴定，获甘肃省科技进步一等奖、兰州市科技进步一等奖、中国机械工业科技二等奖等 10 余奖励。已在神华集团神东分公司、沈阳铁路局、呼和浩特铁路局投入使用。

煤炭铁路运输抑尘技术最早于 2007 年开始应用，部分喷洒站已经工业化运行了两年多的时间，抑尘剂技术的应用已经较为成熟。从 2009 年开始，全国铁路范围内建设抑尘喷洒站的步伐明显加快，目前已建成喷洒站 32 个，在建或处于设计阶段的喷洒站 25 个，还有 12-15 台的移动式喷洒设备已经订货。全国已建成的固定式喷洒站可实现喷洒运量 2.0-2.2 亿 t，占全国铁路煤炭运输量的 14％左右；在建或处于设计阶段的固定式喷洒站可实现喷洒运量 1.7-2.0 亿 t。

七、典型应用案例

典型案例 1：霍林河减损抑尘喷洒站

技术提供单位：兰州天际环境保护有限公司

建设规模：煤炭运量 4000 万 t/a，主要技改内容为：在霍林郭勒煤炭出运线路上建设抑尘剂喷洒站，对霍林郭勒煤矿外运煤炭进行抑尘剂喷洒。主要设备为对喷式喷洒设备，搅拌及储液设备，控制及监控设备。节能技改投资额 400 万元，建设期 4 个月。每年可节约 21.6

万 tce，年节能经济效益 17280 万元，投资回收期 0.5 年。

典型案例 2：榆家梁减损抑尘喷洒站

技术提供单位：兰州天际环境保护有限公司

建设规模：煤炭运量 1000 万 t/a，主要技改内容为：在煤矿筒仓装车点后建立喷洒点，主要设备包括龙门式喷洒设备、搅拌及储液设备、控制及监控设备，以及喷洒站建筑 100-150m^2。节能技改投资额 300 万元，建设期 3 个月，每年可节约 5.4 万 tce，取得节能经济效益 4320 万元，投资回收期 0.75 年。

八、推广前景和节能减排潜力：

此技术可推广到煤矿、煤炭运输企业、热电厂、钢厂等。目前大约每 1000 万 t 运量需要建设一个固定式喷洒站，每个喷洒站的投资在 250 万元左右，每个喷洒站建成之后可以实现 70t 煤炭/万 t 煤炭运输量的年节能量，预计未来 5 年该技术的推广比例将达到 85%，节能能力可达约 500 万 tce/a，减排 1320 万 tCO_2/a。该技术亦可在煤炭公路运输及储煤场、散堆煤场使用。

4 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 万吨的矿井，年供暖及工艺用热消耗近 1 万吨原煤。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 18t 万 ce/a，CO_2 减排约 48 万 t/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。

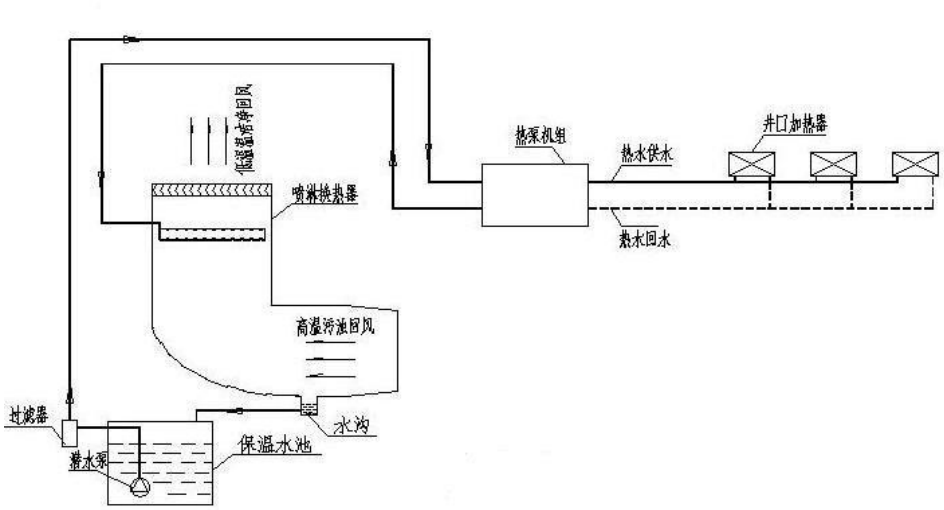


图 1　矿井乏风和排水热能综合利用系统流程图

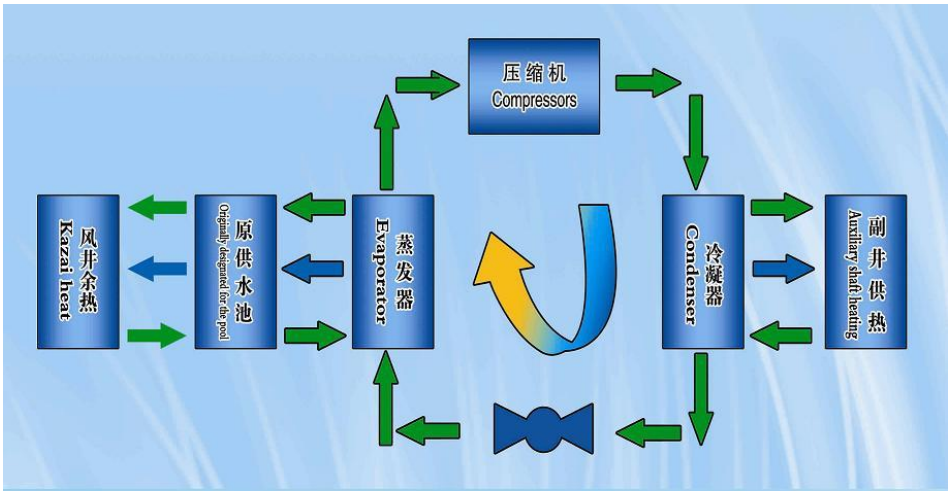


图 2　矿井乏风和排水热能综合利用原理图

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、推广前景和节能减排潜力：

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。

5 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：适用于化工、冶金、医疗、交通、食品等工业生产供汽锅炉，建筑物供暖锅炉，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，CO_2 减排约 193 万 t/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。

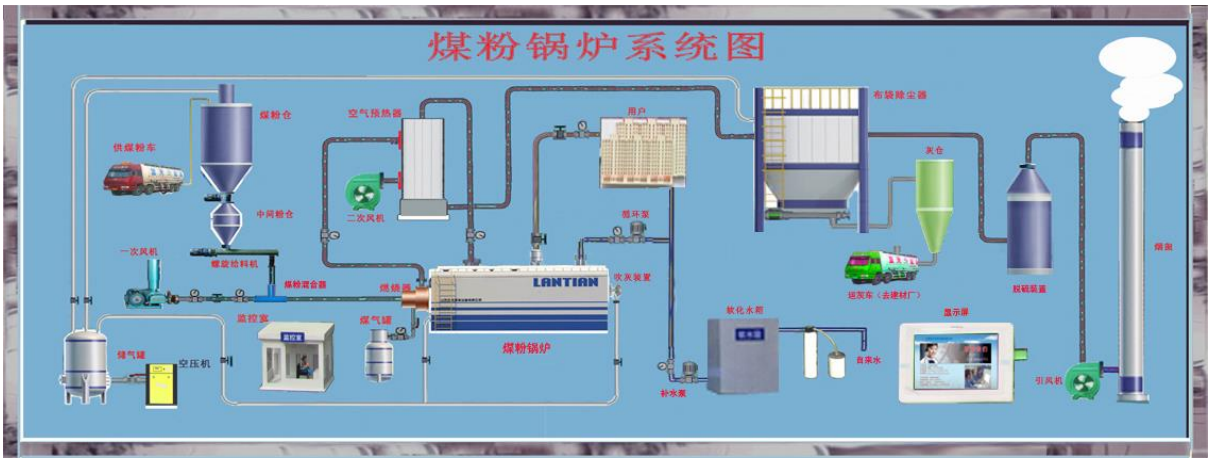


图1　新型高效煤粉工业锅炉系统技术流程图

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

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/年。

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。

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 万蒸吨，约需投入 200 亿元。该技术在行业内的推广比例可达到 15%，预计未来节能能力 220 万 tce/a，二氧化碳减排能力 581 万 tCO_2/a。

6 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 亿吨以上，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 亿吨。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 亿吨，每年矸石产量约 1.5-2 亿吨。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，CO_2 减排约 185 万 t/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。

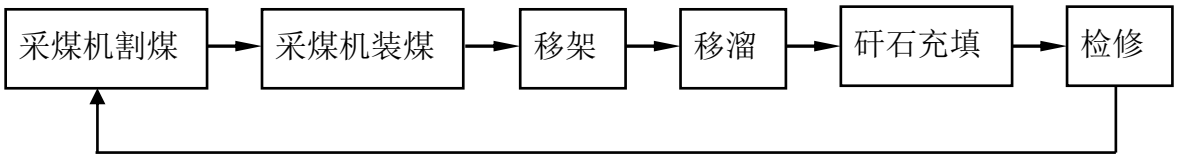


图 1 综采工作面高效机械化矸石充填技术采煤技术流程图

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 493 吨/日；

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 万吨，7204 充填工作面以矸换煤量达 18 万吨。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 万吨，7201 充填工作面以矸换煤量达 19 万吨。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、推广前景和节能减排潜力：

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。

7 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，CO_2 减排约 21 万 t/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。

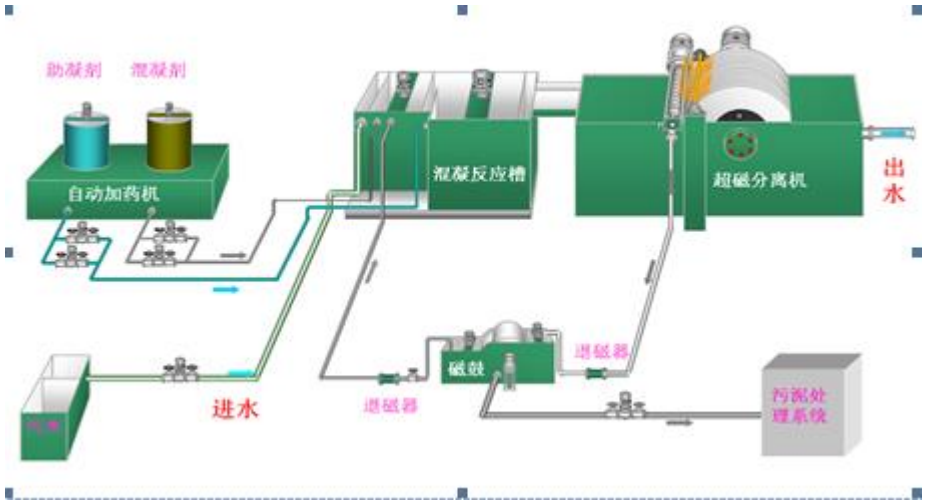


图 1 煤矿矿井水超磁分离井下处理技术工艺流程图

五、主要技术指标

主要适用于直径为 0.2mm-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/年。

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、推广前景和节能减排潜力

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。

8 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 亿吨 CO_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，CO_2 减排约8万t/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。

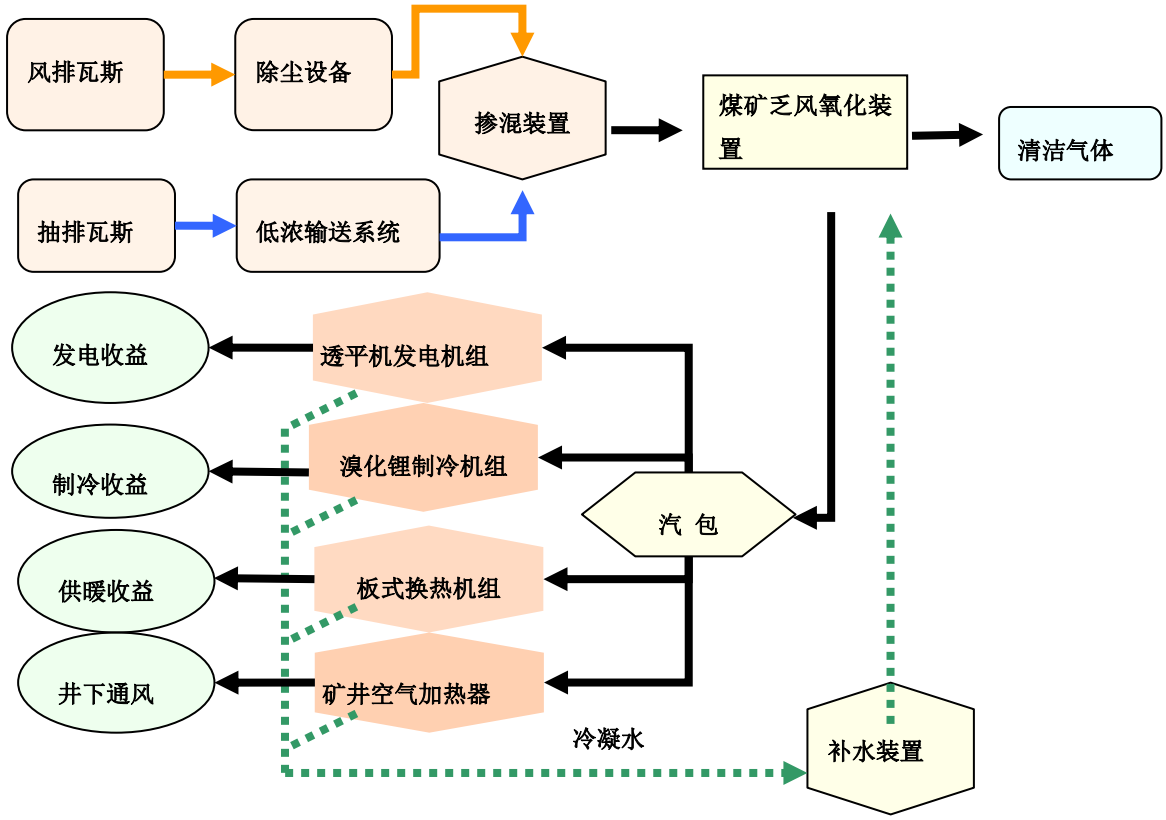


图 1 乏风氧化装置工艺流程图

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 1500 平方米，其中建设厂房 500 平方米。

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 万立方米，生产蒸汽 3 吨，发电 510kW，设备年运行 7200 小时，每年节约 812.7 吨标煤。

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、推广前景和节能减排潜力

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。

9 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：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，CO_2 减排约 21 万 t/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。

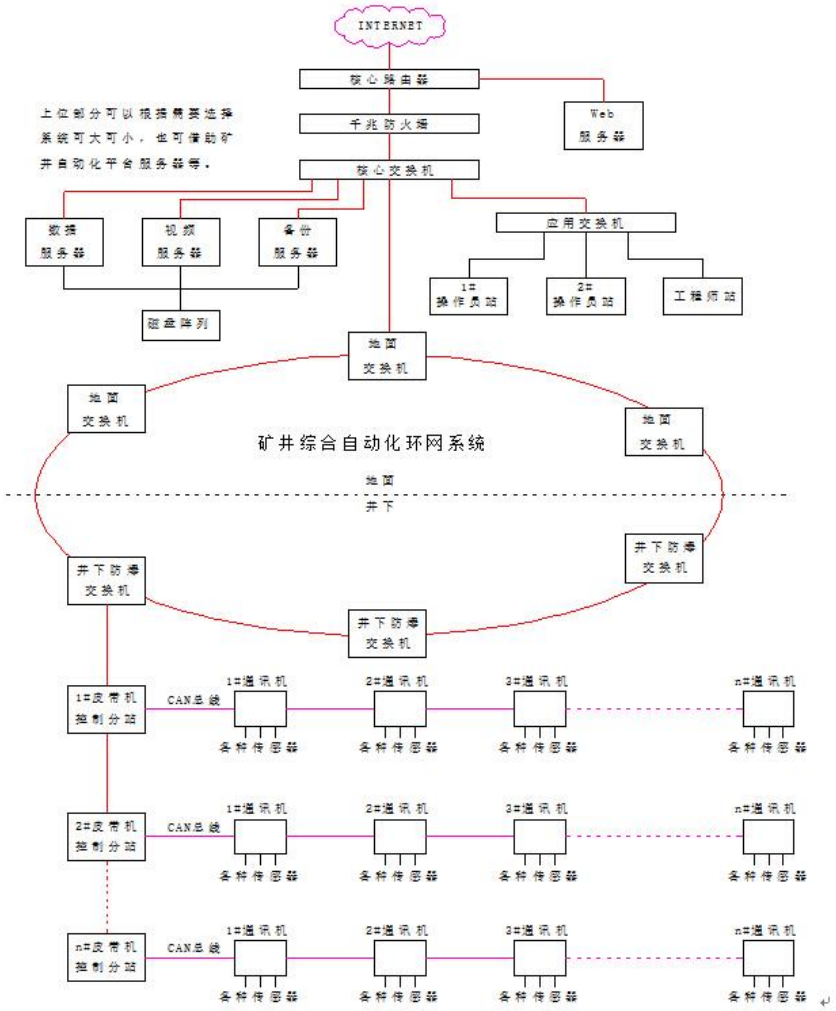


图 1 皮带机工艺流程图

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 万吨产能。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 万吨产能。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、推广前景和节能减排潜力

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。

10 汽轮机通流部分现代化改造

一、技术名称：汽轮机通流部分现代化改造

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 50MW-600MW 各种形式的汽轮机

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耗能现状为 200MW 及以下机组缸效率较差，300-600MW 机组比国外同类型机组供电煤耗高出 20-30g/kWh。目前应用该技术可实现节能量 13 万 tce/a，CO_2 减排约 34 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用先进的汽轮机三维流场设计技术，结合四维精确设计，对汽轮机通流部分及汽封系统进行优化。

2.关键技术

（1）高压缸调节级，采用子午面收缩静叶栅；

（2）高压缸压力级隔板静叶，采用新型优化高效静叶叶型；

（3）中、低压缸隔板静叶，全部采用弯扭静叶片；

（4）采用新型动叶叶型，改善速度分布，减少动叶损失；

（5）增加各级动叶顶部汽封齿数，减少漏汽损失；

（6）采用子午面通道光顺技术；

（7）提高末级叶片的抗水蚀能力；

（8）提高未级根本反动度，改善未级气动性能。

3.工艺流程

现场对通流部分进行优化设计，大修将转子和隔板返厂加工，随后安装调整。

五、主要技术指标

通过技术改造，高压缸效率提高 4%-6%；中压缸效率提高 1%-2%；低压缸效率提高 7%-8%。

六、典型应用案例

上海石洞口第一电厂 1×300MW 机组投资节能改造资金 3843 万元，使供电煤耗下降了 20g/kWh，年取得经济效益 2846 万元。投资回收期 1.4 年。

对另一台 300MW 机组投资 6400 万元进行改造，可使供电煤耗下降 20g/kWh，年取得经济效益 4519 万元，投资回收期 1.4 年。

七、推广前景及节能减排潜力

300-600MW 机组在今后相当长的时期内仍是主力机组，由于效率偏低和供电煤耗偏高，通过部分改造以提高经济性，将是一种重要的节能手段。预计未来 5 年，该技术在行业内可推广至 80%，形成的年节能能力约为 17 万 tce，年碳减排能力 45 万 tCO_2。

11 汽轮机汽封改造

一、技术名称：汽轮机汽封改造

二、技术所属领域及适用范围：电力行业火电厂汽轮机

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

由于目前机组传统设计的汽封结构不合理，工艺对间隙要求太大，其结果漏汽损失大，这是造成汽轮机运行效率低的主要原因之一。近些年发电企业分别采取了相应技术改造，对提高机组效率取得了较好效果。目前该技术可实现节能量 6 万 tce/a，CO_2 减排约 17 万 t/a。

四、技术内容

针对目前汽封设计上存在的问题，应根据叶顶、高中压缸汽封环结构和变形、磨损情况，经对比采用叶顶可退让汽封、蜂窝式汽封和接触式汽封等技术进行改造，均为推荐采用技术。本项目内容为弹性可调汽封改造，属以上改造技术之一。

1.技术原理

在启动和初始负荷阶段，汽封在弹簧作用之下，处于全开位置，此时间隙在最大值。随着机组并网带初始负荷后，主蒸汽压力达到某一定值时，克服汽封内的弹簧力，使汽封关闭，此时汽封间隙达到设计间隙，使运行中汽封漏汽量减少，提高了汽轮机的缸效率。

2.关键技术

弹簧的设计、材料、加工工艺，其中最主要的是安装工艺和水平。

五、主要技术指标

高压缸效率可提高 2%-3%，中压缸效率可提高 1%-2%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

1995 年 9 月在首阳山电厂 2 号 200MW 机组大修首次采用，1995 年 11 月 2 日该机组大修后一次启动并网成功。为检验使用效果，1997 年 1 月 11 日由原电力部安生司组织十六个单位对其进行现场揭缸检查，当时该机组大修后已运行 9618h，完成发电量 16.2 亿 kW h，共经历启、停 6 次，其中冷态 2 次，热态 4 次，没有发生汽封方面的故障和异常，汽轮机的振动、胀差、轴向位移等数据均正常。

七、典型应用案例

河南焦作电厂 6×200MW 机组，投资节能技改资金每台机组约 500 万元，年节约标煤 2 万

吨，节能综合效益年节约运行成本约 800 万元。投资回收期 5 年。

河南三门峡电厂 2×300MW 机组，投资节能技改资金每台机组约 500 万元，年节约标煤 1.2 万吨，节能综合效益年节约运行成本 500 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，该技术在行业内可推广至 85%，形成的年节能能力约为 9 万 tce，年碳减排能力 24 万 tCO_2。

12 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：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，CO_2 减排约 238 万 t/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 100 吨标煤。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。

13 电除尘器节能提效控制技术

一、技术名称：电除尘器节能提效控制技术

二、技术所属领域及适用范围：电力、冶金、建材等行业电除尘器改造

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国目前火电机组装机容量约 6 亿 kW，机组绝大多数配置电除尘器。目前，这些除尘器基本都采用工频除尘器电源，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。目前该技术可实现节能量 38 万 tce/a，CO_2 减排约 100 万 t/a。

四、技术内容

1．技术原理

采用电力电子技术，将工频交流电转换为电压 70kV 以上、电流峰值 4-6A、时间宽度为 20μs 以下的脉冲电流给电除尘器供电。通过对电流脉冲采取一定的控制模式，增加电除尘器内烟尘带电荷量，增加带电烟尘收集移动速度，并减少无效的能量供给， 达到提高电除尘器除尘效率，大幅度减少供电电能的效果。

2．关键技术

（1）大功率高频高压电除尘器电源制造技术；

（2）适合不同工况的提高电除尘器除尘效率、大幅度节约电能的运行控制技术。

3．工艺流程

三相工频交流电整流滤波形成直流电→通过逆变电路形成高频电流脉冲→对电流脉冲的周期进行优化控制→电流脉冲通过高频变压器进行升压→对高压电流脉冲进行整流→送电除尘器电场。工艺流程见图 1。

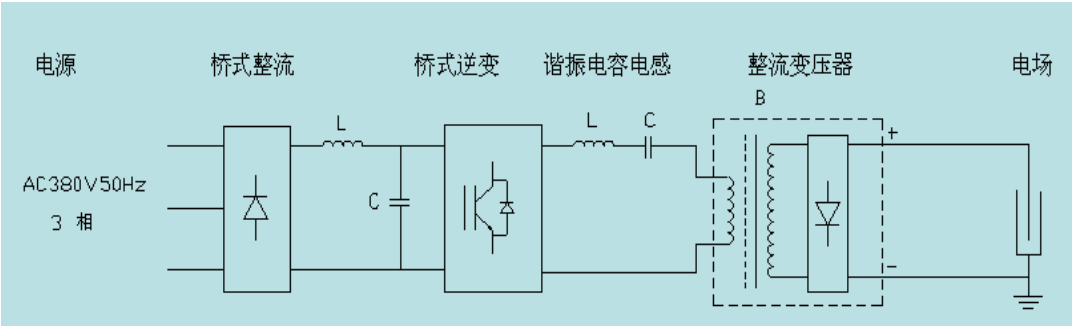


图 1　高频高压电除尘器电源技术原理图

五、主要技术指标

1．高频电源设备额定输出电压：72kV以上，额定输出电流达到1.6A以上，额定输出功率达到115kW；

2．减少烟尘排放：40％以上；

3．节电率：70％以上。以 1 台 300MW 锅炉为例，年节约电能 360 万 kWh 以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

已通过中国电机工程学会组织的两项科技成果鉴定，技术达到国际先进水平。已在华电、大唐、华润、国电、神华等大型发电集团的 125-1000MW 机组上投运控制装置 3000 余套，在越南广宁电厂、泰国 JS 电厂等工程中出口控制装置 100 余套，取得了显著的经济和环保效益。该技术还在以中天钢铁股份有限公司为代表的冶金行业投入使用。

七、典型应用案例

典型用户：华电望亭电厂、国电安顺电厂、国电泰州电厂、华润常熟电厂

典型案例 1：国电安顺电厂

技术提供单位：国电南京自动化股份有限公司/国电环境保护研究院

建设规模：300MW 机组电除尘器电源及控制系统节能改造。主要技改内容为：将原有电除尘器电源控制系统更换为节能提效型电除尘器电源及控制系统。节能技改投资额 270 万元，建设期 14 天。年节约电能 4GWh，折合 1400tce，年节约运行电费 144 万元（电价按 0.36 元/kWh 计），投资回收期 2 年。

典型案例 2：国电泰州电厂

技术提供单位：国电南京自动化股份有限公司/国电环境保护研究院

建设规模：1000MW 机组电除尘器电源及控制系统节能改造。主要技改内容：将原有电除尘器电源控制系统更换为节能提效型电除尘器电源及控制系统。节能技改投资额 480 万元，

建设期 20 天。年节约电能 5.74GWh，折合 2009tce，年节约运行电费 206 万元（电价按 0.36 元/kWh 计），投资回收期 2.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

我国目前火电机组装机容量约 6 亿 kW，机组绝大多数配置电除尘器。如果全部改用高频电源，按节电 70％计算，每年可节约 50 亿 kWh 的电能，折合 170 万 tce，产生 18 亿元的节能效益，改造总投入约 35 亿元。未来 5 年，预计推广到 80％，总投入 9 亿元，节能能力可达 50 万 tce/a，减排量 132 万 tCO_2/a。

14 纯凝汽轮机组改造实现热电联产技术

一、技术名称：纯凝汽轮机组改造实现热电联产技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业 125-200MW 纯凝汽轮机组

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

200MW 三缸三排汽纯凝汽轮机组平均能耗约为 355g/kWh，集中锅炉房平均供热能耗约为 52kg/GJ。目前该技术可实现节能量 200 万 tce/a，CO_2 减排约 528 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

对纯凝汽轮机组进行打孔抽汽，使纯凝汽轮机组具备纯凝发电和供热两用功能。

2.关键技术

（1）纯凝汽轮机本体不作改动，通过在两根中低压连通管打孔抽汽，同侧合并，利用调节阀和主调门控制抽汽参数，使纯凝发电机组具备热电联产和纯凝发电两用功能。

（2）在两用功能中，纯凝方式运行保持原来运行方式不变；热电联产方式运行时，在安全性能不变的基础上，能实现供热流量150 t/h 及以上的供热能力，实现热电比>50%，热效率>45%的热电联产基本指标要求。

（3）改造后采暖供热抽汽参数符合常规供热的要求。

3.工艺流程

工艺流程见图 1。

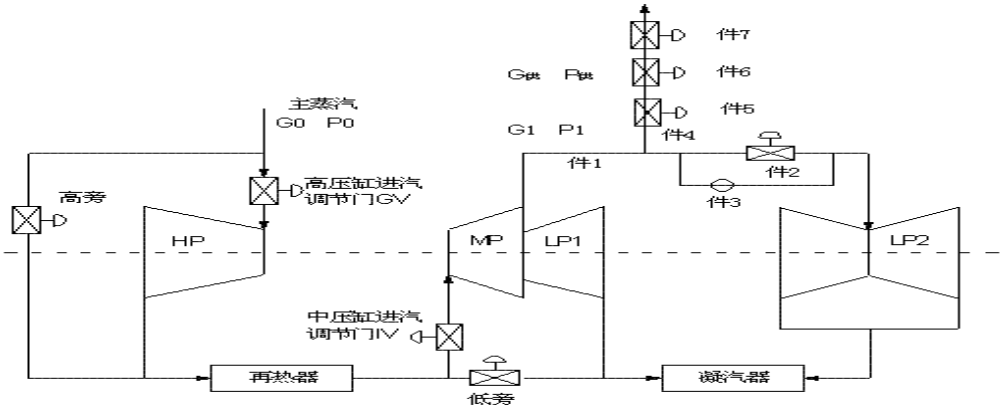


图 1　纯凝汽轮机组改造热电联产示意图

说明：

件 2 为 A 调节阀，件 7 为 B 调节阀；G0 和 P0 为主蒸汽的流量和压力；G1 和 P1 为 B 调节阀前的流量和压力；G 供和 P 供为 B 调节阀后的流量和压力；P1≥P 供，而 G1>G 供；

供热抽汽热工控制方法如下：

为保证双流低缸的安全，应维持 A 调节阀后的低压缸一定的进汽量；A 阀的开度设有一定的上限和下限限值，正常调节时应在上下限值之间进行；机组在供热期间的考核方式为只对供热量（G 供和 P 供）进行考核，而不对发电功率进行考核，即以热定电。但在主汽流量不大于 670t/h 条件下，可根据电网调度要求，在以热定电基础上增加电负荷；

三排汽机组供热调节方式：

（1）提高 G 供保持 P 供不变，使系统达到新的稳态值 G 供’和 P 供

控制过程：在 A 阀未关至最小开度之前，关小 A 阀开度，增大 B 阀开度，通过二者之间的配合即可达到提高 G 供的目的。在 A 阀不断调节已到达最小开度后如果还想提高 G 供，则需适当增大 GV 开度并配合调节 A、B 阀开度，增加进入汽缸的进汽量而使系统达到新的稳定点 G 供’和 P 供；

（2）提高 P 供保持 G 供不变，使系统达到新的稳态值 G 供和 P 供’

控制过程：由于中压缸后连接有一个低压缸，此时关小 A 阀压力 G1 不会提高，而应适当增大 GV 开度，增加 P1 后再通过 A、B 阀间的配合调节达到新的稳定点 G 供和 P 供’。

五、主要技术指标

抽汽压力为 0.22-0.245MPa，能实现供热流量 150 t/h 及以上的供热能力，实现热电比>50％，热效率>45％的热电联产基本指标要求。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2008 年通过由天津市科学技术委员会组织的专家评审，结论为：该项成果具有实用性强、节能环保效益好、投资小、见效快的特点，综合技术达到国际先进水平。已在天津军粮城发电有限公司、国电大同第二热电厂等企业改造完成。

七、典型应用案例

典型用户：天津军粮城发电有限公司

技术提供单位：天津市电力公司

建设规模：#7、#8 两台 200MW 三缸三排汽机组供热技术改造。主要技改内容：对#7、#8 汽轮机本体采用连通管打孔抽汽加蝶阀的方式；在汽轮机高低压间连通管上与蝶阀并联设置安全阀，以保证汽轮机组的安全；在汽轮机中低缸间连通管的抽汽供热管上设置抽汽逆止

门、快关阀、调节阀，防止热网蒸汽回流，保证汽轮机组的安全。节能技改投资额 1600 万元，建设期 55 天（一个大修期）。改造后，每供 1GJ 热可节能 28kgce，2007 年采暖期供热 250000GJ，节约 7000tce，取得节能经济效益 371 万元。如果每个采暖期供热 500000GJ，则三年内投资可全部回收。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术对国内现存的 125-600MW 纯凝发电机组的节能改造具有重大意义。未来 5 年，预计推广到 10％，总投入 16 亿元，节能能力可达 400 万 tce/a，减排能力 1056 万 tCO_2/a。

15 回转式空气预热器接触式密封技术

一、技术名称：回转式空气预热器接触式密封技术

二、技术所属领域及适用范围：火力发电行业所有使用回转式空气预热器的发电机组

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

在发电行业，传统空气预热器是采用刚性有间隙密封技术，在动静间保持一个最小间隙，达到漏风最小。由于空气预热器存在蘑菇状变形问题，而且变形随负荷环境温度不断发生变化，很难达到最佳的动静之间的间隙值，漏风率一般在 10％左右。目前该技术可实现节能量 36 万 tce/a，CO_2 减排约 95 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

回转式空气预热器是一种传动机构，泄漏无法避免。但过大的泄漏首先会影响锅炉运行的经济性，增加了风机的功率消耗，降低机组出力；其次漏风过大加快了空气预热器冷端腐蚀。统计表明，对于 300MW 的机组，空预器漏风率每增加 1%，将使机组的综合煤耗增加 0.2-0.6g/（kWh）。

改造后新型密封结构是对传统的非接触式密封的颠覆，它采用柔性金属密封簇直接与空预器的密封板进行接触，在各种运行工况下这种直接接触式的密封技术都可将密封间隙减小至零。

2.关键技术

新型的空预器密封结构，称为接触式全向柔性密封技术，它利用的是迷宫密封的原理，将运动部件和静止部件之间的间隙完全覆盖。新型的密封结构钢丝具有良好的弹性和柔性，可以根据不同负荷下密封间隙的变化改变变形量，并向四周散开，阻止空气向各个方向渗漏，实现了在轴向、径向和环向上的全方位密封，将空预器在各个方向的漏风降到最低。

3.工艺流程

这种全新的密封结构具有极大的灵活性和可行性，可适用于不同大小、不同结构的回转式空预器。可以根据现场的位置和漏风情况安装在空预器轴向、径向、环向任一方向，或者是在三个方向同时安装，安装后的空预器漏风率得到极大减小，且结构简单投资小。新型密封结构的安装可根据现场实际情况采用焊接、紧固螺丝、或用三角板加固等方法安装在空预

器的径向隔板、转子膜片或是环向密封面上。

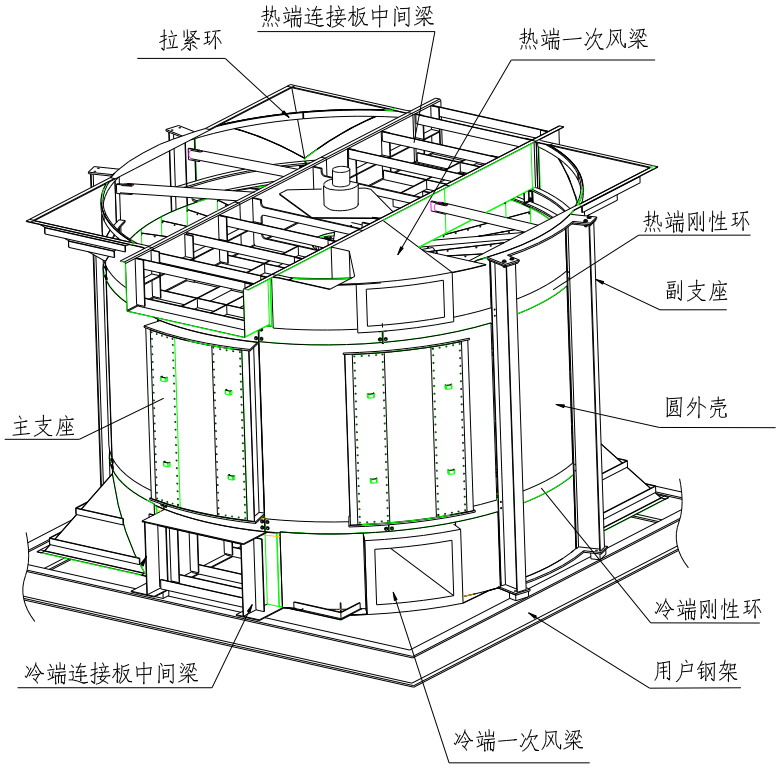


图 1 空气预热器立体图

五、主要技术指标

以一台 1000MW 机组为例，并根据上文中对节能减排能力的计算结果，该技术相关行业特性指标包括：

节煤量：7217.7t/a；

降低厂用电耗量：2248.5 万 kWh/a；

降低 CO_2 排放量：19055t/a。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术达到国内领先水平，获得超超临界机组回转式空气预热器新型柔性密封技术成果。空气预热器漏风率 A、B 两侧均远低于保证值，漏风率约为 4.0%，厂用电率 3.01%（不带脱硫），达到我国目前投运锅炉之最高水平。在对空预器进行热端密封的改造后，厂用电率进一步大幅下降至 2.7%（不带脱硫）。

七、典型应用案例

典型案例 1

典型用户：上海高桥第三发电有限责任公司

建设规模：上海外高桥第三发电有限责任公司 2*1000MW 机组，4 台回转式空气预热器，在轴向、径向、环向全部进行密封改造。建设条件：投资额较小，属于企业技改项目。主要改造内容：根据空预器的密封结构和现场改造空间，在现有的密封结构上对其进行改进，在径向、横向和环向上增加新型的柔性接触式密封簇。主要设备：柔性金属密封簇。能耗监测情况：空预器密封改造取得的经济效益，不仅包括风机节省的厂用电率，还有漏风率下降将提高锅炉的进风温度，从而会进一步提高锅炉效率。空预器密封改造前实际运行供电煤耗 287g/kwh，空预器漏风率保证值为 6%。据相关文献表明，空预器漏风率每增加 1%，将使机组的综合煤耗增加 0.2-0.6（g/kwh）以上。经济效益：年节省厂用电量为 4497 万 kwh，折合标煤量为 15694.6 吨/年，厂用电率大幅下降至 2.7%（不带脱硫）。项目投资 700 万元，年节能量 14435.4tce。项目投资回收期小于 6 个月。

典型案例 2

典型用户：大唐贵州发电有限公司发耳分公司

技术提供单位：北京华能达电力技术应用有限责任公司

机组概况：大唐贵州发电有限公司发耳分公司#2 机组（600MW）锅炉为上海锅炉厂有限公司设计和制造的亚临界、一次中间再热、控制循环汽包炉。锅炉采用摆动式燃烧器调温，四角布置、切向燃烧，正压直吹式制粉系统、单炉膛、∏型露天布置、固态排渣、全钢架结构、平衡通风。 改造前漏风率：10%，改造后漏风率：3.16%，节约电量 725.62 万度，节约供电煤耗 0.68g/kwh。锅炉效率可提高 0.49%，提高锅炉效率后节约煤耗 1.52g/kwh。年节约煤总量 7260 吨，CO_2 减排量 19166.4 吨。年收益 399.30 万元，项目投资 380 万元，回收期 0.97。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术未来 5 年在行业内的推广比例可达到 60%，预计未来五年，总投资额可达到 3.6 亿元，节能能力可达到 58 万 tce/a，减排能力可达到 153 万 tCO_2/a。

16 电站锅炉智能吹灰优化与在线结焦预警系统

一、技术名称：电站锅炉智能吹灰优化与在线结焦预警系统

二、技术所属领域及适用范围：电力、钢铁、石化、水泥等行业火力发电机组锅炉

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

在电站及工业锅炉运行中，锅炉结渣、积灰是个长期存在的问题。由于缺乏科学的监测方法指导锅炉水冷壁、再热器、过热器、省煤器“四管”及省煤器后部烟道空预器进行吹灰，导致吹灰频次不合理，“四管”局部污染和磨损严重及结焦，从而造成吹灰汽源浪费、锅炉效率降低，并给锅炉的安全和可靠运行带来很大隐患。锅炉结渣、积灰不但增加了锅炉受热面的传热阻力，使受热面传热恶化、煤耗增加，降低锅炉的热经济性，还可能造成烟气通道的堵塞，影响锅炉的安全运行，严重时会发生设备损坏、人身伤害事故，对锅炉运行危害严重。目前该技术可实现节能量 14 万 tce/a，CO_2 减排约 37 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

电站锅炉智能吹灰优化与在线结焦预警系统，是以能量守恒定律、传热学和工程热力学原理为基础，建立软测量模型、统计回归、模糊逻辑数学及人工神经网络等分析运算体系，将锅炉水冷壁、过热器、再热器、省煤器”四管”及省煤器后尾部烟道空预器污染程度进行量化处理和图像转换，显示实时参考画面和污染数据，使各受热面的污染率”可视化”，并根据临界污染因子及机组运行状况提出优化策略，从而实现”按需吹灰”和节能降耗、提高锅炉效率。

2.关键技术

建立炉膛、对流受热面和空预器的污染监测模型（包括灰污增长和衰减模型），建立软测量模型、统计回归、模糊逻辑数学及人工神经网络等分析运算体系，建立基于经济分析的吹灰指导模型和结焦预警模型。

3.工艺流程

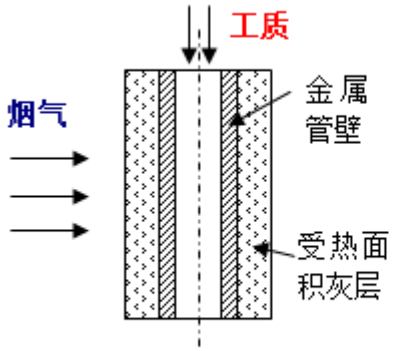


图 1 受热面工作原理

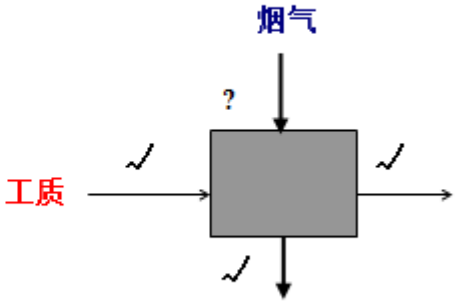


图 2 计算原理图

锅炉内对流受热面的工作原理，如图 1、2 所示，工质在管内流动，烟气在管外流动。

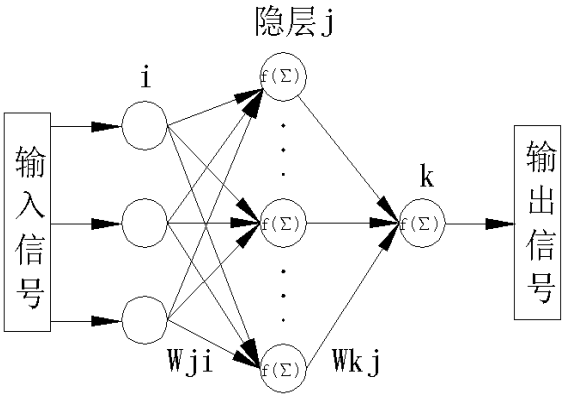


图3 前向型神经网络拓扑结构

神经网络已广泛地应用于各种复杂系统输入输出关系的建模过程，人工神经网络通过对样本集合的学习，提取出有效的知识和规则，通过对权值和阈值的修正，实现对复杂系统的模化。即使只有一个隐层，神经网络也能一致近似任何连续函数，从而为非线性系统的神经网络建模提供了理论依据。模型采用了一层隐层的神经网络，结构如图 3 所示。

单位时间段内，吹灰次数越多，总的吹灰收益越大，显示了吹灰收益与吹灰频率的关系，如图 4 所示。

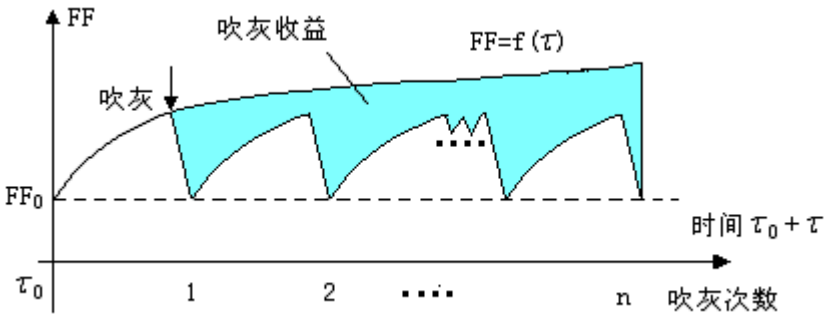


图 4 吹灰收益与吹灰频率的关系示意图

五、主要技术指标

主要是减少锅炉“四管”吹损及吹损泄漏造成的非正常停机几率。同时改善锅炉性能指标：平均降低锅炉排烟温度 2-6℃，减少吹灰次数 20%-60%。其中，135MW-200MW 机组锅炉一般降低 4-10℃，减少吹灰次数 40%-70%；200MW-300MW，一般降低 3-6℃，减少吹灰次数 30-60%；600MW-1000MW 机组一般降低 1-4℃，减少吹灰次数 20%-40%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

通过山东省科学技术厅的科技成果鉴定，山东省科技进步三等奖，中国电子工业学会科技进步三等奖，山东省计算机应用优秀成果三等奖。截止到 2013 年底，该项目产品已在五大发电集团下属 20 多个电厂 50 多台机组投入使用，产品技术先进，运行可靠，性能稳定，节能效果明显，得到了电厂用户的认可和信赖。

七、典型应用案例

典型案例 1

应用单位：华电邹县发电有限公司

技术提供单位：山东泓奥电力科技有限公司

建设规模：1000MW 机组#7 锅炉”锅炉智能吹灰优化与结焦预警系统”节能技术改造。主要技改内容：增加部分烟温测点，增加一台上位机，与原有 SIS 系统连接，建立炉膛、对流受热面和空预器的污染监测模型（包括灰污增长和衰减模型），建立软测量模型、统计回归、模糊逻辑数学及人工神经网络等分析运算体系，建立基于经济分析的吹灰指导模型。节能技改投资额约 180 万元，建设期 8 个月。年综合节能量 1315tce，年综合经济效益直接收益（不考虑吹损爆管）182.3 万元，投资回收期 1 年。

典型案例 2

应用单位：华电邹县发电有限公司

技术提供单位：山东泓奥电力科技有限公司

建设规模：600MW 机组#6 锅炉“智能吹灰优化与在线结焦预警系统”节能技术改造。主要技改内容：新增 1 套采集器、1 台套服务器、1 台工控机和 1 套显示器，并建立数据采集和传输系统，建立吹灰优化和结焦预警系统。节能技改投资额 150 万元，建设期 9 个月。年综合节能量 7000tce，年综合经济效益 560 余万元，投资回收期 4 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年总投入 1500 万元，技术在行业内推广比例达到 20%，节能量达到 54 万 tce/a，

减碳量达到 143 万 tCO_2/a。

17 电站锅炉用邻机蒸汽加热启动技术

一、技术名称：电站锅炉用邻机蒸汽加热启动技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

现有直流锅炉的启动方式一般有两种：疏水扩容式和带炉水循环泵式。疏水扩容式启动方式存在大量的工质和热量浪费，而带炉水循环泵的启动方式虽能节约部分工质和热量，但却存在系统复杂和初投资较高的缺点。从点火方式上来看，等离子点火技术和小油枪点火都属于冷炉冷风点火，在点火阶段有 50％左右的煤因为不能燃烬而浪费，且未燃烬的煤粉对锅炉来说是一种巨大隐患。目前该技术可实现节能量 3 万 tce/a，CO_2 减排约 8 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用这种启动方式后，锅炉在启动过程所需的燃油强度大为降低，燃油过程大大缩短，从而使总体耗油量下降一个数量级以上。目前，每次锅炉启动的点火用油仅为 20t；同时还可以大大减少厂用电及燃煤量，显著降低整个启动过程所消耗的能源总量和启动总成本。另外，该技术不仅将锅炉由原来的冷态启动转为热态启动，并且使烟风系统的运行条件更优于热态启动，极大改善了锅炉的点火和稳燃条件，显著提高了锅炉的启动安全性。

2. 关键技术

该技术的总体思路是采用蒸汽替代燃油和燃煤，对锅炉进行整体预加热，使锅炉在点火时已处于一个”热炉、热风”的热环境。

3. 工艺流程

锅炉上水完成后，启动锅炉给水泵，开始小流量向锅炉提供给水（给水流量维持在 500-600t/h 左右），同时打开加热蒸汽管道的电动阀门，利用邻炉冷再热蒸汽加热高压加热器给水（蒸汽参数 300℃，60bar），此时的给水可根据品质和清洗效果选择排入凝汽器或直接进入除氧器，小流量给水在锅炉内不断循环的过程中逐渐升温，直至达到给水加热极限，此时给水温度约为 250℃，启动风烟系统，锅炉开始点火。此时的炉膛已均匀受热，喷入炉膛内的柴油能充分燃烧，燃烧效率比冷炉膛时要高，

由于给水在暖炉时加热了省煤器，拥有巨大表面积的省煤器成了巨大的”暖风机”，炉膛内的冷风经过省煤器受热并通过空气预热器加热了一次风和二次风，在极短的时间内就能满足投粉条件，大大缩短了锅炉启动的投油时间，进一步减少了锅炉启动点火的燃油量，同时由于投油时间缩短，可以尽快投入电除尘器，更好地满足电厂环保要求。工艺流程图如下：

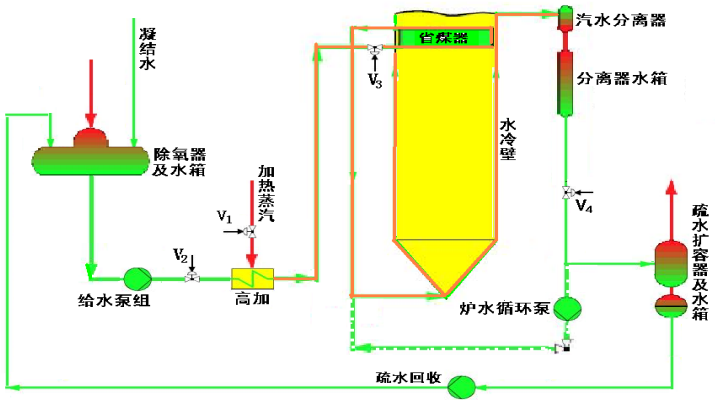


图 1　直流锅炉用邻机蒸汽加热启动技术流程图

五、主要技术指标

典型用户正常情况下的每次启动耗油约 20t，最低为 12t/次。

分两个阶段：

1.基建阶段：2×1000MW 超临界机组在整个调试期间共耗油 1030t，为常规调试期耗油量（21000t）的二十分之一。

基建阶段按计划每台机组平均启动 25 次，每次耗油 200t，两台机组计划耗油 10000t，采用该技术后可节油 8970t，折合 13070tce。

2.生产阶段：

典型用户每次机组启动耗油 20t，计划用油 200t，每次启动节油 180t。采用该技术后，每年每台按照 5 次机组启停，两台机组每年可节能 2622tce。

电站锅炉用邻机蒸汽加热给水启动技术使用的蒸汽来自邻机的冷再热蒸汽，蒸汽量与采用该方法机组启动时免启锅炉辅机的厂用电能耗平衡。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该项技术自 2007 年 11 月在上海外高桥第三发电有限责任公司两台 1000MW 机组上第一次应用，至 168 小时考核结束，共消耗燃油 1014t，仅为百万千瓦等级机组调试用油定额的 10%。系统简单，改造投资仅 200 万元，远低于小油枪点火或等离子点火方式的投资。

七、典型应用案例

典型用户： 上海外高桥第三发电有限责任公司

建设规模：2×1000MW 超超临界火力发电机组。主要技改内容：安装邻机冷再热至本机的高压加热器蒸汽管道及阀门。节能技改投资额 200 万元，建设周期 3 个月。若不考虑新建机组基建阶段，仅考虑机组投运后的生产阶段，两台机组每年可节约 2622tce，年节能经济效益 210 万元，投资回收期为 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

本项目属于系统优化改造类项目，节能效果明显，投资低，简单易行且安全性高，推广潜力巨大。未来 5 年，预计推广到 30%，总投入 8 千万元，节能能力可达 10 万 tce/a，减排能力 26 万 tCO_2/a。

18 脱硫岛烟气余热回收及风机运行优化技术

一、技术名称：脱硫岛烟气余热回收及风机运行优化技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前成熟的脱硫技术如石灰石(石灰)-石膏湿法脱硫等虽取得了明显成效，但是投入成本高达亿元，成为目前制约火电厂配套脱硫设备的主要瓶颈。目前该技术可实现节能量 45 万 tce/a，CO_2 减排约 119 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

取消脱硫系统传统的 GGH（气气换热系统），通过在吸收塔前加装烟气冷却器，其水侧与汽轮机的低压加热器系统连接，利用锅炉排烟余热加热部分或者全部凝结水，凝结水吸热升温后接入到下一级低压加热器，从而减少回热系统对低压缸的抽汽，在机组运行条件不变的情况下有更多的蒸汽进入低压缸做功，达到充分利用锅炉排烟余热的目的。同时，由于进入吸收塔的烟气温度降低，减少了吸收塔工业冷却水耗用量。

2. 关键技术

（1）排烟余热利用：取消脱硫系统传统的 GGH，通过在吸收塔前加装烟气冷却器，充分利用锅炉的排烟余热，提高汽轮机组的运行效率；同时，由于进入吸收塔的烟气温度降低，减少了吸收塔工业冷却水耗用量；

（2）风机运行优化：在两台并联的增压风机基础上增加一条增压风机旁路烟道，并适当提高引风机的压头，通过优化风机的运行方式，实现在 30％-60％BMCR 的低负荷工况下以单引风机运行代替双引风机＋双增压风机运行，从而提高风机运行效率。

3. 工艺流程

在吸收塔前加装烟气冷却器，从 2 号低加进口引出部分或全部冷凝水，送往烟气冷却器。锅炉烟气进入烟气冷却器降温后，进入脱硫吸收塔中进行脱硫、排放，或直接排放。凝结水升温，汇集后进入到 3 号低加，见工艺流程图如下：

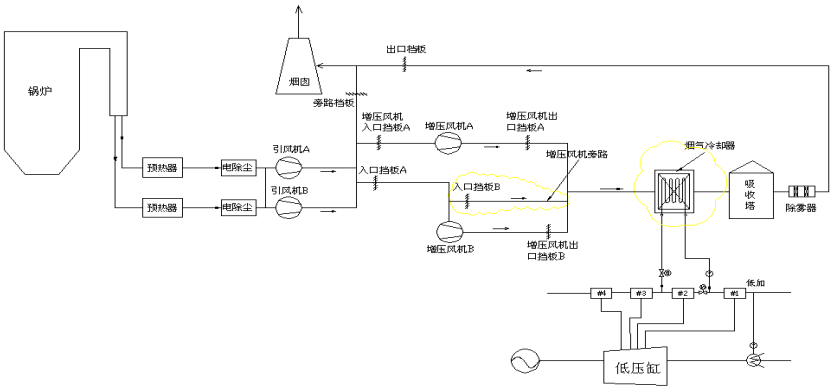


图 1　脱硫系统优化后的工艺流程图

五、主要技术指标

以 2×1000MW 发电机组为例，采用本技术可使每台机组供电煤耗下降 2.71g/kWh，年节电 198 万 kWh，年节水 26 万 t，取得综合经济效益 2375 万元。

六、典型应用案例

典型用户：上海外高桥第三发电有限责任公司

建设规模：2×1000MW 机组。主要技改内容：烟气冷却器本体基础施工，烟气冷却器安装，凝结水管道和支吊架安装，烟道施工和风机改造（如有需要）。节能技改投资额 4370 万元，建设期 12 个月。按机组年利用 5500h 测算，每年可节能 29810tce，取得经济效益 2276 万元，投资回收期 2 年。

七、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%，总投入 15 亿元，节能能力可达 90 万 tce/a，减排能力 238 万 tCO_2/a。

19 提高火电厂汽轮机组性能综合技术

一、技术名称：提高火电厂汽轮机组性能综合技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业火电厂或核电厂汽轮机组

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，火力发电厂集中表现在实际运行中经济性偏离设计状态较高，存在很大的节能潜力。通过对不同类机组进行诊断分析、研究，发现火力发电厂普遍存在本体效率较低、热力系统冗余与泄漏、运行参数不合理等问题，可利用系列节能技术进行解决，从而提高汽轮机组性能。汽轮机组热力系统的状态是影响机组能耗和运行安全经济性的重要影响因素，目前很多机组存在热力系统运行损失大、维护成本高、检修后性能下降快等问题。目前该技术可实现节能量 70 万 tce/a，CO_2 减排约 185 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

以理论为基础，实践为依据，重点改造汽轮机组两端，完善优化中间，综合治理，提高机组整体性能。在保证机组安全及满足各种运行要求的条件下，通过设备性能改进，优化热力系统，简化系统流程，以减少系统泄漏，简化运行操作，降低维护成本，达到节能降耗，提高机组安全经济性的目的，并有利于机组长期保持较高的经济性水平。

2. 关键技术

（1）汽轮机组性能诊断技术；

（2）提高汽轮机本体性能改进技术；

（3）热力系统及设备改进技术；

（4）设备检修工艺改进措施与方法；

（5）最佳运行与维护措施与方法。

3. 工艺流程

工艺流程见图 1。

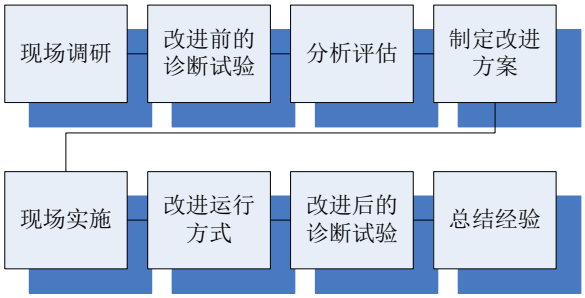


图 1 工艺流程

五、主要技术指标

1.改进后机组热耗率降低 80kJ/kWh-150kJ/kWh（主要针对 300MW-600MW 级机组）；

2.改进后机组可在长时期保持较高的经济性水平；

3.降低维护成本；

4.降低单位发电量的污染排放。

六、典型应用案例

典型案例 1：国电钦州发电有限公司 1 号机组提高性能节能减排改造项目

技术提供单位：西安热工研究院有限公司

建设规模：5 台机组（4x300MW 机组、1x600MW 机组）。建设条件：已投产、未进行热力系统优化。主要技改内容：汽封系统改进；热力系统优化。主要设备：汽轮机本体、汽轮机组热力系统。节能技改投资额 1810 万元（4x360+1x370），建设期每台机组 60 天（结合机组大修实施）。年节能量：改进后机组额定工况下对应发电煤耗率分别下降：7.38 g/(kW·h)、5.10 g/(kW·h)、5.06 g/(kW·h)、5.55g/(kW·h)和 4.86 g/(kW·h)，按年利用小时 5500 计算，各机组每年可节约标准煤分别为：12177 吨、8415 吨、8349 吨、9158 吨、16038 吨，共计 54137 吨/年。节能经济效益：标煤价格 800 元/吨计算，改进机组每年可减少燃煤成本共约 4330 万元。投资回收期 6 个月。

典型案例 2：广东红海湾发电有限公司 1、2 号机组性能诊断试验及节能优化项目

技术提供单位：西安热工研究院有限公司

建设规模：2 台机组（2x300MW 机组）。建设条件：已投产、未进行热力系统优化。主要技改内容：更换调节级喷嘴；汽封系统改进；热力系统优化。主要设备：汽轮机本体、汽轮机组热力系统。节能技改投资额 1560 万（2x780），建设期每台机组 60 天（结合机组大修实施）。年节能量：额定工况下发电煤耗率下降：7.82 g/kWh

和 7.00g/kWh 左右，按年利用小时 5500 计算，年节约标准煤分别为：12903 吨、11550 吨，共计 24453 吨/年。节能经济效益：标煤价格 800 元/吨计算，每年可减少燃煤成本约 1956 万元。投资回收期 10 个月。

七、推广前景及节能减排潜力

目前，发电行业均非常重视节能减排、降低成本，提高企业经济效益。本技术表现出很强的市场吸引力，为各企业所积极采用，近年来得到快速的推广。未来五年，预计可为 30%的发电企业采用，总投入 10 亿元，节能能力可达 210 万 tce/a，减排能力 554 万 tCO_2/a。

20 火电厂烟气综合优化系统余热深度回收技术

一、技术名称：火电厂烟气综合优化系统余热深度回收技术

二、技术所属领域及适用范围：电力行业燃煤火电机组

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，火力发电厂集中表现在实际运行中经济性偏离设计状态较高，存在很大的节能潜力。通过对不同类机组进行诊断分析、研究，发现火力发电厂普遍存在本体效率较低、热力系统冗余与泄漏、运行参数不合理等问题，可利用系列节能技术进行解决，从而提高汽轮机组性能。汽轮机组热力系统的状态是影响机组能耗和运行安全经济性的重要影响因素，目前很多机组存在热力系统运行损失大、维护成本高、检修后性能下降快等问题。目前该技术可实现节能量 64 万 tce/a，CO_2 减排约 169 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

基于火电厂烟气综合优化系统余热深度回收，是在电站锅炉空气预热器与电除尘器之间的尾部烟道加装烟气冷却器，将烟气温度降低到 90℃左右，回收的烟气热量可以将凝结水从 70℃加热到 110℃左右，从而排挤低压加热器抽汽，增加了汽轮机的做功。

余热回收装置安装在电除尘器之前，一方面可以将电除尘器入口烟气温度降低至酸露点以下，SO_3 与 H_2O 结合形成 H_2SO_4 蒸汽，凝结在飞灰表面，使得飞灰比电阻降低至 1010（Ω·cm）以下，进入最适合电除尘工作的范围内，大大提高了静电除尘器效率，同时也大大提高了 SO_3 的脱除率。另一方面，烟气在进入除尘器前温度降低，流速也相应减小，在电除尘器内的停留时间就会增加，使得电除尘装置可更有效地对烟尘进行捕获，从而达到更高的除尘效率。因此本技术可以降低除尘器的改造费用。

传统尾部烟道中，SO_3 只有在通过脱硫塔时才能被脱除，且脱除率仅有 20%-30%，剩余的 SO_3 随着脱硫塔出口的饱和烟气进入烟囱，对脱硫塔后的烟道及烟囱产生极大的腐蚀。而本技术可以将 SO_3 的脱除率提高至 90%左右，大大减缓了烟气对后续设备的腐蚀。

脱硫塔入口烟温可降低到90℃左右，使烟温达到最佳脱硫效率状态，大大减少脱硫塔的冷却水耗。

该系统在回收烟气余热的同时，不影响现有热力系统的长周期安全运行，不仅降低了排烟温度，提高了机组效率，而且提高了电除尘器效率，节约了脱硫塔的耗水量。

2．关键技术

（1）烟气冷却器的设计；

（2）烟气冷却器低温腐蚀研究；

（3）烟气冷却器的防积灰、防磨损设计；

（4）热力系统优化设计和控制。

3．工艺流程

工艺流程见图1，空预器出口的烟气经过烟气冷却器后温度降至90℃左右，烟气温度降低至酸露点以下，SO_3与H_2O结合形成H_2SO_4蒸汽，凝结在飞灰表面，飞灰比电阻降低，且由于烟温降低，进入除尘器的烟气量减小，大大提高了除尘器的效率，同时也大大提高了SO_3的脱除率。经过除尘的低温烟气进入引风机后，可以节省引风机的功耗，继而进入脱硫塔后可以降低脱硫塔的水耗，最后进入烟囱时也可以降低对烟囱的腐蚀。

在凝结水方面，从N级低压加热器入口抽取一部分凝结水，进入烟气冷却器后被加热，返回至N+1级（按实际情况而定）低压加热器出口，从而节省低压加热器的抽汽，增加汽轮机的做功，节省煤耗。

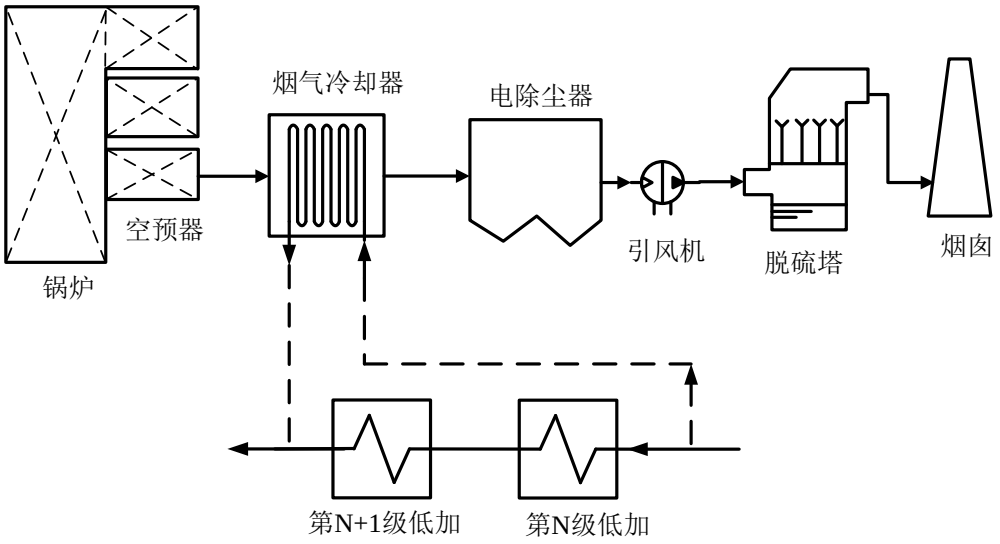


图 1　基于火电厂烟气综合优化系统余热深度回收工艺流程图

五、主要技术指标

采用该烟气深度冷却节能减排技术后，发电煤耗可以降低 2-3g/kWh。与传统低温省煤器技术相比，由于深度冷却效果使节能量提高 30%以上，粉尘排放降低 50%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术国内领先，至今已成功投运 5 台 300MW 机组（华能井冈山电厂#2、华能平凉电厂 1-4 号），华能伊敏电厂 1 号 500MW 机组，最长使用时间已超过 1 年。目前国内运行的烟气余热利用系统中，烟气冷却器在电除尘器之前，且烟温降低至 90℃左右的电厂很少，但该技术是未来烟气余热利用发展的趋势。

七、典型应用案例

案例应用单位：华能平凉发电有限责任公司

技术提供单位：西安热工研究院有限公司

建设规模：一期 4×300 MW，二期 2×600MW。主要技改内容：以 3#机组为例，在空气预热器与电除尘器之间的烟道内增加烟气冷却器，给水从 8#低加入口与 7#低加出口混合至 70℃后引入烟气冷却器，加热后回到 6#低压加热器入口，烟气冷却器串联入原回热系统，使排烟温度从 150℃降低到 95℃，低压给水从 70℃加热到 104.6℃，主要设备包括烟气冷却器、控制系统、吹灰系统、阀门和管道，建设期 45 天。节能技改投资额 965 万元。年节能量：3900tce，年节约费用 234 万元/年，投资回收期 4.12 年。

八、推广前景及节能减排潜力

截止到 2013 年 12 月，我国火电装机容量为 7.9 亿 kW。据此推测，预计未来 5 年，总投入 72 亿元，有 50%的火电厂进行烟气综合优化系统余热深度回收技术改造，年运行时数平均按照 5000 小时计算，每年节能 320 万 tce，减碳量 845 万 tCO_2/a，节能减碳潜力巨大。

21 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，CO_2 减排约 67 万 t/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。

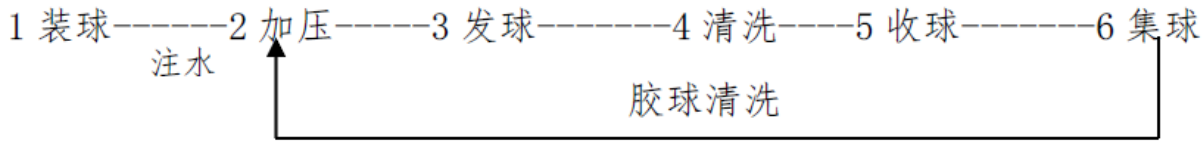


图1凝汽器真空保持系统工艺流程图

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，年降低二氧化碳排放约 1.58 万吨，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/(kW.h)，发电煤耗下降 1.875g/(kW.h)，供电煤耗下降 1.968g/(kW.h)，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 6000 吨，年降低 CO_2 排放约 1.58 万吨。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，预计可形成年节能 170 万 tce，二氧化碳减排能力达 449 万 t，直接经济效益约 13.6 亿元/年。

22 高压变频调速技术

一、技术名称：高压变频调速技术

二、技术所属领域及适用范围：电力、轧钢、造纸、化工、水泥、煤炭、纺织、铁路、食品、船舶、机床等工业 1kV 以上的高压交流电机。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

全国电动机装机总容量已达 4 亿多 kW，年耗电量达 12000 亿 kWh，占全国总用电量的 60%，占工业用电量的 80%；其中风机、水泵、压缩机的装机总容量已超过 1.8 亿 kW，年耗电量达 8000 亿 kWh，占全国总用电量的 40%左右。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 90 万 tce/a，CO_2 减排约 238 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

高压变频调速技术采用单元串联多电平技术或者 IGBT 元件直接串联高压变频器等技术，实现变频调速系统的高输出功率（功率因数>0.9（5），同时消除对电网谐波的污染。对中高压、大功率风机、水泵的节电降耗作用明显，平均节电率在 30%以上。

2.关键技术

单元串联多电平技术采用功率单元串联电压相加回路，采取变压器多绕组别分组分压整流单元均压，单元电平叠加，通过 IGBT 逆变桥进行正弦（PWM）控制，可得到单项交流输出，每个功率模块结构及电气性能上完全一致，可以互换。

3.工艺流程

具体工艺流程及原理图见图 1，图 2。

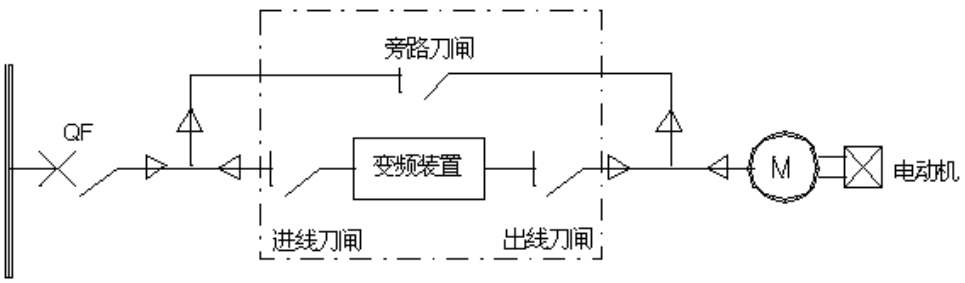


图 1　主回路工作原理简图

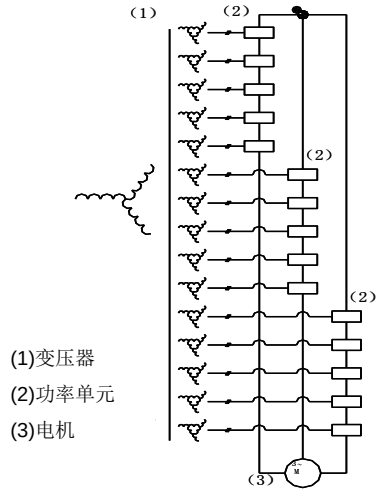


图 2　单元串联多电平高压变频器原理示意图

五、主要技术指标

1.效率：≥96%；

2.输出电压范围：3kV-11kV；

3.输入电流谐波总含量：≤4%；

4.输入功率因数：≥0.95。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术 1997 年通过了国家机械工业局组织的技术鉴定，并在部分电力，冶金推广应用，技术成熟可靠，节能经济效益好。

七、典型应用案例

典型案例 1：北京大唐发电公司陡河发电厂

建设规模：1000kW/6kV 风机高压变频器改造。主要技改内容:125MW 调峰机组风机变频调节，主要设备为 1000kW/6kV 风机变频器。节能技改投资 280 万元，建设期 18 个月。每年可节能 1160tce，年节能经济效益 100 万元，投资回收期 24 个月。

典型案例 2：大冶特钢第四炼钢厂

建设规模：1600kW/6kV 除尘风机高压变频器改造。主要技改内容：70t 交流电弧炉除尘风机变频调节，主要设备为 1600KW/6KV 除尘风机变频器。节能技改投资 280 万元，建设期 12 个月。每年可节能 2362tce，年节能经济效益 276 万元，投资回收期 12 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，我国大功率的风机、水泵等设备约有 30000 万台，其中只有约 4000 台设备进行了变频改造，未来 5 年，预计推广到 50％，总投入 38 亿元，节能能力可达

300 万 tce/a，减排能力 792 万 tCO_2/a。

23 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：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，CO_2 减排约 5 万 t/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 35 千伏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）35 千伏杞梓里站 10 千伏母线电压调控及变电站无功补偿调节。（2）10 千伏梓里 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）10 千伏梓里 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 亿余度电，线损率降低 1.2 个百分点，每年节约 25 万度电，约 84tce。

节能经济效益：年节能 25 万度电，按每度电 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

预计未来五年，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。

24 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 ρ＝0.017241Ω·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，CO_2 减排约 13 万 t/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。

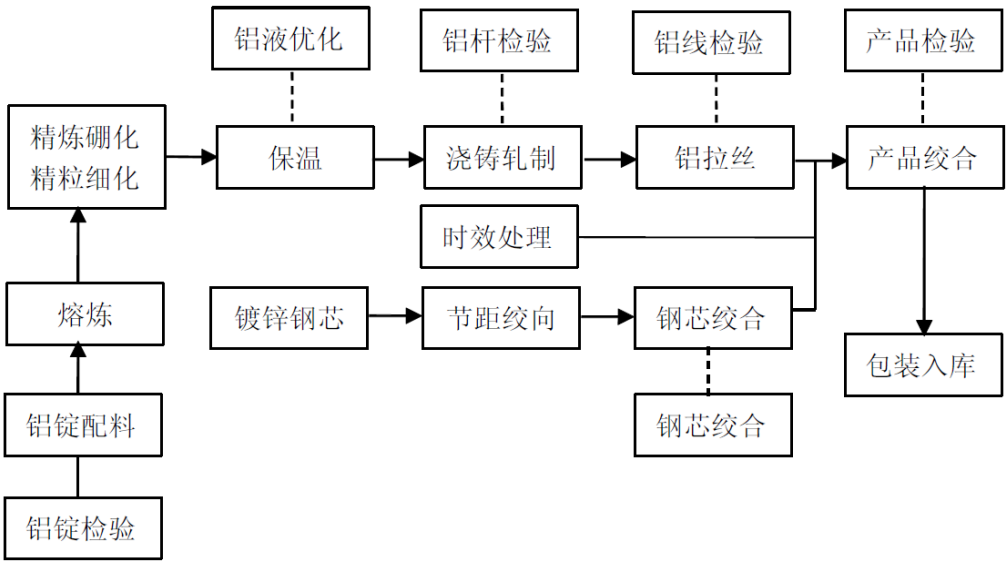


图 1 钢芯高导电率铝绞线主要工艺流程图

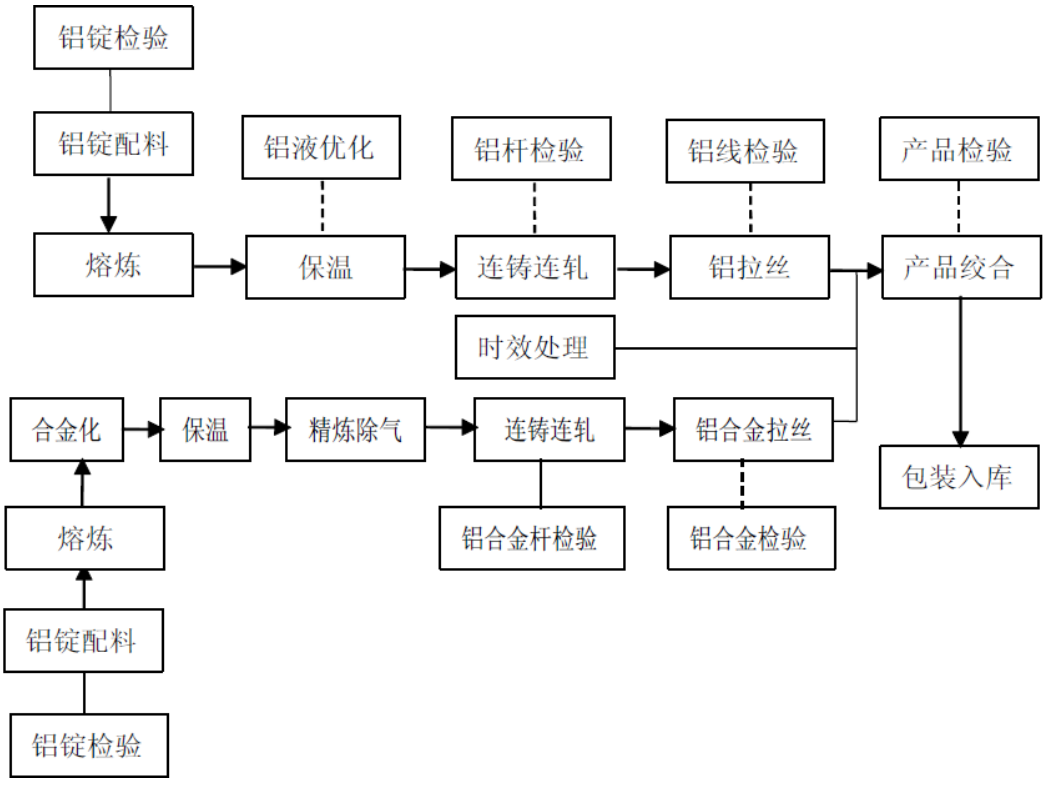


图 2 铝合金芯高导电率铝绞线主要工艺流程图

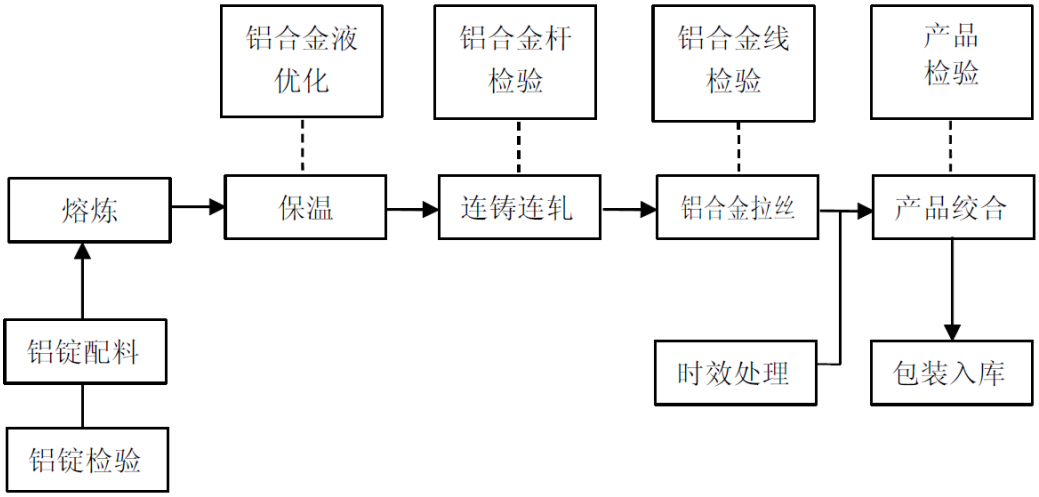


图 3 中强度铝合金绞线主要工艺流程图

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 35 千伏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/km，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 万度。按照上网电价 0.455 元/千瓦时计，产生直接经济效益约为 100.78 万元，年节约燃烧标准煤约 885.93 吨，减少 CO_2 排放量约 2208.18 吨。

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 万度，产生直接经济效益约为 49764.18 万元，节约燃烧标准煤约 51 万吨，减少 CO_2 排放量约 135 万吨，需增加投资额 46 亿元。

25 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，CO_2 减排约 16 万 t/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。

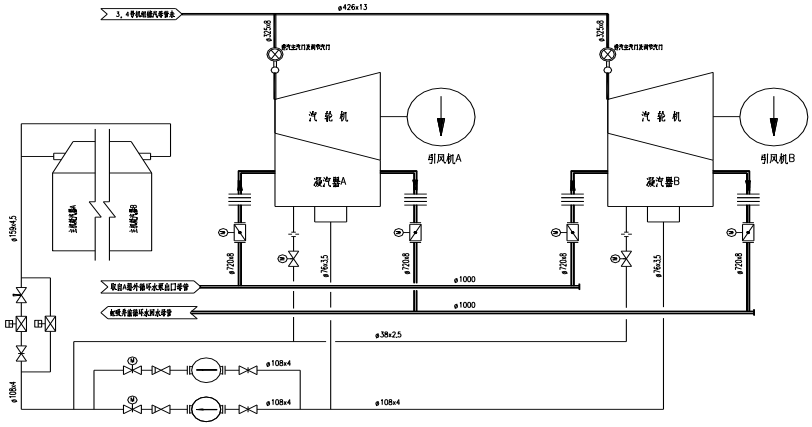


图 1　超临界及超超临界发电机组引风机小汽轮机驱动技术系统简图

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30米以上，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/kW h，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。

26 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，CO_2 减排约 35 万 t/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。

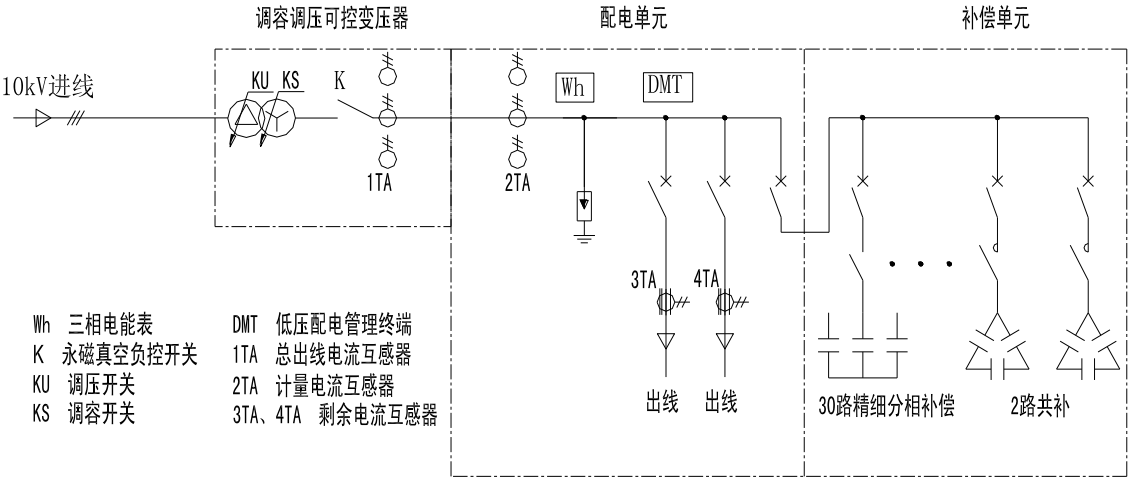


图 1 自动调容调压组合式变压器一次原理图

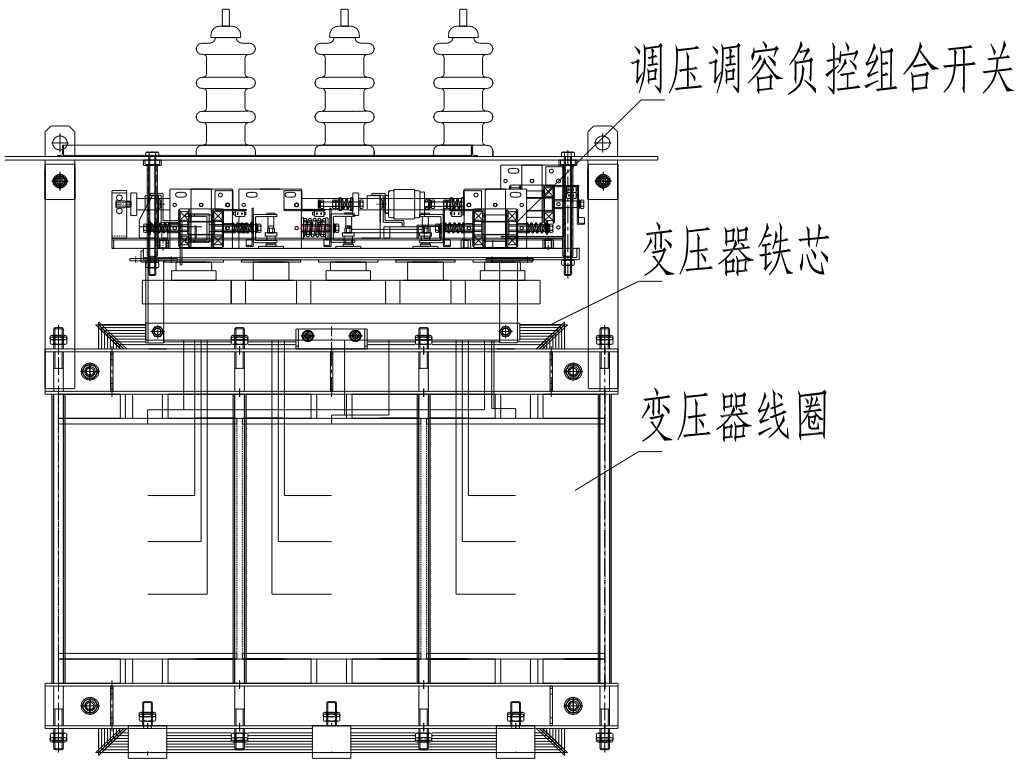


图 2　调压调容负控组合变压器内部示意图

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%，每年可节约上百亿度电，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。

27 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，CO_2 减排约 5 万 t/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

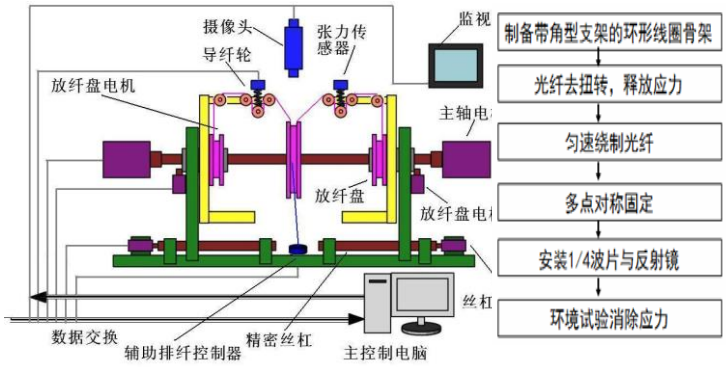
全光纤电流互感器应用于电气系统，需要与电气设备一体化集成，并满足电气设备复杂环境条件要求，同时需解决一系列系统级关键工艺技术问题。主要关键工艺技术如下：

（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。



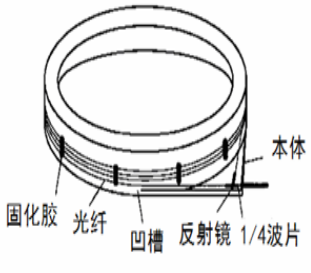


图 1 光纤绕环机工艺组成示意图　　图 2 敏感环结构及绕制工艺流程

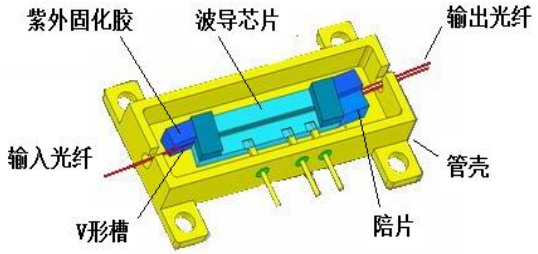
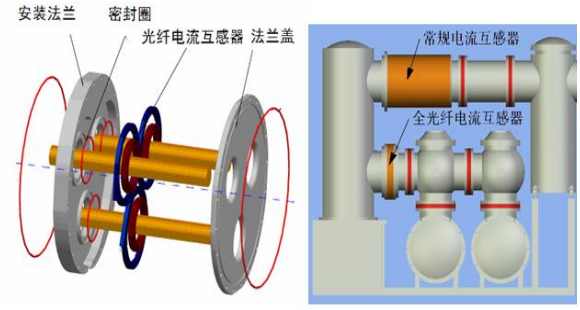


图 3 专用光电子器件结构



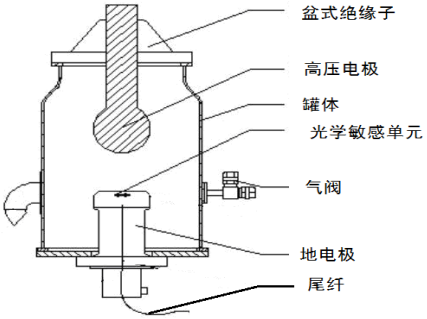


图 4 光纤电流互感器结构简图　　图 5 光纤电压互感器等势腔结构简图

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 kV-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。

28 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，CO_2 减排约 3 万 t/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。

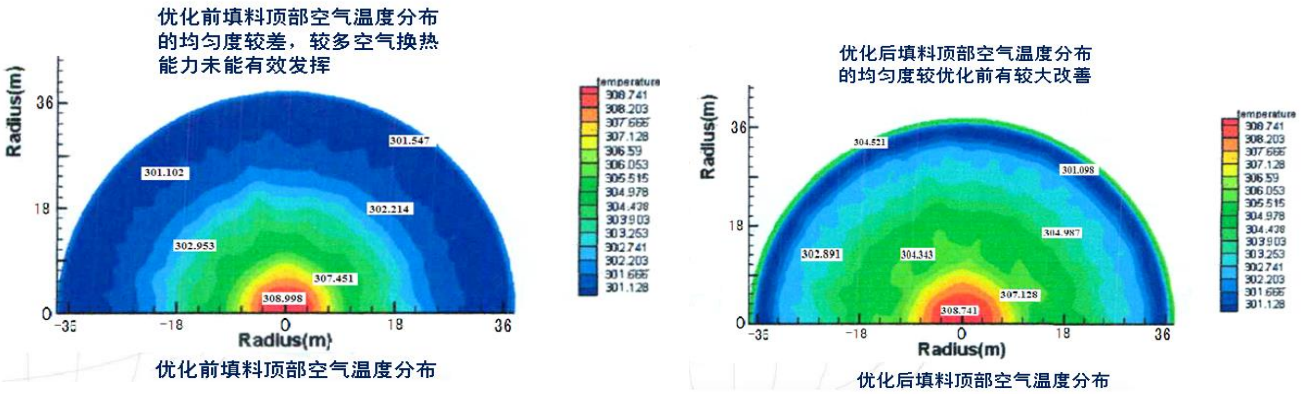


图 1 自然通风逆流湿式冷却塔风水匹配强化换热技术实施效果对比图

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。

29 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，CO_2 减排约 11 万 t/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。

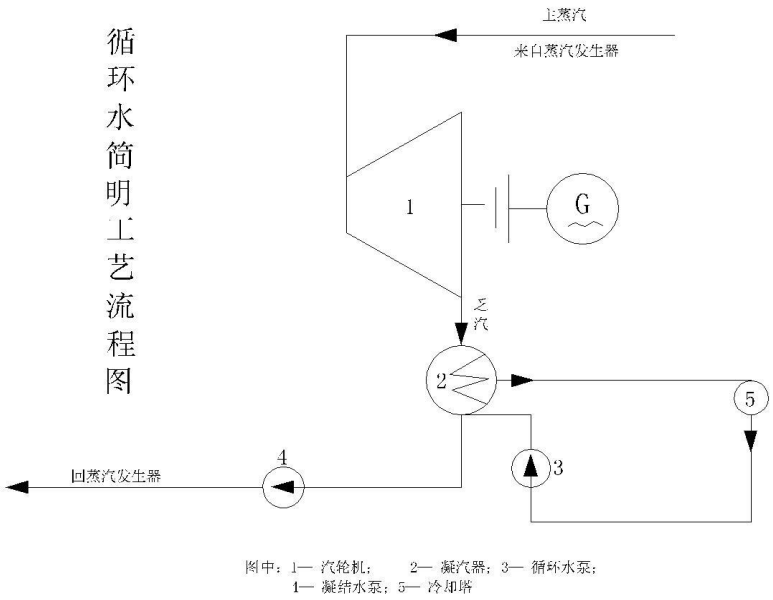


图 1 工艺流程图

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（0.8m-1.2m 时）为 1.5m-2.9m，而被替代的常用喷溅装置其喷溅半径只有 0.5m-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。

30 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，CO_2 减排约 13 万 t/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 t/h -9000t/h，凝汽器背压由 5 kPa -7 kPa 左右升至 30 kPa -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。

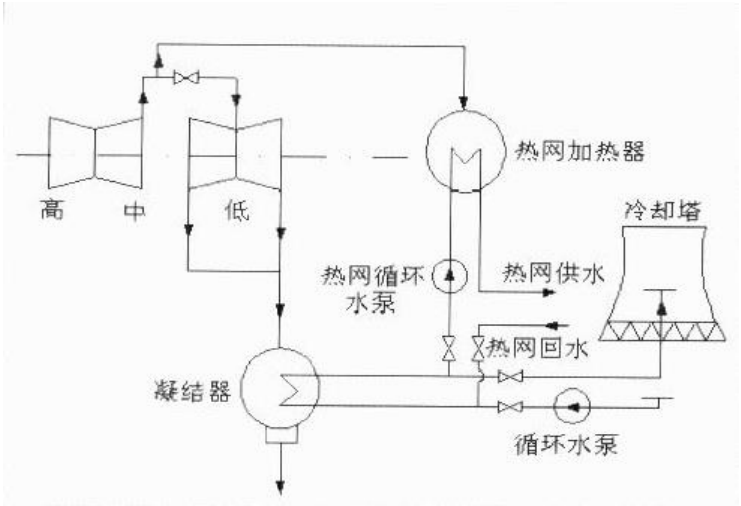


图 1 双背压双转子互换循环水供热工艺流程图



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 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 万吨。投资回收期约 2 年。

八、推广前景和节能减排潜力

该技术主要适合供热热负荷稳定且供热规模较大的 100MW-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。

31 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：火力发电　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 300 MW 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，CO_2 减排约 13 万 t/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。

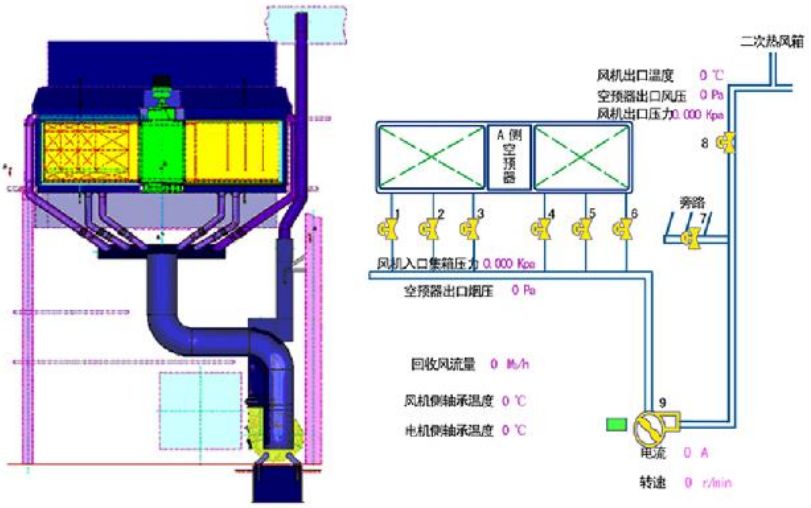


图 1 回转式空气预热器密封节能技术工艺流程

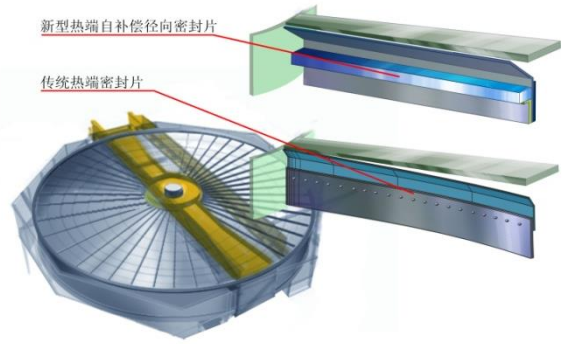


图2内部径向补偿间隙密封片示意图

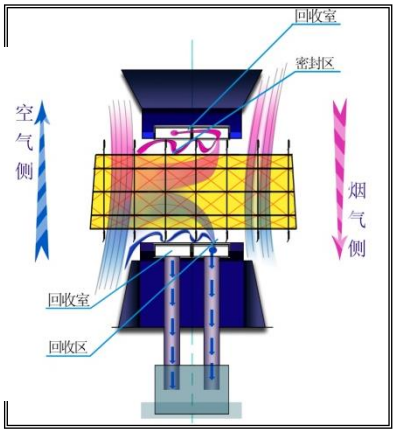


图3漏风回收系统简图

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#1 600MW 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、推广前景和节能减排潜力

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。

32 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，CO_2 减排约 13 万 t/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。

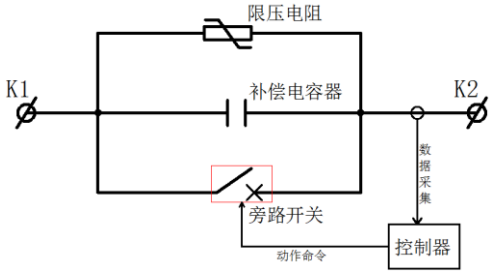


图 1 快速控制补偿电容器投切原理图

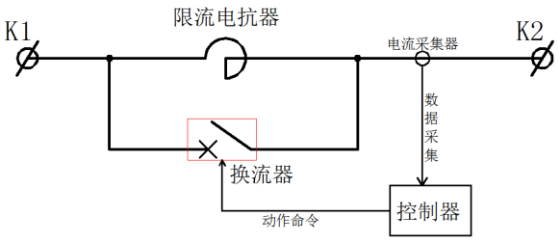


图 2 快速控制限流电抗器投切原理图

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：6kV-500kV；

2. 额定工作电流：限制短路电流 1000 A-5000A，串补电流 100 A-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，减少二氧化碳排放 10058t，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，减少二氧化碳排放 1326t，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。

33 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，CO_2 减排约 8 万 t/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：

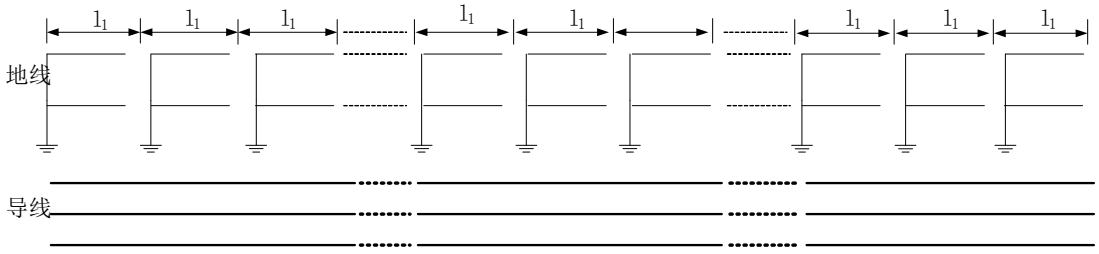


图 1 地线分段，接地点在各分段地线节距端部

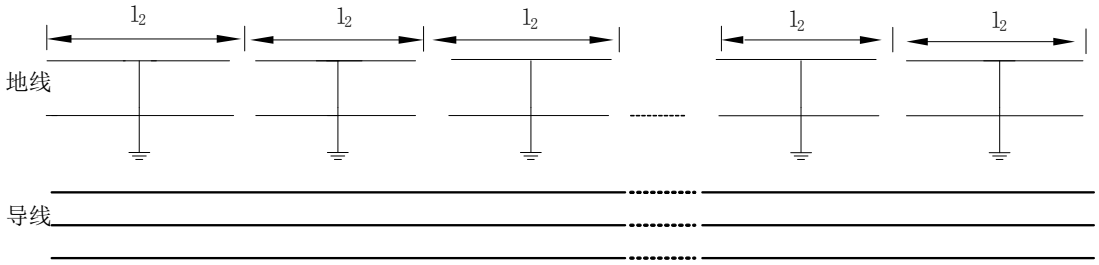


图 2 地线分段，接地点在各分段地线节距中部

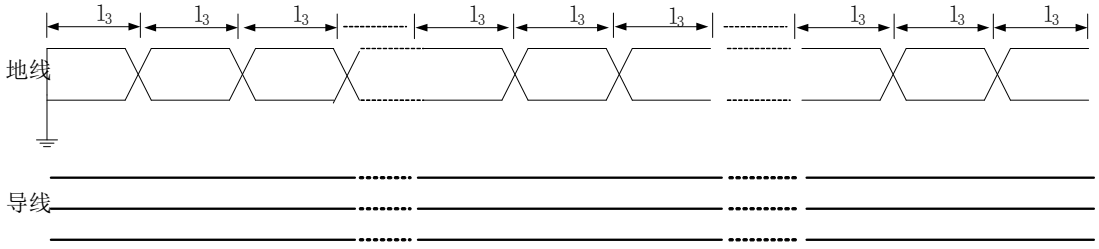


图 3 地线换位，接地点在换位地线节距端部

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，减排二氧化碳 390t，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 54 tce，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。

34 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、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 321 g/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，CO_2 减排约 351 万 t/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。

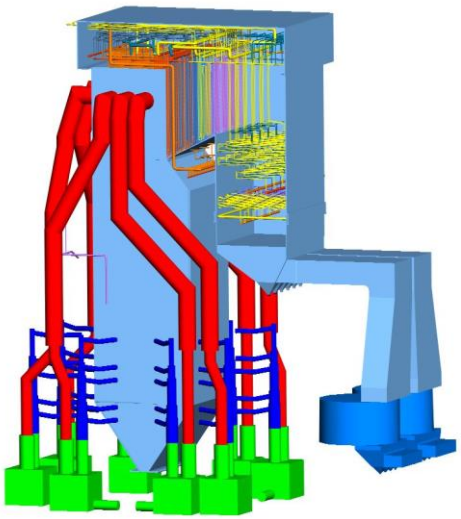


图1 风扇磨制粉系统Π型布置褐煤锅炉

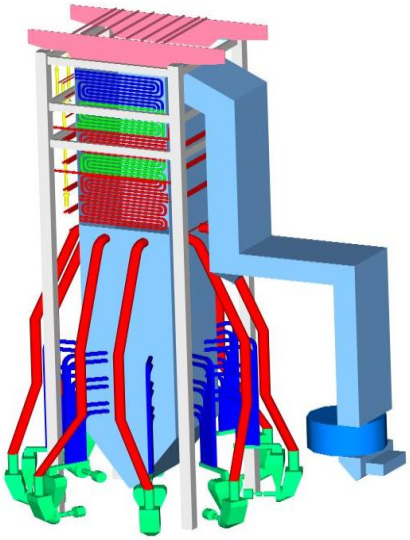


图2 风扇磨制粉系统塔式布置褐煤锅炉

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、典型用户及投资效益

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、推广前景和节能潜力

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。

35 一种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：一种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：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 800kcal/kg-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，CO_2 减排约 66 万 t/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 kcal/kg-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。

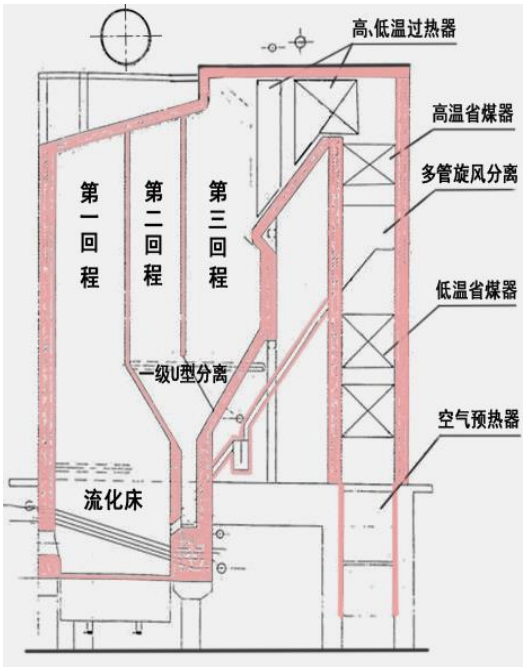


图 1 超低热值煤矸流化床石锅炉示意图

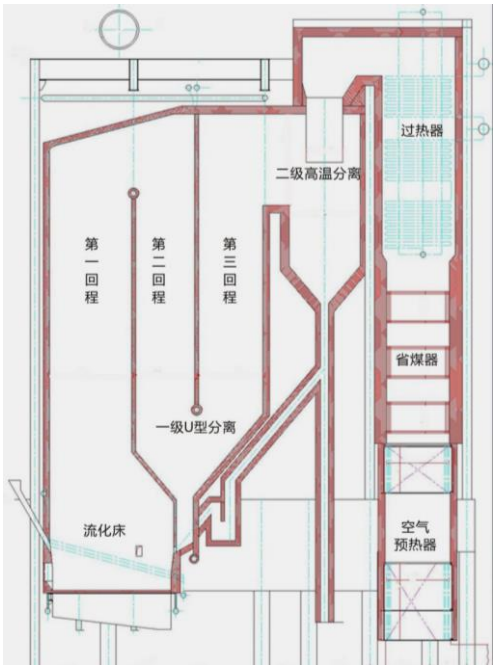


图 2 高热值煤矸石流化床锅炉示意图

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：800kcal/kg-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。

36 大型高炉长周期高效运行的干式 TRT 装置

一、技术名称：大型高炉长周期高效运行的干式 TRT 装置

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业-高炉煤气余压余热发电

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

冶金工业的持续发展需要采用高效、节能、环保的 TRT 装置，以节约能源，减少浪费，降低成本，提高效益。干式 TRT 是为了适应冶金高炉干式除尘系统而研制的新一代产品，是钢铁产业发展的必然选择。

干式 TRT 发电功率比湿式高 30%以上，吨铁回收电量约 50kWh；提高煤气热值 40℃-90℃；可使炉顶压力波动稳定在 ±2kPa 以下；可实现全自动远程一键式自动控制模式。目前该技术可实现节能量 46 万 tce/a，CO_2 减排约 123 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

能量回收透平装置(简称TRT)是世界公认的钢铁企业重大能量回收装置。它是利用高炉炉顶煤气的余压余热，把煤气导入透平膨胀机，使压力能和热能转化为机械能，驱动发电机发电的一种能量回收装置。

干式煤气透平，是为了适应高炉干式除尘系统而研制开发的新一代余压透平，它能充分利用高炉煤气原有的热能，最大限度地利用煤气压力能来进行发电，在高炉炉容相同的条件下，干法比湿法的回收功率可提高30% -40% 以上。这主要是进透平机前的气态参数发生了变化，煤气湿式净化后的温度，一般在50℃左右，而煤气干式净化后的温度一般在120℃-230℃之间，两者之差为70℃-180℃左右，且压力损失小，阻损一般为5kPa，甚至更低。由于干式TRT的煤气温度提高，阻损降低，煤气热焓提高，透平做功的能力也相对提高。

2.关键技术

（1）TRT专用气动、强度计算程序

TRT专用气动计算程序充分考虑到高炉煤气大流量、低压力、频繁波动及含尘等工况特性，提高透平效率；采用不平衡响应法等先进的强度设计理论，整个转子系统的计算结果能够真实模似转子在各种条件下振幅的变化情况，确保安全可靠运行。

（2）干式TRT专用叶型

解决TRT通道积灰和磨蚀是叶型设计成败的关键，积灰往往发生在容易产生附面层分离及旋涡的部位，采用干式TRT专用叶型，可防止积灰又可增加气流膨胀通道长度，提高叶片强度，改善变工况特性。

（3）系统成套技术

成套机组多，产品范围广，配置型式多样，机组成套技术先进、可靠，具有丰富的系统解决问题的经验和能力；陕鼓依托TRT系统为核心，以成套技术为纽带，运用现代项目管理方法，将主导产品与配套设备有机结合，形成以用户单项工程为核心，整体成套设计供货、安装调试的优势，向用户提供完善的整体服务。

（4）高精度顶压稳定控制技术

3H-TRT系统是陕鼓集团公司拥有自主知识产权的新一代高炉煤气压差能量回收系统，系统通过采用具有国际领先水平的STPC技术对高炉顶压进行高精度智能控制，可使炉顶压力稳定在±2kPa以下，大大低于以往控制顶压±5kPa的范围；当顶压高精度稳定控制时，可升高高炉顶压的设定值（可提高3%-8%），增大高炉送风的质量流量，从而提高高炉的利用系数，降低焦比。

（5）粉尘在线监测装置

通过对布袋除尘效果的控制及在线检测除尘效果，实时检测机组的运行条件和运行状况，预测、预防、预报高炉煤气含尘量浓度大小并对机组的运行提出合理化建议，确保机组长周期安全运行。

（6）静叶可调技术

高炉煤气透平装置采用静叶可调，不仅能够扩大工况范围、提高效率和回收功率，而且可以更好的控制炉顶压力，减少压力波动。陕鼓不仅拥有一级静叶可调技术，并且研究开发出了全静叶可调的技术并获国家专利，进一步提高了透平的变工况效率，拓宽了装置的工作范围，同时，透平的第一级静叶可实现全关闭，冲动转速较小。在入口蝶阀、紧急切断阀全开时，利用静叶可使透平平稳启动和停机，并完成自动升速、自动并网、自动升功率和自动控制炉顶压力。

（7）自动控制技术

全自动控制，远程一键式自动控制模式，全部过程实现自动升速、自动投励磁、自动升电压、自动并网、自动升功率和自动控制炉顶压力一键操作，可实现无人操作、无人执守。

3.工艺流程

高炉煤气经重力除尘器、干式除尘器（一般为布袋除尘器）两次除尘后，在减压阀组前经过入口蝶阀、入口插板阀、快速切断阀进入透平膨胀机膨胀做功驱动发电机发电，膨胀后的高炉煤气压力约为10kPa，经过出口插板阀、出口蝶阀进入减压阀组后的煤气总管道去工艺。高炉炉顶压力通过改变透平静叶的工作角度来控制，满足机组变工况的要求。工艺流程见图1。

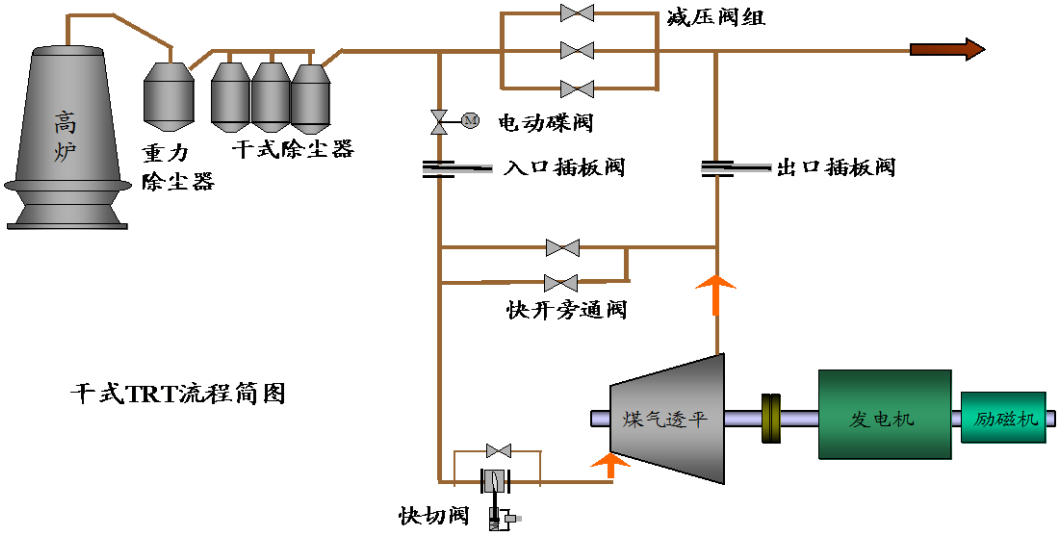


图 1 工艺流程图

五、主要技术指标

干式 TRT 用于采用干法除尘工艺中高炉煤气的能量回收，经干法除尘后的高炉煤气一般为 150℃-250℃左右，压力损失约 5kPa 左右， 含尘量 5mg/m^3 左右。

1.大幅提升 TRT 回收功率：干式除尘器的出口煤气温度高、压力损失小，因此发电功率比湿式高 30%以上，吨铁回收电量约 50kWh。

2.除尘效率高：干式除尘系统除尘阻力损失小（湿式阻损约 15 kPa -45kPa，干式阻损约 2 kPa -5kPa），并在运行中通过脉冲反吹布袋除尘技术，实现除尘连续性；干的粉尘还可以再利用。

3.节水节电：干式除尘与湿式除尘相比，生产每吨铁可节水约 9 吨、节电约 60%-70%。

4.提高煤气热值：干式 TRT 系统排出的煤气温度高，所含热量多、水分低，煤气的理论燃烧温度高，可有效提高理论燃烧温度及热效率。如用于烧热风炉，高炉热风温度可提高 40-90℃，相应降低炼铁焦比 8-16 公斤/吨。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2003 年 4 月，国产首套干式 TRT 在杭钢 420m^3 高炉上率先通过试车考核后正式投运，机组运行良好，干式 TRT 应用取得重大突破。并已经在宝钢、莱钢、安钢等 4000m^3 以上大高炉得到应用，效果显著。

七、典型应用案例

典型用户及应用案例（应用单位、节能改造情况、节能效果和经济效益概述）

应用单位：上海宝钢

技术提供单位：西安陕鼓动力股份有限公司

应用节能技术情况：上海宝钢 1#（5046m^3）高炉，采用干式 TRT，回收高炉煤气余压余热，透平回收功率达 25000kW 左右。目前机组运行情况良好，节能效果显著。节能效果分析：采用干式 TRT 后，回收功率达到 25000kW，每年按 8000 小时计算，年回收电能 25000×8000=20000 万 kWh，按节能效益果计算（每度电按 0.5 元计），预计可为用户节约费用 1 亿元；按照电力折算标准煤等价系数计算，节能量可达到 6.4 万 tce/a，二氧化碳减排量可达到 16.8 万 tCO_2/a。

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 70%，总投入 12 亿元，年节能能力 65 万 tce/a，减排能力 172 万 tCO_2/a。

37 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： 适用于年产焦炭 190 万吨及以上的焦化厂

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，CO_2 减排约 87 万 t/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。

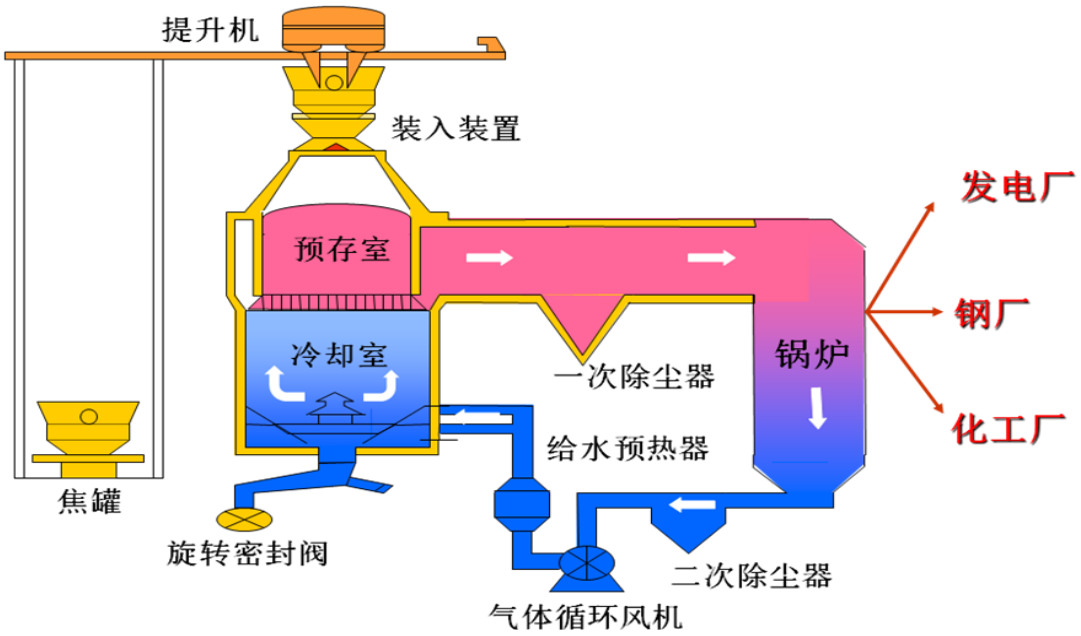


图 1 工艺流程图

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#，260 t/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 101956 吨，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，高炉焦比降低至少 20kg/吨铁。

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 280 吨。

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 t/h -260t/h)干熄焦高出 6.7%。单位节能量投资额为 0.1971 万元/tce，基准情景的单位节能量投资额 0.2630 万元/tce，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。

38 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，CO_2减排约21万t/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，二氧化碳减排能力41万tCO_2/a。

39 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：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：6kWh -15kWh；0.3m^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：2kWh -3.8kWh；0.1 m^3-0.2m^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 15 mg/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，CO_2 减排约 21 万 t/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。

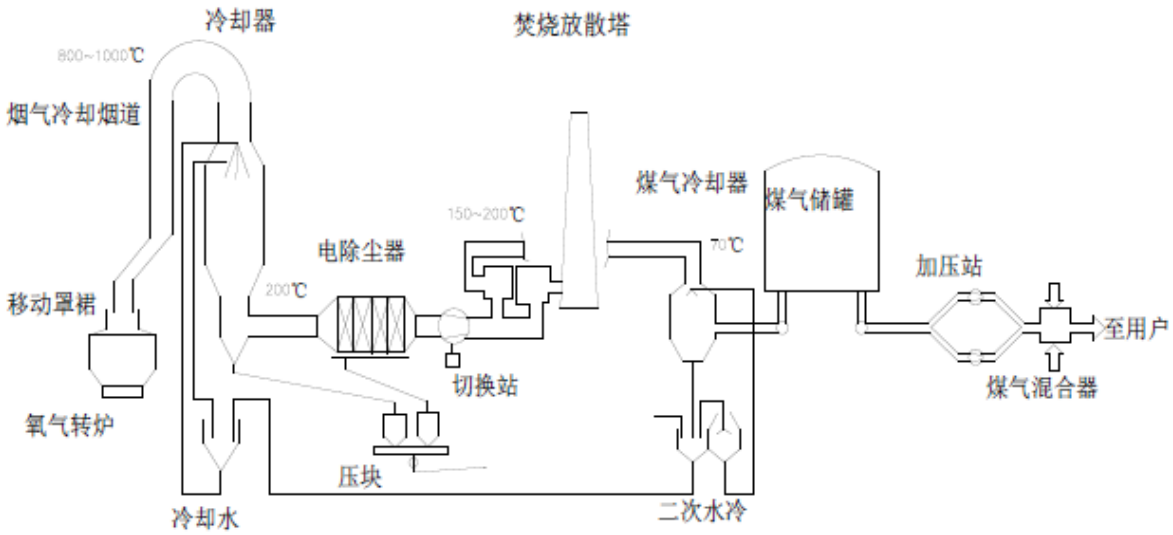


图 1 工艺流程图

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：信刚

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 65 吨转炉，技改内容：信钢为新建 3 套 65 吨转炉配套 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 5 公斤标准煤。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 220 吨转炉，技改内容：攀钢西昌为新建 3 套 220 吨炼钢转炉配套 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 5 公斤标准煤。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。

40 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

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，CO_2 减排约 42 万 t/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.

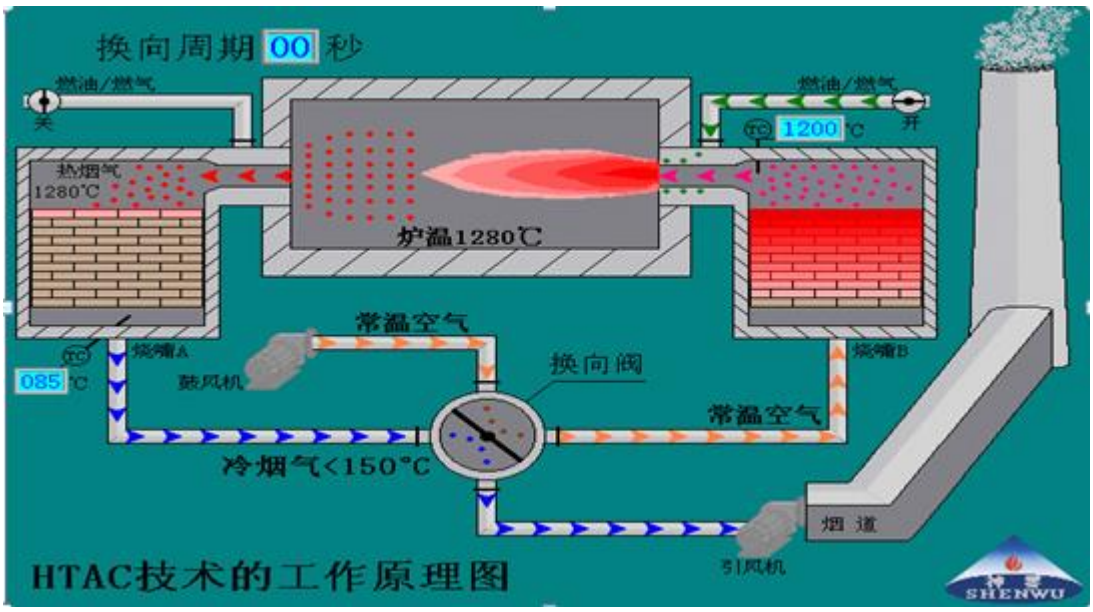


图 1 蓄热式燃烧器的工作原理图

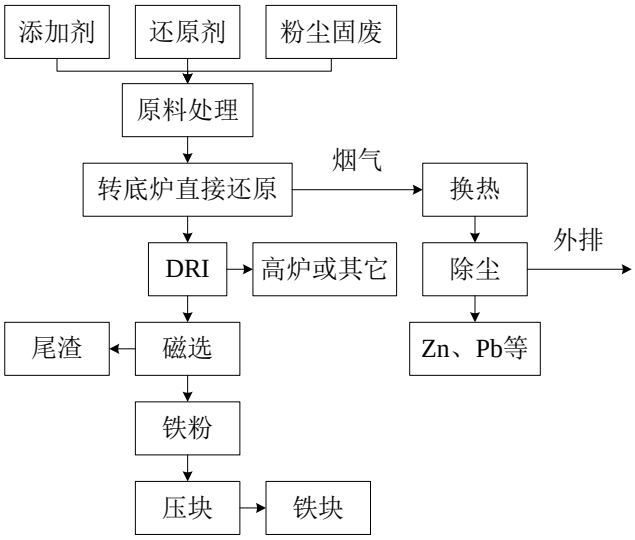


图 2 蓄热式转底炉处理含锌粉尘工艺流程图

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	72-96%	94-97%	＞	30 万	209.3kgce

艺			90%	t/a	
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 40 kgce/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 万吨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 万吨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 70kg 标准煤，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 万吨，减少 SO_2 排放 238 吨。

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。

41 低热值高炉煤气燃气-蒸汽联合循环发电

一、技术名称：低热值高炉煤气燃气-蒸汽联合循环发电

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业钢铁企业自发电

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国不少钢铁企业高炉煤气放散率在10%以上。目前该技术可实现节能量6万tce/a，CO_2减排约16万t/a。

四、技术内容

1.技术原理

燃气蒸汽联合循环发电装置是燃气循环机组与蒸汽循环机组的联合体，燃气轮机燃烧做功，排出的烟气再通过余热锅炉产生蒸汽而做功发电。

2.关键技术

（1）高炉煤气的预处理：除尘和精脱苯、脱硫燃气配比技术；

（2）煤气两级压缩（低压和高压）技术；

（3）高效燃气轮机技术。

3.工艺流程

从总管来的高炉煤气先经湿式电除尘器除尘，再经煤气加热器加热，后经低、高压空气压缩机压缩，进入燃气轮机燃烧做功，排出的烟气经过余热锅炉产生蒸汽，蒸汽带动汽轮机驱动压缩机做功，多余功带动发电机发电。

五、主要技术指标

CCPP 装置的高炉煤气量一般都较大，折算到压缩机进口状态，流量基本都大于1700m^3/min。

六、典型应用案例

宝钢、鞍钢、邯钢、济钢等。

典型案例 1：某钢铁企业 15 万 kW 低热值高炉煤气-蒸汽联合循环发电装置，节能技改投资额 56198 万元，年可发电 9.4 亿 kWh，取得经济效益 7015 万元，投资回收期为 8.3 年。

:典型案例 2：某钢铁企业 300MWCCPP 发电机组，节能技改投资额 9 亿元左右，年可发电 20 亿 kWh 以上，取得经济效益 1.5 亿元，投资回收期 7 年左右。

七、推广前景及节能减排潜力

采用 CCPP 技术目前在国内只有少数几家，该技术可以有效解决煤气放散问题，且发电效益大大提高，对于目前钢铁企业节能降耗起到很大的技术推动作用，推广潜力巨大。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 25 亿元，年节能能力 12 万 tce/a，减排能力 33 万 tCO_2/a。

42 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：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，CO_2 减排约 53 万 t/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％。

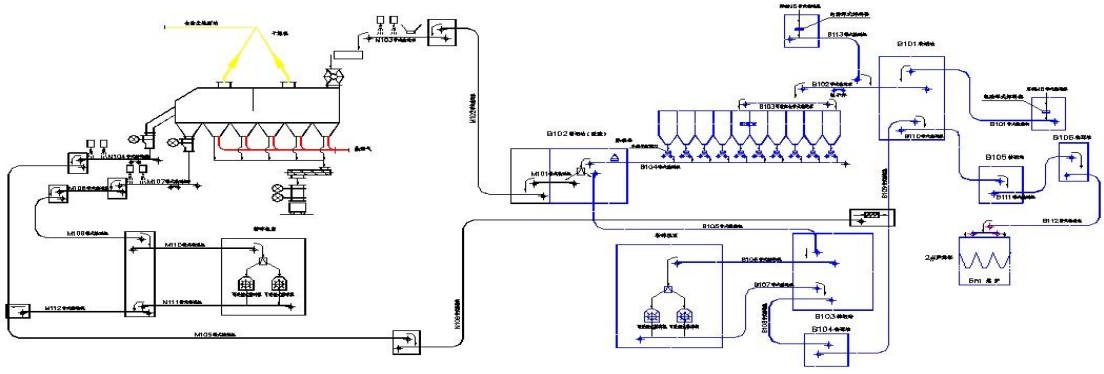
3.工艺流程

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	1582.6kw/h
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 36116 吨标准煤。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。

43 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：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，CO_2减排约475万t/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。

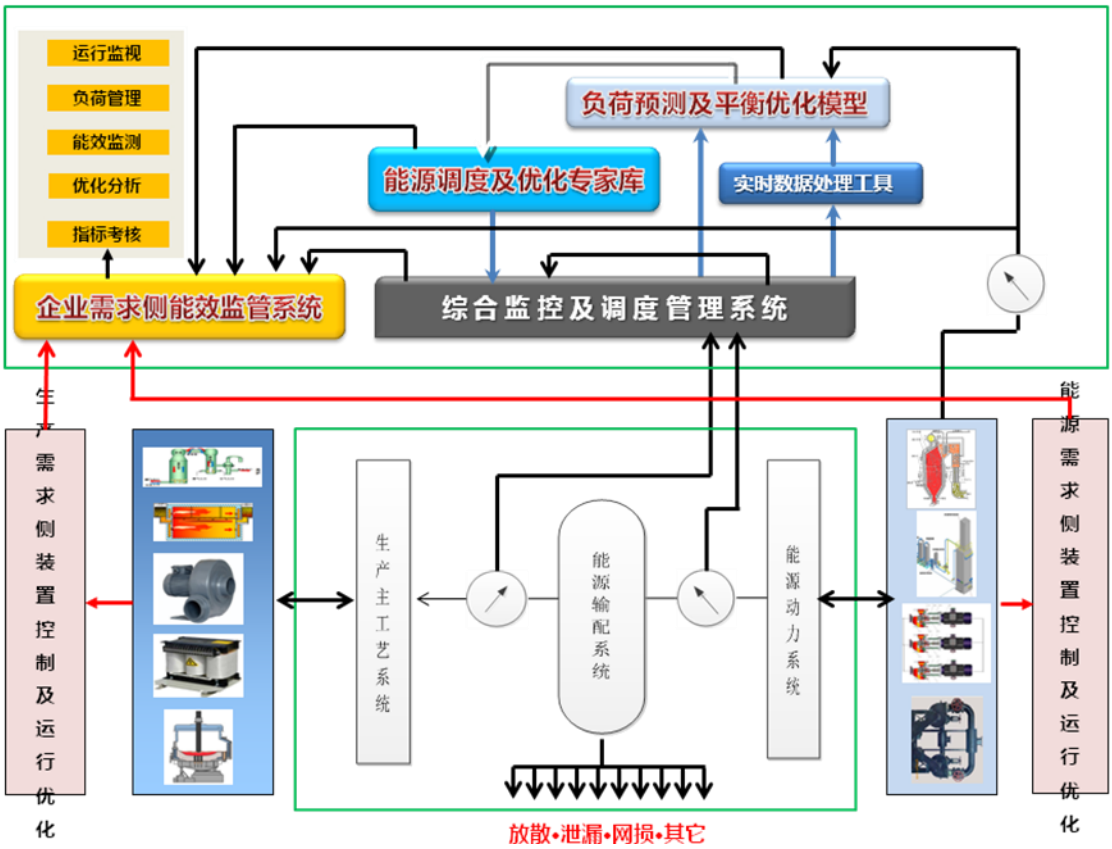


图 1 能源需求侧管理结构图

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 10000-50000 吨标准煤。节能改造投资额：3000-8000 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。

44 矿热炉节能技术

矿热炉节能技术之一：低压动态无功补偿技术

一、技术名称：矿热炉节能技术之一低压动态无功补偿技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业铁合金及化工行业电石、铁合金等高耗能行业

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 100 万 tce/a，CO_2 减排约 264 万 t/a。

四、主要技术内容

该技术根据电炉冶炼系统无功功率和谐波电流的实际问题和特点，提出科学、先进的技术解决方案，使得电炉冶炼系统在冶炼过程中交流母排、电炉装置等部分需要的无功功率，不需要经过低压交流侧通过交流母排、变压器、供电网络流转后和一次侧电网或高压侧的无功补偿装置交换；通过动态实时综合控制，使无功功率大部分的交换发生在电炉低压交流侧无功功率补偿装置中，达到动态实时补偿无功功率的目的，减小无功电流和总电流，能有效动态地控制电炉冶炼系统的无功功率，减小无功消耗。同时，电炉冶炼装置等产生的 5 次、7 次、11 次、13 次、17 次等谐波电流，通过静止无功功率发生器（SVG），利用可控的大功率半导体器件向交流母排注入与谐波电流幅值相等、相位相反的电流，使交流母排上的总谐波电流为零并使无功功率趋于无限小。电炉变压器产生的谐波电流不经过交流母排和电炉变压器流转，大幅度缩短了流转路径、减小了谐波电流幅值和总电流，能有效动态地控制冶炼系统的谐波电流，使得谐波产生的消耗大幅度减小。

总之，通过连接在低压交流侧无功补偿和静止无功功率发生器（SVG）的作用，有效降低了无功功率和谐波电流的流转路径和交换幅值，并通过减小三相功率不平衡，解决企业电耗高、效率低的问题。

五、主要技术指标

1.补偿系统进入自动投切模式后，功率因数最高可达到 0.98；

2.补偿系统投入前后三相有功率的偏差小于单项平均功率的 5%，即系统三相功率不平衡≤5%；

3.超标谐波电压与谐波电流均不超过国家标准；

4.补偿系统进入自动投切模式后功率有功功率增加 16%以上；

5.补偿系统进入自动投切模式后无功功率减小 40%以上。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

目前已经推广应用的矿热电炉 130 台以上，占总数的 10％左右。

七、典型项目投资额及效益：

25000kVA 矿热电炉投资额 350 万元，12500kVA 矿热电炉投资额 150 万元。项目节电量按 25000kVA 矿热电炉冶炼 75 硅铁计算 540-1440 万 kWh。

八、推广前景及节能减排潜力

我国现有大中小型铁合金矿热电炉 3000 多台，今后随着淘汰小电炉和新上电炉大型化，基本上大中型矿热电炉都可应用该项技术，总的节能潜力 50 亿 kWh 左右。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 30%，节能能力 150 万 tce/a，减排能力 396 万 tCO_2/a。

矿热炉节能技术之二：组合式电极系统

一、技术名称：矿热炉节能技术之二组合式电极系统

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业铁合金及化工行业电石、铁合金等高耗能行业

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 100 万 tce/a，CO_2 减排约 264 万 t/a。

四、主要技术内容：

1.结构特点

（1）导电元件与电极的接触是平面接触，改变了铜瓦与电极的弧面接触，改变了导电方式；

（2）电极压放系统采用了液压卡钳，直接卡在电极的筋片上，结构简单，体积小。

2.技术效果

（1）改善了导电性能，提高了导电率；

（2）电极压放时不用减负荷，提高了矿热炉的有效运行率；

（3）由于导电的筋片伸入电极糊内，电极烧结好，基本不发生电极软断；

（4）电极压放准确，运行稳定、可靠；

（5）由于导电元件与电极的接触是平面接触，基本没有打电现象。

由于以上原因，电极事故明显减少，设备有效利用率明显提高。

五、技术条件

1.电极壳制作安装精度要求高；

2.导电元件的制作安装精度高，要保证导电元件与电极壳筋片之间紧密接触并能滑动；

3.电极烧结高度掌握准确，不发生过烧。

六、典型项目投资额及效益：

6300kVA 矿热炉 160 万元；12500kVA 矿热炉 250 万元；25000kVA 矿热炉 310 万元。单位节能量按冶炼 75 硅铁计算 400-800kWh/t。项目节能量按 25000kVA 矿热炉计算 800-1600 万 kWh。

七、推广前景及节能减排潜力

我国现有大中小型铁合金矿热电炉 3000 多台，今后随着淘汰小电炉和新上电炉大型化，基本上大中型矿热电炉都可应用该项技术，总的节能潜力 50 亿 kWh 左右。预计

未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 30%，节能能力 150 万 tce/a，减排能力 396 万 tCO_2/a。

45 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，CO_2减排约100万t/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。

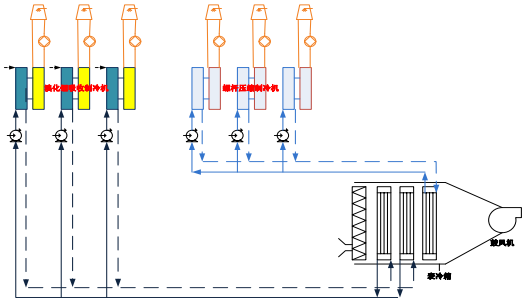


图1　高炉鼓风除湿系统工艺流程图

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 1500-2000 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 3000-4000 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。

46 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：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 万吨标煤以上。

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，CO_2 减排约 11 万 t/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：

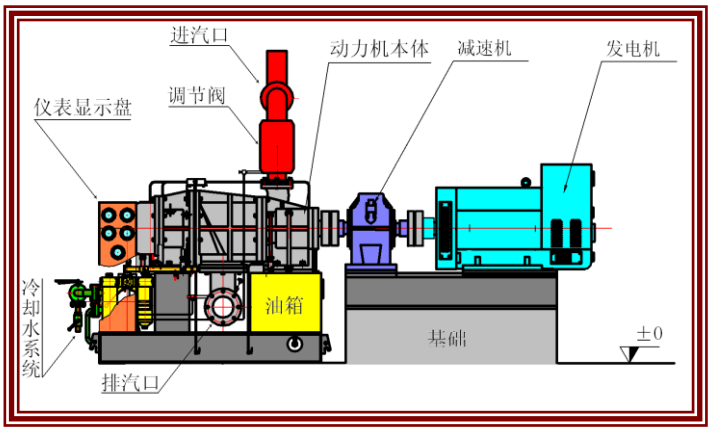


图 1　螺杆膨胀动力机结构简图

工艺流程见图 2：

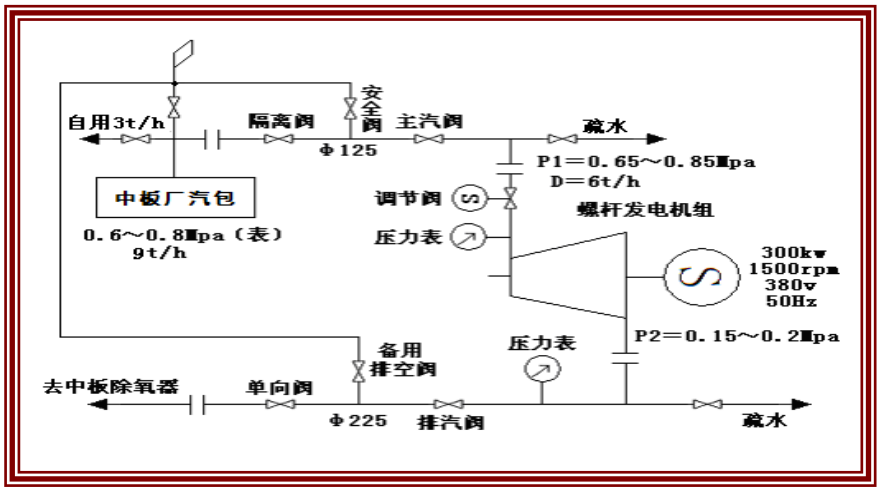


图 2　应用螺杆膨胀机的系统工艺流程图

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 rpm -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 万吨，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。

47 电炉余热和加热炉余热联合发电技术

一、技术名称：电炉余热和加热炉余热联合发电技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业电炉炼钢

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

当前，中国钢铁工业能耗总量占全国能耗总量的 12%-15%，其中，电炉炼钢占全国钢铁产量的 10%。电炉炼钢过程中会产生大量的高温含尘烟气（约 1000℃-1400℃），烟气显热占电炉炼钢总能耗的 10%以上。目前国内对烟气冷却方式主要为水冷方式，即冶炼所产生的一次烟气从其第四孔抽出，经水冷弯头、水冷滑套、燃烧沉降室、水冷烟道冷却后，再经空冷器或喷雾冷却塔降到约 350℃ ，最后与来自大密闭罩及屋顶除尘罩温度为 60℃的二次废气相混合，混合后的废气温度低于 130℃，进除尘器净化，并经风机排往大气。该方式实现了烟气降温除尘的目的，缺点是：一方面消耗大量的电能和水，另一方面大量高温烟气的热量没有得到回收利用。目前该技术可实现节能量 20 万 tce/a，CO_2 减排约 53 万 t/a。

四、技术内容

1．技术原理

电炉第四孔的炉气，经炉盖弯管和移动弯管烟道之间的间隙，进入移动弯管烟道，同时抽入一定量的炉外空气，以燃烬炉气中的CO等可燃气体形成高温烟气，高温烟气依次经过沉降室、汽化烟道、余热锅炉及节能器生产一定压力的蒸汽供生产生活使用，同时经余热利用系统后的烟气温度降到约250℃，与来自大密闭罩及屋顶除尘罩温度为6O℃的二次废气相混合，混合后的废气温度低于130℃，进除尘器净化，并经风机排往大气。

2．关键技术

根据系统所处工况的不同，工艺系统可分别采用低压强制循环汽化冷却系统、中压强制循环汽化冷却系统、中压自然循环汽化冷却系统及直流系统，最大限度回收烟气余热，同时综合考虑系统安全可靠、经济运行、延长系统使用寿命及降低投资等因素。

余热锅炉设备的关键技术为：合理的烟气量、汽化冷却方式和强制循环倍率的选择，受热面的形式选择及对烟气中的粉尘适应性（含耐磨性和粘结性），合理的烟道流速选择。

3．工艺流程

工艺流程见图 1。

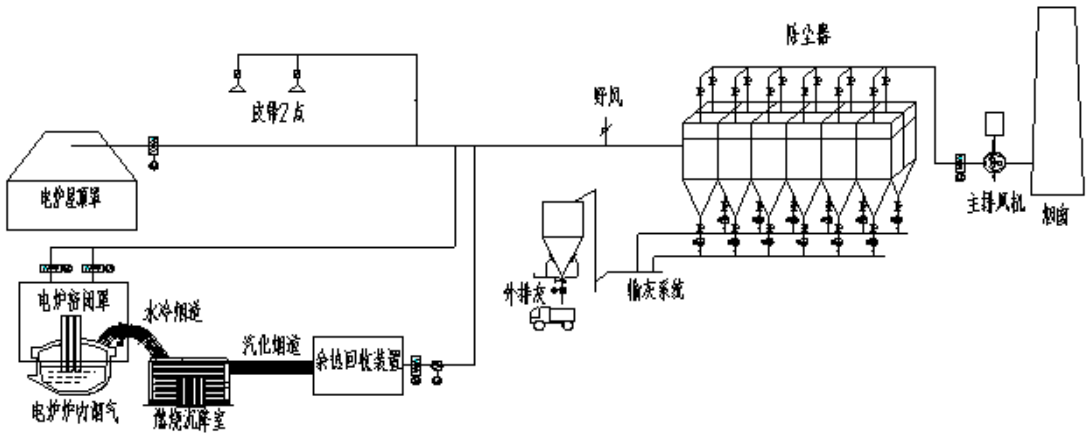


图 1　电炉烟气余热回收利用系统工艺流程图

五、主要技术指标

1.回收蒸汽量：140-200kg/吨钢；

2.余热利用系统排烟温度：≤250℃。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

目前，欧洲及俄罗斯部分钢铁厂的电炉烟气余热利用已经实现了汽化冷却产生蒸汽供钢铁厂生产生活使用，这样可大大降低除尘系统运行的电耗，降低炼钢成本，是电炉烟气冷却除尘的最佳工艺方向。但国内电炉烟气冷却除尘处理还一直停留在水冷方式上，在生产蒸汽方面尚无成熟的技术。本技术在河北邢钢集团邢台不锈钢有限公司进行了首台示范应用。

七、典型应用案例

典型用户：河北邢钢集团邢台不锈钢有限公司

技术提供单位：山东省冶金设计院股份有限公司

建设规模：50t 电炉。主要技改内容：电炉烟气余热回收利用系统，主要设备为移动转弯烟道、固定斜烟道、沉降室、水平烟道、除尘器、余热锅炉本体、节能器及相关辅机。节能技改投资额 1286 万元，建设期 9 个月。年回收蒸汽量 5.0929 万吨；折合 5600tce/a，年节约 830 万元，投资回收期 2.3 年（含建设期）。

八、推广前景及节能减排潜力

按照目前电炉钢比例计算，预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 90%，预计投资总额 25 亿元，节能能力 44 万 tce/a，减排能力 116 万 tCO_2/a。

48 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 万吨，耗电量约为 1100 亿 kWh。目前该技术可实现节能量 53 万 tce/a，CO_2 减排约 140 万 t/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。

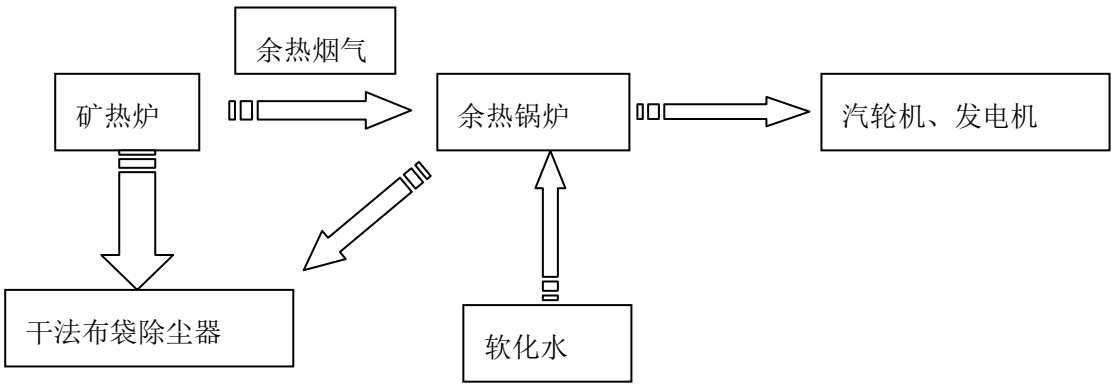


图 1 硅系铁合金冶炼矿热炉烟气余热利用系统示意图

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 亿度。

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 13 吨余热锅炉，24000kW 余热发电机组及配套设施，设计年发电量为 1.92 亿度。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 13 吨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 13 吨余热锅炉和 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 亿度计算），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。

49 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、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300万吨标准煤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，CO_2减排约21万t/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。

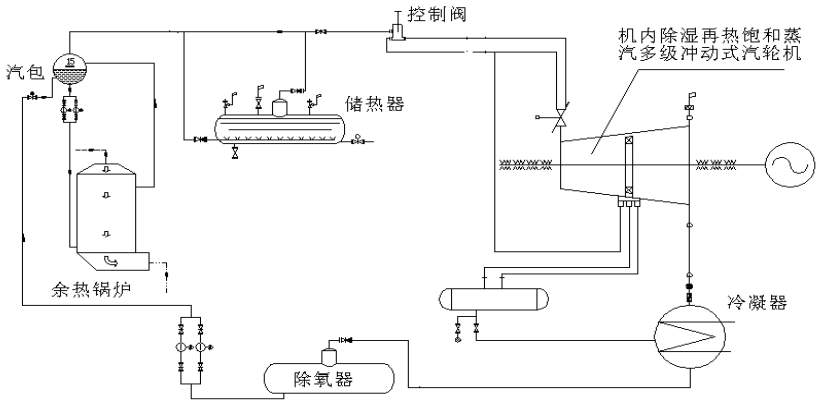


图 1 非稳态余热回收及饱和蒸汽发电技术系统流程图

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。

50 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，CO_2减排约219万t/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 万吨热轧带钢加热炉。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。

51 棒材多线切分与控轧控冷节能技术

一、技术名称：棒材多线切分与控轧控冷节能技术

二、技术所属领域及适用范围：钢铁行业 小规格螺纹钢轧制

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，国内轧钢企业轧制小规格螺纹钢筋的能耗为 53kgce/t 钢；主要生产Ⅱ级螺纹钢，我国建筑领域今后将要求使用Ⅲ级或以上等级螺纹钢，所以提高螺纹钢强度及降低生产能耗是小规格螺纹钢筋的主要发展方向。目前应用该技术可实现节能量 3 万 tce/a，CO_2 减排约 8 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

多线切分技术是在型钢热轧机上利用特殊轧辊孔型和切分导卫装置将一根轧件沿纵向切成多根轧件，进而轧制出多根成品轧材。其中四/五切分导卫装置采用前后两组切分轮，前切分轮将多联钢坯外侧的两条钢先分离，后切分轮将中间的两联或三联钢坯再分离，从而实现四/五切分轧制。

控轧控冷技术是在热轧过程中，通过对轧材的变形控制和在机架间及成品后安装一种专门的水冷装置，让轧件在常温的水中穿过，对轧件进行快速冷却，从而达到提高钢材组织和性能的目的。

2.关键技术

（1）多线切分技术

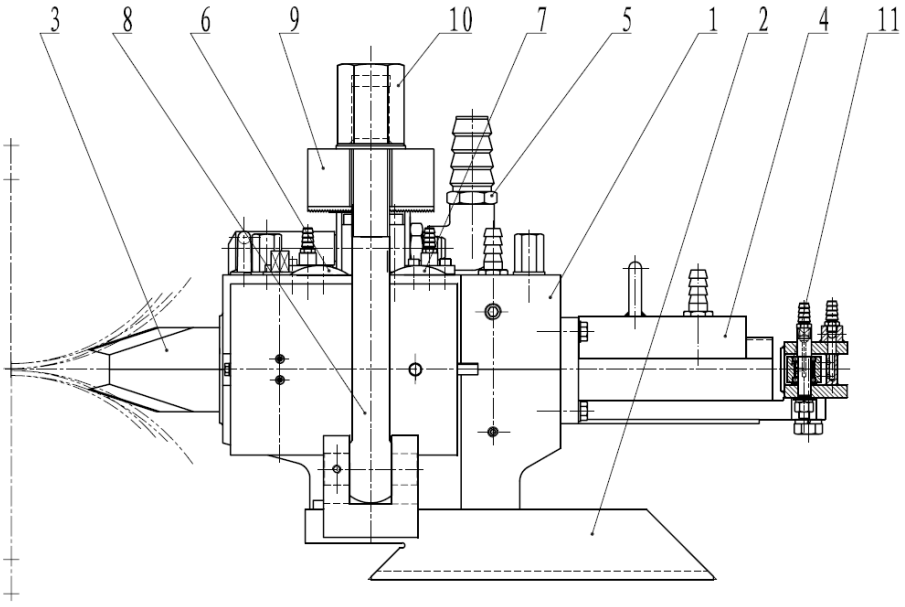
在多线切分装置前端设计了铲嘴和铲尖，解决了轧件缠辊及精确对中问题；采用蜗轮蜗杆无级调节技术；分料箱内采用滚动摩擦，保证轧件不易堵钢；开发了高耐磨、不粘钢，耐冲击，耐高温等关键零部件所需要的新材料；根据装备条件设计了相匹配的特殊的四/五切分孔型系统和相应的自动化控制系统。

（2）控轧控冷技术

采用特殊的纹式管，让轧件在穿水装置中运行更流畅，降低堵钢机率；关键零部件采用高耐磨的新材料；根据轧件速度、温度等对水流量、压力实现自动调节与控制。

3.工艺流程

多线切分装置和控轧空冷装置的基本结构见图 1、2。



1 箱体　2 底座　3 铲嘴　4 分料槽 5 水嘴　6 前切分轮组　7 后切分轮组　8 拉杆　9 压紧装置　10 螺栓　11 分料辊

图 1 多线切分装置结构简图

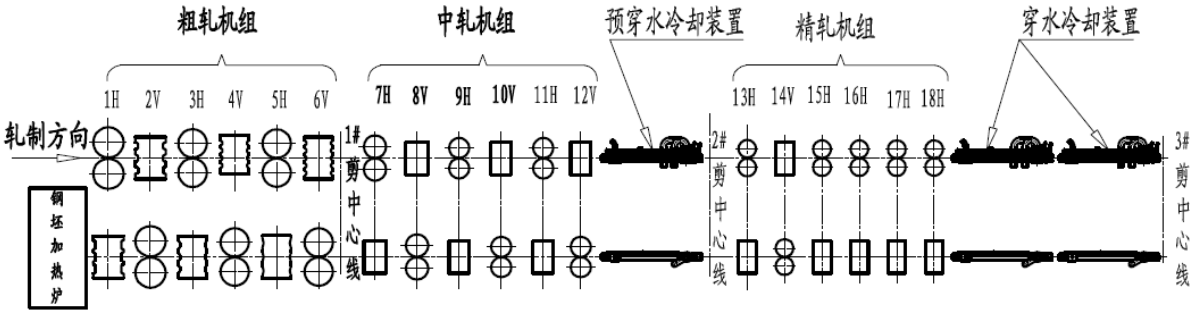


图 2 控轧空冷装置结构简图

五、主要技术指标

1．减少加热炉待温时间，与两切分相比缩短约 20s/t 钢坯；

2．提高轧制效率，与两切分相比提高 185%以上；

3．节能率 10%以上；

4．螺纹钢质量可提高 1-2 个等级，生产小规格产品可代替大规格产品，节约钢材 12%左右。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术 2008 年获得安徽省科技进步二等奖，相关技术与装备已获得国家专利。

目前，多线切分技术已成功运用于酒钢集团翼城钢铁公司、武钢玉溪钢铁公司、红河钢铁公司、江西萍钢集团、山东石横特钢集团、首钢长冶钢铁公司、水城钢铁公司等。控轧控冷技术已成功运用于酒钢翼城钢铁公司、愉中钢铁公司；武钢玉溪钢铁公司、红河钢铁公司等，技术成熟可靠。

七、典型应用案例

典型用户：昆钢集团、晋城福盛钢铁有限公司、萍钢集团等

典型案例 1

技术提供单位：合肥东方节能科技股份有限公司

建设规模：年产 80 万吨螺纹钢轧钢线。主要技改内容：对原有用于轧制单线产品的生产线，改造为多线切分及控轧控冷轧制的生产线。主要设备增加多切分轧制设备，改造活套、导槽等辅助设备；增建轧机间的控轧控冷轧制设备，增加精轧成品后的控轧控冷轧制设备等。节能技改投资额 1000 万元，建设期 2 个月。每年可节能 4165tce，年节能经济效益为 620 万元，投资回收期约 1.5 年。

典型案例 2

技术提供单位：合肥东方节能科技股份有限公司

建设规模：年产 80 万吨螺纹钢二切分轧制生产线改造。主要技改内容：轧制产品进行多线切分改造，对轧制过程进行控轧控冷技术改造，主要设备包括对轧制工艺进行修改，增加四/五切分轧制设备，按四/五切分要求改造活套、导槽等辅助设备；增建轧机间的控轧控冷轧制技术设备，增加精轧成品后的控轧控冷轧制技术设备。节能技改投资额 900 万元，建设期 1.5 个月。每年可节能万 4080tce，年节能经济效益 600 万元，投资回收期 1.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

据统计，2011 年我国螺纹钢筋总产量 1.66 亿吨，其中 φ10-12mm 螺纹钢筋产量 1374 万吨，φ14mm 螺纹钢筋产量约 2500 万吨，占国内钢筋总产量的 23.3%。由于高强度钢筋具有强度高、节材、可降低混凝土的排筋密度等一系列特点，国家将加大 400MPa 及以上高强度钢筋的推广使用力度。预计未来 φ10-φ14mm 钢筋消费量将有所增长，棒材多线切分与控轧控冷节能技术不仅节能节材，而且还可提高小规格螺纹钢筋的轧制强度，具有较好发展空间。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 1.7 亿元，节能能力 11 万 tce/a，减排能力 29 万 tCO_2/a。

52 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，CO_2 减排约 3 万 t/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；

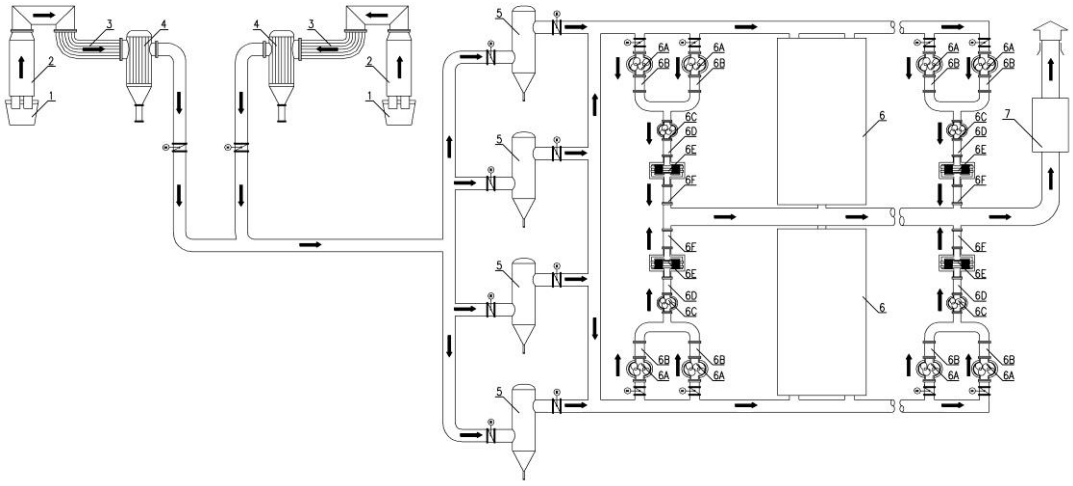
（2）干式机械真空泵组安全运行技术；

（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，210t RH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110t VD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 210t RH 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 150t RH 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。

53 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，CO_2 减排约 18 万 t/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。

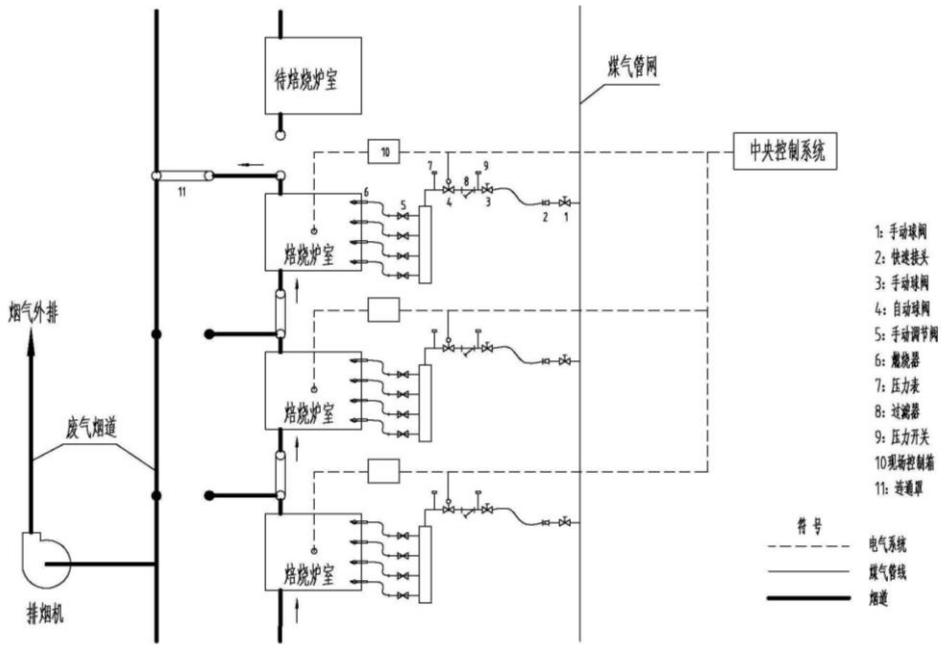


图 1 炭素环式焙烧炉燃烧系统优化工艺流程图

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，二氧化碳减排能力 103 万 tCO_2/a。

54 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，CO_2 减排约 8 万 t/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；

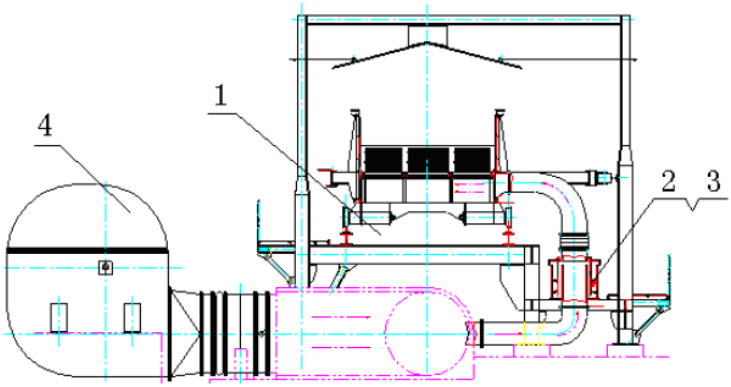
（5）气流均衡散料处理综合技术；

（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：420 ㎡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：228 ㎡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。

55 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，CO_2 减排约 195 万 t/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。

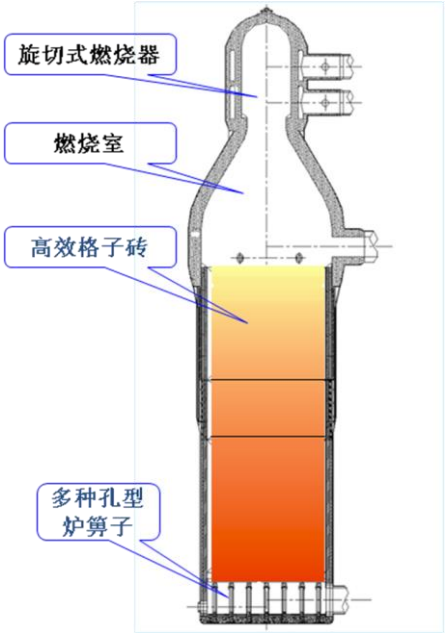


图 1 旋切式高风温顶燃热风炉示意图

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 3200 m^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：3200 m^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 21000 tce，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。

56 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：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，CO_2减排约18万t/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。

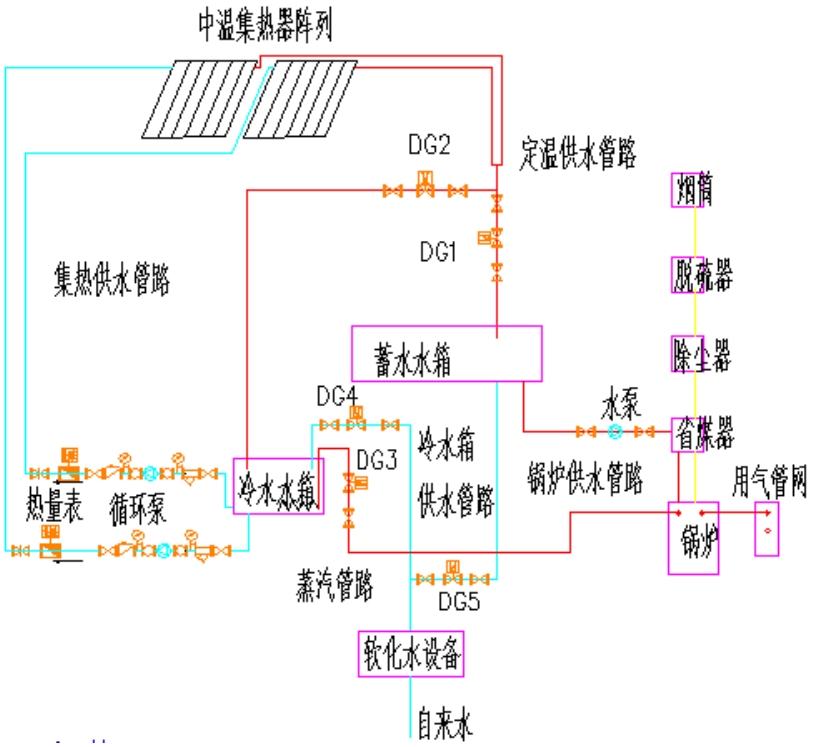


图 1 中低温太阳能工业热力应用系统技术流程图

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 5870 m^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 10 吨燃煤锅炉提供 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 3557 m^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 328 tce，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。

57 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 GE 50MW 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，CO_2 减排约 8 万 t/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。

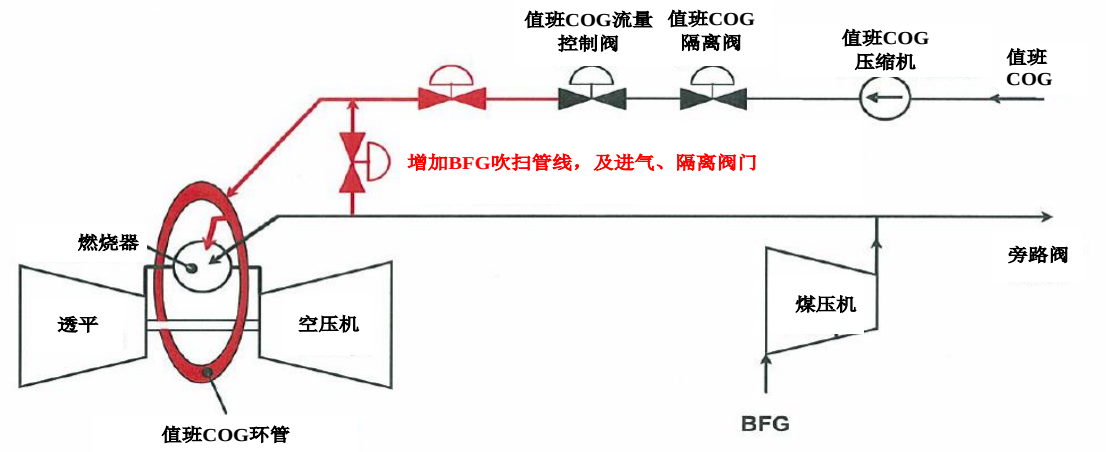


图 1 燃气轮机值班燃料替代技术工艺流程图

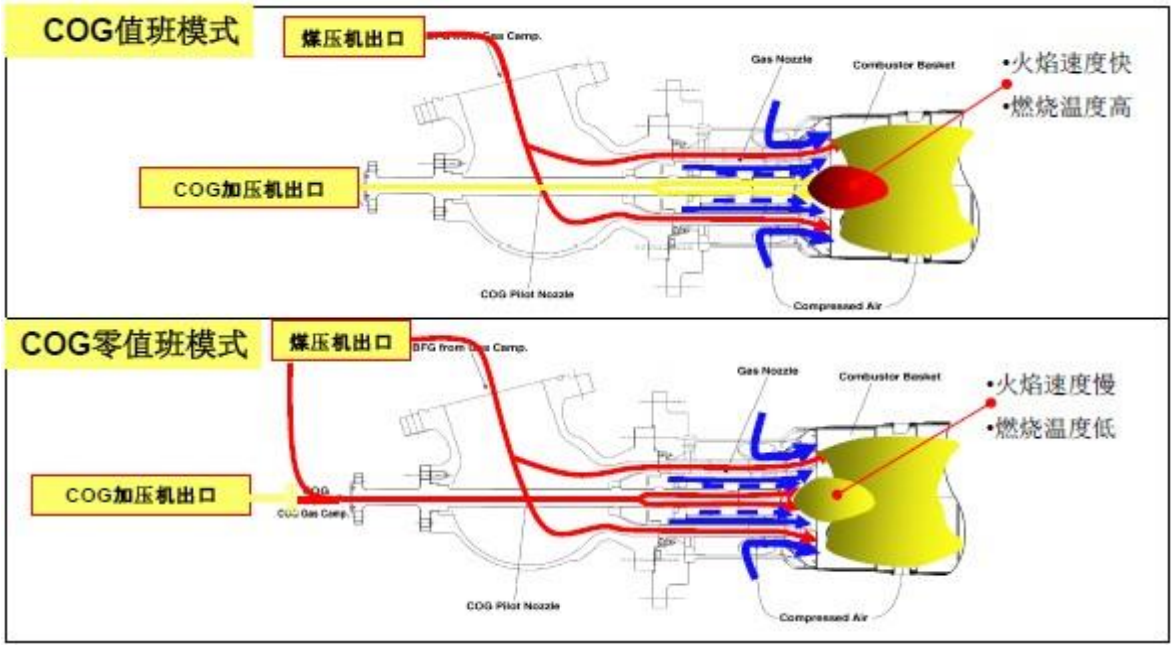


图 2 值班燃料替代技术对比图

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、推广前景和节能减排潜力

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 。

58 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：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，CO_2 减排约 143 万 t/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。

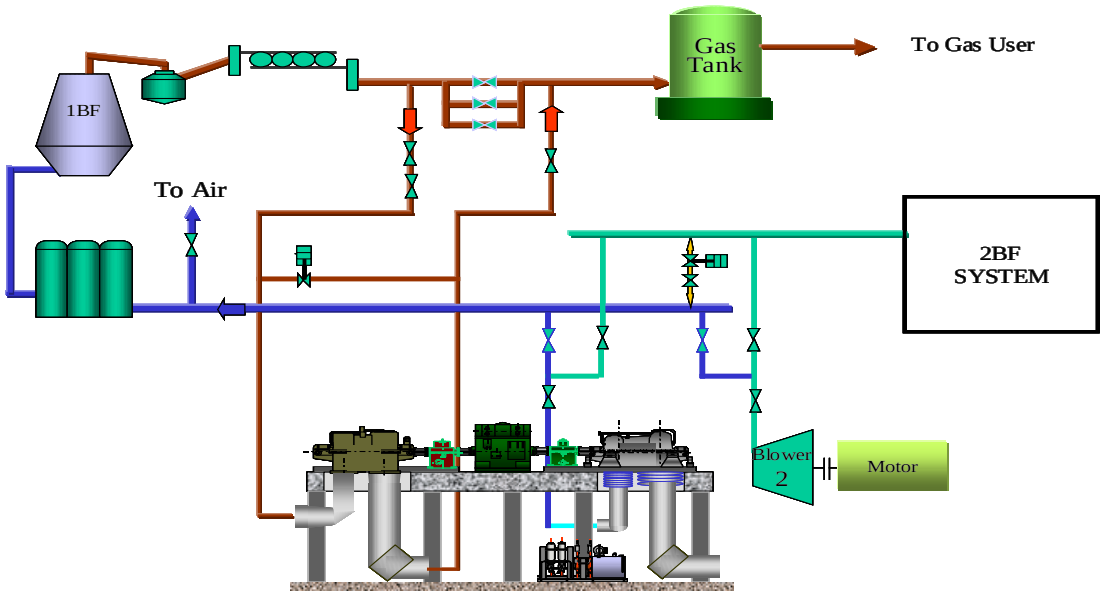


图 1　BPRT 机组工艺流程图

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 万吨。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：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，CO_2 减排约 16 万 t/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。

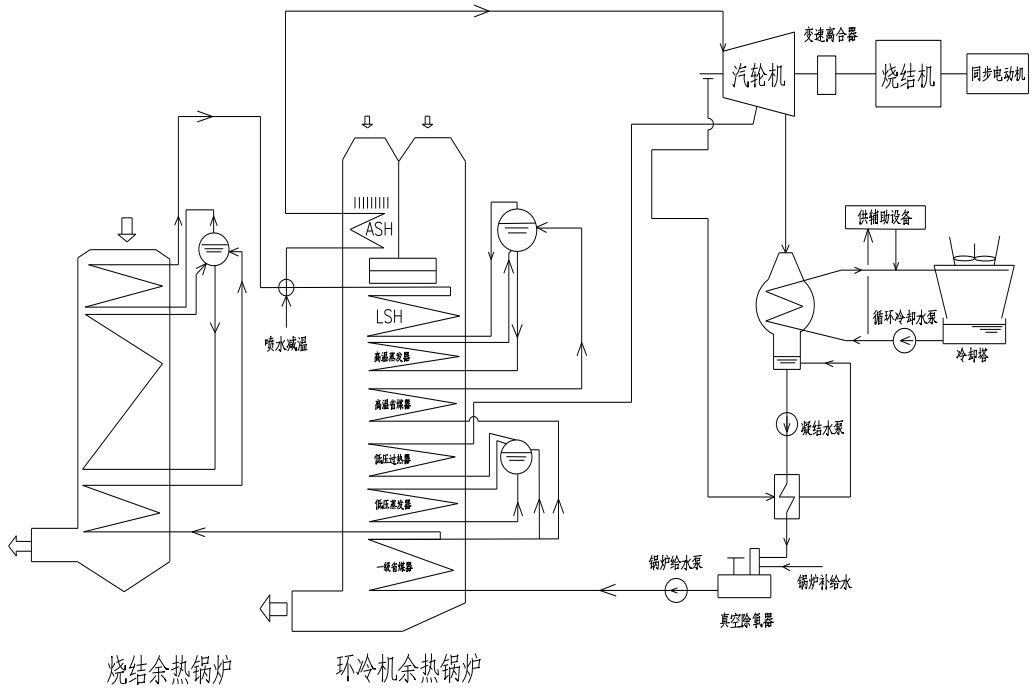


图 1 SHRT 技术系统工艺流程图

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 13824tcce，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 10240 吨，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。

59 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 400℃ 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，CO_2 减排约 24 万 t/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 550℃ 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。

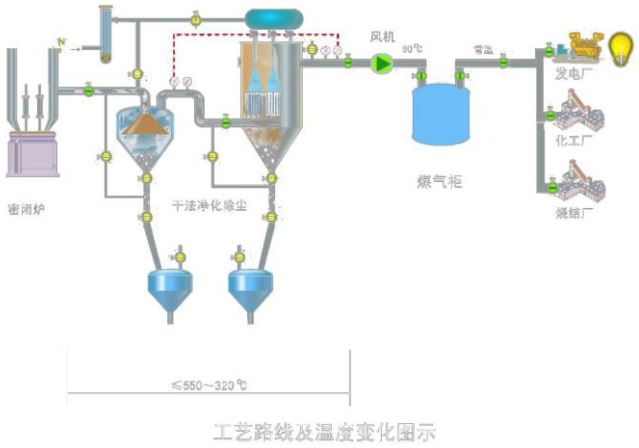


图1 全密闭矿热炉铬铁冶炼高温烟气干法净化回收利用技术

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。

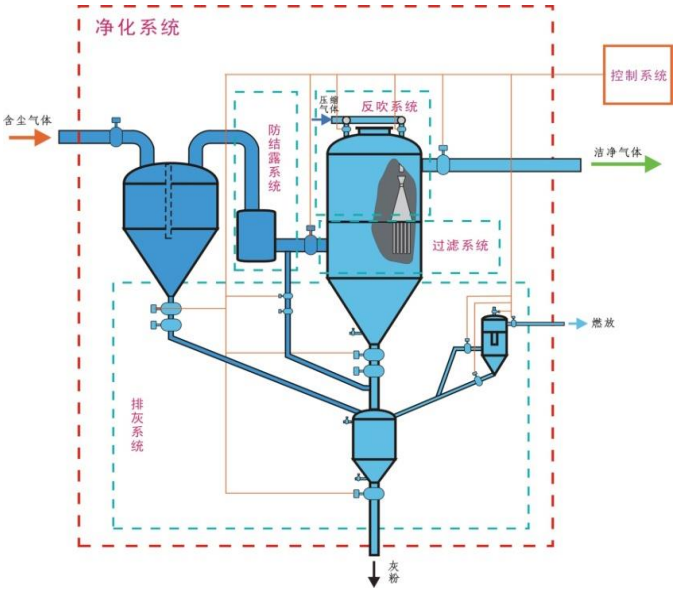


图2 冶炼净化系统示意图

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 2500Nm³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。

60 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，CO_2 减排约 50 万 t/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 1.85W/(m Ⱪ)-1.90W/(m Ⱪ)提高到 2.33 W/(m Ⱪ)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，400吨摩擦压砖机，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 2.4 W/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 7 米焦炉。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 6 米焦炉。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。

61 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：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。目前该技术可实现节能量 4 万 tce/a，CO_2 减排约 11 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。

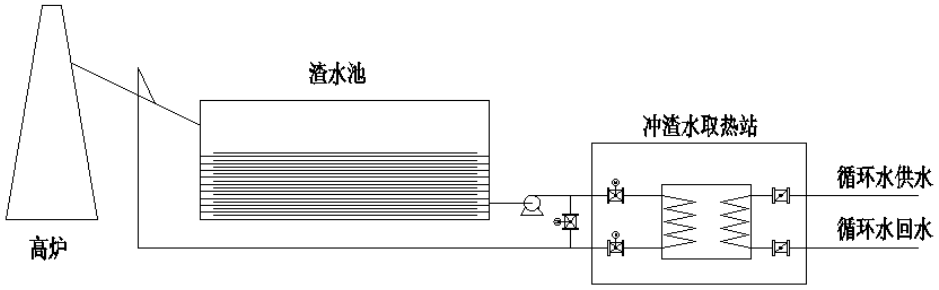


图 1 高炉冲渣水直接换热余热回收流程图

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 m^2-0.6m^2，节能 5kgce-7.5kgce，节水 40kg-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　1400m^3/h（底滤法）、500m^3/h（因巴法）；

换热器单平米供暖面积　175 m^2-500m^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。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，二氧化碳减排量 8918t。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 40%，项目总投入 26 亿元，可形成的年节能能力为 143 万 tce，年碳减排能力为 378 万 tCO_2。

62 大型高效充气机械搅拌式浮选机

一、技术名称：大型高效充气机械搅拌式浮选机

二、技术所属领域及适用范围：矿产资源行业于大、中型选矿厂，对有色金属、黑色金属、非金属矿产资源采用浮选方法进行综合回收

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 18.8 万 tce/a，CO_2 减排约 49.6 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

浮选机叶轮旋转时，槽内矿浆与鼓风机给入的低压空气，在叶轮叶片间进行充分混合并在叶轮上半部周边排出，由定子稳定后进入弥散到整个槽子中，矿化气泡背负有价矿物上升到槽子表面形成泡沫层，泡沫采用自溢或机械排出的方式进入到溜槽，实现对目的矿物的有效富集。

2.关键技术

（1）采用高比转数后倾叶片叶轮，循环量大、压头低点，保证了矿浆充分悬浮、矿粒分布均匀，可显著降低浮选机的功率强度；

（2）采用低阻尼直悬式定子，定子悬空区域大，降低了运转功耗；

（3）进一步验证了我国独立提出的浮选机大型化相似放大和设计理论。

3.工艺流程

（1）在保证大型浮选机的搅拌雷诺数与中小型设备基本相等的前提下，通过优化核心部件即叶轮-定子系统的结构形式与运转参数，在保证矿浆悬浮状态不恶化、矿粒和空气分散度不降低、分选指标不降低的前提下，实现了单位容积运转功耗的降低。

（2）配置了矿浆液位、充气量的自动控制系统，保证矿浆液面维持在设定值，有效地提高了选别指标，减少了矿浆短路现象。

五、主要技术指标

单槽有效容积：40、50、100、160m^3；

安装功率：55、75、132、160kW；

实际消耗功率：安装功率的 60%-75%W（因矿石性质及浮选工艺不同略有波动）；

充气量：0-1.5$m^3/m^2 \cdot min$；

与中小型浮选机相比，单位浮选容积的功率强度降低 20%-30%；

填补了我国大型选矿设备研究及应用的空白，选别指标与综合技术性能达到国际先进水平。

六、技术鉴定及应用情况：

国家”十五”科技攻关项目，国家”十一五”支撑计划项目；50m^3 和 160m^3 浮选机分别于 2001 年和 2005 年通过中国有色金属工业协会技术鉴定，鉴定结果为国际先进水平。

截止 2006 年 12 月底，该技术已在国内几十家矿山选矿厂应用，总台数近 2000 台。

七、典型应用案例

技术提供单位：北京矿冶研究总院

1.中国黄金集团公司乌努格吐山 4 万吨铜钼矿项目将采用 32 台 160m^3 浮选机，预计 2008 年投产。

2.中铝中州分公司 2002 年在新建铝土矿选矿厂中选用 46 台 40m^3 浮选机，当年投产，当年达标。据不完全统计，与小型浮选机相比因节能带来的年经济效益 600 万元，并有效解决了低铝硅比铝土矿分选存在的技术难题，保证了氧化铝选矿拜耳法新技术的实施。

3.澳大利亚独资的贵州锦丰矿业公司采用了 9 台 100m^3、12 台 50m^3、40m^3 浮选机，2007 年已投入生产。

4.金川集团公司在 6000t/d 扩能工程中选用 24 台 50m^3 的浮选机，2003 年 4 月全面投产，设备已正常运转逾 4 年，因节能每年直接经济效益 400 万元。

八、推广前景及节能减排潜力

我国矿产资源由于多年高强度消耗和粗放型开发利用，易处理、高品位资源逐步枯竭，贫、细、杂难处理资源开采量大大增加，新建选矿项目日的处理能力频创新高，甚至高达 10 万 t/d，对大型浮选设备的需求十分迫切，大型浮选设备的应用前景非常广阔。

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 24 亿元，节能能力 50 万 tce/a，减排能力 95 万 tCO_2/a。

63 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 360kg 标煤降至 200kg 标煤，吨粗铅减少二氧化碳排放 422.4kg。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 120-140kg 标煤，比 2012 年全国粗铜平均能耗 261.84 kg 标煤低很多。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，CO_2 减排约 16 万 t/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 300-400 Nm^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 1200～1300 Nm^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 万吨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 万吨标煤、减排二氧化碳 52.8 万吨；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 万吨标煤、减排二氧化碳 95 万吨。

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。

64 铝电解槽新型阴极结构及焙烧启动与控制技术

一、技术名称：铝电解槽新型阴极结构及焙烧启动与控制技术

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

传统铝电解槽技术直流电耗 13000-13500kWh/t-Al，其中 2008 年全国产铝 1318 万吨，平均直流电耗 13260 kWh/t-Al，综合交流电耗 14323 kWh/t-Al，吨铝生产排放 CO_2 10.82 吨，铝电解槽大修投资约 80 元/t-Al（依据电解槽容量大小、槽寿命长短）。目前该技术可实现节能量 93 万 tce/a，CO_2 减排约 246 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

电解铝生产采用熔盐电解法，即将氧化铝、冰晶石、氟化铝等加入电解槽中，在直流电作用下，电解质在电解槽内发生电化学反应，在阴极上析出铝液，阳极上析出 CO_2 和 CO，铝液用真空抬包抽出铸造成铝锭，阳极逐渐消耗定期更换。本技术的技术原理是：（1）采用其阴极表面带有凸起结构的铝电解槽新型阴极技术，将现行电解槽的阴极结构改变为新型的电解槽阴极结构和内衬结构，上限减少阴极铝液波动，提高阴极铝液面稳定性，从而提高电流效率，降低槽电压，降低电耗；（2）应用国际上通用的以电解槽阴极表面温度分布和垂直分布情况判定电解槽焙烧质量的方法，以电解槽阴极和电解质温度为控制中心，利用火焰焙烧，取代传统的铝液焙烧和焦粒焙烧，利用燃气量和风量控制火焰温度和燃烧热量，实现焙烧温度与升温速度的控制，通过合理地设置燃烧器，达到温度均匀的目的，最终得以提高电解槽的焙烧质量，节省能耗。

2.关键技术

（1）新型阴极结构电解槽的关键技术是在炭阴极表面设计和构建凸起结构，这种凸起结构具有阻流和铝液波动，提高铝液的电磁流动动力学稳定性的作用。新型阴极结构电解槽的阴极结构如图 1、2、3 所示，图 4 是由计算机根据电磁流体动力学理论计算出来的新型阴极结构电解槽与传统阴极结构电解槽的阴极铝液面波动高度的比较。由图 4 可以看出，铝电解使用新型阴极结构电解槽，可使槽中铝液面波动减少 2cm 左右，从而实现了电解槽阴极铝液面稳定性提高，这为电解槽电流效率的提高和极距与槽电压的降低提供了技术保障，这也是新型阴极结构电解槽的关键技术所在。

（2）采用二段焙烧技术，提高焙烧质量，缩短焙烧周期，使电解槽快速转入正常生产。

3.工艺流程



图 1 阴极碳块表面的纵向方向具有 2 个凸起结构的电解槽

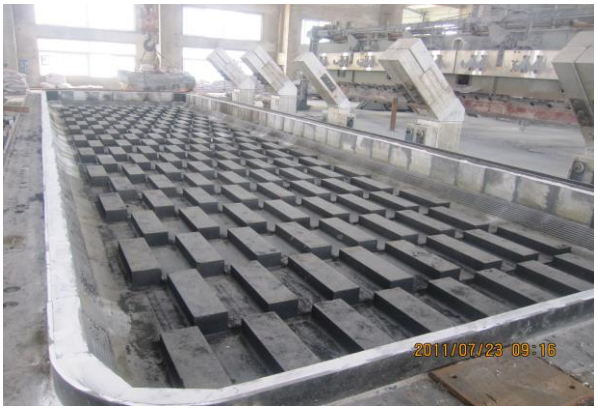
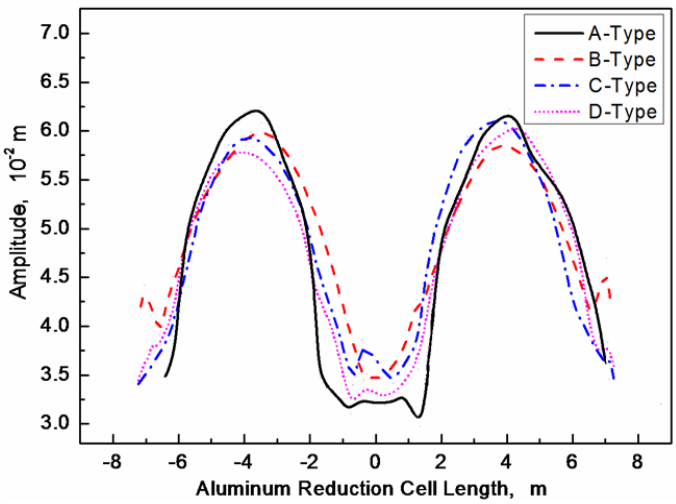


图 2 阴极碳块的上表面具有相互交错的横向凸起的电解槽



图 3 阴极碳块上表面具有交错的柱状凸起结构的电解槽



铝液最大波动幅度：A-普通平底电解槽: 3.55cm，B-长凸起电解槽: 2.98cm

C-方形凸起电解槽: 2.73cm，D-圆柱凸起电解槽: 2.76cm

图 4 新型阴极结构电解槽的铝液波动

五、主要技术指标

新型阴极结构电解槽槽电压 3.7-3.85V，电流效率 92%-95%，直流电耗 11900-12500 kWh/t-Al。所替代的传统电解槽的主流技术指标：槽电压-4.1V，电流效率-92%，直流电耗-13300 kWh/t-Al。本技术直流电耗降低 700-1400 kWh/t-Al。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

本技术首先在重庆天泰铝业工业电解槽上应用，2008 年通过中国有色金属工业协会组织的专家鉴定，结论为”该项目属国内外首创，整体技术达到国际领先水平。建议尽快扩大工业试验规模，为推广积累经验”。

本技术优化后在浙江华东铝业 200kA 电解槽全系列得到应用，2010 年，中国有色金属工业协会组织专家鉴定，结论为”该项目经济和社会效益显著、节能减排效果明显，整体技术达到国际领先水平。该项目易在现有电解槽上实施，综合投资低，建议加快推广应用”。

目前，应用新型阴极结构电解槽技术的铝电解厂超过 20 家。新型阴极结构电解槽有的槽龄已超过 4 年，而且运行稳定，节能减排效果显著，其技术的可靠性和节能效果得到了时间的考验。

七、典型应用案例

典型用户：中国铝业兰州分公司、重庆天泰铝业公司、青铜峡铝业集团有限公司 350kA 系列、浙江华东铝业股份有限公司、河南淅川铝业（集团）有限公司、河南神火集团有限公司、湖南创元铝业公司

技术提供单位：东北大学

典型案例 1：中国铝业兰州分公司

主要技改内容：采用新型湿法焙烧启动技术改造 80 台 350kA 电解槽。相对于传统的焙烧启动技术，每台电解槽平均可节电 8 万 kWh，折合 28tce，全系列启动一次节能 6384tce。每台 350kA 电解槽在焙烧启动期间可创造节能经济效益 5.2 万元，对于一个标准的 288 台 350kA 电解槽系列来说，可创造节能经济效益 1500 万元。

典型案例 2：重庆天泰铝业公司

建设规模：年产 6 万吨 170kA 新型阴极结构铝电解系列。主要技改内容：（1）新型阴极电解槽阴极碳块制作与加工 （2）阴极结构改造 （3）电解槽内衬结构改造 （4）焙烧方法的技术升级 （5）电解槽工艺与操作技术的改造 （6）电解槽控制系统升级改造。节能技改投资额 11300 万元，建设期 6 个月，按节电 1100kWh/T-Al 计，年可节电 6600 万 kWh，折合 2.31 万 tce/a；节煤 3000t/a。按电价 0.45 元/kWh 计算，年节电经济效益 3000 万元，投资回收期 3.8 年。

典型案例 3：浙江华东铝业

建设规模：年产 15 万吨新型阴极结构铝电解系列。主要技改内容：在原 200kA、240kA 电解系列上进行新型阴极结构高效节能铝电解槽技术改造。（1）新型阴极电解槽阴极碳块制作与加工 （2）阴极结构改造 （3）电解槽内衬结构改造 （4）焙烧方法的技术升级 （5）电解槽工艺与操作技术的改造 （6）电解槽控制系统升级改造。节能技改投资额 40000 万元，建设期 6 个月。按节电 1100kWh/T-Al 计，年可节电 16500 万 kWh，折合 5.78 万 tce。按电价 0.45 元/kWh 计算，年节电经济效益 7425 万元，投资回收期 5.4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

本技术于 2008 年在工业铝电解槽上成功试验。其后，国内外铝电解企业利用电解槽大修机会，积极使用该技术。至 2013 年底，应用本技术进行铝电解生产的规模已超过 400 万吨/年。据中国有色金属工业协会统计，我国 2013 年铝电解产量 2194 万吨，占全球总产铝量 47.2%。

预计未来年，本技术在行业内推广达 1200 万吨/年，可形成 84 亿度/年节能量，节能能力 280 万 t/a，减碳量达 1490 万 tCO_2/年（含减排 PFC 折合量）。

65 流态化焙烧高效节能炉窑技术

一、技术名称：流态化焙烧高效节能炉窑技术

二、技术所属领域及适用范围：有色金属等行业的焙烧工序

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前氧化铝工业焙烧 80％以上产量采用 GSC 炉及相关技术，世界水平为 TAO 能耗 3.1-3.3GJ。国内一般能耗水平在 3.5GJ 左右，能耗水平偏高、炉衬磨损严重，Al_2O_3 质量受到影响。目前该技术可实现节能量 13 万 tce/a，CO_2 减排约 34 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

GSC 炉衬从原料选用到制造全部国产化。以热能工程学理论优化和改造焙烧炉耐火炉衬材料及结构设置，优化和完善现有施工技术、烘炉技术、初投运技术。

2.关键技术

通过优化炉衬结构设计、优化施工、烘炉、初投运工程化技术及炉衬维护修理技术，实现节能、减排、降耗、高产的焙烧目标。

4.工艺流程

工艺流程如表 1 所示。

表 1 工艺流程图

800t/d-1850t/dGSC 炉焙烧工艺参数、GSC 炉结构、炉衬高效、节能整体技术	在已应用的焙烧炉”耐材”基础上筛选，组合，研发炉衬材料	有限元计算炉衬力学结构，完成整体耐火材料炉衬结构设计	施工工程技术，膨胀预留，各种材料过渡，优化施工方案
设计书、任务书	**优化炉衬耐材配置**	**优化耐材炉衬结构设计**	**优化工程设计、施工、烘炉技术**
明确冶金工艺、焙烧原理、焙烧温度、介质、流速等关键参数、解决 GSC 炉对象问题	优化、”研发”应用定型制品、不定形耐火材料、保温耐火材料及辅材、锚固件等	节点、圈梁、拱角、平、斜顶、过渡段设计、锚固、吊挂、复合炉墙等专利技术应用	烘炉工程技术、实施全过程闭环、控制、检测、记录、分析、烘炉试样检验制度等

五、主要技术指标

GSC 炉用新型耐磨耐火浇注料系列，热震稳定性>40(次)(1100℃水冷)，耐磨性 2.98cm^3，烧后线变化率 0-0.2％。烘干、烧后耐压强度>100MPa，烘干、烧后抗折强度 10-15MPa，各项理化指标均超过进口浇注料。最突出的特色是导热率<1.26W/mk。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术通过中国有色金属工业协会鉴定，已先后在我国最大的 1850t/d 及 1400t/d、1300t/d、180t/d 等不同类型的 GSC 炉推广。

七、典型应用案例

典型用户：中国铝业河南分公司、洛阳香江万基铝业公司、中铝中州分公司、广西分公司、贵州黄果树铝业有限公司等。

典型案例 1：中铝河南分公司

建设规模：年产 65 万吨 Al_2O_3（1850t/d）气态悬浮焙烧炉。主要改造内容：（1）国产化 GSC 炉耐火材料设置（定型、不定形、保温耐火材料） （2）GSC 炉炉衬耐火材料结构设计 （3）优化工程施工、烘炉、初投运、维护工程技术及标准化。节能技改投资额约 740 万元，建设期约 2 个月。项目年节 能 22162tce，取得节能经济效益 2550 万元，提高产能 11 万吨 Al_2O_3，增加产值 4.18 亿元（07 年不变价），投资回收期约 4 个月。

典型案例 2：洛阳香江万基铝业公司

建设规模：40 万吨 Al_2O_3（1400t/d）气态悬浮焙烧炉。主要改造内容：（1）国产化 GSC 炉耐火材料设置（定型、不定形、保温耐火材料） （2）GSC 炉炉衬耐火材料结构设计、优化工程施工、烘炉、初投运、维护工程技术及标准化。节能技改投资额约 480 万元，建设期约 2 个月。年节能 13638tce，取得节能经济效益 1568 万元，提高 10 万吨 Al_2O_3 产能，增加产值 38000 万元（07 年不变价），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 30%，预计投资总额 1.2 亿元，节能能力 40 万 tce/a，减排能力 106 万 tCO_2/a。

66 精滤工艺全自动自清洁节能过滤技术

一、技术名称：精滤工艺全自动自清洁节能过滤技术

二、技术所属领域及适用范围：有色金属行业、化工行业的精滤工序

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前在氧化铝厂精滤工序通常在过滤工序使用凯利叶滤机（双筒叶滤机），每年刷车进入流程中的水量约 60000m^3，消耗蒸汽约 24000t，水及蒸汽的耗量大，滤布寿命短，同时操作不方便，运行费用高。不仅浪费能源，而且影响经济效益。目前该技术可实现节能量 27 万 tce/a，CO_2 减排约 71 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

利用高位槽与过滤机壳体的液位差，高效自清洁反冲卸饼，滤后精液反向清洗滤布，水耗为零，有效降低蒸发工序负荷。

2.关键技术

（1）采用先进的控制技术，设备全自动运行，降低劳动强度，操作更方便。独有三重机内压力过载保护，确保安全可靠；

（2）工作周期短，辅助工作时间仅 1-2 分钟，设备效率高；

（3）配备隔离阀，各滤片能单独控制，发现异常立即隔离；

（4）针对不同工序，气动阀门适合氧化铝物料高粘度易结疤的特性，保证长期可靠运行。

3.工艺流程

赤泥沉降槽的溢流通过叶滤机，将浮游物控制在＜15 mg/L 后进入分解工序，然后卸下滤饼返回赤泥沉降槽。该技术全过程由计算机自动控制，每一循环包括：进料阶段、挂泥阶段、正常过滤阶段、卸压排泥阶段、液面调整阶段。

全自动自清洁过滤技术工艺流程见图 1。

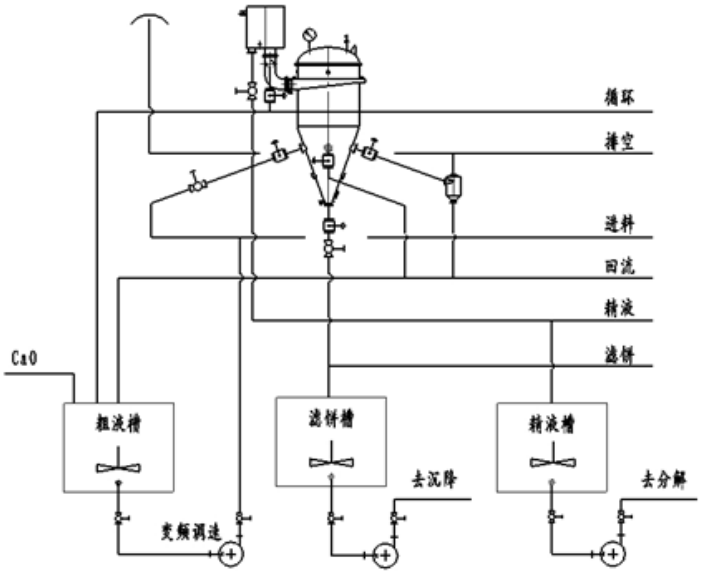


图 1　全自动自清洁过滤技术工艺流程图

五、主要技术指标

1.铝酸钠粗液精制工序：

设计产能：　1.2-2.0 m^3/m^2h；精液浮游物：⩽10 mg/L；

滤布寿命：约 90 天；工作压力：0.39 MPa（叶滤机壳顶压力）

2.种分母液回收工序：

设计产能：　2.0-3.0 m^3/m^2h；精液浮游物：⩽15 mg/L；

滤布寿命：约 90 天；工作压力：0.39 MPa（叶滤机壳顶压力）

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已通过中国有色金属工业协会组织的科学技术成果鉴定，并荣获中国有色金属工业科学技术二等奖。截止 2008 年 12 月底，该技术已在国内几十家氧化铝厂应用，总台数近 200 台，还远销到台湾某氧化铝厂。目前已投运的设备均运行良好，节能降耗高质提产效果突出，每台立式叶滤机每年比原有老式凯利叶滤机平均节约费用近 200 万元。其中，中铝山东分公司 80 万吨拜尔法氧化铝生产已采用 10 台 226m^2 和 3 台 150m^2 全自动自清洁立式叶滤机，综合效益约 3500 万元（其中经济效益 2800 万元，投资效益 700 万元）；中铝山东分公司还在母液浮游物回收、微粉氢铝母/洗液浮游物回收、沸石、分子筛生产线等方面采用了该技术，取得良好节能效果。

七、典型应用案例

典型用户：中铝山东分公司、中铝中州分公司、贵州分公司、平果分公司、中州分公司、河南分公司、山西分公司

典型案例 1：中铝山东分公司。

建设规模：80 万吨拜尔法氧化铝生产。主要改造内容：拆除原凯利叶滤机，改造厂房，安装全自动立式叶滤机及其控制系统。节能技改投资额 2000 万元，建设期 6 个月。每年立式叶滤机工序总节能约 2.6 万 tce，节能经济效益 2800 万元，投资回收期 1 年。

典型案例 2：中铝山东分公司化学品氧化铝厂。

建设规模：10 万吨 4A 沸石生产线/2 万 t 微粉氢铝生产线。主要改造内容：采用新型立式叶滤机节能系统，以实现低能、高效和全自动化操作，10 万吨 4A 沸石生产线安装 2 台 306m^2 立式叶滤机，2 万 t 微粉氢铝生产线安装 2 台 60m^2 全不锈钢立式叶滤机。节能技改投资额 600 万元，建设期 6 个月。每年在立式叶滤机工序总节能约 12000tce，取得节能经济效益 800 万元（不含投资节约效益），投资回收期 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术可用于湿法冶金中固液分离后的精滤处理及化工生产中的精过滤处理，有较大的推广市场，节能潜力巨大。单就氧化铝生产而言，预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 25%，预计投资总额 3.7 亿元，节能能力 45 万 tce/a，减排能力 119 万 tCO_2/a。

67 铅闪速熔炼炉蓄热式燃烧技术改造

一、技术名称：铅闪速熔炼炉蓄热式燃烧技术改造

二、技术所属领域及适用范围：有色行业--铅熔炼

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

2009 年我国粗铅冶炼综合能耗 332kgce/t-Pb，铅冶炼综合能耗 475kgce/t-Pb。目前该技术可实现节能量 5 万 tce/a，CO_2 减排约 13 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

铅熔炼节能技术是在蓄热式燃烧技术基础上再次改进的技术，主要通过调节预热空气结合炉内低氧含量创造特殊的燃烧环境，使炉内弥散充满（火焰）热量，其烟气余热采用蓄热体交换高温预热后再次对烧嘴助燃，采用该技术大大降低能耗 50%以上，从而达到节能减排的目的。

2.关键技术

铅熔炼节能技术基于 HTAC 高温空气蓄热燃烧技术，其核心为低氧燃烧气氛的形成与控制，使火焰均布整个炉膛。

3.工艺流程

工艺流程见图 1。

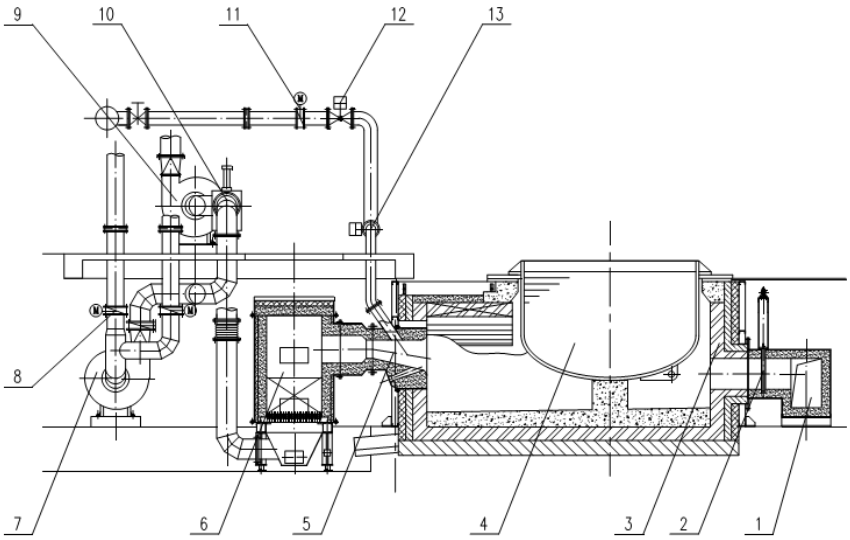


图 1 铅熔炼节能技术结构示意图

1-辅助排烟道　2-电动烟道闸板　3-炉体　4-坩埚　5-蓄热式烧嘴　6-蓄热体　7-鼓风机　8-空气电动调节阀　9-引风机　10-三通阀　11-燃气电动调节阀　12-燃气切断阀　13-燃气换向阀

五、主要技术指标

与替代的技术相比，烟气中 CO 低于 200ppm，CO_2 减少 50%，NO_X 排放浓度低于 50ppm。热效率从 10%提高至 50%以上，坩埚使用寿命从改前 3 个月左右延长至 2 年以上。节能显著，燃气节约率达 30-60%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

改前一般为吨铅耗能 50kgce 左右，若用低热值煤气，可节约 25～30kgec/tPb，CO_2 减排 40.65～49.5kg/tPb。如是改成天然气，则节能达 35~40kgce/Pb，CO_2 减排 57.05~65.2kg/tPb，节能效果显著。该技术适用于>10000t/a 的铅熔炼项目，单台炉投资约 120 万元左右，如基础条件好，节能技改投资可低至 70 万元左右。

该技术产品已由国家科技部火炬计划立项支持(2010GH051485)。项目与中南大学产学研合作开发，同时通过中南大学，与瑞典的皇家工学院开展国际合作。

自国内首台熔铅炉在株冶集团使用以来，在国内已推行上百个高效节能熔铅炉项目。国内市场占有率约 15%左右，较传统的铅熔炉比，铅锅寿命从原来 3 个月增加到 3 年以上，无投诉、无维修、无返修记录。

七、典型应用案例

案例应用单位：株冶火炬集团公司

改造前吨电铅冷煤气单耗约为 220～260m^3，铅锅热效率仅 10%；使用寿命 3～6 个月；节能改造内容：将原 85t 老式电铅炉改造为 85t 高效熔铅炉。

节能改造经济效益：用“低空气过剩系数+完全燃烧+预热空气及低温排烟”的高效节能型蓄热式燃烧熔铅炉装置替代原来”大空气过剩系数+不完全燃烧+高中温排烟”的老式低效熔铅炉装置，有较明显的节能效益。项目实施年节能 1394.4tce，实现了企业“十二五”节能任务的 1.518%。阳极铅锅装置使用寿命由原来的 0.5 年延长 3 年。项目火炬工业炉投资 119.97 万元，新增销售产值 94.6 万元/a、新增税收 13.42 万元/a，约 1.5 年收回投资。株冶减少能源成本 319.4 万元/a。项目投资比：860 元/tce（1199779 /1394）。

八、推广前景及节能减排潜力

根据现有客户数据分析，铅熔炼节能技术具有很好的推广潜力，按国家工信部《有色金属工业”十二五”发展规划》铅产能及对应的精铅熔炼、提纯、铸造、铅合金、再生铅等计算，预计未来 5 年，至少需投入 2.4 亿元，预期可产生 23 万 tce/a 的节能量，可减排二氧化碳 37 万 t/a。

68 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：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，CO_2 减排约 5 万 t/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/a，也即为企业增加经济效益 5620 万元/a。

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。

69 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：该炉型及工艺适用于各个地区的 10-20 万吨规模的铜、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/吨粗 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/SiO2 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，CO_2 减排约 32 万 t/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。

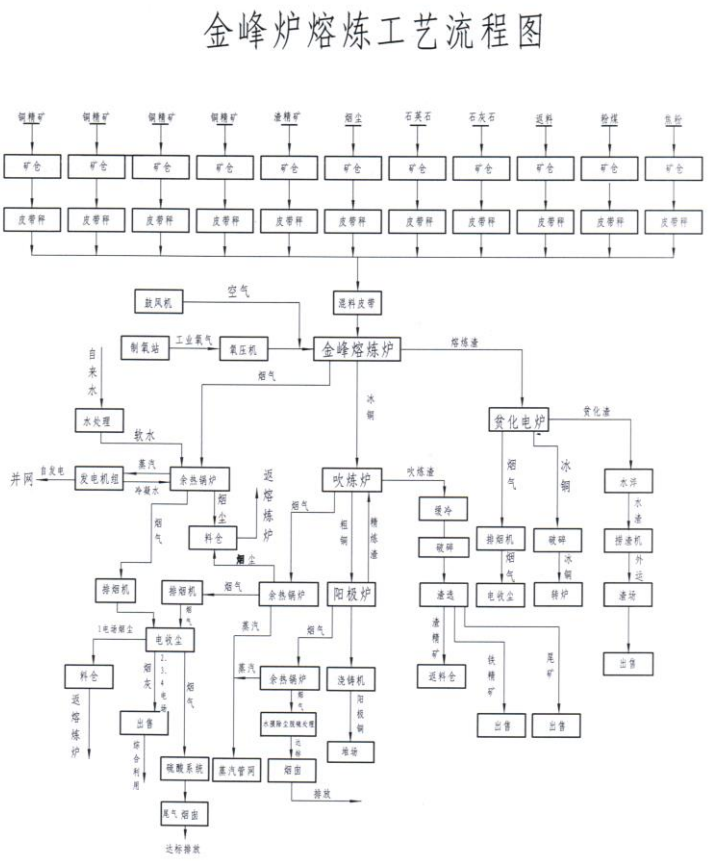


图 1 工艺流程

五、主要技术指标

生产能力 82.8 t /m^2d；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 万吨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（96522 吨）计算，金峰炉工艺比密闭鼓风炉熔炼工艺可节约标煤 45153 吨，按 2013 年产量（96522 吨）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 万吨铜冶炼新建项目。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 万吨熔渣缓冷浮选设施、84 万吨硫酸、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 263.7 kgce/tCu，年产粗铜 20 万吨，年节能量为 52740 吨标煤。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。

70 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 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，CO_2 减排约 3 万 t/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。

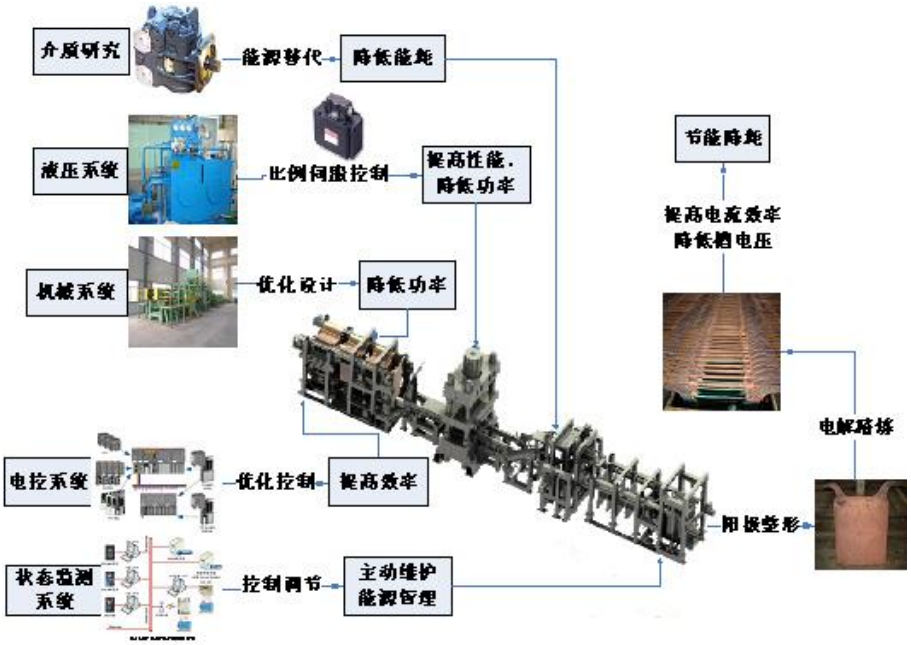


图 1 电液控制铜电解阳极自动生产线简图

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，二氧化碳减排能力 32 万 tCO_2/a。

71 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，CO_2减排约5万t/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。

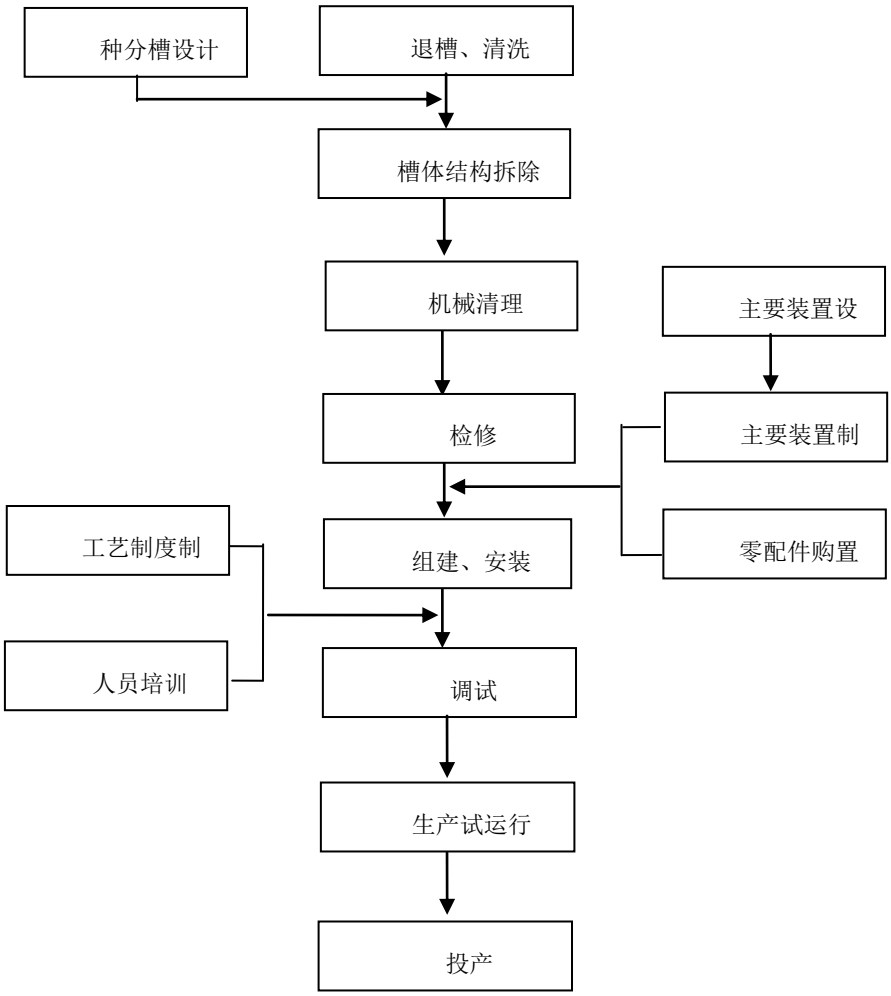
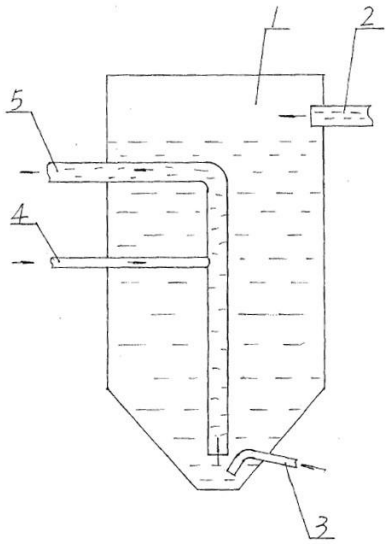


图 1 酸钠溶液微扰动平推流晶种分解技术流程图



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，二氧化碳减排能力 26 万 tCO_2/a。

72 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，CO_2 减排约 66 万 t/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。

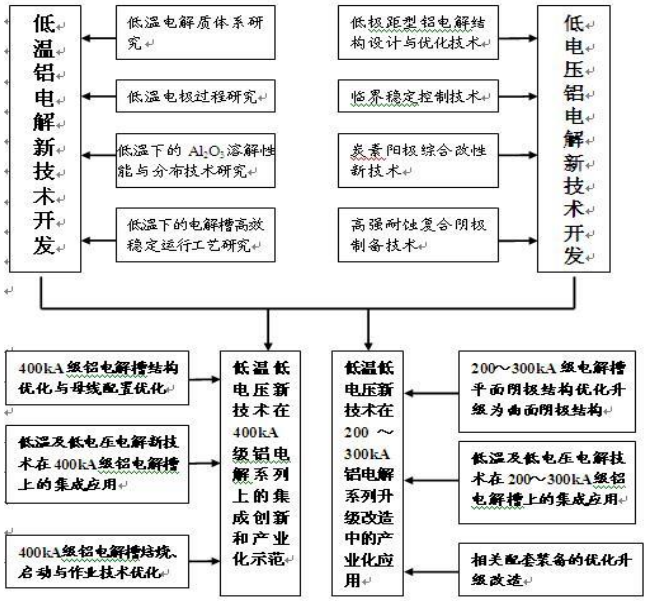


图 1　低温低电压铝电解技术流程图

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，二氧化碳减排能力 647 万 tCO_2/a。

73 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，CO_2 减排约 58 万 t/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。

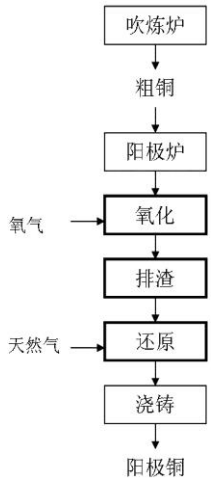
2.关键技术

（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。



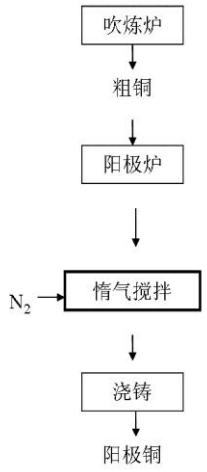


图 1 传统火法精炼工艺流程图　　图 2 新火法精炼工艺流程图

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 万吨阴极铜工程。要技改内容：主要对 2 台 630 吨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 万吨阴极铜企业规模计，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 万吨、黄金 60 吨。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、推广前景和节能减排潜力

预计未来5年该技术推广比例可达50%，涉及粗铜的产能500万吨，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。

74 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/吨结晶镁（还原工序），碳排放指标为 7.92t CO_2/吨结晶镁。我国镁冶炼企业单位产品能耗限额限定值为 8.3tce/吨镁，先进值为 4.9tce/吨镁。目前该技术可实现节能量 2 万 tce/a，CO_2 减排约 5 万 t/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。

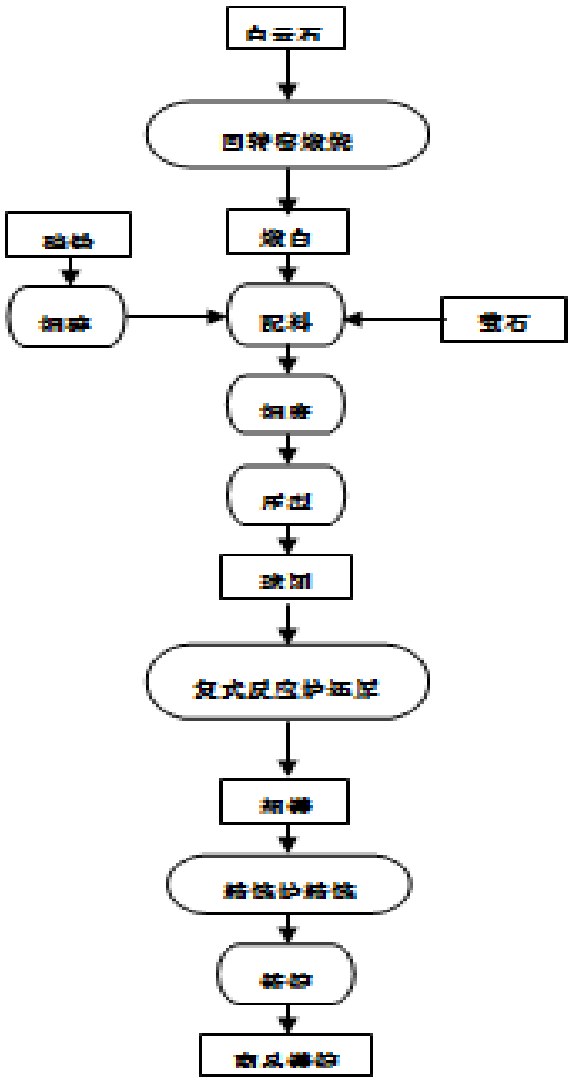


图 1 复式反应新型原镁冶炼工艺流程图

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 3 tce，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 6 h，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 150-200 kg，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 0.8-1.0 吨，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 40-50 吨，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 3000 吨规模提高到 1.25 万吨以上，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、推广前景和节能减排潜力

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。

75 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 A/m^2-400 A/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hWh，排放量约960.9万t CO_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，CO_2减排约0.5万t/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600A/m^2-800A/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 A/m^2-400 A/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 A/m^2-1000A/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 m^2-1.5 m^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 目-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 A/m^2-800A/m^2）的产业化错峰生产。该技术的工艺流程如图 1 所示。

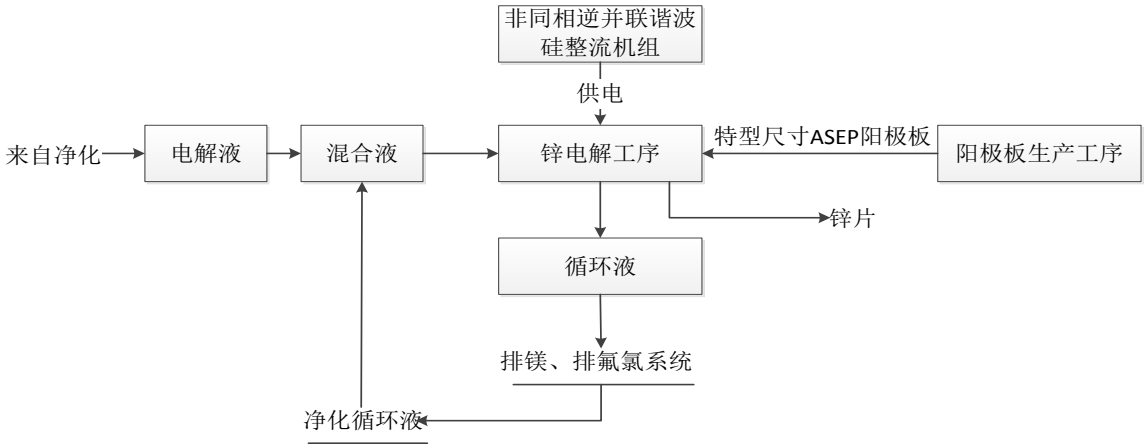


图 1　锌电解高电流密度节能技术工艺流程

五、主要技术指标

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

2. 生产阶段直流电耗下降到 2900 kWh/t·Zn 片；

3. 吨锌综合能耗下降到 1095 kgce/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 锌锭/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 A/m^2-800A/ m^2 高电流密度、峰电期 300 A/m^2-450A/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 A/m^2-800 A/m^2 的高电流密度代替传统的 300 A/m^2-450A/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 m^2-1.5 m^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 锌锭/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 锌锭/a，达到原设计产量 7.5 万 t 锌锭/a，并按谷电期按 600A/m^2-800A/m^2 高电流密度、峰电期 300A/m^2-450A/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 600A/m^2-800A/m^2 的高电流密度代替传统的 300A/m^2-450A/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 m^2-1.5 m^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。

76 油田机械用放空天然气回收液化工程

一、技术名称：油田机械用放空天然气回收液化工程

二、技术所属领域及适用范围：石油行业大中型油田

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 54 万 tce/a，CO_2 减排约 143 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

用制冷设备将油田放空天然气井的伴生放空天然气液化，供油田机械使用。

2.关键技术

（1）采用俄罗斯深冷机械制造股份公司的设备和技术-高压节流 LNG 生产装置；

（2）柴油机改烧天然气技术。

3.工艺流程：天然气→净化处理→增压→液化→液化天然气（LNG）。

五、主要技术指标

日产液化天然气（LNG）11.4 万 m^3，折合 86.4t/d；年生产天数＞350 天。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

高压节流 LNG 生产装置，是新捷燃气公司研发中心根据俄罗斯在圣彼得堡高压节流 LNG 生产装置进行的联合实验装置提出的设计，在部份液化的基础上进行完善，是一种天然气循环液化生产装置，液化率接近 100%，该工艺得到俄罗斯深冷公司的认可。所使用的设备为俄罗斯深冷机械制造股份公司的小型撬装 LNG 生产装置，该装置为模块化设备，灵活易折迁，适合放空天然气回收项目地点多变的特点。

七、典型应用案例

新疆油田投资 10250 万元，可回收天然气 4890 万 m^3/a，其中，3990 万 m^3/a 用于油田机械燃料改装，其余 900 万 m^3/a 用于生产发电。可节约能源 65000t 标煤/a。

八、推广前景及节能减排潜力：

凡有伴生气的油田都可采用此项技术，俄罗斯深冷机械制造股份公司生产的小型撬装 LNG 生产装置，灵活易拆迁，适用于野外油田地点多变的特点，各地油田都可使用。预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 60%，投资总额 10 亿元，节能能力 65 万 tce/a，减排能力 172 万 tCO_2/a。

77 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 千万吨，其中采用变换气制碱技术的企业 12 家，总产量达 240 万吨。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 25kg 标煤。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 万吨标煤。目前该技术可实现节能量 5 万 tce/a，CO_2 减排约 13 万 t/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。

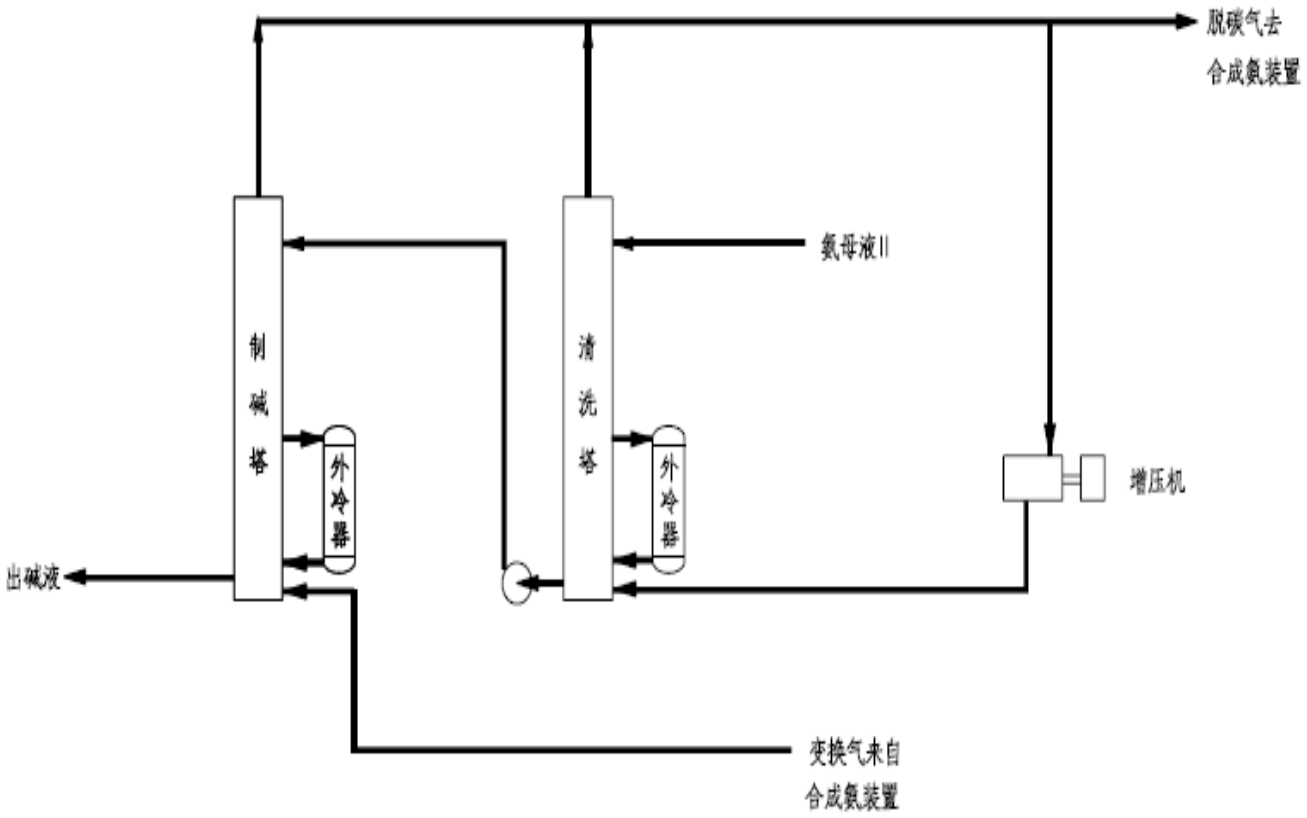


图 1 工艺流程图

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 42 tt -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 吨。

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 万吨/年联碱项目，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 5000 吨。

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 万吨/年联碱生产规模为例，运行费用节约-1100 万元/年；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。

78 矿或冶炼气制酸低温热回收技术

一、技术名称：矿或冶炼气制酸低温热回收技术

二、技术所属领域及适用范围： 矿或冶炼气制酸

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

现有矿或冶炼气制酸装置一次转化的工艺气体都是送入一吸塔一般采用低温吸收，由于材质限制，现有矿或冶炼气制酸干吸循环酸系统中酸的温度只能控制在100℃左右。由于酸温度较低，无法有效回收吸收反应的热量，通常采用循环冷却水将热量释放到大气中。以12 万吨/a 矿制酸装置为例，每年需循环水630万吨，折合消耗标煤880 吨。通过循环水移至大气中的热量折合标煤10300 吨。12 万吨/a 矿制酸建设循环水站及酸冷却系统投资约140 万元。目前该技术可实现节能量6万tce/a，CO_2减排约16万t/a。

四、技术内容

1.技术原理

矿或冶炼气制酸低温回收技术是通过提高吸收工序的循环酸温，用高温浓硫酸在蒸汽发生器中产生低压蒸汽的能量回收技术。低温回收的方法是在硫酸装置第一吸收塔前并联一台热回收塔，通过大幅度提高循环酸温度，以蒸汽发生器代替酸冷却器产生低压蒸汽，并在蒸汽发生器出口设置了蒸发器给水加热器、废热锅炉给水加热器和脱盐水加热器以进一步利用低温回收装置产酸的热量，提高热回收率。在蒸汽发生器后专门设置了硫酸混合器，以便水与高温浓硫酸的充分混合。由于水与浓硫酸的反应十分剧烈，且因为水的加入腐蚀性特别严重，因此混合器的设计和材料的选择要求十分严格，既要保证加入的水能够分散均匀，又要求在高温下有很好的耐腐蚀性能。

2.关键技术

矿或冶炼气制酸低温热回收技术采用高温吸收代替低温吸收，用蒸汽发生器代替传统循环水冷却器产生低压蒸汽，在用低温热装置高温产酸加热中压锅炉给水、蒸发器给水和脱盐水，采用装置产酸加热混合器串酸。以上几点都是本装置工艺系统的关键技术。在矿或冶炼气制酸系统采用蒸发器为国内首次成功使用，而采用高温产酸加热中压给水在国内外也是首次成功使用。

3.工艺流程

矿或冶炼气制酸低温热回收流程如图1所示：

下图各设备名称如下：1-高温吸收塔，2-高温循环槽，3-混合器，4-省煤器，5-高温循环泵，6-蒸发器，7-蒸发器给水加热器，8-中压废热锅炉给水加热器，9-脱盐水加热器，10-低压给水泵，11-喷射水泵，12-中压给水泵，13-除氧器，14-废热锅炉。

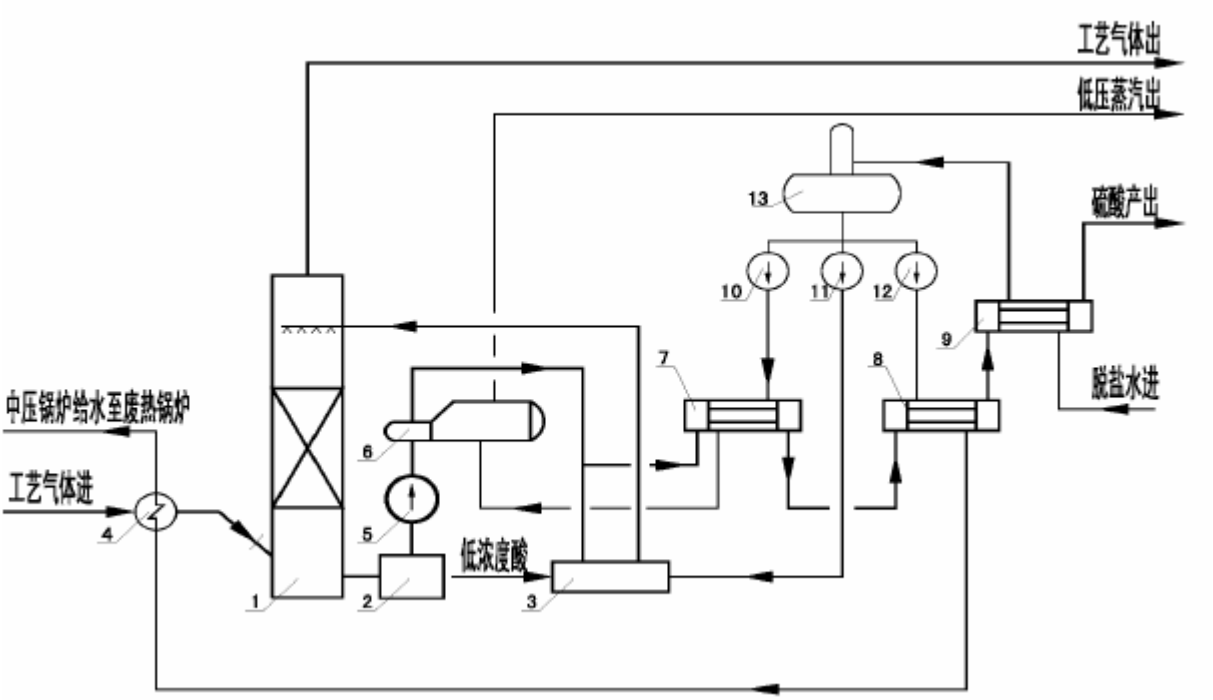


图 1 矿或冶炼气制酸低温热回收流程

五、主要技术指标

采用本技术可使矿或冶炼气制酸装置每生产 1 吨酸低压蒸汽折合回收量达到 0.45t 采用本技术可替代目前矿或冶炼气制酸装置的一吸酸冷却器，减小 60%左右的循环冷却水用量，从而也减少了循环水站的动力消耗及循环水的蒸发量。每产出 1 吨硫酸折合节约标煤 0.062tce。

六、典型应用案例

应用单位：山东明瑞化工集团有限公司老城分公司

技术提供单位：南京海陆化工科技有限公司

节能改造情况：在原有矿制酸装置基础上建成了一套低温热回收装置。

节能效果：该低温热回收装置每小时产汽 7t，装置年运行小时数 8000 小时，每年产汽 5.6 万吨，每年减少循环水用量 380 万吨。可节约标准煤 7440 吨。每年减少二氧化碳排放 19642 吨。

经济效益：该项目投资 1200 万(含对原有装置改造及独立设置的 DCS 系统)。按

蒸汽销售单价 150 元/吨计，每年收益 1030 万元，静态投资回收期 1.98 年。

七、推广前景及节能减排潜力

预计未来五年按可推广 600 万吨规模计算，该技术在行业内的推广比例可达到 30%，总投资额 6 亿元，节能能力 37 万 tce/a，减排能力 98 万 tCO_2/a。

79 环保节能型密闭电石生产装置

40.5MVA 环保节能型密闭电石生产装置

一、技术名称：环保节能型密闭电石生产装置之一：40.5MVA 环保节能型密闭电石生产装置

二、技术所属领域及适用范围： 电石行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

小容量开放或半密闭炉型较多，平均电耗3250kWh/t，综合能耗1.1-1.2 tce/t。目前该技术可实现节能量44万tce/a，CO_2减排约116万t/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用密闭电炉技术，实现电石冶炼副产煤气回收。用于电石原料石灰的煅烧或发电。同时，通过电极及短网技术改进，减少电炉散热，提高自动化配置水平等方法降低冶炼电耗。达到降低电石生产综合能耗的目的。

2.关键技术

（1）电极自动化控制技术；

包括”组合把持器电极自动压放”和”电极自动控制”技术。通过电阻和电流自动操作电极升降，控制电极位置，结合计时压放，实现电极自动化控制。减少电极事故，提高作业率，降低电耗。

（2）电石炉密闭技术

电石炉采用全密闭技术，炉盖设有安全阀、检修孔、电极孔及烟道孔。炉盖采用6瓣18边形拼接。瓣间采用耐高温云母绝缘材料，及耐火陶瓷纤维扭绳双绳缠绕密封。实现全密闭冶炼操作，降低热损耗，炉气品质好，回收率高。

（3）电炉自动上料技术

系统采用静态称量配料，高精度配料降低电耗指标。自动启动加料设备。环形加料机设缓冲装置和辅助托轮组。确保设备使用可靠性，且料盘全部封闭利于除尘，环保效果明显。

3.工艺流程

炉料→提高炉料比电阻装置→干燥→电石炉→电石。

五、主要技术指标

1.单位产品综合能耗＜0.9tce/t，替代主流技术＜1.1tce/t；

2.单位产品工艺电耗⩽3150kWh/t，替代主流技术⩽3250kWh/t；

3.单位产品炭材消耗⩽0.58t/t，替代主流技术⩽0.60t/t。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术荣获大连市优秀新产品二等奖，获辽宁省名牌产品奖，获机械工业学会科技进步三等奖，获电石工业协会行业贡献奖等。

目前技术应用现状及产业化发展情况

七、典型应用案例

技术提供单位：中国电石工业协会

新疆中泰化学公司，原有 30MVA 内燃式电石炉 4 台，于 2003 年投运，综合能耗 1.1tce/t，二氧化碳排放量 57 万 t/a，投资 2 亿元。

新疆天业集团公司， 5 台 30MVA 内燃式电石炉，于 2007 年投运，综合能耗 1.15tce/t，二氧化碳排放量 75 万 t/a，投资 3.5 亿元。

内蒙古双欣化工，6 台 25.5MVA 开放式电石炉，于 2000 年投运。综合能耗 1.1tce/t，二氧化碳排放量 86 万 t/a，投资 2.5 亿元。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来五年，我国电石实际产量 2700 万吨。技术推广比例可达到 40％，节能能力 70 万 tce/a，减排能力 186 万 tCO_2/a。

63MVA 环保节能型密闭电石生产装置

一、技术名称：环保节能型密闭电石生产装置之二：63MVA 环保节能型密闭电石生产装置

二、技术所属领域及适用范围：化工行业大型电石生产装置

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 8 万 tce/a，CO_2 减排约 21 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

通过对炉料进行特殊处理，提高炉料的比电阻，从而提高电石炉的自然功率因数，从而大大节约电能。

2.关键技术

（1）炉料比电阻提高技术 （2）空心电极技术 （3）炉气净化技术 （4）短网结构技术 （5）连续出炉技术。

3.工艺流程

炉料→提高炉料比电阻装置→干燥→电石炉→电石。

五、主要技术指标

1.电石产量 10 万吨/年；

2.耗电量 32000 万 kWh/年；

3.电石单位产品综合能耗＜1.20 吨标煤/吨电石。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

目前国内最大电石炉为贵州有机化工厂引进的日本 35000kVA 电石炉，自然功率因数只能达到 0.70。本项目采用新技术后，自然功率因数可达 0.83-0.88 左右。

七、典型应用案例

技术提供单位：中国电石工业协会

青海东胜化工有限公司，投资 10300 万元，可使电石单位产品综合能耗指标降低 20%-25%达到小于 1.20 吨标煤/吨电石。

八、推广前景及节能潜力：

单台年产 10 万吨（55000kVa）密闭环保节能型电石炉，集国内外最先进的技术，其电石容量及产量均为我国目前最大密闭型电石炉的两倍，其电石单位产品综合能耗较国内现有水平下降 20%-25%。预计未来五年该技术在行业内的推广比例可达到

12%，总投资额 22 亿元，节能能力 25 万 tce/a，减排能力 67 万 tCO_2/a。

80 合成氨节能改造综合技术

一、技术名称：合成氨节能改造综合技术

二、技术所属领域及适用范围：化工行业中小型氮肥装置

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 114 万 tce/a，CO_2 减排约 301 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

（1）吹风气余热回收副产蒸汽及供热锅炉产蒸汽，先发电后供生产用汽，实现能量梯级利用。

（2）采用国内先进成熟、适用的工艺技术与装备改造的装置。

2.关键技术

（1）余热发电 （2）降低氨合成压力 （3）净化生产工艺 （4）低位能余热吸收制冷 （5）变压吸附脱碳 （6）涡轮机组回收动力 （7）提高变换压力 （8）机泵变频调速。

3.工艺流程

在原有工艺流程的基础上实施综合性改造，也可单项局部进行改造。

五、主要技术指标

节电 200-400kWh/吨氨。

六、典型应用案例

技术提供单位：中国氮肥工业协会

河南心连心，山东海化盛兴，投资 2100 万元，改造变压吸附装置，年节资金 330 万元/年，投资回收期 6 年。

七、推广前景及节能减排潜力

年产 10 万吨合成氨企业投资 3000-6000 万元，年可节电 2000-4000 万度，投资回收期 3-5 年，增产 6000 吨/年氨，创利 600 万元/年。各氮肥企业也可采用其中几项节能措施进行改造。全国如半数企业实施本项工程可节电 80 亿 kWh/年。预计未来五年该技术在行业内的推广比例可达到 70%，总投资额 62 亿元，节能能力 160 万 tce/a，减排能力 422 万 tCO_2/a。

81 燃煤催化燃烧节能技术

一、技术名称：燃煤催化燃烧节能技术

二、技术所属领域及适用范围：各种工业用燃煤锅炉

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 9 万 tce/a，CO_2 减排约 24 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

游离基机理、催化机理及扩散燃烧机理。

2.关键技术

产品通过提高炉内燃煤燃烧速率，使燃烧更充分，达到节能目的（节煤率 2%-3%）；优化燃煤颗粒的表面性能，促进煤中灰分与硫氧化物反应，达到脱硫作用（二氧化硫减排率大于 25%）；有效减少燃煤锅炉焦垢的生成并除焦、除垢，改善燃烧器工作状况。

3.工艺流程

使用时，用专用泵喷出与粉煤混合。地点可以选在进料口的输粉管道处，或在传送带输送燃料到锅炉时向煤喷洒，或在称重处向胶带输送机上喷洒。人工/自动控制定速定量供给。

五、主要技术指标

添加比例：每 5-6 吨煤添加煤燃烧催化剂约 1 升；

节能减排效果：平均节煤率 2%-3%；二氧化硫减排 25%以上。

六、典型应用案例

重庆某公司 75t/h 循环流化床，采用 2.5L/h 喷雾计量系统，投资 2 万元（不含燃煤催化剂费用），年节煤约 2000 吨，二氧化硫减排约 200 吨。节能经济效益约 100 万元；四川某热电公司 2 台 75t/h 煤粉炉，采用 5L/h 喷雾计量系统，投资 2 万元（不含燃煤催化剂费用），年节煤约 4000 吨，二氧化硫减排约 400 吨。节能经济效益约 200 万元。

七、推广前景及节能减排潜力

该产品可应用于各种工业用燃煤锅炉。预计未来五年该技术在行业内的推广比例可达到 3%，总投资额 75 万元（不含燃煤催化剂费用），节能能力 27 万 tce/a，减排能力 71 万 tCO_2/a。

82 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：化肥行业、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，CO_2 减排约 259 万 t/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

干煤粉水冷壁气化加水激冷工艺技术，粉煤浓相加压输送技术，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，气化炉设计技术，炉壁测温技术，气化炉炉膛火焰监测系统，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炭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。

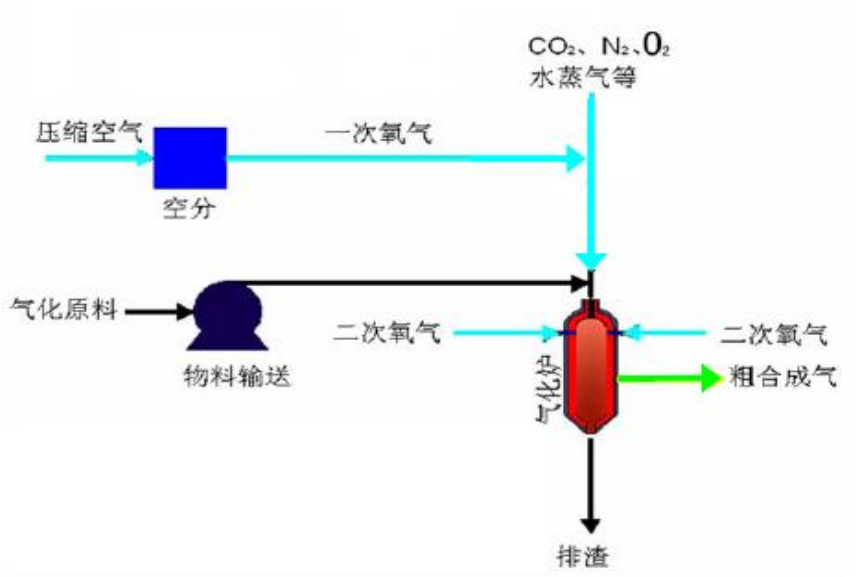


图 1　非熔渣-熔渣水煤浆分级气化技术工艺流程图

五、主要技术指标

比氧耗：361 $Nm^3O_2/kNm^3(CO+H_2)$；

比煤耗：548 Nm^3 煤/$kNm^3(CO+H_2)$；

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 1.1-1.2 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。

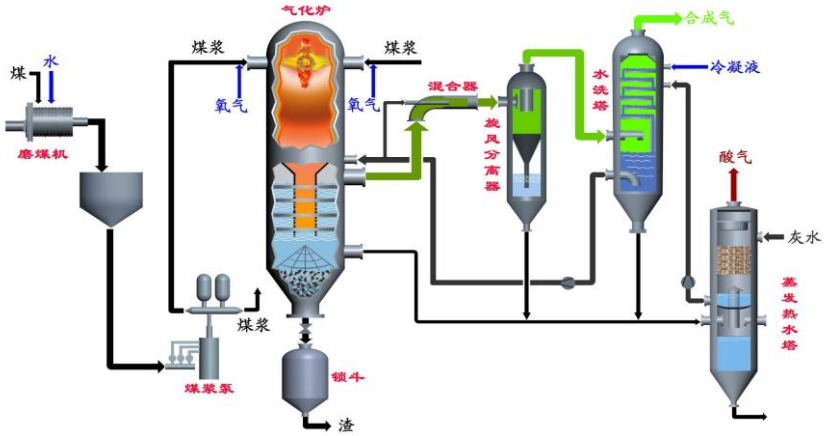


图 1 多喷嘴对置式水煤浆气化工艺流程图

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 个百分点；产气率 2.20 Nm^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 1.1-1.2 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。

83 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，CO_2 减排约 119 万 t/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。

84 大型高参数板壳式换热技术

一、技术名称：大型高参数板壳式换热技术

二、技术所属领域及适用范围：石化行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，以波纹板片作为传热元件的热交换设备代表了换热设备的发展主流方向，愈来愈多的管壳式换热器将被板式换热器或板壳式换热器所替代。现有的板壳式换热器，其板束中截面较大的结构件与较薄的波纹板片传热件之间存在较大的热容差，温度响应速度不一致，由于温度波动大，将产生较大的热膨胀差，因此，在操作时升降温速度必须严格限制。如果非正常开停车，极容易造成设备损坏，这种缺陷影响了热交换与热回收设备运行的可靠性，限制了板壳式换热器的使用范围。以 80 万 t/a 连续重整装置进料换热器为例：单台设备回收热负荷达 3.29×10^7kcal/h，传统管壳式换热技术已无法胜任。目前该技术可实现节能量 38 万 tce/a，CO_2 减排约 100 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用波纹板片作为传热元件，全焊接式板束装于压力壳内。波纹板片能在较低的雷诺数下形成湍流，且污垢系数低，传热效率为管壳式换热器的 2-3 倍。

2.关键技术

专用板型；板束进料分配器；大尺寸板片成型；板束焊接；热膨胀结构。

3.工艺流程

在重整、芳烃、乙烯等装置中，高温反应出料与低温反应进料在进料换热器中换热，从而达到回收大量反应热及节能的目的。换热器原理图及工艺流程图见图 1、图 2。

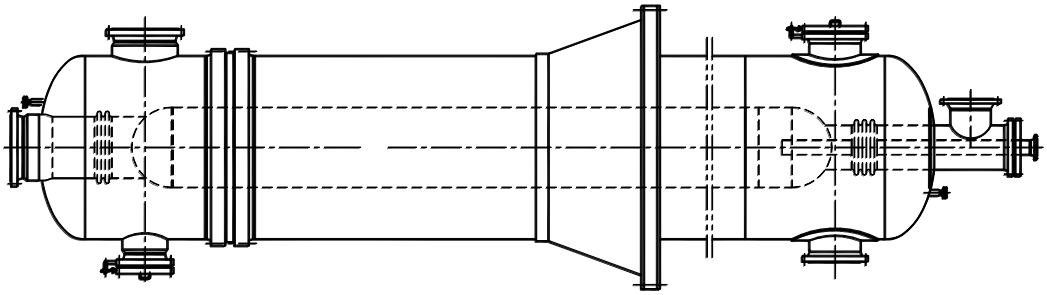


图 1 板壳式换热器原理图

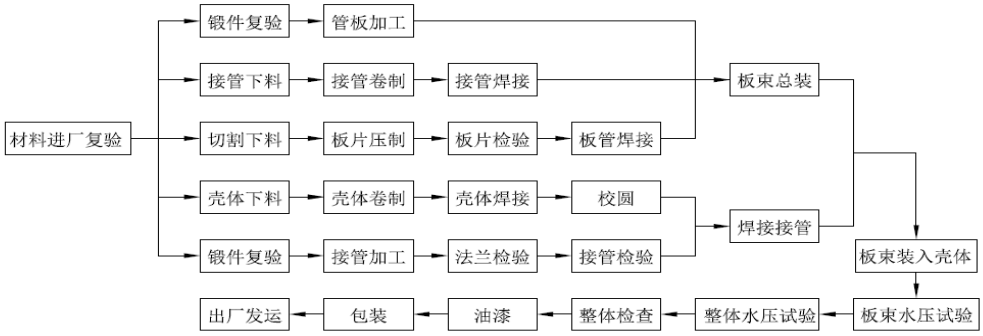


图 2 板壳式换热器工艺流程图

五、主要技术指标

操作压差≤1.6MPa，设备总压降≤71kPa；操作温度≤550℃；单台面积 50-10000m^2。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

3000m^2 大型板壳式换热器于 2003 年通过专家技术鉴定，鉴定结论达到国际先进水平。5000m^2 以上级的超大型板壳式换热器计划于 2009 年通过鉴定。板壳式换热器已应用于乌鲁木齐石化、华北石化、抚顺石化、锦西石化、金陵石化、福建炼化、上海石化、和邦化学有限责任公司等多家石化企业，并外销国际市场。目前已累计实现产量 15 万 m^2。

七、典型应用案例

典型案例 1：乌鲁木齐石化公司

建设规模：40 万 t/a 催化重整装置。主要改造内容：以大型板壳式换热器替代原管壳式换热器。节能技改投资 440 万元，建设期 3 个月。按换热器热负荷 1.85×10^7kcal/h 时计算，每年可节能 21208tce。与同工位管壳式换热器相比，年均可节约燃料油 688t、加热炉操作费用 34 万元、后端空冷器用电量 52.6MWh，折合 1000tce，投资回收期约 2.5 年。

典型案例 2：上海高桥石化公司

:建设规模：80 万 t/a 连续重整装置。主要改造内容：以超大型板壳式换热器替代原管壳式换热器。节能技改投资额 1150 万元，建设期 3 个月。与同工况管壳式换热器相比，年均可节约燃料油 2036t，折合 2900tce，投资回收期约 2 年。

八、推广前景及节能减排潜力

近年来，随着国家节能减排政策的日趋严格，迫切需要推出新型高效换热器以满足节能增效及装置大型化的要求。在炼油化工中乙烯、重整、芳烃等装置上，传统管式换热器已无法满足要求，须全部采用板式进出料换热器。与管壳式换热器相比，该技术可将传热效率提高 2-3 倍，多回收 3％-5％的热量，节省操作费用 30％-50％。应用该技术生产的国产板壳式换热器可摆脱同工位换热器对进口的依赖。板壳式换热器还可广泛应用于冶金、电力、航天、轻工食品、交通运输、城市建设等领域的热交换场合，市场前景巨大。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 30 亿元，年节能能力 75 万 tce/a，减排能力 198 万 tCO_2/a。

85 炭黑生产过程余热利用和尾气发电（供热）技术

一、技术名称：炭黑生产过程余热利用和尾气发电（供热）技术

二、技术所属领域及适用范围：化工行业炭黑生产

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

炭黑生成反应后的烟气温度约 1050℃，而炭黑收集滤袋的可承受温度约为 280℃，烟气余热利用的空间较大。原有炭黑生产过程采用 650℃空气预热器，回收 750℃-530℃区间烟气余热以加热助燃空气，而 1050℃-750℃和 530℃-350℃温度区间则采用喷水降温，不仅余热未得到充分利用，而且浪费了大量宝贵的水资源，同时加大了后部设备负荷和酸雾腐蚀，降低了炭黑尾气热值，不利于其综合利用。目前该技术可实现节能量 53 万 tce/a，CO_2 减排约 140 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用 850℃空气预热器回收高温烟气余热，回收烟气温度区间为 950℃-630℃。因空气预热器烟气出口温度较高，同时配套余热锅炉回收中温烟气余热，回收烟气温度区间为 600℃-350℃，可使有效余热利用率从 33.8％提高到 87.6％。提高助燃空气温度可减少燃料消耗，提高装置产能，增设余热锅炉所产蒸汽可满足炭黑装置用汽需求，减少燃煤消耗。

2.关键技术

炭黑烟气的特点是，生成反应终止后的烟气温度仍高达 1000℃，烟气中含有 H_2、CO 等可燃气体，烟气中的炭黑含量约为 100 g/m^3-150g/m^3，因此，余热回收设备要安全可靠运行，必须解决冷热介质间温差大造成的热应力问题，防止烟气泄漏燃烧的密封问题，以及炭黑易附壁沉积造成堵管等问题。

850℃空气预热器的关键技术是：新型热膨胀应力补偿和密封结构、阻燃气体隔断空气泄漏以及换热管单管填料密封等创新技术。

在线余热锅炉的关键技术是：新型弧形薄管板结构；管口防冲刷结构；脉冲防堵系统；液位稳定检测系统等创新技术。

3.工艺流程

炭黑反应系统→空气预热器→在线余热锅炉→炭黑收集系统→造粒和包装系统。

经空气预热器与高温烟气换热、温度达到850℃的助燃空气，进入炭黑反应系统与燃料完全燃烧，提供原料油裂解生成炭黑的高温（1700℃-1900℃）气体；余热锅炉进一步回收热能产生蒸汽（回用于炭黑生产装置）；之后，通常采用原料油预热器在回收低温热能的同时，满足后部收集滤袋的使用温度要求。

五、主要技术指标

850℃空气预热器：烟气入口温度950℃，空气预热温度850℃，空气压力80kPa。余热锅炉：设计压力1.75MPa，烟气入口温度600℃，烟气出口温度350℃。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术获3项实用新型专利。余热利用设备已形成系列产品，可满足1.5-4万t规模的炭黑装置，已在业内推广16套（其中在建6套）。

七、典型应用案例

典型用户：中橡集团炭黑工业研究设计院、山西焦化集团有限公司、山西远征化工有限公司、山西宏特煤化工有限公司、云南曲靖众一煤化公司、上海立事化工公司、河北龙星化工集团有限责任公司、河北大光明实业集团有限公司、茂名永业（集团）股份有限公司等。

典型案例1：中橡集团炭黑工业研究设计院生产基地

建设规模：3000kW炭黑尾气发电装置。主要改造内容：炭黑尾气集输系统，炭黑尾气专用锅炉。节能技改投资额1500万元，建设期1年。年节能8400tce，取得节能经济效益675万元，投资回收期2.5年。

典型案例2：河北龙星化工集团有限责任公司炭黑厂:

建设规模：6000kW炭黑尾气发电装置。主要改造内容：炭黑尾气集输系统，炭黑尾气专用锅炉。节能技改投资额2900万元，建设期1年。年节能16800tce，节能经济效益1485万元/年，投资回收期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潜力可达到80%，预计投资总额10亿元，年节能能力85万tce/a，二氧化碳减排能力224万tCO_2/a。

86 乏汽与凝结水闭式全热能回收技术

一、技术名称：乏汽与凝结水闭式全热能回收技术

二、技术所属领域及适用范围：使用蒸汽进行间接加热的热交换系统

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前我国 60%的乏汽与凝结水未被回收，每年被作为废汽/水排放的乏汽与凝结水总量约为 4.5 亿 t。目前该技术可实现节能量 18 万 tce/a，CO_2 减排约 48 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

将蒸汽放热后形成的凝结水收集至集水罐进行汽水分离后，采用由 PLC 控制的离心泵以全密闭方式自动加压输送至规定位置，对其余热余压进行回收再利用。产品由多路共网器、集水罐、离心泵、自控柜、PLC 控制器及通用阀门等构成。

2.关键技术

凝结水回收过程中汽水分离、消除汽蚀、多路共网、自力增压、自动感应、数字控制技术；乏汽回收热交换过程中乏汽瞬时液化连续控制技术。

3.工艺流程

蒸汽凝结水闭式回收装置主要由闪蒸罐、多路共网器、自力增强器、喷吸器、集水罐、管道元件、电动泵、电控等组成。具体见图1、图2。

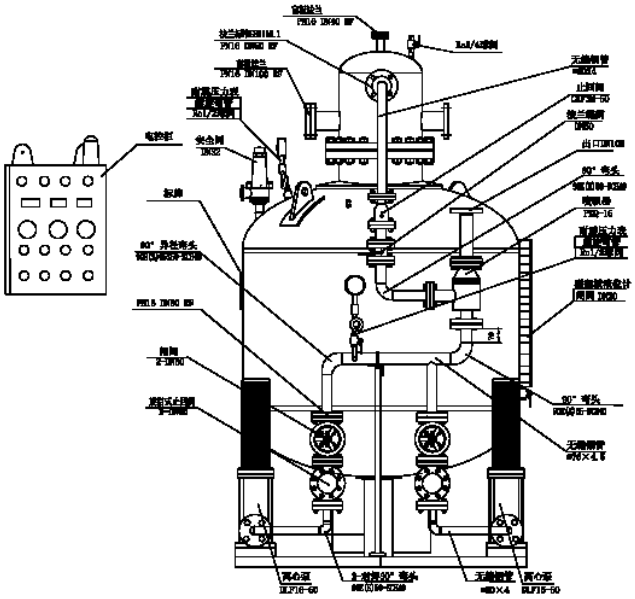


图 1　凝结水闭式全热能回收装置设备结构简图

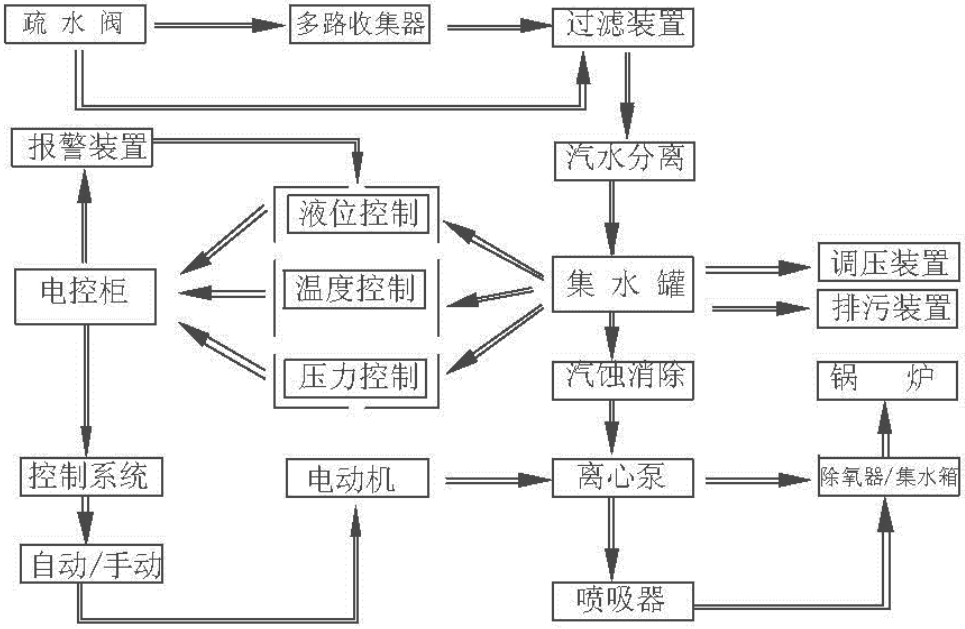


图 2　凝结水回收过程工艺流程图

五、主要技术指标

最大回收量 5-300 t/h，最高工作压力 1.6MP，最高回收凝结水温度 170℃。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术经甘肃省科技厅组织的科技成果鉴定，认为达到国内领先水平。该技术已应用于内蒙古天野化工(集团)有限责任公司甲醇车间凝结水回收系统改造、吉林石化公司丙烯腈厂第一、二套丙烯腈装置改造等项目。

七、典型应用案例

典型用户：吉化、广州石化。

典型案例 1：吉林石化公司丙烯腈厂:

主要技改内容：四套凝结水回收装置。节能技改投资额 600 万元，建设期 6 个月。年节能量 8847tce，节能经济效益 708 万元，投资回收期 1 年。

典型案例 2：广州石化:

建设规模：500 万 t 炼油。主要技改内容:裂解装置安装 6 套凝结水回收装置。节能技改投资额 800 万元，建设期 4 个月。年节能 13000tce，节能经济效益 1040 万元，投资回收期 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

以石化和化工行业为例，预计未来 5 年，该技术在行业内的推广潜力可达到 50%，投资总额 29 亿元，节能能力 90 万 tce/a，减排能力 238 万 tCO_2/a。

87 纳米陶瓷多空微粒绝热节能材料涂层技术

一、技术名称：纳米陶瓷多空微粒绝热节能材料涂层技术

二、技术所属领域及适用范围：通用于油气储存设备、运输设备、生产设备等

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

油品储存温度愈高，且罐内温差愈大时，油料蒸发愈严重。在相同温度和密封条件下储存同一种汽油，装油量为油罐容积 20％时的蒸发损失比装油量为油罐容积 95％时大 8 倍；油罐的密封程度对蒸发损耗也有影响，一座 5000m^3 油罐，因孔盖不严密引起自然通风，一个月内可损失汽油 53×10^3kg，损失原油 28×10^3kg；储油罐大小呼吸损耗，大呼吸次数愈多，油料蒸发损耗愈大。在蒸发损耗中，小呼吸损失约占 10％。有关资料表明：一座 10000m^3 地上金属罐储存汽油，每年小呼吸损失可达 117 吨，损失率为 1.7％。目前该技术可实现节能量 4 万 tce/a，CO_2 减排约 11 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用纳米级的多空陶瓷微粒为主要原料，该产品具有低导热系数（k=0.015（9）及高辐射率（88％）、高反射率（97％）等特点。将该产品喷涂到设备表面，使设备表面热辐射及红外温度迅速反射及辐射掉，不会或减低形成温度场。

2.关键技术

纳米陶瓷多空微粒绝热技术、附加复合防腐性能设计、水性环保涂料工艺、超长耐老化及使用年限、具有耐高温性能及防静电设计等。

3.工艺流程

设备表面处理清洁后，直接将该产品按 0.25mm 厚度用无空气喷涂机按序喷涂，喷涂两遍后喷涂保护面漆，使得设备表面长时间洁净，降低表面温度。

五、主要技术指标

导热系数：0.110W/mk，耐酸性（53％HCl 溶液）：168 小时无异常；耐碱性（20％NaOH）：300 小时无异常；防水性：（0.3MPa，0.5h）：不透水；环保：不含可溶性铅、镉、铬、汞等重金属，不含苯，游离甲醛含量低于指标要求；抗老化：有超常使用年限。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术通过国家建筑科学院建筑材料鉴定中心的全项检测，已在我国塔里木油田、吐哈油田野营房和储油罐、中东地区 80％的油罐及相关油田设备上得到推广应用。

七、典型应用案例

典型用户：塔里木油田、吐哈油田油气储罐及野营房

典型案例 1

建设规模：超过 8 万 m^2 储罐及设施绝热改造。主要改造内容：95 套原油、成品油等储罐及设施采用 0.6mm 厚的涂料涂层，将环境中的大部分日照热量反射或辐射出去，降低罐体表面温度，减少”呼吸”现象所逸出的油气。节能技改投资额 1865 万元，建设期 4 个月。节能量：1 万 m^2 原油储罐（环境温度 31.5℃时）减少损耗 0.113t/d，500 m^2 溶剂油储罐（环境温度 21℃时）减少损耗 0.015t/d，2000 m^2 石脑油储罐（环境温度 20.7℃时）减少损耗 0.15t/d，250 m^2 柴油储罐（环境温度 21℃时）减少损耗 0.0005t/d。每年总计可减少 2596t 原油、52t 凝析油、434t 汽油和 46t 溶剂油的损耗，折合 4484tce，取得节能经济效益 708 万元，投资回收期 2.5 年。

典型案例 2

建设规模：8 套、264 间野营房绝热改造。主要改造内容：对钻井队的 8 套共 264 间生活营房喷涂绝热保温涂料以降低夏季室内温度。节能技改投资额 500 万元，建设期 3 个月。全年可节电 370 万 kWh，折合 1235tce，取得节能经济效益 220 万元，投资回收期 2.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术在石油石化工业、海上采油设备的绝热、防腐、防盐雾等方面的应用可取得显著节能效果，油田装备、野营房、石油/天然气管道、铁路/公路油料运输车，采油场温度敏感设备器材等均是该产品的潜在市场，应用领域广泛。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 4 亿元，节能能力 10 万 tce/a，减排能力 26 万 tCO_2/a。

88 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：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 亿吨，如果陆上生产的原油按 1.5 亿吨计算，采油过程中将产生 8.5 亿吨温度约为 50℃的采油污水。目前该技术可实现节能量 2 万 tce/a，CO_2 减排约 5 万 t/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。

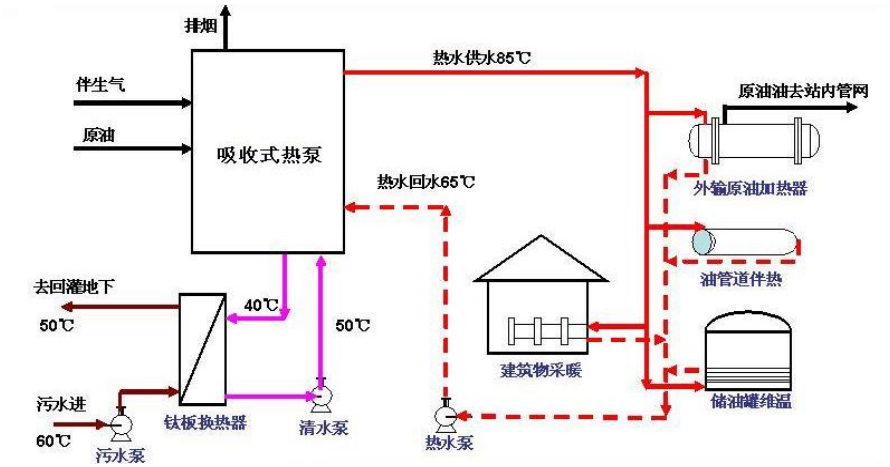


图 1　油田采油污水余热综合利用工艺流程图

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。

89 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，CO_2减排约3万t/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

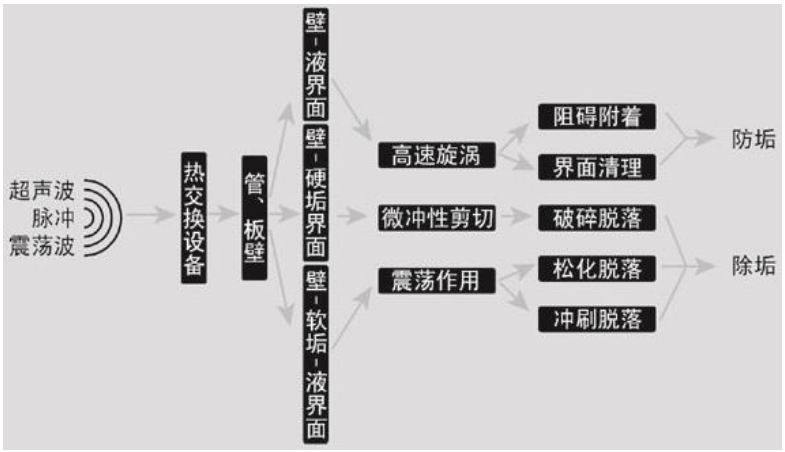


图 1 超声波防垢原理图

（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#800万吨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。

90 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：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，CO_2 减排约 5 万 t/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。

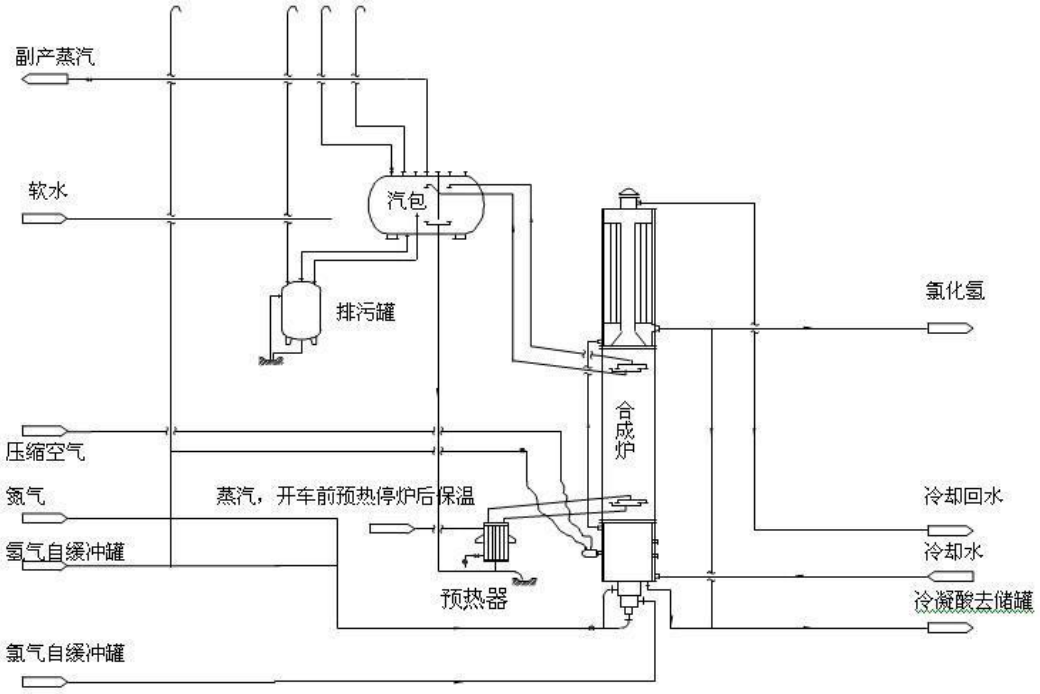


图 1　氯化氢合成余热利用技术图

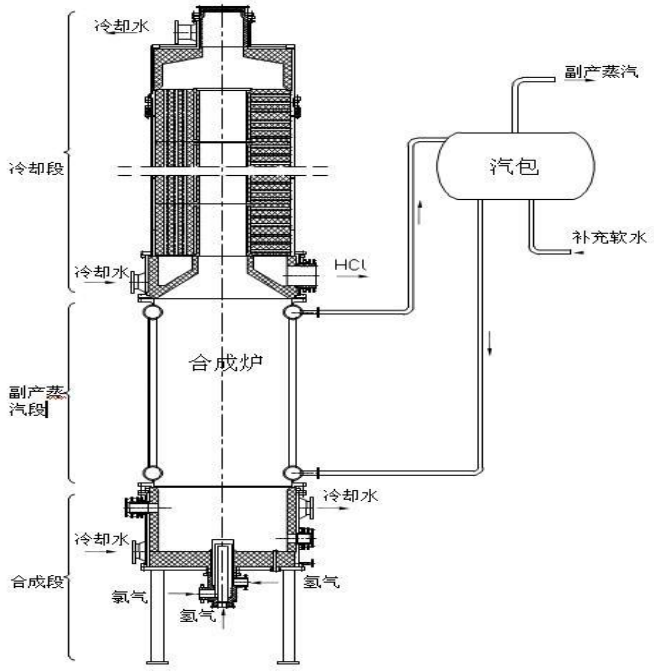


图 2 氯化氢合成余热利用技术设备图

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。

91 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：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，CO_2 减排约 11 万 t/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 1.7 MPa）和低压分解吸收（压力 0.3 MPa）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。

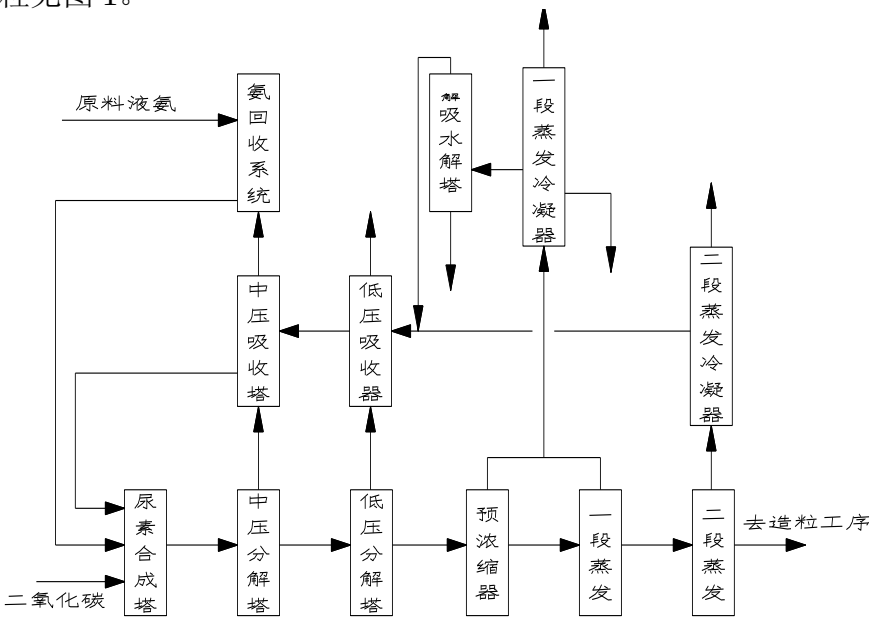


图 1 水溶液全循环节能尿素生产工艺流程图

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 400 吨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 8%，投资总额 8 亿元，节能能力 11 万 tce/a，减排能力 30 万 tCO_2/a。

92 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60万吨/年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，CO_2减排约92万t/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。

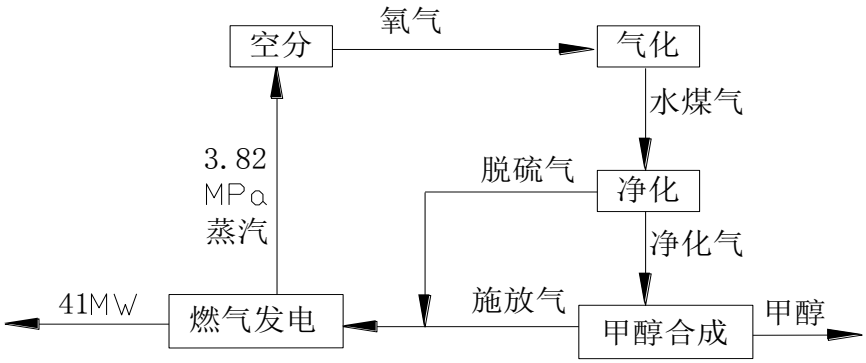


图 1　煤气化多联产燃气轮机发电技术流程图

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 万吨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。

93 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，CO_2 减排约 13 万 t/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。

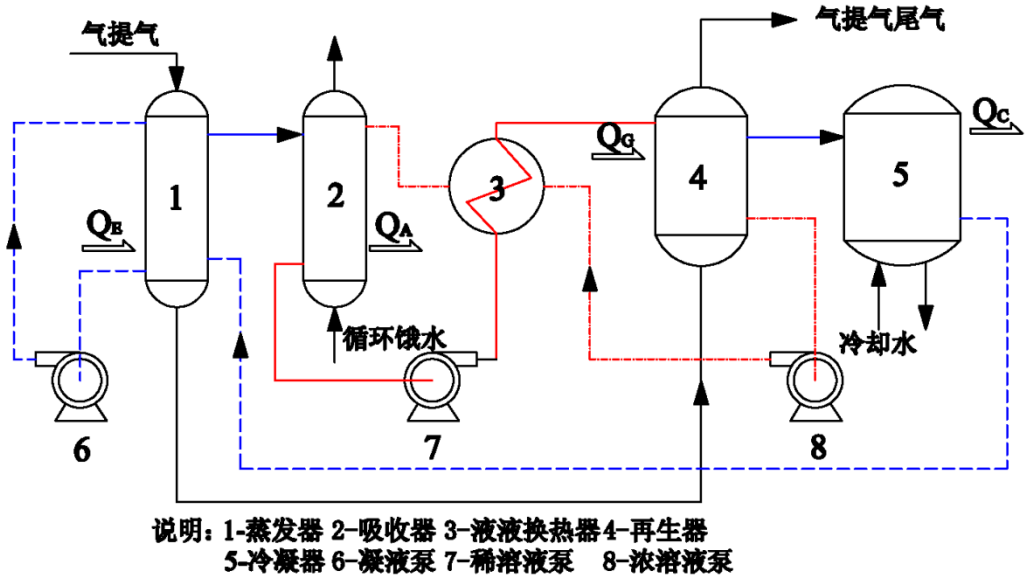


图 1　低温吸收式热变换器系统流程图

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。

94 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，CO_2减排约29万t/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。

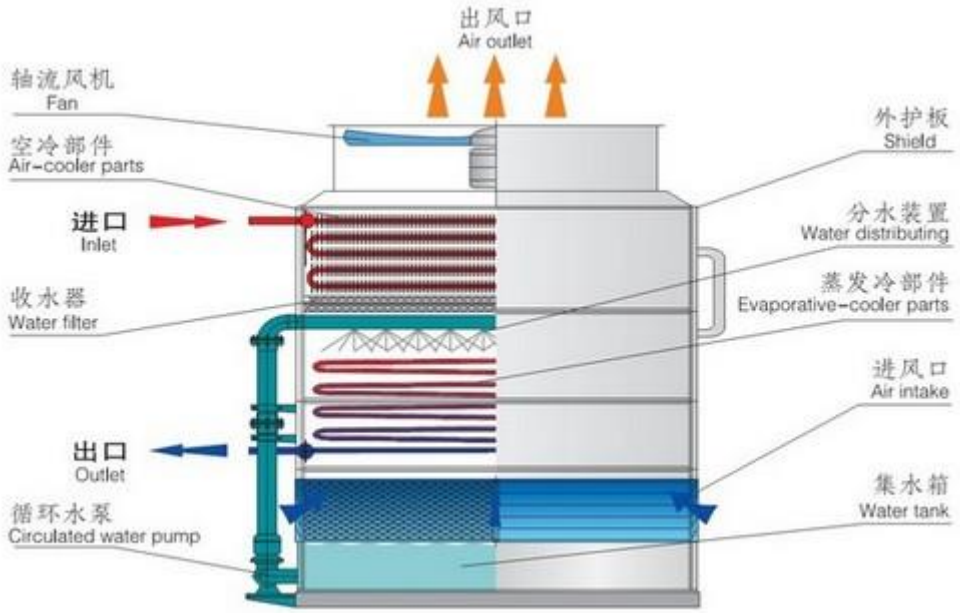


图 1 高效复合型冷却（凝）器基本结构图

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 kPa-18 kPa。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/年；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。

95 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一吨磷酸（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，CO_2 减排约 3 万 t/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。

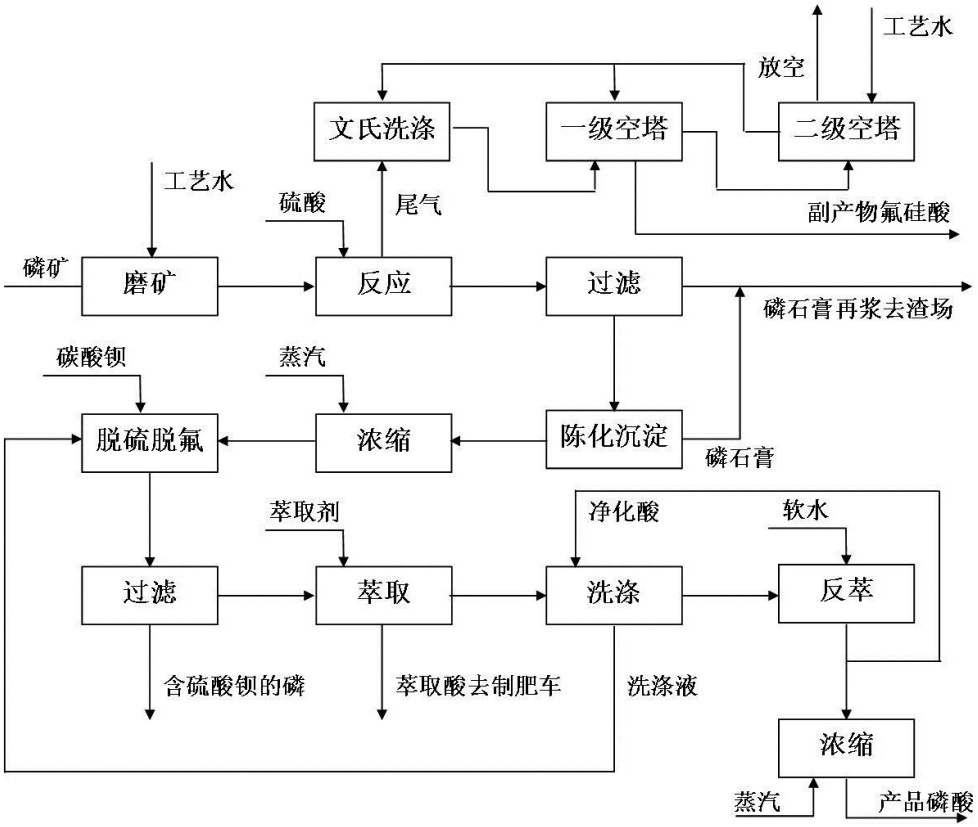


图 1 溶剂萃取法精制工业磷酸工艺流程图

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。

96 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：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，CO_2减排约193万t/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。

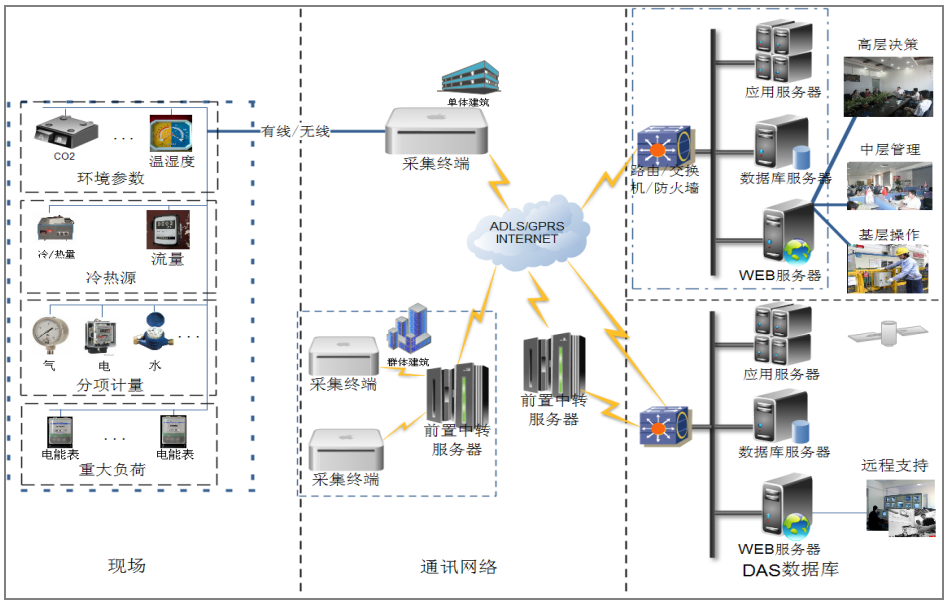


图 1 循环水系统节能优化技术系统架构图

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。

97 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：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，CO_2减排约251万t/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。

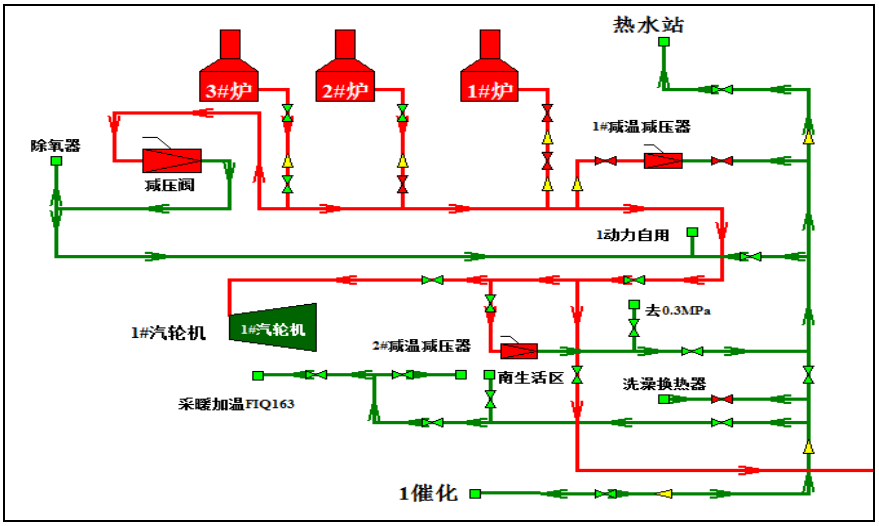


图 1　蒸汽系统运行优化流程图

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。

98 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 亿吨铁产量计算，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，CO_2 减排约 42 万 t/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。

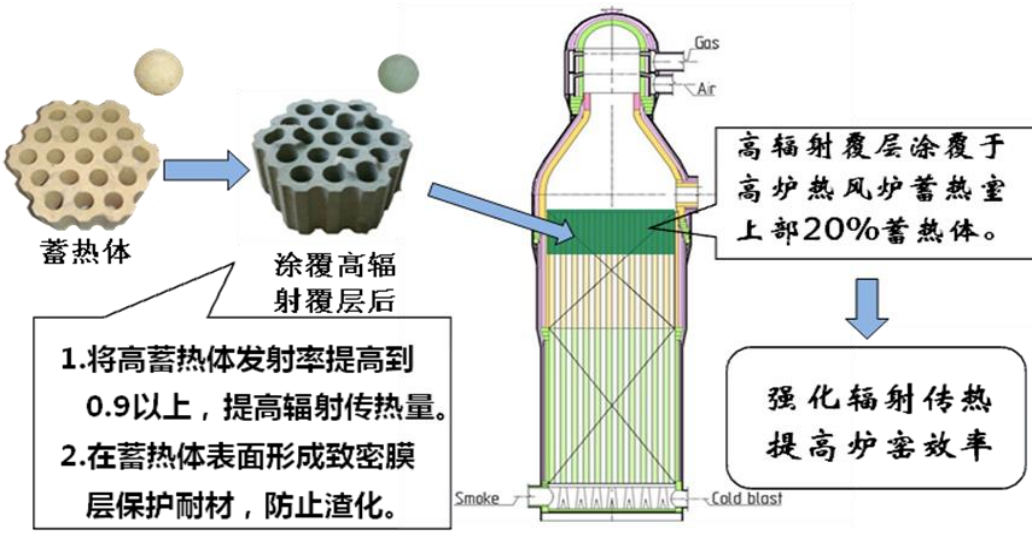


图 1 高辐射覆层材料应用示意图

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 4 项，获日本专利、俄罗斯专利各 1 项。2011 年 8 月，“高效蓄热体覆层技术在球式热风炉节能改造中的应用”通过了山东省的省级技术鉴定。2012 年 12 月，“高辐射覆层技术在焦炉上的应用研究”通过了由山东省科技厅组织的省级科技成果鉴定。目前已在全国 60 余家钢铁企业的 331 座高炉热风炉和焦炉上应用，实现节焦 94.9 万 t（折合 93.8 万 tce），减少二氧化碳排放 247.6 万 t。

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 18777tce，年减排量 49571tCO_2。项目经济效益 1095 万元，投资回收期 9 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：17.9 万块格子砖涂覆高辐射覆层。建设条件：在热风炉新建或大修时应用。主要技改内容：5#2580m³高炉的 3 座热风炉上部 50 层硅质格子砖采用高辐射覆层技术。技改投资额 300 万元，建设期 1 年。年节能量 5855tce，年减排量 14210.6 tCO_2。年节能经济效益为 835 万元，投资回收期约 5 个月。

八、推广前景及节能减排潜力

目前全国有高炉 1400 余座，热风炉 4000 余座，产能 7 亿吨；焦炉约 3000 座，产能 3.8 亿吨。预计未来 5 年，该技术在国内推广比例可达 20%，可形成年节能能力 65 万 tce，年减排潜力 143 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，CO_2减排约 16 万 t/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。

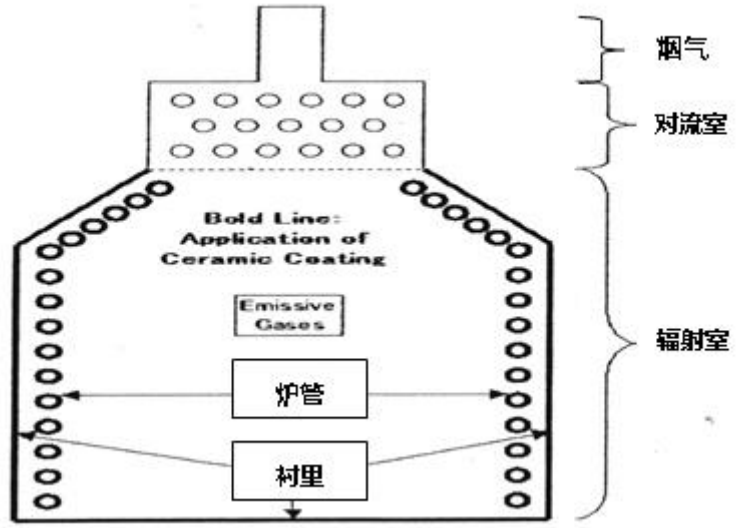


图 1 石化加热炉示意图



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 万吨延迟焦化炉陶瓷喷涂项目

建设规模：100 万吨延迟焦化炉。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 万吨/年常减压炉陶瓷喷涂项目

建设规模：550 万吨/年常减压炉。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、推广前景和节能减排潜力

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。

99 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、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，CO_2 减排约 140 万 t/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。

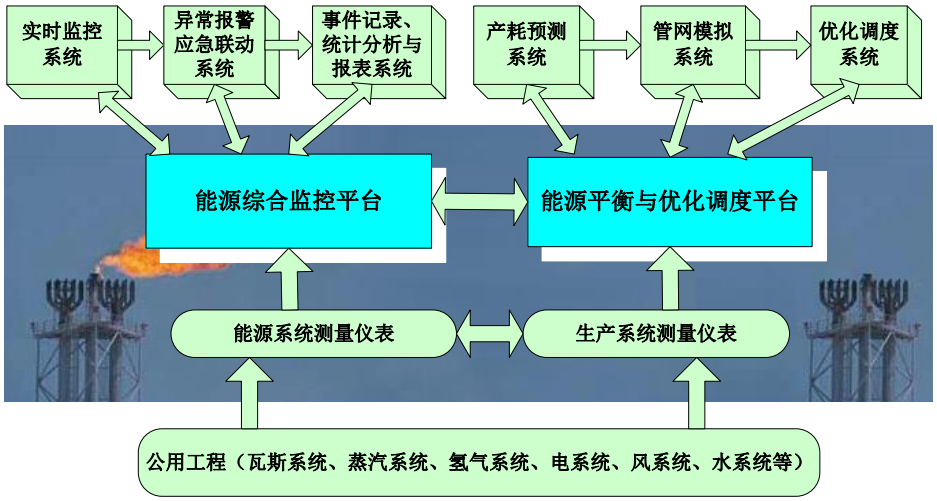


图 1 工业企业能源平衡与优化调度技术工艺流程图

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 万吨聚氯乙烯树脂、100 万吨离子膜烧碱、200 万吨电石、400 万吨新型干法电石渣制水泥、140 万千瓦热电等的生产能力，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 万吨/年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、推广前景和节能减排潜力

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。

100 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，CO_2 减排约 13 万 t/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。

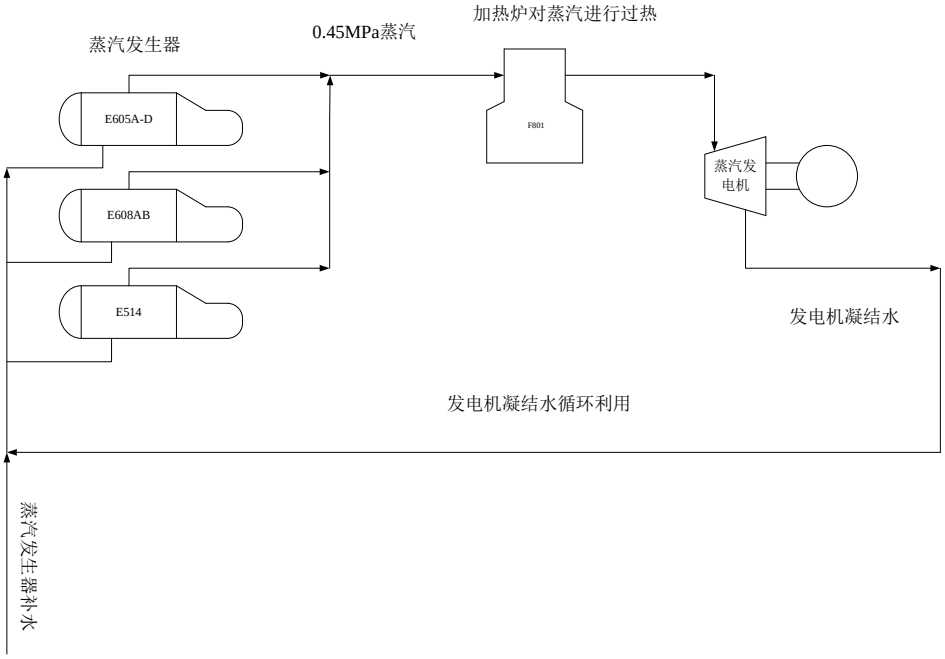


图 1 低温热回收蒸汽发电技术流程图

低温热回收热水发电技术的工艺流程图如图 2 所示。

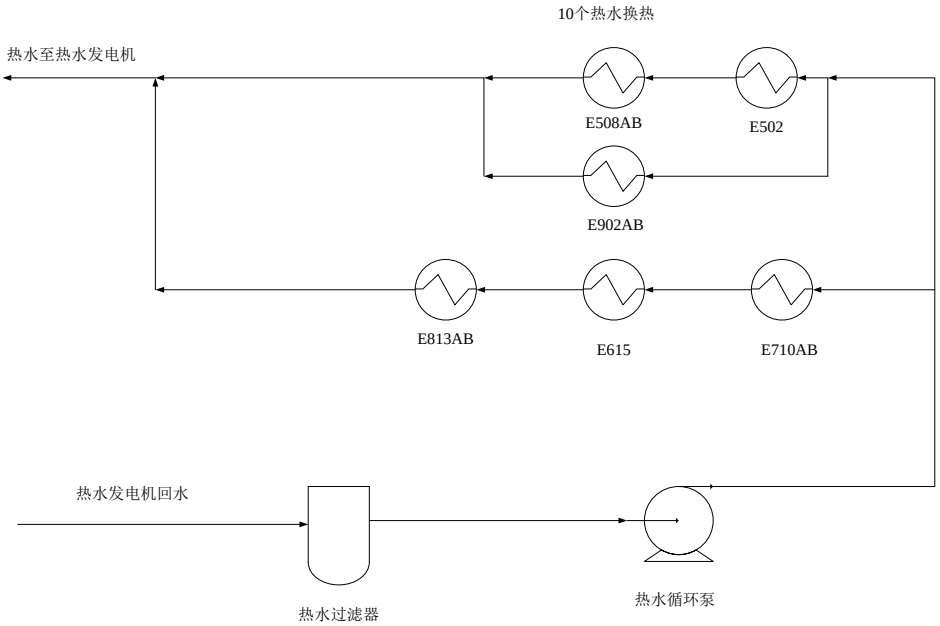


图 2 低温热回收热水发电技术流程图

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/年对二甲苯装置。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。

101 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，CO_2 减排约 17.7 万 t/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。

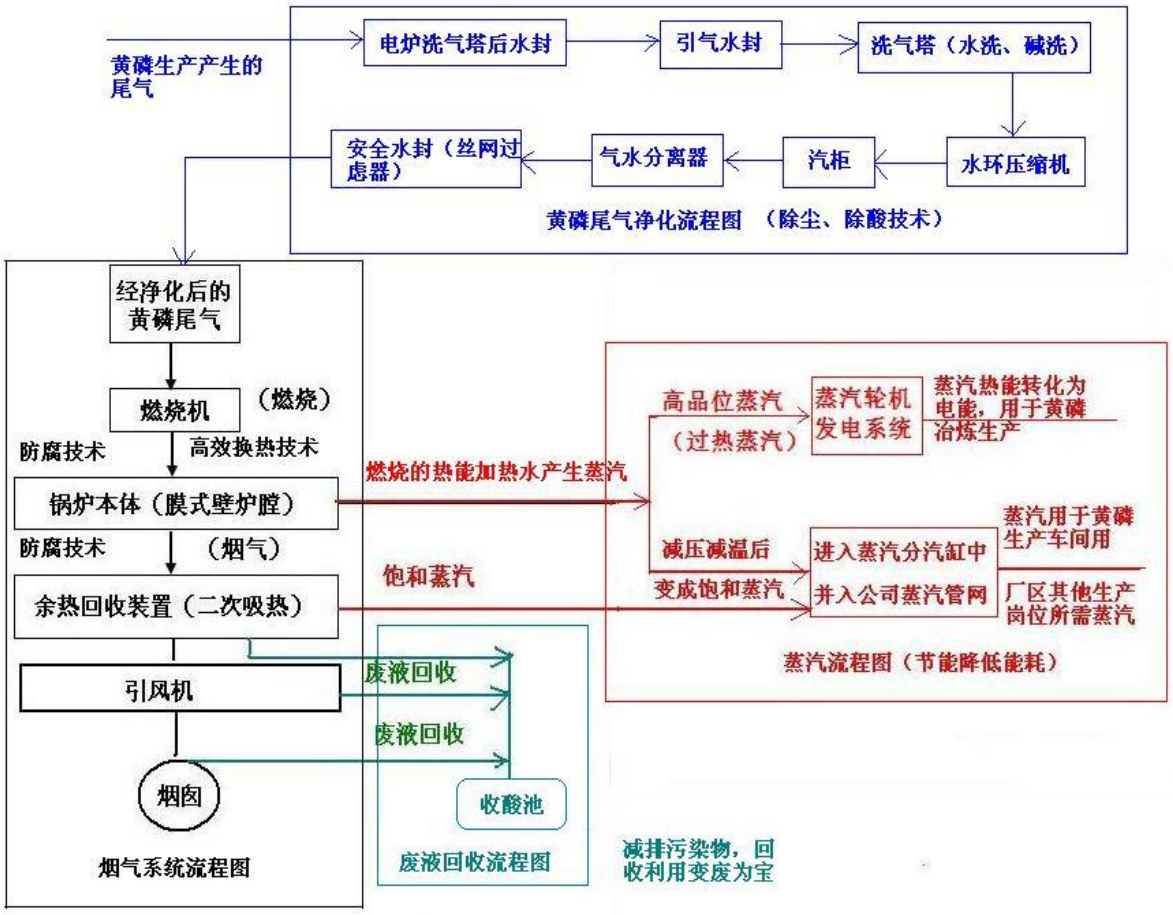


图 1 黄磷生产过程余热利用和尾气发电（供热）技术

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 吨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 吨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。

102 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：化工行业 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，CO_2 减排约 24 万 t/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。

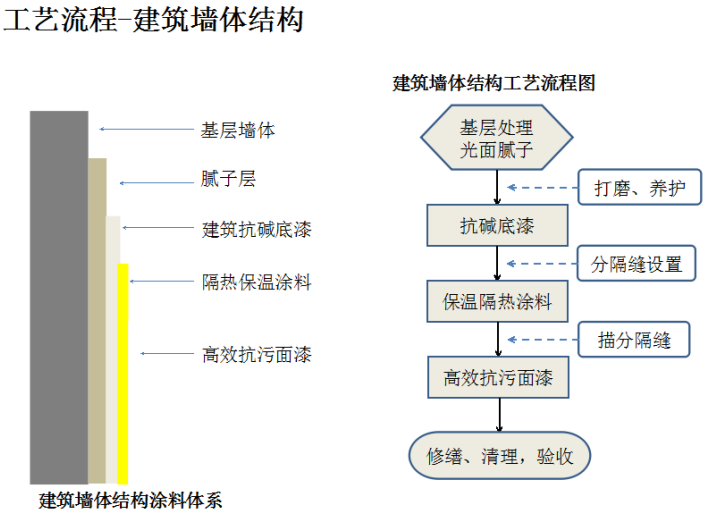


图 1 隔热保温涂料应用于建筑墙体结构示意图

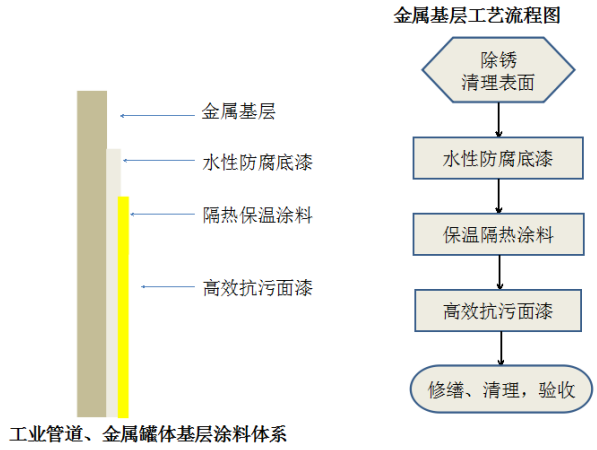


图 2 隔热保温涂料应用于管道、罐体示意图

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°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。

103 玻璃熔窑余热发电技术

一、技术名称：玻璃熔窑余热发电技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业大型浮法玻璃熔窑

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行业平均能耗为 20kg 标煤/重箱。目前该技术可实现节能量 90 万 tce/a，CO_2 减排约 238 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

将玻璃熔窑排放的余热转换为电能。

2.关键技术

“转换”技术及玻璃熔窑工艺参数的稳定。

3.工艺流程

在熔窑排废烟道上安装换热器→低温发电设备。

五、主要技术指标

废气温度 500℃以上；500t/d 浮法窑，达到 1000kW 发电能力。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

我国大型浮法玻璃生产企业正在与科研设计单位联合开发低温余发电项目，主要有：

1.江苏华尔润集团与杭州玻璃设计院联合开发，并在浮法线试用；

2.深圳（东莞）信义超薄玻璃有限公司与深圳凯盛科技工程有限公司联合开发；

3.德州晶华集团振华有限公司与秦皇岛玻璃设计院等单位联合开发；

4.中国洛阳浮法玻璃集团有限公司。

七、典型应用案例

典型案例 1

德州晶华集团振华有限公司拟与秦皇岛玻璃设计院等技术单位合作，利用现有一线、二线两条浮法玻璃生产线的外排废气余热建设一座装机容量为 7.5MW 的纯低温余热电站。年发电量 7020 万 kWh，平均供电成本 0.163 元/kWh，可节约用电成本 2786.94 万元，3 年即可收回成本。

典型案例 2

中国洛阳浮法玻璃集团有限公司，拟利用浮法玻璃生产线的外排废气余热建设一座装机容量为 3MW 的低温余热电站。年发电量:2340×10^4kWh，年供电量:2031×10^4kWh， 供电成本:0.125 元/kWh，电价按 0.5 元/kWh 与玻璃厂结算，达产后年销售收入为 1016 万元，年利润 761 万元，投资回收期 3.2 年。

典型案例 3

江苏华尔润集团拟在 8#、9#线上建设余热发电，年发电 7835 万 kWh，自用电率 36%，效益 2300 万元，投资 9500 万元。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的普及率可达到 80%，年节能能力可达到 180 万 tce，年减排能力 414 万 tCO_2。

104 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、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 2700 千卡以上。应用该技术可实现节能量 3 万 tce/a，CO_2 减排约 8 万 t/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 1350 千卡以下，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 万吨无碱玻璃纤维池窑，节能技改投资额 1000 万元，建设期 1 年，节能量 1000 万标方天然气/年，综合效益 2000 万元/年，投资回收期 0.5 年。

典型案例 2

年产 10 万吨无碱玻璃纤维池窑，节能技改投资额 1200 万元，建设期 1 年，节能量 14000 吨液化气/年，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 8427 吨，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。

105 辊压机粉磨系统

一、技术名称：辊压机粉磨系统

二、技术所属领域及适用范围：建材行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

原料粉磨：采用球磨机系统电耗 23kWh/t；泥粉磨：采用球磨机系统电耗 42kWh/t。目前该技术可实现节能量 16 万 tce/a，CO_2 减排约 42 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理：采用高压挤压料层粉碎原理，配以适当的打散分级烘干装置。

2.关键技术：专用磨辊堆焊及修复技术，液压、润滑、喂料、传动、自动控制技术，以及与之相配套的打散分级烘干、球磨机改造等。

3.工艺流程：辊压机联合粉磨→半终粉磨→终粉磨。

五、主要技术指标

原料粉磨：采用辊压机终粉磨系统电耗 13kWh/t，单位产品节电量 10 kWh/t。

水泥粉磨：采用辊压机半终粉磨系统电耗 30kWh/t，单位产品节电量 12 kWh/t。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

辊压机装置及系统技术先后分获天津市政府和建材联合会科技进步奖，“TRP（R）220-160 大型生料辊压机系统装备”项目被列入 2014 年度国家重点新产品计划项目。迄今已有 300 多台 TRP 型辊压机及其系统在水泥生产线运行，并出口海外市场。目前该技术在行业内的推广比例达到 50%。

七、典型应用案例

典型用户：拉法基水泥、亚泰集团、尧柏水泥、金隅集团、蒙西水泥、中材水泥、宁夏赛马和祁连山等诸多水泥集团。

典型案例 1：某 2500t/d 新型干法水泥生产线原料磨系统改造

项目节能技改投资额约 3000 万元，停产对接时间 15 天。同比采用球磨机，节电 40%以上（约 10kWh/t 生料）；同比采用球磨机，吨生料粉磨电耗降低 10kWh/t 计算，年节电 1400 万 kWh，年节电效益约为 700 多万元（按 0.5 元/kWh 计算），投资回收期 4.0 年。

典型案例 2：某 2500t/d 新型干法水泥生产线水泥磨系统改造

节能技改投资额约 3000 万元，建设期 120 天。比原采用球磨机节电 30%以上（约 12kWh/t 水泥）；同比采用球磨机，以年产 130 万吨水泥，吨水泥粉磨电耗降低 12kWh/t 计算，年节电效益约为 780 万元（按 0.5 元/度计算），投资回收期 4.0 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的粉磨系统普及率可达到 60%，年节能能力可达到 24 万 tce，年减排能力 63 万 tCO_2。

106 立式磨装备及技术

一、技术名称：立式磨装备及技术

二、技术所属领域及适用范围：1．建材行业的物料粉磨领域；2．钢铁行业的以煤代焦喷煤工程；3. 非金属矿行业的高细加工领域；4. 矿渣微粉的粉磨领域；5. 电力行业的脱硫领域。

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原料粉磨领域，电耗 14-17kWh/t；原煤粉磨领域，电耗 20-22kWh/t；矿渣粉磨领域，电耗 39-45kWh/t；非矿粉磨领域，电耗 40-50kWh/t。目前应用该技术可实现节能量 50 万 tce/a，CO_2 减排约 132 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用料床粉磨原理，有效提高粉磨效率，减少过粉磨现象。

2.关键技术

（1）合适的磨辊啮入角；

（2）有效的防止磨辊、磨盘直接接触措施；

（3）性能良好的耐磨材料技术；

（4）可靠的磨辊轴承腔密封方式；

（5）灵活控制的选粉机构；

（6）可靠的液压技术；

（7）实用的磨机轻载启动方式；

（8）方便的检修维护方式；

（9）成熟的系统工艺及电气自动化控制技术。

3.工艺流程：磨机+收尘器的标准一级收尘工艺流程。

五、主要技术指标

1.磨机产量 5-400 t/h；

2.系统电耗 15-50 kWh/t；

3.耐磨材料寿命 8000-12000h。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该设备 1993 年通过原国家建材局组织的科学技术成果鉴定。荣获“建材行业科技进步二等奖”,“中国建材机械行业名牌”产品称号,“国家级新产品”称号。

HRM 系列立式磨装备及技术已在中国推广应用 300 台套,并已出口到巴基斯坦、印度、越南、印度尼西亚、阿尔及利亚、埃及等国家。

国内典型用户有:

1.四川峨眉山市水泥有限公司,共使用各规格立磨 9 台;

2.陕西歧山县岐星水泥有限公司,共使用各规格立磨 8 台;

3.北新集团山东泰和集团,为亚洲最大的石膏板生产商,共使用各规格立磨 2 台;

4.河北新兴铸管集团,为亚洲最大的铸管生产商,共使用各规格立磨 2 台;

5.江西星火集团,为亚洲最大的金属硅粉制品生产商,使用立磨 1 台。

七、典型应用案例

典型案例 1:某 3000t/d 水泥熟料生产线

使用 HRm3700 原料立式磨,产量 240t/h。节能技改投资额 1800 万元,建设期 9 个月。比球磨系统节电 30%,年节电量 840 万度,年节电费 462 万元。投资回收期为 2-3 年。

典型案例 2:某 2500t/d 水泥熟料生产线

使用 HRm3400 原料立式磨,产量 210t/h。节能技改投资额 1400 万元,建设期 8 个月。比球磨系统节电 30%,年节电量 735 万度,年节电费 400 万元。投资回收期为 3-4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年,该技术在行业内的普及率预计能达到 30%,需总投入 66 亿元,年节能能力可达到 75 万 tce,年减排能力可达到 194 万 tCO_2。

107 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、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 20kg 标煤/重箱。目前应用该技术可实现节能量 22 万 tce/a，CO_2 减排约 58 万 t/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。

108 稳流行进式水泥熟料冷却技术

一、技术名称：稳流行进式水泥熟料冷却技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业水泥熟料生产

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前一般的产品冷却机冷却风量为 2.0 Nm^3/kg，电耗 6-7 kWh/t 熟料，冷却机设备热回收效率 65%-70%。与本产品相比热回收效率低 5%，电耗高 1-2kWh/t 熟料。目前该技术可实现节能量 60 万 tce/a，CO_2 减排约 158 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

该产品是一种对高温颗粒物料进行冷却的设备，主要用于对热熟料进行冷却和输送，可将 1400℃左右的水泥熟料冷却到 100℃以下，以保证熟料的性质和进行下一道工序。冷却形式为风冷，利用冷风和热熟料进行热交换，同时设备可将熟料所含热量回收，用于辅助上一工序的熟料煅烧，以达到节能减排的目的。

2.关键技术

主要包括：（1）冷却风流量自动控制调节阀 （2）冷却设备篦床的运动支撑装置 （3）标准化模块设计 （4）步进式行走篦床 （5）一种冷却设备篦床的在线检修装置 （6）颗粒物料均匀卸料装置。

3.工艺流程

冷却机工艺流程图及设备简图见图 1、图 2。

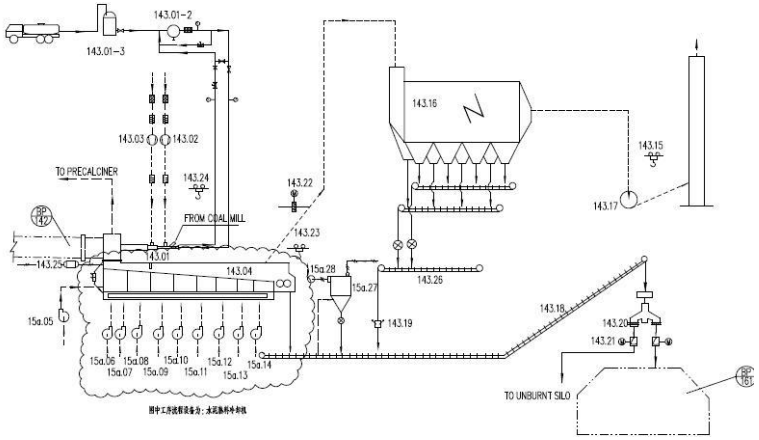


图 1　水泥窑熟料冷却机工艺流程图

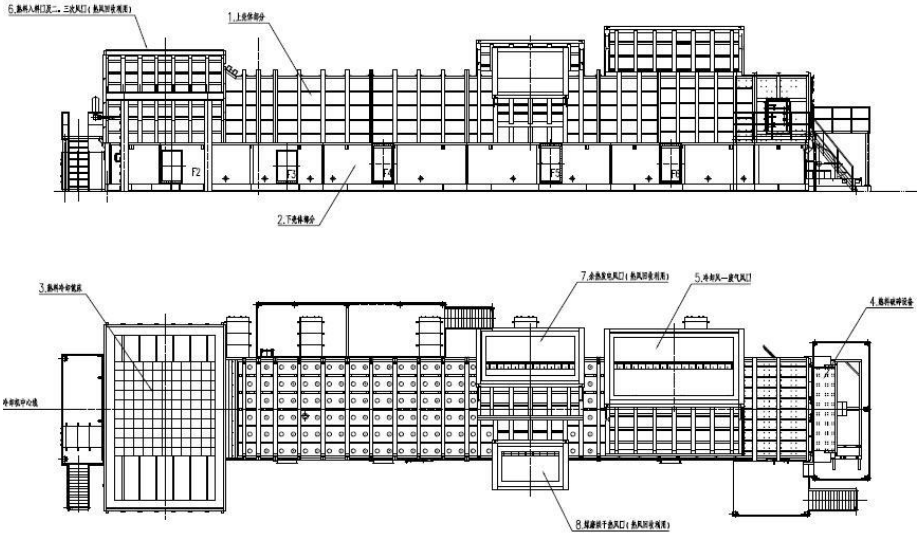


图 2　稳流行进式冷却机设备简图

五、主要技术指标

单位面积产量 44-46t/m^2d；单位冷却风量 1.7-1.9Nm^3/kgcl；热效率≧75％，电耗≦5kWh/t 熟料。

六、典型应用案例

典型案例 1：江西圣塔实业集团 3000t/d 生产线

技术提供单位：中天仕名科技集团有限公司

建设规模：3000t/d 水泥生产线。主要技改内容：稳流行进式冷却机。节能技改投资额约 800 万元，建设期 3 个月。年节能 3390tce，年节能经济效益约 237 万元，投资回收期 3.5 年。

典型案例 2：河北燕赵水泥有限公司 5500t/d 水泥生产线

技术提供单位：中天仕名科技集团有限公司

建设规模：5500t/d 水泥生产线。主要技改内容：稳流行进式冷却机。节能技改投资额约 1000 万元，建设期 3 个月。年节能 5330tce，年节能经济效益约 370 万元，投资回收期 3 年。

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，较之第三代篦冷机有明显进步，可使水泥熟料的热耗下降 10％-18％，电耗降低 20％，土建投资节省 25％，维修费用节省 70％-80％，节能效益显著。预计未来 5 年可在行业推广到 45％，形成约 90tce/a 的节能能力，减排能力约 238tCO_2。

109 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、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 3.5kg 标煤以上，可实现节能量 23 万 tce/a，CO_2 减排约 61 万 t/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。

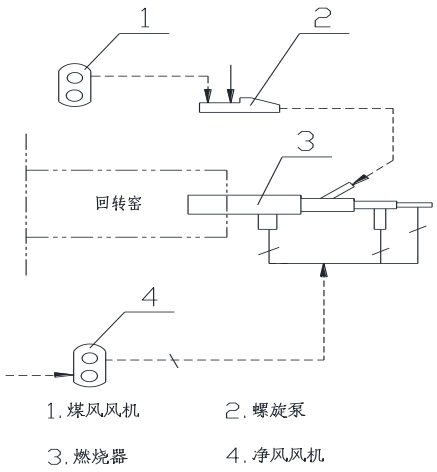


图 1　大推力燃烧器工艺流程图

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。

110 高效节能选粉技术

一、技术名称：高效节能选粉技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业水泥粉磨生产线、化工行业干法粉体制备以及工业废渣综合利用

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

现有一些粉磨系统采取开路生产或利用老式分级机，造成产品质量低下和系统耗能高（40kWh/t），且系统粉尘污染得不到很好控制。目前该技术可实现节能量 85 万 tce/a，CO_2 减排约 224 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

利用空气动力学原理，采用目前最先进的第三代笼型转子高效选粉分级技术，对分选物料进行充分分散和多次分级分选，达到高精度、高效率分选。

2.关键技术

（1）物料均匀分散；

（2）强制无紊流稳定流场；

（3）高精度、高效率、低阻力分级转子；

（4）多次分选。

3.工艺流程

高效选粉技术工艺流程见图 1。

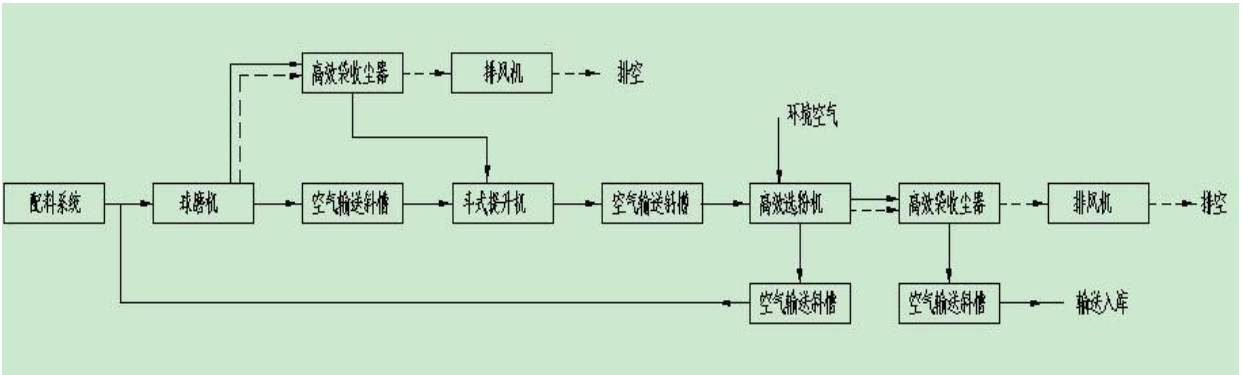


图 1　高效选粉技术生产工艺流程图

五、主要技术指标

1.选粉效率达到 80％以上；

2.改善水泥质量，较传统选粉机或开流磨可提高水泥强度 2MPa；

3.系统电耗降低 5kWh/t 水泥。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已通过江苏省科技厅组织的专家鉴定。目前已推广 700 余台套，市场占有率 40％，并远销沙特、越南、苏丹、印度尼西亚、巴基斯坦、孟加拉国、埃塞俄比亚、智利等国。

七、典型应用案例

典型用户：拉法基公司、烟台三菱公司、海螺集团、中联水泥、三狮水泥、天瑞水泥、冀东水泥、秦岭水泥、山水水泥、亚太水泥、天山水泥等国内知名水泥企业，以及邯郸电厂、大唐国际、齐鲁石化等其他行业用户。

典型案例 1：浙江虎山集团有限公司

建设规模：5000t/d 水泥熟料生产线配套年产 200 万 t 水泥粉磨生产线闭路粉磨系统。主要改造内容：新建高效选粉机系统。节能技改投资额 200 万元，建设期 3 个月。由于新系统单产电耗≤31kWh/t，而老系统的单产电耗约 36kWh/t，按年产 200 万 t 水泥计算，年节约用电量 1000 万 kWh，折合 3500tce，投资回收期不到 1 年。

典型案例 2：淮海中联水泥有限公司

建设规模：3700t/d 水泥熟料生产线水泥粉磨系统改造。主要改造内容：应用高效节能选粉技术对现有两台 Φ4.2×13.12m 闭路水泥磨系统进行节能技术改造。节能技改投资额 240 万元，建设期 1 个月。年节电 420 万 kWh，折合 1470tce。自投产运行以来，系统运行平稳，水泥产量提高 10％以上，系统电耗降低 2-3kWh/t，混合材掺加量增加 5％-10％，水泥成品质量较以前有所提高，彻底解决粉尘超标排放问题，投资回收期 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广比例可达到 75％（包括 5000t/d、2500t/d 熟料生产线配套水泥粉磨生产线以及水泥粉磨站），形成节能能力约 160 万 tce/a，减排能力约 422tCO_2/a。

111 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，CO_2 减排约 50 万 t/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。

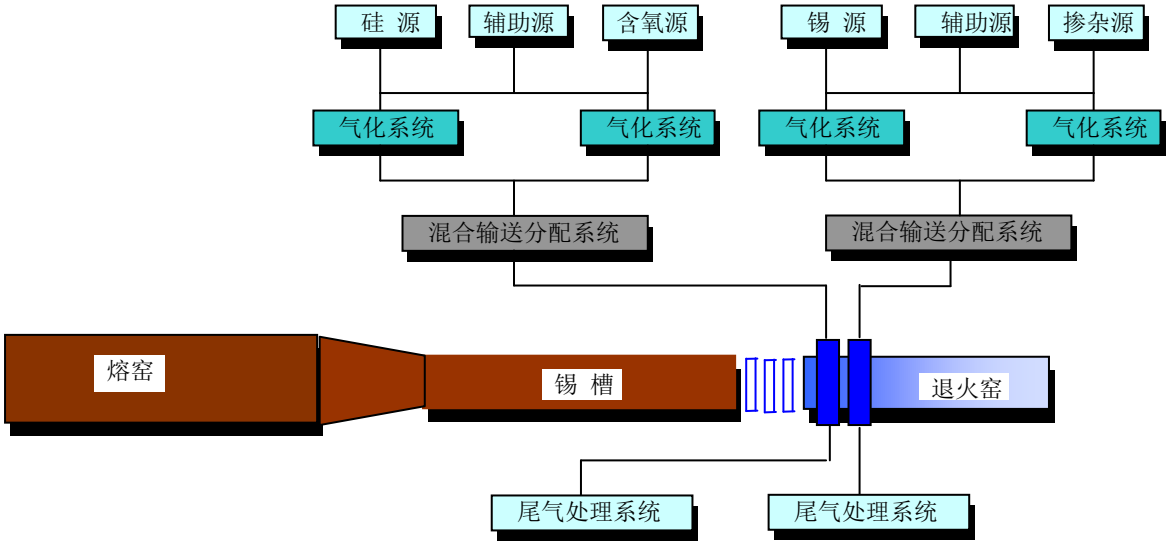


图 1　Low-E 节能玻璃在线镀膜技术工艺流程图

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

预计未来五年，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。

112 烧结多孔砌块及填塞发泡聚苯乙烯烧结空心砌块技术

一、技术名称：烧结多孔砌块及填塞发泡聚苯乙烯烧结空心砌块技术

二、技术所属领域及适用范围：墙体非承重部位外围护墙及内隔墙

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国每年城乡新建房屋建筑面积近 20 亿 m^2，其中 80%以上为高耗能建筑，这些建筑使用的实心粘土砖约 4000 亿块，每万块标砖的能耗为 1tce，在生产过程中浪费了大量的燃料和粘土材料，能耗和生产成本高。目前该技术可实现节能量 5 万 tce/a，CO_2 减排约 13 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

在空心砖中填塞聚苯材料，阻断冷热桥，达到良好的保温性能。

2.关键技术

煤矸石掺烧节能技术；

空心砖中填塞聚苯材料提高砖的隔热效果。

3.工艺流程

原料配比破碎→加水搅拌陈化→成型→编组码坯→干燥→焙烧→填塞聚苯→打包。

工艺流程图如图 1 所示。

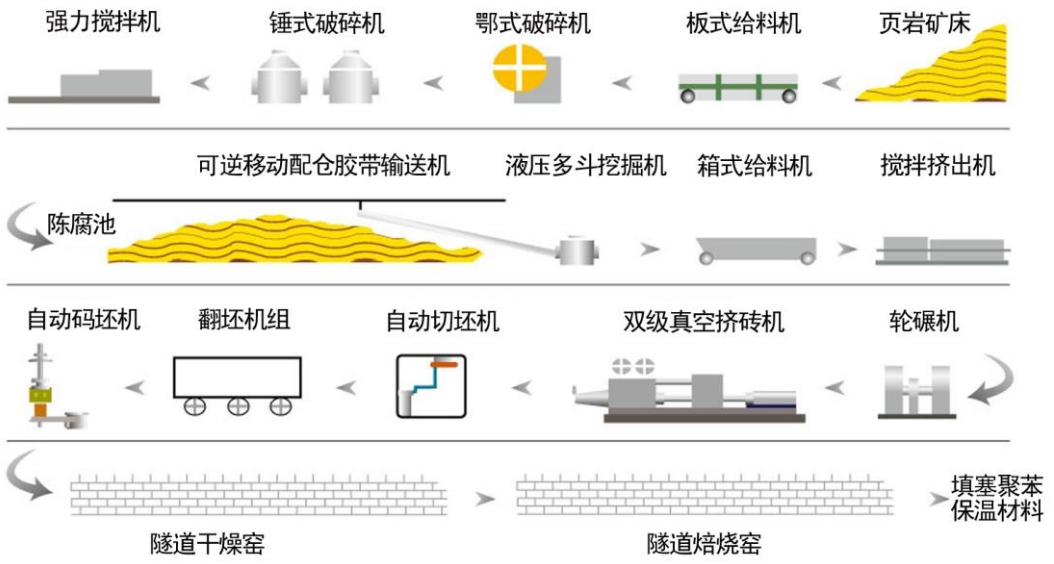


图 1　烧结多孔砌块及填塞发泡聚苯乙烯烧结空心砌块生产流程图

五、主要技术指标

每块砖消耗 2.5kg 混合料（页岩料和煤矸石），240×260×90 产品导热系数部分填充为 0.48，全部填充为 0.35，耐火等级 183 分钟。砌体强度达到 MU3.5MPa 以上，密度等级符合 800 级要求。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已经过国家建筑工程质量检测中心、天津质量监督检测第二十一站、天津建筑节能质量检测站三个部门的抗压、冻融、放射性、耐火、泛霜、吸水率、隔声、阻热等项检测，认定其各项指标均符合国家相关标准，已获国家专利证书。目前已在京津地区大面积使用。

七、典型应用案例

典型用户：天津国环页岩制品有限公司

技术提供单位：中节能国环新型材料公司

建设规模:年产烧结多孔砌块及填塞发泡聚苯乙烯烧结空心砌块 6000 万块标砖。主要技改内容：利马高科窑温监控系统、新建保温车间、真空挤出机四泥条机口改造。主要设备包括电热偶、水分子监测仪、真空挤出机双泥条机口和芯架。节能技改投资额 5000 万元，建设期 12 个月。每年可节能 3000tce，年节能经济效益 800 万元，投资回收期 6 年。

八、推广前景及节能减排潜力

烧结多孔砌块及填塞发泡聚苯乙烯烧结空心砌块，不但在生产过程中大幅减少了能源消耗，而且在作为墙体材料的使用过程中，能降低建筑的能耗。该产品砌筑的墙体能满足所有建筑三步节能要求，推广前景广阔，节能潜力巨大。预计未来 5 年，可替代约 100 亿块标砖的粘土砖，年节能能力可达 50 万 tce，减排能力 132 万 tCO_2/a，节能总投资约 20 亿元。

113 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：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，CO_2 减排约 3 万 t/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。

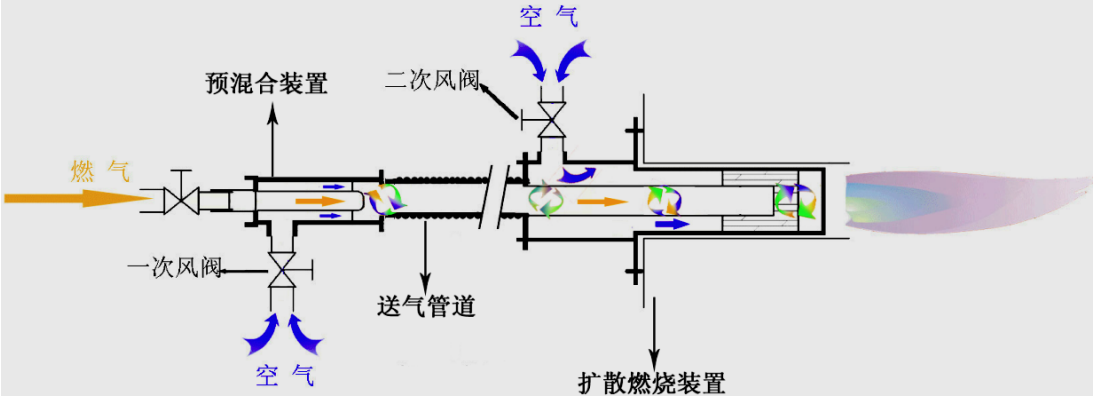


图 1　预混式二次燃烧节能技术工艺流程示意图

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 105668.84 吨（折标准煤 76683.88 吨），用于生产发生炉煤气的原煤数为 68911.56 吨（折标准煤 57871.93 吨），发生炉煤气平均热值 1500 大卡/立方米，发生炉煤气综合成本为 0.45 元/立方米。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/吨标准煤；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

预计未来五年，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。

114 膨胀玻化微珠保温砂浆制备及应用技术

一、技术名称：膨胀玻化微珠保温砂浆制备及应用技术

二、技术所属领域及适用范围：建材、铸造、陶瓷、石油化工以及农业、林业、交通、国防、军事、航空航天等诸多领域

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

膨胀玻化微珠保温砂浆的生产过程能耗（包括所需水泥的能耗）为40.81 kgce/m^3，其中，膨胀玻化微珠原材料（酸性玻璃质火山岩）的能耗忽略不计。

与普通砂浆相比，膨胀玻化微珠保温砂浆的生产过程节能22.33 kgce/m^3。与岩棉相比，膨胀玻化微珠保温砂浆的生产过程节能14.19 kgce/m^3。

在实际应用中，膨胀玻化微珠保温砂浆的导热系数0.032-0.048 W/(m^2 K)，而岩棉材料为0.104 W/(m^2 K)，用于外墙保温材料，前者比后者节能约20%。目前该技术可实现节能量11万tce/a，CO_2减排约28万t/a。

四、技术内容

1.技术原理

膨胀玻化微珠保温砂浆由膨胀玻化微珠、水泥、增强纤维及添加剂等材料混合而成。其主要原材料--膨胀玻化微珠是由特定组成的酸性玻璃质火山岩在一定的温度条件下软化、膨胀，并在高温状态下熔融玻化，形成表面封闭、内部多孔的类真空结构的轻质球形颗粒。膨胀玻化微珠独特的轻质、防火、保温隔热性能，使膨胀玻化微珠砂浆具有优异的保温隔热和防火特性。

2.关键技术

膨胀玻化微珠保温砂浆生产的关键技术包括膨胀玻化微珠制备、砂浆生产一体化全自动生产技术及专业施工设备与技术。

（1）膨胀玻化微珠制备关键技术

多级电加热管式玻化炉是采用管状电加热管作为炉体，管套外壳采用成型耐高温保温壳体相配套组装，整个装备采用机械成型工装，可随时拆装检修，每节温区采用P.I.D独立自控调节。膨胀玻化微珠的生产过程分为：预热脱水、瞬时膨胀、连续玻化、冷却成型四个主要工序。通过调整每个过程的工艺参数，可得到不同容重、不同粒径的膨胀玻化微珠。

（2）膨胀玻化微珠保温砂浆制备关键技术

膨胀玻化微珠保温砂浆为干混砂浆。利用颗粒对流摩擦的原理，通过封闭式物料对流混合使干混砂浆中各种颗粒骨料作对流摩擦，并形成有效的立体搅拌，可有效保证物料混合均匀和纤维分散；通过表面有机物包覆改性，提高膨胀玻化微珠砂浆的韧性，从而降低膨胀玻化微珠在干混砂浆混合中的破碎率，解决膨胀玻化微珠的混合和砂浆制备中的破碎问题。

（3）膨胀玻化微珠保温砂浆的施工关键技术

采用蠕动泵输送模式，加水后砂浆的传送方式由传统螺杆推进的刚性结构推动砂浆前进方式变成主要为砂浆组元间柔性推动的形式，从而大大降低了膨胀玻化微珠的破损率，砂浆质量得到了很大的提高，解决了成品砂浆在加水搅拌及施工过程中膨胀玻化微珠易碎问题。

3.工艺流程

工艺流程见图1和图2。

原砂经计量并检验合格后存放在仓库或料仓；再经 1#提升机提升进入分级筛进行分级；分级后原砂通过（原砂）给料机送入（原砂）预热炉预热；预热后原砂经 2#提升机进入膨胀玻化炉进行膨胀玻化，生成膨胀玻化微珠；膨胀玻化微珠经气力输送至膨胀玻化微珠储仓，然后经计量罐计量后进入待混合料仓，与其它物料（水泥、石膏等）一起进入混合机内搅拌混合均匀后，进入成品储料仓；干拌轻质砂浆成品经计量包装后入库。

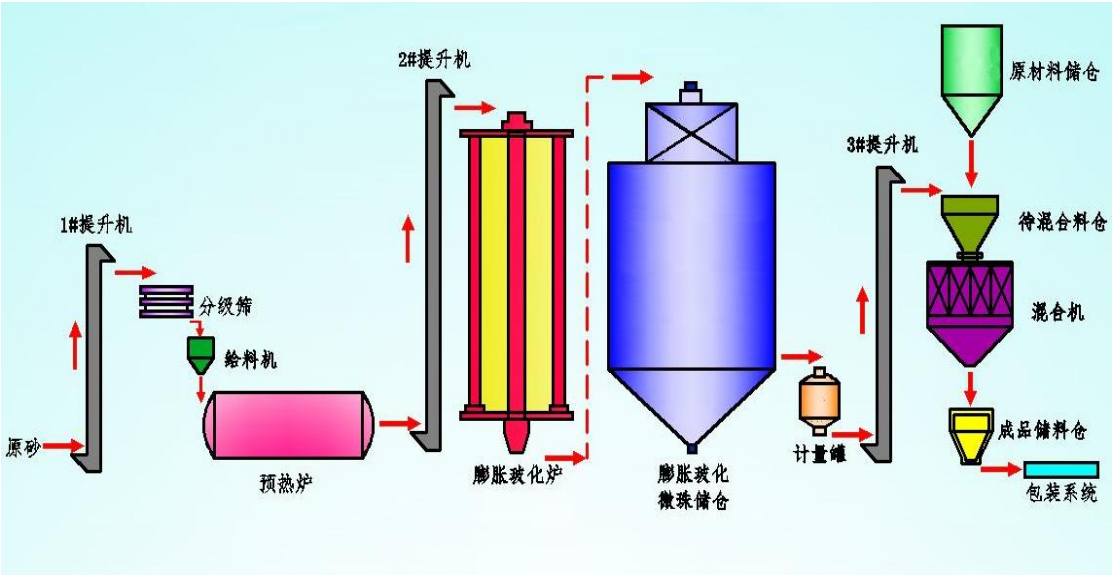


图 1　膨胀玻化微珠保温砂浆工艺流程示意图

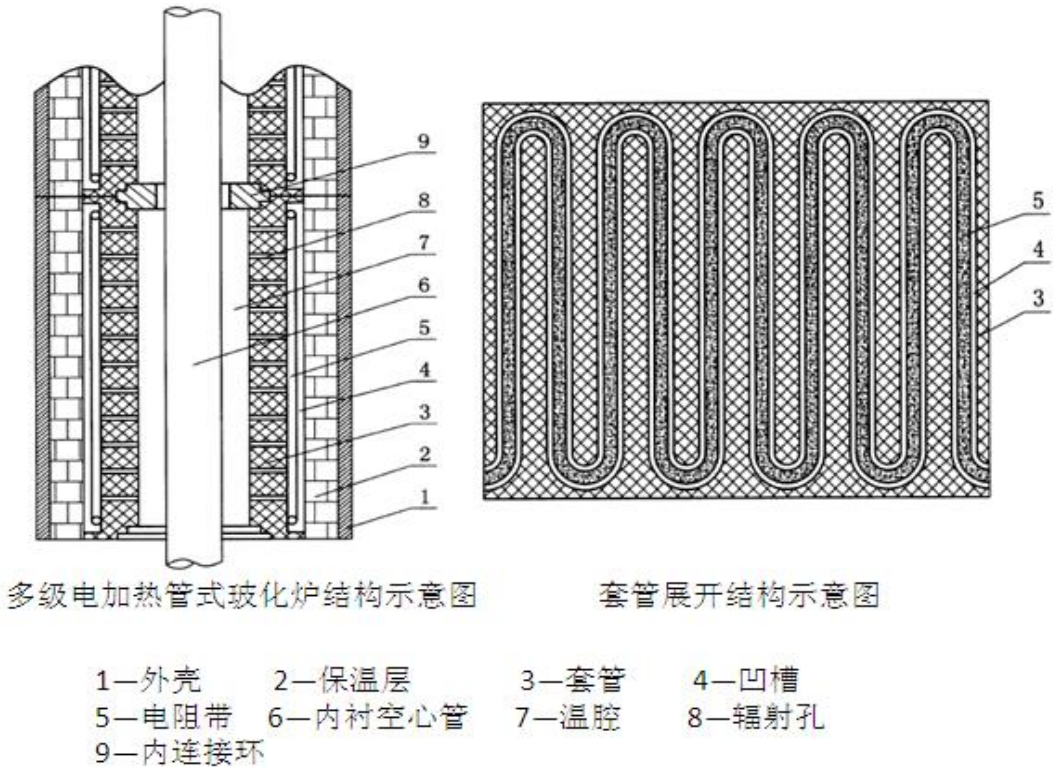


图 2　多级电加热管式玻化炉结构示意图

五、主要技术指标

膨胀玻化微珠的主要技术指标见表 1，其性能主要表现为：

1.导热系数小，绝热性好。所制备的膨胀玻化微珠为表面玻化封闭，呈不规则球状体的内部为多孔类真空结构的轻质绝热颗粒材料，其导热系数低，热工性能好。

2.吸水率低。由于产品表面为全玻化封闭结构层，阻止了水分进入颗粒内部，吸水率低，大大提高了产品的综合性能。

3.粒径范围广，适宜不同用途和产品制备。通过采用不同粒径的矿砂及对生产工艺参数的调整与控制，可得到不同粒径的膨胀玻化微珠颗粒。粒径最小为 0.2mm、最大可达 3mm，可满足不同的使用需求。

4.和易性好。由于产品呈微球状，玻化后表面平整光滑、强度高，与其他胶结材料掺混使用，易于均匀分散，不易破碎，且具有很好的砂浆流动性，能满足各种机械喷涂施工。

表 1　膨胀玻化微珠的主要技术指标

技术性能	膨胀玻化微珠
堆积密度（kg/m$^{(3)}$	60-120
导热系数（w/m.k）	0.032-0.048
球形率（%）	＞95
表面玻化率（%）	＞95
吸水率（%）	20-50
合格品漂浮率（%）	＞98
强度（%）(0.5MPa 重力下体积损失率)	30-46

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2010 年 11 月，膨胀玻化微珠保温砂浆及其制备技术通过了山东省科技厅的科学技术成果鉴定，总体技术达到国际先进水平。目前该技术已应用于新建建筑和既有建筑的节能保温及部分工业领域的节能保温，节能效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：北京市西城区大觉胡同东楼和大觉胡同西楼等

典型案例 1

建设规模：建设面积约为 9.8 万 m^2，其中有 5 座高层建筑（18+1），3 座多层建筑（6+1）。所改造楼房始建于上世纪 60 年代，为砖墙结构，未设置集中供暖设施，冬季采暖以小煤炉为主，也未做建筑保温，仅在外墙表面涂刷了一层外墙涂料。主要技改内容：（1）建筑节能加固改造 （2）墙体保温改造：对墙体采用膨胀玻化微珠保温砂浆进行保温改造 （3）外墙饰面及外墙附属物整理。墙体节能保温改造面积为 1600m^2，节能技改投资额为 13 万元，建设期 2 个月。年节能量为 18.4tce，取得节能经济效益 2.6 万元（按照目前居民用电价格 0.5 元/kWh 计算），投资回收期 5 年。

典型案例 2

建设规模：建设面积约为 9.8 万 m^2，其中有 5 座高层建筑（18+1），3 座多层建筑（6+1）。主要技改内容：采用膨胀玻化微珠墙体自保温系统作为外围护结构保温材料，填充墙部位采用膨胀玻化微珠自保温砌块加配套的专业砌筑型膨胀玻化微珠保温砂浆，形成的裸墙体达到节能要求。梁、柱、剪力墙采用燃烧性能为 A1 级的膨胀玻化微珠免拆保温模板，运用同体浇筑技术使保温模板与结构形成一体，既可替

代木模板，又解决了热桥和防火问题。节能技改投资额 268 万元，建设期 427 天。每年可节能 274.4tce，年节能经济效益 38.65 万元（按照目前居民用电价格 0.5 元/kWh 计算），投资回收期 7 年。

八、推广前景及节能减排潜力

“十二五”期间，膨胀玻化微珠保温砂浆的市场需求量累计将达到 8250 万 m^3，总投资额达 82.5 亿元。预计未来 5 年，膨胀玻化微珠保温砂浆在建筑领域的推广比例将达到 10%，节能能力可达 105 万 tce/a，减排能力约 277 万 tCO_2/a。

115 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：水泥行业（1）改造现有新型干法水泥烧成系统；（2）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，CO_2 减排约 48 万 t/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。

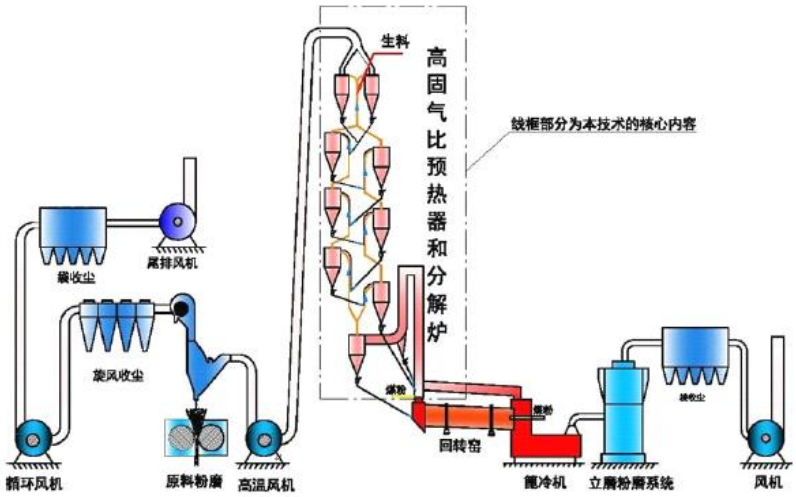


图 1 高固气比水泥煅烧技术工艺流程图

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 16kg 标准煤，在行业内的推广前景和减排潜力很大。预计未来五年，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。

116 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 28-40kg 标煤。目前该技术可实现节能量 8 万 tce/a，CO_2 减排约 22 万 t/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。

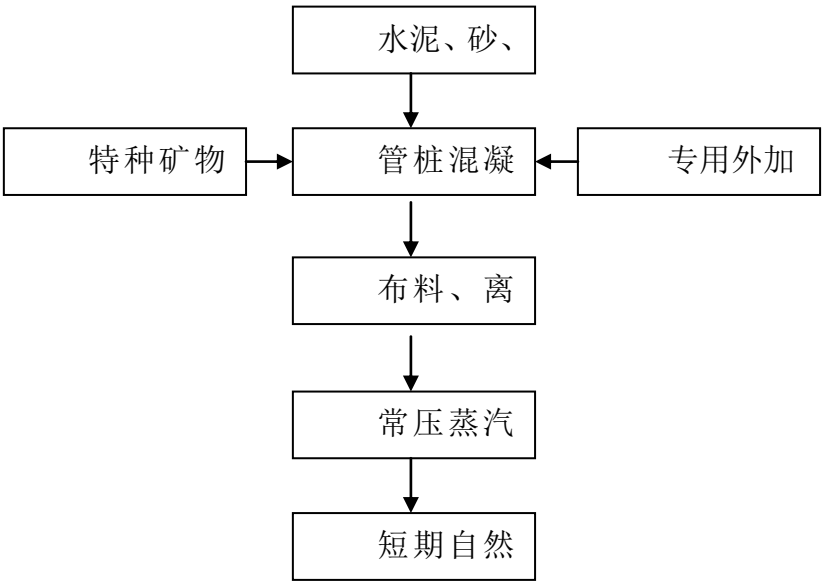


图 1 预应力高强混凝土管桩免蒸压技术工艺流程图

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。预计未来五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。

117 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 185 kgce/t，在个别落后地区，石灰烧成能耗超过 200 kgce/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，CO_2 减排约 116 万 t/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；

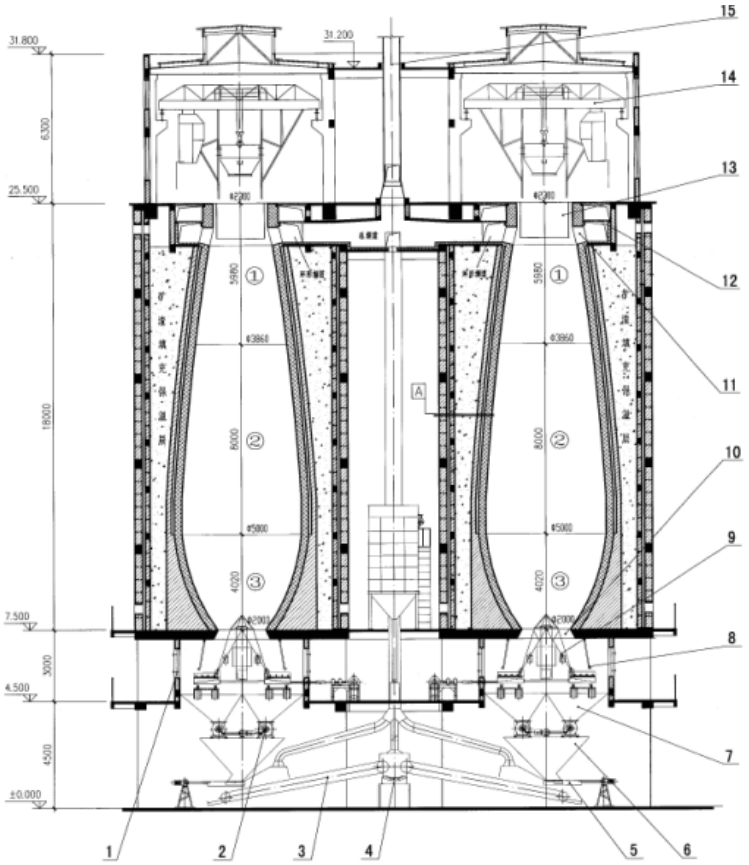
（3）风机及锁风装置；

（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

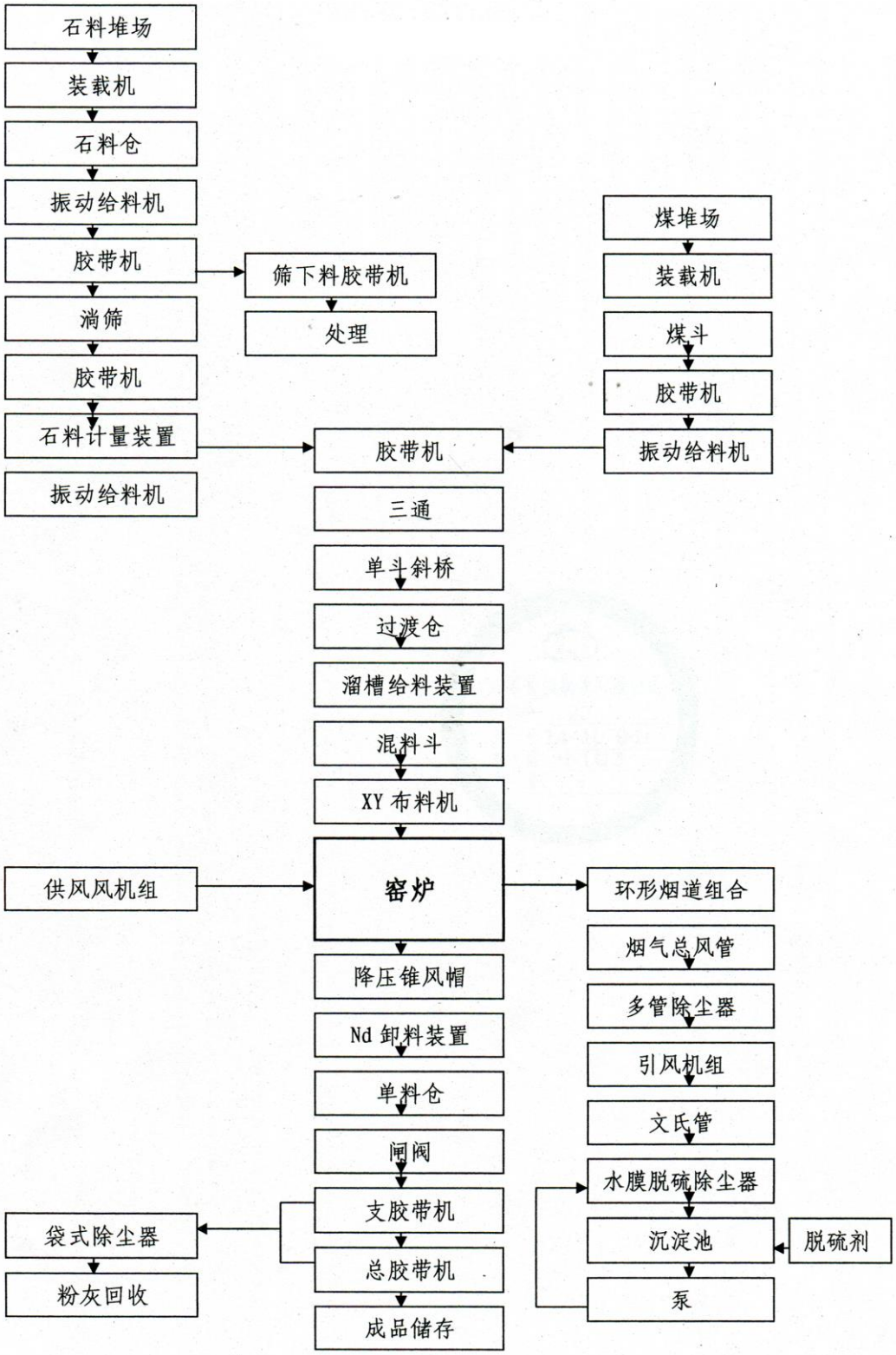

石料堆场
装载机
石料仓
振动给料机
胶带机
筛下料胶带机
处理
淌筛
胶带机
石料计量装置
振动给料机
煤堆场
装载机
煤斗
胶带机
振动给料机
胶带机
三通
单斗斜桥
过渡仓
溜槽给料装置
混料斗
XY 布料机
窑炉
供风风机组
环形烟道组合
烟气总风管
多管除尘器
引风机组
文氏管
水膜脱硫除尘器
沉淀池
脱硫剂
泵
降压锥风帽
Nd 卸料装置
单料仓
闸阀
支胶带机
总胶带机
成品储存
袋式除尘器
粉灰回收

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。预计未来五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。

118 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、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，CO_2 减排约 33 万 t/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。

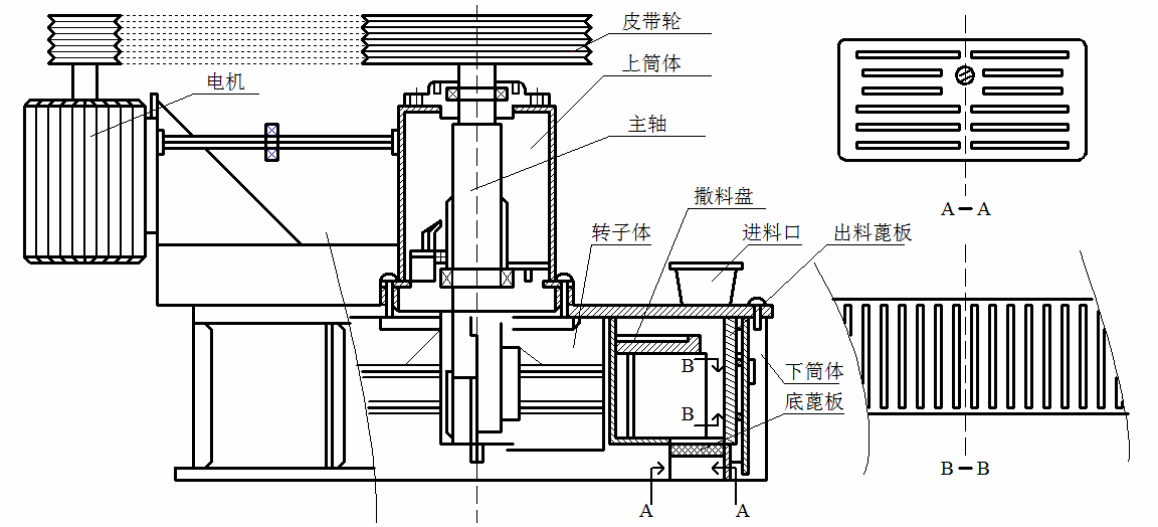


图 1　HT 高效优化粉磨机结构简图

（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。

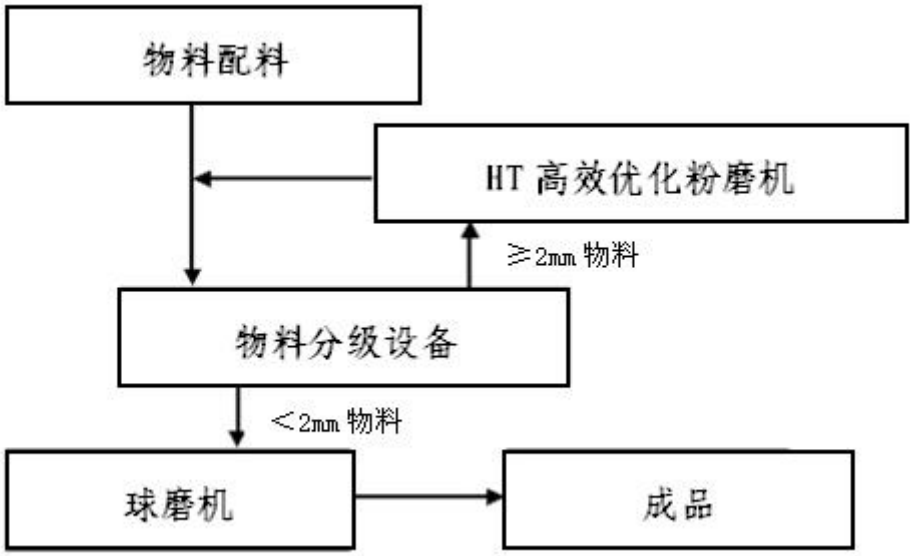


图 1　高效优化粉磨节能技术工艺流程简图

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 28kW h/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。

119 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： 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，CO_2 减排约 11 万 t/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。

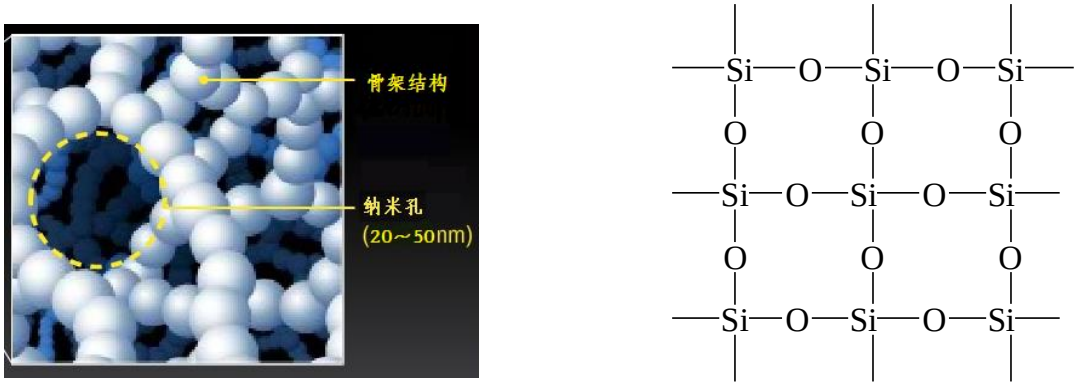


图 1 气凝胶超级绝热保温材料的立体结构图和分子结构图

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；

导热系数 0.014-0.016 W/m Ⱪ（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：550 吨/天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 871 ㎡，钛纳硅超级绝热彩料使用 2613 ㎡。保温前单耗 2164kcal/kg 玻璃液，保温后 2096 kcal/kg 玻璃液，节能率 3.14%；年节约天然气 213.2 万 m³；节能技改投资额：310 万元，年经济效益 426 万元；年节约标煤 1948 吨，减排 CO_2 5182 吨，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：500 吨/天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 897 ㎡，钛纳硅超级绝热彩料使用 2690 ㎡。保温前单耗 6480.8kj/kg 玻璃液，保温后 6202.9 kj/kg 玻璃液，节能率 4.28%;燃料石油焦，年节约 1497 吨，效益 224.5 万元；年节约标煤 1751 吨，减排 CO_2 4657 吨。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来五年，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。

120 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，CO_2 减排约 5 万 t/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。

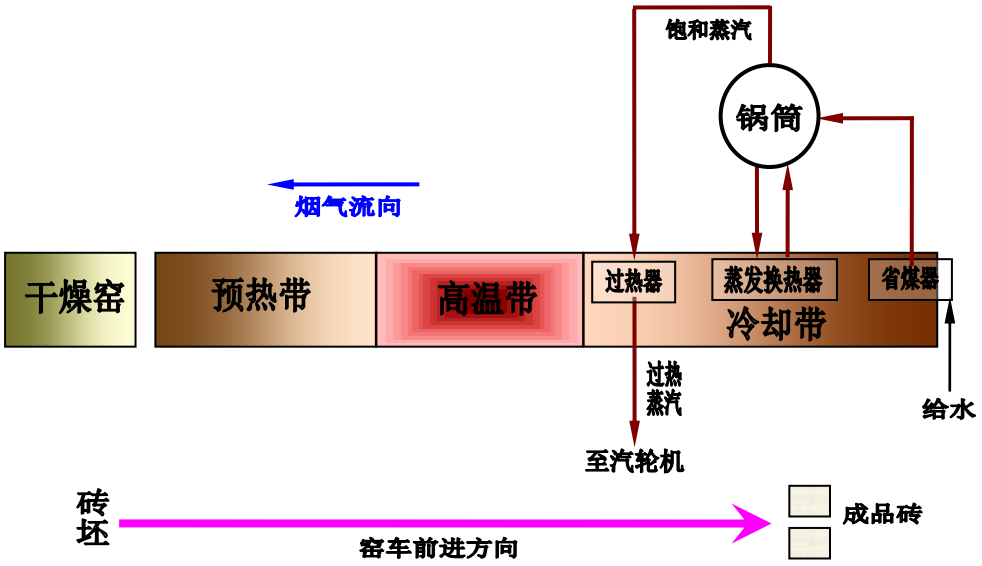


图 1 烧结砖隧道窑辐射换热式余热利用技术流程图

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：4-5 吨蒸汽（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 390-500Kg 标煤/万标砖，发电时 210-300Kg 标煤/万标砖。

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。

121 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，CO_2 减排约 21 万 t/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。

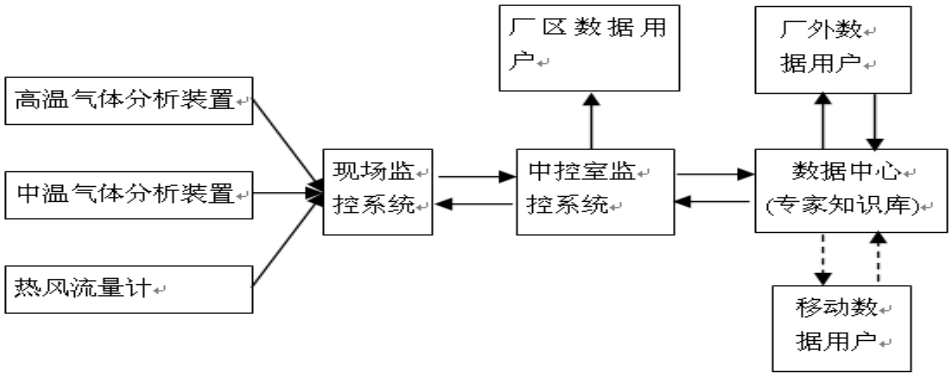


图 1 新型干法水泥生产节能监控优化系统流程图

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 800 kcal/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。

122 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

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，CO_2 减排约 3 万 t/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）；

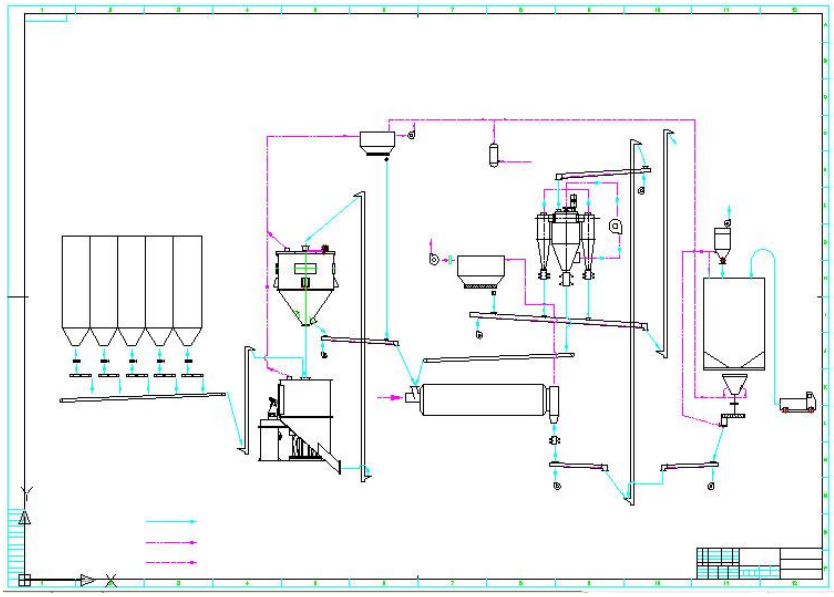


图 1

2.FPP 磨半终粉磨开流磨粉磨系统（图 2）；

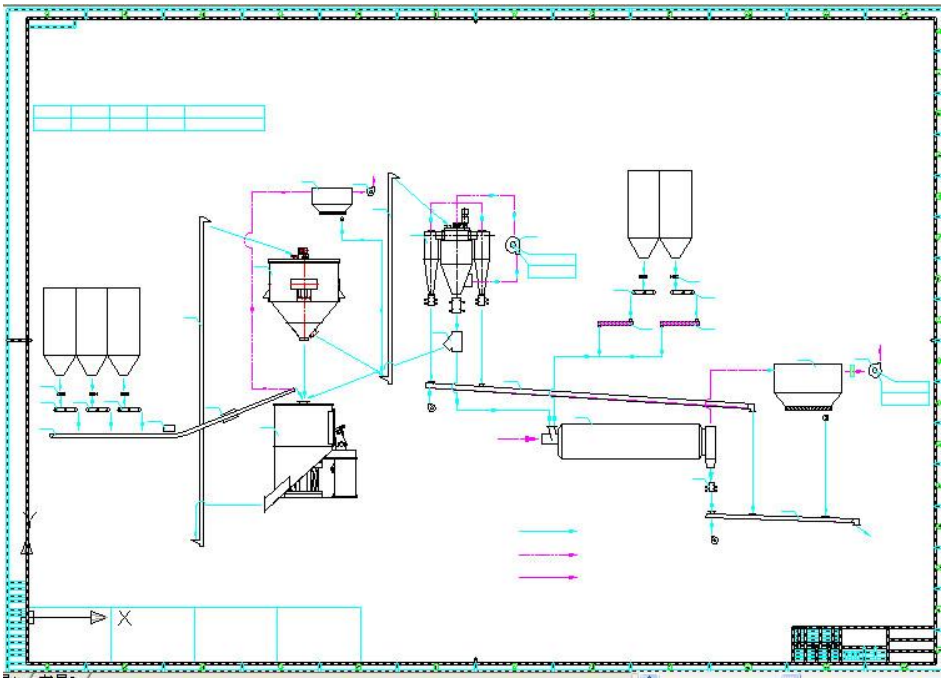


图 2

3.FPP 磨预粉磨圈流磨粉磨系统（图 3）；

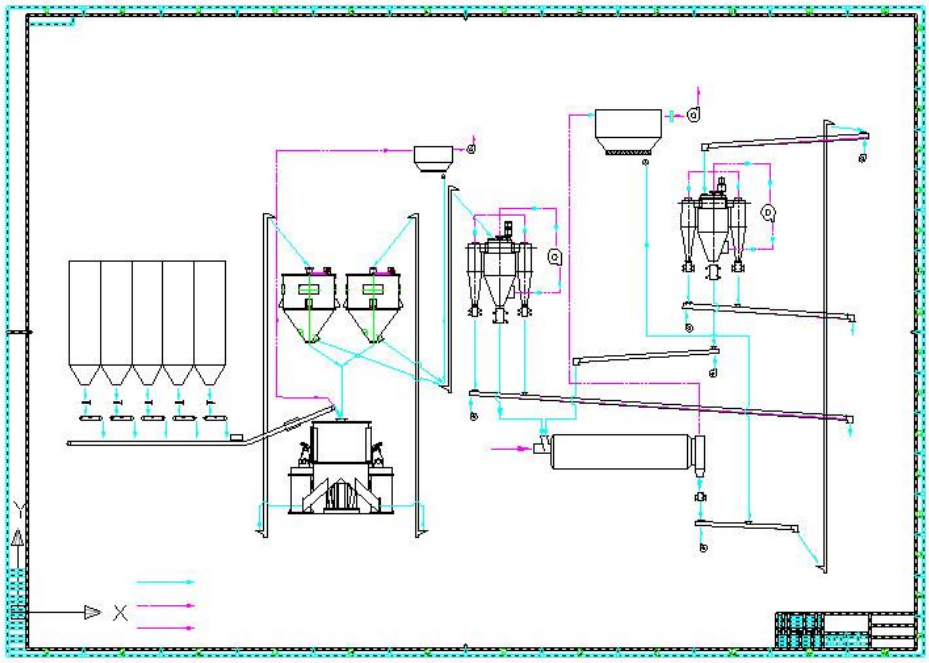


图 3

4.FPP 磨水泥终粉磨粉磨系统（图 4）

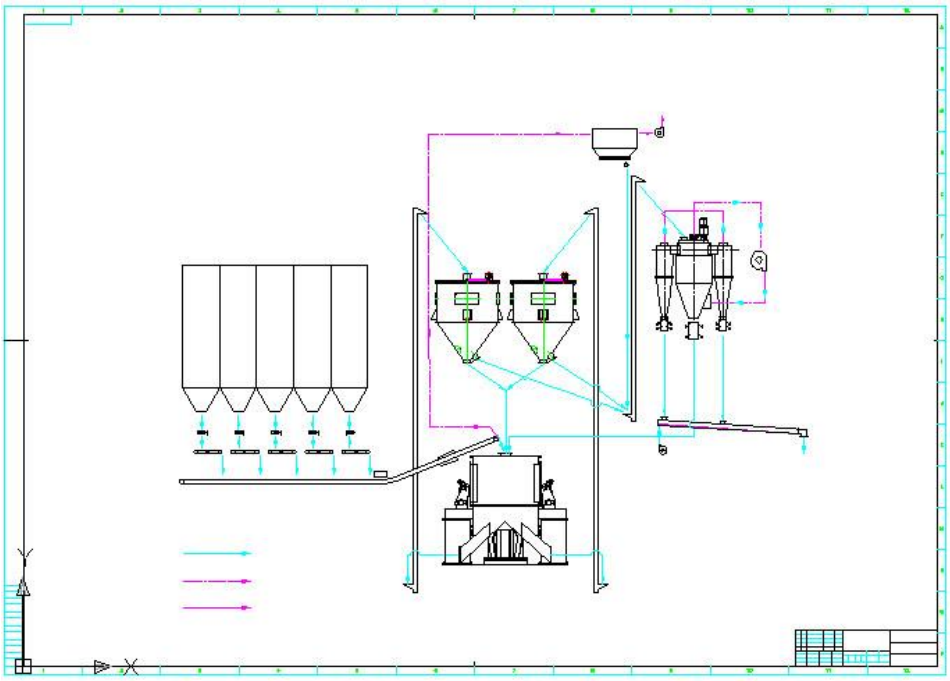


图 4

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 万吨（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、推广前景和节能减排潜力

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。

123 浮法玻璃炉窑全氧燃烧装备技术

一、技术名称：浮法玻璃炉窑全氧燃烧装备技术

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 300t/d-1200t/d 不等。以熔化能力 600 吨/日，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 238 吨，排 $SO_2$0.552 吨，排 NO_X0.86 吨，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，CO_2 减排约 11 万 t/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。

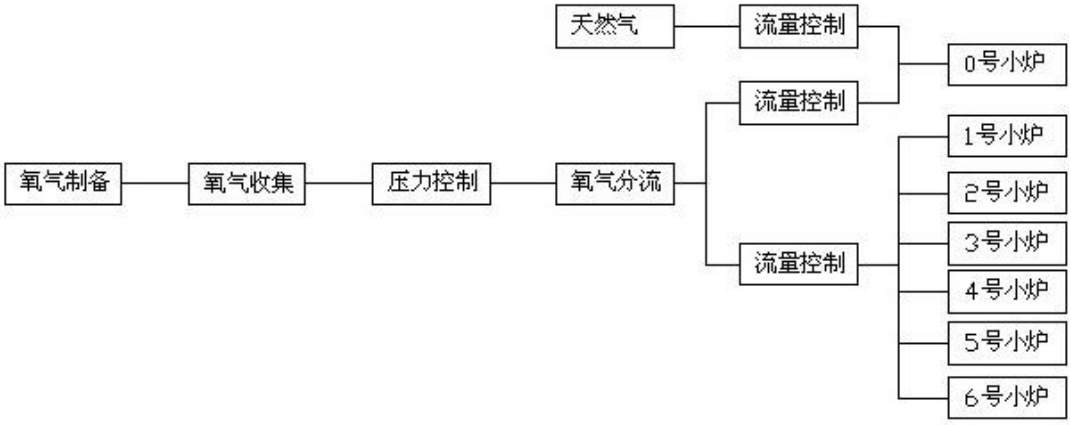
2.关键技术

（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。



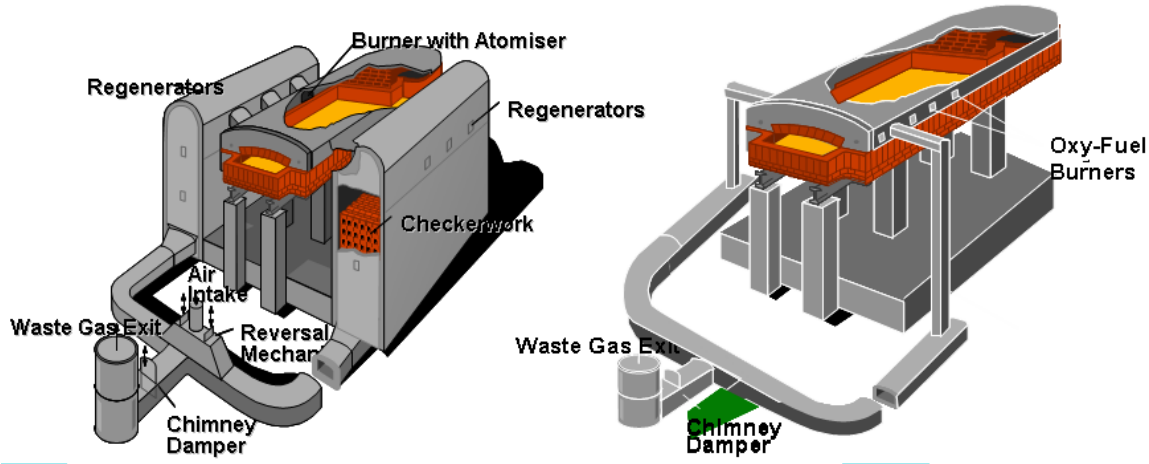


图 2 空气助燃技术与纯氧燃烧技术工艺对比图

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

“玻璃熔窑全氧燃烧技术的研究”是“十一五”国家科技支撑计划课题的成果之一，已获得 2 项发明专利，并于 2011 年通过中国建筑材料联合会组织的科技成果鉴定。目前已成功应用于山东金晶节能玻璃有限公司、江苏苏华达新材料有限公司、河北大光明实业集团有限公司等 5 条浮法玻璃生产线，节能效果显著。

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：600 吨/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：600 吨/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 1500 mg/Nm^3，降低约 32%。投资回收期约 1.3 年。

八、推广前景和节能减排潜力

预计未来5年，全国按20条600吨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。

124 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：建筑陶瓷薄型化节能技术--大规格陶瓷薄板生产技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业建筑陶瓷

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 亿吨，消耗煤炭超过 5000 万吨，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，CO_2 减排约 8 万 t/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%，SO2、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。

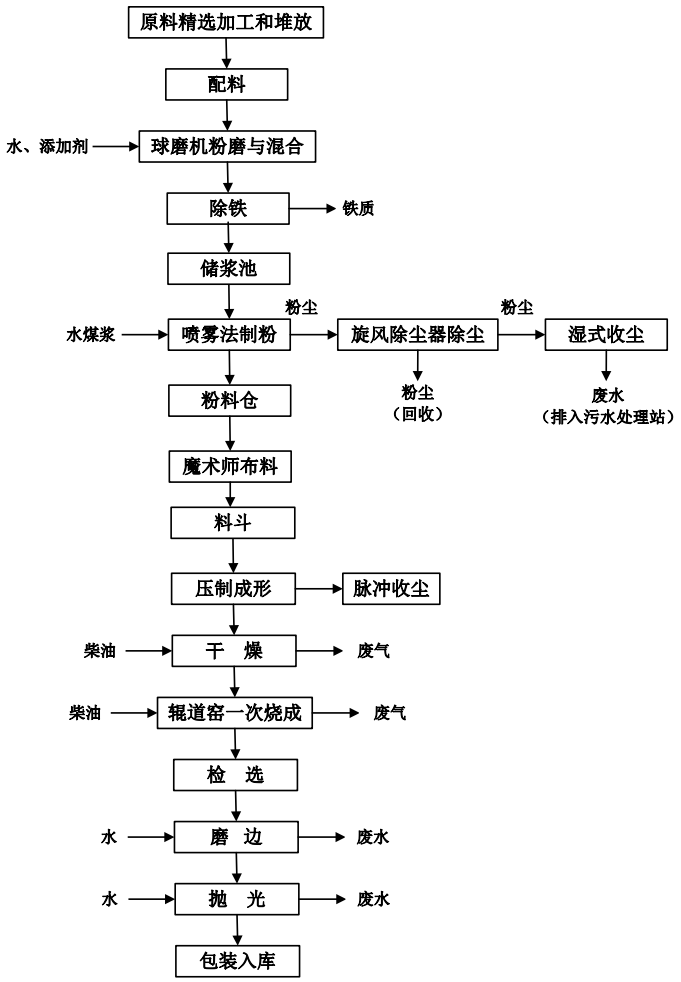


图1 大规格陶瓷薄板的生产工艺流程图

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㎡。

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≥45 MPa；

（4）耐磨性≤135mm³；

（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：广东蒙娜丽莎新型材料集团有限公司

建设规模：日产量 3500 平方米。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：广东蒙娜丽莎新型材料集团有限公司

建设规模：日产量 2900 平方米。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、推广前景和节能减排潜力

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：建筑陶瓷薄型化节能技术--超薄陶质砖生产技术

二、技术所属领域及适用范围：建材行业建筑陶瓷

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 亿平方米：原材料消耗约 1.08 亿吨，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，CO_2 减排约 13 万 t/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

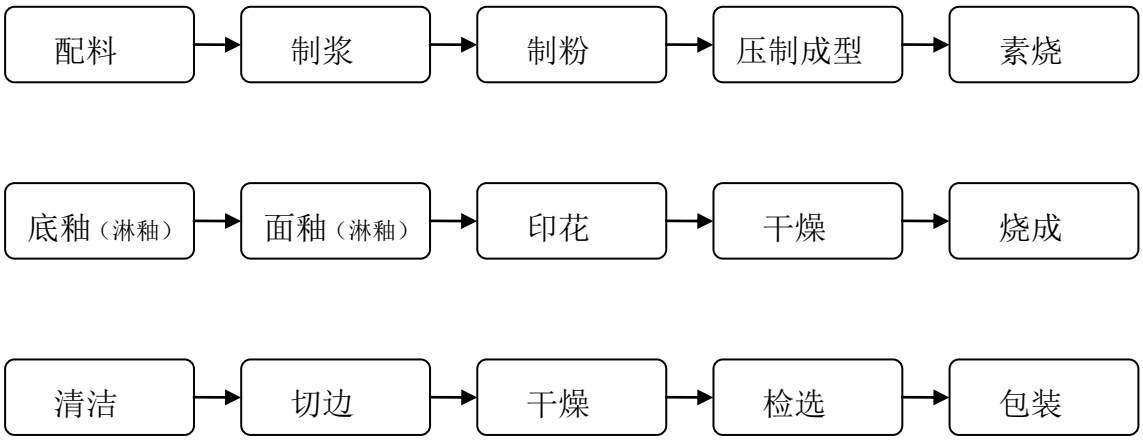


图 1 超薄陶质砖生产技术工艺流程图

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 万平方米超薄砖。建设条件:原有年产 800 万平方米陶质砖生产线，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 万平方米超薄陶质砖。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。

125 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 37kW-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 800kW-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，CO_2 减排约 26 万 t/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。

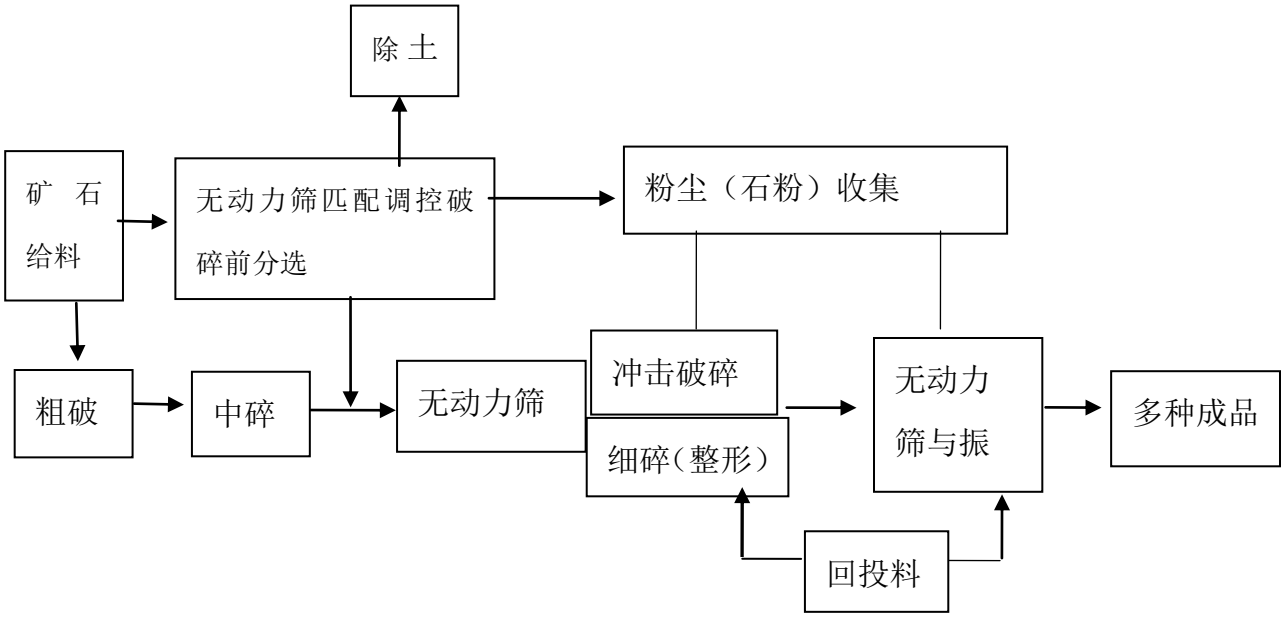


图1 无动力防卡筛配套前端砂石同产工艺流程图

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、典型用户及投资效益

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：55 万 t 碎石/a 及 17 万 t 砂/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、推广前景和节能潜力

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。

126 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：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，CO_2减排约63万t/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 1000 元/tce 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。以标煤 1000 元/tce 计，节能增效达 53 亿元/a。

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： 316.8 吨标准煤/年；二氧化碳减排量 836.4 吨 CO_2/年。

经济效益：该项目共投资 45 万元。改造后每月节电约 10 万度电，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：1420 元/吨标准煤。

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：158.4 吨标准煤/年；二氧化碳减排量： 418.2 吨 CO_2/年。

经济效益：该项目共投资 35 万元。改造后每月节电约 5 万度电，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：2210 元/吨标准煤。

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。

127 高浓度糖醇废水沼气发电技术

一、技术名称：高浓度糖醇废水沼气发电技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业淀粉糖生产企业及生产过程中产生大量有机废水的行业

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 4 万 tce/a，CO_2 减排约 11 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

淀粉糖生产过程中产生的有机废水，在进行厌氧处理过程中会产生大量沼气，将沼气发电是能源综合利用的有效途径之一，同时燃气发电机组所产生的余热可以带动余热锅炉热水或蒸汽，组成热电冷三联供系统，使得能源利用率达到 80%。

2.关键技术

（1）UASB 厌氧反应；

（2）沼气发电。

3.工艺流程

生产废水→格栅渠→曝气调节池→微电解反应器→中和沉淀池→UASB 厌氧反应器→沼气→脱硫器→发电。

五、主要技术指标

每除去 1kgCOD 产生 0.35m^3 甲烷，可发电 0.58kWh。

六、典型应用案例

应用单位：禹城福田药业有限公司

总投资 4210 万元，选用 8 台功率为 500kW 的燃气发电机组，总装机容量为 4000kW。项目建成后年创经济效益 1500 万元，年节约燃煤 1.2 万吨，减排 2.5 万吨 CO_2。

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%，年节能能力可达到 8 万 tce，年减排量可达到 21 万 tCO_2。

128 锅炉烟道气饱充技术

一、技术名称：锅炉烟道气饱充技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工行业大中型制糖厂，适用于糖的再制品澄清工序

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 136 万 tce/a，CO_2 减排约 359 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

利用锅炉烟气中的 CO_2 与糖汁中的石灰反应生成 $CaCO_3$ 沉淀吸附非糖份，代替石灰窑煅烧石灰石，节省对石灰石 10%的焦碳。提高了产量、质量，也降低了能耗。

2.关键技术

高效能饱充设备的制备。

3.工艺流程

将锅炉烟气导入高效能饱充设备，使其中的 CO_2 与糖汁中的石灰反应生成 $CaCO_3$ 沉淀吸附非糖份。

五、主要技术指标

CO_2 吸收率≥60%；糖汁纯度差≥5。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2005 年在广东省湛江地区产业化试验成功，并通过科技厅鉴定，开始向广西糖业试验推广，节能效果均显著。

七、典型应用案例

6500 吨甘蔗糖厂。

技术改造投资 150 万元，预计建设期 1 个月，每年新增利润 80 万元，节煤 800 吨。

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 30%，投资总额 7.3 千万元，节能能力 340 万 tce/a，年减排能力约 898 万 tCO_2。

129 管束干燥机废气回收综合利用技术

一、技术名称：管束干燥机废气回收综合利用技术

二、技术所属领域及适用范围：适用于玉米淀粉生产企业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

2013年我国的玉米淀粉及淀粉糖行业耗玉米约5000万吨，最初在管束干燥过程中会产生大量的废气，这些能源都直接排入大气，造成极大浪费。自采用“管束干燥机废气回收综合利用技术”后，取得了显著的效果，年产15万吨淀粉日节蒸汽可达到80吨。与该节能技术相关生产环节的能耗现状为年产15万吨玉米淀粉玉米浆三效蒸发器能耗情况：蒸汽 5t/h；装机功率142kW/h。2007年完成技改以来，设备运行平稳，为企业节省了大量的能耗，取得了显著的经济和社会效益。该技术已在山东、辽宁、陕西、河南、四川应用，以完成推广8台套，最早从2007年开始，平稳运行至今。目前该技术可实现节能量13万tce/a，CO_2减排约34万t/a。

四、技术内容

1.技术原理

将玉米深加工中的管束干燥机产生的废气进行收集，经净化加压处理后用于玉米浆浓缩，达到能源充分利用，降低生产成本。

2.关键技术

（1）回收并洗涤净化废气 （2）废气三效蒸发器的设计 （3）成套蒸发器优化设计。

3.工艺流程

工艺流程如图 1 所示。

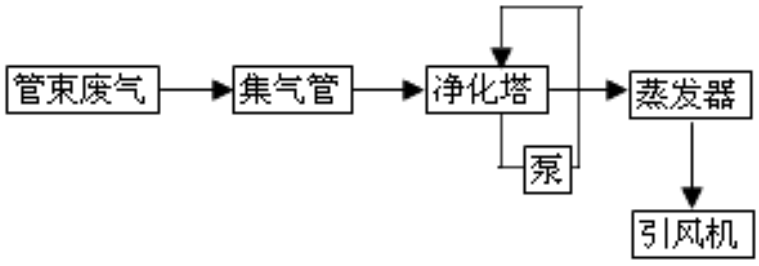


图 1 工艺流程

五、主要技术指标

汽耗约 1.67t/h；电耗总装机功率 317kW。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

以该技术为核心构成的《玉米淀粉糖生产过程节能减排工艺技术及应用》获山东省科技进步二等奖。

七、典型应用案例

应用单位：鲁洲工业园 15 万吨/年淀粉项目

技术提供单位：山东鲁洲集团

节能改造情况：副产品烘干废汽量约为 2.8 万 m^3/h，日产玉米浆 85 吨。传统设计投资 220 万元，日耗蒸汽 120 吨。

节能效果：新方案设计投资 350 万元，增加投资 130 万元，日耗蒸汽 40 吨，节约蒸汽 80 吨。

经济效益：年可取得经济效益 153 万元，投资回收期 0.9 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 40%，投资总额 2.1 亿元，节能能力 50 万 tce/a，减排能力约 132 万 tCO_2/a。

130 高效双盘磨浆机

一、技术名称：高效双盘磨浆机

二、技术所属领域及适用范围：适合造纸行业、化纤行业化学木浆、机械浆、废纸浆等浆种的连续打浆工序

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

传统的老式磨浆机能耗情况为针叶木浆 12-13kWh/t.SR；阔叶木浆 9-10kWh/t.SR；废纸浆 6-8 kWh/t.SR。目前该技术可实现节能量 10 万 tce/a，CO_2 减排约 26 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

应用高效的传动装置，配用公司拥有自主知识产权的高性能长寿命造纸打浆磨盘和先进的自动控制系统，可实现恒功率或恒能耗控制。

2.关键技术

（1）高性能长寿命造纸打浆磨盘；

（2）国际领先的自动控制系统。

3.工艺流程

浆池→浆泵→盘磨→浆池。

五、主要技术指标

1.系列产品的技术参数：磨盘直径 Φ450-Φ1100；生产能力 8-800t/d；功率范围 90-1800kW；适用浓度 3%-5%。

2.系列产品的应用能耗情况：针叶木浆 10-11 kWh/t.SR；叶木浆 7.5-8.5kWh/t.SR；废纸浆 4-5 kWh/t.SR。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

双盘磨浆机已鉴定，并推广应用。如在山东华金纸业、山东博汇纸业、山东贵和纸业、山东华泰纸业等。

七、典型应用案例

典型案例 1：山东博汇纸业 30 万吨牛卡纸项目

技术提供单位：山东旭日东机械有限公司

节能技改投资额：180 万元，建设期 6 个月，节能量 5100000kWh/年，节能经济效

益 295 万元，投资回收期 0.61 年。

典型案例 2：山东华金纸业万吨纸项目

技术提供单位：山东旭日东机械有限公司

节能技改投资额：36 万元，建设期 4 个月，节能量 800000 kwh/年，节能经济效益 48 万元，投资回收期 0.75 年。

八、推广前景及节能减排潜力

高效双盘磨浆机技术先进，整机性能优良，性价比高，可完全替代进口，市场推广前景广阔。预计未来 5 年，该技术在行业内的普及率能达到 75%，需总投入 5 亿元，可取得总节能量 4.59 亿 kWh。年节能能力 15 万 tce，年减排能力约 40 万 tCO_2。

131 谷氨酸生产过程中蒸汽余热梯度利用技术

一、技术名称：谷氨酸生产过程中蒸汽余热梯度利用技术

二、技术所属领域及适用范围：轻工、化工等行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

1.蒸汽型溴化锂制冷机组工序平均吨味精消耗蒸汽 0.36t；

2.味精结晶工序平均吨味精消耗蒸汽 2.0t；

3.味精烘干工序平均吨味精消耗蒸汽 70kg；

4.三效降膜蒸发器浓缩工序（包括糖液、谷氨酸溶液、谷氨酸尾液浓缩）平均吨味精消耗蒸汽 9.7t。

目前该技术可实现节能量 40 万 tce/a，CO_2 减排约 105 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

利用蒸汽冷凝水的热能替代蒸汽作用于物料反应。

2.关键技术

（1）采用蒸汽冷凝水替代蒸汽为溴化锂制冷机组提供热能；

（2）改造结晶罐加热系统，增大加热面积，充分利用蒸汽余热；

（3）利用冷凝水热能替代蒸汽烘干谷氨酸钠；

（4）淀粉乳二次液化闪蒸余热再利用。

3.工艺流程

溴化锂制冷机组、味精结晶工序加热系统改造、味精烘干技术改造、淀粉乳二次液化闪蒸余热再利用。工艺流程见图 1、图 2、图 3。

（1）溴化锂制冷机组工艺流程

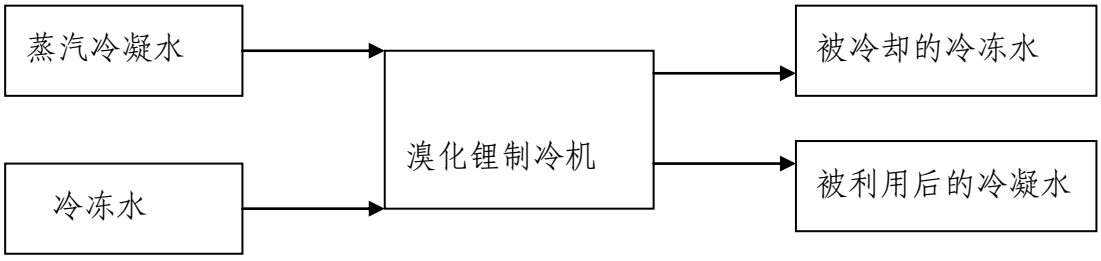


图 1　溴化锂制冷机组工艺流程

（2）精制结晶罐改造前后

精制结晶罐技改示意图

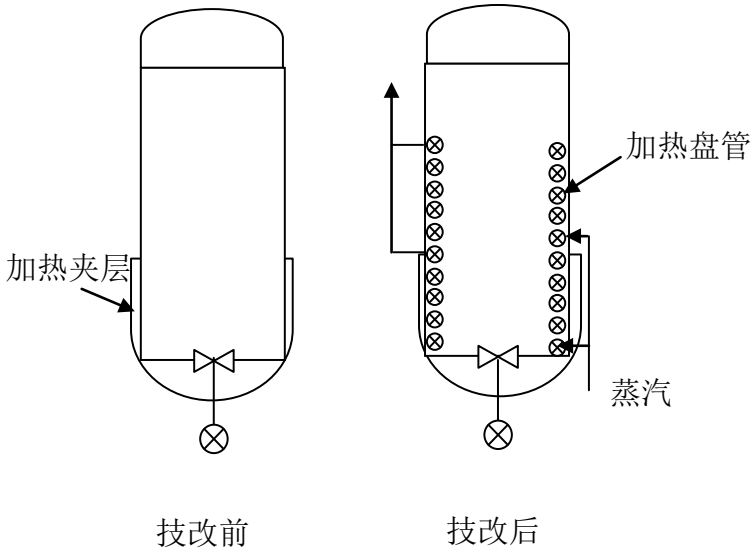


图 2　精制结晶罐改造前后示意图

（3）味精烘干技术改造流程

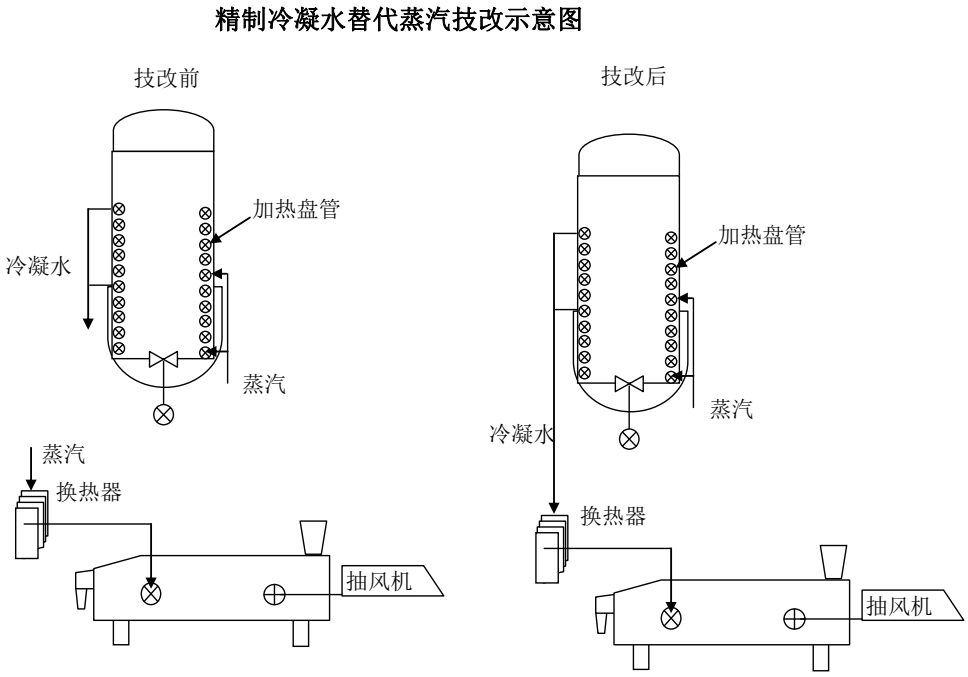


图 3　味精烘干技术改造流程

（4）淀粉乳二次液化闪蒸流程

把液化后 120℃的液化料液通过闪蒸释放出去的余热，通过管道与四效的一效气液分离器相连，在气液分离器里的负压作用下，完成闪蒸过程。

五、主要技术指标

1.溴化锂制冷机组工序技改后，吨味精可节约 2.85t 蒸汽；

2.味精结晶工序技改后，吨味精可节约 1.65t 蒸汽；

3.味精烘干工序技改后；吨味精可节约 0.1t 蒸汽；

4.三效降膜蒸发器浓缩工序技改后，吨味精可节约 0.7t 蒸汽。吨味精共节约 5.3t 蒸汽。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

谷氨酸生产过程蒸汽余热梯度利用技术、低温干燥谷氨酸钠技术已通过河南省科学技术厅成果鉴定，达到国内先进水平。该技术已经在河南莲花天安食业有限公司生产使用，效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：河南莲花天安食业有限公司

建设规模：年产 8 万 t 味精生产线改造。主要技改内容：对现有蒸汽型溴化锂制冷机组内部再生器、蒸发器进行改造，使其达到符合热水替代蒸汽的效果；在结晶罐内增加加热盘管；采用流化床烘干机替代蒸汽型震动烘干机；采用淀粉乳二次液化闪蒸改造。节能技改投资额 4300 万元，建设期 1 年。生产吨味精可节约 5.3t 蒸汽，每年节约蒸汽总量 42.4 万 t，折合约 4.2 万 tce，取得节能经济效益 2544 万元，投资回收期 3 年。

八、推广前景及节能减排潜力

我国年产味精 190 万 t，如果该技术能推广到 80％，则每年可节约 806 万 t 蒸汽，折煤约 80 万 tce，年减排能力约 211 万 tCO_2。该技术可广泛在味精、淀粉糖等轻工、化工行业推广，有较大节能潜力。

132 机械式蒸汽再压缩技术

一、技术名称：机械式蒸汽再压缩技术

二、技术所属领域及适用范围：生化和化工等行业料液和废水的浓缩

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国发酵行业总产量约 1600 万 t，汽耗约 1.28 亿 t，其中，浓缩工段能耗约占总能耗的 40%，用于浓缩工艺的汽耗约 5000 万 t，折约 500 万 tce，通过采用机械式蒸汽再压缩技术，可有效降低吨产品汽耗，实现节能减排的目标。目前该技术可实现节能量 41 万 tce/a，CO_2 减排约 109 万 t/a。

四、技术内容

1．技术原理

利用高能效蒸汽压缩机压缩蒸发系统产生的二次蒸汽，提高二次蒸汽的焓，提高热焓的二次蒸汽进入蒸发系统作为热源循环使用，替代绝大部分生蒸汽，生蒸汽仅用于补充热损失和补充进出料温差所需热焓，从而大幅度降低蒸发器的生蒸汽消耗，达到节能目的。

2．关键技术

机械式蒸汽再压缩蒸发器的工艺和设备配套选型设计、系统的自控设计、压缩风机的设计等。

3．工艺流程

原理和工艺流程分别见图 1 和图 2 所示。

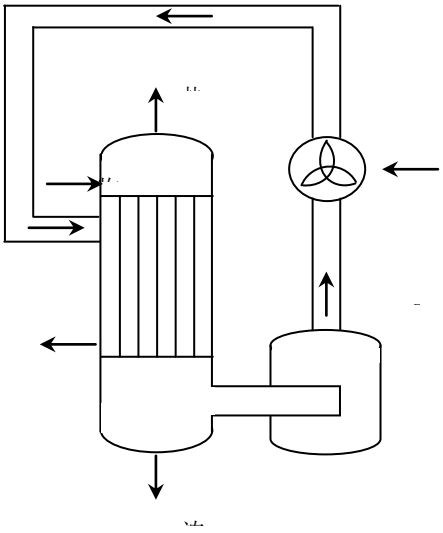


图 1　机械式蒸汽再压缩技术原理图

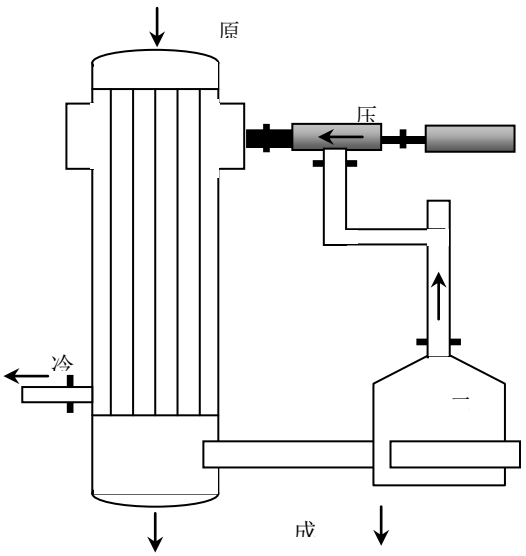


图 2 机械式蒸汽再压缩工艺流程图

五、主要技术指标

以 40t/h 发酵液蒸发量机械再压缩式蒸发器为例，其主要技术指标如下：

蒸发量：40t/h；耗汽量：1t/h；循环水量：45t/h；装机容量：900kW。

六、典型应用案例

典型用户：安徽丰原生物化学股份有限公司下属 32 万 t/a 燃料乙醇有限公司、河南省焦作市华康糖醇科技有限公司

典型案例 1：安徽丰原生物化学股份有限公司

技术提供单位：中粮生物化学（安徽）股份有限公司

建设规模：年产 32 万吨燃料乙醇项目，新增蒸发浓缩系统为 50t/h 的机械再压缩式蒸发器。主要技改内容：新增系统主要用来浓缩酒精塔釜水，主要设备包括压缩风机、加热器、分离器、配套循环泵和自控设备等。节能技改投资额 2000 万元，建设期 1 年。年节能 1.4 万 tce，年节能经济效益 1764 万元，投资回收期 1.14 年。

典型案例 2：河南省焦作市华康糖醇科技有限公司

技术提供单位：中粮生物化学（安徽）股份有限公司

建设规模：年产 10000 吨木糖项目，其中蒸发系统为 2 台 18t/h 和 1 台 10t/h 的机械式蒸发器。主要技改内容：用 3 台机械再压缩蒸发器替代原有的三/四效蒸发器。节能技改投资额 1150 万元，建设期 6 个月。年节能 1.1 万 tce，年节能经济效益 1100 万元，投资回收期 1 年。

七、推广前景及节能减排潜力

我国发酵行业产品总产量约 1600 万 t，按每年 10%的速度增长，预计未来 5 年，发酵行业产品年产量约 2500 万 t，汽耗约 2 亿 t，其中，浓缩工段约占总能耗的 40%，则浓缩工段用汽约 8000 万 t。采用机械式蒸汽再压缩技术，单位产品浓缩汽耗可节约 90%以上，按在全行业推广 70%计，则每年可节约蒸汽约 1440 万 t，约折 145 万 tce，年减排能力约 383 万 tCO_2，总投资额 33 亿。

133 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：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，CO_2 减排约 32 万 t/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：

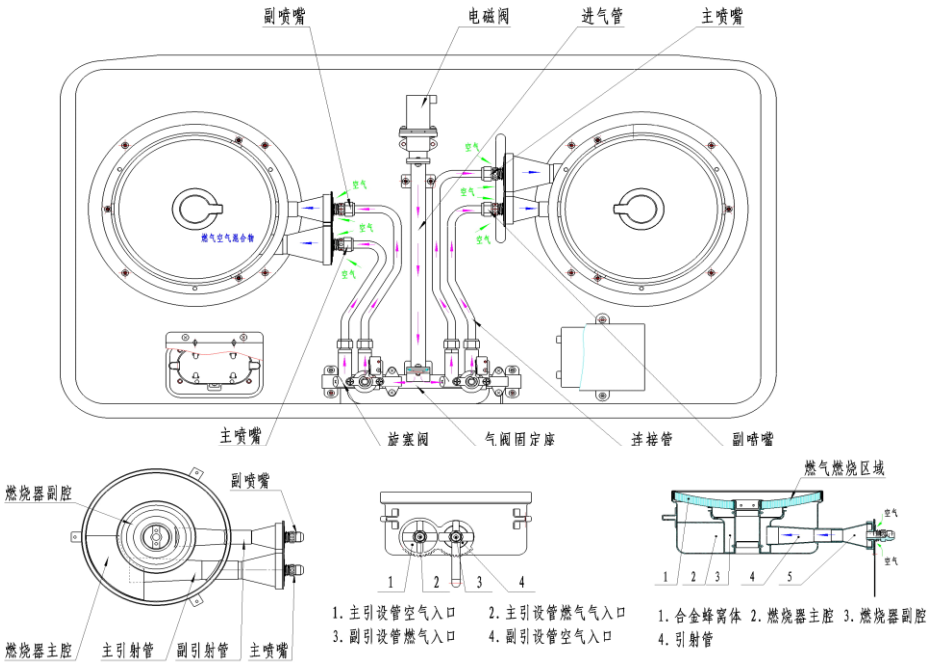


图 1　聚能燃烧炉具设备原理图

五、主要技术指标

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：　≥65%。

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。

七、典型应用案例

典型用户：重庆一能公司

技术提供单位：中山华帝燃具股份有限公司

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 0.23 kgce 计算，总节能量为 3856.64 kgce/天，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 1400 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 120 万

tce，年减排能力约 317 万 tCO_2。

134 高强度气体放电灯用大功率电子镇流器新技术

一、技术名称：高强度气体放电灯用大功率电子镇流器新技术

二、技术所属领域及适用范围： 适用于高压钠灯、金卤灯用电子镇流器取代电感镇流器，用于道路、交通、公共场所、农业、工业、航空、军事、城市建筑群、厂矿等方面的照明。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国大部分公路照明及厂矿照明通常采用高压钠灯、金卤灯等高强度气体放电灯，并配套使用电感镇流器，功率因数约为 67%，耗电量高，且不具备调光的性能。应用该技术可实现节能量 25 万 tce/a，CO_2 减排约 66 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

（1）通过对高频波段及高频电流的控制，将高频频率改变为所需的频率，30-40 kHz 为 1000W，40-50 kHz 为 750W，50-60 kHz 为 600W。

（2）1000W 调光型电子镇流器输入电压范围：120-240V。主要是由交流 120-240V 的输入通过桥式整流滤波，再由直流稳压电源的 IC 控制保证直流电压不变，达到输入交流在规定的波动范围内波动而直流电压不变的目的。

2.关键技术

（1）芯片和电子模块的优化设计；

（2）变频调光；

（3）高压钠灯和金卤灯电子镇流器的通用性；

（4）宽电压（102-240V）输入。

3.工艺流程

技术原理见图 1 所示：

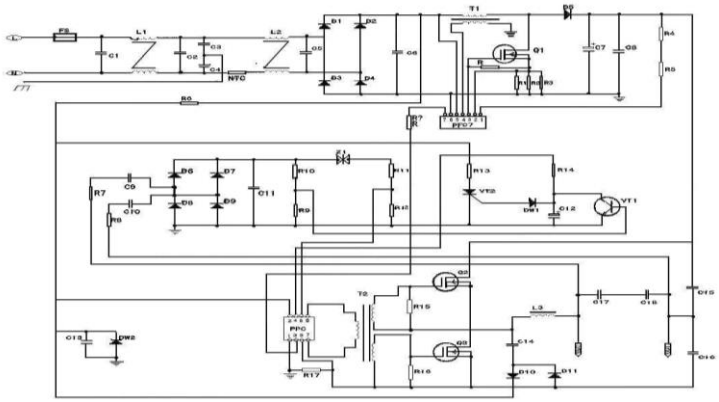


图 1 高强度气体放电灯用大功率电子镇流器技术原理图

五、主要技术指标

1.电压范围：120-240V；2.电源频率 50/60Hz；3.功率因数＞0.99；4.灯电流波峰比＜1.7；5.电流总谐波＜10%；6.环境温度-10-40℃；7.启动时间 5min；8.输出灯功率变化＜2%；9.抗干扰的最大距离是 0.6m；10.可使用灯：HPS（钠灯）/MH（金卤灯）11.可变频调光 600W、750W、1000W。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术被湖北省科技厅认定为湖北省重大科学技术成果，并在部分省市的市政高压钠灯上实施应用，节能效果良好。

七、典型应用案例

典型用户：荆州市城区

建设规模：荆州市城区更换 3000 盏路灯照明。主要技改内容：将荆州市城区东方大道、江津大道、北京路的路灯照明的电感镇流器更换为电子镇流器。主要设备为电子镇流器，规格包括 200 台 250W 高压钠灯、2500 台 400W 高压钠灯、800 台 250W 金卤灯、500 台 400W 金卤灯。节能技改投资额 600 万元，建设期 24 个月，每年可节能 406tce，取得节能经济效益约 40 万元。

八、推广前景及节能减排潜力

传统的高强度气体放电灯使用电感镇流器，电能利用效率不高，未来 5-10 年内，电子镇流器将不断替代耗能高的电感镇流器。预未来 5 年，全国使用电子镇流器的高强度气体放电灯将达到 670 万台，推广比例达 10%，年节能能力可达 125 万 tce，年减排能力约 330 万 tCO_2。

135 新型生物反应器和高效节能生物发酵技术

一、技术名称：新型生物反应器和高效节能生物发酵技术

二、技术所属领域及适用范围：发酵和化工等行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前，我国发酵行业年耗能约 2000 万 tce，其中用于发酵工序的能耗约占 40%。应用该技术可实现节能量 24 万 tce/a，CO_2 减排约 63 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

（1）发酵用压缩空气新型冷却及能量利用技术：空压机制取压缩空气，出口空气降温由水冷转为风冷的技术改造。压缩空气制取方式采用轴流式风机及两台电动离心机供应，其出口温度为 185℃，为满足工艺要求，需降温至 110℃左右。该技术采用风冷替代水冷的冷却方式，被加热的空气作为烘干发酵菌渣的加热剂，即提高了有效热能二次利用，也可节省循环水量。

（2）新型气升式二次补气发酵技术：增加发酵罐高度，利用文丘里管的喷射搅拌作用代替搅拌电机，可省去发酵罐搅拌电动机，克服了普通的气升式发酵罐内的导流筒只有导流作用、不能调节温度的难题。本技术的导流筒具有调温和导流两种作用，并且为双面换热，高效节能；同时，导流桶中上部增加二次补气环管，管内空气向下喷射，利用发酵罐内循环液把此部分空气带回到空气喷嘴处，再与发酵液混合向上喷入气升桶，提高发酵液溶氧率和空气利用率，从而降低生产成本。

2.关键技术

（1）发酵用压缩空气新型冷却及能量利用技术；

（2）新型气升式二次补气发酵技术。

3.工艺流程

（1）发酵用压缩空气新型冷却及能量利用技术

该技术将一级冷却改为自然风冷却，为使压缩空气由 185℃ 降温至 110℃左右，使用空气作为冷却剂，压缩空气冷却的同时，被加热的空气可升温至 110℃左右，作为烘干发酵菌渣的加热剂。二级冷却不变，改用自然风冷，节省循环水

量，把被加热的空气作为有效热能二次利用，去烘干发酵产生的菌渣，替代原来用蒸汽烘干的方式，既降低热污染又节约蒸汽。其工艺过程如图 1 所示。

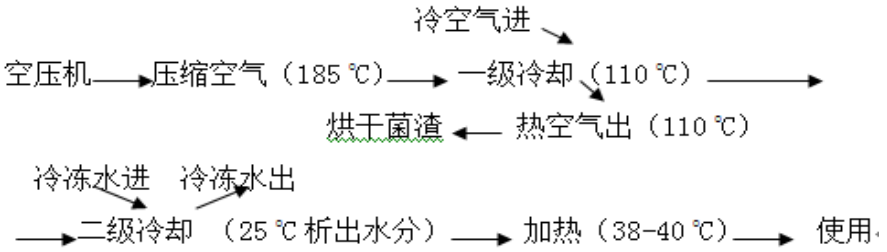


图 1 工艺流程

（2）新型气升式二次补气发酵技术

该技术在发酵罐内增设导流筒（见图 2），采用气流搅拌方式。压缩空气从罐体下部进入，靠压缩空气的压力，带动导流筒内部的发酵液自下而上流动，至导流筒顶端后，向四周分散并沿导流筒与罐壁间空腔往下流动，从而形成料液的循环。同时可使空气与料液充分混合，取消了机械搅拌，节约了电能，且搅拌混合更充分，降低发酵过程中的染菌概率，提高了产品的效价。

发酵罐体底部安装有空气喷嘴 1，空气经气升桶 2，进入调温导流桶 3，在导流桶 2 内完成调温、导流、均匀混合后，重返气升桶 3 下部进口，完成一个工作循环（见图 3）。导流桶中上部增加二次补气环管 5，管内空气向下喷射，利用发酵罐内发酵液把此部分空气带回到空气喷嘴处再与发酵液混合向上喷入气升桶，工艺空气与发酵液接触时间和路径延长一倍，提高发酵液溶氧率和空气利用率，降低生产成本，达到高效节能的目的。

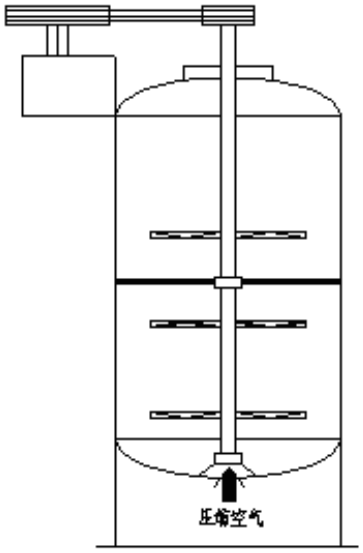


图 2 机械搅拌发酵原理图

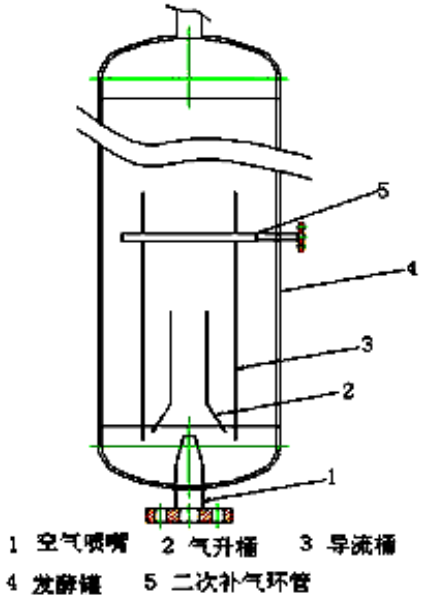


图 3 气升式二次补气发酵原理图

五、主要技术指标

以容积为 800m^3 的发酵罐为例，一级冷却循环水量为 724m^3/h，按补充新鲜水量为 1%计算，每天节约水量 170m^3。蒸汽消耗由 320t/罐降低到 292t/罐，电耗由 29593kWh/罐降低到 19391kWh/罐。发酵冷却时间从 18h 降到 3.5h，减少了 14.5h；1m^3 料液需要空气量由 1 m^3 降至 0.78m^3，空气利用率提高 22%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已通过山东省科技厅组织的科技成果鉴定，技术达到国际先进水平，相关工艺设备和技术已申报并受理专利 12 项。

七、典型应用案例

典型用户：山东志诚化工有限公司

建设规模：年产 300 吨阿维菌素生产线。主要技改内容：生物反应器导流筒气流搅拌代替机械搅拌、发酵罐内冷却管代替外盘管、加高发酵罐罐体、风冷替代水冷制备压缩空气技术。节能技改投资额 7196 万元，建设期 1 年。吨阿维菌素节能 95.4tce，按年 300t 阿维菌素生产能力，年节能 28621tce，年可取得节能经济效益 2290 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，我国发酵行业年耗能约 2500 万 tce，其中用于发酵工序的能

耗约占 40%，根据发酵行业实际情况，采用新型生物反应器和高效节能生物发酵新技术后，吨产品能耗由 1tce 降到 0.8tce，实现能耗降低 20%，按行业推广比例 60%计算，则每年可节能 120 万 tce，年减排能力约 317 万 tCO_2。

136 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，CO_2 减排约 11 万 t/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。

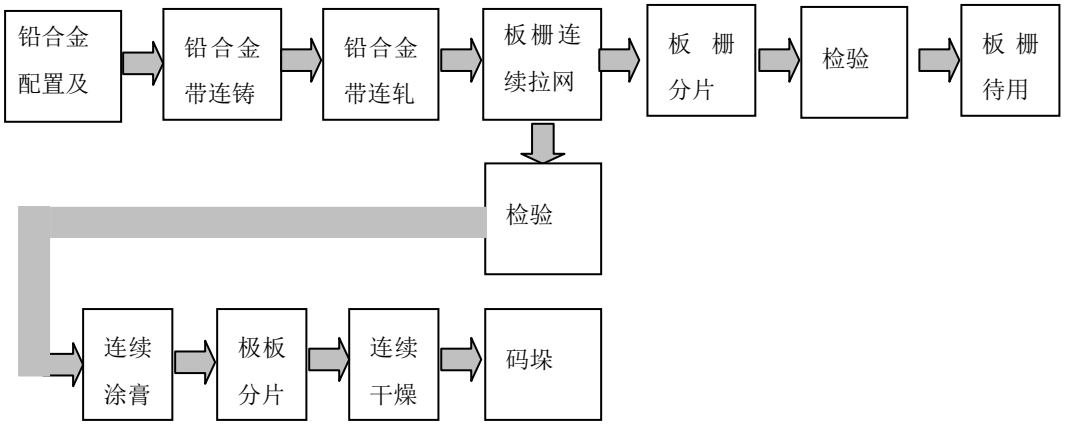


图 1 铅蓄电池高效低能耗极板制造工艺流程图

五、主要技术指标

1.铸带宽度：90mm-400mm；

2.轧带宽度：≤380mm；

3.轧带速度：15m/min、20m/min、25m/min（按基本厚度 1 mm 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（0.3 kWh/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。

137 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：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，CO_2 减排约 36 万 t/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。

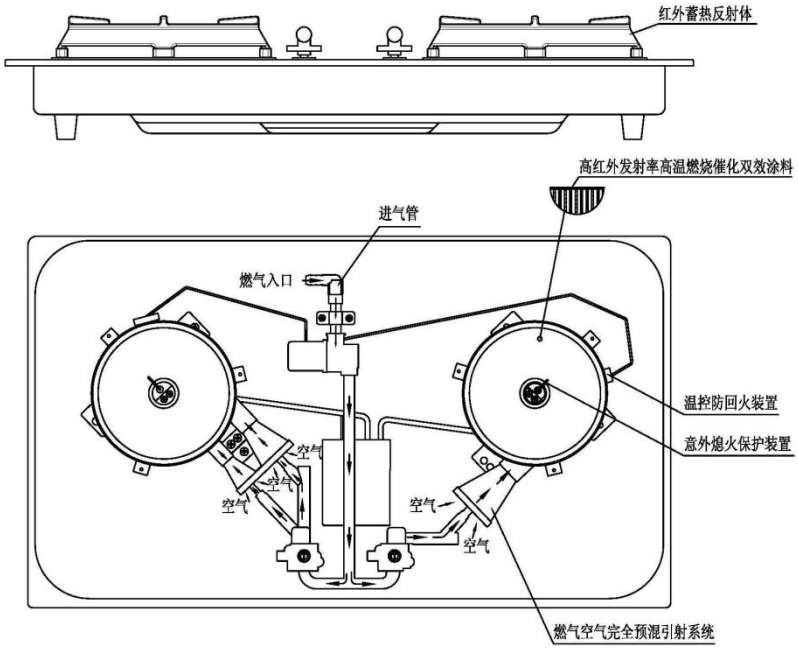


图 1　红外多孔陶瓷节能灶原理示意图

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 0.5 公斤，全国每天耗气量达 9.3 万吨。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 万吨，折标煤 135 万 t，年减排能力约 356 万 tCO_2。

138 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：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，CO_2减排约16万t/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。

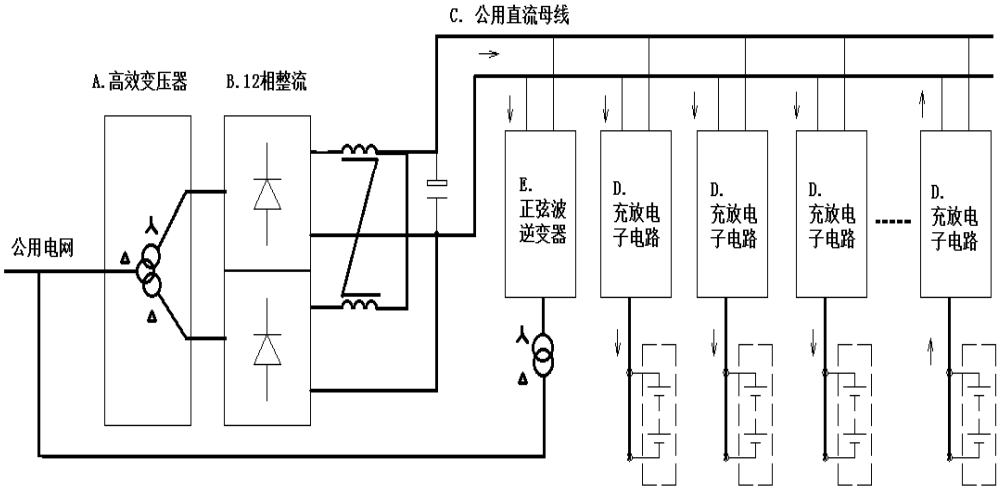


图 1　高效放电回馈式电池化成技术原理简图

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

截止 2010 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。

139 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，CO_2 减排约 16 万 t/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

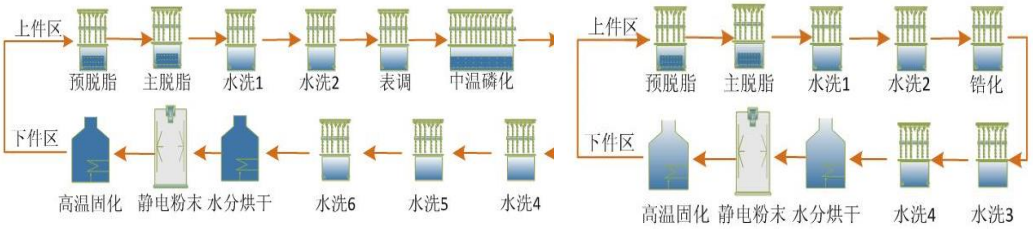
金属涂装前常温锆化处理技术与传统磷化工艺的流程对比见图1、图2。

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：6t-200t；

4.废水量（日）：＜3t，以6t处理槽计；

5.喷淋泵功率：44kW/h。

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。

140 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，CO_2减排约18万t/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：

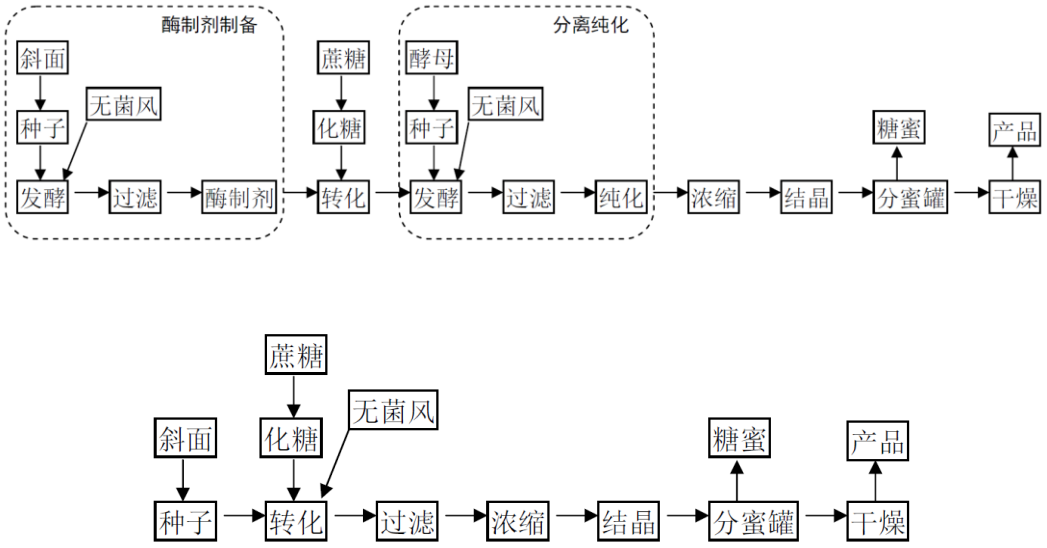


图1　异麦芽酮糖发酵优化工艺与传统生产工艺的流程对比图

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。

141 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 0.14 kW/(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，CO_2 减排约 71 万 t/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。

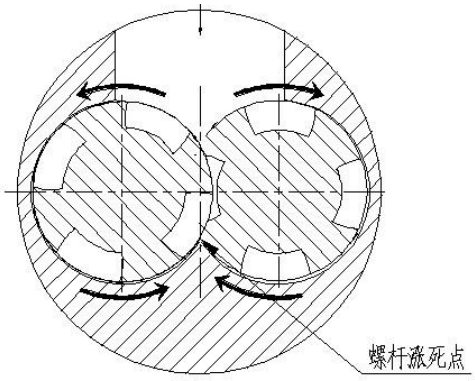


图1 锥形异向双螺杆工作原理简图

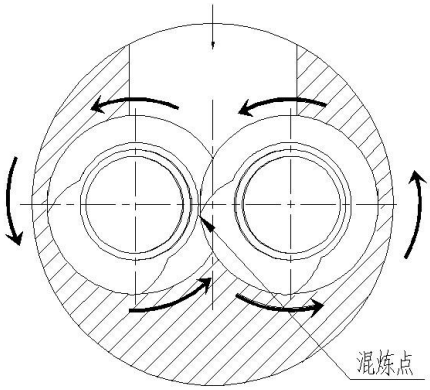


图2锥形异向双螺杆工作原理简图

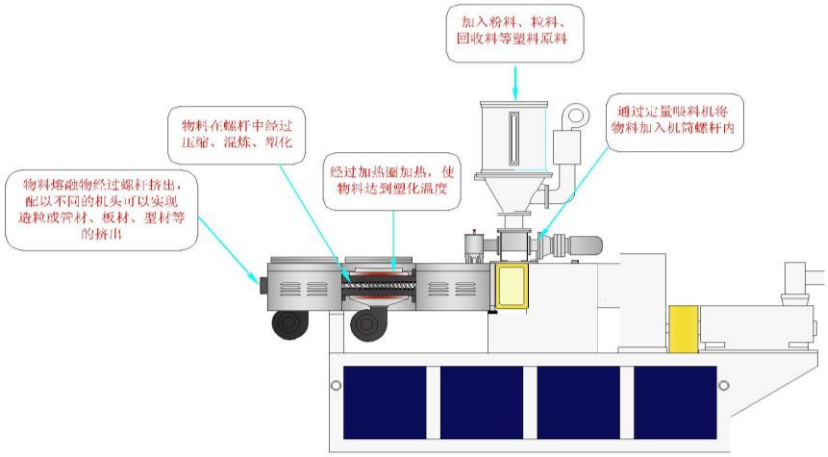


图 3　锥形同向双螺杆挤出机工艺流程图

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。

142 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，CO_2减排约3万t/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。

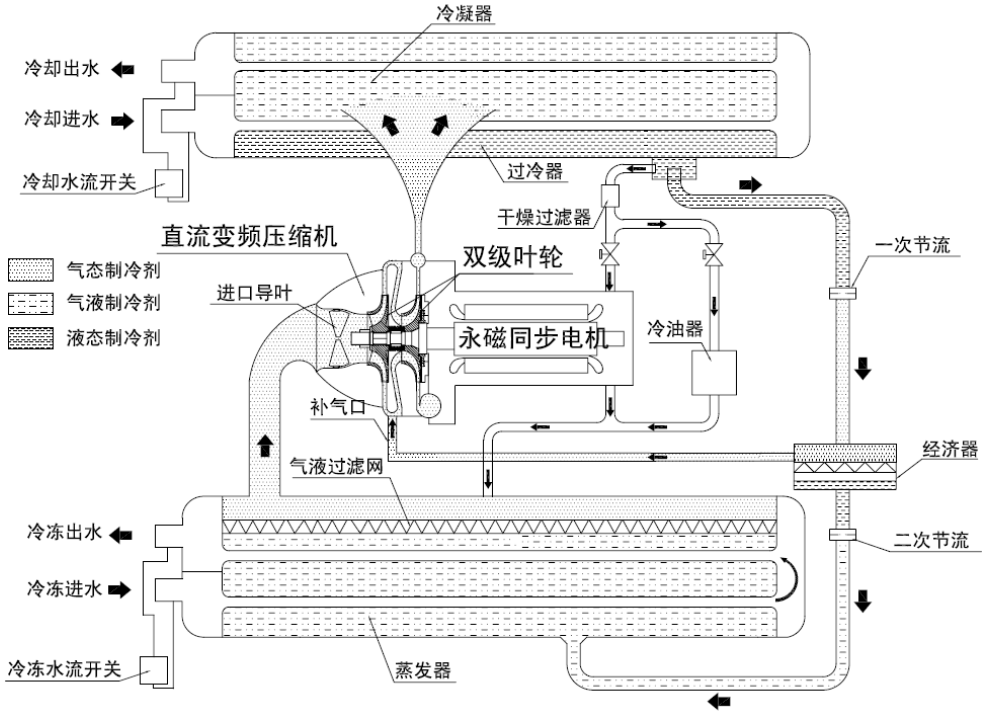


图 1 双级高效永磁同步变频离心式冷水机工艺流程图

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㎡，空调面积 3.1 万㎡。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 18657 m^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。

143 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：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，CO_2减排约5万t/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。

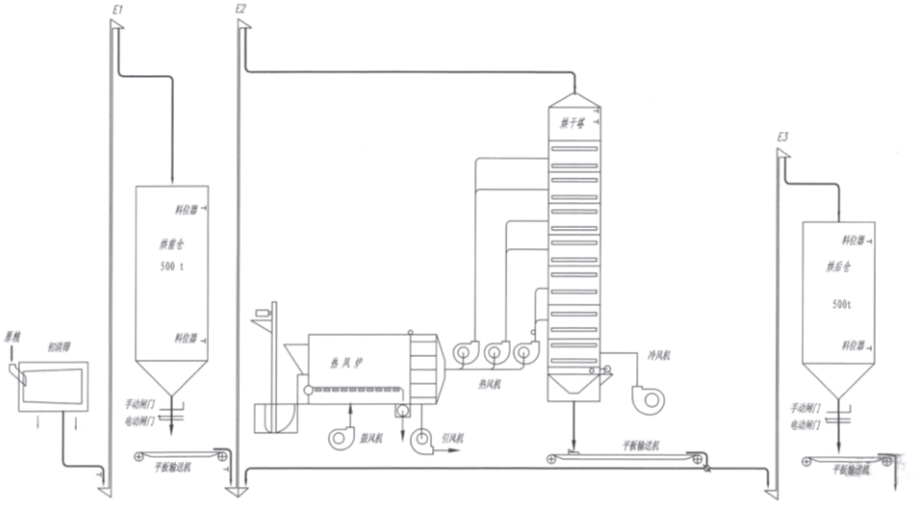


图 1　粮食干燥系统节能减排技术流程图

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。

144 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 414 kgce；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，CO_2 减排约 5 万 t/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。

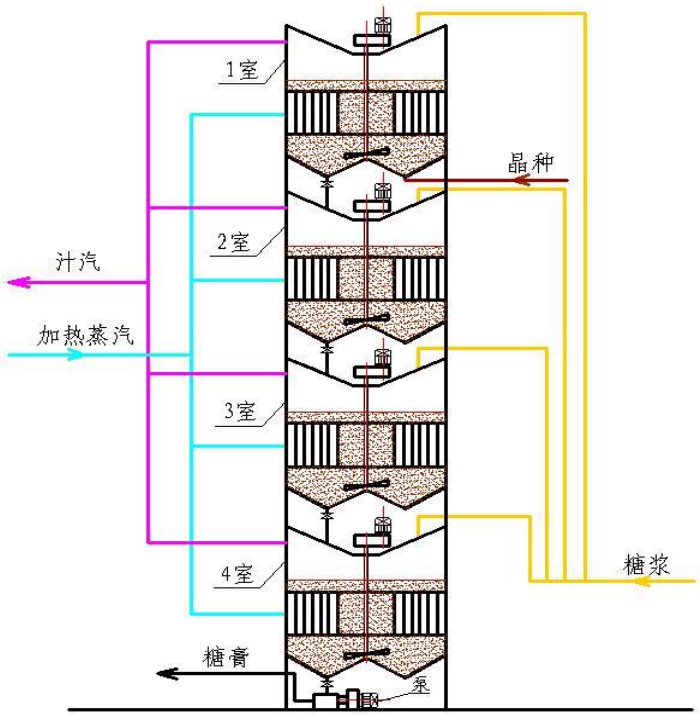


图 1 立式连续煮糖罐结构示意图

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 5000 吨。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 21120t CO_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 12000 吨/日，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、推广前景和节能减排潜力

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87万吨CO_2。

145 热泵的双级增焓提效技术

一、技术名称：热泵的双级增焓提效技术

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 万吨，碳排放 3670 万吨，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。

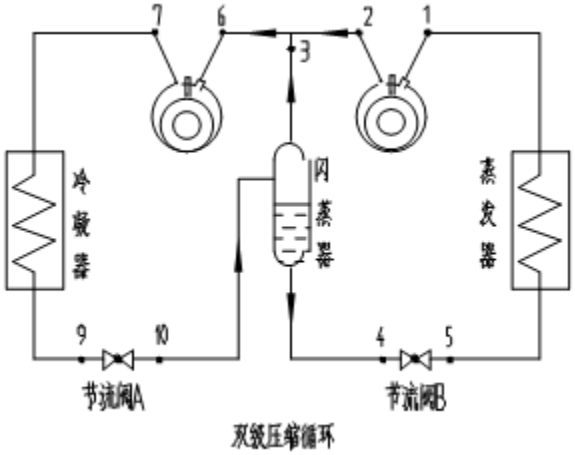


图 1 双级压缩循环工艺流程图

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。

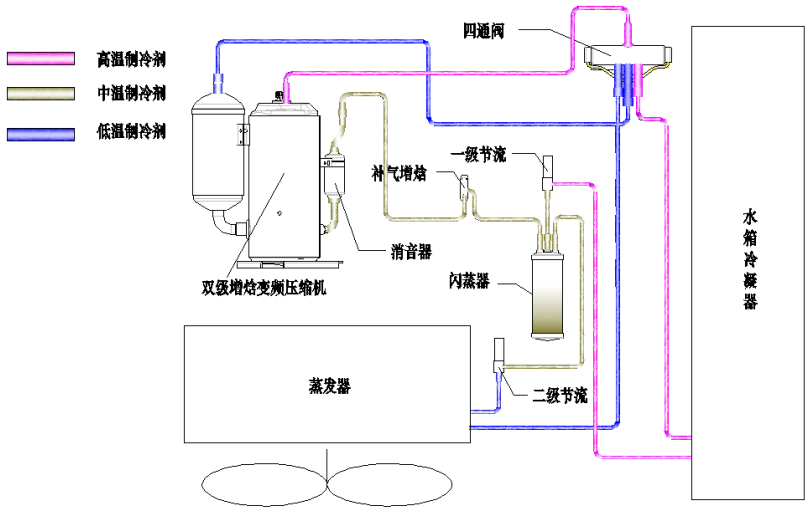


图 2 利用双级焓增变频压缩机的热泵热水器设备工艺流程图

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、推广前景和节能减排潜力

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。

146 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 万吨，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 万吨。

“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 1.0 吨玻璃瓶盛装 1.1 吨食品或饮料，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，CO_2 减排约 8 万 t/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

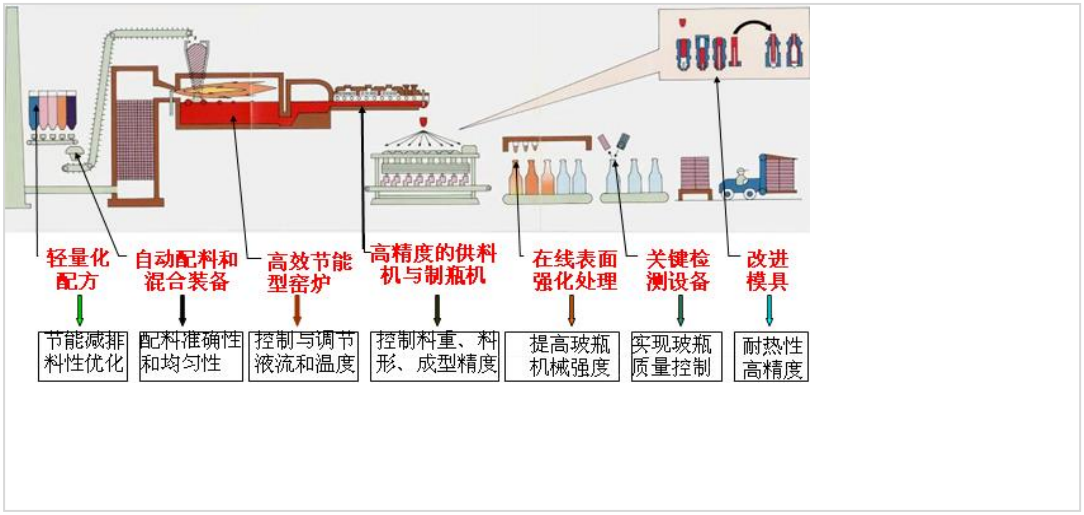


图 1 玻璃瓶罐轻量化生产工艺流程图

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 万吨项目

建设规模：新建一座年产 10 万吨轻量化酱油瓶窑炉。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 万吨窑炉。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、推广前景和节能减排潜力

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。

147 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，CO_2 减排约 143 万 t/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；

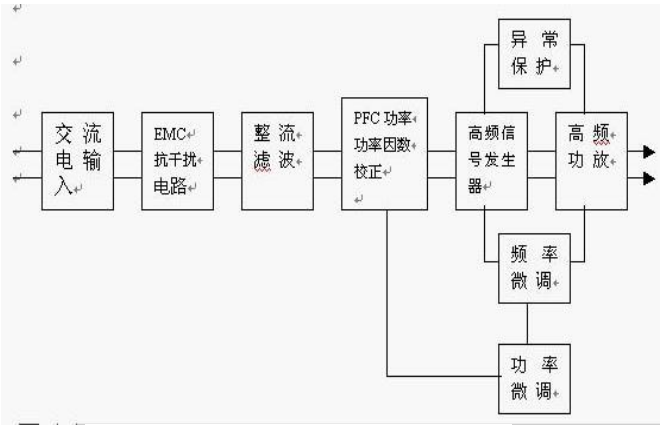
（2）EMC 模组、电路结构设计技术；

（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。



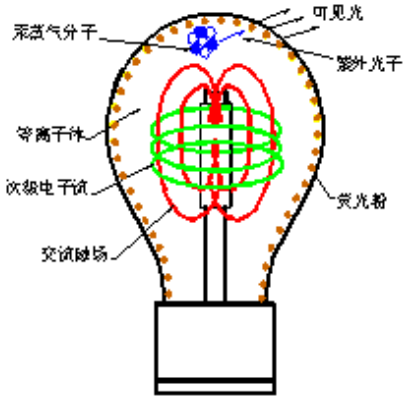
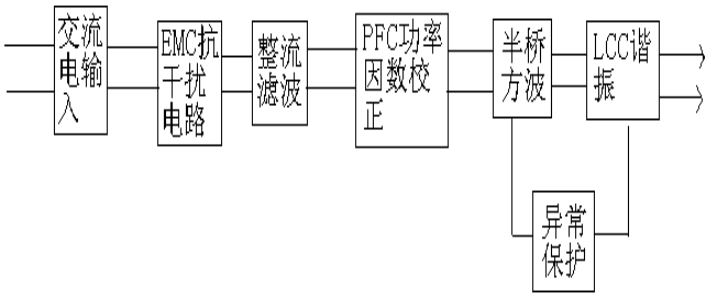


图1　内耦合无极灯工作原理图



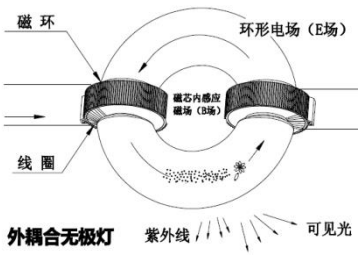


图 2 外耦合无极灯工作原理图

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%/1 万小时以上，70%/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 51 公里，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 46 公里的道路节能改造。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、推广前景和节能减排潜力

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。

148 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 45kW-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，CO_2 减排约 24 万 t/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

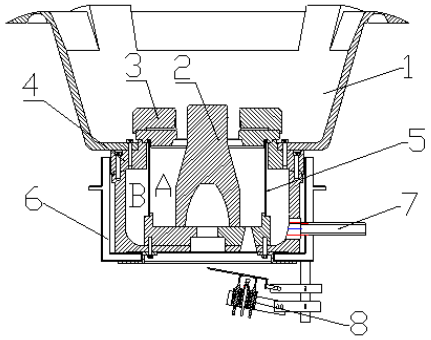
热，解决了点火针附着在燃烧器头部上导致点火针及其导线在高温下易损毁的难题，保证点火的安全可靠性，底部点火速度快，不会产生爆燃。

（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

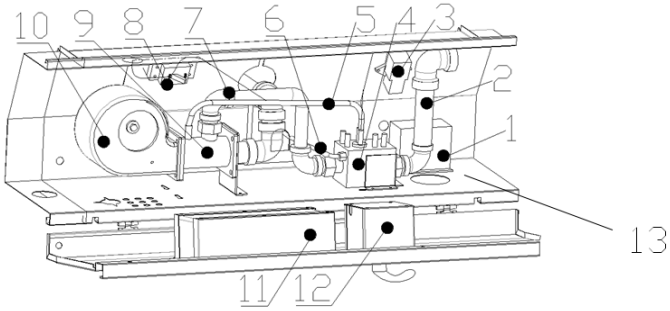
金属纤维全预混强制鼓风商用燃气灶的燃烧器头部结构见图 1。



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 kW-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：45dB-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。

149 防眩光高效 LED 路灯节能技术

一、技术名称：防眩光高效 LED 路灯节能技术

二、所属领域及适用范围：照明行业 快车道、主干道、公园、小区等照明应用

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

路灯是城市照明的重要组成部分，我国户外道路照明约占整个照明用电量的 30%。传统的路灯通常采用高压钠灯，整体光效低、显色效果差、寿命短、维护成本高，造成能源的巨大浪费。使用 LED 路灯照明可以减少大量二氧化碳和多种污染物的排放，同时通过新型光学设计和灯具设计研究，使灯具结构设计更加合理化，降低灯具的眩光，减少光污染，提高人体舒适度。因此，开发新型高效 LED 路灯节能技术，对于城市照明节能减排具有重要意义。目前该技术可实现节能量 1 万 tce/a，CO_2 减排约 3 万 t/a。

四、技术内容

1. 技术原理

该技术是一种带有不对称配光及防眩光特性的 LED 照明单元的 LED 照明装置。LED 照明是一种基于大功率高亮度半导体发光二极管的照明技术，相比传统的高压钠灯等照明光源，具有耗电量少、发光效率高、显色性好、可靠性高等优点。同时，该技术通过新型光学设计和灯具设计研究，采用二次反光原理，利用几何光学原理设计由复杂非自由曲面组成的反射器和遮光罩，使光线射向所要求照明的方向。降低灯具的眩光，提高人体舒适度。

2. 关键技术

该是通过全新的格栅配光/反射杯和透镜的光学设计降低灯具的眩光，以实现人体舒适的道路照明效果，其关键技术如下：

（1）灯具配光技术

a．采用格栅配光：基于格栅反光系统的配光，实现 LED 高效路灯的道路光形曲线及高照度均匀度和高亮度均匀度，提高灯具的防眩光指数并有效提高整体灯具效率。格栅与 LED 光源可以形成 40 度以上的保护角有效的防止眩光产生。格栅反光系统的配光原理见图 1。

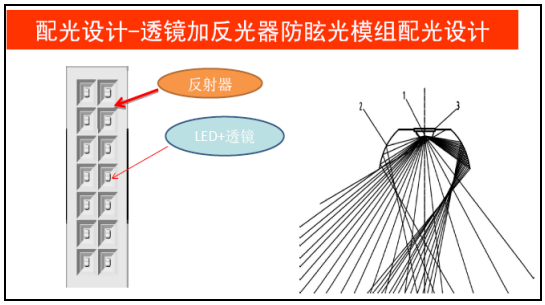


图 1 采用栅格配光原理示意图

b. 采用灯杯+透镜配光：自由曲面透镜加反光系统的配光系统，实现 LED 路灯的大间距蝙蝠翼配光的同时，提高照度均匀度和高亮度均匀度，并形成 40 度的保护角，抑制眩光的产生。其配光系统示意图见图 2。



配光软件模拟分析图



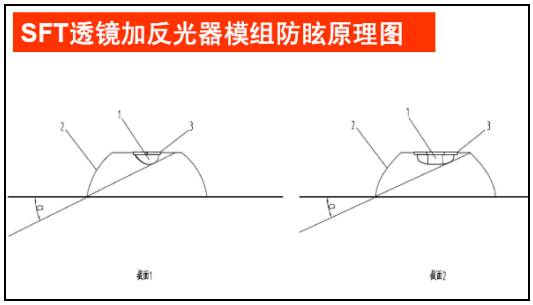


图 2 采用自由曲面透镜加反光系统的配光系统示意图

（2）结构及散热技术

LED 大功率路灯在设计上采用模组化的设计，利用模组与模组之间的间隙可以形成上下空气的对流，加快散热的同时也减小了热岛效应。并且每个模组都是一个独立的光源体，便于维修与更换。

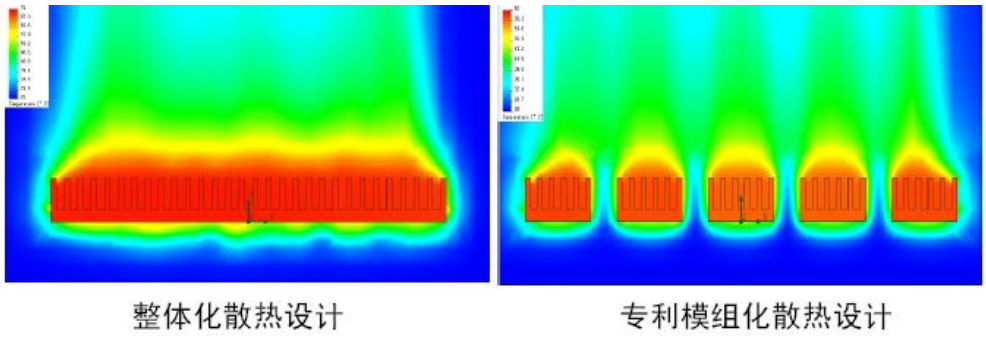


图 3 整体化与模组化散热设计对比图

热分析分析结果表明，采用模块化的路灯结构设计，可强化空气对流散热效果，避免翅片温度过高，可有效降低翅片表面温度，温度的下降幅度在10^{o}C以上，从而可显著提高灯具的使用寿命和稳定性。

3. 工艺流程

防眩光高效 LED 路灯结构示意图见图 4。



图 4 防眩光高效 LED 路灯结构示意图

五、主要技术指标

1.与传统灯具照明相比，节电率 55%；

2.整灯光效≥100lm/W（4000K-6500K）；

3.寿命 50000h（光通维持率 70%）；

4.显色指数≥70；

5.防护等级 IP65；

6.灯具眩光限制曲线达到 C 级标准，光出射度小于 0.51m/mm^2。

六、技术应用情况

该技术于 2010 年 6 月通过江苏科学技术厅”高新技术产品”认定，并已获得 1 项国家发明专利，3 项外观专利，3 项实用新型专利。目前该技术产品已经在全国多个省市道路、隧道工程中推广使用，累计推广使用超过了 10 万盏。

七、典型用户及投资效益

典型工程：扬州市文昌路节能改造、仪征市沿江大道、北京甲骨文软件有限公司、北京通州区朱家垡村道路亮化工程

典型案例 1

案例名称：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

案例名称：广西省平南县迎宾大道照明改造工程

技术提供单位：江苏史福特光电股份有限公司

建设规模：467 盏 LED 路灯。主要技改内容：平南县迎宾大道 2×300W 高压钠灯改造为 5×30W LED 路灯，主要设备为防眩光高效 LED 路灯。节能改造投资额 80 万元，年节能量约 204tce，年减少碳排放量约 538tCO_2。每年节电可获经济效益 50 万元，投资回收期约 1.5 年。

八、推广前景和节能潜力

LED 照明以其节电、长寿命等突出优势正在成为取代传统照明产品的新一代照明方式。预计未来 5 年，该技术推广比例可达 15%，项目总投资 4.8 亿元。预计可形成的年节能能力 10 万 tce，碳减排能力 26 万 tCO_2。

150 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、所属领域及适用范围：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，CO_2 减排约 3 万 t/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。

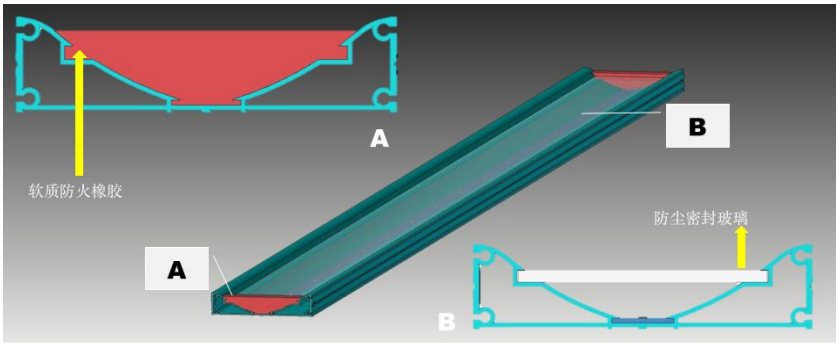


图 1 LED 模块设计图

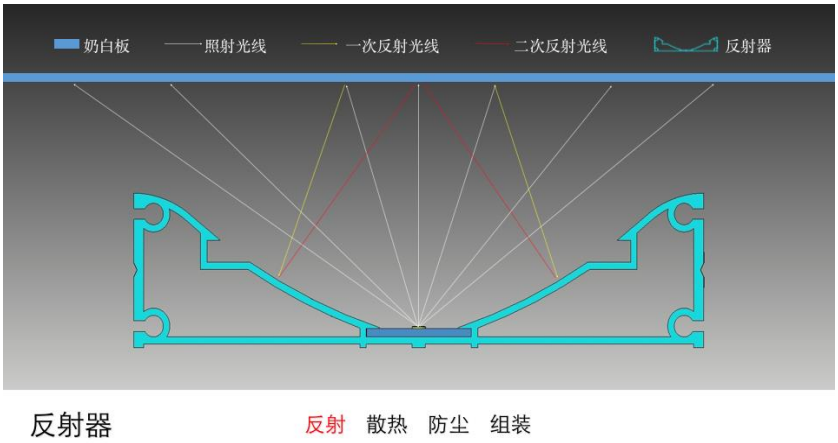


图 2 反射器反射示意图

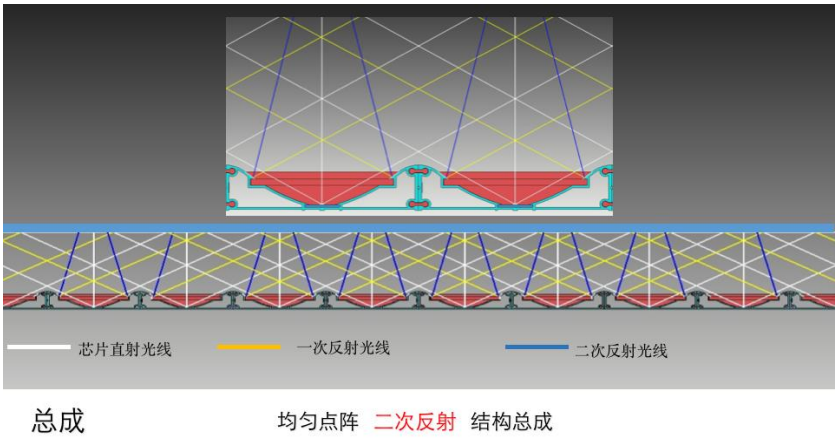


图 3 反射器二次反射示意图

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 5700K-6300K；

6.照度衰减≤3%/年。

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、典型用户及投资效益

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、推广前景和节能减排潜力

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。

151 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、所属领域及适用范围：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，CO_2 减排约 5 万 t/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 40kHz-200kHz 方波脉冲频率，第二级跟随变频转换为 50Hz-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的原理示意图见图 1。

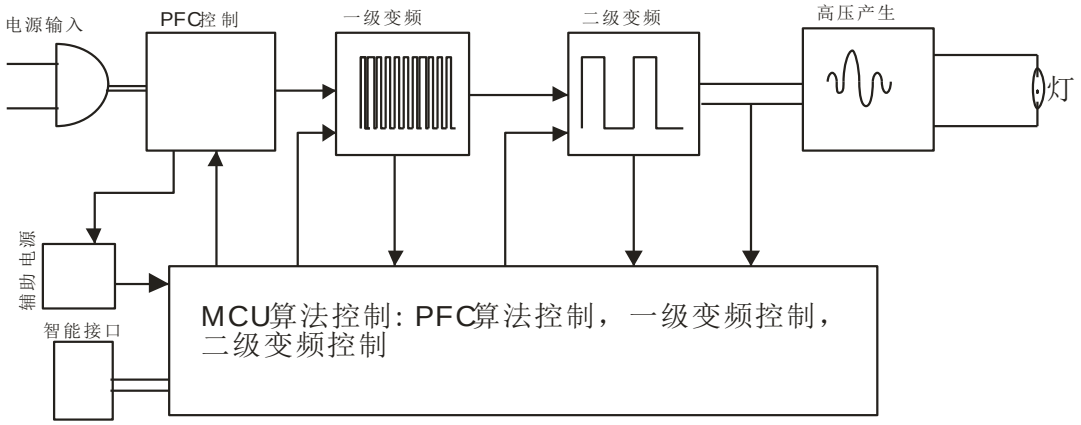


图 1 基于二级变频控制驱动的 XED 灯技术原理示意图

五、主要技术指示

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、典型用户及投资效益

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、推广前景和节能潜力

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。

152 棉纺织企业智能空调系统节能技术

一、技术名称：棉纺织企业智能空调系统节能技术

二、技术所属领域及适用范围：纺织行业--棉纺车间、机织车间、针织车间、服装车间。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

利用计算机智能控制原理，对空调的机电设备进行监控管理。一方面满足生产工艺和工作环境要求，另一方面监控和保障设备正常运行和有效节能。目前该技术可实现节能量 5 万 tce/a，CO_2 减排约 13 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

利用自主研发的智能软件，通过变频调速，对电机、风机（水泵）的运行效率曲线做出动态控制，使系统能量优化合理运行。控制过程如下：

（1）温湿度控制

根据回风温湿度与设定值的参数偏差，通过 CPU 的控制算式，自动分析确定控制送风温度、回风温度在要求的控制范围内，以满足生产工艺及舒适度要求。

（2）风阀控制

电动风阀门可根据室内外空气焓值和露点温度调节阀门开度。在过渡季节，还可根据焓差控制调节新风阀门的开度，保证生产工艺要求和舒适度。

（3）故障连锁控制

故障保护控制：当机组发生故障时，联锁停风机和各种阀门。

（4）节能控制

本智能空调系统，采用如下节能手段：

--全新风运行模式

根据检测的室内外温湿度及焓值等参数，由计算机自动分析计算是否通风及通风时新风比例，能耗仅在风机运行的功率。

--过渡季节零能量带

在过渡季节，停止供应冷热源，采用室外新风全新风运行模式或焓差控制

方式，不消耗冷热源，只消耗风机能量，节约大量能源。

--最小新风量控制

当新风不满足通风条件时，只对室内空气预热，避免新风负能量消耗。

--焓差控制

温湿度变送器自动计算室内外的空气焓值，控制新、回、排风阀开度。

--压差传感器控制

以除尘装置通过进口的压差，确定机器启停时间，达到除尘和节能效果。

--回潮率温湿度控制

根据各个工序的回潮率特点，选择是否吸湿或者放湿，选择合理的湿度。

--最佳启停控制

根据车间使用时间、功能、气候变化等状况，实施最佳启停控制。

2.关键技术

（1）计算机节能优化控制模块，传感器和执行器一体化控制模块；

（2）高效风机、高效宽频电机、低谐波变频技术一体化系统；

（3）能耗采集记录分析系统；

（4）远程监控及预警系统。

3.工艺流程

工艺流程图如下：

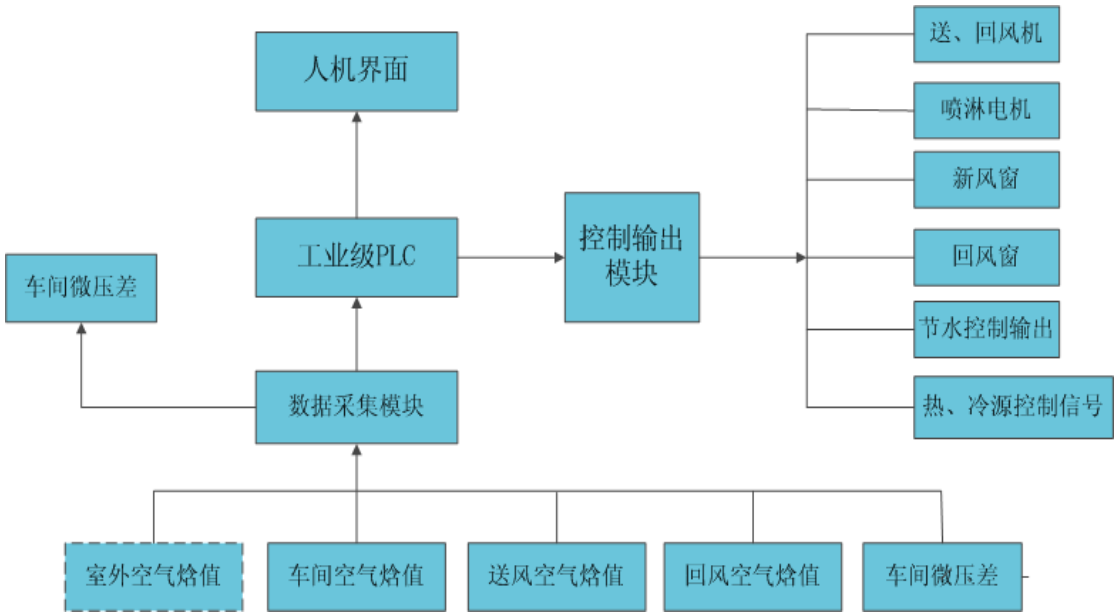


图 1 工艺流程图

五、主要技术指标

该技术，不间断对车间里的常温空气进行除尘净化，补充室外新风，改善工作环境。根据空调的特点，本系统只使用于纺织行业的棉纺车间、机织车间、针织车间、服装车间。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

本技术采用工业级 PLC 作为控制器，具有可靠的控制稳定性。采用先进自控系统集中监视、管理和控制机电设备，有效地发挥设备的功能和潜力。

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：郑州宏大纺织有限公司

互太纺织控股有限公司集合针织、染色、印花及整理之综合生产线，年产量约达 8，700 万 kg。截止到 2014 年 6 月共改造 B3-3 车间 1 套，B2-2 车间 1 套，B2-3 车间 1 套，B3-7 车间 2 套，B3-2 车间 1 套共计 6 套。改造后项目年节能量 5009tce，年 CO_2 减排量 13925t，总投资 400 万元，投资回收期 1 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的普及率能达到 10%左右，需总投入 100000 万元，预计年节能能力可达到 50 万 tce，预计年 CO_2 减排能力 132 万 t。

153 染整企业节能集热技术

一、技术名称：染整企业节能集热技术

二、技术所属领域及适用范围：纺织等替代工业领域，纺织印染等相关工业用热。适用于光照充足，屋顶承重 100kg 以上范围

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

高效率大容量太阳能中高温锅炉系统可以满足我国工业 80-400℃热能需求，为工农业及建筑领域节能减排奠定基础。染整企业节能集热技术运行过程无排放，每平米太阳能中高温锅炉系统的安装，将实现年节煤 0.2t/a ㎡，减少 CO_2 排放 0.5t/a ㎡。

工业领域及建筑领域 80-400℃热能需求及制冷需求应用 10%太阳能替代，市场超过了 15 亿 m^2，年产值超过了 5000 亿元，年节煤达到 1 万 t，年 CO_2 减排达到 3 万 t。

四、技术内容

1.技术原理

染整企业节能集热技术由跟踪太阳运动的太阳能聚光集热器和位于聚光器焦线处的吸热管组成的太阳能油/水蒸汽发生系统，一般由抛物面槽式聚光器、吸热管、储热单元、蒸汽发生器和控制系统等单元组成。

曲面反射镜拼接成面形为抛物柱面的反射面，动力机通过传动系统驱动支架和抛物柱面跟踪太阳。其跟踪方式是抛物柱面做旋转轴线固定旋转运动，使得旋转轴线、抛物柱面的焦线和太阳三者始终位于一个平面上，以保证由反射镜组成的抛物柱面将太阳光会聚到焦线上。吸热管固定在抛物面槽式聚光器的焦线处，通过抛物面槽式聚光集热器跟踪太阳，使得直射太阳光聚集到吸热管表面，以加热吸热管内传热流体。

抛物面槽式聚光集热器通过串联和并联方式相互连接，并通过模块化布局形成集热场。导热油、水是染整企业节能集热技术中广泛采用的两种热媒，在导热油系统中，抛物面槽式集热器将加热吸热管内的导热油，并直接将高温导热油送至终端用热设备，或经过导热油/蒸汽发生器产生高温高压的蒸汽供给终

端设备，为太阳能空调、太阳能海水淡化、太阳能热发电等提供高品位热能。以水为工质的太阳能中高温锅炉系统，集热器直接产生高温饱和水或高温蒸汽，用于工业生产。

染整企业节能集热技术一般采用一定容量的储热单元或直接与常规能源锅炉系统串并联耦合，以平衡太阳能波动对热能输出稳定性的影响，提升运行效率，保障能源系统的稳定性。太阳能中高温锅炉的设计寿命一般为 25 年。光热转换效率在 50%以上。

2.关键技术

染整企业节能集热技术与产业化中的太阳能聚光集热系统相结合，通过集热场系统、热传输与配置系统、换热与蒸汽发生系统、储热系统以及控制系统的开发，形成连续稳定的太阳能中高温锅炉系统；针对工业用热领域的不同特点和耗能系统的特征，通过多能互补及智能调控等技术，实现太阳能锅炉在现有工业热能利用领域的规模化应用。

3.工艺流程

太阳能抛物面槽式集热器加热吸热管内的导热油，并将其送至终端用热设备，或经过导热油/蒸汽发生器为终端设备提供高温高压蒸汽。

换热后的低温导热油返回抛物面槽式聚光集热器继续加热，形成封闭的导热油循环回路，当太阳辐照度较高时，可以将部分高温热量通过换热器存储在高温存储罐中，当太阳辐照强度较弱时，提取高温储热罐中的热量以平衡太阳能波动对热能输出稳定性的影响。

五、主要技术指标

光热转换效率大于 50%，替代常规燃煤燃气锅炉，实现运行过程零排放。工业生产所消耗的总能量约占全国总能耗的 70%，其中 50%-70%系工业加工用热。对于不同工业领域热负荷特点差异很大，但温度一般不超过 250℃，压力在 9bar 以下。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术国内领先，可以为纺织及工业热用户提供符合不同用能特点的太阳能系统方案与产品。该技术在欧美及埃及等国家和地区的原油开采与输运、医药加工等行业得到了应用。我国在太阳能空调、海水淡化及纺织领域也完成了相关示范项目的运行与测试，技术成熟可靠，可以实现常规能源的替代与补充。纺织工

业领域在漂洗、印染、定型等工艺中，广泛应用 140-250℃中温蒸汽，具有广泛的应用前景和潜力。

七、典型应用案例

技术提供单位：北京中科熙源节能科技有限公司

达利（中国）有限公司 13000 ㎡平板式太阳能集热工程，将印染车间生产用水由蒸汽加热改为蒸汽辅助加热（工艺用水温度 70-90℃），总投资 1400 万元，可年产热水（55℃）267134m^3，可节约蒸汽 32938 吨，折合标准煤 3133.7 吨，节约蒸汽费用 410.1 万元。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的普及率若能达到 10%左右，需总投入 175 亿元，预计年节能能力可达到 10 万 tce，预计年 CO_2 减排能力达 26 万 t。

154 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，CO_2 减排约 3 万 t/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。

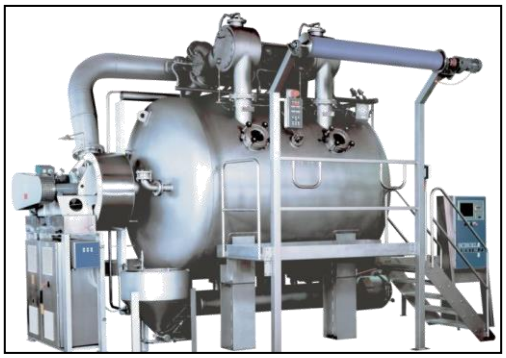


图 1 传统气流染色机使用导风管



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

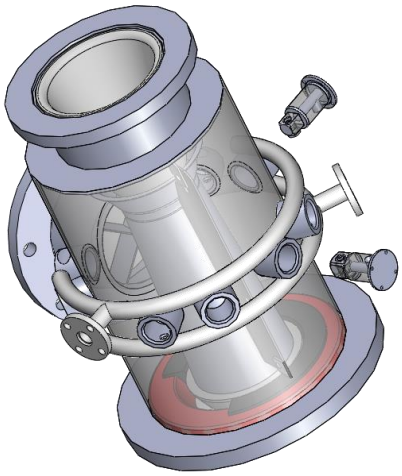


图 3 染液喷洒装置

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。

155 聚酯化纤酯化工艺余热回收制冷技术

一、技术名称：聚酯化纤酯化工艺余热回收制冷技术

二、技术所属领域及适用范围：化纤及印染行业 聚酯（PET）生产，利用乙二醇分离塔顶原需要冷却的酯化蒸汽热量制取低温水用于聚酯工艺冷却、喷丝冷却车间及其它。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

原有工艺一般采用电制冷（离心机、螺杆机）或蒸汽型冷水机组；制取 100 万 kcal/h（1160kW）的制冷机组，电制冷耗电一般为 230kW，或蒸汽型制冷蒸汽耗量一般为 1.3t/h。

对 20 万吨聚酯（PET）产能，利用酯化蒸汽热量制取冷水。通过系统改造、运行方式的调整，配备双良的聚酯化纤酯化工艺余热回收制冷，可以制取冷量约 400 万 kcal/h，制冷设备耗电量约为 15kW；若采用传统的电制冷，耗电约 930kW，全年运行 5000h，合计节约用电 456 万 kWh。目前应用该技术可实现节能量 60 万 tce/a，CO_2 减排约 159 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

利用聚酯生产中的酯化蒸汽作为制冷技术的驱动热源，溴化锂溶液为吸收剂，水为制冷剂，利用水在高真空状态下低沸点汽化，吸收热量达到制冷的目的。

2.关键技术

酯化蒸汽分配、蒸气凝液降温及排放，不凝性气体排放，运行方式调整，聚酯化纤酯化工艺余热回收制冷主机负荷调节。

3.工艺流程

酯化蒸汽：来自乙二醇分离塔顶酯化蒸汽，经过聚酯化纤酯化工艺制冷系统降温冷凝，凝结水送至回流罐；聚酯化纤酯化工艺制冷系统与原酯化蒸汽冷凝器（空冷或水冷）并联。

酯化蒸汽凝水：凝结水根据工艺要求要求降温，凝结水部分回流，部分排放。

不凝性气体：送至洗涤塔。

冷水回路：聚酯化纤酯化工艺系统制取的冷水送至冷水管网或各用冷点，换热后再回至聚酯化纤酯化工艺系统降温。

循环冷却水回路：经过冷却塔降温的循环冷却水送至聚酯化纤酯化工艺系统，吸收热量升温后再去冷却塔降温。

五、主要技术指标

1.酯化蒸汽温度一般为 100-120℃，压力为常压到微正压；

2.需求的冷媒水的温度，一般为 12/7℃；

3.循环冷却水的温度，一般为 32/38℃。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术处于国内领先水平。主要用户有：浙江桐昆集团、江苏三房巷集团、江苏盛虹集团、江苏华宏集团、福建百宏等。利用原需要冷却的（空冷或水冷）乙二醇分离塔顶的酯化蒸汽，制取冷水用于工艺冷却、车间空调等，实现了余热回收利用，降低了一次能源的消耗，实现了节能减排的目标。

七、典型应用案例

应用单位：江苏盛虹化纤有限公司

技术提供单位：江苏双良空调设备股份有限公司

节能改造前，制冷量 400 万 kcal/h，单位时间蒸汽耗量为 5t/h；全年蒸汽耗量为 2.5 万吨。节能改造内容：（1）酯化蒸汽管路改造、运行方式调整 （2）新增聚酯化纤酯化工艺余热回收制冷设备 （3）凝结水及不凝性气体系统部分利旧，部分改造 （4）冷水与冷却水系统：部分利旧，部分新增。

节能改造产生的节能效果分析：全年节约蒸汽 2.5 万吨，蒸汽价格 180 元/吨，年节约蒸汽费用为 450 万元。节能改造总投资约 600 万元，经济效益 450 万元，静态投资回收期 1.4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，该技术在行业内的普及率能达到 60%左右，需总投入 12 亿元，年节能可达到 120 万 tce，年 CO_2 减排 317 万 t。

156 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，CO_2 减排约 11 万 t/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。

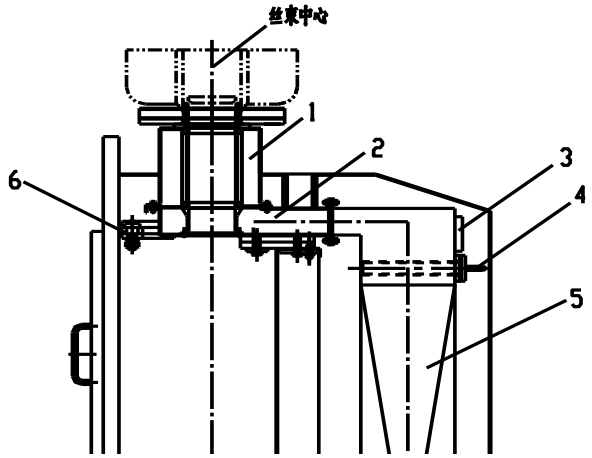


图 1 环吹风结构

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 0.47×108 m^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 10，000 吨的 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

预计未来五年，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， CO_2 年减排 29 万 t。

157 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：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，CO_2 减排约 36 万 t/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。

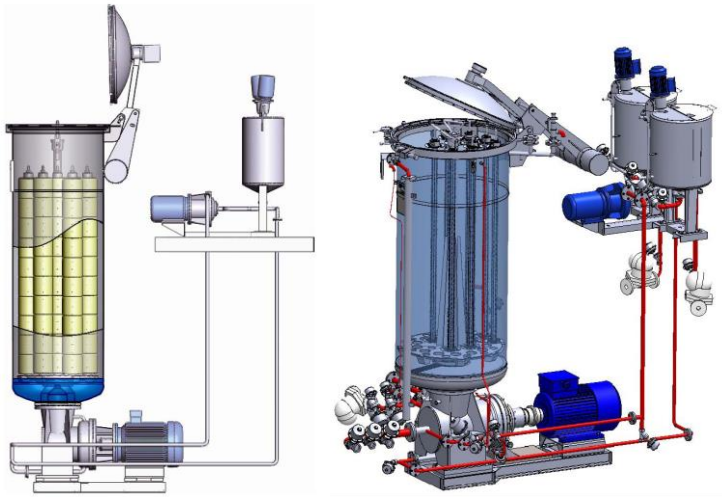


图 1 超低浴比高温高压纱线染色机设备图



图 2 三级叶轮泵图

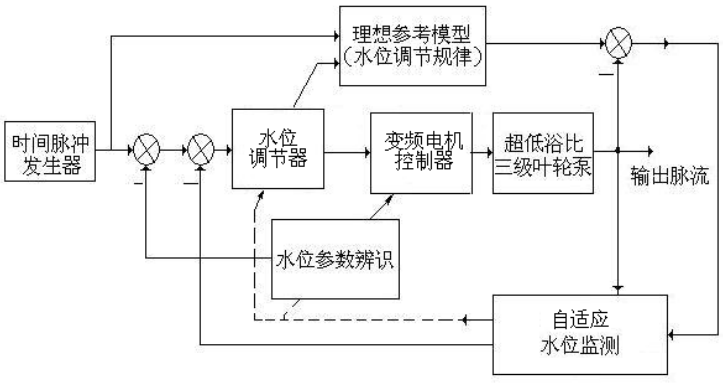


图 3 冲击式脉流染色原理图

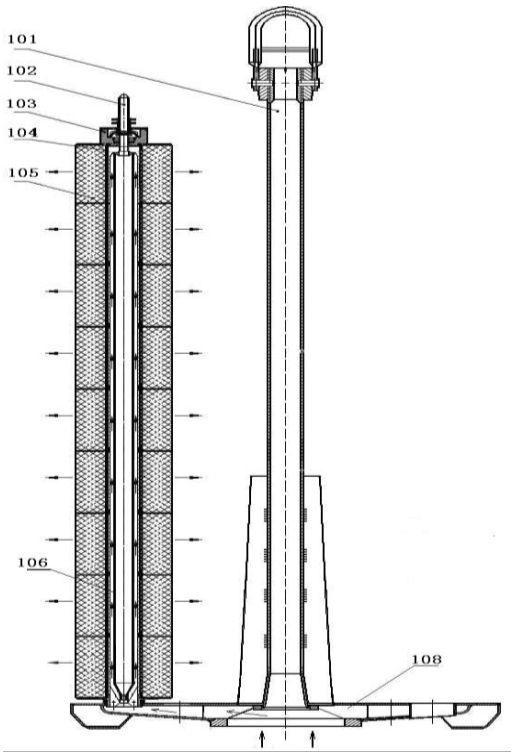


图 4　纱架、吊环、纱杆（光身水鼓）、纱盘、重力锁头结构图

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 300 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，每生产一吨纱线降低成本 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 8%左右，需总投入 12 亿元，预计年节能能力可达到 108 万 tce，CO_2 年减排能力 285 万 t。

158 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：机械制造业：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 10 吨）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：312 度电/吨。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，CO_2 减排约 230 万 t/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 16.7Hz-200Hz 以内的频率，处理的激振频率选取范围在 16.7Hz-167.7Hz 以内。

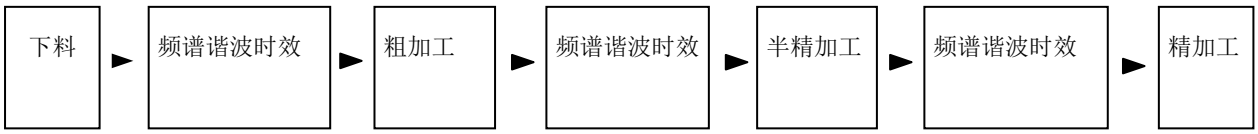
（3）自动选取要处理的频率个数为 3 个或 3 个以上。自动选取要处理的频率个数最佳为 5 个。

（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



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 30m/s2-70m/s2 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：30m/s2-70m/s2 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 6400 度电。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 1-3 度电。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 万吨。

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 万立方米，累计节约标煤达 6435 吨。频谱谐波时效处理工件每吨消耗 1 度电计算。另来自中国信息协会数据:每节约 1 亿度电就意味着节约 4.04 万吨标准煤，减少排放二氧化碳 10.64 万吨。

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/吨，采用频谱谐波时效技术后支付配套厂费用为 100 元/吨，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

预计未来五年，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。

159 动态谐波抑制及无功补偿综合节能技术

一、技术名称：动态谐波抑制及无功补偿综合节能技术

二、技术所属领域及适用范围：煤炭、电力、钢铁、有色金属、石油石化、化工、建材、机械、纺织等行业

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

低压配电网普遍存在功率因数低的问题，而电容器无法对动态无功功率进行补偿，造成电网损耗量大。目前应用该技术可实现节能量约 1 万 tce/a，CO_2 减排约 3 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

检测采用 FBD 法，控制算法为无差拍电流控制，针对负载需要进行单补无功功率、抑制全部谐波、补偿无功和抑制谐波、抑制某些次谐波、补偿三相不平衡。实时检测电网无功和谐波电流，并输出反向电流以抵消无功和谐波电流。

2.关键技术

参考电流实时检测技术、逆变器控制技术、可靠性设计。

3.工艺流程

使用高速 32 位 DSP 作为主控制元件，以新型大功率电力电子开关器件 IGBT 作为 VSI 逆变主电路，采用改进型 FBD 电流检测法、无差拍控制法等先进算法，以及安全、可靠的 IGBT 驱动与保护模块，实现高速、连续的补偿负载所需的无功、谐波、三相不平衡电流，优化输入电网电能的质量。工作原理如图 1 所示。

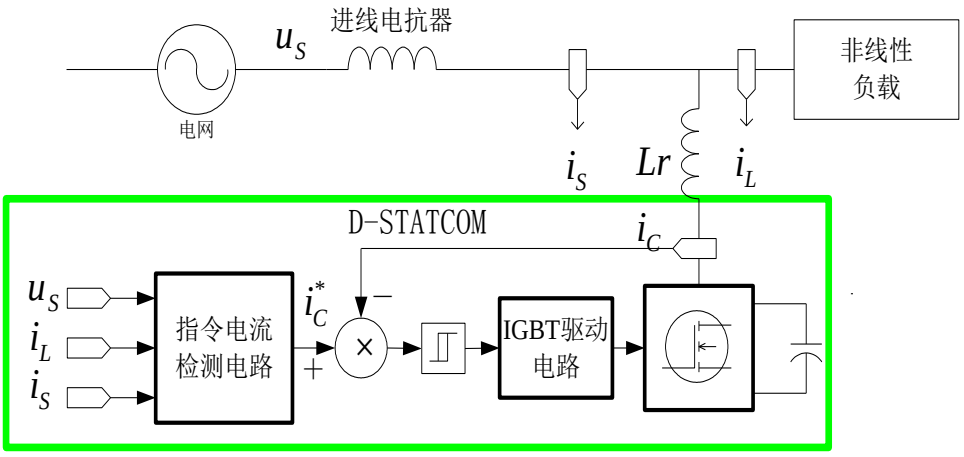


图 1　动态谐波抑制及无功补偿系统工作原理图

五、主要技术指标

在额定范围内功率因数（补偿后）可达 0.96 以上，在额定范围内总谐波畸变率可控制在 6%以下。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术 2009 年已通过湖南省科委、湖南省经委、湖南机械行业管理办公室组织的鉴定。经电力工业、电力设备及仪表质量检测中心检测，符合国家标准要求，达到国内领先水平。该技术已在湖南、广西等省应用。

七、典型应用案例

典型用户：广西省钦州市巨龙港务有限公司、广西省钦州市金联达选矿厂、广西省钦州市中南矿业有限公司、广西柳州五菱柳机动力公司、吉林通化供电公司、湖南省长沙市威重化机有限公司

典型案例 1

建设规模：3000kVA 变压器 安装 4 台动态谐波抑制及无功补偿设备。主要改造内容：针对中频炉导致的无功和谐波问题，采用动态谐波抑制及无功补偿设备来抑制谐波并提高功率因数。节能技改投资额 160 万元，建设期 1 个月。年节能 255tce，年节能经济效益 29 万元，投资回收期 6 年。

典型案例 2

建设规模：630kVA 变压器，安装 1 台动态谐波抑制及无功补偿设备。主要改造内容：针对港口吊装设备导致的动态冲击无功功率，采用动态谐波抑制及无功补偿设备来提高功率因数。节能技改投资额 43 万元，建设期 2 个月。年节能 68tce，年节能经济效益 20 万元，投资回收期 2.5 年。

八、推广前景及节能减排潜力

动态谐波抑制及无功补偿是一种代表未来发展趋势的电能质量综合治理设备，在电力系统、工业企业、市政设施中均可应用，应用领域广阔。动态谐波抑制及无功补偿设备的大规模应用能够在很大程度上解决配网的无功、谐波、三相不平衡等问题，更好避免无功功率造成的配网线损，提高用电效率，节约电能，降低电力公司的营销成本，提高利润水平。预计该技术未来 5 年能推广到 30％，形成节能能力 10 万 tce/a，减排能力约 26 万 tCO_2/a。

160 控制气氛渗氮工艺节能技术

一、技术名称：控制气氛渗氮工艺节能技术

二、技术所属领域及适用范围：轴、曲轴、高精度齿轮和工模具、量具等重要零件的可控氮化热处理。可通入各种有机液体和氨气、二氧化碳或氮氢气氛进行钢铁零件的多种氮化、软氮化及各种化学热处理，也可用于工件的回火及铝、镁合金淬火、时效等热处理。

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

老式氮化炉为耐火砖砌筑，耗电量大，升温速度慢；冷却采用直通，速度慢，时间长；仅输入氨气一种气体，工艺时间长。目前应用该技术可实现节能量 5 万 tce/a，CO_2 减排约 13 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

（1）炉膛采用全纤维结构，减少蓄热量，缩短升温时间，降低能耗；

（2）可向炉内通入其他气体或液体（包括催渗剂），加快渗氮速度，缩短工艺时间；

（3）改进冷却系统设计，加快冷却速度，提高工效。

2.关键技术

（1）全纤维炉膛中加热器的固定方法及固定的可靠性；

（2）气体或液体输入量和炉罐内工件氮化的气氛可调整性；

（3）催渗剂的正确使用；

（4）布设进风冷却环形通道，冷却速度可调节。

3.工艺流程

（1）改用全纤维炉衬 （2）加热元件的固定 （3）旧炉改造拆除原炉衬 （4）炉内布设进风环形通道 （5）改造氨柜，添置供多种原料输入的供气装置 （6）增加排气点火装置，改善工作环境。

五、主要技术指标

炉温均匀性：≤ ±5℃　　炉温稳定度：±1℃　　额定工作温度：650℃

氮势均匀度：≤ ±0.05%Np　　氮势控制精度：≤ ±0.02%Np

渗氮层深范围：0.1-1.2mm　　氮化层偏差：≤ ±8%

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

2004 年获两项国家专利，现为省级高新技术产品。

七、典型应用案例

典型案例 1

技术提供单位：南京摄炉（集团）有限公司

建设规模：为风电行业用齿轮长轴件渗氮及碳氮共渗所建。新增 5 台采用该技术的设备，装机容量 800kW，投资总额 1000 万元。年氮化处理量约 1.2 万吨。建设条件：新建热处理车间 3000m^2，有配电及水循环系统，有熟练技术工人，完备的质量保证体系，环保及安全生产均符合国家有关法律法规规定。主要技改内容：1、设备采用全纤维炉衬结构；2、工艺原料气体或液体经计量输入罐内，气氛由氢探头精确控制，加快渗氮速度；3、计算机控制，能完成氮化、软氮化等多种热处理工艺的快速转换。主要设备：RN6-260×250-NS、RN6-60×250-NS、RN6-60×330-NS、RN6-250×180-NS、RN6-100×550-NS。节能技改投资额 500 万元（设备投资额），建设期 4 个月，年节电量 80.88 万 kWh，折合标准煤 264.48 吨。节能经济效益约 97.38 万元，投资回收期：约 10 个月收回总投资，约 5 个月收回设备投资。

典型案例 2

技术提供单位：南京摄炉（集团）有限公司

建设规模：为大型曲轴氮化处理所建。投资总额 1000 万元，新增设备 4 台，改造设备 8 台，装机总容量 1200kW，年处理量约为 1 万吨。建设条件：新建厂房 5000 m^2，有配电及水循环系统，有熟练技术工人，完备的质量保证体系，环保及安全生产均符合国家有关法律法规规定。主要技改内容：1、采用该技术的新增设备 4 台（改造内容同案例一）2、对原有 8 台设备进行改造：增设新型供气系统及氮控系统、拆除原设备炉衬，采用全纤维结构、排气口设置燃烧装置，防止残气直排。主要设备：RN6-100×650-NS　2 台、RN6-160×650-NS 2 台，改造设备：RN-100-6K　3 台、RN-90-6K　2 台、RN-75-6K　2 台、RN-60-6K 1 台。节能技改投资额 400 万元（设备投资额），建设期 4 个月，年节电量 97.88 万 kWh，折合标准煤 319.81 吨。节能经济效益约 111 万元，投资回收期：约 9

个月收回总投资，约 3.5 个月收回设备投资。

八、推广前景及节能减排潜力

该技术是机械行业热处理的必要设备之一，应用前景广泛，目前已扩散到化工、复合材料、医疗器械等领域。预计未来五年，该技术在行业内的推广潜力可达到 50%，预计投资额 15 亿元，形成年节能能力 25 万 tce/a，减排能力约 66 万 tCO_2/a。

161 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：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。

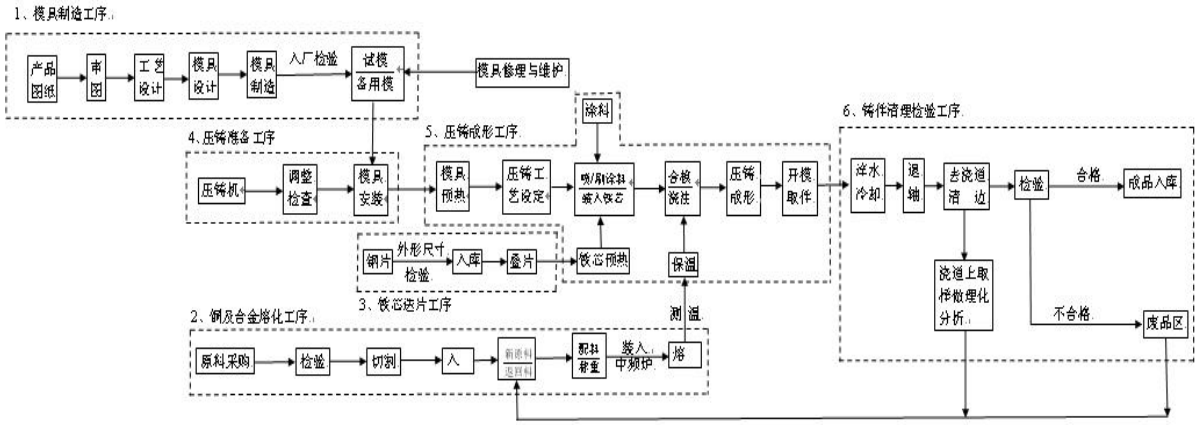


图 1 工艺流程图

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

应用单位：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

节能改造情况：2007 年在云南铜业集团安装一台 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。

节能效果：高效铸铜转子 YZTE4225M-6-30Kw 电动机相比普通 Y 系列 6 极-30Kw 电动机提高效率 3%。

经济效益：使用铸铜转子电动机每小时的节电量为 0.29 千瓦时。按照每年的工作时间 6000 小时计算，使用铸铜转子电动机每年可以节省用电量 1740 千瓦时。按照电价 0.6 元每度计算，年节约电费可达 1044 元。考虑到该型电动机的售价约为 2000 元，投资回报期约为 2 年。

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 亿千瓦时(2653twh)，占社会总用电量的 63%，其中工业系统电动机总用电量为 23，076.3 亿千瓦时(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 15%，年节能能力 65 万 tce，年减排 172 万 tCO_2。

162 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：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，CO_2 减排约 16 万 t/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。

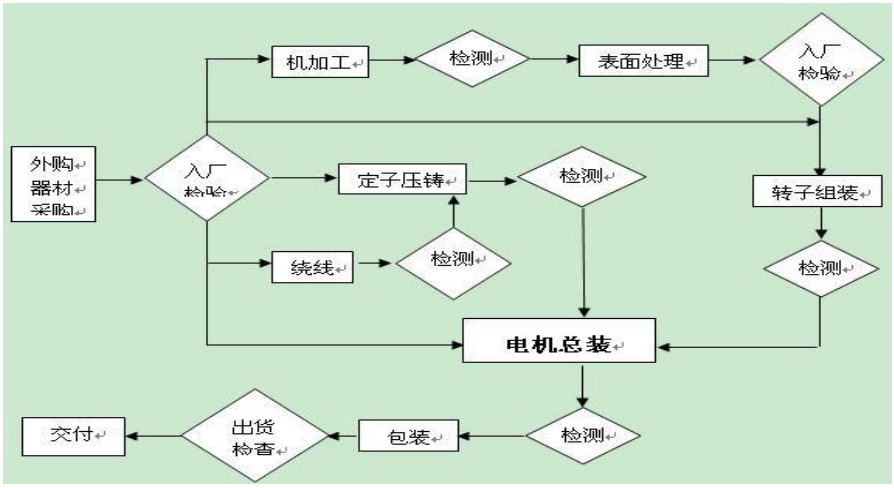


图 1 稀土永磁无铁芯电机生产流程图

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。

163 直燃式快速烘房技术

一、技术名称：直燃式快速烘房技术

二、技术所属领域及适用范围：耐火材料、磨具磨料行业、电瓷行业的坯件烘干

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

在电瓷、耐火材料、磨料磨具行业的生产过程中，干燥阶段是必不可少的工艺过程，目前很多都采用蒸汽作为热源，通过换热器将空气加热，然后再利用热风循环对坯件进行烘干。因此，首先必须要制备蒸汽，然后再通过换热器换热，把冷空气换成热空气送入烘房，最终把物料烘干。这个过程需要经过煤燃烧产生蒸汽，蒸汽通过换热器加热空气两次热能转换，能源利用效率低。目前应用该技术可实现节能量 2 万 tce/a，CO_2 减排约 5 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

采用天然气等气体燃料，经过燃烧后并经稀释的燃烧产物与循环风机送出来的循环风混合作为干燥介质，进入干燥室内，对待干燥的坯体在烘干室内部进行加热，再由与吸风口连接的循环风机抽出进而达到循环干燥的目的。

2.关键技术

燃烧机、交互引射式送风系统、多点均布式回风系统。

3.工艺流程

以天然气、城市煤气或石油液化气为燃料，通过自动点火系统点燃燃烧机，燃烧后并经稀释的燃烧产物与循环风机送出来的循环风混合作为干燥介质，进入干燥室内，对待干燥的坯体在烘干室内部进行加热，再由与吸风口连接的循环风机抽出进而达到循环干燥的目的。工艺流程图如下：

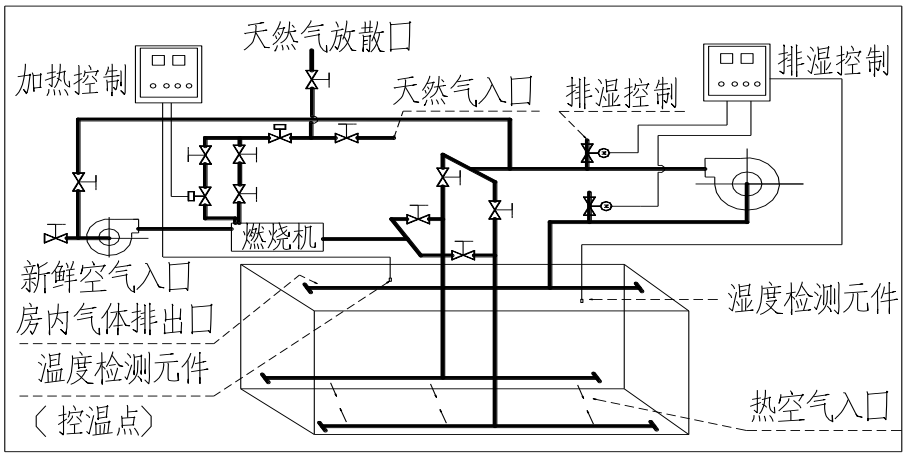


图 1　直燃式快速烘房技术工艺流程图

五、主要技术指标

1.最高温度 120℃；

2. 可比单耗<0.25kgce/kg 水；

3.热能利用率：41.70%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

西安热工研究院有限公司对该技术进行了性能检测，检验结果表明所测项目全部优于传统以蒸汽为热媒的烘房。该技术已在电瓷行业进行示范应用，运行稳定，功能和性能均稳定可靠，成率高，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：西安西电高压电瓷有限责任公司

建设规模：40 间 100m^3 烘房，在原有蒸汽加热烘房基础上改造。主要技改内容：利用原有烘房的烘干室，改造加热循环系统，并新增控制系统，主要设备包括燃烧机、循环风系统、引风系统及回风系统和控制系统。节能技改投资额 1100 万元，建设期 1 年。可比能耗分别由原来的 0.636 kgce/kg 水降至 0.199kgce/kg 水，节能量为 0.437kgce/kg 水，每年可节能 920tce，取得节能经济效益 315 万元，投资回收期 3.5 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 30%，形成约 15 万 tce/a 的节能能力，减排能力 40 万 tCO_2/a。

164 塑料注射成型伺服驱动与控制技术

一、技术名称：塑料注射成型伺服驱动与控制技术

二、技术所属领域及适用范围：注塑机行业，合模力 400-80000kN 注塑机

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

传统液压式塑料注射成型机广泛采用异步电机驱动定量泵与电液比例阀相结合的技术，由于定量泵输出恒定流量导致大量无功能耗，能耗很高。目前应用该技术可实现节能量 27 万 tce/a，CO_2 减排约 71 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

应用伺服电机驱动定量泵及控制技术，精确、快速地控制伺服电机的转速和扭矩，实现液压系统压力和流量双闭环控制，使伺服电机运行功率与负载需求功率完好匹配，达到大幅节能效果。

2.关键技术

注塑机专用交流伺服系统，包括交流伺服电机、编码器、驱动器、专用控制技术及专用液压控制技术。

3.工艺流程

设备原理见图 1 所示。

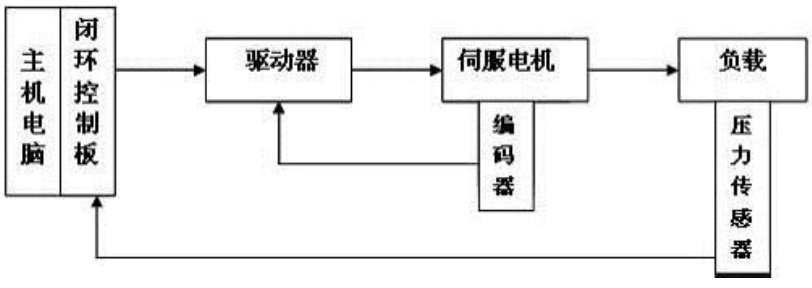


图 1　塑料注射成型伺服驱动与控制原理图

五、主要技术指标

与传统液压式塑料注射成型装备相比，不再产生因液压系统压力、流量调节造成的大量无功能耗，针对不同制品原料和几何特征，项目产品平均能耗下降 50%以上；制品成型周期更短，生产效率提高 25%，制品精度提高近 30%。

六、典型应用案例

典型用户：厦门豪盛塑料制品有限公司、浙江正泰电器股份有限公司、合兴集团有限公司、山东威高集团医用高分子制品股份有限公司、上海新意达塑料托盘有限公司等。

建设规模：50 台伺服节能注塑机。主要技改内容：将传统液压式塑料注射成型装备更换为伺服节能塑料注射成型机。节能技改投资额 2500 万元，建设期 1 年。年节电 660 万 kWh，折合 2310tce，年节能经济效益为 407 万元，投资回收期 6 年。

七、推广前景及节能减排潜力

伺服节能注塑机与传统的液压注塑机相比可节能 50%左右，节约钢材达 20%以上，并使塑料制品精度大大提高。预计未来 5 年，预计该技术可在业内推广到 85%，形成年节能能力 35 万 tce，年减排能力 92 万 tCO_2。

165 电子膨胀阀在变频节能技术中的应用

一、技术名称：电子膨胀阀在变频节能技术中的应用

二、技术所属领域及适用范围：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，CO_2 减排约 90 万 t/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 万吨标准煤。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 亿度/年，折标准煤为 71.23 万吨/年。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，预计未来五年，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。

166 工业冷却塔用混流式水轮机技术

一、技术名称：工业冷却塔用混流式水轮机技术

二、技术所属领域及适用范围：化工、冶炼、轻纺等行业有重力势能可利用的机械通风式冷却塔的改造

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

目前的工业循环冷却系统耗电现状是：每座冷却塔的塔顶都装有一台电动机，用来驱动风筒内部的风叶转动，一座 4500t/h 流量的冷却塔电机年耗电量约为 175 万 kWh，耗能折合 612tce。目前应用该技术可实现节能量 24 万 tce/a，CO_2 减排约 63 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

水轮机的工作动力来自循环冷却水系统水的重力势能以及循环水泵的富余扬程，工作时保证冷却塔的技术参数，而且循环水泵的能耗不变。水轮机的输出轴直接与风机连接并带动其转动，取消了原电机驱动风机系统，节约了电能。

2.关键技术

（1）利用循环水余压驱动水轮机，替代电机；

（2）转速比为50的超低比速混流式水轮机，效率提高至88%以上，并将原双列循环形导流叶栅改为单列环形导流叶栅，设计金属椭圆形蜗壳，实现水轮机的结构紧凑，满足冷却塔内部空间少的需求。

3.工艺流程

改造的流程：取消冷却塔减速箱和电机→ 把冷却塔用水轮机安装在原减速箱基础上 → 安装原风机→ 连通进水管和水轮进口 → 连通布水器和水轮机出口。

系统工作原理见图 1 所示：

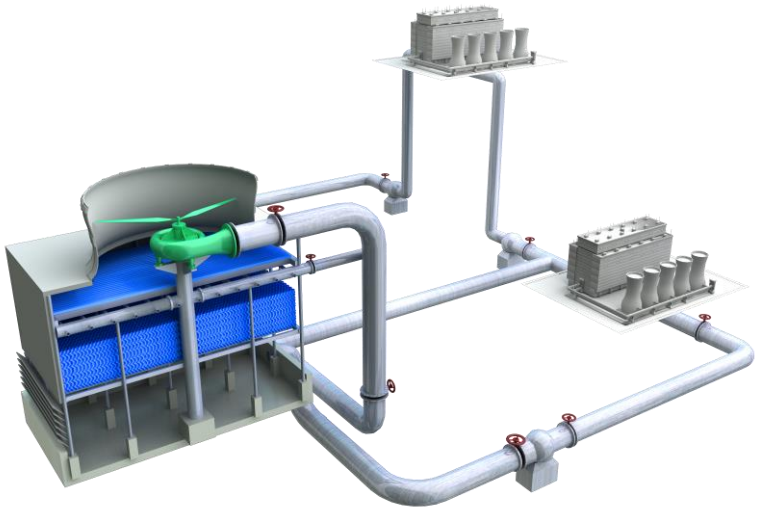


图 1　工业冷却塔用混流式高效水轮机系统原理图

五、主要技术指标

1.水轮机效率η≧88%、外形设计尺寸满足冷却塔内部工作要求；

2.噪音降低20%；

3.水轮机替代电机后，节电100%。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术通过南京市科技成果鉴定，已应用于石油、化工、钢铁和轻纺等行业。已对全国 300 余家企业的冷却塔进行了节能改造，节能效果显著。

七、典型应用案例

典型用户：大庆石化、扬子石化、巴陵石化、哈尔滨石化、沧州大化、申久化纤、仪征化纤、南京钢铁、济南钢铁、江苏沙钢等

典型案例 1：哈尔滨石化

建设规模：4000t/h×2 台逆流式机械通风冷却塔改造。主要技改内容：用水轮机替代风机电机、传动轴和减速机，主要设备为 HL4000 型冷却塔用水轮机二台。节能技改投资额 240 万元，建设期 15 天。年节电 316.8 万 kWh(按每年运行 330 天计算)，折合 1108.8tce，年节约电费 190 万元，投资回收期 1.3 年。

典型案例 2：江苏沙钢淮钢特钢

建设规模：2500t/h 逆流式机械通风冷却塔一台改造。主要技改内容：用水轮机替代风机电机、传动轴和减速机，主要设备为 HLW-2500 型冷却塔用水轮机一台。节能技改投资额 75 万元，建设期 10 天。年节约电能 87.1 万度，折合 304.8tce (按每年运行 330 天计算电费)，年节约电费 52.3 万元（按企业用电价 0.6 元/度计），投资回收期 1.4 年。

八、推广前景及节能减排潜力

全国现有冷却塔可进行水轮机改造的总容量约为 24157 万 t，预计未来 5 年推广 10%，全国可改造 6000 余套，年节能能力可达 240 万 tce，年减排能力 634 万 tCO_2，总投资约 70 亿元。

167 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：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，CO_2 减排约 11 万 t/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。

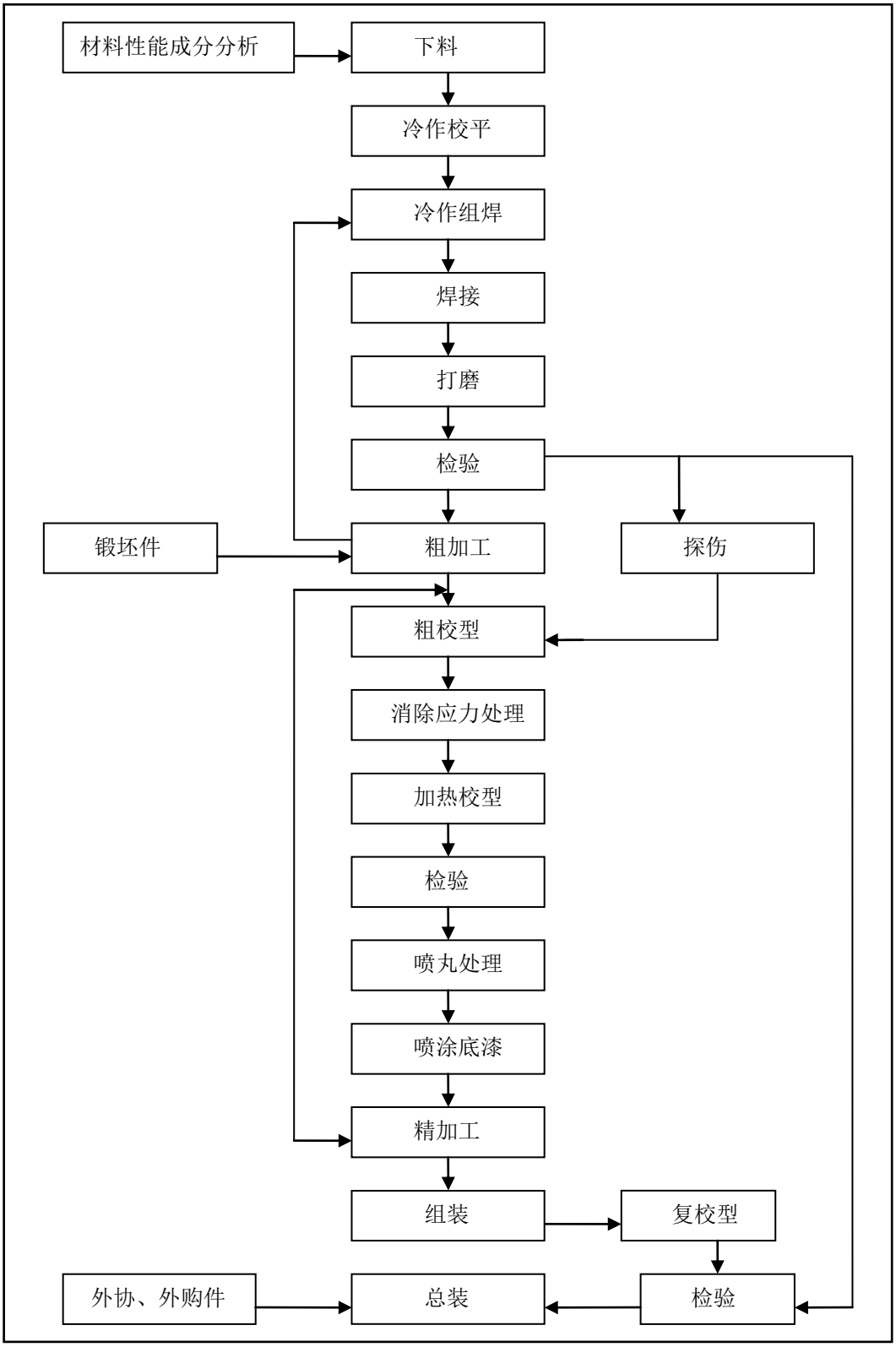


图 1 工艺流程图

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 5000 吨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 5500 吨提高到 8000 万吨。同时，年耗电量下降 6.75%，由 4623.84 万 kW.h（度）降低为 4311.84 万 kW.h（度），全年节省用电 312 万 kW.h（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（度）kWh、减少标煤消耗 113 万吨、减少 CO_2 排放 255.8 万吨。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。

168 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：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 20-30 米设置一个，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，CO_2 减排约 37 万 t/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 20-40 米扩大为 200-500 米，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 500 米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。

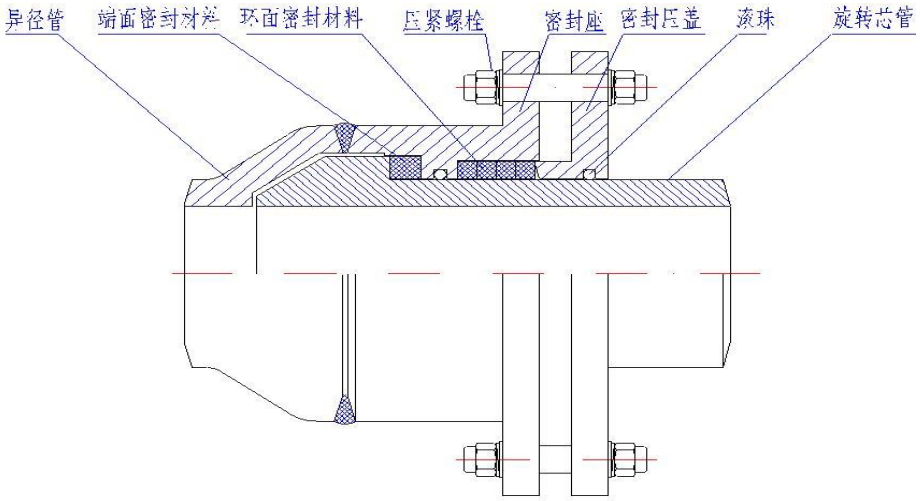


图 1 自密封旋转补偿器结构图

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 万吨合成氨/80 万吨尿素一期项目。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 580 米。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 15 公里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 250 米左右来计算，则已经补偿的热力管道总长度约为 1.2 万千米。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。

169 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：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，CO_2 减排约 69 万 t/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。

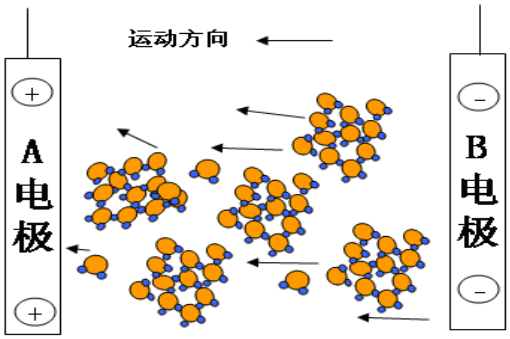
3.工艺流程

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。

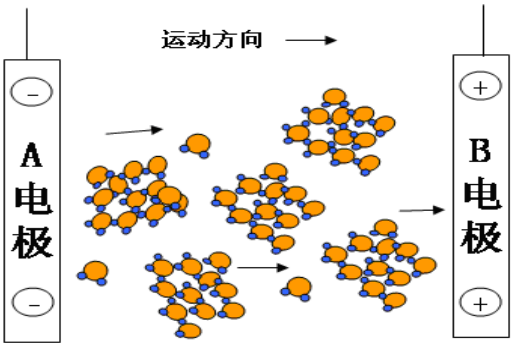
（2）大分子团水变成小分子还原水后，水分子间的空隙变大，同时被细化的小分子水由于结构变小，具有更强的渗透性及溶解能力，起到代替化学药剂的作用，在系统循环水不断循环的过程中，把换热器的水垢逐步溶解，从而提高换热效率。

（3）水垢被溶解成 Ca2+、Mg2+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）

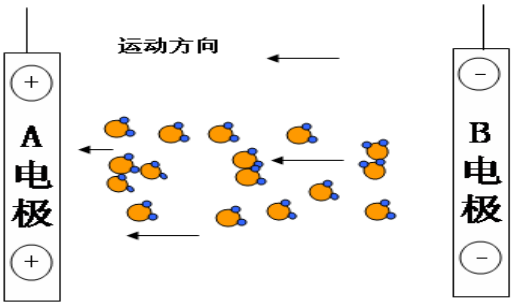


图 1　低压高频电解原理图

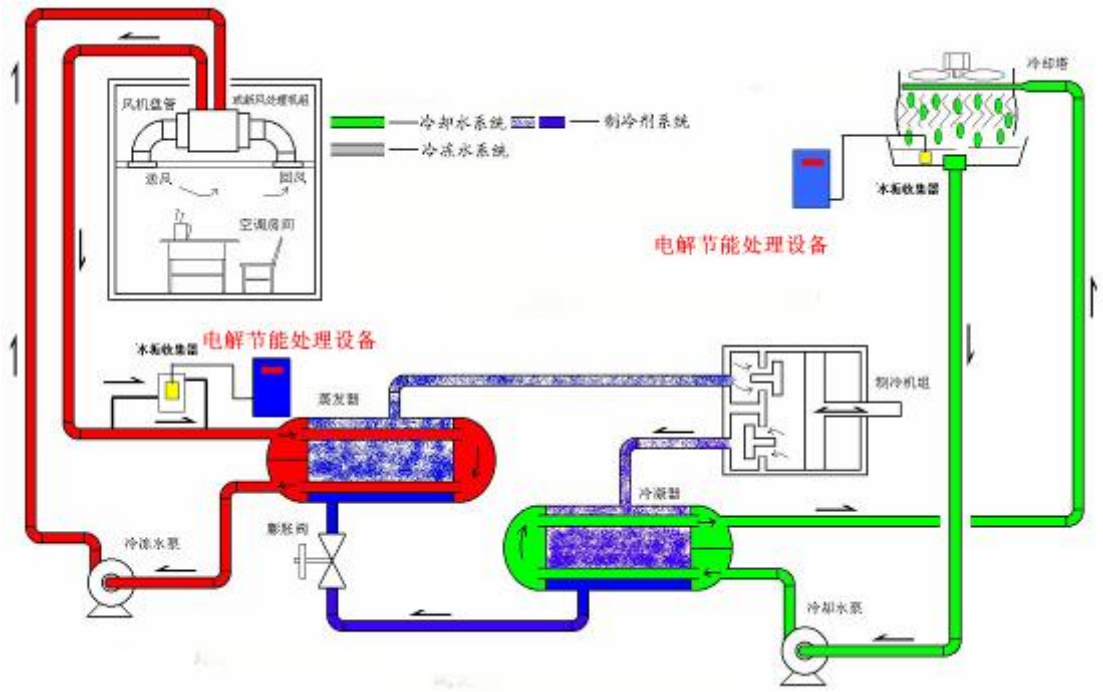


图 2　基于低压高频电解原理的循环水系统防垢提效技术流程图

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 冷吨。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 冷吨、3 台 1000 冷吨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。

170 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：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，CO_2 减排约 66 万 t/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。

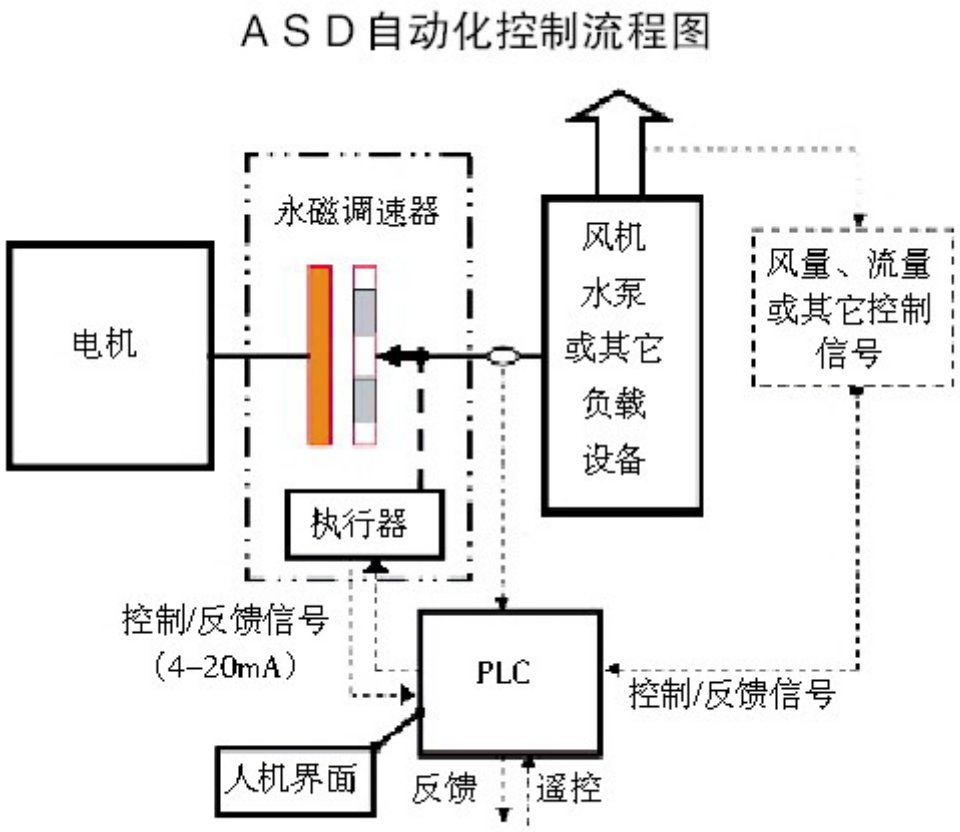


图 1 工艺流程图

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 3 项发明专利和 19 项实用新型专利，外观设计 2 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 4～3000kW，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 1，480，000 度电。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$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：鞍山钦元节能设备制造有限公司

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从 2015 年--2020 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 亿度，折合 78 万 tce，CO_2 减排 194.4 万 t；2017 年，39 亿度，折合 156 万 tce，CO_2 减排 388.8 万 t；2020 年，60 亿度，折合 200 万 tce， CO_2 减排 528 万 t。

171 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：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，CO_2 减排约 26 万 t/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。

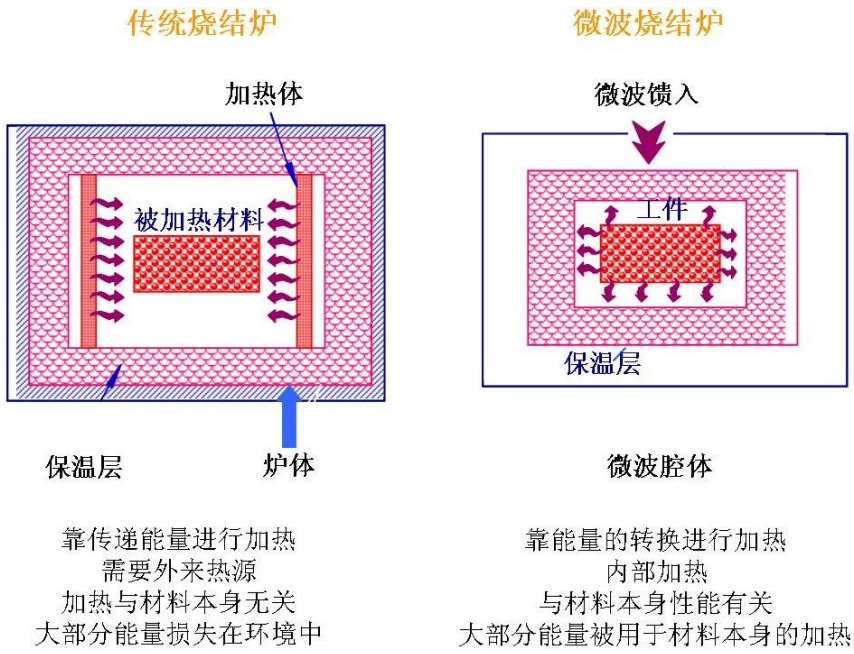


图 1 传统烧结炉与微波烧结炉工作原理对比图

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。

172 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：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 0.18tce/万元，而铸造业约为 0. 8tce/万元。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 1 吨合格铸铁件的能耗为 450-650kg 标煤，国外为 300-400kg 标煤；生产 1 吨合格铸钢件的能耗为 700-800kg 标煤，国外为 500-800kg 标煤。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，CO_2 减排约 5 万 t/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；

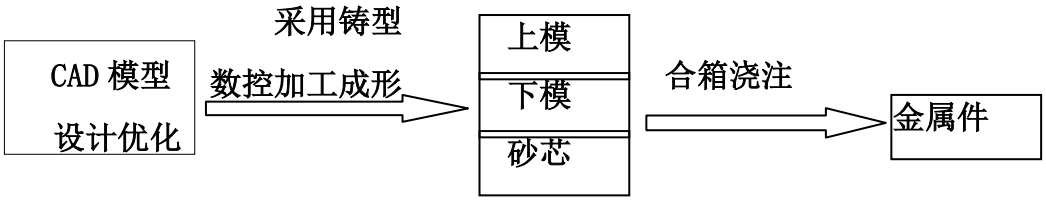
（2）数字化无模铸造精密成形机加工专用刀具技术；

（3）自适应铸型及砍合组装技术；

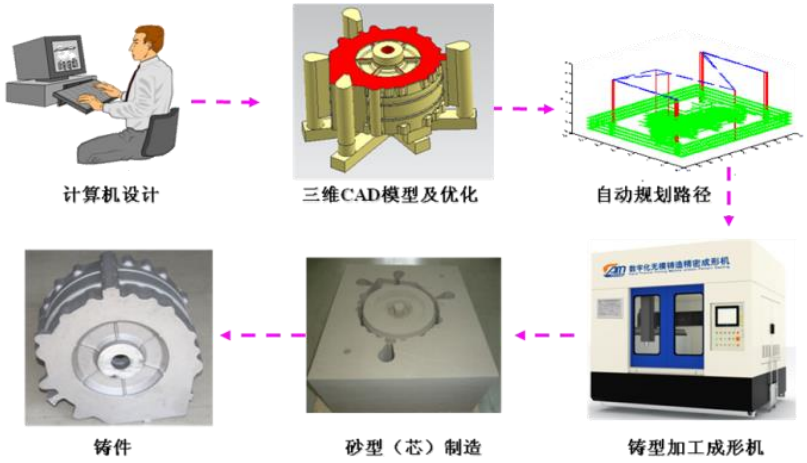
（4）数字化无模铸造精密成形机专用控制系统技术。

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。

173 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： 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，CO_2减排约22万t/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1mm-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7.0 MPa。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。

速青冷凝水除铁过滤系统工艺流程示意图

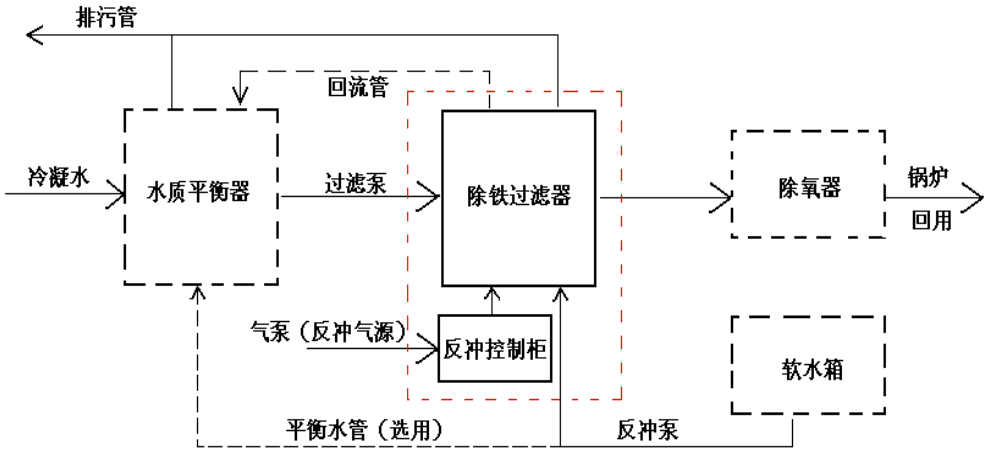


图 1 冷凝水除铁过滤系统工艺流程图

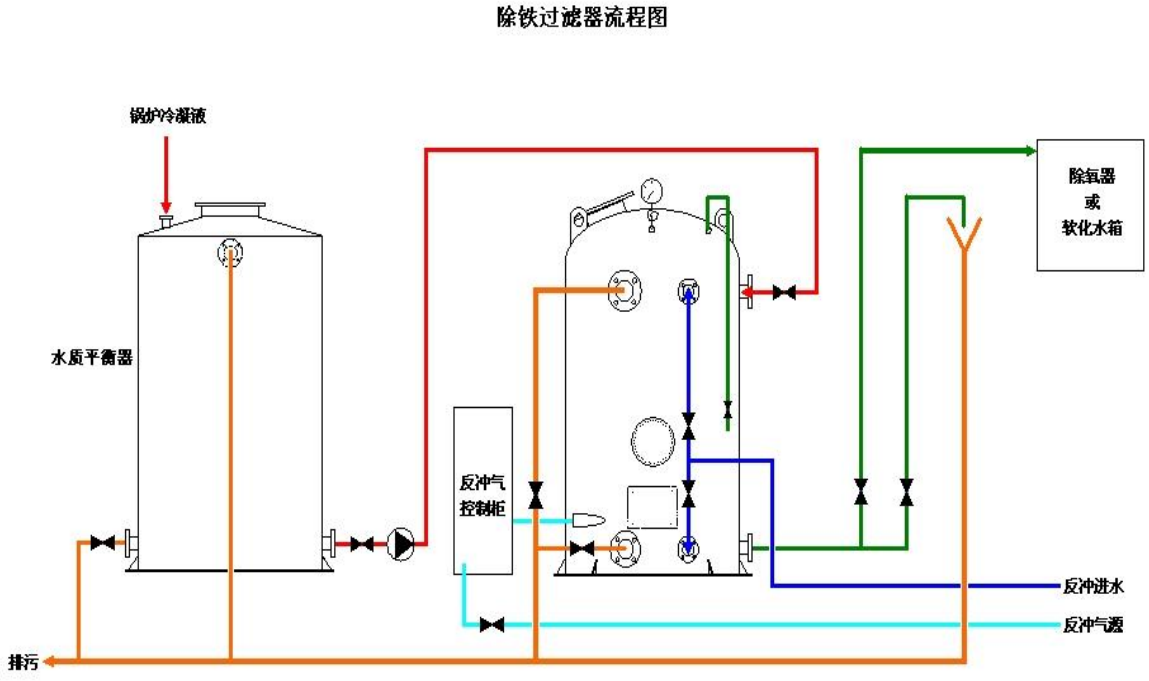


图 2 除铁过滤器流程图

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： 0.1 吨/小时以上（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。

174 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：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，CO_2减排约5万t/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；

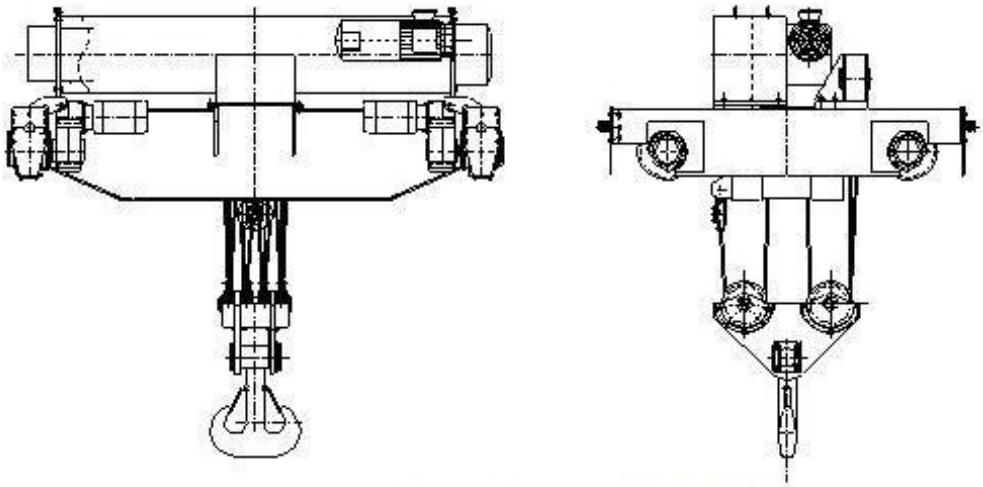
（5）主梁自动焊接技术的研究与应用；

（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。

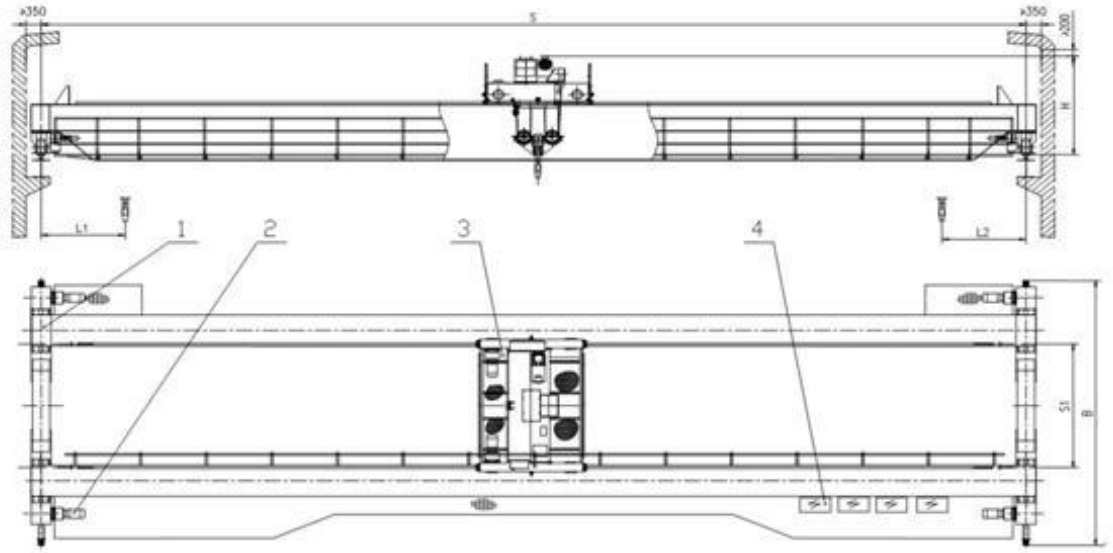
（7）轻量化桥式起重机配套技术研究。

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。

175 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：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，CO_2 减排约 8 万 t/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。

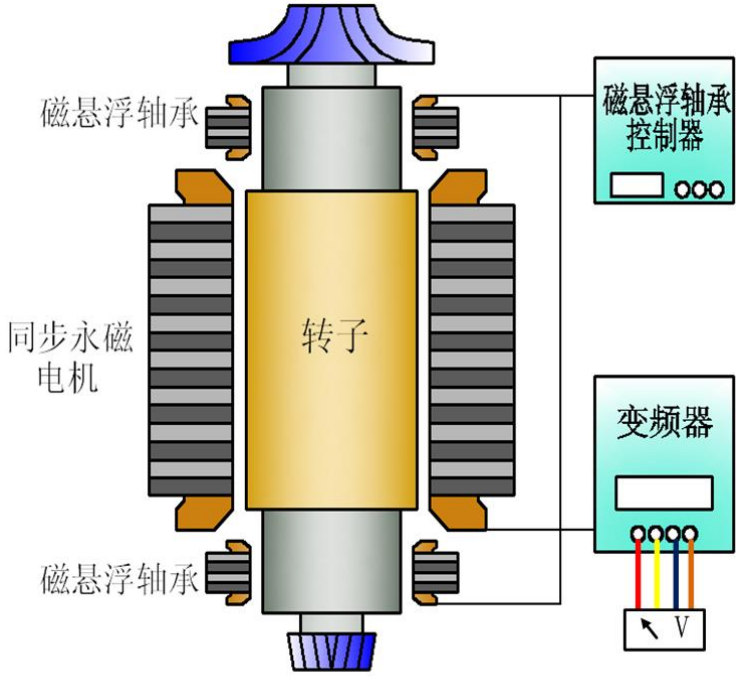


图 1 磁悬浮离心式鼓风机原理简图

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 1706t CO_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 55m³/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。

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。

176 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：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，CO_2 减排约 32 万 t/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。

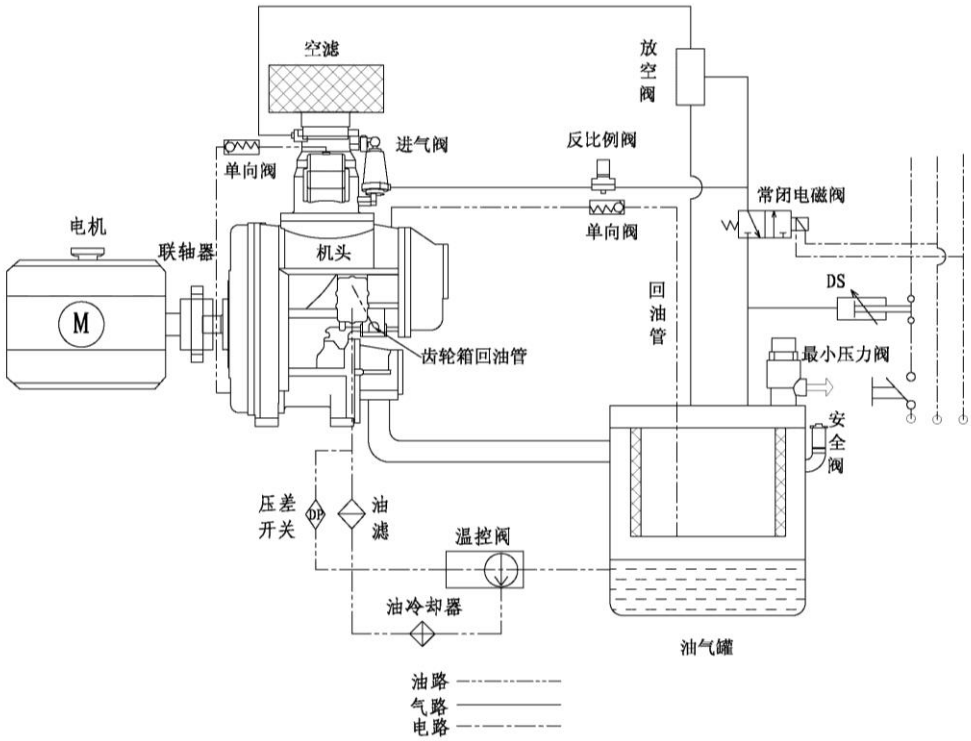


图 1 两级喷油螺杆空气压缩机节能技术工艺流程图

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

八、推广前景和节能减排潜力

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 亿度电。可形成的节能量约为 120 万 tce/a，碳减排能力 317 万 tCO_2/a。

177 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：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，CO_2 减排约 16 万 t/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。

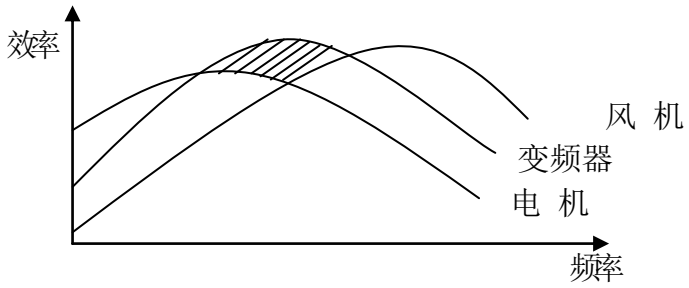


图 1 变频优化控制系统运行曲线图

五、主要技术指标

1.电压范围：0.38kV-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 1848 吨。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。

178 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：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，CO_2 减排约 26 万 t/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。

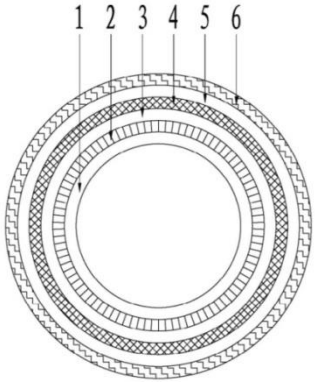
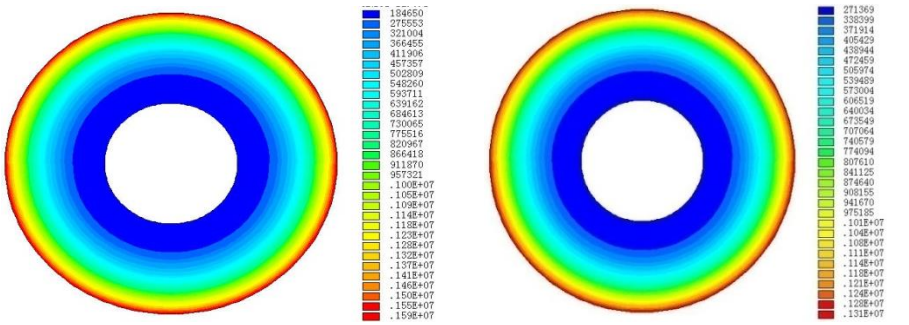


图 1 节能铜包铝管母线结构示意图

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

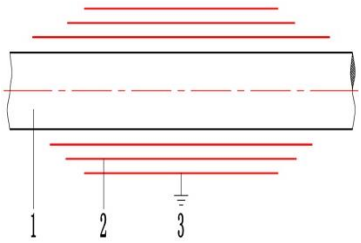


图 3 电容式绝缘管母线结构

1-管导体，2-电容屏，3-接地屏

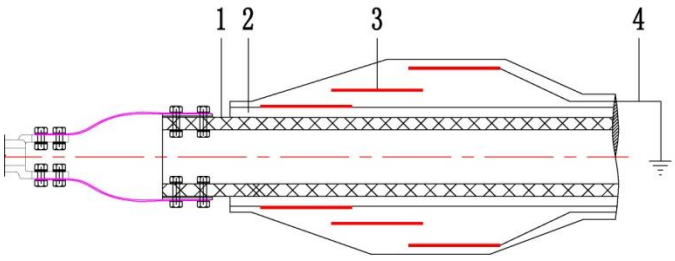


图 4 节能铜包铝管母线端部电场分散处理图

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 多万米，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 2900 米（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 1430 米（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、推广前景和节能减排潜力

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 多万米。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。

179 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：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 万吨，其中渗碳处理约占 1/8，在 250 万吨左右。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 万吨、箱式渗碳约 123.75 万吨、真空渗碳约 1.25 万吨。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 $b_k \leqslant 440kWh/t$，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，CO_2 减排约 3 万 t/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。

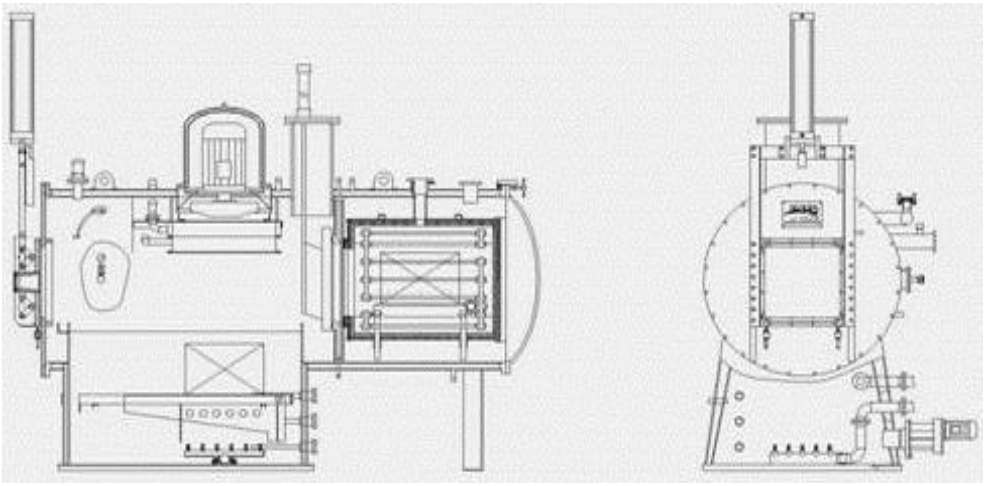


图 1 智能真空渗碳淬火炉结构图

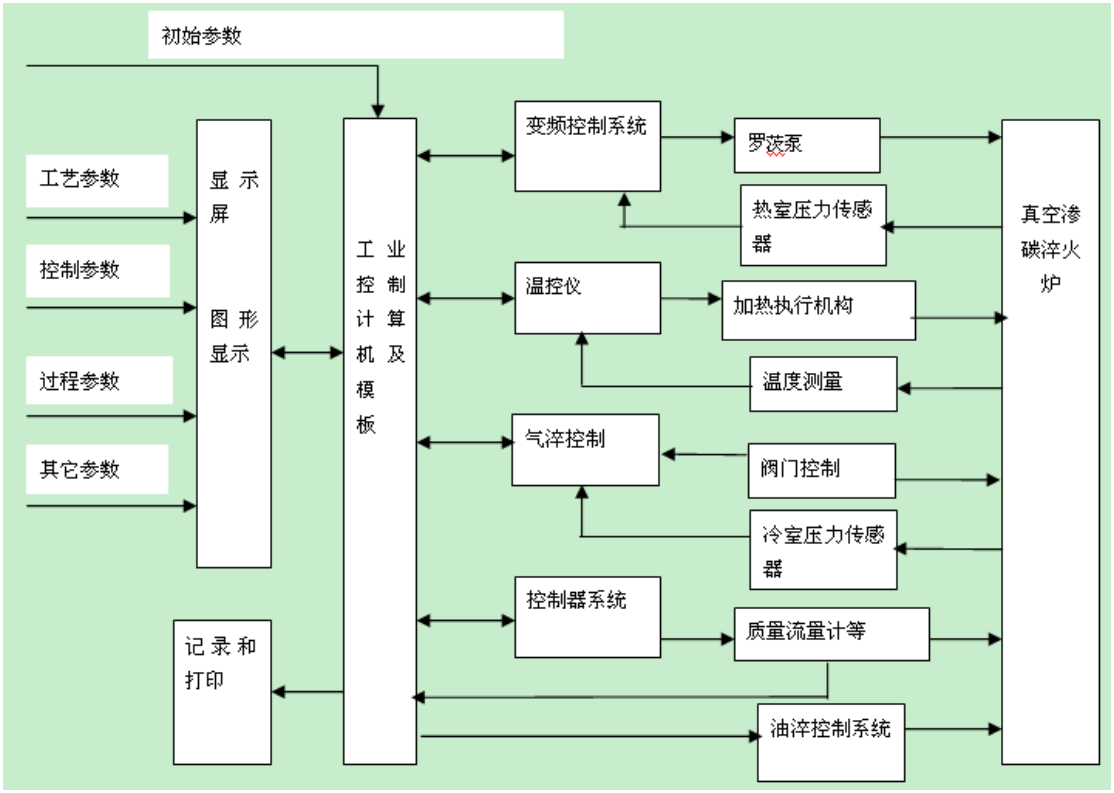


图 2 智能真空渗碳淬火炉自动控制系统示意图

五、主要技术指标

1.电耗：265kWh/t

2.最高工作温度：1300℃；

3.炉温均匀性：≤ ±5°C；

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、推广前景和节能减排潜力

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。

180 锅炉燃烧温度测控及性能优化系统技术

一、技术名称：锅炉燃烧温度测控及性能优化系统技术

二、技术所属领域及适用范围：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，CO_2 减排约 8 万 t/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。

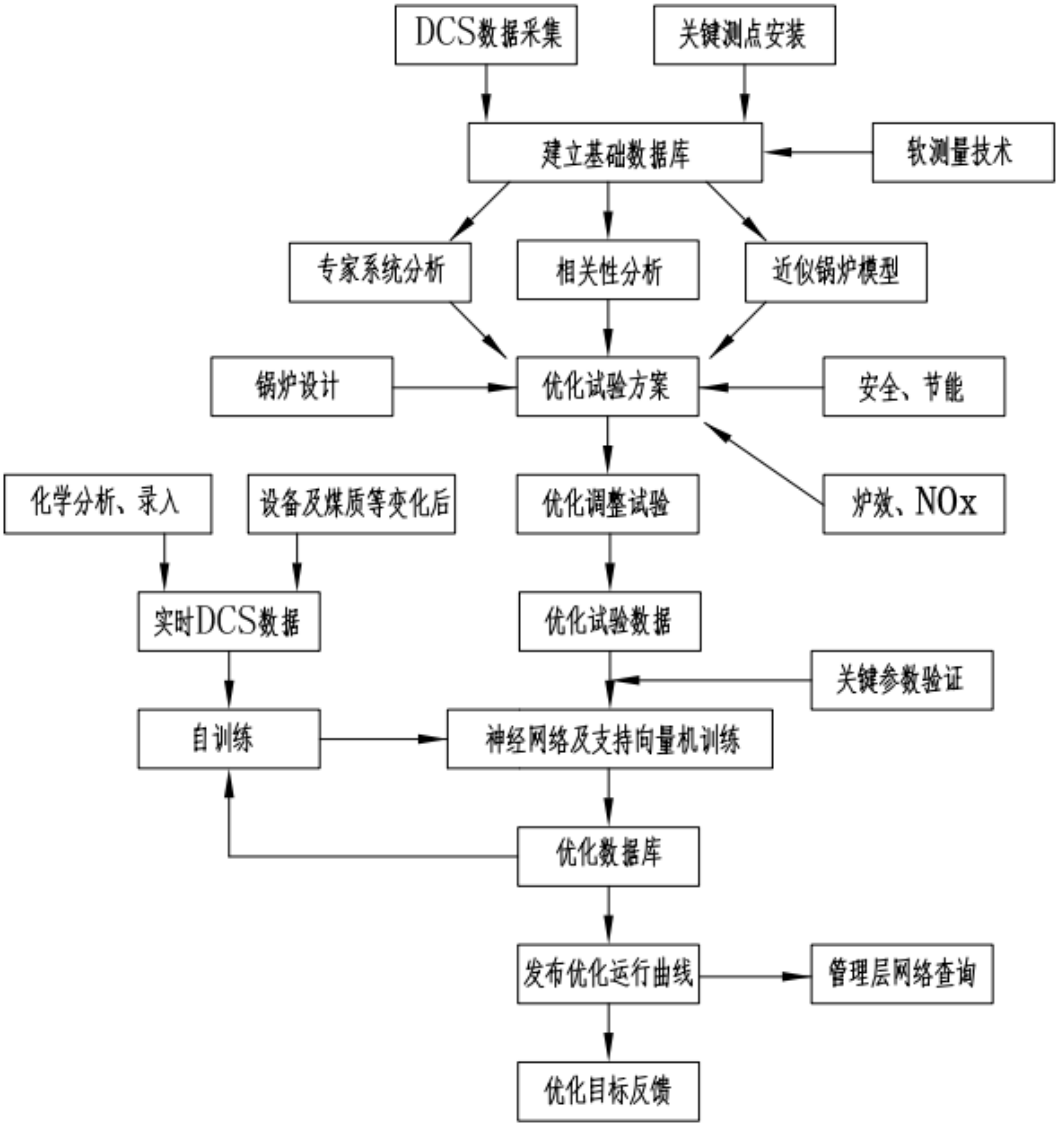


图1 锅炉节能监测及系统优化流程图

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（6-600MW）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、推广前景和节能减排潜力

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。

181 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: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，CO_2 减排约 8 万 t/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。

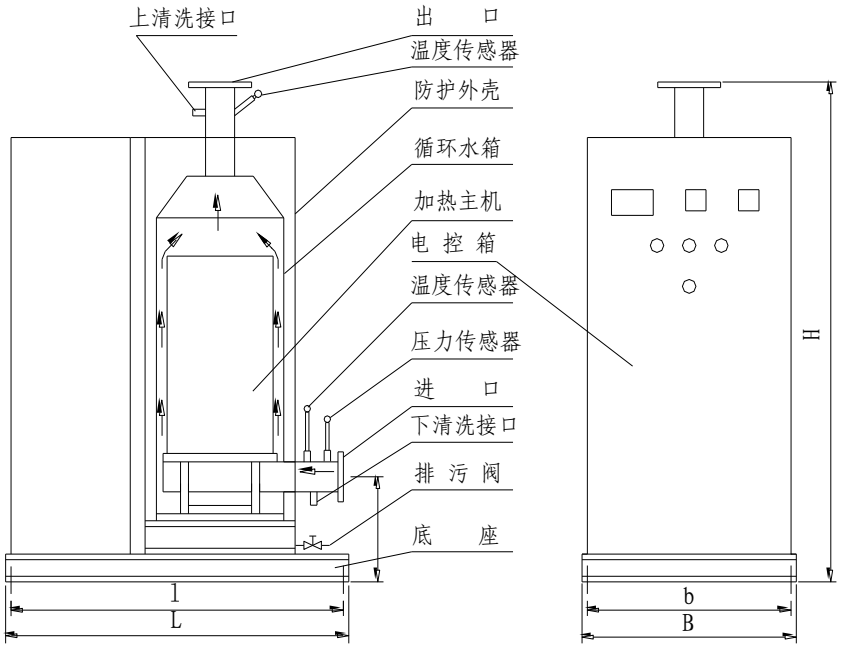


图 1 三相工频感应电磁锅炉结构示意图

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 4467tCO_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。

182 热转印标识打印技术

一、技术名称:热转印标识打印技术

二、适用范围: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，CO_2减排约3万t/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。

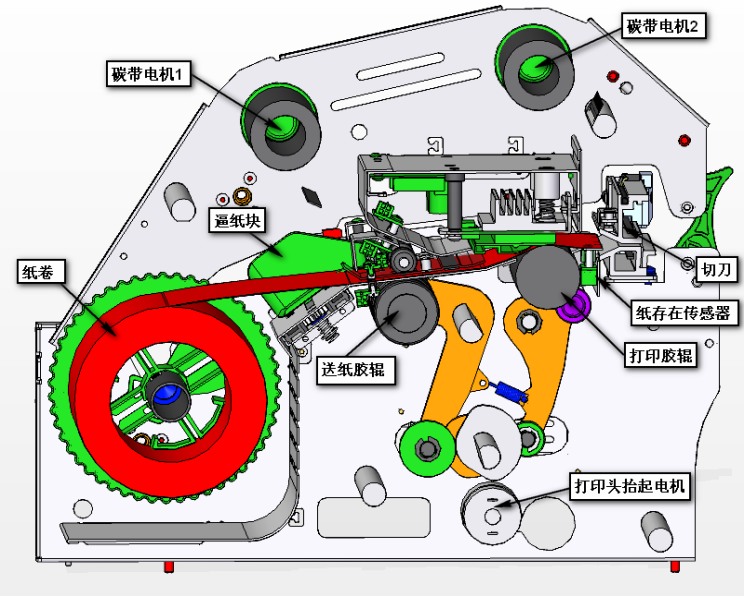


图 1 热转印打印机结构示意图

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、典型用户及投资效益

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、推广前景和节能潜力

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。

183 热泵节能技术

热泵节能技术之一：地源热泵中央空调系统技术

一、技术名称：地源热泵中央空调系统技术

二、技术所属领域及适用范围：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，CO_2 减排约 48 万 t/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。

热泵节能技术之二：水源热泵中央空调系统技术

一、技术名称：水源热泵中央空调系统技术

二、技术所属领域及适用范围：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，CO_2 减排约 121 万 t/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。

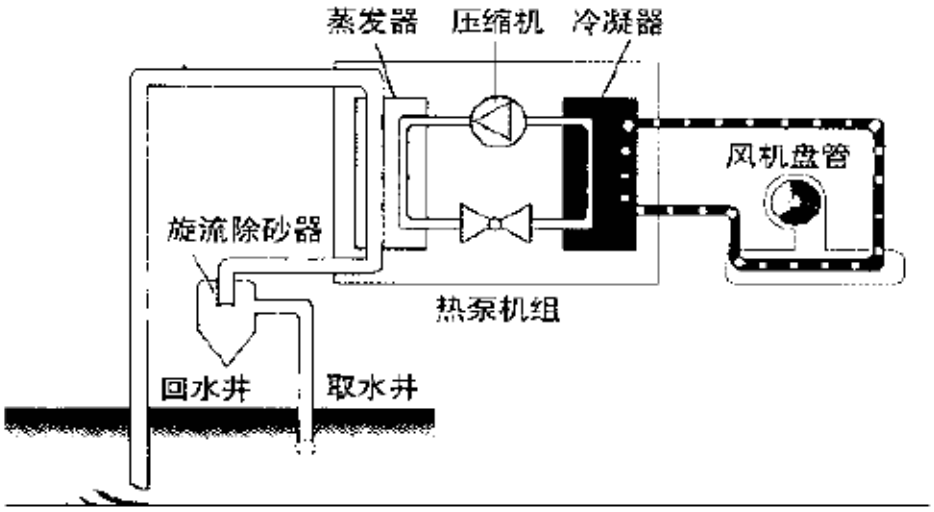


图 1 工艺流程图

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 余万平方米。

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 万平方米建筑提供奥运赛时空调制冷负荷 29.98 兆瓦、生活热水加热负荷 8.822 兆瓦；奥运赛后空调制冷负荷 22.834 兆瓦、采暖负荷 19.94 兆瓦、生活热水加热负荷 4.245 兆瓦。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 余吨，每年减少排放一氧化碳(CO)180 余吨、碳氢化合物(CNHM)3.6 吨、氮氧化物(NO_X)30 吨、二氧化硫(SO2)135 吨，粉尘 80 余吨，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。

184 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：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 m2 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，CO_2 减排约 42 万 t/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。

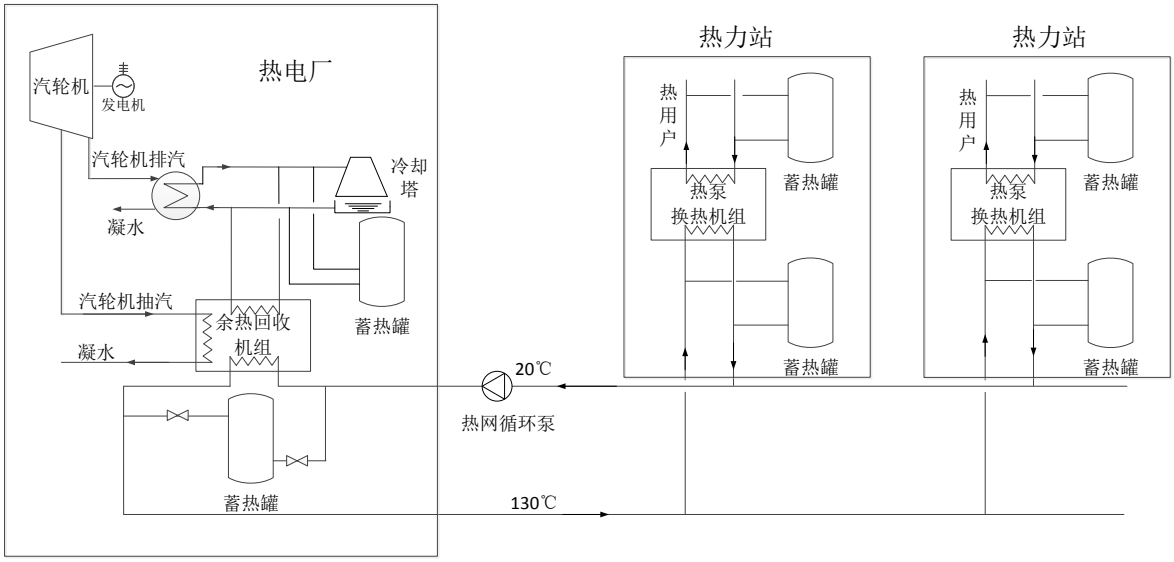


图 1 热电协同的集中供热技术流程

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 10.7 kgce/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 万平米。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 万平米。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 万平米。

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 万平米供热，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 万吨标准煤。

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 亿平米，节能 120 万 tce，减少二氧化碳排放 317 万 t。

185 夹芯复合轻型建筑结构体系节能技术

一、技术名称：夹芯复合轻型建筑结构体系节能技术

二、技术所属领域及适用范围：建筑行业新建建筑（六层及六层以下）

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

我国建筑建造和使用中能源消耗高，污染严重，单位建筑面积能耗比气候条件相近的发达国家高 2-3 倍，由建筑供暖造成的空气污染高 2-5 倍。目前应用该技术可实现节能量 10 万 tce/a，CO_2 减排约 26 万 t/a。

四、技术内容

1.技术原理

将聚苯泡沫板两侧用钢丝网固定，形成网架板，在工厂预制成型，作为结构受力骨架夹在墙体中间，施工中两侧浇注混凝土形成剪力墙。该体系可基本实现结构与保温体系同寿命。

2.关键技术

夹芯复合混凝土剪力墙是集结构与保温于一体的新型剪力墙结构体系，适用于六层和六层以下的住宅建筑。其中低层住宅建设结合喷射混凝土施工技术，具有施工速度快、抗震性能好、节能效果明显及保温层维护维修期长等特点，特别适用于新农村建设。

3.工艺流程

工艺流程图见图 1 所示。

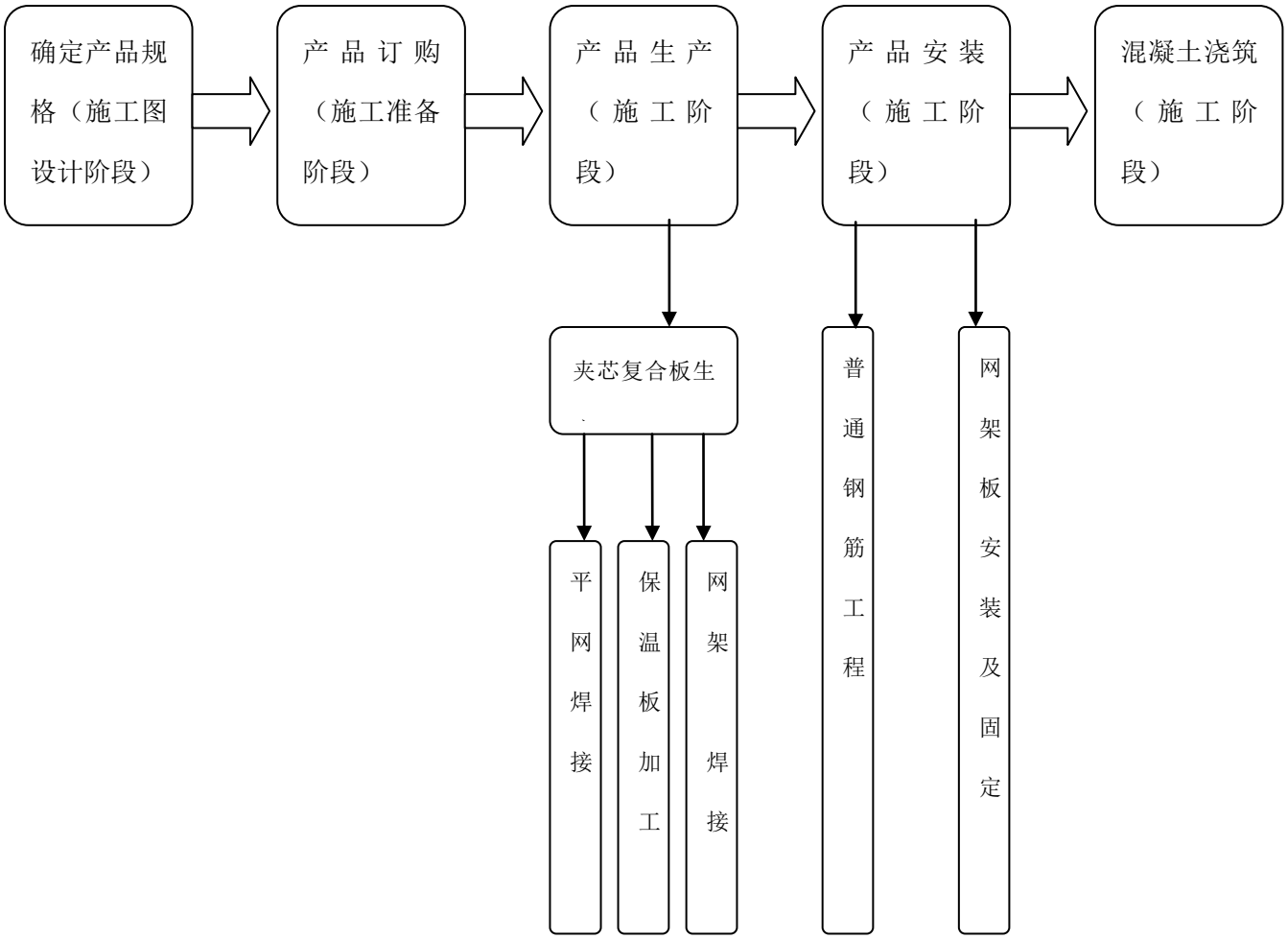


图 1　夹芯复合轻型结构体系工艺流程

五、主要技术指标

体系保温隔热达到 65％以上，抗震性能比砖混结构提高 2-3 个抗震等级，室内实际使用面积较砖混结构住宅增加 5％-8％。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术已通过建设部鉴定，鉴定意见为”综合技术达国际先进水平”。此外，该技术还被列入”国家康居示范工程选用部品”、”全国建设行业科技成果推广项目”；荣获科技部颁发的”金桥奖”、河北省科学技术发明奖等多项荣誉奖项；获得 19 项国家专利。该技术已在全国 15 个省市推广应用，完成 200 多万 m^2 建筑面积的工程，在建和正在设计的工程建筑面积超过 400 万 m^2。

七、典型应用案例

典型用户：泰安奥林匹克花园、淄博天府名城小区、淄博临淄方正太公苑

建设规模：年产 60 万 m^2 夹芯复合轻型网架板基地，可建设 100 万

m^2节能省地型住宅。项目总投资 4800 万元，建设期 12 个月。年节能 10000tce，投资回收期 6 年。

八、推广前景及节能减排潜力

由于夹芯复合轻型建筑体系将节能技术措施融于建筑物主体结构之中，并使其与建筑物同寿命且造价偏低，解决了采用外墙粘贴、外挂产生的裂缝、渗漏、空鼓、脱落等隐患和寿命短的问题，并集保温、抗震、环保、施工周期短、造价低等优点于一身，是替代砖混结构的最佳体系，具有很大的推广潜力。预未来 5 年，可形成约 100 万 tce/a 的节能能力，减少二氧化碳排放 264 万 t。

186 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，CO_2 减排约 103 万 t/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。

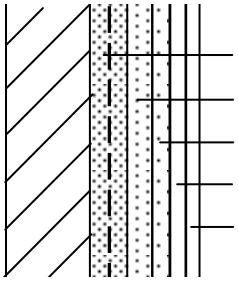
基层墙体	基本构造					构造示意图
	①	②	③	④	⑤	
混凝土墙各种砌体墙保温系统	找平腻子 + 耐碱玻璃纤维网布	柔性腻子	抛光腻子	底漆	涂料	

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）

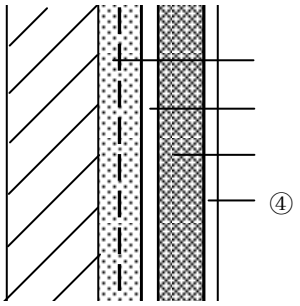
基层墙体	基本构造				构造示意图
	①	②	③	④	
混凝土墙各种砌体墙保温系统	找平腻子 + 耐碱玻璃纤维网布	底漆	骨料	涂料	

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：50000 m^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。

187 温湿度独立调节系统技术

一、技术名称：温湿度独立调节系统技术

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/（㎡空调面积）。目前应用该技术可实现节能量 35 万 tce/a，CO_2 减排约 92 万 t/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。

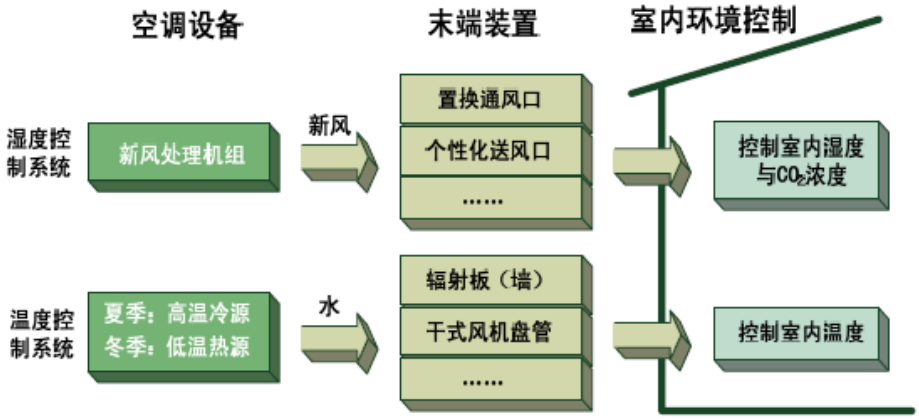


图 1　温湿度独立调节系统技术原理图

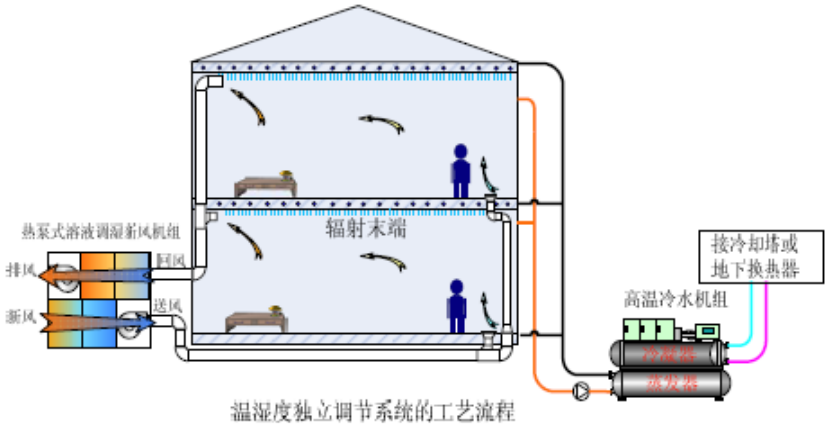


图 2　温湿度独立调节系统技术工艺流程图

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

典型用户：深圳招商地产办公楼

技术提供单位：珠海格力电器股份有限公司

建设规模：主体部分分为五层，一层为车库、餐厅等，二、三、四层为普通办公区域，五层为会议室及领导办公室。建筑物北部设立前庭，中部设中庭，前庭链接 2-4 层，中庭链接 2-5 层。总建筑面积约 21960 ㎡，其中一层 5940 ㎡，二层 5045 ㎡，三层 3876 ㎡，四层 3904 ㎡，五层 3191 ㎡。整个建筑的空调面积共 15600 ㎡。其中一层至四层选用温湿度独立调节系统，空调面积共 13180 ㎡。

应用节能技术情况：办公区域采用干式风机盘管作为末端承担显热负荷、部分区域采用冷辐射板承担显热负荷，溶液调湿型新风机组承担潜热负荷而冷冻水供回水设计为 17.5/20.5℃的系统。

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。初投资约 200 万。采用常规空调系统初投资约为 140 万元。温湿度独立控制系统较常规系统多投资 60 万元，年运行费用节约 24.3 万元，投资回收期 2.5 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㎡的建筑采用该系统。预计未来五年，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。

188 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，CO_2 减排约 79 万 t/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。

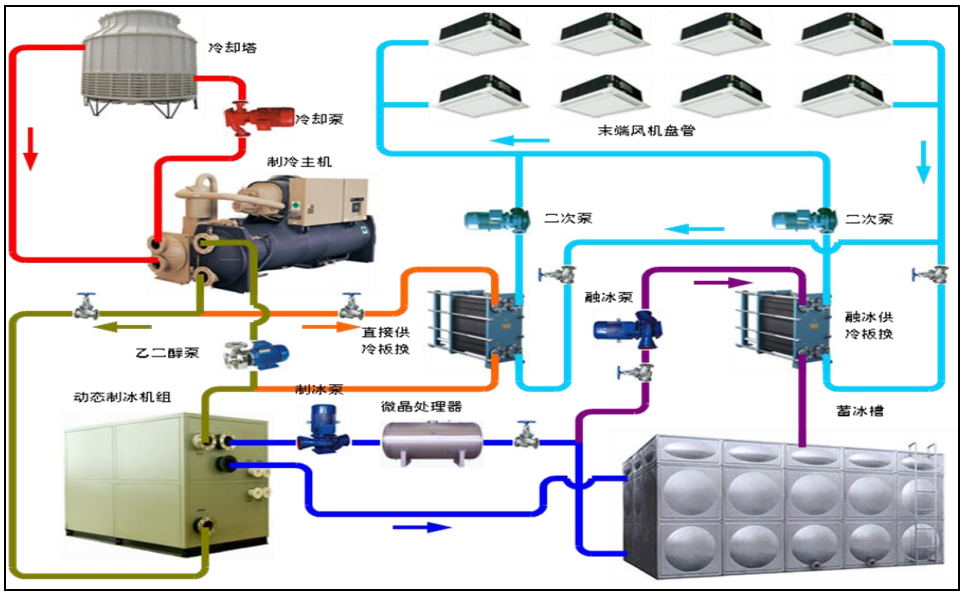


图 1　动态冰蓄冷系统流程图

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。

189 中央空调全自动清洗节能系统

一、技术名称：中央空调全自动清洗节能系统

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，CO_2 减排约 106 万 t/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。

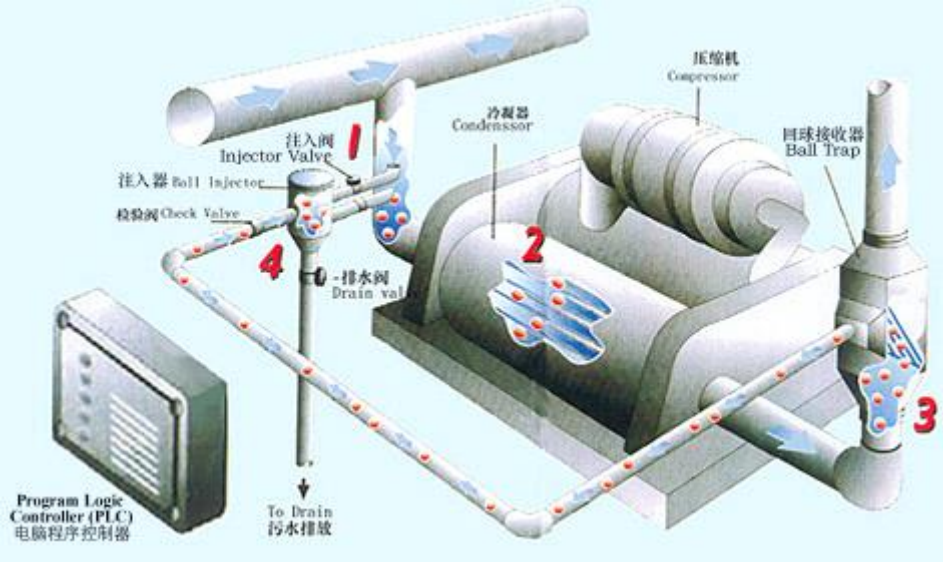


图 1 中央空调全自动清洗节能系统技术原理图

（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 冷吨、2 台 500 冷吨、2 台 1100 冷吨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。

190 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、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、与该能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，CO_2 减排约 34 万 t/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。

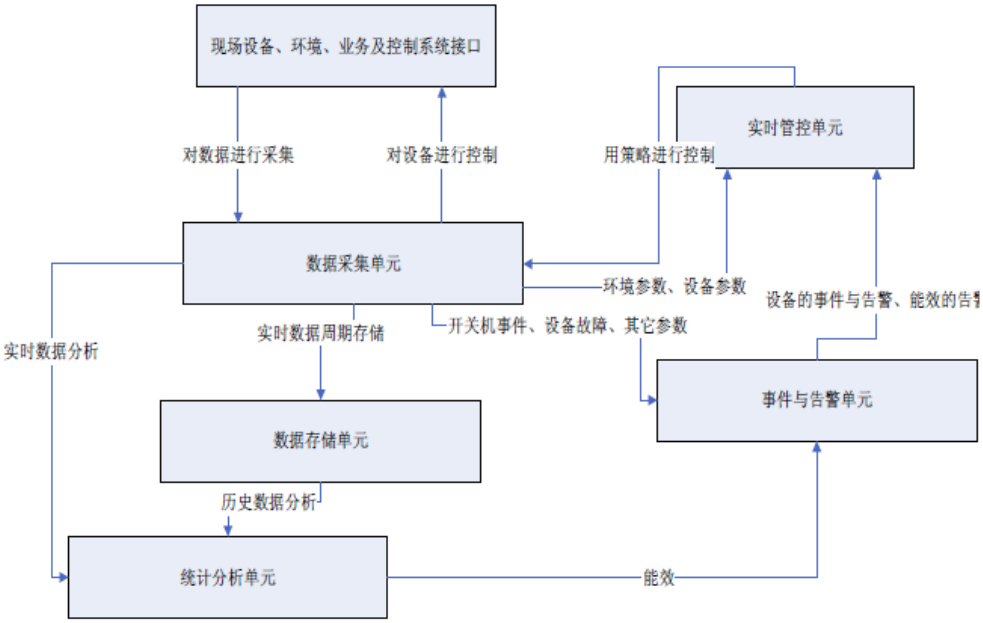


图 1 主要工艺环节构成原理图

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、推广前景和节能减排能力

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。

191 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：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、F 天下别墅、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，CO_2 减排约 156 万 t/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。

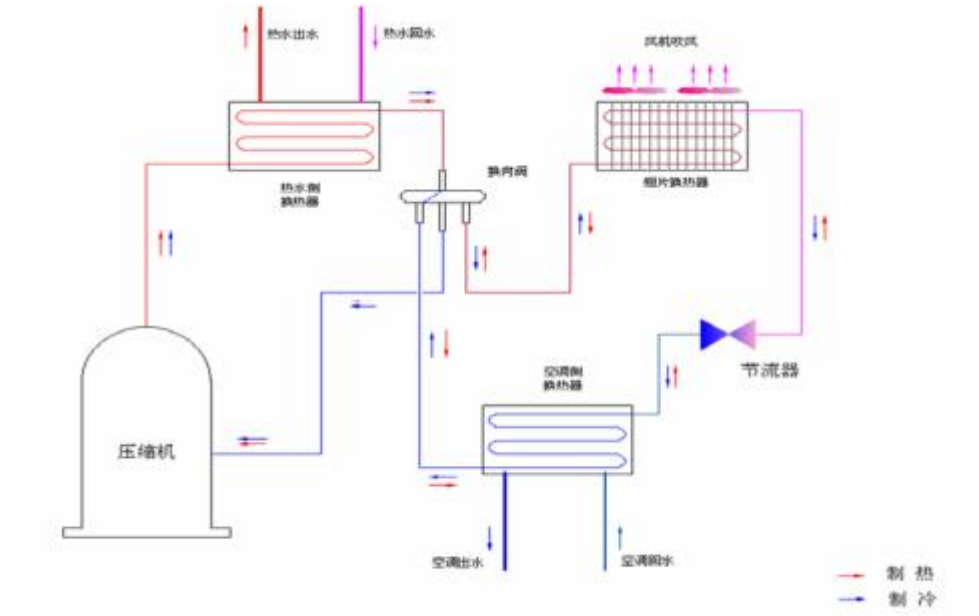


图 1　空气源热泵冷、暖、热水三联供技术原理简图

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 10 千瓦的三联供机组，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 万平方米）。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

预计未来五年，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。

192 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：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，CO_2 减排约 74 万 t/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，形成高保温性、高防水性、高稳定性和高保温节能性的蒸汽输送管道，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。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，形成高保温性、高防水性、高稳定性和高保温节能性的蒸汽输送管道，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

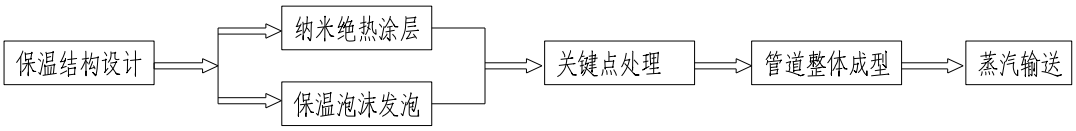


图 1 蒸汽节能输送技术工艺流程图

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，实际工程应用的情况看产品的性能，可靠性较好。蒸汽节能输送技术的技术先进性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，故根据行业特点，对于直埋蒸汽工程项目，如采用蒸汽节能输送技术进行设计和工程建设，不存在另外需要的改造费用，并且可以进行一定量的工程综合造价的降低，经济效益较好。

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

预计未来五年，该技术推广比例增加至 20%，则年节能量可以达到 280 万 tce，年减少二氧化碳排放 739 万 t。

193 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，CO_2 减排约 259 万 t/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。

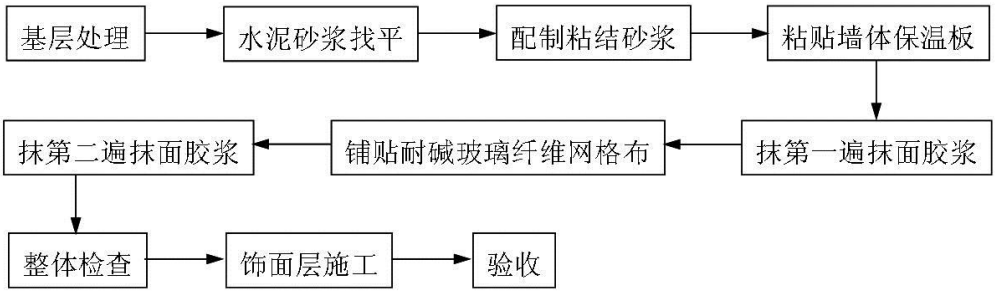


图1 墙体用超薄绝热保温板施工工艺流程图

五、主要技术指标

1.导热系数低于 0.008W/(m Ⱪ)；

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，减少二氧化碳排放 647 万 t。

194 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：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，CO_2减排约11万t/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。

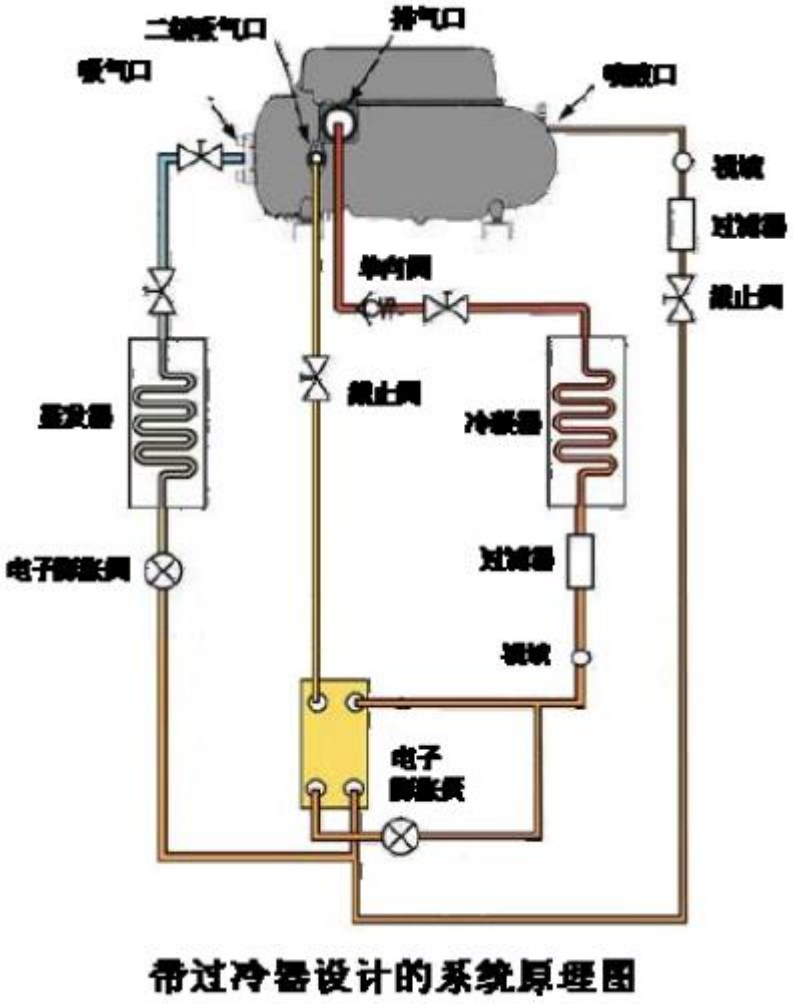


图1 系统原理图

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+Q（2）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 90000 ㎡，建筑面积 19860 ㎡。新建五星级酒店项目，其中客房面积为 9440 ㎡，餐饮商务面积 10410 ㎡，豪华客房、标准客房以及套房 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，减少二氧化碳排放 102 万 t。

195 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，CO_2减排约32万t/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。

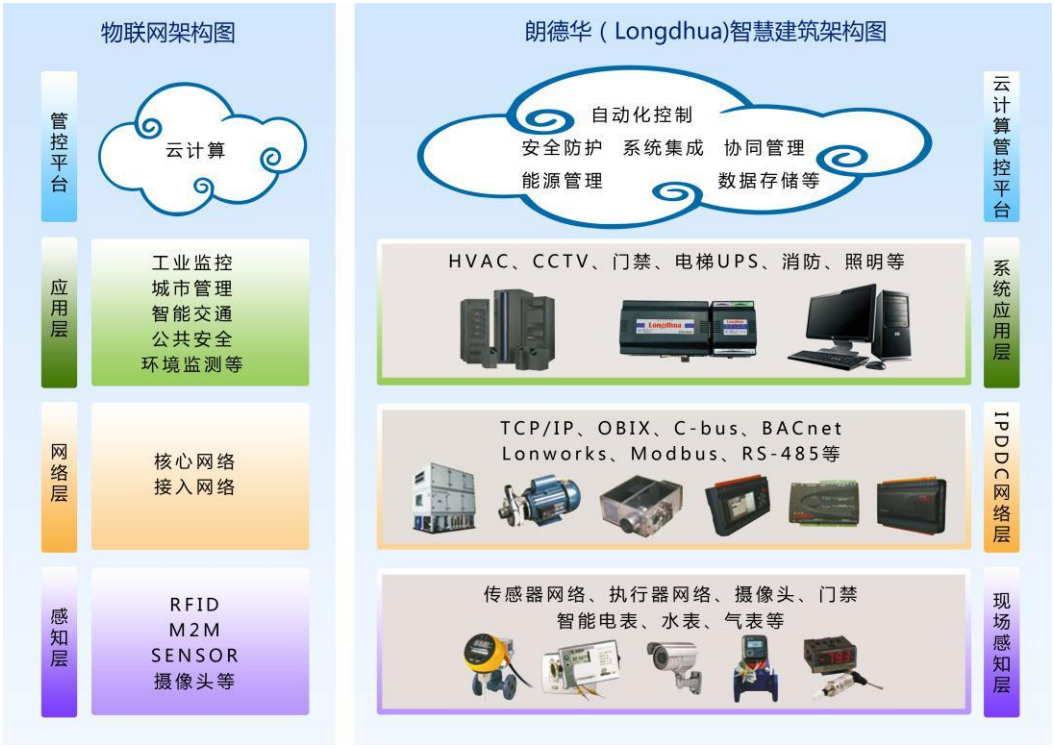


图1 工艺原理架构图

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 万度，年平均电费 RMB1216.38 万元，年平均燃气 54.19 万立方米，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/平方米，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 万平方米建筑能源管理系统

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 万平方米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%，每平方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 万千瓦时，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。

196 分布式能源冷热电联供技术集成

一、技术名称：分布式能源冷热电联供技术集成

二、技术所属领域及适用范围：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，CO_2 减排约 24 万 t/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。

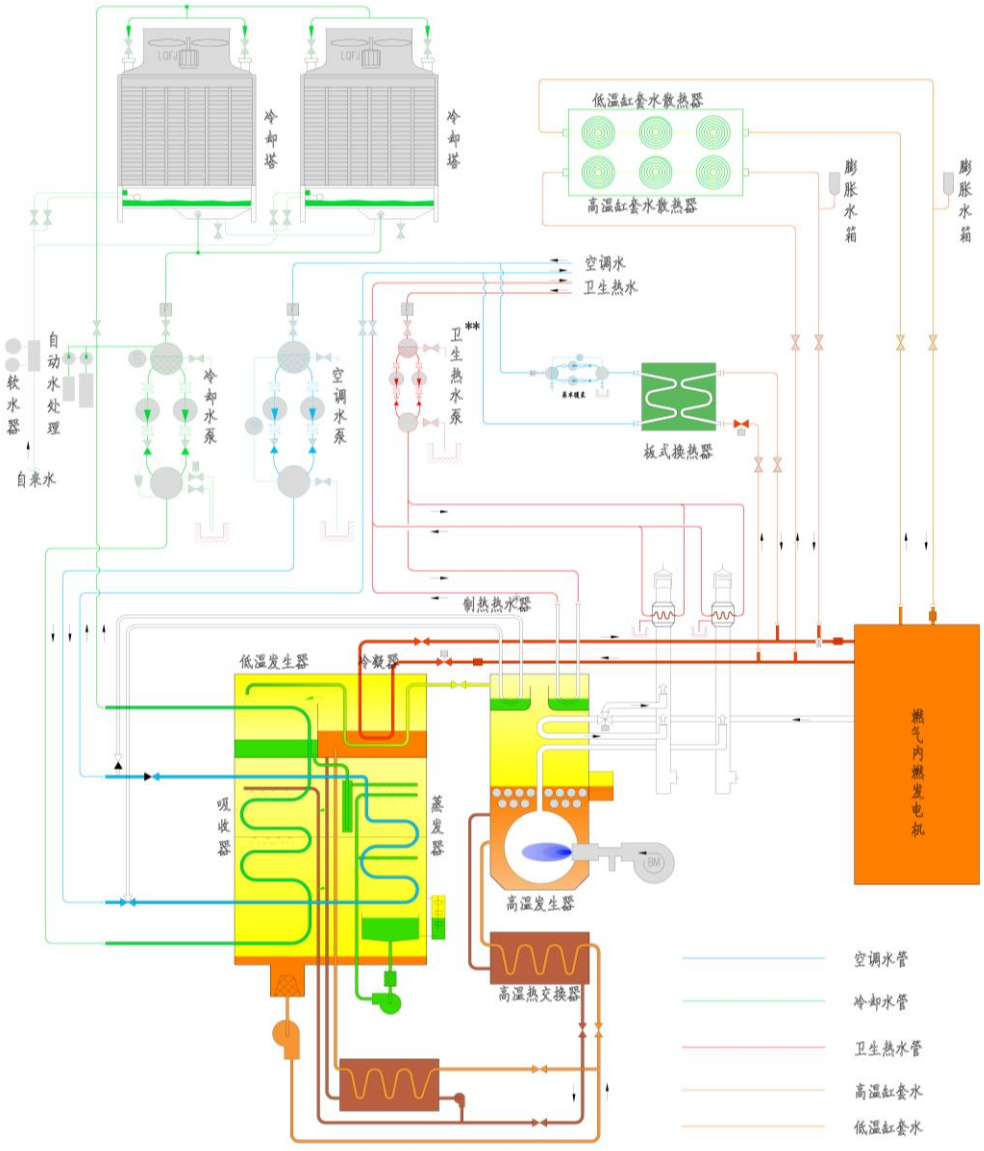


图1 工艺流程图

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 余万平米，1 期面积 17.6 万平米，机房配置 2 台 1160kW 发电机组，1 台 800 万大卡余热机组，1 台 800 万大卡燃气机组，1 台 500 万大卡燃气机组，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 1302 吨标煤/年，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 万平方米，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 3300 吨标煤/年，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。预计未来五年，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。

197 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：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，CO_2减排约8万t/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 万平米。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。预计未来五年，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。

198 分布式水泵供热系统节能技术

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：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0.4-0.55GJ/(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，CO_2 减排约 111 万 t/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。

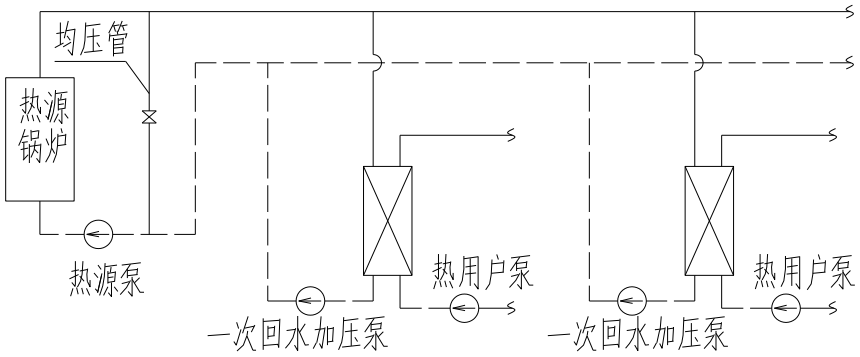


图1 工艺流程图

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。

199 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：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，CO_2减排约37万t/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。

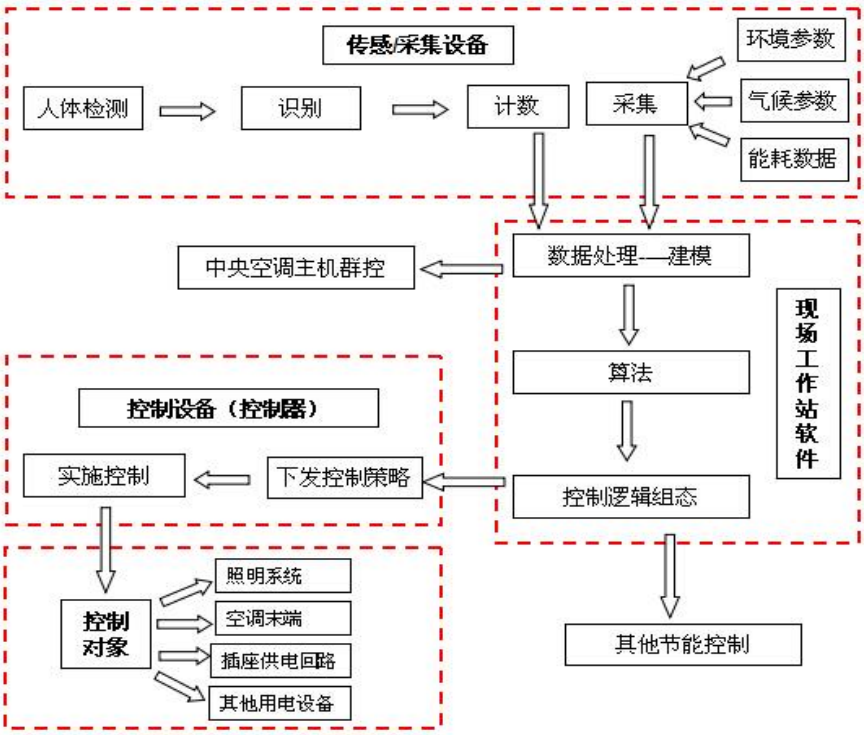


图 1 工艺流程

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 万平米办公/写字楼建筑为例，电耗指标均值按 80kWh/㎡ 年，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㎡，则最低将完成 1.6 亿㎡的建筑节能改造。本技术已在 136 万㎡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。

200 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，CO_2 减排约 8 万 t/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。

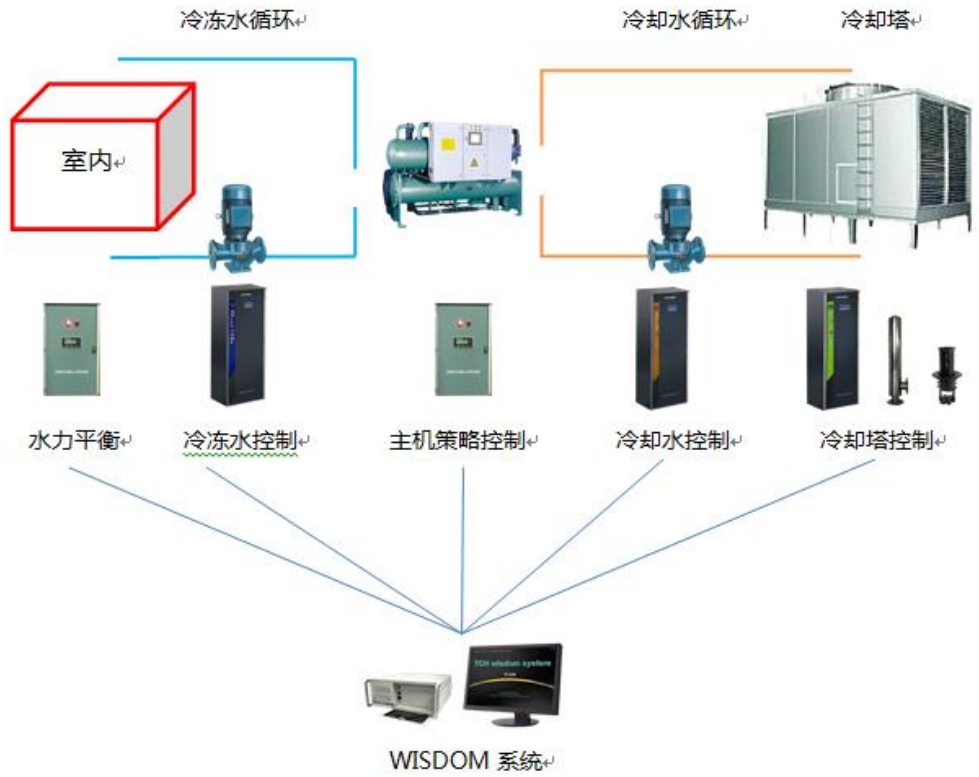


图 1 模块化控制高效节能水冷式中央空调系统原理图

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。

201 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 m^2-3 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，CO_2 减排约 5 万 t/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。

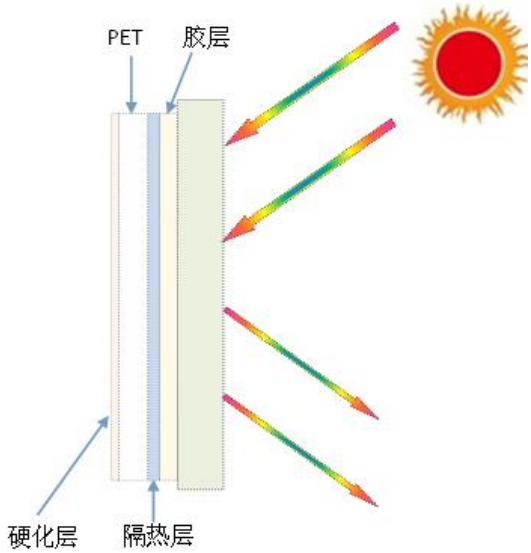


图 1 窗户玻璃隔热膜结构示意图

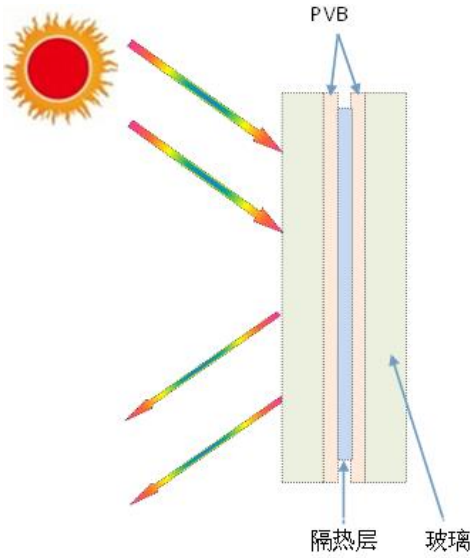


图 2 隔热夹胶玻璃结构示意图

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、技术应用现状及产业化情况

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、典型用户及投资效益

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 100 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：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。

202 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：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，CO_2 减排约 140 万 t/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。

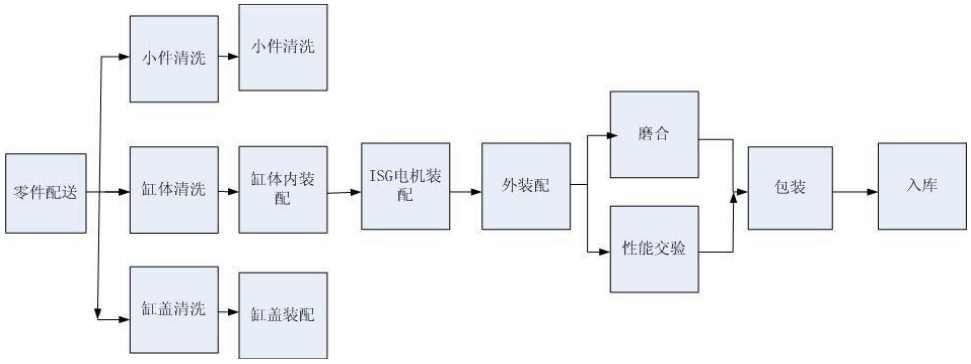


图 1　混合动力汽车发动机的装配工艺流程

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 万公里，百公里节油 20％（即 1.7 升）计算，每辆车每年节油 510 升，折合 0.71tce/车 年，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。

203 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（二氧化碳、二氧化硫、氧化氮等）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175～200万t，折合237-270万tce。应用该技术可实现节能量3万tce/a，CO_2减排约8万t/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。

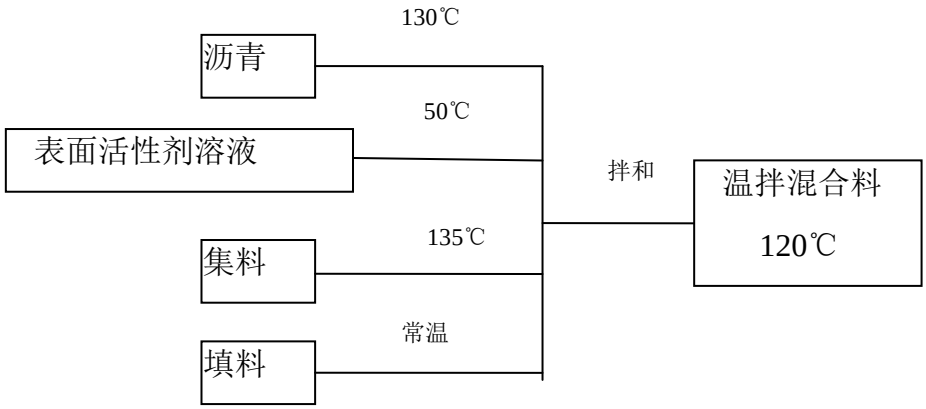


图 1 温拌沥青混合料工艺流程

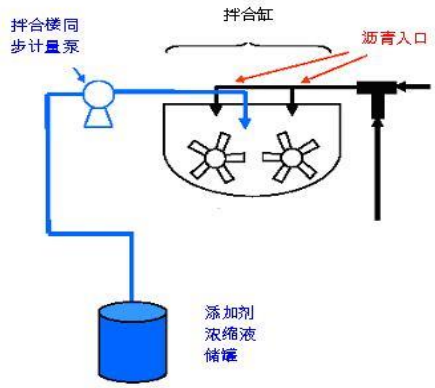


图 2 表面活性剂溶液添加设备示意图

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（二氧化碳等）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158-180 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 79-90 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 万吨-25 万吨，节能能力约为 30 万 tce/a，减排能力约为 79 万 tCO_2/a。

204 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：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175-200万t，折合236.6-270.4万tce。目前应用该技术可实现节能量4万tce/a，CO_2减排约11万t/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。

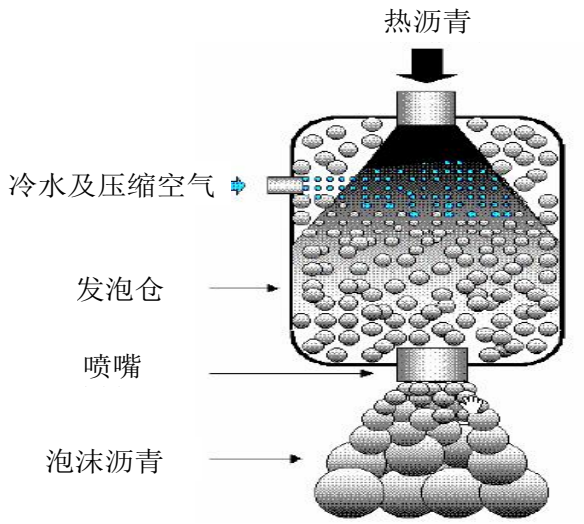


图 1　沥青发泡装置

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。

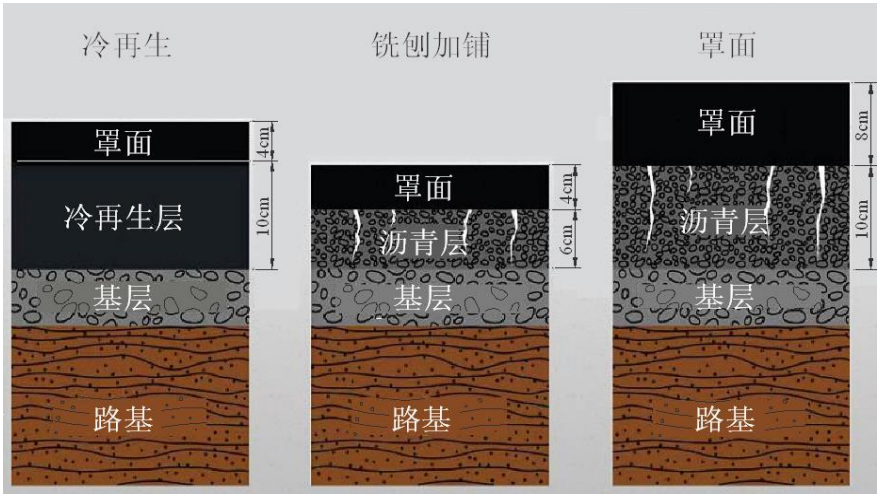


图 2 冷再生技术方案示意图

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 $C0_2$ 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 多公里的路面大修工程。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 多公里的路面大修工程。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 多万吨。与传统的热拌沥青混合料（ATB-2（5）相比，节省燃料油 4000 吨（50 万吨×8 千克），按 1 吨燃料油折算成 1.43 吨标准煤计算，节约标准煤约为 5720 吨。

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 万吨。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 万吨，折合成标准煤，可节约 32 万 tce，减排二氧化碳 84 万吨。

205 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：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，CO_2 减排约 7 万 t/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。

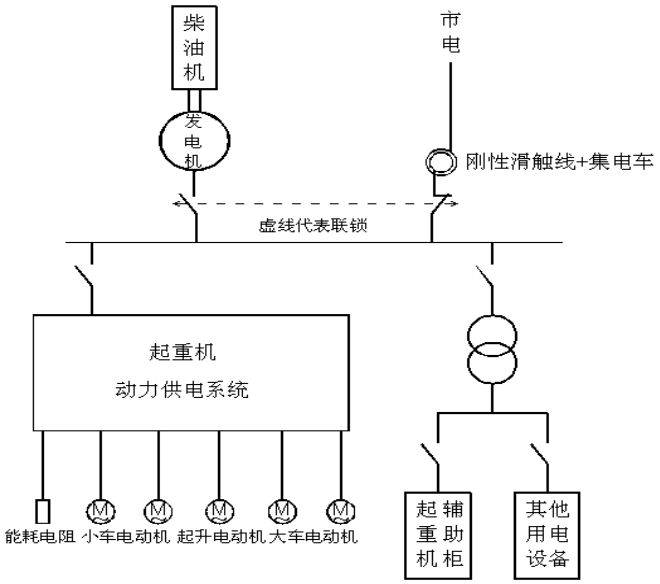


图 1 轮胎式集装箱门式起重机“油改电”示意图

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。

206 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：交通运输行业的港口、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，CO_2减排约11万t/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。

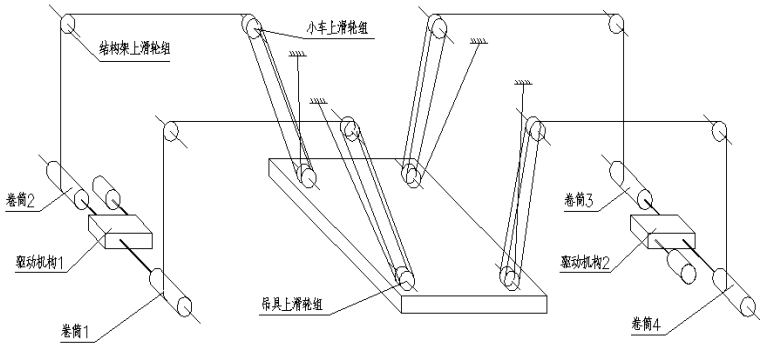


图1 “四卷筒”组合驱动原理示意图

（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。

207 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：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，CO_2减排约8万t/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。

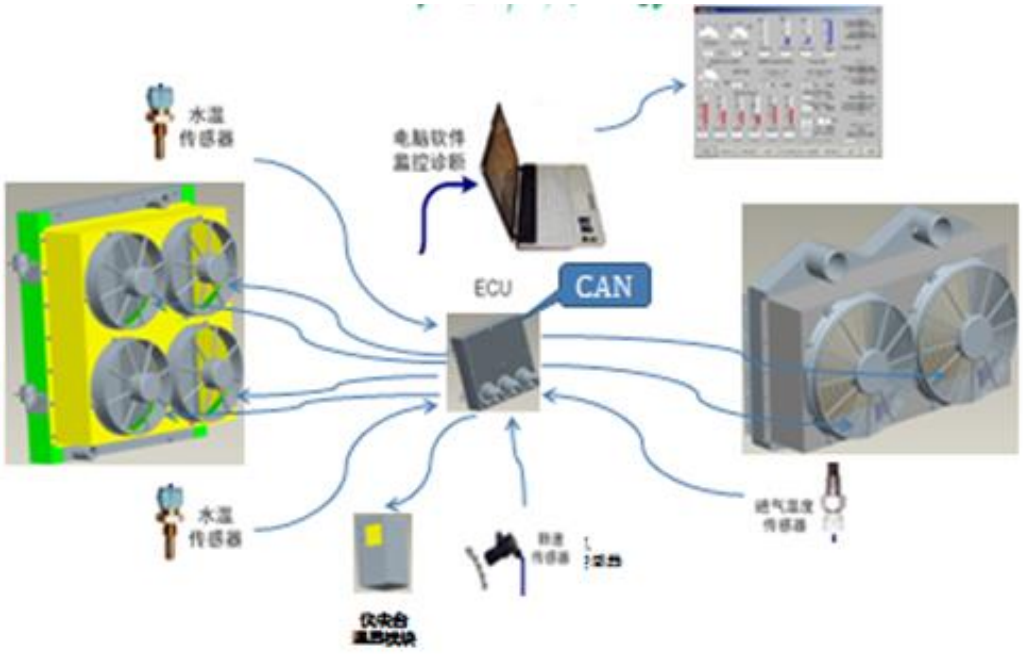


图 1 工艺流程

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 1998 吨标准煤，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。

208 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 10，578 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，CO_2 减排约 13 万 t/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。

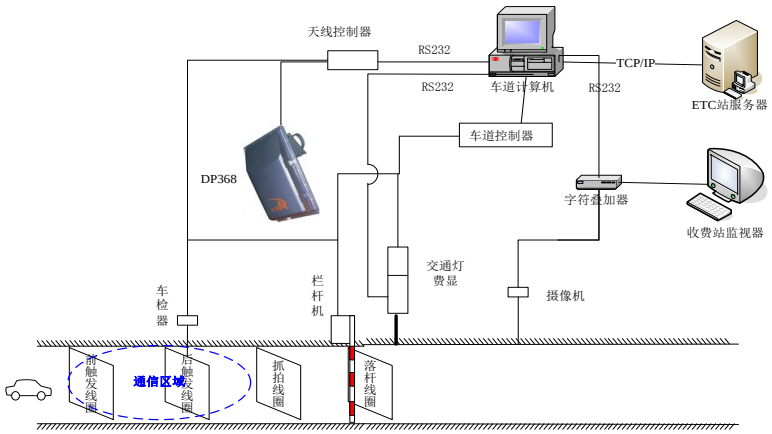


图 1 电子不停车收费系统结构图

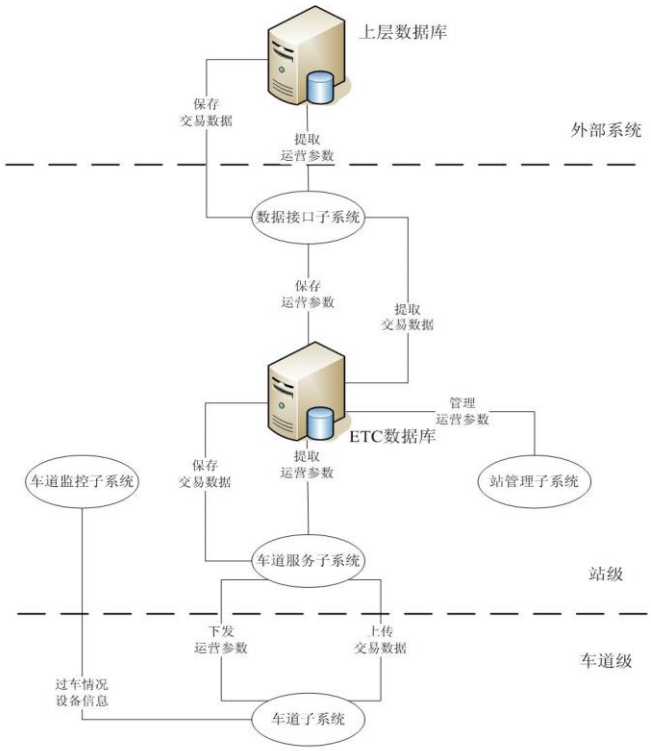


图 2 电子不停车收费系统原理简图

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。

209 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，CO_2 减排约 3 万 t/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。

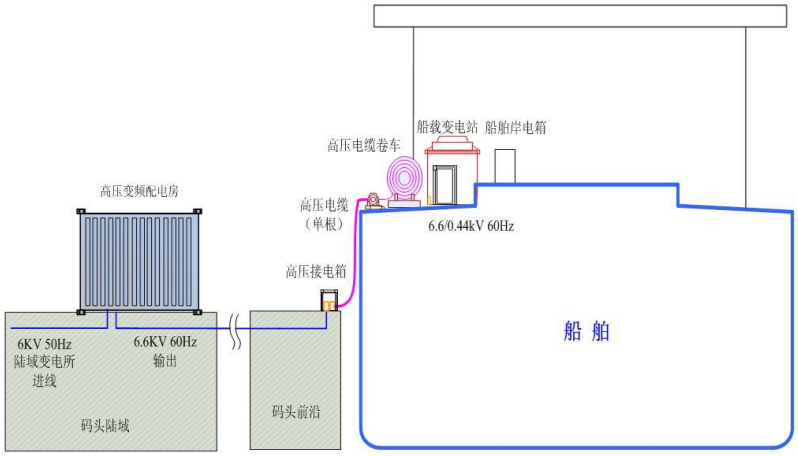


图 1 高压变频数字化船用岸电系统示意图

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。

210 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，CO_2 减排约 16 万 t/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。

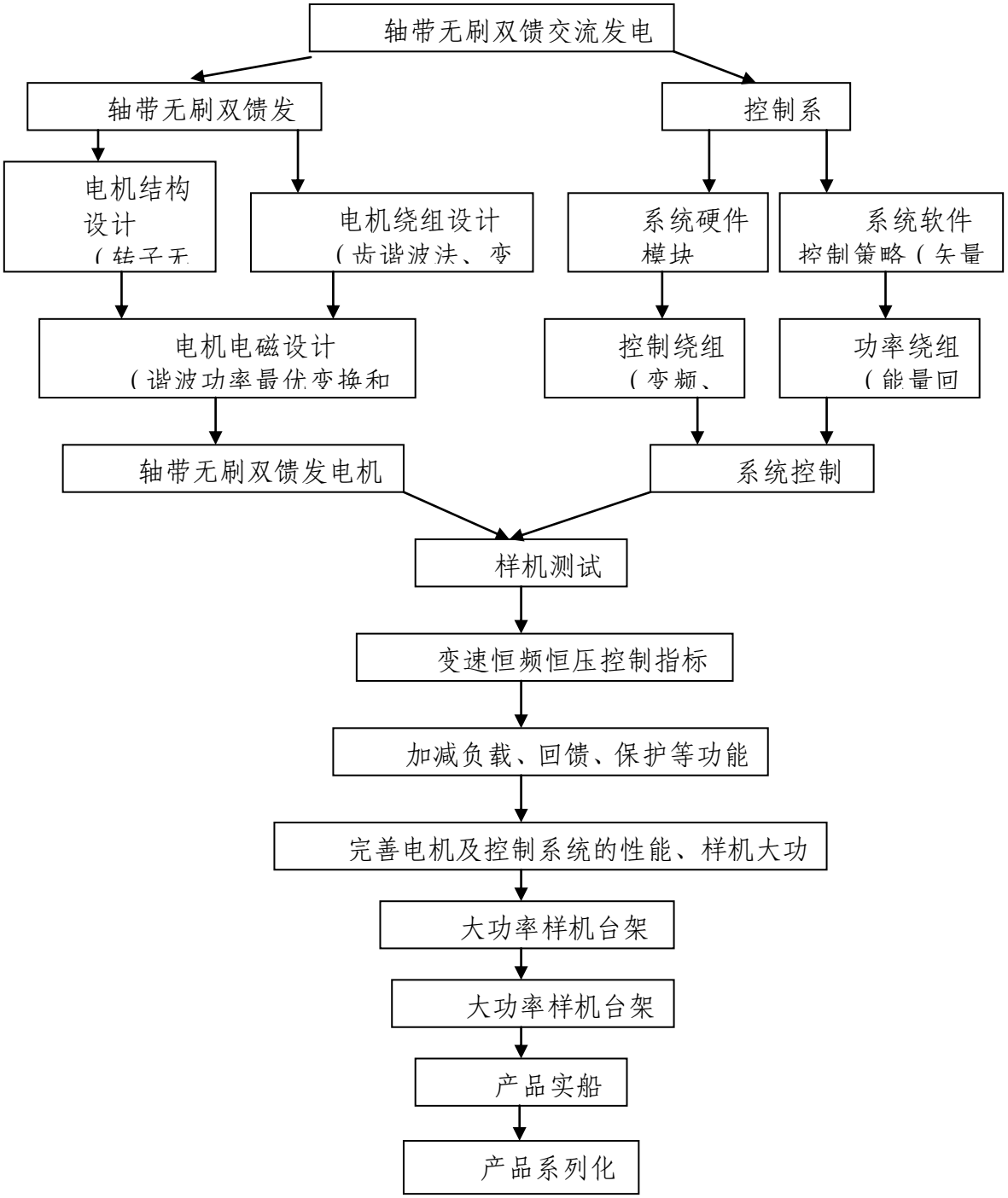


图 1 轴带无刷双馈交流发电系统开发流程图

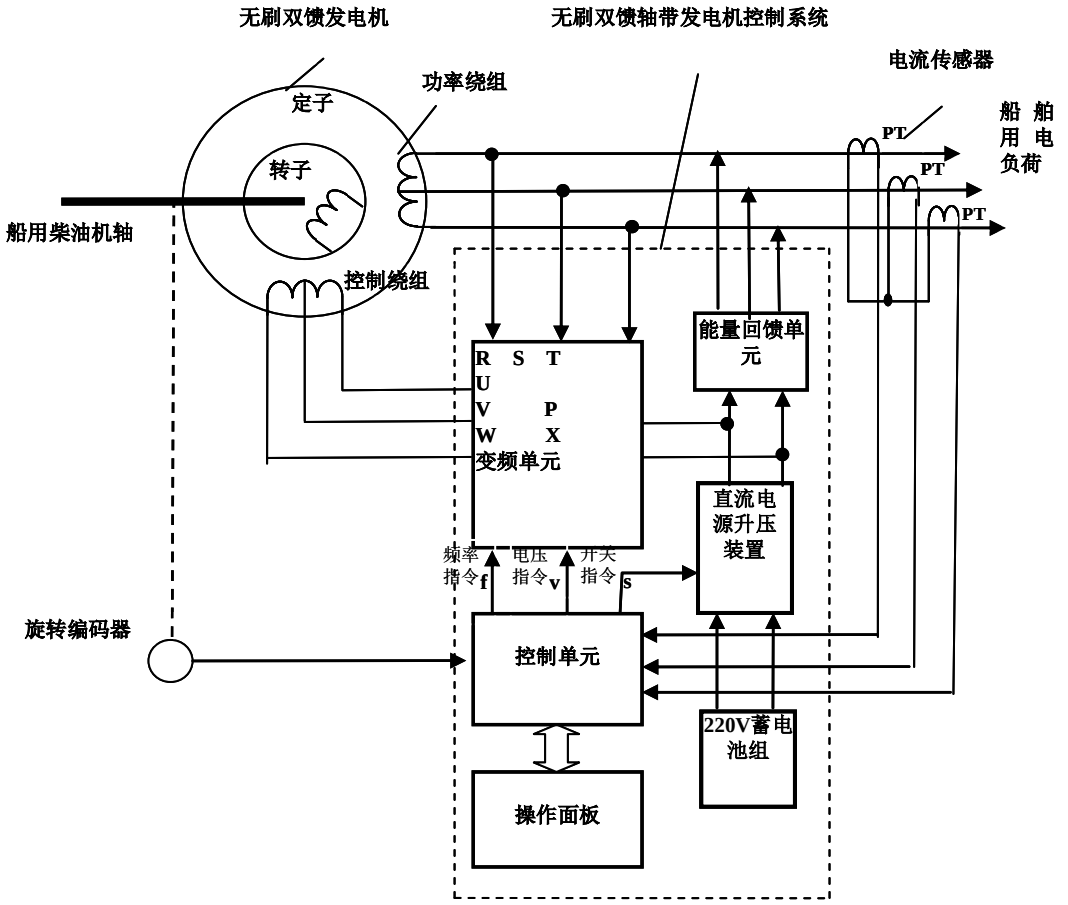


图 2　轴带无刷双馈发电系统原理及架构图

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 DC830V-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。

211 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，CO_2 减排约 5 万 t/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。

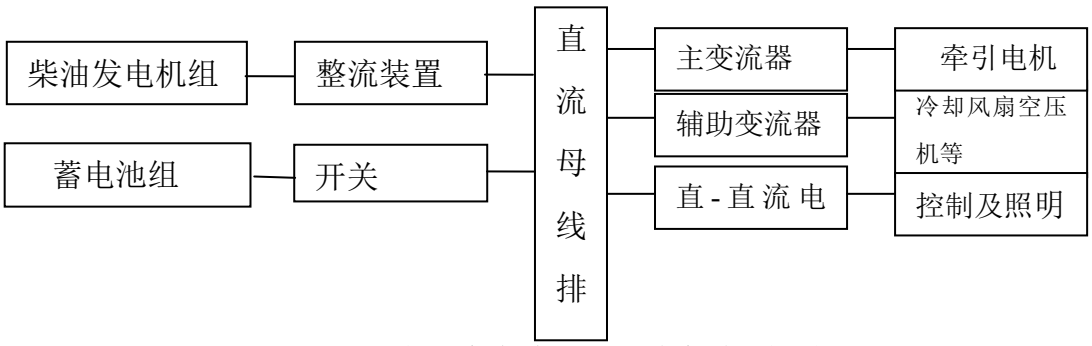


图 1　混合动力交流传动调车机车原理简图

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。

212 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，CO_2 减排约 3 万 t/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

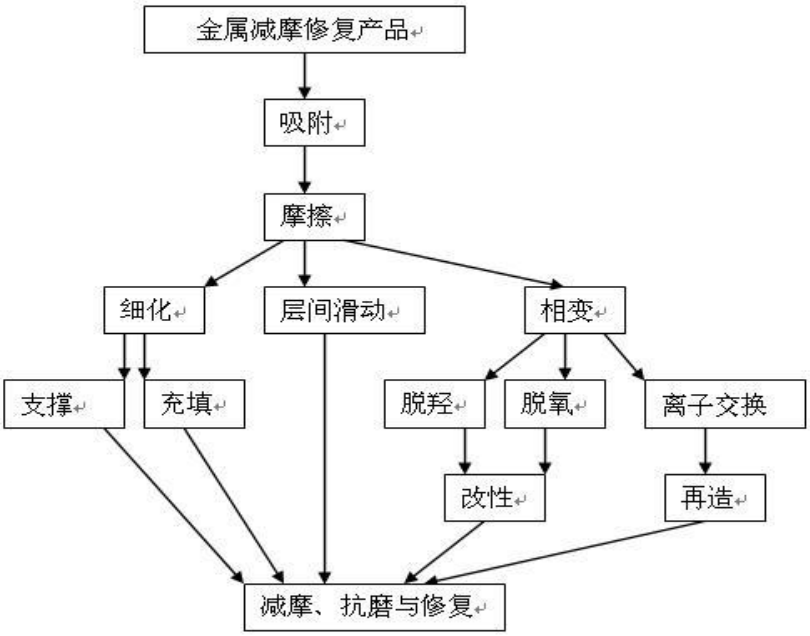


图 1　金属减摩修复原理示意图

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。

213 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：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，CO_2 减排约 21 万 t/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。

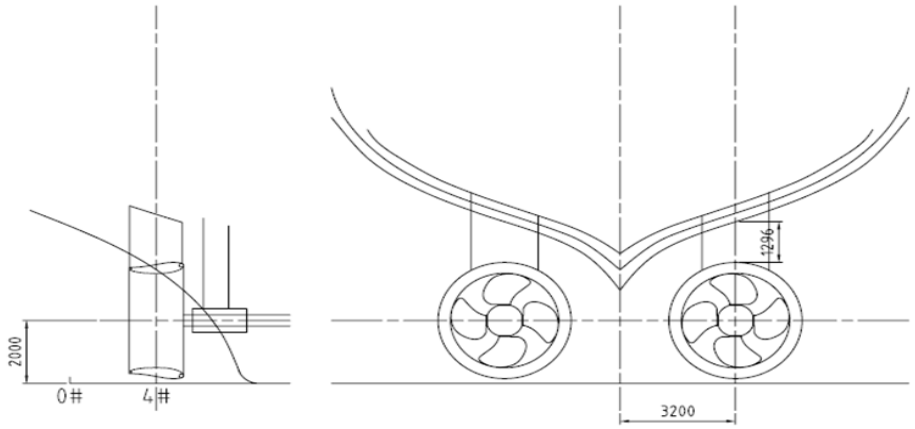


图 1　4 叶可调螺距螺旋桨示意图



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 0.1km-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。

214 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、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，CO_2 减排约 5 万 t/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

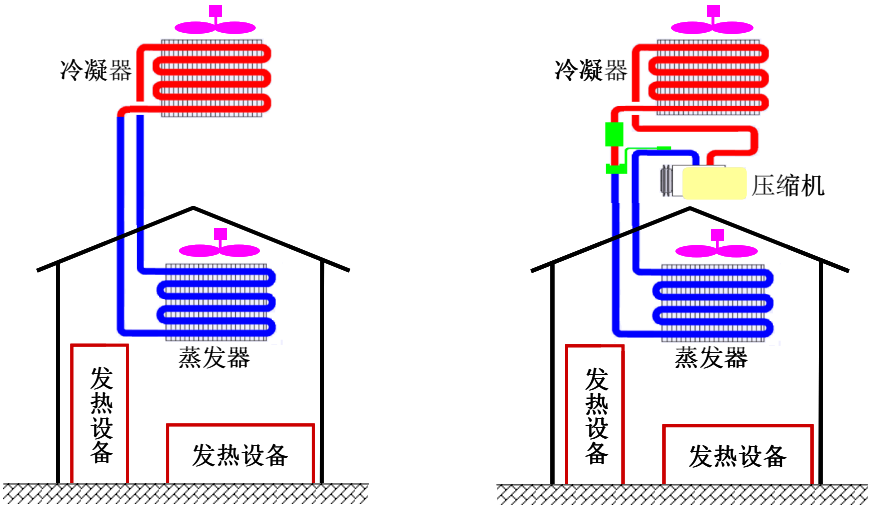
当室内负荷较大，热管模式无法达到足够的降温效果时，机组将切换至常规的制冷模式，此时压缩机驱动电机将消耗大量的电能，同时蒸发器和冷凝器的风扇全速运转，所以制冷模式输入功率相对较大，能耗较高。

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

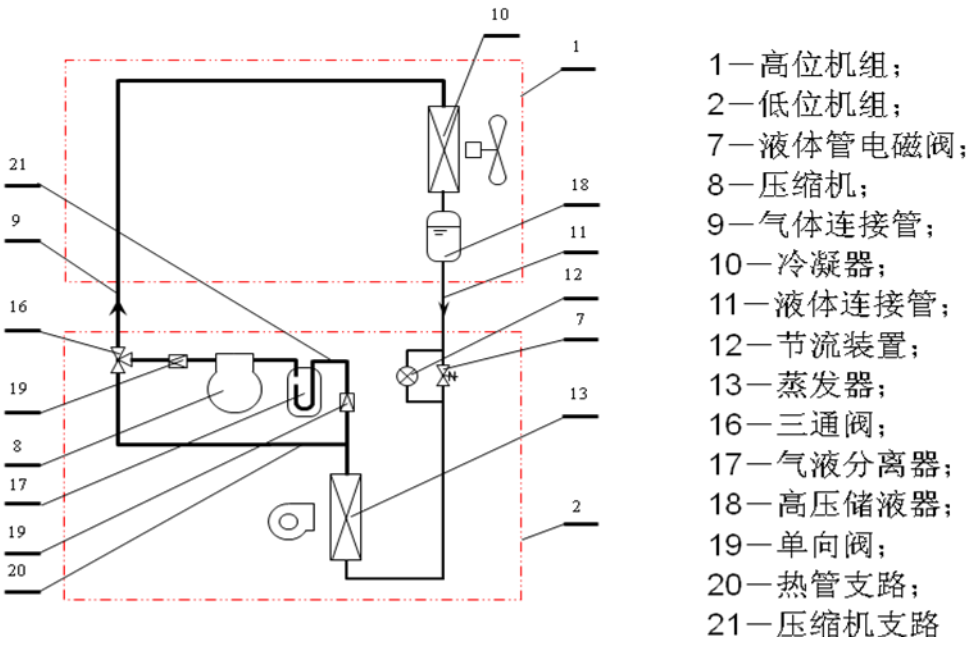


图 2　热管/制冷复合型空调机组简图

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。预计未来五年，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。

215 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：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，CO_2 减排约 106 万 t/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 250V-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：195V-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：5A-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，预计未来五年，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。

216 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：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，CO_2 减排约 29 万 t/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。

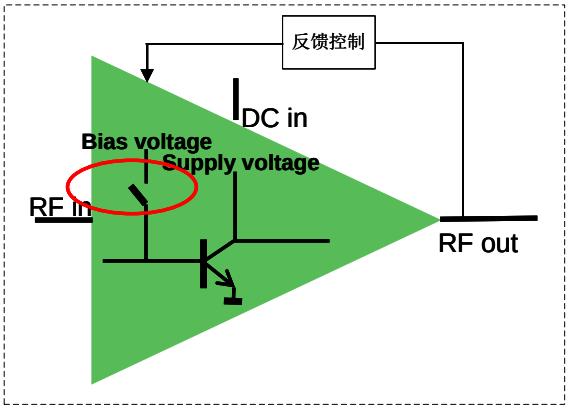


图 1　基于时隙的 PA 关断原理图

（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。

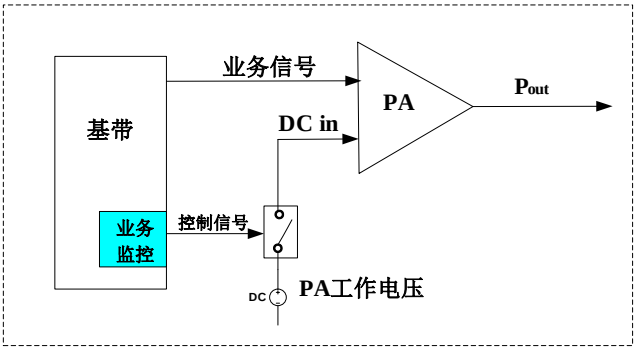


图 2　基于负荷的载频/PA 关断技术原理图

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4W-36W不等（每载频年均节电35kWh-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 0.3 度。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。预计未来五年，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。

217 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、与该技术相关产业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 1℃，可节约用电 6%-8%，如果温度提高 10℃，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，CO_2 减排约 8 万 t/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 25℃，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 10℃，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 25℃，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℃-40℃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 75℃。通过高温型阀控密封电池的使用，可将基站空调温度提高 10℃，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。

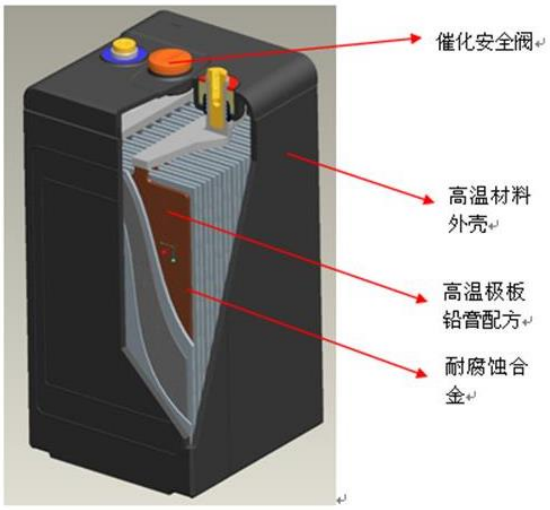


图 1　耐高温型阀控式密封电池结构图

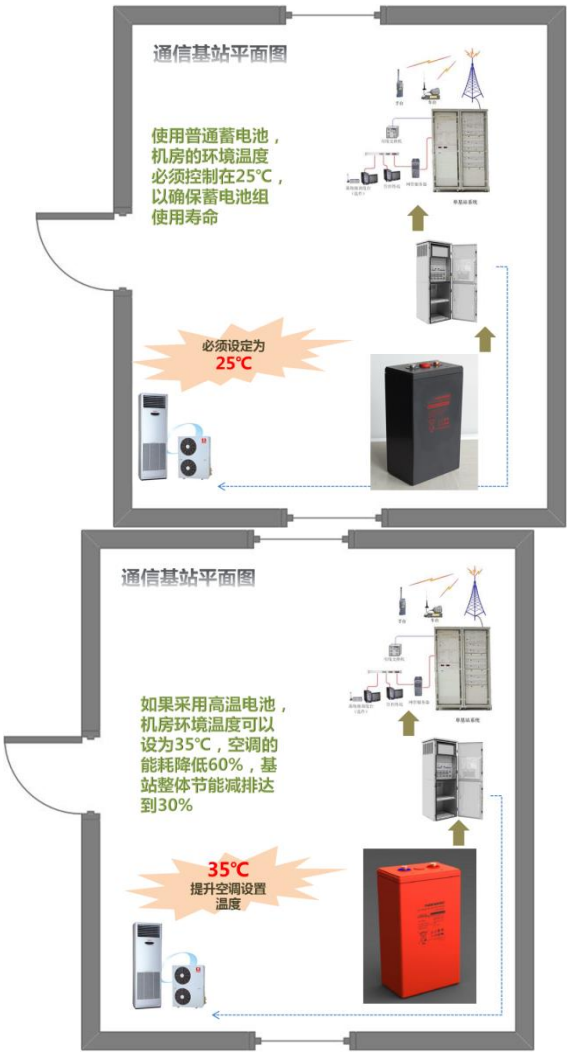


图 2　耐高温型密封电池应用于通信基站示意图

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；

2.35^{o}C 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：75^{o}C；

4.55^{o}C 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 35^{o}C，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 m -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 3000kW-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、推广前景和节能减排潜力

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。

218 机房智能直冷优化应用技术

一、技术名称:机房智能直冷优化应用技术

二、技术所属领域及适用范围:通信行业　数据中心环境维持系统

三、与该技术相关的能耗及碳排放现状

据工信部的统计数据，2013年我国数据中心用电量约占全社会用电量的5%，即2600亿kWh，其中约40%被机房制冷系统消耗，年消耗的电量约为1060亿kWh，折合标准煤约3400万t。目前，我国的数据中心机房制冷主要依靠传统空调技术，不但耗电量巨大，而且电能使用效率（PUE）较高，因此具有较大的节能空间。机房智能直冷优化应用技术可替代现有机房传统空调制冷系统，有效降低空调运行耗电量，节能效果良好。目前应用该技术可实现节能量15万tce/a，CO_2减排约40万t/a。

四、技术内容

1.技术原理

机房智能直冷优化应用技术利用制冷剂自然相变循环原理，以温差的形式产生压差，驱动制冷剂工质的自然相变循环流动，实现室内外无动力热量交换。同时，采用机房能效管理软件及环境维持系统监控软件，实现按需供冷的自适应冷量调节及机柜级温度场控制。采用该技术的智能冷却终端，可显著降低机房原有空调制冷系统运行时的耗电量，实现节能。

2.关键技术

（1）机房内外无动力热量交换技术

安装在机柜背部制冷终端内的液态制冷剂吸热后蒸发为气态，依靠重力作用，沿制冷剂导管自然流动至室外冷量分配单元，冷凝后变为液态，又自然回流至智冷终端内，依此循环，源源不断地将室内机柜产出的热量排放至室外，实现机房室内外的无动力热量交换。

（2）按需供冷的自适应冷量调节技术

每台机柜内设备的发热量不同，制冷终端内制冷剂蒸发量不同，从而使冷却回流液带回的制冷量不同，通过机房能效管理软件，可自动调节智冷终端及室外冷源的制冷量，实现按需供冷。

（3）机柜级温度场控制技术

传统机房制冷是利用高密空调同时面向多个机柜组制冷，从而导致离空调通风口距离不同，制冷效果不同。本技术直接在每个机柜背部安装智冷终端，独立面向机柜热源均匀制冷，解决机房温度环境局部过热的问题。

3.工艺流程

机房智能直冷优化应用技术运行流程如图 1 所示。机房内（图右侧）每个机柜排出的热风，使安装在其背部的智能冷却终端内的制冷剂工质受热后发生相变，由液态蒸发为气态，依靠压差沿制冷剂气体管路将热量带到室外系统（图左侧）的冷量分配单元，在冷量分配单元内与室外冷源进行热交换；制冷剂工质受冷后由气态冷凝为液态，依靠自身重力沿制冷剂液体管路回流到智能冷却终端内，从而完成一个完整的热力循环，机房内产生的热量依此源源不断传递到室外。当室外湿球温度低于 14℃时，系统自动启用冷却塔，不启用冷水机组压缩机，充分利用自然冷源，达到节能的目的。

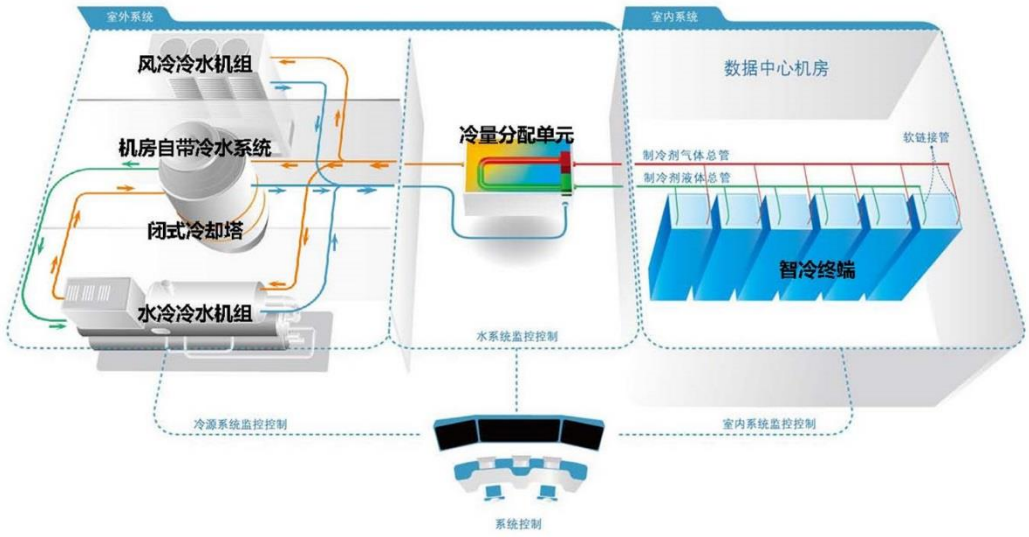


图 1 系统运行流程示意图

五、主要技术指标

1.节能率≥30%；

2. PUE 指数≤1.3。

六、技术鉴定、获奖情况及应用现状

该技术于 2013 年通过中国电子学会组织的技术成果鉴定。目前，已规模应用于电信运营商、政府、军队、高校、企事业单位等 800 多个数据中心，运行状态良好，节能效果明显。

七、典型应用案例

典型用户：中国移动、中国联通、中国电信、中石油、国家电网等。

典型案例 1

案例名称：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 2

案例名称：大庆石油管理局机房制冷改造项目

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 8 台智能冷却空调，单机柜制冷能力为 6kW/rack。主要技改内容：机房布置有 8 架机柜，全部进行智能冷却终端系统改造。主要设备：8 台智能冷却终端，2 台冷量分配单元，1 套智能控制系统，1 台风冷冷水机组。节能技改投资额 31 万元，建设期为 1 个月。年节能量为 36 tce，碳减排量为 78 tCO_2，年节能经济效益 11 万元，投资回收期约 2.8 年。

八、推广前景及节能减排潜力

目前，我国数据中心机房主要依靠传统空调技术制冷，耗电量巨大，PUE 指数较高。据统计，未来 5 年我国数据中心年用电量可达 4000 亿 kWh，其中约 40%被机房制冷系统消耗。预计未来 5 年，该技术的推广比例可达 10%，总投资约为 16.4 亿元，可实现年节能能力为 154 万 tce，年碳减排能力为 334 万 tCO_2。