

智能监控技术在交通工程施工进度管理中的应用研究

李仕民

山东通维信息工程有限公司

DOI : 10. 32629/j pm. v7i 5. 8883

[摘要] 传统施工进度管理多依靠人工巡检、现场拍照、纸质报告等方式，流程繁琐、效率偏低，极易忽略施工关键环节，难以及时排查进度滞后问题，无法适当下交通工程精细化、高效化的管理要求。智能监控技术整合 BIM 模型、物联网 (IoT)、人工智能 (AI)、各类传感器等技术手段，可实现施工现场全方位实时监测、施工数据整合分析与进度动态调控，有效优化进度管理流程、提升管控效率。本文先梳理智能监控技术核心内涵、对交通工程施工进度管理的影响及进度管理模拟，再结合具体工程案例，探究其在施工进度管理中的实操应用与实施成效，为交通工程智能化管理提供实践参考，助力行业高质量发展。

[关键词] 智能监控技术；交通工程；施工进度；建筑信息模型；人工智能

Application Research of Intelligent Monitoring Technology in Construction Progress Management of Transportation Projects

Li Shimin

Shandong Tongwei Information Engineering Co., Ltd.

[Abstract] Traditional construction progress management primarily relies on manual inspections, on-site photography, and paper-based reports, featuring cumbersome procedures and low efficiency. These methods often overlook critical construction phases, fail to promptly identify progress delays, and cannot meet the demands for refined, efficient management in modern transportation projects. Intelligent monitoring technology integrates BIM models, IoT, AI, and various sensors to enable comprehensive real-time site monitoring, integrated analysis of construction data, and dynamic progress control, thereby optimizing management processes and enhancing operational efficiency. This paper first examines the core principles of intelligent monitoring technology, its impact on transportation project progress management, and simulation scenarios. Through specific case studies, it explores practical applications and implementation outcomes, providing actionable insights for intelligent management in transportation engineering and fostering industry-wide high-quality development.

[Key words] Intelligent monitoring technology; Transportation engineering; Construction progress; Building Information Modeling (BIM); Artificial intelligence

交通工程体量庞大、参建方多、建设周期长且潜在风险突出。在《交通强国建设纲要》落地背景下，公路、铁路、港口等交通基建正向智能高效、安全规范转型，施工管控迎来新的机遇与挑战。施工进度直接决定项目收益，把控好工期节奏是实现降本增效的关键。传统进度管控多靠人工巡检与经验判断，大型项目易出现进度拖延、偏差累加，且问题发现与处置

存在延时，极易造成工期延误和额外投入，原有管理模式已难以适配大型交通工程建设需求，亟需实时精准的智能化管理手段^[1]。智能监控依托传感器、数据处理与通信集成技术，为交通工程施工进度管控提供了全新可行的技术解决方案。因此，本文对智能监控技术在交通工程施工进度管理中的应用进行研究，具有重要现实意义。

1 智能监控技术概况

1.1 定义及技术原理

智能监控技术融合传感器、无线通信、数据分析等技术，是交通工程施工管理的核心技术之一。它能够实时采集温湿度、结构应力等现场关键数据，完成分析预判，及时排查施工隐患。同时可对施工设备、交通信号进行自动化调度，优化施工流程与资源配置，降低人为操作带来的安全与管理风险。其技术原理依托感知设备与数据处理体系，借助传感器、激光扫描、无人机采集现场信息，通过无线网络上传云端存储运算，经专业算法解析后，为管理人员提供施工进度、设备工况、环境动态等有效数据。结合 AI、大数据与云计算，系统可自主迭代优化算法，实现自适应调控，提升施工管控的响应速度与精准性。

1.2 对交通工程施工进度管理的影响

从实际来看，智能监控颠覆了传统交通工程进度管理模式，将事后复盘转为全流程动态管控。管理人员在开展工作的过程中，通过实时监测与智能研判，能随时掌握现场施工进度，快速识别进度偏差与潜在隐患，提升调度决策效率；通过合理布设监测设备，能实现重点区域和关键工序全覆盖，完善数据采集传输体系能保障数据完整可靠。同时，管理人员借助 BIM 与智能分析平台，实现多源数据可视化，建立动态调控机制，保障工期落地。

1.3 智能监控进度管理模式

为量化智能监控在交通工程进度管理的应用成效，可搭建仿真模型，以施工计划为基准，融合物联网现场数据，通过偏差识别、状态修正与趋势预测，完成施工全过程动态模拟，整体分为进度基准、数据感知、智能分析三层架构。感知层实时采集现场施工信息，分析层比对实际与计划进度，给出优化调整建议，可精准反映不同施工阶段进度变化规律，为效果评估提供可靠支撑。

研究设定多项数值模拟参数及测算公式：进度偏差率

$$D_p = \frac{P_a - P_p}{P_p} \times 100\% \text{、施工效率指数 } E_s = \frac{Q}{T} \text{、资源利用率}$$

$$R_u = \frac{R_e}{R_t} \times 100\% \text{、进度预警响应时间 } T_r = T_1 - T_2 \text{，分别以实际进度 } P_a \text{、计划进度 } P_p \text{、工程量 } Q \text{、施工时间 } T \text{、实际投入其应用资源 } R_e \text{、计划投入资源 } R_t \text{、异常与预警时刻 } T_1 \text{和预警调整完成时刻 } T_2 \text{为测算依据}^{[2]} \text{。}$$

结合施工流程与技术干预方式，将进度管理划分为三阶段：依托监控、传感器、定位设备采集现场数据；借助 BIM 与算法比对进度、识别偏差；依据分析结果优化施工方案与资源配置，实现进度闭环管控。

2 工程概括

某市政道桥项目位于城市主次干道交汇处，含跨河桥梁及接线道路，总长 1.2km。桥梁为预应力混凝土连续箱梁，长 328m、标准段宽 36m，布设双向六车道及非机动车与人行道，设计荷载

城-A级，抗震设防烈度 7 度。项目位于高密度城区，地下十余类管线交织，迁改协调难度大；需半幅施工、分阶段导改交通，夜间施工受限；临近学校、医院等敏感区域，扬尘、噪声、振动管控标准高，叠加雨季、交叉施工及建材供应波动，施工进度管控压力突出。

3 智能监控技术在交通工程施工进度管理中的应用措施

3.1 传感器与 IoT 技术

IoT 及传感技术是交通工程施工进度智能管控的核心，施工现场需布设各类智能传感设备采集相关数据，实现作业区域全覆盖动态感知。管理人员依托设备实时传回的数据画面，全天候精准掌握施工进度、机械运行工况及扬尘、噪声等现场环境变化，为现场统筹调度提供实时依据。同时，发挥传感器自动采集、实时更新的优势，可以规避人工统计存在的误差，进一步提升进度数据的时效性与真实性，确保管理人员能在第一时间排查现场异常、及时优化施工安排，为进度动态管控和科学决策筑牢技术根基。此外，将自动化与传感技术融合应用于施工设备智能管控，能根据现场实际工况调节设备运行模式，在提升作业效率的同时节约能耗。例如，挖掘机、吊车、泵车等大型机械搭载内置传感器，实时监测负荷、温度、振动等关键参数，一旦出现故障或超负荷运转，系统可自动调控，避免出现设备损毁及安全事故现象^[3]。系统还能结合施工任务难易程度匹配运行模式，管理人员也能依据整体进度合理调配设备作业强度，高负荷工况加大动力输出，低负荷时段降低运转速率，有效减少资源浪费与能源损耗。该技术不仅可以优化机械设备运行效能，降低人工操作失误风险，提升施工安全与作业精度，还能减少设备运维成本，保障交通工程保质按期完工。

3.2 数字孪生技术与 BIM 技术

在交通工程施工进度管理中，构建 BIM 与数字孪生技术管理系统，可以实现工程各项信息的动态监控，将现场实时监控数据映射至虚拟空间，动态直观呈现各环节推进情况，实时同步节点完成度，精准真实反映项目整体实施进度。依托 BIM 技术构建工程三维模型，精准还原桥梁、路基、临时设施等全要素细节，再结合数字孪生技术，将施工现场的人员、机械、物料等实时数据同步至模型，实现真实施工场景与进度的动态模拟。施工阶段，通过二者协同仿真，可根据现场实际工况调整施工场地布局，生成贴合实际的施工区平面设计图，科学划分作业区、材料堆放区、运输通道，合理规划现场交通动线，避免场地混乱。

在线路及标准段工程管理中，运用 BIM 结合数字孪生搭建全域线路宏观模型，可落实施工全流程精细化管控。同步搭建进度与工程信息互通的微观模型，统一录入施工任务排布、物料人力调配、质量管控标准及项目成本等关键数据。管理人员可以依托模型统筹划分各施工阶段任务，合理排布施工时序，制定贴合现场的进度计划，也可以依托模型实现项目节点实时追踪与动态查询，可快速调取配套施工设施配置情况、参建单位履职情况以及各分项工程实际推进速度。通过虚实融合的模

型体系打通各项管理数据，让线路工程各标段施工安排更贴合现场实际，提升整体进度管控的精准性与实效性。

施工进度管理模块可结合项目整体施工方案，对全施工周期进行全过程模拟推演，兼顾现场安全防护设施布设、场地空间规划等现实条件，根据现场实际情况灵活调整施工排布节奏。在动态管控层面，搭建 5D-BIM 模型优化原有施工规划，精准测算项目所需人力、建材与施工设备的实际用量，全面梳理人员调配、天气环境、工序衔接等各类影响施工进度的现实因素。借助专业仿真软件依托 BIM 技术生成直观的三维施工模拟动画，清晰展现不同施工方案的实施流程与落地效果，方便管理人员直观对比各项方案优劣，快速确定最贴合现场工况、推进效率更高的施工方案，理顺施工流程，减少施工延误，稳步提升项目整体进度管控水平^[4]。

3.3 大数据技术与 AI 技术

交通工程施工进度智能管控离不开大数据与 AI 技术。依托海量施工数据挖掘分析，可预判进度走势、识别施工异常并开展风险预警，融合算法与实时历史数据持续迭代模型，可提升预测精度，通过分析给出管理建议，能提前管控、规避工期延误风险。施工过程涉及设备、人员、环境等多类独立监测系统，需运用数据融合技术对多源信息统一整合梳理，应剔除冗余、修正失真数据，提升数据精度，支撑科学决策。以混凝土施工监测为例，温湿度、强度等参数来自不同传感设备，经数据融合可综合判定混凝土固化状态，及时排查隐患并落实处置措施，系统还可联动历史工程数据与预测模型，研判工期滞后风险，给出合理的进度优化建议。同时，可借助 AI 图像识别技术，结合无人机航拍影像开展桥梁施工工程量核算，先对航

表 1 进度推演预测与现场监测数据结果

工期	桩基施工	桥面施工	斜拉索安装与张拉	检测时间	进度/%	设备在线率/%	人员到岗率/%	异常事件次数/次
预测施工/d	116	73	40	第一周	84	86	91	5
实际施工/d	121	77	45	第二周	88	90	93	4
偏差/d	5	4	5	第三周	91	94	96	2
偏差率/%	4.13	5.19	11.1	第四周	95	98	98	1

4.2 实施效果评价

结合表 1 监测数据分析，随着智能监控控制措施的逐步落地落实，施工现场各项运行指标呈现明显优化态势。进度完成率从第一周的 84% 逐周攀升至第四周的 95%，稳步提升且增速平稳，体现出智能监控对施工进度的有效推动作用。设备在线率、人员到岗率始终保持较高水平，从第一周的 86%、91% 分别提升至 98%、98%，表明施工组织协调效率显著提升，现场资源配置更加合理。同时，施工异常事件次数从第一周的 5 次逐步降至第四周的 1 次，降幅明显，说明智能监控系统能够及时识别施工风险、预警异常情况，有效强化现场管控，切实提升施工全流程管控力度与安全防护水平，有效规避各类施工风险，验证了智能监控技术在交通工程施工进度管理中的实用价值与实践成效。

5 结语

综上所述，现阶段我国城镇化建设持续推进，城市交通工程建设面临工期管控紧、现场资源调配乱、施工环境多变等实

拍图像做去噪、对比度增强等预处理优化画质，再通过深度学习模型精准划分混凝土浇筑、钢筋绑扎等施工区域。依据识别结果，结合区域面积、厚度参数测算混凝土浇筑方量；匹配钢筋规格、数量及设计标准，精准核算钢筋用量，相比传统人工核算方式，效率与准确率大幅提升。此外，可依托机器学习搭建施工进度预测模型，选取天气状况、人员投入、材料供应等关键影响因素作为输入变量，以进度完成情况作为输出指标，常用模型包括时间序列 ARIMA、LSTM 长短期记忆网络等。其中 LSTM 模型擅长捕捉时序数据长期关联规律，通过持续学习历史进度数据演变特征，精准预判后续施工走势。管理人员依据预测结果动态优化施工组织与资源调配，保障项目工期平稳可控。

4 智能监控技术在交通工程施工进度管理中的应用效果

4.1 现场监测数据

基于数字孪生技术，对桥梁施工各关键工序开展进度预测，实现施工进度的实时动态监控，确保对施工全过程的精准把控。为验证智能监控技术在实际施工中的应用成效，选取施工连续监测周期内的四项核心指标进行统计分析，该四项指标均由智能监控系统自动采集、汇总，无需人工干预，有效规避人为统计误差，能够真实、客观反映施工现场的实际运行状态。监测周期为 4 周，结合施工各阶段工期数据可知，桩基、桥面、斜拉索安装与张拉的预测工期分别为 116d、73d、40d，实际工期依次为 121d、77d、45d，偏差均在 5d 以内，偏差率分别为 4.13%、5.19%、11.1%，整体工期控制在合理范围。具体如表 1 所示。

际难题。发挥智能监控技术的作用与优势，托传感器与 IoT 技术、数字孪生技术与 BIM 技术、大数据技术与 AI 技术有利于提高交通工程施工进度管理水平，增强进度控制实时性与准确性。开展工作时，推动交通工程领域出现革命性变革。

【参考文献】

- [1] 齐杰. BIM+数字孪生驱动的交通工程施工全流程智能管控应用研究[J]. 交通建设与管理, 2025, (06): 203-205.
- [2] 张鲁. 智能监控技术在交通工程施工进度管理中的应用[J]. 汽车画刊, 2026, (01): 170-172.
- [3] 李鼎. 交通工程施工中的智能监测与控制技术分析[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2025(6): 150-153.
- [4] 杨美云, 刘德泉. BIM 技术在智慧交通工程施工进度管理中的应用研究[J]. 西部交通科技, 2021, (05): 151-153.

作者简介：李仕民，1989.02.18，男，山东省新泰市官里镇，汉族，本科，工程师，研究方向：交通工程。