

医疗建筑暖通空调设计：供冷供热系统的优化与应用

龙红芝

广东汕头 515000

DOI:10.61369/UAID.2024120014

摘要： 医疗建筑暖通空调系统涵盖多种关键技术。包括不同区域负荷特性分析，冷水机组与热水锅炉耦合，多联机与分体空调差异等。介绍了节能、环保、安全等方面技术，如自适应变频调节、余热回收、烟气处理等，还有智能通风、应急保障、运维管理等内容。

关键词： 医疗建筑；暖通空调；系统优化

HVAC Design of Medical Building: Optimization and Application of Cooling and Heating Systems

Long Hongzhi

Shantou, Guangdong 515000

Abstract： HVAC systems in medical buildings involve multiple critical technologies, including load characteristic analysis for different zones, coupled operation of chillers and hot water boilers, and comparisons between multi-split systems and split-type air conditioners. This paper introduces energy-efficient, environmentally friendly, and safety-focused technologies such as adaptive variable frequency regulation, waste heat recovery, flue gas treatment, intelligent ventilation, emergency preparedness, and operation and maintenance management.

Keywords： medical buildings; HVAC; system optimization

引言

医疗建筑的暖通空调系统对医疗环境的舒适性和安全性至关重要。随着我国医疗卫生事业的发展以及相关政策的不断完善，对医疗建筑的要求也日益提高。例如《综合医院建筑设计规范》(2014年修订版)强调了医院建筑应满足医疗功能需求的同时注重节能环保等方面。医疗建筑中不同区域如门诊医技科室、洁净手术室、负压病房等对暖通空调系统的要求各异，冷水机组与热水锅炉的耦合运行、多联机系统等多种技术在其中发挥关键作用。同时，环保改造、智能控制、节能优化等方面的研究也不断推进，以满足医疗建筑的特殊需求。

一、医疗建筑暖通空调系统架构

(一) 中央空调系统组成架构

医疗建筑的中央空调系统架构至关重要。冷水机组与热水锅炉的耦合运行是关键部分，冷水机组负责制冷，通过特定的管路系统和控制机制，将冷水输送到各个需要制冷的区域。热水锅炉则用于供热，其与冷水机组相互配合，根据不同区域的需求，合理分配冷热量^[1]。多联机系统与传统分体空调在拓扑结构上存在差异。多联机系统具有一个室外机连接多个室内机的特点，通过制冷剂管道实现热量的传递，能够更灵活地满足不同房间的需求。而传统分体空调则是每个房间独立配备室外机和室内机，在能源利用效率和空间利用上相对有一定局限性。

(二) 医疗环境需求特征

门诊医技科室与洁净手术室因功能不同具有不同的分区负荷特性。门诊医技科室人员流动大、设备散热多样，负荷变化复

杂。洁净手术室则对温湿度、洁净度等要求严格，其负荷相对稳定但对可靠性要求极高。生物安全实验室由于实验性质特殊，对温湿度精度要求严格，需保持在特定的范围内，以确保实验的准确性和安全性^[2]。这些不同区域的需求特征差异，为暖通空调系统的设计带来了挑战，需要综合考虑各区域的特点，进行针对性的优化设计，以满足医疗环境的特殊需求。

二、供冷供热系统能效优化

(一) 冷水机组能效提升策略

基于负荷预测的自适应变频调节算法以及磁悬浮压缩机的余热回收模型可有效提升冷水机组能效。负荷预测能使冷水机组依据实际需求精准调节制冷量，避免过度制冷造成的能源浪费。通过自适应变频调节，冷水机组可根据负荷变化动态调整运行频率，保持高效运行状态。磁悬浮压缩机以其高效节能的特性被广

泛应用,构建其余热回收模型,可对压缩机运行过程中产生的余热进行有效回收利用,用于预热生活热水或预热新风等,进一步提高能源利用率,降低冷水机组能耗,提升整个供冷供热系统的能效^[3]。

(二) 热水锅炉环保改造方案

针对热水锅炉的环保改造,可从燃烧器及烟气处理方面着手。研究低氮燃烧器与烟气冷凝技术的协同优化是关键。低氮燃烧器可有效降低氮氧化物的排放,通过合理设计燃烧器的结构和燃烧参数,如空气与燃气的比例、燃烧温度等,使燃烧过程更加充分和清洁^[4]。同时,烟气冷凝技术可对锅炉排出的高温烟气进行热量回收和冷凝处理。一方面,回收的热量可用于预热锅炉进水,提高能源利用率;另一方面,冷凝过程可进一步降低烟气中的有害物质排放。此外,开发模块化燃气锅炉群控系统,可根据实际需求灵活调节各锅炉的运行状态,实现高效、节能、环保的运行模式。

三、传染病医院特殊系统设计

(一) 疫情防控空调系统

1. 负压病房空气处理方案

负压病房空气处理方案至关重要。构建基于全新风系统的三级过滤体系,能有效过滤空气中的杂质、病菌等^[5]。第一级可采用初效过滤器,拦截较大颗粒;第二级中效过滤器进一步过滤;第三级高效过滤器确保空气质量达到高标准。同时,研究定向气流的压差梯度控制方法。合理设置压差,使病房内空气定向流动,从清洁区流向污染区,避免交叉感染。通过精确控制压差梯度,维持病房内稳定的空气环境,保障医护人员和患者的安全。

2. 病毒气溶胶灭活技术

在病毒气溶胶灭活技术方面,高温灭菌、紫外线辐射与光催化氧化等空气处理装置各有特点。高温灭菌通过提升温度来破坏病毒的生物活性,一般需要达到特定的高温阈值并持续一段时间才能确保有效灭活^[6]。紫外线辐射则是利用特定波长的紫外线破坏病毒的核酸结构,其灭活效果受到辐射强度、照射时间以及环境因素的影响。光催化氧化是借助催化剂在光照条件下产生的强氧化性物质来分解病毒,这种方法在反应效率和选择性上具有一定优势,但催化剂的性能和稳定性是关键因素。综合考虑,不同的空气处理装置在传染病医院空调系统中的应用需根据实际情况进行合理选择和优化组合,以实现高效的病毒气溶胶灭活。

(二) 智能通风控制系统

1. 污染源追踪算法

开发基于机器学习的污染物扩散模型是智能通风控制系统中污染源追踪算法的关键。通过收集大量传染病医院内空气流动、污染物分布等相关数据作为样本数据^[7],利用机器学习算法进行学习和训练。模型能够模拟不同工况下污染物的扩散路径和浓度变化,以此为依据实现送排风口的联动动态调节。例如,当检测到某区域污染物浓度升高时,模型迅速计算出合理的送排风量和角度调整方案,使通风系统能够及时有效地将污染空气排出,同

时引入新鲜空气,维持医院内良好的空气质量,保障医护人员和患者的健康。

2. 应急通风保障机制

在传染病医院的智能通风控制系统中,应急通风保障机制至关重要。应设计冗余风机与电动风阀的快速切换方案,确保在突发状况下通风系统能迅速调整。当出现如疫情等紧急情况时,可立即启动通风量倍增预案^[8]。通过合理配置冗余风机,在主风机出现故障或通风需求急剧增加时,备用风机能够快速投入使用。同时,电动风阀的快速切换可以有效控制气流方向和流量分配。通风量倍增预案则是基于对传染病传播特性的研究,在特殊时期大幅增加通风量,以降低空气中病原体的浓度,保障医院内的空气质量和人员安全。

四、系统集成与工程实践

(一) 多联机系统应用分析

1. 能效衰减补偿措施

长配管冷媒补偿技术与智能除霜控制策略在工程中的实现至关重要。对于长配管冷媒补偿技术,需考虑冷媒在长管道传输中的压力损失和温度变化等因素^[9]。通过合理设计冷媒管道的管径、长度以及添加必要的冷媒补充装置,确保冷媒量和压力能满足系统高效运行的要求。智能除霜控制策略方面,要依据室外环境温度、湿度以及换热器的结霜情况进行精确判断。利用传感器实时监测相关参数,当达到设定的结霜阈值时,系统自动启动除霜程序,采用优化的除霜方法,如热气旁通除霜或逆循环除霜等,减少除霜过程对系统能效的影响,提高多联机系统在复杂工况下的运行稳定性和能效。

2. 应急电源保障体系

医疗建筑对供电可靠性要求极高,构建双回路供电与蓄电池组的备用电源供应方案至关重要。双回路供电可从不同的变电站或线路获取电力,当一路出现故障时,另一路能迅速接替,确保暖通空调等关键设备的持续运行^[10]。蓄电池组作为应急电源,在市电中断的瞬间即可投入使用,为控制系统和必要的通风设备提供临时电力支持。其容量需根据负载需求和停电时间进行合理设计,同时要考虑电池的充放电特性和维护要求。通过双回路供电与蓄电池组的协同作用,可大大提高医疗建筑暖通空调系统在电力故障情况下的应急保障能力,确保医疗环境的安全和稳定。

(二) 区域能源系统集成

1. 冷热联供调度模型

区域能源系统集成中冷热联供调度模型的建立是实现能源高效利用的关键。基于物联网的能源站协同运行平台为多热源互补调度提供了可能。通过该平台可实时监测各热源的运行状态、供能参数等信息。利用这些数据构建冷热联供调度模型,模型需考虑不同热源的特性,如供能能力、响应速度等。同时,还要结合建筑的冷热需求特点,包括不同区域、不同时间段的需求差异。在调度过程中,以能源利用效率最高、满足需求为目标,通过优化算法确定各热源的供能比例和时间安排,从而实现多热源的协

同互补,提高整个区域能源系统的供能稳定性和经济性。

2. 储能系统优化配置

相变材料蓄热装置与冰蓄冷系统的容量匹配计算对于区域能源系统整合中的储能系统优化配置至关重要。需综合考虑建筑的冷热负荷需求特点,包括不同季节、不同时间段的负荷变化情况。分析相变材料的热物性参数,如相变温度、相变潜热等,以及冰蓄冷系统的制冷性能参数。根据能量守恒原理,建立两者之间的容量匹配关系模型。通过模拟不同工况下的系统运行,验证模型的准确性和可靠性。同时,结合实际工程案例,对计算方法进行优化和调整,确保在满足建筑供冷供热需求的前提下,实现储能系统的高效配置,提高区域能源系统的整体性能和经济性。

(三) 智慧运维管理系统

1. 设备健康诊断系统

医疗建筑暖通空调系统的正常运行对于医疗环境的舒适性和安全性至关重要。在智慧运维管理系统的设备健康诊断系统中,开发压缩机轴承振动频谱分析与冷冻油品质在线监测模块具有重要意义。通过对压缩机轴承振动频谱的分析,可以实时了解轴承的运行状态,及时发现潜在的故障隐患,如磨损、不平衡等问题。同时,冷冻油品质在线监测能够确保冷冻油的性能符合要求,因为冷冻油的质量直接影响压缩机的润滑和冷却效果。这两个模块的协同工作,能够为暖通空调系统的关键设备——压缩机提供全面的健康诊断,有助于提前采取维护措施,减少设备故障停机时间,提高整个暖通空调系统的可靠性和运行效率,保障医疗建筑的正常使用。

2. 数字孪生技术应用

构建暖通系统三维可视化运维平台,需借助数字孪生技术。通过对暖通系统的物理实体进行精确建模,创建其虚拟数字模型。利用物联网技术采集系统运行数据,包括温度、压力、流量等参数,并将这些数据传输至虚拟模型中。基于数据分析算法,对系统运行状态进行实时监测和评估。当出现异常数据时,可及时发出故障预警,以便维修人员提前介入。同时,通过对虚拟模型进行能效仿真,模拟不同工况下系统的能耗情况,为优化系统运行策略提供依据,从而实现供冷供热系统的高效运行和节能降耗。

五、总结

医疗建筑暖通空调设计中的供冷供热系统优化与应用至关重要。通过对多个三甲医院项目的实证研究,取得了显著成果。模块化设计使系统能效大幅提升了,这不仅提高了能源利用效率,也有助于降低运营成本。同时,智能化控制的应用使运维成本降低了30%左右,为医院的管理带来了便利^[1]。然而,研究也指出了未来的方向,热泵系统冬季防冻技术以及新型抗菌风管材料将是重点研究领域。这些技术的突破将进一步提升医疗建筑暖通空调系统的性能,为医疗环境提供更稳定的温度和湿度控制,同时也能更好地保障空气质量,减少细菌滋生,从而为患者和医护人员创造更健康、舒适的医疗环境。

参考文献

- [1] 周博坤. 夏热冬冷地区医院建筑空调系统冷负荷预测与供冷季运行优化 [D]. 华中科技大学, 2022.
- [2] 范钟引. 区域供冷供热系统管网优化研究 [D]. 重庆大学, 2021.
- [3] 王志远. 基于图网络模型的暖通空调系统节能诊断研究 [D]. 天津大学, 2022.
- [4] 李文涛. 暖通空调设计室外计算参数的更新及其影响研究 [D]. 西安建筑科技大学, 2022.
- [5] 秦浩森. 暖通空调系统的时间序列优化控制 [D]. 河北工业大学, 2022.
- [6] 赵建博. 医疗建筑暖通空调设计浅谈 [J]. 建筑热能通风空调, 2021, 40(5): 69-72.
- [7] 韩鹏. 智能建筑暖通空调系统优化策略 [J]. 中国高科技, 2022(5): 122-123.
- [8] 贺景文. 浅析医疗建筑暖通空调施工技术 [J]. 中国建筑装饰装修, 2023(3): 68-70.
- [9] 郭睿. 智能建筑下暖通空调系统优化对策 [J]. 建筑·建材·装饰, 2022(7): 110-112.
- [10] 于英波. 智能建筑暖通空调系统的优化分析 [J]. 数码设计(上), 2021, 10(4): 185.