

电力工程中的电力检修及电力施工技术

刘志超 王宪涛 范 冉 王 琪

山东国华时代投资发展有限公司 山东 济南 250000

摘 要：电力检修与施工技术是保障电力工程安全稳定运行的核心支撑。本文系统梳理变压器、高压开关、输电线路等常规与现代化检修技术，探究变电站安装、线路敷设、配电施工等关键工艺，分析当前作业中流程不规范、人员技能不足等问题。同时从技术、管理、安全维度提出优化策略，研判行业智能化、绿色化、精细化发展趋势，为提升电力工程作业质量与供电可靠性提供参考。

关键词：电力工程；电力检修；电力施工技术

引言：随着电力电网系统规模化、智能化升级，电力工程建设与运维难度持续提升，电力检修和施工技术的规范性、先进性直接决定电网运行安全与供电质量。传统作业模式已难以适配现代化电力设备运维需求，存在效率低、精准度不足、安全隐患多等问题。基于此，本文全面剖析电力工程核心检修与施工技术，总结现存问题并制定优化方案，助力电力行业提质增效、安全稳健发展。

1 电力工程中的核心电力检修技术分析

1.1 电力设备常规检修技术

(1) 变压器检修技术：通过油质色谱与理化试验检测绝缘油中溶解气体组分及含量，依据三比值法判断内部过热或放电隐患；采用直流电阻测试、绕组变形频响法及绝缘电阻测量排查铁芯多点接地、绕组匝间短路及受潮等故障；密封系统检修重点更换老化龟裂胶垫，采用真空注油与氮气保压检漏工艺确保密封面不渗漏。(2) 高压开关设备检修：对断路器进行分合闸速度、行程、超程及三相同期性等机械性能试验，对隔离开关检测触指压力、回路电阻及传动机构灵活性；绝缘故障检修聚焦六氟化硫气体微水含量、分解产物分析及支柱绝缘子超声波探伤，及时处理内部放电或受潮缺陷^[1]。(3) 互感器检修：对电流、电压互感器开展误差曲线校验及角差比差测试，确保计量精度满足规程要求；针对绝缘老化、受潮的绕组进行干燥处理或更换，并妥善处理二次回路开路、短路及铁磁谐振引发的各类故障。

1.2 现代化状态检修技术

(1) 设备在线监测技术：部署油中溶解气体在线色谱分析装置、超高频局部放电传感器及红外热成像测温

系统，实现变压器、GIS 等主设备运行状态的连续实时跟踪，对异常温升及局部放电缺陷自动发出预警信号，为状态检修提供数据基础。(2) 状态评估与故障诊断技术：融合多源在线监测数据与历史试验资料，运用模糊综合评判、灰色关联度分析或深度学习算法构建设备健康指数模型，通过特征量变化趋势对比预判潜在故障类型与严重程度，为检修决策提供科学的量化依据。(3) 预防性检修技术：依据设备电压等级、负荷率、运行年限及历史缺陷统计，动态差异化制定检修周期与项目内容，推行“一台一策”的精准检修方案，在保证可靠性的前提下最大程度减少停电检修频次，实现检修经济性与供电安全性的协调统一。

1.3 输电线路检修技术

(1) 架空线路检修：采用无人机搭载高清相机与激光扫描设备识别导线磨损、断股及散股缺陷；应用经纬仪或北斗监测系统观测杆塔倾斜及基础沉降量，对塔脚螺栓、接地引下线进行防腐加固和基础注浆修复。(2) 电缆线路检修：运用振荡波局部放电检测及介损试验综合评估主绝缘老化状态，结合时域反射法或低压脉冲法精确定位高阻接地、短路及断线故障，采用热缩或冷缩工艺修复中间接头破损。(3) 线路附属设备检修：对绝缘子开展零值测试、憎水性试验及定期清扫更换；检查金具锈蚀、销钉缺失与磨损情况；测试接地装置导通电阻和冲击接地电阻，确保防雷与泄流通道完好可靠。

1.4 电力检修常见问题及成因

(1) 检修流程不规范：部分单位仍沿用固定周期检修模式，未结合设备实际运行状态动态调整，导致过度检修造成人力物力浪费，或漏检关键部位而埋下安全隐患。(2) 老旧设备检修难度大：运行超 20 年的设备绝

缘老化严重且结构落后,传统摇表、电桥及常规耐压等手段难以准确识别早期局部缺陷,加之技术图纸与历史资料缺失,大幅增加维修难度与风险。(3)人员技能水平不足:智能传感器、在线诊断系统等新装备推广应用后,部分一线检修人员对新技术原理掌握不够深入,数据分析解读与故障综合甄别能力有待加强,影响检修精准度与决策时效性。

2 电力工程中的关键电力施工技术研究

2.1 变电站设备安装施工技术

(1)主变压器安装施工:基础找平后采用激光水平仪复测预埋钢板高程偏差,设备就位运用液压推进与轨道平移法确保中心线误差控制在 $\pm 5\text{mm}$ 内;接线安装遵循相序标识与压接扭矩标准,密封处理采用耐油橡胶垫圈配合真空滤油注油工艺,并逐级进行检漏试验。(2)开关柜与配电设备安装:柜体定位固定以槽钢基础为基准,采用垂直校正器调整成列偏差;二次接线按照原理图逐芯校验,屏蔽层单端接地,回路校验借助通断测试仪与相序表完成所有控制、信号及保护回路的导通与绝缘试验^[2]。(3)变电站接地系统施工:接地极布设按照垂直接地极间距不小于其长度两倍的原则敷设,采用放热焊接减少接触电阻;回填土分层夯实并添加降阻剂,接地电阻严格控制在设计值以内,焊点及外露部分涂刷沥青漆实施三布五油防腐处理。

2.2 输配电线路施工技术

(1)杆塔施工技术:基础浇筑采用商品混凝土连续浇筑并振捣密实,养护期不少于7天;组立安装根据塔型选用悬浮式内拉线抱杆或吊车分段吊装,每段对接后立即紧固螺栓,通过经纬仪从相互垂直方向观测,垂直度偏差控制在不大于塔高的 $1/1500$ 。(2)导线架设施工:导线展放采用牵引绳配合张力机保持恒定张力,防止导线磨损与扭转;弧垂调整依据代表档距及安装温度查取弧垂曲线表,使用经纬仪观测各观测档弧垂值,允许偏差控制在 $\pm 2.5\%$ 设计值以内,三相弧垂应基本一致。(3)电缆敷设施工:直埋敷设沟底铺设软土或细砂并覆盖保护板,埋深符合冻土层以下且不小于 0.7m ;穿管敷设检查管口光滑无毛刺并涂润滑剂,牵引力不超过规定值;桥架敷设按电压等级分层排列,固定间距均匀,弯曲半径满足最小允许值要求。

2.3 配电工程施工技术

(1)配电柜体安装与接线施工工艺:柜体安装采用槽钢底座焊接找平,柜间隙不大于 2mm ,盘面平整度误差控制在 5mm 以内;接线施工遵循横平竖直、线号清

晰的原则,多股软线采用冷压端头连接,每个接线端子最多接入两根导线。(2)终端配电线路布设与负荷匹配施工要点:按设计图纸标注的回路容量选择导线截面,三相负荷分配力求平衡,不平衡度不超过 15% ;线路沿墙或穿管敷设时固定点间距符合规范,强弱电线路间距不小于 300mm ,避免电磁干扰^[3]。(3)配电工程施工质量现场检测与偏差整改技术:运用万用表、兆欧表逐回路检测绝缘电阻和导通状态,对照设计图纸逐项复核开关整定值及保护定值;发现偏差立即标记,通过调整接线端子紧固力矩、重新校核相序等方式闭环整改,并留存影像记录。

2.4 电力施工质量与安全管控要点

(1)施工前期技术交底、方案审核与现场勘查管控:开工前组织设计、施工、监理三方联合勘查,编制专项施工方案并逐级审批;技术交底细化至每道工序的工艺标准、风险点及应急措施,确保全员签字确认。(2)施工过程工序质量把控、安全隐患实时排查:实行“自检、互检、专检”三级检查制,每道工序经质检员验收合格后方可转入下道工序;专职安全员全程巡视,对高处作业、起重吊装、带电区域等高风险环节实施旁站监督,发现违章立即制止。(3)施工收尾验收标准、资料归档与质量复盘流程:按照DL/T5161等验收规范逐项进行电气试验与功能测试,合格后整理竣工图纸、试验报告、隐蔽工程签证等全套资料归档;组织质量复盘会议,总结工序偏差原因与改进措施,形成经验反馈库。

3 电力工程检修与施工技术优化策略及发展趋势

3.1 技术层面优化改进策略

(1)推广智能化检修设备,大力引入高精度红外热成像仪、超声波局放检测仪、特高频局部放电在线监测装置及无人机自主巡检系统,替代传统目视检查与常规仪表检测方式,实现变压器内部过热、开关柜绝缘劣化等隐蔽性缺陷的精准捕捉,缺陷识别率可由传统方式的不足 60% 提升至 95% 以上,显著缩短故障查找与处理时间。(2)优化标准化施工工艺,针对变压器安装、GIS设备对接、电缆中间接头制作、导线液压压接等关键工序,编制图文并茂的标准化作业指导书与工艺卡,明确每道工序的操作手法、工具选用、力矩数值及验收标准,统一全作业链技术规范,从工艺源头减少因人而异造成的质量波动与返工频次。(3)引入机械化施工设备,在杆塔组立、大截面导线展放、长距离电缆敷设及接地极打桩等高强度作业中,系统配置牵引机、张力机、液压压接机、电动剪扳手及自动化立杆车等专

用机械,替代纯人工作业,将操作误差控制在毫米级范围,同时有效降低高处坠落、物体打击等作业风险,提升整体施工效率约30%~50%。

3.2 管理层面完善提升措施

(1) 构建全流程质量管控体系,建立从设计交底、材料进场复检、工序交接验收到竣工交接调试的全链条责任矩阵,明确检修与施工每一环节的第一责任人与连带审核人,推行“谁作业、谁负责,谁验收、谁签字”的终身追溯机制,以制度刚性保障工艺执行不走样。(2) 强化技术人员专业培训,按岗位分层制定年度培训方案,重点围绕智能监测终端操作、数据分析软件解读、新型环保绝缘材料应用及机械化设备驾驶维护等方向,实施集中授课、仿真模拟与现场实操“三合一”考核模式,考核成绩与岗位晋升挂钩,切实提升一线人员对智能化装备的驾驭能力^[4]。(3) 建立施工检修台账,依托电力设备资产管理系统,以每台设备或每个间隔为单元,全过程记录检修日期、试验数据、缺陷描述、更换部件型号及作业班组等信息,同步扫描上传关键工序影像资料,实现作业全流程电子化留痕与远程可追溯,为设备状态评价及检修策略优化积累翔实数据。

3.3 安全风险防控优化方案

(1) 细化停电、带电作业安全操作规范,针对110kV及以上电压等级设备,逐项明确接地线装拆顺序、最小安全距离、绝缘工器具定期耐压试验周期及带电作业机器人操作边界,编制图文版口袋书下发至每位作业人员,确保每一操作步骤均有章可循、有据可查。(2) 完善施工现场安全防护设施,按标准化配置刚性围栏、警示灯、语音提示器、消防沙箱及急救药箱等硬件,同步建立“专职安全员日巡+项目负责人周查+公司级月抽检”三级监督体系,采用移动监控摄像头实时回传作业面画面,做到安全风险即现即纠。(3) 建立故障应急处置预案,针对检修施工中触电、高处坠落、SF₆气体泄漏、变压器火灾等6类典型事故场景,分别制定应急响应流程图、救援装备清单与信息报送时限表,每季度组织一次实战化盲演,持续验证预案可操作性,提升全员应急响应与协同处置能力^[5]。

3.4 电力检修与施工技术发展趋势

(1) 智能化发展:依托大数据分析平台与海量物联网传感器,构建设备健康状态云端诊断系统,实现检修作业远程无人值守巡检与异常自动预警;在施工现场,结合AI视觉识别算法自动监测安全帽佩戴、起重臂下站人等违章行为,并利用数字孪生技术开展施工方案虚拟推演与碰撞检测,提前优化工序穿插方案,全方位提升决策与作业的智能水平。(2) 绿色化发展:全面推广节能型变频施工机具与环保检修工艺,如SF₆气体现场回收净化及循环再利用、变压器油金属过滤再生、可降解绝缘清洗剂应用及静音破碎锤等低噪声设备,最大限度降低施工检修对大气、土壤及声环境的负面影响,推动电力基础设施作业与生态保护协同共进。(3) 标准化、精细化发展:积极对标国际先进管理体系,持续完善覆盖勘察测量、土建施工、设备安装、交接试验、检修维保到退役报废的全寿命周期技术标准体系,并针对每一道工序设置量化偏差控制指标(如力矩偏差 $\pm 3\%$ 、弧垂偏差 $\pm 2\%$ 以内),推动管控从“合格即可”向“精益求精”深度转变,打造高可靠性的现代电力作业新范式。

结束语

综上所述,电力检修与施工技术贯穿电力工程全生命周期,是电网稳定运行的重要保障。当前电力作业仍存在工艺短板、管理漏洞与安全风险。通过推广智能设备、标准化工艺、全流程管控与系统化安全防护,可有效提升作业质效。未来需紧跟行业发展趋势,深耕智能化、绿色化、精细化技术革新,持续完善作业体系,为电力电网安全、高效、可持续运行筑牢技术根基。

参考文献

- [1] 周舒阳. 电力工程中的电力检修及电力施工技术研究[J]. 办公自动化,2026,31(02):120-122.
- [2] 李钢. 新时期电力工程中的电力检修及电力施工技术[J]. 价值工程,2024,43(33):137-140.
- [3] 程潭送. 电力检修与施工技术在电力工程中的应用[J]. 光源与照明,2025,24(12):215-217.
- [4] 陈静, 张伟, 赵阳. 110kV~500kV输电线路带电检修关键技术与安全管控[J]. 电力建设,2022,43(07):98-105.
- [5] 黄俊, 吴涛, 林晓峰. 无人机与巡检机器人协同的输电线路智能检修系统[J]. 电网技术,2023,47(05):196-199.