

智慧化管理技术在公路工程施工监管中的应用研究

刘德任

云南省曲靖市设计研究院有限责任公司腾冲勘察分院 云南 腾冲 679100

【摘要】：公路工程作为交通基础设施的核心组成，其施工质量与安全直接关系到区域经济发展与民生福祉。当前传统监管模式面临诸多痛点，难以适应现代化工程的精细化管理需求。基于此，本文立足公路工程施工监管实际，结合智慧化技术的应用特性，探讨智慧化管理技术在公路工程施工监管中的应用意义，并针对智慧化管理技术在公路工程施工监管中的应用策略进行深入探究，以期推动公路工程监管模式转型升级，提升工程建设整体效能。

【关键词】：智慧化管理技术；公路工程；施工监管；应用

DOI:10.12417/2811-0722.26.03.034

引言

我国的公路工程建设正在飞速发展，但同时工程施工安全生产形势也十分严峻。在公路工程施工中，往往存在环境复杂、周期长、环节多、机械设备多，环节多、交叉作业多，点多线长、事故安全隐患多等问题，这些都有可能引发工程的安全事故。特别是对于山区、丘陵等偏远地区来说，公路工程建设重心正向此偏移，安全隐患问题也随着建设难度的不断增加而越来越突出。所以，进一步加强智慧化管理技术在公路工程施工监管中的应用研究已成为相关部门亟需解决的重要课题。

1 现阶段公路工程施工监管实际分析

当前我国公路工程施工监管正处于传统模式向现代化转型的关键过渡期，整体呈现“管理需求升级与监管能力滞后”并行的突出特征。随着公路建设不断向山区、复杂地质带拓展，项目覆盖范围持续扩大，各施工工序交叉叠加，而现有监管体系却暴露出诸多明显短板。劳务分包市场化进程中，部分项目管理趋于松散，一些施工单位为追赶进度随意压缩工序，诸如路基未满足沉降标准便铺筑路面等违规操作时有发生，直接埋下后期路面沉降、结构开裂等质量风险。监理环节普遍面临人员配置短缺、专业素养不均衡的问题，对预制装配式桥梁这类新型工艺往往监管乏力，甚至出现“资质挂靠”“流程流于形式”等不良现象。技术应用方面，尽管政策积极推动 BIM 等数字化技术落地，但实际应用多呈零散状态，数据未实现整合管控，多数项目依旧依赖人工巡检，对于高边坡位移、隧道瓦斯积聚等动态风险，难以做到实时有效监测。此外，建设、施工、监理三方的责任划分不够清晰，联合体中标项目中常出现权责脱节问题，再加上“重建设轻养护”的传统思维束缚，导致监管难以形成完整闭环，这既阻碍了工程质量的提升，也给后续运营安全留下隐患。

2 智慧化技术的应用特性

2.1 全链路数据集成特性，打破监管信息孤岛

智慧化技术依托物联网终端与边缘计算设备，可实现施工全流程数据的自动采集与无缝整合。从路基压实度的传感器实

时读数，到钢筋加工场的数控设备运行参数，再到材料运输车辆的 GPS 轨迹信息，各类数据通过统一数据中台完成标准化处理，避免传统监管中“纸质记录滞后、数据碎片化”的问题。这种特性使建设、施工、监理三方能共享同一数据基底，例如混凝土强度检测数据可同步推送至监理终端与建设单位管理平台，确保各方对工程质量的判断基于一致依据，从源头消除信息不对称引发的监管矛盾。

2.2 动态实时响应特性，强化风险前置管控

借助 5G 传输与智能监测系统，智慧化技术可对施工关键环节实现毫秒级数据反馈与异常预警。针对高边坡施工、隧道开挖等高危场景，部署的位移传感器、瓦斯探测器等设备能持续监测风险指标，当数据超出预设阈值时，系统可自动触发声光报警，并将预警信息推送至现场管理人员手机端，同时暂停相关工序的施工许可。与传统“定期巡检、事后整改”模式相比，其将监管重心从“事后补救”转移至“事前预防”，大幅降低安全事故发生概率。

2.3 智能分析决策特性，提升监管精准度

基于大数据与机器学习算法，智慧化技术能对施工数据进行深度挖掘与趋势预测。例如通过分析历史施工数据与质量验收结果，系统可构建路基沉降预测模型，提前预判不同地质条件下的沉降周期，为施工工序安排提供科学指导；在劳务管理中，通过人脸识别与工时统计数据的关联分析，可自动识别“无证上岗、超时作业”等违规行为，使监管从“经验判断”转向“数据驱动”，避免传统监管中“大水漫灌”式检查，让监管力量精准聚焦于高风险环节与薄弱工序。

3 智慧化管理技术在公路工程施工监管中的应用意义

3.1 突破时空限制，实现监管精准化

传统施工监管以人工巡检为核心，易因人为疏漏、信息滞后形成监管盲区。智慧化技术通过物联网终端、智能传感器的全域部署，构建起“实时采集-动态传输-智能分析”的监管闭环。施工中的进度节点、工艺标准、设备工况等数据可同步至

云端平台, 监管人员无需现场值守即可精准捕捉异常偏差, 使监管从“事后核查”转向“事中干预”, 大幅提升监管的响应效率与执行精度, 避免因监管缺位导致的质量隐患。

3.2 构建智能防线, 强化安全风险防控

公路施工环境复杂, 高空作业、机械协同等环节的安全风险具有隐蔽性与突发性, 传统依赖经验判断的防控模式难以全面覆盖。智慧化管理系统通过视频智能识别、安全监测预警等功能, 可自动识别未按规范佩戴防护装备、危险区域违规进入等行为, 并即时触发告警。同时, 对基坑沉降、边坡稳定性等地质风险进行持续监测, 将风险隐患量化为数据指标, 为防控决策提供科学依据, 从技术层面筑牢施工安全的“防护网”。

3.3 优化资源配置, 提升施工经济性

公路施工涉及人力、物料、设备等多类资源, 传统监管模式下资源调度依赖人工统计, 易出现闲置浪费或供应不足的问题。智慧化管理平台依托大数据分析能力, 可结合施工进度计划精准预测各阶段资源需求, 动态调整人力排班、物料采购与设备调度方案。通过数据匹配实现“人尽其责、物尽其用、设备高效运转”, 减少建材积压、机械空转等资源损耗, 在降低工程建设成本的同时, 加快施工进度, 保障项目按节点推进。

3.4 推动模式革新, 助力行业转型升级

智慧化管理技术的应用不仅提升单个项目的监管水平, 更推动公路工程行业监管体系的系统性变革。通过建立标准化数据接口, 实现不同项目、不同区域监管信息的互联互通, 打破“信息孤岛”, 为行业监管部门提供全面、精准的决策支撑。这种从“分散监管”向“集约管控”、从“经验驱动”向“数据驱动”的转变, 推动行业监管模式向精细化、规范化升级, 为公路工程高质量发展注入持久动力。

4 智慧化管理技术在公路工程施工监管中的应用策略

4.1 构建物联网感知网络, 实现施工要素精准监管

构建全域覆盖的物联网感知体系, 是实现公路工程施工监管精准化的基础, 其核心在于通过各类智能终端设备, 将施工过程中的人、机、料、法、环等核心要素转化为可量化、可追溯的数据信息, 打破传统监管的“肉眼局限”。相关部门需针对公路施工的场景特点科学布设感知设备, 在人员管理上, 为施工人员配备集成定位、体征监测与权限识别功能的智能终端, 通过卫星定位系统实时追踪作业轨迹, 人员进入高风险区域时自动触发声光预警, 后台同步记录到岗离岗时间及作业时长, 破解劳务管理混乱与考勤数据失真问题。机械设备管理中, 在各类施工机械上安装物联网模块, 实时采集运行参数与操作状态, 出现故障预警或违规操作时立即向管理人员推送提示, 依托设备运行数据积累优化维护计划与施工效率。物料管理环节, 运用射频识别技术为主要建材附着电子标识, 实现从进场

验收、存储到领用的全程溯源, 结合智能计量与视频监控完成材料用量动态核算, 防范浪费与违规替换问题。施工环境监测方面, 在现场及周边布设多维度传感器, 实时上传温湿度、扬尘、噪声等数据, 指标超标时自动启动环保调控设备, 兼顾环保要求与作业人员健康保障, 让施工全过程从“模糊管理”转向“透明管控”。

4.2 运用大数据分析技术, 优化监管决策与资源配置

大数据分析技术为公路工程施工监管提供了“智慧大脑”, 通过对施工过程中积累的海量数据进行深度挖掘, 实现从“经验决策”到“数据决策”的转变, 提升监管的前瞻性和科学性。实施过程中, 首要任务是搭建统一数据共享平台, 整合物联网感知设备、施工管理系统、监理记录、检测报告等多渠道数据, 打破“信息孤岛”并构建覆盖施工全周期的数据库。在此基础上, 结合工程管理需求构建多维度分析模型: 进度管理模型整合施工计划、人材机调度、气象等数据, 通过对比实际与计划进度偏差分析延误原因并生成优化建议, 助力工序调整与资源重配。成本监管模型实时统计各类开支并与预算动态比对, 当分项工程成本触及预警阈值时, 精准定位超支环节并追溯关联数据, 排查浪费或违规使用问题。质量分析模型汇总各类检测指标, 通过算法识别质量隐患的关联因素, 为施工工艺优化提供数据依据。同时, 借助历史工程数据的纵向分析, 总结不同工况下的监管重点, 为同类项目提供参考。大数据的深度应用让监管人员精准把握施工动态、提前预判问题, 实现资源最优配置与监管效能最大化。

4.3 依托人工智能技术, 强化施工质量与安全智能预警

人工智能技术以其强大的图像识别、模式识别和自主决策能力, 成为公路工程施工质量与安全监管的“智能哨兵”, 有效弥补传统人工监管在效率和精度上的不足, 实现风险隐患的早发现、早处置。质量监管中, AI 技术聚焦施工工序实时检测与缺陷识别, 在关键工序施工过程中, 通过计算机视觉技术全程监控, 结合深度学习算法自动识别操作不规范问题并实时推送预警; 在路面等分项工程中, 搭载 AI 算法的影像设备采集现场数据, 自动识别各类质量缺陷并完成定位、尺寸测量与等级判定, 规避人工检测的漏检误判问题。在建材加工安装环节, AI 系统通过图像比对核对施工成果与设计要求的符合性, 大幅提升检测效率与准确性。安全监管领域, AI 核心应用于危险行为识别与隐患排查, 关键区域布设的智能摄像头实时捕捉画面, 自动识别未按规范防护、违规进入危险区域等行为, 以及防护设施缺失、临时设施不规范等隐患, 触发声光报警与后台预警的同时留存证据。针对重大风险工程, 结合 AI 算法对监测数据进行趋势分析, 预判地质灾害等风险, 为应急处置争取时间。人工智能将监管从“被动应对”转变为“主动防控”, 显著提升质量与安全监管的智能化水平。

4.4 搭建数字孪生监管平台，实现施工全过程可视化管控

数字孪生技术通过构建与物理施工场景完全映射的虚拟模型，实现公路工程施工全过程的可视化、可追溯、可调控，是智慧化监管的核心支撑。数字孪生监管平台建设需分阶段推进，设计阶段导入 BIM 成果，构建包含地形、结构、材料等全信息的基础虚拟模型。施工阶段通过物联网、无人机、激光扫描等技术实时采集现场数据，同步更新虚拟模型实现动态匹配，让管理人员通过平台直观掌握工程全貌与细节数据，打破现场巡查的时空限制。监管应用层面，平台实现多维度管控功能，进度管控通过虚实进度比对生成偏差报告，协同管理支持各参建方数据共享与流程协作，实现问题整改的闭环管理与全程留痕。应急管理，基于虚拟模型模拟事故发展态势，为救援方案制定提供精准参考。另外，平台整合施工全周期数据形成数字档案，为竣工验收与后期养护提供完整支撑。数字孪生技术让施工监管突破时空限制，实现工程的精细化、全方位管控。

4.5 完善智慧监管保障体系，夯实技术应用实施基础

智慧化管理技术的有效应用离不开完善的保障体系，需从制度、人才、资金、安全四个维度构建长效机制，确保技术落

地见效。制度建设上，结合智慧监管特点制定配套制度与标准，明确数据采集、传输、使用的规范流程，保障数据真实安全共享，出台设备使用维护标准，明确安装、校验与维护责任，确保感知设备稳定运行，并建立基于智慧监管数据的考核机制，将平台数据作为参建方考核依据，激发参与积极性。人才培养方面，针对能力短板建立分层培训体系：对管理人员开展技术基础与平台操作培训，提升数据分析应用能力；对技术人员强化设备运维与系统保障培训。通过校企合作与人才引进，打造工程管理与信息技术复合型团队。资金投入上，建立多元化保障机制，将智慧化相关开支纳入工程预算，鼓励企业加大研发投入，探索适配方案，争取政府政策与资金扶持，推动技术普及。安全防护方面，针对数据传输存储特点，搭建安全网络架构，采用加密、访问控制等技术防范数据风险，定期开展应急演练，确保系统安全稳定运行。完善的保障体系为智慧技术应用提供坚实支撑，确保技术优势转化为监管效能。

总而言之，智慧化技术为公路施工监管注入了全新活力，破解了传统模式的诸多困局。未来，还需持续深化技术融合、完善应用生态，以此推动公路建设监管迈向更高质量，为交通基础设施发展筑牢智慧根基。

参考文献：

- [1] 李涌泉.面向智慧公路建设的农村公路智慧管理养护体系[J].运输经理世界,2024,(22):116-118.
- [2] 汪林,高剑,郭宇奇,等.我国智慧公路建设现状及发展建议[J].交通运输研究,2024,10(02):43-52.
- [3] 陈思艳.面向智慧公路建设的农村公路智慧管理养护体系[J].价值工程,2024,43(01):18-20.
- [4] 河南数字化管养冲刺智慧公路“新赛道”[J].中国公路,2023,(02):42-44.
- [5] 王鑫涛.郑州市普通国省道干线智慧公路建设探析[J].中国交通信息化,2021,(10):105-106+109.