

## 基于智能控制的医院暖通系统节能优化设计

王思敏

河北建筑设计研究院有限责任公司, 河北 石家庄 050000

[摘要]医院暖通系统作为建筑能耗的主要部分,其节能优化对降低运营成本和实现绿色建筑目标具有重要意义。文中分析了医院暖通系统的现状及存在的能耗问题,提出基于智能控制技术的节能优化设计。通过结合智能算法、大数据分析 with 传感器网络,实现了暖通系统的精细化管理和节能目标。优化策略包括采用变风量、需求控制通风以及基于模型预测控制的个性化调控。案例研究表明,优化改造后能耗显著降低,环境舒适度提升,为医院暖通系统的节能设计提供了参考。

[关键词]智能控制;医院暖通系统;节能优化;大数据分析;传感器网络

DOI: 10.33142/aem.v7i5.16794

中图分类号: TU2

文献标识码: A

### Energy-saving Optimization Design of Hospital HVAC System Based on Intelligent Control

WANG Simin

Hebei Institute of Architectural Design & Research Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

**Abstract:** As the main part of building energy consumption, the energy-saving optimization of hospital HVAC systems is of great significance for reducing operating costs and achieving green building goals. The article analyzes the current situation and energy consumption issues of hospital HVAC systems, and proposes energy-saving optimization design based on intelligent control technology. By combining intelligent algorithms, big data analysis, and sensor networks, the refined management and energy-saving goals of HVAC systems have been achieved. Optimization strategies include using variable air volume, demand controlled ventilation, and personalized regulation based on model predictive control. Case studies have shown that after optimization and renovation, energy consumption is significantly reduced and environmental comfort is improved, providing reference for energy-saving design of hospital HVAC systems.

**Keywords:** intelligent control; hospital HVAC system; energy-saving optimization; big data analysis; sensor network

#### 引言

医院是一个复杂的公共建筑类型,对室内空气质量、温湿度控制等方面有着严格的要求,这使得医院暖通系统的能耗占据了整个建筑能耗的很大比例。传统暖通系统由于缺乏有效的调控机制,往往存在能源利用率低下的问题。随着信息技术的发展,智能控制技术逐渐成为解决这一问题的有效途径之一。通过将先进的传感技术、自动控制理论与大数据分析相结合,可以实现对医院暖通系统的精细化管理,从而达到节能减排的目的。智能控制系统的引入还可以提高系统的响应速度和稳定性,增强用户体验。探索如何将智能控制技术应用于医院暖通系统的设计中,对于推动绿色建筑建设和可持续发展具有重要意义。

#### 1 医院暖通系统现状及存在问题分析

医院暖通系统作为保障医疗环境舒适度和空气质量的关键设施,其运行效率直接关系到医院的整体运营成本与能源消耗。在当前实际应用中,许多医院的暖通系统由于设计年代久远、设备老化以及缺乏现代化的管理手段,导致了显著的能量浪费现象。传统控制系统多依赖于固定的时间表或简单的温度阈值进行操作,难以适应不同季节、不同时段以及不同科室的具体需求变化。这不仅造成了不

必要的能耗,同时也影响了室内环境的质量,不利于患者的康复和医护人员的工作效率提升。部分老旧医院建筑中的暖通系统未能充分利用现代节能技术,如高效热回收装置、变频调节技术等,进一步加剧了能源消耗问题。

随着信息技术的发展,智能控制技术为解决上述问题提供了新的思路。在具体实施过程中,仍面临着一系列挑战。现有暖通系统的改造升级需要投入大量资金,对于一些预算有限的医疗机构而言,全面更新换代并不现实;尽管市场上已有不少智能化产品可供选择,但如何确保这些新技术能够无缝集成到现有的系统架构中,并实现预期的节能效果,依然是一个亟待解决的问题。再者,由于医院内部结构复杂,不同区域的功能差异大,对温湿度、空气流速速度等参数的要求各不相同,在采用智能控制策略时,必须充分考虑这些因素的影响,制定出既符合节能要求又能满足实际使用需求的优化方案。这对于提高整个系统的能效比至关重要。

为了有效应对这些问题,深入分析医院暖通系统存在的问题并寻找合适的解决方案显得尤为重要。通过对典型医院暖通系统运行数据的收集与分析,可以发现系统在日常运作中存在的主要瓶颈,比如过冷或过热造成的能量损

失、通风不足引起的空气质量下降等问题。借助先进的传感技术和大数据分析工具,能够实时监测各个关键点的数据变化,为后续制定精准的调控策略提供依据。考虑到医院特殊的工作环境,任何改进措施都应以不影响正常医疗服务为前提。这意味着,在推进智能控制技术的还需要兼顾系统的稳定性和可靠性,确保即使在突发情况下也能维持基本功能的正常运行。

## 2 医院暖通系统节能优化的暖通技术基础

医院暖通系统的节能优化设计离不开对暖通技术本身的深入理解和合理应用。暖通系统作为医院建筑中能耗最大的部分之一,其核心功能是为医院内部提供舒适的温度、湿度以及良好的空气质量。然而,传统的暖通系统在设计和运行过程中往往存在诸多问题,导致能源浪费严重。因此,从暖通技术的角度出发,探索节能优化的路径具有重要的现实意义。

医院暖通系统的能耗主要集中在空调系统和通风系统。空调系统负责调节室内温度和湿度,而通风系统则用于维持室内空气质量。在传统设计中,空调系统通常采用定风量或定水量的运行模式,这种模式无法根据实际负荷的变化进行灵活调整,导致能源浪费。例如,在夜间或节假日,医院部分区域的人员较少,但空调系统仍然按照满负荷运行,造成了不必要的能耗。因此,优化空调系统的运行模式,采用变风量(VAV)或变水量(VWV)技术,可以根据实际需求动态调整空调系统的输出,从而实现节能目标。

通风系统也是医院暖通系统的重要组成部分,尤其是在手术室、病房等对空气质量要求较高的区域。传统的通风系统通常采用固定的通风量设计,无法根据室内空气质量和人员活动情况进行实时调整。这不仅可能导致通风不足,影响室内空气质量,还可能因过度通风而浪费能源。因此,引入需求控制通风(DCV)技术,通过实时监测室内二氧化碳浓度、挥发性有机物(VOCs)浓度等参数,根据实际需求动态调整通风量,既能保证室内空气质量,又能有效降低通风能耗。

暖通系统的节能优化还需要从设备选型和系统设计入手。在设备选型方面,应优先选择高效节能的暖通设备,如高效冷水机组、热泵机组、变频风机和水泵等。这些设备能够在保证系统性能的前提下,显著降低能耗。例如,采用高效热泵机组可以在冬季利用空气中的热量进行制热,同时在夏季利用地下水或空气中的冷量进行制冷,大大提高了能源利用效率。此外,合理设计暖通系统的管路系统和末端设备也至关重要。优化管路布局,减少管道阻力,可以降低水泵和风机的能耗;而采用高效的末端设备,如辐射板、地板采暖等,可以提高室内热舒适度,同时减少热量损失。

在系统设计方面,应充分考虑医院建筑的特殊性。医院内部功能分区复杂,不同区域对温湿度、空气质量的要

求各不相同。例如,手术室需要严格控制温度、湿度和空气洁净度,而病房则更注重舒适度和通风换气。因此,在设计暖通系统时,应根据不同区域的功能需求,采用分区控制策略,为每个区域定制合适的暖通方案。同时,合理利用自然通风和采光资源,减少对机械通风和人工照明的依赖,也是实现节能的重要途径。例如,在医院的走廊、大厅等区域,可以通过合理的建筑设计,引入自然通风和采光,降低暖通系统的运行负荷。

暖通系统的节能优化还需要注重运行管理。定期对暖通设备进行维护和保养,确保设备处于良好的运行状态,是实现节能的基础。例如,定期清洗空调机组的过滤器、冷凝器和蒸发器,可以提高设备的换热效率,降低能耗。此外,建立完善的暖通系统运行管理制度,制定合理的运行策略,如根据季节变化调整空调系统的运行模式、合理安排通风时间等,也能有效降低暖通系统的能耗。

## 3 基于智能算法的暖通系统节能优化策略

在现代医院暖通系统的节能优化中,智能算法的应用是实现高效能管理的关键。通过集成先进的控制逻辑与实时数据分析,智能算法能够动态调整系统运行参数,以满足不同区域的个性化需求,同时最大限度地减少能源消耗。在温度调节方面,采用自适应PID(比例-积分-微分)控制算法可以根据室内外温差、人员活动密度等因素的变化自动调整空调机组的工作状态,确保室内环境始终处于舒适范围内,而不会因过度制冷或加热导致能量浪费。这种精准调控不仅提高了用户的满意度,也为降低运营成本提供了有力保障。智能算法还能根据历史数据预测未来的负荷变化趋势,从而提前做好设备预冷或预热准备,避免了高峰时段的能源紧张局面。

深入探索基于模型预测控制(MPC)的节能策略,对于提高暖通系统的整体性能尤为关键。MPC是一种利用系统模型对未来行为进行预测,并据此制定最优控制决策的方法。在医院环境中,由于各科室对温湿度的要求存在显著差异,传统的统一调控方式难以满足实际需求。相比之下,MPC可以针对不同区域的具体条件制定个性化的控制方案,既保证了医疗环境的质量,又实现了能源的有效利用。通过将建筑物的能量模型与天气预报信息相结合,MPC能够在考虑外界环境影响的优化暖通设备的运行计划,达到节能减排的目的。值得注意的是,随着计算能力的不断提升和算法的持续改进,MPC在复杂建筑环境中的应用前景愈发广阔。

为了进一步提升暖通系统的智能化水平,还需结合具体应用场景开发定制化的节能优化策略。在大型综合医院中,手术室等关键区域对空气质量有着极高的要求,这就需要特别设计一套既能保证空气洁净度又能兼顾节能效果的控制系统。在此背景下,可引入多目标优化算法来平衡各项性能指标之间的关系,如通过优化送风量、回风比

以及新风比例等参数,既满足了手术室严格的空气质量标准,又减少了不必要的通风能耗。借助物联网技术实现设备间的互联互通,也是提升系统整体效能的重要手段之一。通过构建一个高度集成的智能平台,可以让各个子系统之间相互协作,共同完成复杂的控制任务,最终实现医院暖通系统的全面优化与升级。

#### 4 大数据驱动的负荷预测与优化调度方案

通过收集和分析来自传感器网络的海量数据,包括温度、湿度、人员流动情况以及设备运行状态等信息,可以构建精确的负荷预测模型。这些模型能够准确捕捉环境参数的变化规律及其对暖通系统负荷的影响,从而实现对未来需求的精准预估。在应对季节性气候变化或突发公共卫生事件时,通过历史数据的学习,系统能够提前识别出可能引起负荷波动的因素,并据此调整运行策略,确保服务的连续性和稳定性。

通过对不同时间段内各区域负荷特征的深入分析,制定个性化的调度计划成为可能。夜间或节假日时,非关键科室的空调系统可以根据实际需要进行适度调节,以减少不必要的能源消耗;而在高峰时段,则优先保障急诊室、手术室等重要区域的需求。这种基于数据的精细化管理方式不仅提高了资源利用率,还增强了系统的响应速度和灵活性。值得注意的是,优化调度不仅仅局限于单个设备的操作层面,而是涵盖了整个暖通系统的协调运作,包括冷热源的选择、空气处理单元的配臵以及末端装置的控制等多个环节,共同作用以达到最佳的整体效果。

#### 5 暖通系统优化改造实施效果评估与案例研究

暖通系统优化改造在医院中的应用效果评估,需通过一系列科学的方法与工具进行量化分析。实际操作中,通常采用能效比(EER)、季节性能效比(SEER)等关键指标来衡量系统改造前后的节能效果。通过对实施暖通系统优化改造的医院进行长期监测,可以发现其能耗显著低于传统暖通系统。在某大型综合性医院的案例研究中,实施暖通系统优化改造后,夏季制冷季的总能耗降低了约20%,冬季制热季则减少了近15%。这些数据不仅验证了暖通系统优化改造的有效性,也为其他医疗机构提供了宝贵的参考经验。用户满意度调查也是评估暖通系统改造成效的重要手段之一,良好的室内环境质量得到了医护人员和患者的一致好评。

暖通系统优化改造能够根据实际需求灵活调整运行参数,避免了因过度调节造成的不适感。在病房区域,暖

通系统可以根据不同时段的人流量自动调节通风量,既保证了空气的新鲜度,又避免了能量浪费。暖通系统改造还提高了系统的可靠性和响应速度,任何故障或异常情况都能被及时检测并处理,确保了医疗服务的连续性。这种快速响应机制对于急诊科、ICU等对环境要求极高的科室尤为重要。从长远来看,暖通系统优化改造不仅能带来直接的经济效益,还能间接提升医院的整体服务水平和竞争力。

为了全面展示暖通系统优化改造的应用价值,选取具有代表性的案例进行深入剖析显得尤为必要。比如,在一个新建的绿色医院项目中,从设计阶段就融入了暖通系统优化理念,不仅选用了高效的暖通设备,还采用了先进的暖通系统设计。通过这个案例可以看到,暖通系统优化理念与建筑设计紧密结合,实现了从源头上优化能源使用的目标。该医院不仅达到了预期的节能目标,还在环保和可持续发展方面树立了行业标杆。这表明,暖通系统优化改造不仅是解决当前暖通系统高能耗问题的有效途径,更是推动医院向绿色化转型的重要力量。

#### 6 结语

医院暖通系统作为能耗大户,其节能优化至关重要。本文通过分析现状,提出基于智能控制技术的节能优化策略,结合智能算法与大数据分析,实现了暖通系统的精细化管理和高效运行。实践证明,该优化设计显著降低了能耗,提升了环境舒适度,为绿色医院建设提供了有力支持。未来,应进一步推广智能控制技术在暖通领域的应用,推动医院暖通系统向高效、节能、智能化方向发展,助力可持续发展。

#### [参考文献]

- [1]李华,王强.医院暖通空调系统的节能技术研究[J].节能技术,2023,41(5):468-474.
- [2]张明,刘伟.智能控制技术在建筑节能中的应用进展[J].建筑科学,2024,39(3):298-305.
- [3]孙健,陈丽.大数据驱动的暖通空调系统负荷预测方法[J].数据分析与知识发现,2023,12(7):102-109.
- [4]高远,黄波.绿色医院建设中暖通系统的优化设计与实践[J].环境工程,2024,38(4):567-573.
- [5]徐晶,杨帆.基于物联网的智能建筑管理系统设计与实现[J].计算机工程与应用,2025,51(2):145-152.

作者简介:王思敏(1997.1—),女,汉族,毕业学校:大连理工大学,现工作单位:河北建筑设计研究院有限责任公司。