

高层民用建筑防排烟技术应用现状及设计规范探析

张 青

宁波市建设集团股份有限公司 浙江 宁波 315200

摘 要：高层民用建筑的防排烟体系是建筑消防安全的核心支撑，直接关系到火灾场景下人员疏散的安全底线。梳理高层民用建筑防排烟核心技术的应用特征，结合现场落地的实际状态展开分析，本文同步拆解现行主流设计规范的适配逻辑，梳理技术落地与规范体系之间的适配矛盾，提出针对性的优化调整方向，为相关领域的工程设计与技术迭代提供务实参考。

关键词：高层民用建筑；防排烟技术；机械加压送风；消防设计规范；烟气防控

引言：高层民用建筑竖向空间狭长、人员分布密集，火灾场景下烟气扩散速度快、蔓延路径复杂，防排烟系统的防护效能直接决定整体消防安全的基础水平。随着现代高层建筑的结构形态与功能布局持续迭代，各类新型防排烟技术不断落地应用，行业对防排烟设计的精细化适配要求持续提升，梳理技术应用现状与规范体系的内在关联，具备很强的工程实践参考价值。

1 高层民用建筑防排烟核心技术类型及应用特点

1.1 机械加压送风防烟技术应用特征

机械加压送风防烟是高层建筑疏散防护中最常用的技术形式。该技术通过专用送风设备向建筑指定区域持续补风，抬高局部空间气压，形成稳定的正压防护环境。应用场景多集中在楼梯间、消防前室、避难层等关键逃生区域，利用正压阻隔烟气渗入，保持疏散通道全程洁净可用。设备运行受天气、风力和层高变化的影响较小，运行状态稳定，能够应对超高层建筑复杂的竖向风压环境^[1]。设备布置贴合建筑竖向结构走势，送风路径清晰可控，可根据楼层高度和分区布局灵活调节送风强度，适配各类高层建筑的疏散防护需求。

1.2 机械排烟技术应用特征

机械排烟依靠专用风机与管道系统主动抽取室内烟气，主动干预空间内烟气流动状态，十分适配高层建筑大空间场景。建筑大堂、中庭、长距离内走道等开阔密闭区域，烟气堆积量大、扩散范围广，适合采用机械排烟方式快速疏导高温烟气，缓解室内排烟压力。高层建筑烟气具备竖向爬升快、扩散范围广的特点，很多封闭区域无法依靠自然条件完成有效排烟。机械排烟系统依托独立管路布局，排烟路径固定、可控，可实现多楼层、多分区同步排烟，契合现代高层建筑复杂的空间功

能布局特征。

1.3 自然排烟技术应用特征

自然排烟依托室内外温差与风压差值带动烟气流动，通过外窗、排烟天窗等开启构件实现烟气自主排出。整套构造无需搭载机电设备，结构简单轻巧，占用室内空间少，后期维护负担更低。这类技术更适合层高适中、外立面开窗条件良好的建筑区域，适配多数开放式、半开放式空间的排烟场景。自然排烟效果完全依赖外部环境条件，建筑朝向、开窗面积和竖向层高都会影响排烟效率。空间密闭程度高、竖向进深偏大的建筑区域，单独采用自然排烟难以达到理想的防护标准。

1.4 复合式防排烟技术应用特征

复合式防排烟结合机械送风、机械排烟与自然排烟的各自优势，根据建筑不同区域的空间特点灵活搭配使用，适配结构复杂、功能多样的高层建筑。单一防排烟技术存在适用场景局限，难以兼顾整栋建筑的差异化防护需求。复合模式可以针对密闭核心区、公共开阔区、疏散通道等不同位置，分别匹配对应的防排烟手段。系统架构同时兼顾烟气阻隔与烟气疏导功能，依托正压送风保护疏散通道，依靠排烟装置清理公共区域烟气，形成分层分区的立体防护格局。灵活的组合形式，能够适配异形结构、超高层及多功能复合建筑的设计要求，契合高层建筑多元化的建设发展趋势。

2 高层民用建筑防排烟技术现场应用现状

2.1 建筑功能分区防排烟技术适配应用情况

建筑功能分区不同，消防安全防护的侧重点存在明显差异，防排烟配置随之呈现清晰的场景化特征。高层住宅以居住休憩功能为主，室内空间相对规整，普遍适

用简洁轻便的排烟构造,满足日常消防防护标准即可。商业、办公类公共建筑内部人流密集、空间通透开放,人员流动频繁,对排烟效率要求更高,大多配置主动式机械排烟系统^[2]。机房、储藏间等辅助空间布局紧凑,可燃物堆放集中,通常搭配专属局部防烟措施,适配小空间、高风险区域的防护特点。

2.2 不同建筑高度防排烟技术选用倾向

建筑竖向高度是影响防排烟技术选型的关键现场要素。普通高层建筑竖向气流变化相对平缓,风压波动幅度小,自然排烟搭配简易机械辅助装置,即可满足大部分区域的排烟需求。超高层建筑竖向空间狭长,气流环境复杂,烟气上升速度快、蔓延路径多,被动排烟方式难以覆盖整体防护范围。这类建筑更倾向采用机械加压防烟搭配强制机械排烟的组合模式,借助机电设备稳定的工作性能,应对高空复杂的气流与烟气扩散工况,保障整体防护可靠性。高度越高对防排烟系统稳定性要求越高,机电一体化控烟方案成为超高层项目的主流选型,适配高空复杂消防工况。

2.3 密闭空间与疏散通道防排烟技术应用差异

建筑内部空间属性不同,防排烟设计的核心目标存在明显区别,技术应用方式随之形成差异化特征。中庭、封闭走道、地下附属空间相对密闭,烟气容易长时间滞留堆积,防排烟设计重点在于快速排走高温烟气,这类区域以主动排烟技术为主要配置。楼梯间、前室、避难层承担人员逃生功能,设计核心在于隔绝烟气侵入,保证逃生通道干净畅通。这类疏散专属空间普遍采用机械加压送风模式,构建连续稳定的正压屏障,守住高层建筑人员疏散的关键安全防线。

2.4 现阶段防排烟技术应用的共性倾向

当前高层建筑防排烟技术的现场应用,随着建筑建设标准升级不断优化迭代。技术选型更加注重与建筑主体结构、室内功能布局的深度融合,减少设备对有效使用空间的占用。系统布置不再采用粗放式统一配置,转向分区、分级的精细化管控模式,依照不同区域的风险等级匹配对应的防护方案。机电型防排烟设备的应用覆盖面持续扩大,精细化、场景化的布设思路逐步取代传统单一配置方式,更好适配现代高层建筑复杂多变的消防防护场景。

3 高层民用建筑防排烟主流设计规范体系与适配要求

3.1 防排烟系统整体设计框架要求

防排烟系统整体设计遵循分区防护、精准适配的核心框架逻辑。设计工作需要结合建筑竖向分区、防火分

区、功能分区完成整体布局规划,让防烟、排烟体系各司其职,形成完整的消防防护架构。防烟体系聚焦疏散保障,围绕人员逃生的核心区域搭建防护屏障,阻断烟气进入疏散通道^[3]。排烟体系聚焦空间控烟,针对火灾易发、烟气易堆积的公共区域开展疏导设计。整体框架强调系统独立性与联动性的平衡,各分区系统保持独立运行能力,又能依托整体架构完成协同防护,适配高层建筑复杂的空间防护需求。

3.2 送排烟系统专项设计规范要点

送风系统设计以稳定正压环境为核心管控要点,重点针对前室、楼梯间、避难区域设定专属设计标准。设计过程需要匹配建筑竖向层数与空间密闭性,合理规划送风覆盖范围,保障疏散区域气压稳定,抵御烟气渗透侵入。排烟系统设计侧重空间烟气疏导能力的适配管控,针对大空间、长走道、密闭中庭等特殊区域,细化排烟覆盖范围与布设密度。规范要求长度超过60米的内走道,排烟风口的布设间距不得超过30米,设计工作需要匹配空间容积与通风条件,规避排烟盲区,保证室内烟气可以有效排出。两类系统的专项设计均围绕建筑空间特性展开,针对性解决高层建筑烟气竖向扩散、局部滞留的设计难题。

3.3 建筑结构与疏散体系的规范适配衔接

防排烟设计需要与建筑结构、疏散体系深度衔接,各项设计参数贴合建筑主体构造特征。建筑层高、开间尺寸、围护结构密闭性,都会影响防排烟系统的布设形式与运行参数。疏散楼梯、安全出口、避难空间的布局位置,决定防烟屏障的布设点位与防护范围。设计工作需要贴合建筑结构走势调整管路走向与设备点位,避免消防设计与建筑主体结构产生冲突。同步适配疏散动线的分布特征,让防排烟防护范围完全覆盖人员逃生路径,从空间布局层面夯实消防安全基础。

3.4 设备管路与不同业态的差异化设计要求

不同业态的高层民用建筑,在设备管路布设上存在差异化设计要求。居住类高层建筑室内格局规整、空间私密性强,管路布设偏向简约隐蔽的设计形式,控制设备占用空间,贴合居住空间的使用属性。商业、办公类公共建筑通透空间多、人流密度高,管路与风口布设更注重均匀覆盖,提升全域排烟效率。设备选型、管路管径、风口布局都需要匹配建筑业态的使用场景与消防风险特征。差异化的设计准则,能够让防排烟系统适配不同建筑的运营特点,提升消防设计与建筑实际使用场景的贴合度。

4 防排烟技术与设计规范的适配矛盾及优化方向

4.1 新技术与传统设计规范的适配局限

智能化、集成化的新型防排烟技术，逐步在高层建筑消防设计中得到普及应用。这类新技术的设备构造、布设逻辑和运行模式，相较于传统防排烟技术有着明显革新。现行规范条文大多围绕传统机械排烟、自然排烟体系编制，针对新型集成设备、智能联动系统的设计标准相对匮乏。新技术具备的精准控烟、动态调节、分区管控等特色功能，缺少对应的规范参数和设计依据支撑^[4]。设计人员在落地创新方案时，往往面临标准模糊、无据可依的困境。新技术的核心优势无法完全落地发挥，很多贴合现代建筑的优质设计思路，只能迁就传统规范方案简化落地。

4.2 复杂建筑结构下规范设计的适配短板

现阶段很多高层建筑摒弃了规整的传统结构，普遍出现错层布局、超大中庭、异形外立面、多功能复合空间等特殊构造。这类建筑的空间容积、气流走向和烟气扩散规律，和常规高层建筑存在较大差异。现行规范的设计参数、布设要求，均以标准化常规建筑为适配蓝本，很难贴合复杂异形空间的控烟防护需求。直接套用通用规范开展设计，容易出现排烟覆盖不全、局部烟气滞留、正压防护力度不足等问题。现有规范针对非常规复杂结构的细化条款较少，难以支撑现代高层建筑精细化、个性化的防排烟设计工作。

4.3 规范与新型防排烟技术的适配优化

填补规范与新技术之间的适配漏洞，需要结合新型防排烟技术的应用特点细化设计细则。行业可以依托各类新技术的运行原理，补充集成化、智能化设备的选型标准、布设要求和匹配参数，补齐现有规范的内容短板。结合住宅、商业、办公等不同建筑业态，区分常规空间与复杂异形空间，细化差异化的技术适配准则。依托大量落地的工程实践经验，更新贴合新技术工况的设计参数，让规范标准紧跟技术迭代节奏。适度放宽传统规范的固化约束，针对特殊工况制定灵活的设计准则，为新型防排烟技术的标准化、规范化应用提供有力支撑。

4.4 防排烟系统一体化设计与技术升级优化

高层建筑防排烟设计早已不再局限于单一设备、单一技术的独立布设，整体一体化设计成为行业发展主流趋势。设计阶段需要立足建筑整体空间格局，统筹规划防烟防护、烟气排放、管路布设和系统联动等各个环节，打破以往各系统单独设计、相互割裂的问题。结合建筑的功能业态和结构特点，灵活搭配机械送风、机械排烟、自然排烟等技术形式，搭建分层分区的立体化防护体系。对传统老旧设备进行智能化升级，优化系统联动响应逻辑，让防排烟系统可以灵活适配不同火灾工况。一体化的设计模式能够有效调和技术与规范的适配矛盾，全面提升高层建筑防排烟体系的稳定性与适配性，契合现代建筑消防的发展方向^[5]。一体化设计整合各类技术优势，统筹全局优化系统布局，从设计源头化解适配矛盾，推动消防控烟体系提质升级。

结束语

防排烟技术的迭代更新与设计规范的细化完善，是高层建筑消防安全体系持续优化的重要支撑。不同技术类型的应用特征各有侧重，适配不同场景的防护需求，而设计规范的调整优化，也始终围绕建筑实际使用场景的变化逐步推进。理顺技术应用与规范体系之间的衔接逻辑，补齐二者之间的适配短板，推动一体化设计思路在工程领域的落地普及，能够让防排烟系统更好地适配各类高层建筑的空间特征，夯实建筑消防安全的底层基础。

参考文献

- [1] 何建芳. 高层民用建筑防排烟系统问题分析 [J]. 建材发展导向 (上), 2022, 20(4): 187-189.
- [2] 杨雨铮. 高层民用建筑通风空调系统防火排烟措施初探 [J]. 建筑与装饰, 2025(9): 133-135.
- [3] 吴寒酣, 吕志静. 关于高层民用建筑防火设计问题分析及对策 [J]. 智能建筑与工程机械, 2022, 4(5): 37-39.
- [4] 陈米宁. 高层民用建筑消防设计研究 [J]. 消防界, 2024, 10(7): 78-80.
- [5] 蒋紫怡, 王朔, 刘熙博, 等. 高层民用建筑消防工程改造设计与施工常见问题解决措施 [J]. 消防界, 2024, 10(5): 78-80.