

电力电气工程中线路安装与施工技术研究

杨滨¹ 刘恩健²

1. 国网山东省电力公司东营市垦利区供电公司 山东 东营 257500

2. 东营方大电力工程有限责任公司垦利区分公司 山东 东营 257500

摘要: 电力电气工程中线路安装与施工技术直接影响系统运行稳定性与安全性。本文聚焦线路设计规范、材料选型、施工环境适应性等基础理论, 深入探讨基础施工、架线工艺、智能监测等关键技术, 结合新型材料应用、数字化施工及绿色施工理念, 系统分析质量控制与安全管理措施, 为提升线路安装施工效率、保障电网安全运行提供技术支持。

关键词: 电力电气工程; 线路安装; 施工技术

引言: 在电力能源需求持续增长、电网建设规模不断扩大的背景下, 电力电气工程线路安装与施工的质量和效率成为保障电力系统安全稳定运行的关键。当前, 线路施工面临复杂地形、极端气候、智能化升级等多重挑战, 传统技术已难以满足高质量发展需求。因此, 深入探究线路安装施工的新技术、新工艺及创新管理模式, 对提升电网可靠性、推动行业可持续发展具有重要意义。

1 电力电气工程中线路安装施工基础理论

1.1 线路设计规范与施工标准

(1) GB50168《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》解析: 该规范是线路施工的核心准则, 明确电缆敷设、接头制作、绝缘测试等关键环节要求, 规范施工流程与质量验收标准, 杜绝施工不规范引发的短路、漏电隐患, 明确施工安全防护措施, 是工程验收的重要依据。(2) 不同电压等级线路设计差异: 10kV线路多用于城市配网、企业供电, 设计侧重经济性与灵活性, 线路半径小、杆塔间距近; 110kV为区域输电线路, 兼顾传输效率与安全性, 杆塔高度、导线截面大于10kV线路; 220kV为高压主干线, 侧重远距离大容量输电, 绝缘、防雷接地要求更高, 杆塔更坚固、间距更大。

1.2 线路材料与设备选型原则

(1) 导体材料、绝缘材料性能对比: 铜导体导电优、损耗小、耐腐蚀但成本高, 多用于高压及特殊场景; 铝导体成本低、重量轻, 导电略逊, 广泛应用于中低压配网。绝缘材料适配电压等级, 聚氯乙烯绝缘性好、成本低, 交联聚乙烯耐高温耐老化, 适用于高压线路。(2) 智能监测设备的应用: 此类设备可实时监测线路温度、负荷等参数, 及时发现过热、绝缘老化等异常, 提前预警故障, 减少停运时间。分布式光纤测温系统覆盖广、灵敏度高, 适配复杂环境, 为线路安全稳定运行提供智能化保障。

1.3 施工环境适应性分析

(1) 特殊地形施工挑战: 山区地形复杂、交通不便, 杆塔运输与基础开挖难度大; 跨河施工需应对水流冲击、通航需求, 对设备工艺要求高; 城市密集区需规避管线冲突, 减少对居民的影响。(2) 极端气候对施工的影响: 高温易导致绝缘材料老化、施工人员中暑; 高湿降低绝缘性能、增加触电风险, 还会腐蚀金属构件; 冻土地区冬季开挖困难, 夏季融化易导致杆塔基础沉降, 影响线路稳定性^[1]。

2 电力电气工程中线路关键施工技术研究

2.1 基础施工阶段

(1) 杆塔基础处理技术: 杆塔基础是保障电力线路长期稳定运行的核心支撑, 其施工质量直接决定线路抗风、抗倾覆能力。钻孔灌注桩基础适配软土、淤泥等复杂地质, 施工时通过专业钻孔设备成孔, 严格控制钻孔垂直度与孔径精度, 下放钢筋笼后浇筑高强度混凝土, 形成牢固承载桩体, 有效分散杆塔竖向与水平荷载, 防止基础沉降变形; 岩石锚杆基础主要应用于山区岩石地形, 将高强度锚杆深入完整岩石内部, 通过灌浆锚固实现与岩体的紧密结合, 无需大量土方开挖, 既降低施工难度、缩短工期, 又减少对山体地形的破坏, 显著提升基础抗拔、抗倾覆性能。(2) 电缆沟道优化设计: 传统电缆沟道施工土方开挖量大、植被破坏严重, 且易对周边地下管线、建筑物造成扰动。优化设计采用浅埋式沟道结构, 结合分段开挖、分层支护工艺, 优先利用原状土进行边坡支护, 大幅减少土方开挖量与弃土排放量; 同时采用工厂预制沟道构件, 现场拼接安装, 既保证施工质量, 又缩短施工周期, 减少对周边环境的扰动。该工艺尤其适用于城市密集区、生态敏感区, 可实现电缆敷设与生态保护的协同推进, 降低施工对居民生活和自

然环境的影响。

2.2 线路架设与敷设技术

(1) 架空线路张力放线工艺：张力放线是高压、超高压架空线路架设的核心工艺，可有效避免导线在架设过程中出现磨损、扭曲、断股等问题。施工中通过张力机、牵引机协同作业，控制导线保持恒定张力，动态张力控制模型可实时采集放线速度、导线张力、环境风速等参数，通过智能算法自动调节设备运行参数，快速应对风速变化、导线跳槽等突发情况，确保导线架设平整、张力均匀，减少线路运行后的疲劳损耗，显著提升架空线路架设质量与施工效率，保障线路长期安全稳定输电^[2]。(2) 电缆敷设机器人应用：隧道内电缆敷设空间狭窄、光线不足，人工牵引电缆劳动强度大、效率低，且易造成电缆绝缘层磨损。电缆敷设机器人具备自动化牵引、精准导向、防磕碰等功能，可适配不同截面、不同型号的电力电缆，通过远程操控实现隧道内长距离电缆敷设，有效减少人工投入，降低劳动强度，避免电缆绝缘损伤；同时机器人搭载定位与监测模块，可实时反馈敷设进度与电缆状态，大幅提升隧道内电缆敷设的效率、安全性与精准度。

2.3 连接与接地技术

(1) 压接工艺质量检测：导线、电缆接头的压接质量直接影响线路导电性能，若压接不密实、存在空隙或断丝，易导致接头接触电阻增大、过热烧损，引发线路故障。X射线无损探伤技术可穿透压接接头，清晰呈现内部压接密实度、导线排列、有无空隙、断丝等缺陷，无需破坏接头结构，实现全程无损检测，可及时排查压接隐患，对不合格接头进行返工处理，确保接头连接可靠，保障线路导电性能与运行安全性。(2) 石墨烯复合接地材料降低电阻率研究：接地系统是电力线路防雷、防触电的关键，其性能直接决定线路防雷接地效果。石墨烯复合接地材料结合石墨烯的高导电性、高比表面积与复合材料的耐腐蚀、抗老化、易施工等优点，相比传统镀锌钢、铜等接地材料，可显著降低土壤电阻率，缩小接地网敷设范围，提升接地系统的散流能力与稳定性；同时该材料适配高土壤电阻率地区（如山区、干旱地区），使用寿命长，可有效降低接地系统运维成本，全面提升电力线路防雷接地安全水平^[3]。

2.4 智能化施工技术

(1) BIM技术在施工仿真中的应用：BIM技术可构建电力线路施工全流程三维可视化模型，精准还原杆塔基础、线路架设、电缆敷设等各个施工环节，提前模拟施工过程，精准检测施工方案与周边建筑物、地下管线、地形地貌的冲突隐患，提前优化施工路径与方案，避免施工

过程中的返工整改；同时通过三维模型优化施工资源（人员、设备、材料）配置，合理规划施工工序与进度，减少资源浪费，降低施工成本，提升施工精细化、规范化管理水平^[4]。(2) 基于物联网的施工进度实时监控系統：该系统通过在施工设备、现场作业点位、材料堆放区安装物联网传感器，实时采集施工进度、设备运行状态、人员到岗情况、材料消耗等数据，通过无线传输技术同步至监控管理平台，实现施工进度可视化、透明化管理；管理人员可实时掌握施工动态，及时发现施工滞后、设备故障、人员脱岗等问题，快速调度资源、优化施工计划，确保施工任务按期、保质、安全推进。

3 电力电气工程中线路施工质量控制与安全管理

3.1 质量管控体系构建

(1) 三级质量检验制度：为全面保障线路施工质量，需建立“自检、互检、专检”三级联动检验体系，实现施工全流程质量管控。自检由施工人员在每道工序完成后自主检查，重点核查施工工艺、材料规格是否符合规范要求，及时整改自身操作隐患；互检由班组内不同作业人员交叉检查，弥补自检盲区，确保工序衔接处质量达标；专检由专业质检人员全程旁站监督，对杆塔基础浇筑、导线压接、接地安装等关键工序进行重点检测，出具质检报告，不合格工序严禁进入下一环节，三者协同形成闭环管理，筑牢质量防线。(2) 关键工序质量追溯系统：针对线路施工关键工序，引入基于RFID标签的质量追溯系统，实现施工全流程可查可追溯。在杆塔、电缆接头等关键构件上粘贴RFID标签，录入材料规格、施工人员、施工时间、检验结果等信息，通过手持终端实时读取、更新数据，一旦出现质量问题，可快速定位问题环节、追溯责任主体，同时便于后期运维排查，提升质量管控的精细化与智能化水平，减少质量隐患留存。

3.2 安全风险防控

(1) 高空作业坠落防护：高空作业是线路施工的高频高风险环节，需强化全方位坠落防护措施。作业人员必须规范佩戴双钩安全带，确保作业过程中至少有一个挂钩牢固挂设，杜绝高空坠落隐患；同时配备智能报警装置，当作业人员超出安全作业范围、安全带未规范挂设或出现坠落趋势时，装置立即发出声光报警，同步反馈至地面监控台，便于管理人员及时处置，最大限度保障高空作业人员人身安全。(2) 有限空间作业通风监测：电缆沟、隧道等有限空间作业易积聚CO、H₂S等有毒有害气体，引发安全事故，需严格落实通风与监测措施。作业前先通过机械通风设备对有限空间进行充分通风，置换内部有毒有害气体；作业过程中启用气体实时检测仪

器,持续监测CO、H₂S气体浓度,当浓度超出安全阈值时,仪器自动报警并触发应急通风,作业人员立即撤离,确保有限空间作业环境安全可控。

3.3 应急预案与事故处理

(1) 触电急救标准化流程:结合电力施工触电高发特点,制定标准化触电急救流程,明确“切断电源、检查意识、呼救、心肺复苏、使用AED”五步核心操作。现场配备AED设备及急救药品,定期组织施工人员开展急救培训,确保人员熟练掌握AED操作方法,在触电事故发生后,可快速响应、规范施救,缩短急救时间,提高触电人员生还概率,降低事故伤亡程度。(2) 线路故障快速定位技术:为减少线路故障停运时间,提升事故处置效率,采用行波测距法实现线路故障快速定位。该技术利用故障发生时产生的行波信号,通过检测行波传播时间与速度,精准计算故障点位置,定位误差可控制在较小范围,无需人工逐段排查;故障发生后,运维人员可依据定位结果快速抵达现场处置,缩短故障修复周期,降低线路故障对电力供应的影响,保障供电稳定性。

4 电力电气工程中线路安装与施工技术发展趋势与展望

4.1 新型材料应用前景

(1) 碳纤维复合芯导线(ACCC)的推广价值:ACCC导线凭借重量轻、强度高、导电性能优、耐腐蚀的优势,相比传统钢芯铝绞线,可大幅提升线路输电容量,降低线损,且适配大跨度、高海拔等复杂场景,能减少杆塔数量与占地面积,降低施工与运维成本,未来将在高压、超高压输电线路中广泛推广,助力电力高效输送。(2) 环保型绝缘材料研发方向:随着绿色发展理念深化,环保型绝缘材料成为研发重点,将聚焦无卤、低烟、可降解特性,替代传统高污染绝缘材料,兼顾绝缘性能与生态环保,减少施工与废弃过程中对环境的污染,同时提升材料耐老化、耐高温性能,适配各类复杂施工环境,实现环保与实用双赢。

4.2 数字化施工发展方向

(1) 数字孪生技术在全生命周期管理中的应用:数字孪生技术将构建线路施工、运维全流程虚拟模型,实

现施工过程可视化仿真、实时数据联动,可提前预判施工冲突、优化方案,后期结合运维数据实现故障预警与精准检修,推动线路管理向智能化、精细化转型,提升全生命周期管理效率。(2) 5G+北斗在施工定位中的融合创新:5G的高速传输与北斗的精准定位深度融合,将解决复杂地形施工定位偏差大、数据传输滞后问题,实现杆塔基础定位、导线架设校准等环节的精准管控,同时实时传输施工定位数据,助力管理人员远程调度,提升施工精度与效率。

4.3 绿色施工理念深化

(1) 施工废弃物资源化利用技术:针对线路施工中产生的混凝土废渣、导线废料等,将研发高效资源化处理技术,实现废渣回收再利用、废料分类拆解回收,减少废弃物排放,降低对周边生态环境的破坏,践行节能降耗理念。(2) 新能源施工设备应用:逐步替代传统燃油施工设备,推广电动绞磨机等新能源设备,此类设备无废气排放、噪音低,且能耗低、运维便捷,既能减少施工过程中的环境污染,又能降低施工成本,推动绿色施工理念落地生根。

结束语

电力电气工程线路安装与施工技术是保障电网安全、高效运行的核心支撑。本文通过系统研究设计规范、施工工艺、智能监测及绿色施工等关键技术,提出了从材料选型到数字化管理的全流程优化方案。未来,随着新型材料、数字孪生、5G+北斗等技术的深度融合,线路施工将向智能化、精细化、生态化方向加速演进,为构建新型电力系统、实现“双碳”目标提供坚实技术保障。

参考文献

- [1]牟洵,赵凤帅.建筑电力电气工程中线路安装与施工技术分析[J].光源与照明,2024,(01):177-179.
- [2]牛牧之,王瑞.变电站电气安装施工中存在的问题及预防措施分析[J].电气技术与经济,2022,(04):143-145.
- [3]魏泽林.建筑电气工程中的线路施工策略[J].集成电路应用,2022,39(07):134-135.
- [4]余晨沐.高层建筑的电力电气线路施工技术分析[J].集成电路应用,2022,39(07):234-235.