

建筑暖通空调防排烟设计常见问题分析

刘思颖¹ 陈雨芯²

1. 河南安钢泽众冶金设计有限责任公司 河南 郑州 450000

2. 河南安钢集团工程管理有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 建筑暖通空调防排烟设计关乎消防安全。本文阐述防排烟设计核心定位、功能、组成与分类,剖析系统选型、风口设计、管道风道、风量压力、控制联动等环节常见问题,分析设计理念偏差、计算失误、协同不足等成因,提出设计前期优化、过程管控、后期验证改进等方向与建议,为提升防排烟设计质量提供参考。

关键词: 防排烟设计;暖通空调;系统选型;管道风道;控制联动

引言:建筑火灾中,烟气危害巨大,防排烟设计至关重要。暖通空调系统与防排烟系统紧密相连,科学合理的防排烟设计能有效控制烟气扩散,保障人员疏散与灭火救援。然而,当前防排烟设计存在诸多问题,影响系统效能。深入分析这些问题,探究成因并提出改进措施,对提高建筑消防安全水平具有现实意义。

1 建筑暖通空调防排烟设计基础

1.1 防排烟设计的核心定位与功能

防排烟系统是建筑消防安全的关键环节,控制烟气扩散能阻止火灾产生的高温有毒烟气在建筑内无序蔓延,减少对人员呼吸系统的伤害;保障人员疏散通道安全可维持疏散楼梯间、前室等区域的无烟环境,为人员撤离争取充足时间;辅助灭火救援通过改善火场能见度,为消防人员进入建筑内部扑救创造条件^[1]。防排烟系统与暖通空调系统需协同设计,系统集成阶段要统筹两者管线布局与设备安装位置,避免后期空间冲突或功能干扰;运行模式切换需明确触发条件,如接收火灾报警信号后,暖通空调系统停止正常送风,防排烟系统同步启动,确保应急状态下衔接顺畅。防排烟设计需结合建筑特性,建筑高度不同对系统风压要求不同,高层建筑需增强加压或排烟能力以抵消气流阻力;功能分区影响系统布局,人员密集区域需加密排烟口,特殊区域需强化防烟措施;疏散路径决定保护重点,需围绕楼梯、安全出口优化设施布置,保障撤离路线安全。

1.2 防排烟系统的核心组成与分类

机械防排烟系统包含两类系统,机械加压送风系统由送风机、风道、送风口及控制装置组成,送风机提供稳定风压,送风口向疏散区域送风形成正压阻挡烟气;机械排烟系统由排烟风机、风道、排烟口及防火阀构成,排烟风机抽取烟气,防火阀高温时自动关闭防止火势蔓延。自然防排烟系统依赖自然力量,自然通风口设

在外墙或屋顶保障空气流通,为排烟提供补给;排烟窗设计需考虑开启方式、面积及位置,开启方式需便捷且火灾时可自动开启,位置选在烟气聚集区域。不同建筑空间适配不同系统,高层建筑多采用机械加压与排烟系统组合强化效果;地下空间无自然通风,需依赖机械排烟并配备补风系统;大空间建筑可结合自然排烟窗与机械排烟,自然排烟降低能耗,机械排烟作为应急补充。

2 建筑暖通空调防排烟设计各环节常见问题

2.1 系统选型与匹配问题

系统类型与建筑空间不匹配会直接影响排烟效果,地下车库无自然通风条件却选用自然排烟系统,火灾时烟气无法有效排出,易在车库内积聚;大空间建筑因空间体积大,若机械排烟量不足,无法快速降低烟气浓度,会延误人员疏散^[2]。防排烟系统与暖通空调系统衔接断层,风量平衡设计缺失会导致两系统运行时气流相互干扰,出现部分区域排烟不畅;运行模式切换机制不完善,火灾时暖通空调系统无法及时停止送风,防排烟系统启动延迟,易造成烟气扩散。设备选型参数不合理,风机风压低于管道阻力会导致排烟动力不足,烟气无法顺利排出;风口风速超出设计限值会产生过大噪音,还可能破坏气流稳定性,影响排烟效率。

2.2 排烟口与送风口设计问题

排烟口设置位置不当会削弱排烟能力,远离烟气产生源会延长烟气到达排烟口的路径,增加扩散时间;遮挡物阻挡会导致排烟口进风面积减小,排烟速度下降;跨越防火分区设置会使烟气通过排烟口蔓延至其他区域,扩大火灾影响范围。送风口布置不合理,未对准疏散通道无法在通道内形成有效正压,难以阻挡烟气侵入;送风死角会导致部分区域正压不足,成为烟气渗透的薄弱点;风口数量不足则无法覆盖整个疏散区域,影响防烟效果。风口尺寸与风速设计偏差,排烟口截面积

过小会使风速过高,加剧气流紊乱,甚至卷起火星引发二次火灾;送风口尺寸过大则会导致气流速度过低,无法形成稳定正压。

2.3 管道与风道设计问题

风道布置不符合防火要求存在严重安全隐患,穿越防火分区未设防火阀,火灾时火焰易通过风道蔓延至其他区域;风道材质耐火极限不足,高温下易变形坍塌,阻断排烟路径,部分风道未做防火包裹进一步加大风险。管道阻力计算失误会降低系统运行效率,风道截面积过小、弯头过多会使气流阻力增大,风机负荷加重,甚至导致排烟量达不到设计要求;漏风率超出允许范围会造成实际排烟量减少,无法满足排烟需求。管道与其他管线冲突会干扰排烟系统正常运行,与电气管线、给排水管道交叉时,可能被迫改变风道走向,增加阻力,或因空间限制压缩风道截面积,影响排烟效果。

2.4 风量与压力设计问题

排烟量计算偏差会导致系统功能失效,未考虑火灾规模会使排烟量无法应对实际火势产生的烟量,空间体积计算错误则可能导致排烟量不足或过量,不足会使烟气积聚,过量则会造成能源浪费且可能干扰灭火作业。加压送风压力控制不当会影响疏散安全,楼梯间正压值过高会增加门的开启难度,人员疏散时易受阻;前室正压值不足则无法有效阻挡烟气进入,威胁疏散通道安全。风量平衡设计缺失会导致系统运行紊乱,同一防火分区内不同区域风量分配不均,会使部分区域排烟不彻底;系统漏风未计入设计会造成实际有效风量减少,影响排烟与防烟效果。

2.5 控制与联动设计问题

系统联动逻辑缺陷会延误应急响应,防排烟系统与火灾报警系统联动延迟,无法及时启动排烟,导致烟气扩散;风机启停顺序混乱会破坏气流组织,影响排烟效率^[3]。应急控制机制不完善会降低系统可靠性,手动控制按钮位置不便操作,紧急情况下人员无法快速启动或停止系统;断电时系统无法切换备用电源,会导致排烟中断,加剧危险,部分系统未定期测试备用电源切换功能。与暖通空调主系统联动故障会引发安全风险,正常运行与应急排烟模式切换卡顿,会使系统在关键时期无法发挥作用;阀门关闭不严导致烟气串流,会使未起火区域受到烟气污染。

3 防排烟设计常见问题的核心成因分析

3.1 设计理念与认知偏差

部分设计存在重空调功能轻防排烟设计的倾向,过度关注空调系统对室内温度、湿度的调节效果以满足舒

适度需求,将防排烟设计视为附加环节,未充分考虑火灾时烟气控制的关键作用,导致防排烟系统配置简化、参数保守,无法应对实际火灾场景。对规范理解不深入易造成设计偏差,混淆不同建筑类型的设计要求,如将多层建筑的防排烟标准套用 in 高层建筑上;忽略规范中的细节条款,如对排烟口与火源距离的限制、风道耐火极限的具体要求,使设计不符合安全标准。缺乏系统集成思维会割裂防排烟系统与暖通空调系统的联系,单独设计两系统的管线、设备与控制逻辑,未考虑两者运行时的相互影响,导致系统衔接断层,出现风量冲突、模式切换故障等问题。

3.2 计算与参数取值问题

基础参数计算错误直接影响系统设计合理性,空间体积计算时遗漏挑高区域、夹层等特殊空间,导致排烟量计算偏小;火灾热释放速率取值未结合建筑内可燃物类型与数量,取值过高或过低,过高造成设备选型冗余,过低则无法满足排烟需求。忽略动态因素影响会使设计脱离实际运行工况,未考虑火灾时烟气温度升高导致空气密度变化,进而影响风压、风速计算结果;漏风率未按管道材质、施工工艺等实际情况估算,仅采用理论值,导致实际排烟量与设计值偏差较大。软件计算模型选用不当会降低计算准确性,模拟参数设置错误,如未正确输入建筑门窗开启状态、气流组织形式;未结合建筑实际工况调整模型,如将普通办公建筑的模型用于大空间会展建筑,使计算结果无法指导实际设计。

3.3 与其他专业协同不足

与建筑专业衔接不畅易引发设计冲突,建筑专业调整疏散路径后未及时同步给防排烟设计人员,导致排烟口仍按原路径布置,无法有效覆盖新疏散通道;防火分区划分与防排烟系统设计不一致,如排烟系统跨越变更后的防火分区,违反防火要求。与结构专业配合缺失会影响系统安全性与可行性,风道布置未考虑结构梁、柱的承重能力,选用过重的风道材质或过大的截面尺寸,超出结构承载极限;楼板开孔位置未避开结构受力关键部位,或开孔尺寸过大,影响结构防火性能与整体稳定性。与消防专业沟通断层会导致系统联动失效,防排烟设计未同步消防报警点位,使系统无法接收准确的火灾信号;灭火系统与防排烟系统联动逻辑不一致,如灭火系统启动后防排烟系统未按预设程序调整运行状态,影响火灾扑救与烟气控制效果。

4 防排烟设计问题的优化方向与改进建议

4.1 设计前期优化

强化系统选型论证需充分结合建筑功能与火灾风险

评估,先分析建筑用途如办公、商业、地下车库的不同功能特性,再评估各区域火灾荷载、烟气产生速率等风险因素,同时考虑建筑后续使用过程中功能调整的可能性,据此确定适配的防排烟系统类型,如人员密集的商业空间优先选用高效机械排烟系统,低风险的单层建筑可考虑自然排烟系统,避免因选型盲目导致系统功能不足^[4]。完善基础参数计算需采用精准方法,空间计算时全面测量挑高、夹层、凹凸结构等特殊区域尺寸,确保体积数据完整;结合建筑内可燃物类型如木材、塑料、纺织品的不同燃烧特性,修正火灾热释放速率等参数,使计算结果贴合实际火灾场景,为系统设计提供准确依据。推进多专业协同设计需建立前期联合评审机制,建筑、结构、消防、暖通等专业人员共同参与设计方案讨论,共享三维设计模型,实时标注各专业管线、构件位置,提前发现并解决防排烟系统与其他专业的空间冲突、功能矛盾,避免后期返工调整。

4.2 设计过程管控

细化设备与组件选型需严格核对技术参数,选择风机时确认风压、风量与管道阻力、排烟需求的匹配度,同时核查风机在高温环境下的持续运行能力,避免因风压不足导致排烟不畅或风压过大造成能源浪费;挑选阀门、风口时检查耐火等级、开启性能、风速限制等指标,确保符合设计规范与使用场景要求,杜绝不合格组件影响系统整体性能。加强管道与风道设计审核需从多维度优化,风道走向规划时尽量缩短路径、减少弯头数量,降低气流阻力;采用密封性能优良的风道材料与连接工艺,严格控制漏风率在允许范围内;在风道穿越防火分区处规范设置防火阀,确保火灾时能有效阻断火势蔓延,保障风道系统安全可靠。完善控制与联动逻辑需通过模拟测试验证效果,利用专业软件模拟火灾发生时系统的启停顺序、阀门切换、风量调节等过程,排查联动延迟、逻辑混乱等问题;增设手动控制按钮、备用电源切换等多重应急控制手段,确保系统在自动控制失效

时仍能正常运行,提升应急响应能力。

4.3 后期验证与改进

开展设计效果模拟验证需借助专业工具,利用流体力学模拟软件构建建筑空间模型,模拟不同火灾场景下的烟气扩散路径、浓度变化、温度分布,验证防排烟系统的排烟效率、防烟效果是否达到设计目标,针对模拟中发现的烟气滞留、扩散过快等问题及时调整设计方案。建立设计问题反馈机制需收集工程实践数据,在项目施工、调试、运维阶段记录防排烟系统出现的设计缺陷,如风口位置不当导致排烟死角、管道阻力计算偏差影响风量等,将问题分类整理后纳入设计数据库,定期组织人员分析问题规律,为后续类似项目优化设计方案提供参考。强化设计人员专业能力需持续开展培训,定期组织防排烟设计规范学习,解读最新标准要求与细节条款;通过案例分析、实操演练等方式提升设计人员的系统集成思维,使其能统筹兼顾防排烟系统与暖通空调系统的协同设计,减少因专业能力不足导致的设计问题。

结束语

建筑暖通空调防排烟设计是保障建筑消防安全的关键。通过对设计各环节常见问题的剖析、成因的探究以及优化方向与建议的提出,明确了提升设计质量的路径。后续需强化设计前期论证、过程管控与后期验证,加强多专业协同,提升设计人员专业能力,以不断完善防排烟设计,为建筑消防安全筑牢防线。

参考文献

- [1]刘振国.超高层建筑暖通空调节能设计探析[J].福建建设科技,2022(1):74-76.
- [2]魏斯胜.绿色建筑暖通空调的节能设计及降噪探究[J].设备管理与维修,2021(24):121-123.
- [3]陈翔.暖通空调系统的防排烟设计常见问题分析[J].中国新技术新产品,2017(13):73-74.
- [4]郭荣.建筑暖通空调防排烟设计常见问题分析[J].装饰装修天地,2023(2):25-27.