

高层建筑电气防火设计施工要点与风险防控措施

吴江豪

中国五冶集团有限公司 四川 成都 610063

摘要：高层建筑因高度高、功能复杂、人员密集，电气火灾防控至关重要。近年来电气故障引发的高层火灾占比上升，暴露诸多问题。本文依据最新标准，剖析高层建筑电气火灾风险机理与核心影响因素，明确消防供电、设备选型、应急系统等设计要点，探讨施工全周期风险防控策略，以及数字化设计、新能源接入防火等未来趋势，为提升建筑消防安全水平提供理论与实践支撑。

关键词：高层建筑；电气防火设计；火灾风险评估

引言：在城市化进程加速的当下，高层建筑如雨后春笋般涌现，其高度攀升、功能日益复杂且人员高度密集，使得电气火灾防控成为保障建筑安全的关键议题。近年来，因电气故障引发的高层火灾事故频发，暴露出诸多设计、施工及运维环节的隐患。因此，深入剖析高层建筑电气火灾风险机理、明确核心影响因素，并探索有效的防火设计施工要点与风险防控策略，不仅关乎建筑自身的安全稳定，更对城市整体消防安全格局有着深远影响。

1 高层建筑电气火灾风险机理与核心影响因素

1.1 电气火灾风险机理

高层建筑电气火灾的发生源于电气系统的故障演化与能量失控，其核心机理呈现多路径触发特征。短路故障是最主要诱因，导线绝缘层老化破损、施工中管线牵拉导致的机械损伤、穿管时与锋利管口摩擦造成的破损等导致线路直接连通，瞬间产生的电弧能量可达数千度，能快速引燃周边电缆桥架、保温材料等可燃物。过载运行则通过持续发热引发热失控，当电流超过导线额定载流量时，绝缘层会逐步分解碳化，形成导电通道并释放可燃气体，最终引发燃烧。接触电阻过大同样不容忽视，施工中接头压接不紧实、焊锡不饱满、绝缘包覆不规范等问题使接触部位电阻剧增，产生的局部高温可熔化金属接头，点燃绝缘层形成火灾隐患。

1.2 核心风险影响因素

高层建筑电气火灾风险受多环节叠加影响。设计环节，负荷分级不准致供电失衡，管线设计疏漏加速绝缘破损；材料方面，劣质导线绝缘层耐热差，防火不达标桥架助长火势；施工时，线路敷设、接头处理、接地焊接、防火封堵不规范埋隐患；运维阶段，用电负荷无序增加、设备老化未换、巡检不到位打破安全平衡，诱发火灾^[1]。

1.3 风险分级标准与识别方法

高层建筑电气火灾风险分级需结合建筑特性与安全需求，采用多维度指标构建科学体系。通常以建筑高度、功能类型、火灾荷载为核心参数，将风险划分为四级：高度超过150m的超高层建筑及人员密集的大型商业综合体为一级风险；高度50-150m的一类高层公共建筑为二级风险；二类高层公共建筑与100m以下高层住宅为三级风险；老旧高层住宅为四级风险。风险识别需采用技术与管理相结合的方法，技术层面可通过故障树分析法定位核心风险源，利用电气参数监测设备捕捉电流异常波动、电压不稳等早期信号；管理层则依托历史事故数据开展关联分析，梳理不同类型建筑的风险高发环节。同时，借助红外热像仪检测线路发热点、绝缘电阻测试评估老化程度，实现风险的精准识别与量化评估。

2 高层建筑电气防火核心设计要点

2.1 消防供电系统设计要点

消防供电系统是高层建筑电气防火的核心保障，设计需严格遵循负荷分级与冗余原则，施工中需强化落地管控。首先要精准界定负荷等级，超高层建筑的消防控制室、避难层应急照明等为特级负荷，需采用双重电源加备用电源的供电方式，施工时需对双回路电缆进行颜色标识区分，敷设路径保持物理隔离，避免同沟敷设或交叉缠绕，确保任一电源故障时不影响系统运行。电源配置应实现物理隔离，双回路供电需从不同区域变电站引入，路由设计避免穿越同一防火分区，防止同时受损。线路选型需满足耐火性能要求，消防线路应选用耐火电缆或矿物绝缘电缆，敷设时采用支架固定，与非消防线路间距不小于0.5m，穿越楼板或防火墙时加装防火套管并填充防火堵料，在火灾延续时间内保持供电能力。对于高度超过150m的建筑，需在避难层设置专用母线段，实现供电的分级控制，同时配备足够容量的EPS

应急电源,确保应急照明、消防水泵等关键设备的切换时间不超过0.5秒。

2.2 电气设备与元件防火设计

电气设备与元件的防火设计需聚焦选型、安装与防护全流程,施工工艺直接决定防控效果。设备选型应匹配建筑火灾风险等级,断路器、接触器等核心元件的分断能力需大于系统最大短路电流,避免分断时产生电弧引发火灾;潮湿环境如地下室、卫生间的设备需选用IP45及以上防护等级产品,防止水汽侵入导致短路。变配电室的平面布置需符合防火规范,施工时地面采用防静电绝缘地板,配电柜安装垂直度偏差不超过1.5‰,与墙面预留不小于0.8m的操作空间,与可燃物的安全距离不小于5m,采用防火墙与其他区域分隔。配电箱的安装需避开可燃装修材料,箱体采用阻燃材料制作,嵌入式安装时箱体与墙体缝隙用防火胶泥封堵,内部导线按相序颜色排列,每个接线端子接线不超过2根,导线余量预留15-20cm便于检修。对于新能源相关设备,需设置专用防火隔离区域,配备温度监测与灭火装置,防止故障扩散引发大范围火灾。

2.3 应急照明与疏散指示系统设计

应急照明与疏散指示系统是保障人员安全疏散的关键,设计需兼顾可靠性与实用性,施工精度直接影响应急效能。系统配置应覆盖所有疏散路径,疏散楼梯间、前室、避难层等关键区域必须设置应急照明,高层住宅建筑高度超过27m时,公共区域需增设灯光疏散指示标志。性能参数需严格达标,疏散照明地面最低照度在楼梯间不低于10.0lx,走道不低于3.0lx,施工中需使用专业照度计逐点检测,不符合要求的及时调整灯具安装高度或增加灯具数量。备用电源连续供电时间对于超高层建筑不小于180min,普通高层建筑不小于90min。设计应融入智能联动功能,施工时需完成应急照明与火灾自动报警系统的联动调试,确保火灾信号触发后3秒内非消防电源切断、应急照明全亮,疏散指示标志指向最近安全出口。对于大型商业综合体等复杂建筑,可采用集中控制型系统,通过中央控制器实时监控各灯具状态,确保故障及时发现与处理。

2.4 特殊区域电气防火设计

高层建筑特殊区域的电气防火设计需针对环境特性采取差异化措施,施工中需强化专项管控。厨房与锅炉房属于高温高湿区域,线路应采用耐高温、防油污的绝缘导线,穿镀锌钢管明敷,管卡间距不大于1.5m,导线接头避开高温区域,距灶台、锅炉等设备不小于1m,燃气泄漏探测器需与排风系统、电气切断装置联动。地下

室与车库应采用防水防潮的电气设备,线路穿镀锌钢管保护,钢管接口采用丝扣连接并做防腐处理,预埋管线时与给排水管道间距不小于0.3m,避免因积水导致短路,充电桩区域需采用耐火极限不低于2.00h的隔墙分隔^[2]。幕墙与外墙的外挂电气设备,安装时采用防火螺栓固定,设备与幕墙缝隙用防火封堵材料填充密实,导线穿越幕墙时做好绝缘防护与防火隔离。光伏建筑一体化项目中,光伏组件与屋面可燃构件的间距不小于0.3m,逆变器与控制器设置在专用防火舱内,确保新能源系统安全运行。

3 高层建筑电气火灾施工全周期风险防控策略

3.1 施工源头防控与规范精准执行

施工源头防控关键在于将防火要求全面融入设计与施工流程,确保规范精准落地。设计阶段,构建多专业协同机制,电气专业与建筑、结构专业共同参与防火分区规划。施工前,组织专项技术交底会,电气施工班组与土建班组明确管线预埋、孔洞预留等配合要点,防止后期凿墙打洞破坏防火构造。严格依照《建筑防火通用规范》,对消防负荷供电方案等核心内容开展专项审查,形成“规范-项目”映射表。运用性能化设计理念,针对复杂建筑借助火灾模拟软件验证设计合理性。建立施工样板引路制度,针对导线接头处理、防火封堵、接地系统安装等关键工序制作样板,经建设、监理、设计单位验收合格后全面施工,明确接头压接工具型号、防火封堵材料填充厚度等具体标准,保障设计意图准确传达。

3.2 施工过程管控与严格质量验收

施工阶段的过程管控是保障电气防火施工质量的核心环节,需构建全流程质量保障体系。材料进场时严格检验,导线、电缆现场检测绝缘电阻,其值不得低于 $0.5M\Omega$,电气设备开箱检查外观应无破损,附件齐全,严禁使用不合格材料。关键工序实施旁站监理,线路敷设时检查导线绝缘层完整性,穿管时使用滑石粉润滑,避免拖拽造成破损;接头处理采用液压压接钳压接,压接深度符合规范,绝缘包覆选用热缩管密封,长度超出接头两端各10cm。防火封堵施工重点管控,电力线路通道采用水泥浇筑与防火堵泥填充相结合的方式处理,电缆井、管道井等竖向通道每隔2-3层用防火板分隔,缝隙填充密实,同时在强电井入口处规范修建挡水坎。分阶段开展质量验收,隐蔽工程验收重点核查管线敷设质量,消防系统验收进行联动测试,确保施工质量符合规范要求^[3]。

3.3 施工智能监测与动态风险防控

运维阶段智能监测与动态防控的成效取决于施工阶

段的系统预埋与调试。构建基于物联网的智能监测系统,施工时在电缆井、配电室等风险区域预留传感器安装点位,管线敷设同步布设监测线路,与强电线路保持隔离以避免电磁干扰,部署温度、电流、电弧故障等多参量感知设备。建立火灾风险预警模型,融合20余类关键数据进行分析研判,实现从“被动响应”到“主动预警”的转变。系统采用红黄绿三色分级预警机制,高风险预警信息即时推送至管理人员与消防部门。建立隐患闭环管理流程,施工中对监测系统进行3次以上全功能调试,模拟电流过载、温度超标等场景,确保预警响应时间不超过5秒,对发现的问题明确整改责任与时限,形成“监测-预警-处置-评估”的动态管控体系。

3.4 施工应急联动与协同处置保障

应急阶段的快速响应与协同处置能力对降低火灾损失至关重要,需在施工中完善应急设施配置。建立电气火灾监测系统与消防设施的联动机制,施工时完成联动逻辑编程与测试,确保火灾信号触发后,非消防电源在10秒内切断,应急照明与防排烟系统同步启动。针对初期火灾处置制定差异化方案,微型消防站应配备绝缘手套、高压断电钳等装备,建立“3分钟到场”响应机制。施工单位对作业人员开展专项培训,内容涵盖电气火灾初期处置流程、绝缘工具使用方法等,确保每位电工掌握带电设备灭火技巧。定期组织实战演练,模拟配电箱起火、电缆井竖向蔓延等场景,训练人员使用绝缘杆拉闸断电等技能。构建跨部门协同机制,将建筑电气火灾监测数据接入城市消防物联网平台,明确火灾事故应急流程,提升应急处置效率。

4 未来趋势

4.1 数字化防火设计标准升级

数字化转型正推动高层建筑电气防火设计标准向精准化、智能化升级。BIM技术的深度应用将实现防火设计的全流程可视化,施工中可通过BIM模型进行管线碰撞检查,提前优化敷设路径,利用移动端APP同步施工数据,实现设计与施工的实时联动。数字孪生技术将构建建筑电气系统的虚拟映射,实时同步运行数据,为性能化设计提供更精准的支撑。行业规范正逐步纳入智慧消防

设计要求,未来将明确数字化监测设备的配置标准。同时,人工智能算法的应用将优化风险评估模型,实现基于建筑运行数据的动态风险分级,推动防火设计从“静态合规”向“动态优化”转变。

4.2 新能源接入下的防火技术

新能源技术的普及催生了高层建筑防火技术的新方向,聚焦光伏、储能等系统的安全防控。光伏建筑一体化项目中,将发展兼具发电与防火功能的新型组件,施工中需采用专用支架固定组件,支架与屋面的连接点做好防火密封,组件间预留不小于0.1m的通风间隙,开发组件温度与电弧故障的协同监测技术。电化学储能系统的防火技术将向“预防-抑制-灭火”一体化发展,储能电池舱采用防火防爆设计,施工中电池舱与建筑主体结构用防火墙分隔,舱体通风口设置防火阀,温度达到70℃时自动关闭。新能源与建筑电气系统的协同防控技术将进一步完善,行业将逐步完善新能源建筑防火规范,明确设计、施工、运维各环节的技术要求^[4]。

结束语

高层建筑电气防火设计与风险防控是保障城市安全的关键。随着建筑高度增加、功能复杂化及新能源应用,电气火灾防控挑战增多,构建全生命周期防控体系迫在眉睫。本文深入分析火灾风险,提出设计要点与防控策略,数字化与新能源防火技术带来新契机。未来,需持续推动规范升级与技术革新,严格落实各项措施,降低火灾风险,提升消防安全水平,为城市安全发展筑牢根基。

参考文献

- [1]王大为.电气设备及线路在消防监督检查中的检查重点探讨[J].中国设备工程,2025,(16):169-171.
- [2]张楠.高层建筑消防照明供电系统防火设计研究[J].灯与照明,2022,46(04):59-62.
- [3]喻璋.高层住宅建筑防火设计要点分析[J].今日消防,2022,7(08):84-86.
- [4]韩胜,郭帅,刘亚丹.超高层建筑防火设计存在的问题及解决对策[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(3):0170-0173