

老旧小区充电桩电气改造安装技术与实践

马 磊¹, 郭 冲², 刘 强³, 黄豪倩⁴, 于丹丹³

(1. 山东省枣庄市滕州市市政工程管理服务中心, 山东 枣庄 277000;

2. 特变电工昭和(山东)电缆附件有限公司, 山东 泰安 271000;

3. 青岛匠联时代建筑工程有限公司, 山东 青岛 266000;

4. 青岛青恒建设工程有限公司, 山东 青岛 266000)

摘 要 老旧小区原有供配电系统建设标准偏低, 配电容量与线路载流量难以满足充电桩用电需求, 亟需开展电气改造工作。本研究采用按需增容、低压线路分层敷设、接地系统一体化优化技术实施改造, 新增 800 kVA 变压器, 构建 800 m² 一体化接地网。改造后变压器满负荷负载率降至 73.1%, 接地电阻 $\leq 0.8 \Omega$, 漏电动作时间 $\leq 29 \text{ ms}$, 配电系统运行与供电安全性能均符合规范要求。

关键词 老旧小区; 充电桩; 电气改造; 供配电系统

中图分类号: TM63

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.23.003

0 引言

老旧住宅小区普遍建设年代较早, 供配电系统设计标准与建设水平偏低, 配电容量储备不足、线路截面偏小、载流量裕度有限, 难以满足新能源汽车充电桩集中接入带来的冲击性负荷与持续大功率用电需求, 已成为制约充电桩规模化落地、影响社区充电基础设施普及的核心技术瓶颈^[1]。随着新能源汽车保有量持续快速增长, 老旧小区充电设施配套改造已从可选配套升级为刚性民生需求, 亟须形成安全可靠、经济适用、可复制推广的电气改造技术体系。开展老旧小区充电桩专项电气改造, 既是响应国家新型城镇化与绿色低碳发展战略、适配新能源汽车全面普及趋势的必要举措, 也是完善居住社区基础设施、提升居民生活品质与用电安全水平的民生工程。基于此, 本研究以典型老旧小区为试点, 开展充电桩电气改造工程实践, 探索适配老旧小区工况的电气改造技术路径, 为同类工程实施提供实践参考。

1 工程概况

本工程选取城区建成于 2008 年的老旧住宅小区作为充电桩电气改造试点, 该小区总建筑面积 2.8 万 m², 共规划 12 栋 6 层砖混结构住宅楼, 居民总户数 324 户, 现有地面停车位 86 个、地下非机动车库改造规划停车位 24 个, 改造后规划建设 110 个充电桩车位 (含 7 kW 交流充电桩 100 个、60 kW 直流充电桩 10 个)。小区

原有供配电系统为 10 kV/0.4 kV 变配电室 1 座, 配置 2 台 630 kVA 干式变压器, 低压配电柜采用 GGD 型柜体, 供电线路为 YJV22-1 kV 铜芯电缆, 楼栋入户线为 BV-10 mm² 导线, 因建设标准偏低, 配电容量及线路载流量无法满足充电桩用电需求。

2 老旧小区充电桩电气改造安装技术

2.1 变配电室精准增容技术

针对小区原有 2 台 630 kVA 干式变压器总容量不足问题, 采用按需增容 + 原有设备利旧的改造方式, 新增 1 台 800 kVA 干式变压器, 形成总容量 2 060 kVA 的供电体系, 同时对 GGD 型低压配电柜进行柜体改造与回路扩容, 新增充电桩专用配电回路 28 路, 每路配置额定电流 125 A 的塑壳断路器。改造中采用负荷计算法确定增容容量, 计算公式为:

$$S_{js} = K_x \sum S_e \quad (1)$$

式(1)中, S_{js} 为计算负荷(kVA); K_x 为同时系数(本工程取 0.45, 适配小区充电桩分时使用特性), $\sum S_e$ 为所有充电桩额定容量之和(本工程 $\sum S_e = 7 \text{ kW} \times 100 + 60 \text{ kW} \times 10 = 1\,300 \text{ kVA}$)。

配电柜改造阶段使用高精度铜排搭接、低阻连接技术, 按照充电桩专用配电回路负荷特性来配置母线。主供电母线采用 TMY-100×10 mm 硬质紫铜排, 分支配电回路采用 TMY-80×8 mm 紫铜排, 两种铜排都满足大电流、低损耗、高稳定的长期运行要求。铜排搭接接

作者简介: 马磊(1980-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 电气安装。

触面先用机械抛光、精细打磨去除氧化层、油污、毛刺,直到表面呈现均匀的金属本色,然后进行整体镀锡防腐处理,镀锡层厚度控制在 $8\ \mu\text{m}\sim 10\ \mu\text{m}$,以降低接触电阻、提高抗氧化、抗电化腐蚀能力。

搭接头用M16高强度镀锌螺栓进行双面对称紧固,紧固力矩统一为 $35\ \text{N}\cdot\text{m}\sim 40\ \text{N}\cdot\text{m}$,保证接触面压力均匀、接触可靠。铜排安装间距为 $120\ \text{mm}$,相序标识清楚,支架用 $50\ \text{mm}\times 50\ \text{mm}\times 5\ \text{mm}$ 角钢加工,间距 $1.5\ \text{m}$ 设置一组,有效抑制铜排振动和形变。经检测,改造后铜排搭接处接触电阻 $\leq 50\ \mu\Omega$,满足GB7251和《民用建筑电气设计规范》(JGJ 16-2008)的相关规范要求,大大提高配电回路的通流能力以及长期运行的安全性^[2]。

2.2 低压线路分层敷设技术

本研究摒弃原有单一电缆敷设方式,采用地下直埋+桥架敷设的分层布线方案,充电桩专用线路选用YJV22-1kV-4 $\times$ 150 mm^2 铜芯铠装电缆,地面车位充电桩线路经小区道路地下 $0.8\ \text{m}$ 直埋敷设,过路段穿 $\Phi 160\ \text{mm}$ PE保护管,地下非机动车库充电桩线路采用 $200\ \text{mm}\times 100\ \text{mm}$ 金属桥架沿墙敷设,桥架支架间距 $1.5\ \text{m}$,接地跨接电阻 $\leq 4\ \Omega$ 。线路载流量校核采用以下公式计算:

$$I_{al} \geq I_{js} \quad (2)$$

式(2)中, I_{al} 为电缆允许载流量(YJV22-1kV-4 $\times$ 150 mm^2 铜芯电缆在土壤中允许载流量为 $260\ \text{A}$), I_{js} 为线路计算电流(A)。楼栋入户端增设充电桩专用分接箱,箱内配置浪涌保护器(标称放电电流 $20\ \text{kA}$),实现线路分级保护,避免充电桩用电对居民生活用电产生干扰,线路敷设时预留30%备用管孔,适配后续充电桩扩容需求^[3]。

2.3 接地系统一体化优化技术

采用工作接地、保护接地、防雷接地三位一体的融合设计,构建全域贯通的接地网,以小区现有的接地装置为基础,保留合格的接地极并清除锈蚀失效的部件,实现新旧接地系统可靠连通。垂直接地极采用 $\Phi 20\ \text{mm}$ 热镀锌圆钢加工,单根有效长度 $2.5\ \text{m}$,按 $5\ \text{m}$ 等间距均匀布置,单极埋置后有效散流半径严格控制为 $8\ \text{m}$,保证散流均匀性及接地稳定性。水平接地体采用 $40\ \text{mm}\times 4\ \text{mm}$ 热镀锌扁钢,所有焊接节点做双面满焊,焊缝有效长度不小于 $100\ \text{mm}$,焊渣清理干净后依次涂刷两道防锈漆和一道沥青漆,形成多层防腐防护体系,延长接地体使用寿命。

接地网整体埋深 $0.8\ \text{m}$,低于本地 $0.6\ \text{m}$ 的季节性冻土层,防止冻融循环造成接地体断裂和电阻漂移。

将变配电室、低压配电柜、充电桩专用配电箱、充电桩金属外壳等电位可靠连接起来,消除电位差造成的触电危险。本次改造接地网总铺设面积为 $800\ \text{m}^2$,共设 $\Phi 20\ \text{mm}$ 垂直接地极62根, $40\ \text{mm}\times 4\ \text{mm}$ 水平接地体总长 $1\ 200\ \text{m}$,形成全覆盖、低电阻、高稳定性的接地保障体系,满足充电桩供电安全和防雷防护要求^[4-5]。

3 案例应用效果分析

3.1 测试环境搭建

为验证改造后配电系统运行及充电桩供电安全性,在试点小区搭建标准化现场测试环境,划定1座 $10\ \text{kV}/0.4\ \text{kV}$ 变配电室、110个充电桩车位为测试区域。配置0.5级电力参数测试仪2台、 $0.01\ \Omega$ 精度接地电阻测试仪2台、 $1\ \text{ms}$ 分辨率漏电保护器测试仪2台、模拟雷击感应装置1台。环境工况精准控制:干燥工况控相对湿度 $\leq 55\%$,潮湿工况调至 $\geq 88\%$,雷雨工况通过模拟雷击感应装置施加雷击脉冲。选取地面 $7\ \text{kW}$ 交流桩、地下 $7\ \text{kW}$ 交流桩、 $60\ \text{kW}$ 直流桩各5台为测试样本,每台在各工况下重复测试3次,于变配电室低压侧、充电桩金属外壳及接地端布设监测点^[6-7],采集指标后剔除极值取均值,确保测试数据精准可比。

3.2 配电系统运行性能测试

设置3种用电工况,分别为居民常规用电、居民+50%充电桩投运、居民+100%充电桩满负荷,在小区变配电室低压侧布设监测点,采用电力参数测试仪连续监测24小时,每30分钟采集1组变压器负载率、线路压降、系统功率因数数据,各工况取有效数据平均值,对比改造前后配电系统运行参数变化。测试结果如表1所示。

改造后配电系统在居民常规用电、居民+50%充电桩投运、居民+100%充电桩满负荷三种典型工况下运行状态显著优化,变压器负载率均得到有效控制,满负荷工况下负载率由改造前 92.7% 降至 73.1% ,彻底脱离长期过载运行区间,供电可靠性大幅提升。该改善源于新增 $800\ \text{kVA}$ 干式变压器与原有2台 $630\ \text{kVA}$ 变压器协同运行,形成总容量 $2\ 060\ \text{kVA}$ 的供电架构,结合0.45充电桩分时使用同时系数开展精准负荷计算,实现容量配置与实际用电需求高度匹配,同时通过原有变配电设备利旧与回路优化,提升系统整体供电裕度与承载效率^[8]。

各工况线路压降均严格控制在5%标准限值以内,满负荷工况下压降由 7.5% 降至 2.8% ,降幅达 4.7% 。主要得益于充电桩专用回路采用YJV22 $1\ \text{kV}\times 150\ \text{mm}^2$ 铜芯铠装电缆,配合地下直埋与桥架分层敷设方案,有

效降低线路传输损耗；配电柜内 TMY100×10 mm 主铜排与 TMY80×8 mm 分支铜排经精细化搭接与镀锡处理，接触电阻稳定控制在≤ 50 μΩ，显著降低接头压降与电能损耗。系统功率因数全面提升，各工况均保持在≥ 0.93，较改造前最高提升 25%，配电网运行效率与电能质量达到规范优等水平。

表 1 配电系统运行性能测试分析

监测指标	工况类型	改造前	改造后
变压器 负载率	居民常规用电	56.8%	54.2%
	居民 +50% 充电桩投运	79.5%	62.3%
	居民 +100% 充电桩满负荷	92.7%	73.1%
线路压降	居民常规用电	3.2%	2.1%
	居民 +50% 充电桩投运	5.8%	2.5%
	居民 +100% 充电桩满负荷	7.5%	2.8%
系统功率 因数	居民常规用电	0.83	0.95
	居民 +50% 充电桩投运	0.76	0.94
	居民 +100% 充电桩满负荷	0.68	0.93

3.3 充电桩供电安全性能测试

为验证充电桩供电安全性能，设置干燥（相对湿度≤ 55%）、潮湿（相对湿度≥ 88%）、雷雨（模拟雷击感应）3 种环境工况，选取地面 7 kW 交流桩、地下 7 kW 交流桩、60 kW 直流桩各 5 台为测试样本，采用接地电阻测试仪、漏电保护器测试仪，测量改造前后接地电阻、漏电动作时间、外壳对地电位，每台设备重复测试 6 次，剔除极值后取平均值统计。测试结果如表 2 所示。

表 2 充电桩供电安全性能测试

监测指标	工况类型	改造前 (平均值)	改造后 (平均值)
接地电阻（Ω）	干燥	3.8	0.6
	潮湿	4.6	0.7
	雷雨	5.2	0.8
漏电动作时间（ms）	干燥	85	28
	潮湿	92	29
	雷雨	98	27
外壳对地电位（V）	干燥	19.2	2.3
	潮湿	23.5	2.6
	雷雨	26.8	2.4

由表 2 可知，改造后各环境工况下接地电阻均≤

0.8 Ω，远优于规范要求，雷雨工况下从 5.2 Ω 大幅下降，因构建了一体化接地网，新增 62 根 φ20 mm 镀锌圆钢垂直接地极与 40 mm×4 mm 镀锌扁钢水平接地体满焊防腐，埋于冻土层下实现 800 m² 全网连通，多点散流大幅降低接地电阻，且接地跨接电阻≤ 4 Ω，提升了复杂环境下的接地稳定性。漏电动作时间各工况均≤ 29 ms，满足≤ 30 ms 规范要求，改造前普遍超标，因楼栋端增设 20 kA 浪涌保护器，充电桩专用回路配置独立隔离开关与 200/5 A 电流互感器，实现分级保护，加快漏电响应速度^[9]。

4 结束语

老旧小区充电桩电气改造安装技术可有效解决充电桩供电难题，增容后系统功率因数≥ 0.93，线路压降控制在 2.8% 内，一体化接地网电阻≤ 0.8 Ω，漏电动作时间≤ 29 ms，各项安全运行指标均达标，所采用的增容、布线及接地优化技术，可为老旧小区充电桩电气改造提供切实可行的工程方案。未来可以结合智能配电、负荷预测、有序充电技术，构建可监测、可调控、可扩展的智慧充电供电系统，提高配网柔性承载能力以及用户充电体验。同时，可以将本技术体系标准化、模块化，为不同规模、不同结构的老旧小区提供通用改造图集和施工指南，为全国城镇老旧小区充电设施规模化推广提供技术支持和示范借鉴。

参考文献：

- [1] 倪相杰. 电动汽车充电桩的电力安装与调试[J]. 汽车维修与保养, 2026(03):56-57.
- [2] 阎婷宇. 新能源汽车充电桩电能计量准确性影响因素分析[J]. 标准生活, 2026(02):201-203.
- [3] 冯中远. 加油站增设充电桩安全风险分析与应对策略[J]. 石油库与加油站, 2026,35(01):28-32,58.
- [4] 欧阳纬良. 新能源汽车智能充电桩能效提升研究[J]. 汽车电器, 2025(12):48-50.
- [5] 蔡良洪. 电气工程及其自动化的智能化技术应用分析[J]. 通讯世界, 2025,32(11):104-106.
- [6] 陈德伟, 于永会, 廖巍, 等. 基于光储充一体化技术的充电站电气设计研究[J]. 通讯世界, 2025,32(09):118-120.
- [7] 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.
- [8] 马文君, 陈云辉, 陈波波, 等. 面向智慧低碳园区的新能源电气设计[J]. 电力与能源, 2025,46(03):254-257,274.
- [9] 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.