

智能化设备在市政工程施工中的应用与效益分析

赵禹桥

(中铁十二局集团城市发展建设有限公司, 江苏 苏州 215163)

摘要 随着现代科技的不断发展, 市政工程领域广泛采用智能化设备, 显著提升了施工效率与工程质量, 同时降低了人工成本, 推动了市政工程现代化进程。本文系统分析了智能化设备在市政工程中的应用现状、关键技术及其对工程管理的影

关键词 智能化设备; 市政工程; 自动化控制系统

中图分类号: TU99; TP2

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.06.009

0 引言

智能化设备的广泛应用是推动各行业高效智能化发展的重要驱动力。在市政工程领域, 传统施工方式普遍存在人力成本高、工期长、质量波动大等问题, 而智能设备的引入为这些问题提供了有效解决方案。通过实时监测施工进度、精准控制工程质量、实现自动化作业等功能, 智能设备显著提升了施工效率和安全性。尽管智能化设备具有诸多优势, 但仍面临技术瓶颈和成本制约等挑战。本文系统分析智能化设备在市政工程中的应用现状及成效, 重点探讨其在提升施工效率和优化资源配置方面的潜力, 旨在为市政工程智能化发展提供参考。

1 智能化设备的应用现状

1.1 智能化设备在市政工程中的普及应用

智能化设备在市政工程中的应用正从单一设备向集成系统发展, 广泛应用于土方工程、基础设施建设和道路桥梁施工等领域。在土方施工环节, 自动化推土机和无人驾驶挖掘机通过集成传感器和自动化控制系统, 实现了精准的挖掘深度控制和实时土方量监测, 显著提升了施工效率和精度, 有效减少了人为误差和材料损耗。在基础设施建设中, 智能设备能根据地形和环境条件实时调整施工方案, 确保工程质量和进度。据统计数据显示, 2019 年该领域市场规模为 153 亿美元, 预计到 2026 年将增长至 4 514 亿美元, 年均复合增长

率达 12%。随着智能设备在城市建设工程中的普及率不断提高, 项目进度和质量得到显著提升。

1.2 智能化设备的主要技术及功能

智能化设备的技术特性主要体现在物联网 (IoT)、大数据分析和人工智能 (AI) 等技术的协同应用上。通过物联网技术实现市政工程施工设备与施工现场的实时联网, 支持远程数据传输和实时监控。土方机械搭载的传感器可实时采集油温、压力、速度等工作状态参数, 并将数据上传至云平台进行分析, 从而优化设备运行效率, 预防设备过载或故障。大数据分析技术帮助施工管理人员基于海量施工数据制定优化方案, 预测项目进度和潜在风险, 并通过历史数据分析实现资源和时间的合理配置, 提升整体施工效率。在施工质量管控方面, 人工智能利用图像识别技术对工程质量进行自动检测, 如道路平整度、建筑结构稳定性等, 检测精度可达 0.1 毫米, 能有效识别细微缺陷。此外, 基于深度学习技术, 人工智能可对施工各环节进行持续学习和优化, 进一步提升施工精度和质量。在建筑施工过程中, 智能化设备的精准度和稳定性显著提高, 如激光扫描仪的定位精度可达 ± 1 毫米, 这不仅大幅提升了施工精度和安全性, 也有效降低了人为误差风险。

1.3 智能化设备的市场前景与发展趋势

随着技术进步和市场需求增长, 智能化设备在市政工程领域的应用前景广阔。根据全球智能建筑市场研究报告显示, 2026 年, 全球智能建筑市场规模预计

作者简介: 赵禹桥 (1998-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向: 市政施工。

达到4 514亿美元，年均复合增长率为12%。这一增长趋势同样体现在市政工程领域，智能设备正逐步渗透至更多施工环节。在无人机、自动化施工设备和智能监控系统等技术的推动下，未来施工现场的自动化水平将持续提升。5G技术的普及为智能设备的高速通信和远程控制奠定了坚实的基础，有助于实现更精准的施工管理。截至2023年，5G技术已覆盖全球近40%的地区，为智能设备在市政工程中的大规模应用提供了可靠的通信保障。预计到2030年，全球智能建筑市场规模有望突破5 300亿美元，届时智能化设备将成为市政工程施工的重要组成部分^[1]。

2 智能化设备在市政工程施工中的效益分析

2.1 提高施工效率与减少工期

智能设备通过自动化技术与远程控制系统显著提升了施工效率，有效缩短了项目周期。与传统人工操作相比，智能化设备如自动化挖掘机、无人驾驶卡车和智能混凝土搅拌车能够实现±2厘米的施工精度，不仅降低了人力成本，还大幅提高了作业速度和准确性。统计数据显示，采用自动化设备的工程项目平均可缩短15%~20%的工期，在大型市政工程中，工期的缩减能显著降低项目总成本。其中，应用无人驾驶设备的项目进度较传统施工方法可提前约25%，极大地优化了资源利用效率。

2.2 优化资源配置与降低成本

市政工程通过引入智能化设备，显著提升了资源配置效率并有效降低了施工成本。基于物联网(IoT)技术和大数据分析平台，管理人员能够实时监控设备运行状态、位置信息及使用效率，实现精准的设备调度和物料管理。智能系统可根据施工需求自动调配工程车辆，既避免了材料浪费，又减少了设备闲置时间。实践表明，该管理模式使物料损耗率降低约30%，设备利用率提升40%。同时，智能设备可自主完成焊接、喷涂等复杂工序，大幅节省了人工成本。通过优化调度体系和提高资源利用效率，整体施工成本可节约10%至15%^[2]。具体如表1所示。

表1 智能化设备在市政项目中的资源优化效果

项目	传统施工方式	智能化设备应用	成本节省
设备利用率	60%	90%	50%
物料浪费率	15%	5%	10%
人工成本	高	低	15%~20%
项目总成本	100%	85%~90%	10%~15%

2.3 提升施工质量与保障安全

智能设备通过高精度监测系统和自动化操作，能够有效提升施工质量并保障现场安全。其智能监控装置可实时把控施工质量，及时发现隐患并发出预警。例如：地基沉降监测系统可在施工过程中精确监测沉降情况，精度可达0.01毫米，有效预防不均匀沉降问题，确保建筑物安全稳固。此外，这些设备还能减少人为操作失误，提升施工质量。通过采用无人机巡检、智能摄像头和传感器等技术，实现了施工现场安全管理的智能化升级，使施工人员无需频繁进入危险区域，从而显著降低事故发生率。数据显示，智能化安全监测系统的应用使事故发生率降低约30%，同时安全管理效率提升超过25%。智能设备的应用不仅提高了施工质量，更为施工人员创造了更安全的作业环境。

3 智能化设备应用中的挑战与问题

3.1 技术可行性与设备适应性问题

智能化设备的应用需充分考虑其在市政工程复杂环境中的适应性和技术可行性。市政工程施工现场通常面临多变的环境条件，包括土壤湿度、温度变化以及施工场地空间限制等因素，这些都可能导致设备的运行稳定性与工作效率。特别是在恶劣天气条件下，如暴雨或严寒，自动化设备容易出现性能下降或故障。此外，环境因素对设备精度的影响尤为显著，地下工程施工对定位精度要求极高，自动化挖掘机需达到±2厘米的精度标准。据统计，约15%的市政工程因设备无法适应复杂环境而导致工期延误。为解决这一问题，必须加强设备适应性的技术研发，确保其在各类复杂施工条件下保持稳定运行^[3]。

3.2 初期投资与维护成本高

当前市政工程施工领域面临的主要挑战之一在于智能化设备的高额初始投资及后续维护成本问题。尽管智能化设备能够显著提升施工效率与工程质量，但其昂贵的采购价格和持续的维护费用仍使许多企业望而却步。以智能挖掘机为例，其市场价格通常在200万至500万元人民币之间，远高于传统机械设备。此外，由于技术迭代速度较快，智能化设备需要定期进行维护保养和软件升级，这些持续性投入进一步加重了企业的经济负担。据行业统计数据显示，约30%的市政工程项目因资金限制而无法全面采用智能化设备。虽然智能化设备在降低人工成本、提升工作效率方面具有明显优势，但初始投入成本过高仍是制约企业采用的关键因素。

3.3 人才短缺与技术培训问题

高素质技术人才是智能化设备操作、维护及管理的关键要素。当前市政工程领域普遍面临专业技术人才短缺的问题，尤其在掌握物联网、大数据和人工智能等新兴技术融合应用的复合型人才方面更为突出。据调查显示，约 70% 的市政工程企业将智能化设备操作人才匮乏列为其发展的重要制约因素。为应对这一挑战，企业可采取校企合作模式开展定向技术培训，或引进具备相关专业背景的工程技术人员。然而，无论是人才培养还是技术引进都需要较长的周期，短期内难以满足市政工程项目对高技能人才的需求。数据显示，目前约 50% 的市政项目因技术人员不足而无法充分发挥智能化设备的性能优势，这不仅导致项目进度延误，还造成了额外的成本支出^[4]。

4 智能化设备应用的未来发展趋势与对策

4.1 推动技术创新与智能化水平提升

为全面提升市政工程施工的智能化水平，必须重点加强技术研发投入，持续推进智能化设备的迭代升级。当前市政工程智能化设备面临的关键技术瓶颈主要体现在：智能化挖掘机的定位精度虽已达到 ± 2 厘米，但在复杂地形及地下作业环境中仍存在明显偏差。为突破这一技术限制，未来需重点研发更高精度的传感器和定位系统，特别是在高难度市政工程场景中的应用性能提升尤为关键。同时，智能化设备还需增强环境适应能力，确保在极端天气条件和复杂地质环境下仍能保持稳定运行。根据市场需求分析预测，未来五年内，增强现实（AR）技术与物联网（IoT）的深度融合将成为智能化设备技术创新的核心方向。预计到 2028 年，通过 AR 与物联网技术的协同应用，施工设备的远程控制精度将提升至 ± 1 厘米，这将显著提高施工安全性和作业效率，为市政工程建设带来质的飞跃。

4.2 完善政策支持与行业标准

在政策支持与行业规范体系建设方面，政府部门通过制定一系列激励措施，有效促进了智能化设备的研发与推广应用。国家层面已针对智能建筑和智慧城市建设投入专项资源，其中 2020 年国务院颁布的《智能制造发展规划（2025）》明确提出要推动各行业采用高端智能设备，特别强调在市政工程等基础设施建设领域的应用。为确保市场规范化发展，相关部门需要建立统一的行业标准体系，严格把控智能化设备的技术指标和质量要求，包括但不限于设备生产标准、检测认证标准以及安全操作规范等。同时，政府可采取财政补贴、税收减免等经济激励手段，切实降低企

业的初始投资成本，为智能化设备的普及应用创造有利条件。据相关研究数据显示，政策扶持对智能化设备市场渗透率的提升贡献度约为 15% 至 20%，充分体现了政策引导在技术推广中的重要作用^[5]。

4.3 加强多方合作与信息共享

智能设备的有效应用需要多方协同与信息共享。为推进市政工程行业的智能化进程，企业、科研机构、政府部门及设备供应商需加强合作，共同推动技术创新和行业标准化建设。其中，产学研合作可提供技术支持与创新方案，科研机构负责技术验证与创新研究，政府部门则通过政策引导促进技术落地应用。数据共享是提升施工管理和设备协同效率的核心要素，施工单位通过大数据平台整合设备运行、施工环境及进度等信息，优化施工方案，减少资源浪费。建立跨行业技术协作平台有助于促进多方协同创新，提升行业整体智能化水平。政府应加大对智能设备研发的资金投入和政策支持，构建以技术创新为驱动的良好发展机制。通过企业间的技术合作，项目综合效益可提升 10% ~ 15%，同时有效降低资源浪费，从而显著提高施工效率与项目经济收益。

5 结束语

市政工程领域引入智能化设备后成效显著，主要体现在施工效率提升、成本控制优化、工程质量保障和安全生产管理等方面。当前智能化设备的推广应用面临技术可行性论证、初期投资成本及专业人才储备等现实挑战。为促进智能化设备在市政工程中的广泛应用，需要政府、企业和相关行业协同推进：加强核心技术研发、完善配套政策支持、深化产学研合作，以提升设备智能化水平和行业整体效能。随着技术持续创新，智能化设备将在市政工程建设中发挥日益重要的作用，推动行业向更高效、更可持续的方向发展。

参考文献：

- [1] 魏致波. 智慧工地技术在市政工程施工中的应用研究[J]. 新城建科技, 2025, 34(02): 175-177.
- [2] 薛天斌. 城市市政工程施工过程中的安全管理策略探讨[J]. 现代职业安全, 2024(11): 58-60.
- [3] 陈新磊, 王万强. 市政工程施工质量管理中存在的问题和对策[J]. 建筑监督检测与造价, 2024, 17(Z1): 88-92.
- [4] 颜霆晖. 建筑给排水工程设备的智能化应用研究[J]. 中国设备工程, 2023(20): 28-30.
- [5] 王廷谋, 庞远辉. 市政工程施工管理措施探究[J]. 中国勘察设计, 2023(10): 96-99.