

电气工程配电线路施工质量优化探究

刘光伟

北京天润新能投资有限公司 北京 100029

摘要: 在电气工程领域, 配电线路施工质量对于电力系统的稳定运行至关重要, 本文聚焦电气工程配电线路施工质量优化, 从核心要素出发, 涵盖材料设备选型、施工工艺及环境适应性设计。技术层面提出设计、工艺改进及新技术应用路径, 管理层面给出人员、进度资源、质量追溯等优化策略, 并阐述技术、管理保障措施与持续改进机制。通过多维度优化, 可提升配电线路施工质量, 保障电力系统稳定运行, 为相关工程提供理论与实践参考。

关键词: 电气工程; 配电线路; 施工质量优化; 技术策略; 管理策略

引言: 电气工程中, 配电线路是电力传输的关键环节, 其施工质量关乎整个电力系统的稳定性与可靠性。随着电力需求的增长和电网规模的扩大, 对配电线路施工质量提出了更高要求。当前, 配电线路施工面临材料选择复杂、工艺要求多样、环境影响显著等诸多挑战。因此, 深入探究配电线路施工质量优化策略, 提高施工质量和效率, 具有重要的现实意义。

1 配电线路施工的核心要素

1.1 材料与设备选型

导体材料性能对线路运行效率与寿命有着直接影响^[1]。铜导体具备出色的导电性能, 然而成本较高且资源相对稀缺, 通常应用于对导电性要求极为严苛的场景, 其电导率约为 $58 \times 10^6 \text{S/m}$ 。铝导体成本较低、重量较轻, 但机械强度与耐腐蚀性欠佳, 需借助合金化或表面处理手段提升性能, 其电导率约为 $35 \times 10^6 \text{S/m}$ 。钢芯铝绞线融合了钢的机械强度与铝的导电性, 适用于大跨度架空线路, 一般钢芯占比约为10%-25%。绝缘材料选择时, 要兼顾电气性能与环境适应性。交联聚乙烯凭借优异的耐热性与机械强度, 成为中高压线路的主流选择, 其长期工作温度可达 90°C ; 聚氯乙烯因成本优势, 广泛应用于低压配电系统, 其长期工作温度约为 70°C 。开关设备与保护装置的匹配需满足选择性保护要求, 断路器分断能力要与线路短路容量相匹配, 一般低压断路器分断能力在10kA-100kA之间, 熔断器额定电流需和导体载流量协调, 以此避免越级跳闸或保护失效情况的发生。

1.2 施工工艺关键点

线路敷设方式需依据地理条件与运行需求综合确定。架空线路要通过优化杆塔结构、增加拉线数量来提升抗风能力, 一般每基杆塔设置2-4根拉线, 导线排列方式要考虑风偏距离与电晕损耗, 在110kV及以上电压等级线路中, 风偏距离需满足3-5米的要求。电缆线路敷设要

预留散热空间, 直埋电缆应采用100-200mm厚的砂垫层保护, 排管敷设需设置通风孔防止热量积聚, 通风孔间距宜为5-10米。接头制作工艺的可靠性对线路运行安全至关重要, 压接工艺要控制好压力值与保压时间, 一般压接力在100-300kN, 保压时间为10-30s, 确保接触面金属变形充分; 焊接工艺需通过预热与后热处理消除焊接应力, 预热温度一般在 $100-200^\circ\text{C}$; 螺栓连接要采用防松措施并定期检查扭矩值, 一般高压线路螺栓扭矩值在100-300N·m之间。防雷接地系统实施要保证接地电阻值满足设计要求, 水平接地体应采用镀锌钢材并埋设于冻土层以下, 一般埋深不小于0.8米, 垂直接地体间距要大于五倍长度以避免屏蔽效应, 一般垂直接地体长度为2.5米时, 间距应大于12.5米, 接地引下线要与杆塔可靠连接并做防腐处理。

1.3 环境适应性设计

地理环境对施工方案制定起着决定性作用。山区线路要通过缩短档距、增加杆塔数量来应对地形起伏, 沿海地区要采用耐候钢或热镀锌工艺提升设备防腐能力, 盐雾环境要选用硅橡胶绝缘子替代瓷绝缘子。电磁兼容性设计要控制好线路间距与屏蔽层参数, 高压线路与通信线路平行敷设时要保持安全距离, 电缆金属护层两端应接地并设置交叉互联降低感应电压, 变电站围墙外需设置屏蔽网抑制工频电场与磁场扩散。

2 技术层面的质量优化路径

2.1 设计阶段优化

负荷计算与线路截面的匹配应构建动态分析模型。综合考虑同时率、负载波动特性及未来扩容需求, 运用需用系数法确定计算负荷, 结合导体载流量与温升曲线选取经济截面^[2]。路径规划要综合地理信息与电磁环境参数, 借助GIS技术生成多方案比选图, 在满足安全距离要求的前提下, 通过优化转角点位置减少跨越障碍物次

数,平衡线路长度与施工难度。气象条件对设计参数的影响要通过修正系数体现,如大风区导线风偏角计算要引入风压不均匀系数,覆冰区杆塔荷载要考虑冰重与风压的组合效应。

2.2 施工工艺改进

标准化作业流程制定要将工序分解为可量化操作单元。电缆头制作要明确剥切长度、压接模具选型、应力锥安装位置等关键参数,一般电缆剥切长度误差不超过 $\pm 5\text{mm}$,压接模具选型根据电缆截面确定,应力锥安装位置偏差不超过 $\pm 2\text{mm}$,通过工序卡控制每步操作时间与质量标准,每步操作时间误差不超过 $\pm 10\%$ 。导线弧垂调整要建立温度-弧垂补偿关系,采用经纬仪与张力计联合测量,通过多次收紧-放松循环消除弹性变形影响,一般收紧-放松循环次数为3-5次。绝缘层厚度检测要采用非破坏性测厚仪,对交联聚乙烯电缆重点监测外半导电层与绝缘层交界处,检测点数不少于10个,对架空线路绝缘子检测伞裙根部厚度均匀性,厚度偏差不超过 $\pm 0.2\text{mm}$ 。金具安装要检查螺栓穿向与扭矩值,开口销掰开角度要大于 120° ,防止运行中松脱,螺栓扭矩值误差不超过 $\pm 5\%$ 。

2.3 新技术应用

智能监测技术集成可实现全生命周期状态感知。分布式光纤温度传感器可沿电缆全程布置,通过拉曼散射原理实时监测导体温度,结合热路模型反演载流量裕度,温度监测精度可达 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。局部放电检测采用高频电流传感器与特高频天线组合,对电缆终端、接头等部位进行在线监测,检测频率范围在 100kHz - 1GHz 之间。预制化构件推广要建立模块化设计体系,电缆中接头采用工厂预扩张工艺,现场安装仅需定位与锁紧,安装时间可缩短至1-2小时;杆塔横担与绝缘子串通过标准化接口连接,减少高空作业时间与螺栓紧固误差,高空作业时间可减少30%-50%。BIM技术可生成三维施工模型,通过碰撞检测提前发现设计冲突,指导机械作业路径规划,降低返工率,返工率可降低20%-40%。

3 管理层面的质量优化策略

3.1 人员管理

技能培训体系设计要建立岗位能力模型。针对不同工种制定差异化培训方案,线路架设工重点训练张力控制与弧垂观测技术,培训时长不少于40学时;电缆敷设工强化接头制作与绝缘检测能力,培训时长不少于60学时;质检人员需掌握无损检测与数据分析方法,培训时长不少于80学时^[3]。培训内容应包含理论授课与实操演练,通过虚拟仿真系统模拟复杂施工场景,提升作业人

员应对异常工况的能力。责任分工要明确各岗位质量管控边界,施工班组负责工序自检,自检频率为每100米线路或每5个构件进行一次;质检部门实施专检与抽检,专检比例为100%,抽检比例为20%-30%;技术负责人对关键节点进行过程确认,关键节点数量不少于5个。协同机制可通过建立质量例会制度实现,每日施工结束后召开碰头会,汇总问题并制定整改措施,确保质量信息在部门间高效传递,会议时长控制在30-60分钟。

3.2 进度与资源协调

施工计划编制要采用滚动更新模式。依据现场实际进度动态调整后续工序安排,材料供应计划应预留缓冲周期,缓冲周期一般为3-7天,避免因到货延迟导致窝工。资源调配要建立优先级矩阵,对关键路径上的工序优先配置人力与设备,非关键工序通过时差调整避免资源冲突,时差调整范围在1-3天。应急预案制定要覆盖全要素风险,针对恶劣天气制定停工标准与复工检查流程,大风天气停工风速为10级及以上,暴雨天气停工降雨量为 50mm/h 及以上;设备故障时启用备用机组并同步安排维修,备用机组启用时间不超过1小时;材料质量问题立即启动追溯程序并更换合格批次,追溯时间不超过24小时。预案演练要定期开展,通过沙盘推演检验响应效率,每年演练次数不少于2次,确保突发状况下能快速恢复施工秩序。

3.3 质量追溯与文档管理

施工记录数字化存储要构建统一数据平台。采用二维码标识技术对构件进行唯一编码,扫描后可获取材质证明、检测报告等全生命周期信息,二维码信息存储量不少于1000字节。区块链技术可用于关键工序记录存证,通过时间戳与加密算法确保数据不可篡改,为质量责任认定提供可信依据,关键工序记录数量不少于100条。隐蔽工程验收要执行双人确认制度,基础浇筑前检查钢筋规格与间距,钢筋规格偏差不超过 $\pm 1\text{mm}$,间距偏差不超过 $\pm 5\text{mm}$;电缆穿管时记录管口防护措施,管口防护措施记录完整率达到100%,验收单需由施工、监理双方签字并同步上传至管理系统,验收单上传及时率达到100%。文档归档应遵循标准化分类规则,按单位工程、分部工程、分项工程逐级整理,电子档案与纸质文件同步保存,便于后期查阅与审计,文档保存期限不少于10年。

4 优化策略的实施保障

4.1 技术保障措施

施工设备的精度管理要建立全生命周期校准体系^[4]。张力机、压接机等关键设备应按使用频次制定校准周期,一般使用100-200次进行一次校准,采用标准砝码

与传感器比对法验证测量准确性,标准砝码精度等级为0.1级,校准记录需包含环境温度、湿度等参数并存档备查,环境温度记录精度为 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。设备维护应实行状态检修模式,通过振动分析、油液检测等技术手段评估运行状态,振动分析频率为每月1-2次,油液检测频率为每季度1次;对液压系统定期更换密封件,更换周期为1-2年;对电气元件进行绝缘电阻测试,测试周期为每半年1次,确保设备始终处于可靠工作状态。关键工序监控要集成多维度检测技术,红外测温仪可实时监测导线连接点温度,通过热成像图谱分析接触不良隐患,温度监测频率为每2-4小时一次;超声波检测仪能捕捉局部放电产生的声波信号,对电缆终端、绝缘子等部位进行非接触式诊断,检测频率为每周1-2次;激光测距仪可精确测量弧垂值,结合风速数据修正动态下垂量,提升架设精度,弧垂值测量精度为 $\pm 10\text{mm}$,风速数据测量精度为 $\pm 0.5\text{m/s}$ 。

4.2 管理保障措施

质量责任制落实要明确层级管控边界。项目经理对项目整体质量目标负责,需组织编制质量计划并协调资源投入,质量计划编制完成时间在项目启动后7-14天内;技术负责人承担技术方案审核职责,对设计变更、工艺调整等关键决策进行把关,关键决策审核时间不超过3-5个工作日;施工班组长负责工序质量自控,需监督作业人员执行标准流程并及时纠正偏差,自控检查频率为每2-3天一次。责任划分应通过书面文件固化,质量目标分解至岗位并纳入绩效考核,形成全员参与的质量管控网络,绩效考核周期为每月1次。奖惩机制构建要建立量化考核指标体系,以一次验收合格率、缺陷整改及时率等为核心参数,对连续达标班组给予物质奖励与荣誉表彰,对质量事故责任人实施经济处罚与岗位培训,通过正向激励与反向约束强化质量意识。

4.3 持续改进机制

施工后复盘要建立结构化分析模型。针对质量缺陷组织专题研讨会,运用鱼骨图追溯根本原因,从人员技能、设备状态、材料质量、工艺方法、环境条件五个维

度进行系统性排查,每个维度排查点不少于5个;通过故障树分析定位关键路径,制定针对性整改措施并明确责任人,整改措施制定完成时间在研讨会后3-5个工作日内。经验总结应形成标准化文档,对成功做法提炼为工艺标准或操作指南,工艺标准或操作指南数量不少于5个;对失败教训编制预防手册,预防手册内容不少于10项,详细记录问题表现、产生原因及应对策略,为后续施工提供参考依据。为确保持续改进机制的有效运行,需构建闭环管理流程。一方面,建立质量信息反馈渠道,通过现场质量巡查、施工记录审查、客户反馈收集等方式,及时获取施工过程中的质量信息,信息反馈周期应根据项目实际情况确定,一般小型项目不超过3天,大型项目不超过7天。另一方面,对反馈的质量信息进行分类整理与分析,运用统计过程控制(SPC)等工具,识别质量波动趋势与潜在问题点,针对高频次出现的质量问题,组织专项改进小组进行深入攻关,明确改进目标与时间节点,跟踪改进措施的实施效果。

结束语

电气工程配线路施工质量优化是一项系统且长期的工作。通过从技术和管理多维度实施优化策略,并建立有效的保障措施与持续改进机制,能够显著提升施工质量,减少质量缺陷和事故发生。这不仅有助于保障电力系统的安全稳定运行,还能提高电力供应的可靠性和经济性。在实际工程中,应不断总结经验,持续完善优化措施,推动配线路施工质量的不断提升。

参考文献

- [1]孙浩钧,李博宇.电气工程配线路施工质量优化探究[J].科技资讯,2025,23(16):87-89.
- [2]宋文乙.电气工程配线路施工质量管理研究[J].建筑·建材·装饰,2023(9):58-60.
- [3]解维凯,宋兴伟,赵兴邦.建筑电气工程安装技术要点分析及应用优化[J].砖瓦世界,2025(12):112-114.
- [4]肖成飞,宋恒,李伟.建筑电气中低压电气安装技术应用策略[J].消费电子,2025(6):92-94.