

# 低碳理念下大型公共建筑暖通系统运行管理与节能方案

赵晓娜

河南钢铁集团安阳钢铁股份有限公司

DOI:10.32629/bd.v9i6.4563

**[摘要]** 大型公共建筑能耗高、碳排放量大,暖通系统作为主要用能系统,节能潜力巨大。本文分析大型公共建筑暖通系统运行管理现状及存在问题,从冷热源、输送、末端及可再生能源利用四个维度提出节能技术方案,并围绕运行管理模式优化、设备维护管理、能源监测体系完善、人员节能意识提升等方面构建运行管理节能方案。研究表明,通过技术与管理双轮驱动,可有效降低暖通系统能耗,助力实现建筑领域碳达峰碳中和目标,为大型公共建筑低碳运行提供实践指导。

**[关键词]** 低碳理念; 大型公共建筑; 暖通系统; 运行管理; 节能方案

中图分类号: TU83 文献标识码: A

## Operation Management and Energy-Saving Solutions for HVAC Systems in Large Public Buildings Under the Low-Carbon Concept

Xiaona Zhao

Henan Iron and Steel Group Anyang Iron and Steel Co., Ltd.

**[Abstract]** Large public buildings have high energy consumption and large carbon emissions. As the main energy-consuming system, HVAC systems have enormous energy-saving potential. This paper analyzes the current operation management status and existing problems of HVAC systems in large public buildings. Energy-saving technical solutions are proposed from four dimensions: cold and heat sources, transmission, terminals, and renewable energy utilization. Operation management energy-saving solutions are constructed around optimization of operation management modes, equipment maintenance management, improvement of energy monitoring systems, and enhancement of personnel energy-saving awareness. Research shows that through the dual drive of technology and management, HVAC system energy consumption can be effectively reduced, contributing to the achievement of carbon peak and carbon neutrality goals in the building sector, and providing practical guidance for the low-carbon operation of large public buildings.

**[Key words]** low-carbon concept; large public building; HVAC system; operation management; energy-saving solution

### 引言

随着我国城镇化进程加快,大型公共建筑面积快速增长,建筑能耗占全社会总能耗比重较大,其中暖通系统能耗占比尤为突出。在碳达峰碳中和战略背景下,大型公共建筑暖通系统节能降碳已成为亟待解决的重要课题。当前,大型公共建筑暖通系统普遍存在设计负荷偏大、运行策略粗放、维护管理不到位、自控系统功能未充分发挥等问题,导致能源浪费严重。本文立足低碳理念,系统分析大型公共建筑暖通系统运行管理现状与问题,从技术与管理两个层面提出节能优化方案,旨在为降低建筑碳排放、提升运行能效提供参考。

### 1 大型公共建筑暖通系统概述

大型公共建筑主要包括办公楼、商场、医院、学校、交通

枢纽、文体场馆等类型,具有建筑面积大、人员密度高、功能分区复杂、用能强度高显著特点。这类建筑通常对室内环境舒适度要求较高,暖通系统的运行质量和能耗水平直接影响建筑的使用功能和运营成本。

暖通系统是保障室内环境舒适度的核心系统,通常由冷热源系统、输配系统、末端设备及自动控制系统四大部分有机组成。冷热源系统是暖通系统的能量核心,包括冷水机组、锅炉、热泵等设备,负责产生空调所需的冷量或热量。输配系统承担能量输送任务,由冷冻水泵、冷却水泵、空调风机等设备构成,将冷热量从源侧输送至用户侧。末端设备是能量释放的最终环节,包括空调箱、风机盘管等,负责与室内环境进行热交换,调节室内温湿度。自动控制系统则如同暖通系统的神经

中枢,负责协调各设备运行状态与参数调节,确保系统高效稳定运行<sup>[1]</sup>。

在大型公共建筑的总能耗构成中,暖通系统能耗占比相当可观,其中冷热源系统能耗占比最大,输配系统次之,末端设备相对较低。不同功能类型的建筑能耗构成存在明显差异,医院、数据中心等对温湿度控制要求严格的特殊建筑,其暖通系统能耗水平更高。因此,暖通系统节能是建筑节能的重点领域,也是实现建筑低碳运行的关键环节,具有重要的研究价值和实践意义。

## 2 大型公共建筑暖通系统运行管理现状与问题分析

### 2.1 运行管理模式与机制

当前大型公共建筑暖通系统运行管理主要采用物业自管、外包服务或混合管理模式。物业自管模式下,管理团队隶属于业主单位,便于协调但专业技术能力有限;外包服务模式下,由专业公司负责运行维护,技术力量较强但成本较高;混合模式结合两者特点。管理机制方面,多数建筑建立了基本运行制度,但普遍存在精细化程度不足的问题。运行策略多为固定时间启停、恒定温度设定,缺乏根据实际负荷的动态调节。分时分区控制落实不到位,非工作时段设备空转现象普遍。节能考核激励机制缺失,运行人员节能动力不足。管理权责不清、部门协调不畅也是常见问题。

### 2.2 设备运行状况与维护管理

大型公共建筑暖通设备选型普遍偏大,设计冗余系数较高,导致设备长期在部分负荷下低效运行。水泵、风机定频运行现象普遍,即使配备变频器也常因未正确设置而失效。设备老化问题突出,运行年限增长后能效明显衰减,换热器结垢导致换热效率下降。维护管理方面,预防性维护计划缺失,多数采用故障后维修模式。定期清洗保养制度执行不到位,冷凝器、蒸发器结垢、过滤网堵塞等问题普遍存在。设备性能检测与评估工作滞后,能效下降难以及时发现。备品备件管理不规范,维修响应时间长<sup>[2]</sup>。

### 2.3 能源管理与监测体系

能源管理与监测体系建设是暖通系统节能的重要基础。当前大型公共建筑中,安装能耗监测系统的比例逐步提高,但系统功能利用不充分。分项计量多限于总用电量、用水量层面,冷热量、各设备用电等细分数据采集不足。数据采集频率低、精度差,难以支撑精细分析。能耗数据平台建设滞后,数据孤岛现象普遍,与楼宇自控系统联动不足。能效评价指标体系不健全,多数建筑缺乏系统能效比、冷源综合能效系数、输送能效比等关键指标的概念和考核。能源审计制度执行不到位,节能诊断深度不够。节能改造效果缺乏量化评估,持续改进机制缺失。

## 3 低碳理念下大型公共建筑暖通系统节能技术方案

### 3.1 冷热源系统节能技术

冷热源系统是暖通系统节能的重点环节,高效设备替代是首要措施,选用一级能效冷水机组、磁悬浮离心机组等高效设备,可显著提升运行效率。变频调节技术适用于部分负荷运行时间

长的系统,通过调节压缩机转速匹配负荷需求,有效降低能耗。自然冷源利用是重要补充,在过渡季节和冬季,利用冷却塔或新风进行免费供冷,可大幅降低制冷能耗。热回收技术可回收排风中的冷热量,用于预热或预冷新风,节能效果显著。冷凝热回收技术将制冷机组冷凝热回收用于制备生活热水,实现能源梯级利用。地源热泵、水源热泵等可再生能源技术利用浅层地热或水体热量,系统运行效率高。区域能源站通过集中供冷供热,提高能源利用效率,适用于建筑密集区域。多能互补系统整合多种能源形式,优化能源结构,降低碳排放。

### 3.2 输送系统节能技术

输送系统能耗占暖通总能耗比重较大,水泵变频控制是核心节能技术,根据末端负荷变化调节水泵转速,节能效果显著。大温差小流量运行策略增大供水温差,减少循环水量,降低输送能耗。冷却塔风机变频控制根据冷却水回水温度调节风机转速,防止过度冷却。管网水力平衡调节通过安装平衡阀,解决近热远冷问题,消除水力失调。低阻力管路设计减少阀门、弯头等局部阻力,降低输送能耗。风系统变频调节适用于变风量系统,根据负荷需求调节风机转速<sup>[3]</sup>。空调箱变频控制结合新风需求调节送风量。输配系统优化控制策略包括变压差设定、冷冻水温度重置等,实现按需供应。泵组群控策略根据负荷变化自动加减泵,优化泵组运行组合。输送系统节能技术投资回收期短,是优先实施的节能措施。

### 3.3 末端系统节能技术

末端系统节能是实现按需供冷供热的关键,空调箱变频控制根据回风温度或送风温度调节风机转速,部分负荷下可大幅节能。变风量系统通过调节送风量满足不同区域负荷需求,避免过度冷却。风机盘管智能控制采用联网型温控器,实现分区定时控制,下班时段自动进入节能模式。辐射供冷供暖技术采用吊顶辐射板或地板辐射,供水温度要求低,可与高温冷源、低温热源配合,系统能效高。智能风口实现气流组织可调,提高送风效率。分区控制根据房间朝向、使用功能划分控制区域,独立调节。需求控制通风根据室内二氧化碳浓度调节新风量,在保证空气质量前提下降低新风负荷。人员感应控制通过传感器检测人员存在,无人时自动关闭或调低设备运行。末端设备定期清洗保养,保持换热器清洁、过滤网通畅,可有效提升换热效率。末端节能技术实施灵活,适合分区域、分时段改造。

### 3.4 可再生能源利用技术

可再生能源利用是实现低碳运行的重要路径,地源热泵系统利用土壤恒温特性,冬季从土壤取热,夏季向土壤排热,运行效率高。水源热泵利用地下水、地表水作为热源,适用于临水建筑。太阳能光热系统提供生活热水或供暖辅助热源。太阳能光伏发电系统将太阳能转化为电能,为暖通设备提供电力,多余电量可并网。空气源热泵从空气中提取热量,适用于无法埋管或取水的场景。生物质能利用主要适用于有生物质资源的区域。热泵与太阳能复合系统实现多能互补,提高系统稳定性和经济性。蓄冷蓄热技术利用峰谷电价差,夜间蓄冷蓄热、白天释放,降低

运行费用。冰蓄冷系统在夜间制冰, 日间融冰供冷, 移峰填谷效果显著。水蓄冷蓄热系统利用水罐储存冷热量, 系统简单、投资较低。可再生能源利用需结合当地资源条件和建筑负荷特征, 进行技术经济比选。

#### 4 低碳理念下大型公共建筑暖通系统运行管理节能方案

##### 4.1 优化运行管理模式

优化运行管理模式是暖通系统节能的制度保障, 建立精细化运行管理制度体系, 涵盖设备启停、参数设定、巡检记录、故障处理等各环节。实施能源管理责任制, 将节能目标分解到岗位和个人, 明确管理职责。推行分时分区控制策略, 根据建筑功能分区和使用时段, 制定差异化运行方案。办公区域工作日正常供冷供暖, 非工作日降低标准或关闭; 公共区域根据人流密度动态调节。实施需求预测运行调度, 结合天气预报、人员流量预测数据, 提前调整系统运行策略。建立能耗定额管理制度, 对各用能单元设定能耗指标, 超定额预警。完善节能考核激励机制, 将节能成效与绩效挂钩, 激发运行人员积极性。推行合同能源管理模式, 引入专业节能服务公司, 降低业主节能改造风险。建立运行管理标准化流程, 编制操作手册, 规范运行操作。

##### 4.2 加强设备维护管理

建立预防性维护计划, 根据设备运行时间和状态制定维护周期, 变被动维修为主动维护。冷水机组定期清洗冷凝器和蒸发器, 检查制冷剂充注量, 更换润滑油和过滤器。冷却塔定期清洗填料和集水盘, 检查风机皮带张紧度, 清理喷嘴防堵塞。水泵定期检查轴承润滑和机械密封, 清洗过滤网。空调箱和风机盘管定期清洗过滤网、换热翅片和接水盘, 检查风机运转状况。建立设备性能定期检测与评估制度, 定期进行能效检测, 评估设备性能衰减情况。建立故障诊断与快速响应机制, 配备专业维修人员, 缩短故障停机时间<sup>[4]</sup>。建立设备档案管理制度, 记录设备参数、运行数据、维修记录, 为全寿命周期管理提供依据。建立设备更新淘汰标准, 对能效低于限值、维修成本过高的设备及时更新, 优先选用高效节能产品。

##### 4.3 完善能源管理与监测体系

建设完善的分项计量系统, 冷热量、电量、水量分类分项计量, 主要设备单独计量。采用高精度传感器和智能仪表, 确保数据采集准确性和实时性。搭建能耗数据管理平台, 实现数据自动采集、存储、分析和可视化展示。平台具备能耗统计、对标分析、异常报警、报表生成等功能。与楼宇自控系统联动, 实现监

测与控制一体化。建立健全能效评价指标体系, 包括系统能效比、冷源综合能效系数、输送能效比、单位面积能耗等。定期开展节能审计, 深度诊断能耗问题。建立能耗异常诊断方法, 通过数据对比、趋势分析及时发现异常。建立节能改造效果评估机制, 改造前后对比分析, 量化节能效益。实现持续改进闭环管理。

##### 4.4 提高人员节能意识与管理水平

提高人员节能意识与管理水平是节能工作的人文保障。开展运行管理人员专业培训, 培训内容包括设备原理、操作规程、节能技术、故障诊断等。邀请设备厂家、节能专家进行专项技术讲座。组织技能竞赛和经验交流活动, 激发学习热情。建立岗位资格认证制度, 关键岗位持证上岗。加强全员节能意识培养, 通过宣传栏、内部刊物、网络平台等渠道宣传节能知识。定期组织节能主题活动。建立节能建议征集机制, 鼓励员工提出节能改进建议。设立节能专项奖励, 对节能成效突出的个人和团队给予表彰奖励。引入外部专家技术支持机制, 与高校、科研机构合作, 为节能工作提供技术指导。建立行业交流平台, 分享节能经验和最佳实践。通过持续教育和激励, 打造专业、高效的运行管理团队, 为暖通系统低碳运行提供人才保障。

#### 5 结束语

大型公共建筑暖通系统节能降碳是实现建筑领域碳达峰碳中和的重要途径。本文系统分析了大型公共建筑暖通系统运行管理现状及存在问题, 从冷热源、输送、末端及可再生能源利用四个维度提出了节能技术方案, 并从运行管理模式优化、设备维护管理、能源监测体系完善、人员节能意识提升四个方面构建了运行管理节能方案。未来应进一步加大节能技术研发投入, 完善政策标准体系, 培育专业节能服务市场, 推动大型公共建筑暖通系统向低碳、高效、智能方向发展, 为建设绿色低碳社会贡献力量。

#### [参考文献]

- [1]张薇薇, 张敏. 大型公共建筑暖通空调系统的节能及优化策略[J]. 建材发展导向(下), 2022, 20(5): 190-192.
- [2]王林宏. 大型公共建筑暖通空调系统的能耗与节能策略[J]. 门窗, 2025(6): 4-6.
- [3]杜雅婧. 大型公共建筑暖通空调系统节能设计与运行优化研究[J]. 工程技术研究, 2024, 9(24): 194-196.
- [4]汤海龙. 公共建筑暖通空调系统设计和运行研究[J]. 房地产导刊, 2021(17): 30.