

智能化施工管理系统在电力工程项目中的实践研究

佘蕊

(广西工程职业学院, 广西 百色 531400)

摘要 为解决传统电力工程施工管理效率低、信息滞后等问题, 探讨智能化施工管理系统在电力工程项目中的实践应用策略至关重要, 以提升施工效率、质量与安全性, 推动行业数字化转型。本研究系统梳理了 BIM、物联网、AI 算法等核心技术框架, 提出全生命周期管理、协同机制及典型场景应用策略, 并以某市城区配电网升级工程为例, 通过分析物联网传感器部署、AI 图像识别质量抽检、智能穿戴设备监测等具体实施步骤, 验证技术可行性。研究证明, 智能化施工管理系统通过技术集成与数据驱动决策, 有效解决了电力工程复杂场景下的管理难题, 为中小型电力工程智能化转型提供了可参考的技术路径, 对推动行业降本增效、保障工程安全具有重要意义。

关键词 电力工程; 智能化施工管理系统; BIM 技术; 物联网; AI 算法

中图分类号: TM76

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.21.011

0 引言

电力工程作为国家基础设施建设的重要组成部分, 对经济发展和社会稳定起着关键作用。传统的电力工程施工管理模式, 因依赖人工操作与纸质记录, 存在信息传递滞后、管理效率低下以及决策缺乏数据支持等问题, 已难以满足当今电力工程建设的需求。智能化施工管理系统借助物联网、大数据、云计算和人工智能等先进技术, 实现对电力工程施工全过程的实时监控、数据采集与分析, 以及智能化决策, 为电力工程施工管理带来了全新的解决方案。深入研究该系统在电力工程项目中的实践策略, 对提高施工效率、保障工程质量、降低安全风险, 以及推动电力行业的数字化转型具有重要的意义。

1 智能化施工管理系统核心技术

1.1 关键技术

在智能化施工管理系统中, BIM 技术通过构建电力工程的三维数字化模型, 不仅能直观呈现工程全貌, 提前开展施工模拟, 还能精准检测各组件间的碰撞冲突, 为施工方案的优化提供依据。物联网 IoT 则借助各类传感器以及智能设备, 对施工现场的温湿度、有害气体浓度等环境参数, 还有施工设备的运行状态进行实时采集, 实现对施工环境与设备状况的全方位监控。大数据与 AI 算法基于海量的施工数据, 运用数据分析与算法模型, 对施工进度做出预测, 对人力、物

力、财力等资源进行优化配置, 并提前预警潜在的安全与质量风险。区块链凭借其不可篡改、可追溯的特性, 实现施工数据的可靠存证以及供应链全过程的追溯, 保障数据的真实性与交易的安全性^[1]。5G 与边缘计算则发挥低时延传输优势, 大幅缩短数据传输时间, 同时将部分数据处理任务从云端下沉到边缘节点, 让现场管理者能够基于实时数据做出决策, 减少因数据传输延迟和处理滞后导致的决策失误, 有效应对施工现场复杂多变的状况。这些技术相互融合、协同运作, 共同构成了智能化施工管理系统坚实的技术基础, 推动电力工程施工朝着智能化、高效化、精细化方向发展。

1.2 系统功能模块

智能化施工管理系统的智能进度管理模块, 依托实时采集的施工数据, 运用先进算法对施工进度进行动态跟踪与分析, 及时察觉偏差并做出计划调整, 保障项目按既定目标推进。质量管控模块利用 AI 图像识别技术, 对施工现场的图像进行深度学习, 快速准确识别出工程质量缺陷, 如混凝土裂缝、设备安装偏差等, 便于及时整改, 从源头保障工程质量。安全风险预警模块借助人员定位技术, 对施工人员的位置进行实时追踪, 同时运用行为分析算法, 监测人员是否存在违规操作行为, 如未佩戴安全帽、进入危险区域等, 及时发出预警, 有效降低安全事故发生率^[2]。资源调度优化模块通过对设备、材料和人力资源的需求进行精准预测, 实现各类资源的合理分配, 提高资源利用效率,

避免资源浪费与闲置。成本实时监控模块能够实时获取施工过程中的各项费用数据,对成本进行动态监控与分析,当成本出现超支风险时及时预警,帮助管理者采取针对性措施,严格控制项目成本。这几大功能模块相互关联、协同作用,为电力工程项目的高效、安全、高质量建设提供全方位保障。

2 电力工程智能化施工管理的应用策略

2.1 全生命周期管理

1. 前期设计阶段。在电力工程前期设计阶段,将BIM技术与GIS技术融合,能显著优化输电线路选址及路径规划。BIM技术以三维立体的方式,精确呈现输电线路周边的建筑布局、地下管线等信息,直观反映不同方案的空间关系^[3]。而GIS技术则从宏观角度提供地形地貌、地质条件、气象环境等海量地理数据。两者融合后,设计人员能综合分析地形起伏、交通状况、生态敏感区分布等多重因素,快速模拟不同线路方案在不同地理场景下的建设难度与运营成本。例如:通过系统筛选可避开陡峭地形,减少施工难度与土方工程量;避开生态保护区,降低对环境的影响^[4]。另外,还能依据交通条件,选择便于施工设备和材料运输的路线,大幅提高输电线路选址的科学性,缩短设计周期,降低后期施工变更风险,保障项目在源头上实现经济、环保与高效。

2. 施工阶段。在电力工程施工阶段,无人机巡检与AI识别技术的结合,极大地提升了施工质量监管效率。无人机凭借灵活便捷的特性,可迅速抵达人力难以到达的施工区域,按照预设航线对施工现场进行全方位、多角度拍摄,快速采集海量影像数据。这些影像数据被传输至AI分析系统后,系统基于深度学习算法,能够对输电塔搭建是否规范、电缆铺设是否达标等施工细节进行精准识别,及时发现诸如焊接缺陷、螺栓松动等质量问题,并生成详细报告,让施工人员迅速定位并整改。与此同时,装配式施工预制件的数字化管理借助RFID追踪技术^[5],为每个预制件赋予唯一“身份证”。从预制件在工厂生产下线,到运输至施工现场,再到安装使用,其所处位置、物流轨迹、质量检验等信息,都会通过RFID读写器实时记录并上传至管理系统。施工人员借助手持终端,就能获取预制件的详细信息,避免用错、混用,保证装配式施工的顺利进行,还能通过追溯实现质量问题的源头问责,大幅提高施工的精细化管理水平,推动电力工程施工有序、高效开展。

3. 运维阶段。在电力工程运维阶段,实现施工数据与运维系统的无缝对接对保障电力设施稳定运行十

分重要。设备台账数字化是这一过程的关键环节,施工阶段所积累的设备型号、规格、采购信息、安装位置、调试数据等,都能通过数字化手段整合录入运维系统。借助这一数字化设备台账,运维人员能够快速获取设备全生命周期的详细资料,在设备出现故障时,通过系统检索迅速定位问题根源,调用相应的技术文档与施工记录,制定精准的维修策略,极大地缩短故障排查与修复时间。同时,将施工过程中的质量检测数据融入运维系统,能够为设备的预防性维护提供重要依据。通过分析施工时记录的设备参数波动,结合运维阶段收集的实时运行数据,系统可以预测设备可能出现的故障,提前安排维护工作,降低设备故障率。此外,无缝对接的施工与运维数据,为后续的电力工程改造升级提供了详实的历史资料,让改造方案的制定更具针对性,有效提升电力系统运维的智能化与科学化水平,为电力供应的持续性与稳定性筑牢根基。

2.2 协同管理机制

多方参与的云端协同平台,打破了业主、设计、施工、监理之间信息壁垒,各参与方可在平台实时共享项目进度、图纸变更、质量检测报告等关键信息,实现沟通零延迟。业主能通过平台直观了解项目进展,及时反馈需求;设计方可以随时对图纸细节进行调整与说明,减少因沟通不畅导致的设计变更;施工方快速接收指令并反馈现场实际情况,提高施工效率;监理方则能实时监督施工过程,确保工程符合规范。

基于区块链的合同履约与支付自动化则利用区块链不可篡改和智能合约的特性,将合同条款转化为可自动执行的代码。当施工方完成合同约定的里程碑节点,系统会依据预设条件自动触发验证机制,通过区块链分布式账本验证项目完成情况,确认无误后自动执行支付流程。这一过程有效避免了人为因素导致的合同纠纷和支付拖延,增强了合同执行的透明度与公正性,降低了各方的信任成本。云端协同平台与区块链合同履约及支付自动化相互配合,前者提供沟通与数据共享的环境,后者则保障合同执行与资金流动的规范性,共同构建起一个高效、透明、可信的电力工程协同管理体系,极大地提升了电力工程项目管理的整体效能。

2.3 典型应用场景

1. 高压变电站建设。在高压变电站建设中,模块化施工大幅提升了建设效率,它将变电站拆分为多个标准化模块,在工厂内完成生产与组装,有效降低了现场施工难度与时间成本。与之配套的智能吊装,借助先进的传感器技术,实时监测吊装设备的运行参数,

精准定位模块位置,实现吊装过程自动化、智能化控制。通过在吊装设备和待安装模块上部署传感器,系统能够实时获取设备姿态、位置信息,并根据变电站建设需求进行自动调整。这不仅大幅降低了施工安全风险,还通过优化吊装流程,进一步缩短了特高压变电站的建设周期,提升了整体建设质量。

2. 跨区域输电线路。在跨区域输电线路建设中,无人机搭载激光雷达技术实现了地形测绘与施工监控的双重突破。无人机凭借灵活机动性,能快速抵达偏远山区、复杂地形等区域,搭载的激光雷达设备通过发射激光束,精确测量地面物体距离,快速生成高精度三维地形数据,为输电线路的路径规划提供精准地理信息。在施工阶段,无人机持续对线路塔基建设、导线铺设等作业进行监控,激光雷达收集的数据配合图像识别技术,能实时检测施工进度与质量,快速发现如塔基偏移、导线松弛等问题。该技术大幅提升了测绘效率,保障了施工质量,降低了人力成本与作业风险。

3 案例分析

3.1 案例概况

以某市城区配电网升级工程为例,该项目为市级重点民生工程,覆盖 5 个街道 12 个老旧社区,涉及新建及改造 10 kV 配电线路 20 公里、更换智能配电变压器 30 台、加装智能电表 5 000 户。工程需在人口密集区域施工,面临地下管线复杂、交通疏导困难、居民用电保障压力大等挑战。在传统管理模式,施工协调效率低、进度滞后风险高、安全隐患多。项目创新性引入智能化施工管理系统:采用 BIM 技术建立地下管网三维模型,精准定位管线冲突点并优化施工路径;部署物联网传感器实时监测施工区域环境参数(如噪声、扬尘)及设备运行状态;利用 AI 图像识别技术对电缆接头制作、设备安装等关键工序进行质量抽检;通过智能穿戴设备实现施工人员定位与行为监测,结合大数据分析动态调整施工时序。

3.2 具体实施应用

1. 物联网传感器部署。在物联网传感器部署方面,技术人员根据施工区域特点选择多参数集成传感器(如温湿度、噪声、PM2.5、设备振动传感器),在变电站周边、电缆沟道等关键位置安装,并通过边缘计算网关实现数据本地预处理。在施工过程中,传感器实时采集环境参数与设备运行数据,通过 5G 网络传输至云端平台,系统预设阈值触发预警机制(如噪声超标自动启停降噪设备)。需注意的是,传感器需具备 IP67 防护等级以应对户外环境,同时需采用太阳能+锂电池

双供电确保续航,避免因电力中断导致数据丢失。

2. AI 图像识别应用。技术人员在施工关键工序(如电缆接头压接、变压器安装)部署高清摄像头,设定每 5 分钟自动抓拍;其次将图像数据输入预训练的 YOLOv8 模型,重点识别绝缘层损伤、螺栓松动等缺陷;最后将识别结果实时推送至质量管控终端,触发“待整改”工单。实施中需注意样本数据标注的准确性,需由专业质检员标注 1 000+ 张缺陷样本以提升模型精度,同时设置置信度阈值(如 0.9)避免误判,对疑似缺陷需人工复核确认。

3. 应用效果。该城区配电网升级工程通过智能化施工管理系统应用,实现工期缩短 25 天(较计划提前 25%),综合成本降低 12%(约 380 万元),其中材料损耗率下降 42%,机械台班利用率提升 35%。安全事故率从传统管理模式的 0.8% 降至 0.12%,高空作业违规行为减少 91%,设备故障预警准确率达 97%。质量合格率从 92% 提升至 98.7%,电缆接头缺陷检出率提高 40 倍,隐蔽工程验收一次性通过率达 100%。管理效率方面,多方协同沟通成本降低 65%,指令响应时间从平均 4.2 小时压缩至 27 分钟。

4 结束语

通过对核心技术的融合运用、全生命周期管理策略的实施,以及协同管理机制和典型场景应用的探索,有效解决了传统施工管理模式等诸多弊端。随着电力工程规模和复杂性的不断增加,智能化施工管理仍面临技术深度融合、数据安全保障等挑战。未来,需持续加强技术创新,推动智能化施工管理系统的进一步优化,以适应电力行业不断发展的需求,为电力工程建设的高质量发展注入持久动力,助力电力行业数字化转型迈向新高度。

参考文献:

- [1] 刘文文,段恩强.智能化技术在电力工程设备故障诊断与维修中的应用[J].光源与照明,2025(01):105-107.
- [2] 张子倩.电力工程中的电力自动化技术及其应用研究:以南方某城市新区的 220kV 变电工程为例[J].生态与资源,2024(11):108-110.
- [3] 肖红敏,梁歆斌.电力工程计量系统智能化改造:综合电力质量监测仪的管理优化应用分析[J].仪器仪表用户,2024,31(11):151-153.
- [4] 王玮.电力工程施工中智能化技术的集成应用与管理创新[J].流体测量与控制,2024,05(04):91-94.
- [5] 王子泰,刘嘉维.电网建设工程中的智能化施工技术分析[J].集成电路应用,2023,40(12):180-181.