《国家工业节能降碳技术应用指南与案例（2024 年版）》之十一：智慧能源管控技术

（一）智慧综合能源数字化管控平台应用技术

1.技术适用范围

适用于大型建筑综合能源监测与多能耦合优化调控系统。

2.技术原理及工艺

对企业内供配电、空调等系统进行智慧化改造，建立重点设备、产线、班组、车间、部门、厂区等分级计量、诊断评价、优化调控系统、网络通信系统及能源集中调度中心。通过能源可视化、运行监控、设备运维、资产管理、优化调度等功能，将人工智能算法和专家知识有机结合，实现对水、电、空压气、蒸气、冷、暖、污水等能源的统一调度。技术原理如图 1 所示。

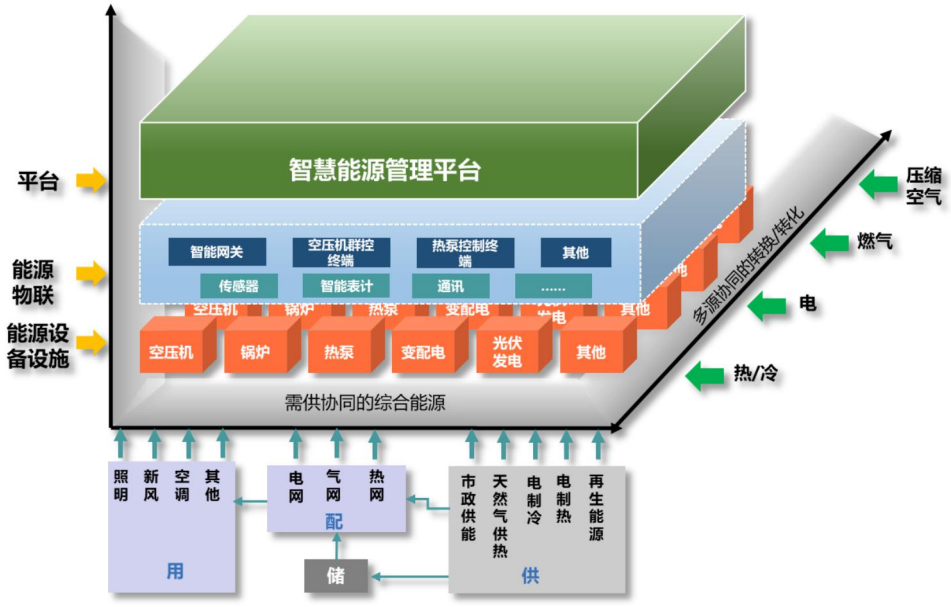


图1 技术原理图

3.技术功能特性及指标

（1）冷、热、电负荷滚动预测，精确度 90%~97.5%;

（2）“白盒+黑盒”建模方式，算法优化率提高 5%~20%，准确率提高 5%~15%。

4.应用案例

（1）项目基本情况:

技术提供单位为思安新能源股份有限公司，应用单位为陕西重型汽车有限公司。改造前厂区内仅有简单的能源计量系统，主要耗能种类为电力和天然气，年生产商用车 7.5 万辆，单位产品能耗为 376.3 千克标准煤/车。

（2）主要技术改造内容:

统一规划整合园区的设备设施、备品备件及维保管理体系和台账，改造供配电、空调、热力、空压、天然气、自来水、污水等企业能源系统。2020 年 11 月实施节能改造，实施周期 4 年。

（3）节能降碳效果及投资回收期:

改造完成后，单位产品能耗降低至 268.3 千克标准煤/车，实现节能量 8100 吨标准煤/年，二氧化碳减排量 21546 吨/年。投资额为 3000 万元，投资回收期为 3 年。

（二）软硬件一体化智慧空压站系统

1.技术适用范围

适用于工业空压系统。

2.技术原理及工艺

利用智能计算服务平台、边缘计算系统、流量需求控制系统，把控产气、输送和用气环节，实现产、输、用气各环节信息实时响应和基于空压系统全过程节能。采用最小二乘支持向量机和等功率变化率法，建立用气流量预测模型和空压机群策略，智能分配控制机间流量。合理配置高能效设备，统一调度系统管网，利用多功能算法，实时调节供气压力和流量。技术原理如图 2 所示。

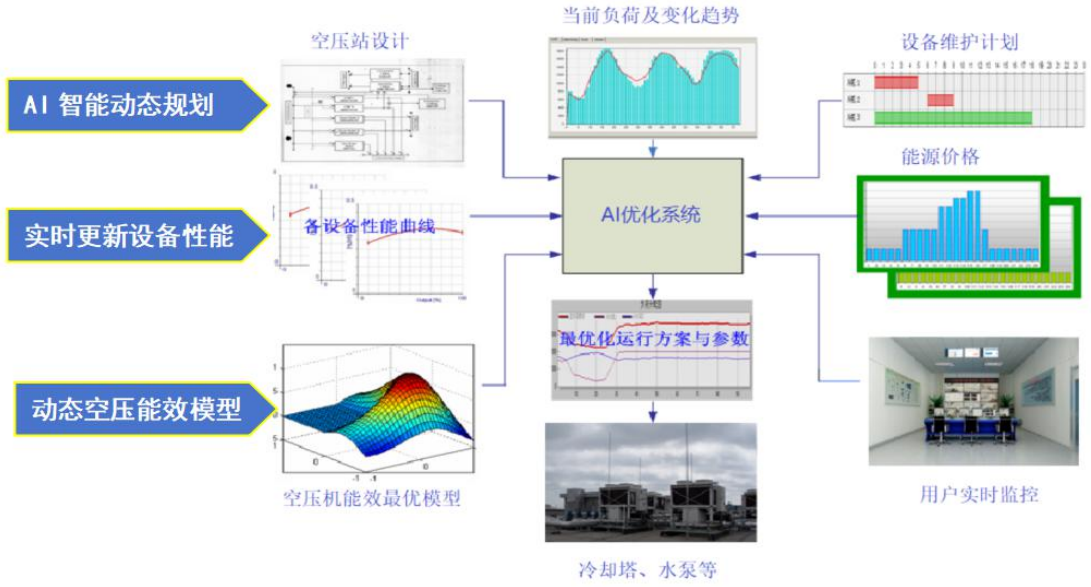


图2 技术原理图

3.技术功能特性及指标

（1）用气流量建模预测，用气需求预测精度≤5%;

（2）智能分配空压机负荷，产气端设备空载率下降 30%，能耗降低 5%~20%。

4.应用案例

（1）项目基本情况:

技术提供单位为山东嘉富能源科技有限公司，应用单位为江苏新时代造船有限公司。改造前空压站无智能化管控系统，主要耗能种类为电力，年制气规模 2.9 亿立方米，单位产品电耗为 0.147 千瓦时/立方米。

（2）主要技术改造内容:

导入云平台系统算法，配套高低压溢流系统，增设智能群控系统和管网调度系统，更换高能效离心式压缩机、螺杆式压缩机、高效低压损干燥机，适配恒流供气节能装置。2022 年 12 月实施节能改造，实施周期 160 天。

（3）节能降碳效果及投资回收期:

改造完成后，单位产品电耗降低至 0.114 千瓦时/立方米，实现节能量 2967 吨标准煤/年，二氧化碳减排量 7892 吨/年。投资额为 2255 万元，投资回收期为 3.8 年。

（三）智慧环保岛优化控制技术

1.技术适用范围

适用于燃煤机组烟气脱硝、除尘、脱硫设备。

2.技术原理及工艺

通过人工智能、大数据、数字孪生等技术，针对燃煤电厂除尘、脱硫、脱硝等烟气治理设备的运行特性，动态控制调整各设备运行状态，实现环保岛自动化运行，提升系统运行效率，采用工业级设备智慧控制和故障预警技术，在实现环保岛各设备稳定运行和烟气超低排放的同时，达到智能化运维。工艺装备布置如图 3 所示。

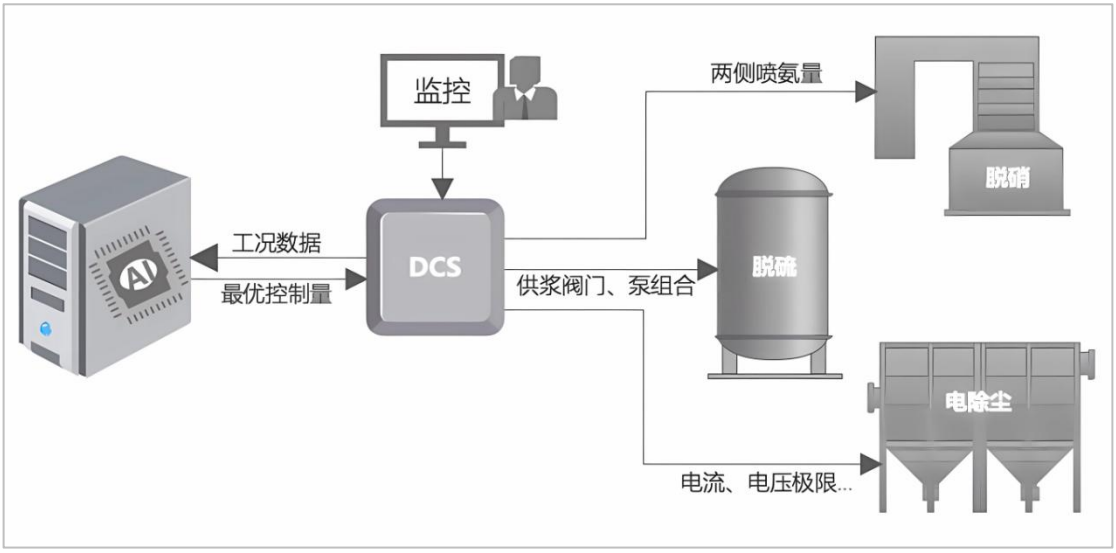


图3 工艺装备布置图

3.技术功能特性及指标

（1）智能控制脱硝喷氨量，脱硝还原剂（如尿素、液氨等）降耗率≥6%;

（2）智能控制供浆调阀，实现投运后脱硫供浆石灰石降耗率≥4%。

4.应用案例

（1）项目基本情况:

技术提供单位为福建龙净环保股份有限公司，应用单位为国家电投集团江西电力有限公司分宜发电厂。改造前燃煤机组环保岛设备采用人工或 PID 控制手段，主要耗能种类为煤炭，机组年发电总量 35 亿千瓦时，除尘设备耗能 486.5 万千瓦时/年，脱硫设备消耗石灰石物料 3.9 万吨/年。

（2）主要技术改造内容:

安装智能服务器、交换机、通信卡件等硬件设备，铺设线缆，DCS 组态开发，配置通信点位，在服务器内配置智慧环保岛优化控制系统。2021 年 10 月实施节能改造，实施周期 1 年。

（3）节能降碳效果及投资回收期:

改造完成后，除尘设备能耗降低至 322 万千瓦时/年，实现节能量 510 吨标准煤/年，二氧化碳减排量 1357 吨/年。脱硫设备减少石灰石消耗 2773.9 吨/年，二氧化碳减排量 1914 吨/年，合计二氧化碳减排量 3280 吨/年。投资额为 596 万元，投资回收期为 4 年。

（四）智慧互联网工厂级能源信息管理系统

1.技术适用范围

适用于工商业园区、企业能源管理系统。

2.技术原理及工艺

基于网格化的设计理念，以源储网荷备为最小能源单元，电压、电流、功率、电量为最小数据采集单元，采用分层分类层级结构设计，能够为配电房、空压站、冷媒站、污水站等场景实现现场管理、监测、预警，为系统用能提供全面实时监测、能耗数据可视化分析、数据可靠化管理等服务。系统架构如图 4 所示。

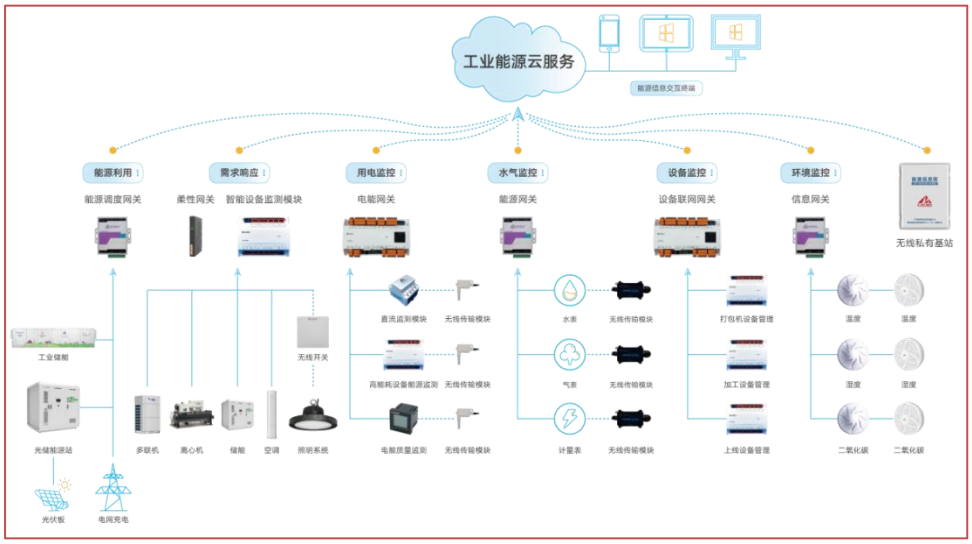


图4 系统架构图

3.技术功能特性及指标

（1）高精度实时采样，交直流计量精准度 0.5 级;

（2）系统用能特征分辨效率高，系统响应速度⩽2 秒。

4.应用案例

（1）项目基本情况:

技术提供单位为珠海格力电器股份有限公司，应用单位

为珠海凯邦电机制造有限公司。改造前用能设备采用人工操作，主要耗能种类为电力和天然气，年耗电量2000万千瓦时。

（2）主要技术改造内容:

在电力、用气、用水、储能等系统中设置检测点安装传感器，接入智慧互联网工厂级能源信息管理系统。2022年10月实施节能改造，实施周期6个月。

（3）节能降碳效果及投资回收期:

改造完成后，年耗电量降低至1980万千瓦时/年，实现节能量62吨标准煤/年，二氧化碳减排量165吨/年。投资额为55万元，投资回收期为3.3年。

（五）基于物联网的智慧能源可视化监控管理技术

1.技术适用范围

适用于工业企业、公共服务机构能源系统。

2.技术原理及工艺

基于物联网技术，通过对供配电设备的状态信号进行数据采集、存储、计算与分析，构建由感知层、传输层、存储层及应用层组成的可视化智慧能源管理平台，实现设备运维管理、能源监控、全景地图展示、趋势分析、在线组态、开关控制、设备监控及电子档案管理等相关功能，提升用户管理配用电系统的安全性，保障用能质量可靠性。系统架构如图 5 所示。

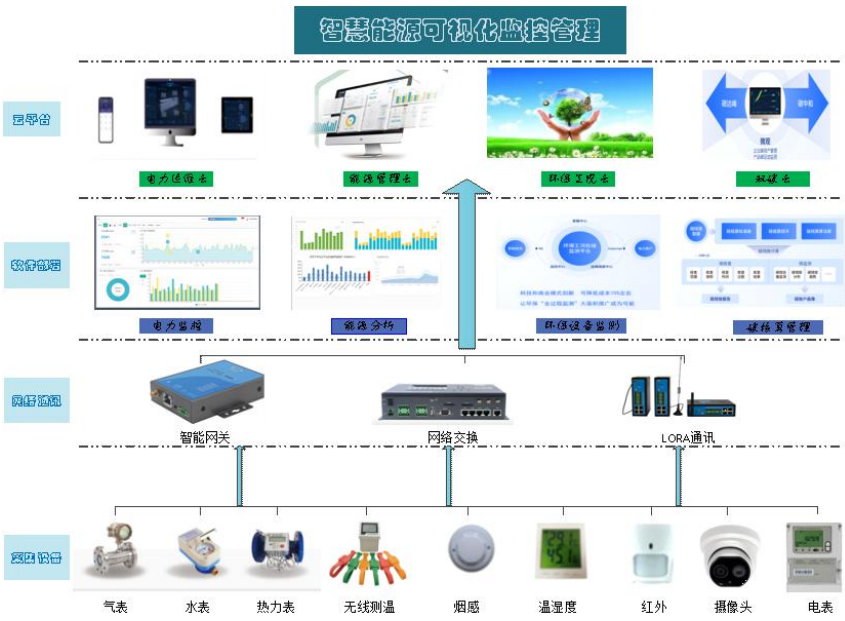


图5 系统架构图

3.技术功能特性及指标

（1）线上运维管理，能源消耗降低 3%，碳排放量降低 10%;

（2）物联网监控能源消耗及设备运维，减少运维人数50%。

4.应用案例

（1）项目基本情况:

技术提供单位为内蒙古成为电能服务有限公司，应用单位为清水河县（内蒙古）蒙西水泥有限公司。改造前采用经验法进行工序用能核算，主要耗能种类为煤炭、电力、柴油和天然气，年设计生产熟料150万吨，水泥200万吨，熟料单位能耗108.3千克标准煤/吨，水泥单位能耗84.3千克标准煤/吨。

（2）主要技术改造内容:

安装配电设备及用电设备安装带温度电能质量监测仪代替原机械电表，设置204个监测点，搭建智慧能源管理平台及智慧能源可视化监控管理平台。2018年5月实施节能改造，实施周期2个月。

（3）节能降碳效果及投资回收期:

改造完成后，熟料单位能耗降至104.2千克标准煤/吨，水泥单位能耗降至79.9千克标准煤/吨，实现节能量190吨标准煤/年，二氧化碳减排量506吨/年。投资额为40万元，投资回收期为2.5年。

（六）基于工业互联网的钢铁企业能源管控系统

1.技术适用范围

适用于钢铁等行业能源系统。

2.技术原理及工艺

采用“大数据+机理+算法”，对用能情况进行评价、平衡预测、耦合优化分析；通过与生产工艺、设备等物质流的数据共享、信息协同，建立能源流、物质流、碳素流的协同仿真系统，实现能源与钢铁主体生产的深度协同优化，提出能源综合优化方案，提高能源利用效率。系统功能架构如图6所示。



图6 系统功能架构图

3.技术功能特性及指标

（1）能流产耗预测精准，模型精度＞90%；

（2）动态检测调整各工序能源消耗异常，工序能耗平均降低0.15%。

4.应用案例

（1）项目基本情况：

技术提供单位为鞍钢集团自动化有限公司，应用单位为鞍钢股份鲅鱼圈分公司。改造前操作站所分散，能源管理系统与相关系统无数据共享，主要耗能种类为煤炭、煤气和电力，年生产钢 500 万吨，单位产品能耗为 568.8 千克标准煤/吨。

（2）主要技术改造内容:

改造基础设备，迁移、整合、升级自控系统，基于工业互联网平台搭建能源管控系统。2017 年 12 月实施节能改造，实施周期 1.3 年。

（3）节能降碳效果及投资回收期:

改造完成后，单位产品能耗降低至 558 千克标准煤/吨，实现节能量 5.4 万吨标准煤/年，二氧化碳减排量 14.4 万吨/年。投资额为 1.2 亿元，投资回收期为 2.8 年。

（七）基于物联网控制智慧照明数字化节能技术

1.技术适用范围

适用于道路照明系统。

2.技术原理及工艺

采用基于物联网通信的单灯控制器对智能路灯的运行参数进行采集并上传至物联网管理平台进行统计和分析，根据分析结果自动寻优，对单灯控制器进行控制，实现路灯远程智能运维。系统架构如图 7 所示。

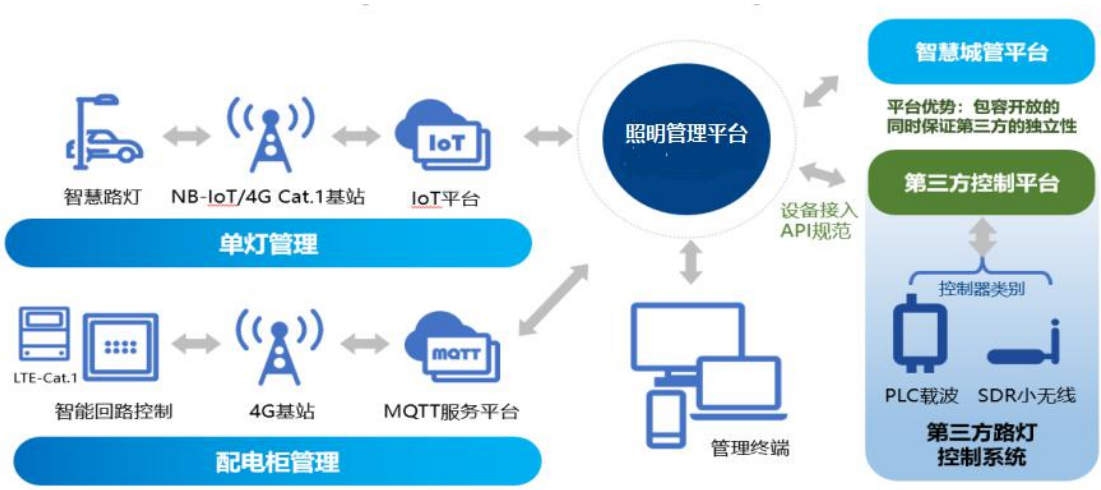


图7 系统架构图

3.技术功能特性及指标

（1）道路照明质量高，整灯光效达 140 流明/瓦；

（2）单灯控制器支持窄带物联网智能控制，管理平台设备上线率≥99.5%，报警准确率≥99.9%。

4.应用案例

（1）项目基本情况:

技术提供单位为苏州欧普照明有限公司，应用单位为苏州高新区（虎丘区）城市管理局（综合行政执法局）。改造

前苏州市高新区道路采用钠灯照明，主要耗能种类为电力，路灯总量 24890 盏，单路灯能耗为 1146.1 千瓦时/年。

（2）主要技术改造内容:

实施路灯 LED 改造，增加单灯控制器及部署控制系统。2020 年 5 月实施节能改造，实施周期 3 年。

（3）节能降碳效果及投资回收期:

改造完成后，单路灯能耗降低至 444.3 千瓦时/年，实现节能量 5433 吨标准煤/年，二氧化碳减排量 1.4 万吨/年。投资额为 7200 万元，投资回收期为 6.2 年。

（八）建材行业碳排放智能管理技术

1.技术适用范围

适用于建材行业碳排放管理系统。

2.技术原理及工艺

该技术采用物联网接入+实时计算的方法，实现工厂、产品和其他建筑的全生命周期的碳排放管理。为建材行业企业提供计划、运行、履约阶段的碳排计算模型和评估工具。技术原理如图 8 所示。

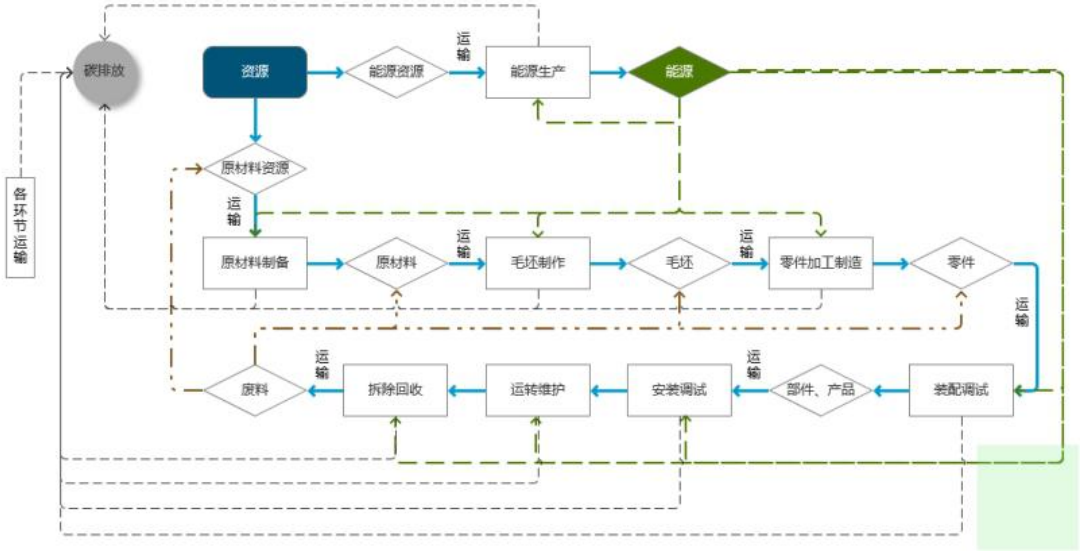


图8 技术原理图

3.技术功能特性及指标

（1）混合云架构提升计算速度，平均响应时间＜2 秒;

（2）平台基础数据库含碳排放因子库，基础数据＞2 万条。

4.应用案例

（1）项目基本情况:

技术提供单位为天津水泥工业设计研究院有限公司，应

用单位为浙江某水泥生产企业。改造前未使用碳排放计算评估工具，主要耗能种类为煤炭、电力和热力，日生产熟料 7500 吨，单位产品能耗为 106 千克标准煤/吨。

（2）主要技术改造内容:

建设碳排放智能管理系统，碳排放计算基础指标因子库，采用 SFP+的 10 G 光纤冗余连接网络，采取分解炉扩容、旋风筒降阻、烟室更换升级等方式改造产线。2021 年 3 月实施节能改造，实施周期 1 年。

（3）节能降碳效果及投资回收期:

改造完成后，单位产品能耗降低至 103.7 千克标准煤/吨，实现节能量 6296 吨标准煤/年，二氧化碳减排量 1.7 万吨/年。投资额为 1840 万元，投资回收期为 3.6 年。

（九）基于物联网的智能化暖通空调系统联控调优技术

1.技术适用范围

适用于暖通空调系统。

2.技术原理及工艺

该技术依托物联网、大数据、人工智能及现代控制理论，将空调技术、自控技术、物联网和人工智能技术相结合，实时采集用能设备能耗、冷却水蒸发、冷凝的温度和压力等参数，为空调系统提供能耗实时可视化、系统寻优、在线决策等功能。系统架构如图 9 所示。



图9 系统架构图

3.技术功能特性及指标

（1）全物联网化技术控制对冷源系统、末端系统，环境数据采样周期≤3 分钟，设备运行采样周期≤5 秒；

（2）本地控制和云计算交融，异常事件响应时间≤10

秒。

4.应用案例

（1）项目基本情况:

技术提供单位为广东塞安科技有限公司，应用单位为广州医科大学附属第一医院沿江院区。改造前医院 2 套中央空调系统主要由人工控制，主要耗能种类为电力，空调系统年耗电量约 506 万千瓦时。

（2）主要技术改造内容:

全面联网空调，配套加装传感器、控制器等设备，互联互通改造 2 套冷源系统，建设智能化暖通空调系统。2022 年 2 月实施节能改造，实施周期 3 个月。

（3）节能降碳效果及投资回收期:

改造完成后，空调系统年耗电量降低至 280 万千瓦时，实现节能量 700 吨标准煤/年，二氧化碳减排量 1862 吨/年。投资额为 450 万元，投资回收期为 3 年。

（十）暖通空调试验室节能关键技术

1.技术适用范围

适用于暖通空调试验用高精度恒温恒湿试验室。

2.技术原理及工艺

采用中央供冷制冷机组，实现在多个房间、水系统、复叠低温机组等多个负载的精确供冷和热回收调节。对房间温湿度供冷端协同调节，仅依靠冷端调节即可实现温度和湿度的精确控制。采用封装化智能控制和多输入多输出控制算法，实现工况控制智能化。采用超声波加湿替代传统电加湿，有效解决超声波加湿在极限高低温下的应用难题。技术原理如图 10 所示。

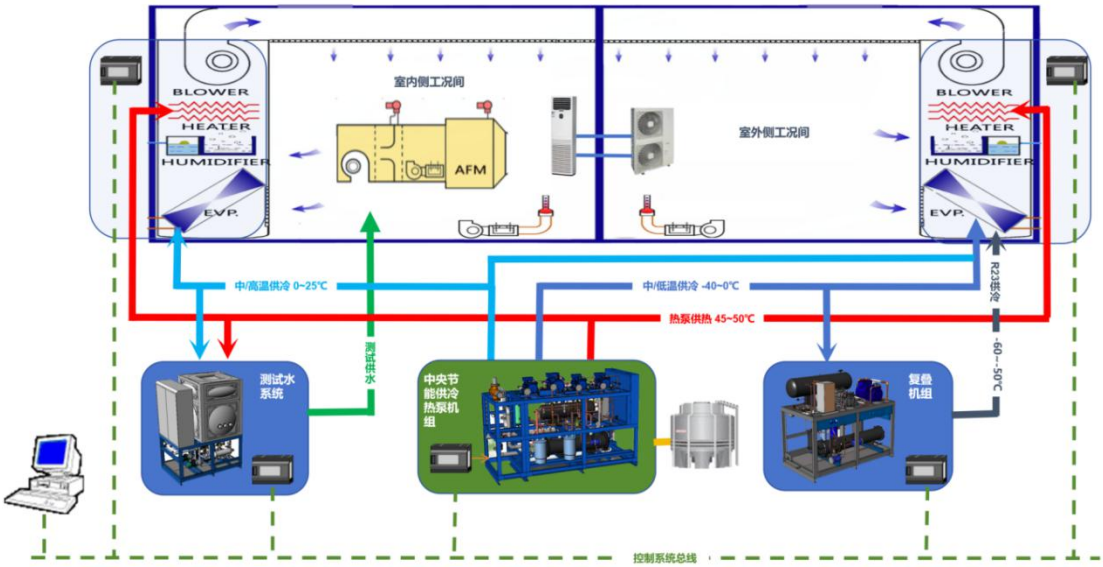


图10 技术原理图

3.技术功能特性及指标

（1）智能调节房间温湿度，设备运行节能率>40%;

（2）多负载共享集中冷（热）源，配电容量下降40%，冷却水需求量下降33%，机房占地面积减少30%。

4.应用案例

（1）项目基本情况:

技术提供单位为广州兰石技术开发有限公司，应用单位为山东某大型空调企业。改造前试验室采用内外分散式配置冷机组提供冗余制冷，电加热、蒸汽加湿补偿调节，主要耗能种类为电力和蒸汽，3 匹/5 匹空调焓差试验室 22 套，单套试验室平均能耗为 113.2 吨标准煤/年。

（2）主要技术改造内容:

安装集成中央冷源机组，更换空气处理机组，配套冷机、空气处理控制模块，新增超声波加湿设备，安装集成热管理智能控制算法的测试软件。2022 年 4 月实施节能改造，实施周期 3 个月。

（3）节能降碳效果及投资回收期:

改造完成后，单套试验室能耗降低至 52.3 吨标准煤/年，实现节能量 1340 吨标准煤/年，二氧化碳减排量 3564.4 吨/年。投资额为 840 万元，投资回收期为 3 年。

（十一）一种离网智慧工业照明技术

1.技术适用范围

适用于大型工业厂房。

2.技术原理及工艺

采用 N-LED 技术，搭载高效驱动及精确的过零检测，最大程度降低损耗，电源效率高达 95%。同时降低多芯片出光互相干涉，提高灯珠光效和可靠性。通过独特的智能组网技术，内置微波传感器+蓝牙通讯模块+微处理器+物理控制开关，可根据场景做出调整，实现功率可调、分组可控、按区域照明。技术原理如图 11 所示。

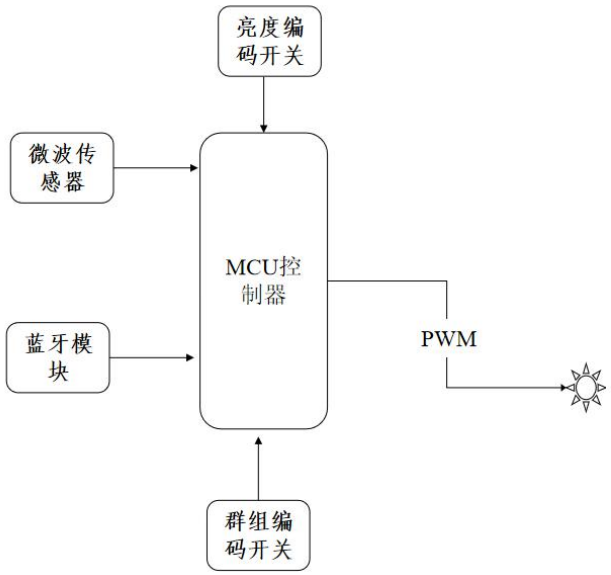


图11 技术原理图

3.技术功能特性及指标

（1）出光光学设计，整灯光效 225 流明/瓦;

（2）增加纳米银发射涂层，LED 灯珠出光效率 > 240 流明/瓦。

4.应用案例

（1）项目基本情况:

技术提供单位为厦门普为光电科技有限公司，应用单位为湖北达能食品饮料有限公司。改造前企业采用 LED 灯具照明，主要耗能种类为电力，灯具总数 8500 盏，单盏灯具年耗电量为 735 千瓦时。

（2）主要技术改造内容:

驱动电源改为 Boost 拓扑结构，安装亮度物理开关、组网物理开关、微波传感器、蓝牙通信模块和 MCU 控制器。2022 年 8 月实施节能改造，实施周期 3 个月。

（3）节能降碳效果及投资回收期:

改造完成后，单盏灯具年耗电量降低至 70 千瓦时，实现节能量 1752 吨标准煤/年，二氧化碳减排量 4661 吨/年。投资额为 650 万元，投资回收期为 2 年。