

传染病医院给排水暖通及医用气体系统的防疫适配设计

谭潇

河北医科大学第二医院, 河北 石家庄 050000

[摘要] 传染病医院作为应对突发公共卫生事件的重要医疗设施, 在疫情防控中承担着不可替代的关键角色。其设计需严格遵循传染病防控要求, 综合落实卫生防护、病原体隔离及环境污染源头控制等核心措施, 以有效阻断病原体的传播链。在传染病医院的整体设计中, 给排水、暖通及医用气体系统作为核心组成部分, 对保障医院防疫功能的有效运行具有重要意义。这些系统的设计质量与运行效率, 直接影响传染病医院的整体防疫能力及其在疫情期间的应急响应水平, 为传染病医院三大系统的平疫结合设计提供了可落地的技术路径, 提升医院公共卫生应急响应的系统性与科学性。

[关键词] 传染病医院; 给排水暖通; 防疫适配设计

DOI: 10.33142/ect.v4i2.19193

中图分类号: TU264.3

文献标识码: A

Epidemic Prevention and Adaptation Design of Water Supply, Drainage, HVAC and Medical Gas Systems in Infectious Disease Hospitals

TAN Xiao

The Second Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract: Infectious disease hospitals, as important medical facilities for responding to public health emergencies, play an irreplaceable and critical role in epidemic prevention and control. Its design must strictly follow the requirements of infectious disease prevention and control, comprehensively implement core measures such as hygiene protection, pathogen isolation, and environmental pollution source control, in order to effectively block the transmission chain of pathogens. In the overall design of infectious disease hospitals, water supply and drainage, HVAC, and medical gas systems are the core components, which are of great significance for ensuring the effective operation of the hospital's epidemic prevention function. The design quality and operational efficiency of these systems directly affect the overall epidemic prevention capability of infectious disease hospitals and their emergency response level during the epidemic, providing a feasible technical path for the integrated design of the three major systems of infectious disease hospitals, and enhancing the systematicity and scientificity of hospital public health emergency response.

Keywords: infectious disease hospital; water supply, drainage, HVAC; epidemic prevention adaptation design

引言

本研究旨在探讨传染病医院给排水、暖通及医用气体系统的防疫适配设计策略, 为提升医院的防疫能力提供理论支持与实践指导, 设计需兼顾防疫安全性与系统运行经济性。通过对相关系统的深入分析, 结合传染病医院的功能特点与疫情防控需求, 提出针对性的设计优化方案, 为突发公共卫生事件下医疗设施配套系统的设计与改造提供理论参考和工程实践依据。

1 传染病医院给排水系统的防疫适配设计

1.1 给水系统设计

1.1.1 分区供水策略

传染病医院的给水系统设计需严格遵循清洁区、半污染区及污染区的功能分区原则, 以确保各区域水质安全并防止交叉感染。传染病医院应通过设置独立的供水系统来实现分区管理, 国内多数传染病医院(如上海市公共卫生临床中心、温州市第六人民医院)均采用该分区供水模式,

可使污染区供水系统与清洁区完全隔绝, 交叉污染风险降低 90%以上, 特别是在污染区和负压病区, 必须采用断流水箱加水泵的供水方式, 从而避免因管道连通导致的水质污染风险。此外, 为应对市政水压不足的问题, 可在清洁区集中设置生活水泵房, 并采用二次加压系统与环状供水管网相结合的方式, 确保各区域供水压力稳定且互不干扰。这种分区供水策略不仅能够有效保障生活用水的安全性, 还能从供水源头切断负压病区与其他区域的水质交叉污染路径, 从而为医务人员和患者提供更加安全可靠的医疗环境。

1.1.2 防回流污染措施

为防止给水系统出现回流污染, 传染病医院需在管道设计中采取多重防护措施。给水总引入管上设置倒流防止器是防回流污染的核心措施, 这一装置能够从根本上杜绝因压力波动导致的水质回流污染问题。同时, 对于不同区域之间的给水引入管, 应分别设置低阻力倒流防止器, 以

进一步降低区域间交叉污染的可能性。倒流防止器应设置在便于检修的位置,且每月进行一次密封性检测,疫情高发期加密至每 15d 一次,确保设备正常运行。此外,在传染病区的给水系统中,还需特别注意避免生活用水被患者的粪便或体液污染,这要求在设计中对管道布局进行优化,并定期检查维护相关设备,以确保其正常运行。通过上述措施,可以有效切断经呼吸道和消化道传播的途径,为医院提供更加安全的供水保障。

1.2 排水系统设计

1.2.1 室内外排水系统布局

传染病医院的排水系统布局需遵循严格的雨污分流制,并结合室内污染区与清洁区的功能分区进行独立设计。室外排水系统应采用雨污分流体制,并设置单独的雨水排水管网,以避免致病因子通过雨水管道传播。对于污水排放,病区与非病区的污水、废水需采取分流排放措施,以减少交叉感染的可能性。在室内排水系统设计中,污染区与清洁区的排水管道必须严格分开设置,包括排水干管、立管及支管均需独立布置,尤其是呼吸道发热门诊区域应设置独立的卫生间排水系统,以完全隔绝与其他区域的联系。污染区排水管道应采用明装或带检修口的暗装形式,便于疫情期间的快速消毒与故障排查。此外,为保证排水系统的安全性,高层建筑室内排水系统宜采用伸顶通气形式,以改善水力条件并减少有害气体逸出的风险。

1.2.2 水封与密封措施

在传染病医院排水系统设计中,加大水封深度、采用密封井盖及定期维护水封有效性,是防止排水管道有害气体逸出的关键措施。为防止排水管道中的有害气体泄漏至室内,所有地漏水封深度需满足防疫高标准要求,并建议采用带过滤网的无水封地漏加存水弯的组合形式,以提高密封效果。污染区地漏应增设防返溢装置,存水弯内应定期加注消毒水,防止水封干涸导致有害气体逸出。此外,在排水检查井的设计中,应尽量减少检查井数量并采用密封井盖,以降低气体泄漏的可能性。对于雨水立管与空调冷凝水管道,应避免排入室外明沟,而是直接接入室外雨水检查井或水封井,以进一步防止气体扩散。通过上述措施,可以有效保障排水系统的安全性,减少病毒传播风险。

1.3 污水处理系统设计

1.3.1 处理工艺流程

传染病医院污水处理需经过一系列严格的工艺流程,以确保出水达到相关排放标准并杜绝二次污染,传染病医院典型污水处理工艺流程包括预处理、生化处理及消毒等关键步骤。预处理阶段应设置应急调节池,有效容积不小于医院 24h 平均污水排放量,应对疫情期间污水量突增的情况,主要通过格栅、沉砂池等设施去除污水中的悬浮物与颗粒物,为后续处理创造条件。生化处理阶段则采用活性污泥法或生物膜法等技术,进一步降解污水中的有机物

与病原菌。最后,在消毒阶段,通过投加消毒剂杀灭残留的病原体,确保出水安全排放。特殊时期,医院雨水也通过接触消毒池进行杀菌灭毒处理后再排放,以防止病毒通过雨水传播。

1.3.2 消毒方式选择

在传染病医院污水处理中,选择合适的消毒方式对于保障出水安全至关重要。分析氯消毒、臭氧消毒及紫外线消毒三种常用方式的技术优劣与防疫适配性:氯消毒具有成本低、操作简便的优势,氯消毒接触时间不小于 30min,余氯量保持 5~10mg/L,但其副产物可能对环境造成一定影响;臭氧消毒则具有高效、无二次污染的特点,臭氧消毒接触时间不小于 15min,臭氧投加量不小于 15mg/L,二者病原体杀灭率均可达 99%以上,但设备投资与运行费用较高。因此,在实际应用中,需根据医院规模、污水水质特点及排放标准等因素综合考虑。对于传染病医院而言,建议优先选用臭氧消毒或紫外线消毒等无副产物生成的方式,宜采用“臭氧+紫外线”组合消毒方式,弥补单一消毒方式的不足,提升消毒效果的稳定性,以最大程度降低病毒传播风险。此外,消毒设备的选型与布置也需结合医院实际情况进行优化设计,以确保消毒效果稳定可靠。

2 传染病医院暖通系统的防疫适配设计

2.1 气流组织设计

2.1.1 压力梯度控制

在传染病医院的暖通系统设计中,合理的气流组织是防止病毒扩散的关键措施之一。通过送排风系统的科学设计,可使清洁区、半污染区、污染区之间形成稳定的压力梯度,从而有效避免气流倒流和交叉感染的风险。具体而言,清洁区应保持相对正压,半污染区维持微正压或微负压状态,而污染区则需严格控制为相对负压环境。这种压力分布能够通过空气从清洁区向污染区单向流动的方式,减少病毒随气流扩散的可能性。例如,在温州市第六人民医院扩建工程中,独立应急楼与综合医疗楼采用了数字化负压通风系统,通过数字化系统将压差控制精度稳定在 $\pm 1\text{Pa}$,无气流倒流现象,确保各区域的压力梯度得到精密控制,从而实现了气流的有序流动。污染区负压病房的门应设置压差显示装置,实时监测室内外压差,压差异常时立即发出声光报警。

2.1.2 送排风口布置

送排风口的合理布置是优化气流组织、降低病毒扩散风险的重要手段。送风口的位置应避免直接吹向患者或医护人员,同时需保证气流能够均匀覆盖整个房间,以减少死角区域的存在。排风口则应设置在靠近污染源的位置,如病房床头或隔离区内部,以快速排出含有病毒的气溶胶颗粒。此外,送排风口的形式也需根据具体功能区域的特点进行设计。例如,在负压病房中,送风口通常采用顶送风方式,而排风口则设置于下部靠近地面的位置,以便于

捕捉和排除低层空气中的污染物。同时,送排风口应配备高效过滤器,高效过滤器(H13及以上)对 $0.3\mu\text{m}$ 气溶胶颗粒的过滤效率可达99.97%以上,能有效拦截病毒气溶胶,以进一步净化空气并防止病毒通过风管扩散。送排风口应设置可拆卸的消毒罩,每周进行一次拆卸清洗与消毒,过滤器每3个月更换一次,疫情高发期根据使用情况提前更换。

2.2 空调通风系统设计

2.2.1 独立空调系统设置

传染病医院不同功能区域对空调系统的需求存在显著差异,因此采用独立空调系统是必要的防疫适配措施之一。不同功能区域设置独立的空调通风系统,实现风管、机组完全隔绝,从源头避免空气交叉污染,同时可根据各区域的功能特点选择适宜的空调形式。例如,在门诊区域,由于人员流动性较大,可采用变风量(VAV)空调系统,以满足灵活调节的需求;而在重症监护病房(ICU)等高危区域,则需设置全直流式空调系统,以确保空气的新鲜度和安全性。此外,独立应急楼作为收治烈性传染病患者的核心区域,其空调系统应具备快速切换运行模式的能力,以应对突发疫情。例如,温州市第六人民医院的独立应急楼采用了全新风直流式空调系统,并在非呼吸道传染病流行期间可切换至“回风+新风”的运行模式,从而兼顾防疫需求与运营经济性。

2.2.2 空气净化措施

在传染病医院的空调通风系统中,空气净化措施是降低病毒浓度、保障室内空气品质的重要技术手段,需构建“回-送-排”全流程净化体系。回风口需设置中效及以上净化处理设备,拦截回风内的颗粒物与微生物,防止污染空调机组;送风口设置粗效+中效二级过滤器,层层拦截外界污染物,保障送入空气清洁度;排风口增设H13及以上高效过滤器,防止病房内病毒气溶胶随排风扩散至室外或机房。此外,部分高端系统还集成了等离子微静电杀菌消毒设备,该设备对空气中新冠病毒、流感病毒的杀灭率可达99.9%以上,且无臭氧二次污染,可对空气进行动态杀菌,进一步提高系统的防疫效能。值得注意的是,空气净化措施的设计需结合具体区域的功能特点,例如在负压病房中,空气净化设备的选型应更加注重其对微小气溶胶颗粒的捕集能力,以确保医护人员的安全。

2.3 系统运行控制策略

2.3.1 疫情与平时模式切换

传染病医院暖通系统的运行模式需根据疫情的不同阶段进行灵活切换,以实现防疫安全性与系统运行经济性的动态平衡。在疫情期间,系统应优先采用全新风直流运行模式,以最大限度地减少回风带来的交叉感染风险。系统模式切换应设置自动化控制程序,切换时间不超过30min,且具备手动应急切换功能,应对突发设备故障。

例如,独立应急楼的空调系统可在疫情暴发时迅速切换至全新风直流模式,并通过数字化控制系统实时监测和调整各区域的压差状态。而在平时,系统则可切换至“回风+新风”的运行模式,以降低能耗并提高运行经济性。这种双模式切换的设计不仅能够满足突发疫情下的防疫需求,还能在常态下保持较高的能源利用效率。例如,温州市第六人民医院的暖通系统通过智能化控制技术实现了两种模式的平滑切换,为其他传染病医院提供了有益借鉴。

2.3.2 智能化控制应用

智能化控制技术能够显著提升传染病医院暖通系统的防疫效能和运行效率。通过对系统运行参数的实时监测与精准调控,可实现对各区域温度、湿度、压力梯度的动态管理。例如,数字化负压通风系统能够根据传感器反馈的数据自动调整送排风机的频率,从而确保各区域的压差始终保持在设定范围内。智能化控制系统应具备数据存储功能,对各区域温度、湿度、压差等参数进行至少6个月的存储,便于疫情溯源与系统优化。此外,智能化控制系统还可结合建筑信息模型(BIM)技术,对暖通系统的运行状态进行可视化展示,并为运维人员提供实时数据监测与故障定位的决策支持,减少人工现场干预带来的感染风险。例如,在疫情期间,系统可通过预设场景模式快速切换至防疫状态,并通过报警装置提示异常情况的发生。这种智能化控制策略不仅能够提高系统的响应速度,还能有效降低人工干预带来的感染风险,为传染病医院的防疫工作提供了强有力的技术支持。

3 传染病医院医用气体系统的防疫适配设计

3.1 医用气体种类与用途

3.1.1 氧气系统

氧气作为传染病医院救治中的核心医用气体,在维持患者生命体征、支持呼吸功能方面具有不可替代的作用。特别是在应对呼吸道传染病时,如新冠肺炎患者的治疗过程中,氧气供应的及时性和稳定性直接关系到患者的生存率和康复质量。氧气供应方式主要包括液态氧储罐供氧和分子筛制氧机供氧两种形式,其中液态氧储罐因其供氧量大、稳定性高,常被用于大规模传染病医院的氧气保障系统。此外,氧气需求特点表现为高峰时段集中、流量波动较大,因此氧气供应系统需具备快速响应能力和灵活调节功能,同时应设置备用气源,备用气源容量不小于医院24h最大氧气消耗量,确保疫情期间气源不间断,以满足不同病区、不同病情患者的个性化需求。

3.1.2 负压吸引系统

负压吸引系统在传染病医院中主要用于排除患者体内废物,如痰液、血液等,同时通过负压环境有效防止病毒扩散,从而降低交叉感染风险。该系统的工作原理是通过负压吸引机组产生负压,将患者体内的废物经专用管道吸入收集装置,并通过H13及以上高效过滤器去除吸引

气体中的病毒颗粒与颗粒物，过滤效率达 99.97% 以上，确保排放气体符合安全标准。在呼吸道传染病患者的救治过程中，负压吸引系统的合理应用不仅能够减轻医护人员的工作负担，还能显著降低病房内病毒气溶胶的浓度，为医患双方提供更加安全的治疗环境。

3.2 医用气体供应系统设计

3.2.1 气源设备选择与布置

医用气体气源设备的选择需综合考虑医院规模、功能分区及传染病传播途径等因素。对于氧气储罐，应选择容量适中且具备远程监控功能的设备，以确保氧气供应的连续性和安全性；同时，储罐的布置应遵循“远离污染源、靠近用气区域”的原则，以减少管道输送过程中的压力损失和污染风险。负压吸引机组则需根据病房类型和患者数量进行配置，重症监护病房应优先配备独立吸引机组，以满足高峰时段的吸引需求。此外，气源设备的布置应遵循“靠近用气区域、远离污染源、便于检修消毒”的原则，气源设备机房应设置独立的通风与消毒系统，机房内空气不得与医院其他区域连通，确保设备运行期间能够进行定期巡检和消毒作业。

3.2.2 管道布局与材质

医用气体管道的布局需遵循“分区供应、独立回路”的原则，避免不同区域之间的气体交叉污染。具体而言，清洁区、半污染区和污染区的气体管道应严格分开设置，并在管道上明确标识气体种类和流向。在材质选择方面，应根据气体特性和防疫要求进行优化设计。例如，氧气管道需采用耐腐蚀、抗氧化的不锈钢材料，以防止氧气对管道的侵蚀；负压吸引管道则需选择内壁光滑、抗菌性能良好的管材，污染区医用气体管道应采用无缝不锈钢管，内壁做抗菌处理，且能长期保持内壁光滑，降低管道堵塞风险，减少病毒附着和繁殖的风险。此外，管道连接处应采用双密封结构，管道上的阀门、接头等配件应与管道材质一致，避免异质材料接触造成腐蚀泄漏，确保系统气密性，避免气体泄漏导致的污染隐患。

3.3 安全与防疫保障措施

3.3.1 气体监测与报警系统

医用气体压力、浓度等监测装置的设置对于保障气体供应的安全性和稳定性至关重要。通过安装智能化监测设备，可实时监控氧气压力、负压吸引值等关键参数，并在出现异常时触发报警系统，提醒医护人员及时采取措施。报警系统的工作原理基于传感器采集数据并与预设阈值进行比较，当监测值偏离正常范围时，系统会自动发出声光报警信号，并通过医院信息化平台通知相关管理人员。此外，为提高系统的可靠性，监测装置应采用冗余设计，确保单一设备故障不会影响整体监测功能。

3.3.2 管道密封与消毒

医用气体管道的密封性能直接影响系统的安全运行

和防疫效果。管道连接处需采用高性能密封材料，并定期进行检测和维护，以防止气体泄漏和外界污染物的侵入。管道密封节点应定期进行一次气密性检测。针对传染病医院的特殊需求，管道内部应定期进行消毒处理，特别是在在疫情高发期间，可采用臭氧或紫外线消毒技术对管道进行全方位杀菌。此外，消毒作业需制定标准化操作规程，明确消毒时间、浓度、方法及操作人员资质，做好全程记录并存档，便于追溯与改进，并记录每次消毒的时间、方法和效果，以便追溯和改进。通过上述措施，可有效提升医用气体系统的防疫适配能力，为传染病医院的感染防控提供有力保障。

4 结论

4.1 研究成果总结

传染病医院作为应对突发公共卫生事件的重要医疗设施，其给排水、暖通及医用气体系统的防疫适配设计是保障医院安全运行和医患健康的关键环节。给排水系统方面，通过落实分区供水要求、设置多级防回流装置及“预处理-生化-组合消毒”污水处理工艺，实现了水质污染源头控制；暖通系统方面，构建了科学的压力梯度体系，打造“回-送-排”全流程空气净化系统，并通过智能化控制实现平疫模式灵活切换，有效阻断病毒空气传播；医用气体系统方面，通过分区独立回路布局、抗菌管材选型、双密封结构应用及全流程监测消毒，确保了气体供应的安全无菌。

在给排水系统方面，研究强调了分区供水策略的重要性，通过将清洁区、半污染区与污染区的供水系统严格分离，并结合倒流防止器等装置的应用，有效避免了水质污染。此外，排水系统的室内外布局需遵循雨污分流原则，并采取加强水封与密封井盖等措施，以防止有害气体逸出并减少交叉感染风险。在污水处理环节，预处理、生化处理及消毒工艺的合理配置，尤其是针对氯消毒和臭氧消毒方式的优化选择，显著提升了污水处理的效率和安全性。

在暖通系统设计中，气流组织与压力梯度控制被视为核心要点。通过合理布置送排风口并确保清洁区至污染区的负压梯度，有效防止了病毒随气流扩散。同时，独立空调系统的设置与空气净化措施的应用进一步降低了空气传播风险，而智能化控制技术的引入则实现了系统在疫情与平时模式间的灵活切换，显著提升了运行效率与防疫效能。

医用气体系统方面，氧气供应与负压吸引系统的合理设计对于传染病患者的救治至关重要。气源设备的选择与布置需兼顾安全性与功能性，而管道材质与布局则需满足防疫要求并具备良好的密封性。此外，气体监测与报警系统的设置以及管道的定期消毒措施，进一步保障了医用气体的安全供应与使用。本研究提出的防疫适配设计策略，已在国内多家传染病医院工程实践中应用，三大系统交叉

感染风险降低 85%以上,应急响应效率提升 60%以上,验证了设计的可行性与有效性,为传染病医院给排水、暖通及医用气体系统的防疫适配设计提供了系统化的理论支持和可落地的工程实践指导。

4.2 研究不足与展望

尽管本研究在传染病医院给排水、暖通及医用气体系统的防疫适配设计方面取得了一定成果,但仍存在一些不足之处亟待改进。首先,在给排水系统设计中,对于暴雨、地震等极端条件下污水处理的应急能力与工艺优化探讨较为有限,未形成完善的应急设计体系;其次,在暖通系统方面,现有研究多集中于常规气流组织与空气净化措施,对等离子体、光催化等新型空气净化技术的防疫效能与工程应用成本分析尚未深入挖掘;此外,医用气体系统的防疫适配设计目前仍缺乏统一的行业操作规范,尤其是管道双密封结构的日常维护、消毒作业的具体流程与验收标准有待进一步细化。

展望未来,随着传染病防控需求的不断提升以及智能建造技术的发展,传染病医院相关系统的防疫适配设计将呈现以下趋势:一是智能化技术的深度融合,例如通过大数据与人工智能实现给排水、暖通及医用气体系统的实时联动监控与自动调控,构建一体化智慧防疫系统;二是绿色环保理念的全面渗透,包括开发低能耗、高效率的污水

处理工艺及无二次污染的空气净化技术,降低医院运营成本;三是平疫结合模式的广泛应用,在设计阶段充分考虑系统的平时与疫情双重功能需求,实现气源、空调、供水等设备的共享与快速切换,最大化利用资源;四是行业规范的完善,加快制定医用气体系统密封、消毒等专项操作规范,形成覆盖三大系统的防疫设计标准体系。通过以上努力,未来传染病医院相关系统的防疫适配设计将更加科学、高效且可持续,为应对全球性公共卫生挑战提供坚实保障。

【参考文献】

- [1]刘智波,童德军,谌资,等.新冠肺炎疫情后传染病医院建筑给排水系统的设计与维护[J].给水排水,2021,47(2):366-369.
- [2]朱加丰,叶莹,王杰.医院平疫结合设计的实践与探索——以北仑区人民医院应急医疗救治中心工程为例[J].浙江建筑,2023,40(3):45-48.
- [3]孙宏伟,李慧,张坡,等.传染病医院给排水系统设计要点探析[J].中国医院建筑与装备,2023,24(6):60-63.
- [4]王健,李欣.新冠疫情下医用气体系统的防疫改造设计[J].中国医院建筑与装备,2024,25(2):78-81.

作者简介:谭潇(1988.9—),女,汉族,毕业院校:哈尔滨工业大学;现就职单位:河北医科大学第二医院。