

附件

《国家工业节能技术应用指南与案例(2022年版)》之九： 重点用能设备及系统节能提效技术

一、电机及电机系统节能提效技术

(一) 磁悬浮变频离心式中央空调技术

1.技术适用范围

适用各种空调机或工艺冷却等设备节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用无机械摩擦、无油润滑磁悬浮电机驱动高速叶轮，大幅降低驱动系统机械损耗，提升系统整体能效；压缩机采用磁悬浮轴承实现无接触支撑，可有效避免机械摩擦及润滑油系统功耗，通过变频调速方式控制机组系统运行，进一步降低系统运行能耗，实现离心机组无油安全高效全工况运行。磁悬浮变频离心式中央空调技术原理如图 1 所示。

3.技术指标

- (1) 综合部分负荷性能系数： ≥ 8 ;
- (2) 满负荷性能系数 (COP)： ≥ 6 ;
- (3) 制冷量： ≥ 50 冷吨;
- (4) 转子振幅： ≤ 15 微米;
- (5) 轴承耐启停次数： ≥ 12 万次。

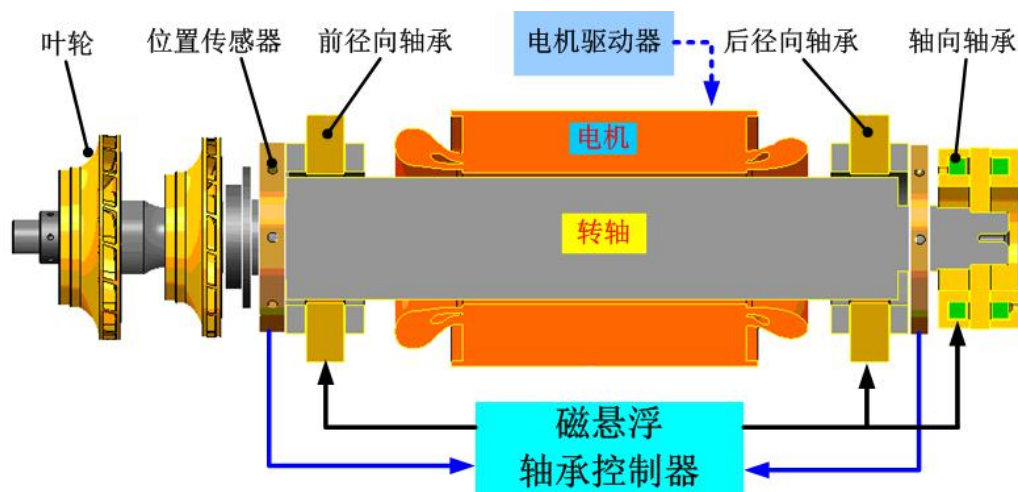


图 1 磁悬浮变频离心式中央空调技术原理图

4.技术功能特性

（1）采用无机械摩擦、无油润滑磁悬浮电机驱动高速叶轮，大幅降低驱动系统机械损耗，提升系统整体能效；

（2）压缩机采用磁悬浮轴承实现无接触支撑，可有效避免机械摩擦及润滑油系统功耗；

（3）通过变频调速方式控制机组系统运行，进一步降低系统运行能耗，实现离心机组无油安全高效全工况运行。

5.应用案例

该项目为研发类技术，暂无推广案例。技术提供单位为珠海格力电器股份有限公司。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 10%。可实现节约标准煤 89 万吨/年，减排CO₂ 246.8 万吨/年。

（二）磁悬浮离心鼓风机节能技术

1.技术适用范围

适用于工业风机节能技术改造。

2.技术原理及工艺

利用可控电磁力将电机转子悬浮支撑，由高速永磁同步电机直接驱动高效三元流叶轮，省去传统齿轮箱及皮带传动机构，机械传动无油润滑、无接触磨损，具有功耗低、转速高、噪音低、寿命长等特性；通过信息化智能控制系统，可随时根据工况自动调整运行参数，大幅度提升系统运行能效水平，实现整机远程运维、故障诊断和维修调试、无人值守等功能。磁悬浮离心鼓风机技术原理如图 2 所示。

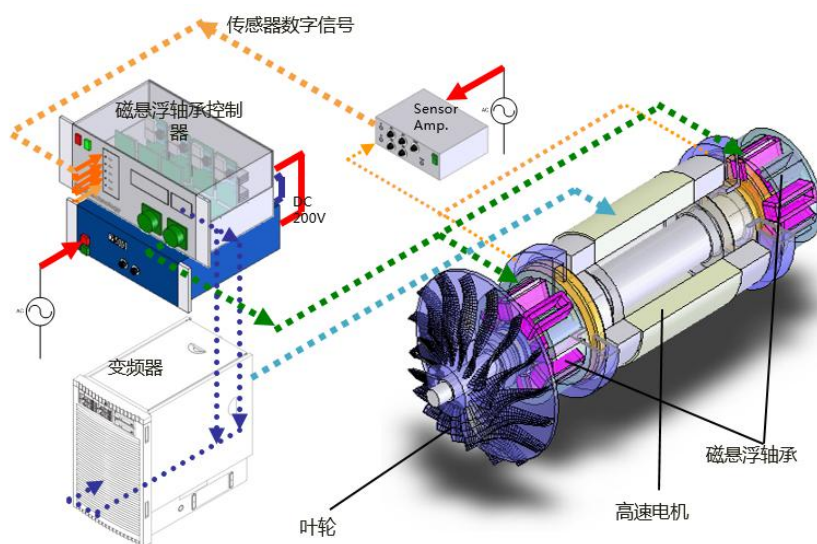


图 2 磁悬浮离心鼓风机技术原理图

3.技术指标

（1）多变效率：>86%；整机流量：18~320 立方米/分钟；压

力：20~110 千帕；工作噪声：≤80 分贝；

（2）磁轴承设计承载力：>4000牛；磁轴承控制精度：<10微米；传感器分辨率：±1微米；灵敏度：8毫伏/微米；重复定位精度：±2微米；

（3）磁悬浮高速电机功率范围：22~600千瓦；变频调速范围：每分钟10000~36000转。

4.技术功能特性

（1）利用可控电磁力将电机转子悬浮支撑，无接触磨损，噪音低；

（2）采用三元流叶轮与流道的高效匹配技术，实现风机系统宽工况高效运行；

（3）通过信息化智能控制系统，可随时根据工况自动调整运行参数。

5.应用案例

昌乐盛世热电脱硫脱硝工艺磁悬浮鼓风机改造项目，技术提供单位为山东天瑞重工有限公司。

（1）用户用能情况：昌乐盛世热电脱硫脱硝工艺采用 4 台 250 千瓦罗茨鼓风机，耗电约 5143 千瓦时/天，噪音高达 120 分贝。

（2）实施内容及周期：采用 4 台 110 千瓦磁悬浮鼓风机替代原来 4 台 250 千瓦罗茨鼓风机。实施周期 2 个月。

（3）节能减排效果及投资回收期：改造完成后，系统运行稳

定，噪音降至 80 分贝，耗电 2502 千瓦时/天，按照年运行 330 天计算，综合节约电量 87.2 万千瓦时/年，折合节约标准煤 270 吨/年，减排 CO₂ 748.6 吨/年。投资回收期 17 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 25%。可实现节约标准煤 77 万吨/年，减排 CO₂ 213.5 万吨/年。

(三) 高性能低压变频器

1.技术适用范围

适用三相异步电动机控制系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

通过将工频电压转换为直流电压，然后将直流电压再转化为可变频率可变幅值的电压，从而改变电机输入电压，可在满足转速、力矩情况下匹配电机负载自适应调节，对运行功率、效率进行动态优化，实现对交流异步电机调速，有效降低电机系统能耗。高性能低压变频器系统结构如图 3 所示。

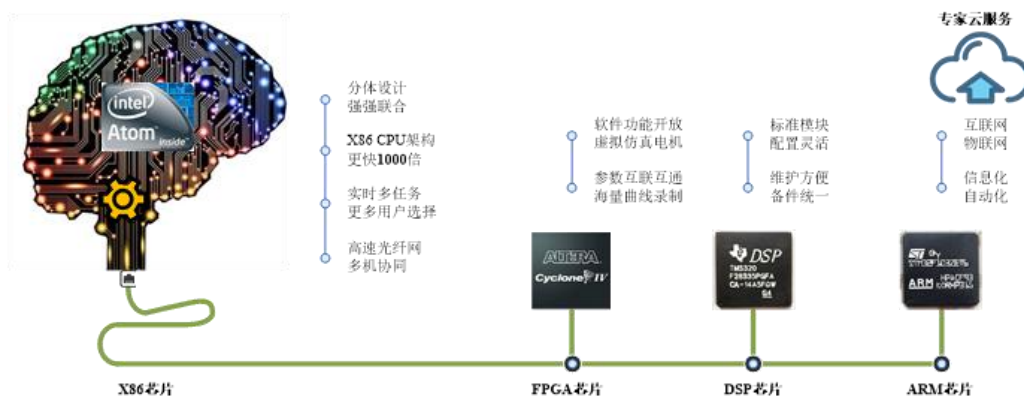


图 3 高性能低压变频器系统结构图

3.技术指标

- (1) 交流电机效率比直流电机高：2%~3%;
- (2) 开环转矩精度：±2%;
- (3) 开环转矩脉动：±3%；闭环转矩脉动：±2%;
- (4) 速度精度：±0.001%。

4.技术功能特性

(1) 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，实现控制器快速实时响应和高精度控制，适应高端变频器及系统应用的需求；

(2) 采用控制器、功率单元和变频器之间的快速协调通讯，实现功率单元模块化应用以及变频器并联扩容；

(3) 采用故障数据记录系统、远程监控技术、故障诊断技术，提高变频器的可维护性。

5.应用案例

新抚钢棒线材生产线改造项目，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：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。

(2) 实施内容及周期：新抚钢棒线材生产线共 150 余台低压变频电机，整条生产线设计供电功率为 20 兆瓦，采用国产高性能低压变频技术进行节能改造。实施周期三个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，由于交流电机免维护，且省去冷却水部分，每年减少运维成本，交流电机效率比直流电机高 2%~3%，可节电 107 万千瓦时/年，综合节约标准煤 331.7 吨/年，减排 CO₂ 919.6 吨/年。投资回收期 3 年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 5%。可实现节约标准煤 13 万吨/年，减排 CO₂ 36 万吨/年。

（四）绕组式永磁耦合调速器技术

1.技术适用范围

适用于工业传动调速系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

绕组式永磁耦合调速器是一种转差调速装置,由永磁外转子、绕组内转子及控制系统组成,永磁外转子与绕组内转子有转速差时,绕组中产生感应电动势,控制绕组中感应电流,实现调速和软起动,转速滑差形成能量引出发电,回馈到用电端再利用,实现节能提效。绕组式永磁耦合调速器结构如图 4 所示。

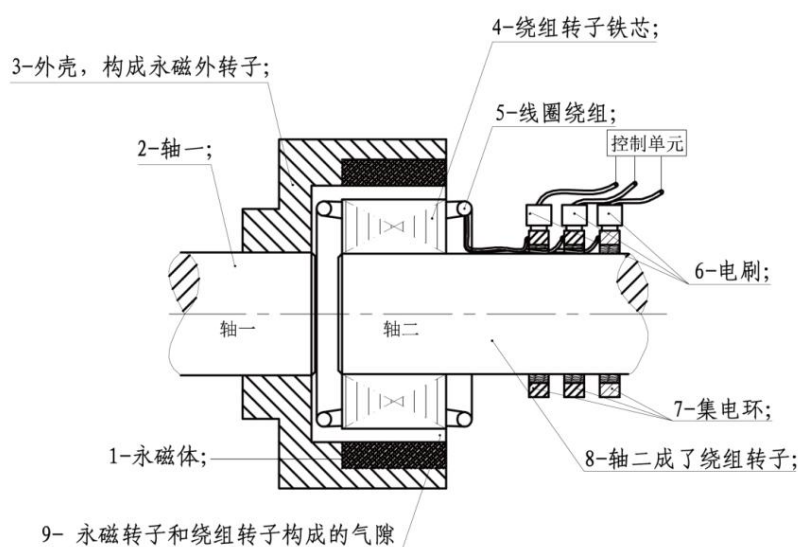


图 4 绕组式永磁耦合调速器结构示意图

3.技术指标

- (1) 效率：96%~98%（检测范围：额定转速的 30%~99%）；
- (2) 调速范围：0%~99%；
- (3) 振动：≤2.8 毫米/秒；

(4) 功率范围：1.5~2500 千瓦。

4.技术功能特性

(1) 简单控制绕组转子回路的开关，实现离合功能；

(2) 调节绕组中的感应电流，控制传递转矩，实现调速和软启动；

(3) 绕组中转差功率引出回馈到用电端再利用，解决其他转差调速类设备的温升问题。

5.应用案例

天津钢铁（集团）有限公司烧结除尘风机永磁调速器改造项目，技术提供单位为江苏磁谷科技股份有限公司。

(1) 用户用能情况：烧结厂 630 千瓦配料除尘风机采用调速型液力耦合器进行风机调速，耗电量 304.2 千瓦时/小时，1400 千瓦成品除尘风机采用调速型液力耦合器进行风机调速，耗电量 934.7 千瓦时/小时。

(2) 实施内容及周期：采用绕组式永磁耦合调速器替换原有调速型液力耦合器。实施周期三个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，单位能耗显著降低，节电率 27.4%，节约标准煤 428.2 吨/年，减排 CO₂ 1187.2 吨/年。投资回收期 14 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 1%。可实现节约标准煤 81

万吨/年，减排 CO₂ 224.6 万吨/年。

（五）基于智能控制的水泵群控系统技术

1.技术适用范围

适用于水泵类设备控制系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用传感器实时监测地下水位，并与标定值做实时对比，经过数据转换、处理系统将液位信息转化为数字信号并传递到云平台服务器，从而实时控制调整电泵工作状态及抽排功率，有效提升水泵系统运行效率。水泵群控系统技术原理如图 5 所示。

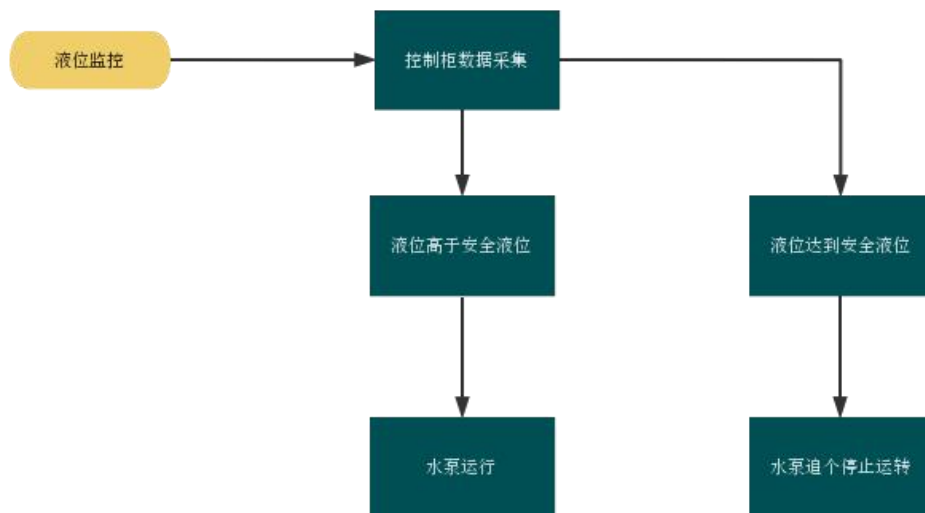


图 5 水泵群控系统技术原理图

3.技术指标

- （1）系统节能效率提高：27%；
- （2）单泵效率：64%。

4.技术功能特性

- （1）可实现自动监测地下水位线，按照需求开启水泵数量并

调节水泵的抽排功率；

(2) 可通过用户手机端和 PC 端显示各水泵实时运行情况。

5.应用案例

沈阳地铁方型广场站地下排水改造项目，技术提供单位为海城三鱼泵业有限公司。

(1) 用户用能情况：沈阳地铁 3 号线两站一区间，地面水塔高度 6.5 米，降水支路管路为铁管，运用老式的水泵进行排水，单井耗电量为 17.9 千瓦时/小时，且不能实现自动控制。

(2) 实施内容及周期：将原有的 200 台老式排水泵更换为 200QJG8030T7SA-Y/B 型高效节能水泵，并配备 KBZ 系列远程监控自动高效降水控制柜。实施周期 1 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，系统实现全自动化排水并能进行远程监控，耗电量由 17.9 千瓦时/小时下降到 12.8 千瓦时/小时，综合节约电量 881.6 万千瓦时/年，折合节约标准煤 2733 吨/年，减排 CO₂ 7577 吨/年。投资回收期 4 年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 15%。可实现节约标准煤 46 万吨/年，减排 CO₂ 127.5 万吨/年。

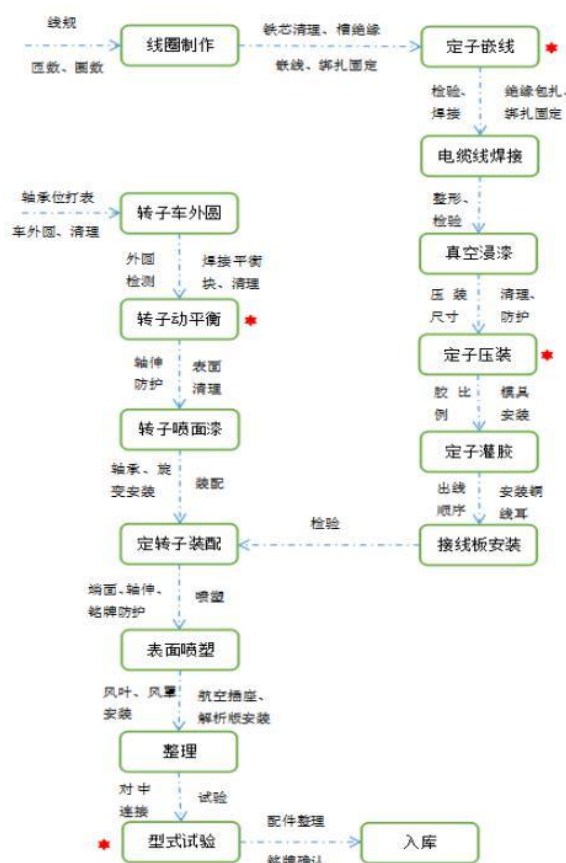
（六）新型开关磁阻调速电机系统

1.技术适用范围

适用于电机系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

机体采用凸极定子和凸极转子双凸极结构，定子绕组集中、结构开放，散热快温升低，转子不设绕组、永磁体、滑环等部件，转动惯量小，铁损、铜损及励磁损耗较小，功率因数高，通过电子无刷换向，保证电机效率、稳定性、可靠性和使用寿命。开关磁阻调速电机系统工艺如图 6 所示。



流程图上标“★”为重点工序

图 6 开关磁阻调速电机系统工艺图

3.技术指标

- (1) 效率值: $\geq 85\%$;
- (2) 与传统三相异步电机相比, 同工况下节电率: $7\% \sim 10\%$;
- (3) 电机的最高工作转速为额定转速的 1.5 倍;
- (4) 电机功率因数: 0.99; 系统功率因数: 0.93。

4.技术功能特性

(1) 增大定子极弧系数, 使开关磁阻电机在额定转速为 1500 转/分时振动位移小于 6.5 微米, 振动速度小于 1.1 毫米/秒;

(2) 通过增大最大电感和最小电感的比值, 控制电机开通角与关断角, 实现电机绕组电流在导通时间内上升幅度减缓, 从而增大电机的输出转矩, 减小转矩脉动, 提高电机的综合性能;

(3) 在开关磁阻电机的转子凸极与转子轴的径向方向设置异形齿结构, 改变磁路及磁阻, 减小径向磁力, 避免共振, 降低电机噪声。

5.应用案例

龙蟒佰利联集团股份有限公司电机系统节能改造项目, 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: 该企业原 14 台老旧电机耗能高, 启动电流较大, 运行效率低。

(2) 实施内容及周期: 对该企业 14 台老旧电机进行节能改造, 替换为开关磁阻电机。实施周期 5 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，以额定功率运行，每年按 8000 小时统计，节约电量 266.4 万千瓦时/年，折合节约标准煤 826 吨/年，减排 CO₂ 2290 吨/年。投资回收期 7 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 40%。可实现节约标准煤 20 万吨/年，减排 CO₂ 55.5 万吨/年。

（七）压缩空气系统节能技术

1.技术适用范围

适用于空气压缩机控制系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

通过安装智能电表、智能气表采集用户用气规律和相关数据，建立数据库构建物联网，根据数据分析自适应匹配空压机和后处理设备最佳工况，实时动态调整系统运行效率，可有效降低空压机系统能耗。

3.技术指标

节能量：15%~50%。

4.技术功能特性

（1）可对空压站系统供需精确匹配，用气变化后可实现再次匹配；

（2）通过智慧管理平台对空压站实行精细化管理，大数据在线实时分析并进行智能管控。

5.应用案例

建华建材（湖北）有限公司空压机节能改造项目，技术提供单位为湖北索立德压缩机有限公司。

（1）用户用能情况：原使用四台 132 千瓦压缩机（三用一备）和三台 120 千瓦压缩机（二用一备），耗电量约 500 万千瓦时/年。

(2) 实施内容及周期：用 2 台 132 千瓦永磁变频双级压缩机和一台 110 千瓦、一台 75 千瓦永磁变频双级压缩机替换原有压缩机，安装电表、气表和物联网采集系统，对现有空压站数据进行实时监控。实施周期 3 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，节能率 21%，可节约电量 110 万千瓦时/年，折合节约标准煤 341 吨/年，减排 CO₂ 945.4 吨/年。投资回收期 2.8 年。

6. 预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 10%。可实现节约标准煤 9 万吨/年，减排 CO₂ 25 万吨/年。

（八）低温低压蒸汽喷射真空（泵）系统

1.技术适用范围

适用于油脂精炼行业真空泵设备节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用低压动力蒸汽驱动蒸汽喷射真空泵，在额定压力真空环境中，通入低于 10℃ 的低温冷凝水冷凝废蒸汽，回收的余热再送回热力系统中，不仅提升热力管网余热利用效率，还可减少蓄热器体积，降低动力蒸汽消耗量。低温低压蒸汽喷射真空（泵）系统工艺路线如图 7 所示。

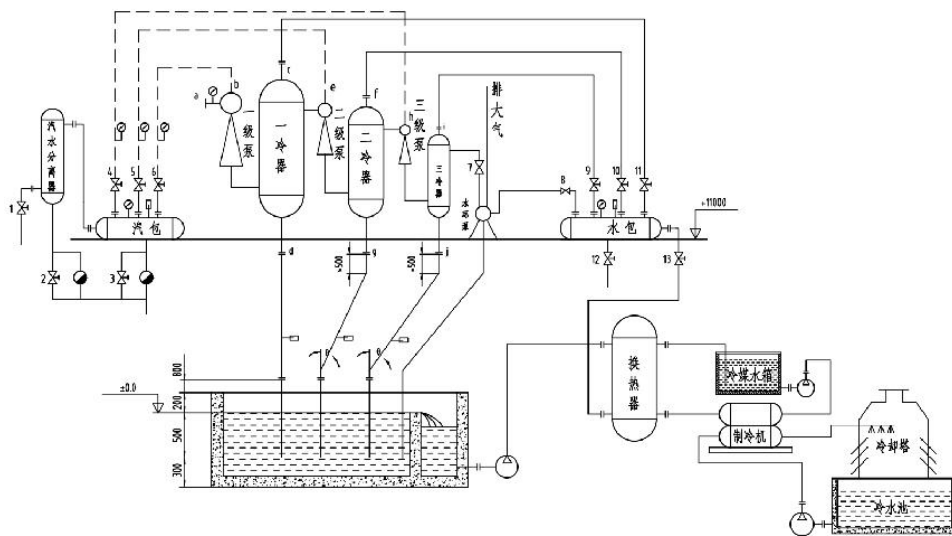


图 7 低温低压蒸汽喷射真空（泵）系统工艺路线图

3.技术指标

- （1）动力蒸汽消耗降低：45%~75%；
- （2）节水率：≥35%；
- （3）污水排放量减少：50%~70%。

4.技术功能特性

(1) 采用 0.2~0.5 兆帕的低压蒸汽作为驱动动力，利用余热、电力及其他可再生能源制取恒定的低温水 ($\leq 10^{\circ}\text{C}$) 作为真空系统冷却水；

(2) 循环冷却水用量节约超过 35%，同比减少污水排放，消除污水异味的挥发。

5.应用案例

山东龙大集团开封植物油有限公司日产 150 吨一级油精炼生产线项目，技术提供单位为陕西向阳真空工程有限公司。

(1) 用户用能情况：该项目为新建项目。

(2) 实施内容及周期：建设年产 9 万吨花生油生产线及年产 5 万吨调和油生产线，采用低温水真空泵为脱臭设备提供真空环境。实施周期 6 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：建设完成后，综合能耗为 103.7 千克标准煤/小时，与国内平均水平相比节能 43%，节约标准煤 550 吨/年，减排 CO_2 1524.9 吨/年。投资回收期 10 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 48%。可实现节约标准煤 15 万吨/年，减排 CO_2 41.6 万吨/年。

（九）一种基于螺杆膨胀机的余热利用技术

1.技术适用范围

适用于余能回收利用系统设备节能技术改造。

2.技术原理及工艺

热流体介质输入螺杆膨胀机，随着阴、阳螺杆槽道中热流体的体积膨胀，推动阴、阳螺杆向相反方向旋转，齿槽容积增加，热流体降压膨胀做功，实现热能向机械能转换，螺杆膨胀机与发电机相连，驱动发电机发电，从而实现余热利用，热流体介质可以是工业余热蒸汽、汽液两相热水或气站减压天然气。基于螺杆膨胀机的余热利用技术原理如图 8 所示。



图 8 基于螺杆膨胀机的余热利用技术原理图

3.技术指标

- （1）机组等熵效率：65%~83%；
- （2）抗波动能力强，负荷波动范围：30%~120%；
- （3）控制精度：1%；
- （4）噪音：<85 分贝。

4.技术功能特性

(1) 螺杆膨胀发电机组为机电一体化集成设备，现场安装方便易移动，运行维护费用低；

(2) 调节范围广，适应波动性强且能缓解工艺的波动；

(3) 可实现无人值守；

(4) 设备占地小，辅助系统简单，无需盘车，方便快速启停。

5.应用案例

金德铅业改造项目，技术提供单位为江西华电电力有限责任公司。

(1) 用户用能情况：该项目冶炼矿铅 10 万吨/年，氧气侧吹还原炉、原有烟化炉和氧气底吹炉余热锅炉产生蒸汽，蒸汽压力为 1.7~2.6 兆帕，流量 11~25 吨/小时；供生产和生活用汽量为 5 吨/小时，用汽压力 0.3~0.4 兆帕。

(2) 实施内容及周期：设计安装 1 台背压机组，装机功率 1500 千瓦，安装 1 台纯凝机组，装机功率 2000 千瓦。实施周期六个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，节约电量 2400 万千瓦时/年，折合节约标准煤 7440 吨/年，减排 CO₂ 2.1 万吨/年。投资回收期 1.5 年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 20%。可实现节约标准煤

67 万吨/年，减排 CO₂ 185.8 万吨/年。

（十）卧式油冷型永磁调速节能技术

1.技术适用范围

适用于工业拖动设备调速系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

电机与负载设备通过永磁调速器连接，电机带动永磁调速器导体主动转子旋转，在装有强力稀土磁铁的磁盘从动转子所产生的磁场中切割磁力线，从而在导磁盘中产生感应磁场，感应磁场和永磁场之间磁性相互吸合和排斥拉动从动转子转动，完成电机与负载之间转矩传输，无机械连接，减少摩擦损耗，提升传动效率。卧式油冷型永磁调速工作原理如图 9 所示。

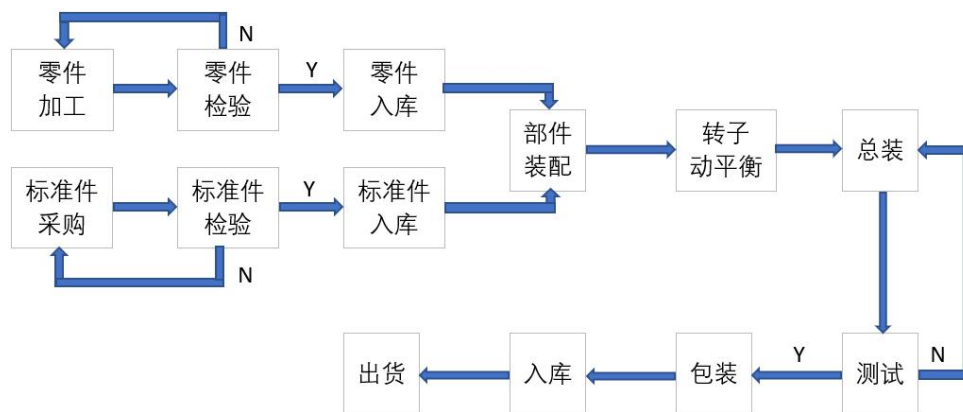


图 9 卧式油冷型永磁调速工作原理图

3.技术指标

- (1) 综合节能率可达：39.0%;
- (2) 负载：0~5000 千瓦;

(3) 无级调速范围：30%~97%。

4.技术功能特性

(1) 通过调节气隙实现流量和/或压力的连续控制，取代原系统中控制流量和/或压力的阀门或风门挡板，在电机转速不变的情况下，调节风机或水泵转速；

(2) 减少电机的启动冲击电流，减小扭振，避免电机轴承跑套，减轻电机的轴承负荷，可进一步降低电机运行电流从而降低轴承温度；

(3) 简化安装、调试过程。

5.应用案例

镇江大港热电厂机组扩容改造项目，技术提供单位为安徽沃弗永磁科技有限公司。

(1) 用户用能情况：改造前引风机采用变频调节方式，故障频发。

(2) 实施内容及周期：3#机组扩容为 15 兆瓦机组，新增脱硫浆液循环泵系统，将原引风机增大至功率为 1400 千瓦，转速为 990 转/分钟，采用卧式油冷型永磁调速器进行调速。实施周期 7 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，综合节能率达到 39.0%，按照全年运行时间 8000 小时计，可节约电量 368 万千瓦时/年，折合节约标准煤 1140.8 吨/年，减排 CO₂ 3162.9 吨/

年。投资回收期 10 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 15%。可实现节约标准煤 24 万吨/年，减排 CO₂ 66.5 万吨/年。

二、锅炉行业节能提效技术

（一）新型锅炉烟风耦合回转式空预器节能技术

1.技术适用范围

适用于燃煤锅炉系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

通过在回转式预热器下游耦合管式预热器，管式预热器收集烟气热量使回转式预热器处于高温状态，可有效减少回转式预热器硫酸氢铵堵塞，保证烟风阻力平稳、换热效率稳定，而经过管式预热器对烟气进行换热又可进一步降低锅炉排烟温度，使锅炉烟气余热得到充分利用；同时，通过分模块在线分区干烧方式彻底清除低温区管式预热器沉积硫酸氢铵，从而保障锅炉机组高效经济运行。回转式空预器工艺路线如图 10 所示。

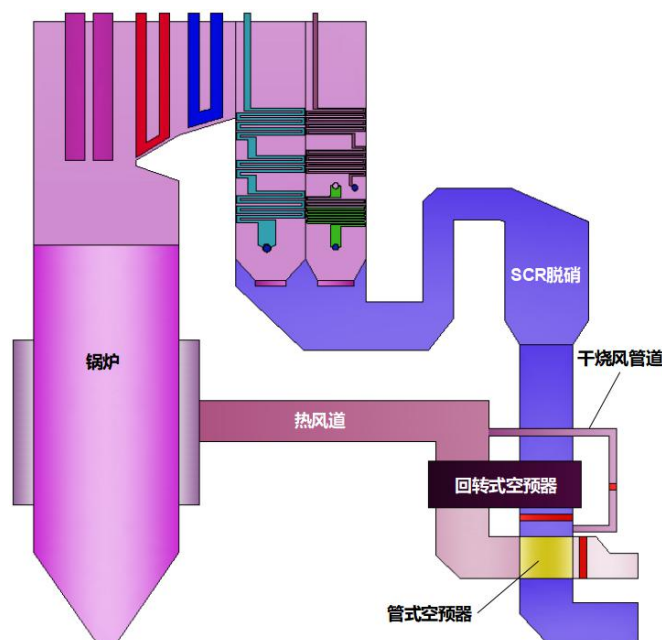


图 10 回转式空预器工艺路线图

3.技术指标

- (1) 锅炉效率提高 0.9%;
- (2) 降低锅炉排烟温度至 120℃;
- (3) 提高回转式空预器平均进口风温至 120℃。

4.技术功能特性

- (1) 解决了回转式预热器堵塞问题，提高系统可靠性，延长设备使用寿命；
- (2) 通过调整管式预热器投运模块数量，智能调整锅炉排烟温度。

5.应用案例

重庆旗能电铝有限公司 2×330 兆瓦燃煤机组空预器防堵节能改造项目，技术提供单位为东方电气集团东方锅炉股份有限公司。

(1) 用户用能情况：重庆旗能电铝有限公司 2 台 330 兆瓦燃煤机组为电解铝供电，锅炉实际排烟温度达到 150℃，每年有 7 个月需采用辅助蒸汽来加热空预器进口冷风防止腐蚀和堵塞；空预器堵塞严重，烟风阻力大。

(2) 实施内容及周期：采用新型锅炉烟风耦合回转式空预器节能技术对锅炉的回转式空预器进行改造。实施周期 2 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，锅炉排烟温度降至 120℃ 以下，空预器堵塞问题得以解决，锅炉效率提高 0.9%，发电量煤耗降低 3.1 克/千瓦时，综合节约标准煤 1.7 万吨/年，减

排 CO₂ 4.7 万吨/年。投资回收期 22 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 5%。可实现节约标准煤 15 万吨/年，减排 CO₂ 41.6 万吨/年。

（二）燃煤工业锅炉深度节能技术

1.技术适用范围

适用于燃煤工业锅炉节能技术改造。

2.技术原理及工艺

利用积灰机制，采用反冲刷方式自洁清灰，以控制烟气与受热面交换大小来实现恒定排烟温度和变功率，配合互联网远程监控，可实现智能控制、自洁清灰、恒温抗露、调变负荷、飞灰自燃、炉内除尘、在线智能播砂清扫，提高锅炉在线运行热效率。燃煤工业锅炉工艺路线如图 11 所示。

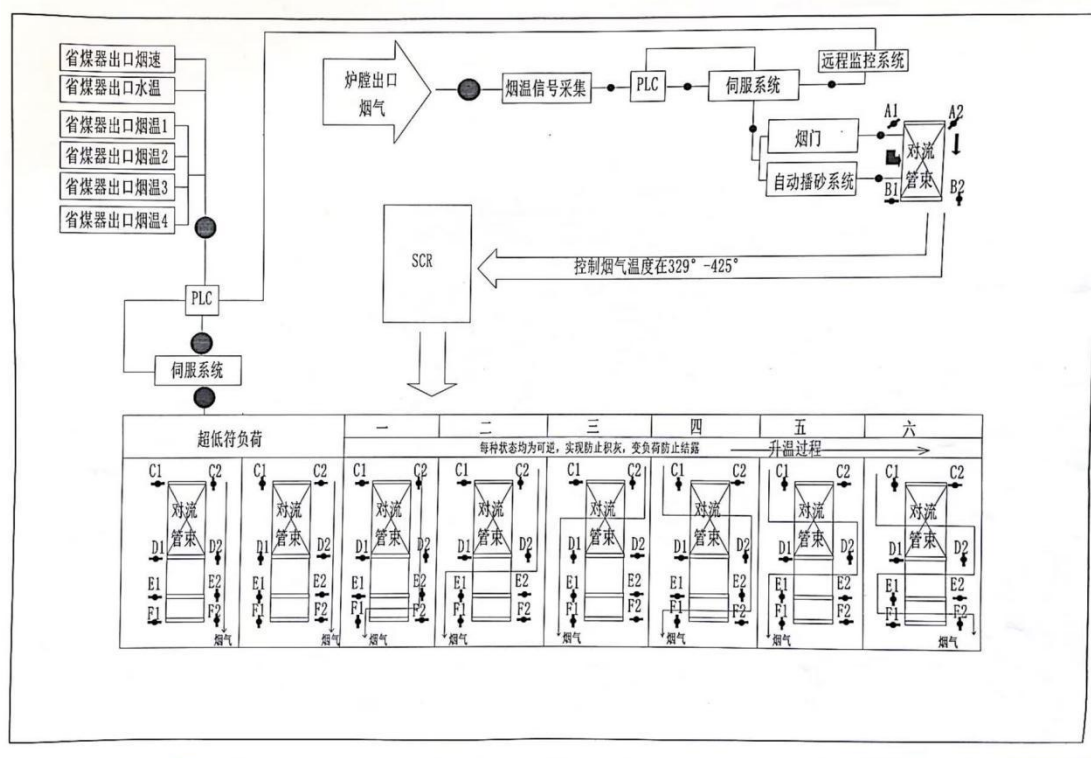


图 11 燃煤工业锅炉工艺路线图

3.技术指标

(1) 提高运行效率：层燃炉 4%~6%；室燃炉、循环流化床锅炉：2%~3%；

(2) 额定出口温度/进口温度：130℃/70℃。

4.技术功能特性

(1) 利用烟气流向积灰机制反积灰，烟气流依排烟温度变化随机换向，以反向冲刷方式达到全时在线自洁、自动式抗积灰；

(2) 自动随机控制烟气与受热面的交换大小来实现恒定排烟温度和变功率功能；

(3) 设置飞灰复燃机构使未燃碳重复燃烧，提高燃烧效率，解决低温控氮运行造成固定碳燃烧不尽等问题；

(4) 通过富燃料低燃烧温度、烟气分级、燃料分级技术，实现低氮氧化物达标排放，也可启动高温喷尿素功能实现超低排放。

5.应用案例

长春国信新城供热工程有限公司供热项目，技术提供单位为黑龙江新双锅锅炉有限公司。

(1) 用户用能情况：该项目为新建项目。

(2) 实施内容及周期：长春国信新城供热工程有限公司购买 2 台 DHL116-1.6/130/70-A II 型智能调载深度节能热水锅炉，为其承建的新城小区 320 万平方米建筑进行供热。实施周期 14 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：实施完成后，据测试，热效率可达 85.66%，比国家规定的同规格产品限定值高 5.66%，每

蒸吨可节约标准煤 6.4 千克/小时，同时可节约电能 0.1 千瓦时/小时。按照一个采暖季 4 个月，每年工作 2800 小时计算，折合节约标准煤 5963 吨/年，减排 CO₂ 1.7 万吨/年。投资回收期 4 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 16%。可实现节约标准煤 11 万吨/年，减排 CO₂ 30.5 万吨/年。

（三）基于吸收式热泵循环的锅炉低品位烟气余热深度回收技术

1.技术适用范围

适用于锅炉烟气余热回收系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

以热能（燃气、蒸汽或热水等）驱动吸收式溴化锂热泵产生低温水并送入烟气换热器，低温水经过烟气换热器回收大型锅炉排烟余热，回收热量送往热网，可有效回收锅炉排烟低品位余热。低品位烟气余热深度回收系统原理如图 12 所示。

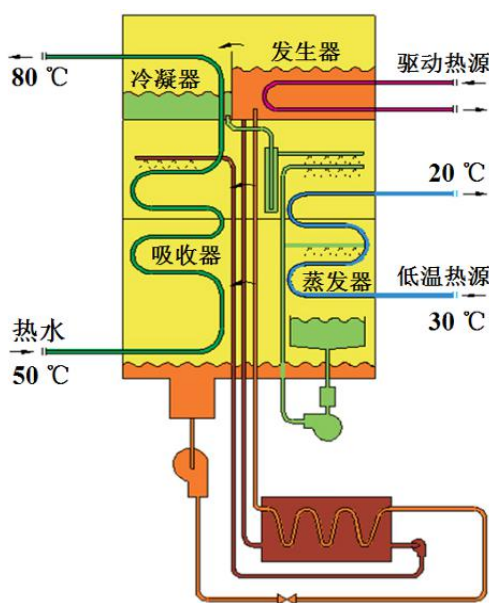


图 12 低品位烟气余热深度回收系统原理图

3.技术指标

（1）吸收式热泵：余热回收量 116~23260 千瓦，制热量 282~56489 千瓦；

（2）高效烟气换热板采用抗腐蚀材料和防腐涂层及组合可拆

式结构，烟气侧阻力损失小于 150 帕。

4.技术功能特性

(1)采用直燃型热泵技术将锅炉的排烟温度降温至30℃以下，燃气锅炉的平均热效率提高8%~15%；

(2)烟气冷凝过程中，烟气中的部分烟尘、NO_x和SO_x随冷凝水一起排出，SO₂降低20%~40%，NO_x的冷凝吸收率达10%~20%。

5.应用案例

北京市丰台区房屋经营管理中心供暖设备改造项目，技术提供单位为远大空调有限公司。

(1)用户用能情况：项目建筑面积 156 万平方米，安装了 4 台 29 兆瓦燃气热水锅炉。热网回水温度为 45~50℃，供水温度为 75~100℃。

(2)实施内容及周期：在 4 台燃气锅炉排烟口增加高效烟气换热器，新增一台 BDZ600-R1 型直燃热泵回收烟气热量。实施周期 36 天。

(3)节能减排效果及投资回收期：改造完成后，热泵机组运行 97 天总节能量为 1.8 万吉焦，约占总供热量的 6.9%。按运行一个完整采暖季计算，回收热量达 2.3 万吉焦，折合节约标准煤 785 吨/年，减排 CO₂ 2176.4 吨/年。投资回收期 3 年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 30%。可实现节约标准煤

33 万吨/年，减排 CO₂ 91.5 万吨/年。

（四）炉窑燃烧工艺优化节能技术

1.技术适用范围

适用于锅炉、窑炉、加热炉等各类炉窑燃烧系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

通过在靠近燃烧器端燃气管道表面安装特定纳米极化材料，形成“纳米超叠加极化场”，燃料分子经过“极化场”被赋予额外特定能量，在燃烧前就处于活跃的激发态，可有效减少燃料分子参与燃烧所需活化能，燃烧过程中此特定能量又可以转化为有效光能、热能，进一步提升热效率。炉窑燃烧工艺优化技术工作原理如图 13 所示。

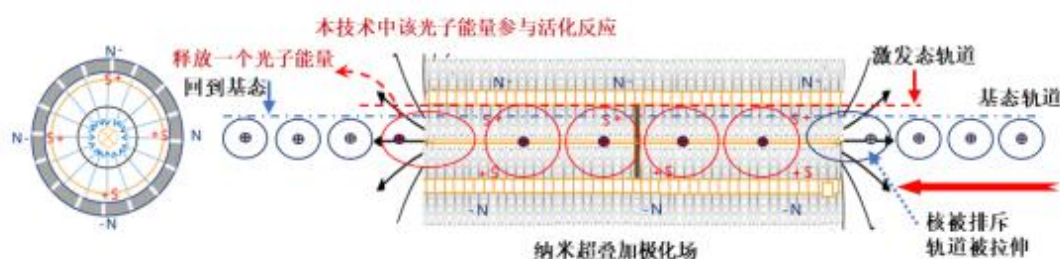


图 13 炉窑燃烧工艺优化技术工作原理图

3.技术指标

- （1）节能率： $\geq 4\%$ ；
- （2）材料使用寿命： > 5 年。

4.技术功能特性

- （1）由于激发态分子超有序体系排列的反应方式，可以在低

氮燃烧排放指标的基础上，实现 NO_x 生成率降低 $\geq 10\%$ ；

(2) 优化施工，不需停车、不影响生产、免维护；

(3) 无其它能源消耗，设备寿命长。

5.应用案例

广州风神汽车有限公司郑州分公司燃烧系统节能改造项目，
技术提供单位为河南鸿翼能源科技有限公司。

(1) 用户用能情况：涂装一车间、涂装二车间、树脂车间的加热炉共有 70 套燃烧器，均使用天然气，正常生产状态下，天然气消耗量约为 1200 万立方米/年。

(2) 实施内容及周期：对上述 70 套燃烧器进行燃烧工艺优化技术改造，在 70 套燃烧器近端的燃料气管线表面安装相匹配的纳米极化材料装置。实施周期 10 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，70 套燃烧器均能正常生产使用，相同生产工艺条件下，天然气消耗量为 1133 万立方米/年，可节约天然气 67 万立方米/年，折合节约标煤 891.1 吨/年，减排 CO_2 2470.6 吨/年。投资回收期 5 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 5%。可实现节约标准煤 30 万吨/年，减排 CO_2 83.2 万吨/年。

三、其他重点用能设备及系统节能提效技术

（一）快速换相开关三相不平衡治理技术

1.技术适用范围

适用于低压配电系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

在配电系统中增加主控器和若干换相器，采用主控器实时动态采集配电系统负荷电流，自动生成并发送最优配置指令，换相器接收主控器发出指令将单相负荷在三相之间切换，通过对单相负荷进行有载换相调度，有效地平衡变压器三相负荷，可大幅减少配电系统中变压器和线路损耗，切换过程不中断供电，不影响用户用电。快速换相开关三相不平衡治理技术原理如图 14 所示。

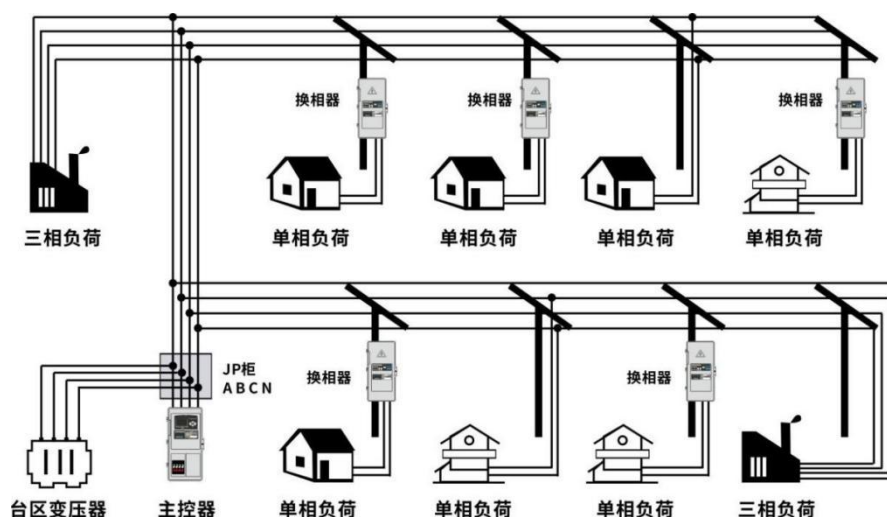


图 14 快速换相开关三相不平衡治理技术原理图

3.技术指标

（1）线损率平均降低 15%~25%；

- (2) 正常运行时，功率：<4 瓦；
- (3) 自动旁路时间：<1 秒；
- (4) 换相涌流：≤2 倍的额定电流；
- (5) 换相寿命：≥10 万次。

4.技术功能特性

(1) 对单相负荷进行有载换相调度，精准判定线路最不平衡位置，优先调整与线路不平衡度极值处最近的换相开关，解决低压配电网三相不平衡问题；

(2) 带载换相不中断供电、无电压跌落、无涌流，对敏感性负荷无影响，相间互锁，无相间短路风险；

(3) 自然换相，不产生电弧，换相结束后由永磁开关保持稳态，无损耗。

5.应用案例

广东惠州高损台区改造项目，技术提供单位为南方电网电力科技股份有限公司。

(1) 用户用能情况：惠州某 500 千伏安低压配变台区，三相不平衡度大于 30%。

(2) 实施内容及周期：应用快速换相三相不平衡治理技术对单相负荷进行调节。实施周期 7 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，据统计，台区线损率平均降低 15%~25%，年节约电量 1 万千瓦时，每年在

5000 个台区进行改造，可节约电量 5000 万千瓦时/年，折合节约标准煤 1.6 万吨/年，减排 CO₂ 4.4 万吨/年。投资回收期 2 年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 5%。可实现节约标准煤 11 万吨/年，减排 CO₂ 30.5 万吨/年。

（二）闭式冷却塔变频控制节能技术

1.技术适用范围

适用于冷却塔设备控制系统节能技术改造。

2.技术原理及工艺

采用温度传感器与压力变送器对闭式冷却塔的换热量变化进行数据采集，将数据传输到变频器，使用模糊算法，动态调节循环水泵、风机的频率，实时调整源头发热量与冷却塔的换热量之间的平衡，实现冷却塔运行效率最优化。闭式冷却塔变频控制工艺路线如图 15 所示。

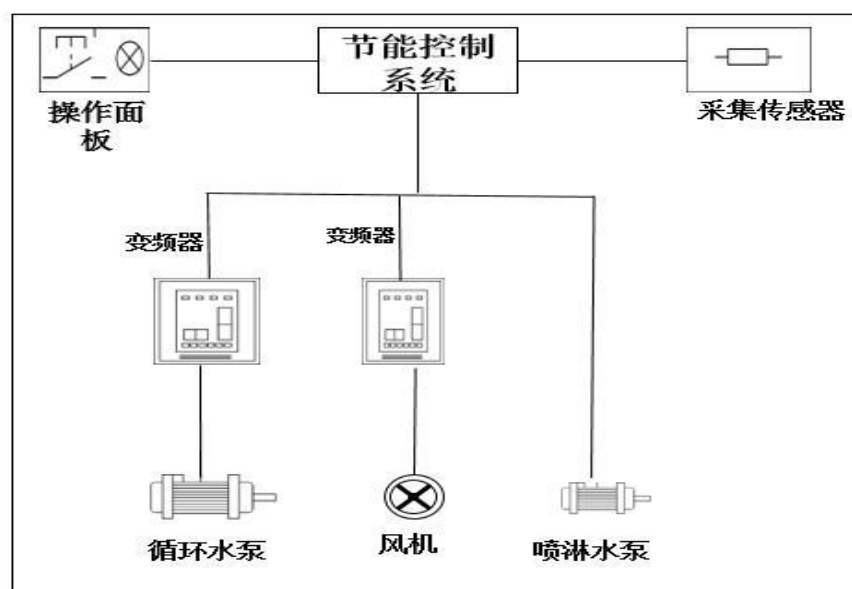


图 15 闭式冷却塔变频控制工艺路线图

3.技术指标

- （1）节电率： $\geq 29.1\%$;
- （2）冷却能力不低于名义冷却能力的 95%;

(3) 控制温度误差: $\leq \pm 2^{\circ}\text{C}$;

(4) 变频范围: $\leq$ 额定频率的 10%。

4.技术功能特性

(1) 通过增加变频节能控制, 能够根据负荷调整冷却输出;

(2) 可实时显示并设置闭水循环系统的水压、能耗、变频器频率及水泵工况和参数;

(3) 可实现对异常情况的预警, 并通过上位机、下位机及移动端进行推送报警。

5.应用案例

江苏某公司 33#轧机配套闭式冷却系统节能改造项目, 技术提供单位为无锡市科巨机械制造有限公司。

(1) 用户用能情况: 33#轧机配套闭式循环系统(KBL-40S-A) 配置电机, 全天 24 小时运行, 全年运行 300 天左右。

(2) 实施内容及周期: 对控制系统进行数字化变频节能改造。实施周期 1 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期: 改造完成后, 每台设备可节约电量 26.8 万千瓦时/年, 折合节约标准煤 83.1 吨/年, 减排 CO_2 230.4 吨/年。投资回收期 5 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 50%。可实现节约标准煤 9 万吨/年, 减排 CO_2 25 万吨/年。

（三）自调型能量回收技术

1.技术适用范围

适用于石化化工、钢铁等行业废水除盐工序节能技术改造。

2.技术原理及工艺

增压泵将次高压原水增压后送入反渗透膜组件，产生高压浓水返回至能量回收机，将高压原水补充进入产水循环系统，达到设定值后进入排液流程；补液泵通过周期性补液阀把低压原水送入能量回收机不同容腔，为产水流程预备；产水流程经过多个循环达到预定循环时间后，通过周期性排液阀将能量回收机容腔中无压浓盐水全部排出，为补液流程预备。自调型能量回收技术原理如图 16 所示。

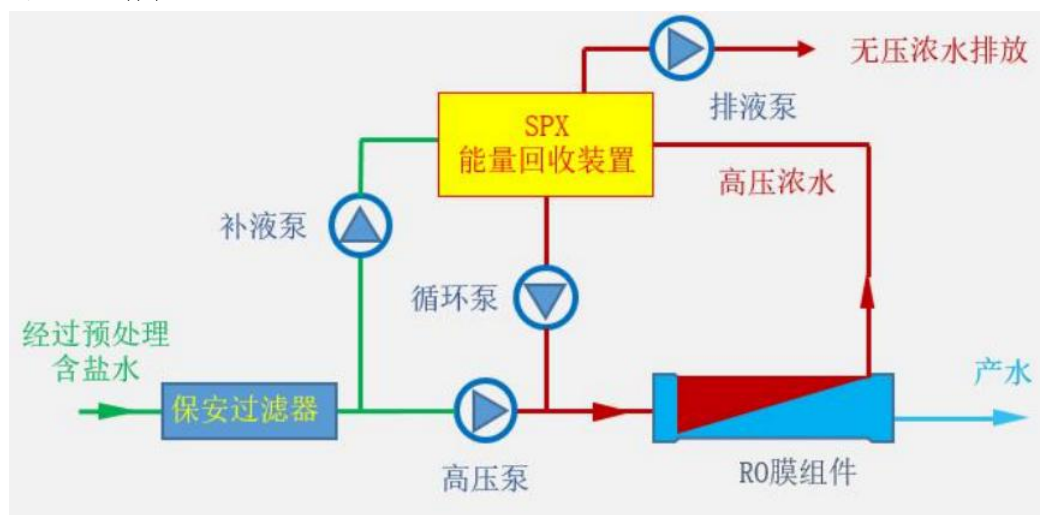


图 16 自调型能量回收技术原理图

3.技术指标

（1）节能率：20%~30%；

(2) 噪音: <60 分贝;

(3) 回收效率: 99%。

4.技术功能特性

(1) 适用范围广,可应用于海水淡化,工业废水高倍浓缩和高盐分盐等工艺;

(2) 内循环工作模式无需电机驱动,减少能耗。

5.应用案例

韶关北纺智造外排水中水回用项目,技术提供单位为上海瑜科环境工程有限公司。

(1) 用户用能情况: 韶关北纺智造外排水中水回用项目处理量 150 立方米/小时,处理污水耗电量为 8 千瓦时/立方米,耗电 960 万千瓦时/年。

(2) 实施内容及周期: 采用自调型能量回收技术处理废水,配备精密的泵阀系统和控制系统。实施周期 1 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期: 改造完成后,处理污水耗电量为 3.4 千瓦时/立方米,耗电量为 552 万千瓦时/年,节约电量为 408 万千瓦时/年,折合节约标准煤 1264.8 吨/年,减排 CO₂ 3506.7 吨/年。投资回收期 1.5 年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能减排能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 30%。可实现节约标准煤 9 万吨/年,减排 CO₂ 30 万吨/年。