

城市市政道路工程智能化建设与管理研究

李欣

青岛高实建设工程有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i10.5058

[摘要] 在全球数字化浪潮与我国新型城镇化战略的双重驱动下,传统市政道路工程管理模式已难以满足现代城市对高效、安全、绿色、韧性发展的迫切需求。以物联网(IoT)、大数据、人工智能(AI)、数字孪生(Digital Twin)等为代表的新一代信息技术,正深刻重塑城市市政道路工程的全生命周期。本文旨在系统研究城市市政道路工程智能化建设与管理内涵、关键技术、应用现状、现实挑战及未来发展趋势。文章首先界定了智能化建设与管理核心概念,并梳理了其在提升交通效率、保障公共安全、优化资源配置等方面的多重价值。随后,深入剖析了构成智能化体系的四大核心技术支柱。在此基础上,通过分析国内典型城市的实践案例,验证了智能化路径的有效性。同时,文章客观指出了当前面临的“数据孤岛”、标准体系缺失、信息安全风险等关键瓶颈,并提出了相应的对策建议。最后,展望了车路云一体化、6G赋能、自动驾驶深度融合等未来发展方向,以期为我国智慧城市建设与市政基础设施高质量发展提供理论参考与实践指导。

[关键词] 市政道路工程; 智能化建设; 智能交通系统; 人工智能

中图分类号: U415.1 文献标识码: A

Research on Intelligent Construction and Management of Urban Municipal Road Engineering

Xin Li

Qingdao Gaoshi Construction Engineering Co., Ltd.

[Abstract] Driven by the global wave of digitalization and China's new urbanization strategy, the traditional management model of municipal road engineering can no longer meet the urgent demands of modern cities for efficient, safe, green, and resilient development. Emerging information technologies such as the Internet of Things (IoT), big data, artificial intelligence (AI), and digital twin are profoundly reshaping the entire life cycle of municipal road engineering. This paper systematically studies the connotation, key technologies, application status, practical challenges, and future development trends of intelligent construction and management of urban municipal road engineering. It first defines the core concepts of intelligent construction and management and outlines their multiple values in improving traffic efficiency, ensuring public safety, and optimizing resource allocation. It then analyzes in depth the four core technological pillars that constitute the intelligent system. Based on this, through case studies of typical cities in China, the effectiveness of intelligent approaches is verified. Meanwhile, the paper identifies key bottlenecks such as “data silos,” lack of standardized systems, and information security risks, and proposes corresponding countermeasures. Finally, it looks ahead to future development directions such as vehicle-road-cloud integration, 6G-enabled systems, and deep integration with autonomous driving, aiming to provide theoretical reference and practical guidance for high-quality development of smart city construction and municipal infrastructure.

[Key words] Municipal Road Engineering; Intelligent Construction; Intelligent Transportation System; Artificial Intelligence.

引言

城市是人类文明结晶,道路是城市血脉,承载着各类要素高

效运转。截至2023年,我国城市化率达66.16%,城市规模扩张、人口与机动车增多,给市政道路系统带来巨大压力,交通拥堵、

道路病害、安全隐患等问题成为城市可持续发展“顽疾”。传统市政道路工程管理模式依赖人工经验、事后处置,信息传递慢、决策不科学,无法适应现代超大城市精细化治理需求。而新一轮科技革命兴起,为破解难题提供新思路与技术工具。智慧城市是国家重要战略,核心是利用信息技术实现城市运行全面感知等。在此背景下,推动城市市政道路工程智能化、数字化转型,是提升城市治理能力、构建现代化综合交通体系的关键。本文聚焦“城市市政道路工程智能化建设与管理”,将系统研究其发展脉络等,为相关人士提供综合参考。

1 城市市政道路工程智能化建设的内涵与价值

1.1 内涵界定

城市市政道路工程智能化建设与管理,是指在道路工程的规划、设计、施工、运维、养护乃至报废的全生命周期中,深度融合新一代信息技术,构建一个集“全面感知、泛在互联、智能分析、科学决策、精准执行”于一体的新型管理体系。它并非简单地将信息化设备堆砌于道路上,而是通过构建一个物理世界与数字世界深度融合的“平行系统”,实现对道路基础设施及其承载的交通流的实时、动态、闭环管理^[1]。其核心目标在于:一是提升运行效率,借智能手段最大化道路通行力,缓解拥堵;二是保障公共安全,用技术主动预防和处置安全风险;三是优化资源配置,依数据分析精准投放养护资源、科学调度施工;四是增强服务体验,为市民提供个性化出行信息;五是支撑科学决策,为城市规划和政策制定提供数据与模型。

1.2 多维价值体现

(1)经济效益:智能化管理能够显著降低因拥堵造成的经济损失,减少无效巡检和过度养护带来的运维成本,并通过延长道路使用寿命间接节约财政支出。(2)社会效益:有效缩短市民通勤时间,提升出行安全感与舒适度,改善城市人居环境,增强居民的获得感、幸福感和安全感。(3)环境效益:通过优化交通流,减少车辆怠速和急加减速,从而降低燃油消耗与尾气排放,助力“双碳”目标实现。(4)治理效益:推动城市治理模式从“被动响应”向“主动预防”、从“经验驱动”向“数据驱动”转变,提升政府的精细化、智能化治理能力。

2 城市市政道路工程智能化建设的关键技术体系

2.1 物联网(IoT)与传感技术:构建全面感知网络

物联网是智能化系统的“神经末梢”。通过在道路沿线广泛部署各类传感器,如地磁线圈、视频摄像头、毫米波雷达、气象站、路面状况传感器、桥梁健康监测传感器等,可以实现对交通流量、车速、车型、道路结构状态、环境参数等海量数据的实时、连续采集。这些感知节点共同构成了覆盖全域的“城市道路感知网”,为上层应用提供了原始数据基础。

2.2 大数据与云计算平台:打造数据处理中枢

面对来自感知层的PB级甚至EB级异构数据,传统的IT架构已力不从心。云计算平台提供了弹性可扩展的计算与存储资源,而大数据技术则负责对这些海量、高速、多样的数据进行清洗、融合、存储与管理。通过构建统一的城市交通大数据中心或“城

市大脑”中的交通模块,打破部门间的数据壁垒,形成标准化的数据资产,为后续的智能分析提供高质量的数据燃料。

2.3 人工智能(AI)与机器学习:赋予系统智能决策能力

如果说大数据是“血液”,那么AI就是智能化系统的“大脑”。AI技术,特别是深度学习、计算机视觉和强化学习,在市政道路工程中展现出巨大潜力:(1)智能视频分析:自动识别交通违法行为(如闯红灯、违停)、交通事故、道路抛洒物、占道经营等事件^[2]。(2)交通流预测:基于历史与实时数据,精准预测未来短时、中长期的交通态势,为信号配时优化和诱导发布提供依据。(3)智能养护决策:通过分析路面检测数据,AI模型可以自动诊断病害类型、评估严重程度,并生成最优的养护方案。(4)安全隐患排查:如青岛市正在试点的基于Transformer架构的“隐患智能识别模型”,能自动识别施工过程中的安全违规行为。

2.4 数字孪生(Digital Twin):构建虚实映射的平行世界

数字孪生技术是当前智能化建设的前沿方向。它通过BIM(建筑信息模型)、GIS(地理信息系统)和IoT数据,在虚拟空间中构建一个与物理道路完全对应的、动态演进的“数字副本”。这个数字孪生体不仅外观逼真,更能实时反映真实世界的运行状态。管理者可以在虚拟环境中进行交通仿真、应急预案推演、施工方案预演等,实现“所见即所得”的可视化、交互式管理,极大地提升了规划、建设和管理的科学性与前瞻性^[3]。例如,杭州湾跨海大桥已部署6000多个监测点,每10秒更新一次其数字孪生模型,实现了对桥梁健康状况的动态演进式监控。

3 国内典型城市智能化建设与管理实践案例分析

3.1 上海市徐汇区:道路管养的“数智运维”新范式

针对区内257条市政道路、约280公里路网因重大工程密集而导致的病害增多问题,徐汇区市政管理中心自2021年起,逐步试点应用全域智能化养护巡检技术,并构建了“城市道路路基数字化管养体系”。该体系整合了探地雷达、无人机巡检、车载智能检测设备等多种手段,实现了对道路路基的无损、高效探测。通过将检测数据与BIM/GIS平台融合,建立了道路健康档案,实现了“数字化检测+智能化诊断+全周期跟踪”的闭环管理。此举标志着徐汇区的道路管养正式迈入精细化、预见性的新阶段。

3.2 广州市:AI算法驱动的精量化城市治理

广州市在市政管理中广泛应用AI算法,研发了针对违法建设、环卫垃圾等多个专题的智能识别模型。通过部署“无人机机场”等前端感知设备,结合后端AI分析平台,实现了对城市问题的自动发现、自动派单和自动核查,极大地提升了城市管理的精细化水平和执法效率。

4 当前面临的主要挑战与对策建议

4.1 主要挑战

(1)“数据孤岛”现象严重:公安、交通、城管、住建等部门各自为政,建设了独立的信息化系统,数据标准不一、接口封闭,导致数据无法有效共享与融合,形成了一个“信息烟囱”,严重制约了跨部门协同治理效能的发挥。(2)标准规范体系尚不

健全: 虽然《智慧城市 城市交通基础设施 智能监测技术要求》(GB/T45224-2025)等国家标准已发布, 但从整体来看, 从顶层设计、数据接口、设备选型到系统集成、安全评估等环节, 仍缺乏一套完整、统一、权威的技术标准和规范体系, 导致各地建设水平参差不齐, 系统兼容性和可扩展性差。(3) 信息安全与隐私保护风险加剧: 智能化系统高度依赖网络和数据, 一旦遭受网络攻击, 可能导致交通信号失控、监控系统瘫痪等严重后果, 威胁公共安全。同时, 海量个人出行轨迹数据的采集与使用, 也引发了公众对隐私泄露的普遍担忧。(4) 投资与运营模式尚不成熟: 智能化建设初期投入巨大, 且后续的系统维护、数据更新、技术迭代也需要持续的资金保障。如何建立政府引导、市场主导、社会参与的多元化投融资机制, 并探索可持续的商业运营模式, 是摆在各地面前的现实难题。

4.2 对策建议

(1) 强化顶层设计, 破除数据壁垒: 应由市级层面成立高规格的统筹协调机构, 强力推动政务数据资源整合共享。加快构建统一的城市级数据中台, 制定强制性的数据共享目录和交换标准, 打通各部门业务系统, 真正实现“一数一源、一源多用”。(2) 加快标准体系建设, 引领规范发展: 相关部门应加快制定和完善覆盖智能化建设全生命周期的标准体系, 特别是要注重与国际先进标准的接轨。鼓励行业协会、龙头企业牵头制定团体标准, 形成国家标准、行业标准、地方标准和团体标准相互补充、协同发展的良好格局。(3) 筑牢安全防线, 平衡发展与安全: 必须将网络安全和数据安全贯穿于智能化建设的全过程。建立健全等级保护、风险评估、应急响应等安全管理制度。在技术层面, 采用区块链、联邦学习等隐私计算技术, 在保障数据可用性的同时, 最大限度地保护个人隐私^[4]。(4) 创新投融资与运营模式: 积极探索PPP(政府和社会资本合作)、特许经营等模式, 吸引社会资本参与。同时, 可以考虑将智能化系统产生的数据价值进行市场化开发(在确保安全合规的前提下), 反哺系统的建设和运营, 形成良性循环。

5 未来发展趋势展望

5.1 “车路云一体化”成为主流架构

随着智能网联汽车(ICV)的快速发展, 未来的智能交通系统将不再是单纯的“聪明的路”, 而是“聪明的车”、“智慧的路”与“强大的云”深度融合的“车路云一体化”系统。路侧基础设施(RSU)将为自动驾驶车辆提供超视距感知、协同决策等关键服务, 而云端则负责全局优化与调度。工信部等八部门印发的《汽车行业稳增长工作方案(2025—2026年)》已明确提出要深

入开展“车路云一体化”应用试点。

5.2 6G通信技术赋能立体化交通

即将到来的6G网络将具备超高带宽、超低时延(可达0.1毫秒)、超高可靠性和通感一体等特性。这将为L4/L5级高级别自动驾驶的普及扫清通信障碍, 并催生低空立体交通网络(如无人机物流、飞行汽车), 构建地面与空中无缝衔接的立体化智慧交通体系。

5.3 AI大模型驱动系统自主进化

通用人工智能(AGI)和大模型技术的发展, 将使智能交通系统具备更强的自主学习、推理和决策能力。系统不仅能处理预设场景, 还能在面对未知复杂情况时, 通过自我学习和优化, 不断提升其应对能力和智能化水平。

5.4 从“功能智能”迈向“生态智能”

未来的智能化建设将超越单一的道路或交通范畴, 与能源、水务、安防、社区服务等城市其他子系统深度融合, 形成一个有机联动、协同运作的城市生命体, 最终实现城市整体运行效率和居民生活品质的全面提升。

6 结语

城市市政道路工程的智能化建设与管理, 是一场深刻的系统性变革, 是时代发展的必然要求。它以新一代信息技术为引擎, 以提升城市治理现代化水平为目标, 正在重塑我们对城市道路的认知与管理方式。尽管当前仍面临着数据孤岛、标准缺失、安全风险等诸多挑战, 但通过加强顶层设计、完善标准体系、筑牢安全底线、创新运营模式, 这些障碍是可以被克服的。展望未来, “车路云一体化”、6G赋能、AI大模型等前沿技术的融合应用, 将为市政道路工程智能化开辟更为广阔的天地。这不仅是技术的升级, 更是城市发展理念的革新。唯有把握机遇, 积极应对挑战, 才能构建起更加安全、高效、绿色、韧性的现代化城市交通体系, 为人民创造更加美好的城市生活, 为国家的高质量发展注入强劲的智慧动能。

[参考文献]

- [1]张楠,王健羽.智能市政技术在市政工程建设与管理中的应用分析[J].新城建科技,2024,33(11):188-190.
- [2]刘根福.智能技术在市政工程中的应用探究[J].新城建科技,2026,35(02):10-12.
- [3]薛舒以,李雪婷.智慧城市建设中市政设施智能化建设路径研究[J].新城建科技,2026,35(01):31-33.
- [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(01):37-39.