

架空层充电桩区域电气火灾防控技术探讨

金利霞

天津市滨海新区自然资源规划研究院有限公司 天津 300451

【摘要】：随着新能源汽车快速普及，小区架空层充电桩应用愈发普遍，但区域内电气元件老化、线路布设杂乱、消防防控设备适配不足等火灾隐患突出。隐患主要源于设备防护等级难以适配架空层潮湿多尘环境、施工缺少专用电气安全规范、日常运维缺乏针对性管控举措。本文立足问题梳理、根源剖析与技术落地，依托充电桩电气故障隔离、线路防火改造、火灾早期精准预警等技术，结合设备准入管理、常态化巡检、标准化应急处置，搭建全链条火灾防控体系，精准化解架空层充电桩安全防控难题，为其平稳安全运行提供技术支撑与实操参考。

【关键词】：架空层充电桩；电气火灾；防控技术；隐患治理；运维管控

DOI:10.12417/2811-0722.26.07.052

引言

小区架空层因空间利用率高、存取便捷，已成为充电桩集中布置的核心区域。但架空层半封闭、温湿度波动大、粉尘易堆积的固有环境特征，与充电桩长期高负荷运行的电气安全要求之间存在先天矛盾，导致电气火灾隐患频发，严重威胁居民生命财产安全。当前，架空层充电桩区域电气火灾防控仍面临元件老化隐蔽、布线混乱、防控设备适配不足等现实难题，相关技术应用与管控措施尚未形成完善体系。基于此，本文梳理该区域电气火灾核心问题，剖析隐患根源，探讨针对性防控技术与实操保障措施，为提升架空层充电桩区域安全管控水平提供技术参考。

1 架空层充电桩区域电气火灾核心问题梳理

1.1 充电桩内部电气元件老化隐患

架空层充电桩内部电气元件长期处于不间断运行状态，受架空层环境特性影响，潮湿、粉尘、温度波动等因素会加速元件老化进程。充电桩内部的整流模块、滤波电容、接触器等核心电气元件，在长期高负荷充放电循环中，绝缘层会逐渐出现磨损、碳化现象，导致绝缘性能大幅下降，易引发短路故障。其中，滤波电容长期工作后会出现电解液干涸、容量衰减问题，造成输出电压不稳定，进而加剧其他元件的损耗；接触器触点在频繁通断过程中会产生电弧，导致触点氧化、烧蚀，接触电阻增大，通电时产生大量热量，形成局部高温隐患。此外，架空层通风条件相对较差，热量易在充电桩内部积聚，进一步加速电气元件老化速度，当老化程度超过安全阈值，就会引发电气火灾，且隐患具有隐蔽性，日常巡检难以快速发现。

1.2 架空层布线混乱引发的短路风险

架空层充电桩布设乱象潜藏严重电气安全风险，极易滋生线路短路并衍生火情事故。场地内部线缆类型涵盖充电桩主干供电电缆、充电枪连接线缆及信号控制线缆等，然而不少楼栋前期并未规划专属走线廊道，各类线路任性排布、交错缠绕的现象十分突出^[1]。现场作业未恪守电气施工布设准则，线缆缺

少定型支撑构件，长期外露状态下经受车辆碾压、人为触碰及潮湿环境侵蚀，外层绝缘结构逐步出现损耗、老化及破损，内部金属导体一旦外露并发生触碰，便会诱发线路短路。粗细、型号与功能属性各异的线路混杂排布，且缺少物理隔离，大功率供电线路贴近弱电信号线路布设，电磁扰动叠加负载失衡、散热不畅等因素，都会加速绝缘材质老化破损，绝缘防护失效后线路瞬时短路聚积高温，引燃周边线路护套、设备壳体及区域堆放杂物，火情会迅速蔓延扩散。

1.3 防控设备适配性不足问题

架空层充电桩区域防控设备适配性不足，主要体现在设备规格与充电桩运行负荷、架空层环境条件不匹配，且设备功能与区域火灾防控需求脱节。防控设备选型未充分考虑架空层半封闭、通风条件不均、温湿度波动大的环境特性，部分火灾探测器灵敏度与充电桩电气火灾初期特征不契合，无法精准捕捉充电桩线路老化、接触不良引发的微弱烟雾和局部温升，易出现误报、漏报现象。灭火设备未根据充电桩电气火灾的特点选型，常规干粉灭火器难以快速扑灭充电桩内部电路、电池模块引发的火灾，而专用灭火设备又存在安装尺寸与架空层充电桩布局不匹配、操作空间不足的问题，同时部分防控设备与充电桩供电系统联动性差，无法在火灾初期自动切断电源、启动灭火装置，难以形成有效的防控闭环，加剧了电气火灾蔓延的风险。

2 架空层充电桩电气火灾问题根源剖析

2.1 设备选型与架空层环境不匹配

设备型号配置与架空层实际工况适配失衡，是电气火灾滋生的关键诱因。架空层半封闭构造特质突出，空间内部温湿度起伏幅度偏大，空气流通状态分布不均，颗粒物积存量偏高且易受外部气候条件干扰。充电装置及附属电气装置配置标准未能贴合现场工况，会潜藏大量安全隐患。充电模块、接触器、断路器等核心构件未选用适配潮湿空间的防护型号，长期处在高湿氛围里会加速绝缘材质老化破损，绝缘防护效能逐步衰

减, 诱发短路漏电等电气异常, 电弧高温极易引燃周边浮尘与可燃杂物。设备散热结构未适配多尘场景会造成风道堵塞, 机体内部热量蓄积加速元器件损耗, 防护标准偏低还难以阻隔水汽与杂物侵入空间, 整体安全风险会持续攀升。

2.2 施工环节电气安全标准缺失

架空层充电桩施工环节电气安全标准缺失, 主要体现在施工流程不规范、材料选用不达标及施工质量管控缺位等方面。施工过程中, 未严格遵循电气工程施工及验收规范, 线路敷设未根据架空层潮湿、通风条件特殊处理, 管线穿墙、穿楼板处未做好防火封堵, 导线连接不牢固、绝缘层破损等问题频发^[2]。充电桩电源接入未按标准设置独立回路和过载、短路、漏电保护装置, 部分施工单位为降低成本, 选用不符合国家标准的电缆、接线端子等配件, 其耐热性、绝缘性无法满足充电桩长期运行的负荷需求。同时, 施工过程中缺乏专业的质量监管, 未对隐蔽工程进行全程跟踪验收, 导致诸多电气安全隐患被隐藏, 为后续充电桩运行过程中电气短路、过热起火埋下隐患。

2.3 日常管控缺乏针对性措施

小区架空层充电桩专属电气安全管控标准尚未完善, 现有巡查管理制度多套用普通配电设施运维模式, 未结合架空层通风条件、密闭空间环境、车辆集中停放充电等特殊场景制定专项管控细则。现场巡检多停留在表面目视排查, 对线路绝缘老化、接头虚接、设备内部温升等隐蔽电气隐患缺少专业检测手段, 红外测温、绝缘检测等专业设备应用覆盖率偏低。管控环节未落实充电桩分区专属运维责任, 设备运维、物业管理、用户自律之间衔接存在漏洞, 充电车辆违规私拉线路、超长时间滞留充电等行为缺少常态化约束与即时干预, 架空层人员流动复杂、杂物随意堆放的现状也进一步削弱日常管控实效, 持续放大电气火灾滋生风险。

3 架空层充电桩区域电气火灾防控核心技术

3.1 充电桩电气故障隔离技术

架空层充电桩电气故障隔离技术聚焦故障精准甄别与故障源快速断供, 针对架空层半封闭空间通风受限、设备排布集中的现场特征, 应采用层级化全域故障隔离架构。智能监测单元持续采集充电回路电流、电压、运行温度及绝缘阻值等运行参量, 依托阈值标定与算法研判筛查线路短路、负荷超限、接点异常及绝缘老化等隐患, 规避故障范围进一步扩散。结合场地多回路并行布设现状引入分段隔离架构, 各充电设备单独匹配专属隔离开关与漏电防护器件, 局部回路出现异常即可实现毫秒级断电, 保障周边设备平稳运转。故障定位装置同步锁定故障具体位置, 为现场运维处置提供数据支撑, 抑制电气隐患诱发火情蔓延, 维系架空层充电区域电气整体运行安全。

3.2 架空层线路防火优化技术

架空层充电桩区域线路防火优化需结合架空层通风条件有限、环境潮湿且线缆敷设集中的特点, 优先选用阻燃型铜芯电缆, 其绝缘层采用低烟无卤阻燃材料, 可有效延缓火焰蔓延、减少有毒烟气释放, 避免火灾扩大时线缆熔毁引发二次短路。线缆敷设需采用桥架架空安装, 与充电桩接线端子连接处加装防火密封套, 封堵线缆缝隙, 防止火灾烟气通过缝隙扩散并阻断火源传导^[3]。线路设计需匹配充电桩额定功率, 合理规划线缆截面, 避免线缆长期过载运行产生过热现象, 同时设置线路过载、短路及漏电保护装置, 实时监测线缆运行温度与电流参数, 一旦出现异常可快速切断电源。此外, 定期对线缆绝缘层进行检测, 及时更换老化、破损线缆, 对桥架及接线部位进行防火涂层处理, 进一步提升线路防火防护能力。

3.3 火灾早期精准预警技术

架空层充电桩区域火灾早期精准预警技术以充电桩运行全流程参数监测为核心, 结合架空层半封闭、通风条件有限、设备密集的环境特性, 构建多维度、高精度预警体系(见图1)。该技术整合电气参数监测、环境参数感知与图像智能识别三大模块, 实时捕捉充电桩充电过程中的电流、电压异常波动, 精准检测充电接口、电缆接头等关键部位的温度变化, 同步监测区域内烟气浓度、可燃气体含量等火灾前兆指标。采用分布式布置的高精度传感器, 可实现对每台充电桩的独立监测, 数据通过无线传输模块实时上传至监控终端, 结合智能算法对异常数据进行分析研判, 排除环境干扰导致的误报, 精准识别过载、短路、接触不良等引发火灾的早期隐患, 在烟气产生初期、局部温升异常但火势尚未蔓延的阶段发出预警信号, 为后续应急处置争取充足时间, 从源头遏制电气火灾的发生与发展。



图1 架空层充电桩火灾早期精准预警系统架构

4 架空层充电桩电气火灾防控实操保障

4.1 设备准入与安装管控

架空层充电桩设备准入需严格遵循国家电气安全标准及地方消防规范, 优先选用具备3C认证、防火阻燃等级达到V0级及以上的合格产品, 重点核查设备短路保护、过流保护、过温保护及漏电保护等核心防护功能的有效性, 严禁使用无资质、不合格及已淘汰的充电桩设备。安装前需对架空层电气线

路布局、承重能力、通风条件进行全面排查,结合架空层半封闭特性合理规划充电桩安装位置,与可燃构件、疏散通道的距离不小于0.5米,避开梁体、配电箱等关键部位。安装过程中需采用阻燃型电缆,电缆敷设需穿管保护,避免线路裸露、挤压或破损,接线处需牢固连接并做好绝缘处理,安装完成后需进行电气性能检测、绝缘电阻测试及防火密闭处理,确保设备安装符合安全规范,从源头杜绝因设备不合格、安装不规范引发的电气火灾隐患。

4.2 常态化运维巡检实施

架空层充电桩区域常态化运维巡检需建立固定频次机制,每日对充电桩本体、配电线路及配套设备开展全面排查,重点检查充电桩外壳有无破损、散热通风口是否畅通、充电枪接口是否存在烧蚀、松动或异物残留,同时核查充电线缆有无老化、破损、拖拽磨损等情况,确保线缆敷设规范、固定牢固,无裸露带电部位。巡检过程中需实时监测充电桩运行参数,包括充电电压、电流、功率及设备温度,对比历史运行数据排查异常波动,及时发现过载、短路等潜在隐患。对架空层内配电箱、断路器、接地装置等配套电气设备,需定期检查接线端子紧固情况、保护装置动作有效性,排查接地电阻是否符合规范要求,防止因接地不良引发漏电火灾^[4]。巡检需详细记录设备运行状态、排查结果及异常情况,建立完整巡检台账,对发现的隐患实行闭环管理,确保隐患整改到位、痕迹可追溯,保障充电桩区域电气设备长期稳定安全运行。

参考文献:

- [1] 朱廷波.基于物联网技术的新能源汽车充电桩电气火灾预警系统设计研究[J].汽车与驾驶维修(维修版),2025,(03):52-54.
- [2] 侯志华,刘小兵.基于物联网技术的新能源汽车充电桩电气火灾预警系统研究[J].农业装备与车辆工程,2024,62(12):75-78+97.
- [3] 刘皓天,陈枫,吴振勇,等.基于DTU的充电桩电气安全大数据管控平台研究[J].微处理机,2020,41(04):53-56.
- [4] 厉宏图,王建浩,厉启帆.基于充电效率提升的新能源汽车充电桩模块化设计研究[J].汽车测试报告,2025,(16):13-15.
- [5] 张同敬.电动汽车充电站电气自动化系统设计与性能分析[J].汽车测试报告,2025,(10):10-12.

4.3 应急处置流程规范

需紧密结合架空层半封闭空间特性与充电桩电气火灾特点,明确各环节操作标准与执行要求。火灾突发时,区域火灾自动报警系统立即触发警报,同步联动切断充电桩总电源及对应分支回路电源,切断火灾蔓延的电气源头,避免短路电弧引发火势扩大^[5]。针对充电桩电池起火、线路起火等不同火情,选用适配的干粉或二氧化碳灭火器,对准起火核心部位精准喷射,杜绝使用水或泡沫灭火器扑救,防止触电事故发生。同步开启架空层机械排烟设备,及时排出燃烧产生的有毒烟气,打开疏散通道防火门,保障疏散路径畅通。火势无法控制时,立即联动消防应急广播,精准上报火灾具体位置、充电桩数量及燃烧情况,配合专业救援力量开展灭火、人员疏散及现场管控,全程严格遵循电气火灾处置规范,规避二次灾害风险。

5 结语

架空层充电桩电气火灾防控,是兼顾新能源推广与小区公共安全的重要课题。当前场景存在环境适配不足、隐患隐蔽性强、防控体系衔接不畅等突出痛点。可依托电气故障隔离、线路防火改造、火灾早期精准预警等核心技术,配合设备准入管控、日常运维巡检、标准化应急处置,构建全链条多层次安全防控屏障,从源头抑制火灾隐患滋生蔓延。后续需结合架空层场景特点完善专项管控标准,持续优化防控技术与管理体系,兼顾使用便捷性与运行安全性,为新能源基础设施平稳有序发展筑牢安全保障。