

民用建筑设计中建筑防火设计要点

宋俊荣 周银锋

浙江省建材集团有限公司 浙江 杭州 310007

摘要：民用建筑防火设计需紧扣火灾特性，通过科学布局与材料选型构建多级防御体系。总平面需严格遵循防火间距规范，高层建筑间距不低于13米；结构耐火需确保防火墙耐火极限超3小时，楼板、防火门分级设置；装修材料按功能区选用A级至B2级材料，严禁易燃聚氨酯泡沫；分区设计通过防火墙、防火卷帘控制火势，消防设施配置自动喷淋、排烟系统及智能监测技术，实现早期预警与高效扑救。

关键词：民用建筑设计；建筑防火；设计要点

引言：随着城市化进程加速，民用建筑高度与密度持续提升，火灾风险呈现复杂化、高发化特征。据统计，电气故障与装修材料隐患引发的火灾占比超60%，高层建筑“烟囱效应”与地下空间通风受限更导致疏散救援难度激增。建筑防火设计作为保障生命安全的核心环节，需通过科学布局、材料管控、智能监测及多级防御体系构建，实现从被动防火到主动防控的跨越，为城市安全提供坚实保障。

1 民用建筑火灾特性与风险分析

1.1 火灾成因与蔓延规律

(1) 民用建筑火灾成因具有多元性，其中电气故障占比居高不下，电线老化、违规接线、电器过载等问题易引发短路起火，尤其在老旧小区和出租屋中更为突出。装修材料的易燃性也加剧火灾隐患，部分业主为降低成本选用未达防火标准的涂料、板材，遇明火后迅速燃烧并释放大量有毒气体。同时，商场、酒店、写字楼等人员密集场所，节假日或高峰期人流量激增，一旦发生火灾，易因拥挤、恐慌导致疏散通道堵塞，大幅提升伤亡风险。(2) 火灾蔓延规律呈现显著场景差异，高层建筑受“烟囱效应”影响，火灾产生的烟气和热量沿竖向井道快速上升，垂直蔓延速度可达水平蔓延的数倍，短时间内就能蔓延至上层楼层。地下空间如地下商场、停车场等，因通风系统受限，火灾发生后烟气无法及时排出，积聚形成高温有毒环境，不仅阻碍人员疏散，还会加速火势扩大，给灭火救援带来极大挑战。

1.2 典型火灾场景模拟

(1) 以某30层高层住宅火灾为研究对象，运用FDS火灾动力学模拟软件构建场景模型。模拟结果显示，火灾发生后1分钟内，起火房间温度升至500℃以上，3分钟后烟气突破门窗向走廊扩散，10分钟内有毒一氧化碳浓度达到致命阈值。通过模拟数据可清晰追踪不同时间节点

烟气流动轨迹、温度场分布及有毒气体扩散范围，为火灾应急处置提供数据支撑。(2) 关键区域分析表明，楼梯间作为主要疏散通道，易因防火门未关闭形成烟气倒灌，成为疏散瓶颈；连廊部位因结构复杂、人员分流不畅，火灾中易发生拥挤踩踏事故。此外，建筑外部的广告牌、外保温材料等也会成为火势横向蔓延的载体，进一步扩大火灾影响范围。

1.3 风险评估指标

(1) 人员密度指标按区域功能划分，商场、影院等场所人均建筑面积低于0.5m²/人时，风险等级判定为高危；住宅建筑人均疏散面积低于1.0m²/人时，需强化疏散优化措施。(2) 疏散距离指标明确，高层住宅最远疏散点至安全出口距离不应超过30米，地下建筑不应超过25米，超过该阈值则需增设疏散通道。(3) 消防设施覆盖率指标要求，自动喷水灭火系统、火灾自动报警系统覆盖率需达到100%，消火栓间距不超过30米，灭火器配置密度不低于1具/50m²，未达标的建筑需限期整改。

2 民用建筑设计中建筑防火设计核心要点

2.1 总平面布局与防火间距

(1) 建筑群间距需严格遵循《建筑设计防火规范》(GB50016-2014, 2018年版)要求，根据建筑高度、耐火等级差异化设定：一类高层民用建筑与相邻建筑防火间距不应小于13m，二类高层不应小于10m，多层建筑不应小于6m，以此阻断火势跨建筑蔓延，为灭火救援预留操作空间。(2) 消防车道设置需满足通行与作业双重需求，车道宽度不应小于4m，净空高度不低于4m，避免设置妨碍消防车通行的障碍物；对于高层民用建筑，应设置环形消防车道，若受地形限制无法环形布置，需设置尽头式消防车道，并配备15m×15m的回车场，转弯半径需根据消防车类型确定，普通消防车不应小于9m，登高消防车不应小于12m。(3) 消防登高操作场地需与建筑

外墙保持5m-10m距离,宽度不应小于10m,长度按建筑长边长度确定,且场地范围内不应设置树木、架空线路等障碍物,确保登高消防车能顺利开展救援作业^[1]。

2.2 结构耐火与防火分隔

(1) 建筑构件需满足对应耐火极限要求:防火墙耐火极限不应低于3.00h,且应直接设置在建筑的基础或框架、梁等承重结构上;楼板耐火极限根据建筑类型划分,一类高层民用建筑不应低于1.50h,二类高层不应低于1.00h;甲级防火门耐火极限不低于1.50h,乙级不低于1.00h,丙级不低于0.50h,且需确保关闭严密、启闭灵活。(2) 管道井、电缆井等竖向井道需采取防火封堵措施,每层楼板处用不低于楼板耐火极限的防火材料封堵,井壁耐火极限不应低于1.00h,检修门应采用丙级及以上防火门,防止火灾通过井道形成“竖向火龙”,阻断火势垂直蔓延路径。(3) 建筑内的变形缝处,需采用不燃材料填充,并在两侧设置防火分隔构件,耐火极限与相邻墙体一致,避免变形缝成为火灾蔓延的薄弱环节。

2.3 室内装修材料防火性能

(1) 室内装修材料燃烧性能需按区域功能分级选用:疏散楼梯间、前室的墙面、地面、吊顶应采用A级不燃材料;歌舞娱乐放映游艺场所、商场营业厅的墙面不应低于B1级难燃材料,地面、吊顶不应低于B1级;住宅卧室、客厅的墙面、地面可采用B2级可燃材料,但不得使用聚氨酯泡沫、聚乙烯等易燃材料,防止火灾发生后材料快速燃烧并释放有毒气体。(2) 装修施工中,严禁在易燃材料表面直接敷设电气线路,若需敷设,需采用不燃套管保护;对木质装修构件,应涂刷防火涂料,使其达到对应燃烧性能等级要求,提升整体防火能力^[2]。

(3) 案例警示:某商场装修时,违规使用B3级可燃聚氨酯泡沫作为吊顶填充材料,电气线路短路起火后,泡沫材料迅速燃烧,10分钟内火势蔓延至整个营业厅,且释放大量一氧化碳,导致5人中毒身亡,该案例充分凸显装修材料防火性能达标对建筑消防安全的重要性。

2.4 防火分区与防烟分区

(1) 水平防火分区需控制每层最大允许建筑面积:一类高层民用建筑每个防火分区面积不应大于1500m²,二类高层不应大于2000m²,多层建筑不应大于2500m²;若设置自动灭火系统,面积可增加1倍,但一类高层最大仍不应超过3000m²,通过防火墙、防火卷帘等构件划分分区,阻断火势水平蔓延。(2) 垂直防火分区通过避难层、中庭防火隔离等措施实现:建筑高度超过100m的高层民用建筑,应设置避难层,避难层间距不应大于

50m,且避难层楼板耐火极限不应低于2.00h;中庭部位需采用防火卷帘或防火玻璃墙进行分隔,防火卷帘耐火极限不应低于3.00h,防火玻璃墙耐火完整性不应低于1.00h,防止中庭成为火势扩散的“烟囱”。(3) 防烟分区划分需满足面积与高度要求:每个防烟分区面积不应大于500m²,且不应跨越防火分区;挡烟垂壁高度不应低于0.5m,采用固定式挡烟垂壁时,材质需为不燃材料,采用活动式挡烟垂壁时,火灾时应能自动降落至设计高度,有效阻隔烟气扩散。

2.5 安全疏散设计

(1) 疏散路线设计需遵循简明直捷原则,避免设置袋形走道,确需设置时,袋形走道长度不应大于20m;高层建筑内最远房间至最近安全出口的直线距离不应超过30m,多层建筑不应超过40m,疏散楼梯间应设置在建筑核心区域,确保人员能快速抵达。(2) 疏散设施配置需达标:疏散门应采用双向开启的平开门,不应采用推拉门、卷帘门等,且门的开启方向应与疏散方向一致;应急照明地面最低水平照度不应低于5lx,在疏散楼梯间、前室等关键区域照度不应低于10lx,连续照明时间不应小于90min;疏散指示标志间距不应大于20m,在转角处、安全出口正上方应增设标志,且标志应具有应急电源,确保断电后正常显示。(3) 针对老年人照料设施、托儿所等特殊场所,需设置避难间,避难间服务护理单元不应超过2个,净面积不应小于25m²,且应设置直接对外的可开启窗口,配备应急照明与疏散指示标志,保障弱势群体疏散安全^[3]。

2.6 消防设施配置

(1) 自动喷水灭火系统设计需精准计算:标准覆盖面积洒水喷头间距不应大于3.6m,且不应小于1.8m,保护面积不应大于12.5m²;高大空间场所需采用早期抑制快速响应喷头,喷头间距与保护面积根据空间高度调整,系统持续喷水时间不应小于1h,确保有效控制火势。

(2) 火灾自动报警系统需合理选择探测器类型:在酒店客房、办公室等无烟场所,宜采用光电感烟火灾探测器;在厨房、汽车库等有油烟或高温场所,宜采用线型感温火灾探测器或点型感温火灾探测器;系统应具备报警、联动控制功能,火灾发生时能自动启动消防水泵、防排烟风机等设备。(3) 防烟排烟系统设计需满足排烟量要求:机械排烟系统的排烟量应根据防烟分区面积计算,每平方米排烟量不应小于60m³/h,且换气次数不应小于6次/h;自然排烟窗有效排烟面积不应小于该防烟分区面积的2%,且应设置在排烟区域的顶部或外墙上,确保烟气能顺利排出,为人员疏散创造安全环境。

3 新技术在民用建筑防火设计中的应用

3.1 智能化防火技术

(1) 物联网监测技术实现防火隐患实时管控, 电气火灾监控系统通过在配电箱、电缆线路中安装电流、温度传感器, 实时采集电气参数, 当检测到线路过载、短路或接触不良导致温度异常时, 可立即向物业管理平台发送报警信号, 同时自动切断故障回路, 避免电气火灾发生; 燃气泄漏报警装置则通过气体传感器监测室内燃气浓度, 一旦超过安全阈值, 不仅能触发声光报警, 还可联动关闭燃气阀门, 防止燃气爆炸引发火灾, 目前该类装置已广泛应用于住宅、餐饮场所等民用建筑。(2) 人工智能技术提升火灾预警主动性, 基于深度学习的火灾预测模型, 可整合建筑内人员密度、电气设备运行数据、历史火灾隐患记录等多维度信息, 通过算法分析识别高风险区域, 例如对老旧小区内线路老化严重、居民违规用电频繁的楼栋, 模型可提前发出预警, 提醒管理人员开展专项排查; 部分高端商业建筑还将该模型与视频监控系统结合, 能通过图像识别技术快速区分烟雾与灰尘, 缩短火灾识别时间, 为灭火救援争取更多时间。

3.2 新型防火材料

(1) 新型防火隔离带材料大幅提升防火性能, 气凝胶毡作为高效防火隔离材料, 具有密度小、导热系数低的特点, 在建筑外墙保温系统中设置5-10cm厚的气凝胶毡隔离带, 可有效阻断火势横向蔓延, 其耐火极限可达4h以上; 膨胀型防火涂料则通过高温膨胀形成致密炭层, 覆盖在钢结构、木材表面, 既能隔绝氧气, 又能降低基材温度, 相较于传统防火涂料, 其防火效果提升30%, 且施工便捷, 适用于建筑吊顶、梁柱等构件的防火处理。(2) 结构防火材料增强建筑抗火能力, 高性能混凝土添加超细矿渣、粉煤灰等掺合料, 经特殊配比后, 在高温环境下能保持较好的力学性能, 耐火极限较普通混凝土提升50%, 可用于高层建筑核心筒、防火墙等关键结构; 耐火钢通过在钢材中添加铬、镍等合金元素, 形成耐高温氧化层, 600℃高温下仍能维持80%以上的承载

力, 无需额外涂刷防火涂料, 简化施工流程的同时, 确保建筑结构在火灾中不坍塌^[4]。

3.3 绿色防火技术

(1) 自然通风与采光设计兼顾防火与节能, 在住宅、办公楼等建筑中, 通过优化窗户开启方式、设置通风中庭, 利用热压和风压实现自然通风, 火灾发生时, 可通过开启外窗快速排出部分烟气, 减少机械排烟系统的能耗; 同时, 加大采光窗面积, 提升室内自然光照度, 降低应急照明系统的依赖, 该设计在绿色建筑项目中应用占比已超60%, 实现防火功能与低碳理念的融合。

(2) 装配式建筑防火技术提高施工效率, 装配式建筑采用模块化防火构件, 如预制防火隔墙、防火楼板等, 构件在工厂预制时已完成防火处理, 现场仅需通过螺栓拼接安装, 安装效率较传统现浇结构提升40%; 此外, 预制构件接缝处采用防火密封胶封堵, 确保整体防火性能达标, 目前在保障性住房、产业园区等项目中广泛推广, 为装配式建筑的消防安全提供有力保障。

结束语

民用建筑防火设计是守护生命安全的最后一道防线, 其重要性不言而喻。通过科学规划防火间距、严控结构耐火极限、规范装修材料选用, 结合智能监测技术与新型防火材料的应用, 可构建多层次、立体化的火灾防控体系。未来, 需持续融合技术创新与规范实践, 推动防火设计向智能化、绿色化方向发展, 为城市建筑安全筑牢坚实屏障。

参考文献

- [1]柴慧超.民用建筑设计中建筑防火技术的应用[J].今日消防,2023,(08):99-101.
- [2]潘炫霖.民用建筑设计中建筑防火设计的运用分析[J].水上安全,2023,(06):55-57.
- [3]李岩.民用建筑设计中建筑防火设计的运用分析[J].中国设备工程,2022,(19):251-253.
- [4]秦凯.民用建筑设计中建筑防火设计要点[J].工程建设与设计,2025,(11):127-129.