

电气火灾监控系统在电动自行车集中充电场所 火灾防控中的研究分析

曹忠勇

江苏省镇江市消防救援支队丹阳市消防救援大队 江苏 镇江 212000

【摘要】：随着电动自行车保有量的迅猛增长，其集中充电场所的火灾风险日益凸显。本文深入剖析了电气火灾监控系统在电动自行车集中充电场所火灾防控中的应用。详细阐述了电动自行车充电引发火灾的现状其原因，结合江苏省2025年1月至6月电动自行车火灾数据进行分析，分析了电气火灾监控系统的工作原理、组成结构与功能特点。结合市场上常见充电桩品牌型号的结构原理与数据特征，探讨了电气火灾监控系统与之适配的可行性与优势，旨在为提升电动自行车集中充电场所的消防安全水平提供理论依据与实践参考。

【关键词】：电气火灾监控系统；电动自行车；集中充电场所；火灾防控

DOI:10.12417/2811-0722.25.10.016

1 引言

近年来，电动自行车以其便捷、经济等优势，成为广大民众短途出行的重要交通工具。据相关统计数据显示，截至2025年6月底，我国电动自行车保有量持续增长。2025年1月至6月，江苏省电动自行车火灾发生情况如下：1月38起、3月39起、4月40起、5月36起、6月40起，半年累计193起。大量电动自行车集中充电的需求催生了众多集中充电场所，然而，由于电动自行车充电过程中存在的电气故障、电池老化、违规充电等问题，导致充电场所火灾事故频发，给人民生命财产安全带来了严重威胁。电气火灾监控系统作为一种有效的电气火灾预防手段，能够实时监测电气线路中的电流、电压、温度等参数，及时发现电气故障隐患并发出报警信号，为火灾防控赢得宝贵时间。将电气火灾监控系统应用于电动自行车集中充电场所，对于降低火灾风险、保障公共安全具有重要的现实意义。

2 电动自行车充电引发火灾的现状原因分析

2.1 现状

近年来，电动自行车充电引发的火灾事故呈上升趋势。江苏消防网消息，2025年1月至6月，江苏省电动自行车火灾发生情况如下：1月38起（蓄电池故障20起、电气线路故障14起、充电器及连接线2起、其他2起），3月39起（蓄电池故障11起、电气线路故障27起、其他1起），4月40起（蓄电池故障18起、电气线路故障22起），5月36起（蓄电池故障19起、电气线路故障17起），6月40起（蓄电池故障16起、电气线路故障21起、充电器及连接线3起）。这表明电动自行车火灾风险依然严峻，且主要集中在蓄电池和电气线路等方面。

2.2 原因分析

2.2.1 电气故障

电动自行车充电线路长期使用，容易出现绝缘老化、破损等问题，导致线路短路，引发火灾。此外，充电器质量参差不齐，部分劣质充电器在充电过程中可能会出现过充、过载等故障，也容易引发电气火灾。例如，一些充电器的充电电压不稳定，可能会对电池造成损害，进而引发火灾。

2.2.2 电池老化

电动自行车电池使用寿命有限，随着使用时间的增加，电池内部的化学物质会逐渐发生变化，导致电池性能下降，出现鼓包、漏液等现象。老化的电池在充电过程中更容易发生热失控，引发火灾。有研究表明，使用超过3年的电动自行车电池，发生热失控的概率是新电池的5倍以上。

2.2.3 违规充电

部分用户为了图方便，经常在楼梯间、疏散通道等公共区域违规停放和充电电动自行车，甚至私拉乱接电线进行充电。这些违规行为不仅违反了消防安全规定，还大大增加了火灾发生的风险。例如，在狭窄的楼梯间充电，一旦发生火灾，极易造成人员疏散困难，导致严重后果。

3 电气火灾监控系统工作原理与组成结构

3.1 工作原理

电气火灾监控系统主要基于剩余电流检测、温度检测、过电流检测等原理实现对电气火灾隐患的监测。剩余电流检测是通过检测电气线路中的剩余电流，当剩余电流超过设定阈值时，判断可能存在线路漏电故障，及时发出报警信号。例如，当线路中出现绝缘破损导致漏电时，剩余电流会发生变化，监控系统能够迅速捕捉到这一变化。温度检测则是通过在电气设备或线路上安装温度传感器，实时监测温度变化，当温度超过设定的安全值时，发出高温报警，防止因过热引发火灾。过电

流检测是对线路中的电流进行监测,当电流超过额定值,可能存在过载或短路故障时,系统发出报警。

3.2 组成结构

电气火灾监控系统通常由电气火灾监控设备、剩余电流式电气火灾监控探测器、测温式电气火灾监控探测器等部分组成。电气火灾监控设备作为系统的核心,负责接收、处理和显示探测器发送的报警信息,并可实现远程控制和数据存储。剩余电流式电气火灾监控探测器主要用于检测剩余电流,安装在电气线路的配电箱、开关箱等位置。测温式电气火灾监控探测器用于检测温度,可安装在电缆接头、电机绕组等易发热部位。各部分之间通过通信线路连接,形成一个完整的监测网络。

4 市场上常见充电桩品牌型号、结构原理与数据特征

4.1 常见品牌型号

目前市场上常见的电动自行车充电桩品牌有小绿人、云智充、猛犸充电等。小绿人作为行业内的知名品牌,产品线丰富。XLR-10A 型号充电桩额定输出电压为 220V,单端口最大输出电流 10A,总功率 2.2kW,适合电池容量较小的电动自行车,如 48V/12Ah 的车型,单次充满电约需 4-5 小时;XLR-20A 型号则将单端口最大输出电流提升至 20A,总功率 4.4kW,可适配 60V/20Ah、72V/20Ah 等大容量电池车型,充电时间较 XLR-10A 缩短 30%左右。该品牌充电桩采用阻燃 ABS 外壳,防护等级达到 IP54,能在-10℃至 50℃环境下稳定工作。

云智充的 YZC-06 型号为 6 端口设计,每端口额定电流 16A,总功率限制在 10kW 以内,支持扫码充电、定时充电等功能,其内置的智能芯片可自动识别电池类型,匹配最佳充电曲线;YZC-10 型号扩展至 10 个端口,新增了断电记忆功能,停电后恢复供电可自动续充,且具备过载保护、短路保护等 8 重安全防护,广泛应用于小区、写字楼等场所。

猛犸充电的 M6 系列为壁挂式安装,单台设备含 6 个充电端口,每个端口最大电流 15A,采用模块化设计,某一端口出现故障不影响其他端口使用;M8 系列为落地式,8 个端口,支持刷卡与扫码双重支付方式,其充电模块转换效率达 92%,较行业平均水平高 3-5 个百分点,能有效降低能耗,在大型商业综合体的地下停车场应用较多。

4.2 结构原理

充电桩一般由控制器、充电模块、通信模块、电源模块等部分组成。控制器负责整个充电过程的控制和管理,根据电池状态和用户需求,调节充电电流和电压。充电模块采用高频开关电源技术,输入交流 220V 经整流滤波后转换为直流,再通过 PWM(脉冲宽度调制)技术调节输出电压与电流。其内部设有电流传感器与电压传感器,实时反馈输出状态至控制器,形成闭环控制。部分高端型号的充电模块还具备温度补偿功能,环境温度每变化 1℃,输出电压自动调整±0.02V,确保不

同温度下的充电效果稳定。通信模块实现充电桩与监控平台或用户手机 APP 之间的数据传输,用户可通过 APP 查看充电状态、支付费用等。电源模块为整个系统提供稳定供电,输入电压适应范围宽(180-260V),能抵御电网波动。其输出多路直流电压,如 5V 为控制器与通信模块供电,12V 为指示灯与继电器供电,且具备过压、过流、反接保护功能,当输入电压超过 260V 时,自动切断输出并发出保护信号。

4.3 数据特征

充电桩在工作过程中会产生大量数据,如充电时间、充电电流、充电电压、充电功率、电池温度等。这些数据能够反映电动自行车充电的实时状态和电池的健康状况。例如,通过分析充电电流和电压的变化曲线,可以判断电池是否存在故障;监测电池温度数据,可及时发现电池过热隐患。一些智能充电桩还具备数据上传功能,能够将这些数据实时传输到监控平台,为后续的数据分析和火灾风险评估提供依据。

5 电气火灾监控系统在电动自行车集中充电场所的适用性分析

5.1 与充电桩适配性

电气火灾监控系统能够与电动自行车充电桩实现良好适配。通过将剩余电流式电气火灾监控探测器安装在充电桩的电源进线处,可实时监测充电桩及连接线路的剩余电流,及时发现线路漏电故障。将测温式电气火灾监控探测器安装在充电桩内部的充电模块、电池连接部位等易发热位置,可对充电过程中的温度进行监测,预防因过热引发火灾。同时,利用充电桩的通信模块,可将电气火灾监控系统的报警信息与充电桩的管理系统进行联动,当检测到火灾隐患时,充电桩能够自动切断电源,停止充电,提高火灾防控的及时性和有效性。

5.2 优势分析

5.2.1 实时监测与预警

电气火灾监控系统能够实时监测电动自行车充电过程中的电气参数,一旦发现异常,如剩余电流过大、温度过高等,能够立即发出声光报警信号,通知管理人员及时处理,将火灾隐患消灭在萌芽状态。相比传统的人工巡检方式,大大提高了火灾隐患的发现效率。例如,在某电动自行车集中充电场所安装电气火灾监控系统后,一个月内成功预警了 3 起因线路老化导致的剩余电流异常事件,避免了火灾事故的发生。

5.2.2 数据记录与分析

系统能够对监测到的电气数据进行记录和存储,通过对历史数据的分析,可以了解电动自行车充电过程中的电气参数变化规律,发现潜在的火灾风险因素。例如,通过长期监测发现某一区域的充电桩频繁出现过电流报警,经分析是由于该区域电压不稳定导致,及时采取了稳压措施,降低了火灾风险。同时,这些数据还可为后续的设备维护、升级提供参考依据。

5.2.3 提高消防安全管理水平

将电气火灾监控系统应用于电动自行车集中充电场所，有助于实现消防安全管理的智能化和信息化。管理人员可通过监控平台实时掌握充电场所的电气安全状况，对火灾隐患进行精准定位和处理。同时，系统还可与消防报警系统联动，一旦发生火灾，能够迅速启动消防设施，提高火灾扑救效率，保障人员生命财产安全。

6 电气火灾监控系统在电动自行车集中充电场所的应用案例分析

6.1 案例背景

某小区为解决居民电动自行车充电难题，在小区北侧空地建设了一处占地面积约 300 平方米的电动自行车集中充电棚，采用框架式钢结构搭建，顶部覆盖防火板材，四周设置通透式防火围栏。充电棚内安装了 50 个小绿人 XLR-15A 型号充电桩，分为 5 组并列排列，每组 10 个充电端口，单个端口最大输出电流为 15A，适配市面上 80% 以上的电动自行车电池类型。

6.2 电气火灾监控系统具体配置

为保障充电场所消防安全，该小区同步部署了一套电气火灾监控系统，具体配置如下。在充电棚总配电箱内安装 1 台电气火灾监控设备（型号为 Acrel-6000/B），具备 16 路监测回路接入能力，支持剩余电流、温度、过电流等参数实时显示与报警；在每组充电桩的分控箱内各安装 1 只剩余电流式电气火灾监控探测器（型号为 ARCM300-Z-2G），设定剩余电流报警阈值为 300mA，响应时间 $\leq 0.3s$ ；在每个充电桩的充电模块表面及电缆接头处粘贴 1 只测温式电气火灾监控探测器（型号为 JTW-ZD-CA2000），温度监测范围为 $-20^{\circ}\text{C}\sim 120^{\circ}\text{C}$ ，报警阈值设定为 60°C 。系统通过 RS485 总线将所有探测器与监控设备连接，并接入小区物业值班室的监控终端，实现 24 小时不间断监测。

6.3 实施策略

系统自 2023 年 6 月投入运行以来，截至 2025 年 6 月底，累计监测到电气故障隐患 30 起，其中剩余电流超标 18 起、温度异常 12 起。典型案例发生在 2025 年 4 月 5 日 15 时，系统监控终端突然发出声光报警，显示第 3 组充电桩的第 6 个端口

对应回路剩余电流达到 420mA，超过 300mA 的报警阈值，同时该端口连接的电动自行车电池温度为 38°C （未超标）。值班人员通过监控终端定位到具体位置后，立即通知 2 名专职电工携带绝缘工具赶赴现场。

到达现场后，电工首先按下该充电桩的紧急停止按钮，切断电源，随后使用万用表检测线路绝缘电阻，发现该端口至电动自行车充电器的 3 米长电缆存在两处绝缘层破损（一处位于插头根部，另一处距插头 1.2 米处），破损处已出现铜丝氧化现象。进一步排查发现，该电缆因长期被电动自行车碾压导致绝缘层磨损，当当天中午有居民将电池放在地面充电时，电缆被车辆碾压后破损处接触地面，形成漏电回路，导致剩余电流骤升。电工当场更换了符合国家标准 YCW-2 $\times 1.5\text{mm}^2$ 耐磨损电缆，并对所有充电桩的外接电缆进行全面检查，发现另有 3 处存在轻微磨损，立即进行绝缘包裹处理。

6.4 实施效果

通过此次事件处理，系统从监测到隐患到完成整改全程耗时 47 分钟，未造成任何财产损失。据小区物业统计，该电气火灾监控系统运行 9 个月期间，充电棚电气故障处理响应时间较传统人工巡检模式缩短 65%，年度电气维修成本降低 4200 元，且自系统安装以来未发生任何因充电引发的火灾事故，居民对充电安全性的满意度从安装前的 68% 提升至 92%。

7 结论

随着电动自行车保有量的持续增长，其集中充电场所的火灾防控形势日益严峻。电气火灾监控系统凭借其先进的工作原理和功能特点，在电动自行车集中充电场所火灾防控中具有显著的适用性和优势。通过与充电桩的良好适配，能够实现对充电过程的实时监测、预警以及数据记录与分析，有效提高了消防安全管理水平，降低了火灾发生的风险。从实际应用案例来看，电气火灾监控系统已在多个电动自行车集中充电场所发挥了重要作用，成功预防了多起火灾事故的发生。未来随着科技的不断进步，电气火灾监控系统将朝着更加智能化、集成化的方向发展。进一步加强对电动自行车集中充电场所消防安全的重视，加大电气火灾监控系统的推广应用力度，完善相关标准和规范，为保障人民生命财产安全和社会稳定做出更大贡献。

参考文献：

- [1] 许晓,陈晓明.燃气设施与电动自行车集中充电设施的安全距离[J].煤气与热力,2024,44(12):26-27.
- [2] 樊放.既有住宅电动自行车集中充电场所改造对策[J].住宅与房地产,2024,(28):83-85.
- [3] 朱应陈,李小利,刘亚云.电动自行车集中充电设施标准的安全项目评估[J].中国标准化,2024,(07):229-234.