

市政工程智能建造发展展望

徐 敏

武汉市汉阳市政建设集团有限公司 湖北 武汉 430050

【摘要】随着新型城镇化进程提速与数字技术迭代，智能建造已成为驱动市政工程领域转型升级的核心引擎，是实现行业高质量发展的必然路径。本文核心论点为：智能建造通过融合大数据、物联网、BIM、人工智能等前沿技术，可破解传统市政工程施工效率低、安全管控难、资源浪费严重等痛点，推动工程全生命周期的智能化、精细化管理。文章从技术融合应用、产业生态构建、政策标准完善三个维度，展望市政工程智能建造的发展趋势，指出未来需突破核心技术瓶颈、培育专业人才队伍、强化跨领域协同，以充分释放智能建造的赋能价值，助力打造更加安全、高效、绿色的现代化市政基础设施。

【关键词】市政工程；智能建造；数字化转型；全生命周期管理；发展展望

DOI:10.12417/2811-0722.26.01.031

引言

市政基础设施作为城市运行的“生命线”，其建设质量与效率直接关乎民生福祉与城市发展能级。然而，传统市政工程建设模式长期面临现场管控复杂、施工周期长、环保压力大等诸多挑战，难以适配新时代城市高质量发展的需求。在此背景下，智能建造凭借其技术赋能优势，为市政工程领域的变革提供了全新可能。从智能监测预警到智能施工装备应用，从数字化设计建模到全流程协同管理，智能建造正逐步重塑市政工程的建设逻辑。本文立足市政工程发展现状，聚焦智能建造的核心价值，系统展望其未来发展方向，旨在为推动市政工程行业数字化、智能化转型提供思路，也为后续深入探讨相关技术应用与实践路径奠定基础。

1 传统市政工程建造模式的现实困境与智能建造的时代需求

市政工程多分布于城市核心区域，施工环境复杂且周边民生关联度高，传统建造模式在实际运作中暴露出诸多难以规避的现实困境。在施工管控层面，传统模式依赖人工现场勘查、经验判断和纸质记录，面对地下管线交错、交通导改复杂等场景时，易出现隐患排查不全面、施工指令传达滞后等问题，不仅影响施工进度，还可能引发安全事故或民生纠纷。在资源利用与成本控制上，传统模式难以实现材料、设备、人员的精准调配，常常出现材料过度损耗、设备闲置、人力冗余等情况，导致工程成本居高不下，与绿色建造、集约发展的要求存在较大差距。

传统市政工程建造模式的短板在工程全生命周期管理中更为突出。在设计阶段，各专业间协同不足，设计方案与现场实际条件脱节的情况时有发生，后续变更频繁不仅延误工期，还会增加返工成本。在运维阶段，由于缺乏全流程的数据支撑，工程建成后的病害监测、养护维修多依赖定期巡检，难以实现隐患的早期预警和精准处置，大幅降低了市政设施的使用寿命和运行效率^[1]。随着城市发展对市政工程的质量、效率、安全、环保要求不断提升，传统建造模式已难以适配新时代城市建设

的发展节奏，亟需全新的建造理念和技术手段破解发展瓶颈。

新型城镇化进程的持续推进和城市更新行动的深入实施，为智能建造在市政工程领域的应用提供了广阔的时代机遇，也催生了迫切的时代需求。城市人口集聚带来的市政设施承载压力、绿色低碳发展目标下的环保约束，都对市政工程建造的精细化、高效化水平提出了更高要求。智能建造凭借数据驱动、协同联动、精准管控的核心优势，能够有效弥补传统建造模式的不足，通过整合施工全流程数据，实现设计、施工、运维各阶段的无缝衔接，提升工程全生命周期管理效能。在这样的发展背景下，推动智能建造在市政工程领域的落地应用，已成为破解行业发展困境、提升市政工程建设品质、助力城市高质量发展的必然选择。

2 市政工程智能建造发展现存核心问题解析

智能建造技术与市政工程实际施工场景的适配性仍存在显著短板。市政工程多处于城市核心区域或复杂地质环境，涉及地下管廊、桥梁改造、交通枢纽等多元业态，施工工况多变且对周边环境影响敏感。当前部分智能建造设备与系统多基于标准化工况研发，在应对非标准断面开挖、复杂管线交叉避让、动态交通导改等实际需求时，易出现作业精度不足、协同响应滞后等问题^[2]。同时，智能施工设备的运维保障体系尚未完善，一线施工区域普遍缺乏专业运维人员，设备出现故障后难以快速修复，直接影响施工效率与工程进度。

数据协同共享机制不健全，形成多维度信息壁垒。市政工程建设周期长、参与主体多，涵盖建设单位、施工企业、设计单位、监理机构及市政管理部门等，各主体采用的信息管理系统标准不一，数据格式差异较大，导致设计图纸数字化信息、施工过程实时数据、质量检测数据等难以实现高效互通。例如，设计阶段的BIM模型数据无法完整同步至施工阶段的智能管控平台，施工过程中的进度、成本数据也难以快速反馈至运维管理环节，数据孤岛现象严重制约了智能建造全生命周期管理效能的发挥。

行业人才结构失衡与技术应用成本偏高,制约智能建造规模化推广。智能建造的落地实施需要既掌握市政工程施工技术,又熟悉智能设备操作、数据分析及系统运维的复合型人才,当前行业内这类人才储备严重不足,现有从业人员多为传统施工人员,对智能建造技术的接受度和操作能力有限,难以充分发挥智能系统的应用价值。与此同时,智能建造设备购置、系统研发与升级、人才培训等前期投入成本较高,多数中小市政施工企业利润空间有限,难以承担大额资金投入压力。

3 市政工程智能建造核心技术融合应用路径

市政工程智能建造核心技术融合需立足施工全流程协同,将物联网感知技术与智能施工装备深度衔接,构建动态感知与精准作业的一体化体系^[3]。在道路改扩建、地下综合管廊铺设等场景中,通过布设位移传感器、沉降监测设备捕捉施工环境数据,实时传输至智能控制终端,驱动摊铺机、盾构机等装备自动调整作业参数,既解决传统施工中人工监测滞后、作业精度不足的问题,又实现施工过程的可视化管控,提升工程实体质量与施工效率。这种融合模式已在多地市政道路升级项目中落地,有效降低了路基压实不均、管廊拼接偏差等常见质量隐患。

技术融合应聚焦数据互通共享,推动建筑信息模型技术与项目管理系统有机融合,搭建全生命周期数字化管理平台。依托建筑信息模型技术构建市政工程三维数字化模型,整合设计图纸、施工方案、材料信息等全要素数据,同步对接进度管理、成本管控、安全监管等子系统,实现设计意图向施工环节的精准传递与动态优化。以城市桥梁新建工程为例,通过模型与施工进度数据的联动,可提前预判支架搭设、混凝土浇筑等关键工序的资源需求,合理调配人力物力;同时结合安全监测数据,对高风险作业区域进行实时预警,保障施工安全。这种融合路径打破了传统市政工程各环节数据割裂的壁垒,实现了项目管理的集约化与精细化。

核心技术融合需延伸至运维阶段,构建施工与运维协同的智能管控体系,推动市政工程全生命周期价值提升。将施工过程中积累的结构健康监测数据、材料性能数据与运维阶段的智能巡检技术相结合,借助无人机巡检、地下管线探测仪等装备,实现对道路、桥梁、管网等设施的常态化监测与隐患排查。通过数据追溯与分析,精准判断设施老化程度与维修需求,制定科学的运维方案,避免盲目维修与过度养护。在老旧小区市政配套设施改造项目中,这种融合应用可实现改造施工与后续运维的数据衔接,为设施长期稳定运行提供技术支撑,同时降低运维成本,提升市政公共服务的保障能力见图1。



图1 市政工程运维智能管控核心模块图

4 市政工程智能建造产业生态构建与政策标准完善对策

市政工程智能建造产业生态的构建需依托产业链上下游协同发力,推动形成涵盖技术研发、装备制造、工程施工、运营管护等环节的完整生态体系^[4]。要强化施工企业、科技企业与科研机构的深度合作,聚焦智能传感、自动化控制、智慧监测等核心技术的工程化应用,加快智能施工装备的国产化替代与推广普及,破解产业发展中技术与实践脱节、装备适配性不足等现实问题。同时,搭建产业协同平台,促进技术成果、数据资源、人才要素的高效流动,培育一批具备综合服务能力的智能建造龙头企业,带动中小微企业向专业化、精细化方向发展,夯实产业生态的底层基础。

政策引导与扶持是推动智能建造产业规范发展的关键支撑,需构建多层次、差异化的政策保障体系。针对市政工程公益属性强、投资规模大、建设周期长的特点,优化财政补贴、税收优惠等激励政策,重点支持智能建造示范项目建设,鼓励在城市道路、桥梁、地下管廊等重点领域开展试点应用。完善市场准入与监管机制,将智能建造技术应用要求纳入工程招投标、质量监督、安全管理等环节,引导市场主体主动转型。此外,建立跨部门协同推进机制,统筹住建、交通、市政等行业管理资源,破解政策碎片化、监管标准不统一等难题,为产业发展营造良好政策环境。

标准体系的完善是规范智能建造发展、保障工程质量的核心前提,需结合市政工程多样化场景构建科学合理的标准框架。要聚焦智能建造技术应用、数据采集与交互、设备互联互通、工程验收评估等关键环节,加快制定针对性强、可操作的行业标准和地方规范,填补当前部分领域标准缺失或滞后的空白。注重标准的实用性与动态更新,充分吸纳工程实践中的成熟经验,结合技术发展趋势适时修订完善,确保标准与技术应用、产业发展相适配。同时,强化标准的宣贯与执行,开展全行业标准化培训,推动施工、监理、检测等从业人员掌握标准要求,通过标准引领提升智能建造技术应用的规范性和统一性,为市政工程智能建造高质量发展提供坚实保障。

5 智能建造赋能市政工程高质量发展的实践路径深化

推动智能建造技术与市政工程全生命周期深度融合,重点强化设计阶段的数字化协同能力^[5]。依托建筑信息模型技术构建市政工程数字化孪生底座,整合地质勘察、管线探测、交通流量等多源数据,实现道路、桥梁、管网等工程的协同设计与碰撞检测,提前规避施工阶段的设计缺陷与管线冲突问题。在施工方案优化中,通过数字化模拟推演关键工序流程,针对深基坑开挖、大跨度桥梁架设等高危环节制定精准管控策略,提升施工组织的科学性与安全性,从源头夯实工程高质量发展基础。

构建智能化施工管控体系是实践路径深化的核心抓手,聚焦施工现场的精准化、精细化管理升级。推广应用智能传感设备、自动化施工机械与实时监测系统,对施工过程中的混凝土强度、钢筋绑扎质量、基坑沉降、围岩变形等关键指标进行动态采集与分析,实现质量隐患的早发现、早处置。通过数字化管理平台整合施工进度、质量验收、安全监管等全要素信息,打通设计、施工、监理等多方数据壁垒,实现施工过程的可视化管控与协同联动,有效提升施工效率,降低人为误差对工程质量的影响。

健全智能建造产业支撑体系,为市政工程高质量发展提供

长效保障。推动上下游企业协同打造智能建造产业链,比如施工设备厂商、数字化平台服务商与市政工程承包方联动,培育专业化的智能施工队伍与运维服务主体,针对智能摊铺机操作、施工数字化管控平台实操等内容开展定向技能培训,提升从业人员的智能建造应用能力。完善市政工程智能建造标准规范体系,细化从设计阶段的BIM模型精度到施工环节的智能设备作业参数、数据安全管理等关键环节的技术要求,推动形成标准化实施流程。同时建立基于数字化成果的工程运维管理模式,比如对城市桥梁的结构应力数据持续追踪,通过智能监测与数据分析实现设施病害的预测性维护,延长市政工程使用寿命,提升公共服务保障能力。

6 结语

智能建造为市政工程高质量发展注入持久动力,从设计阶段的协同建模、数据互通到施工环节的智能监测、精准管控,再到产业体系的协同联动、长效支撑,全链条的技术深度融合与管理模式革新已成为行业发展的必然趋势。这一实践路径的深化,既有效推动工程建设提质增效、安全风险精准防控,也助力城市基础设施运维从被动响应转向主动预判的精细化升级。随着智能技术应用的持续落地、标准体系与机制保障的不断完善,智能建造将进一步赋能市政工程领域创新突破,为城市高品质建设、民生服务持续升级筑牢坚实基础,深刻彰显新时代城市建设提质增效与可持续发展的核心理念。

参考文献:

- [1] 李冠华.智能建造技术在市政工程领域中的应用[J].中国建设信息化,2025,(14):30-33.
- [2] 高天宝,陈超环,袁雪梅,等.BIM技术在机场市政施工管理中的应用[J].科技创新与应用,2024,14(30):172-175+180.
- [3] 邹福磊.智能建造技术在市政工程管理中的应用[J].建设科技,2024,(14):84-86.
- [4] 李岩松,罗利,杨康,等.市政工程智慧更新建造智能装备研究[J].四川建筑,2021,41(06):260-263.
- [5] 陈成鹏.BIM技术在市政工程建造中的应用分析[J].市政技术,2022,40(11):196-200.