

Analysis of intelligent technology application in highway construction project management

Nan Shan¹ Qun Wang²

1. Hainan Highway Construction Project Management Co., Ltd., Haikou, Hainan, 570000, China

2. China Highway Engineering Consulting Group Co., Ltd. Hainan CCCC Company, Haikou, Hainan, 570000, China

Abstract

With the deep integration of next-generation information technology and the real economy, intelligent transformation has become the core driving force for high-quality development in highway engineering. Given the multi-stage nature, extensive geographical scope, and dynamic characteristics of highway construction project management, traditional management models can no longer meet the modern engineering requirements for efficiency, quality, and safety. This paper focuses on the entire process of highway construction project management. First, it defines the connotations and technical characteristics of two core intelligent technologies: perception-based and analytical systems. Second, it systematically analyzes specific application scenarios and implementation paths of intelligent technologies in key stages such as pre-construction preparation, progress control, quality monitoring, safety prevention, and cost management, supported by practical case studies to demonstrate their effectiveness. Finally, addressing existing challenges including inadequate adaptability, talent shortages, and imperfect mechanisms in current technology applications, the paper proposes optimization strategies from three dimensions: technological refinement, talent development, and institutional improvement.

Keywords

intelligent technology; highway construction; project management; quality control; safety prevention and control; cost management

智能化技术在公路施工项目管理中的运用分析

单楠¹ 汪群²

1. 海南公路建设项目管理有限公司, 中国·海南海口 570000

2. 中国公路工程咨询集团有限公司海南中交公司, 中国海南海口 570000

摘要

随着新一代信息技术与实体经济的深度融合, 智能化转型已成为公路工程领域高质量发展的核心驱动力。公路施工项目管理因其涉及环节多、地域跨度广、动态性强等特点, 传统管理模式已难以适配现代工程对效率、质量与安全的高要求。本文以公路施工项目管理的全流程为研究主线, 首先界定了感知类、分析类两大类核心智能化技术的内涵与技术特征; 其次, 系统剖析了智能化技术在施工前期准备、进度管控、质量监测、安全防控及成本管理等关键环节的具体应用场景与实施路径, 结合实际案例佐证技术应用效能; 最后, 针对当前技术运用中存在的适配性不足、人才短缺、机制不健全等问题, 从技术优化、人才培养、机制完善三个维度提出优化路径。

关键词

智能化技术; 公路施工; 项目管理; 质量控制; 安全防控; 成本管理

1 引言

随着大数据、物联网、人工智能、北斗定位等智能化技术的快速发展, 为破解公路施工项目管理瓶颈提供了新的解决方案。智能化技术通过对施工全过程数据的实时感知、精准分析与智能决策, 实现了项目管理从“经验驱动”向“数据驱动”的转型。目前, 部分先行企业已在公路施工中引入智能监测设备、进度管理系统、质量追溯平台等技术手段, 取得了缩短工期、降低成本、提升质量的显著成效。

【作者简介】单楠(1988-), 男, 中国吉林榆树人, 硕士, 高级工程师, 从事路基与路面工程研究。

2 公路施工项目管理智能化技术的核心类型

2.1 感知类智能化技术

感知类智能化技术是公路施工项目管理的数据采集核心, 以物联网技术为架构支撑, 通过各类终端感知设备实现施工现场全要素数据的实时捕捉与传输^[1]。核心技术包括北斗高精度定位技术、无线射频识别(RFID)技术、多类型传感器技术及智能视频监控技术。北斗高精度定位技术可实现施工人员、大型机械设备的厘米级定位, 实时采集作业轨迹、停留时长等动态数据; RFID技术通过电子标签与读写设备的联动, 完成施工材料从进场验收、仓储管理到领用消耗的全流程数据自动记录; 传感器技术按施工场景差异化部

署,如路基施工中的压实度传感器、桥梁施工中的应力应变传感器、路面施工中的温度与平整度传感器,精准采集关键施工参数;智能视频监控技术搭配行为识别算法,实时捕捉施工现场画面并解析人员操作规范度等信息,为管理决策提供实时、可靠的原始数据支撑。

2.2 分析类智能化技术

分析类智能化技术是公路施工项目管理的决策核心,以数据深度处理为核心功能,通过大数据、人工智能、建筑信息模型(BIM)等技术将感知数据转化为管理指令。BIM技术构建公路工程三维数字化模型,集成设计图纸、技术参数、施工工序等全周期信息,实现施工方案可视化模拟、工序碰撞检查及施工过程动态关联;大数据技术搭建数据处理平台,对施工全过程产生的进度、质量、设备运行等海量数据进行统计分析、趋势研判,挖掘数据背后的管理规律。人工智能技术通过机器学习算法优化施工进度计划,基于计算机视觉技术自动识别路面裂缝、路基沉降等质量缺陷,借助智能算法实现资源配置与成本管控的动态优化,推动管理模式从“经验驱动”向“数据驱动”转型^[2]。

3 智能化技术在公路施工项目管理各环节的具体运用

3.1 施工前期准备阶段的智能化运用

施工前期核心通过三大技术实现精准筹备:无人机航测搭载高清相机与激光雷达,快速覆盖施工区域并采集地形地貌数据,经处理生成高精度三维地形模型,替代传统人工勘察的低效模式;三维激光扫描针对改扩建项目,对既有道路、桥梁等构筑物进行毫米级扫描,获取完整三维坐标数据支撑设计;BIM技术构建三维可视化模型,集成设计图纸、技术参数等信息,实现多专业协同设计与施工方案模拟,通过碰撞检查提前规避设计冲突。港珠澳大桥珠海连接线设计中,BIM技术排查出23处管线与桥梁基础冲突,避免后期变更,该案例印证了前期智能化运用的高效性,大幅降低返工风险。

3.2 施工过程进度管控的智能化运用

进度管控构建“终端采集-平台分析-动态调整”全流程智能化体系,实现对施工进度的精准把控与高效调度。在数据采集层面,为压路机、摊铺机、挖掘机等核心施工设备统一安装集成北斗高精度定位模块与工况传感终端的智能设备,不仅能实时捕捉设备的作业轨迹、启停状态、工作时长等基础数据,还能精准采集完成的路基压实面积、路面摊铺长度、土方开挖量等核心工程量数据^[3]。同时,为各施工班组配备定制化移动端APP,班组负责人可通过APP实时上报工序开工时间、完成节点、质量初检结果等关键信息,所有采集的数据经物联网技术加密传输后,实时汇聚至智慧进度管理平台。平台后台搭载大数据处理引擎,自动将实时采集的工程量、工序完成情况等数据与预设的进度计划进

行多维度比对,生成包含整体进度偏差、各工序进度排名、关键路径延误情况等内容的详细报表,并通过算法模型精准定位偏差产生的根源,如人员短缺、设备故障或材料供应滞后等。

3.3 施工质量监测与控制的智能化运用

质量管控形成“实时监测-智能识别-全程追溯”的闭环式智能化管理体系,实现对施工质量的全流程精准管控。在实时监测环节,针对不同施工工序的质量核心指标配置专用智能监测设备:路基施工中,为压路机配备集成压实度传感器与北斗定位终端的智能压实系统,在碾压作业时实时采集每一点的压实度、碾压遍数、碾压速度及轨迹等参数,当参数超出设计标准阈值时,系统立即通过设备端声光报警与平台弹窗预警双重提示操作人员调整;路面施工阶段,采用激光平整度检测仪、红外温度传感器等设备,同步监测沥青混合料摊铺温度、摊铺厚度及成型后的路面平整度、构造深度等关键指标,数据采集频率可达每秒10次以上;桥梁等结构工程施工中,在关键受力部位布设应力应变传感器、位移传感器等设备,24小时不间断监测结构在施工荷载作用下的应力变化与变形情况。在智能识别层面,平台搭载计算机视觉算法,对现场采集的施工影像、检测数据进行智能分析,自动识别路基边坡坡度不足、路面裂缝、桥梁模板拼接缝隙过大等质量缺陷。

3.4 施工安全风险防控的智能化运用

安全防控构建“人员-设备-环境”三位一体的三维智能化监测体系,实现对施工安全风险的全方位、立体化防控^[4]。在人员安全管控方面,为所有进场施工人员配备智能安全帽,该安全帽集成北斗高精度定位、心率血氧监测、声光报警及紧急呼叫等功能,后台系统预设施工区域电子围栏,当人员进入基坑、高空作业区等危险区域时,安全帽立即发出声光报警,同时平台向管理人员推送预警信息;若监测到人员心率异常或发生摔倒等情况,系统自动触发紧急救援流程,精准定位人员位置并通知救援团队。在设备安全监测方面,为塔吊、起重机、压路机等大型机械设备安装振动、温度、转速等多维度传感器,实时采集设备运行参数,通过大数据算法构建设备正常运行参数模型,当监测到参数超出正常范围时,系统判定为潜在故障风险,立即向设备操作员与设备管理员发送预警信息,并推送故障排查建议,实现设备故障的预防性管控。在环境安全监测方面,在施工区域关键位置部署多参数环境监测站,实时采集风速、降雨量、温度、湿度、粉尘浓度、噪声分贝等环境数据,当数据达到安全预警阈值时,如风速超过六级、粉尘浓度超标等,系统自动触发停工预警,禁止相关危险作业工序,并通过现场广播与APP通知所有人员做好防护措施。

3.5 施工成本动态管理的智能化运用

成本管控建立“数据采集-实时核算-偏差预警”的全流程智能化管理机制,实现对施工成本的动态精准管控。在

数据采集环节,构建多维度数据采集网络:主要材料管理中,为钢筋、水泥、沥青等主材粘贴 RFID 电子标签,在材料进场时通过读写设备自动采集进场数量、规格型号、供应商信息及进场时间,领用环节通过移动端读写设备记录领用班组、领用数量及用途,消耗环节通过工序关联数据自动核算实际消耗量,实现材料全流程数据自动采集;人工成本管理方面,部署智能考勤系统,通过人脸识别、北斗定位等技术精准记录施工人员出勤时间、所在班组及作业时长,系统根据预设的薪酬标准、工种系数自动核算各班组及个人的成本;机械成本管理中,为机械设备安装油耗传感器、工时记录仪等终端,实时采集设备工作时长、燃油消耗量、维修保养费用、配件更换记录等数据,自动生成单台设备的台班成本报表。所有采集的数据实时同步至成本管理平台,平台搭载成本核算引擎,按照人工、材料、机械、其他直接费用等成本构成要素,自动完成每日、每周及每月的实际成本核算,并与预算成本进行分项比对。当某类成本项实际支出超出预算阈值时,系统立即发出预警,明确标注超支项目、超支比例及关联的施工环节,同时通过数据追溯功能定位超支原因,如材料损耗率过高、人工效率偏低或设备闲置时间过长等。

4 智能化技术在公路施工项目管理中运用的优化路径

4.1 技术适配与升级优化

技术适配与升级需聚焦施工场景适配性、技术协同性及落地转化推进。针对公路施工露天、地形复杂等特点,联合科研机构攻关定制化技术,如研发融合北斗与惯性导航的复合定位技术,解决山区卫星信号弱问题;升级感知设备防护性能,提升恶劣天气下可靠性。构建统一智能化管理平台,制定数据标准与接口规范,实现 BIM、物联网、大数据等技术数据互通,打破“信息孤岛”。采用“试点-总结-推广”模式,在典型项目验证技术方案,形成适配不同场景的应用流程与规范,通过技术培训、案例分享推动成熟技术规模化落地,同时加大核心算法、专用软件研发投入,提升技术自主可控水平。

4.2 人才培养与团队建设优化

人才建设以“内培+外引+激励”构建复合型团队。

建立分层培训体系:对管理人员开展平台操作、数据分析培训;对技术人员强化 BIM 建模、设备调试技能;对施工人员进行智能设备操作培训,采用“线上理论+现场实操”模式提升效果。与高校合作开设“公路施工智能化”定向专业,定制课程输送应届生。引进大数据、AI、BIM 领域高端人才,赋予技术决策权与科研支持。建立激励机制,设技术应用奖励基金,对研发创新、提质增效的团队/个人表彰;将智能化技能纳入晋升考核,激发员工学习积极性,营造人才成长环境。

4.3 管理机制与标准完善优化

机制与标准优化需兼顾企业管控与行业规范。企业层面建立全流程管理制度:明确设备采购、数据采集、平台运维等环节职责;制定数据安全规范,保障采集数据存储与使用安全。建立考核评价体系,将进度提升、质量合格率等技术应用效果与绩效挂钩。行业层面由主管部门牵头,联合企业、科研机构制定标准体系:数据标准规范采集格式与传输协议;技术应用标准明确操作流程与性能指标;质量评价标准建立效果评估指标;安全标准界定设备使用与数据防护要求。通过标准宣贯、监督检查推动规范落地,保障技术应用有序推进。

5 结语

随着新一代信息技术的持续发展,智能化技术在公路施工项目管理中的应用前景将更加广阔。未来,随着 5G 技术、数字孪生技术、区块链技术等与公路施工管理的深度融合,将进一步提升管理的智能化水平,推动公路工程行业向高质量、高效率、低风险、低能耗的方向发展,为中国交通运输事业的现代化建设提供坚实保障。

参考文献

- [1] 史腾飞. 智能化技术在公路施工项目管理中的应用探索[J]. 汽车周刊, 2025, (06): 176-177.
- [2] 张纪产. 基于 BIM 技术的公路施工项目管理优化策略[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (14): 35-37.
- [3] 何潞薇, 祝龙旭. 信息化与智能化技术在城市路桥施工项目管理中的应用[J]. 汽车画刊, 2024, (12): 44-46.
- [4] 苏航. 智能化技术在公路工程项目施工管理中的应用探讨[C]// 中国智慧工程研究会. 2024 智慧施工与规划设计学术交流会议论文集. 浙江交投路信新材料科技有限公司, 2024: 1075-1077.