

电气工程配电线路施工质量优化探究

李 磊¹ 许小梅²

1. 石嘴山农村电力服务有限公司平罗分公司城关供电所 宁夏 石嘴山 753400

2. 石嘴山农村电力服务有限公司平罗分公司宝丰供电所 宁夏 石嘴山 753400

摘 要：配电线路作为电力系统连接用户的关键环节，其施工质量直接决定了电网运行的安全性、可靠性和经济性。随着我国新型城镇化和能源结构转型的深入推进，配电网建设规模持续扩大，对施工质量提出了更高要求。然而，当前配电线路施工过程中仍普遍存在人员素质参差、材料管控不严、工艺标准执行不到位、全过程管理粗放等问题，导致线路投运后故障频发，影响供电服务质量。本文旨在系统性地探究电气工程配电线路施工质量的优化路径。通过深入剖析施工前、中、后各阶段的质量影响因素，从强化人员培训与资质管理、构建全流程材料质量追溯体系、推广标准化与机械化施工工艺、完善全过程数字化质量管理体系等维度，提出了一套全面、可操作的质量优化策略。研究表明，将精细化管理理念与现代信息技术深度融合，能够有效提升施工质量控制水平，为构建坚强智能配电网奠定坚实的物理基础。

关键词：电气工程；配电线路；施工质量；优化策略；全过程管理

引言

在国家“双碳”战略目标和新型电力系统建设的大背景下，配电网正从传统的单向无源网络向双向有源、柔性互动的智能网络加速演进。这一深刻变革对作为其物理载体的配电线路提出了前所未有的高要求。高质量的配电线路不仅是保障千家万户安全可靠用电的基石，更是支撑分布式能源接入、电动汽车充电、智慧城市发展等新业态的先决条件。然而，反观当前的施工实践，诸多质量问题依然制约着配电网的发展。例如，因导线压接工艺不良导致的接头过热烧断、因绝缘子选型或安装不当引发的污闪跳闸、因接地电阻超标造成的设备雷击损坏等，这些问题的根源大多可追溯至施工阶段的质量失控。传统的施工质量管理多侧重于事后的抽检与验收，缺乏对人、机、料、法、环等全要素的全过程、精细化管控，呈现出被动、滞后、碎片化的特征。这种管理模式已难以适应现代配电网高质量发展的需求。因此，亟需转变观念，从源头抓起，系统性地研究并实施一套覆盖施工全生命周期的质量优化方案。

1 配电线路施工质量现状及主要问题分析

要实现施工质量的有效优化，首先必须精准识别当前存在的短板与痛点。通过对大量工程案例的调研与分析，当前配电线路施工质量主要面临以下几方面问题：

1.1 施工人员专业素养与技能水平不足

配电线路施工是一项技术密集型工作，对作业人员的专业知识、安全意识和实操技能均有较高要求。然而，在实际工程中，部分施工单位为降低成本，大量使

用未经系统培训或经验不足的临时工^[1]。这些人员对电气原理、安全规程、施工规范的理解不深，操作随意性强，极易在杆塔组立、导线架设、金具安装、电缆敷设等关键工序中出现错误，埋下安全隐患。

1.2 工程材料与设备质量管控存在漏洞

材料是构成线路的物质基础，其质量优劣直接关系到线路的长期性能。目前，部分项目在材料采购、进场检验、仓储保管等环节存在管理松懈现象。例如，对导线、绝缘子、金具、电缆等关键物资的供应商资质审核不严，进场时仅进行外观检查而缺乏必要的抽样试验；仓储过程中未按要求分类存放，导致材料受潮、受损或混淆，最终被用于工程实体，成为潜在的故障源。

1.3 施工工艺标准执行不严格

国家和行业针对配电线路施工已颁布了详尽的技术规范和工艺标准，如《电气装置安装工程》系列标准。但在具体执行层面，常因工期压力、成本考量或监管缺位，出现“偷工减料”或“经验主义”操作。典型问题包括：导线压接未使用匹配的模具或未达到规定压力值；杆塔基础混凝土浇筑振捣不密实；接地装置焊接长度不足或防腐处理不到位；电缆弯曲半径小于规范要求等。这些看似微小的工艺偏差，累积起来将严重影响线路的整体质量和寿命。

1.4 全过程质量管理体系不健全

许多项目的质量管理仍停留在“以包代管”的粗放模式，缺乏一个贯穿设计交底、施工准备、过程实施、竣工验收全过程的、责任清晰、流程闭环的管理体系。

各参与方（业主、监理、施工）之间信息沟通不畅，质量责任边界模糊，导致问题发现不及时、整改不到位，形成管理盲区。

2 配电线路施工质量优化的核心策略

针对当前配电线路施工中存在的深层次问题，必须采取系统化、前瞻性的优化策略。本章将从人员、材料、工艺、管理四大支柱出发，构建一个全方位、全链条的质量保障体系，为打造精品工程提供坚实的路径支撑。

2.1 强化人员培训与资质管理，夯实质量根基

2.1.1 构建分级分类的准入与考核机制

建立覆盖项目经理、技术负责人、安全员、特种作业人员（如高处作业、焊接）等关键岗位的严格准入制度。所有人员必须持有国家或行业认可的有效资格证书，并通过施工单位组织的岗前能力评估。推行技能等级评定，将薪酬、晋升与技能水平直接挂钩，形成“能者上、庸者下”的良性竞争氛围。例如，可设立初级、中级、高级压接工等级，高级压接工不仅薪资更高，还负责指导和复核初级工的操作，确保关键工序万无一失。

2.1.2 推行沉浸式、场景化的精准培训

摒弃传统的填鸭式教学，采用多元化培训模式。利用VR/AR技术模拟高空坠落、触电等高风险场景，强化安全意识；在实训基地设置标准工艺样板区，对导线压接、绝缘子串组装、电缆头制作等核心工序进行反复实操演练；定期组织典型质量事故案例复盘会，让员工深刻理解“失之毫厘，谬以千里”的后果^[2]。例如，在导线压接培训中，不仅要教会工人如何操作压接钳，更要通过X光探伤设备展示压接不良（如空洞、裂纹）的内部结构，使其直观认识到规范操作的重要性。

2.1.3 落实全过程的行为监督与责任追溯

严格执行班前“站班会”制度，由工作负责人对当日任务、风险点、质量控制要点进行详细交底，并全员签字确认。强化现场巡查与旁站监理力度，利用移动APP对违规操作进行即时拍照、记录并上传至管理平台，实现“事事留痕、责任到人”。建立个人质量信用档案，作为后续项目派遣和评优的重要依据。例如，某省电力公司已试点“施工人员二维码胸牌”，扫码即可查看其资质、培训记录、历史违章及负责过的工程质量评价，实现了人员信息的透明化管理。

2.2 构建全流程材料质量追溯体系，把好入口关

2.2.1 源头严控：建立战略供应商合作生态

改变“最低价中标”的短视采购模式，建立基于全生命周期成本（LCC）的综合评价体系。优选技术实力强、质量口碑好的核心供应商，建立长期战略合作关

系。签订合同时，明确材料的技术规格、检测标准、质保期限及违约责任，从法律层面筑牢第一道防线。例如，对于10kV架空绝缘导线，除要求符合GB/T 12527标准外，还可额外约定老化试验后的机械性能保持率不低于85%，以确保其在户外长期运行的可靠性。

2.2.2 过程精管：实施“三检制”与智慧仓储

材料进场时，严格执行“自检、互检、专检”三检制度。除外观检查外，对导线的直流电阻、绝缘子的机电破坏负荷、金具的镀锌层厚度等关键指标，必须按批次委托第三方权威机构进行抽样试验。引入物联网（IoT）技术，为每批关键物资赋予唯一身份标识（如二维码），通过扫码即可实时查询其来源、检测报告、领用记录等信息，实现全流程可追溯。例如，在智能仓库中，当扫描一根导线的二维码时，系统不仅能显示其生产批次、检测数据，还能自动关联到它将被用于的具体杆塔号和相别，杜绝错用混用。

2.2.3 末端验证：强化隐蔽工程材料的专项核查

对于埋入地下或封装后无法查验的材料（如接地极、电缆中间接头），必须在隐蔽前进行专项质量核查。留存高清影像资料，并由施工、监理、业主三方共同签字确认。此举能有效杜绝以次充好、偷工减料等行为，确保隐蔽工程“表里如一”^[3]。例如，在接地网施工中，要求对每个焊接点进行特写拍照，并测量记录接地电阻值，所有数据同步上传至云端平台，作为后期运维的重要参考。

2.3 推广标准化与机械化施工工艺，提升过程精度

2.3.1 深化标准工艺手册的应用与迭代

编制图文并茂、通俗易懂的《配电线路标准工艺手册》，将抽象的规范条文转化为直观的操作指南和正误对比图。在每个施工标段设立标准工艺示范区，让一线工人“看得见、摸得着、学得会”。建立工艺反馈机制，鼓励一线人员提出改进建议，使标准工艺能够持续迭代优化，更贴合现场实际。例如，手册中关于“悬垂线夹安装”一项，不仅有正确安装的步骤图，还会附上因螺栓未紧固导致导线滑移烧断的真实事故照片，形成强烈警示。

2.3.2 加大先进工器具与机械化装备的投入

积极推广应用小型履带式运输车解决山区物料运输难题；采用小型组塔吊或流动式起重机提升杆塔组立的安全性及效率；使用智能张力放线设备精确控制导线弧垂；配备数显扭矩扳手确保螺栓紧固力矩达标；引入智能液压压接钳自动记录压力、保压时间等关键参数，彻底告别凭经验操作的时代。例如，某沿海城市在台风多发

区的线路改造中,全面采用机械化立杆,不仅将单基杆塔的组立时间从4小时缩短至1小时,更重要的是保证了杆塔的垂直度偏差控制在3‰以内,远优于规范要求的5‰。

2.3.3 引入数字化测量与智能监控技术

利用无人机搭载激光雷达(LiDAR)或高清摄像头,高效完成通道清理验收、交叉跨越距离测量及导线弧垂观测;运用红外热像仪在通电前对压接点、连接端子进行普查,提前发现接触不良隐患;在关键施工区域部署AI视频监控,自动识别未戴安全帽、未系安全带等违章行为,实现全天候、无死角的智能监管^[4]。例如,在一条穿越林区的10kV线路施工中,通过无人机LiDAR扫描,精准识别出3处原设计未考虑的超高树障,及时调整了路径,避免了投运后的频繁跳闸。

2.4 完善全过程数字化质量管理体系,实现闭环管控

2.4.1 搭建一体化的数字协同管理平台

整合BIM(建筑信息模型)、GIS(地理信息系统)、物联网(IoT)和移动应用(APP)等技术,构建一个集设计图纸管理、施工进度跟踪、质量验评、缺陷管理、资料归档于一体的统一数字平台。所有参与方(业主、监理、施工)在同一平台上协同工作,确保信息实时共享、指令高效传达。例如,平台中的BIM模型可以直观展示每一基杆塔的位置、型号、所用金具清单,施工人员在现场通过平板电脑即可随时调阅,避免了因图纸版本错误导致的返工。

2.4.2 实施关键工序的“举牌验收”与电子签章

对基础浇筑、杆塔组立、导线压接、接地安装等WHS(停工待检点H、见证点W、旁站点S)关键工序,强制实行“举牌验收”制度。验收时,相关人员需手持带有项目名称、工序、日期的标识牌与实体工程合影,并通过APP定位打卡,照片及数据实时上传至云端,形成不可篡改的电子质量档案。例如,在导线压接验收环节,照片中必须清晰显示压接后的铝管、钢锚以及压接钳的压力表读数,确保每一个细节都经得起检验。

2.4.3 建立基于大数据的PDCA持续改进机制

平台自动汇聚各项项目的海量质量数据,通过大数据分析技术,生成质量趋势报告、缺陷分布热力图和供应商绩效排名。管理层可据此精准识别共性问题和系统性风险,有针对性地修订管理流程、更新培训内容或调整供应链策略,驱动质量管理进入“计划(Plan)-执行(Do)-检查(Check)-改进(Act)”的螺旋式上升良性循环。例如,通过对过去一年所有项目的缺陷数据分析,发现“绝缘子绑扎不牢”是导致雷雨季节故障的主要原因之一,于是公司立即组织专项培训,并将绑扎工艺纳入重点巡检项,次年同类故障率下降了70%。

3 结语

配电线路施工质量的优化是一项复杂的系统工程,绝非单一措施所能奏效。它要求我们摒弃传统的、割裂的管理思维,转而采取一种全局性、前瞻性和精细化的视角。通过“强人员、控材料、精工艺、智管理”四轮驱动,将质量意识融入每一个岗位、每一道工序、每一项材料之中。唯有如此,才能从根本上解决当前施工中存在的顽疾,打造出经得起时间考验、能够支撑未来电网发展的精品工程。这不仅是对电力企业自身负责,更是对社会公共安全和国家能源战略的庄严承诺。未来,随着人工智能、大数据等技术的进一步成熟,配电线路施工质量管理必将迈向更高水平的智能化与自动化。

参考文献

- [1]孙浩钧,李博宇.电气工程配电线路施工质量优化探究[J].科技资讯,2025,23(16):87-89.
- [2]黄涛.浅析电气工程配电线路施工质量管理[J].电气技术与经济,2024,(03):236-238.
- [3]姚洪雷.浅析电气工程配电线路施工质量管理[J].全面腐蚀控制,2022,36(06):82-83+86.
- [4]王斐.电力工程配电线路施工技术及其质量控制对策研究[C]//广西网络安全和信息化联合会.2026年第十届工程领域数字化转型与新质生产力发展研究学术交流会议论文集.浙江康达建设有限公司萧山分公司,2026:772-773.