

市政工程施工技术创新及应用研究

赵 静

宝鸡市蟠龙新区开发建设有限公司 陕西 宝鸡 721000

摘 要：随着我国城镇化进程的深入推进，市政工程建设规模持续扩大，施工环境日趋复杂，传统施工技术在质量、效率、安全、环保等方面逐渐显现出局限性。本文系统研究了市政工程施工技术创新的主要方向与代表性成果，包括装配式施工技术、非开挖施工技术、绿色施工技术、智能化施工技术、地下空间综合开发技术等，分析了各项技术创新的核心原理、关键装备及适用范围。在此基础上，探讨了技术创新在市政道路、桥梁、给排水管网、综合管廊、地铁工程等领域的应用路径与成效。研究表明，技术创新正推动市政工程施工向工业化、绿色化、智能化、集约化方向转型，但面临技术标准滞后、初始投入高、专业人才短缺等制约因素。建议通过完善标准体系、建立激励机制、强化产学研协同等对策，加速技术创新的推广普及，提升市政工程建设整体技术水平。

关键词：市政工程；施工技术；技术创新；装配式施工；绿色施工；智能化

引言

市政工程是城市基础设施建设的重要组成部分，涵盖道路、桥梁、给排水、燃气、热力、地铁、综合管廊等多个专业领域。近年来，我国城市人口持续集聚，既有设施老化改造与新建工程需求叠加，市政工程建设规模保持高位运行。与此同时，施工面临的空间约束日趋严格——地下管线密布、交通保通压力大、施工扰民投诉增多、环保排放标准提高，传统粗放式施工方法难以为继。在此背景下，施工技术创新成为推动市政工程质量发展的核心驱动力。一方面，新材料、新装备、新工艺的涌现为技术突破提供了可能；另一方面，信息化、智能化技术与传统施工技术的深度融合催生了大量创新成果。系统梳理市政工程施工技术创新的主要进展，分析其应用现状与推广障碍，对于指导工程实践、优化资源配置、促进行业进步具有重要的理论价值和现实意义。本文将从技术类型、应用领域、制约因素及对策建议等方面展开论述。

1 市政工程施工技术创新的主要方向

1.1 装配式施工技术

装配式施工技术是将传统现场浇筑的作业方式转变为工厂预制、现场拼装的工业化模式。在市政工程领域，装配式技术已广泛应用于桥梁上部结构（预制箱梁、节段梁）、下部结构（预制墩柱、盖梁）、综合管廊（预制管节）、排水检查井、人行天桥等。该技术的核心优势在于：工厂化生产保证了构件质量的稳定性和一致性；现场拼装大幅缩短了工期，减少了对交通的占用时间；降低了现场湿作业量，减少了模板支架、扬尘和噪声污染。装配式施工的关键技术包括高精度模具设

计与制作、钢筋套筒灌浆连接、预应力张拉、大吨位构件运输吊装等。其中，构件连接节点的可靠性是结构安全的核心，灌浆饱满度和连接件定位精度需要严格控制^[1]。近年来，大吨位起重设备的发展和运输通道条件的改善，使得更大尺寸、更重构件的整体预制安装成为可能，进一步拓展了装配式技术的应用边界。

1.2 非开挖施工技术

非开挖施工技术是指在地表不开挖或仅开挖少量工作井的条件下，完成地下管线的铺设、更换或修复的一类技术总称。该技术尤其适用于穿越城市主干道、铁路、河道、既有建（构）筑物等无法或不宜明挖施工的场合。代表性技术包括水平定向钻法、顶管法（含微型顶管）、管道内衬修复法（CIPP原位固化法、螺旋缠绕法）、裂管法等。水平定向钻法通过导向钻头钻孔、扩孔、回拖管材三个步骤完成管线铺设，适用于管径较小的柔性管道（如电力、通信、燃气管线）。顶管法采用液压千斤顶将预制管节逐节顶入土体，适用于大口径刚性管道（污水、雨水干管），泥水平衡和土压平衡顶管机可适应不同地层条件。管道修复技术则在不更换原有管道的条件下，通过内衬形成新的结构层，延长管道使用寿命。非开挖技术的共同优势是地面干扰小、施工周期短、综合成本（含交通影响等社会成本）较低。

1.3 绿色施工技术

绿色施工技术以资源节约、环境保护为核心目标，贯穿于市政工程施工全过程。在扬尘控制方面，高空喷雾降尘系统、雾炮、全封闭围挡、车辆自动冲洗平台等装备广泛应用；在噪声控制方面，低噪声施工机械、隔声屏障、静力切割技术（替代破碎锤）有效降低了施工

对周边居民的影响；在废弃物资源化方面，建筑垃圾破碎筛分后作为路基填料或再生产品（再生砖、再生混凝土）使用，工程泥浆经过脱水固化后可用于场地回填^[2]。此外，温拌沥青技术、橡胶改性沥青技术等路面材料创新在降低拌合温度、减少有害气体排放、利用废旧轮胎等方面成效显著。海绵城市理念融入施工过程，要求透水铺装、雨水花园、植草沟等设施与主体工程同步施工，实现雨水径流的源头控制。绿色施工不仅是技术选择，更是一种管理理念，需要建立覆盖材料采购、现场作业、废弃物处置的全过程环境管理体系。

1.4 智能化施工技术

智能化施工技术是信息技术、传感器技术、自动控制技术与传统施工工艺的深度融合。建筑信息模型（BIM）技术在市政工程中的应用日益成熟，通过创建三维数字化模型，实现设计、施工、运维全生命周期的信息共享与协同。在施工阶段，BIM可用于管线碰撞检查、施工进度模拟（4D）、成本核算（5D），有效减少返工和材料浪费。无人机航测与倾斜摄影技术可用于地形测绘、土方量计算、施工进度监控和安全巡查，尤其适用于线性工程和复杂地形的数据采集。全球定位系统（GPS）和北斗系统与碾压机械、摊铺机等设备结合，可实现自动化施工控制，确保压实度和标高的精准性。物联网技术通过在施工机械、安全帽、围挡上安装传感器，实时采集振动、位置、气体浓度等数据，构建“智慧工地”管理平台，实现人员、设备、环境、质量的集成监控与预警。

1.5 地下空间综合开发施工技术

城市地下空间的立体化开发对施工技术提出了更高要求。盖挖法、暗挖法（浅埋暗挖、盾构法）、逆作法等已成为地铁车站和地下综合体建设的主流技术。盖挖法先施工围护结构和顶板，恢复地面交通后在顶板下进行土方开挖和结构施工，适用于交通不能长期中断的路段。逆作法则是利用地下结构楼板作为水平支撑，上下同时施工，缩短了总工期。大跨度地下结构施工中，预应力锚索、复合衬砌、管幕法等技术得到应用。管幕法通过将一组钢管密排形成幕墙，然后在钢管保护下进行土体开挖，可在大跨度、超浅埋条件下安全施工。冻结法通过人工制冷将地层中的水冻结成冰，形成临时止水帷幕和加固壳体，为在富水软弱地层中开挖创造安全条件。这些技术突破使得在既有建筑物密集区、高水位软土区开展地下施工成为可能。

2 技术创新在市政工程主要领域的应用

2.1 市政道路工程

市政道路施工技术创新集中在路基处理、基层施工和面层施工三个环节。路基处理方面，高含水率土体改良技术（如石灰粉煤灰稳定、水泥稳定、固化剂处理）解决了软土路基承载力不足的问题，避免了换填大量砂石材料的做法。基层施工中，水泥稳定碎石厂拌冷再生技术将旧路面材料循环利用，减少开采新料的需求。面层施工中，大宽度沥青摊铺机（单机宽度可达12m以上）配合多台压路机联合作业，实现了半幅路面一次成型，消除了纵向接缝。橡胶沥青应力吸收层用于旧水泥路面加铺沥青面层，能有效抑制反射裂缝的产生。

2.2 市政桥梁工程

装配式施工在桥梁工程中的应用最为显著。预制节段拼装技术将大跨径桥梁的主梁划分为若干节段，在预制场内生产后运至现场，采用架桥机或吊车逐段拼装，施加体外预应力形成整体。该技术不仅缩短了工期，还减少了高空现浇作业的安全风险。桥梁顶推施工技术适用于跨越既有铁路、高速公路等受限条件，通过在桥台后设置预制平台，逐段拼装后整体顶推就位^[3]。超高韧性混凝土（UHPC）的应用使得桥梁结构可以更加轻薄，同时也对施工浇筑和养护工艺提出了新要求。

2.3 给排水管网工程

给排水管网施工的技术创新以非开挖技术为核心。对于新建管线，水平定向钻和顶管法已成为穿越障碍物的主流选择；对于老旧管线的更新，裂管法利用扩张锥头将旧管挤碎的同时拉入新管，实现原位替换，避免了全线开挖。管道检测与修复方面，闭路电视（CCTV）检测机器人可精准定位管道内部缺陷（裂缝、变形、渗漏），CIPP原位固化法通过将浸渍树脂的软管翻转进入待修管道，加热固化后形成内衬，修复后管道使用寿命可达50年。这些技术的应用使得管网改造对城市交通和居民生活的影响降至最低。

2.4 综合管廊工程

综合管廊是将电力、通信、给水、供热等多种管线集中敷设于同一地下空间的结构物。施工技术主要包括明挖现浇法、明挖预制拼装法和暗挖法。预制拼装技术在该领域的优势尤为突出：标准化的管节在工厂预制，运至现场后采用专用机械拼装，接缝处采用橡胶密封圈和预应力张拉实现防水。相比现浇法，预制拼装可缩短工期50%以上，且混凝土外观质量更好。管廊的防水施工是技术难点，除了结构自防水外，还需要设置全包式防水层和变形缝止水带，施工中应严格控制振捣和养护工艺。

2.5 地铁及地下车站工程

地铁区间隧道施工以盾构法和矿山法为主。盾构技

术的创新体现在大直径、高水压、复合地层适应性方面。泥水-土压双模盾构可根据地层条件切换模式,提高了复杂地质条件下的掘进效率。管片自动化拼装系统、盾构姿态自动导向系统、同步注浆稠度检测等技术的应用,显著提升了隧道成型质量。车站施工中,装配式地下车站结构(预制顶板、侧墙、底板)开始试点应用,有望进一步缩短车站施工周期。

3 技术创新推广应用的制约因素与对策

3.1 主要制约因素

尽管市政工程施工技术创新成果丰硕,但在大规模推广应用过程中仍面临多方面制约。首先是技术标准滞后问题,许多创新技术(如装配式桥梁连接节点、CIPP修复管道的结构设计)缺乏统一的设计、施工和验收标准,导致设计单位和施工单位在应用时承担较大技术责任风险^[4]。其次,创新技术的初始投入较高,装配式构件需要建设预制厂和购置大型起重设备,非开挖设备采购成本高昂,对于资金紧张的中小施工企业构成了经济门槛。再次,专业技术人才短缺,熟练掌握BIM、盾构操作、CCTV检测等技术的工程师和技工数量不足,培训体系尚不完善。最后,部分建设单位倾向于采用熟悉、成熟的传统工艺,对创新技术持观望态度,缺乏率先应用的动力。

3.2 促进推广的对策建议

针对上述问题,应从标准、资金、人才、机制四个方面协同施策。标准建设方面,行业主管部门应加快编制装配式、非开挖、绿色施工等专项技术标准,明确设计方法、施工工艺、质量验收指标,为技术创新提供规范依据。同时,编制标准图集和施工工法,降低应用门槛。资金支持方面,可将技术创新应用情况纳入工程招标投标评分体系,对采用绿色、智能、装配式技术的项目给予适当加分;政府可设立技术创新专项补贴或绿色施工奖励,对先行先试的企业给予资金支持。人才培养方面,依托行业协会、职业院校和龙头企业,建立多元化的技能培训平台,开展BIM、盾构、非开挖等专项技术认证,并将培训纳入注册建造师继续教育体系。机制创新

方面,推行工程总承包(EPC)模式,赋予设计施工一体化企业更大的技术选择权,避免设计传统方案限制施工创新;建立创新技术应用示范工程评选机制,通过标杆项目的示范效应带动行业认知转变。

4 结语

市政工程施工技术创新是城镇化高质量发展的必然要求,也是提升市政工程品质、效率、安全和环保水平的核心路径。本文系统梳理了装配式施工、非开挖施工、绿色施工、智能化施工、地下空间综合开发等主要创新技术方向,分析了其在道路、桥梁、管网、管廊、地铁等领域的应用成果与价值。研究表明,技术创新正在推动市政工程施工从劳动密集型向技术密集型转变,从粗放式向精细化转变,从高消耗向低影响转变。然而,技术创新的价值最终要通过规模化应用来体现。当前,技术标准不完善、初始投入偏高、专业人才不足、应用动力缺乏等问题阻碍了创新技术的普及。破解这些制约需要政府、企业、科研机构、行业协会协同发力,构建包括标准规范、经济激励、人才培养、评价机制在内的系统性支持体系。未来,随着新材料(如高性能复合材料、自修复材料)、新装备(如建筑机器人、无人机群)、新技术(如数字孪生、5G远程控制)的持续突破,市政工程施工将向更高水平的工业化、绿色化、智能化迈进。施工企业应主动拥抱变革,加大研发投入和技术储备,在创新浪潮中赢得竞争优势,为城市基础设施建设贡献更高质量的工程产品。

参考文献

- [1]李建兴.市政工程中创新技术应用与施工效率分析[J].新城建科技,2024,33(11):40-43.
- [2]李忠.市政工程项目施工质量控制创新方法研究[J].新城建科技,2025,34(4):187-189.
- [3]蔡昌浩,周嘉宾.市政工程绿色施工技术创新应用研究[J].新城建科技,2025,34(2):76-78.
- [4]徐嘉煜.智能化技术在市政工程施工中的创新应用与发展趋势[J].中国建材,2026,(5):120-122.