

住宅小区 10 kV 配电室电气施工技术 及质量控制研究

鲁 斌

(合肥城改投资建设集团有限公司, 安徽 合肥 230031)

摘 要 住宅小区 10 kV 配电室承担着电能分配、电压转换与负荷调控的关键功能, 其施工质量直接决定了居民用电的安全性、稳定性与持续性, 更是保障城市电力系统末端网络可靠运行的核心基础。本文聚焦住宅小区 10 kV 配电室电气施工全流程展开系统性研究, 探讨前期准备、设备安装、母线及电缆施工等关键技术, 结合专业数据增强指导性, 剖析常见质量问题并提出解决方案, 以期提升施工质量、保障电力系统稳定运行提供参考。

关键词 住宅小区; 10 kV 配电室; 电气施工技术; 设备安装; 母线

中图分类号: TM727.2

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.19.034

0 引言

截至 2025 年末, 国家统计局发布的全国常住人口城镇化率已达 67.89%, 住宅小区规模扩大且功能多样化, 居民用电需求持续增长。新建住宅每户用电负荷达 6 kW ~ 8 kW, 较十年前增长显著。10 kV 配电室作为电力分配核心, 施工质量直接关系到用电安全与公共设施稳定。近三年住宅供电故障中, 主要源于配电室施工缺陷, 其中设备安装偏差、电缆绝缘损伤等问题占比超七成, 易引发事故和损失。随着智能电网与绿色建筑标准普及, 配电室施工需兼顾供电需求、能耗控制和智能监控等新要求。目前施工存在新技术应用不足、精度欠缺、质控不系统等问题, 仅 35% 项目采用 BIM 技术, 设备定位偏差率 6% ~ 9%, 电缆绝缘损伤率高达 22%。因此, 深入研究配电室电气施工技术与质量控制对推动行业规范化、保障用电安全至关重要。

1 住宅小区 10 kV 配电室电气施工关键技术要点

施工关键技术的精准落实是保障 10 kV 配电室施工质量的核心所在, 需从前期准备、设备安装、线路施工这三大核心环节着手, 细化技术参数与操作规范, 确保各环节施工质量符合标准。

1.1 施工前期技术准备与深化设计

施工前期技术准备与深化设计是保障施工顺利推进的基础, 需结合项目实际工况以及规范要求, 确保设计方案得以精准实施。

图纸会审环节需重点聚焦核心参数核查, 以确保设计方案的可行性与安全性。重点核查配电室平面布局的

合理性, 高压柜操作间距需不小于 1.2 m, 低压柜操作间距不小于 0.8 m, 检修通道宽度不小于 1.5 m, 避免因空间不足对后期运维造成影响; 电缆桥架选型需与载流量需求相匹配, 10 kV 电缆桥架横截面积应为电缆总面积的 2.5 倍 ~ 3 倍, 桥架转弯半径不小于 600 mm, 确保电缆敷设过程中无过度弯曲损伤; 设备选型需预留负荷冗余, 变压器容量需按当前负荷的 1.2 倍 ~ 1.3 倍进行配置, 以应对未来 5 ~ 8 年用电负荷的增长, 高压开关柜短路耐受电流需不小于 25 kA, 保障故障状态下的承载能力^[1]。

深化设计阶段应采用 BIM 技术提升精准度, 通过三维模型实现设备安装坐标精准定位 (误差 ± 2 mm 以内), 并模拟电缆敷设路径以规避冲突, 可降低管线冲突整改率 80% 以上。电缆敷设方案应优化: 10 kV 交联聚乙烯电缆弯曲半径不小于 20D (D 为电缆直径), 聚氯乙烯电缆不小于 15D; 每减少一次 90° 弯曲可降低损耗约 0.3%, 整体损耗可减少 3% ~ 5%。铜排母线搭接面需打磨并搪锡, 厚度不小于 0.5 mm, 确保接触电阻不超过 10 $\mu\Omega$ 。关键工序参数须明确: 设备安装时垫铁平整度误差 ≤ 2 mm/m, 垂直度偏差 ≤ 1.5 mm/m; 电缆牵引速度不超过 5 m/min, 牵引力不大于 10 N/mm², 并需制定专项方案与应急预案^[2]。

1.2 核心设备安装关键技术

10 kV 配电室的核心设备包括变压器、高压开关柜、低压配电柜、直流屏等, 其安装质量直接决定供电的稳定性, 因此需严格控制安装精度和工艺标准。

作者简介: 鲁斌 (1989-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 机电工程。

变压器安装要点：开箱检查时，要核对设备型号和附件的完整性；器身检查应重点检查铁芯绝缘电阻和绕组直流电阻。使用 2 500 V 兆欧表测量铁芯绝缘电阻，读数应不低于 1 000 M Ω ；绕组直流电阻不平衡率不超过 2%，以确保核心部件无损伤。就位安装前，垫铁选用 Q235 钢材，规格为 100 mm $\times$ 50 mm $\times$ 10 mm，铺设平整度误差不超过 2 mm/m。变压器就位后，水平度偏差不超过 1 mm/m、垂直度偏差不超过 1.5 mm/m，使用水平仪每 0.5 m 测量 1 点，偏差超限时通过调整垫铁厚度进行修正。在附件安装中，套管安装倾斜度不超过 0.5 mm，密封胶涂抹厚度不小于 3 mm，以确保无渗漏；油枕油位需与环境温度相适配，25 $^{\circ}$ C 时油位处于 1/2 $\sim$ 2/3 区间，避免油温变化导致油位异常；冷却装置安装后需测试散热效率，满负荷运行时油温不超过 65 $^{\circ}$ C，冷却风机启停响应时间不超过 3 s。试验调试阶段，绝缘电阻测试应不低于 1 000 M Ω ，变比误差不超过 $\pm 0.5\%$ ，耐压试验施加 17.5 kV 电压，持续 1 min 无击穿、无闪络，以确保变压器性能达标^[3]。

高压开关柜安装要点：基础型钢选用 10# 槽钢，安装前需进行调直处理，水平度偏差不超过 1 mm/m、全长偏差不超过 5 mm，安装完成后接地电阻不超过 4 Ω 。开关柜就位采用激光投线仪定位，相邻柜体间距偏差不超过 2 mm，垂直度偏差不超过 1.5 mm/m，柜体固定采用 M12 膨胀螺栓，紧固力矩不小于 45 N $\cdot$ m。柜内设备安装需精准把控参数，断路器分合闸行程误差不得超过 3 mm，接触电阻不超过 10 $\mu\Omega$ ，采用回路电阻测试仪检测；电流互感器极性正确率需达到 100%，误差符合 0.5 级精度要求，电压互感器变比误差不超过 $\pm 0.2\%$ ；避雷器在 10 kV 电压下泄漏电流不超过 10 μ A。接地系统采用截面不小于 25 mm² 的铜排连接，连接点螺栓紧固力矩不小于 40 N $\cdot$ m，接地连续性测试电阻不超过 0.1 Ω 。试验调试阶段，绝缘电阻不低于 1 000 M Ω ，1 min 耐压试验 17.5 kV 无闪络；保护装置动作准确率 100%，模拟短路故障时跳闸响应时间不超过 0.1 s^[4]。

低压配电柜与直流屏安装要点：基础安装精度与高压开关柜相同，柜内布线需横平竖直，导线弯曲半径不小于 6D（D 为导线直径），接线端子采用铜质材料，压接力矩按导线截面精准控制，2.5 mm² 导线不小于 8 N $\cdot$ m、4 mm² 导线不小于 12 N $\cdot$ m、16 mm² 导线不小于 25 N $\cdot$ m，以确保连接牢固。低压断路器整定电流需与设计负荷相匹配，过载保护动作时间不超过 10 s，短路保护动作时间不超过 0.1 s。直流屏作为控制与应急电源，安装后需测试充电装置输出电压波动不超过 $\pm 1\%$ ，蓄电池组容量误差不超过 5%，浮充电电压控制在 2.25 V/

单体，应急供电时长不小于 2 h，以确保市电中断时正常供电^[5]。

1.3 母线及电缆工程施工技术

母线和电缆是电力传输的核心，母线的施工质量直接影响到电力传输的稳定性和安全性，因此需严格把控各个环节的技术要求。

母线施工要点：住宅小区的 10 kV 配电室通常采用硬母线（铜排），材质为 T2 紫铜，导电率不低于 98%。下料时使用数控剪板机，精度误差需控制在 ± 1 mm 以内，切口需保证垂直，偏差应控制在 0.5 mm 以内，切口处不得存在毛刺与飞边。

母线连接是关键环节，搭接面需用砂纸打磨至粗糙度 Ra ≤ 6.3 μ m，清除氧化层后进行搪锡处理，搪锡厚度应大于或等于 0.5 mm，冷却后不得出现气泡和裂纹。螺栓连接应使用高强度镀锌螺栓，规格需与母线截面相匹配，60 mm $\times$ 6 mm 母线应使用 M12 螺栓，80 mm $\times$ 8 mm 母线应使用 M16 螺栓。紧固力矩需按标准进行控制，M12 螺栓的紧固力矩应大于或等于 45 N $\cdot$ m，M16 螺栓的紧固力矩应大于或等于 80 N $\cdot$ m。需使用扭矩扳手进行检测，紧固后应标记防松标识。

母线安装完成后需进行绝缘处理，应采用阻燃绝缘护套，厚度应大于或等于 1.5 mm。使用 500 V 兆欧表测量绝缘电阻，其值应大于或等于 100 M Ω 。同时，需设置清晰的相位标识，A 相使用黄色，B 相使用绿色，C 相使用红色^[6]。

电缆施工要点：10 kV 电缆应选用 YJV22-8.7/15kV 型交联聚乙烯电缆，该电缆耐温 90 $^{\circ}$ C，具备阻燃防水性能。敷设前需核查电缆型号和规格，使用 2 500 V 兆欧表测量绝缘电阻，其值应大于或等于 500 M Ω 。电缆外观不得有损伤，绝缘层不得老化。敷设通道需清理干净。在电缆桥架内敷设时，支架间距不得超过 1.5 m，电缆排列应整齐，并列敷设间距应大于或等于 30 mm，交叉敷设净距应大于或等于 50 mm，以避免相互挤压。敷设时应采用机械牵引，牵引头需加装防护套，牵引力应控制在 8 N/mm² $\sim$ 10 N/mm²，牵引速度不得超过 5 m/min，以防止过度拉伸导致绝缘层损伤。转角处需安排专人进行监护，确保弯曲半径符合要求。

电缆头制作应使用热缩式电缆头，剥切外护套时，深度应控制在 1.2 mm $\sim$ 1.5 mm，需使用专用剥切刀，以避免损伤绝缘层。剥除绝缘层后，导体连接应使用压接端子，压接深度应大于或等于端子深度的 2/3，压接力矩应大于或等于 30 N $\cdot$ m。热缩管加热温度为 120 $^{\circ}$ C $\sim$ 140 $^{\circ}$ C，加热时间按直径计算，每 10 mm 加热 30 s，应从中间向两端均匀加热，以确保密封严密、无褶皱^[7]。

2 住宅小区 10 kV 配电室电气施工质量问题分析与防治措施

在住宅小区 10 kV 配电室电气施工过程中,受施工人员操作水平、工艺把控、环境因素等影响,容易出现各类质量问题,需要精准分析成因并采取针对性的防治措施。

2.1 常见质量问题分析

结合多个住宅小区 10 kV 配电室施工项目的调研数据,常见质量问题及发生率如下:一是设备安装偏差,发生率为 18%,主要表现为变压器水平度超标(偏差 $>1.5\text{ mm/m}$)、开关柜排列不齐、柜内设备接线松动等,成因多为施工人员未按精准定位要求操作,水平度、垂直度检测不细致;二是母线连接不良,发生率为 15%,表现为接触电阻 $>10\text{ }\mu\Omega$,运行中发热超 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$,核心成因是搭接面打磨不彻底、搪锡厚度不足、螺栓紧固力矩未达标;三是电缆绝缘损伤,发生率为 22%,多因敷设通道清理不彻底、牵引力控制不当(超过 10 N/mm^2)、弯曲半径不足导致,表现为绝缘电阻 $<500\text{ M}\Omega$,易引发短路故障;四是接地电阻超标,发生率为 12%,接地体埋深不足 0.8 m 、间距过小($<5\text{ m}$)是主要成因,接地电阻大于 $4\text{ }\Omega$ 时,就无法保证故障电流顺利排出,存在触电危险。

2.2 质量问题防治措施

针对母线连接不良问题,需细化加工与检测流程。对搭接面进行打磨后,使用粗糙度仪进行检测,确保 R_a 值不超过 $6.3\text{ }\mu\text{m}$;利用测厚仪检查搪锡厚度,厚度至少达到 0.5 mm 方可进行连接。螺栓紧固应依据规格匹配相应力矩, $M12$ 螺栓力矩至少为 $45\text{ N}\cdot\text{m}$, $M16$ 螺栓力矩至少为 $80\text{ N}\cdot\text{m}$,紧固完成后做好防松标记。连接结束后,使用回路电阻测试仪检测接触电阻,若超过 $10\text{ }\mu\Omega$,则需重新处理。

电缆绝缘损伤的防治需关注全流程细节。敷设前应彻底清理通道杂物,对尖锐边角加装防护套;在牵引过程中,实时监测牵引力,将其控制在 8 N/mm^2 至 10 N/mm^2 范围内,牵引速度每分钟不超过 5 m ,在转角处安排专人进行监护,确保弯曲半径符合要求(交联聚乙烯电缆弯曲半径至少为 $20D$)。敷设完成后,全面检测绝缘电阻,若小于 $500\text{ M}\Omega$,需排查损伤部位,情况严重时更换电缆段。

对于接地电阻超标问题,要规范施工工艺。接地体选用 $\phi 16\text{ mm}$ 镀锌钢管,埋设深度至少为 0.8 m ,间距至少为 5 m ;在土壤电阻率较高的区域,使用降阻剂(降阻率至少为 40%),敷设完成后使用接地电阻测试仪进行检测,若电阻值大于 $4\text{ }\Omega$,需增加接地体,直

至达标。同时,规范接地连接工艺,确保接地体与连接线焊接牢固,焊缝长度至少为钢筋直径的 6 倍,焊接完成后进行防腐处理。

此外,要加强人员培训与过程管理。施工人员需经过专业培训且考核合格后,方可上岗作业,重点培训核心技术参数与操作规范;建立“自检—互检—交接检”三检制度,每道工序完成后须检验合格,方可进入下一道工序,检验数据应留存归档,以实现质量问题的可追溯性。

3 结束语

住宅小区 10 kV 配电室电气施工质量直接关系到居民用电安全与电力系统的稳定运行,施工技术的精准实施与质量问题的有效管控是核心保障。结果表明,施工前期的深化设计(依托 BIM 技术提升精准度)、核心设备安装的参数把控(变压器水平度偏差每米不超过 1 mm 、高压开关柜接地电阻不超过 $4\text{ }\Omega$)、母线及电缆施工的工艺规范(母线接触电阻不超过 $10\text{ }\mu\Omega$ 、电缆牵引力不超过 10 N/mm^2)是提升施工质量的关键环节。针对设备安装偏差、母线连接不良等常见质量问题,通过双检测定位、细化加工流程、全流程管控等针对性措施,可有效降低质量隐患的发生率。本文所提出的施工技术要点与质量防治措施,可为住宅小区 10 kV 配电室施工实践提供参考,有助于推动电气施工行业的规范化、精细化发展,保障居民用电的安全稳定。随着智能监测技术的发展,可进一步将物联网、大数据等技术融入施工与运维过程,实现施工质量的实时监测与动态管控。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部.20kV及以下变电所设计规范(GB 50053-2013)[S].北京:中国计划出版社,2014.
- [2] 国家能源局.配电系统电气装置安装工程施工及验收规范(DL/T 5759-2017)[S].2017-12-27.
- [3] 国家能源局.电气装置安装工程 低压电器施工及验收规范(DL/T 5899—2025)[S].2025-09-28.
- [4] 江晓东.住宅小区10kV配电室电气安装技术[J].四川建材,2022,48(12):184-185.
- [5] 任智立.10kV配电室电气安装施工技术探析[J].电力设备管理,2024(24):219-221.
- [6] 王闯.10kV变电室电气设备安装施工质量控制及验收要点探讨[J].门窗,2023(07):157-159.
- [7] 郝亚强.10kV配电室电气安装施工技术探析[J].建材与装饰,2025,21(36):139-141.