

# 民用建筑的消防电气设计探析

邓大勇

高密市建设工程质量安全服务中心 山东 高密 261500

**摘要:** 随着民用建筑向高层化、功能复合化发展,火灾风险与消防需求同步提升,消防电气系统作为消防安全的核心支撑,其设计合理性直接影响火灾防控效果。本文围绕民用建筑消防电气设计展开研究,界定其概念与系统组成,明确消防电源、火灾自动报警、应急照明与疏散指示、联动控制四大核心系统的功能。随后从电源设计、设备配电、报警联动、应急照明四方面,细化负荷分级、线路选型、设备配置等实操要点。最后分析智能化、新能源、数字化技术在设计中的应用路径,包括智能监测、分布式储能、BIM全流程应用等。研究旨在为民用建筑消防电气设计提供技术参考,提升系统可靠性与安全性,助力构建完善的建筑消防安全体系。

**关键词:** 民用建筑;消防电气;设计要点

**引言:** 当前部分民用建筑存在消防电源不稳定、报警联动不精准、应急指引不清晰等问题,易导致火灾时系统失效。基于此,本文聚焦民用建筑消防电气设计,系统梳理设计概念、核心要点与新技术应用,通过明确各系统设计规范与实操策略,解决实际设计中的痛点,为提升民用建筑消防安全水平提供理论与技术支撑。

## 1 民用建筑消防电气设计的概述

### 1.1 民用建筑消防电气设计的概念

民用建筑消防电气设计是基于国家消防规范与电气设计标准,针对民用建筑构建的专项电气设计体系,其核心目标是通过科学的电气系统规划,保障建筑在火灾发生时及日常运行中,消防相关电气设备能可靠运行,为人员疏散、火灾扑救及减少火灾损失提供支撑。该设计要围绕“安全优先、可靠性保障、合规性落地”三大原则展开,既要满足建筑日常用电与消防用电的差异化需求,明确消防用电负荷的特殊等级与供电要求,又要通过合理的系统架构设计,实现火灾预警、应急控制、疏散引导等功能的协同联动,避免因电气设计缺陷引发火灾隐患或导致火灾发生时消防系统失效,是民用建筑消防安全体系中不可或缺的技术环节。

### 1.2 消防电气系统的组成与工作原理

民用建筑消防电气系统主要以下四大核心部分组成。

(1) 消防电源系统负责为所有消防设备提供稳定供电,包括主电源、备用电源及应急电源,通过电源切换装置确保火灾切断常规供电时,消防设备不中断运行;(2) 火灾自动报警系统通过各类火灾探测器感知环境中的火灾信号,经报警控制器处理后发出报警信息;(3) 消防应急照明与疏散指示系统在火灾时自动开启,提供应急照明亮度与疏散路径指引;(4) 消防联动控制系统则接

收火灾报警信号,按预设逻辑控制消防水泵、防排烟风机、防火卷帘等设备动作。各系统通过电气线路连接与信号传输,形成“感知-报警-控制-执行”的闭环工作流程,在火灾发生的不同阶段分别发挥预警、引导、灭火辅助作用,共同保障建筑消防安全<sup>[1]</sup>。

## 2 民用建筑消防电气设计要点

### 2.1 电源设计要点

电源设计要结合建筑功能与规模,从负荷等级、切换机制、装置布局三方面构建可靠供电体系,保障火灾时消防设备持续运行。(1) 负荷等级适配与供电配置:根据建筑特性确定消防设备负荷等级,一级负荷采用双重电源或市电+自备应急电源组合,双低压回路需引自不同电源点或不同变压器,确保一路故障时另一路无影响;二级负荷由同一电源的两台独立变压器低压回路或不同区域变电系统供电,回路间设置可靠隔离装置;三级负荷采用单台变压器专用分支回路供电,分支回路与非消防回路保持电气隔离。100米及以上高层建筑需分设消防与非消防负荷独立柜体及回路,柜体间距满足安全要求,接线端子分开布置,降低电磁干扰与故障蔓延风险。(2) 双电源切换与备用电源设置:切换装置设于最末一级配电箱,优先布置在消防水泵房、消防控制室、防排烟机房等核心场所,缩短切换路径。关键消防设施(消防水泵、消防电梯、防排烟风机等)采用放射式供电,每个设备单独设置供电回路,避免共用回路导致的连锁故障。低压发电机组需具备30秒内自动启动能力,启动信号可由电源失压或火灾报警系统触发,高压发电机组启动时间不超过60秒,同时设手动启动备用装置;集中蓄电池组为火灾报警控制器、联动控制器单独供电,导线截面按设备额定功率及线路长度精确计算,确保供电稳定性。

(3) 配电装置布局与分界处理: 消防配电装置优先设于电源进线处或配电箱内, 选择干燥、通风、远离火源及潮湿环境的位置安装。应急电源与主电源装置优先分区设置, 若受空间限制需并列布置, 需采用防火隔板或防火墙体进行隔离, 且在装置表面标注清晰的“消防专用”标识。

## 2.2 消防设备配电设计要点

配电线路要通过科学选型、规范敷设与合理分区, 保障电流传输安全稳定, 避免线路故障导致消防系统失效。(1) 配电线路选型与参数控制: 应急照明线路统一采用耐火导线, 导线型号根据敷设环境选择, 穿热镀锌金属管进行机械保护与防火防护。消防联动控制器输出直流24V工作电压, 电源容量需按所有受控设备(模块、探测器、执行器)的额定功率总和核算, 预留20%余量; 线路敷设过程中若压降超过5%, 需增设现场配电箱或增大导线截面, 确保设备正常工作电压。疏散照明灯具安装高度8m及以下时采用24V安全电压供电, 8m以上采用220V或216V供电, 平衡供电效率与安全风险, 降低线路损耗。(2) 线路敷设与防火措施: 暗敷线路需嵌入不燃性建筑结构内, 保护层厚度不小于30mm; 明敷或吊顶内敷设时, 需穿涂覆防火涂料的金属导管, 导管接口处用防火密封胶严密密封, 防止烟气侵入。线路严格按防火分区划分回路, 不跨防火分区敷设, 避免火灾时故障范围扩大。消防水泵、防烟排烟风机等关键设备的配电线路直接连接手动控制装置, 不经过变频器等中间设备, 确保手动操作的可靠性; 同一防火分区内的备用照明与疏散照明分设独立回路, 分别控制, 避免相互影响。(3) 回路划分与供电方式: 各防火分区内的消防设备均采用双电源或双回路供电, 末端配电箱以放射式供电为主, 确保每个设备供电独立。同类小容量消防设备(如小型排烟阀、防火门控制器)可共用分支回路, 每回路接入设备数量不超过5台, 总容量不超过10kW, 且回路设置过载保护装置。高层建筑楼梯间疏散照明采用竖向分支回路供电, 每个竖向回路覆盖层数控制在合理范围; 多防火分区的疏散照明可采用树干式供电, 主干线截面按总负荷核算, 分支线按需匹配<sup>[2]</sup>。

## 2.3 火灾自动报警与联动控制系统

作为消防系统“大脑”, 要通过合理配置探测设备、优化控制逻辑与保障供电协同, 实现火灾快速识别与设备精准联动。(1) 探测与报警设备配置: 按场所环境特性精准选型探测器, 高温、多粉尘场所选用感温探测器, 办公室、客房等无烟环境选用感烟探测器, 地下车库、潮湿场所选用防水防潮型探测器。手动报警按钮均

匀设于疏散走道、楼梯间入口、大厅等显眼位置, 安装高度控制在距地1.3-1.5m, 表面设置红色醒目标识, 便于紧急情况下操作。重要灭火设备(消防水泵、喷淋泵)的联动触发采用双独立报警装置“与”逻辑, 避免误触发; 探测器与手动报警按钮的布置需结合建筑平面布局, 避开梁体、通风口等遮挡物, 确保信号覆盖无盲区, 设备接口参数与控制器完全匹配, 保障信号传输顺畅。(2) 联动控制逻辑与实现方式: 联动控制器动作响应时间不超过3秒, 核心消防设备(消防水泵、防排烟风机、消防电梯)均设置消防控制室手动直接控制装置, 手动控制优先级高于自动联动, 确保紧急情况下可强制启动。对于启动电流较大的设备(如大功率排烟风机、消防水泵), 设计分时启动程序, 避免同时启动导致的电压骤降; 配电箱内安装过载、短路保护装置, 保护参数与线路及设备特性匹配, 防止故障扩大。(3) 系统供电与设备协同: 采用主电源+直流备用电源双重供电模式, 主电源引自消防双电源配电箱, 单独设置断路器进行保护, 避免与其他设备共用电源开关; 备用电源采用专用密封式蓄电池组, 容量按系统正常工作电流核算, 满足8小时以上连续供电需求, 且具备自动充放电维护功能。

## 2.4 应急照明与疏散指示系统

作为人员疏散关键设施, 要通过规范选型安装、合理设计回路与保障持续供电, 提供清晰可靠指引。(1) 灯具选型与安装规范: 疏散照明灯优先安装于墙面(距地 $\geq 2\text{m}$ )或顶棚(非嵌入式安装, 避免遮挡); 安全出口标志灯固定于疏散出口内侧上方(距地 $\geq 2\text{m}$ ), 确保人员远距离可见; 疏散走道标志灯按安装位置分类设置, 墙面安装高度0.3-0.5m, 地面安装需嵌入地面且与地面平齐, 顶棚安装高度2.0-2.5m, 相邻灯具间距不超过20m, 转角处间距不超过10m。地面标志灯防护等级需达到IP67, 适应人员踩踏与潮湿环境, 采用外接集中电源供电, 避免自带电池故障影响使用。(2) 回路设计与参数控制: 地面标志灯每回路接入数量不超过64盏, 墙面及顶棚安装的灯具每回路不宜超过25盏, 回路设置短路保护与过载保护。疏散照明分支回路严禁接入插座等非消防负载, 备用照明与疏散照明分设独立回路, 分别由不同开关控制, 确保功能区分明确。线路穿热镀锌金属管保护, 竖向供电时需精确核算电压降, 确保末端灯具电压满足工作要求; 疏散走道最低地面水平照度不低于1.0lx, 楼梯间、前室等关键区域不低于5.0lx, 保障人员清晰识别路径。(3) 供电保障与持续运行: 采用主电源+蓄电池组双重供电模式, 蓄电池组可集中设置于配电房或分散嵌入灯具内部, 非火灾状态下由主电源供电并对

蓄电池组进行恒压充电,确保电池性能稳定。备用照明优先采用市电供电,医院手术室、数据机房等重要场所增设蓄电池过渡照明灯,避免市电中断时照明熄灭<sup>[3]</sup>。

### 3 消防电气设计中的技术应用

#### 3.1 智能化技术在消防电气设计中的应用

智能化技术可显著提升消防电气系统的响应效率与管控精度,核心应用集中在三个方面:(1)智能监测与诊断,通过在消防电源、线路及设备上加装传感器,实时采集电压、电流、温度等运行参数,结合算法分析设备健康状态,提前预警线路过载、设备老化等潜在故障,避免因隐性问题引发系统失效;(2)自适应联动控制,基于建筑空间布局与火灾发展规律,构建动态联动逻辑,系统可根据火灾位置、蔓延速度自动调整排烟风机启停顺序、防火卷帘降落时间,优化应急照明点亮区域,减少不必要的资源消耗;(3)远程运维管理,借助物联网技术将消防电气系统接入云端平台,管理人员可远程查看设备运行数据、接收故障告警,通过平台下发参数调整指令,实现系统维护的数字化与便捷化,降低现场运维成本。

#### 3.2 新能源技术在消防电气设计中的应用

新能源技术的融入可增强消防电源的独立性与可持续性,主要应用方向包括:(1)分布式储能与消防电源结合,在建筑屋顶或室外区域配置储能电池组,与市电、柴油发电机形成多源互补供电系统,储能电池平时可储存光伏电能或电网低谷电能,火灾时作为应急电源补充,延长消防设备供电时长;(2)光伏供电的辅助应用,在建筑外立面或附属设施上安装光伏组件,通过专用控制器将电能接入消防应急照明系统,满足部分疏散区域的基础照明需求,减少对传统电网的依赖;(3)新能源设备的适配设计,针对新能源供电的波动性,在消防配电系统中增设稳压装置与充放电管理模块,确保输出电压稳定符合消防设备要求,同时优化电源切换逻辑,实现

新能源与传统电源的无缝衔接。

#### 3.3 数字化技术在消防电气设计中的应用

数字化技术可优化消防电气设计流程与后期管理效率,关键应用体现在:(1)BIM技术的全流程应用,在设计阶段通过BIM模型整合消防电气系统与建筑结构、给排水等其他系统,直观排查线路冲突与设备布置不合理问题;施工阶段借助模型指导管线敷设,减少现场返工;运维阶段通过模型关联设备信息,实现设备全生命周期追溯;(2)数字孪生的动态模拟,构建消防电气系统数字孪生体,模拟不同火灾场景下系统的运行状态,验证联动逻辑合理性与应急供电可靠性,提前发现设计漏洞并优化;(3)数据化文档管理,将消防电气系统的设计图纸、设备参数、维护记录等信息数字化存储,建立关联数据库,便于快速检索与更新,同时支持与消防控制室系统对接,实现设计数据与实际运行数据的联动分析<sup>[4]</sup>。

结束语:本文系统阐述了民用建筑消防电气设计的概念、核心要点及新技术应用,明确了电源可靠供电、设备精准联动、应急清晰指引的设计逻辑,提出智能化监测、新能源供电、数字化设计等优化路径,可为实际设计提供明确指导。随着技术发展,消防电气设计需进一步融合新兴技术,强化系统协同性与自适应能力。

#### 参考文献:

- [1]张龙.民用建筑消防电气设计探讨[J].水上安全,2024(9):127-129.
- [2]严俊晖,赵金凯,蒋贤波.高层民用建筑中的消防电气设计要点探讨[J].中国科技期刊数据库工业A,2024(12):262-265.
- [3]张世岑.民用建筑中的消防应急照明系统设计[J].光源与照明,2025(5):23-25.
- [4]许昌虎.高层建筑电气消防安全设计与施工要点分析[J].秋光,2025(9):0070-0071.