

电气工程施工技术创新与工程质量提升研究

席志远

国网洛阳供电公司 河南 洛阳 471000

摘要：本文围绕电网电气工程施工技术创新与工程质量提升展开研究，系统梳理预制装配化施工、智能化检测调试、新型材料工艺、机械化施工装备及信息化管理平台五大关键创新方向，深入分析其对施工精度、效率、缺陷率、安全风险及运维成本的提升机理与应用效果。研究表明，创新技术综合应用可显著提升电网施工规范性与安装精准度，大幅降低返工率与安全隐患，有效延长设备使用寿命，为电网电气工程施工质量系统性升级提供实践参考。

关键词：电网工程；电气施工；技术创新；质量提升

引言：电网工程是电力系统建设的基础环节，电气施工质量直接决定变电站、输电线路投运后的运行安全与维护成本。然而传统电网施工长期受制于户外工况复杂、人工误差大、隐蔽工程多、管控粗放等问题，设备安装偏差、电缆敷设损伤、接地阻值超标等质量缺陷频发。本文结合输变电、配电工程现场实际，系统梳理近十年适用于电网施工的主流通用技术创新方向，剖析其质量提升机理，并通过精度、效率、缺陷率等多维对比，验证技术创新对工程质量的显著促进作用，以期为电网施工质量升级提供参考。

1 电网电气施工技术发展现状

1.1 近十年主流技术创新方向

近十年，电网施工技术突破传统模式，形成以预制装配化、智能化检测、机械化施工为核心的创新方向。预制装配化技术通过工厂预制、现场装配替代传统现场加工，减少户外作业与人工误差。智能化检测技术依托智能设备实现安装精度、绝缘性能等指标的自动化检测与精准校核，消除人工漏检问题。机械化施工装备如电缆敷设牵引机、液压压接设备等替代人工作业，降低操作失误。三大技术协同应用，推动电网施工从人工经验型向机械精准型转型升级。

1.2 技术创新与质量提升的内在关联

电网施工技术创新与质量提升相辅相成，技术创新是质量升级的核心驱动力。传统施工质量问题的根源在于户外作业条件差、标准化程度低、检测手段落后。预制装配化技术以工厂化生产消除环境因素影响；智能化检测技术实现质量隐患精准排查；机械化施工装备减少人为操作偏差；信息化平台实现全过程可追溯。技术创新通过标准化、机械化、智能化手段，从源头、过程、验收多维度筑牢质量防线，实现施工质量的系统性提升^[1]。

2 关键施工技术创新及其质量提升机理

2.1 电气预制装配化施工技术

电气预制装配化施工技术核心为“工厂预制、现场装配、模块集成”。该技术依托标准化设计，将变电站电缆支架、接地引下线预制件、电缆桥架等构件在工厂完成标准化批量生产。工厂依托专业设备与固定工艺标准制造，构件尺寸精度远高于现场制作。预制构件运至现场后，仅需定位对接、固定装配等简易工序，无需现场切割焊接。以接地网施工为例，传统现场焊接受天气制约，焊缝质量不稳定；采用预制构件后，工厂化生产确保焊接工艺统一，大幅提升接地系统的导电可靠性与防腐耐久性。

2.2 智能化检测与调试技术

智能化检测与调试技术依托自动化仪器，替代传统人工检测模式。传统检测依靠兆欧表等设备人工操作，存在数据记录不规范、点位覆盖不全等问题。智能化技术通过高精度绝缘电阻测试仪、回路电阻测试仪等设备，对设备安装精度、线路绝缘性能、接地导通性等指标进行全自动检测，实时采集数据并自动分析比对。针对变电站二次回路、继电保护系统可实现一键式调试，自动校验保护定值、模拟故障动作逻辑，精准排查接线错误等隐性质量问题，实现质量隐患全方位排查。

2.3 新型材料与工艺应用

新型材料与创新工艺是提升电网施工质量的重要支撑。传统镀锌钢材、常规线缆存在耐腐蚀差、户外老化快等缺陷。现阶段，耐候钢接地材料、交联聚乙烯电缆、热缩绝缘防护套等新材料广泛应用，大幅提升防腐与绝缘性能。免焊接压接工艺、电缆头标准化制作工艺等创新工艺，优化传统施工工序，减少焊接缺陷、接口松动等问题。以户外隔离开关接线为例，传统压接不规范易发热，采用标准化液压压接工艺后，接触电阻稳定达标，有效提升施工成型质量与系统运行稳定性^[2]。

2.4 机械化施工装备应用

机械化施工装备的普及应用是提升电网电气施工质量与效率的重要保障,传统电网施工中,电缆敷设依赖人力拖拽,易造成绝缘层划伤;杆塔组立依靠人工对位,安装偏差大;导线压接依靠手动操作,质量不稳定。现阶段,电缆敷设牵引机、液压压接设备、高空作业平台、便携式母线加工机等专用装备已广泛应用于电网施工现场。电缆敷设牵引机可精确控制牵引力与敷设速度,避免电缆绝缘层受损;液压压接设备确保导线接线端子压接密实度一致,杜绝虚接发热;高空作业平台替代传统攀爬作业,保障作业安全的同时提升安装精度。机械化装备的应用消除了人为操作的不确定性,使施工工艺参数可控、可量化,从操作层面保障了电气安装质量的稳定性与一致性,特别适用于户外环境恶劣、作业强度大的输变电工程。

2.5 信息化管理平台应用

信息化管理平台依托移动互联网、大数据技术,构建电网电气施工全过程数字化管控体系,破解传统管理模式粗放、信息滞后的质量难题。传统电网施工管理依靠人工台账记录,进度、质量、材料数据分散,质量问题整改滞后、责任追溯困难。信息化管理平台可整合施工图纸、设备台账、检测数据、隐蔽工程影像等各类信息,实现施工过程数据可视化。现场质检人员使用移动终端拍摄缺陷照片、上传检测数据,管理人员可通过平台实时查看施工进度、质量状态、隐患整改情况,对违规施工、质量不达标工序及时纠偏。隐蔽工程影像资料同步上传归档,接地网敷设、电缆中间接头制作等关键工序可永久追溯。平台可实现质量数据自动比对、施工责任精准划分,形成全过程可追溯的质量管控闭环,彻底杜绝粗放管理导致的质量漏洞,全面提升电网电气施工质量管理精细化水平。

3 技术创新对工程质量的提升效果分析

3.1 施工精度提升

各类创新施工技术的应用,大幅压缩电网电气施工人为误差,显著提升施工定位与安装精度。传统电网施工中,设备基础预埋、电缆支架安装、接地极定位等工序依靠人工放线测量,定位误差普遍在10-20mm,设备安装平整度、垂直度偏差超标情况频发。引入预制装配化技术后,构件尺寸由工厂精确控制,现场定位误差可控制在3mm以内;采用激光测距仪、全站仪等数字化放样设备替代传统卷尺测量,设备安装精准度大幅提升^[3]。以变电站开关柜安装为例,传统安装需反复调整对位,采用预制基础框与精确定位技术后,柜体排列整齐度、母

线连接对位精度全面达标。机械化施工装备的应用确保导线压接、电缆弯曲半径等工艺参数精准可控,从操作层面保障了电气安装尺寸的标准化,彻底解决传统人工操作精度不稳定的问题。

3.2 施工效率提升

技术创新通过优化施工工序、减少现场作业量,有效提升电网电气工程施工效率。传统电网施工工序繁琐,户外现场制作、焊接、安装全依赖人工,且返工整改耗时较长,施工周期受天气制约明显。预制装配化技术将电缆支架、接地构件等加工工序转移至工厂,现场仅需装配作业,缩短户外作业时间30%以上。电缆敷设牵引机等机械化装备使单根电缆敷设效率提升3-5倍;智能化检测设备实现一键式绝缘测试、回路校验,检测时间缩短50%以上。以110kV变电站为例,传统施工模式下电气安装周期约4-5个月,应用创新技术后压缩至3个月以内。施工效率的提升不仅缩短建设周期,更减少了户外作业受恶劣天气影响的质量风险,保障了施工工序的有序衔接。

3.3 质量缺陷率降低

技术创新从源头、过程双向管控施工质量,大幅降低电网电气施工质量缺陷率。传统施工模式下,因现场加工精度不足、工艺不规范、检测疏漏等问题,电缆敷设损伤、接地焊接缺陷、二次接线错误等质量缺陷较为常见,返工率达8%-10%。应用预制装配化技术后,工厂化生产消除了现场加工质量波动;机械化施工确保电缆敷设、导线压接等关键工序质量稳定;智能化检测实现缺陷全覆盖排查。以接地网施工为例,传统焊接工艺一次合格率约85%,采用预制接地构件后提升至98%以上。综合数据显示,应用创新施工技术后,电网电气工程一次验收合格率从85%左右提升至95%以上,质量缺陷率大幅下降,有效节约返工成本。

3.4 安全风险降低

电网电气工程创新施工技术与数字化管控模式,有效降低施工安全风险,间接保障工程质量。传统电网施工中,户外高空作业、电缆沟内作业、电气试验等环节安全隐患多,且隐患排查依赖人工巡检,漏检率高。机械化施工装备的应用减少了高空攀爬、人工拖拽电缆等高风险作业;智能化检测设备可精准识别绝缘破损、接地不良等隐蔽隐患,隐患发现率大幅提升。信息化管理平台实现安全隐患实时预警、闭环整改。以电缆敷设为例,传统人工作业易损伤电缆绝缘层,遗留投运后故障隐患;采用牵引机敷设后,牵引力可控、敷设路径规范,绝缘损伤问题基本杜绝。

3.5 运维成本降低

施工阶段的技术创新有效提升电网电气工程施工质量,大幅降低后期运维阶段的设备故障率与维护成本。传统施工因安装精度不足、工艺不规范,设备投运后常出现接头发热、接地断开、机构卡涩等问题,年均维护频次高,运维成本居高不下。预制装配化技术保障设备安装对位精准,减少运行振动导致的松动故障;机械化施工确保导线压接、电缆终端头制作质量稳定,接点发热问题大幅减少;智能化检测排除隐性缺陷,保障设备健康投运。以户外隔离开关为例,传统施工因安装精度不够,运行中易出现分合不到位、触头过热等问题;采用精确定位安装后,运行稳定性显著提升。

4 技术创新综合效益评估与保障机制

4.1 技术创新综合效益评估

电网电气施工技术创新带来的综合效益可从直接效益与间接效益两个层面量化评估。直接效益方面,以110kV变电站电气安装工程为测算基准,应用预制装配化、机械化施工及智能化检测技术后,现场作业人工投入减少约35%,施工周期压缩25%-30%,材料损耗率从8%降至3%以内,单站平均节约人工及材料成本约15-20万元。间接效益体现在质量缺陷率下降带来的返工成本节约、设备使用寿命延长带来的全周期运维成本降低。以接地系统为例,采用预制接地构件后,投运5年内的接地故障报修率较传统工艺下降70%。建议将技术创新效益纳入项目后评价指标体系,建立“一次投入、长期收益”的全周期成本核算模型,为技术推广应用提供量化决策依据。

4.2 技术应用落地保障机制

技术创新真正落地需要建立覆盖项目全过程的保障机制。在项目策划阶段,应将创新技术应用指标纳入招标文件强制性条款,明确预制化率、机械化率、智能化检测覆盖率等量化要求。在施工准备阶段,由技术负责人组织专项方案编审,针对预制构件安装、智能检测操作等关键环节编制工艺卡,并组织实操考核。在实施阶段,建立“首件验收、样板引路”制度,每类预制构件、每项新工艺均先做示范段,验收达标后方可全面推广^[4]。在验收阶段,将创新技术应用效果纳入质量验收范

围,对照设计指标逐项核验。同时设立技术创新应用专项奖金,对落实到位、成效显著的班组予以奖励,对弄虚作假、敷衍应付的予以清退。

4.3 质量数据闭环与持续改进

建立基于质量数据的持续改进机制是实现技术创新价值最大化的关键。依托信息化管理平台,系统采集预制构件安装一次合格率、智能检测缺陷检出率、机械化施工效率等核心指标数据,按月生成质量分析报告。采用统计过程控制方法,绘制各项指标的控制图,识别异常波动并追溯原因。例如,若预制电缆支架安装合格率连续两周低于95%,应立即排查是构件尺寸偏差还是现场定位问题,针对性调整加工参数或作业方法。每季度组织质量专题会,汇总高频缺陷类型、分析分布规律,修订作业指导书与工艺标准。同时将质量数据反馈至设计与预制生产环节,形成“数据采集—分析研判—工艺改进—标准修订”的闭环优化链条,推动施工质量持续螺旋上升。

结束语

电网电气工程施工技术创新已从单一工具应用迈向多技术协同融合阶段,预制装配化、智能化检测、机械化施工、新型材料工艺与信息化管控五大方向相互支撑,从设计、加工、安装到检测、运维全链条筑牢质量防线。实践表明,创新技术可将施工定位误差控制在毫米级,返工率与安全隐患大幅压降,一次验收合格率提升至95%以上,运维故障率明显降低。未来随着数字化、智能化技术深化应用,电网电气施工将进一步向全流程机械化、检测自动化、管理信息化方向迈进,实现电网工程建设质量与效率的持续跃升。

参考文献

- [1]石晓菊,朱猛.电力工程施工技术创新与标准化发展研究[J].质量与市场, 2026, (2):31-33.
- [2]孙康林.电气工程施工管理技术创新与发展分析[J].视周刊, 2023, (24), 139-141.
- [3]詹益盛.电气工程施工过程中BIM技术的应用分析[J].电工技术, 2025, (S1):647-649.
- [4]黄苏信.电力工程施工技术创新与标准化工艺技术分析[J].新潮电子, 2025, (23):136-138.