

高层建筑机电设备消防电气设计和施工技术的应用研究

王德卿¹ 张盼盼²

1. 郑州市建筑设计研究院有限公司 河南郑州 450001

2. 河南天电电力工程勘测设计有限公司 河南郑州 450001

摘要: 社会经济的不断发展极大加快了我国城市化的进程, 建筑项目与规模呈不断扩展态势。建筑企业提高消防电气系统设计与技术落实的重视程度, 对于保障建筑安全、提高火灾响应能力具有积极意义。本文主要采用文献研究与案例分析相结合的方法, 基于具体案例剖析高层建筑机电设备消防电气设计和施工中常见的问题, 深入分析高层建筑机电设备消防电气设计要点, 包括电源与配电系统设计、火灾自动报警系统设计、消防应急照明与疏散指示系统设计、电气防火设计等, 以及高层建筑机电设备消防电气施工技术, 以期为相关企业开展工作提供有利参考。

关键词: 高层建筑; 机电设备; 消防; 电气设计

前言

消防电气系统是高层建筑消防安全体系的核心组成部分, 在预防和应对火灾方面发挥着重要作用。从整体角度来看, 当前高层建筑消防电气设计和施工受多因素影响出现了诸多挑战, 例如, 电量负荷计算不准确, 未考虑建筑内各类消防用电设备的实际运行情况和未来的发展需求; 高低压配电系统可靠性较差, 故障问题时有发生; 配管布线不规范、设备安装位置不精准等, 极大增大了建筑使用安全风险, 降低了火灾发生的响应能力。基于此, 深入探究高层建筑机电设备消防电气设计和施工技术具有积极的现实意义。

一、高层建筑机电设备消防电气设计和施工中常见的问题

滨海国际金融中心项目位于东部沿海某省会城市中央商务区, 是集甲级写字楼、高端商业、精品酒店于一体的超高层建筑综合体, 总建筑面积82600m², 由一栋地上40层、地下3层的150m超高层主楼和两栋附属裙楼组成。消防电气系统设计与施工是该项目的重要部分, 旨在严格遵循《民用建筑电气设计标准》(GB 51348-2019)构建预防、报警、疏散和灭火全链条智能防控体系, 进一步保障使用者的安全。在该项目推进过程中, 受人员、技术、制度等多因素的影响, 主要出现了以下几个方面的问题。

供电系统设计存在结构性缺陷: 消防电源设置不满足一级或二级负荷供电要求, 市政电网停电时无法第一

时间切换至备用电源, 导致消防设备停止工作; 供电线路布局混乱, 不同电压等级、不同用途的线路隔离的有效性不足, 容易引发电气故障, 干扰消防电气设备的正常运行。

线路敷设不符合防火要求: 在实际施工过程中, 未按照规范要求穿管保护、选用的保护管材质不符合防火标准等问题时有发生, 一旦发生火灾, 将影响消防电气设备的正常运行, 无法有效发挥消防作用。

火灾探测系统配置失衡: 高层建筑人员密集, 探测器设置数量不足, 灵敏度不够, 将无法及时探测到初期火灾信号从而延误预警时机, 且部分区域的探测器型号选择不当, 难以精准监测火灾相关的数据。

二、高层建筑机电设备消防电气设计要点

(一) 电源与配电系统设计

电源与配电系统设计是高层建筑消防电气设计的基础环节, 相关人员可从负荷分级、电源配置、线路保护等维度出发搭建可靠的供电体系。根据《民用建筑电气设计标准》(GB 51348-2019)规定, 高度 $\geq 100\text{m}$ 的超高层建筑消防负荷应按一级负荷供电, 设计市政电网和自备发电机双重电源, 并辅以应急电源系统, 以确保在任何情况下, 消防设备均能持续供电^[1]。当前, 常见的高层建筑电源方案有柴油发电机+自动转换开关(Automatic Transfer Switch, ATS)、应急电源(Emergency Power Supply, EPS)、不间断电源(Uninterruptible Power Supply, UPS)、光伏+储能系统等, 具有不同的适用性, 详见下表1。

表1 高层建筑电源方案对比分析

电源方案	适用场景	优点	缺点
柴油发电机+ATS	超高层建筑 (> 100m)	持续供电时间长 (> 24h)、单机容量大 (可达2000kVA)	启动慢 (15-30s)、需专用机房、维护成本高
EPS	中小高层建筑 (≤ 50m)	无噪声污染、安装灵活、维护简单 (每月仅需1次充放电)	容量有限 (≤ 100kVA)、蓄电池寿命短 (3-5年)
UPS	消防控制中心设备	零中断切换、输出电压稳定 (± 1%)	过载能力弱 (≤ 125% 额定负载)、运行效率低 (85-90%)
光伏+储能系统	绿色建筑示范项目	可再生能源利用、降低碳排放	受天气影响大、需配置备用电源

以上述项目为例,其40层主楼采用了2路10kV市政电源,配置2台1200kW柴油发电机作为备用电源,而低压侧则设置了4套300kVA UPS应急电源系统,模拟评估发现,能有效满足建筑消防控制室、应急照明、火灾报警等各个环节的电力需求,且电路切换时间可控制在10s内。

(二) 火灾自动报警系统设计

火灾自动报警系统是高层建筑消防电气系统的“神经中枢”,应具备火灾早期预警与联动控制功能。在实际设计过程中,相关人员应严格按照《火灾自动报警系统设计规范》(GB 50116-2013),遵循分区探测、分层控制原则落实具体的设计要点。相关人员可考虑采用环形总线制拓扑架构,主干线选用RVS-2×1.5mm²耐火双绞线,每个报警区域设置独立地址编码模块,实现有效的故障隔离;对于高层建筑不同区域的使用功能,布设差异化的探测器,如地下室与车库中配置动作温度为57℃的点型感温探测器、办公区域选用响应阈值介于0.15-0.3dB/m的光电感烟探测器、厨房等高温区域配置火焰探测器等,并在楼道、走廊等位置增设气式感烟火灾探测器,间距控制在1.5-3m范围内,采样管网覆盖半径应≤9m,以便第一时间识别并预警火灾信号^[2]。

(三) 消防应急照明与疏散指示系统设计

消防应急照明与疏散指示系统设计需充分考虑高层建筑的空间布局与人员疏散特点。首先,应急照明灯具应选用高亮度、长寿命的LED光源,其照度值需满足疏散通道地面最低水平照度不低于5.0lx,楼梯间、前室或合用前室地面最低水平照度不低于10.0lx的要求。其次,疏散指示标志应采用连续灯光型或蓄光型指示标志,其间距不应大于20m,并在转角处增设指示标志,确保疏散路径清晰可见。此外,系统应具备智能控制功能,能够根据火灾发生位置自动生成最佳疏散路径,并通过动态指示箭头引导人员安全撤离。对于超高层建筑,还需

设置避难层应急照明系统,其备用电源连续供电时间不应少于1.5h,以保障人员避难期间的基本照明需求。

(四) 电气防火设计

电气防火设计不容忽视,这是从根本上降低电气火灾风险的有效措施。相关人员应遵循《建筑设计防火规范》(GB 50016-2014),综合评估多样化技术手段的应用效果,以此进一步提高高层建筑的电气防火能力。线路阻燃保护是基础,相关人员应依据敷设方式明确电缆类型,一般情况下,明敷线路主要采用燃烧性能A级的矿物绝缘电缆,其在950℃火焰中仍能保持3h正常供电,而暗敷于不燃墙体或楼板内的线路则采用满足耐火极限≥1h要求的B1级阻燃电缆。电缆桥架防火处理方案优化是重要环节,在高层建筑各层穿越防火分区处,设置防火隔板和防火封堵,桥架上涂刷超薄型防火涂料,以提升其耐火极限,而对于消防设备供电线路,采用单独回路敷设方案为宜,需避免与非消防线路共用桥架或导管^[4]。相关人员还应重点关注设备防火设计,即配电箱采用厚度不低于1.2mm的金属外壳,内部元器件间距保持30mm以上;灯具与可燃物的距离应不小于0.3m;高温区域电气设备需采用防爆型,且接线盒密封等级需达到IP54。电气设备安装位置应避开易燃易爆物品存放区域,周围0.5m范围内不得堆放杂物。

三、高层建筑机电设备消防电气施工技术

(一) 配管与布线施工

配管与布线施工质量直接影响着高层建筑机电设备消防系统运行质量。在配管过程中,相关人员应严格落实施工流程,以钢管为例,先采用钢锯、切割机等工具按照设计要求切割钢管,进行套丝操作,再将其与接线盒、配电箱等连接,使用管箍或锁紧螺母提高紧密性,避免出现缝隙。布线时可采用分区管控法,即竖井内使用分层固定+防火封堵工艺,每层楼板处设置300mm高的防火隔板,电缆桥架与楼板间隙使用膨胀倍率≥250%

的膨胀防火密封胶填塞，桥架支架间距则严格控制在1.5m以内；水平敷设的具体思路是两点固定、中间防晃，直线段固定点间距 $\leq 1.8\text{m}$ ，转弯处增设加强支架，与其他专业管线保持安全距离^[5]。

（二）消防设备安装与调试

消防设备安装前需对设备基础进行验收，确保其尺寸、强度符合设计要求，设备就位时应采用专业吊装工具，避免碰撞损坏。安装过程中，消防水泵应水平安装，联轴器同心度偏差控制在0.1mm以内，消防风机则需保证叶轮旋转方向与标识一致，且与风管连接处采用柔性短管过渡，以减少振动传递。调试阶段，首先进行单机试运转，检查设备运行是否平稳、有无异常声响，随后开展联动调试，模拟火灾信号触发后，消防水泵应在30s内启动并达到额定流量，消防风机需在60s内投入运行，同时验证报警装置、应急照明等系统的联动响应是否准确及时，确保所有消防设备达到设计性能指标。

在消防设备安装环节，对于消防栓的安装，要保证栓口朝外，且距离地面完成面的高度为1.1m，允许偏差在 $\pm 20\text{mm}$ 以内，栓口中心距箱侧面为140mm，距箱后内表面为100mm，偏差均不得超过5mm。安装完成后，要对消防设备进行外观检查，查看设备表面是否平整、有无划痕和损坏，各部件连接是否牢固。在调试过程中，对于消防喷淋系统，要检查喷头的安装位置是否准确，间距是否符合设计要求，确保在火灾发生时能够均匀喷水^[6]。

（三）配电箱与控制柜安装

配电箱与控制柜安装之前，相关人员应全面检查箱体钢板厚度、内部元器件等是否满足施工要求，并明确进出线敲落孔处是否配备了橡胶护圈，为安装质量的提升奠定有力基础。安装定位执行水平基准线、垂直度、坐标定位三线控制，其偏差应分别控制在 $\leq 3\text{mm}$ 、 $\leq 1.5\%$ 、 $\leq 10\text{mm}$ 范围内；明装箱体距地高度1.5m，暗

装箱体与墙面齐平，周边间隙用防火岩棉填塞后采用膨胀防火密封胶密封，并设置防回弹限位器。内部接线遵循模块化分区原则，主回路与控制回路端子排间距 $\geq 150\text{mm}$ ，交流与直流回路分列布置，每个端子连接导线不超过2根，多股导线需加装冷压端子^[7]。

结语

高层建筑机电设备消防电气设计的合理性和施工质量直接影响着建筑使用安全性。相关企业应立足建筑使用功能、设计要求等，积极制定包括电源与配电系统、火灾自动报警系统、消防应急照明与疏散指示系统、电气防火等在内的设计方案，并高质量落实配管与布线、消防设备安装与调试、配电箱与控制柜安装等工作，以此提高建筑消防能力，保障建筑使用安全。

参考文献

- [1] 崔炜. 高层建筑机电设备消防电气设计和施工要点[J]. 建筑与装饰, 2023(18): 22-24.
- [2] 金辉. 超高层公共建筑消防电气设计技术问题及对策研究[J]. 现代工程科技, 2024, 3(22): 40-43.
- [3] 朱梯金. 高层综合体建筑电气消防设计问题研究[J]. 消防界(电子版), 2023, 9(19): 84-86.
- [4] 翁敬. 探究高层建筑电气设计中消防设备的设置与控制问题[J]. 中文科技期刊数据库(引文版)工程技术, 2024(12): 48-51.
- [5] 张蕴昕. 高层建筑消防设备电气防火设计研究[J]. 中国设备工程, 2024, (24): 246-248.
- [6] 陈一鸣. 探究高层建筑电气设计中有关消防设备的设置与控制问题[J]. 房地产世界, 2024, (07): 56-58.
- [7] 沈靖翔. 探讨高层建筑电气设计中消防设备的设置与控制问题解决[J]. 中国设备工程, 2023, (02): 237-239.