

加油站充电桩的安全风险评估与管理策略研究

黄 涛（中国石化销售股份有限公司广东汕头石油分公司，广东 汕头 515000）

摘 要：在能源结构转型与交通电动化趋势的推动下，加油站逐步向综合能源补给站转型，充电桩的加装成为重要发展方向。但加油站传统油气环境与充电设施电气特性的叠加，衍生出复杂的新型安全风险，如设备故障、火灾隐患及人为操作失误等问题。本文围绕加油站充电桩的潜在安全风险，结合风险识别与评估方法，提出针对性的管理策略，优化现有安全管理体系，确保油站充电桩的安全运行，降低事故发生概率。

关键词：加油站；充电桩；安全风险评估；管理策略

中图分类号：TE8 **文献标识码：**A **文章编号：**1674-5167（2025）012-0139-03

Research on safety risk assessment and management strategy of charging pile in gas station

Huang Tao(Sinopec Sales Co., LTD. Guangdong Shantou petroleum branch,Shantou Guangdong 515000,China)

Abstract: Driven by the trend of energy structure transformation and transportation electrification, gas stations are gradually transforming to comprehensive energy supply stations, and the installation of charging piles has become an important development direction. However, the superposition of the traditional oil and gas environment of the gas station and the electrical characteristics of the charging facilities has derived complex new safety risks, such as equipment failure, fire hazards and human error. This paper focuses on the potential safety risks of charging piles at gas stations, combined with risk identification and evaluation methods, puts forward management strategies, optimizes the existing safety management system, ensures the safe operation of charging piles at gas stations, and reduces accidents.

Key words: gas station; Charging pile; Security risk assessment; Management strategy

全球新能源汽车产业的蓬勃发展与“双碳”目标持续推进，驱动传统加油站加速布局充电基础设施。然而，加油站作为易燃易爆高危场所，叠加充电桩高电压、大电流的电气属性，形成物理空间与安全标准的双重挑战。一方面，燃油储运与电能传输的并行运行对设备可靠性、环境适应性提出更高要求；另一方面，传统加油站安全管理体系与新型充电设施的技术规范尚未实现深度融合，风险防控存在盲区。如何科学识别此类场景下的复合风险，构建适配性强的协同管理机制，成为保障能源补给网络安全升级的关键课题。

1 加油站充电桩安全风险概述

加油站充电桩作为油气与电能共存的复合能源设施，其安全风险具有场景特殊性、技术交叉性和动态演化性。在物理空间上，充电桩的高压电气系统与加油站易燃易爆环境形成风险叠加，设备兼容性缺陷可能诱发连锁反应。例如，充电桩的电磁干扰可能影响油机控制系统的稳定性，而油气挥发区与充电设备的防爆等级不匹配，则易在电火花或高温条件下触发燃爆事故^[1]。

在运行环节，充电桩长期高负荷运转加速电缆绝缘老化、接触器氧化等隐患，若缺乏全生命周期维护标准，可能导致渐进性故障转化为突发性安全事件。人为操作风险同样不容忽视，充电用户非规范插拔

枪头引发的接触不良、加油站员工对混合场景应急处置流程的认知不足，均可能成为事故诱因。此外，传统加油站安全管理体系与充电设施的技术规范尚未深度融合，例如防雷接地设计未兼顾充电桩特殊需求，或油气泄漏检测与充电桩故障告警系统未实现联动响应，进一步加剧风险传导路径的复杂性。

2 加油站充电桩的安全风险评估方法

2.1 基于场景的风险识别与分级

结合加油站实际布局与运营特点，划分充电桩风险场景单元（充电区、储油区交界处、人车流动密集区），以实地勘查与历史故障数据梳理，明确不同场景下风险触发条件。例如，充电桩与油机设备间距不足可能导致电磁干扰或油气渗透，需量化安全距离阈值；高峰时段充电设备高负荷运行叠加人员操作频繁，可能增加设备过热或误触风险。基于风险发生概率与后果严重性，建立“高-中-低”三级风险标签，为后续资源倾斜式管控提供依据。

2.2 多维度风险耦合分析

针对加油站“油电混用”特殊性，采用交叉验证法评估风险叠加效应。一方面，分析电气系统故障（接地不良、绝缘失效）与油气环境参数（可燃气体浓度、温湿度）的关联性，模拟极端条件下风险传导路径；另一方面，整合设备运行日志、运维记录及操作视频，识别人为操作失误与设备老化的协同影响^[2]。构建风

险关联矩阵,明确不同风险因子的权重与优先级,指导针对性防控措施制定。

2.3 全周期动态监测与反馈优化

建立覆盖“安装-运行-维护”全流程的动态评估机制。在设备安装阶段,通过防爆设计合规性审查、接地电阻测试等预评估手段消除先天隐患;运行期间,利用物联网传感器实时监测充电桩温度、电流波动及周边可燃气体浓度,结合阈值预警模型捕捉异常信号;维护周期内,以定期绝缘检测、接触部件磨损评估等数据积累,动态修正风险评估参数。同时,将加油站事故案例库与评估结果联动,持续优化风险模型对实际场景的适配性。

3 加油站充电桩安全风险管控策略

3.1 设备防爆改造与标准化运维

加油站充电桩的安全风险管理需以设备本质安全为核心,以防爆技术升级与运维体系重构,实现风险源头管控。在设备选型阶段,应严格遵循国家防爆电气设备标准(GB 3836系列),优先选用具备隔爆型或增安型防护等级的充电桩,确保其外壳结构、密封性能及电路设计能够有效阻隔内部电火花与外部可燃气体的接触。针对加油站潮湿、腐蚀性环境,设备需通过IP65及以上防护等级认证,并采用耐腐蚀材质外壳与防水型充电接口,避免因环境侵蚀导致绝缘性能下降或内部元件短路^[3]。在安装环节,需依据加油站油气扩散模型优化充电桩布局,确保与储油罐、加油机等高风险区域保持安全距离,同时完善防雷接地系统设计,采用独立接地极并定期检测接地电阻值,防范雷击或静电积累引发的连锁反应。

标准化运维体系的建立,需要制定覆盖全生命周期的运维规程,明确电缆绝缘检测、散热系统清洁、接触器氧化检查等核心维保项目及其周期,例如每季度开展一次绝缘电阻测试、每月清理散热风扇积尘。运维过程中需强化数据驱动的决策机制,通过物联网技术实时采集充电桩运行参数(如温升曲线、电流波动),结合历史故障数据建立预警阈值模型,对异常工况实现主动干预。同时,建立“一桩一档”电子化档案,完整记录设备出厂参数、安装调试记录、巡检结果及部件更换信息,为故障溯源与寿命预测提供数据支撑。此外,需定期对运维人员进行防爆设备检修专项培训,重点强化电气安全规范、防爆结构拆装流程及应急处置技能,确保其能够精准识别设备老化、密封失效等隐患,避免因操作不当引发次生风险。

3.2 作业场景分区与动线管控

加油站充电桩作业场景的安全风险管控需以空间隔离与流程优化为核心,以科学分区与动线设计降低

油电混合作业的交叉干扰风险。在空间布局上,应依据加油站场地条件与安全规范要求,将充电区与加油区、储油区进行物理隔离,优先采用实体防爆墙或安全距离(建议 $\geq 8\text{m}$)实现物理分隔,并在边界处设置醒目标识与红外感应报警装置,防止车辆或人员误入高风险区域。充电区地面需采用防静电材质,并划定专用充电车位,配备防撞桩与导向标线,引导车辆“一车一位”规范停放,避免充电枪线拖拽或车辆刮蹭导致的设备损伤。对于场地受限的加油站,可采用时间错峰管理策略,例如在充电高峰期临时封闭相邻加油位,减少人车混行引发的碰撞或静电积聚风险。

动线管控需围绕“人-车-设备”交互场景展开系统性设计。充电车辆应设置独立进出通道,与加油车辆分流,并以智能道闸系统控制车流密度,避免拥堵导致的紧急疏散障碍。充电区入口处安装智能识别设备,自动检测车辆电池状态并提示用户风险,对异常车辆限制入内充电。人员动线方面,需明确划分用户操作区与工作人员巡检路径,用户操作界面应背对加油区,减少操作时视觉干扰引发的误触;同时,充电桩周边设置1.5m安全隔离带,利用地面黄线标识与语音提示,禁止非充电人员逗留。针对突发应急场景,需预设多方向逃生通道,确保充电区与加油站出口路径最短化,并在关键节点配置应急照明与疏散指示系统。

充电区需部署独立通风系统,根据可燃气体浓度监测数据自动调节排风量,确保油气浓度始终低于爆炸下限的25%。充电桩电源控制模块应与环境传感器联动,当检测到可燃气体浓度超标、温湿度异常或设备表面温度骤升时,立即触发分级响应机制:一级预警(浓度达到阈值20%)启动声光报警并上传平台;二级预警(浓度持续上升至阈值50%)自动切断充电桩电源并启动应急排风。此外,借助AI视频监控系统实时捕捉人车行为异常,结合电子围栏技术推送定向告警,形成“监测-判定-干预”的闭环管控^[4]。

3.3 人员分级培训与应急协同

加油站充电桩安全风险的有效管控需以人员能力提升与应急机制优化为支撑,以分层培训与协同响应体系的构建,强化“人防”在复杂场景下的核心作用。针对加油站员工、充电设施运维人员及用户三类主体,建立差异化培训体系。员工培训聚焦“油电双场景”风险辨识与初期处置,重点涵盖充电桩异常状态识别(如过热告警、绝缘故障指示)、油气泄漏与电气火灾的复合应急处置流程;运维人员需深度掌握防爆设备检修规范、接地系统检测标准及老化部件更换技术要点,以仿真模拟平台强化故障诊断与修复能力;用

户安全教育则依托扫码引导、操作界面提示等轻量化手段,强化充电枪插拔规范、紧急停止按钮使用等关键动作的肌肉记忆,降低人为误操作概率。培训效果需运用理论考核与实操评估双维度验证,并建立动态复训机制,确保知识技能随技术迭代与风险演变持续更新。

应急协同机制的设计需打破传统加油站单一风险处置模式,构建多主体联动的全链条响应框架。制定充电桩专项应急预案,明确油气环境与电气事故耦合场景下的分级响应标准。一级事件(充电桩冒烟但未明火)由加油站员工按标准化流程处置(切断电源、疏散车辆);二级事件(电火引燃油气)需同步启动加油站消防系统并上报属地应急管理部门,由专业救援力量介入。预案演练采用“双盲”模式(不预设时间、不提前通知),重点检验跨岗位协作效率与应急资源调配能力,例如模拟充电桩起火时油路紧急切断、充电区与加油区同步疏散的协同操作。同时,搭建与消防、电力、安监等部门的信息共享平台,实现事故实时通报、资源动态调度与处置方案远程会商,确保跨部门指令传递无缝衔接。在培训过程中,还应利用虚拟现实技术构建加油站充电桩事故模拟场景,使受训人员在沉浸式环境中掌握复杂险情的判断与处置;部署智能应急指挥中枢,集成充电桩运行数据、环境监测信息及视频监控画面,利用AI算法实时生成处置建议,辅助现场指挥决策。此外,建立员工安全绩效档案,将培训参与度、演练表现及事故处置贡献纳入考核指标,以正向激励与责任追溯双重机制驱动安全行为内化。

3.4 智能监测与联防联控平台建设

加油站充电桩安全风险管理的现代化转型需依托智能化平台,实现跨系统数据融合与多方协同治理。平台建设应基于物联网与大数据技术,构建覆盖充电桩本体状态、环境参数及外部威胁的全维度监测网络。在感知层部署高精度传感器,实时采集充电桩绝缘介质损耗、接触部件微振动、接地回路阻抗等隐蔽性参数,结合边缘计算设备进行特征提取与异常诊断,例如运用高频电流谐波分析识别早期接触不良隐患。平台中枢集成设备运行数据、加油站安全台账及区域气象、地质等外部信息,利用机器学习算法建立充电桩健康度动态评价模型,输出设备剩余寿命预测、维修窗口期建议等决策支持结果,指导预防性维护策略制定。

跨部门数据共享与业务协同是平台核心功能。打通与应急管理、电力监管、消防救援等部门的数据接口,实现充电桩运行状态、加油站油气监测数据与城

市安全监管平台的双向交互。例如,充电桩绝缘性能劣化趋势数据自动推送至电力部门,纳入区域电网安全评估体系;加油站周边突发火情信息实时回传至平台,触发充电桩紧急断电与应急散热程序。建立多方联合指挥模块,支持消防、安监等部门远程接入平台,在事故发生时同步调取现场三维建模数据、设备运行日志及应急处置预案,以数字孪生技术模拟不同处置方案的后果影响,优化救援路径与资源调度方案。平台需强化自适应风险处置能力,以规则引擎与自动化工作流实现风险闭环管理。定义充电桩异常事件的多维处置逻辑,例如当监测到接地电阻超标且环境湿度持续上升时,自动启动充电功率限值调整、站内排水系统联动及运维工单派发程序。开发智能巡检功能,基于历史数据与实时工况生成个性化巡检清单,运用AR眼镜等终端引导工作人员定位隐患点并执行标准化操作。同时,构建知识库系统,持续归集设备故障案例、维修方案及事故调查报告,利用自然语言处理技术提取关键风险特征,为管理人员提供动态优化的决策参考。

4 结束语

加油站充电桩的安全风险管理是传统能源设施与新兴技术融合背景下的重要课题。系统梳理油电混合作业场景下的复合风险特征,构建了覆盖风险识别、评估与管控的全流程解决方案。在技术层面,强调设备防爆改造、智能监测平台与标准化运维体系的协同作用,推动安全防护从被动响应向主动预防转型;在管理层面,提出分区管控、人员培训与跨部门联防联控机制,破解传统安全管理模式与新型技术场景的适配难题,为行业标准完善与技术迭代提供了参考方向。未来,相关研究人员需持续关注充电桩技术演进与加油站场景动态变化,深化风险评估模型的动态优化能力,探索人机协同、数据驱动的风险治理新模式,助力能源基础设施安全性与可持续性的双提升。

参考文献:

- [1] 万少军. 加油加气站安装充电桩的可行性分析及对策[J]. 石化技术, 2024, 31(12): 379-380+373.
- [2] 宋国庆. 加油站转型综合加能站在安全管理方面存在的问题及对策[J]. 石油库与加油站, 2022, 31(06): 26-28+4-5.
- [3] 肖金凤. 基于AI的充电桩火灾预警系统的应用研究[J]. 阀门, 2024(05): 639-642.
- [4] 袁毕芳, 许寅皓, 刘凯, 等. 直流充电桩电源接入配网后的安全可靠性能评估[J]. 环境技术, 2024, 42(07): 165-171.