

建筑暖通系统智能化控制及运维管理模式探究

崔 东

榆林市科达建筑设计有限公司 陕西 榆林 710021

摘 要: 传统建筑暖通系统存在调控固化、能耗偏高、运维粗放、人工依赖度高的问题,难以适配现代绿色建筑发展需求。本文依托物联网、大数据及智能算法技术,搭建暖通系统智能化控制架构,设计精准调控与能耗优化策略,构建全流程智能化运维管理模式。同时剖析技术适配不足、改造成本高、运维体系不完善等现存问题,提出针对性优化对策,为建筑暖通智能化升级、节能降耗与高效运维提供参考。

关键词: 建筑暖通系统;智能化控制;运维管理模式

引言: 在绿色建筑与双碳发展背景下,建筑暖通系统作为建筑核心能耗单元,其运行管控与运维水平直接影响建筑节能效益与室内居住舒适度。传统暖通固定调控、被动运维的模式,存在能耗浪费、响应滞后、管理不规范等诸多弊端。为破解行业痛点,本文探究暖通系统智能化控制技术与新型运维模式,整合智能技术与数字化管理理念,探索高效、节能、标准化的暖通运行运维新路径,助力建筑暖通行业数字化转型。

1 建筑暖通系统智能化控制与运维相关理论及技术基础

1.1 建筑暖通系统基础概述

(1) 暖通系统核心组成主要包含制冷、采暖、通风及空气调节四大系统,各系统依托压缩机、换热器、风机、水泵等核心设备协同运行,通过热能交换、空气流通调控室内温湿度与空气质量,适配建筑室内环境舒适需求。(2) 传统暖通系统采用固定参数调控模式,运行参数设定后长期恒定,运维以被动式处理为主,整体依靠人工操作、人工巡检、手动调控完成日常运行,自动化、智能化水平极低。(3) 传统运行模式存在诸多核心弊端,固定参数运行无法适配环境动态变化,造成严重能耗浪费;人工调控与故障排查响应滞后,运维效率低下,同时缺乏统一管控标准,运维规范化、标准化程度不足。

1.2 智能化控制核心技术

(1) 物联网感知技术依托温湿度、压力、空气质量等各类传感器,实时采集暖通系统运行数据与室内环境数据,通过网络实现数据高速传输,为智能调控提供精准数据支撑。(2) 智能控制算法是核心调控手段,通过PID优化控制、遗传算法、粒子群算法及自适应调控算法,优化系统运行参数,实现暖通设备动态、精准化调节。(3) 大数据与AI分析技术可深度挖掘系统运行数据,

完成冷热负荷预测、运行参数动态优化,精准识别异常数据与运行隐患,提升系统调控的科学性。

1.3 智能化运维管理相关理论

(1) 全生命周期运维理论聚焦暖通设备全使用流程,对设备投入运行、日常维保、故障检修直至报废的全过程实施闭环管控。(2) 预测性运维理论依托实时运行数据分析,预判设备潜在故障、预测设备使用寿命,实现提前维保,规避设备突发故障。(3) 数字化协同管理理论依托数字化平台,实现多设备、多运行模块联动管控,构建人机协同运维模式,提升暖通系统运维整体效率与统筹性。

2 建筑暖通系统智能化控制体系设计

2.1 智能化控制系统总体架构

(1) 感知层为系统数据采集基础层级,主要包含温湿度、压力、流量、空气质量等智能传感器及数据采集终端。设备依据建筑暖通管路、机房设备与室内区域合理布设,实时采集设备运行参数、管路介质数据及室内环境指标,为系统智能调控提供精准、全面的原始数据支撑。(2) 网络层是系统数据传输核心枢纽,依托物联网、局域网及5G技术搭建一体化传输通道,承担感知层数据上传与应用层控制指令下行的双向交互工作。该层级具备低延迟、高稳定、强兼容的优势,可实现多终端数据同步传输,保障整套控制系统实时、稳定运行^[1]。(3) 应用层为系统核心执行层级,集成智能调控、实时监测、能耗分析、故障预警四大模块。依托底层采集数据,自动完成暖通参数调节、数据可视化展示、能耗统计及故障研判,实现暖通设备运行的自动化、数字化智能管控。

2.2 核心设备智能精准控制策略

(1) 冷热源设备智能控制针对冷水机组、热泵、冷却塔等核心设备,搭建联动控制逻辑,可根据环境负荷变化实现设备自动启停、机组组合切换,并通过自适应

算法动态调节运行参数,避免设备固定工况运行造成的能耗浪费,保障冷热源系统高效稳定输出。(2)风、水系统智能调控以变频控制技术为核心,依据实时负荷自动调节风机、水泵运行频率,动态优化管路流量、供水压力等关键参数,解决传统系统恒速运行、参数固定的问题,实现风、水系统输送效率最大化,降低输配能耗。(3)分区自适应控制结合建筑功能分区差异,针对办公区、休息区、公共区域等不同场景,结合人员密度、室内温湿度、新风质量等参数,实施差异化、分区化智能调控,匹配不同区域的环境需求,兼顾舒适性与节能性。

2.3 运行能耗智能优化控制

(1)负荷动态预测依托大数据算法,整合季节更替、天气温湿度、人员活动规律、建筑围护结构散热等多重影响因素,构建暖通负荷智能预判模型,提前研判冷热负荷需求,为系统提前调控、精准供能提供依据。(2)多目标优化控制摒弃单一调控模式,以室内环境舒适度、设备运行安全稳定性、整体节能降耗为核心目标,多维度优化系统运行参数,平衡使用体验、设备寿命与能耗控制三者之间的关系,实现综合效益最优。(3)错峰节能控制结合电网峰谷电价及负荷时段特性,制定暖通系统分时运行策略,在用电高峰时段降低高能耗设备负荷、调整运行模式,低谷时段补足储能与供能需求,有效降低建筑运行用电成本,缓解电网负荷压力^[2]。

2.4 智能控制系统优势对比分析

(1)控制精度方面,传统人工控制依赖经验手动调节,参数误差大、稳定性差。智能控制系统依托传感器实时采集数据与算法精准调控,可实现温湿度、流量、压力等参数的精细化微调,大幅提升暖通系统控制精度与环境稳定性。(2)能耗效益方面,传统模式固定参数运行极易造成无效能耗。智能化系统可根据负荷动态调节设备工况,杜绝过度供能、无效运行等问题,持续降低暖通系统整体能耗,具备显著的节能效益与经济价值。(3)响应效率方面,传统人工排查故障、调节参数存在严重滞后。智能系统可实时捕捉运行异常,自动触发故障预警并快速完成参数自适应修正,大幅提升系统响应时效性,减少人工干预滞后带来的运行隐患。

3 建筑暖通系统智能化运维管理模式构建

3.1 传统运维管理模式及现存问题

(1)建筑暖通传统运维以被动式管理为核心,普遍采用事后维修、定期人工巡检、纸质台账记录的管理方式。多在设备出现明显故障后开展维修,依靠固定巡检排查隐患,运维与维保数据均由人工记录整理,整体模式滞后性突出,缺乏运维主动性与前瞻性。(2)人员管

理存在明显短板,基层运维人员智能化专业素养偏低,仅掌握基础人工操作技能,对新型智能暖通设备认知不足。同时现场作业无统一规范,操作随意性强,且岗位权责划分模糊,设备故障及运维问题易出现推诿、追责难的现象。(3)设备管理体系较为粗放,无法实时监测设备运行状态,难以提前排查潜在隐患。人工排查易出现漏判、误判,导致小故障升级为重大设备损坏,且固定周期维保缺乏针对性,易出现过度维保或维保不到位问题,造成人力、物资等维保资源严重浪费。

3.2 智能化运维管理模式总体框架

(1)数字化台账管理是智能运维的基础,对暖通设备基础参数、实时运行数据、历次维保记录、故障处理信息进行统一数字化归档。台账可随设备运行状态动态更新,替代传统纸质记录,实现设备全周期信息可查、可溯、可统计,为运维决策提供数据支撑。(2)智能巡检管理依托数字化平台替代人工巡检模式,通过系统线上自动巡检结合现场定点智能核查的方式,全天候监测设备运行状态。系统可自动捕捉异常运行数据并完成标记预警,减少人工巡检盲区,提升巡检效率与隐患排查精准度^[3]。(3)构建全流程闭环运维管理体系,形成故障预警、隐患排查、设备维修、后期复盘、策略优化的完整管理链路。通过全流程闭环管控,解决传统运维碎片化、无复盘、无优化的问题,持续优化暖通系统运维管理水平。

3.3 核心智能化运维管理模块设计

(1)故障智能预警与诊断模块依托海量运行数据,通过智能算法实时识别设备运行异常,精准定位故障设备与故障点位,自动分析故障成因与影响范围,改变传统人工盲目排查的模式,大幅缩短故障处理时长。(2)预测性维保管理模块可实时评估设备健康运行状态,结合设备运行年限、工况数据预测剩余使用寿命,根据设备损耗情况智能规划差异化维保周期与维保方案,替代固定周期维保,实现按需维保、精准维保。(3)能耗运维管控模块能够实时监测暖通系统整体能耗与分项能耗数据,针对能耗异常波动进行溯源分析,精准定位能耗浪费点位。同时结合运行工况自动推送适配的节能运维方案,实现设备运维与节能管控一体化。

3.4 智能化运维管理保障体系

(1)人员保障方面,针对智能化运维需求开展专项技能培训,提升运维人员智能系统操作、数据研判、故障处理能力。同时优化岗位职能配置,明确各岗位运维职责,打造专业化、复合型运维人才队伍。(2)制度保障层面,结合智能运维体系特点,制定适配的运维管理

制度、标准化操作流程与人员考核评价标准,规范日常巡检、维保、故障处理等各项工作,保障运维工作规范化、标准化开展。(3)技术保障为系统稳定运行提供支撑,定期开展智能控制系统升级迭代,强化后台数据安全防护,防止数据丢失与泄露。同时常态化开展传感设备、控制终端校准维护,保障数据采集精准与系统稳定运行。

4 建筑暖通系统智能化控制与运维应用问题及优化对策

4.1 智能化技术落地应用现存问题

(1)技术适配性不足。老旧建筑暖通设备型号陈旧、自动化水平偏低,设备接口与新型智能控制系统不兼容,软硬件适配效果较差。同时,智能调控算法难以匹配老旧设备的运行工况,导致智能化改造无法全面落地,多项智能调控功能难以有效启用,制约改造整体成效。(2)综合改造成本偏高。暖通智能化改造需投入大量资金用于智能传感设备采购、控制平台搭建及现场施工,前期投入压力大。此外,系统后期功能升级、设备校准、故障检修等会产生持续运维费用,高额综合成本严重制约暖通智能化技术的普及落地。(3)系统运行稳定性不足。暖通设备品类繁杂、运行工况复杂,多设备联动易产生信号干扰。同时数据传输存在延迟、丢包等问题,系统容错能力较弱,极端工况下易出现调控偏差,大幅影响系统控制精度与整体运行稳定性。

4.2 运维管理实施过程突出难题

(1)人机协同适配度不足,传统运维人员长期依赖人工操作模式,缺乏智能化系统操作与数据分析能力,专业技能难以适配智能运维需求。多数建筑智能控制系统仅实现基础监测功能,系统深层调控、数据分析功能利用率极低。(2)智能化运维管理体系尚不健全,现阶段缺乏标准化的智能运维作业流程,巡检、维保、故障处置工作较为随意。同时配套的人员考核、运行监管机制不完善,无法有效约束运维行为,导致智能化运维管理流于形式。(3)数据资源利用率较低,智能系统可采集海量的设备运行、环境参数、能耗数据,但多数项目仅实现数据存储,未开展深度挖掘与分析。数据无法有

效应用于负荷预测、故障预判与节能优化,难以发挥数据赋能运维升级的核心价值^[4]。

4.3 全方位优化改进对策

(1)技术层面实行分场景适配改造,针对老旧建筑设备现状开展针对性改造与适配调试,优化系统算法模型,提升多设备联动协调性。同时强化数据传输模块建设,提升系统容错能力与整体兼容性,保障智能系统稳定适配各类建筑场景。(2)采用科学化成本管控模式,推行分期分批改造方案,优先改造核心耗能设备,采用模块化系统搭建模式降低前期投入。同时实施精细化运维管理,减少无效维保与设备损耗,从改造与运维双维度降低系统综合投入成本^[5]。(3)完善智能化运维管理体系,制定标准化运维流程与考核监管制度,规范运维工作标准。定期开展人员智能化技能培训,提升人机协同作业能力。搭建数据赋能运维机制,深度挖掘运行数据价值,实现数据驱动暖通运维精准优化。

结束语

本文系统探究了建筑暖通系统智能化控制体系与运维管理新模式,明确了智能技术在暖通精准调控、节能降耗、隐患排查中的核心价值,梳理了当前技术落地与运维实施的各类难题。通过提出技术适配改造、成本科学管控、运维体系完善等优化策略,有效解决传统暖通运行管理短板。未来仍需持续迭代智能算法、完善人机协同机制,持续提升暖通系统智能化、节能化、规范化运维水平。

参考文献

- [1]江志彬.基于BIM+IoT的高效空调机房改造设计与节能运维策略[J].土木工程信息技术,2025,17(6):112-118.
- [2]丁晓颖,王丹.基于大数据的空调系统优化控制技术研究进展[J].建模与仿真,2025,14(10):248-262.
- [3]李洋.基于改进MPC算法的建筑暖通系统智能节能控制研究[J].建筑科学,2024,40(3):156-162.
- [4]陈雨桐.智慧建筑背景下暖通设备预测性运维管理模式构建[J].暖通空调,2023,53(8):89-94.
- [5]赵鑫.人工智能技术在建筑暖通空调智能调控中的应用与实践[J].建筑节能,2022,50(11):78-83.