

附件 2

国家工业节能技术应用指南与案例 (2019)

二〇一九年十一月

目 录

(一) 生活垃圾生态化前处理和水泥窑协同后处理技术.....	1
(二) 高压力料床粉碎技术.....	3
(三) 煤矸石固废制备超细煅烧高岭土技术与装备.....	5
(四) 复合结晶膜.....	7
(五) 反重力工业冷却水系统综合节能技术.....	9
(六) 工艺冷却水系统能效控制技术.....	12
(七) 带分级燃烧的高效低阻预热器系统.....	14
(八) 新型扭曲片管强化传热技术.....	17
(九) 智能连续式干粉砂浆生产线.....	19
(十) 低压法双粗双精八塔蒸馏制取优级酒精技术.....	22
(十一) 水泥外循环立磨技术.....	24
(十二) 高效低能耗合成尿素工艺技术.....	26
(十三) 水泥熟料节能降氮烧成技术.....	29
(十四) 集成模块化窑衬节能技术.....	31
(十五) 大螺旋角无缝内螺纹铜管节能技术.....	33
(十六) 钛白联产节能及资源再利用技术.....	35
(十七) 高温高盐高硬稠油采出水资源化技术.....	37
(十八) 高辐射覆层节能技术.....	39
(十九) 工业循环水系统集成与优化技术.....	42
(二十) 高纯铝连续旋转偏析法提纯节能技术.....	43

(二十一) 纳米远红外节能电热技术.....	45
(二十二) 特大型空分关键节能技术.....	48
(二十三) 大小容积切换家用高效多联机技术.....	50
(二十四) 石英高导双效节能加热器.....	53
(二十五) 高效智能轻量化桥式起重机关键产业化技术...	55
(二十六) 永磁直驱电动滚筒技术.....	57
(二十七) 新型球磨机直驱永磁同步电动机系统.....	60
(二十八) 钎杆调质悬挂线蓄热式热处理技术.....	61
(二十九) 新型固体物料输送节能环保技术.....	64
(三十) 全模式染色机高效节能染整装备技术.....	66
(三十一) 国产高性能低压变频技术.....	69
(三十二) 高效过冷水式制冰机组.....	72
(三十三) SAF 气流溢流两用染色机.....	75
(三十四) 开关磁阻调速电机系统节能技术.....	78
(三十五) 工业蒸汽轮机通流结构技改提效技术.....	80
(三十六) 循环水系统高效节能技术.....	82
(三十七) 创新 5G 系统平台演进式多频多制式容量分布系 统 (eCDS) 产品及技术 (BPRT).....	85
(三十八) 电动汽车群智能充电系统.....	87
(三十九) 精密空调节能控制技术.....	89
(四十) 绕线转子无刷双馈电机及变频控制系统.....	91
(四十一) 工商业园区新能源微电网技术.....	94

(四十二) 炼化企业公用工程系统智能优化技术.....	96
(四十三) 流程型智能制造节能减排支撑平台技术.....	99
(四十四) 直流互馈型抽油机节能群控系统.....	101
(四十五) 同步编码调节智能节电装置.....	104
(四十六) 基于电磁平衡原理、柔性电磁补偿调节的节能保护技术.....	106
(四十七) 基于云控的流线包覆式节能辊道窑技术.....	108
(四十八) 高炉热风炉燃烧控制模型.....	110
(四十九) 基于边缘计算的流程工业智能生产节能优化控制技术.....	113
(五十) 产业园区智能微电网平台建设与应用技术.....	116
(五十一) 石墨盐酸合成装置余废热高效回收利用技术..	118
(五十二) 转炉烟气热回收成套技术开发与应用.....	120
(五十三) 球形蒸汽蓄能器.....	122
(五十四) 基于大型增汽机的热电厂乏汽余热回收供热及冷端节能系统.....	124
(五十五) 基于喷淋换热的燃煤烟气余热深度回收和消白技术.....	126
(五十六) 天然气管网压力能回收及冷能综合利用系统.	129
(五十七) 焦炉上升管荒煤气高温显热高效高品位回收技术.....	132
(五十八) 燃气烟气自驱动深度全热回收技术.....	134

(五十九) 低温露点烟气余热回收技术.....	137
(六十) 循环氨水余热回收系统.....	139
(六十一) 硫酸低温热回收技术.....	141
(六十二) 基于向心涡轮的中低品味余能发电技术.....	143
(六十三) 高温热泵能质调配技术.....	145
(六十四) 油田污水余热资源综合利用技术.....	147
(六十五) 炼油加热炉深度节能技术.....	149
(六十六) 基于热泵技术的低温余废热综合利用技术.....	152
(六十七) 联碱工业煅烧余热回收应用于结晶冷却高效节能 技术及装置.....	154
(六十八) 高密度相变储能设备.....	156
(六十九) 带压尾气膨胀制冷回收发电技术.....	158
(七十) 水煤浆气化节能技术.....	160
(七十一) 基于物联网控制的储能式多能互补高效清洁太阳 能光热利用系统.....	162
(七十二) 薄膜太阳能新型绿色发电建材技术.....	165
(七十三) 焦炉正压烘炉技术.....	167
(七十四) 一种应用于工业窑炉纳米材料的隔热技术.....	170
(七十五) 高加载力中速磨煤机应用于燃煤电站百万机组的 技术.....	172
(七十六) 井下磁分离矿井水处理技术.....	175
(七十七) 工业煤粉锅炉高效低氮煤粉燃烧技术.....	178

(七十八) 工业加热炉炉内强化热辐射节能技术.....	180
(七十九) 气化炉湿煤灰掺烧系统设备.....	182
(八十) 高效工业富余煤气发电技术.....	185
(八十一) 水处理系统污料原位再生技术.....	187
(八十二) 固体绝缘铜包铝管母线.....	189
(八十三) 高效超净工业炉技术.....	192
(八十四) 软特性准稳定直流除尘器电源节能技术.....	194
(八十五) 快速互换天然气/煤粉双燃料燃烧技术.....	197
(八十六) 600MW 等级超临界锅炉升参数改造技术.....	199

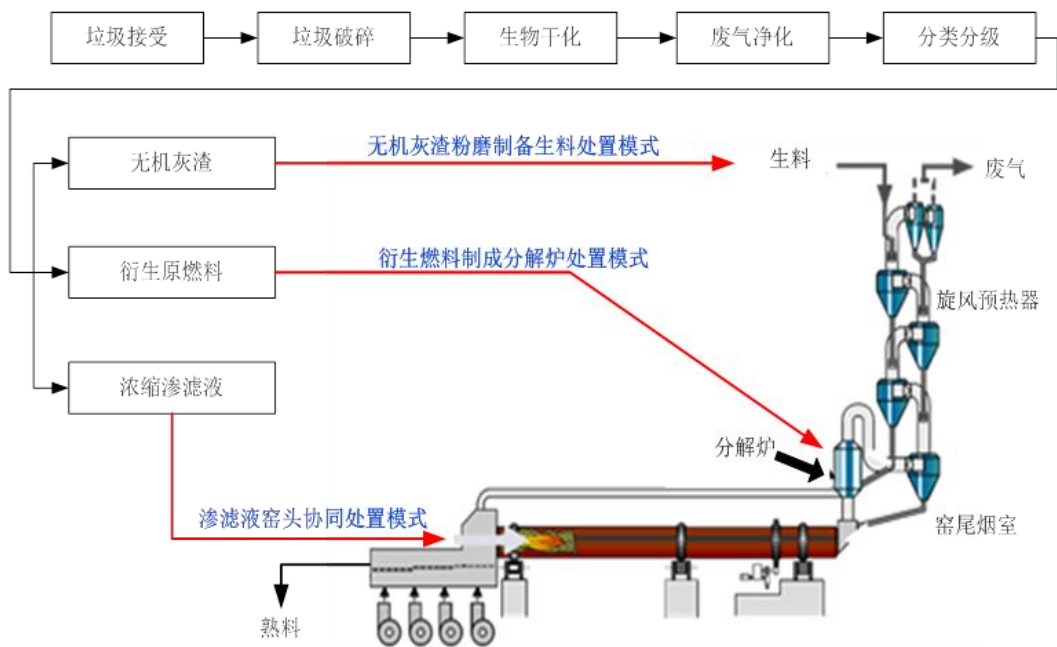
(一) 生活垃圾生态化前处理和水泥窑协同后处理技术

1. 技术适用范围

适用于水泥行业水泥窑协同处置垃圾领域。

2. 技术原理及工艺

利用垃圾中易腐败有机物的好氧发酵及通风作用，使混合垃圾的水分显著下降，实现生物及物理干化；通过滚筒筛、重力分选机、圆盘筛、除铁器等一系列机械分选装置，分选出垃圾中的易燃、无机物等，并进一步破碎，制成水泥窑垃圾预处理可燃物（CMSW）、无机灰渣等原料；水泥窑垃圾预处理可燃物（CMSW）、无机灰渣等原料经过一系列输送、计量装置，喂入新型干法水泥窑分解炉，替代部分燃煤、原料。工艺流程图如下：



3. 技术指标

(1) 生活垃圾生态预处理单线产能>1000t/d;

- (2) 万吨熟料生产线处置能力：2800t 生活垃圾/d;
- (3) 水泥烧成化石燃料替代率>50%;
- (4) 有机污染物去除率：99.9999%;
- (5) 二噁英排放量：<0.05 ng TEQ/Nm³;
- (6) CO₂减排率：375 kg/t 熟料;
- (7) 非 SNCR 的水泥窑减氮率：80%。

4.技术功能特性

(1) 水泥窑内烟气和物料温度分别达到 1750℃和 1450℃，更有利于垃圾的完全分解;

(2) 物料从窑尾到窑头总停留时间 > 30min，气体在高于 1300℃温度的停留时间>10s;

(3) 不产生炉渣，收集的粉尘可经过输送系统返回原料制备系统重新利用。

5.应用案例

华新水泥（信阳）生活垃圾预处理及水泥窑资源综合利用一体化项目。技术提供单位为华新水泥股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

华新水泥（河南信阳）有限公司水泥窑在未改造前，主要消耗燃料为煤炭，窑标准热耗为 800kcal/kg，经该技术改造后，热耗降低至约 595kcal/kg。

(2) 实施内容及周期

华新水泥（信阳）生活垃圾预处理及水泥窑资源综合利用一体化项目建设部分主要包括预处理工艺的各项处置系统，包括干化区、破碎设备、分选设备、渗漏液收集处置系

统、臭气收集处置系统等；以及水泥窑终端的协同处置，包括多点喂料系统改造、旁路防风系统改造等。

项目投产后，其日处置量随着信阳城镇化提升而逐年上升，已从 2015 年的 400 吨/天上升至目前的 900 吨/天，取得了显著的节能效果。实施周期 2 年。

(3) 节能减排效果及投资回收期

按垃圾日处置 950 吨计算，年处置 CMSW 量为 20.4 万吨，节约 5.1 万吨标煤，按每吨标煤 600 元估算，每年可节约煤炭费用 3057 万元。

综合年现金流入约 1365 万元，项目投资约 1 亿元，投资回收期约 7 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 15%，可形成节能 70 万 tce/a，减排 CO₂ 189 万 t/a。

(二) 高压力料床粉碎技术

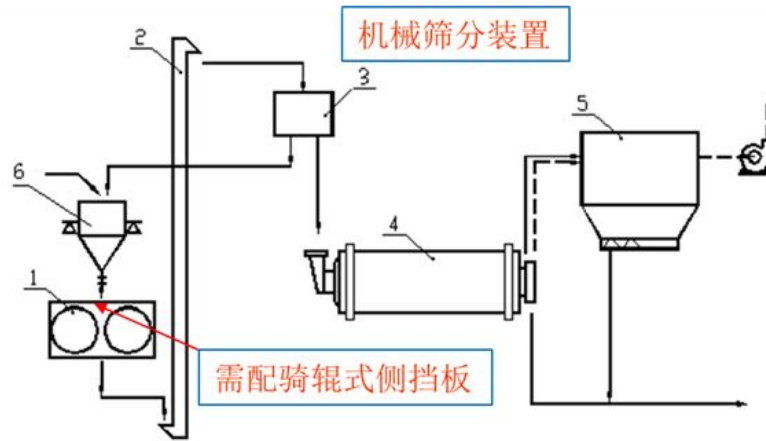
1.技术适用范围

适用于建材行业水泥粉磨领域。

2.技术原理及工艺

开发成套稳定料床的设备和装置（组合式分级机、“骑辊式”进料装置等）来解决入料中细粉含量较多时辊压机料床稳定性的问题，以增加辊压机的工作压力，从而提高其粉磨效率；同时通过对设备和系统的在线监测以及智能化控制

保障设备和系统按照既定方式运行，实现水泥粉磨的高效、低能耗、高品质的智能化生产。工艺装备如下图：



3.技术指标

- (1) 粉磨单产电耗降低 2 kW·h /t;
- (2) 水泥台产增加率 10~20%;
- (3) 熟料用量减少 0.5~1%。

4.技术功能特性

(1) 先筛选后风选的高压力粉磨系统及其配套的组合式分级机、骑辊式进料装置，保证通过的物料都受到充分挤压，降低了系统能耗，同时也解决了边缘漏料和辊子端面磨损问题；

(2) 辊压机粉磨智能控制系统实现生产过程无人智能优化控制，稳定产品质量，成品水泥质量波动幅值减小 80% 以上。

5.应用案例

合肥东华建材水泥粉磨生产线“二代水泥”技术改造项目。技术提供单位为合肥水泥研究设计院有限公司与中建材

(合肥)粉体科技装备有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

合肥东华建材集团股份有限公司两条 120 万吨水泥粉磨生产线，技术改造前水泥粉磨台产为 179.6 t/h，粉磨单产电耗为 26.38 kW·h /t。

(2) 实施内容及周期

采用高压高效带筛分装置的辊压机粉磨系统，配套骑辊式进料装置；采用智能润滑、辊面在线监测等技术进行辊压机装备和粉磨系统的智能化升级，生产参数进行实时智能化控制。

技术改造后，平均单产电耗 24.1 kW·h /t，较改造前下降 2.28 kW·h /t。实施周期 4 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

自 2017 年 1 月至 2018 年 12 月期间，该用户两条水泥粉磨生产线共生产 PO42.5 水泥 200 万吨，年节电量 456 万 kW·h，折合标煤约 1550.4t 标煤，按每吨标煤 600 元估算，每年可节约煤炭费用 93.1 万元。

该项目投资约 200 万元，同时去除节省熟料的费用，投资回收期约 6 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 30%，可形成节能 40 万 tcc/a，减排 CO₂ 108 万 t/a。

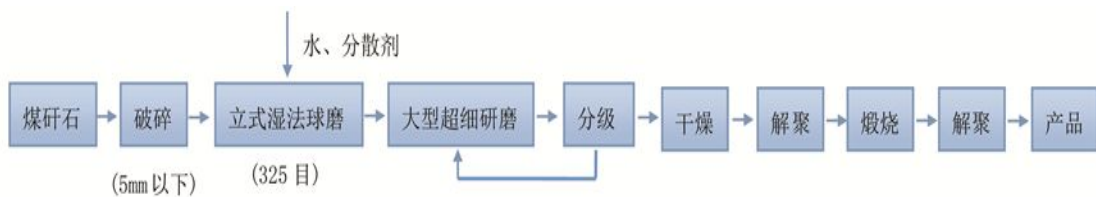
(三) 煤矸石固废制备超细煅烧高岭土技术与装备

1.技术适用范围

适用于非金属矿超细深加工制备微米级超细粉体功能材料领域。

2.技术原理及工艺

实现大规模化产业化的煤矸石加工超细煅烧高岭土成套技术与装备的开发，核心技术是原矿粉碎粉磨技术与装备、超细加工技术与装备、煅烧技术与装备等。煤矸石加工超细煅烧高岭土通常的生产工艺过程主要包括原矿破碎、粉碎、粉磨、配浆、超细研磨、干燥、解聚、煅烧、再解聚、成品包装等。工艺流程图如下：



3.技术指标

- (1) 单线年产能 10 万吨；
- (2) 吨产品磨矿电耗 120 kW·h、煤耗 290kg；
- (3) 产品细度最高能达 $-2\mu\text{m}$ 的占 90%以上，白度最高能达 96%，分散性低于 $45\mu\text{m}$ ，吸油值最高能达 100g/100g。

4.技术功能特性

- (1) 核心装备大型化，立式湿法球磨机取代传统干法粉磨设备，减少粉尘污染，采用超细研磨机，节能率约 30%；
- (2) 采用高浓浆料分级机，相比分级设备工艺简化、效率提升；

(3) 采用多炉膛立窑、内热式回转窑煅烧，高效节能。

5.应用案例

内蒙古超牌建材科技有限公司超细煅烧高岭土项目。技术提供单位为内蒙古超牌建材科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

年产能 10 万吨，吨产品磨矿电耗 120 kW·h，吨产品耗标煤 290kg。

(2) 实施内容及周期

新建超细煅烧高岭土生产线，安装、调试湿法球磨机、超细研磨机、高浓度浆料分级机和煅烧回转窑等设备。

建成后，吨产品磨矿可节电 80 kW·h 以上，煅烧、干燥等工序吨产品节约标煤 160kg。实施周期 6 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

年节约总电量约 800 万 kW·h、折合约 2720t 标煤，煅烧、干燥等工序节约标煤 1.6 万 t, 可形成综合节能 1.87 万 t 标煤，按每吨标煤 600 元估算，每年可节约煤炭费用 1122 万元。

该项目投资约 3795 万元，投资回收期约 3.4 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 15%，可形成节能 28 万 tce/a，减排 CO₂ 75.6 万 t/a。

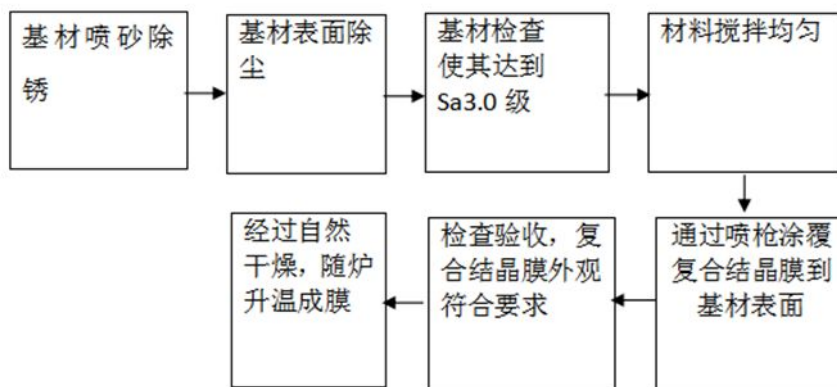
(四) 复合结晶膜

1.技术适用范围

适用于工业锅炉辐射受热面节能技术改造。

2.技术原理及工艺

复合结晶膜是一项表面工程材料技术，通过定制化配方，由特殊工艺加工制成，主要作用在基质材料表面，提升材料耐腐蚀、耐高温氧化、耐磨损及传热性能，从而达到提高生产率，降低生产成本的效果。应用复合结晶膜前，需要先对对基质材料表面进行预处理，使基质材料表面达到最高的 SA3.0 级，再把复合结晶膜浆料充分润湿基质材料表面。经干燥固化后，再随炉升温进行焙烧，形成致密的复合结晶膜。技术施工图如下：



3.技术指标

- (1) 发射率：0.93-0.95;
- (2) 结合强度：1 级;
- (3) 有效使用期：3-5 年。

4.技术功能特性

复合结晶膜为三层结构膜，内层保证足够强的附着力，中间层提高受热面的吸热能力以及刚度和强度，外层表面能

低，抑制积灰结渣。

5.应用案例

新疆广汇动力车间 600t 3#锅炉炉膛复合结晶膜项目。技术提供单位为北京希柯节能环保科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

新疆广汇动力车间的 600t煤粉锅炉，燃煤主要以褐煤为主，受煤种特性影响，炉膛受热面结焦严重，烟道受热面积灰严重，改造前每吨蒸汽能耗为 108kg标煤。

(2) 实施内容及周期

锅炉水冷壁、后屏过热器等受热面涂覆复合结晶膜。首先预处理（喷砂处理），使基材表面达到最高的SA3.0级，然后涂覆复合结晶膜，自然干燥，最后烘炉运行。

改造完成后，锅炉效率提升了 0.5%，每吨蒸汽能耗为 105kg标煤。实施周期 1 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

该用户年蒸汽需求量约在 250 万t，技术改造后可节约标煤 7500t，按每吨标煤 600 元估算，每年可节约煤炭费用 450 万元

该项目投资约 270 万元，投资回收期约 8 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 10%，可形成节能 15 万 tce/a，减排CO₂ 40.5 万 t/a。

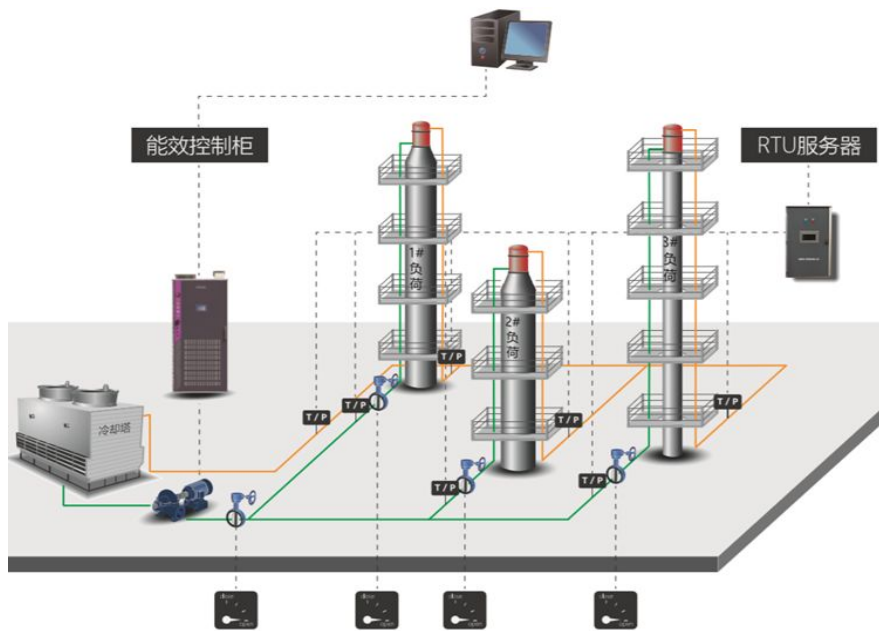
(五) 反重力工业冷却水系统综合节能技术

1.技术适用范围

适用于工业冷却水节能技术改造。

2.技术原理及工艺

将工业冷却水泵为了克服重力所产生的无效功耗，通过集成技术措施进行回收或利用。采用富余扬程释放技术、真空负压回收技术、系统流量匹配技术、冷却塔势能回收技术、功率因素提高技术，以安全高效生产为主线，进行系统能量利用效率优化提升，使冷却水系统运行过程与能量利用最佳结合。工业冷却水系统工艺总图如下：



3.技术指标

功率因素提高技术节能率 2~5%，富余扬程释放技术节能率 3~6%，系统流量匹配技术节能率 3~6%，负压真空回收技术节能率 4~7%，冷却塔势能回收技术节能率 3~6%，综合节能率达到 15~30%。

4.技术功能特性

(1) 实现对管网进行实时数据采集并进行大数据分析
及负荷变化自动跟踪;

(2) 采用“纵向同程”技术改善末端供水不足问题;

(3) 提高了电机功率因数。

5.应用案例

江苏天音化工股份有限公司。技术提供单位为江苏天纳
节能科技股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

用户现扬精溜塔装置最高 43m, 系统流量需求约为 2200
m³/h, 改造前全年电耗为 2401286 kW·h。

(2) 实施内容及周期

调试安装 200kW、185kW 的 FGGF 水泵能效控制柜, 水
泵出口处的阀门全开以释放扬程, 安装冷却塔 RTU 控制箱,
利用昼夜温差和湿度控制差自动调整至最佳风电比高效点,
安装 WISDOM 管理平台, 将水泵能效控制柜、冷却塔 RTU
控制箱进行集中管理。

改造后, 水泵扬程降低 15.5%, 全年电耗为 2041093
kW·h。实施周期 2 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后, 全年节约总电量约 37 万 kW·h, 折合标煤 126t,
电费以 0.75 元/度计算, 每年节约电费 27 万元。

该项目投资约 65 万元, 投资回收期约 2.5 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年, 推广应用比例可达到 20%, 可形成节能

6.8 万tce/a，减排CO₂ 18.36 万t/a。

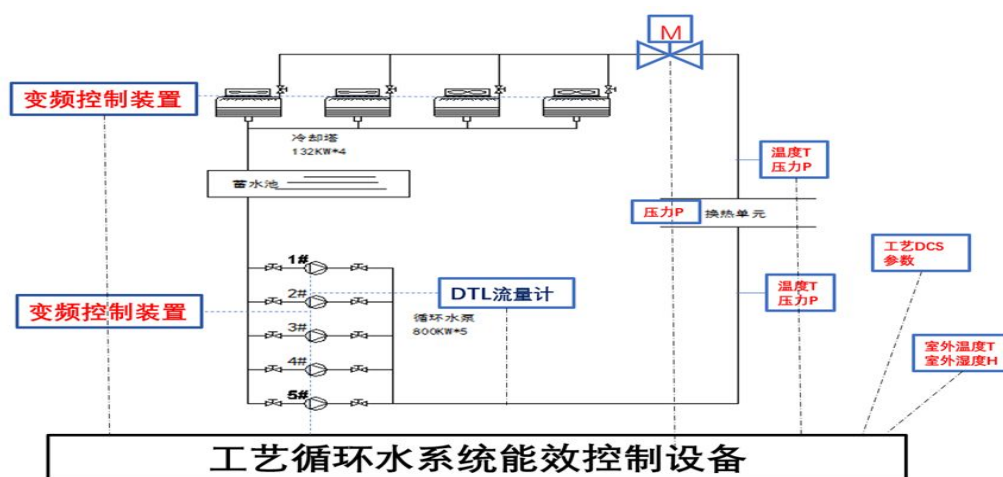
（六）工艺冷却水系统能效控制技术

1.技术适用范围

适用于工业冷却水节能技术改造。

2.技术原理及工艺

通过实时测定循环水末端生产负荷变化、室外气象条件、循环水管网阻抗系数变化及耗能设备运行工况等相关参数，以满足生产热交换需求为控制目标，自动寻优最佳工况点。通过PID调节控制循环水系统中水泵、冷却塔、阀门等部件的运行参数和组合方式，在保证工艺需求的前提下达到系统整体能耗最低，从而实现节能效益的最大化。系统工作原理图如下：



3.技术指标

- (1) 系统整体节电率 25-70%；
- (2) 冷却水供水温度精确控制，水温波动 $< \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；

(3) 减少冷却塔漂水 50%以上。

4.技术功能特性

(1) 自动运行，通过智能化监控和大数据分析，实现早期预警，进一步提高系统安全性；

(2) 实时检测机泵工作点和系统运行参数，按需供水，保证系统高效率；

(3) 与企业生产 DCS 系统的数据共享，实现“提前”、“精准”控制。

5.应用案例

山东荣信集团有限公司化产循环水改造项目。技术提供单位为淄博百时得能源环保科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

用户循环水系统包括两级冷却过程，日常运行包括各类高低压水泵 6 台(其中部分水泵已进行节能泵改造)，132kW 冷却塔风机 6 台。改造前，整个系统年耗电量约 1965 万 kW·h。

(2) 实施内容及周期

所有在用水泵增加变频器并加专用流量计，对水泵进行调速及计量；所有冷却塔风机增加变频器调速，对风机进行调速；增加传感器若干，增加电动调节阀，增加和 DCS 系统通信的设备及智能控制平台。

改造完成后，整个循环水系统实现全自动运行，全年耗电量约 1415 万 kW·h，平均节电率达到 28%。实施周期 4 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后，全年节约总电量约 550 万 kW·h，折合标煤 1870t，按电费 0.65 元/kW·h 计算，每年可节约电费 357.5 万元。

该项目投资约 590 万元，投资回收期约 19 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 10%，可形成节能 10 万 tce/a，减排 CO₂ 27 万 t/a。

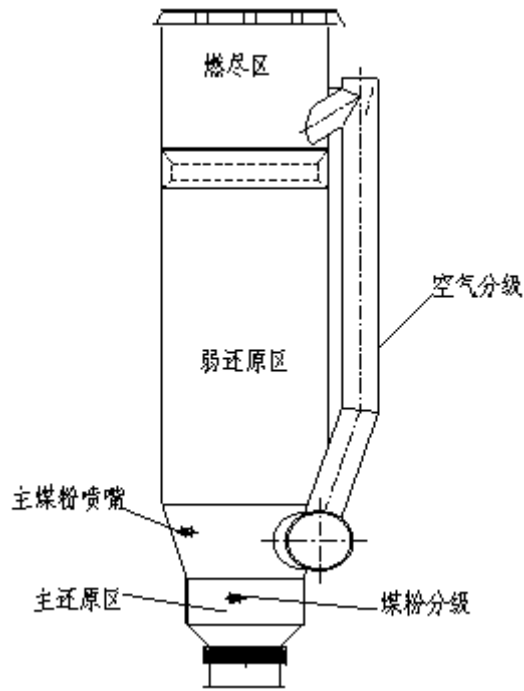
（七）带分级燃烧的高效低阻预热器系统

1.技术适用范围

适用于水泥行业预热器节能改造。

2.技术原理及工艺

通过窑尾烟气在预热器系统对生料进行换热预热，在分解炉对预热后的生料进行碳酸钙分解，减轻回转窑负担，提高系统产量；通过撒料台、预热器结构优化设计，提高预热器换热效率，降低预热器阻力；通过多级换热，提高热回收效率；通过分解炉分级燃烧技术设计，降低窑尾烟气氮氧化物排放；通过集成创新，实现物料分散、气流速度降低、多级预热、分级燃烧，实现预热器系统的高效低阻，进而降低熟料烧成系统煤耗与电耗。分级燃烧分解炉设计图如下：



3.技术指标

- (1) 废气温度 $\leq 310^{\circ}\text{C}$ (五级), $\leq 260^{\circ}\text{C}$ (六级);
- (2) 降耗 2kg标煤/t.cl (五级), 4kg标煤/t.cl (六级);
- (3) 出口 $\text{NO}_x < 400\text{mg}/\text{m}^3$;
- (4) 系统阻力 $< 5200\text{Pa}$ 。

4.技术功能特性

- (1) 高效低阻预热器, 提高旋流速度、降低进口风速, 提高换热效率;
- (2) 低氮型分解炉, 三次风采用喷旋结合, 提高燃烬率、分解率、容积利用率;
- (3) 分级燃烧, 降低 NO_x , 减少下部结皮。

5.应用案例

泰安中联水泥有限公司 5000t/d 新型干法水泥 (暨世界低能耗示范线) 工程。技术提供单位为南京凯盛国际工程有

限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

该项目为新建项目，目前国内生产线熟料烧成工段能耗为标煤 107kg/t.cl。

(2) 实施内容及周期

泰安中联水泥有限公司 5000t/d 新型干法水泥（暨世界低能耗示范线）工程，是中国建材集团打造的世界级低能耗示范工程，由南京凯盛国际工程有限公司负责总包，由南京凯盛开发设计，采用“高效低阻六级预热器+带脱氮功能高效分解炉”技术。

项目建成后，生产线能耗为标煤 95 kg/t.cl，预热器系统可节电 1.5 kW·h/t 熟料。实施周期 1 年。

(3) 节能减排效果及投资回收期

按年产 155 万吨熟料计算，预热器系统年可节电 232.5 万 kW·h，按电费 0.6 元/kW·h 计算，每年可节约电费 139.5 万元；生产线年可节标煤 6200t，按每吨标煤 600 元估算，每年可节约煤炭费用 372 万元，则可实现 511.5 万元的经济收益。

该项目投资约 2000 万元，投资回收期 3.9 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 5%，可形成节能 28 万 tce/a，减排 CO₂ 75.6 万 t/a。

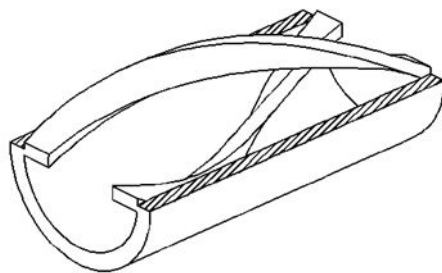
(八) 新型扭曲片管强化传热技术

1. 技术适用范围

适用于乙烯裂解炉、各种炼油管式炉和高压锅炉等传热节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

按照普朗特边界层理论，流体在裂解炉辐射段炉管内流动时，在靠近管壁的位置存在流动边界层和温度边界层。边界层的热阻较大，裂解炉管传热效率显著降低，同时由于边界层的存在，使得炉管结焦速率增大，裂解炉运行周期缩短。裂解炉辐射段炉管安装扭曲片管段后，管内流体的流动形式由活塞流转变为旋转流，对炉管内壁形成强烈冲刷作用，大幅度减薄了边界层厚度，增大了辐射段炉管总传热系数，从而降低了炉管管壁温度，降低了结焦速率，延长了裂解炉运行周期，降低了能耗，新型扭曲片强化传热管的结构图如下：



3. 技术指标

- (1) 裂解炉辐射段炉管管壁温度下降 20℃ 以上；
- (2) 裂解炉周期延长 50% 以上；

(3) 燃料用量下降约 0.5%。

4.技术功能特性

(1) 强化传热，炉管传热效率提高 30%；

(2) 降低热应力达 60%以上，提高扭曲片管在高温下的稳定性，延长炉管使用寿命；

(3) 降低结焦速率，同时降低由于焦层脱落导致的炉管堵塞的概率。

5.应用案例

中沙（天津）石化有限公司 SL- I 裂解炉改造项目。技术提供单位为中国石油化工股份有限公司北京化工研究院。

(1) 用户用能情况简单说明

用户拥有 11 台裂解炉，年产乙烯为 100 万吨，乙烷炉燃料量为 4501kg/h，LPG 炉的燃料量为 5935kg/h，轻烃炉的燃料量为 5357kg/h，石脑油炉 5671kg/h，加氢尾油炉燃料量为 5693kg/h，燃料消耗巨大，具有较大的节能空间。

(2) 实施内容及周期

2016 年 1 月-2018 年 12 月，中沙（天津）石化有限公司先后在 BA102/103/104/107/108/109/111 共计 7 台裂解炉上应用了新型扭曲片管强化传热技术，主要为裂解炉炉管加装新型扭曲片强化传热管。

实施周期 3 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

a.节约烧焦费用

每台裂解炉每年节约烧焦至少 2 次，每次烧焦费用约需

27 万元，2016 年 2 台节约 108 万元，2017 年 3 台节约 162 万元，2018 年 7 台节约 378 万元，共 648 万元。

b. 节省燃料费用

在裂解炉生产负荷不变的情况下，裂解炉可节省 0.5% 的燃料，平均每万吨乙烯节约燃料费用约 7 万元，2016 年节省 140 万元，2017 年节省 210 万元，2018 年节省 490 万元，共 840 万元，折合标煤约 10000t，年节约标煤 3500t。

c. 增加产值

2016 年增产 3600t（乙烯+丙烯）利润 360 万元，2017 年增产 5400t（乙烯+丙烯）利润 540 万元，2018 年该技术增产 12600t（乙烯+丙烯）利润 1260 万元，共 2160 万元。

项目近三年共产生经济效益合计为 3648 万元，总投入为 860 万元，投资回收期 8 个月。

6. 未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 50% 左右，可形成节能 10.5 万 tce/a，减排 CO₂ 28.35 万 t/a。

（九）智能连续式干粉砂浆生产线

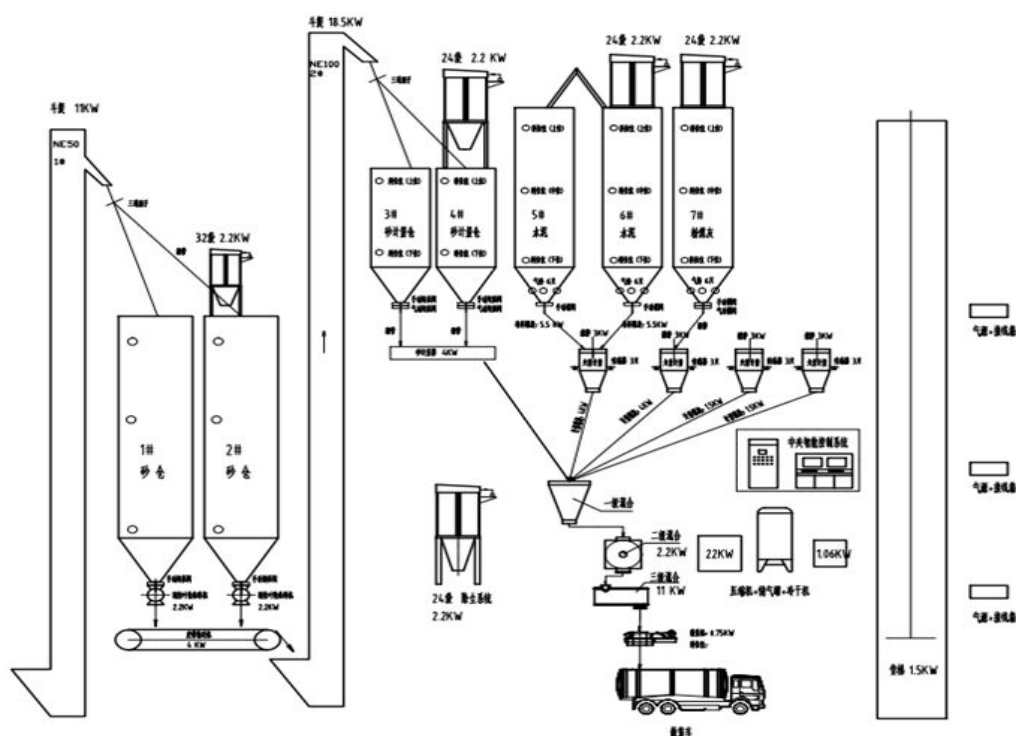
1. 技术适用范围

适用于建材行业的干粉砂浆生产领域。

2. 技术原理及工艺

运用计算机系统智能控制，根据砂浆配方不同将各种物料按比例连续下料，利用物料的自重，通过特殊设计的动态计量系统、三级搅拌系统及计算机控制系统，实现了连续下

料、连续搅拌、连续出料。系统采用光控传感器对系统电机运行情况进行实时监控，传感器将电机运行数据转化为信号发送至系统控制中心，确保系统运行在可控范围之内，保证了产品的质量，提高了整体工作效率。生产工艺流程如下：



3.技术指标

- (1) 产量 ≥ 80 T/H;
- (2) 混合机总功率 13.2kW;
- (3) 骨料计量精度 $\pm 0.5\%$;
- (4) 粉料计量精度 $\pm 0.5\%$;
- (5) 粉尘排放标准 $\leq 10\text{Mg}/\text{m}^3$;
- (6) 耗电量 ≤ 1 kW·h /t.

4.技术功能特性

- (1) 采用自主设计的收尘系统，真正做到无粉尘排放;

- (2) 管理模式为智能化、信息化的管理;
- (3) 解决了砂浆的离析问题,提高了产品质量。

5.应用案例

南通邦顺建材科技发展有限公司项目。技术提供单位为江苏晨日环保科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

用户年产 30 万 m³ 混凝土砌块,原有 1 条传统间歇式的干粉砂浆生产线,时产量只有 40t,每吨砂浆耗电在 5.5 kW·h,能耗大,设备故障率高,维护维修不方便。

(2) 实施内容及周期

在现有厂区内新建一条智能连续式干粉砂浆生产线(ZY-LX80 型),配计算机智能控制系统,时产量 80t 以上,生产时正常运转电机只有 36.8kW,其中搅拌功率仅有 13.2kW,其余电机都是间歇运转,每吨砂浆耗电仅有 0.93 kW·h。

实施周期 4 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后,按生产每吨砂浆可节约用电 4.57 kW·h,年产约 48 万 t 砂浆,则年可节约用电 219.4 万 kW·h,折合标煤 746t,按 0.9 元/kW·h 工业用电算,节约电费 197.5 万元。

该项目投资约 375 万元,投资回收期约 23 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年,推广应用比例可达到 40%,可形成节能

(3) 外接蒸汽压力 0.35MPa。

4.技术功能特性

- (1) 节能节水，热量多次循环利用，综合节能 25%；
- (2) 降低外接蒸汽压力，有效降低了操作温度和压力；
- (3) 采用回收塔工艺，提高了酒精质量。

5.应用案例

临沂金沂蒙生物科技公司酒精生产线项目。技术提供单位为肥城金塔酒精化工设备有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

该项目属于新建项目，目前酒精生产行业的吨优级酒精蒸汽消耗平均能耗约为 2.4t。

(2) 实施内容及周期

新建 360 吨/日优级酒精生产线，建设八塔：常压醪塔、负压醪塔、稀释塔、脱甲醇塔、排醛塔、正压精塔、负压精塔、回收塔，最大限度的降低塔与塔之间的加热温差，降低操作温度和压力，可以使用低品位蒸汽进行加热，较五塔差压工艺技术综合节能 25%以上。

项目新建完成后，吨优级酒精消耗蒸汽 $\leq 1.8t$ ，一次水消耗 2.3 吨。实施周期 5 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

按正常运行时间为 300 天，年产酒精 108000t，每吨优级酒精节约蒸汽 0.6t，年节约总蒸汽量为 64800t；蒸汽以 180 元/t 计算，每年可节约蒸汽费用 1166.4 万元；每吨酒精节约 0.7t 一次水，年节约一次水 75600t，水以 5 元/t，每年可节约

水费 37.8 万元；蒸汽折标准煤系数为 0.0929tce/t，节约的蒸汽折合标煤 6020t，按每吨标准煤 600 元估算，节约费用为 361.2 万元。

该项目综合年节能效益 1565.4 万元，总投入 1960 万元。投资回收期约 15 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 40%，可形成节能 29 万 tce/a，减排 CO₂ 78.3 万 t/a。

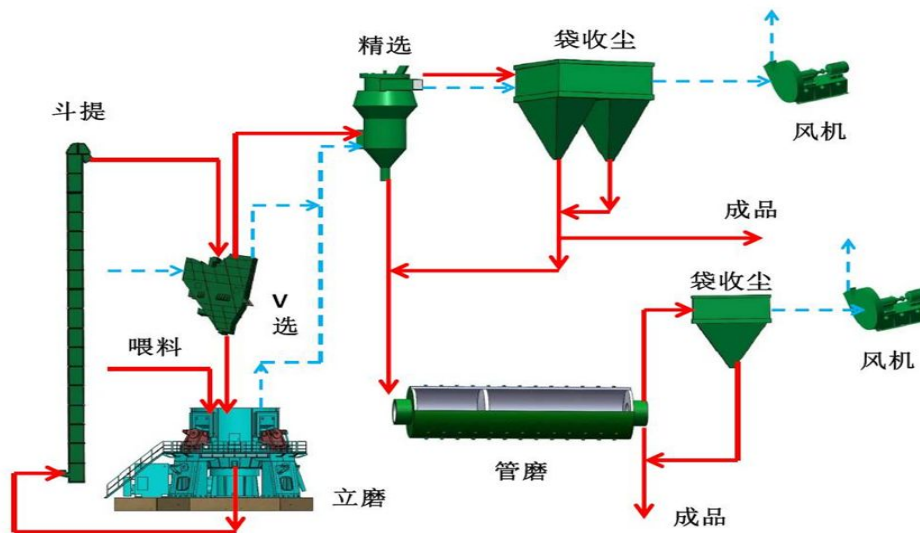
(十一) 水泥外循环立磨技术

1.技术适用范围

适应于水泥粉磨领域。

2.技术原理及工艺

物料自立磨中心喂料、落入磨盘中央，转动的磨盘将物料甩向周边，在加压磨辊与磨盘之间进行物料研磨，研磨后的物料经过立磨刮料板刮出立磨，自卸料口卸出，出立磨物料经过斗提机喂入选粉系统与球磨机系统，可与球磨机配置成预粉磨或联合粉磨、半终粉磨，也可配置成终粉磨系统。工艺流程图如下：



3.技术指标

(1) 水泥预粉磨或联合系统工序电耗 26~29 kW·h /t; 半终粉磨系统 25~28 kW·h /t; 立磨终粉磨系统 23~26 kW·h /t;

(2) 立磨单位处理量电耗 2.5~3.0 kW·h /t, 单位成品立磨电耗 8-9.5kWh/t(与球磨机联合)、17~19kW·h/t(终粉磨);

(3) 出立磨成品 45 μ m 以下 18~27%;

(4) 耐磨材料寿命 8000h 以上。

4.技术功能特性

(1) 节能降耗, 外循环立磨系统阻力降低 4000Pa 以上, 系统风机节电 40%以上, 系统电耗降低 3 kW·h /t 以上。

(2) 水泥需水性降低, 水泥性能优越。

5.应用案例

鲁南中联水泥有限公司水泥磨技改项目。技术提供单位为南京凯盛国际工程有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

改造前厂里原三台水泥球磨机闭路系统磨，台时产量约 60t/h，粉磨电耗 38 kW·h /t。

(2) 实施内容及周期

对其中 1 台水泥磨进行替换改造，新建 1 套外循环立磨终粉磨系统，采用“外循环立磨+V 选+精选+收尘器+风机”组成外循环立磨终粉磨系统，选粉机置于立磨外，采用机械提升喂料降低系统阻力，投运后生产 PO42.5 水泥台时产量约 170t/h，工序电耗约 24 kW·h /t，吨水泥电耗降低 14 kW·h /t，年增产水泥 80 万 t。

实施周期 10 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后，年节电 1680 万 kW·h，折合标煤 5712t，按照 0.6 元/kW·h 电价计算，年节约费用 1008 万，按水泥利润 20 元/t 计算，年增产的 80 万 t 水泥利润 1600 万。

该项目综合年节能效益合计为 2608 万元，总投入为 4500 万元。投资回收期约 20 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 15%，可形成节能 20 万 tce/a，减排 CO₂ 54 万 t/a。

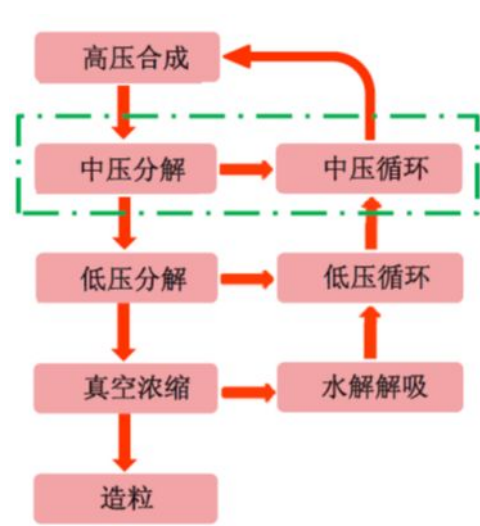
(十二) 高效低能耗合成尿素工艺技术

1.技术适用范围

适用于合成氨、尿素行业节能技术改造。

2.技术原理及工艺

尿素合成的原料为液氨和CO₂气体，液氨和CO₂在高压下反应先生成氨基甲酸铵（简称：甲铵），甲铵再经过脱水生产尿素。生成甲铵和甲铵脱水生成尿素的反应均为可逆反应，转化率受反应条件影响，一般不超过75%，因此需要对未反应物进行分离回收，通过设置中、低压系统实现。要生产颗粒尿素，需要将尿液浓缩到96%以上才能造粒，同时为了控制副产物缩二脲的生成，尿液浓缩需要在真空条件下进行操作，同时对工艺冷凝液进行处理，处理后的净化工艺冷凝液作为锅炉给水回收利用。工艺流程简图如下：



3.技术指标

- (1) 吨尿素耗原料液氨 568 kg;
- (2) 吨尿素耗原料 CO₂ 735 kg;
- (3) 循环水耗 70t;
- (4) 吨尿素耗电 25 kW·h;
- (5) 吨尿素耗蒸汽 750kg。

4.技术功能特性

(1) 全冷凝反应器提高副产蒸汽的品位，分级利用蒸汽及蒸汽冷凝液，降低蒸汽消耗、降低了循环冷却水消耗；

(2) 装置投资最低，与引进的同规模装置相比，至少低 20%；

(3) 高压设备可以全部国产，后期维护费用低。

5.应用案例

山东华鲁恒升化工股份有限公司肥料功能化项目。技术提供单位为中国五环工程有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

改造前为传统水溶液全循环法尿素装置，由于水溶液全循环法尿素技术过于落后，所以在本案例中本技术的比较对象是传统 CO₂ 汽提法尿素工艺。传统 CO₂ 汽提法尿素工艺吨尿素蒸汽消耗约 1000kg、电耗 23 kW·h、循环水耗 75t。

(2) 实施内容及周期

置换 2 套传统水溶液全循环装置，改建 CO₂ 压缩机系统、外管廊、尿素主装置、造粒塔、栈桥、包装楼、变电所、机柜间、循环水站、汽车站台和火车站台等。

实施周期 25 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后，吨尿素 2.4MPaG 饱和蒸汽消耗节约 250kg、电耗高 2 kW·h、循环水号低 5t。每年按满负荷生产(100 万吨)，年节省蒸汽 25 万 t、增加电耗 200 万 kW·h、节约循环水 500 万吨，节约的中压蒸汽减去增加的电耗折合标煤 3.15 万吨。按中压蒸汽价格为 130 元/吨，电价按 0.5 元/kW·h 计算，循

环水按 0.2 元/t 计算，年可水电汽节约费用为 3250 万元。

该项目综合年节能效益合计为 3250 万元，节能改造部分总投入为 6000 万元。投资回收期约 22 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，在机床行业推广应用可达到 16%，可形成节能 84 万 tce/a，减排 CO₂ 226.8 万 t/a。

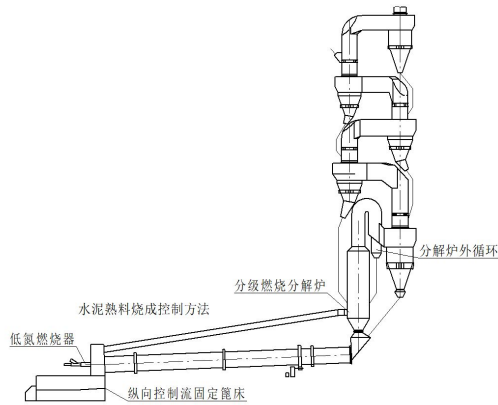
（十三）水泥熟料节能降氮烧成技术

1.技术适用范围

适用于水泥行业新型干法水泥熟料煅烧领域。

2.技术原理及工艺

分解炉系统采用“分解炉鹅颈管”结构的“再循环”技术和分级燃烧技术，提升煤粉燃尽率及出分解炉物料的分解率，降低回转窑内的热负荷，强化分解炉内的热稳定性，降低有害气体的排放量；通过戴“非金属材质拢焰罩”的低氮燃烧器及纵向控制流固定床，提高熟料的质量和整机的冷却效率，采用精密系统优化控制技术，使各项工艺结构的性能得到充分发挥，实现系统稳定运行。主要装备工艺图如下：



3.技术指标

- (1) 熟料热耗在原有指标下降低 10-15kgce/tcl;
- (2) 熟料综合电耗降低 3-5 kW·h /tcl;
- (3) 氨水用量比原来减少 50-70%。

4.技术功能特性

低 NO_x 排放，通过较低的一次风量（6%以下）和减少火焰的最高温度点，通常一般的低氮燃烧器可以降低氮氧化物生成量 4-10%。

5.应用案例

中国建材集团中材甘肃水泥有限公司改造项目。技术提供单位为淄博科邦热工科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

改造前，实际产量 5100t/d，喂料量 350t/h，窑头耗煤量 12~14t/h、窑尾耗煤量 21~24t/h，氮氧化物排放浓度 645~775mg/m³。

(2) 实施内容及周期

新增分解炉外循环、分解炉优化改造、窑头更换低氮燃烧器、优化热器、采用配套的操控技术。

改造后，喂料量 352.4t/h，窑头耗煤量 11-13t/h、窑尾耗煤量 19-21t/h，氮氧化物排放浓度 332~365mg/m³。实施周期 3 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后年可以节约标煤 15900t，按每吨标准煤 700 元估算，节约费用为 1113 万元。

该项目节能效益合计为 1113 万元，总投入为 790 万元，投资回收期约 9 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能 198 万 tce/a，减排 CO₂ 534.6 万 t/a。

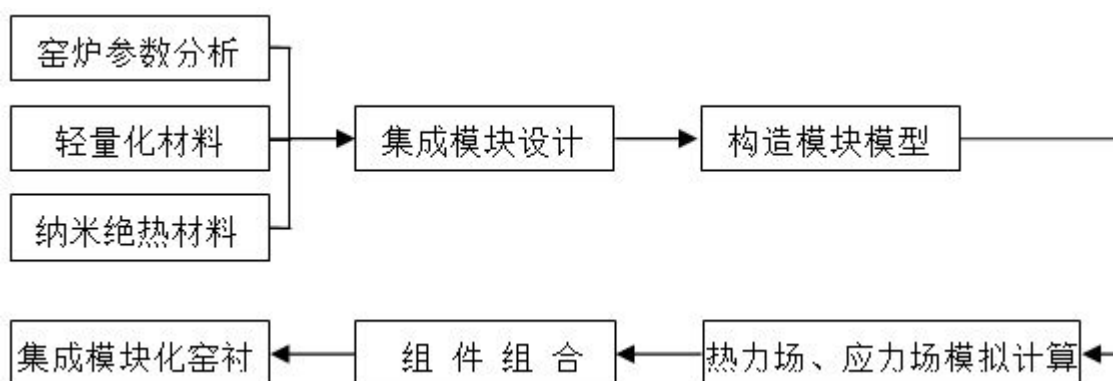
(十四) 集成模块化窑衬节能技术

1.技术适用范围

适用于建材行业回转窑节能技术改造。

2.技术原理及工艺

通过原位反应技术，开发以微气孔为主、气孔孔径可控的合成原料；以合成原料为基础，通过生产工艺控制，开发轻量化产品。在减轻材料重量的同时，提高了耐火材料强度、耐侵蚀性和抗热震性能；将轻量化耐火制品、纳米微孔绝热材料分层组合在一起，巧妙地利用不同材料的导热系数，将各层材料固化在其各自能够承受的温度范围内，保证使用效果和安全稳定性。设计与制备工艺流程如下：



3.技术指标

(1) 镁铝尖晶石材料体积密度 $\leq 2.75\text{g/cm}^3$, 导热率(1000℃) $\leq 2.90\text{W/m}\cdot\text{k}$;

(2) 窑衬重量减轻 15%以上;

(3) 筒体表面温度降低 90-130℃。

4.技术功能特性

(1) 材料体积密度降低了 10%，导热率有一定程度的降低，节约稀有资源;

(2) 以轻量化材料为基础，通过结构各种优化有效避免了使用过程中因温度过高造成的材料失效;

(3) 智能化生产和自动化装配，实现了多层材料的精准复合制备，提高了集成模块在回转窑内的高效安全运输和自动化转配效率。

5.应用案例

洛阳中联水泥有限公司 5000t/d水泥窑改造项目。技术提供单位为河南瑞泰耐火材料科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

洛阳中联水泥有限公司 5000t/d水泥生产线，标准煤耗 101.7kg/t。

(2) 实施内容与周期

全窑采用集成模块化窑衬节能技术改造，对水泥生产线的其他部分包括水泥预热器、分解炉、三次风管、窑头罩、篦冷机采用集成模块化窑衬节能技术进行了系统改造。

改造完成后，相比原来内衬总重量减轻 122t，减轻 18.7%，烧成带温度下降 100~130℃，过渡带温度下降 100~130℃，回转窑主机电流下降了 250~300A，熟料综合电耗降低 1.5 kW·h/t、标煤耗降低了 3kg/t。实施周期 8 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

1) 年节电量

以年产 180 万吨水泥熟料、年可节约 270 万 kW·h，折合标煤 918t，电费以 0.65 元/度计算，每年可节约电费 175.5 万元；熟料标煤耗降低可节约 5400tce，吨标煤以 650 元计算，每年可节约燃煤费 351 万元。

该项目共可节约标煤 6318t，综合年节能效益 526.5 万元，总投入为 443 万元，投资回收期为 11 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 28%，可形成节能 168 万 tce/a，减排 CO₂ 453.6 万 t/a。

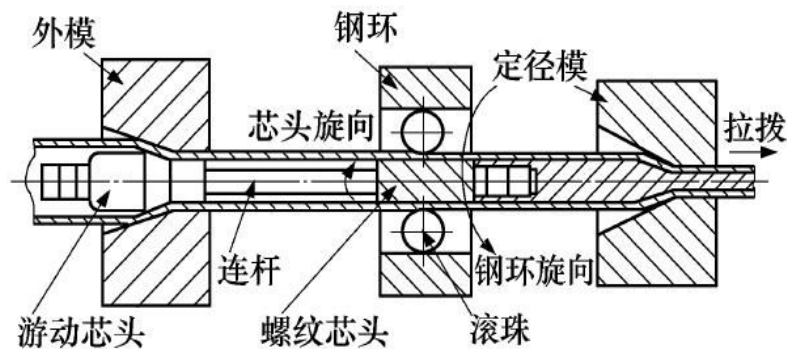
(十五) 大螺旋角无缝内螺纹铜管节能技术

1.技术适用范围

适用于有色金属加工领域。

2.技术原理及工艺

采用有限元模拟软件，分别建立了三辊行星轧制再结晶过程、高速圆盘拉伸状态模型、内螺纹滚珠旋压成形过程中减径拉拔道次、旋压螺纹起槽道次和定径道次及旋压变形三个道次的有限元模型，研发了一套基于铜管制造设备、工艺技术特点和生产实际的大螺旋角高效内螺纹铜管生产技术，以实现 45° 螺旋角以内任意规格的内螺纹铜管工艺与模具的智能化设计。工艺路线如下：



3.技术指标

- (1) 螺旋角可达 27° 以上，比同类产品提高 9° 以上；
- (2) 米克重降低 1.9%左右；
- (3) 冷凝传热系数提升 17%；
- (4) 应用到空调系统中制冷量提高 2%，电能节约 5%。

4.技术功能特性

- (1) 工艺成熟稳定，产品综合成品率在 82%以上；
- (2) 米克重小，降低了热交换器中铜管的使用量；
- (3) 内螺纹管内接触面大热导率高，换热效率高。

5.应用案例

美的集团适配大螺旋角内螺纹铜管热交换器项目。技术

提供单位为江西江铜龙昌精密铜管有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

原空调换热器的能耗较高。

(2) 实施内容与周期

将大螺旋角内螺纹铜管 $\Phi 7 \times 0.24 \times 0.15 \times 30 \times 54$ 应用于空调换热器，替换原有产品，在对原有设备、工艺进行改造，大幅提高制冷剂的换热系数。

实施周期 18 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

从 2015 年 1 月至 2019 年中，总量为 4.3 万吨，平均年产 1.23 万吨，年供应空调 840 万套，结合美的报告《美的变频空调大力促进国家节能减排》报告数据得出：

每万套空调年节省用电 0.02297 亿 kW·h，年供应大螺旋角内螺纹铜管 1.235 万吨，单台所需空调 1.47kg，美的公司共供应空调 840 万套，省电 5%，一年按 3 个月使用计算， $0.02297 \text{ 亿 kW}\cdot\text{h} / \text{年} \times 840 \text{ 万套} / \text{年} \times 5\% \approx 9600 \text{ 万 kW}\cdot\text{h} / \text{年}$ ，折合标煤约 3.264 万 t，按每度电 0.49 元计算，节约电费 4320 万。

由于本项目的节能收益最终享有者是消费者，故没有标准测算节能投资回收期。

6. 未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 40%，可形成节能 15 万 tce/a，减排 CO₂ 40.5 万 t/a。

(十六) 钛白联产节能及资源再利用技术

1. 技术适用范围

适用于化工行业钛白粉生产领域。

2. 技术原理及工艺

采用钛白粉生产工艺对蒸汽的需求与硫酸低温余热回收生产蒸汽并发电的工艺技术紧密结合进行联合生产，同时将钛白粉与钛矿、钛渣混用技术以及连续酸解的工艺技术、钛白粉生产 20% 的稀硫酸的浓缩技术与硫酸铵及聚合硫酸铁的工艺技术、钛白粉生产系统 20% 的稀硫酸的钒金属的技术、钛白粉生产水洗过程低浓度酸水与建材产品钛石膏的工艺技术等有机的联系起来，形式一个联合生产系统，从而实现资源最大利用。

3. 技术指标

- (1) 锐钛型钛白粉综合单耗 606kgce/t;
- (2) 金虹石型钛白粉综合单耗 760kgce/t;
- (3) 钛收率不低于 87%。

4. 技术功能特性

- (1) 可将酸解效率提高到 98% 以上，提高钛收率 90% 以上;
- (2) 膜洗涤及水循环利用可将生产用水量降低至 3.6t/t 钛白粉;
- (3) 降低固废“黄石膏”排放量 70% 以上。

5. 应用案例

山东东佳集团股份有限公司改造项目钛白联产，技术提

供单位为山东东佳集团股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

生产综合能耗（标煤）1.15tce/t。

(2) 实施内容与周期

硫酸生产工序增加硫酸低温余热回收装置 1 套，MW 发电机组 1 套；酸解反应工序改造连续酸解反应器 8 套，使用用磁选机装置 1 套；水洗工序安装膜洗涤系统 4 套；浓缩、闪蒸工序安装微热管高效换热系统 4 套；建设废酸提抗系统一套；建设酸性废水回收系统一套，高含盐废水回收系统一套，中水回用系统一套。

实施周期 2 年。

(3) 节能减排效果及投资回收期

年节约标煤 15761t，按 650 元/t 算，节约 1024.5 万元

年节水 1803 万t，按 3.15 元/t 算，节约 5679.5 万元

年余热产蒸汽量 46 万t、年发电 1825 万kW·h，蒸汽按 110 元/t、电价按 0.65 元/kW·h，计产生效益 6246.3 万元。

该项目综合年节能效益 12950.3 万元，总投入为 48971.2 万元，投资回收期 3.8 年。

6. 未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 50%，可形成节能 238 万tce/a，减排CO₂ 642.6 万t/a。

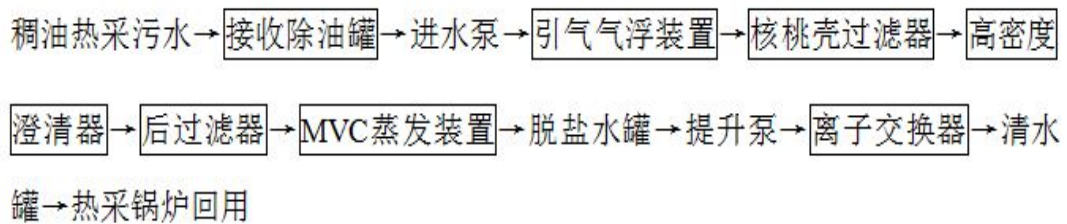
(十七) 高温高盐高硬稠油采出水资源化技术

1. 技术适用范围

适用于石化行业水处理领域。

2.技术原理及工艺

针对稠油采出水的资源化处理而开发，通过MBF微气泡气浮、核桃壳除油除悬浮物，高密度悬浮澄清器除硅，MVC蒸发脱盐，树脂软化，最后得到高品质产品水应用于注汽锅炉。工艺流程如下：



3.技术指标

(1) 水质指标

总硬度 0、TSS ≤ 2 mg/L、总铁 ≤ 0.05 mg/L、矿化度 < 50 mg/L、总碱度 < 30 mg/L、含油 < 1 mg/L、SiO₂ < 10 mg/L、pH7.5-11.0;

(2) 水温 $> 67^{\circ}\text{C}$;

(3) 节电率 10 ~ 60 %。

4.技术功能特性

(1) 密闭微压控制，提高了分离效率；

(2) 可以根据水质调整药剂配方，降低多种离子的成垢性；

(3) 蒸发段吨水能耗低于 10kW·h。

5.应用案例

中石化新疆新春石油开发有限责任公司春风油田项目。

技术提供单位为新疆宝莫环境工程有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

该项目采用蒸汽驱注采，用能用水设备为湿蒸汽发生器，湿蒸汽发生器为 130 t/h 循环流化床锅炉，日产蒸汽 14000 m³，年预计蒸汽注入量 490 万 t，年产出污水 389 万 t，年燃煤消耗量 25.2 万 t。

(2) 实施内容与周期

建设一座产品水规模 5000 m³/d 的稠油热采污水资源化处理站，以采出含油污水为原水，深度处理达到注汽锅炉用水标准，产品水全部回用油田开发注汽。建设工艺生产设施、辅助生产设施、配套工程设施等，主要有 1 组 MVC 处理设施、2 个罐区、轻钢结构厂房、预处理厂房、离子交换厂房和空压机房、以及加药系统、污泥处理系统等。

实施周期 2 年。

(3) 节能减排效果及投资回收期

注汽锅炉采用温度相对较高的产品水后减少注汽锅炉的耗煤量，年节约标煤 13099.85t，锅炉新增用电 2177.10 × 104 kW·h；折合标煤 7402.14t，年总燃煤节约量 5698 t 标煤，煤价按 700 元/tce，节约费用 398.79 万。

处理后的稠油采出污水（即产品水）替代地下淡水用作注汽锅炉用水，年运行时间按 350d 计，产品水规模为 5000 m³/d，每年减少水源井水水量 194.5 万 t，按 3.15 元/t 算，节约水费 612.7 万元。

该项目可年节约标煤 5698t，综合节能经济效益 1011.49

万元，节能技术改造部分投入与 3500 万元，投资回收期 3.5 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能 13 万 tce/a，减排 CO₂ 35.1 万 t/a。

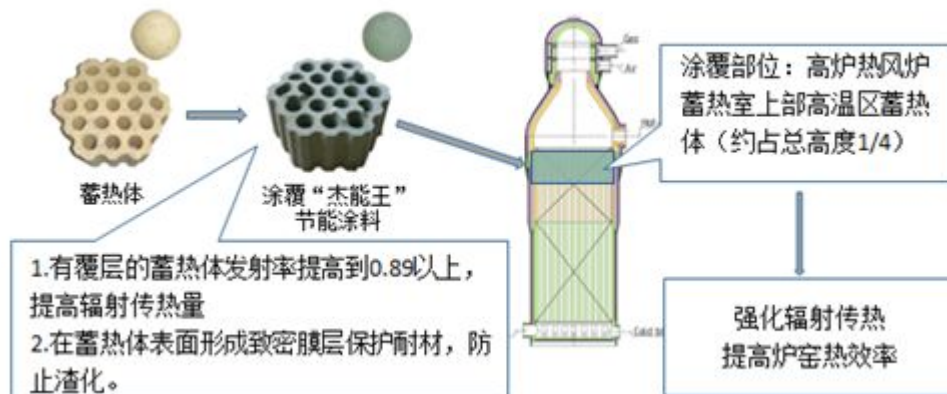
(十八) 高辐射覆层节能技术

1.技术适用范围

适用于工业炉窑节能技术改造。

2.技术原理及工艺

通过在蓄热体表面涂覆一层高发射率的材料，形成具有更高换热效率的复合蓄热体结构，提高蓄热体蓄热、放热速率，提高炉窑热效率；根据斯蒂芬-玻尔兹曼定律和基尔霍夫定律，辐射传热与物体表面发射率和温度的四次方成正比，并且材料的吸收率与发射率相等，当物体表面的发射率提高后吸收热量的能力也相应提高。因此，将蓄热体表面发射率提高，则可增强蓄热体辐射传热效率，大幅度提高炉窑热效率。应用示意图如下：



3.技术指标

- (1) 发射率 ≥ 0.89 ;
- (2) 附着力 ≥ 2 级;
- (3) 耐火度 $> 1700^{\circ}\text{C}$;
- (4) 提高蓄热体蓄热量 10%。

4.技术功能特性

- (1) 可以在热风炉等高温窑炉冷热交替的环境下保持长期稳定使用不脱落;
- (2) 综合降低煤气消耗 5%，节能效果稳定长久;
- (3) 改善耐材各项物理性能、延缓耐材渣化。

5.应用案例

首钢京唐（曹妃甸）2[#]5500m³高炉 4 座热风炉及 2 座预热炉改造项目。技术提供单位为山东慧敏科技开发有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

节能改造前，高炉年均消耗高炉煤气 257459 万 m³。

(2) 实施内容与周期

2[#]5500m³高炉的 4 座热风炉上部 50 层、2 座预热炉上部 25 层格子砖共计 36.5 万块格子砖涂覆高辐射覆层。

实施周期 3 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

统计 2012 年 1~10 月份 1[#]、2[#]高炉热风炉消耗高炉煤气分别为 214579.16 万 m³和 198931.68 万 m³，则改造后年节约高炉煤气量为： $(214579.16-198931.68) / 10 \times 12=18776.976$

万 m³，折合标煤 1877.7t。

按高炉煤气价格 0.058327 元/m³ 计算，2#高炉年节约高炉煤气产生 1095 万元。

项目年节能效益合计为 1095 万元，总投入为 807 万元，投资回收期 9 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 30%，可形成节能 16 万 tce/a，减排 CO₂ 43.2 万 t/a。

(十九) 工业循环水系统集成与优化技术

1.技术适用范围

适用于工业循环水节能技术改造。

2.技术原理及工艺

通过使用精密压力表和流量计测量出用户实际需要的循环水压力和流量，分析的数据做出具体方案，采用流体分析方法，优化水泵的叶轮和流道，提升将水泵效率，优化管网、尾水余能回收等方式，达到整个循环水系统的效率最高化。

3.技术指标

水泵流量 50~13000m³/h、扬程 12~300m、效率 75~90%。

4.技术功能特性

- (1) 针对有问题单元分析，设计节能技改路线；
- (2) 依据工况设计水泵效率较高；
- (3) 冷却塔无电化升级。

5.应用案例

河南舞阳钢铁循环水系统节能改造项目。技术提供单位为江西三川节能股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

改造前，循环水系统年总耗电 13466 万kW·h。

(2) 实施内容与周期

一期循环水系统，总装机 11019kW，改造水泵设备共计 41 台；二期循环水系统，总装机 15036kW，改造水泵设备共计 76 台。

实施周期 6 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后，循环水系统年总耗电 9931 万kW·h，综合节电率达到 26.25%，年节电 3535 万kW·h，折合标煤 12019t，按电价 0.58 元/kW·h算，年节约电费 2050 万元。

项目总投资为 3500 万元，投资回收期 21 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 30%，可形成节能 15 万 tce/a，减排 CO₂ 40.5 万 t/a。

(二十) 高纯铝连续旋转偏析法提纯节能技术

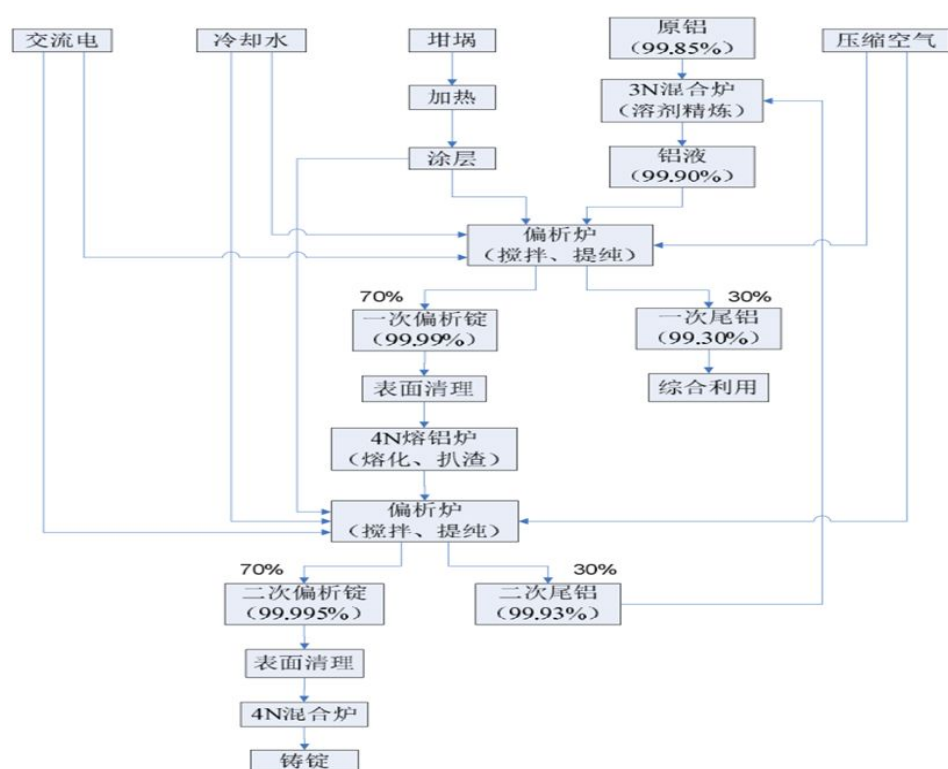
1.技术适用范围

适用于有色金属行业高纯铝提纯领域。

2.技术原理及工艺

在偏析法定向凝固提纯技术的基础上，在提纯装置中实

施侧部强制冷却定向凝固提纯新工艺，合理控制固液界面流动速度，精确调整结晶温度和结晶速度；提纯完成后用倾动装置将尾铝液体排出体外，再将提纯铝固体和坩埚快速放入加热装置中，将高温凝固的提纯铝固体短时间内再次熔化，熔化后铝液在提纯装置中再次进行提纯；重复操作，直到获得符合纯度要求的高纯铝。生产工艺流程如下：



3.技术指标

- (1) 晶体生长速度 3~4cm/h，单套设备年产能 800t;
- (2) 单套设备提纯效率 68~70%;
- (3) 综合能耗 2000~3000kW·h/t;
- (4) 铝烧损率 < 1%;
- (5) 产品合格率 > 98%。

4.技术功能特性

可提纯 99.85% 的电解原铝至更高，产品纯度可在 99.95%、99.98%、99.99%、99.995% 之间调整。

5.应用案例

河南中孚技术中心有限公司公司电子用高纯铝偏析法提纯关键技术研发及产业化项目。技术提供单位为河南中孚实业股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

目前铝提纯行业基本是三层液电解提纯工艺，综合能耗 14000kW·h/t。

(2) 实施内容与周期

建设偏析法生产线，将铸造车间 5# 和 6# 铝锭铸造生产线拆除后新建二次偏析炉 6 台和加热炉 2 台；同时对供电、冷却系统进行技术改造，将铸造车间 1# 和 2# 铝锭铸造生产线改造成高等级铝熔炼生产线和 99.993% 高纯铝铸造生产线，具备自动浇筑 20kg 高纯铝锭的能力；新建一台 5t 熔炼保温炉进行 3N 高等级铝熔化、精炼和保温；实现 5000t/a 的生产规模。

实施周期 8 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后每吨高纯铝节电 12000 kW·h，按年均提纯 1300t 算，节电 1560 万 kW·h，折合标煤 5304t，按电价 0.65 元/kW·h 算，节约电费 1014 万元。

该项总投资 1000 万元，投资回收期 1 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 40%，可形成节能

20 万 tce/a，减排 CO₂ 54 万 t/a。

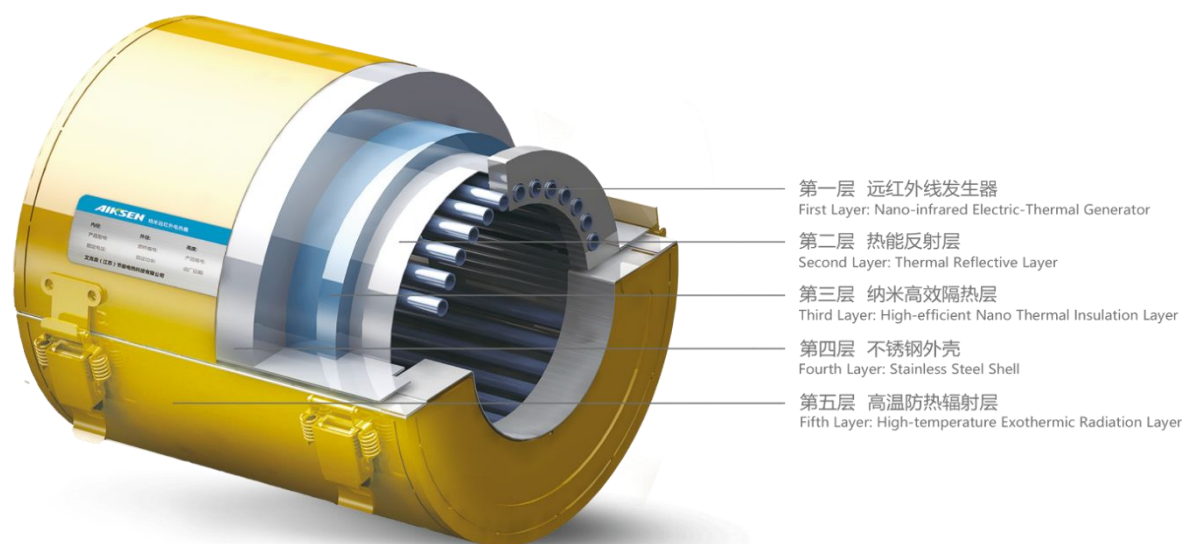
（二十一）纳米远红外节能电热技术

1. 技术适用范围

适用于橡塑行业料筒加热、其它行业管道加热等领域。

2. 技术原理及工艺

利用纳米级合金电热丝产生热能，通过石英管转化远红外线，远红外线绝大部分渗透到料筒，小部分被反射的红外线经过反射层镜面多次往复反射，绝大部分能量都被辐射进料筒加热，实现单向辐射。反射层经过纳米级隔热层保温，阻隔热量散失，把能量最大程度集中在内部加热区，加热器外表温度下降 80%，并在加热器外表喷涂低热辐射涂层，进一步阻隔热量散失。原理示意图如下：



3. 技术指标

（1）外表温度下降 $\geq 80\%$ ；

(2) 工作寿命 $\geq 50000\text{h}$ (约 8 年) ;

(3) 加热最高温度: 650°C ;

(4) 温度控制精度: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$;

(5) 电-热辐射转换效率 $\geq 50\%$;

(6) 节能率 $\geq 35\%$;

4.技术功能特性

(1) 本技术实现了单向辐射, 将加热能量绝大部分导向加热料筒, 节能 35~68%;

(2) 应用本技术生产的加热器外表温度可以降低至 40~50 度左右, 对比原 200~300 度的外温下降 $\geq 80\%$;

(3) 本技术对于 PVC 等热敏性材料均可适用, 适用面较广;

(4) 本技术改善电阻丝工况, 加热器稳定工作可达 50000 小时以上。

5.应用案例

长城汽车股份公司伺服塑料注射成型机改造项目。技术提供单位为艾克森(江苏)节能电热科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

长城汽车拥有超过 200 台大型注射成型机, 由于车间是较为密封设计, 而注塑机料筒温度高, 故注塑车间内温度常年在 30 度以上, 夏天更是高达 40 度, 需要大量的空调降温才能保证员工生产环境, 注塑车间每年耗电上千万元。

(2) 实施内容及周期

注塑机车间共计 217 台注塑机, 拆除原有陶瓷加热圈和

机筒防护罩，安装艾克森 NG5 型纳米远红外节能加热器，实施周期 2.5 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后，工作环境温度明显改善，有效减少购电电量，据电表统计，每年全部设备节约总电量约 376.5 万 kW·h，约标准煤 1280tce/a，减少 CO₂ 排放 3456t/a。电费以 0.85 元/kW·h 计算，每年可节约电费约 320 万元，投资回收期约 1.1 年。

6. 未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能 2.56 万 tce/a，减少 CO₂ 排放 6.91 万 t/a。

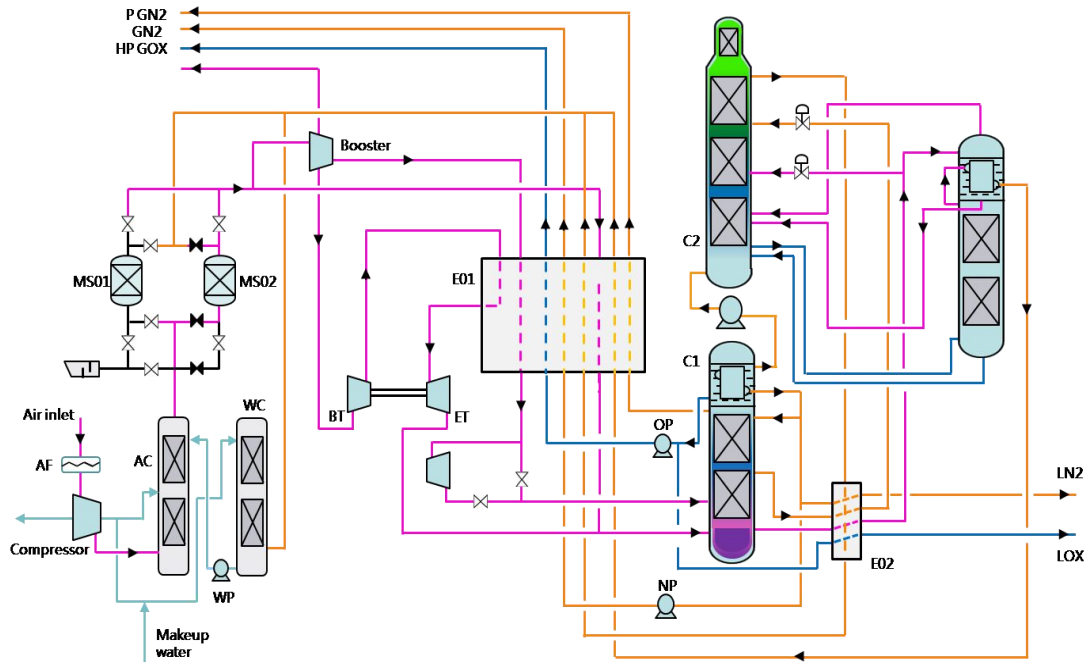
(二十二) 特大型空分关键节能技术

1. 技术适用范围

适用于煤化工、石油化工、冶金等行业的空分设备领域。

2. 技术原理及工艺

利用低温精馏原理，采用节能的系统能量耦合为核心的工艺包、高效的精馏塔和换热器系统、高效的分子筛脱除和加热系统、高效动设备等，实现空分设备的低能耗、安全稳定运行。工艺流程图如下：



3.技术指标

- (1) 可应用于 60000m³ /h 及以上空分设备；
- (2) 板翅式换热器的设计压力 12.8MPa。

4.技术功能特性

- (1) 空分流程安全可靠、能耗低；
- (2) 采用大型环境自适应高效节能吸附技术，实现了空气纯化系统高效吸附、低能耗运行和环境的自适应；
- (3) 采用高效翅片、通道热匹配强的大截面高压铝制板翅式换热器设计、制造技术及钎焊工艺，板翅式换热器的设计压力 12.8MPa；
- (4) 采用受限尺寸大、长径比的高效规整填料空分精馏塔，在满足精馏塔可靠性、安全性、方便运输的前提下，实现经济成本、能耗最低化。

5.应用案例

神华宁煤集团 400 万吨/年煤炭间接液化项目配套 6 套十

万空分设备。技术提供单位为杭州杭氧股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

采用污氮中抽免冷冻机+增效塔提效+液体膨胀机降焓+多层主冷降压+径向流空气纯化器降阻的液氧液氮双泵内压缩流程，较国内最先进的中煤榆林 6 万等级煤炭深加工空分设备总体能耗下降 10.9%。

应用受限尺寸条件下的高效低阻精馏塔技术，使精馏塔填料效率提高 33%，塔径缩小 10%以上、塔高降低 14%，突破了特大型空分精馏塔固定尺寸下的效率极限，同时实现了换热器的高效性，换热效率提升 30%。

应用特大型环境自适应高效节能吸附技术，实现了空气纯化系统高效吸附、低能耗运行和环境的自适应。

(2) 实施内容及周期

新建 6 套十万（氧）空气分离设备，设计年操作时间不少于 8300 小时，氧气产品产量 100500m³/h，纯度 ≥ 99.6%。实施周期 36 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

每套空分节约 55t/h 蒸汽。每吨蒸汽能驱动约 300kW，按原煤转化成蒸汽的能效比按 70%算，每套空分每小时可以节省标 2.896tec，则 1 套十万空分装置每年（年运行 8300 小时）约可以节省标 2.4 万 tec，减少 CO₂ 排放 6.48 万 t/a。投资回收期 3.6 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 50%，可形成节能

24 万tce/a，减排CO₂ 64.8 万t/a。

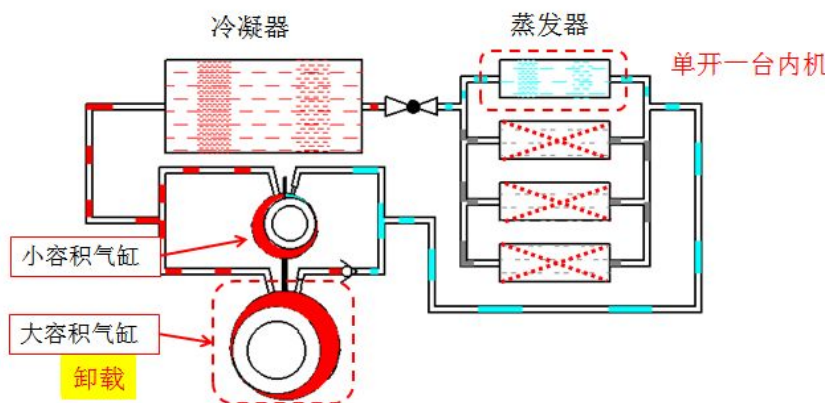
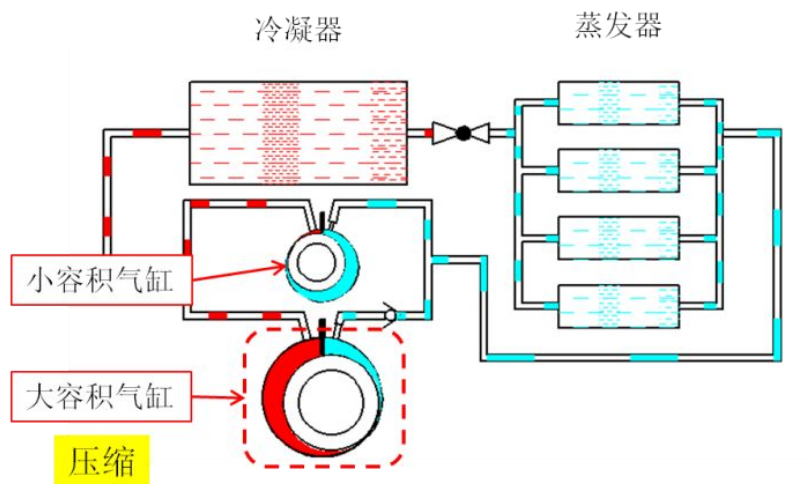
（二十三）大小容积切换家用高效多联机技术

1.技术适用范围

适用于空调、采暖等行业的多联机节能改造领域。

2.技术原理及工艺

家用多联机的大小容积切换压缩机技术，具有两种运行模式：双缸运行模式满足中、高负荷需求，单缸运行模式满足低负荷需求。单缸运行模式在减小压缩机工作容积的同时提升压缩机运行频率，使压缩机在最高效率的运行频率下工作，达到减小输出和提升低负荷能效的效果。工艺流程图如下：



3.技术指标

- (1) 低负荷（30%负荷以下）时压缩机能效提升5~30.5%；
- (2) 具备双缸运行模式、小缸运行模式；
- (3) 系统可实现20万次稳定切换。

4.技术功能特性

- (1) 具有大小缸容积切换压缩机，具备双缸运行模式、小缸运行模式，多联机低负荷运行时，压缩机单缸运行，可永磁调速器用于离心式风机、泵、压缩机等系统中，可减小压缩机工作容积的同时提升压缩机运行频率；

(2) 应用不同口径电磁阀的压力切换系统，保证压缩机在不同工作模式下平稳、可靠切换，解决大小缸切换时压缩机振动难题，实现 20 万次稳定切换；

(3) 采用压缩机转矩检测和反馈补偿的控制方法，构建一种容积切换压缩机自适应同步力矩检测和补偿模式，实现压缩机切缸时 40 毫秒内准确的力矩补偿。

5.应用案例

安徽新慧暖通科技有限公司多联机空调安装项目。技术提供单位珠海格力电器股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

2018 年开始安装基于大小容积切换压缩机的高效家用多联机系列产品并投入使用，工程初期只安装了两套产品，后来得到用户的肯定和好评，并因此得到附近其他住户的安装需求，目前该小区已经共计安装该多联机产品 49 套，用户一致反馈制冷效果好，机组节能效果好。

(2) 实施内容及周期

2018 年开始施工安装并调试完毕。

(3) 节能减排效果及投资回收期

每年每台设备可节电 468kW·h/套，年节约总电量约 22932kW·h/a，则每年可节约 7.8tce，减少 CO₂ 排放 21.06t/a。电费以 0.6 元/度计算，每年可节约电费 20639 元，投资回收期 3.3 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能

1.56 万 tce/a，减排CO₂ 4.21 万 t/a。

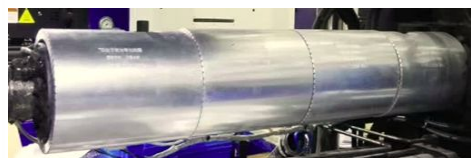
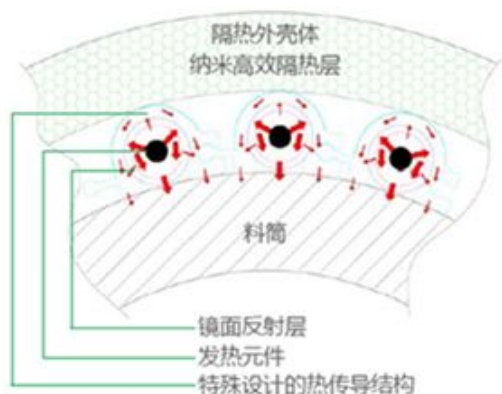
（二十四）石英高导双效节能加热器

1. 技术适用范围

适用于塑料、橡胶加工设备，如注塑机、挤出机的机筒加热等领域。

2. 技术原理及工艺

采用独创的结构设计和高导热金属材料，同时利用热传导和热辐射原理，提高了热能利用率。特殊的高导热金属超导材料增加了镜面反射装置，提高了热能一致性；可复制的结构单元对不同产品需求具有延展适应性；外层配置高效纳米隔热层，与镜面反射装置实现双重隔热，进一步提高了保温、节能效果。原理图如下：



3. 技术指标

- (1) 节电率 20~66%;
- (2) 产品厚度小于 25 毫米;

- (3) 塑机外壳表面温度保持 70℃ 以下；
- (4) 温度控制精度 $\pm 1^\circ\text{C}$ ；
- (5) 塑化能力提高；升温时间缩短；安装程序减少，时间缩短。

4.技术功能特性

(1) 塑料加工设备的金属机筒与发热元件、石英管、特殊结构的高导热金属面接触，最大效率的传导热量，升温降温迅速，温度梯度小；

(2) 采用高导热金属，热传导系数是传统陶瓷材料、云母材料的数十倍，故称为“高导”；

(3) 机筒的工艺温度通常在 200~400℃，发热元件外罩透明石英管，本体温度低，热效应效果最大；

(4) 特殊结构的高导热金属为镜面结构，辐射热量被反射回机筒，热量单向性好；

(5) 高强度的金属外壳包覆纳米保温层，杜绝了热能的散失，整体厚度比一般性保温材料更薄，产品厚度小于 25 毫米。

5.应用案例

海天塑机集团有限公司改造项目。技术提供单位为苏州锦珂塑胶科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

注塑机的料筒加热回路上，最初没有节能型产品系列，经双方协商，产品试用，测试后，与苏州锦珂塑胶科技有限公司合作，采用“锦珂”双效节能加热技术和产品，在伺服

驱动节能注塑机上推出“超级节能型”系列，能耗测试高于国家标准 GB/T 30200-2013 一级能耗标准。

(2) 实施内容及周期

2012 年 1 月开始施工-2018 年 12 月，新机出厂配置，旧机做节能改造。

(3) 节能减排效果及投资回收期

2012~2018 年销售额 3060.38 万人民币，节能注塑机 5727 台，装机功率 90565kW。平均负载率 20%，工作时间每年 300 天，每天 23 小时，以保守的 40%节能率估算，年用电量 12498 万 kW·h，每年可节省 4.25 万 tce，减少 CO₂ 排放 11.5t/a。投资回收期 7 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 30%，可形成节能 42.5 万 tce/a，减少 CO₂ 排放 115 万 t/a。

(二十五) 高效智能轻量化桥式起重机关键产业化技术

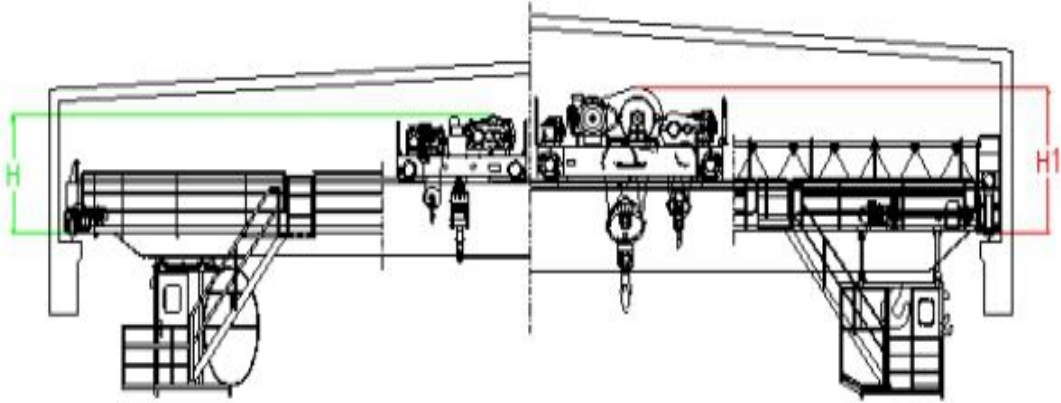
1.技术适用范围

适用于起重量 5~800t，跨度 10.5~31.5m，工作级别 A3~A5 系列起重机的高效、智能、轻量化设计制造。

2.技术原理及工艺

优化起重机主梁、端梁、小车架等主要结构件的设计，优化卷筒组、吊钩组、车轮组等关键配套件结构，通过主结构与其他关键部件的整体协调配套设计、减量化设计、结构

自适应技术等，实现起重机自重减小 15~30%，高度降低 15~30%，总装机功率（能耗）降低 15~30%。结构原理图如下：



3.技术指标

（1）与传统起重机相比自重减小 15~30%，高度降低 15~30%；

（2）与传统起重机相比总装机功率（能耗）降低 15~30%。

4.技术功能特性

（1）研究使用标准起重机端梁、桥架互换性工艺，生产效率提高 15%；实现小车架焊接后整体加工工艺，定位平面精度提高 20~30%；

（2）采用精确定位和电气防摇摆技术，定位精度 $\pm 6\text{mm}$ ，摇摆幅度降低 70%；

（3）配套件成套化应用工艺技术，车轮组、吊钩组采用新型锻造材料，重量降低 10~20%。

5.应用案例

5-100t 系列轻型高效智能轻量化桥式起重机设计制造，技术提供单位为河南卫华重型机械股份有限公司。

（1）用户用能情况简单说明

市场上传统 100t 以上通用桥式起重机整体自重较重，装机功率高，生产制造效率低，劳动强度大，自动化程度低，在使用过程中运行效率不高，能耗较高。

（2）实施内容及周期

对桥式起重机主梁、端梁、小车架等主结构进行分析优化，新产品使用标准化数字化生产，自重减小 15~30%，高度降低 15~30%，总装机功率（能耗）降低 15~30%。2017 年 1 月开始研发及生产至 2018 年 12 月全系列产品正式投入生产。

（3）节能减排效果及投资回收期

整机装机功率平均减小 34.6kW，2018 年承接 400 台相关合同，结构的轻量化直接减少钢材的使用，单台产品重量平均减少 13.75 吨，每年产品节能约 0.98 万 tce，减少 CO₂ 排放 2.65 万 t/a。投资回收期 5 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 50%，可形成节能 19.6 万 tce/a，减少 CO₂ 排放 53 万 t/a。

（二十六）永磁直驱电动滚筒技术

1.技术适用范围

适用于冶金、矿山、煤炭等行业的大、中型带式输送机节能改造领域。

2.技术原理及工艺

永磁直驱电动滚筒外壳设计为外转子，转子内部采用磁钢形成磁路，定子线圈固定在机轴的轴套上，机轴为空心轴，电源引线从接线盒由机轴的空心穿入与线圈连接，其外还有相应支撑的端盖、支座、轴承和油盖主要零件以及密封，紧固等标准件，由变频驱动器直接驱动滚筒，传动效率大幅度上升，实现高效大扭矩低速同步驱动。结构原理图如下：



3.技术指标

- (1) 节电率：20~60%；
- (2) 系统效率：94.9%；
- (3) 最大功率：630kW；
- (4) 转速范围：1.0~5.0m/s；
- (5) 额定输出扭矩：160 kNm；
- (6) 系统振动减少量 50~85%；
- (7) 噪音低于 82dB；

(8) 额定电压： 380/660/1140V;

(9) 冷却方式多种化：自然冷、风冷、水冷。

4.技术功能特性

(1) 将电动滚筒外壳设计为转子，省去中间结构，实现无齿化传动，大量节省空间，便于安装和维护，传动系统效率明显提升，与传统传送电机相比，节能量达 20%;

(2) 对电机转子、定子、定子轴、冷却机构等结构进行优化设计，降低噪声、减少震动、提升散热性能;

(3) 通过变频器主从控制，实现滚筒电机软启动、变频调速，减少启动冲击，具有明显节能效果。同时可实现多电机平衡控制，减少传送带应力，提高设备安全性，减少维护成本，提高工作效率，维护量减少 75%。

5.应用案例

淮沪煤电有限公司丁集矿公司改造项目，技术提供单位为江苏嘉轩智能工业科技股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

皮带机基本参数：机长：1300 ，带宽：1200mm，带速：4 m/s，运量：1600t/h，倾角：0° ，原电动滚筒功率为 355kW，直接启动。运行两用两备，电耗高，噪音大，故障率大，占地面积大。需要更换或开启三台才可以满足需求，改造前电耗成本占整条皮带处理成本的 75%。

(2) 实施内容及周期

东-2 皮带机共 2 套皮带机驱动部分采用江苏嘉轩智能工业科技股份有限公司公司的永磁直驱电动滚筒技术进行节

能改造。项目实施周期一个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

据电表统计，每年每台设备可节电 30 万 kW·h，年节约总电量约 60 万 kW·h，每年可节约 204tce，每年可减少 CO₂ 排放 551t，投资回收期 2 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 5%，可形成节能 4.08 万 tce/a，减少 CO₂ 排放 11.02 万 t/a。

(二十七) 新型球磨机直驱永磁同步电动机系统

1.技术适用范围

适用于矿山、水泥、陶瓷等行业低转速大转矩动力设备领域。

2.技术原理及工艺

本项目是新型球磨机用永磁直驱同步电动机系统，替代原有的减速机+异步电动机组成的驱动系统，减少系统传动节点，缩短传动链，降低故障率，提高传动效率，保证系统安全可靠运行，从而达到降低生产成本、安装成本和维护成本的目的。

3.技术指标

- (1) 单位煤粉能耗降低 20%;
- (2) 煤产量可达 17t/h。

4.技术功能特性

改变了传统球磨机系统的传动模式；改变了传统装备的制造模式；提高了系统的传动效率；减少了系统的维护量，确保了系统的可靠运行。

5.应用案例

邯鄲金隅太行水泥股份有限公司 500kW 煤磨直驱改造项目，技术提供单位为河北新四达电机股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

太行水泥 5#煤磨改造前采用高压鼠笼异步电动机加减速器的配置，年煤磨产量 10.7 万 t，单位煤粉能耗 26.25 万 t。

(2) 实施内容及周期

采用先进的变频器加永磁直驱电机代替传统的水阻启动柜+主电动机+对轮+减速机+辅传减速机+辅传电机，项目实施周期两个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

5#煤磨主机电耗由 26.25kW·h/t，降为 21.17kW·h/t，减少 5.08 kW·h/t，主电机平均功率由 424.68 kW 降为 368.39 kW，降低 56.29kW。年节电约 56.29 万 kW·h，折合 191.4tce/a。减少 CO₂ 排放 516t/a。投资回收期 2 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能 6.8 万 tce/a，减排 CO₂ 18.36 万 t/a。

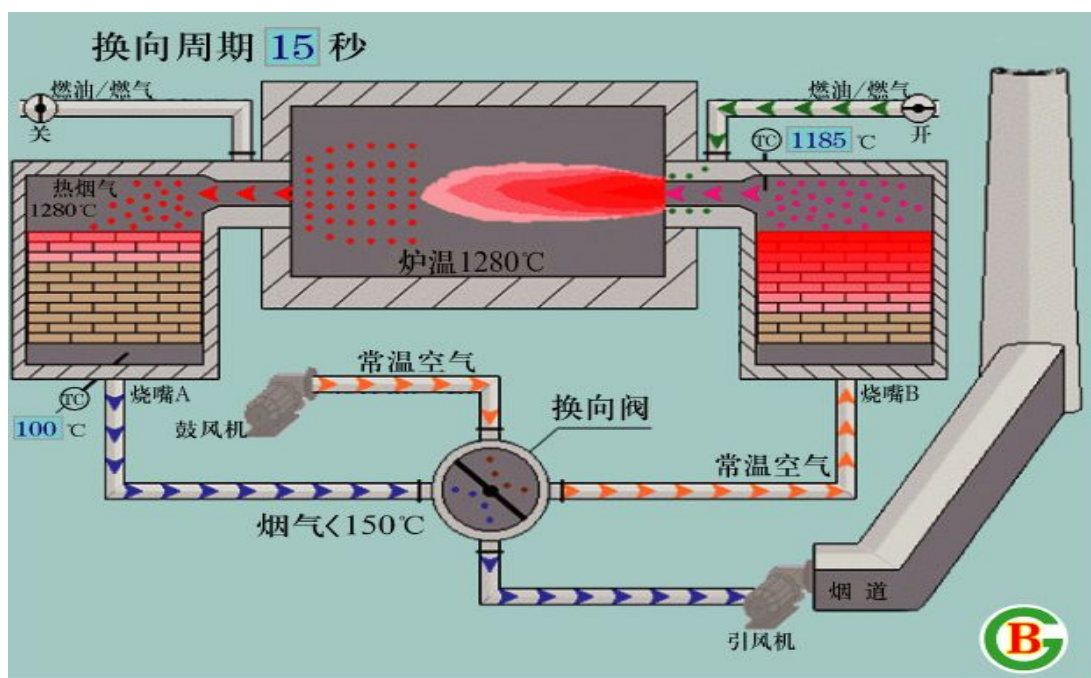
(二十八) 钎杆调质悬挂线蓄热式热处理技术

1.技术适用范围

适用于轴类钎杆零件热处理工艺节能技术改造领域。

2.技术原理及工艺

采用两侧整面式燃气蓄热墙作为加热载体，采用多点温度监控技术，通过布置在系统中的温度检测点，实时检测蓄热体温、排烟温度、工件淬火前温度、淬火液温度等，系统自动调整加热炉温度、淬火液温度、进出料节拍，保证工件质量的一致性，综合能耗由以前的 500kW·h/t 降低至 350kW·h/t。工艺流程图如下：



3.技术指标

- (1) 产量：5 万支/年；
- (2) 典型工件尺寸： $\phi 50\sim 200\text{mm}$ $L=600\sim 2200\text{mm}$ ；
- (3) 工件类型：轴类钎杆；
- (4) 轴类钎杆重量：150~450kg/支；

- (5) 吊挂点间距: 1200mm;
- (6) 控制方式: DCS 控制;
- (7) 悬挂传输速度: 0.6~3m/min 可调;
- (8) 工件吊挂方式: 竖直吊挂, 每件 3 支工件;
- (9) 吊具: 44 件;
- (10) 能耗: 天然气 38m³/t; 冷却水 0.04 m³/t; 压缩空气 3 m³/t。

4.技术功能特性

(1) 将预热、加热、淬火、回火、风冷等多个单独的热处理功能集合起来实现多工序连续生产, 实现了对各部位温度、压力等数据的在线智能动态处理和控制在控制;

(2) 设计了柔性悬挂系统结构, 轴类零件长度和各工序设备可以柔性集成全过程热处理;

(3) 通过采取降低火焰燃烧温度和烟气回流等技术措施, 综合能耗能由以前的 500kWh/t 降低至 350kWh/t, 氮氧化物含量不足 150mg/m³。

5.应用案例

重庆欣天利智能重工有限公司年产 5 万支钎杆生产线项目, 技术提供单位为河南天利热工装备股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

新建一条规模为年产 5 万支钎杆生产线, 主要通过购置“钎杆调质悬挂线蓄热式热处理技术”大型成套设备, 替换原有的“年产 1 万支钎杆生产线”, 实现钎杆等轴类零件的智能化、自动化、连续化生产, 达到节能减排和清洁生产的

目标。

(2) 实施内容及周期

主要为设备购置，主要包括淬火炉、一次回火炉、二次回火炉、淬火机构、冷却室等部分组成，结合温度控制系统、燃烧系统、悬挂系统、运动系统、保温系统，实现轴类零件的高品质、连续性热处理。项目实施周期 6 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

据统计，该生产线年节约总电量约 337.5 万 kW·h，每年可节约 1147.5tce，每年可减少 CO₂ 排放 3098t。投资回报期为 1.65 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能 2.3 万 tce/a，减排 CO₂ 6.2 万 t/a。

(二十九) 新型固体物料输送节能环保技术

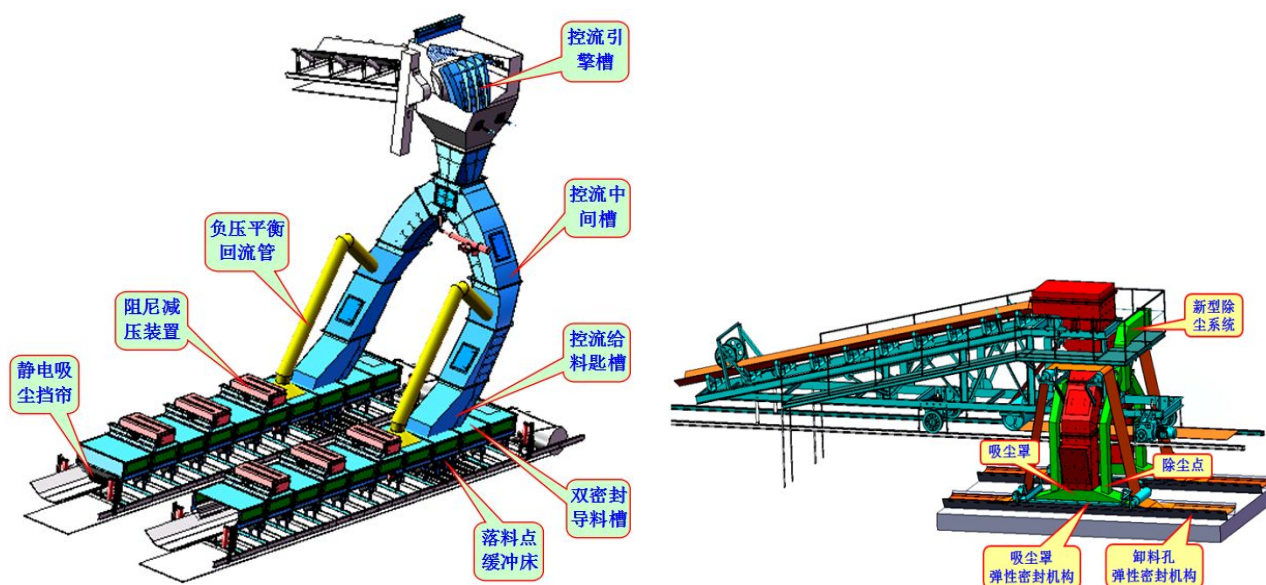
1.技术适用范围

适用于钢铁、矿山、火电、石化等行业的散装物料输送领域。

2.技术原理及工艺

将物料从卸料、转运到受料的整个过程控制在系统性密封空间进行；根据物料自身的物化特性，采用计算模拟仿真数据，设计输送设备结构模型，通过减少破碎实现减少粉尘产生、降低除尘风量；最终通过本产品将除尘系统风量和风压大幅度降低，实现高效减尘、抑尘、除尘。装置结构图如

下:



3.技术指标

- (1) 节电率 10~30%;
- (2) 岗位粉尘浓度 $\leq 8\text{mg}/\text{Nm}^3$;
- (3) 排放粉尘浓度 $\leq 10\text{mg}/\text{Nm}^3$;
- (4) 物料输送成品率提高，返矿率降低 30%。

4.技术功能特性

- (1) 通过固体物料模型模拟物料实际运行状态，选择最佳的物料流速和输送流量，为后续输送装置配置和设备设计形式提供理论基础，实现提高输送物料成品率；
- (2) 使用高效环保转运系统，新型环保卸料车，单体高效除尘器等系列设备实现密闭传送，减少粉尘产生。

5.应用案例

邢台德龙钢铁有限公司 2#高炉矿槽系统改造项目，技术提供单位为中冶京诚工程技术有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

邢台德龙 2#高炉矿槽系统，应用单位为德龙钢铁有限公司。矿槽物料输送系统原采用一套集中式除尘器系统，系统总风量 52.6 万 m^3/h ，风机主电机功率 1400kW，外排尘气浓度超过 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。改造前除尘效果很差，移动通风槽基本无负压，物料转运时粉尘从导料槽内大量外溢，严重污染现场环境。

(2) 实施内容及周期

拆除原有矿槽输送系统普通导料槽，重新设计配置新型节能环保物料转运除尘系统，并新建一套低排放除尘设施。项目实施周期 4 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

原系统风机装机容量 1400kW，改造后风机装机容量 630kW。每年设备可节电 457 万 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ，每年可节约 1555.1tce，可减少 CO_2 排放 4199t/a。投资回收期 2.7 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 15%，可形成节能 2.3 万 tce/a，减排 CO_2 6.3 万 t/a。

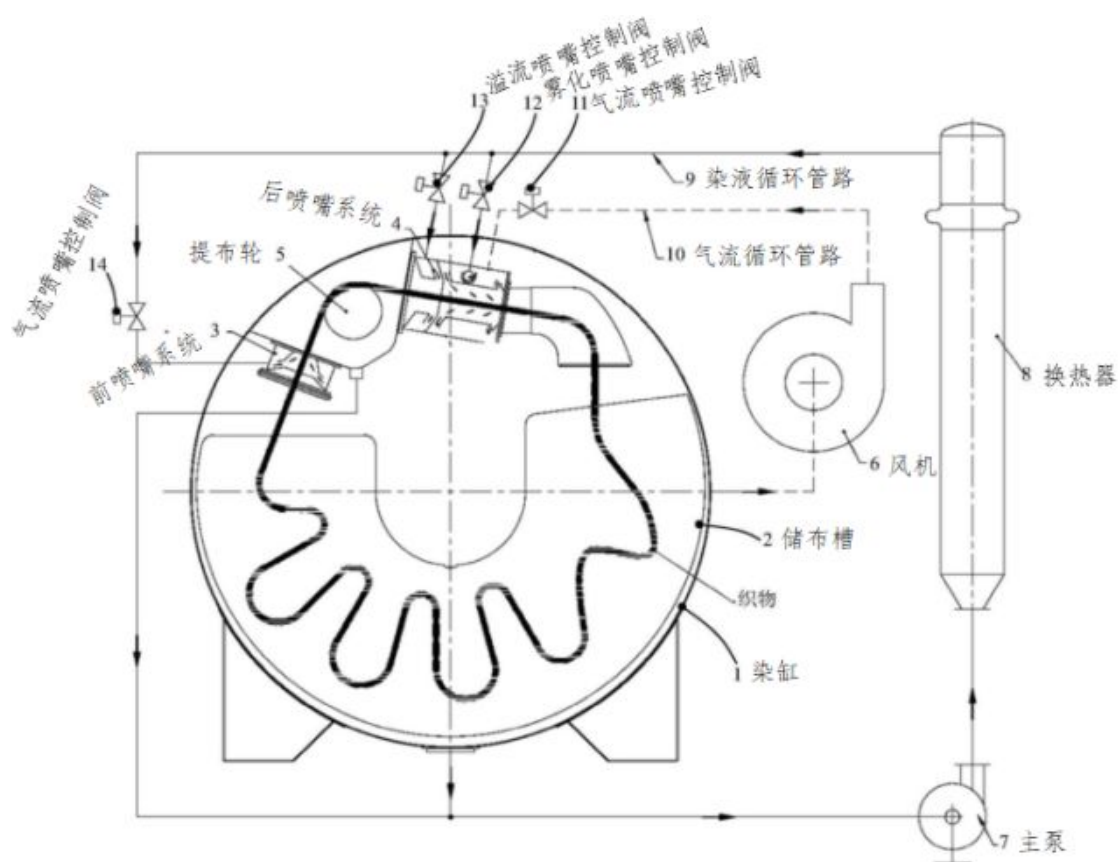
(三十) 全模式染色机高效节能染整装备技术

1.技术适用范围

适用于纺织印染行业的针织、梭织印染领域。

2.技术原理及工艺

通过多模式喷嘴系统和超低浴比染液动力及循环系统，采用喷嘴与提布系统内置于主缸的超低张力织物运行技术，使主泵在气流雾化染色模式时高扬程低流量，在气液分流及溢流染色模式时低扬程高流量，保持高效率运行，并提升主泵汽蚀余量，从而有效降低了染色机的浴比，实现了超低浴比及多模式染色，达到降低耗水量、耗电量和耗蒸汽量的目的。原理示意图如下：



3.技术指标

(1) 采用气流雾化染色模式浴比低至 1:2.8、采用气液分流模式浴比低至 1:3.25、采用溢流模式浴比低至 1:3.5；

(2) 耗水 30~40 吨/吨布，比传统染色机减少 70% 以上；
污水排放量减少 70% 以上；

(3) 耗气量 <2.5 吨蒸汽/吨布，比传统染色机节约 50% 以上；

(4) 耗电量 $<250\text{kW}\cdot\text{h}$ /吨布，比传统染色机节约 60% 以上；助剂用量减少 50%以上；

(5) 印染织物工艺周期时间由原来 8~10 小时缩短到 5.5~8 小时，比传统染机提高效率 25%以上。

4.技术功能特性

(1) 利用独立控制的高速气流及高压染液流分别作用在受染织物上；将气流及染液喷嘴系统及提布系统内置到染缸中，缩短织物行程，具有节能效果。整个染色过程具有远程在线检测控制系统及能耗在线检测控制系统；

(2) 具有四个可独立控制的喷嘴，实现全模式染色技术覆盖高弹性高密度等高难度布种；

(3) 降低染色的浴比和能耗，浴比低至 1:3, 解决了传统染色机高能耗高水耗等环保问题；

(4) 采用了循环染液的自增压技术和自动碎毛过滤及除毛系统，提高了设备自动化水平。

5.应用案例

绍兴锦森印染有限公司 12 台高端智能全模式染色机节能改造项目，技术提供单位为高勋绿色智能装备（广州）有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

绍兴锦森公司主营印染纺织面料及服装制造，共建有 3 个印染车间，年染布量约 3 万吨。节能改造前使用其他品牌

染整设备，存在浴比大、能耗高、排放大弊端，染色机耗水量 ≥ 110 吨/吨布，耗蒸汽量 ≥ 5.65 吨/吨布，耗电量 $\geq 372\text{kW}\cdot\text{h}$ /吨布，染布工艺周期时间 8~10 小时。

(2) 实施内容及周期

2018 年购买 12 台智能全模式染色机，用于替换 20 台传统下走式染色机和汽流染色机。项目实施周期 5 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

每处染一吨布可节电 $241.5\text{kW}\cdot\text{h}$ ，12 台智能全模式染色机年染布量 1.03 万吨，年节约总电量约 248 万 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。每处染一吨布可节水 85.3 吨，12 台智能全模式染色机年染布量 1.03 万吨，年节约总水量约 88 万吨。每处染一吨布可节蒸汽 3.25 吨，12 台智能全模式染色机年染布量 1.03 万吨，年节约蒸汽约 3.34 万吨。每年可节约 4082tce，可减少 CO_2 排放 1.1 万 t/a。投资回收期 1 年。

6. 未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能 8.2 万 tce/a，减排 CO_2 22 万 t/a。

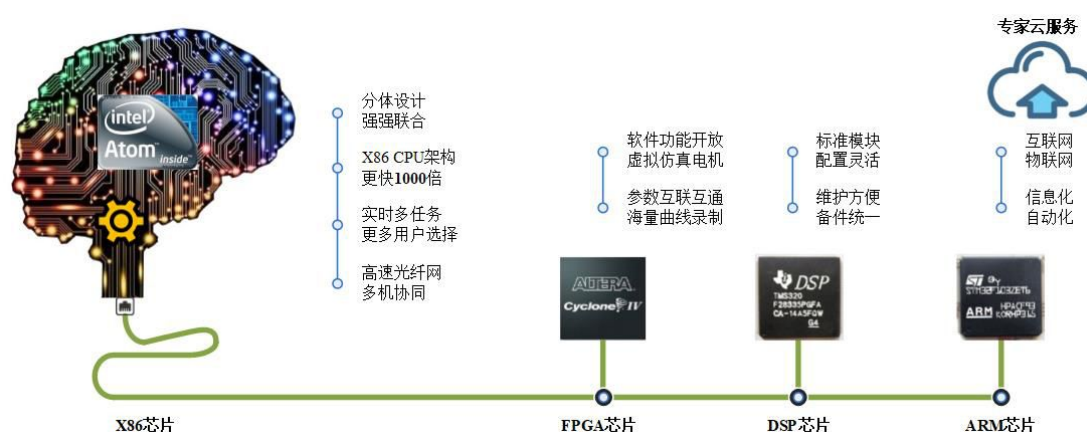
(三十一) 国产高性能低压变频技术

1. 技术适用范围

适用于冶金、船舶、港机等行业的低压高端变频调速领域。

2. 技术原理及工艺

本技术是对标国际最新的产品技术，与 SIEMENS 公司最新推出的 SINAMICS 系列产品和 ABB 公司 ACS880 系列产品都采用一致的技术方案。控制部分与功率单元分开，控制板使用 X86-CPU 作为核心芯片，功率部分采用 DSP 完成控制，采用实时以太网作为高速通讯的路径。通过研究快速通讯网络、功率模块、DSP 控制技术和实时多任务控制技术、矢量控制模型、功率单元结构技术、整流器技术、同步电机矢量控制技术等技术，通过高速、稳定、可靠的控制软件，以及有效的通讯技术实现电机低压变频调速。工艺路线图如下：



3.技术指标

- (1) 开环转矩精度：± 2%；
- (2) 转矩脉动：开环 ± 3%，闭环：± 2%；
- (3) 速度精度：± 0.001%；
- (4) 仿真运行：V/F 控制、矢量闭环控制、矢量开环控制模式；
- (5) 波形记录：32 通道 1ms 连续采样；
- (6) 故障录波：100 通道 1ms 录波 2s，具备边缘计算

功能;

(7)支持主流物联网通信协议,例如 MQTT、WebServer、COAP 协议等;

(8)具有负荷观测、装置交叉通讯、实时多任务,功能不限的自由编程功能。

4.技术功能特性

(1)采用基于 Intel X86 CPU 的高性能变频控制器,采用实时多任务、多时间尺度,支持多通信协议的协调统一操作系统,实现了控制器的快速实时响应和高精度控制;

(2)采用变频器控制器与功率单元分体结构,实现了功率单元模块化应用以及变频器并联扩容;

(3)开发了基于互联网和 VPN 技术的运行及故障数据记录系统、远程监控技术、故障诊断技术,提高了变频器的可维护性。

5.应用案例

宝钢湛江钢铁有限公司 4200mm 厚板厂传动改造项目,技术提供单位为中冶京诚工程技术有限公司。

(1)用户用能情况简单说明

宝钢新建湛江钢铁基地占地 12.98 平方公里,总投资 415 亿元,其中 4200mm 厚板工程总投资 17.2 亿元,厂房面积约 44 万 m²,生产规模为 120 万吨/年。工程搬迁利用宝钢罗泾厚板产线的现有设备,通过技术改造和技术集成,拟建设一个高效、高质量、低成本、环保的现代化 4200mm 厚板厂。由于冶金轧钢行业在生产过程中,物料分批次逐步进入连续

生产线，对于生产线上所有设备都处于断续工作制，生产过程存在大量负荷冲击过程。如采用变频调速装置，可降低设备空载损耗，提高设备利用率和电能利用率，减少能源浪费。

（2）实施内容及周期

宝钢湛江 4200mm 厚板厂共 200 余台低压变频电机，整条生产线设计供电功率为 200MW，采用国产高性能低压变频技术进行节能改造。项目实施周期 3 个月。

（3）节能减排效果及投资回收期

据电表统计，生产线年节约总电量约 1100 万 kW·h，则每年可节约 3740tce，每年可减少 CO₂ 排放 1.01 万 t/a。投资回收期 2 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能 7.5 万 tce/a，减排 CO₂ 20.2 万 t/a。

（三十二）高效过冷水式制冰机组

1.技术适用范围

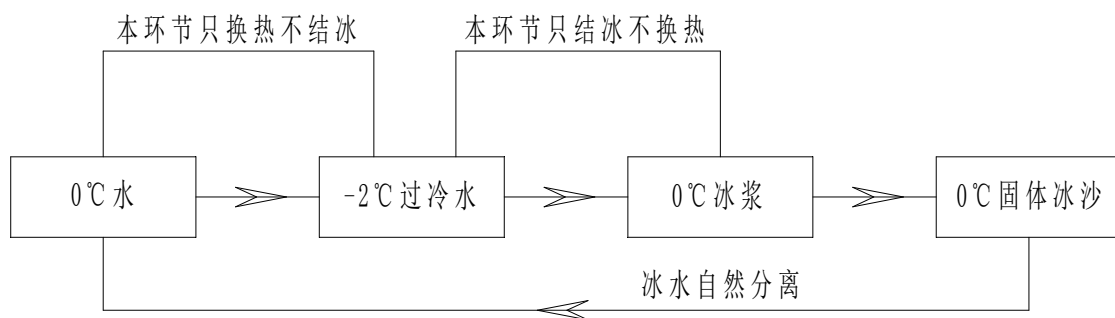
适用于空调、制冰、预冷等领域。

2.技术原理及工艺

高效过冷水式制冰属于动态制冰，分为直接蒸发式和间接载冷剂式两种类型。制冰时是通过制冷主机产生的低温乙二醇溶液或制冷剂直接蒸发产生的冷量将蓄冰槽里的水经动态制冰机组里的过冷却器换热降温成 -2℃ 过冷水，再通过

制冰机组里的超声波促晶装置解除过冷生成冰浆，通过管道输送到蓄冰槽里，冰和水因密度不同形成自然分层，冰浮在蓄冰槽上部不断累积，水通过制冰泵不断抽吸循环，直至蓄冰槽内的冰层加厚至一定程度，水的下渗速度远低于制冰泵的抽吸速度，蓄冰槽内水位不断下降至制冰泵取水口，制冰泵失去水封，流量衰减，制冰过程自动结束。

制冰过程依靠高速对流换热和热传导换热，传热系数大、换热时不制冰，制冰时不换热，换热和制冰分两步完成，制冰速度快、且制冰速度恒定。工艺路线图如下：



3.技术指标

- (1) 单吨冰耗电 $\leq 35\text{kW}\cdot\text{h/t}$;
- (2) 冰温度： 0°C 。

4.技术功能特性

(1) 采用了入口平缓加速、内壁喷涂憎水性材料和夹套预热装置，开发了防冰晶反向传播组件，实现了低品位热能高效防冰晶传播和冷热量优化配置；

(2) 采用超声波自动跟随技术，完全解除过冷度，实现了设备的稳定运行；

(3) 开发了宽流型筛网式 WSMS 冰水分离器和隔板滤

网组件，合理延长驻留时间，从主动和被动两个方面杜绝冰晶进入过冷却器，实现系统的无预热运行；

(4) 开发了独特的过冷却蒸发器，可合理控制板间及角孔流速，实现了板间的小温差传热，得到较高且稳定的过冷度，并预防提前结晶。

5.应用案例

烟台君恬果园动态冰浆预冷项目，技术提供单位为冰轮环境技术股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

该项目主要用于新鲜果蔬的预冷。常规预冷技术采用冰+水的混合预冷方式，冰的形式一般为片冰、鳞状冰或板冰，冰的温度一般在 -10°C 左右，质地坚硬、融化速度慢、甚至还没有融化完毕就被排出，造成能量的极大损耗，且冰的棱角很容易刺伤被预冷食品的表面，很难保持最佳的预冷速度和品质，单吨冰的能耗一般在 $85\text{kW}\cdot\text{h}$ 以上。

(2) 实施内容及周期

本项目方案采用过冷水冰浆预冷一体机，由直接蒸发式过冷水冰浆（水）机组、自动取送冰装置及预冷水箱三部分构成，共同撬装在铲装底座上，工厂预制组装。项目实施周期两个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

据电表统计，每天节省电量 $1440\text{kW}\cdot\text{h}$ ，每年按照 300 天运行，每年该设备可节电 43.2 万 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 以上。每年可节约 146.8tce，每年可减少 CO_2 排放 397t/a。投资回收期 3 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来5年，推广应用比例可达到25%，可形成节能2.94万tce/a，减排CO₂ 7.94万t/a。

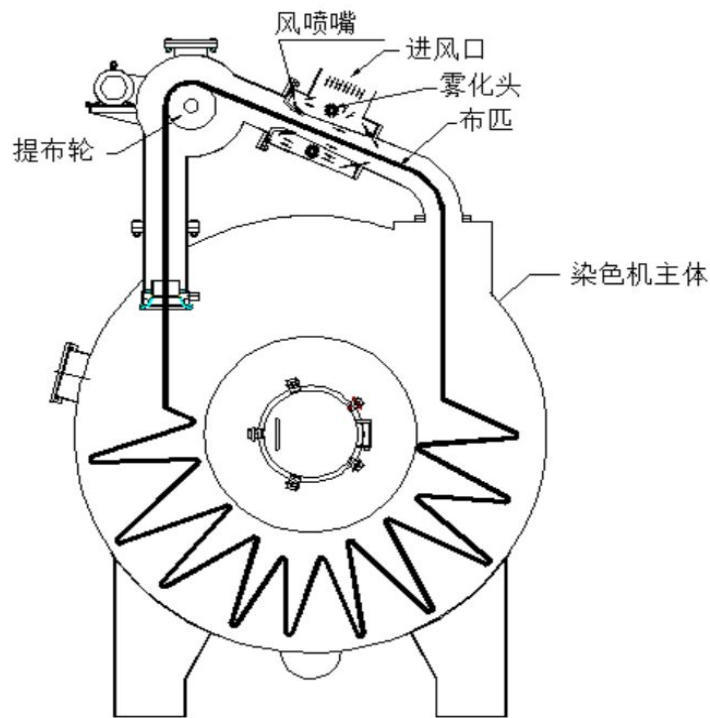
(三十三) SAF 气流溢流两用染色机

1.技术适用范围

适用于纺织印染设备节能节能技术改造。

2.技术原理及工艺

该设备用于各类布匹的绳状练漂、染色、清洗等。气流染色机的原理是通过风喷嘴吹出的风力带动布料运行进行染色，使得在绳状染色领域只有气流染色机能使布面的折叠形状不断发生变化展开，很大程度上解决了绳状染色存在的折痕缺陷，尤其是梭织面料绳状染色在气流染色机上得到了良好的染色效果。染色浴比只有传统溢流染色机的一半，最低可达到1:2.5，在拓展使用范围的同时大幅度减少了排污量。在针梭织面料染色行业得到广泛的应用，是目前市场上设备的主力设备之一。结构原理图如下：



3.技术指标

- (1) 与气流染色机对比节电率 100~300%；
- (2) 与溢流染色机对比节水率；30~50%；
- (3) 系统振动减少量 50~85%；
- (4) 噪音低于 72dB；
- (5) 风机寿命延长至 10 年以上；
- (6) 纯涤纶织物染色牢度 4 级以上。

4.技术功能特性

(1) 针对于用于气流染色机的风机效率研究，以两管机为例，降低至 11kW，电耗降低了 3.3~4 倍；

(2) 风机转速降低至 3000RPM，大幅度降低了风机的噪音、震动，噪音降低到 75dB 以下，风机寿命达到了 10 年；

(3) 实现了一机两用，该技术大幅度提高了染色品种

的适用范围，大幅度提高了染色品质。同时在使用纯溢流不开风机的情况下节省了风机的耗电。

5.应用案例

浙江中纺控股集团有限公司节能改造项目，技术提供单位为德意佳机械江苏有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

浙江中纺控股集团有限公司是一家以高端梭织面料为主的企业，改造之前多数染色设备为市场普遍采用的溢流染色机，该机型平均浴比 1:12，单机装机功率 45kW，整个染色部分耗水、耗电、消耗蒸汽都在高位运行，造成较大的能源浪费和环境污染。改造项目总投资 3650 万元。

(2) 实施内容及周期

将原有的 22 台溢流染色机拆除，更换为德意佳机械江苏有限公司的 SAF 气流溢流两用染色机。项目实施周期 7 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

据电表统计，每年每台设备可节电 16.5 万 kW·h，年节约总电量约 363 万 kW·h，每台设备每年节省蒸汽 2773t，22 台共计节省 6.1 万 t。每年可节约 7151tce，每年可减少 CO₂ 排放 1.93 万 t/a。投资回收期 14.3 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能 14.3 万 tce/a，减排 CO₂ 38.6 万 t/a。

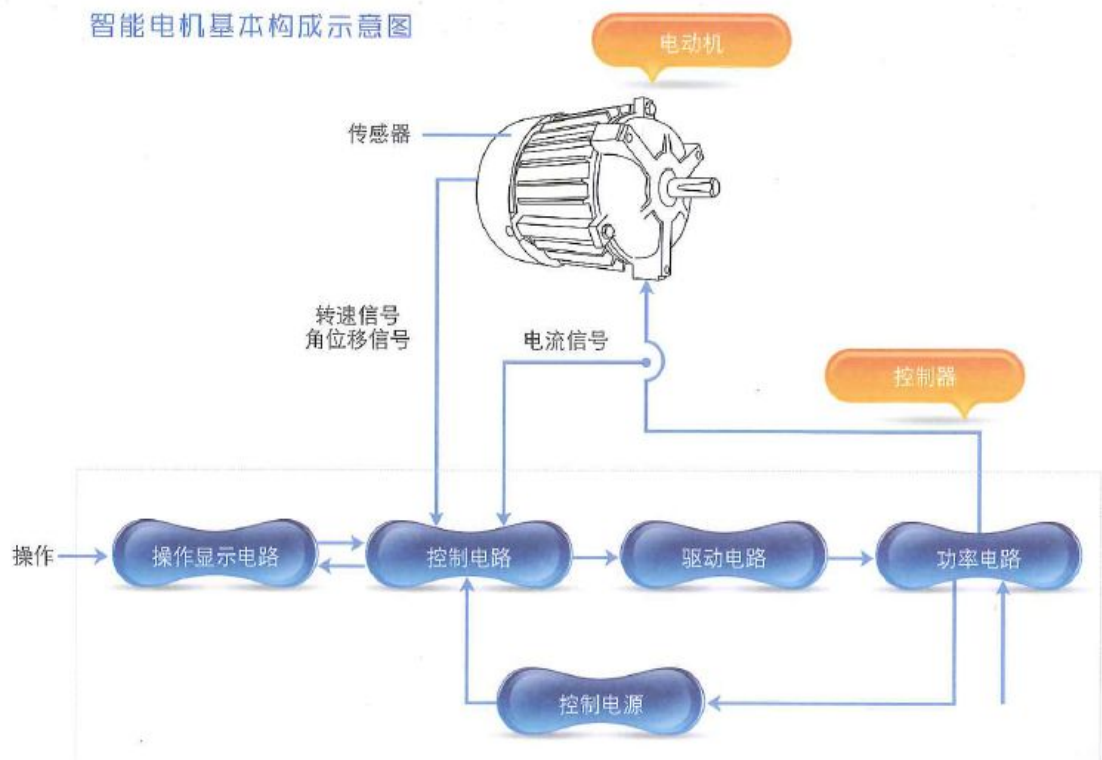
(三十四) 开关磁阻调速电机系统节能技术

1. 技术适用范围

适用于建材、机床、油田、矿山等行业电机系统节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

智能电机系统是继直流电机驱动、交流异步电机变频驱动、永磁同步驱动之后发展起来的新一代无极调速驱动系统，其综合性能指标高于传统驱动系统，由开关磁阻电机、控制系统组成，是最具性能优势和前景的高端电机系统。系统原理图如下：



3. 技术指标

- (1) 电机功率因数大于 0.98;
- (2) 与传统电机相比可实现节电率 7~72%;

(3) 启动转矩大于额定转矩的 2~3 倍;

(4) 解决了开关磁阻电机固有的振动大噪声大的缺陷, 整机系统噪声明显减小, 90kW-1500rpm 机型测试数据为 85.4dB。

4.技术功能特性

(1) 启动转矩大, 启动电流小 (同功率下启动转矩是异步机的 1.2 倍, 启动电流是异步机的 35%);

(2) 调速范围广, 高效运行转速范围宽 (在 74% 以上的调速范围内, 维持了 90% 以上的高效率);

(3) 电机本体结构简单, 整个系统可靠性高;

(4) 可控参数多, 参数最优组合灵活, 先进的电机控制算法, 采用电流环、速度环、转矩环等多环控制模式;

(5) 在保证工况所需电机输出功率下, 实现输出扭矩/电流比值最大化, 系统可自动匹配和工况最适应的状态, 保证工况适应的条件下最优输出。

5.应用案例

首钢股份有限公司改造项目, 技术提供单位为深圳市风发科技发展有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

首钢股份有限公司迁安钢铁分公司原有泵电机、风机电机等 9 台, 原异步电机效率低, 设备老旧, 耗能高, 智能化程度低。为降低成本, 提升智能化操作水平, 进行新技术新设备的应用。

(2) 实施内容及周期

利用 9 台采用风发科技公司的智能电机系统技术的智能电机对老旧电机进行替换。项目实施周期 9 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

据额定功率运行，每年按 8000 小时统计，此项目 9 台设备每年可节电 150 万 kW·h。每年可节约 510tce，每年可减少 CO₂ 排放 1377t。投资回收期 13 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 35%，可形成节能 5 万 tce/a，减排 CO₂ 13.5 万 t/a。

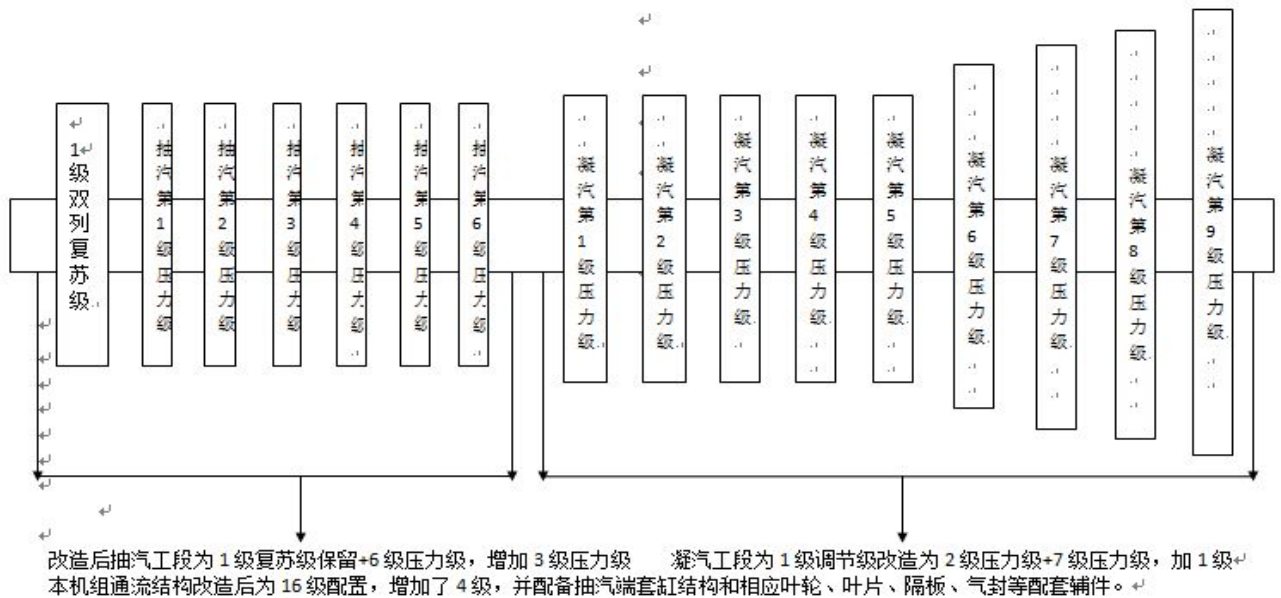
(三十五) 工业蒸汽轮机通流结构技改提效技术

1.技术适用范围

适用工业热工系统（容量 50MW 以下蒸汽轮机）的节能技术改造。

2.技术原理及工艺

在原高能耗工业汽轮机组的基础上，依据“能量守恒”定律，对其通流结构进行设计优化与技改实施，通过热力计算，增加原机组通流结构压力级、套缸体、优化叶片型线、更换汽封、优化喷嘴结构、配套隔板等辅助系统，使改造后的机组提升运行内效率，在同等工况条件下多做功、多出力，多产电，从而提升机组整体运行效率，创造节能效益与贡献社会效益。原理示意图如下：



3.技术指标

- (1) 节能提效比例 8~12%;
- (2) 汽耗值降低 8~12%;
- (3) 发电量提升 8~12%;
- (4) 机组运行工况不变。

4.技术功能特性

(1) 保留原汽轮机组地面基础、调节和辅机系统不变，充分利用原机组原有基础设施，进行通流结构技改提效实施，停机改造周期 40 天以内；

(2) 机组经改造后，在同等运行工况下，即机组在相同进汽压力、温度、流量的情况下，机组汽耗值有 8-12%的同比例下降，发电量同步有 8~12%的提升；

(3) 机组在改造过程中，对汽缸本体进行检查与加固、对汽轮机转子和发电机转子进行动平衡试验、调节和辅机系统进行检修维护等措施，机组经技改提效实施后，使用寿命达 25 年。

5.应用案例

菏泽富海能源发展有限公司 20MW 抽凝式汽轮机组通流结构技改提效 EMC 项目，技术提供单位为安徽誉特双节能技术有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

该公司余热利用抽凝机组 C20-8.83/0.98//535 在实际工况运行中，通流结构配备不合理，漏气严重，为高温高压机型，汽耗值改造前纯凝工况条件下为 4.62kg/kW·h，机组运行效率低，有较大的节能空间。

(2) 实施内容及周期

汽轮机上缸、下缸、转子总成、发电机转子拆除返厂加工改造，原通流结构转子总成第 8~14 级重新进行热力计算与配比，重新配置隔板、叶片等辅助结构，气封体由梳齿型结构进行改造，加密加长处理，第 2-7 级喷嘴组进行改造，重新配置。项目实施周期 3 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

据额度功率运行，每年按 7500h 统计，年节电量约为 1350 万 kW·h，每年可节约 4590tce，每年可减少 CO₂ 排放 1.24 万 t。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 36%，可形成节能 30 万 tce/a，减排 CO₂ 54 万 t/a。

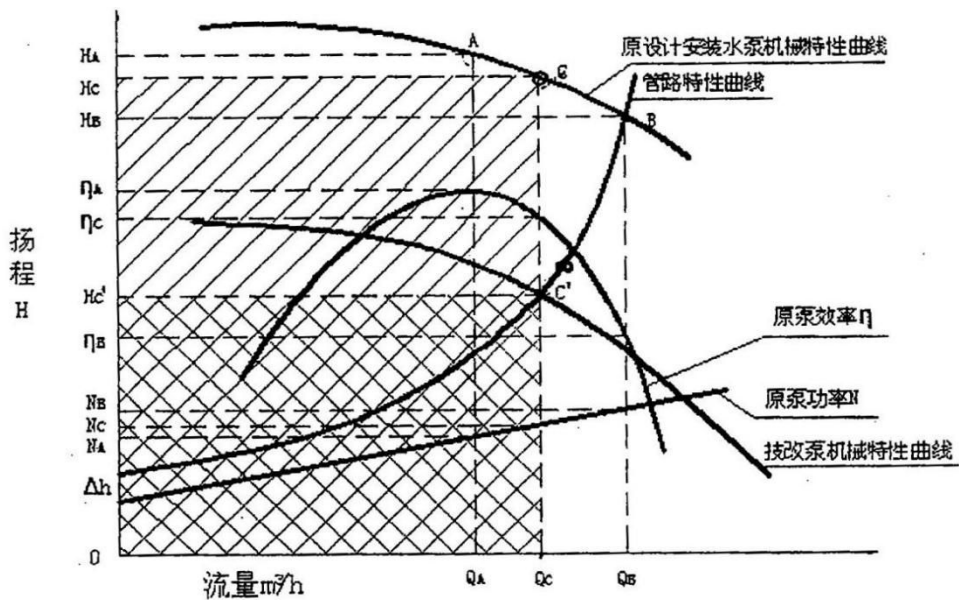
(三十六) 循环水系统高效节能技术

1.技术适用范围

适用于化工、冶金行业，热电行业的循环水系统节能改造。

2.技术原理及工艺

循环水系统高效节能技术的核心是在线流体系统的纠偏。通过对流体输送系统原设计工况的检测及参数采集，按系统最佳工况运行原则，建立专业水力数学模型，判断引起高耗能的因素，计算最优循环水输送方案，找到系统的最佳运行工况点，设计生产出与系统最匹配的高效流体传输设备，替换原有设备。改造同时配套完善自动化控制方式，使系统始终保持在最佳运行工况，以达到节能降耗的目的。系统设计原理图如下：



3.技术指标

- (1) 节电率可达 20~50%，平均节电率约 30%；
- (2) 水泵效率提高 8~10%；
- (3) 噪声、震动、轴承温度得到改善；

(4) 实现自动控制。

4.技术功能特性

(1) 循环水系统高效节能技术通过原有工况的检测及参数采集，按系统最佳工况运行原则，优化系统配置，消除循环水输送过程中不利的沿程及局部损失，从新设计生产与系统最匹配的高效流体传输设备，替换原有设备，降低系统能耗；

(2) 可以根据系统工艺需求及运行特征，定制自动控制系统，实现系统自动运行；

(3) 技改系统配套增加单台设备温度、电流、压力、系统流量等性能参数实时监控，可以随时读取系统能耗及整体运行效率。

5.应用案例

上海中石化三井化工有限公司改造项目，技术提供单位为杭州泵浦节能技术有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

上海中石化三井化工有限公司一期循环水系统共三台水泵，正常生产时运行两台，一台备用，因水泵扬程与实际的管路阻力损失不一致，且因换热位置都处于高位，导致系统回水阀门必须关小，使水泵运行在高效区，从而保证水泵不会超流量超功率运行。阀门关小，则阀门处的阻力损失增大，水泵富余扬程在此处均被无效地损失掉。

(2) 实施内容及周期

对3台循环水泵采用杭州泵浦节能技术有限公司的

循环水系统高效节能技术进行节能改造。项目实施周期 19 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

系统平均节电率 54%，技改前功率为 1437.08kW，技改后功率为 660.79kW，节电量 776.29kW，年节电量 667 万 kW·h，每年可节约 2268tce，每年可减少 CO₂ 排放 6124t。投资回收期 9 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 10%，可形成节能 4.5 万 tce/a，减排 CO₂ 12.2 万 t/a。

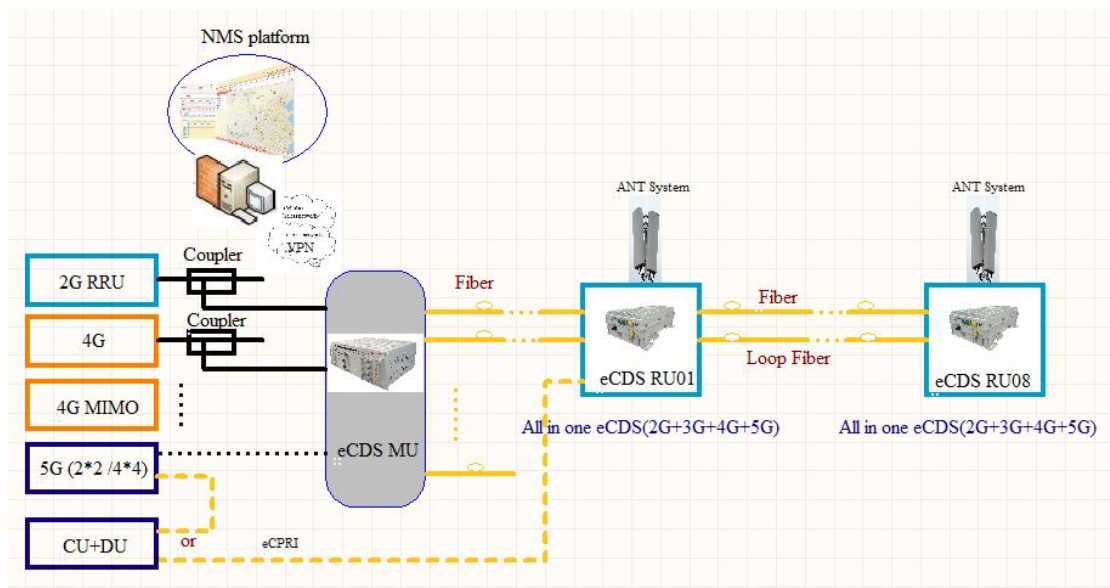
(三十七) 创新 5G 系统平台演进式多频多制式容量分布系统 (eCDS) 产品及技术 (BPRT)

1.技术适用范围

适用于电信行业通信领域。

2.技术原理及工艺

系统由射频容量接入转换单元/板卡、容量接入单元、演进式容量拉远单元、容量分配单元和集成 5G 微容量拉远单元组成，其中 CDU 及 pCRU 可根据工程实际应用配置选用。该技术应用使设备提高了效率，降低了单机能耗；改变了原有低效的组网方式，节省大量传统 RRU 设备投入。技术原理图如下：



3.技术指标

- (1) 自动电平控制范围： $\geq 20\text{dB}$;
- (2) 最大光路损耗： 10dB ;
- (3) 频率稳定性： $\leq \pm 0.01\text{ppm}$;
- (4) 时延： $\leq 8\mu\text{s}$ 。

4.技术功能特性

(1) 系统采用了全新的 DPD（宽带数字预失真）技术，使设备单机效率提高，功耗大为降低，仅相当于传统方案使用的多 RRU 综合设备功耗的 50%;

(2) 支持兼容一个或多个运营商原有多系统、多制式网络的 2G、3G、4G 及 5G 的融合一体化应用;

(3) 多系统集成在一套 eCDS 等设备上，占用空间少，减少安装工程量，快速部署。

5.应用案例

四川中国移动的“枫丹国际”多网融合信号覆盖项目。技术提供单位为广州开信通讯系统有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

枫丹国际的 A、B 两栋及商业裙楼的信号覆盖，两栋楼高 31 层，使用传统的 BBU+RRU 设备。

(2) 实施内容及周期

运用中国移动的 DCS1800 和 TDD-LTE2300 信号覆盖系统，用 4+46 台 eCDS 设备，节省下了原需要的 92 台 RRU 设备。实施周期 4 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期

据电表统计，该站点年节省电量 17.6 万 kW·h，按照电力折算标煤系数计算，节约 59.84tce/a。投资回收期约 12 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，按 20 万站点的 eCDS 设备计算，可形成节能 64.6 万 tce/a，减排 CO₂ 174.4t/a。

(三十八) 电动汽车群智能充电系统

1.技术适用范围

适用于电动汽车充电领域。

2.技术原理及工艺

电动汽车智能充电系统由防护、通信、检测、计量、交互等多个方面的辅助功能组成，实现 10kV 高压接入，经过 AC/DC 功率模块转换成直流电为电动汽车进行充电。通过高

效散热、高压箱集成、高效AC/DC转换、负荷调度与智能充电等多项核心技术使系统具有很好的节能效果。

3.技术指标

(1) 设备整机效率： > 95%;

(2) 输入功率因数： > 0.99;

(3) 支持错峰充电。

4.技术功能特性

(1) 具备一机多充，电动汽车群管群控的智能充电功能；

(2) 智能 PDU 模块实现功率模块与充电口的全智能组合；

(3) 具有充电过程的故障录波功能，全面、准确地记录充电全过程；

(4) 模块化设计（充电模块、PDU 模块、监控模块），三部分共享总线；

(5) 具有错峰充电模式。

5.应用案例

成都电动汽车群智能充电系统应用案例项目。技术提供单位为青岛特锐德电气股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

传统充电桩充电插头带电、占地面积大、电网接入困难、无序充电、充电成本高等。

(2) 实施内容及周期

建设全国最大的以 BOT 方式开展成都公交新能源电动

汽车充电网络基础设施建设项目，满足成都公交 8500 多辆纯电动公交车及部分社会电动车辆的充电需求。累计建设充电站 431 个，终端总数达 5288 个，其中快充 3391 个，慢充 1897 个。实施周期 4 年。

（3）节能减排效果及投资回收期

改造后，综合节油量约为 7141.3 万升，折合标煤 7.8 万 tce。投资回收期约 5 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能 15.6 万 tce/a，减排 CO₂ 42.12 万 t/a。

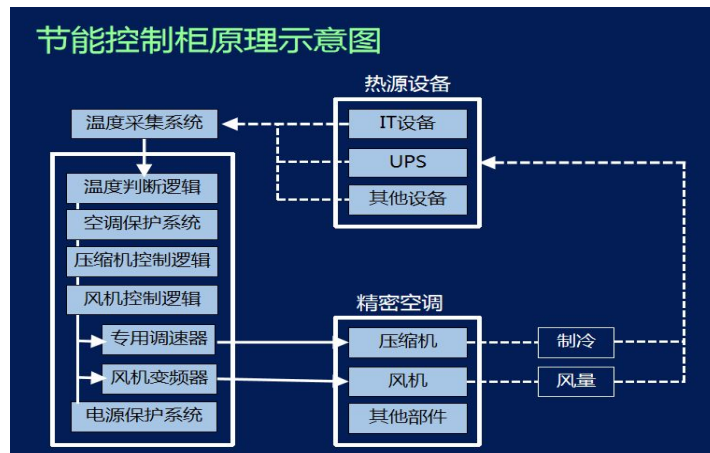
（三十九）精密空调节能控制技术

1.技术适用范围

适用于电子行业数据中心节能改造。

2.技术原理及工艺

通过降低压缩机与风机的转速，使单位时间内通过冷凝器和蒸发器的冷媒流量下降。通过在精密空调上增加精密节能控制柜，把压缩机、室内风机的供电先经过节能控制柜，通过节能控制柜采集室内的温度信号，再由节能控制柜的控制器输出相应控制信号给一个总的变频器，进而控制这两器的工作频率，达到降低能耗的目的。原理示意图如下：



3.技术指标

- (1) 年节能率可达 30%;
- (2) 交流电压谐波可低于 5%，总谐波电流（THDI）可低于 10%;
- (3) 实际制冷效率提升到 3.36 以上。

4.技术功能特性

- (1) 产品物料国产化;
- (2) 自动化高：控制策略自动优化空调的运行工况，机房温度得以精确控制，降低无效能耗的输出，当设备故障时自动切换至原系统;
- (3) 可靠性和稳定性高：通过控制算法，实现压缩机软启停，增加死区温度设置防止风道絮流波动导致压缩机频繁启停。

5.应用案例

华北油田京南云数据中心改造项目。技术提供单位为深圳市共济科技股份有限公司。

- (1) 用户用能情况简单说明
机房面积达 550 m²，额定制冷量为 1000kW；共 19 列机

柜组成 10 个冷通道封闭，总机架数量约 300 架，IT 设备实际功率为 403.4kW；共安装 10 台空调节能控制柜。

（2）实施内容及周期

采用空调节能控制柜XVAC系列产品共 10 台，一对一完成精密空调改造。日均节能量为 1331.2kW·h/d，节能率高达 21.6%。空调的故障率从一年 48 次降到一年 3 次；IT 设备进风平均温度从 $27\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 下降到 $23\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。实施周期 20 天。

（3）节能减排效果及投资回收期

改造后通过电表测算，每天可节约 1331.2kW·h，一年可节电 48.6 万kW·h，折合 165tce/a。投资回收期为 2 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 30%，可形成节能 1.485tce/a，减排CO₂ 4.01 万t/a。

（四十）绕线转子无刷双馈电机及变频控制系统

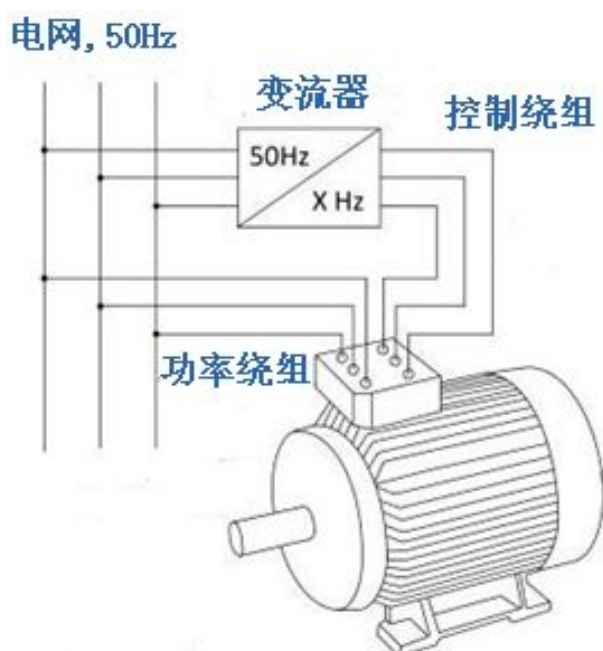
1.技术适用范围

适用于电机节能技术改造项目。

2.技术原理及工艺

无刷双馈电机是一种由两套三相不同极对数定子绕组和一套闭合、无电刷和滑环装置的转子构成的新型交流感应电机。两套定子绕组分别称为功率绕组和控制绕组，转子采用特殊绕线转子结构。基本原理是经过特殊设计的转子使两套定子绕组产生不同极对数的旋转磁场间接相互作用，并能对其相互作用进行控制来实现能量传递；既能作为电动机运

行，也能作为发电机运行，兼有异步电机和同步电机的特点。改变控制绕组的连接方式及其供电电源电压和电流的幅值、相位以及频率能实现无刷双馈电机的多种运行方式。技术原理图如下：



3.技术指标

- (1) 节电率 30~60%；
- (2) 效率高于 96%；
- (3) 调速范围 20~300%；
- (4) 功率因素 85~99%；
- (5) 噪音低于 95dB；
- (6) 控制精度 1%。

4.技术功能特性

(1) 低压变频器实现高压电机变频调速：小容量低压变频系统控制高压大功率电机运行，实现变频调速节能。谐

波量小，变频控制系统的功率仅占总功率的 1/3~1/2，节电率为 30~60%；

(2) 取消了电刷和滑环，提高了系统整体运行的可靠性和安全性；

(3) 变速恒频发电：用作发电机，可进行变速恒频发电；

(4) 基本免维护，高效可靠低成本，占地面积小，无须高压系统的运行维护条件，没有复杂的冷却系统。

5.应用案例

中国石化武汉分公司循环水泵无刷双馈同步电动机节能改造项目。技术提供单位为金路达有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

武汉石化 6 万吨/年 HF 烷基化装置水厂有 2 台循环水泵，16#循环水泵和 15#循环水泵，1 用 1 备。项目改造设备为 16#循环水泵 Y450-6 型三相异步电动机。泵机组效率 55.69%，平均每小时耗电量 434.39kW。

(2) 实施内容及周期

采用 TZYWS450-6 型号无刷双馈电动机及变频调速控制系统替代 16#循环水泵的 Y450-6 型三相异步电动机及控制系统。实施周期 6 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

根据第三方节能评估表明，年节电量为 109.24 万 kW·h，折合标煤 371.4tce/a。投资回收期 6 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能 2.23 万 tce/a，减排 CO₂ 6.02 万 t/a。

（四十一）工商业园区新能源微电网技术

1. 技术适用范围

适用电力行业微电网领域。

2. 技术原理及工艺

以自主研发的电能路由器、储能变流器、光伏逆变器等全系列电力电子一次产品为支撑，基于微网能量管理系统、中央控制器、运维云平台等二次产品构建全生态链微网能量管理及运维系统。该系统基于机器学习、人工智能、大数据、云计算等技术，采用多时间尺度功率预测和多目标优化调度算法，可提供需求响应、调度响应、孤岛运行、低碳运行等多种运行模式，实现对光伏系统、储能系统、充电桩系统、负荷系统的综合管理，满足不同客户个性化需求，保障微网安全、稳定、经济运行。

3. 技术指标

（1）自系统中清洁能源自给率 > 50%；

（2）光伏系统“自发自用，余电上网”，自发自用比例 > 50%；

（3）相比于传统的逆变器与变压器，电能路由器效率提高 2.4%。

4. 技术功能特性

（1）基于广义负荷及经济运行策略的微电网容量配置

技术及基础容量设计方法；

(2) 应用深度学习人工智能算法实现多尺度微电网功率预测分析；

(3) 基于光伏消纳及两部制电价的功率型与能量型需求侧响应；

(4) 应用虚拟同步机技术的集装箱式储能系统；

(5) 基于电能路由器的交直流微电网优化控制技术。

5.应用案例

西安产业园区改造项目。技术提供单位为特变电工西安电气科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

园区 2018 年全年用电量为 325 万 k·Wh，其中大工业电量为 308 万 kW·h，非居民照明（主要为宿舍和食堂用电）为 17 万 kW·h。其中冬季用电量最高，2018 年 2 月可达到 41 万 kW·h，5 月总用电量最低，约为 15 万 kW·h。

(2) 实施内容及周期

该项目配置 2.14MWp 屋顶光伏发电系统、1MW·h 磷酸铁锂储能系统，微电网为园区生产、研发、办公和生活供电。实施周期 5 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后，充分利用新能源发电，有效减少购电量，清洁能源自给率 >50%，减少年电度电费 >50%；提升光伏自发自用比例 12%；赚取峰谷电价差，减少年度电费 6.5%；降低基础容量 10%，减少年基础电费 6%，每年可节电 283.9 万 kW·h，

折合 964.8tce/a，减排 CO₂ 2605t/a。投资回收期约 10 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，焦化行业推广应用比例可达到 20%，可形成节能 1.93 万 tce/a，减排 CO₂ 5.21 万 t/a。

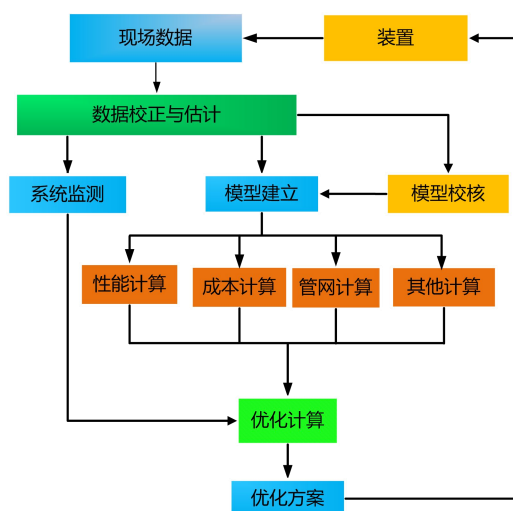
（四十二）炼化企业公用工程系统智能优化技术

1.技术适用范围

适用于石化行业炼化企业、石化基地、化工园区公用工程资源的集成管理与优化。

2.技术原理及工艺

本技术包括氢气系统智能优化技术和蒸汽动力系统智能优化技术。氢气系统分为供需子系统和回收子系统，通过分步建模及协同优化，建立氢气全系统优化模型，解决模型求解难的问题，形成了集成反应动力学供需子系统建模技术、氢气-轻烃-瓦斯三元协同优化技术等，并在此基础上结合数据采集处理技术和管网模拟优化技术开发了氢气系统智能优化平台，实现氢气资源的梯级利用，提高系统氢气利用效率，减少产氢装置供氢，节省燃料消耗及电耗，减少 CO₂ 排放；蒸汽动力系统智能优化技术是开发动力站锅炉、汽轮机、辅机等主要装置模型，通过联立方程法对系统进行计算求解，实现动力站系统的模拟。同时，采用联立方程法对动力站与蒸汽管网进行系统集成，实现蒸汽产-输-用集成建模与优化。在线模拟与优化平台建设技术原理图：



3.技术指标

- (1) 软件计算结果误差 < 3%;
- (2) 提高企业氢气系统氢气利用效率 5~15%;
- (3) 降低企业蒸汽动力系统能耗 3%。

4.技术功能特性

开发了大型复杂多源多阱蒸汽管网、热力系统及大机组数学建模及求解方法，开发了集成热电单元和蒸汽输送管网单元的蒸汽动力系统模拟优化软件（F-SET），实现了全厂蒸汽动力系统建模与集成优化。与国内外同类软件相比，一是实现动力站-管网-装置整体建模与集成优化；二是区别于其他建模软件虚拟流股，创新性地采用管网的概念，更加贴合现场实际情况；三是实现系统的实时模拟与诊断，对企业优化操作、精益化管理提供支持。

5.应用案例

金陵石化分公司氢气系统智能优化项目。技术提供单位为中国石油化工有限公司大连石油化工研究院。

- (1) 用户用能情况简单说明

金陵公司 1#PSA 装置用来提浓 1#、2#重整装置产氢及部分加氢装置废氢，装置操作压力 1.2MPa，产品氢压力 1.1MPa，由于耗氢装置需求，配置产品氢压机将压力升至 2.6MPa，另外配置解吸气压缩机回收解吸废气，装置能耗高。1#PSA 下游装置为柴油加氢，对氢气纯度要求并不高。过量提纯重整氢，不仅造成氢气浪费，同时使得装置能耗居高不下。

(2) 实施内容及周期

结合金陵石化要求制定不同投资力度下的氢气系统改造方案，并模拟计算。针对投资方案中涉及的新增设备、改造设备等，进行经济核算，确定投资费用，并对氢网系统优化方案进行校核。实施周期 12 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后，通过利用氢气系统智能优化技术对金陵公司氢气系统开展梯级利用及加氢装置用氢优化，节约氢气 2057.5Nm³/h，与优化前相比，电功耗增加 238kW，减少供氢带来的节能量=氢气体积流量×密度×运行时间×氢气标煤转换系数=2219.6tce；电耗增加带来的能耗折算标煤为 971.1tce，系统节能量为 1248.5tce/a。

投资回收期约 4 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 30%，可形成节能 37.5 万 tce/a，减排 CO₂ 101.25 万 t/a。

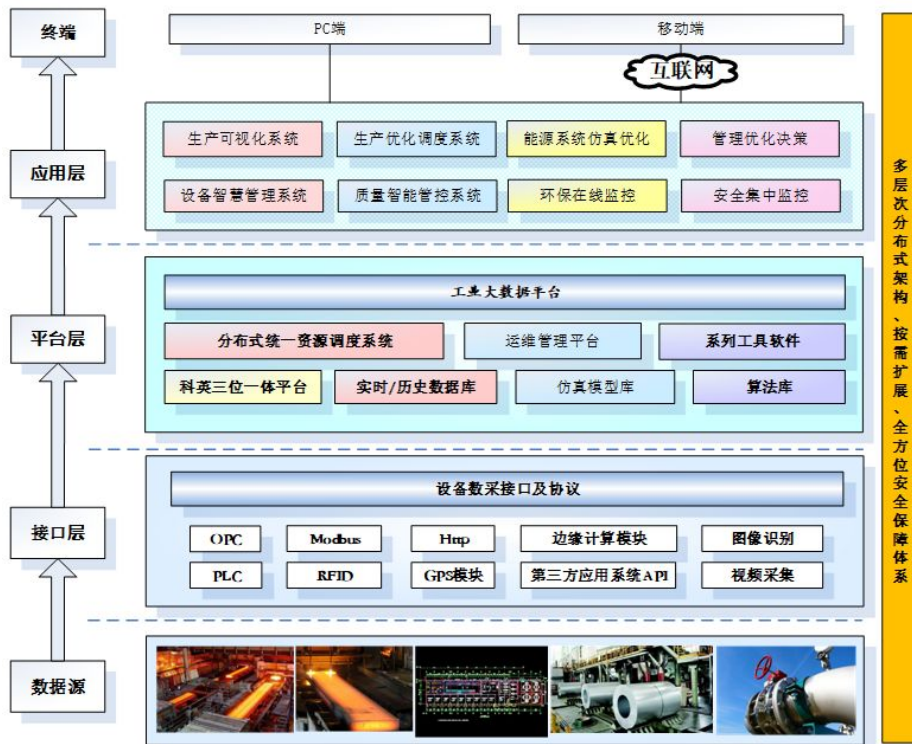
(四十三) 流程型智能制造节能减排支撑平台技术

1. 技术适用范围

适用于电力、水泥、钢铁等行业的数字化管控领域。

2. 技术原理及工艺

流程型智能制造支撑平台的核心是科英三位一体支撑平台，科英（SimCoIn）支撑平台为仿真、控制、信息三位一体的综合支撑平台。是一个UNIX版本的完整的支撑实时仿真、控制、信息系统软件开发、调试和执行的软件工具，实现了生产工艺流程的全面在线监视、在线预警、在线诊断和优化，应用高精度、全物理过程的数学模型形成了系统节能减排的在线仿真试验床，支持设备系统在线特性研究、热效率优化和动静态配合等深层次优化控制问题的研究，研究保证产品质量和降低生产能耗的方法。平台结构如下图：



3.技术指标

(1) 实时数据库标签点：单用户支持超过 300 万标签点；

(2) 历史数据库压缩率：达 40:1；

(3) 模型稳态运行精度：关键参数 2%，一般参数 3%；

(4) 模型暂态运行精度：关键参数<3%，一般参数<5%；

(5) 实时性指标：对操作的I/O采样周期 < 0.1s；快过程模型运算的周期 ≤ 0.1s；慢过程模型运算周期 ≤ 1.0s。

4.技术功能特性

(1) 具备在同平台支撑开发和运行仿真模型、控制系统、信息系统、工业大数据、工业云服务的能力；

(2) 拥有大型、高效、可靠、安全的实时数据库和实时计算引擎，支撑信息互联互通和工业软件的实现，支撑在线优化、在线决策控制和各类科学决策；

(3) 拥有丰富的算法库，让使用者选择以便于在线分析、优化和科学决策；

(4) 拥有在线决策控制的机制，把各种信息组织到控制系统，根据工况选择控制方案，整定动态和静态参数，确保精准控制；

(5) 拥有仿真模型嵌入系统，支撑全生命周期的设计验证、在线诊断、在线优化分析、控制方案研究、在线虚拟试验等。

5.应用案例

鲁南中联“水泥生产线全范围数字化管控技术”开发项

目。技术提供单位为广东亚仿科技股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

公司现有熟料生产线三条及其配套的两套纯低温余热发电机组。其中两条 2500t/d、一条 5000t/d 生产线，熟料生产能力 380 万 t；一套装机功率为 12000kW，年发电量为 6944 万 kW·h，一套装机功率为 9000kW，年发电量为 5983 万 kW·h。水泥生产能力 200 万 t，主导产品为水泥、熟料，水泥厂的熟料标煤耗为 113kgce/t。

(2) 实施内容及周期

建立生产线 DCS 及其辅控的数据采集系统和智能电表数采；建立科英支撑平台环境和实时/历史数据库系统；开发在线仿真系统（OLS）；开发节能减排在线试验床（OTS）；开发能源管理分析系统（EMS）；开发在线决策与控制系统（ODC）。实施周期 2 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后熟料的标煤耗由 113kgce/t 下降到 103kgce/t。根据厂内三条熟料生产线每年生产熟料 220 万吨，每年可节约 2.2 万 tce/a。投资回收期约 2 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 10%，可形成节能 22 万 tce/a，减排 CO₂ 59.4 万 t/a。

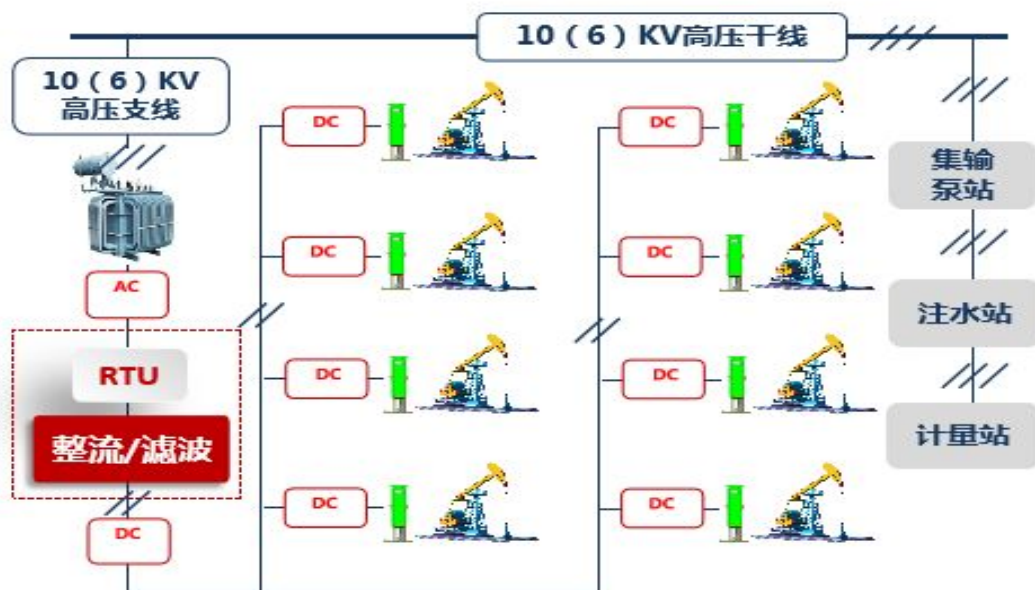
(四十四) 直流互馈型抽油机节能群控系统

1.技术适用范围

适用于工矿油气开采等行业的供电和电控系统增产节能改造。

2.技术原理及工艺

将同一采油（气）区块的各井抽油机电控逆变终端通过直流互馈型直流母线方式统一供电，充分发挥直流供电的优点和多抽油机的群体优势。将网络化无线通讯管理方式与油井群控配置组态相结合，实现集群井间协调和监控管理，使各抽油机倒发电馈能通过直流母线互馈共享、循环利用，一则可以提高能效；二则通过公共直流母线，使同一变压器和网侧整流器冗余容量为多台抽油机变频电控终端所共享，从而大幅度降低网电变压器台数和容量；三则直流供电线路压降低、损耗小、距离远。直流母线可以由电网经过特定的整流滤波装置集中供电，实现高功率因数和低谐波污染，还可以由风力、光伏等可再生新能源构成直流微电网供电，实现风/光/储/网电等多能互补。工作原理图如下：



3.技术指标

- (1) 工作温度: $-40\sim+80^{\circ}\text{C}$;
- (2) 相对湿度: 5~95%无凝露;
- (3) 吨液生产节电率: 15~25%;
- (4) 网侧功率因数: 优于 0.92;
- (5) 可靠性指标: $\text{MTBF}(\theta_p) \geq 16000\text{h}$ 。

4.技术功能特性

(1) 采用同一网侧整流滤波器通过公共直流母线为多台抽油机变频控制终端供电的抽油机区块直流互馈型变频群控配置组态;

(2) 提出了直流母线上各电控终端之间的倒发电能流互馈共享及分时群控策略;

(3) 研发了一种抽油机现场节约网侧变压器台数、容量和变压器及线路损耗的有效方法;

(4) 直流母线供电优势明显;

(5) 研发了一种实现油井抽油机的冲次调节和井间协调优化群控策略。

5.应用案例

胜利油田东辛采油厂营二管理区营 26 断块直流母线群控节能技术应用工程。技术提供单位为中石大蓝天(青岛)石油技术有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

30 口油井变压器平均负载率 34.8%，变压器容量冗余较大，容量费用支出多和变压器损耗大。

(2) 实施内容及周期

利用原有的容量为 100kVA 的 S13 型变压器 2 台、容量为 160kVA 的 S13 型变压器 1 台。配置 3 台集控整流柜，油井专用逆变柜 30 台，油井直流配电箱 8 台。实施周期 7 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期

30 口油井的年耗电量为 172.79 万 kW·h，系统节电率为 20%，则年节电量为 34.56 万 kW·h，折合标煤 117.5tce/a。投资回收期约 2.2 年。

6. 未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 50%，可形成节能 1.5 万 tce/a，减排 CO₂ 4.05t/a。

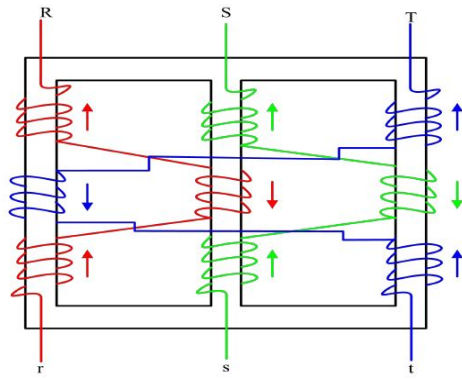
(四十五) 同步编码调节智能节电装置

1. 技术适用范围

适用于输配电系统优化领域。

2. 技术原理及工艺

利用电磁平衡原理，通过对配电系统电能质量优化治理，如切断富余电压、电磁移项、抑制谐波、抗击浪涌、平衡三项等，通过同步编码调节控制，实现智能化和云端监视。工作原理图如下：



3.技术指标

- (1) 节电率 10~32%；
- (2) 调压范围 3~12%；
- (3) 系统振动减少量 40~55%；
- (4) 抑制谐波 3、5、7 次在 35~60%
- (5) 消减三项平衡度在 20~68%。

4.技术功能特性

(1) 通过同步电压追踪系统，可以快速满足系统用电经济性的要求，保持电压系统稳定在一个高效能的工作状态，使系统用电设备整体效能保持最佳；

(2) 通过本装置立体卷铁心、三维交叉设计，保持系统输入维持在最佳平衡状态；

(3) 通过高性能具有电抗功能的调节机芯，对抑制系统谐波污染、抗冲击、吸收浪涌具有明显的作用。

5.应用案例

泓林电力技术股份公司配电系统节能改造项目。技术提供单位为威海智拓节能科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

该公司主要生产线有 AC1\AC2 注塑机、微电子专业电

线、拉丝生产线。主要用电设备有：大、中、小号拉丝机 220 台、台式、立式注塑机 125 台、专业机台 152 台，办公及其它辅助用电设备功率 330kW。根据测试数据，实际运行工况与额定工况相差较大，存在很大的余量，造成较大的能源浪费。

（2）实施内容及周期

（1）在西配电室串联一套容量 2500kV·A，在东配电室串联加装两台 2*1250kV·A 的节电装置。实施周期 10 个月。

（3）节能减排效果及投资回收期

据测算，年节约总电量约 230 万 kW·h，折算标煤为 782tce/a。投资回收期约 25 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 15%，可形成节能 1.17 万 tce/a，减排 CO₂ 约 3.17 万 t/a。

（四十六）基于电磁平衡原理、柔性电磁补偿调节的节能保护技术

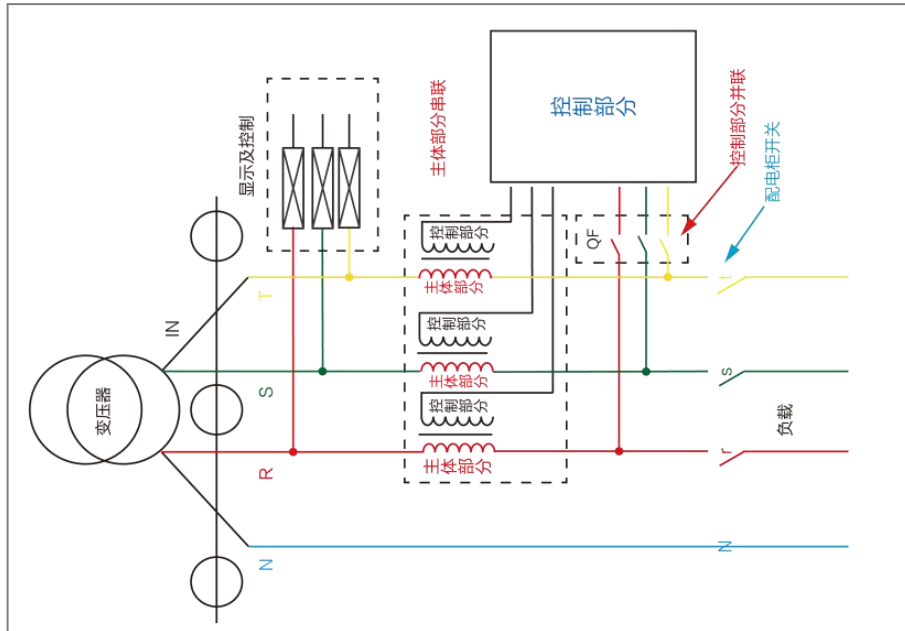
1.技术适用范围

适用于配电系统整体节能改造。

2.技术原理及工艺

应用电磁平衡、电磁感应以及电磁补偿原理，采用动态调整稳定三相电压、电磁储能以及特有的柔性补偿调节技术，提高功率因数、消减谐波、降低涌流影响、实现智能稳

压稳流，从系统的角度实现节能降耗。同时电能质量的提高也有效改善了各种设备的运行环境，从而延长设备寿命，提高运行效率。设备主体结构示意图如下：



3.技术指标

- (1) 空载损耗： $\leq 0.7\%$ ；
- (2) 空载输出电流偏差： $\leq 0.3\%$ ；
- (3) 负载损耗： $\leq 2\%$ ；
- (4) 噪音：1类（昼间 $\leq 55\text{dB}$ ；夜间 $\leq 45\text{dB}$ ）。

4.技术功能特性

设备核心为类变压器电磁结构，主回路没有任何电子元器件，没有机械运动，设计使用寿命达30年以上，串联安装在低压变压器二次出口侧，综合提升所有负载的电能品质。

5.应用案例

中国石油化工股份有限公司长岭分公司二污2#变压器低

压配电系统节电改造项目。技术提供单位为深圳市华控科技集团有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

中国石油化工股份有限公司长岭分公司二污2#变压器最常用负载 800kW，每年用电量为 700.8 万 kW·h。

(2) 实施内容及周期

在 2#变压器上安装节电保护装置。实施周期 3 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后，按验收的节电率 11.3%，每年节电量为 79.2 万 kW·h，折合 269.28tce/a。投资回收期 3.2 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 5%，可形成节能 1.35tce/a，减排 CO₂ 3.64t/a。

(四十七) 基于云控的流线包覆式节能辊道窑技术

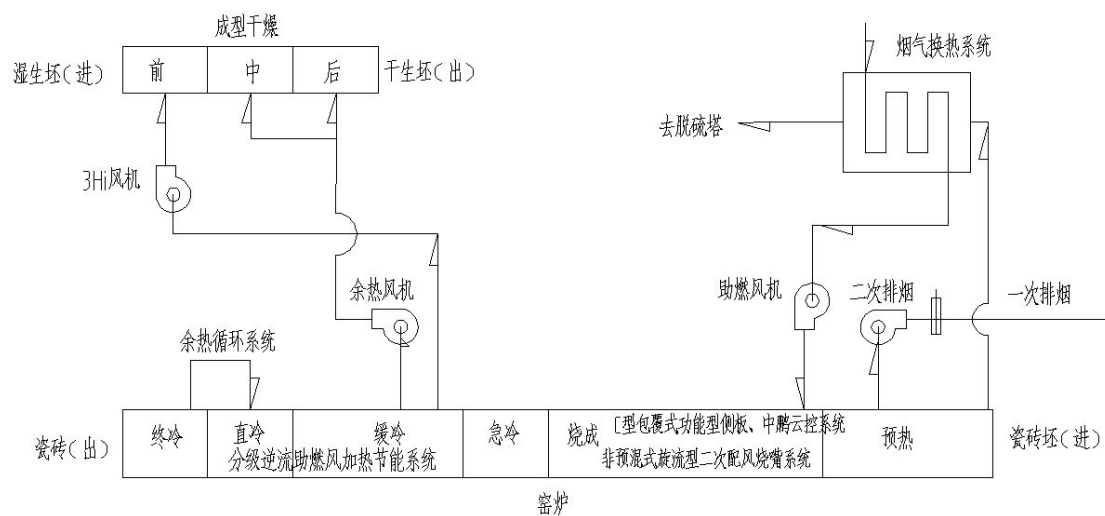
1.技术适用范围

适用于建材行业陶瓷工业窑炉生产线项目。

2.技术原理及工艺

将尾部部分终冷风抽出打入直冷区加热至 170~180℃，将缓冷区抽出的高温余热送至干燥系统利用，利用非预混式旋流型二次配风烧嘴，调节窑内燃烧空气，保证温度场均匀性，通过预热空气和燃料，节省窑炉燃料，将设备信息引入互联网云端，实现在线监测，并接入微信和 iBOK 专用移动

终端，实现窑炉产线的远程管理与协助。工艺路线图如下：



3.技术指标

(1) 窑炉天然气气耗 $1.44\text{m}^3/\text{m}^2$ 瓷砖，热效率 84.86% ，高于行业一级能耗水平；

(2) 典型节能率 16.64% ；

(3) 窑炉最高烧成温度 ($1000\sim 1250^{\circ}\text{C}$)；

(4) 零压点处外侧板温度与环境温度之差不应大于 25°C ；

(5) 助燃风温度 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 。

4.技术功能特性

(1) 余热综合回收；

(2) 高稳高温高效分级逆流换热式助燃风加热节能系统；

(3) 云控系统；

(4) C型包覆式功能型保温侧板；

(5) 高精度辊棒检测分级系统。

5.应用案例

山东远丰陶瓷有限公司改造项目。技术提供单位为广东中鹏热能科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

改造前为 1 条日产量 18500m² 仿古砖生产线（长 247.8 米、内宽 3.1m），天然气耗用量 1107.4m³/h。

(2) 实施内容及周期

使用非预混式助燃风加热节能烧嘴，高效均化分级逆流换热式助燃风技术、余热综合回收技术、C 型包覆侧板保温技术、高精度辊棒检测分级等多项技术，配有云平台在线监测系统。实施周期 4 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造前能耗为 86.35kgce/t，改造后能耗为 70.91kgce/t，产品产量为 18.92t/h，一年按 330 天计，改造后每年可节省 2313.6tce/a。投资回收期 12 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 15%左右，可形成节能 3.47 万 tce/a，减排 CO₂ 9.37 万 t/a。

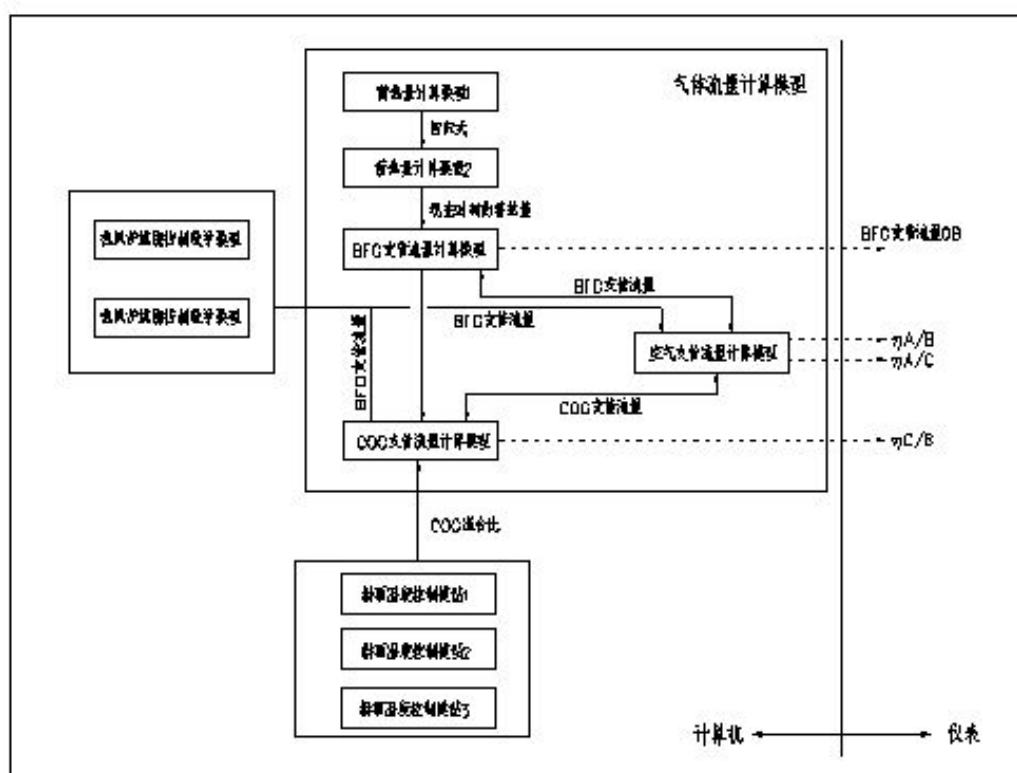
(四十八) 高炉热风炉燃烧控制模型

1.技术适用范围

适用于高炉热风炉燃烧系统优化。

2.技术原理及工艺

采用数学模型与专家系统相结合的方式处理复杂工况，在保证多阶段不同参数燃烧的基础上，在工况复杂多变的应用环境下满足烧炉需求，若热焓数学计算及回归分析出现异常，则采用专家系统进行替换，在拱顶温度振荡失控的情况下，采用相应措施，以保证复杂工况下的合理烧炉逻辑。如入口数据长期有误则进行系统提示，指导维护人员进行参数校正，解决了热风炉非线性、大滞后、慢时变特性的复杂控制问题，通过更精确的空燃比控制、更完善的烧炉换炉机制，提供更合适的烧炉策略。热焓模型架构图如下：



3. 技术指标

- (1) 节约煤气消耗 2-6.5%；
- (2) 提高送风温度 6-15℃；

(3) 提高热效率 2-9.5%;

(4) 提高顶温控制精度, 误差率小于 0.3%。

4.技术功能特性

(1) 控制方式采用数学模型与专家系统相结合的方式, 可以适应各种不同工况及保证极端工况的正常使用;

(2) 多炉协同的烧换炉方式, 对于环网稳压产生积极影响;

(3) 用有限状态自动机适配热风炉各种状态及控制各状态之间的切换, 使得各态切换切实可靠, 逻辑清晰简洁;

(4) 参数自学习的引入, 使得燃烧模型进入智能化领域。

5.应用案例

江阴兴澄 3200m³ 大高炉热风炉模型改造工程。技术提供单位为中冶京诚工程技术有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

江阴兴澄 3200m³ 大高炉热风炉原采用一级流量人工设定来进行燃烧控制, 存在空燃比调节不及时, 无法依据炉况适时调整; 煤气环网压力波动时, 人工无法及时调整, 影响烧炉效果; 换炉时, 无法依据实时情况进行大烧调节, 易造成环网压力波动等缺点。改造前, 日消耗高炉煤气 320 万 Nm³。

(2) 实施内容及周期

增设高炉热风炉燃烧控制模型, 增设一二级接口, 实现高炉热风炉全自动燃烧控制及监控。实施周期 1 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后一年可节约煤气 2556 万 Nm^3 ，每标准立米高炉煤气热值 800 大卡，2556 万 Nm^3 煤气折算可节约 2.91 万 tce/a。投资回收期约 3 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，在机床行业推广应用可达到 15%，可形成节能 43.61 万 tce/a，减排 CO_2 117.73 万 t/a。

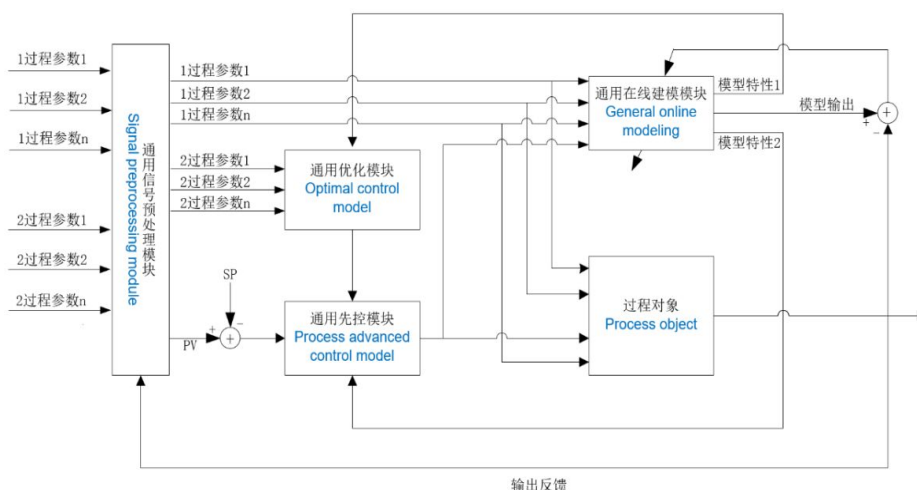
(四十九) 基于边缘计算的流程工业智能生产节能优化控制技术

1.技术适用范围

适用于各类化工、流程工业等行业的智能生产、智能控制项目。

2.技术原理及工艺

集成了当前先进的数据处理方法、先进的在线建模方法、先进的优化控制理论、先进的智能控制方法，包含：通用信号预处理模块（SPP）、通用在线建模模块（GOM）、通用先进控制模块（APC）、通用优化模块（OPC）等。具有自学习能力能够实现在线建模功能，可针对不同装置、不同生产过程像搭积木一样形成最适合的控制模型和优化模型，不但能够通过先进控制模块使各流程工业生产装置达到“快、准、稳、优”的最佳控制效果，而且能够通过优化模块使装置或整个系统达到最优的运行状态，从而为企业实现效益最大化。系统工作原理图如下：



3. 技术指标

(1) 生产线全自动化运行率 90%以上，实现准无人化操控，大大降低操作人员劳动强度；

(2) 实现生产过程参数的实时优化、最佳匹配，生产过程平稳，产品质量稳定，控制精度较原系统提高 2~3 倍以上；缩短生产时间，提高产能 2~10%以上；

(3) 实现生产物耗降低 1~5%，综合能耗降低 5~20%；

(4) 保证生产线运行安全，同时实现重要设备的预测诊断，故障诊断准确率 95%以上，提高安全生产水平等。

4. 技术功能特性

(1) 系统可对接各品牌 DCS 或 PLC 系统，以 OPC 或 MODBUS 等通讯方式与原控制系统进行数据交互，实现无扰接入，用户无需投资改造原控制系统和现场设备，无需现场停车；

(2) 系统具备自学习、自适应和自寻优功能，可针对不同生产现场形成最适合的控制模型，使被控过程达到“快、准、稳、优”的最佳控制效果，从而使装置达到最优运行状态；

(3) 系统可代替人来实现复杂生产装置的智能化操作，并能够通过先进控制、优化控制和大数据、人工智能等技术始终让生产装置运行在最佳状态；

(4) 系统设计可靠的运行效果评价功能，客观反映装置实时运行状况。

5.应用案例

内蒙古君正化工有限责任公司 PVC 干燥优化控制改造项目。技术提供单位为北京凯米优化科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

内蒙古君正化工有限责任公司 PVC 分厂共有 2 条年产 16 万吨 PVC 的生产线，蒸汽单耗达 1t/t，年耗低压饱和蒸汽达 32 万 t，折合标煤约 29 万 t。且产品质量不稳定，水分含量在 0~1%之间大幅波动，且平均水分在 0.2%以下，过低的水分使产品极易产生静电，影响包装运输及下游成型。

(2) 实施内容及周期

现场 2 条旋风干燥床采用凯米优化的基于边缘计算的流程工业智能生产节能优化控制技术进行节能改造。实施周期 12 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后每 1 吨 PVC 产品少用蒸汽 0.1t 以上，一年可节约蒸汽 3.2 万 t，1t 蒸汽消耗标煤 100kg/t 计，则可节约 3200tce/a。投资回收期 2 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年,推广应用比例可达到 5%,可形成节能 1.6 万 tce/a, 减排 CO₂ 4.32 万 t/a。

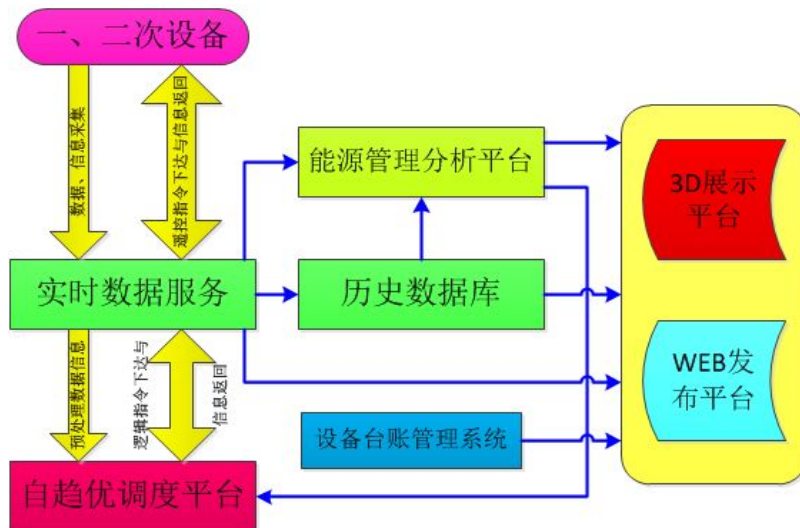
(五十) 产业园区智能微电网平台建设与应用技术

1. 技术适用范围

适用于各类使用光伏发电、风电、生物质发电、储能系统的园区和工厂。

2. 技术原理及工艺

集成分散独立供能系统,靠近用户侧,容量相对较小,将分布式电源、负荷、储能元件及监控保护装置等有机融合,形成了一个单一可控单元;通过静态开关在公共连接点与上级电网相连,可实现孤岛与并网模式间的平滑转换;就近向用户供电,减少了输电线路损耗,增强了抵御来自上级电网故障影响的能力。当上级电网发生故障或电能质量不能满足要求时,微电网切换到孤岛模式下运行,保证自身安全稳定运行。平台总体运行图如下:



3.技术指标

- (1) 激光产业园用户新能源发电使用 100%;
- (2) 激光产业园服务用户接入平台 100%;
- (3) 遥信正确率 $\geq 99.9\%$;
- (4) 遥控正确率 $\geq 99.9\%$;
- (5) 年可用率 $\geq 99.9\%$;
- (6) 故障自动隔离及供电恢复处理正确率 $\geq 99.9\%$;
- (7) 控制命令(点对点) $\leq 5s$;
- (8) 画面响应时间 $\leq 3s$;
- (9) 开关变位的报警响应时间 $\leq 4s$;
- (10) 动态数据刷新时间 $\leq 1min$ 。

4.技术功能特性

- (1) 数据采集的网络拓扑结构和设备;
- (2) 独立完善的监控系统;
- (3) 可视化智能化的 3D展示场景。

5.应用案例

辽宁激光产业园智能微电网平台项目。技术提供单位为辽宁宏成供电有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

辽宁激光产业园在节能改造前使用市电，并没有使用清洁能源，也没有能耗管理系统。

(2) 实施内容与周期

建立产业园智能微电网平台，将园区所在的 11 个变电所内部的所有高低压电气设备的数据，进行采集和传输。实施周期 3 年。

(3) 节能减排效果及投资回收期

项目改造后，每年可节省电量 769.6 万 kW·h，折合 2616.6tce/a。投资回收期 4 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 23%，可形成节能 4.31 万 tce/a，减排 CO₂ 11.64 万 t/a。

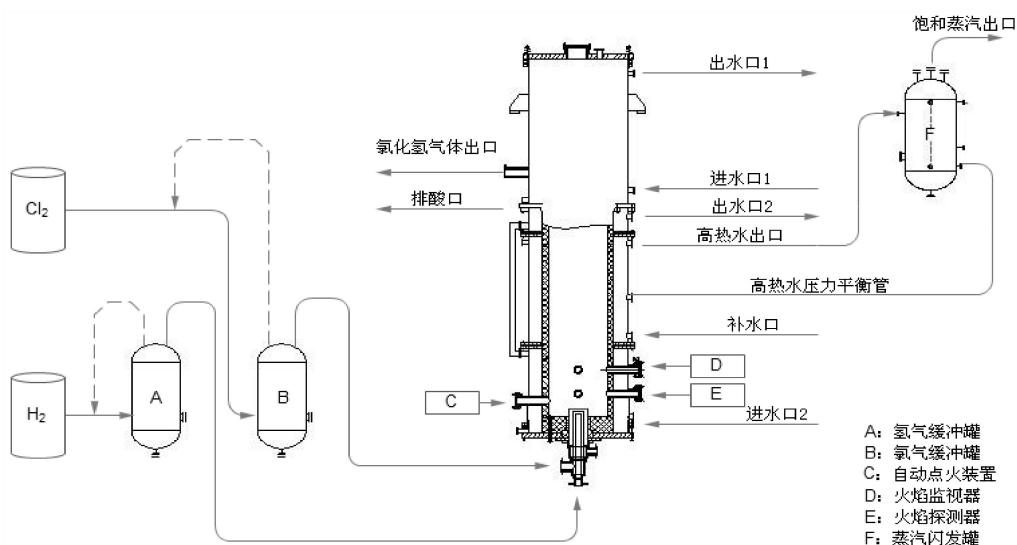
(五十一) 石墨盐酸合成装置余废热高效回收利用技术

1.技术适用范围

适用于石墨盐酸合成装置余废热回收利用领域。

2.技术原理及工艺

通过研发高导热石墨材料，炉体分段结构设计等技术的应用，设计出副产段，采用纯水将氯化氢气体冷却的同时，利用合成反应热加热纯水副产出 0.8MPa 的蒸汽，供用户并网使用，技术原理图如下：



3.技术指标

- (1) 氯化氢产能（100%）：10~150t/d;
- (2) 氯化氢输送压力：0.01~0.35MpaG;
- (3) 副产蒸汽压力：0.3~0.8 Mpa;
- (4) 副产蒸汽热效率：>0.7。

4.技术功能特性

- (1) 设计出石墨炉筒壁的多孔分布结构，提高水侧接触面积，有效提高了炉筒的热交换效率；
- (2) 石墨筒体内部开有环型螺旋结构，提高了氯化氢侧换热面积，提高单位产能及热能利用率；
- (3) 设计出环形腔体结构，增加水侧强制循环，解决横向孔中热水汽化造成的石墨爆裂；
- (4) 通过结构分段及补偿、水温控制、纵向双流程冷却回路等技术，解决了氯化氢合成过程中热量利用率低、钢制外壳和石墨筒体密封难等问题，实现了热量的高效利用。

5.应用案例

安徽华塑股份有限公司氯碱项目二期工程改造项目。技术提供单位为南通星球石墨设备有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

改造前使用老式钢制氯化氢合成炉无热能利用，造成大量热能和水资源的浪费。

(2) 实施内容与周期

16 万 t/a 烧碱、8 万 t/年乙炔、18 万 t/a VCM、18 万 t/a PVC 及公辅工程装置 5 套二合一石墨氯化氢合成炉及配套设备 EPC 工程。实施周期 7 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

根据测算，可节约 3330tce/a。投资回收期 6 个月。

6. 未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 30%，可形成节能 10 万 tce/a，减排 CO₂ 27 万 t/a。

(五十二) 转炉烟气热回收成套技术开发与应用

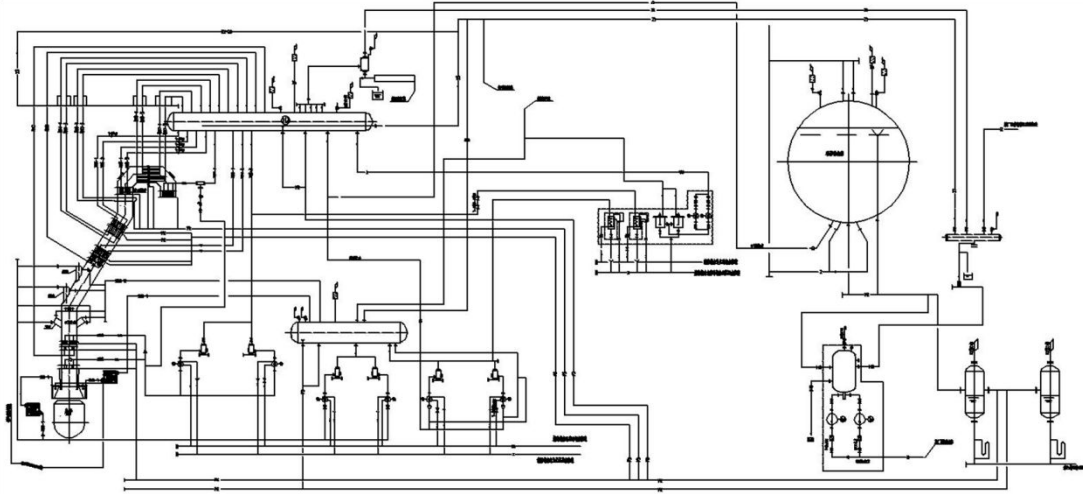
1. 技术适用范围

适用于冶金行业转炉炼钢烟气热回收利用领域。

2. 技术原理及工艺

基于能量梯级利用原理和品位概念，结合有限元模拟计算分析，发明了转炉烟道汽化冷却优化用能关键技术，研制了一系列高效节能核心动力设备，发明了以随动密封和新型圈梁水冷结构为核心的长寿节能型活动烟罩，基于有限元法数值模拟分析及实验研究，开发出固定段烟道单回程结构与

烟道受热面合金喷涂方法相结合的镀膜新技术。工艺流程图：



3.技术指标

- (1) 烟道前段寿命可延长至 3~5 年、中末段寿命可延长至 8~10 年；
- (2) 蒸汽产量最高超过 130kg/t 钢；
- (3) 蒸汽脱水率高达 99%、排污热损失减少 50%、除氧器排汽热损失减少 50%；
- (4) 系统综合故障率降低 50%、年节约检修时间 30% 以上，运行成本减少 20%。

4.技术功能特性

- (1) 实现了汽化冷却系统能量合理分配和优化利用，降低系统能耗，使烟道中末段寿命达到 8~10 年；
- (2) 解决了汽化冷却系统蒸汽产量低品质差的共性技术难题；
- (3) 开发出固定段烟道单回程结构与烟道受热面合金

喷涂方法相结合的镀膜新技术，使活动烟罩氮气消耗量减少。

5.应用案例

本钢板材股份有限公司 7 号转炉节能环保改造工程。技术提供单位为中冶京诚工程技术有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

本钢板材股份有限公司 7 号转炉改造前烟道寿命短，其中活动烟罩、炉口段、移动段约 1 年，中段和末段约 5 年。系统故障率高，安全可靠性能低。

(2) 实施内容与周期

转炉汽化冷却系统升压、新技术应用及相关升级改造。实施周期 9 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

年节约蒸汽约 23.5 万 t，折合 2.55 万 tce/a。投资回收期 24 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能 51 万 tce/a，减排 CO₂ 137.7 万 t/a。

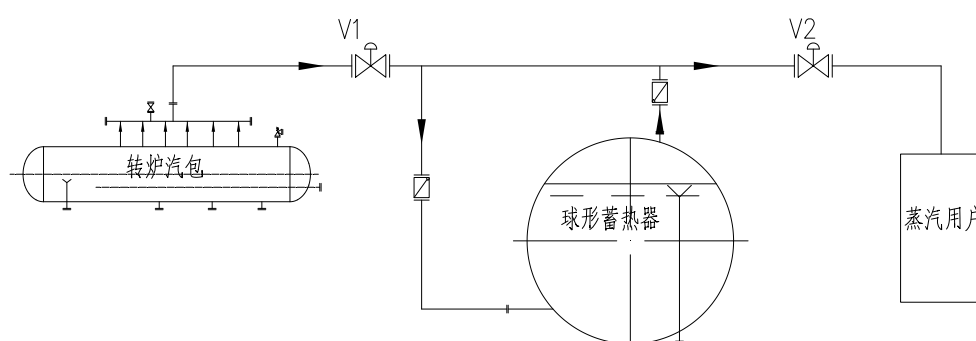
(五十三) 球形蒸汽蓄能器

1.技术适用范围

适用于钢铁冶金、火电、造纸等行业的蒸汽回收利用领域。

2.技术原理及工艺

球形蒸汽蓄能器内贮有大量热水，只留一部分作为蒸汽空间。当转炉吹氧时，汽化冷却装置产生的多余蒸汽被引入球形蒸汽蓄能器内，容器里的压力开始升高，蒸汽在球形蒸汽蓄能器内将水加热并凝结成水，水位由于蒸汽的凝结而升高，完成了充热过程。在转炉非吹氧期或蒸发量较小的瞬间，用户继续用汽时，球形蒸汽蓄能器中的压力下降，伴随部分水发生闪蒸以弥补产汽的不足，这时，球形蒸汽蓄能器中水位开始降低并实现了放热过程（向外供汽）。技术原理图如下：



3.技术指标

- (1) 球蓄占地节省：30~50%；
- (2) 维护量减少：50~70%；
- (3) 散热损失减少 50%；
- (4) 投资节省 25~30%。

4.技术功能特性

- (1) 首次在钢铁企业蒸汽蓄能器上使用球形罐体结构，

实现了蒸汽蓄能器的大型、高效，与卧式蓄能器相比，占地面积小、投资省、散热比表面积小、运行可靠性高；

(2) 对球形蒸汽蓄能器的内部装置进行了系统创新：充热放热装置、汽水分离装置、补水放水装置、内部支撑框架等，与卧式蓄能器相比，汽空间高，输出蒸汽工质质量明显提高，满足了蒸汽高附加值使用的要求；

(3) 球形蒸汽蓄能器的外部支撑结构满足大温差的工况。

5.应用案例

联峰钢铁（张家港）有限公司转炉余热回收项目。技术提供单位为中冶京诚工程技术有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

本项目为新建项目。

(2) 实施内容与周期

该项目建设 2 座 120t 转炉，配套建设 2 座转炉汽化冷却系统和 1 台容积 400m³ 的球形蒸汽蓄能器及配套电气自控设施。实施周期 6 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

该项目配套建设的 400m³ 球形蒸汽蓄能器回收回转炉余热蒸汽，年储存吹炼高峰时多余蒸汽折合标煤 1356tce。投资回收期 2 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 30%，可形成节能 4.07 万 tce/a，减排 CO₂ 10.98 万 t/a。

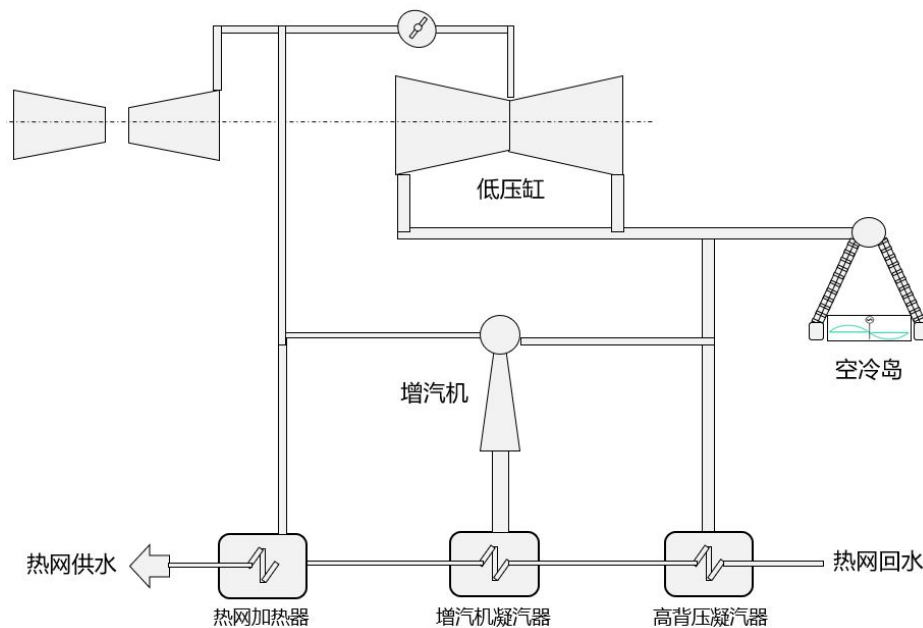
(五十四) 基于大型增汽机的热电厂乏汽余热回收供热及冷端节能系统

1. 技术适用范围

适用于电力行业乏汽余热回收利用领域。

2. 技术原理及工艺

利用大型蒸汽增汽机（蒸汽喷射器），引射汽轮机低压缸排汽（乏汽），混合升压升温后的蒸汽作为加热蒸汽，进入热网凝汽器，加热热网循环水，回收利用乏汽余热。通过热网凝汽器、热网加热器，阶梯式逐级加热热网回水，达到供热所需温度后，向市政热网供热水。工艺流程图如下：



3. 技术指标

- (1) 冷端损失降低 40%;
- (2) 热利用由原来的 40%左右提高到 80%左右;
- (3) 系统维护量小。

4.技术功能特性

(1) 系统简单、工艺流程短、能量传递损失小、热效率高、调节灵活、系统维护量小；

(2) 能量梯级利用更完善、更高效；

(3) 热网循环水的温度调节更加方便、灵活、准确。

5.应用案例

山西漳电国电王坪 2×210MW 电厂乏汽余热回收供热改造项目。技术提供单位为联合瑞升(北京)科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

改造前，怀仁县(王坪电厂所在地)冬季供热由分散的工业锅炉提供热源，供热面积约 850 万 m²，年耗标准煤约 19 万 t。

(2) 实施内容与周期

王坪电厂进行热电联产改造，向怀仁县供热，替代分散的小型工业锅炉供热。实施周期 6 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

整个供热改造工程，年节约 15.5 万 tce/a，其中“基于大型增汽机的乏汽供热节能系统”影响的标准煤耗占比为 36% 左右，折合 $15.5 \times 36\% = 5.58$ 万 tce/a。

厂内节煤量 5.58 万 tce/a，社会节煤量 15.5 万 tce/a，年节约 21.08 万 tce/a，投资回收期 24 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能 421.6 万 tce/a，减排 CO₂ 1138.32 万 t/a。

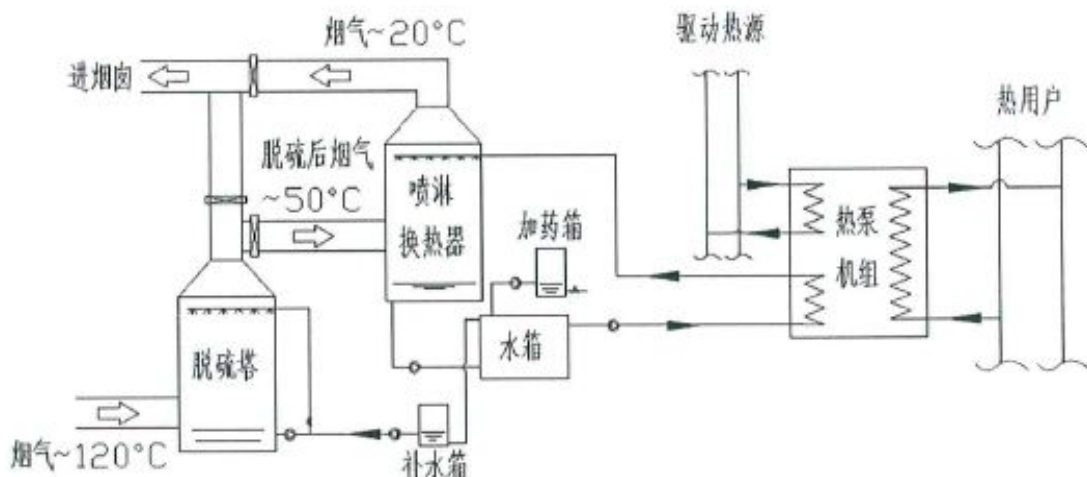
(五十五) 基于喷淋换热的燃煤烟气余热深度回收和消白技术

1. 技术适用范围

适用于烟气余热深度利用与消白领域。

2. 技术原理及工艺

在湿法脱硫后的烟道中设置直接接触式喷淋换热器，脱硫塔出口的高湿低温烟气在喷淋换热器中与低温中介水直接接触换热，烟气温度降低至露点以下，烟气中的水蒸汽冷凝，回收烟气的显热和潜热，同时回收水分，并吸收烟气中的 SO_2 、 NO_x 以及粉尘等污染物；中介水作为吸收式热泵机组的低温热源，在喷淋换热器中升温，在吸收式热泵机组中放热降温；吸收式热泵回收的热量提供给热用户。工艺流程图如下：



3. 技术指标

(1) 烟气深度降温，深度回收烟气余热。可将排烟温度降至 20°C，提高系统能源利用率 7~10%以上；

(2) 烟气二次减排。进一步降低烟气污染物排放浓度，降低SO₂浓度 55%、NO_x浓度 8.8%及部分粉尘含量；

(3) 降低烟气含湿量。烟气降温时，其中水蒸气含量大幅度降低，基本消除“冒白烟”现象。

4.技术功能特性

(1) 回收余热的同时降低污染物排放浓度，且烟气冷凝水经处理后可回收利用，实现节能、节水、减排三重功效；

(2) 烟气降温后，其中水蒸气含量大幅降低，基本消除冒“白烟”现象；

(3) 烟气余热用于加热热网水，增加了锅炉热效率，减少了锅炉燃煤消耗，提高经济效益；

(4) 吸收式热泵根据供热工况设计，可适应采暖季工况变化，调节范围可达 0-120%，调节范围广；

(5) 采用直接接触式换热器，克服了烟气冷凝腐蚀问题，延长设备使用寿命。

5.应用案例

北京燕山石化星城锅炉房烟气余热深度回收项目。技术提供单位为北京华源泰盟节能设备有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

星城锅炉房装机容量为 5 台 20 吨燃气热水锅炉，3 用 2 备，采暖季承担燕化星城小区共 97 万 m²供暖任务。

(2) 实施内容及周期

系统安装 1 台 3MW 烟气余热回收专用机组（含热泵本体，1 台直接接触式喷淋换热器），原锅炉烟道分别安装 5

台锅炉烟气直接接触式喷淋换热器（喷淋塔），吸收锅炉烟气中的冷凝热。实施周期 3 个月。

（3）节能减排效果及投资回收期

改造后，该项目设计回收烟气余热量 4MW，实际回收余热量为 4.06MW，折合每年节省天然气 117 万 m³，折合节约标煤 1416tce。投资回收期约 3 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 30%，可形成节能 60 万 tce/a，减排 CO₂ 3.78 万 t/a。

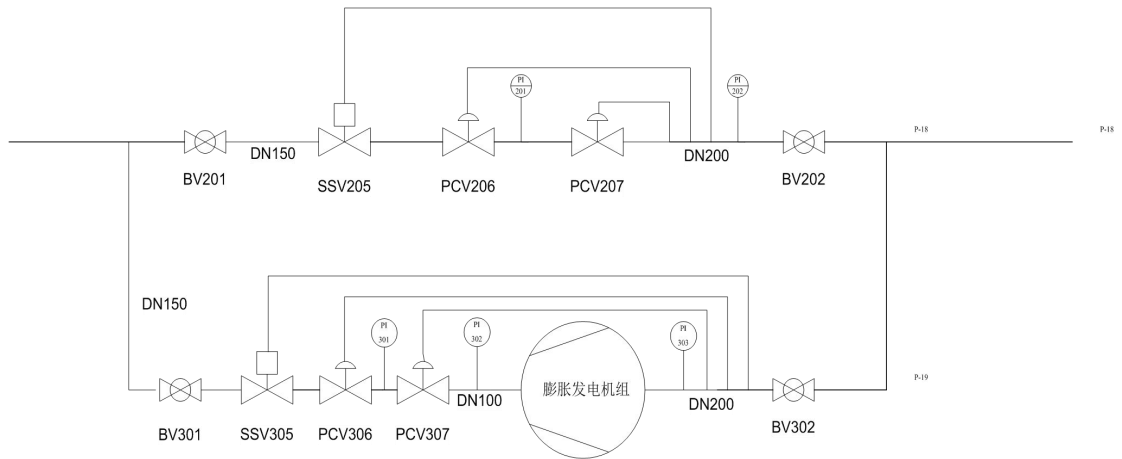
（五十六）天然气管网压力能回收及冷能综合利用系统

1.技术适用范围

适用于天然气行业的压力能综合利用领域。

2.技术原理及工艺

由螺杆膨胀发电机组、热泵补热系统、冷能综合回收系统等组成。上游管线的高压天然气，经旁通管路进入螺杆膨胀发电机组，单级或双级等熵膨胀后进入下级城市管网，膨胀过程中螺杆膨胀机驱动发电机发出稳定电能，膨胀过程中产生的冷能经载冷剂循环系统输送到制冰、空调、冷冻、冷藏等用冷单元。热泵补热系统同时将天然气加热到规范要求。基本原理图如下：



3.技术指标

- (1) 天然气进气量 10000Nm³/h;
- (2) 天然气进气压力 1.5~4.0MPa，进气温度 2~5℃;
- (3) 天然气进气出力 0.4~0.03MPa，出气温度 5℃;
- (4) 采用单级或双级螺杆膨胀机+热泵制冰系统+载冷剂泵循环系统;
- (5) 膨胀机发电机额定功率 355kW/380V/50Hz，制冰机额定制冰量 60t/d。

4.技术功能特性

- (1) 保持原“紧急切断阀SSV+监控调压器PCV+工作调压器PCV”的三阀组调压管路部分不变，在原天然气进口总管处将天然气引入天然气螺杆膨胀发电机组，回气接在降压出口总管处;
- (2) 与原管路并联，天然气螺杆膨胀发电机组的出口压力设置略高于原管线压力设定，确保优先天然气优先通过发电机组。一旦气量超过机组负荷，出口压力降低，原管线自动开启;
- (3) 两级油分离器，一级油分内置三级分离，二级油

分采用低温天然气专用高分子复合材料滤芯，分离效果可达0.1ppm;

(4) 全合成油，不被天然气稀释，合适的粘度保证润滑、分离，微量油进入下端用户管网可完全燃烧，且不留灰烬;

(5) 采用制冰系统补热，主要由片冰机（或块冰机）、制冰机组、冰库等组成，位于非防爆的门站办公区域。制冰机组是一台双效机组，冷凝热用作天然气补热，同时生产附加值非常高的商品冰;

(6) 天然气螺杆膨胀发电机组与制冰系统由载冷剂循环系统衔接，特种载冷剂，凝固温度低，不可燃，不挥发，安全低毒、防锈性能优良。

5.应用案例

衢州天然气浮石门站示范项目。技术提供单位为武汉新世界制冷工业有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

天然气从国家管线到城市管网需梯级逐级降压输送，均采用节流降压方式。由于节流降压后的天然气出站温度降低，在中北部地区冬季会低至 -20°C ，不符合供气温度高于 5°C 以上的规范要求，存在较大安全隐患，需额外增加补热装置提升天然气出站温度。这种等焓节流降压、额外补热的输气方式造成大量压力能、冷能浪费。

(2) 实施内容与周期

采用两级膨胀+分级补热方案流程。实施周期5个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

年净发电量约 126 万kW·h，折标煤量约 404tce/a；

年制冰产量约 1.7 万t，折算社会制冰节电量约 115 万kW·h，节约标煤量约 368 tce/a；

综合节约 772 tce/a。投资回收期 3 年。

6. 未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 15%，可形成节能 1.16 万tce/a，减排CO₂ 3.13 万t/a。

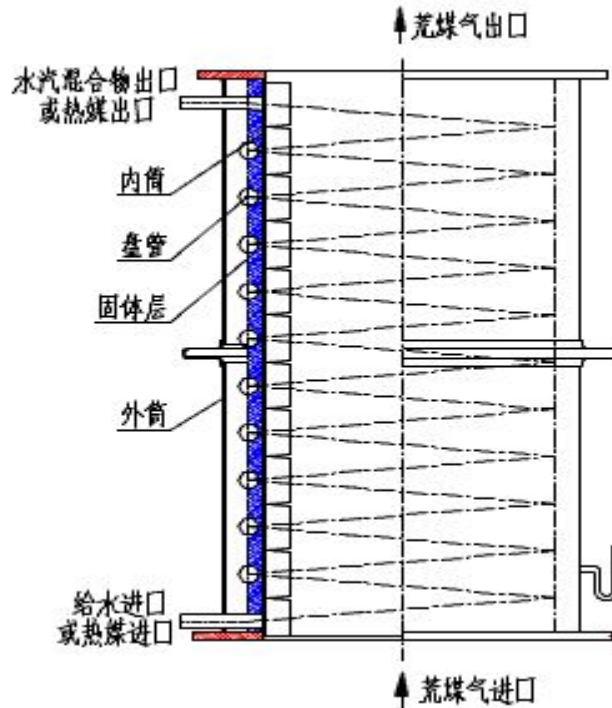
(五十七) 焦炉上升管荒煤气高温显热高效高品位回收技术

1. 技术适用范围

适用于冶金、焦化等行业的焦炉上升管荒煤气显热回收领域。

2. 技术原理及工艺

采用无应力复合间壁式螺旋盘管上升管换热器结构，对焦炉上升管内排出的 800℃ 高温荒煤气进行高效高品位显热回收，降温幅度 150~200℃，回收热量可用于产生 ≥1.6MPa 饱和蒸汽、或对蒸汽加热至 400℃ 以上、或产生 ≥260℃ 的高温导热油，可替代脱苯管式加热炉。系统原理图如下：



3.技术指标

- (1) 产汽压力：≤5.0MPa；
- (2) 吨焦产汽量：≥120kg（6m顶装焦炉）；
- (3) 过热蒸汽温度：≥400℃。

4.技术功能特性

- (1) 可直接产中低压饱和蒸汽；
- (2) 可产生高温导热油；
- (3) 加热过热蒸汽。

5.应用案例

徐州华裕煤气公司改造项目。技术提供单位为南京华电节能环保设备有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

徐州华裕煤气公司年产130万吨焦炭的5.5m高捣固焦炉上投运了1年半，产生的≤2.5MPa、≤250℃过热蒸汽用于发

电。

(2) 实施内容与周期

改造了 1 座焦炉的 65 孔上升管。将原焦炉的上升管更换为上升管换热器。采用导热油强制循环系统，回收上升管内荒煤气热量，采用导热油蒸发器产生 2.5MPa、250℃ 高品质过热蒸汽用于发电。降低荒煤气的排出温度，实现荒煤气余热回收的目的。主要设备包括上升管换热器、导热油蒸发器、导热油过热器、导热油强制循环泵、给水泵等。实施周期 2 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

项目改造后，平均产汽量为 10t/h，按年运行 8760 小时计算，年产蒸汽 87600 吨。按蒸汽价格 110 元/吨计（未扣除减少喷氨增效部分），则 65 孔的预期年效益（年运行以 8760 小时计）为（平均）963.6 万元/年，折合节约标煤 9636 tce/a。投资回收期 18 个月。

6. 未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 15%，可形成节能 4.82 万 tce/a，减排 CO₂ 13.01 万 t/a。

（五十八）燃气烟气自驱动深度全热回收技术

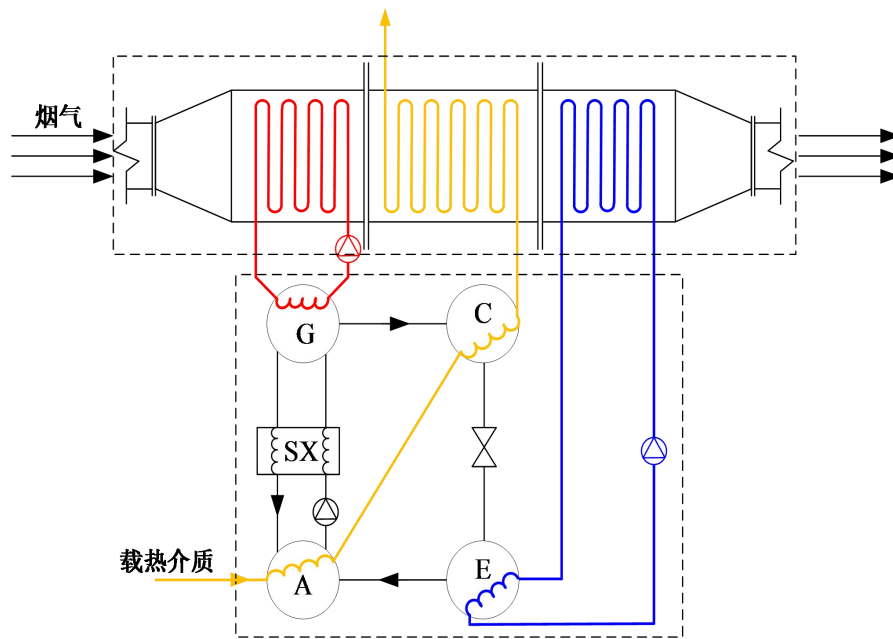
1. 技术适用范围

适用于烟气余热回收利用领域。

2. 技术原理及工艺

基于最新的烟驱换热理论进行系统结构的优化设计，综

合了热泵技术、高效相变换热技术、热质交换强化技术。采用三段式烟气全热回收器分段回收烟气中的热量，利用自身排出高温烟气的高品位热能做热泵的驱动能源，同时创造尾段烟气除湿的低温环境，深度回收热湿废气中的余热。系统结构如图所示：



3.技术指标

- (1) 高温烟气温度从 250~300℃ 降至 30~40℃；
- (2) 可将低温水加热到 70℃ 以上；
- (3) 可提高燃气锅炉整体效率 8~12%；
- (4) 1 万Nm³/h 烟气可回收 2.22MW 热量。

4.技术功能特性

(1) 自驱动全热回收：该系统结构能够使湿热烟气中的余热被充分回收，全部用于加热载热介质。在不引进外部驱动热源的情况下将高温烟气温度从 250~300℃ 降至

30~40℃，并回收所释放的全部热量；

(2) 能量输出品味高：用全热回收的热量经过转换，可用于给低温水加热到 70℃ 以上，适用于大多数工况供暖供热需求，实现节能减排；

(3) 能量回收率高：可提高燃气锅炉整体效率 8~12%，或者保证燃气发电系统综合热效率达到 85% 以上，节省大量的燃气，节能效果显著，经济效益明显。

5.应用案例

瓦斯发电烟气回收用于“矿井新风加热”项目。技术提供单位为哈尔滨瀚清节能环保科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

新发煤矿西部送风井建设投用后为了保证井下通风，需要给矿井 7000 m³/min 送风从 -30℃ 加热到 +2℃，共需要 5.74MW 的热量供应，相当于 8t/h 燃煤锅炉。

(2) 实施内容与周期

建设 4 台套 500kW 和 2 台套 1000kW 瓦斯发电机全热回收装置及配套设施，用于给矿井送风（7000 m³/min）加热到 +2℃。实施周期 2 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

按热值 7000 kcal/kg，小型燃煤锅炉热供暖综合效率 70% 计算标煤节约量，每年可以节约 3592tce。投资回收期 18 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 10%，可形成节能

3.59 万 tce/a，减排 CO₂ 9.69 万 t/a。

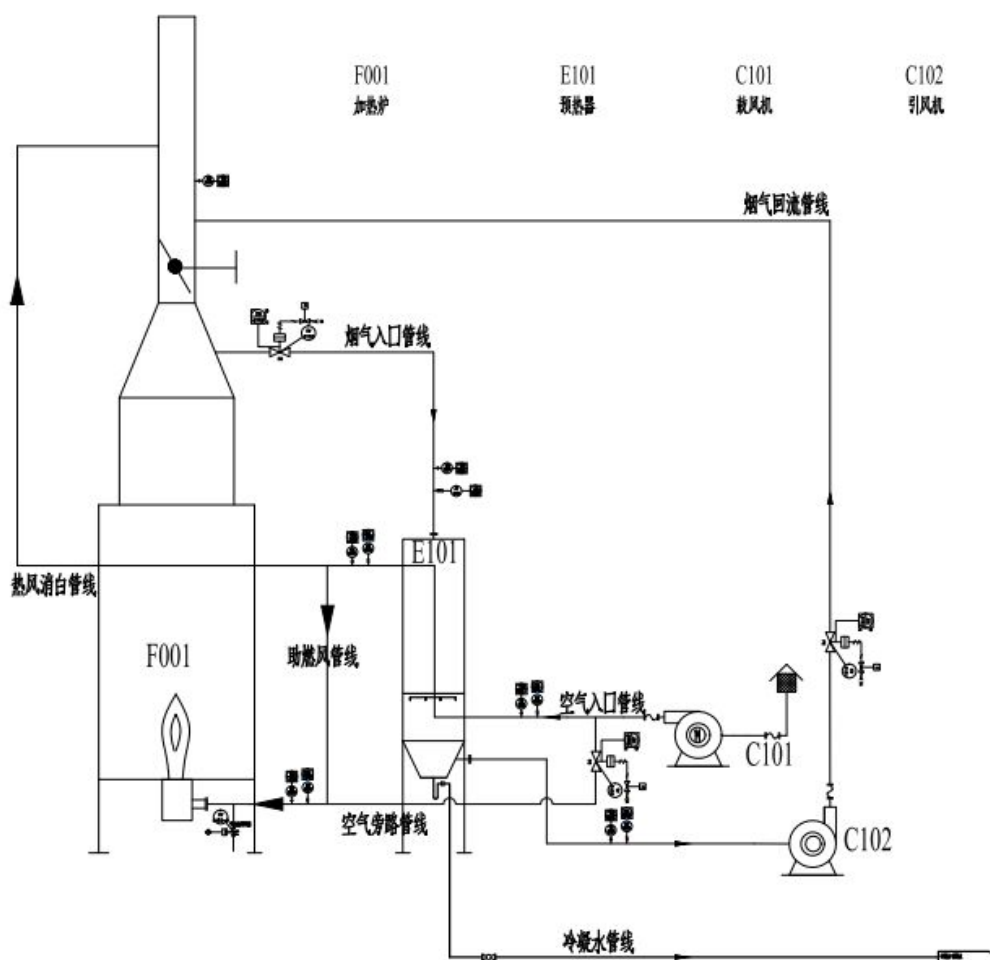
(五十九) 低温露点烟气余热回收技术

1. 技术适用范围

适用于余热回收及烟气污染治理领域。

2. 技术原理及工艺

采用 REGLASS 玻璃板式换热器作为空气预热器的低温段，对烟气进行深度余热回收，同时依靠玻璃本身的耐腐蚀性，解决预热器低温酸露点腐蚀问题。设备结构图如下：



3.技术指标

- (1) 加热炉及锅炉效率提升：2~10%;
- (2) 低温工况（排烟温度低于露点温度）余热回收系统寿命提升；≥3 年；
- (3) 氮氧化物及碳排放量减少：1.5~10%;
- (4) 硫氧化物排放量减少：5~50ppm;
- (4) 每小时节水量：0.2t/MW（空气预热器负荷）。

4.技术功能特性

(1) 防腐蚀抗积灰：将特种耐热玻璃组成的REGLASS玻璃板式换热器作为空气预热器的低温段，可以有效抵抗烟气酸露点腐蚀问题。同时作为换热板的特种耐热玻璃表面光洁度为 0.005-0.01 μm 。超高的光洁度可以有效抵抗烟气中粉尘颗粒物对换热器的堵塞作用；

(2) 冷凝排烟降低烟气中污染物的排放：通过预热器降温后，烟气温度降低至酸露点温度以下，会析出一部分的冷凝水。在冷凝水析出的过程中会自发“团聚”在烟气中固体颗粒物的周围形成液滴，冷凝水的形成和排放过程可以有效降低烟气中固体颗粒物及水溶性污染物的排放量。

5.应用案例

山东滨化滨阳燃化有限公司 40 万 t/a 石脑油改质装置优化升级余热回收系统项目。技术提供单位为洛阳瑞昌环境工程有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

该装置原燃气消耗量约 2600Nm³/h 加热炉效率低于

85%，排烟温度过高，节能改造空间巨大。

(2) 实施内容与周期

新增REGLASS组合板式空气预热器系统；新增鼓风机及引风机各一台；新增预热器、引风机及鼓风机地基各一套；新增冷凝水排放地沟一条。实施周期 20 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期

加热炉燃气消耗量由 2600Nm³/h降低至 2400Nm³/h；设备全年运行时间为 8760 小时，每年节约天然气量 175.2 万 Nm³，折算标煤为 1255tce/a。投资回收期 7 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能 1.26 万 tce/a，减排 CO₂ 3.40 万 t/a。

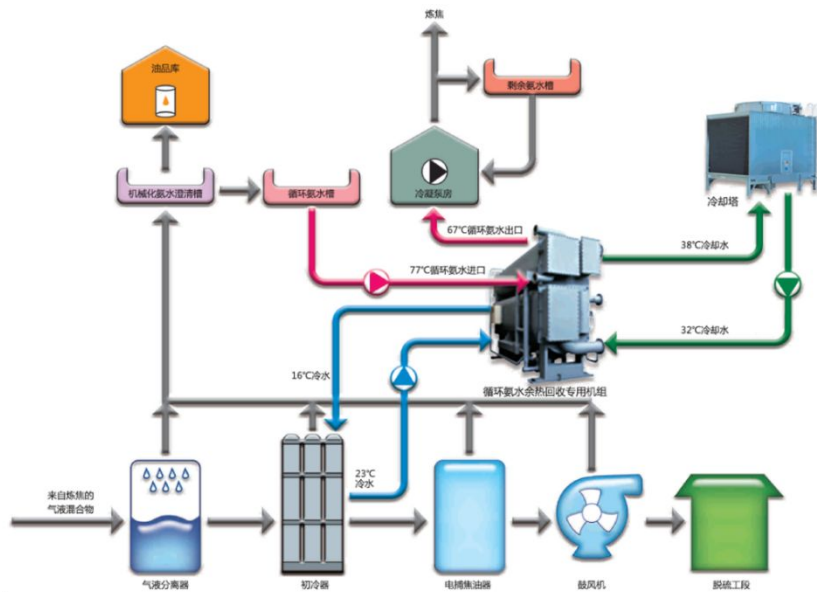
(六十) 循环氨水余热回收系统

1.技术适用范围

适用于钢铁，焦化等行业的循环氨水余热回收领域。

2.技术原理及工艺

采用一种直接以循环氨水作为驱动热源的溴化锂制冷机组，实现余热回收夏季制冷、冬季供暖，一方面实现荒煤气显热高效安全回收，另一方面还能对现有生产工艺改善、提高产能。可完全满足焦化工序冷需求、冬季供暖不但可满足厂区供暖，还有很大富余，可将余热向厂区外供暖。工作原理图如下：



3.技术指标

- (1) 制冷COP: ≥ 0.80 ;
- (2) 供暖COP: ≥ 0.98 ;
- (3) 循环氨水喷洒温度 $\leq 67^{\circ}\text{C}$;
- (4) 荒煤气初冷器入口温度 $\leq 80^{\circ}\text{C}$;
- (5) 煤气冷却温度 $\leq 21^{\circ}\text{C}$ 。

4.技术功能特性

- (1) 循环氨水喷洒温度降低 ($77^{\circ}\text{C} \rightarrow 67^{\circ}\text{C}$)，提高吸热能力；
- (2) 初冷器前荒煤气温度降低 ($82^{\circ}\text{C} \rightarrow 80^{\circ}\text{C}$)，初冷器负荷降低，冷却循环水量减少，初冷器阻力降低；
- (3) 初冷器后煤气温度降低，提高电捕除油效果；
- (4) 初冷器后煤气温度降低，改善鼓风机运行工况。

5.应用案例

河南中鸿集团煤化有限公司项目。技术提供单位为松下

制冷（大连）有限公司。

（1）用户用能情况简单说明

南中鸿集团煤化有限公司利用蒸汽型溴化锂吸收式机组制冷，能耗较高，造成较大的能源浪费。

（2）实施内容与周期

安装相关循环水系统（冷水，冷却水）、机组及控制系统。实施周期 6 个月。

（3）节能减排效果及投资回收期

改造后，年节省蒸汽 43200t，折合 4968tce/a。投资回收期 1 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 50%，可形成节能 12.42 万 tce/a，减排 CO₂ 33.53 万 t/a。

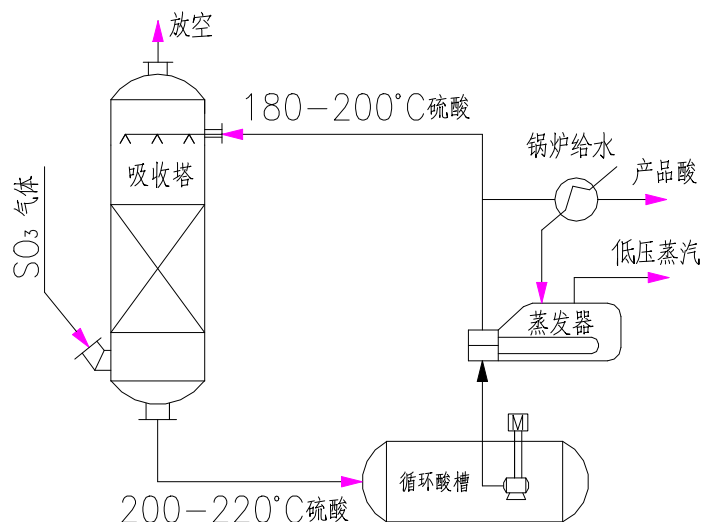
（六十一）硫酸低温热回收技术

1.技术适用范围

适用于化工和冶金等行业的硫酸生产领域。

2.技术原理及工艺

硫酸低温热回收技术采用高温高浓酸吸收，将吸收酸温提到 180-200℃，硫酸浓度到 99%以上，然后在系统中用蒸汽发生器替代循环水冷却器，将高温硫酸的热量传给蒸汽发生器中的水产生蒸汽。工艺流程图如下：



3.技术指标

- (1) 产汽压力：0.6~1.0MPa;
- (2) 产汽率：0.45~0.6 吨蒸汽/吨硫酸;
- (3) 每生产一吨硫酸节省循环冷却水：36t。

4.技术功能特性

采用高温高浓酸吸收，将吸收酸温提到 180~200℃，硫酸浓度到 99%以上，然后在系统中用蒸汽发生器替代循环水冷却器。

5.应用案例

四川龙蟒磷化工有限公司 1100t/d 硫磺掺烧亚铁制酸低温热回收项目。技术提供单位为南京海陆化工科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

该公司原有一套 1100t/d 硫磺掺烧亚铁制酸生产装置，改造前采用传统的低温三氧化硫吸收工艺，吸收部分的反应热由循环冷却水带到空气中，能量未有效回收，制酸系统干吸

工段消耗循环水量 3000t/h。

(2) 实施内容与周期

新建一台热回收塔与原有一吸塔并联，烟气管道用插板阀切换，高温吸收产生高温浓酸采用蒸发器降温产出低压饱和蒸汽，蒸发器出口浓酸送混合器，用低压喷射水调节酸浓。实施周期 7 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

产汽量：21.5t/h(0.8MPa)，按一吨低压蒸汽折 0.1286tce 计，每年可节约： $21.5 \times 8000 \times 0.1286=22119\text{tce}$ ；

节省循环水量 1650t/h，按一吨循环水折标煤 0.00014t 计，每年节省标煤量为： $0.00014 \times 1500 \times 8000=1680\text{t}$ ；综合节能 23799tce/a。投资回收期 3 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 30%，可形成节能 65.8 万 tce/a，减排 CO₂ 177.66 万 t/a。

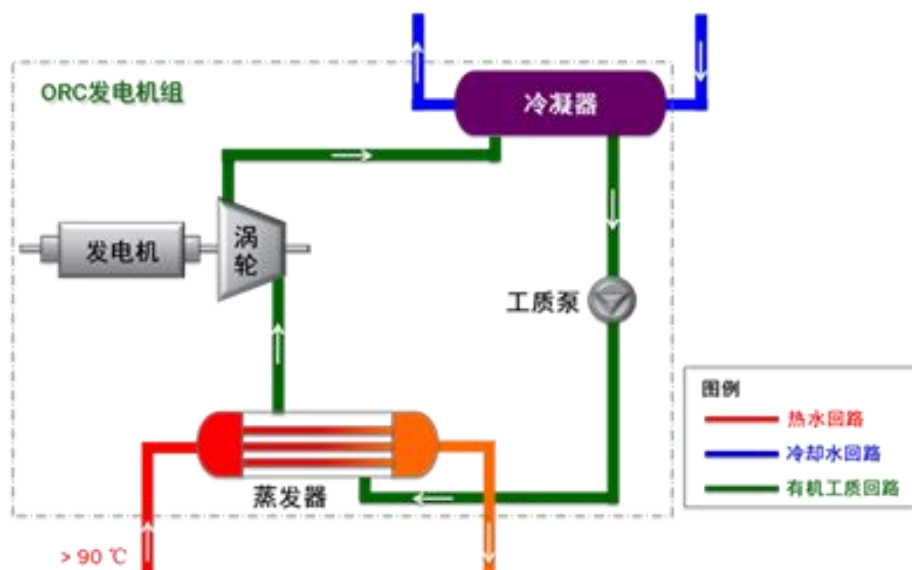
(六十二) 基于向心涡轮的中低品味余能发电技术

1.技术适用范围

适用于中低温热源回收利用领域。

2.技术原理及工艺

采用有机朗肯循环 (ORC) 的热力学原理，将低品位余热转化为高品质清洁电能。其中，有机工质的应用，可适应余热资源的温度范围；向心涡轮技术的应用，大幅提高了系统发电效率以及系统运行的可靠性。工作原理图如下：



3.技术指标

- (1) 热水温度 90~180℃；
- (2) 吨水发电量 2~20 kW·h。

4.技术功能特性

向心涡轮中低品位余能有机朗肯循环发电技术直接将废弃的余热转化为高品质电能，用户可以直接就地进行消化吸收。

5.应用案例

中国石油化工股份有限公司茂名分公司炼油 4 号柴油加氢余热发电项目。技术提供单位为北京华航盛世能源技术有限公司。

- (1) 用户用能情况简单说明

4 号柴油加氢装置年运行时间为 8400 小时估算，空冷器组年耗电量为 378 万 kW·h。

- (2) 实施内容与周期

本项目配置一套HSRT余热发电系统（包括3台离心式ORC低温发电机组，总装机容量1950kW），可将精制柴油降温至62℃，同时免除了所有空冷器耗电。实施周期19个月。

（3）节能减排效果及投资回收期

年净发电量为1247.4万kW·h，节约空冷器耗电功率450kW，年节电量为378万kW·h，综合节电量为1625.4万kW·h，折合5526tce/a。投资回收期36个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来5年，推广应用比例可达到15%，可形成节能137.1万tce/a，减排CO₂370.7万t/a。

（六十三）高温热泵能质调配技术

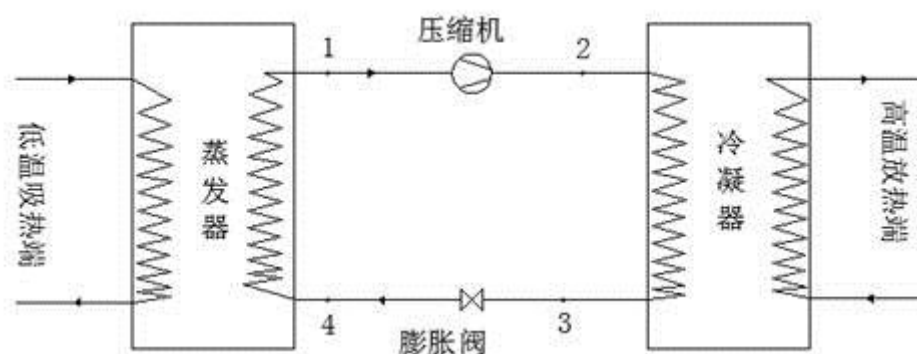
1.技术适用范围

适用于炼厂低温余热回收利用领域。

2.技术原理及工艺

高温热泵能质调配技术实质上是一种能质提升技术，以消耗一部分高品位能（电能、机械能或高温热等）为代价，通过热力循环把热能由低温物体转移到高温物体，利用逆向卡诺循环的能量转化系统，制冷剂吸收低温热源的低品位热能，在蒸发器中蒸发，然后在压缩机中压缩到较高的温度和压力，随后，高温的制冷剂进入冷凝器冷凝并将热量释放给散热器，冷凝后的制冷剂通过膨胀阀，压力降低，并再次返回蒸发器，至此完成一个循环。当热源与散热器分离且需要

将温度提升至较高水平时，闭式循环压缩式热泵（CCC）将体现它的优势。构成机械压缩式热泵的主要部件有蒸发器、压缩机、冷凝器、膨胀阀或节流阀等。所采用的循环工质多为低沸点介质，如氟利昂、氨等。工作原理图如下：



3.技术指标

（1）该高温热泵的最高出水温度达 130°C ，提升温差可达 50°C ；当蒸发器侧的入水温度为 80°C ，出水温度为 130°C 时，冷凝压力仅为 2.7MPa ，COP 可达 2.5；

（2）该机组根据新开发的混合工质的性质，重新编制机组内膨胀阀的调节控制程序，调整机组的保护参数；

（3）该种高温单级热泵系统在各工况下的检测运行均性能良好，在工业中的应用范围被大大提高。

4.技术功能特性

超高温热泵制热端出口达到 130°C ，提升温差 50°C 。开发的新型有机混合工质 BY-5 是氢氟烃（HFCs）高温近共沸二元混合工质，具有良好的高温特性，机组循环性能稳定。

5.应用案例

山东京博石油化工有限公司气体分馏装置改造项目。技

术提供单位为山东京博石油化工有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

1 台原有 1.0Mpa 加热蒸汽 (3.6t/h) 耗能严重。

(2) 实施内容与周期

利用热泵将工质温度提升至 130℃，直接进入重沸器循环加热其中的物料，从而替代原有的 175℃ 蒸汽，此工艺可以大大的提高机组的能效，节约高品质蒸汽的使用量。实施周期 9 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

用 527kW 热泵将工质温度升至 125℃，将闪蒸后产生的工质蒸汽给重沸器中的物料加热，从而取代原有 1.0Mpa 加热蒸汽 (3t/h)，年节约 24000t 蒸汽，折合 2256tce/a。投资回收期 16 个月。

6. 未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 25%，可形成节能 5.64 万 tce/a，减排 CO₂ 15.23 万 t/a。

(六十四) 油田污水余热资源综合利用技术

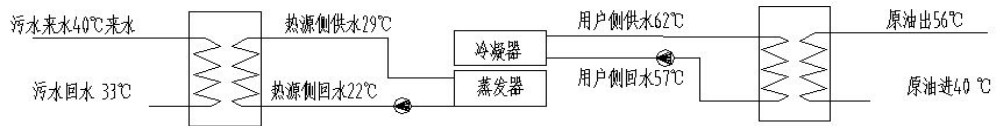
1. 技术适用范围

适用于油田等行业的集输站库余热回收领域。

2. 技术原理及工艺

针对油田污水的特点及原油特性，集输系统用能特点，选取最优方案，确定最佳的参数。实现了出水 100℃ 以上的高温压缩式热泵工艺设计，优化了污水余热利用系统能流参

数。形成了防聚合物堵塞技术、防污水腐蚀技术、防污水结垢技术等三个技术系列。工艺如下图所示：



3.技术指标

- (1) 油田集输系统节能率 25%;
- (2) 油田集输系统用热成本降低 20%以上。

4.技术功能特性

- (1) “高温热泵+高效换热”为核心的油田污水余热综合利用技术;
- (2) 高温压缩式热泵污水余热利用系统优化技术;
- (3) 确定了适合油田资源特点的热泵选型原则;
- (4) 建立了油田污水余热综合利用模式。

5.应用案例

河口采油厂埕东联合站采出水余热利用项目。技术提供单位为中国石化集团胜利石油管理局有限公司新能源开发中心。

(1) 用户用能情况简单说明

河口采油厂埕东联合站的原油加热及冬季采暖由 5 台 2300kW 水套加热炉提供，年耗天然气 $653 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

(2) 实施内容与周期

采用 4.6MW 及 0.73MW 的二类热泵各一台，为来液、原

油外输提供热量。实施周期 6 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后年替代天然气 525 万 m³，天然气折标煤系数为 1.2143kgce/m³，则年节约 6375tce/a。投资回收期 58 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 30%，可形成节能 3.12 万 tce/a，减排 CO₂ 8.61 万 t/a。

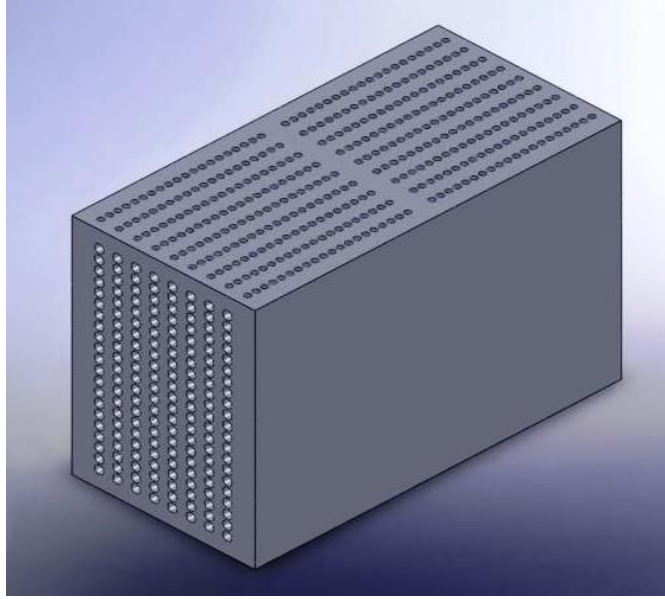
(六十五) 炼油加热炉深度节能技术

1.技术适用范围

适用于加热炉低温烟气余热利用领域。

2.技术原理及工艺

用耐酸露点腐蚀的石墨作为主要材料，开发出具有卓越的耐腐蚀性能的新型石墨空气预热器，从根本上解决烟气露点腐蚀问题，深度回收烟气余热。换热芯体采用承压能力强、使用温度高交错开孔的蜂窝间壁式结构，从结构上解决石墨材料存在的脆性问题。石墨材料具备自润滑功能，空气预热器换热芯体表面光滑，能够有效减少烟气侧的积灰积垢，可使压降同比降低 1/3 以上。并且石墨材料导热系数高，空气预热器具有良好的传热性能，换热系数是普通碳钢管式空气预热器的 1.5 倍。传热芯体与外壳采用密封垫片预紧力密封，使空气预热器具有良好的耐温性能和密封性能。石墨换热芯体结构图如下：



3.技术指标

- (1) 排烟温度降低至 90°C ，加热炉综合热效率提高 3%；
- (2) 与传统空气预热器相比，压降降低 1/3 以上；
- (3) 石墨空气预热器安全稳定运行 5 年以上。

4.技术功能特性

(1) 解决低温露点腐蚀问题：采用耐腐蚀性能强的石墨材料，从根本上解决烟气低温露点腐蚀，深度回收烟气低温余热，使排烟温度降低至 90°C ；

(2) 压降小：石墨材料具备自润滑功能，换热芯体表面光滑，能够有效减少烟气侧的积灰积垢，可使压降同比降低 1/3 以上；

(3) 传热系数高：石墨材料导热系数约为 $100\text{W}/(\text{m}\cdot\text{k})$ ，高于碳钢材料，其作为传热芯体的空气预热器传热系数高，是碳钢管式空气预热器的 1.5 倍；

(4) 设备可靠性高：采用蜂窝间壁式结构和预紧力密封，有效克服石墨材料的脆性及其与框架的密封问题，有效

保证了设备的可靠性能，使用寿命 5 年以上。

5.应用案例

中石化荆门公司重整装置加热炉余热回收系统改造项目。技术提供单位为中石化炼化工程（集团）股份有限公司洛阳技术研发中心。

（1）用户用能情况简单说明

中石化荆门分公司 60 万吨/年重整装置 3 台圆筒炉联合余热回收空气预热器于 2011 年 12 月份投用。空气预热器采用两段组合式，高温段为热管，低温段为搪瓷列管。在实际运行中，由于燃料气硫含量经常处于较高值，低温段搪瓷管腐蚀问题较为严重，搪瓷管腐蚀穿孔、空气串入烟气，空气预热器带病运行，实际热效率只有 91%左右，排烟温度为 138℃，烟气低温余热无法合理利用。

（2）实施内容与周期

新型石墨空气预热器，进出口烟风道对接。实施周期 2 个月。

（3）节能减排效果及投资回收期

改造后设备回收热量为 41.796 万 kcal/h，每年运行 8400h，因此年回收热量为 351086.4 万 kcal，燃料气热值为 1 万 kcal/kg，每年可节约燃料气 351t，燃料气价格 3631 元/t，节能费用为 127.45 万元，每吨标煤按照 600 元折算，则可节约 2124tce/a。投资回收期 7 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能

4.25 万 tce/a，减排 CO₂ 11.47 万 t/a。

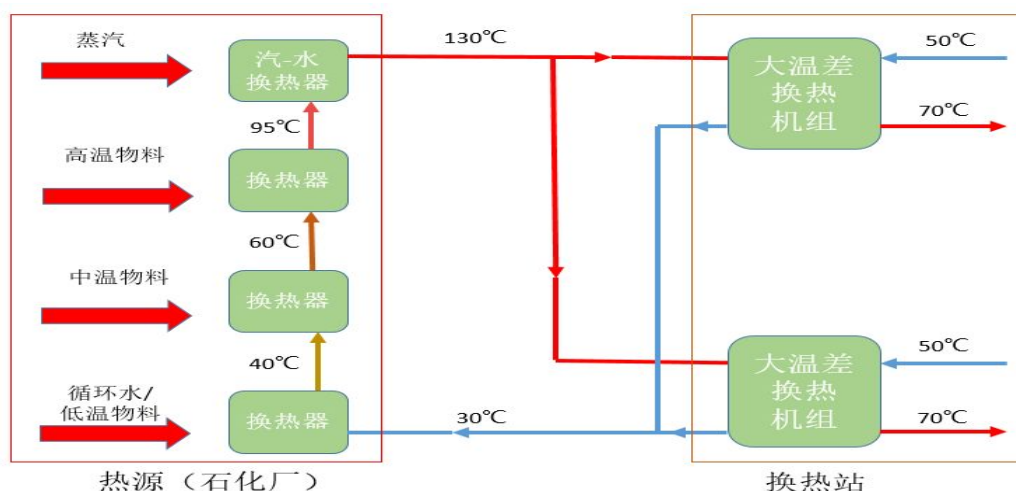
(六十六) 基于热泵技术的低温余废热综合利用技术

1. 技术适用范围

适用于石化、钢铁、化工等行业的余热回收利用领域。

2. 技术原理及工艺

通过吸收式热泵技术，制出低温冷源，回收工艺装置余热；通过大温差输配，减少余热输配损失；通过吸收式换热，向用户传递热量，同时实现热量的品位匹配。工艺流程如下：



3. 技术指标

- (1) 一次网回水温度降至 30℃；
- (2) 供回水温差由 60℃增加到 110℃。

4. 技术功能特性

(1) 取热方面，针对不同品位的余热废热，创造性地制定了相应的热泵、换热技术方案，采用了余热梯级回收的模式，优化了取热流程；

(2) 在热量输配方面, 采用的大温差技术可以将一次网回水温度降至 30°C 左右, 供回水温差由 60°C 增加到 110°C , 解决了装置换热器由于回水温度高不能充分回收热量;

(3) 在用热方面, 加热热源(余热)的温度和热量与被加热热网温度和流量进行了合理的匹配, 实现了余热的高效合理利用。

5. 应用案例

燕山星城生活区锅炉烟气余热回收项目。技术提供单位为中国石油化工股份有限公司北京燕山分公司。

(1) 用户用能情况简单说明

燕山地区星城锅炉房有 5 台 20t/h 燃气锅炉, 供暖面积约为 96万m^2 。锅炉各自配有烟道, 安装有节能器, 改造前排烟温度在 70°C 左右, 烟气中蕴含大量可回收的显热和潜热。改造前年天然气耗量 840万Nm^3 。

(2) 实施内容与周期

设烟气余热深度利用系统, 用以进一步回收 5 台 20t/h 锅炉的烟气余热。以天然气为热源驱动该余热利用系统中的吸收式热泵, 提取燃气锅炉烟气热量, 使烟气释放其显热和潜热, 温度降至 25°C 左右, 再通过烟囱排至大气, 烟气释放的热量和燃气燃烧所产生的热量共同用于区域集中供热。实施周期 4 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造前年天然气耗量 840万Nm^3 , 改造后为约 660万Nm^3 , 提高了天然气的利用效率, 年节天然气量 180万Nm^3 ,

折合节标 2186tce/a。投资回收期 15 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能 34 万 tce/a，减排 CO₂ 91.8 万 t/a。

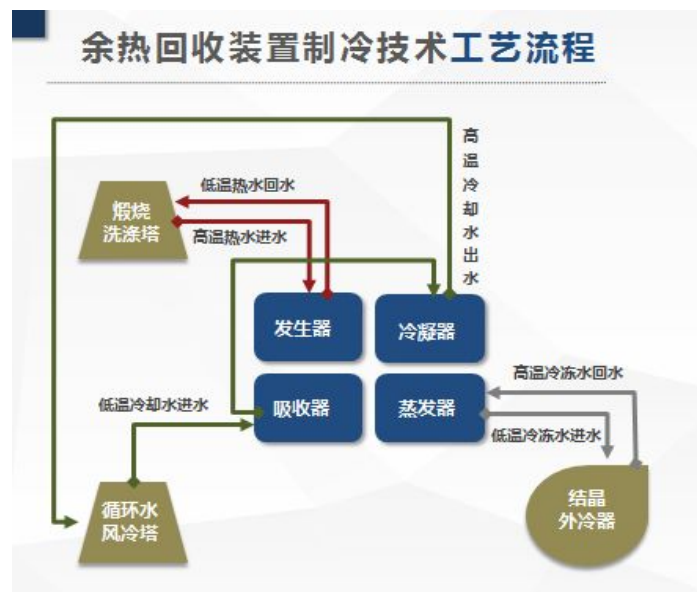
(六十七) 联碱工业煅烧余热回收应用于结晶冷却高效节能技术及装置

1.技术适用范围

适用于纯碱等行业的余热回收利用领域。

2.技术原理及工艺

采用溴化锂装置制冷代替氨压缩机制冷用于降低联碱结晶温度，回收利用煅烧系统炉气废热，同时降低煅烧后工序冷却负荷，达到能源再生和合理利用，极大地降低系统能耗。采用预冷析装置，进一步降低冷 AI 温度，降低了结晶工段冷冻负荷，同时又解决了冷 AI 温度过低容易结晶堵塞换热器的问题。工艺路线图如下：



3.技术指标

(1) 冷 AI 母液温度 $\leq 20^{\circ}\text{C}$ (传统工艺冷 AI 母液温度 $\leq 27^{\circ}\text{C}$) ;

(2) 单位产品电耗下降 $50\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

4.技术功能特性

利用溴化锂装置制冷代替传统氨压缩机制冷降低氯化铵结晶温度，溴化锂制冷机使用的热源为纯碱生产中煅烧系统炉气废热，同时回收煅烧系统炉气废热从而减少煅烧后工序冷却负荷，达到能源再生和合理利用，大大的降低系统能耗。此外，取消氨压缩机制冷降温，解决液氨降温工艺带来的安全环保问题。

5.应用案例

安徽德邦化工有限公司改造项目。技术提供单位为连云港市福源德邦科技发展有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

序号	设备名称	数量(台)	单台电机功率(kW)
1	制冷量 200 万 kcal/h 冰机	4	1000
2	制冷量 100 万 kcal/h 冰机	1	560
3	排热量 5000kw 蒸发冷	9	47
总计			4983

(2) 实施内容与周期

安装两套热水型溴化锂制冷机组代替现有的冰机，并配

置相应的冷却水风冷塔，并配置相应的冷冻水泵和冷却水泵；安装四套炉气洗涤塔，回收炉气余热，转化为高温热水供溴化锂机组使用；安装一套预冷析结晶系统，配套三台外冷器，配套三台 AI 轴流泵及三台母 II 轴流泵。实施周期 3 个月。

（3）节能减排效果及投资回收期

改造前系统耗电量为 4983kW，改造后耗电量为 1623kW，全年以 8000 小时计，全年可节约电量为 2688 万 kW·h，折合标煤 9139tce/a。投资回收期 1.8 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 40%，可形成节能 16.57 万 tce/a，减排 CO₂ 44.34 万 t/a。

（六十八）高密度相变储能设备

1.技术适用范围

适用于清洁集中供热及煤改电领域。

2.技术原理及工艺

利用谷值电或清洁能源产生的电能，通过空气源热泵、水源热泵、电锅炉等电转热装置制热，然后通过换热介质将热量存储于该设备的高密度纳米相变储能材料中，待平峰时刻通过换热介质将设备中的热量释放出来，可用于用户供热及生活用水，平抑峰电电价。

3.技术指标

（1）储能效率：95.29%；

- (2) 储热量: 180~220kW·h;
- (3) 供回水温度: 75℃/60℃;
- (4) 循环水量: 3.2t/h;
- (5) 额定压力: 1.6MPa。

4.技术功能特性

(1) 相变材料: 高焓值高密度稳定无机/有机复合相变材料, 650 MJ/m³ 热量值, 5000 次以上循环无衰变, 物化性能优异;

(2) 设计换热器结构芯体, 并采用智能制造生产线生产, 设备使用寿命高;

(3) 储能系统终端智能芯片可实时采集温度、流量、热负荷等数据。

5.应用案例

天津滨海光热投资有限公司光热产业园相变储能供暖项目。技术提供单位为北京华厚能源科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

供暖面积 24000 m² 供热建筑热负荷 660kW·h, 日供暖时长 24 小时, 全年耗电量 130.8 万kW·h。

(2) 实施内容与周期

项目配置 2 台 960 kW 电锅炉、26 套 RED-HOO 储能设备、及 1 套 CLOUD-HOO 云端监控系统。实施周期 2 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

以峰谷电价差, 削峰填谷运行下, 运行成本节省约 61.2 万元/年, 折合标煤可节约 1020tce/a。投资回收期 30 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来5年，推广应用比例可达到34%，可形成节能3.53万tce/a，减排CO₂ 9.05万t/a。

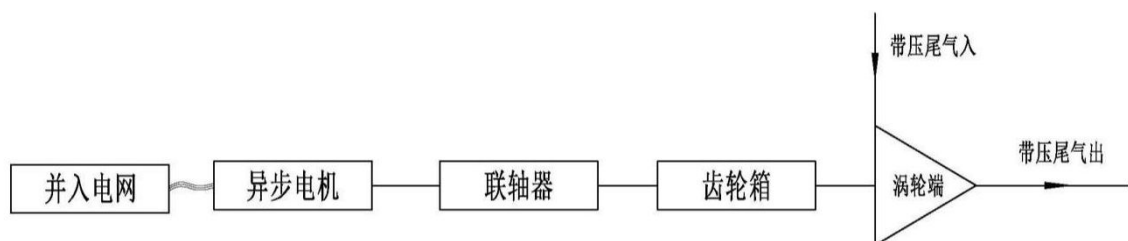
(六十九) 带压尾气膨胀制冷回收发电技术

1.技术适用范围

适用于双氧水、苯酚丙酮、苯甲酸、丁二烯等行业的尾气制冷回收发电领域。

2.技术原理及工艺

尾气在经过涡轮膨胀机后，由于叶轮高速旋转的离心力作用，使来气的气体分子间距增加，从而使气体膨胀，温度降低，尾气中的有机物冷凝液化被分离回收，同时尾气压力能转化为机械能，传递给同轴的发电机进行发电，最后并网输出。工作原理图如下：



3.技术指标

- (1) 尾气入口压力： $\geq 0.1\text{MPaG}$;
- (2) 尾气流量： $\geq 5000\text{Nm}^3/\text{h}$;
- (3) 制冷温度： $0\sim 5^\circ\text{C}$ （未除水）， $\leq 0^\circ\text{C}$ （除水），替代系统冷源，节电率 $\geq 95\%$;

(4) 发电功率：130 kW /万 Nm³ (双氧水尾气)，其它应用工况发电功率与尾气流量及入口压力相关；

(5) 单机发电功率：100~2000kW。

4.技术功能特性

(1) 该技术利用尾气膨胀做功内能降低的原理制冷尾气。替代原工艺中的冷媒制冷，大大降低制冷功耗，设备整体功耗为 3~5kW，相比原工艺节能 95%以上；

(2) 利用尾气膨胀做功，将压力能转化为机械能并带动发电机发电并网输出，以双氧水尾气应用为例，每万标方小时尾气可实现发电功率 130kW，有效的实现了尾气压力能回收再利用，减少了尾气能量浪费。

5.应用案例

湖南怀化双阳林化有限公司改造项目。技术提供单位为襄阳航力机电技术发展有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

改造前采用涡轮膨胀机组进行尾气处理，该装置只能膨胀制冷回收芳烃，无法回收轴功发电，从而造成了尾气能量大量浪费。

(2) 实施内容与周期

采用带压尾气膨胀制冷回收发电技术进行了节能改造。实施周期 10 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

年节省水 73.60 万 m³，年节省蒸汽 5.48 万 t，年节省电 53.59 万 kW·h。年节省 7326 tce。投资回收期 10 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来5年，推广应用比例可达到35%，可形成节能18.1万tce/a，减排CO₂ 48.87万t/a。

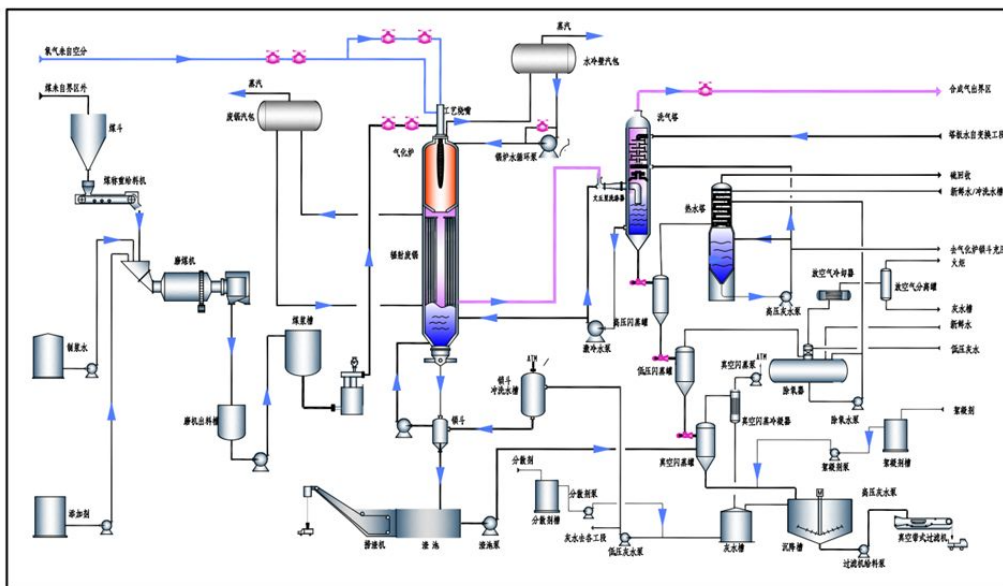
(七十) 水煤浆气化节能技术

1.技术适用范围

适用于电力行业煤气化领域。

2.技术原理及工艺

水煤浆雾化后与氧气在高温高压环境下发生复杂的物理和化学反应，生成以CO和H₂为主要成分的粗合成气。燃烧室衬里采用垂直悬挂自然循环膜式水冷壁，利用凝渣保护原理，气化温度可以提高至1700℃。在燃烧室下部设置辐射废锅，通过独特的高效传热辐射式受热面结构回收粗合成气显热，有效避免结渣积灰问题，使气化炉在生产合成气的同时联产高品质蒸气，提高了能量利用效率。技术原理如下图：



3.技术指标

- (1) 比煤耗: 550~580kg (干基) /kNm³ (CO+H₂) ;
- (2) 比氧耗: 360~390Nm³ O₂/kNm³ (CO+H₂) ;
- (3) 碳转化率 > 98.5%;
- (4) 辐射废锅蒸汽产量: 650~1100 kg/kNm³ (CO+H₂)。

4.技术功能特性

(1) 煤种适应性好: 可气化高灰分、高熔点和高硫的“三高”煤种, 低灰熔点煤, 半焦, 焦炭, 褐煤和高碱性渣煤等, 实现原料煤的本地化;

(2) 能量利用率高、流程设计更优化, 点火投料安全可靠、系统启动快, 运行安全、稳定;

(3) 烧嘴寿命长、可用率高, 运行成本低, 环境友好。

5.应用案例

山西阳煤丰喜肥业(集团)临猗分公司气化升级改造项目。技术提供单位为北京清创晋华科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

改造前为一台水煤浆耐火砖气化炉, 气化炉产能为 500 t 煤/d, 年运行周期为 6500h (需要配备备用炉), 开车燃料气消耗为 128280 Nm³/a, 开车阶段抽引蒸汽消耗为 280 t/a, CO₂ 排放量为 251 t/a。

(2) 实施内容及周期

将一台原水煤浆耐火砖激冷流程气化炉改造为一台水煤浆水冷壁废锅流程气化炉, 改造内容包括: 原耐火砖气化

炉拆除，新水冷壁气化炉安装；增加废锅水汽系统，拆除激冷水过滤器等设备，更换小流量激冷水泵；预热烧嘴+工艺烧嘴改为单个组合烧嘴。实施周期为 8 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后，气化炉连续运行周期加长、产能提高，且无需配备备用炉，开车燃料气消耗降低，开车阶段抽引蒸汽消耗为 0，CO₂ 排放量大幅降低，年节省标煤约 2 万 t。投资回收期为 1.78 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 45%，可形成节能 23 万 tce/a，减排 CO₂ 62.1 万 t/a。

(七十一) 基于物联网控制的储能式多能互补高效清洁太阳能光热利用系统

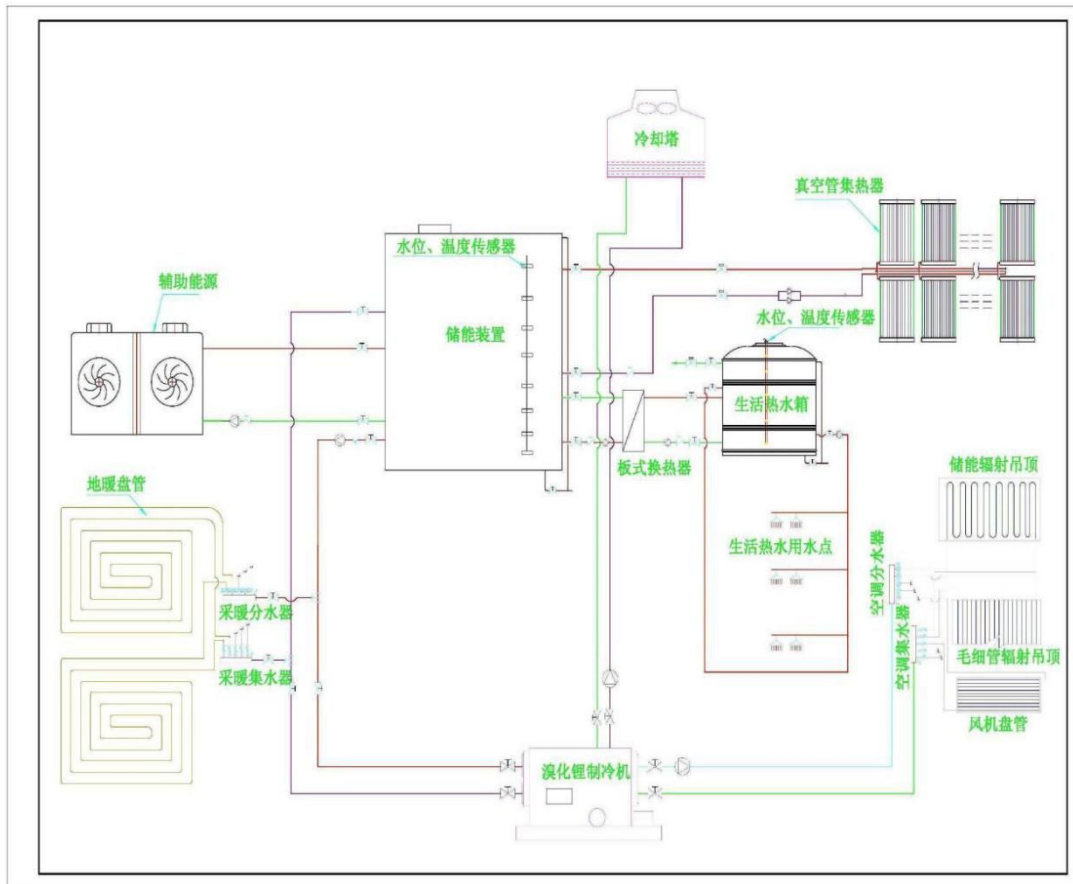
1.技术适用范围

适用于建筑及园区清洁供热领域。

2.技术原理及工艺

高效集热管将太阳能转换成热能供给用热末端，并将一部分热能储存到储热器中；当太阳能不足时，储热器开始将储存的热能补供给用热末端；当遇到太阳能严重不足的极端阴冷天气时，因地制宜，选择太阳能、空气能、地热能、生物质能等多种清洁能源作为辅助补充能源给用热末端供热；同时运用物联网技术对系统数据进行采集与分析，实现供热

过程在线诊断和能源信息化管控。技术原理如下图：



3.技术指标

- (1) 单位面积日均耗电量为 $0.059\text{kW}\cdot\text{h}$;
- (2) 谷电利用率为 56.6%;
- (3) 系统能效比为 12.77。

4.技术功能特性

(1) 研制了一种全玻璃真空高效集热器，集热管的吸热比高、发射比低，可有效收集多种波段太阳光的热量，并能大幅度提高光热转换效率；

(2) 研发了一种绿色建筑用大容量热储能复合新材料，充分利用相变储能材料的特性，可高效储热和传热；

(3) 研发了一种精准单向热水回流控制技术，当外界温度低于管内水温时，可自动输送集热管及室外管道内的热水回流到储热装置；

(4) 研发了一种多能互补系统，因地制宜选择空气源热泵或电锅炉或燃气锅炉等提供辅助补充热能，当遇到太阳能严重不足的极端阴冷天气时，辅助能源系统将作为补充能源给用热末端供热，保证满足用户的用热需求；

(5) 设计了物联网智能管理平台，以大数据为基础建设智慧能源数字中心，为用户提供在线诊断、能耗分析、远程控制等服务。

5.应用案例

(一) 山西省阳曲县北小店乡政府供热改造项目。技术提供单位为包头市汉诺威工业装备科技有限责任公司。

(1) 用户用能情况简单说明

北小店乡政府采用一套 0.7MW 电锅炉对 2100 m² 建筑进行冬季采暖，供暖时间 180 天，根据统计，整个采暖季总耗电量为 68.04 万 kW·h。

(2) 实施内容及周期

采用基于物联网控制的储能式多能互补高效清洁太阳能光热利用系统替代 0.7MW 电锅炉对 2100 m² 建筑进行供热，采暖季室内温度保持在 18~22℃ 之间。实施周期 1 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

经过一个采暖季的运行，采用基于物联网控制的多能互补高效清洁太阳能光热利用系统替代 0.7MW 电锅炉对 2100

m²建筑进行供热，可节约 209.44tce。项目投资回收期约 2.76 个采暖季（17 个月）。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 29%，可形成节能 30.28 万 tce/a，减排 CO₂ 81.76 万 t/a。

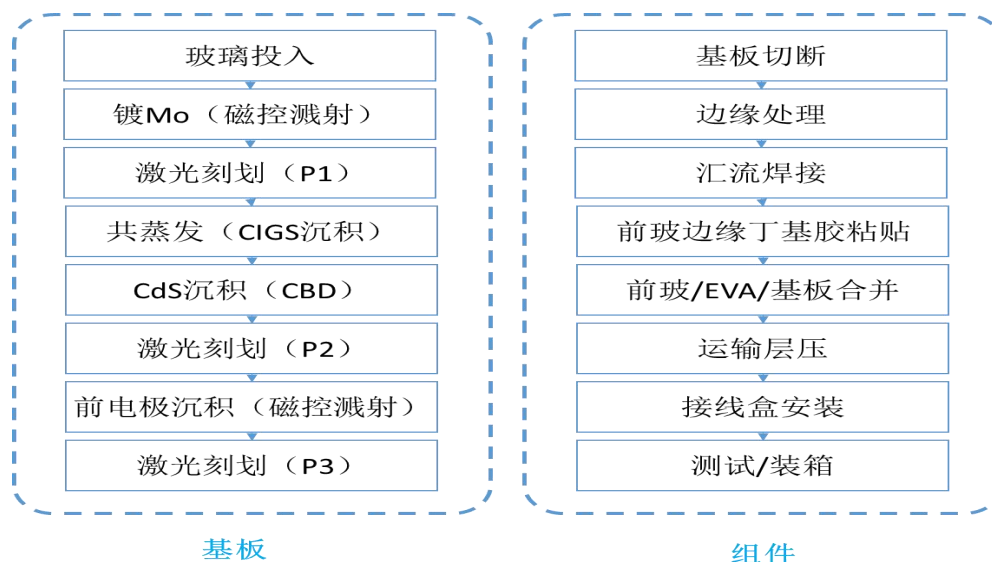
（七十二）薄膜太阳能新型绿色发电建材技术

1.技术适用范围

适用于光伏建筑一体化领域。

2.技术原理及工艺

利用薄膜太阳能轻、薄、柔特性，结合传统建材设计形态，采用芯片镀膜、曲面封装、层压等工艺，将薄膜电池芯片与曲面/平面玻璃融合，打造发电建材产品，再通过电气等集成系统为建筑赋能，使建筑自身成为绿色发电体。该技术将照射到建筑屋顶和立面的太阳能高效利用并转化为电能，可为建筑内照明、办公、空调系统等提供电力供应，有效降低建筑对外界的能源依赖、减少能耗。玻璃基薄膜电池工艺流程如下图：



3.技术指标

- (1) 光电转换效率 $\geq 16\%$;
- (2) 25 年功率输出 $\geq 80\%$;
- (3) 防火等级 A，防水等级 IP67，防风 12 级，抗冰雹 4 级，抗压 2400Pa;
- (4) 工作温度：40~85℃，隔热、节能、降噪、零排放、零耗能。

4.技术功能特性

- (1) 具备高效发电性能：薄膜太阳能电池芯片具有较高光电转化效率，能够实现全生命周期内发电，弱光性能优异，同时遮挡影响小，发电稳定性更好；
- (2) 满足太阳能建筑一体化设计要求：该技术及产品不仅具备生态建材基本属性，而且颜色可调、形状可定制，更适用于太阳能建筑一体化，满足建筑美学要求。

5.应用案例

奥林匹克森林公园科普展示中心 BIPV 项目。技术提供单位为汉能移动能源控股集团有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

项目占地面积 7119.2 m²，展示面积超过 1100 m²，用电侧的能耗主要包括展馆照明、影院用电、展示太阳用电、机房用电等，年用电量约 23 万 kW·h。

(2) 实施内容及周期

对原有建筑功能进行改造，建设全球首个以太阳光能为主线，以清洁能源为主题的专业展馆，同时打造薄膜发电建筑一体化（BIPV），实现展馆发电、用电、储电、售电智能化管理和最优化运行。实施周期 6 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后，年发电量约 44 万 kW·h，折合节约标准煤约 149.6tce/a。项目综合年效益合计为 40.7 万元，总投入为 657 万元，投资回收期 134 个月。

6. 未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 5%，可形成节能 2.9 万 tce/a，减排 CO₂ 7.83 t/a。

(七十三) 焦炉正压烘炉技术

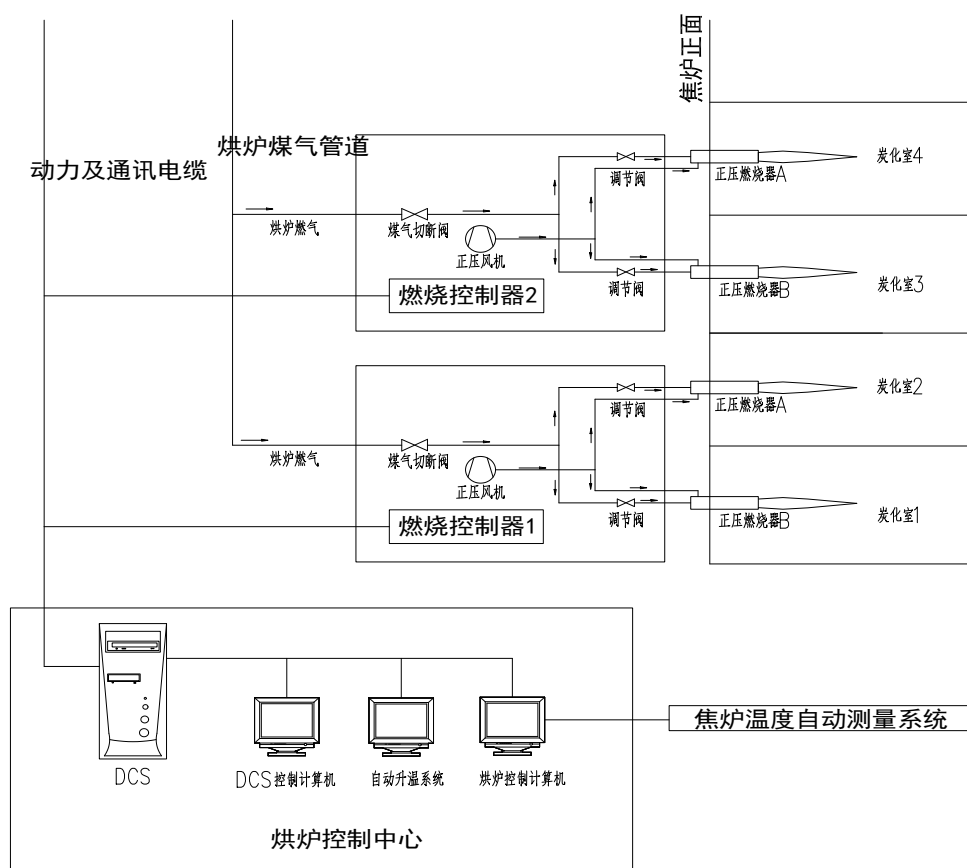
1. 技术适用范围

适用于冶金行业焦炉烘炉节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

焦炉正压烘炉方法是利用专门的空气供给系统和燃气供给系统，通过向炭化室内不断鼓入热气，使全炉在整个烘

炉过程中保持正压，推动热气流经炭化室、燃烧室、蓄热室、烟道等部位后从烟囱排出，使焦炉升温至正常加热（或装煤）温度，整个烘炉过程实现自动控制。原理示意图如下：



3.技术指标

- (1) 全炉漏气率降低 1~1.5%；
- (2) 节省烘炉燃气约 5%；
- (3) 节省工期约 10 天；
- (4) 节省人力：约 1000 人工日；
- (5) 控制烘炉温度偏差 $\leq \pm 3^{\circ}\text{C}$ 的比率达到 95% 以上。

4.技术功能特性

- (1) 升温均匀：首先使热气充满炭化室，之后热气流

均匀地从干燥孔进入燃烧室等部位，使全炉形成正压，保证了冷空气无法进入炉体，全炉升温均匀；

(2) 节能减排：正压烘炉方法仅需在单侧布置烘炉管道，不需在炭化室内砌筑火床，智能优化控制软件实现烘炉过程中实际升温曲线以及直行温度均匀性调节的自动控制，节约燃气、节省工期及人力；

(3) 系统运行安全可靠：配备灭火检测、故障警报、自动紧急停车、自动点火设施，极大地提高了烘炉的安全性和稳定性。

5.应用案例

新泰正大焦化有限公司 6.78 米捣固焦炉正压烘炉项目。技术提供单位为中冶焦耐（大连）工程技术有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

新泰正大 2 座 6.78 米捣固焦炉，年产焦炭 180 万t。该厂所建 2 座焦炉为全世界最大的捣固焦炉，也是该焦炉炉型在全世界首次应用。

(2) 实施内容及周期

主要实施内容包括：烘炉管道、工具、图纸，烘炉方案及开工方案的设计，烘炉具备条件的确认，烘炉点火，焦炉转地下室加热至焦炉投产的现场技术指导。实施周期 117 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后，全炉漏气率降低 1.1~1.5%，每年减少荒煤气自炭化室向燃烧室串漏 850 万 m³，节约煤气 850 万 m³/a，折合标煤 4880 tce/a。2 座焦炉与传统负压烘炉相比投资增加 360

万元，按照改造后正压烘炉工期提前、焦炭产量增加、材料及人工费节约计算，焦炉投产后即可回收投资。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来5年，推广应用比例可达到70%，可形成节能97.6万tce/a，减排CO₂ 263.52万t/a。

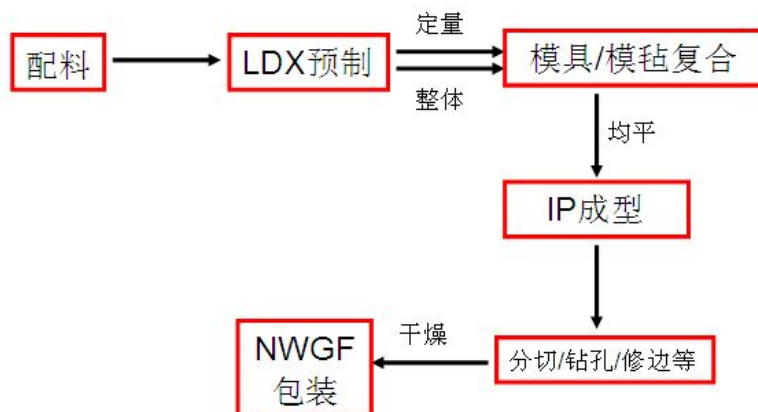
(七十四) 一种应用于工业窑炉纳米材料的隔热技术

1.技术适用范围

适用于工业窑炉节能技术改造。

2.技术原理及工艺

将一种低导热的纳米混合芯材通过预压成型技术形成一种高孔隙率复合板材。复合料在混合机里面进行混合、分散之后下放到预压设备，预压设备预压之后送入压合机，压合机在常温、高压下将粉料成型，然后通过切割设备切割成需求的规格尺寸，然后送入到烘干设备。关键技术工艺流程如下图：



3.技术指标

(1) 常温导热系数 $\leq 0.018\text{w/m}\cdot\text{k}$;

- (2) 燃烧等级 A 级;
- (3) 耐火度 $\geq 1300^{\circ}\text{C}$ 。

4.技术功能特性

(1) 安全稳定: 纳米材料的隔热技术产品具有三维网络结构, 避免其在长期高温或受到振动产生烧结变形、颗粒堆积而导致保温性能急剧下降的现象, 且不添加任何化学物质, 确保了其无机材料的使用稳定性;

(2) 环保: 纳米材料的隔热技术不含对人体、环境有害物质, 无可溶出氯离子等, 对设备、管道等基层无腐蚀, 同时其生产也做到了“二零”排放标准;

(3) 高效节能: 纳米材料的隔热高温下的保温性能是传统保温材料的 4~10 倍, 可以最大程度上减少设备的热损失、提高能源利用率, 同时降低设备的使用温度还可以减少设备形变、老化等现象, 延长设备的使用寿命。

5.应用案例

国丰第一炼钢厂节能改造项目。技术提供单位为中亨新型材料科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

钢包采用传统反射板进行保温, 蓄热能力较差, LF 炉工序吨钢用电成本较高, 80t 车间 LF 炉每炉平均电耗在 2500kW·h 左右, 120t 车间 LF 炉每炉平均电耗在 1800kW·h 左右。

(2) 实施内容及周期

在重新砌筑钢包时, 采用纳米材料的隔热技术替代原有

保温层。实施周期 10 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

采用纳米材料的隔热技术进行改造后降低了 LF 炉工序的电耗，经测算，每年可节约 8353.8tce。投资回收期 3 个月。

6. 未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 30%，可形成节能 16.71 万 tce/a，减排 CO₂ 45.12 万 t/a。

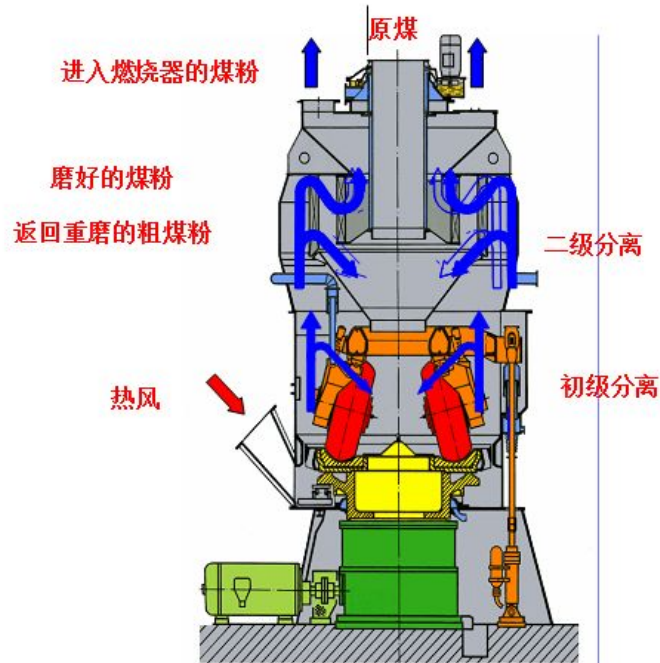
(七十五) 高加载力中速磨煤机应用于燃煤电站百万机组的技术

1. 技术适用范围

适用于电力行业磨煤系统。

2. 技术原理及工艺

高加载力中速磨煤机是具有三个固定磨辊装配的外加力型辊盘式磨煤机。磨煤机工作时，原煤通过磨煤机中部的落煤管进入磨机中，由磨盘转动所产生的离心力使煤均匀的进入磨盘轨道中。磨盘带动三个均匀分布在磨盘圆周上的磨辊转动，将煤碾压成细粉并在离心力作用下溢出磨盘。由进入磨煤机的一次热风在对原煤干燥的同时将磨碎的煤粉输送至分离器中进行二次分离，合格的煤粉进入炉膛燃烧，粗粉返回磨中重新磨制。煤中的石子煤、铁块等不能被碾磨的杂物通过喷嘴环喷口掉到下架体上被刮板刮入排渣箱中，排出磨外。工艺流程图如下图所示：



3.技术指标

- (1) MPS235HP-II 型磨煤机基本出力：117.49t/h;
- (2) 电机功率：710kW;
- (3) 本体阻力：7404Pa;
- (4) 磨机转速：29.9r/min;
- (5) 防爆压力：3.5bar;
- (6) 一次风量：36.46kg/s。

4.技术功能特性

(1) 高加载力：优化了液压系统、提高了加载架的强度设计，满了足高加载压力的设计要求，将磨煤机运行时的最大加载压力等级由 500kN/m^2 提高到 650kN/m^2 ;

(2) 采用右旋喷嘴环：根据不同的项目，优化设计右旋喷嘴环，使磨煤机的喷嘴环风速在合理的范围内，并降低磨煤机的本体阻力，提高喷嘴环的使用寿命 5 倍以上;

(3) 采用整体磨盘：采用一体的磨盘结构，提高磨盘的整体刚度，满足了高加载力的使用要求；

(4) 采用新结构的下架体：优化下架体结构，增加下架体的整体刚度和防扭变形的强度，提高设备运行稳定性。

5.应用案例

华能莱芜电厂百万机组“上大压小”扩建工程项目。技术提供单位为中国电建集团长春发电设备有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

华能莱芜电厂百万机组的上大压小扩建项目是建设 $2 \times 1000\text{MW}$ 超超临界湿冷机组，锅炉在 B-MCR 工况下设计煤种燃煤量为 377.2 t/h ，要求的煤粉细度为 $R_{90}=18\%$ ，每台炉配 6 台中速磨煤机，燃烧设计煤种时，5 台运行，1 台备用。本项目中速磨煤机经性能试验，在 80t/h 时的电耗为 $6.67\text{kW}\cdot\text{h/t}$ 煤，低于设计保证值为 $7.05\text{kW}\cdot\text{h/t}$ 煤。

(2) 实施内容及周期

将原来每台炉配的 6 台中速磨煤机替换为 MPS235HP-II 型中速磨煤机，并配套 710kW 的 YMPS 系列专用电机。实施周期 3 年 9 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造后，磨煤机的出力比国内其他厂家同等磨盘尺寸的中速磨煤机要大 20~35% 以上；同等出力要求的情况下磨煤机的型号比其他国内厂家要小 1~2 个型号，可降低厂房高度 0.5~1 米，所配的电机功率小 100~200kW，至少每吨煤可节省 1 度电。同时，基础块的重量由设备自重的 5 倍降为 3 倍，

比国内其他设备厂家的基础块可节省 60%以上，可节省用户的基建费用。经测算，每年每台机组可节电 3647920kW·h，折合标煤 1241t。投资回收期约 4 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 25%，可形成节能 2.48 万 tce/a，减排 CO₂ 6.70 万 t/a。

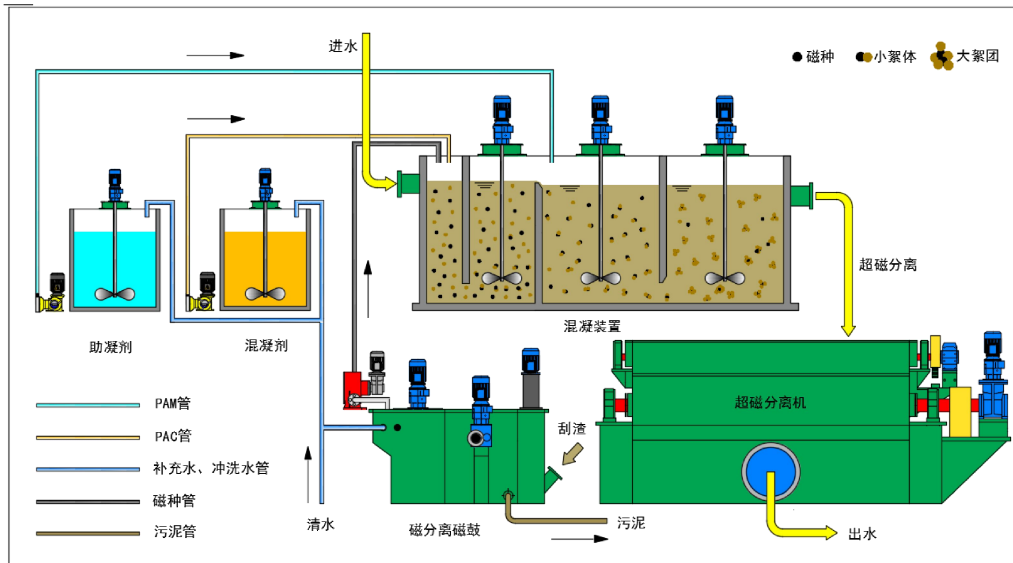
(七十六) 井下磁分离矿井水处理技术

1.技术适用范围

适用于矿井水处理领域。

2.技术原理及工艺

通过在混凝装置投加混凝剂、助凝剂和磁种，使悬浮物在较短时间内形成以磁种为“核”的微絮凝体，在流经磁分离机磁盘组时，水中所含的磁性悬浮絮团受到磁场力的作用，吸附在磁盘盘面上，随着磁盘的转动，迅速从水体中分离出来，从而实现固液分离。分离出的污泥经刮渣和输送装置进入磁分离磁鼓，将这些絮团打散后通过磁鼓的分选，使磁种和非磁性物质分离出来，回收的磁种通过磁种投加泵打入混凝装置前端，循环利用。工艺流程如下图：



3.技术指标

- (1) 悬浮物去除率： > 90%， COD去除率： > 80%， 总磷去除率： > 80%；
- (2) 水力停留时间： 3~5min；
- (3) 作用力： 640 倍G；
- (4) 磁粉损失率： < 3%；
- (5) 节能率 9.5%。

4.技术功能特性

- (1) 技术稳定成熟： 核心设备采用钕铁硼稀土永磁钢， 磁场强度稳定；
- (2) 处理时间短： 采用稀土磁钢， 表面产生磁力是重力的 640 倍以上， 能快速捕捉到微小的磁性絮团， 泥水分离过程仅需 3~5 秒钟， 系统内水力停留时间 3~5 分钟；
- (3) 单位时间的处理效率高， 处理量大， 设备占地面积小；
- (4) 运行成本低： 药剂使用量仅为常规水处理加药量

的 1/3~1/2，装机功率 < 200kW，运行维护简单，节省人工；

(5) 自动化程度高：整套系统可实现自动控制及远程控制，与智慧矿山建设相匹配。

5.应用案例

协庄煤矿项目。技术提供单位为山东环能环保科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

协庄煤矿-300 水平产生矿井废水最大水量约 420m³/h，据其生产地质条件，水中主要污染物为悬浮物。协庄煤矿井下无水处理系统使污水进仓，增加清仓次数，主排水提升系统磨损严重，维修费用和提升电费高，耗能严重。

(2) 实施内容及周期

在协庄煤矿-300 水平水仓前通道内建设 500m³/h 磁分离水处理系统，包括巷道改造、设备安装、主材安装、单机调试、调试运行。实施周期 4 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造完成后，矿井水的处理效果较好，平均进水悬浮物 SS=350mg/L，出水在 5~6mg/L，总磷、COD、铁锰的去除率在 95%以上。清水入仓、减少水仓清淤的安全风险及费用，减少矿井水提升系统的损坏，实现煤泥资源的最大化回收。经测算，每年可节约标煤 922.24t。投资回收期约 1.1 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 15%，可形成节能 1.84 万 tce/a，减排 CO₂ 4.97 万 t/a。

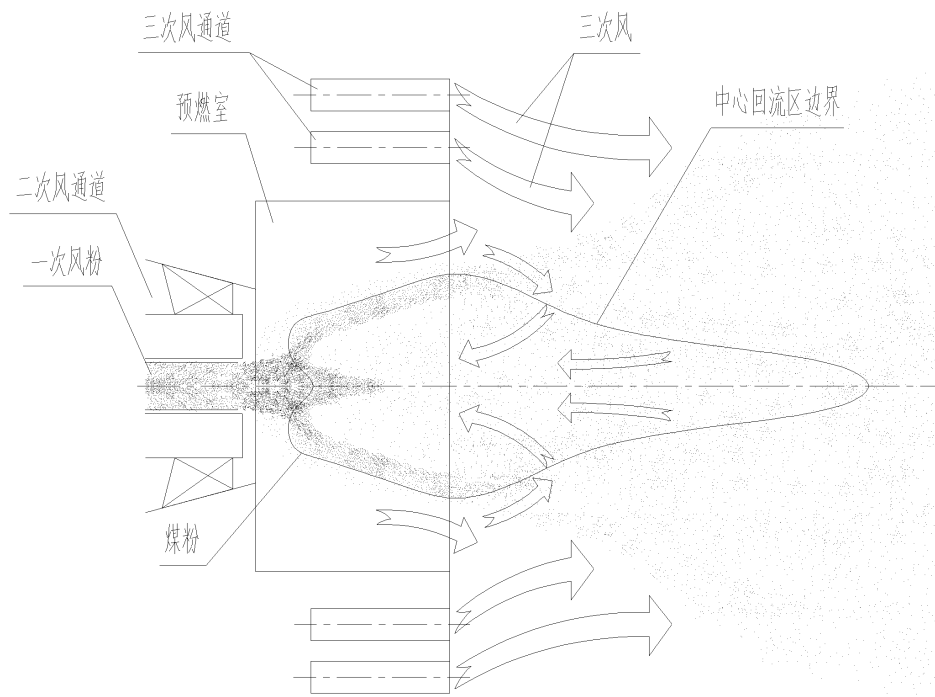
(七十七) 工业煤粉锅炉高效低氮煤粉燃烧技术

1. 技术适用范围

适用于工业煤粉锅炉节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

工业煤粉锅炉高效低氮煤粉燃烧技术综合了中心浓相着火、预燃室内低过量空气系数燃烧、径向空气分级燃烧、烟气再循环等技术手段。通过一次风粉通道的中心高浓度煤粉气流在回流烟气的加热下可迅速着火；助燃空气在燃烧器上由二次风通道径向分级给入，在燃烧过程初期（预燃室内）使煤粉处于低氧富燃料气氛，使其在低氧强还原性气氛下燃烧，大大降低燃烧初期的氮氧化物的生成量；在三次风通道中通入适量的再循环烟气，通过降低中后期跟烟气混合的气体中的氧气浓度，减缓燃烧的强度，降低燃烧温度，降低了热力型氮氧化物的生成；一半以上的助燃空气在预燃室外侧通过三次风喷口在远端给入，提供煤粉燃尽所需的空气，保证煤粉后期能够充分燃尽，保证锅炉内煤粉能高效燃尽。技术简图如下：



3.技术指标

- (1) 实际平均热效率能够达到 90%以上；
- (2) 炉膛出口 NO_x 排放满足 GB-13271-2014 锅炉大气污染物排放标准；
- (3) 锅炉实现 10%负荷下停气投粉稳定燃烧。

4.技术功能特性

- (1) 解决了工业煤粉锅炉技术燃烧器结渣、不能长期稳定运行的问题；
- (2) 锅炉热效率 90%以上，炉膛出口 NO_x 排放浓度为 $200/\text{Nm}^3$ 以下，锅炉最低停气投粉稳定燃烧的负荷为 10%。

5.应用案例

沈阳焦煤集团林盛煤矿公司改造项目。技术提供单位为哈尔滨工业大学。

- (1) 用户用能情况简单说明

节能改造前沈阳焦煤集团林盛煤矿原有 2 台 15t/h 和 2 台 10t/h 链条锅炉，每年供暖季 5 个月共用燃煤 3.76 万 t，用电量 109.9 万 kW·h。

（2）实施内容及周期

因为环境污染和运行费用较高拆除原有的链条锅炉，在新址新建 2 台工业煤粉锅炉。实施周期 6 个月。

（3）节能减排效果及投资回收期

改造后，煤粉锅炉的每月用煤量和用电量比之前的链条锅炉都大幅下降，每年节约标煤约 3.30 万 t。投资回收期约 2.2 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 50%左右，可形成节能 56 万 tce/a，减排 CO₂ 151.2 万 t/a。

（七十八）工业加热炉炉内强化热辐射节能技术

1.技术适用范围

适用于工业加热炉节能技术改造。

2.技术原理及工艺

根据传热学原理，采用高新材料制作成集增加炉膛有效辐射面积、提高炉膛表面发射率和定向辐射传热功能于一体的加热炉辐射传热增效装置。通过辐射体的高发射率提高炉膛整体发射率，增大炉壁辐射能力，强化传热效果。通过在炉膛内布置该类装置，提高加热速度，改善炉温均匀性，提高加热质量，达到降低燃料消耗，减少碳排放的效果。

3.技术指标

- (1) 平均节能率 10% 以上;
- (2) 提高加热炉产量;
- (3) 改善炉温均匀性。

4.技术功能特性

(1) 安装实施具有“短平快”的特点，不需对原炉膛结构进行任何改动，在加热炉计划内停炉检修期间即可实施，不影响生产;

(2) 节能原理不同于现有的加热炉节能技术，提供了加热炉节能技术的新途径，在使用了热送热装、无头轧制、蓄热燃烧技术等基础之上，仍能够再度节能 10%以上。

5.应用案例

邯钢集团热轧卷板 2250 线 4 座加热炉节能改造项目。
技术提供单位为北京恩吉赛威节能科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

加热炉是轧钢生产线上主要的耗能设备之一，每年消耗大量的煤气，该生产线共四座加热炉，年产在 500 万 t，年消耗煤气量达到 7.2 亿 m³，能耗高，钢温均匀性较差，生产效率比较低，造成了大量的浪费。

(2) 实施内容及周期

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，增加辐射面积和有效辐射，提高加热质量，改善炉温均匀性，减低燃料消耗。改造完成后，平均吨钢混合煤气消耗量降低 10.7%。平均每座加热炉的实

施周期约为 10 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期

邯钢西区热轧厂 2250 线 4 座加热炉，全部完成强化热辐射节能改造后，平均吨钢混合煤气消耗量降低 10.7%，该生产线年产量约 500 万 t，通过节能改造每年节省燃料折合标煤约 2.45 万 tce/a。投资回收期 1 年。

6. 未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 40%，可形成节能 43 万 tce/a，减排 CO₂ 约 116.1 万 t/a。

(七十九) 气化炉湿煤灰掺烧系统设备

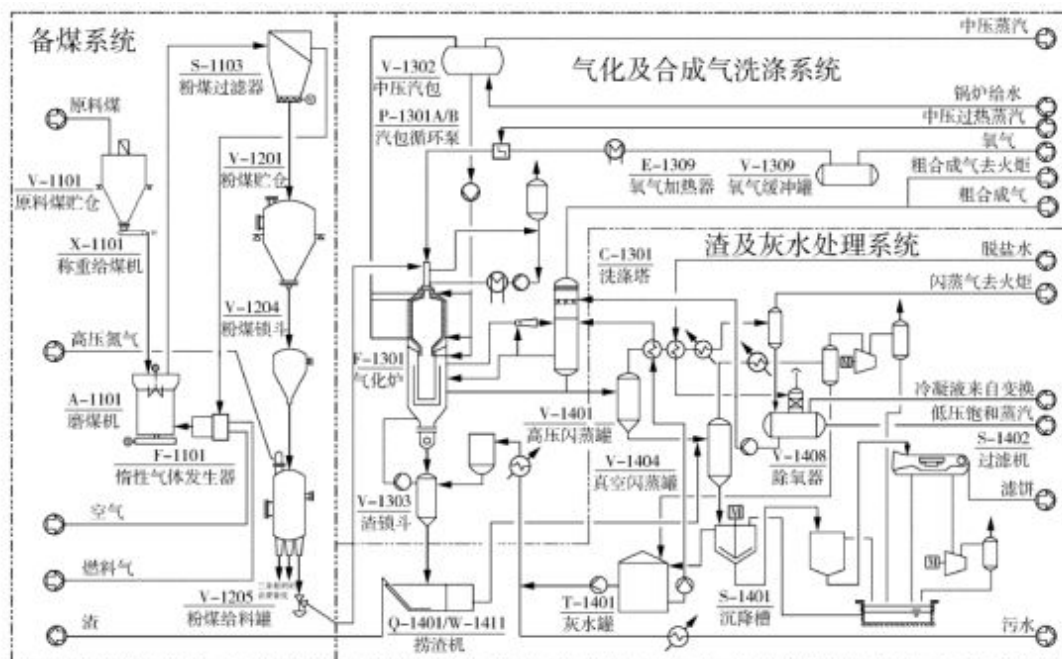
1. 技术适用范围

适用于煤化工行业循环流化床锅炉节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

以熔渣形式排出气化炉内的煤灰，经水冷却、固化后通过锁斗泄压排放，并经捞渣机送出界区。将过滤处理的湿煤灰通过湿灰输送泵送至锅炉内燃烧，滤液送回气化装置循环使用。由气化装置灰水槽送来的灰水，经真空过滤机将含水量降至 50~60% 的范围内，滤液经管道收集至滤液澄清池经滤液泵送回气化回用。滤饼通过带式输送机送至中储仓内不断被搅拌以防发生水和灰分层现象，滤饼经布置在中储仓下部的给料设备进入滤饼输送泵入口，由动力包提供高压油驱动滤饼输送泵往复运行，滤饼被加压后经锅炉给料器送入

CFB 锅炉密相区燃烧。粉煤加压气化工艺流程图如下：



3.技术指标

- (1) 渣水处理量达 40 万吨/年（含固 20%）以上；
- (2) 满足气化装置（有效气 145000Nm³/h）产出细渣全部处理的规模要求；
- (3) DCS（分散控制系统）发出的 4~20mA 的控制信号并自动无极调节泵送量（额定工况下的调节范围：25~100%）；
- (4) 系统可输送水平距离不小于 780 米，垂直输送高度不小于 60 米；
- (5) 输送管道反冲洗设施：流量 ≥ 25m³/h。

4.技术功能特性

- (1) 湿灰输送采用长距离输送至锅炉，节约了湿灰处置费；湿灰封闭管道输送运输，杜绝了飞灰扬尘现象，提高了安全和文明生产水平；

(2) 采用全封闭设计处理粉煤灰的输送、干燥及掺烧过程，全程封闭，使煤灰不泄露、不扩散，飞灰收集系统出来的烟气回锅炉烟气脱硫系统，经脱硫后满足《火电厂大气污染物排放标准》（GB 13223-2011）；

(3) 采用集散控制系统（DCS）改善了湿灰输送过程的环境污染问题，提高了湿灰输送的可靠性，相对于同类设备，提高了设备的运行稳定性、延长了设备的使用寿命。

5.应用案例

安徽昊源化工集团有限公司 3 套 150t/h 循环流化床锅炉气化炉湿煤灰掺烧系统工程改造项目。技术提供单位为安徽恒宇环保设备制造股份有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

安徽昊源化工集团有限公司此生产线之前产生湿灰 84.7t/h，产生的湿灰经干燥处理后运往制砖厂造建筑用空心砖，运费由公司支付；另外空气中湿煤灰污染物超标。建成湿煤灰掺烧系统后，锅炉每天少加煤 454t，空气质量经检测符合国家良级标准。

(2) 实施内容及周期

本项目为气化炉湿煤灰输送系统采用 1 仓 3 泵的设计原则，即 1 台输送系统对应 1 台锅炉。每台锅炉 1 个给料点，共 3 套输送系统。系统中湿煤灰输送泵采用炉顶给料方式为锅炉输送湿煤灰。实施周期 8 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造前每天用煤量约 1680tce，改造后每天用煤量约

1226tce, 每天节约 454tce, 每年节约标煤约(生产每年按 300 天计) 13.62 万 t。投资回收期约 4 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年, 推广应用比例可达到 25%, 可形成节能 84.3 万 tce/a, 减排 CO₂ 227.61 万 t/a。

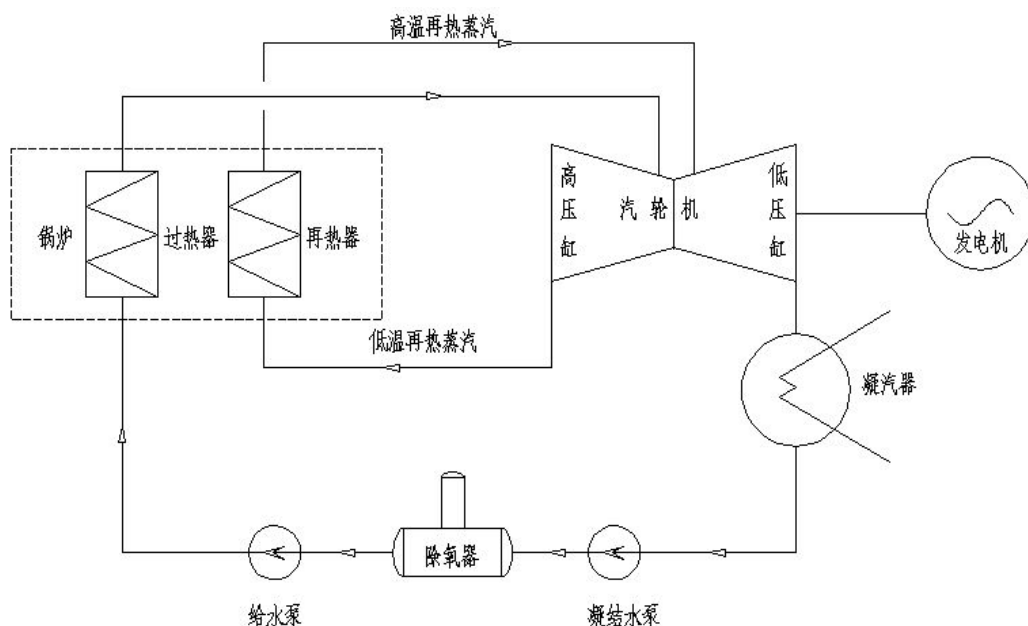
(八十) 高效工业富余煤气发电技术

1.技术适用范围

适用于冶金行业的富余煤气发电领域。

2.技术原理及工艺

本技术以冶金行业中富余煤气为燃料, 利用锅炉设备将水变为高温超高压以上参数蒸汽, 高压蒸汽进入汽轮机高压缸做功后再通过锅炉加热到初始温度, 加热后的低压蒸汽进入汽轮机低压缸做功, 汽轮机带动发电机发电。做完功后的蒸汽变为凝结水再次进入锅炉进行加热变为蒸汽, 从而完成一次再热循环的热力过程。一次再热循环的原理如下图:



3.技术指标

- (1) 装机容量：30~135MW；
- (2) 机组热效率：37~42%；
- (3) 煤耗：292~330gce/kW·h。

4.技术功能特性

- (1) 采用一次中间再热技术，相对于简单朗肯循环的发电技术，机组热效率能提高5~9%；
- (2) 为蒸汽系统配备高低压旁路装置，防止锅炉在点火起炉初期锅炉再热器干烧；
- (3) 通过煤气加热器利用锅炉烟气余热来加热煤气，锅炉热效率能提高2~3%。

5.应用案例

张家港联峰钢铁公司超高温超高压发电改造项目。技术提供单位为中冶京诚工程技术有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

张家港联峰钢铁公司动力厂3#、4#煤气发电机组原为

25MW 中温中压参数煤气发电机组，存在机组老旧、发电效率低、能耗高等问题。

（2）实施内容及周期

采用高效工业富余煤气发电技术进行节能改造，主要包括：拆除原有锅炉及基础、原有发电机组及基础，浇筑新建锅炉基础、新建发电机组基础，安装新建锅炉及发电机组，改造原有发电机组电气及仪控系统。实施周期 1 年。

（3）节能减排效果及投资回收期

改造完成后，在总煤气消耗量不变情况下，机组年发电量增加 1.2 亿 kW·h，每年可节约标准煤折合 4.08 万 t。投资回收期约 8 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 25%，可形成节能 61.2 万 tce/a，减排 CO₂ 165.24 万 t/a。

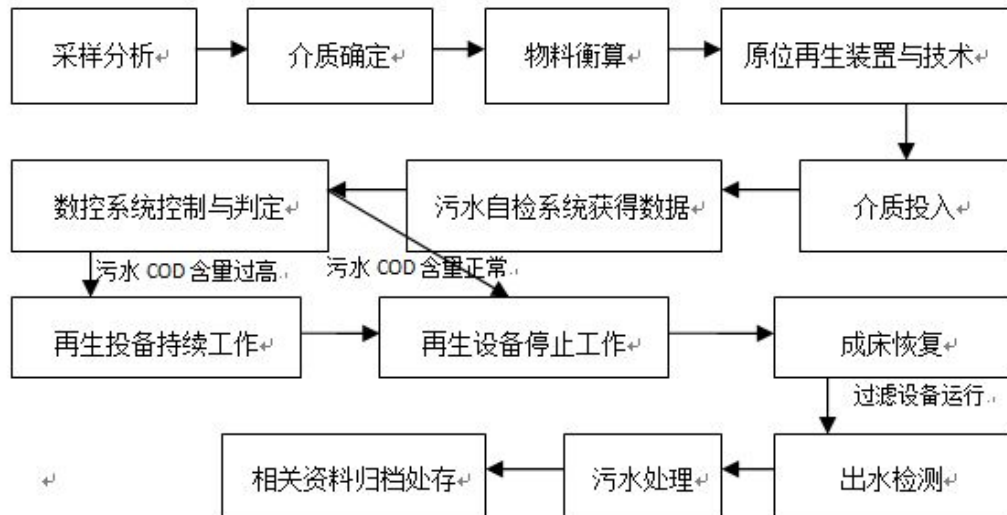
（八十一）水处理系统污料原位再生技术

1.技术适用范围

适用于工业水处理领域。

2.技术原理及工艺

在污料（即因污染失去过滤功能的滤料）的原有位置，通过高压水、超声波、专用再生介质等方式的科学合理匹配，使污染物脱落并排出，回到系统前端进入第二轮处理，使滤层的清洁度恢复到新料的 95%以上。工作原理如下图：



3.技术指标

- (1) 满足相应水系统的技术设计要求：水质、水量；
- (2) 运行节能减少耗电 15%；
- (3) 切断一个外排污染源，满足资源利用全部要求。

4.技术功能特性

- (1) 可改变水系统的污料更换工序，大幅度减少运行耗电；
- (2) 原位再生可 100%切断一个污染源，更换污料则是 100%外排；
- (3) 原位再生所涉资源 100%同等价值利用，更换无此功能。

5.应用案例

湖南华菱涟钢 2250 热轧板厂（水处理浊环系统）项目。技术提供单位为湖南娄底泰阳科技有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

该系统由 24 台直径五米高速过滤器。每台每小时产水 625t。滤料由 40t 石英砂、25t 无烟煤组成。该系统始用于 2010

年9月，到2016年9月，已达到33台次/年的更换速度，并且尚不能满足生产正常供水的要求，严重影响该厂钢材产量、质量。

（2）实施内容及周期

针对华菱链钢2250热轧板厂公辅车间浊环水系统，利用污料原位再生技术解决该系统严重供水不足等相应问题。

实施周期：按年实施。

（3）节能减排效果及投资回收期

改造后每年可节约标煤约1012.79tce/a。投资回收期约5个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来5年，推广比例可达到10%，可形成节能2.03万tce/a，减排CO₂5.48万t/a。

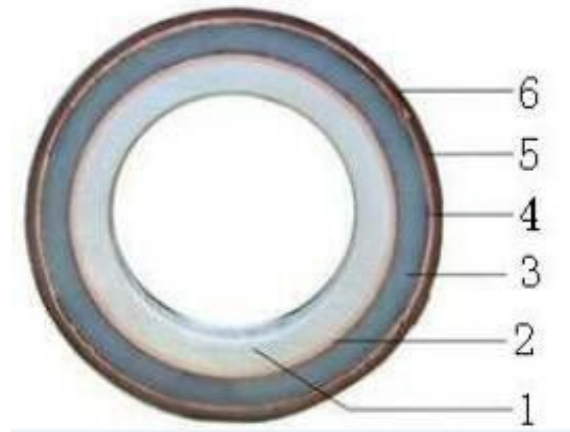
（八十二）固体绝缘铜包铝管母线

1.技术适用范围

适用于电力行业节能改造。

2.技术原理及工艺

利用集肤效应，合理搭配铜、铝管的厚度，提高铜的利用率，增大表面积，改善导体电流密度不均匀系数（铜系数是8.6，铝系数是4.82，铜的外侧分配的电流较多，铝的内侧分配电流较多，内外呼应，电流分布相对均匀，从而降低了交流电阻），使其额定电流温升由50K降低至30K，过载能力提高2倍，降低损耗，节约电能。产品结构图如下：



1-铝管 2-铜管 3-主绝缘层 4-半导电层
5-屏蔽层 6-绝缘护套层

3.技术指标

- (1) 节电率 23~64% (根据不同电流定)；
- (2) 温升降低 40~70%；
- (3) 绝缘水平过载能力——工频耐压提高 20~100%；
- (4) 节能铜材 30~70%。

4.技术功能特性

(1) 温升高低: 导体额定电流温升从 50K 降低 40% 至 30K, 绝缘材料不易老化、不击穿、阻燃、节约电能 64% (4000A 规格)；

(2) 电流过载能力强: 2 倍额定大电流 (4000A 升至 8000A) 短路状态、持续 15min 导体温度小于 95℃, 绝缘材料不燃烧；

(3) 绝缘水平高: 耐压时间由 1min 提高 500% 至 5min, 绝缘不击穿不闪络；

(4) 可在极端环境下 (高盐度、相对湿度平均值 98%、

+ 60℃至-40℃)安全运行,使用寿命≥30年。

5.应用案例

安徽淮化股份有限公司改造项目。技术提供单位为广东日昭电工有限公司。

(1)用户用能情况简单说明

节能改造前的母线采用传统铜排母线,单相采用单片裸硬铜排,矩形导体的集肤效应比管形导体大,材料利用率很低。而且,其温升按国标设定为50K,在夏季运行时环境温度会达到60℃,额定电流的导体温升50K,环境温度加导体温升,则母线的运行温度为110℃,容易氧化,并造成绝缘材料损坏,引发短路事故。

(2)实施内容及周期

将原来的传统母线更换为固体绝缘铜包铝管母线。固体绝缘铜包铝管母线替代常规实心导体铜排母线进行改造,提高母线的安全性能和节约输变电母线的线损,达到节能效果。实施周期2个月。

(3)节能减排效果及投资回收期

相对传统铜排母线,2000A固体绝缘铜包铝管母线节能率为23.2%,该项目年节电量约312.33万kW·h,折合标煤1061.92t。投资回收期约4.5年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来5年,推广应用比例可达到10%,可形成节能15.93万tce/a,减排CO₂43.01万t/a。

(八十三) 高效超净工业炉技术

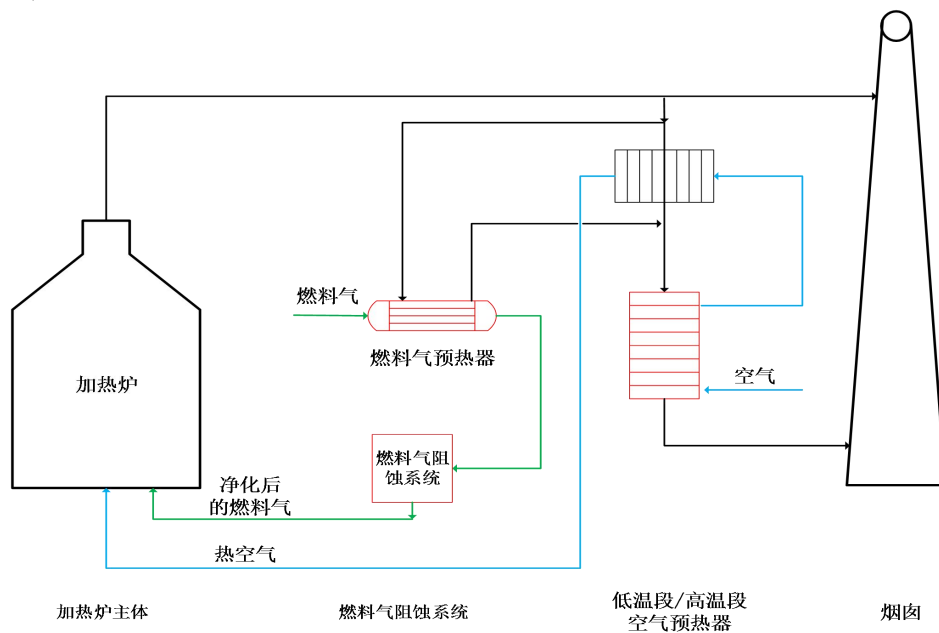
1. 技术适用范围

适用于石化行业加热炉节能技术改造。

2. 技术原理及工艺

本技术为加热炉节能环保系统化技术：通过对加热炉燃烧系统的多介质并流对烟气进行余热回收，实现加热炉烟气的超低温排放；通过换热系统的多段布置解决低温烟气对引风机的腐蚀问题；通过复合阻蚀剂系统解决烟气的低温硫酸露点腐蚀问题，解决燃料型氮氧化物的生成问题；通过低过剩空气系数下分级燃烧及烟气回流技术实现氮氧化物超低排放；通过冷凝水洗涤技术实现烟气颗粒物的超低排放；通过傅立叶可燃组分在线监测系统和防弱酸腐蚀材料及其防腐表面处理技术进一步增加系统的安全性和稳定性；通过互联网技术和智能管理平台提高系统操作的智能化管理水平。

技术原理图如下：



3.技术指标

- (1) 热效率: >95%;
- (2) NO_x排放: <50mg/m³;
- (3) 颗粒物浓度: 近零排放;
- (4) SO₂浓度: 近零排放;
- (5) 排烟温度: 80~90℃。

4.技术功能特性

- (1) 通过对烟气进行余热回收, 大幅提高加热炉的热效率;
- (2) 通过复合阻蚀剂系统、分级燃烧及烟气回流技术、冷凝水洗涤技术等, 大幅降低污染物排放。

5.应用案例

湖北金澳科技 500 万t工业炉项目。技术提供单位为上海浩用工业炉有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

金澳科技是集生产、贸易、物流储运等业务于一体的综合型石化企业, 具备炼油一次加工能力 730 万t/a。本项目针对金澳科技 500 万t/a原料预处理装置, 是成套加热炉及其余热回收系统EPC工程的重要组成部分。

(2) 实施内容与周期

采用“95+高效超净工业炉技术”对金澳科技 500 万t/a原料预处理装置的余热回收部分进行节能环保优化设计。实施周期 4 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

优化后，加热炉热效率从 91%提高至 95%，实际运行污染物排放浓度大幅降低，氮氧化物排放浓度小于 60mg/Nm³，SO₂排放浓度小于 5mg/Nm³，颗粒物排放浓度小于 5mg/Nm³，都远低于国家标准要求的限值。经过测算，优化后加热炉满负荷时每年节能量为 3345tce。投资回收期为 1.4 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 20%，可形成节能 3.35 万 tce/a，减排 CO₂ 9.05 万 t/a。

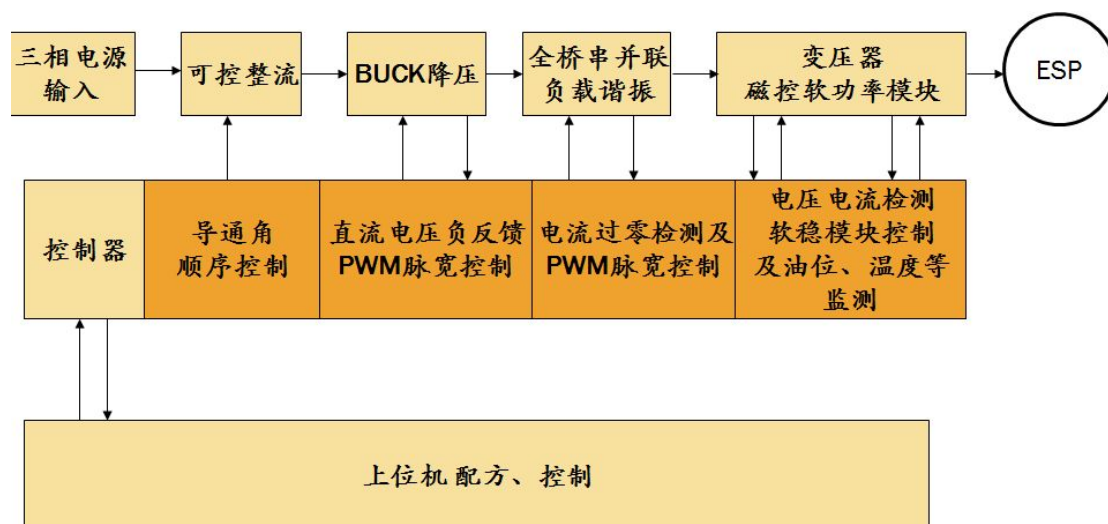
(八十四) 软特性准稳定直流除尘器电源节能技术

1.技术适用范围

适用于工业除烟除尘器节能改造。

2.技术原理及工艺

本装置采用三相四线制 380V 交流系统电源作为装置输入电源，交流经过可控缓冲整流滤波后，经过BUCK电路进行斩波降压，将降压后的电压作为高频逆变器的输入，高频逆变的输出经过整流变压器变压后，串联至磁控软稳模块，磁控软稳模块的输出再经过整流输出至除尘器电场。工作原理图如下：



3.技术指标

- (1) 额定输入电压为 380V，额定输入电流为 112A；
- (2) 开关频率为 20~40kHz；
- (3) 电源效率 97%，功率因数 0.93；
- (4) 纹波比<1%，噪音比<1.1%。

4.技术功能特性

(1) 减排性能：可以提升电除尘器电场运行电压有效值，从而提高除尘效率；采用“软功率”自适应调整控制模式，可提高电源运行稳定性，利用软稳电源替换常规工频电源，可以减排 50%以上；

(2) 节能性能：软稳电源软功率控制系统避免电场发生火花放电，提示提高了电能利用率，降低了电除尘器系统运行费用；根据改造案例，软稳电源替换工频电源，达到减排目标时，可节电 50%以上；软稳电源替换高频电源，在同比工况下，节电 60%左右；

(3) 运行稳定性：软稳电源将无极磁控技术应用于高压大功率变压器的输出内阻的调节，其输出阻抗在

100Ω~120kΩ之间实时线性可调，实现了对除尘器电场十分有利的软稳特性，电场运行电压可以根据工况变化实时自适应调整，从而提升了电除尘器系统运行稳定性。

5.应用案例

内蒙古京隆发电有限责任公司改造项目。技术提供单位为北京市中环博业环境工程技术有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

京隆发电 2#汽轮发电机组配置双室 5 电场电除尘器，采用双室五电场静电除尘器，由 32 台输出电压为 60kV，输出电流为 1.2A 和 8 台输出电压为 62kV，输出电流为 1.2A 的电源供电，ESP 出口粉尘排放浓度为 $< 50\text{mg}/\text{Nm}^3$ ，粉尘排放浓度达不到当地环保要求标准，兼之电除尘器系统运行电耗大，占厂用电比率偏高。

(2) 实施内容与周期

采用软稳电源技术对京隆发电 2#汽轮发电机组电除尘器进行节能减排改造，主要包括：对原电除尘器本体进行检修，消除本体缺陷、故障；拆除原有工频电源；原工频电源底座位置安装软稳电源；软稳电源高压控制系统及通讯系统安装；电除尘器本体振打程序优化调试；开机调试运行。实施周期 6 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期

改造完成后，2#机组电除尘出口浓度下降了 55%（从 $36.7\text{mg}/\text{Nm}^3$ 下降为 $17\text{mg}/\text{Nm}^3$ 左右）；同时，电除尘电耗降低了 50% 左右，每年可节能约 2018tce。投资回收期约 1.6 年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来5年，推广应用比例可达到5%，可形成节能3.03万tce/a，减排CO₂ 8.18万t/a。

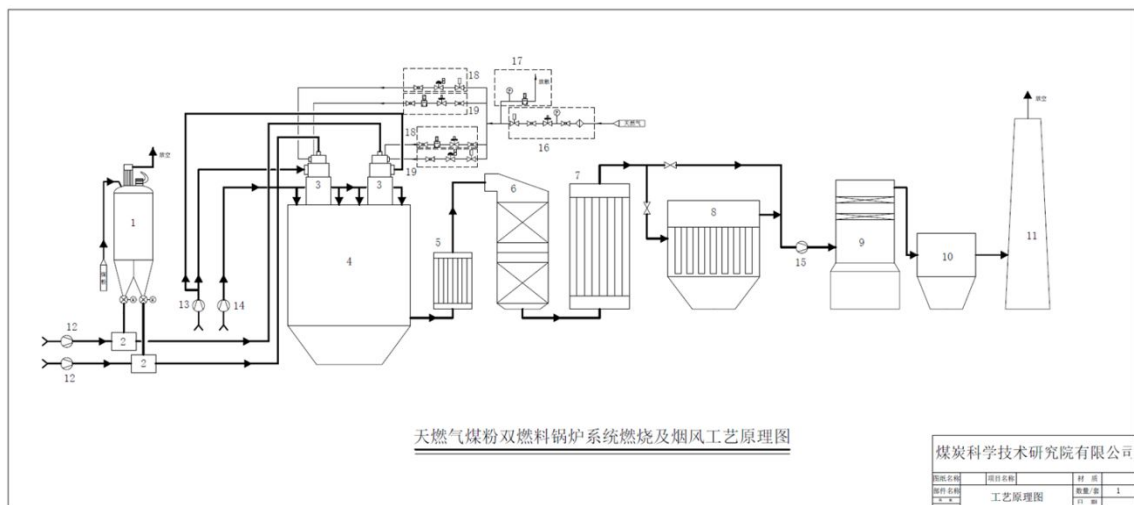
(八十五) 快速互换天然气/煤粉双燃料燃烧技术

1.技术适用范围

适用于工业供热节能技术改造。

2.技术原理及工艺

本技术为一种快速互换天然气/煤粉双燃料燃烧技术，其核心是解决在同一个燃烧器内实现多种燃料的着火及燃烧组织问题，重点是实现不同种燃料的独立自主燃烧。技术从难燃燃料入手，首先通过强化燃烧手段保证难燃燃料顺利着火及自主燃烧，其次通过对喷嘴、喷射角度、结构尺寸、流场分布等方面的设计，实现对易燃燃料的燃烧过程可控。由此实现多种燃料燃烧的集成化与一体化，并快速切换。系统工艺原理如下图：



3.技术指标

(1) 锅炉热效率可达 91%以上;

(2) 在煤粉作为燃料的情况下, 可以实现 NO_x 初始排放达到 $200\text{mg}/\text{Nm}^3$;

(3) 在天然气作为燃料的情况下, 可以实现 NO_x 初始排放达到 $30\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。

4.技术功能特性

(1) 通过双锥强化燃烧室、中心逆喷的燃料喷管, 可以实现难燃烧燃料的快速着火和稳定燃烧组织, 并在燃烧室中可以完成 50%以上的燃烧进程, 提高了燃烧效率, 同时对于燃料的适用范围也可拓宽;

(2) 由于燃烧的独立性设计, 为低氮燃烧提供了良好的基础, 实现低 NO_x 初始排放。

5.应用案例

济南热力有限公司浆水泉热源厂 70MW 改造项目。技术提供单位为煤科院节能技术有限公司。

(1) 用户用能情况简单说明

济南热力集团有限公司浆水泉热源厂建厂初期, 主要为三台传统的 70MW 的链条锅炉。近年来, 伴随着政府对环保工作排放标准的逐年提高, 这种炉型已不能满足环保排放的要求, 且实际运行工况与额定工况相差较大, 存在很大的余量、造成较大的能源浪费。

(2) 实施内容与周期

改建高温热水链条锅炉为一台 QXS70-1.6/130/70-AIII 型

高效煤粉热水锅炉。改造除尘系统、脱硫系统，新增脱硝和湿式电除尘深度净化装置；拆除煤场、煤棚，新建全密闭式煤粉仓。实施周期 8 个月。

（3）节能减排效果及投资回收期

根据用户的运行数据，改造前单台锅炉用煤 3.73 万t/采暖季，改造后单台锅炉用煤粉 1.70 万t/采暖季，节能量折合标煤约为 1.78 万tce。投资回收期 5 年 4 个月。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来 5 年，推广应用比例可达到 10%，可形成节能 35.6 万 tce/a，减排 CO₂ 96.12 万 t/a。

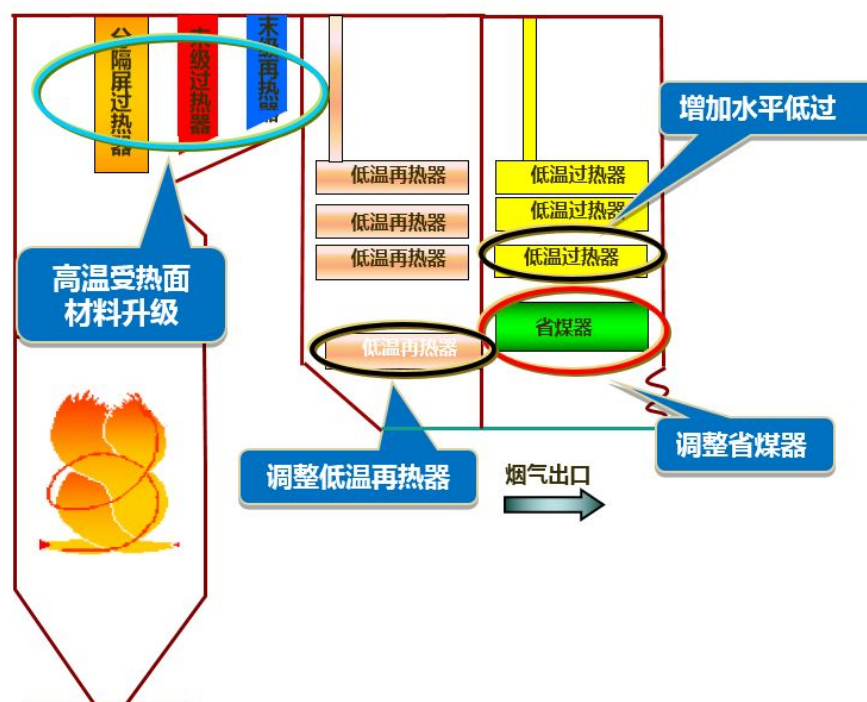
（八十六）600MW 等级超临界锅炉升参数改造技术

1.技术适用范围

电力行业锅炉节能技术改造。

2.技术原理及工艺

通过重新分配锅炉各级受热面吸热比例，增加锅炉过热器系统受热面面积，提高锅炉过热蒸汽温度。同时相应调整其他受热面面积，保证锅炉排烟温度与改造前处于相当的水平或略优于改造前，并对相应过热器受热面材料进行升级，满足蒸汽温度升高的要求。本改造技术可将过热蒸汽出口温度由 543℃ 提高至 571℃。改造方案图如下：



3.技术指标

- (1) 过热蒸汽出口温度由 543/571℃提高至 571/605℃；
- (2) 其他锅炉性能指标不变或优于改造前；
- (3) 单台机组降低标准发电煤耗 2.1g/kW·h；
- (4) 机组效率提高约 0.7%；
- (5) 减排烟尘（以实际燃用煤决定）；
- (6) 减排CO₂（以实际燃用煤决定）；
- (7) 减排SO₂（以实际燃用煤决定）。

4.技术功能特性

本技术以提高过热蒸汽出口温度为前提，根据热力学朗肯循环定律，提高以水蒸气为介质的热力循环系统的整体循环效率。根据汽轮机厂家的最终计算结果，本技术可使汽轮机热耗降低 58kJ/kW·h，折合发电煤耗降低 2.1g/kW·h。机组效率提高约 0.7%。

5.应用案例

华润电力（常熟）有限公司 3×650MW超临界锅炉升级改造项目。技术提供单位为哈尔滨锅炉厂有限责任公司。

（1）用户用能情况简单说明

本项目经原国家计委批准，3×650MW机组于2003年5月1日开工建设，2005年3月、6月、10月相继投产发电。限于当时的设计理念，机组主蒸汽温度偏低（543℃），机组发电效率偏低，为了解决以上问题，华润电力（常熟）有限公司计划启动锅炉综合改造工作。

（2）实施内容与周期

华润电力（常熟）有限公司 3×650MW超临界锅炉采用600MW等级超临界锅炉升参数改造技术进行节能改造，锅炉主要改造工作包括：增加一组水平低温过热器，更换屏式过热器的型式及规格，更换并升级末级过热器材质及规格，更换高温再热器部分管段材质，增加部分省煤器受热面，更换主蒸汽管道等。实施周期7个月。

（3）节能减排效果及投资回收期

改造完成后，由于锅炉参数和机组效率的提高，相同负荷下燃煤量减少，二氧化硫、氮氧化物和烟尘的排放量相应降低。年节约标准煤约7500t。投资回收期约8.5年。

6.未来五年推广前景及节能减排潜力

预计未来5年，推广应用比例可达到4%，可形成节能11.25万tce/a，减排CO₂30.38万t/a。