

智能化技术赋能电力设备安装施工的实践探索

王樱霓

(浙江大有实业有限公司钱塘分公司, 浙江 杭州 310000)

摘要 在“双碳”目标引领下,我国新型电力系统建设加速,电力基建呈现规模化、复杂化特征,特高压工程等重点项目对施工精度与安全提出严格要求,传统安装施工模式已难以适配行业发展诉求。智能化技术为破解行业难点提供了有效路径,通过智能化调度系统、智能监测与检测、无人机与机器人应用、大数据与人工智能辅助决策及智能化安全管理等多维度实践,实现施工流程的自动化、精准化与协同化,显著提升施工效率、质量与安全水平,同时契合绿色施工与数字化转型趋势。

关键词 智能化技术; 电力设备安装; 智能监测; 无人机; 大数据

中图分类号: TP29; TM72

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.02.008

0 引言

在“双碳”目标引领下,我国新型电力系统建设加速推进,电力基建规模持续扩大且技术要求不断提升,特高压工程、智能变电站等重点项目成为能源转型的核心支撑。与此同时,电力施工安全形势愈发严峻,强化施工安全管控、提升本质安全水平成为行业紧迫任务。在此背景下,智能化技术逐步成为破解电力设备安装施工难点的关键路径。例如:河北送变电公司在雄安复兴220千伏变电站、雄安500千伏变电站等工程中,通过BIM技术实现69 000余个螺栓精确安装、依托北斗系统达成施工“实时厘米级定位”,相关实践已通过数智化大赛验证了技术可行性与应用价值。

1 智能化技术与电力设备安装概述

1.1 智能化技术

智能化技术是以新一代信息技术为核心,融合传感感知、无线通信、数据处理、人工智能、北斗定位、数字建模等多领域技术成果的综合性技术体系,其核心特征在于通过数据驱动实现作业流程的自动化、精准化、协同化与智能化,为传统行业技术升级提供核心支撑。

在电力工程领域,智能化技术的核心应用模块呈现出显著的场景适配性。物联网技术通过部署多类型智能传感器,实现对施工设备状态、作业环境参数、人员作业轨迹等关键信息的实时采集与联网传输,为施工全流程提供数据基础;BIM技术依托三维数字化建

模与参数化设计,将电力设备的设计图纸、技术参数、安装规范等信息集成于统一模型,支持施工方案的模拟推演与协同优化;人工智能与大数据技术则通过算法模型对海量施工数据进行深度挖掘,实现进度瓶颈预测、安全隐患识别、资源配置优化等决策支持功能;无人机与智能机器人技术凭借其灵活作业与高危环境适配能力,可替代人工完成高空巡检、精密装配、高危区域作业等任务;北斗高精度定位技术则能提供厘米级的空间定位服务,为大型设备吊装、线路铺设等高精度施工环节提供保障。

1.2 电力设备安装

规范的电力设备安装能够为社会提供持续稳定的电能输送,适应多元领域的用电需求,同时有效预防因设备异常导致的各类安全隐患和经济损失。由此可见,电力设备的专业安装是确保整个供电系统高效运作的关键环节。要实现电力设备的精准安装,必须严格执行行业标准和技术规范;选用专业工具和配套装置,提升装配效率,保证安装品质;确保装配环境达到规定标准,包括适宜的湿度、良好的通风条件以及与可燃物保持安全距离等;同时要兼顾后期维护的便利性,符合各项安全技术指标^[1]。在完成安装作业后,必须进行全面的检测和功能试验。电力设备的规范化安装对供电系统的稳定运行具有决定性影响。通过科学的设备选配、标准的安装环境、专业的装配工艺以及严谨的调试验收程序,能够确保电力输送的安全性和稳定性,从而全面提升电力系统的运行可靠性。

作者简介: 王樱霓(1993-),女,本科,助理工程师,研究方向:电力设备安装施工管理。

1.3 智能化技术赋能电力设备安装施工的必要性

我国新型电力系统建设进入攻坚阶段, 电力基建呈现规模化、复杂化、高端化的发展特征, 传统电力设备安装施工模式已难以适配行业高质量发展诉求, 智能化技术的深度赋能成为破解行业难点的必然选择。国家能源局数据显示, 2023 年我国电网建设投资规模超 5 000 亿元, 同比增长 8.5%, 其中特高压、智能变电站等重点项目占比达 60%, 此类工程往往面临施工环境复杂、精度要求严格、多专业协同难度大等挑战, 传统依赖人工经验与二维图纸的作业模式, 已无法满足厘米级安装精度与跨部门协同需求。

智能化技术赋能电力设备安装施工, 使其在效率、安全、成本等层面均能有显著提升。能源转型背景下的绿色施工要求与行业数字化转型趋势, 也对智能化技术赋能提出了刚性需求。随着装配式施工、绿色建筑理念的推广, 需要智能化技术实现工厂预制与现场拼装的精准对接。

智能化技术不仅是解决电力设备安装施工现存难点的有效路径, 更是契合新型电力系统建设、行业安全升级与绿色发展目标的必然选择。

2 智能化技术赋能电力设备安装施工的实践探索

2.1 智能化调度系统

智慧化调度系统能对施工现场的机械运行状况、施工进度、人员分布、气象变化进行实时采集, 在此基础上运用数据融合与分析技术, 精准预测出该项目的阻滞环节和延期风险, 并在事前给出相应的解决方案。例如: 当智慧化调度系统检测到某一个施工环节出现进度滞后的情况后, 它可以自动对后续设备进行调度或是重排作业顺序, 确保项目的建设不受影响; 同时还能实时监测现场情况, 根据人工智能技术预判可能出现的问题, 做到预防性管控, 降低事故发生率。

智能化调度系统是基于动态资源配置算法实现最优资源调度方案, 可以按照实时利用率、人员技能匹配度、物资进场时效等多个维度自适应地生成最优资源调度方案, 避免大型吊装设备等关键资源的空闲闲置浪费现象, 还能够解决多专业间工序冲突问题。例如: 特高压变电站设备安装中, 可以协调变压器吊装的时间窗口、GIS 设备到货日期, 在安排好起重机数量、施工人员以及安全员的前提下进行无缝衔接; 可联动 BIM 三维模型、北斗定位系统等功能。当发现现场地质条件变化或气象预测发生重大风险情况时, 可直接进行建模生成新路径及新机具位置配置, 确保施工不受突

发事件影响而中断, 提升对电力设备安装施工以及突发事件的应急响应速度。

2.2 智能监测与检测

应用智能监测与检测技术, 改善设备安装调试、线路连接操作以及环境指标监控, 确保工程质量达到设计标准, 满足安全规范要求。各类智能传感装置涵盖了温度传感器、压力传感器、振动传感器、温湿度传感器、电流传感器、电压传感器等多种检测。采用无线传输网络及中央控制系统进行互联互通, 并将采集信息实时上传至云存储计算处理平台, 保证了检测结果的时效性和准确性^[2-3]。

针对电力设备安装的重要指标, 如变压器就位偏差、GIS 设备法兰连接密封性等问题, 可以通过激光雷达传感器结合位移传感器并应用机器视觉技术建立三维监测模型进行毫米级安装精度检测。高空作业、设备安装等环节实现“全流程无人化”, 机器人自主完成塔材拼装、导线架设, 人员仅负责远程监控。智能监测与检测技术能对整个施工质量进行全面管控, 将监测数据与 BIM 模型关联, 在每个组装过程中生成可追溯性的数据信息, 包括设备参数、安装时间、操作人员、检测结果等一系列相关信息, 不仅为项目的审查提供了数据支撑, 也为以后的设备维护提供了精准的原始依据。同时, 对于隐蔽工程如接线作业, 可以通过红外热成像监测与电气参数实时采集相结合的方式实现自动识别虚接、错接等故障, 显著降低后续运行过程中的风险隐患。

2.3 无人机与机器人技术

电力行业主要应用无人机进行高空巡检、线路检查及设备安装质量检测等工作。无人机携带高清摄像装置、红外热像仪对现场全方位影像资料及温度信息进行全面采集, 并分析判断电力设施的物理缺陷和热力异常。对于高压线路检测来说, 无人机按照预先设定好的航线对施工区域进行自主巡检, 发现线路缺陷后向检修人员发出预警信息, 可以有效规避传统人工作业高昂费用以及安全风险等问题。

目前机器人技术在电力工程安装中的运用主要是聚焦风险较高的工作环境, 安装智能控制器, 将机械手应用于变电所的设施组装与检修领域, 完成高精度的机械装配、焊接以及电气连接操作^[4]。在科技联动及场景延伸上, 在无人机应用领域不断拓宽的同时可以快速构建出建筑工地三维实景模型, 并对机器人安装位置偏差进行精准测量, 为施工调试提供有效参考依据; 工业协作机器人则运用力控传感器和路径规划

算法,采用多机协同的方式进行大型设备模块化施工,在高海拔、高寒的极端施工环境中,其抗干扰性及持续作业能力远超前于人工,并可通过5G远程操控技术在安全位置下达危险工况指令,降低作业风险。

2.4 大数据与人工智能辅助决策

在工程现场,各类机械运行状态信息、作业人员的操作效率信息、现场环境变化信息以及机械设备实际作业情况等数据都通过物联网技术(IoT)实时采集,并将这些信息存入并计算到云平台上。这些丰富多元的数据流是AI模型的重要输入源,使人工智能系统能够基于历史信息及当前状态,预判建筑过程中可能存在的风险,实现对资源的合理配置,便于对管理决策提供数据支撑^[5]。具体而言,将项目进程以及材料使用数据相结合,智能系统能够借助深度学习技术预测特定施工节点的完工期限,实现人员与物料的最大化利用。另外,海量数据处理技术还能够对施工机械的运转参数分析挖掘,预知隐患,提前警示,关键在于将实时监测指标同既往检修历史记录比对分析,借助AI模型,使用模式识别算法发现设备运行过程中与历史问题相似的信号特征,推断设备状态,进行故障预判。

在施工过程中的进度管理环节,利用大数据技术和人工智能融合对工程项目的管理进行改进,在深度挖掘过往工程数据的基础上,AI模型能够现场作业的资源分配制定配置方案。AI系统可以通过以往的工作经验以及实时监测数据,给出最优的人力物力资源分配方案,既满足了项目时限的要求,又实现了最优资源配置。另外,智能调度平台还会综合考虑各工序的任务需求紧急程度以及时间节点等因素,制定科学合理的工作方针,减少资源浪费,提升整体施工效率^[6]。

2.5 智能化的安全管理

基于智能监测技术的安全管理措施可以动态监控施工作业的现场环境。各类传感装置持续采集包括氨气含量、硫化氢重要指标等各项数值,并将这些数据实时地通过无线网络传输至中央处理器处理。当检测到异常情况及时开启通风设施,将有害气体浓度降到安全水平,避免对人体的危害。

施工人员的安全管理在智能化技术应用方面取得了显著进展。在施工现场,采用智能防护装备保障作业人员安全。例如:作业人员佩戴GPS定位头盔,持续追踪人员的位置以及工作状态。实时数据会传输到后台服务器,一旦有人员进入危险作业区域,会立即触发预警机制并记录其作业时间及位置;在高压电气

设备操作区域,一旦出现未经允许的人员,系统会马上启动应急预案。强制要求操作者确认安全防护装备的佩戴情况。在实际应用中,在发现有人员误入高压危险区域时,系统会启动声光报警装置并关闭相关通道,规避触电风险。

为有效强化工地安全管理效能,可采用搭载高清摄像装置及环境监测模块的自动化巡检设备,在危险性较高的作业区域(如高温、高压环境)开展周期性巡查工作,并运用智能分析技术对采集数据进行即时处理,及时发现可能存在的安全风险^[7]。

3 结束语

智能化技术通过调度优化、精准监测、无人化作业、智能决策与安全管控等多维度协同应用,为电力设备安装施工破解了传统模式下精度不足、效率偏低、安全风险突出等核心难点,在施工全流程的自动化、精准化与协同化层面实现了系统性提升,其应用价值已在特高压工程、智能变电站等重点项目中得到充分印证。此类技术创新不仅精准契合了新型电力系统建设规模化、复杂化、高端化的发展特征,更响应了能源转型背景下绿色施工与行业数字化转型的刚性需求,推动电力基建从经验驱动向数据驱动、从人工主导向人机协同的深度变革。智能化技术在电力设备安装施工中的应用仍处于深化拓展阶段,未来需进一步强化多技术跨平台融合,完善数字化施工标准体系,提升极端环境下的技术适配能力,同时推动技术应用从重点工程向常态化施工场景延伸,实现规模化落地。

参考文献:

- [1] 车玉轩.自动化与智能化电气设备的适用性探讨[J].煤炭工程,2019,51(S1):145-147.
- [2] 李氏.电力系统设备安装与调试技术分析[J].光源与照明,2023(07):228-230.
- [3] 江俊杰,胡军,马国明,等.数字化电力装备专用传感应用需求与发展趋势[J].高电压技术,2024,50(08):3271-3307.
- [4] 周荔丹,曹祖加,姚钢,等.泛在电力物联网的发展分析[J].现代电力,2021,38(02):119-128.
- [5] 戚颖.智能化施工技术在电网工程建设中的应用研究[J].新型工业化,2022,12(06):56-59.
- [6] 黄启明,杜佳节.电力设备安装与调试的技术探析[J].现代工业经济和信息化,2022,12(10):200-201.
- [7] 刘畅.智能化监控系统在电力设备安装中的应用[J].电子技术,2024,53(04):320-321.