

# 智慧机电一体化在园区智能建筑中的运用与优化研究

杨 群 商静一

武汉烽火信息集成技术有限公司 湖北 武汉 430205

**摘 要:** 现代园区智能建筑机电系统把先进的传感技术、网络通信技术与人工智能算法整合起来,构建了一个涵盖暖通空调、照明、安防、给排水等多个子系统的统一管理平台,该技术体系凭借对建筑内部环境参数做实时监测及自动管控,实现了能源消耗的精准控制以及运维效率的明显提高。系统架构设计聚焦于模块化布局以及标准化接口配置,以保证不同品牌设备能无障碍对接并完成数据交互,能耗管理系统采用多维度数据分析与动态优化算法,推动了建筑整体能效水平的持续提升。

**关键词:** 智慧机电一体化; 园区智能建筑; 优化方案

**引言:** 智慧机电一体化技术将信息技术与传统机电系统深度融合,达成了设备间的相互联通及协同指挥,现今园区智能建筑的机电系统,一般存在设备独自运行、信息孤岛现象严重、能耗监测不精准的问题。其核心成因主要包括三点:一是前期园区建设中,机电设备采购缺乏统一规划,不同厂商设备的通信协议、接口标准不兼容;二是传统机电系统设计侧重点控制,未考虑多子系统协同需求,系统集成度低;三是运维管理模式滞后,缺乏统一的数据管控体系,无法实现各模块数据的联动分析。以构建统一的智慧化管控平台为途径,可以有效归拢各类机电设备资源,提升系统整体运行效率,达成建筑全生命周期智能化管理的既定目标。

## 1 智慧机电一体化系统架构设计

### 1.1 分层控制系统结构

具备智慧的机电一体化系统采用分层分布式控制架构,把整个系统划分成现场设备、网络通信、监控管理、决策优化四个层级,现场设备层有各类传感器、执行器以及智能终端设备,承担着采集建筑环境参数、执行控制指令的工作,网络通信层创建了有线及无线混合的通信网络,确保数据传输既稳定又实时。监控管理层把数据库服务器、人机界面以及应用软件集成起来,提供直观的操作界面和众多功能模块,决策优化层运用大数据分析 with 人工智能算法,深度分析系统运行的状态,进而制定优化策略<sup>[1]</sup>,系统架构设计遵循开放性原则,支持若干种通信协议与标准接口,能与不同厂商的设备产品兼容。采用现场总线技术应用实现设备间高效互联,Modbus、BACnet等工业标准协议让数据交换的可靠性得到保证,无线通信技术对有线网络覆盖不足的区域进行了补充,结合应用场景特点,灵活选择WiFi、Zigbee、LoRa等技术,部署边缘计算节点增强了系统的响应速度与处理能

力,在本地完成数据的预处理与简易决策任务。

### 1.2 集成化硬件平台

集成化硬件平台是智慧机电一体化系统的核心依托,采用模块化设计观念构建多功能复合型装备,主控制器有着强大的数据处理能力与丰富的I/O接口,有能力连接多种类别的传感器与执行机构,输入接口支持模拟量、数字量、脉冲量等多种样态的信号类型,输出接口给出开关量控制、模拟量调节、通讯数据发送等功能。硬件平台采用了内置的冗余设计及故障诊断机制,保证系统运行的稳定性和安全性,电源管理系统为整个硬件平台输送稳定可靠的电力,采取双路供电形式与不间断电源作备份,防雷保护电路有效阻挡雷电冲击对设备形成的损害,电磁兼容设计让外界干扰对系统正常工作的影响减小,环境适应性设计使硬件设备在恶劣条件下实现稳定运行,温度补偿算法降低了环境因素对测量精度的干扰,远程维护功能准许技术人员利用网络对设备做参数调整和故障排除,减少了现场维护工作量与成本支出。

### 1.3 软件系统集成框架

软件系统集成框架设立起统一的数据管理与业务逻辑处理平台,实现了多子系统彼此间的信息共享与协同管控,这一协同功能的实现核心依赖于适配园区智能建筑场景的中间件技术,具体选用CORBA、DCOM、WebService三类中间件协同部署——CORBA中间件负责跨平台设备数据交互,DCOM中间件保障本地子系统(如暖通、照明)的高效联动,WebService中间件支持远程运维与数据查询,通过三类中间件的协同作用,有效屏蔽了底层硬件差异,为上层应用提供了标准化的服务接口。数据库管理系统储备海量的运行数据与配置信息,支持运用结构化查询语言实施复杂的数据操作,同时为后续智能控制算法(如自适应控制、负荷预测)提供稳定的

数据支撑,实现“软件框架-数据管理-算法应用”的协同衔接。实时数据库与历史数据库组合在一起,达成不同应用场景下的数据访问需求<sup>[2]</sup>,开展应用程序开发时采用面向对象的设计方法,模块化代码结构利于功能的拓展与维护改良,用户权限管理机制对系统安全起到保障作用,各等级用户有相应的操作权限与数据访问范围,版本控制系统把软件的变更历史记录下来,支持回滚操作以处理意外情况。

## 2 智能控制策略与算法实现

### 2.1 自适应控制算法

自适应控制算法依照建筑负荷变动与环境条件起伏,即时调整控制参数以维系系统最佳运行状态,算法模型凭借建筑物热工特性建立数学描述,考虑围护结构传热、人员活动、设备发热量等因素产生的影响,神经网络算法借助学习能力可识别复杂的非线性关系,依靠训练样本不断优化控制规程。模糊逻辑控制器搭建多输入多输出的模糊规则库,输入的变量有温度偏差、偏差变化率以及室外温度等,隶属度函数采用三角形、梯形或高斯型,依靠自组织映射网络优化函数的形状,去模糊化可采用重心法或最大隶属度法,做到控制输出平滑连续。

### 2.2 负荷预测与调度优化

负荷预测技术凭借统计学方法和机器学习算法达成,准确预估建筑未来的能源需求与设备运转状态,不同算法的适用场景存在明确差异,具体区分如下:时间序列分析方法适用于短期负荷预测(预测周期1-7天),可精准捕捉日内、日间负荷波动规律,尤其适配园区办公楼、生产车间等负荷波动相对规律的场景,其核心通过季节性分解技术,把长期趋势、季节变化和随机波动各成分进行分离;回归分析(含多元线性回归模型)适用于中期负荷预测(预测周期1个月-3个月),可通过确立负荷与温度、湿度、人员密度等影响因子的定量联系,适配园区多业态混合(办公+商业+配套)的场景。调度优化算法全面考量设备启停成本、运行效率以及负荷匹配度,制定最合理的设备运行计划,遗传算法仿照生物进化进程去搜索全局最优解,实施交叉变异操作以增强种群多样性,粒子群优化算法仿照鸟群的觅食行为,个体、群体最优位置的更新推动算法实现收敛,动态规划手段把多阶段决策问题分解成单阶段子问题,逐步求解达成全局最优策略。

### 2.3 故障诊断与容错控制

故障诊断算法凭借分析系统运行数据的变动样式,及时发现设备的异常情形与潜在故障,统计过程控制技术设置控制界限与警告界限,监视关键参数的统计特征

是否超出正常界限,专家系统组合领域专家的知识跟经验,设定故障现象跟原因间的推理规则。贝叶斯网络阐释变量之间的概率依赖关系,评估不确定性对诊断结果的影响程度,结合某园区水泵机组故障诊断实证应用,采用贝叶斯网络构建故障诊断模型,其故障原因识别准确率较传统专家系统提升15%,可有效降低误诊断率,避免因故障误判导致的运维成本增加,验证了贝叶斯网络的实际应用效果。

## 3 系统优化与性能提升

### 3.1 能耗监测与节能控制

能耗监测系统采用的是物联网架构,凭借部署大量智能传感器节点搭建全方位的能源数据采集网,系统可支持多种通信协议,涉及Modbus、BACnet、KNX等标准接口,保证与各类设备达成无缝衔接,云计算平台展现强大的数据处理能力,采用大数据分析技术发掘能耗规律,查找节能的潜力。电流互感器采用的是高精度磁芯材料,在宽频率范围内保持稳定的性能,计量网络采用冗余性的设计,关键节点安排备用设备,维持系统连续工作,数据采用加密传输保障信息安全,防窃电功能守护公平计量,分项计量涉及照明插座、空调系统、动力设备、特殊用电等四大种类,各子系统均配备专用的计量装置,搭建起完整的能耗分类体系。节能控制策略把天气预报、电价信号、人员占用预测(原“occupancy预测”统一为中文)等多种信息整合起来,优化设备启动和停止的时间及运行参数,人工智能算法探究建筑热惯性及用户行为样式,做到精准预判调控。结合某省级工业园区智能办公园区实证案例,该园区在机电系统中部署变频调速系统后,在符合工艺要求的前提之下,使空调、水泵等电机在最适宜工作点运行,实际运行数据显示节电率可达28%-45%,平均节电率36%;配套安装的全热交换器,热回收效率稳定在65%-78%,平均热回收效率72%,较改造前空调系统能耗降低31%,验证了节能控制策略的实际应用效果。

### 3.2 设备健康管理与维护优化

设备健康管理系统搭建数字化孪生模型,虚拟设备跟物理设备做到实时同步,预估设备性能的退化走向。以某工业园区制冷机组健康管理项目为例,通过搭建制冷机组数字化孪生模型,实现了设备运行状态的实时监控与性能退化预判,故障提前预警准确率达到92%,维护成本较传统模式降低28%,验证了数字化孪生技术在设备健康管理中的应用价值。系统集成制造商提供的技术资料、维护手册、备件清单等齐全的技术文档,搭建设备知识资源仓库,区块链技术采用联盟链部署模式,适

配园区机电设备维护场景,其部署成本控制在项目机电系统总投入的3%~5%,兼顾安全性与经济性,同时保障维护记录不可被篡改,为设备价值的评估提供可靠依据。时域统计参数如均方根值、峭度系数、峰值因子等,展现整体振动水平,采用包络分析技术提取调制信号,早期识别轴承的微小缺陷,三维频谱图清楚显示振动特征随时间的变化趋势,红外热成像系统采用了高分辨率探

测器阵列,温度测量精度实现了 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 或读数的 $\pm 2\%$ 。热图像分析软件可自动找出热点位置,计算温度梯度与热流分布,在线监测系统连续对关键设备实施扫描,检测出温度渐进升高的趋向,图像融合技术把可见光图像与热图像叠加在一起,准确锁定发热的区域,数据库留存历史热图像序列,钻研设备热特性的演变规律<sup>[3]</sup>。如下图1所示,为三维频谱图。

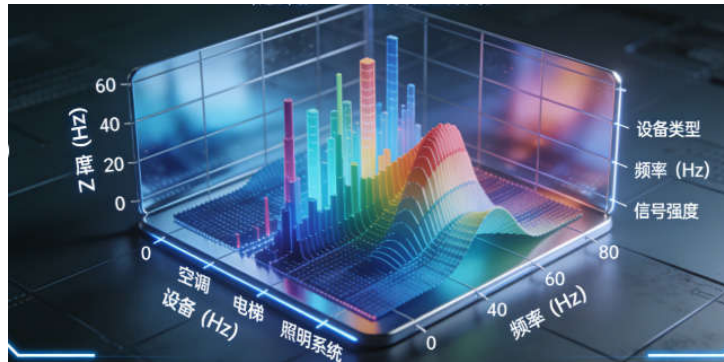


图1 园区智能建筑机电设备三维频谱图

### 3.3 用户体验与舒适度调节

用户体验优化系统采用生物节律的相关照明技术,仿照自然光色温的变化,调整人体的生理节律,动态照明控制系统根据时间、天气以及活动类型自动切换照明情景,可实现色温调节的LED灯具覆盖2700K到6500K范围,显色指数Ra大于90这个数值,保障色彩可靠地还原。不同区域分布着光照度传感器,实现对照明的均匀调控,眩光控制技术借助间接照明、遮光格栅等方式去除刺眼光线,空气质量管理系统组合了多种传感器,实时审视细颗粒物、有害气体、细菌病毒等污染指标情形,高效过滤系统采用初效、中效、高效这三个级别的过滤,过滤效率针对 $0.3\mu\text{m}$ 达到99.97%。紫外线杀菌装置去除空气中的病原微生物,负离子发生器改善空气清新度,新风量控制凭借 $\text{CO}_2$ 浓度反馈达成,既让空气质量得到保证,又防止过度通风引起能耗浪费,个性化环境控制系统支持用户借手机APP、语音助手、触摸面板等多种途径调节局部环境。系统开展对用户偏好模式的学习,自动执行常用设置,隐私保护机制守护个人数据的安全,采用权限分级管理防止误操作,多用户可利用群组协作功能协商

环境参数,防止设置冲突,智能窗帘系统结合太阳追踪算法,凭借太阳高度角、方位角计算出最佳遮阳角度。

### 结语

园区智能建筑引入智慧机电一体化技术,实现了建筑系统的高度集成及智能化管理,利用先进控制算法及优化策略,极大提高了建筑运行效率与用户体验质量,系统架构的模块化设计以及标准化接口带动了不同厂商设备的互联互通,为建筑智能化发展奠定了坚实基础。采用自适应控制算法与预测性维护技术,让运营成本降低,系统可靠性提升,能耗监测跟节能控制手段切实削减了建筑碳排放,合乎绿色建筑发展的理念。

### 参考文献

- [1]刘莉馨.智慧机电一体化在智能建筑中运用与探讨[J].智能建筑电气技术,2022,16(1):160-162.
- [2]苗政.智慧城市建筑机电工程技术的应用探讨[J].建筑电气,2025,44(4):62-64.
- [3]骆金海,左振.大型文旅建筑智慧化机电安装技术研究[J].现代建筑电气,2025,16(2):38-41,62.