智能化技术在市政道路施工管理中的运用

冯亚斌

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450001

【摘　要】：BIM、北斗高精度定位、无人摊压设备、智慧工地平台等智能化技术、设备的发展，为市政道路施工管理提供了全新的技术手段。本文立足于市政道路工程项目现场管理实际需求，提出基于智能化技术的施工管理架构体系，分别对 BIM+GIS 全过程管控、北斗无人集群作业、混合料全流程监控、安全环境监测、3D 智能摊铺以及数字化质量评价等模块的应用展开分析，研究表明，通过智能化技术能够有效促进市政道路施工管理效率和效果的提升。

【关键词】：市政道路；BIM；北斗定位；无人摊压；智慧工地

DOI:10.12417/2811-0536.26.10.040

引言

市政道路项目多地处城市建成区内部，施工过程会受到交通疏导、周边建构筑物、地下管线、市民生活等多重条件约束，存在较大的施工现场管理压力。

传统管理手段更多依赖管理人员现场巡检，人为判断容易带来误差，质量、安全、进度各类业务数据分散保存，管理人员很难实现施工现场的全局动态把控。而随着建筑行业数字化转型进程的加快，各类智能化软硬件设备逐步在道路施工现场得到推广[1]。工程项目已经逐步引入智慧工地平台、BIM 模型、北斗定位摊铺碾压设备等开展现场管理，为提升各类智能化技术及设备的应用效果，本文对各类技术的适用场景和应用要点进行分析研究，以供参考。

1 智能化技术在市政道路施工管理中的应用优势

市政道路施工涉及管线迁改、路基处理、路面铺筑、附属设施建设多个工序，不同工序之间衔接紧密，外部环境变量会直接干扰项目推进节奏。智能化技术与施工管理业务深度融合之后，可以从质量、安全、进度、成本、环保等多个维度改变项目管理的运行模式。

第一，提升施工质量管控的精细程度。传统道路路面摊铺、碾压作业依靠操作人员经验把控施工参数，摊铺厚度、碾压遍数、碾压温度等关键指标容易出现人为偏差。北斗定位、3D 智能摊铺系统可以把设计模型数据直接传递至作业设备，设备可以自动执行预设施工参数，系统同步留存完整作业记录，质量管控模式由事后检测转向过程实时监测，减少人为因素带来的施工质量缺陷。

第二，强化施工现场安全风险的动态感知。市政道路施工现场人员、机械流动频繁，临边作业、机械交叉作业、管线保护等风险点分布范围广，人工巡检很难实现风险点位全天候覆盖[2]。智慧工地配套的视频 AI 识别、环境传感设备可以 24 小时持续采集现场信息，系统识别到未佩戴安全帽、机械违规操作等风险行为之后可以即时推送预警信息，帮助管理人员第一时间处置现场安全隐患。

第三，实现项目多源业务数据的集中归集。市政道路项目进度数据、材料检测数据、设备运行数据、环境监测数据原本分散存储在不同岗位的工作人员手中。智慧工地平台可以对接各个业务模块，各类现场产生的数据统一汇总到平台数据库。项目管理人员登录系统就可以掌握施工现场真实运行状态，辅助现场管理决策，有效提升施工管理的综合效能。

2 智能化技术在市政道路施工管理中的具体应用分析

2.1 工程概况与智能化总体架构

某城市主干路改造工程全长 3.42km，设计为双向六车道，项目涵盖既有道路拆除、地下管线更新、路基加固、沥青路面铺筑、交通附属设施安装等多项工作内容。项目沿线分布居民区、商业街区，地下管线种类繁杂，施工期间需要兼顾市民通行需求，现场管控难度较高。项目搭建分层式智慧施工总体架构，整套架构划分为感知层、网络传输层、平台应用层三个层级，各层级核心架构和功能如表 1 所示。感知层承担现场原始数据采集任务，比如摊铺机的碾压速度、车辆位置、人员位置等各类信息；网络传输层主要利用工业网络与 5G 通信链路，完成各类感知设备采集数据的稳定传输，保障现场设备和后台平台之间的数据交互；应用层为项目智慧工地管理平台，平台对接 BIM+GIS 模型数据库，接收下层传输上来的全部现场数据，分别设置质量管控、安全监管、物料监控、环境监测等多个业务功能模块，基于各功能模块能够为项目开展全过程数字化管理打下硬件基础。

表 1 市政道路智慧施工总体架构组成

架构层级	主要硬件与系统组成	核心功能
感知层	北斗定位终端、车载控制系统、拌和站采集模块、AI 摄像头、环境传感器	采集位置、施工参数、现场画面、环境指标等原始现场数据
网络传输层	5G 通信模块、工业网关、有线传输设备	完成感知层数据向平台端稳定传输，保障数据低时延交互
平台应用层	智慧工地管理平台、BIM+GIS 模型数据库	数据汇总展示、业务预警、模型比对分析、各类管理报表输出

2.2 基于 BIM+GIS 的全过程数字化管控

BIM+GIS 融合技术可以把道路设计模型和项目现场地理空间信息相互结合，贯穿市政道路施工的多个阶段。

（1）项目前期阶段，通过整合道路设计 BIM 模型、地下管线探测数据、场地 GIS 地理信息，在模型内部录入管线管径、埋深、材质等详细属性信息。管理人员可以在三维可视化模型当中复核管线与道路主体工程的空间位置关系，提前识别管线迁改、基坑开挖当中存在的碰撞冲突，减少施工阶段出现管线破坏的情况。

（2）施工实施阶段，现场实际完成的路基、构筑物施工数据可以持续回传到 BIM 模型。模型能够同步更新现场实体的建设状态，实现施工进度与三维模型的联动[3]。项目管理人员可以依托模型直观比对计划施工内容与现场实际完成情况，及时发现进度滞后的作业区段。

（3）项目进入竣工验收阶段，经过现场校核的完整 BIM 模型可以作为竣工数字化资料进行留存，这套数字化成果也可以移交运维单位，服务道路后期运维检修工作。

2.3 北斗高精度定位与无人摊压集群协同作业

北斗高精度定位技术可以为道路路面施工作业设备提供厘米级位置数据，该技术是无人摊压集群协同作业实现的技术基础。项目在摊铺机、压路机设备上安装北斗定位接收终端，终端实时采集设备所处位置、行驶速度、碾压轨迹等关键信息。后台系统根据路面设计高程、碾压工艺要求生成作业指令，指令下发至车载控制系统[4]。多台压路机组成的无人摊压集群可以按照预设工艺路线开展协同作业。集群内部设备之间可以实现信息互通，单台压路机的碾压轨迹会同步共享给其余设备，规避漏压、重复碾压的问题。操作人员只需要在监控终端查看设备运行状态，无需驾驶人员在驾驶室完成高频操作，从而有效降低人为操作带来的工艺偏差，提高施工效率和施工质量。

2.4 混合料生产与运输智能监控

沥青混合料的生产质量、运输过程管控直接决定路面最终施工品质，项目搭建混合料生产运输全链条智能监控模块。拌和站生产端安装数据采集装置，装置实时抓取拌合设备的生产配比、拌合温度、出料时间等生产参数。采集系统会自动比对生产参数和设计标准，拌合过程中出现配比偏离、温度异常等情况，系统立刻生成预警记录，提醒拌和站技术人员及时处置。运输环节，每台混合料运输车辆装配车载定位与温度传感装置，平台可以实时掌握每台运输车所处位置、车厢内部混合料温度、车辆预计抵达施工现场的时间。管理人员能够结合现场摊铺作业节奏，合理调控拌和站出料节奏以及车辆调配方案，减少因混合料到场等待时间过长造成的温度衰减，规避混合料温度不达标直接摊铺带来的路面质量隐患。同时所有数据会自动存储到数据库中，为后续质量溯源工作提供便利。

2.5 智慧工地安全与环境监测体系

项目依托智慧工地平台搭建安全与环境监测体系。一是现场布设多台 AI 智能视频摄像头，摄像头覆盖基坑作业区、机械作业区、材料堆放区等重点区域。AI 识别算法可以自动捕捉现场不安全行为，当作业人员未佩戴安全帽、现场违规动火等行为出现时，系统会生成预警记录，将预警信息推送至项目管理人员移动端。二是施工现场布设扬尘、噪声传感设备，设备不间断采集施工现场环境指标。监测数据实时上传智慧工地平台，数值超出地方管控阈值，系统自动发出提示，管理人员可以根据提示开启围挡喷淋等降尘设施。平台长期留存环境监测历史数据，项目可以把监测数据作为绿色施工相关资料，支撑项目文明施工相关工作的复盘与验收。

2.6 3D 智能摊铺控制与施工质量数字化评价

3D 智能摊铺控制系统依托 BIM 设计模型与北斗定位数据开展工作。传统摊铺作业需要现场布设大量钢桩、挂线用来控制摊铺高程。3D 智能摊铺模式不需要现场布设传统挂线设施，摊铺机车载控制系统直接读取 BIM 模型当中路面设计高程、横坡等参数，设备作业过程自动调整熨平板高度，保障路面摊铺厚度、坡度符合设计文件要求。路面完成摊铺碾压之后，各

类施工原始数据已经完整保存在智慧工地平台。平台能够根据设计文件规范要求，调取摊铺厚度、碾压遍数、碾压温度、定位轨迹等多维度记录，开展施工质量数字化评价。系统针对不同作业区段输出质量评价结果，质量不达标的区段会被标记出来，技术人员可以针对性开展复核检测，有效提升摊铺质量。

2.7 应用成效

该市政道路改造项目全面落地智能化施工体系后，在质量、效率、安全、成本、环保等维度均取得显著成效，数字化管控的实战价值得到充分验证，具体成效如下：

（1）施工质量成效显著提升。项目依托北斗定位与 3D 智能摊铺系统实现精准施工，路面摊铺厚度偏差可控制在±3mm 以内，碾压温度、碾压遍数等核心工艺合规率达 98.7%。道路面层压实度、平整度抽检一次合格率较传统施工模式提升 12.3%，有效规避路面开裂、不均匀沉降等常见质量问题，项目整体施工返工率下降 40%以上，大幅提升道路铺装整体质量稳定性。

（2）施工综合效率持续优化。项目借助 BIM+GIS 技术开展施工前置模拟与碰撞检测，提前排查并规避管线冲突、工序交叉干扰等各类施工隐患 30 余处，有效精简前期施工筹备流程。智能化技术的全流程应用，让项目整体工期利用率提升 15%，从源头规避工期滞后引发的各类额外损耗，保障项目高效有序推进。

3 智能化技术在市政道路施工管理中的应用建议

3.1 推动智慧工地平台的功能整合，打破“信息孤岛”

现阶段常用的智慧工地系统由多个不同厂商的子系统拼接而成，安全监测、物料管控、设备监控分属独立系统，不同系统数据库相互独立，平台之间数据难以互通，管理人员需要切换多个系统查看不同业务信息。建设单位与施工单位开展前期策划阶段，就要明确智慧工地平台的数据对接标准。项目招标环节可以将数据接口兼容、平台集成能力纳入技术评审内容，尽量选用具备整体集成能力的平台方案[5]。同时，在平台建设过程中，推动安全、质量、物料、环境各个业务模块数据汇集至统一数据库。这样管理人员在使用智慧工地平台时，才能够在同一个界面获取不同业务信息，从而满足不同工程管理需求。

3.2 根据工程实际需求选择智能化技术，避免“为智能而智能”

智能化软硬件设备会带来采购、运维方面的成本支出，技术选型需要贴合项目本身的工程规模、现场工况、项目预算条件，不能盲目堆砌各类智能化设备。项目前期策划阶段，技术人员梳理本项目管理当中真实存在的痛点，围绕现实管理需求匹配对应的智能化工具。小型市政道路维修改造项目，现场作业空间狭小，工期较短，这类项目不需要配置全套无人摊压集群等重型智能化装备，可以优先部署简易环境监测、视频 AI 安全识别这类投入适中、见效直接的模块。而对于规模较大的新建主干路项目，工期充裕，具备设备作业空间，项目可以逐步落地 BIM+GIS、北斗无人作业等复杂技术模块。除此之外，项目也要重视后期运维力量的配套，配置熟悉智能化设备操作的现场工作人员，避免设备采购完成之后现场人员不会使用，造成硬件资源闲置浪费。

4 结语

BIM+GIS、北斗定位、无人摊压、智慧工地等智能化技术的合理应用，能够有效实现市政道路工程质量管理效能的提升。在具体市政道路工程建设中，应结合实际需求合理选择技术装备，并配套对应的现场运维人员，才能够真正释放智能化技术的实际价值。现阶段市政道路智能化施工依旧处在持续发展的阶段，后续工程项目还需要持续积累现场实践案例，进一步优化各类技术的落地路径，助力市政基础设施建设数字化转型稳步向前。

参考文献：

[1] 梁依晨.BIM 技术驱动下市政智慧工地协同管理策略探析[J].新城建科技,2026,35(6):34-36.

[2] 孙景文.智慧化技术在市政工程管理中的应用[J].建筑与预算,2026,(5):13-15.

[3] 赖军.市政道路沥青智能化施工技术与质量控制研究[J].建设机械技术与管理,2026,39(1):62-64.

[4] 郝瑞.智能化技术在市政道路施工管理中的应用研究[J].新城建科技,2026,35(1):37-39.

[5] 李利兵.智慧工地技术在市政道路施工中的应用[J].城市开发,2026,(2):98-100.