

建筑密集区道路改造中的新技术探索与实施效果

张梦迪, 李 栋, 刘 珂

(山东国兴建设发展有限公司, 山东 聊城 252000)

摘 要 建筑密集区道路改造面临诸多技术难题, 传统改造方法已难以满足现代城市发展需求。本文针对建筑密集区道路改造中的技术创新与应用, 通过实地调研和数据分析, 深入探讨了新型路面结构优化技术、智能排水系统集成技术及快速施工工艺等创新方案。研究结果表明: 采用新型复合材料路面技术能有效延长路面使用寿命, 智能排水系统显著改善了道路排水效果, 快速施工工艺减少了施工对周边居民的影响。引入 BIM 技术和三维扫描技术, 实现了精准化改造和施工过程可视化管理, 为建筑密集区道路改造提供了新思路和技术支撑。

关键词 道路改造; 新型复合材料; 智能排水系统; 快速施工工艺

中图分类号: U418

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.23.020

0 引言

建筑密集区道路改造是城市更新过程中的重要环节。随着城市化进程加快, 传统道路改造技术已无法适应新形势下的工程需求。特别是在建筑密集区, 由于空间受限、地下管线复杂、施工难度大等问题, 亟需探索新型技术方案。新材料、新工艺、新设备的不断涌现, 为建筑密集区道路改造带来了新的机遇。通过创新性技术手段可有效解决传统改造中遇到的技术瓶颈, 提高改造效率和质量。基于此, 深入研究建筑密集区道路改造新技术具有重要的现实意义。

1 建筑密集区道路改造关键技术创新

1.1 新型路面结构优化技术

高模量沥青混凝土技术在建筑密集区道路改造中展现出独特优势。该技术采用改性沥青与纤维增强复合材料相结合, 使路面结构层次更加紧密。实践证明, 该技术能有效提升路面抗压强度和抗疲劳性能, 路面使用寿命延长 35% 以上。在结构层设计方面, 采用新型复合材料替代传统碎石基层, 减少了整体结构层厚度, 路面结构总厚度从原来的 65 cm 降至 42 cm。在沥青混合料中添加纳米改性剂, 提高了路面的粘结性和抗滑性能, 路面抗滑系数提升至 0.55 以上。为适应建筑密集区道路荷载特点, 在基层采用玄武岩纤维增强技术, 提高了基层强度, 路面承载力达到原设计标准的 1.3 倍, 有效解决了重载车辆频繁通行导致的路面早期损坏问题。新型结构优化技术不仅提升了道路使用性能还降低了后期维护成本, 每年每千米维护费用降低约 12 万元^[1]。

1.2 智能排水系统集成技术

新型智能排水系统采用模块化设计理念, 结合透水混凝土和生态排水沟渠, 构建了多层次立体排水网络。系统核心采用渗透—储存—净化—排放四级处理工艺, 在路面结构层铺设高效透水层, 渗透系数达到 0.4 cm/s。地下排水系统采用新型仿生排水管道, 管道内壁设计特殊螺旋纹路, 提高了排水效率, 在相同管径条件下, 排水能力提升 40%。排水系统配备智能监测装置, 实时监测积水深度和排水速率, 当积水深度超过 3 cm 时, 自动启动应急排水模式。在道路交叉口等重点部位, 设置智能调蓄池, 调蓄容量为 200 m³/km, 可有效应对短时强降雨。系统还集成了远程监控功能, 实现排水设施运行状态实时监测, 排水系统运行效率提升 50%, 暴雨期间路面积水时间缩短 2/3, 道路通行能力显著提升。

2 建筑密集区道路改造工艺创新

2.1 快速施工工艺应用

装配式路面铺装技术在建筑密集区道路改造中实现了重大突破, 该工艺采用预制路面板快速更换施工方案, 大幅缩短施工周期。预制路面板在工厂完成标准化生产, 现场仅需进行吊装就位和接缝处理, 单日施工里程提升至 450 m。预制构件采用高性能混凝土制作, 28 天抗压强度达到 85 MPa, 预制板采用蜂窝状内部结构设计, 在保证强度的同时减轻了构件重量。施工现场配备智能测距仪和激光定位系统, 确保预制板安装精度控制在 ±2 mm 范围内。接缝采用改性环氧树脂灌注技术, 接缝宽度控制在 8 mm, 防水性能显著提升。钢筋网架采用新型连接结构, 实现快速对接, 接头抗剪强度达到

主体结构的 95%。装配式施工工艺将传统 20 天的施工周期缩短至 5 天,且施工噪声降低 15 dB,有效减少了对周边居民生活的影响,工程施工效率提升 3 倍^[2]。

2.2 地下管线探测技术

多频雷达探测结合地质成像技术在地下管线探测领域取得显著进展,实现了地下管线的精确定位和三维可视化。探测系统采用双频雷达阵列,工作频率分别为 400 MHz 和 900 MHz,探测深度达到 4 m,横向分辨率优于 5 cm。地质成像系统采用人工智能算法处理探测数据,建立地下管线三维模型,准确识别各类管线的空间位置和走向。新型探测设备采用轮式移动平台,配备惯性导航系统和厘米级定位模块,探测定位精度达到 ± 3 cm。探测数据实时上传至数字化平台,生成地下管线分布图,标注管线类型、埋深、管径等关键参数。在复杂路段探测中采用多维度扫描技术,探测识别率达到 98%,避免了施工过程中对地下管线的破坏,显著降低了施工风险。

2.3 精准化施工控制技术

数字孪生技术在道路改造精准化施工中发挥着重要作用,结合北斗定位系统和激光扫描技术,实现施工全过程精准控制。施工现场部署 5G 网络和边缘计算设备,将实时采集的施工数据与 BIM 模型进行对比分析,施工偏差控制在 ± 5 mm 范围内。智能测量机器人搭载高精度全站仪,自动完成施工放样和竣工测量工作,测量效率提升 2.5 倍。路面平整度检测采用惯性激光检测系统,检测速度达到 80 km/h,平整度指标 IRI 控制在 1.8 m/km 以内。沥青摊铺机配备智能找平系统,实现横坡自动调整,路拱横坡精度达到 $\pm 0.1\%$ 。水泥混凝土振捣采用智能振捣棒,根据混凝土坍落度自动调整振捣频率和时间,确保混凝土密实度均匀性。

精准化施工控制系统集成了深度学习算法,建立施工工艺参数优化模型。系统根据路基压实度、环境温度、材料性能等多维数据,自动生成最优施工参数组合。压路机碾压轨迹规划采用遗传算法优化,重叠率控制在 23 cm,压实度均匀性提升 36%。摊铺机作业速度与材料温度联动控制,当沥青混合料温度低于 165 °C 时,自动降低摊铺速度,确保路面压实质量。基于机器视觉的实时检测系统,对摊铺厚度进行动态监控,发现偏差自动进行补偿调整。现场试验数据显示,采用精准化控制系统后,路面施工质量一次合格率达到 98.2%,施工效率提升 42%,工程质量显著提高。

2.4 噪声振动控制工艺

在建筑密集区道路改造过程中采用了多项创新性的减振降噪技术。其中,复合式隔振沟技术是一项重要突破,在路基两侧开挖 2.5 m 深的隔振沟,内部填充

高性能聚氨酯泡沫材料。该材料具有优异的减振性能,其微孔结构能有效阻断振动波传播,振动衰减率高达 85%。路面结构层选用新型橡胶改性沥青混合料,通过在沥青中掺入 3 mm 橡胶颗粒显著改善了路面的弹性模量和阻尼特性。这种改性沥青不仅提高了路面的耐久性,还能有效降低轮胎与路面的接触噪声,经实测路面噪声较普通沥青路面降低约 6 dB。施工过程中采用电动静压压路机进行碾压,其工作原理是通过纯静压方式进行压实,避免了传统振动压路机产生的强烈振动,在保证压实质量的将振动影响距离从 25 m 大幅缩减至 8 m。

为进一步提升减振降噪效果,在建筑物基础与路基之间设置了高性能减振垫。减振垫采用三元乙丙橡胶材料制成,其动态刚度仅为 0.015 N/mm³,具有优异的减振性能和耐久性。该材料在常温下表现出良好的弹性和阻尼特性,能够有效阻断地面振动向建筑物传播。在路缘石安装环节,创新性地采用了弹性支座设计,支座由天然橡胶与钢板复合而成,形成了“软—硬—软”的三明治结构。这种结构既保证了支座的承载能力,又能显著降低路面荷载向周边传递,减振效果达到 12 dB。通过这些技术的综合应用不仅确保了道路的使用性能,还最大限度地减少了对周边建筑的影响,为建筑密集区道路改造提供了可靠的技术支撑^[3]。

2.5 新型养护技术应用

智能路面养护机器人的应用标志着道路养护进入智能化时代。该机器人采用模块化设计,搭载多功能作业装置,包括高清摄像头、红外传感器、激光扫描仪等检测模块,可实现路面病害的智能识别与快速修复。其中,高清成像系统分辨率达到 4K,配合深度学习算法,使裂缝识别精度达到 0.3 mm,还能准确判断裂缝走向、深度等特征。对于微裂缝的修复,采用新型纳米渗透材料,该材料具有超强渗透性和粘结性,可渗透至 8 cm 深度并与原路面材料形成稳定的化学键合,修复后抗压强度可恢复至原强度的 92%,远超传统修复材料的性能。在坑槽修补方面,采用改性环氧树脂基快速固化材料,该材料具有优异的力学性能和耐久性。修补 2 小时后即可承受正常交通荷载,与原路面的结合强度达到 1.8 MPa,有效解决了传统修补材料粘结性差、修复后易开裂的问题。养护机器人配备了智能废料回收系统,通过真空吸附装置和筛分系统将废旧材料进行分类回收,修补材料利用率高达 95%。在预防性养护方面,采用精准控温、智能喷涂技术,确保防水封层均匀覆盖,喷涂厚度误差控制在 ± 0.2 mm 以内。这种新型防水封层不仅能显著提升路面的耐久性延长使用寿命 30%,还实现了养护成本的大幅降低,年度养护支出减少 25%,体现出显著的经济效益。

3 建筑密集区道路改造技术实施效果评估

3.1 路面结构耐久性分析

对改造后路面结构进行为期 24 个月的跟踪监测, 数据显示新型路面结构展现出优异的耐久性能。在重载交通条件下, 路面车辙深度增长率较传统结构降低 45%, 车辙深度控制在 4 mm 以内。路面弯沉值监测结果表明, 经过 200 万次标准轴载作用后, 路表弯沉值增长仅为 0.02 mm, 远低于设计允许值 0.12 mm。采用落锤式弯沉仪测试路面结构层弹性模量, 改造后路面结构层弹性模量提升 38%, 结构层次间剪切强度提高 42%。针对不同季节气候条件下路面性能变化规律研究发现, 夏季高温期间路面车辙抗变形能力提升 55%, 冬季低温条件下路面开裂率下降 68%。疲劳试验结果表明, 改造后路面结构疲劳寿命延长 2.2 倍, 结构层粘结性能保持稳定, 层间剥离现象明显减少, 路面使用性能显著提升^[4]。

3.2 排水系统运行效果

针对新型排水系统运行情况进行系统化评估, 在降雨强度 25 mm/h 工况下, 路面积水深度控制在 2 cm 以内, 较改造前降低 65%。排水系统响应时间缩短至 5 min, 路面积水消退速度提升至 8 mm/min。透水路面渗透系数测试结果显示, 经过一年运行后渗透系数仍维持在 0.35 cm/s 以上, 仅比初始值降低 12%。智能调蓄系统在暴雨工况下表现突出, 调蓄池启动时间控制在 90 s 内, 有效削减峰值流量 85%。地下排水管网水力性能测试表明, 管网设计流速达到设计值的 95%, 管网淤积率降低至 3%。智能监测系统记录数据显示, 排水设施运行可靠性达到 98%, 系统故障率较传统排水系统降低 75%, 维护工作量减少 60%, 排水系统整体运行效能显著提升。

3.3 施工效率提升分析

新技术应用显著提升了建筑密集区道路改造施工效率, 装配式施工工艺在实际应用中展现出明显优势。改造工程施工进度较传统工艺提前 35%, 单位面积施工时间从 4.5 h/m² 降至 1.8 h/m²。机械化作业率提升至 92%, 人工工时投入减少 56%, 智能施工设备定位精度达到 ±2 mm, 施工返工率降低至 0.8%。BIM 技术应用使施工工序衔接时间缩短 45%, 工序等待时间从 2.5 h 降至 0.8 h, 材料进场检验时间缩短 65%, 材料周转效率提升 82%。施工现场管理人员配置较传统模式减少 4 人, 施工效率提升带来的工期缩短效果显著, 500 m 标准段施工工期由原来的 25 天缩短至 12 天, 施工组织效率大幅提升。

3.4 居民满意度调查

针对道路改造工程实施区域展开问卷调查, 发放调查问卷 500 份, 有效回收率达到 95%。调查数据显示,

对改造后道路整体满意度达到 92%, 较改造前提升 46 个百分点。道路通行体验评分为 4.6 分 (满分 5 分), 道路路面平整度满意率达到 95%。居民对施工期间噪声控制满意度达到 88%, 较传统施工提升 52%, 施工扬尘控制满意度达到 91%, 施工占道情况满意度为 86%。道路排水效果满意度达到 94%, 路面积水问题投诉量降低 85%, 夜间照明效果满意度达到 96%, 道路景观改善满意度为 93%。居民对新技术应用的认可度较高, 95% 的居民认为新技术应用明显改善了施工影响^[5]。

3.5 经济效益评估

新技术在道路改造中的应用产生了显著的经济效益。工程造价分析显示, 装配式施工较传统施工节约成本 12%。施工周期缩短带来的间接经济效益达到 85 万元 /km, 交通组织费用节约 42 万元 /km。新型材料应用延长了道路使用寿命, 年均养护成本降低 32%, 路面大修周期由 8 年延长至 12 年。智能化设备应用减少施工人员 32%, 人工成本节约 168 万元 /km, 施工机械使用效率提升 45%, 设备闲置率降低 62%。BIM 技术应用降低了设计变更成本, 设计变更率从 6.5% 降至 2.2%。全寿命周期成本分析表明, 新技术应用使道路工程造价回收期缩短 2 年, 投资回报率提升 25%, 经济效益显著。

4 结束语

通过对建筑密集区道路改造新技术的探索与实践, 验证了创新技术在解决传统改造难题方面的显著成效。新型路面结构优化技术和智能排水系统的应用, 大幅提升了道路使用性能; 快速施工工艺和精准化施工控制技术的实施, 有效降低了施工对周边环境的影响。这些技术创新不仅优化了施工工序, 提高了工程效率, 更为今后建筑密集区道路改造提供了可借鉴的技术方案。未来还需在实践中持续完善和优化这些技术, 进一步提升道路改造的整体效果。

参考文献:

- [1] 张世瑜. “白改黑”道路改造工程设计与施工技术探析[J]. 江西建材, 2024(10):402-404.
- [2] 黄秀丽. 城市道路改造工程的项目管理[J]. 工程抗震与加固改造, 2022, 44(02):I0004.
- [3] 尤仔凤. 共振碎石化技术在城镇化地区道路改造工程中的应用[J]. 散装水泥, 2024(06):110-112.
- [4] 李少杰, 王万鹏, 邢竞争. 城市更新背景下的道路改造策略与工程实践[J]. 城市道桥与防洪, 2024(11):34-37, 58, M0006.
- [5] 崔俊, 廖志平. 市政道路改造工程造价影响因素分析[J]. 建筑经济, 2022, 43(S02):81-83.