

充换电一体站配电系统智能运维技术研究

胡闪伞, 李明, 徐婷, 徐永辉

(中国石化销售股份有限公司湖北鄂州石油分公司, 湖北 鄂州 436000)

摘要 随着新能源汽车产业的快速迭代和“双碳”战略的深入推进, 传统加油站向“油、电、气、氢”多能融合的充换电一体站转型已成为行业发展的必然趋势。配电系统作为充换电一体站的核心能源供给枢纽, 其运行稳定性、可靠性直接决定站内各类设施的正常运转和服务质量, 智能运维技术的应用则是破解传统运维模式痛点、提升配电系统管理效能的关键路径。本文主要研究配电系统智能运维相关技术, 分析各环节技术要点、应用路径及实施效果, 以为充换电一体站配电系统的高效、安全、智能运维提供理论参考。

关键词 充换电一体站; 配电系统; 智能运维; 油罐区防渗改造技术; 多油品智能加油机

中图分类号: TM727.3

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.26.008

0 引言

当前, 全球能源结构正加速向清洁化、低碳化转型, 在我国“双碳”目标的推动下, 新能源汽车渗透率持续攀升。传统加油站作为能源供应网络的重要节点, 单一的燃油供应模式已无法满足市场多元化需求, 向充换电一体站转型, 实现“油、电、气、氢”多能协同供应, 成为加油站行业转型升级的核心方向。充换电一体站整合了传统燃油加注、电动汽车充电、电池更换、LNG加气、加氢等多种服务功能, 其配电系统相较于传统加油站更为复杂, 不仅需要为传统加油机、便利店等设施供电, 还需满足充电桩、换电站、光伏发电系统等新能源设施的高负荷、波动性用电需求^[1]。在此背景下, 开展充换电一体站配电系统智能运维技术研究, 通过标准化规划设计、新能源配套升级、智慧化技术赋能, 构建高效、安全、智能的运维体系具有重要的现实意义。

1 加油站规划设计与标准化建设

1.1 场地规划与功能布局优化

充换电一体站的场地规划需结合地理位置、交通流量、周边能源需求等因素, 科学划分功能区域, 实现燃油加注区、充电区、换电区、LNG加气区、加氢区、辅助功能区(便利店、办公区、设备房)的合理布局, 既要满足各类设施的安全间距要求, 又要提升车辆通行效率和服务便捷性^[2]。

场地规划的核心要点是实现“分区明确、动线合理、安全高效”, 避免不同类型车辆交叉干扰, 同时为配

电系统设备(配电箱、变压器、电缆沟等)预留合理的安装空间, 确保设备运维便捷。在车道布局设计中, 需结合车辆通行流量, 优化入口、出口及内部车道宽度, 设置专用的充电、换电、加气车道, 减少车辆拥堵。以鄂州三江服务区充换电一体站为例, 该站点原有车道布局存在交叉干扰严重、通行效率低下等问题, 通过科学优化车道布局, 增设专用充电车道和换电通道, 合理划分燃油车与新能源车辆通行区域, 实施后车辆通行效率提升达33%, 有效减少了车辆滞留时间, 同时为配电系统的负荷均衡分配提供了良好条件。

1.2 油罐区防渗改造技术

油罐区作为充换电一体站的核心危险区域, 其防渗性能直接关系到土壤、地下水环境安全, 同时也影响配电系统的安全运行。

结合天津石化罐区防渗改造实践经验, 充换电一体站油罐区防渗改造应坚持“源头预防、全程管控”的原则, 采用“双层罐+防渗层+泄漏监测”的三重防渗体系, 实现油罐区泄漏风险的全方位防控。具体改造技术要点如下: 一是采用双层储油罐, 内层为耐油、耐腐蚀的钢制油罐, 外层为玻璃钢或高密度聚乙烯材质, 两层之间设置间隙监测装置, 能够实时监测油罐渗漏情况, 一旦发生渗漏, 可及时发出预警信号, 避免渗漏范围扩大; 二是在油罐基础及周边铺设防渗层, 采用高密度聚乙烯防渗膜、膨润土防水毯等材料, 构建完整的防渗屏障, 防止渗漏油品渗入土壤和地下水; 三是安装智能泄漏监测系统, 与配电系统智能运维平

作者简介: 胡闪伞(1980-), 男, 专科, 助理工程师, 研究方向: 加能站工程发展与建设。

台联动,实时采集渗漏监测数据,当监测到渗漏信号时,立即触发预警,并自动切断相关区域电源,防止电火花引发安全事故,同时通知运维人员及时处置。

1.3 多油品智能加油机选型配置

智能加油机的选型应具备以下核心特点:一是具备多油品兼容功能,可同时供应多种标号的汽油、柴油,满足不同车辆的加油需求;二是具备智能化控制功能,支持远程监控、自动计量、故障自诊断等功能,能够实时采集加油数据(加油量、金额、时间等),并上传至配电系统智能运维平台,实现加油设备与配电系统的联动管控^[3];三是具备节能降耗特性,采用高效节能电机,降低设备运行能耗,减少配电系统的负荷损耗;四是具备安全防护功能,配备防爆、防泄漏、防静电装置,与油罐区防渗系统、配电系统安全防护体系协同,确保运行安全。

1.4 新能源设施协同设计

充换电一体站的核心转型方向是实现多能源协同供应,充电桩、LNG 加气站、加氢站等新能源设施的协同设计,需与配电系统规划紧密结合,确保新能源设施的用电、用气需求得到满足,同时实现各类设施的高效协同运行,提升整个站点的能源利用效率。首先,充电桩的协同设计需根据站点新能源汽车通行流量,合理确定充电桩的数量、功率及安装位置,优先选择快充桩与慢充桩搭配配置,满足不同车辆的充电需求^[4]。充电桩的供电线路需与配电系统专用回路连接,配备独立的保护装置和计量设备,实时监测充电桩的用电负荷、充电状态,实现与配电系统智能运维平台的联动管控。其次,LNG 加气站与加氢站的协同设计,需严格遵循 GB50156-2021 标准要求,明确与配电系统、其他设施的安全间距,采用防爆、防静电、防泄漏的设计方案。LNG 加气站的压缩机、加气机等设备的用电需求需纳入配电系统规划,配备专用的供电回路,确保设备运行稳定。

2 新能源转型配套工程

2.1 电力负荷计算专项研究

在电力负荷计算的过程中,应将充换电一体站的功能布局、运营特征作为主要参考,并明确其设施配置的特点,将“负荷统计法+系数修正法”作为主要手段,促使计算结果与站点的实际用电需求相一致。从负荷计算的层面分析,该领域需提升对充电桩、换电站等大功率负荷的关注度,了解具体影响,此类负荷启动的过程中,较大的冲击电流随之出现,那么配电系统

电压可能会上升或下降,导致其他设备的运行呈现异常状态。所以,应从大功率负荷入手,遵循单独计算的原则,合理确定负荷系数。

2.2 配电系统设计优化

配电系统架构设计采用“总配电室+分区域配电箱”的分级供电模式,总配电室设置主变压器、总配电柜、储能设备等核心设备,负责整个站点的电力分配和负荷调控^[5];从分区域配电箱的角度分析,划分的过程中将功能区域作为依据,分别为燃油加注区、充电区、换电区、LNG 加气区、加氢区、辅助功能区供电,按照不同区域采取针对性的管控措施,避免排查故障的过程中难度较大;配电系统需配备应急电源,确保突发停电时,核心设施能够正常运行。同时,在配电设备选型方面,需充分考虑到负荷特点,并针对智能运维需求展开多角度分析,将可靠程度明显、节能性强、智能化的设备作为首选。主变压器也要在原有基础上进行调整,以节能型干式变压器为重点,该设备不会引起明显的损耗和噪声,在充换电一体站的复杂环境中表现出较强的适应性;配电柜选用智能型配电柜,除了可以远程监控之外,也涵盖了负荷监测、故障自诊断等关键性模块,可以对配电设备不同环节的运行数据有明确的认识。

2.3 传统加油站屋面光伏发电兼容性改造

屋面光伏发电兼容性改造的前期工作是现场踏勘与条件评估,重点考察加油站屋面的结构形式、面积、朝向、坡度及承载能力,评估周边环境对光照的影响,排查高大建筑物、树木等遮挡物,同时梳理现有电气系统配置,了解变压器容量、低压配电系统结构等参数,为改造方案设计提供依据^[6]。此外,还需进行技术可行性评估,由专业结构工程师验算屋面承载能力,确保能够承载光伏组件、支架及相关设备的重量,必要时需采取加固措施;评估现有配电设施是否满足光伏系统接入要求,确保逆变器输出能够平稳汇入低压电网。

屋面结构改造是兼容性改造的核心环节,需结合原有屋面结构特点,采用“加固+防腐”的改造方案,确保屋面能够承受光伏发电系统的重量,同时防止屋面渗漏。

3 智慧化升级与智能运维技术应用

3.1 数字化运营平台研发与应用

数字化运营平台是充换电一体站配电系统智能运维的核心载体,需整合各类智能化技术和监测数据,

实现“数据采集、实时监测、故障预警、远程控制、智能分析”的一体化管理,为运维人员提供全面、精准、高效的运维支撑。平台研发需严格遵循《智慧加油站建设规范》(Q/SH 0590-2020)标准要求,确保平台的兼容性、可靠性和安全性,同时结合充换电一体站的运营需求,优化平台功能设计。首先,数据采集与整合模块,公司将各类传感器、智能监测设备作为操作重点,采取精准部署的措施,在各个阶段完成配电系统相关数据的采集和分析,明确加油机、充电桩等设备运行的过程中有无某方面数据异常,将其能耗指标作为关注的因素之一,将数据的集中整合工作提上日程,保障管理的规范性,为智能运维提供数据支撑^[7]。其次,实时监测模块,公司需集中较多注意力在可视化界面中,将配电系统运行的正常与否充分呈现,还需展示出不同类型设施运行状态,运维人员能够对设备整体运行有清晰的认识,秉持着发现异常、处理异常的原则。最后,在故障预警模块方面,公司从大数据分析技术的角度出发,并规范化采用人工智能算法,动态化、精准化研究采集到的运行数据,知晓存在的故障点和引起原因,在预警信号的提示下,运维人员在现场介入科学、有效的干预措施。

3.2 关键智能化技术集成应用

数字化运营平台的高效运行,离不开各类关键智能化技术的集成应用。通过在站点各个区域部署AI摄像头,实时采集现场视频数据,利用人工智能算法,对视频画面进行实时分析,识别烟雾、火焰等异常情况,一旦发现火灾隐患,立即触发预警信号,并自动联动配电系统,切断相关区域电源,防止火灾扩散,同时通知运维人员和消防部门及时处置^[8]。误差精度 $\pm 0.1\%$ 的电子价签系统,是提升站点服务质量和智能化水平的重要支撑,同时与配电系统智能运维平台联动,实现价格数据的实时同步和能耗统计。电子价签系统采用无线通信技术,实时更新燃油、充电、加气等服务价格,误差精度控制在 $\pm 0.1\%$ 以内,确保价格信息的准确性和实时性。结合Ostrakon-VL-8B技术应用经验,可通过API接口将电子价签系统与平台对接,自动校验屏幕价与实物价一致性,进一步提升价格准确性^[9]。

3.3 加油机物联网监测系统部署

加油机物联网监测系统的部署是一项重要措施,公司需高度重视现有加油机的功能、优势,充分考虑到其智能化程度,在实践中融入“改造+新增”的方式,为加油机配备物联网模块、传感器等设备。监测系统表现出一定复杂性,除了能够精准监测加油机运行是

否处在正常范围之内之外,也可以做好能耗监测、故障诊断等工作。完成传感器的部署后,解决了之前采集加油机运行参数难度大的问题,并在各个阶段将加油机的用电负荷数据于规定时间内录入在数字化运营平台,使其与配电系统的运行数据相融合,结合系统的运行情况和工作目标展开联动分析^[10]。此外,在故障诊断方面,物联网监测系统依旧彰显出较大价值,主要将采集到的运行数据作为重点,通过大数据分析和人工智能算法,了解加油机出现故障的位置和严重程度,在第一时间预警,使运维人员凭借自身专业能力、经验、技术设备完成可靠的处理。

4 结束语

充换电一体站配电系统智能运维是其高质量运营的关键。研究表明,科学的规划标准化建设、完善的新能源转型配套工程及深度智慧化升级,是提升配电系统稳定性、效率的核心路径。未来,随着新能源产业发展,配电系统智能运维将向更精准、协同、规范、绿色的方向发展,后续将聚焦故障精准预测、储能协同运维等方向深化研究,为新能源基础设施发展提供支撑。

参考文献:

- [1] 余冰,刘勇,马良.电动汽车充换放储一体站选址定容双层规划模型及算法[J].运筹与管理,2025,34(07):24-31.
- [2] 徐斌,王傲,王小明,等.储充换一体站协同多综合能源楼宇的低碳经济调度[J].电力系统保护与控制,2024,52(20):119-130.
- [3] 朱兰,张贺.含EV充换储一体站的交直流混合配电网优化运行[J].上海电力大学学报,2024,40(02):115-123,149.
- [4] 邓申玮,韦钢,朱兰,等.基于区间理论含充换储一体站的主动配电网供电能力评估[J].智慧电力,2022,50(04):59-65,95.
- [5] 何晨可,朱继忠,刘云,等.计及碳减排的电动汽车充换储一体站与主动配电网协调规划[J].电工技术学报,2022,37(01):92-111.
- [6] 曾梦隆,韦钢,朱兰,等.交直流配电网中电动汽车充换储一体站规划[J].电力系统自动化,2021,45(18):52-60.
- [7] 胡珏,韦钢,袁洪涛,等.电动汽车充换储一体站的建模[J].电力建设,2020,41(06):44-51.
- [8] 陈宏.融合AI与大数据的高低压柜电力监控系统智能运维路径研究[J].中国宽带,2026,22(05):143-145.
- [9] 闫鹏飞,桂文标,郑天昆,等.基于多源大数据的机电设备智能运维平台设计[J].模具制造,2026,26(04):183-185,188.
- [10] 贾发,杨成秀.电气设备智能运维平台构建与状态评估[J].灯与照明,2026,50(02):211-213.