智能建造背景下市政道路工程施工技术创新研究

周 杰
中国能源建设集团广东火电工程有限公司，广东 广州 510000

[摘要]随着新一代信息技术同工程建造技术的深度交融，智能建造成了市政道路工程转型发展的主要推动力。文章以智能建造为背景，对市政道路工程施工技术创新进行研究，先从智能建造技术特点出发，再从技术融合、数据应用、设备协同、保障机制四个方面分析了目前市政道路施工技术应用中存在的主要问题。在此基础上，从测量放样数字化、路基路面智能施工、设备协同调度、质量动态监测四个方面提出技术创新措施。研究显示，创建起“精准感知-智能装备-数据引领-动态控制”施工技术体系，是推进市政道路工程智能建造落地的可行办法。

[关键词]智能建造；市政道路；施工技术；数字化施工；设备协同
DOI：10.33142/sca.v9i10.20618 中图分类号：TU997 文献标识码：A

Research on Innovative Construction Technology of Municipal Road Engineering under the Background of Intelligent Construction

ZHOU Jie
China Energy Engineering Group Guangdong Power Engineering Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510000, China

Abstract: With the deep integration of new generation information technology and engineering construction technology, intelligent construction has become the main driving force for the transformation and development of municipal road engineering. The article takes intelligent construction as the background to study the innovation of municipal road construction technology. Starting from the characteristics of intelligent construction technology, it analyzes the main problems in the current application of municipal road construction technology from four aspects: technology integration, data application, equipment collaboration, and guarantee mechanism. On this basis, technological innovation measures are proposed from four aspects: digitalization of measurement and layout, intelligent construction of roadbed and pavement, collaborative scheduling of equipment, and dynamic monitoring of quality. Research shows that creating a construction technology system of "precise perception - intelligent equipment - data guidance - dynamic control" is a feasible way to promote the implementation of intelligent construction in municipal road engineering.

Keywords: intelligent construction; municipal roads; construction technology; digital construction; equipment collaboration

引言

市政道路工程属于城市基础设施的重要组成，施工质量及效率同城市运行品质、居民出行体验有着直接联系。目前城市发展正处在“存量提质”和“城市更新”并行推进时期，市政道路施工时常遭遇工期紧张、管线繁杂、交叉施工频繁、环保标准严格等难题，传统的依靠人工经验、事后检测为主的模式已经不能满足精细化管控的要求了。建筑信息模型、物联网、北斗高精度定位、人工智能等新一代信息技术快速渗透到工程建造当中，促使施工方式由“经验驱动”变为“数据驱动”。住房城乡建设部的《智能建造技术导则（试行）》把其定义为新一代信息技术和工业化建造技术深度融合形成的、人机协同建造的方式，以“提品质、降成本”为目标，集成应用数字勘察、智能施工、智慧运维等关键技术产品。因此，研究市政道路工程施工技术智能化创新路径，对提高施工质量、降低安全风险、提高作业效率有重大意义。本文从智能建造技术特点出发，分析市政道路施工技术应用中的主要问题，再从测量放样、路基路面施工、设备协同调度、质量监测四个方面提出技术创新措施。

1 智能建造的技术特点

智能建造不是单一技术的运用，而是多技术融合推动下的建造方式系统性变革，其技术特点可以从数据驱动、人机协同、实时管控三个方面来把握。智能建造是以施工要素的全面数字化为前提，在施工过程中对人、机、料、

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

法、环等各方面的数据进行实时采集，并建立施工过程的“数据档案”，把施工决策由依靠人工经验转变为依靠数据分析的科学判断。智能建造技术是将信息技术、智能技术和先进建造技术有机地结合起来，对交通基础设施规划设计、施工建造、运维养护全过程进行智能化管理的系统性解决方案，它的主要目的就是用数据驱动的决策机制来提高效率。人机协同方面，智能建造重视工程机械的自动化和半自动化作业水平，借助北斗导航定位、自动控制、大数据、云计算以及可视化这些新一代信息手段把公路工程项目的设计规划、机械施工、质量把控等施工环节数字化、信息化，达成工程机械的“半自动化”或者“全自动化”驾驶状态。从实时控制角度来讲，智能建造依靠施工管理平台对进度、质量、安全这些关键指标展开动态监测并发出异常预警，把传统的事后检测转变成过程控制，从而达成风险管控的实时化与主动化。智能建造是以技术为驱动、数据为协同、管理一体化、线上闭环、风险实时监测、主动预警的建造方式。这三个方面互相支撑，一起形成智能建造同传统施工方式不一样的主要技术特点。

2 市政道路工程施工技术应用存在的问题

2.1 智能技术与施工流程融合不足

智能技术在市政道路施工中还存在“点状分布”的情况，没有形成施工全过程的系统性融合。虽然部分项目采用了智能摊铺、智能压实等单项技术，但是这些技术之间缺少有效的数据贯通和工序衔接，智能装备的作业参数与施工组织设计之间没有形成联动机制。在技术选型上，有些项目把智能技术当作独立的附加功能而不是施工流程的有机组成部分，造成智能装备在实际作业中还要频繁地依靠人工干预，智能化效益无法得到充分发挥。市政工程普遍存在工期紧、管线繁杂、交叉施工频繁、环保要求严格等状况，传统的依靠事后检测、人工经验为主的质量把控方式不能满足全过程精细化管理的要求，智能技术的应用如果不能和施工过程紧密结合，就很难从根本上改变被动的局面。另外，各个施工阶段对于智能技术的需求存在较大差异，但是目前大部分项目的施工技术方案没有针对各个阶段的差异化设计，路基施工阶段的智能压实系统与面层施工阶段的智能摊铺系统之间缺少数据衔接和工艺协同。

2.2 施工数据采集与应用能力有限

数据是智能建造的主要资源，但是市政道路施工中数据的采集和应用能力还存在着明显的不足。传感器的可靠性问题比较突出，高精度 GNSS 定位模块国产化率不到30%，核心芯片依靠进口，造成设备成本居高不下，激光定位在高温工况下信号衰减问题没有得到解决，影响到摊铺温度监测等重要数据的采集精度。数据治理环节中多源异构数据融合处理遇到技术难题，不同的 BIM 软件数据格式不一样，各个阶段对于模型精度的要求存在差别，并且没有有效的数据转换工具，造成数据无法互通，数据孤岛现象严重[1]。数据应用环节中，大部分项目的现场数据只用作实时显示、简单的统计，没有利用历史数据进行趋势分析和预测的能力，施工数据的价值没有被充分挖掘出来，数据质量方面缺少战略性数据分析，容易造成数据冗余。

2.3 施工设备协同水平不高

市政道路施工过程中需要摊铺机、压路机、运输车、拌合站等各种设备的配合工作，设备协同水平的好坏直接影响施工效率和质量的均匀性。目前设备协同方面存在的主要问题有：设备之间缺少实时的信息交互机制，摊铺机和压路机之间依靠人工对讲来协调作业节奏，不能达到精准的同步控制；传统无人摊铺技术在应用过程中还存在设备协同难、定位精度低、异常响应慢等状况，没有形成基于施工进度的智能调度算法支持。压路机作业时容易出现漏压、欠压、过压等问题，这些问题产生的原因就是没有建立一个以实时定位、作业进度为基础的协同控制机制。另外，拌合站与施工现场之间没有数据联动，混合料的生产、运输和摊铺等环节存在着信息断层的现象，不能对整个过程进行精确地控制，温度损失以及等待时间很难得到有效的控制。

2.4 智能施工技术应用保障不足

智能施工技术的应用推广不能只依靠技术本身是否成熟，还要有相应的保障条件来支持。目前保障状况存在三个方面的不足。自动化摊铺施工需要机械控制、电子工程、数据分析三者交叉的复合型人才，但是目前行业从业人员中拥有智能设备操作资质的人员不到 15%，影响了技术推广的速度。智能建造相关的标准体系还不健全，智能施工装备的检验方法、验收标准没有统一的规定，不同的项目之间技术方案不能互相借鉴[2]。智能施工装备的购置和运维成本高，中小型施工企业难以独立承担，懂市政工程专业技术、熟悉软件操作和应用逻辑的复合型人才短缺，软件整合度低、数据异构性、企业投资回报平衡、复杂几何建模效率等问题还待解决。

3 智能建造背景下市政道路工程施工技术创新措施

3.1 推进测量放样数字化与智能化

测量放样属于市政道路施工的开端工作，它的精确程度以及快慢都会影响到后面工序的质量。传统的测量放样

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

依靠全站仪人工操作，作业效率低，受通视条件的限制。智能建造背景之下，要全面推进测量放样数字化、智能化的转型。GPS-RTK 技术由于具有厘米级高精度定位能力、快速的数据处理速度、良好的环境适应性，在市政道路和桥梁施工测量上得到广泛应用。在具体的运用当中，应当把数字化的设计模型同现场实际勘测的数据结合起来，创建起一个可以指导精细化施工的施工区域数字化现状模型。高精度定位模块的实时动态定位（RTK）精度，平面精度不大于±2cm，高程精度不大于±3cm（95%置信度）。同时可以采用无人机航测、三维激光扫描等手段对大面积地形进行数据采集，与北斗 RTK 的地面定位数据相互补充，得到施工区域内的高精度数字地形模型。测量成果应当以数字化形式直接输入到施工管控平台上，从而达到设计模型和现场放样数据的自动对比以及偏差预警的目的，给后续的智能摊铺、智能压实提供准确的基准控制。

3.2 优化路基路面智能施工工艺

路基路面施工属于市政道路工程的主要工序，智能化改造是施工技术创新的主要方向。路基施工可将施工过程划分为填土区段、平整区段、碾压区段、检测区段四个区段和施工准备、基底处理、分层填筑、路基整平、洒水晾晒、路基碾压、试验检测、路基整修八个流程，将试验段确定的碾压遍数、速度等参数输入机载电脑中，实现精准控制。无人摊铺碾压技术在路面施工中已经取得明显优势，无人摊铺机和压路机群之间依靠物联网实时交互数据来自动规划出最佳的碾压遍数、速度以及搭接宽度。根据施工场景的不同，土路基用静态路径规划作业，沥青面层用摊铺机和压路机机群位置交互的动态路径规划作业，动态路径规划保证施工同步性，实现“即摊即压”同步作业。水稳层施工宜采用满幅换道、从低到高的分段式碾压工艺，沥青层施工应采用紧跟满压、高效同步的同轭碾压工艺[3]。该项技术把高精度定位、多传感器监测、数据分析和自动化控制等各方面结合起来，可以将摊铺厚度误差控制在±3mm 以内，压实度离散性降低超过 30%，平整度 σ≤1.2mm，渗水系数≤80mL/min，切实提高施工质量与效率。

3.3 加强施工设备协同与调度管理

设备协同和调度属于智能建造在市政道路施工当中落地的关键部分。为了实现多台设备的协同工作，需要建立一个基于高精度定位和作业进度同步算法的设备控制平台。通过后台数字平台，操作人员可以实时看到每台设备的运行情况、行走路线和作业参数，一键发出指令，实现“一人控制多机”。设备集群还要具备安全作业距离和三级制动策略，出现异常情况会自动作出反应，从源头上创建起本质安全防线。数据联动方面要建立拌合站和运输车辆数据联动机制，拌合站和运输车辆数据联动实现混合料全程溯源，现场 LED 屏实时显示摊铺数据并报警，3D 云图可视化碾压温度，保证压实质量。从调度管理角度来说，要依靠工程机械物联网管理系统来完成对设备状态的实时监测以及任务的安排，借助大数据全域覆盖监管、精准实时数据分析、管理决策连锁直达车等新方式，实现对设备的精细管理。利用无人驾驶算法、高精度定位技术和多种传感器，完成摊铺和压实全过程无人化作业，对碾压温度、速度、压实度等重要参数实施在线监测和可视化展示，给施工管理和质量控制赋予数据支撑。各个设备之间的重要协同参数以及管理控制要点见表 1。

表 1 市政道路施工智能设备协同管理要点

设备类型	智能化技术	协同调度方式	管理控制要点	效果评价指标
摊铺机	3D 摊铺控制、北斗定位	与压路机、拌合站数据联动	摊铺速度、厚度、温度控制	平整度、摊铺厚度偏差
压路机	智能压实系统、RTK 定位	按压实遍数分区协同调度	压实轨迹、遍数、速度监控	压实度合格率、漏压率
拌合站	智能配料系统	按施工进度排产、与运输车联动	配合比、出料温度控制	混合料合格率
运输车	GPS 调度终端	车料匹配、路径优化	到场时间、覆盖保温	等待时间、温度损失
测量设备	北斗 RTK、三维激光扫描	与 BIM 模型和管控平台联动	数据采集频率、定位精度	放样偏差、测量效率

3.4 完善施工质量动态监测体系

质量动态监测体系是施工过程精准控制的主要依托。该体系要创建多层架构，感知层把摊铺机和压路机上的高精度传感器及定位装置放到一起，形成涵盖摊铺和压实全部过程的即时感知网络，从而及时获取施工里程桩号，摊铺温度，摊铺厚度，摊铺速度，碾压速度，碾压遍数，碾压温度等重要数据。数据层依靠 4G/5G、LoRa 等通信技术把数据传送到平台层，平台层对数据进行汇聚、处理、分析，自动生成压实云图、温度分布图等可视化成果。除了施工过程参数之外，还应该把光纤光栅传感器、压电传感器、微机电系统传感器、无线传感器网络等结构监测手段加入体系中来，对应力、应变、位移、振动、裂缝、腐蚀、温度、湿度等主要控制参数进行动态跟踪[4]。系统预警方面应该将实时参数分级推送，驾驶员可以随时查看摊铺温度、速度、碾压轨迹等信息，发现偏差立即调整，系统自动预警功能可以把温度异常等情况及时告知到机械作业人员和现场管理人员，从而达到及时纠偏处理的目的，消除质量隐患。数字化检测监测、智能化施工装备、新材料与新工艺的应用是三个主要的创新方向，智能压实、

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

BIM+GIS、物联网传感等技术可以提高质量管控的效率，市政道路施工质量控制由原来的“经验驱动”转向了“数据驱动”。

4 结语

智能建造背景下的市政道路工程施工技术创新属于测量、施工、设备、监测等多方面的系统工程。本文对智能建造数据驱动、人机协同、实时管控特点进行了分析，找到了技术融合不够、数据采集应用不足、设备协同水平低、应用保障不到位这四类问题，从测量放样数字化、路基路面智能施工、设备协同调度、质量动态监测四个方面提出创新措施。经过研究发现，市政道路智能建造是以高精度定位为依托、以智能装备协同为主导、以数据贯通为轴线、以动态监测为支撑，创建起贯穿施工全过程的智能化技术体系。随着北斗定位精度的提高、多传感器冗余技术的发展以及人工智能算法的应用越来越深入，市政道路施工会从“示范样板”变成“标准配置”，给城市基础设施高质量建设提供技术支持。

[参考文献]

[1]郭宁宁.智能建造技术在市政道路工程中的应用[J].智能建筑与智慧城市,2026(6):157-159.

[2]周星.市政基础设施智能建造中 BIM 技术的集成应用[J].智能建筑与智慧城市,2026(2):79-81.

[3]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.

[4]周月.智能交通背景下市政道路交通设计优化研究[J].城市建设,2025(24):44-46.

作者简介：周杰（1992—），男，汉族，广东茂名人，工程师，本科，广东工业大学，市政道路施工。

Copyright © 2026 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.