

暖通空调系统防排烟设计研究

洪月琴

宁夏汇宇建筑设计有限公司 宁夏 银川 750000

摘 要：暖通空调系统防排烟设计是建筑消防安全的关键环节。通过剖析系统类型与功能分区、排烟口管道设计、风机选型及智能联动等关键要素，揭示设计标准滞后、系统协同不足、运维管理薄弱等现存问题。研究提出优化设计标准、强化系统集成、完善运维体系等改进策略，旨在提升防排烟系统有效性与可靠性，为建筑消防安全提供科学设计依据与实践指导，助力构建安全高效的建筑通风防排烟体系。

关键词：暖通空调；系统；防排烟；设计

引言

随着建筑规模与功能的日益复杂，暖通空调系统防排烟设计在建筑消防安全中的重要性愈发凸显。合理的防排烟设计能够有效控制火灾烟气蔓延，为人员疏散与消防救援争取宝贵时间。然而，当前设计实践中存在诸多问题，影响系统效能发挥。本文基于对暖通空调系统防排烟设计关键要素的深入分析，探讨现存问题，并针对性提出改进策略，旨在为提升建筑防排烟系统设计水平、保障建筑消防安全提供理论与实践参考。

1 暖通空调系统防排烟设计概述

暖通空调系统防排烟设计是建筑消防安全体系的关键组成部分，其核心在于通过科学的气流组织与压力控制，有效抑制火灾蔓延并保障人员安全疏散。防排烟设计需依据建筑功能、空间结构及火灾动力学特性，构建针对性的烟气控制系统，涵盖自然排烟与机械排烟两种基本方式。自然排烟依托可开启外窗、天窗等自然通道，利用热压与风压实现烟气自然排出；机械排烟则借助排烟风机、排烟管道等设备，主动抽取火灾区域的高温烟气，两种方式各有优势且常需协同应用。在实际工程设计中，防排烟系统的合理布局需综合考虑建筑平面布局、防火分区划分及人员疏散路径。排烟口的位置与数量直接影响排烟效率，通常需布置在储烟仓内且保证一定的间距，以确保烟气能够迅速排出。补风系统的设计也不容忽视，其作用在于维持排烟区域的空气平衡，为排烟过程提供充足的空气补给，避免因负压导致烟气无法有效排出。机械加压送风系统通过向疏散楼梯间、前室等区域送入新鲜空气，形成正压环境，阻止烟气侵入，为人员安全疏散提供必要的无烟通道。随着建筑技术的发展，防排烟设计在性能化防火理念推动下不断革新。数值模拟技术的应用使设计师能够通过计算流体力学（CFD）软件对火灾场景下的烟气流动、温度分布及

人员疏散过程进行可视化分析，优化防排烟系统参数。智能控制技术的融入，则实现了防排烟设备的自动监测与联动控制，当火灾探测器感知火情后，系统可迅速启动排烟风机、开启排烟口，同时关闭相关防火阀，形成高效有序的防排烟响应机制，切实提升建筑抵御火灾风险的能力。

2 暖通空调系统防排烟设计的关键要素

2.1 系统类型与功能分区

（1）防排烟系统类型的合理选择是保障建筑消防安全的基础，自然排烟系统凭借可开启外窗或排烟口，依靠热压及风压实现烟气自然排出，具有结构简单、无需动力设备的优势，适用于具备良好自然通风条件且高度较低的建筑区域；机械排烟系统则通过排烟风机强制排出烟气，能够在复杂建筑环境中高效运作，尤其适用于无自然排烟条件或高层建筑的內走道、地下室等区域。（2）功能分区需依据建筑空间特性划分，按照防火分区与防烟分区的界限，将防排烟系统进行针对性部署，确保每个分区内的防排烟设施独立运行，避免烟气在不同区域间蔓延扩散。例如，将商业综合体的购物区、餐饮区、办公区分别设置独立防排烟系统，可有效控制火灾初期烟气流动范围。（3）系统类型与功能分区的协同设计，要综合考虑建筑用途、空间布局、人员密度等因素，通过合理划分防烟分区尺寸，优化自然排烟与机械排烟的组合方式，实现防排烟系统在火灾场景下的高效运作，为人员疏散与消防救援争取宝贵时间^[1]。

2.2 排烟口与排烟管道设计

（1）排烟口的设计直接影响烟气排除效率，其位置需遵循气流组织原理，设置在储烟仓内且距离顶棚不大于0.5m处，确保能够及时捕捉上升的热烟气。排烟口应具备可靠的自动开启功能，采用电动或手动控制方式，在火灾发生时迅速打开，且需满足一定的排烟面积要

求,以保证单位时间内的排烟量符合设计标准。(2) 排烟管道的选材与布置至关重要,管道需采用不燃材料制作,且应具备良好的隔热性能,防止高温烟气对管道周围结构造成破坏。在管道布置上,应尽量缩短水平长度,减少不必要的弯头与变径,以降低烟气流动阻力,提升排烟效果;对于穿越防火分区的管道,需在穿越处设置防火阀,防止烟气蔓延至其他区域。(3) 排烟口与排烟管道的系统匹配度决定整体排烟效能。在工程设计中,要综合考量建筑类型、火灾危险等级、通风条件等多方面因素,借助专业软件与精确公式,仔细计算排烟口数量、尺寸和排烟管道管径、风速,保障流量与压力平衡,让烟气顺畅排出,保障防排烟系统稳定运行。

2.3 风机选型与动力系统

(1) 风机选型需依据排烟系统的设计风量与风压进行精准计算,排烟风机的风量应按照最大防烟分区面积每平方米不小于 $120\text{m}^3/\text{h}$ 确定,且需考虑一定的富裕量,以应对火灾时可能出现的复杂工况。风机的风压需克服排烟管道系统的阻力、排烟口的局部阻力以及克服烟卤效应产生的压力,确保在火灾发生时能够有效排出烟气。(2) 风机的性能参数直接影响其运行可靠性,应选择耐高温、耐腐蚀的专用排烟风机,风机需能够在 280°C 高温条件下连续工作 30min 以上,且在火灾初期能快速启动并达到额定转速。风机的噪音控制也不容忽视,需通过优化风机叶片设计、加装消声装置等措施,将运行噪音控制在合理范围内,避免对人员疏散造成干扰。(3) 动力系统的稳定性是风机可靠运行的保障,采用双电源或双回路供电方式,确保在主电源故障时能够自动切换至备用电源,维持风机持续运转。对风机的电机、传动装置等关键部件进行定期维护与检测,通过智能监测系统实时掌握设备运行状态,及时发现并处理潜在故障,保证防排烟系统在火灾发生时能够正常启动并发挥作用^[2]。

2.4 智能控制与联动系统

(1) 智能控制技术为防排烟系统赋予自动化运行能力,通过设置火灾探测器、温湿度传感器等感知设备,实时监测建筑内的火灾信号与环境参数。当探测器检测到火灾发生时,将信号传输至消防控制中心,控制中心通过预设程序自动启动相应区域的防排烟系统,实现排烟口开启、风机运转等一系列操作,提高系统响应速度。(2) 联动系统实现了防排烟设施与其他消防设备的协同工作,与防火卷帘、防火门、消防电梯等设备联动,当防排烟系统启动时,防火卷帘自动下降、防火门关闭,防止烟气扩散,消防电梯切换至消防运行状态,为消防救援提供便利。与通风空调系统联动,在火灾发

生时自动关闭通风空调设备,避免其成为烟气传播通道。(3) 智能控制与联动系统的优化调试是确保其可靠性的关键,通过模拟火灾场景进行系统功能测试,验证防排烟系统的启动逻辑、设备动作顺序以及联动效果是否符合设计要求。利用大数据分析 with 人工智能算法,对系统运行数据进行实时监测与分析,不断优化控制策略,提高防排烟系统在不同火灾场景下的适应性与稳定性,为建筑消防安全提供全方位保障。

3 暖通空调系统防排烟设计存在的问题与改进策略

3.1 存在的问题

3.1.1 设计标准与实际需求脱节

在暖通空调系统防排烟设计领域,设计标准滞后于建筑功能的多元化发展趋势,导致设计成果与实际需求产生明显脱节。现行的设计标准多基于传统建筑类型的通用参数,难以精准适配现代建筑复杂的空间形态与使用场景。例如,大型商业综合体、超高层写字楼等新型建筑,其内部功能分区复杂,人员流动与火灾荷载特性均与传统建筑存在显著差异。在防排烟系统设计中,若仍采用统一的排烟量计算模型与通风路径规划,会导致部分区域排烟效率不足,无法有效控制烟气蔓延。随着建筑材料与技术的不断革新,新型材料燃烧产生的烟气特性具有不确定性,而现有设计标准对这类新型燃烧产物的排烟处理缺乏针对性考量,使得防排烟系统在实际火灾工况下难以发挥预期效能,无法满足人员安全疏散与财产保护的实际需求^[3]。

3.1.2 系统集成与协同不足

暖通空调防排烟系统是一个涉及多个子系统协同运作的复杂体系,然而在实际工程中,系统集成与协同存在诸多不足。防排烟系统与空调通风系统、消防报警系统、建筑结构体系之间缺乏有效的信息交互与功能联动。例如,在火灾发生时,防排烟系统无法及时获取消防报警系统的准确火情定位信息,难以针对火源位置快速调整排烟模式与风量分配。防排烟系统与空调通风系统的管道布局与控制逻辑未充分整合,在火灾工况下,空调通风系统的运行可能会干扰防排烟系统的正常运作,导致烟气扩散加剧。防排烟系统内部各设备之间的协同性也较差,排烟风机、送风口、排烟口等设备的启停控制与风量调节缺乏精准配合,使得整个系统无法形成高效的排烟合力,严重影响防排烟效果。

3.1.3 运维管理薄弱

暖通空调防排烟系统的运维管理工作长期处于薄弱状态,严重影响系统的可靠性与稳定性。防排烟设备在长期运行过程中,易受灰尘、湿气等因素影响出现部

件老化、性能下降等问题,但由于缺乏专业的运维团队与完善的检测机制,这些潜在故障难以被及时发现与处理。例如,排烟风机的轴承磨损、排烟管道的密封性下降等问题,若未得到及时检修,会导致风机效率降低、排烟量不足。防排烟系统的运行参数未进行实时动态监测与数据分析,无法根据实际运行状况及时调整系统运行模式,难以保障系统在最佳状态下运行。运维人员对防排烟系统的操作流程与维护要点掌握不熟练,在系统出现故障时,无法快速、准确地进行故障排查与修复,进一步延长了系统的故障时间,降低了系统在火灾发生时的有效响应能力。

3.2 改进策略

3.2.1 优化设计标准与方法

为解决设计标准与实际需求脱节的问题,需对暖通空调防排烟系统的设计标准与方法进行全面优化。引入先进的计算流体力学(CFD)技术,结合建筑空间的三维建模,对不同火灾场景下的烟气流动特性进行精准模拟分析,以此为基础制定差异化的排烟量计算方法与通风路径规划策略。针对新型建筑类型与特殊功能区域,建立专项设计参数数据库,收集整理实际工程中的运行数据与测试结果,不断完善设计标准的适用性。加强对新型建筑材料燃烧特性的研究,将其产生的烟气成分、扩散速度等参数纳入防排烟设计考量范围,开发针对性的排烟处理技术与设备选型标准,确保防排烟系统设计能够紧密贴合实际工程需求,提升系统在复杂工况下的排烟效能。

3.2.2 加强系统集成与协同

提升暖通空调防排烟系统的集成与协同能力,是保障系统高效运行的关键。构建统一的智能化控制平台,实现防排烟系统与空调通风系统、消防报警系统、建筑结构体系之间的信息共享与交互联动。利用物联网技术,将各子系统的传感器、控制器等设备接入统一网络,使防排烟系统能够实时获取火灾报警信息、空调通风系统运行状态以及建筑结构参数,根据实际火情快速调整运行模式。在系统设计阶段,优化防排烟系统与空调通风系统的管道布局与控制逻辑,采用智能阀门与变风量设备,实现火灾工况下两种系统功能的无缝切换与

协同运作。加强防排烟系统内部各设备之间的协同控制,通过编程算法优化设备的启停时序与风量调节逻辑,确保系统各部件能够协同配合,形成高效的防排烟合力。

3.2.3 完善运维管理体系

完善暖通空调防排烟系统的运维管理体系,可有效提升系统的可靠性与稳定性。组建专业的运维团队,对运维人员进行系统的技术培训,使其熟练掌握防排烟系统的设备原理、操作流程与维护要点。建立智能化的运维管理平台,通过安装各类传感器对防排烟设备的运行参数进行实时监测,如风机转速、管道压力、设备温度等,利用大数据分析技术对监测数据进行处理,及时发现设备潜在故障与性能异常,并自动生成维护预警信息。制定科学合理的设备维护计划,定期对防排烟设备进行全面检查、清洁与保养,确保设备始终处于良好运行状态。建立系统故障应急处理机制,制定详细的故障排查流程与应急预案,提高运维人员在系统故障时的快速响应与处理能力,保障防排烟系统在火灾发生时能够可靠运行^[4]。

结语

综上所述,暖通空调系统防排烟设计需综合考量多方面因素。通过对关键要素的分析,明确了系统设计中的问题与改进方向。优化设计标准、加强系统集成与协同、完善运维管理体系,能够显著提升防排烟系统性能。未来,应持续关注新技术、新标准,推动防排烟设计创新发展,以适应建筑行业不断变化的需求,为建筑消防安全筑牢坚实防线。

参考文献

- [1]李聪聪.暖通空调系统防排烟设计研究[J].科技资讯,2025,23(8):154-156.
- [2]董钰楠.暖通空调系统防排烟设计研究[J].同行,2021(18):161-162.
- [3]陈众举.暖通空调系统防排烟设计分析[J].中国设备工程,2021(23):129-130.
- [4]冯骥.暖通空调系统防排烟设计分析[J].现代物业,2022(14):34-36.