

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，探完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在高层建筑上；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.