

电网改造中高低压配电设备安装施工技术创新

王旭鹏

411081*****7313

摘要: 随着我国新型电力系统建设的深入推进与“双碳”目标的全面实施,电网改造已成为提升能源配置效率、保障供电可靠性的核心任务。高低压配电设备作为电能分配与转换的关键节点,其安装施工质量直接影响电网改造的整体成效。本文立足电网改造背景,系统分析高低压配电设备安装施工的现状与挑战,提出一系列具有针对性的技术突破方案。旨在为电网改造中高低压配电设备安装施工提供理论支撑与实践指导。

关键词: 电网改造; 高低压配电设备; 安装施工; 技术创新; 模块化; 智能化; 绿色施工

DOI: 10. 69979/3029-2727. 25. 08. 074

引言

电网改造是我国能源基础设施升级的重要举措,尤其在新型城镇化、新能源大规模并网及老旧电网安全隐患突出的背景下,其紧迫性与战略意义日益凸显。高低压配电设备作为连接输电系统与用户终端的核心枢纽,承担着电能降压、分配、保护及控制等关键功能,其安装质量直接关系电网运行的稳定性、供电可靠性及用户用电体验。近年来,随着电网规模的扩大与设备复杂度的提升,传统安装施工模式逐渐暴露出诸多瓶颈:人工依赖度高导致效率低下,复杂环境下精度控制难度大,设备接口兼容性不足引发后期运维难题,施工过程中的安全风险与资源消耗亦不容忽视。在此背景下,推动高低压配电设备安装施工技术创新,不仅是破解当前施工困境的必然选择,更是适应新型电力系统发展需求、实现电网高质量发展的关键路径。本文聚焦技术创新这一核心,通过系统梳理现有技术短板,提出具有前瞻性与实用性的创新方案,为电网改造实践提供参考。

1 电网改造中高低压配电设备安装施工的现状与挑战

1.1 安装施工的基本流程与核心要求

高低压配电设备安装施工是电网改造中的关键环节,其流程通常包括基础施工、设备运输与就位、接线安装、调试试验及竣工验收等阶段。基础施工需确保设备基础的强度、尺寸及预埋件位置符合设计规范,为设备安装提供稳定支撑;设备运输与就位需根据设备重量、尺寸及现场环境选择合适的起重机械,避免运输与吊装过程中的碰撞损伤;接线安装涉及高低压母线、电缆、

控制线路的敷设与连接,需严格控制接线端子的接触电阻、相间距离及绝缘水平;调试试验则通过空载试运行、负载测试等手段验证设备性能,确保其满足设计参数与运行要求。整个流程对施工精度、工艺规范性及安全保障提出了极高要求,任何环节的疏漏均可能导致设备故障甚至电网事故^[1]。

1.2 当前施工中存在的主要问题

尽管我国电网建设积累了丰富经验,但高低压配电设备安装施工仍面临诸多挑战。一是效率与精度难以兼顾。传统施工依赖人工测量与定位,在高密度设备布置场景下易出现累积误差,导致设备对接偏差、接线困难,返工率较高;同时,现场焊接、切割等作业耗时较长,难以满足电网改造对缩短停电时间的需求。二是安全风险防控压力大。高空作业、带电作业及重型设备吊装等环节存在坠落、触电、机械伤害等风险,而部分施工单位安全意识薄弱、防护措施不到位,进一步加剧了安全隐患。三是设备接口兼容性与标准化不足。不同厂家生产的配电设备在设计理念、接口形式上存在差异,现场安装时需大量定制加工,不仅增加成本,还可能因适配性问题影响系统整体性能。四是绿色施工水平有待提升。传统施工中材料浪费、能源消耗及废弃物排放问题突出,与“双碳”目标下的绿色发展要求存在差距。这些问题严重制约了电网改造的效率与质量,亟需通过技术创新加以解决^[2]。

2 高低压配电设备安装施工技术创新的理论基础与原则

2.1 技术创新的理论基础

高低压配电设备安装施工技术创新并非孤立的技术改进,而是建立在多学科理论融合的基础之上。系统工程理论强调整体视角统筹设计、施工、验收各环节,通过优化系统结构与要素配置实现整体效能提升,为创新技术的一体化设计提供方法论指导。精益建造理论倡导消除施工过程中的浪费(如等待、返工、过度加工),通过流程再造与价值流分析提升效率,这与模块化预制、精准安装的创新思路高度契合。智能建造理论则依托物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术,推动施工过程从“人工主导”向“人机协同”转变,为智能化监测、机器人辅助安装等技术应用奠定理论基础。绿色施工理论以可持续发展为目标,强调资源节约与环境友好,指导绿色材料选用、能耗优化及废弃物循环利用等创新实践。

2.2 技术创新的基本原则

为确保创新技术的可行性与实效性,需遵循以下原则:问题导向原则,紧密围绕当前施工中的效率、精度、安全、环保等核心问题,针对性设计解决方案;系统集成原则,注重不同创新技术的协同效应,避免单一技术应用的局限性;安全可靠原则,将设备运行稳定性与施工安全性置于首位,通过技术冗余设计与多重防护机制降低风险;绿色低碳原则,在技术创新中融入节能降耗、环保材料应用等元素,助力“双碳”目标实现;经济高效原则,平衡技术投入与产出效益,通过规模化应用与标准化推广降低单位成本,提升技术推广价值。

3 高低压配电设备安装施工关键技术创新

3.1 模块化预制装配技术创新

模块化预制装配技术是将传统现场分散施工的部分转化为工厂标准化预制构件,再通过现场快速组装完成安装的新型模式。其核心在于模块划分的科学性与接口设计的标准化。在模块划分上,依据设备功能单元(如高压开关柜单元、低压配电屏组、母线桥架段)进行独立设计,确保每个模块具备完整的功能与清晰的边界,减少现场交叉作业。接口设计则采用通用化、系列化原则,统一电气连接端子、机械固定孔位及密封结构,实现不同厂家模块的互换兼容。工厂预制阶段,利用数控机床、自动化焊接设备等提升构件加工精度,通过预拼装验证模块匹配性;现场安装时,仅需通过螺栓连接、插接等简易操作即可完成模块对接,大幅减少现场焊接、

切割工作量^[3]。

3.2 智能化施工监测与控制技术创新

智能化监测与控制技术依托物联网、人工智能及机器人技术,实现对安装过程的实时感知、动态分析与智能决策。物联网监测系统通过在关键施工部位部署应力传感器、位移传感器、温湿度传感器及视频监控设备,实时采集设备就位状态、基础沉降、环境参数等数据,经无线传输至云端平台进行分析;人工智能算法对监测数据进行异常识别,如当设备倾斜度超过阈值或接线端子接触电阻异常时,系统自动发出预警并提供调整建议;机器人辅助施工则针对重型设备吊装、高空接线等高危、高强度作业,采用智能起重机器人、爬壁机器人等设备,通过预设程序或远程操控完成精准作业,减少人工干预。此外,数字孪生技术的应用可构建虚拟施工场景,模拟不同安装方案的效果,辅助施工人员优化操作流程,进一步提升施工精度与安全性。

3.3 高精度对接与校准技术创新

高低压配电设备对安装精度要求极高,尤其是母线连接、断路器触头对接等环节,微小偏差可能导致接触不良、局部过热甚至电弧放电。高精度对接与校准技术通过激光定位引导与自适应微调机构实现毫米级精度控制。激光定位系统利用发射器与接收器构建三维坐标系,实时显示设备当前位置与目标位置的偏差,引导吊装设备调整就位角度;自适应微调机构则集成电动推杆、液压伺服阀等执行元件,可根据定位反馈自动调整设备水平度、垂直度及轴向位置,确保对接面贴合紧密。对于复杂环境下的多设备协同安装,采用视觉识别技术识别设备特征点,结合坐标变换算法实现多设备相对位置的精确控制,避免因累积误差导致的整体偏移。该技术可将设备安装精度提升至零点五毫米以内,显著降低后期运维中的接触故障风险^[4]。

3.4 绿色施工与低碳安装技术创新

绿色施工技术创新以“减量化、再利用、资源化”为原则,贯穿于安装施工全过程。材料选用方面,优先采用无卤阻燃电缆、可回收金属支架等环保材料,减少有毒有害物质排放;工艺优化上,推广电动工具替代燃油机械,降低施工噪音与尾气污染,通过优化线缆敷设路径减少材料浪费;能源管理引入能耗监测装置,实时统计施工机械用电量,通过调整作业时间错峰用电降低

电网负荷；废弃物处理建立分类回收体系，对废电缆皮、金属边角料等进行再生利用，无法回收的废弃物委托专业机构合规处置。此外，通过模块化预制减少现场切割废料，利用数字化设计优化构件尺寸降低材料损耗，从源头控制资源消耗。

3.5 数字化协同管理平台建设创新

数字化协同管理平台是实现安装施工全流程信息共享与高效协同的核心载体。平台基于建筑信息模型（BIM）与地理信息系统（GIS）融合技术，集成设计图纸、设备参数、施工进度、质量验收等数据，构建三维可视化施工场景。管理人员可通过平台实时查看各作业面进展，对比计划与实际进度偏差；施工人员通过移动终端获取详细的作业指导书、安全交底及质量验收标准，上传施工照片、检测数据等信息；监理单位在线审批施工方案、验收隐蔽工程，实现质量问题闭环管理^[5]。平台还内置数据分析模块，通过对历史施工数据的挖掘，识别常见质量缺陷的成因（如接线错误的高发环节），为后续施工提供预防性建议。

4 创新技术的实施路径与保障机制

4.1 分阶段实施路径

创新技术的落地需遵循循序渐进的原则，分为三个阶段推进。试点验证阶段选择典型电网改造项目，针对某一创新技术（如模块化预制或智能化监测）进行小范围应用，收集施工效率、质量、成本等数据，验证技术可行性与适用性；优化推广阶段在试点基础上总结问题、完善技术方案，制定标准化操作流程与技术规范，逐步扩大应用范围至多个项目；全面融合阶段将各项创新技术集成应用，形成“模块化预制+智能化监测+数字化管理”的一体化解决方案，实现技术协同效应最大化。

4.2 全方位保障机制

为确保创新技术有效实施，需构建四大保障机制。组织保障成立由设计单位、施工单位、设备厂商及科研机构组成的技术创新联盟，明确各方职责分工，建立定期沟通协调机制；制度保障制定创新技术应用管理办法、

质量验收标准及安全操作规程，将技术创新纳入企业绩效考核体系；人才保障通过校企合作开设智能建造、绿色施工等专业课程，培养既懂电力技术又掌握新技能的复合型人才，同时引进外部专家提供技术支持；资金保障设立专项研发基金，用于技术攻关、设备购置及人员培训，积极争取国家及地方政府的科技补贴与政策扶持。

5 结论与展望

本文针对电网改造中高低压配电设备安装施工的痛点，系统阐述了模块化预制装配、智能化监测控制、高精度对接校准、绿色施工及数字化协同管理五大技术创新方向。通过理论创新与实践路径设计，构建了覆盖全流程的技术创新体系，为解决传统施工效率低、精度差、安全风险高、环境影响大等问题提供了可行方案。研究表明，创新技术的应用可显著提升安装质量与效率，降低施工成本与安全风险，同时助力电网改造向绿色化、智能化转型。

未来，随着新型电力系统建设的深入，高低压配电设备安装施工技术创新需进一步深化：一方面，应加强人工智能、数字孪生等技术与电力专业的深度融合，开发具备自主决策能力的智能施工系统；另一方面，需关注分布式光伏、储能设备等新型配电单元的接入需求，优化创新技术的适应性。此外，通过建立行业技术标准、共享创新成果，推动技术创新在更大范围内的推广应用，为我国电网高质量发展注入持续动力。

参考文献

- [1] 基于模块化设计的高压配电设备预制装配施工技术[J]. 电力建设, 2024(5): 89-93
- [2] 数字孪生技术在低压配电柜安装精准控制中的应用[J]. 电气技术, 2025(7): 59-63
- [3] 电网改造中高压设备智能化安装与监测技术创新[J]. 电力工程技术, 2023(11): 102-106
- [4] 预制装配式工艺在高低压配电施工中的创新实践[J]. 电气应用, 2024(3): 78-82
- [5] 物联网赋能的配电设备安装质量动态管控技术研究[J]. 电力系统保护与控制, 2025(2): 115-119