

智慧监理系统在输变电工程中的应用效果评价

李磊

421083*****5619

摘要：输变电工程作为电力系统的核心骨架，其建设质量直接关联电网安全与供电可靠性。传统监理模式因信息传递滞后、过程管控粗放、风险预警乏力等问题，已难以适配现代工程“精细化、智能化”的管理需求。智慧监理系统以物联网、大数据、人工智能、建筑信息模型（BIM）等技术为支撑，构建“感知-传输-分析-决策-执行”的闭环管理机制，推动监理工作从“被动检查”转向“主动预警”、从“经验驱动”转向“数据驱动”。本文通过梳理智慧监理系统的理论框架与核心功能，建立对应的评价体系，结合系统运行数据与行业对比分析，验证其应用效果。

关键词：智慧监理系统；输变电工程；应用效果；评价指标；信息化管理

DOI：10.64216/3104-9664.25.01.024

引言

输变电工程是连接电源与终端用户的“电力动脉”，承担着电能传输与分配的关键功能。近年来，随着特高压、智能电网等新型电力系统的加速构建，输变电工程的规模与复杂度持续攀升——线路长度突破千公里级、塔基高度超百米、设备集成度呈指数级增长。传统监理模式依赖“人工巡查、纸质记录、事后验收”，存在三大核心痛点：一是信息不对称，现场施工数据需人工汇总上报，滞后性与误差率高，监理方难以及时掌握工程真实状态；二是过程管控粗放，质量检查以“节点验收”为主，无法识别施工过程中的隐性隐患，如混凝土浇筑时的漏振、钢筋绑扎的间距超标；三是风险预警滞后，安全事故多为“事后追责”，缺乏前置的隐患识别与干预能力。在此背景下，智慧监理系统应运而生。该系统依托新一代信息技术，将监理工作的“人、机、料、法、环”要素在线化、数据化，通过算法模型实现风险预判与决策优化。然而，当前学术界对智慧监理的研究多集中于技术框架设计，对其实际应用效果的量化评价较为缺乏。本文聚焦这一问题，通过构建多维度评价体系，系统分析智慧监理系统在输变电工程中的价值，为行业推广提供理论支撑与实践参考。

1 智慧监理系统的定义与核心逻辑

智慧监理系统是基于新一代信息技术构建的输变电工程数字化监理平台，其本质是将监理流程中的“感知、分析、决策、执行”环节打通，形成闭环管理。与

传统监理相比，智慧监理的核心逻辑在于“数据赋能”：通过物联网传感器采集现场实时数据，借助大数据与 AI 算法分析潜在风险，生成决策建议并推送至监理人员，最终指导现场整改。这一逻辑打破了传统监理的“经验依赖”，使管理决策更精准、更高效。

2 智慧监理系统的核心功能模块设计

智慧监理系统的功能围绕“事前预防、事中管控、事后总结”三个阶段展开，核心模块包括实时监测与预警、质量智能管控、进度动态管理、安全风险防控、合同与文档协同五大板块，每个板块均针对传统监理的痛点设计。

2.1 实时监测与预警模块

打通信息传递的“最后一公里”该模块是智慧监理系统的“感知入口”，通过对施工现场关键要素的实时监测，实现风险的早发现、早处置：（1）设备状态监测：在变压器、电缆等设备上部署传感器，监测温度、振动、局放等参数。例如，变压器绕组温度超过 70℃ 时系统发出预警，超过 80℃ 时触发一级报警，联动现场声光报警器并推送消息至监理与运维人员，避免设备过热烧毁。（2）环境参数监测：在基坑、高空作业区部署环境传感器，当基坑积水超警戒值或高空风速超标时，系统自动暂停相关作业并通知施工单位整改，防止因环境因素引发安全事故。（3）人员行为监测：通过智能摄像头与定位标签，识别未戴安全帽、未系安全带、进入危险区域等违规行为，准确率超 98%。例如，施工人

员进入未封闭的基坑边缘时,系统立即向其智能手环发送震动提醒,并向监理推送预警信息,避免坠落事故^[1]。

2.2 质量智能管控模块

从“事后验收”到“事前预防”质量是输变电工程的生命线,该模块通过“技术比对+AI 识别”实现质量的全流程管控:(1) BIM 模型比对:施工前将设计 BIM 模型导入系统,施工中用无人机或三维扫描仪获取现场点云数据,系统自动比对两者偏差。若塔基基础尺寸偏差超±5cm、导线弧垂偏差超±2m,系统触发预警并要求施工单位调整,避免因施工误差积累导致后期返工。

(2) AI 图像识别:通过安装在关键工序(如混凝土浇筑、钢筋绑扎、设备安装)的智能摄像头,识别质量缺陷。例如,AI 可检测混凝土表面的细微裂缝(宽度≥0.1mm)、钢筋绑扎间距超标(设计 20cm,实际 25cm 以上),准确率达 95%以上,比人工检查更精准。(3) 材料溯源管理:通过二维码或 RFID 标签对水泥、钢筋、电缆等材料进行标识,系统记录材料的出厂合格证、检测报告、进场验收记录,实现“从工厂到现场”的全程溯源。若某批次钢筋力学性能不达标,可快速定位其使用部位,启动召回程序,避免不合格材料用于工程。

2.3 进度动态管理模块:实现进度的精准把控

输变电工程线路长、节点多,进度管控需兼顾整体与局部。该模块通过“计划-实际”对比与预测,实现进度的精准管理:(1) 可视化进度展示:将工程进度叠加在 GIS 地图上,用不同颜色标注各标段进度状态。例如,100 公里线路中,塔基施工完成 80%的标段显示黄色,完成 50%以下的显示红色,监理人员可快速定位延误区域,针对性协调资源^[2]。(2) 进度偏差分析:系统根据历史进度数据与当前施工效率,预测后续进度趋势。若某标段因暴雨延误 3 天,系统会预测总工期将延长 5 天,并提醒监理人员协调增加施工班组或调整工序,避免工期进一步拖延。(3) 工序衔接管控:通过物联网传感器监测前一工序的完成情况(如基础浇筑完成、养护达标),系统自动触发下一工序的开工许可。例如,当基础养护温度与湿度达到设计要求时,系统向施工单位推送“可进行塔基安装”的指令,避免工序脱节导致的质量问题。

2.4 安全风险防控模块:构建“全员、全过程”的安全屏障

安全是输变电工程的底线,该模块通过“风险分级+主动干预”降低事故发生率:(1) 风险辨识与分级:系统内置输变电工程安全风险库,涵盖高空坠落、物体打击、触电、基坑坍塌等 12 类风险,根据风险发生概率与影响程度分为红、橙、黄、蓝四个等级。例如,“高空作业未系安全带”属于红色风险,系统会立即触发一级响应。(2) 风险预警与处置:当监测到风险事件时,系统自动推送处置方案。比如检测到基坑边坡位移速率超 5mm/天(橙色风险),系统建议施工单位增加监测频率、加固边坡;若位移速率超 10mm/天(红色风险),则要求立即停工并撤离人员,将事故消灭在萌芽状态。

(3) 安全培训与考核:系统内置安全培训课程,施工人员需通过在线考核后方可上岗;通过智能手环监测施工人员的心率、血压,若出现疲劳状态(如心率超 120 次/分持续 10 分钟),系统会提醒其休息,避免疲劳作业引发事故。

2.5 合同与文档协同模块:实现管理的“电子化、可追溯”

监理文档是工程验收与责任追溯的重要依据,该模块通过“电子化+区块链”实现文档的全生命周期管理:

(1) 电子签名与审批:合同、变更单、验收报告等文档采用 CA 认证的电子签名,审批流程在线流转。监理人员可随时查看文档状态(如“待业主审批”“已签署”),避免纸质文档传递的延误。(2) 区块链存证:所有文档与操作记录上链存储,数据不可篡改。例如,施工变更单的签署时间、内容、审批人等信息均上链,后期若有纠纷可快速调取证据,解决“举证难”问题。(3) 智能检索与统计:系统支持关键词检索,并可自动生成统计报表(如合同履约率、变更次数、验收合格率),节省监理人员的文档查找与统计时间^[3]。

3 智慧监理系统应用效果的多维度评价

为全面评估智慧监理系统的应用效果,本文建立“效率-质量-风险-成本-满意度”多维评价体系,结合系统运行数据与行业对比分析,量化其价值:

3.1 效率提升:流程重构带来的效能革命

智慧监理系统通过自动化、在线化改造,大幅缩短了监理流程的时间:(1) 监理日志编制:传统模式下,监理人员需手工记录当日施工内容、质量情况、问题整改情况,耗时约 2 小时/天;系统通过采集实时监测数

据、AI 识别结果,自动生成日志框架,监理人员仅需补充关键信息,耗时缩短至 10 分钟/天,效率提升 91.7%。

(2) 审批流程:传统纸质审批需经过施工班组、施工单位、监理、业主四个环节,耗时约 3 天;系统实现在线流转,每个环节设置提醒功能,审批时间缩短至 4 小时,效率提升 87.5%。(3) 现场巡检:系统根据 BIM 模型与风险数据,优化巡检路线,避免重复检查无效区域。例如,100 公里线路的传统巡检需覆盖所有塔基,系统优化后仅需检查高风险塔基(如位于山坡、河流附近的塔基),减少无效行程 30%,节省了大量人力与时间^[4]。

3.2 质量改善:从“事后验收”到“事前预防”的转变

智慧监理系统的质量管控模块,将质量控制关口前移,显著提高了工程质量:(1) 一次验收合格率:传统监理模式下,因质量缺陷导致的返工率高,一次验收合格率约 85%;智慧监理系统通过 AI 识别与 BIM 比对,提前发现并整改缺陷,一次验收合格率提升至 95%,减少返工成本约 60 万元/百公里线路。(2) 缺陷整改率:传统模式下,缺陷整改需监理人员反复督促,整改率约 70%;系统通过实时推送缺陷信息与整改期限,整改率提升至 90%,确保质量问题“不过夜”。(3) AI 缺陷识别:系统通过卷积神经网络训练,可识别混凝土裂缝、钢筋间距超标等缺陷,准确率达 95%以上。

3.3 风险降低:主动预警下的安全保障

智慧监理系统的安全风险防控模块,实现了从“被动追责”到“主动防控”的转变:(1) 安全事故发生率:传统模式下,输变电工程安全事故发生率约 0.5 起/百公里线路(主要为高空坠落、物体打击);智慧监理系统通过实时监测人员行为与设备状态,提前预警风险,发生率降至 0.2 起/百公里线路,下降 60%。(2) 隐患识别率:传统人工巡检的隐患识别率约 60%,易遗漏潜在风险;系统通过物联网传感器与 AI 算法,识别率提升至 85%,可发现如基坑边坡微小位移、电缆温度异常等隐性隐患。(3) 风险响应时间:传统模式下,风险响应需监理人员现场确认后再处置,耗时约 2 小时;系统预警即时推送至相关人员,响应时间缩短至 5 分钟,

最大限度降低事故损失^[5]。

3.4 满意度提升:协同效率带来的体验优化

智慧监理系统通过信息共享与流程透明,提升了各方满意度:(1) 业主满意度:业主可实时查看工程进度、质量、安全数据,对监理的响应速度与准确性满意度从 70 分提升至 90 分。例如,业主能通过系统随时了解变电站设备的安装进度,提前协调后续验收工作。(2) 施工单位满意度:系统的在线审批与流程优化减少了施工单位的等待时间,满意度从 65 分提升至 88 分。例如,施工单位提交的材料验收申请,系统 2 小时内完成审批,无需像传统模式那样等待 3 天。(3) 监理人员满意度:系统的自动化功能减少了手工劳动,监理人员可将更多精力放在风险分析与决策上,满意度从 60 分提升至 85 分。例如,监理人员无需再手工记录监理日志,可将时间用于分析 AI 识别的缺陷,提出更精准的整改建议。

4 结论与展望

智慧监理系统在输变电工程中的应用,是对传统监理模式的颠覆性创新。通过物联网、大数据、AI 等技术的融合,系统实现了监理工作的数字化、智能化转型,显著提升了监理效能、保障了工程质量、降低了安全风险、节约了工程成本,同时提高了各方满意度。

参考文献

- [1] 王磊,陈曦,金鑫.输变电工程高空作业智能化监理系统设计与应用效果[J].湖南电力,2019(5):70-73.
- [2] 张健,李洋.基于物联网的输变电工程数智监理模式创新与应用评价[J].电力设备管理,2025(6):156-158.
- [3] 刘军,赵宇,吴迪.多元信息智能监管系统在输变电工程中的应用及效果评估[J].工程技术研究,2023(18):124-126.
- [4] 陈向阳,周伟.输变电工程智慧监理平台的数字化管控实践与效果分析[J].农村电气化,2024(8):35-37.
- [5] 林峰,谢明杰.智能监理系统在特高压输变电工程中的应用效能评价[J].电力系统装备,2024(12):89-91.