

基于物联网的智慧办公园区节能管理系统技术架构研究

曾清湘

中南建筑设计院股份有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i11.5005

[摘要] 智慧办公园区作为城市能源消耗的重要载体,其机电设备能耗占比达40%–60%,是实现建筑节能减排的关键环节。针对传统园区设备节能管理中存在的运行粗放、数据孤岛、调控滞后等问题,本文系统研究了基于物联网技术的智慧办公园区节能管理系统架构。研究构建了“感知–传输–平台–应用”四层技术架构,明确了各层级的功能定位与技术实现路径;详细阐述了感知层设备选型部署策略、传输层混合组网方案、平台层智能分析算法以及应用层调控功能;并系统分析了三大核心用能系统的设备接口标准与数据采集要求。研究表明,基于物联网的园区节能管理系统需实现技术架构、设备接口与专业协作的有机融合,方能形成从“数据采集”到“智能调控”的完整闭环,达成可量化的节能效益。

[关键词] 办公园区; 节能管理; 物联网; 技术架构; 智慧办公园区

中图分类号: S210.4 **文献标识码:** A

Research on the Technical Architecture of the Energy-saving Management System for Smart Office Parks Based on the Internet of Things

Qingxiang Zeng

Central-South Architectural Design Institute Co., Ltd.(CSADI)

[Abstract] As major contributors to urban energy consumption, Smart Office Park account for 40%–60% of total energy use in their mechanical and electrical systems, making them a critical component in achieving energy conservation and emissions reduction in buildings. Addressing issues such as inefficient operations, data silos, and delayed control in traditional campus equipment energy management, this paper systematically investigates the architecture of an IoT-based energy management system for smart campuses. The study proposes a four-layer technical architecture comprising “sensing, transmission, platform, and application,” clarifying the functional roles and technical implementation paths for each layer. It details the equipment selection and deployment strategies for the sensing layer, the hybrid networking scheme for the transmission layer, the intelligent analysis algorithms for the platform layer, and the control functions for the application layer. Furthermore, it systematically analyzes the equipment interface standards and data collection requirements for the three major core energy-consuming systems. The study indicates that an IoT-based energy-saving management system for industrial parks must achieve the organic integration of technical architecture, device interfaces, and interdisciplinary collaboration to form a complete closed-loop process from “data collection” to “intelligent control,” thereby realizing quantifiable energy-saving benefits.

[Key words] Office Park; Energy Conservation Management; Internet of Things; Technical Architecture; Smart Office Park

引言

全球气候变暖的严峻形势正在倒逼各国重新审视能源消耗与碳排放的结构性矛盾。中国明确提出“2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和”的战略目标,建筑行业作为碳排放三大来源之一,其节能减排对于“双碳”目标的实现具有举足轻重的意义。办公园区因其体量庞大、设备密集、运行时间长的特点,

成为能源消耗的“大户”——典型办公建筑中,空调、照明、供水等系统的能耗总和可达总能耗的60%至80%。推进办公园区机电设备的精细化、智能化节能管理,既是现实的经济需求,也是响应国家绿色发展战略的应有之义。

传统办公园区的设备管理模式长期依赖人工经验与简单自动化系统,在节能管理方面暴露出的问题日益突出。空调系统运

行策略固化,缺乏对室内外环境变化、人员密度动态的实时响应能力,空调主机常以固定功率运行,风机盘管与新风系统依赖人工启停,“人走空调未关”、下班后空转等现象频繁发生。照明系统管理滞后,“长明灯”现象普遍存在,即使在白天或无人时段,灯具依然持续运行,无法根据自然光照度实现精细化调控。供水系统监管薄弱,管网跑冒滴漏难以及时发现,绿化灌溉、冷却塔补水等非生产性用水缺乏独立计量。更深层次的问题在于数据孤岛——空调、照明、供水等子系统独立建设、独立运行,各自形成“数据烟囱”,管理者无法在同一平台查看整体能耗状况,更难以分析不同系统间的关联性,系统级的协同优化无从谈起。

物联网技术的快速发展为破解上述困境提供了新的可能^[1]。通过在设备端部署各类智能传感器,可以实时采集关键设备的运行参数和能耗数据,将过去难以观测的“黑箱”变为数据清晰可读的“白箱”。借助多样化的通信技术,分布在不同区域、不同子系统的设备可以无缝接入同一网络平台,打通各系统间的数据壁垒。

云平台与人工智能算法系统具备了“学习”和“思考”的能力,可以识别能耗异常、预测未来负荷趋势、建立设备能效模型。更重要的是,通过平台与控制器的双向通信,优化后的控制策略可以直接下发并自动执行,形成一个“感知-分析-决策-执行-再感知”的持续优化循环。

本文聚焦办公园区机电设备节能管理,系统探讨基于物联网技术的智慧办公园区节能建设方案,阐述技术架构设计及应用,旨在为园区节能改造与智能化升级提供可参考的技术方案。

1 系统总体架构

基于物联网的智慧办公园区节能管理系统设计遵循分层解耦、标准开放、云边协同、安全可靠等原则。分层解耦将复杂系统分解为相对独立的层级,降低耦合度,便于设计、实施与维护;标准开放采用标准化的通信协议与数据接口,支持不同厂商、不同类型设备的互联互通;云边协同合理分配云端与边缘节点的计算任务^[2],在保证全局优化的同时满足局部实时控制需求;安全可靠构建多层次安全防护体系,确保系统稳定运行。

总体技术路线可概括为“一个目标、四个层次、三类设备、两个闭环”。一个目标是指实现智慧办公园区设备运行的安全、高效、低碳——安全是基础,高效是核心,低碳是愿景。四个层次采用分层架构设计,包括感知层、传输层、平台层、应用层,各层次间通过标准化接口实现数据互通与功能协同。三类设备聚焦三大核心用能系统:空调暖通系统、供配电系统、供水系统。两个闭环是指信息闭环与控制闭环——信息闭环解决能耗“看得见、看得清”的问题,控制闭环解决“管得住、管得好”的问题,两者相互嵌套、持续迭代,驱动系统从数据展示迈向优化控制,最终实现节能效益的自动生成与持续提升。

2 技术架构实现

2.1 感知层设计

感知层是系统的基础,通过在设备端部署各类传感器和智能仪表,实现运行参数和能耗数据的全面采集。

空调系统监测设备需覆盖冷热源设备、输配系统、空调末端及环境参数四个维度。冷热源设备方面,在冷水机组、热泵等主机安装多功能电力仪表监测实时功率和累积电能,安装进出水温度传感器监测供回水温度,安装压力传感器监测进出水压力,安装流量传感器精确测量水流量。输配系统方面,在水泵、风机处部署运行状态传感器、变频器频率反馈及功率监测模块。空调末端与环境监测方面,在风机盘管、空调箱及典型办公区域部署智能温控器监测室内温度、设定温度并控制水阀开度,部署室内空气质量传感器监测CO₂浓度用于按需控制新风量,室外部署温湿度传感器,室内外关键区域部署光照度传感器为系统优化调控提供参考。

供配电系统监测设备包括智能电表、智能断路器与智能插座、光照传感器。在办公园区总进线、各楼层配电箱、重点设备回路安装多功能电力仪表,采集电压、电流、功率、功率因数、电能等参数,支持分时计量功能。在末端照明回路、办公插座回路部署智能断路器或智能插座,实时监测回路电流、功率、电能并支持远程通断控制。在室内外关键区域部署光照传感器,用于联动照明控制,当室外照度充足时自动调暗或关闭靠窗区域照明。

供水系统监测设备包括远传水表、压力传感器和水质传感器。在总进水管路、各楼层分支管路、重点用水单元安装远传水表,实现远程抄收与实时监测,冷却塔补水、绿化用水等需单独安装水表计量。在供水管网关键节点安装压力传感器,监测管网压力变化,通过压力监测快速定位异常区域。对生活热水或特殊工艺用水,可按需部署水质传感器监测水质变化。

2.2 传输层设计

传输层承担着数据上行与指令下行的双重任务,鉴于设备类型多样、分布位置各异,“有线为主、无线补充”的混合组网策略成为现实选择。

有线通信方案适用于新建智慧办公园区或具备布线条件的场景。Modbus RTU/RS-485方案适用于电表、水表、传感器等设备的现场级通信,技术成熟、成本低廉、抗干扰能力强。对于已部署楼宇自控系统的智慧办公园区,通过BACnet MS/TP或BACnet/IP协议直接接入,可无缝集成现有系统数据。工业以太网采用TCP/IP协议,用于连接数据采集网关与平台层服务器,提供高带宽、高可靠性的数据传输通道。

无线通信方案适用于既有建筑改造或分散部署设备。LoRa技术适用于穿透性强、覆盖范围大的场景,适合电池供电的传感器,功耗极低,传感器可依靠电池供电数年。NB-IoT技术适用于广覆盖、低功耗场景,利用运营商网络,适合分散的水表、气表等设备,无需自建网关,部署简单。Wi-Fi与蓝牙技术适用于室内局部区域、对数据实时性要求较高且便于取电的场景,如智能温控器、智能插座。

边缘计算网关部署在感知层与平台层之间,承担协议转换、数据预处理、本地存储与本地控制功能^[3]。网关支持Modbus、BACnet、OPC UA等多种标准协议转换,将异构设备数据统一转换为标准格式后上传平台。在网络中断时具备数据缓存功能,网络恢复后自动补传,确保数据完整性。对实时性要求极高的控制任务,网关根据预设规则直接下发指令,实现毫秒级快速响应。

2.3 平台层设计

平台层是系统的“智慧中枢”,采用“云-边协同”架构,通过云平台的强大计算能力和边缘节点的实时响应能力,共同实现数据价值转化^[4]。

数据接入与存储方面,设备接入管理提供设备注册、认证、连接管理功能,采用MQTT等轻量级物联网协议保证高并发下的连接稳定性。时序数据库用于高效存储传感器采集的时序数据,支撑数百万数据点的并发写入;关系型数据库用于存储设备元数据、用户信息、告警规则、操作日志等结构化数据。

数据处理与分析方面,能耗分项计量利用内置拆分模型自动将总能耗拆分为照明插座用电、空调用电、动力用电等分项。能效指标计算自动计算空调系统能效比、单位建筑面积能耗、人均能耗等关键指标,并与行业标准或历史数据进行对比。同比环比分析将当前时段能耗数据与去年同期、上一时间段进行对比,快速识别异常波动。关联分析利用机器学习算法将能耗数据与气象数据、人员数据、节假日信息等进行关联分析,建立能耗影响因子模型。

智能算法模型包括负荷预测、设备健康评估、能效寻优和异常诊断等模型。负荷预测模型基于历史能耗、天气预报、节假日等多维数据,利用LSTM或XGBoost算法预测未来24小时冷热负荷和电力负荷。设备健康评估模型利用运行数据建立正常运行特征模型,当实时数据偏离基线时自动触发告警并诊断故障类型,实现预测性维护。能效寻优模型针对空调系统,利用强化学习或遗传算法动态寻找最优控制参数组合,使系统整体能效最优。异常诊断模型基于统计分析和机器学习算法,实时监测能耗参数,出现异常时自动告警并定位问题来源。

2.4 应用层设计

应用层将分析结果转化为可视化的运行曲线和图表,为智慧办公园区管理人员和运行人员提供决策依据。

能耗监测看板以三维可视化或仪表盘形式实时展示智慧办公园区整体能耗、单栋建筑能耗、重点设备能耗。通过BIM或3D GIS技术构建园区三维数字模型,将实时数据与模型中的对应设备绑定,运维人员可以点击任意模型查看设备详细信息、实时参数和历史曲线。多维数据仪表盘提供仪表盘、折线图、柱状图、

饼图、热力图等丰富图表组件,支持用户自定义看板。

智能调控策略包括分时分区控制、需求分析、削峰填谷和光照联动等功能。分时分区控制基于预设时间表和区域使用情况自动控制空调、照明的启停和设定值。需求分析基于CO₂浓度和人员存在传感器动态调节新风量和送风量,根据室内温度偏离设定值情况调节水阀开度和风机转速。削峰填谷结合峰谷电价策略,自动将高耗能设备调度至电价低谷时段运行。光照联动根据室外光照强度自动调节室内照明亮度,最大限度利用自然光。

移动端协同提供手机应用程序,支持管理人员远程查看能耗数据、接收告警信息、执行设备控制。核心功能包括关键能耗指标日报推送、实时告警推送、远程查看设备状态和参数、远程下发简单控制指令、工单接收与处理等,提升管理灵活性与响应速度。

3 结论

本文围绕智慧办公园区水电空调设备节能管理,从技术路线和系统架构进行了系统研究,得出以下结论。

第一,智慧办公园区设备节能管理应采用“感知-传输-平台-应用”四层技术架构。感知层通过传感器采集空调、供配电和供水系统运行参数。传输层采用有线与无线混合组网策略,部署边缘计算网关。平台层构建时序数据库和人工智能算法模型,实现数据分析和策略生成。应用层提供可视化监控和智能调控功能,形成完整技术体系。

第二,智慧办公园区设备节能管理的技术路线核心逻辑是形成“数据采集-监测-分析”的信息闭环和“分析-决策-控制”的控制闭环。通过感知层采集数据,经传输层汇聚至平台层,平台层利用算法识别节能机会,生成控制策略下发执行,最终形成持续优化的节能机制。

[参考文献]

- [1]林中斌.数字化物联网平台在能源管理系统中的应用[J].集成电路应用,2025,42(08):121-123.
- [2]王梓豪.智能建筑中基于物联网的能源管理系统研究[J].建筑,2026,(01):100-103.
- [3]陈清雷,许有志,陈晓彬.基于工业物联网的企业级能源采集管理系统构建研究[J].长江信息通信,2025,38(12):99-101.
- [4]杨恒.物联网医院能源管理平台设计与节能效果分析[J].现代信息科技,2026,10(02):171-176.

作者简介:

曾清湘(1991--),男,汉族,湖南邵阳人,本科,研究方向:建筑电气与智能化。