

Analysis of Quality Control Technology and Technological Innovation Paths for Municipal Road Construction

Zhen Li

Guilin Municipal Engineering Management Office, Guilin, Guangxi, 541004, China

Abstract

The construction quality of municipal roads is directly related to urban image and operational safety. The traditional quality control model, which relies on post-construction testing and manual experience, struggles to meet the demands of refined whole-process management. This paper systematically analyzes the current status and key control points of municipal road construction quality, sorts out the core technical systems for subgrade, base course, asphalt pavement, ancillary works, and green construction, and focuses on exploring the paths and supporting mechanisms for empowering quality control through technological innovation. The study shows that digital detection and monitoring, intelligent construction equipment, and the application of new materials and processes are the three major directions for innovation. Technologies such as intelligent compaction, BIM+GIS, and IoT sensing can effectively enhance quality control efficiency. The quality control of municipal road construction is undergoing a transformation from "experience-driven" to "data-driven" approaches, and the integration and complementarity of traditional and innovative technologies constitute an effective path for improving project quality.

Keywords

municipal road; construction quality; technological innovation and engineering; digital monitoring; intelligent compaction

市政道路工程施工质量控制技术与科技创新路径探析

李臻

桂林市市政工程管理处, 中国·广西桂林 541004

摘要

市政道路施工质量直接关系城市形象与运行安全,传统以事后检测、人工经验为主的质量控制模式难以适应全过程精细化管控需求。本文系统分析市政道路施工质量现状与关键控制环节,梳理路基基层、沥青面层、附属工程及绿色环保施工的核心技术体系,重点探讨科技创新赋能质量控制的路径与保障机制。研究表明,数字化检测监测、智能化施工装备、新材料与新工艺应用是三大创新方向,智能压实、BIM+GIS、物联网传感等技术可有效提升质量管控效能。市政道路施工质量控制正从“经验驱动”向“数据驱动”转型,传统技术与创新技术融合互补是提升工程质量的有效路径。

关键词

市政道路; 施工质量; 科技创新与工程; 数字化监测; 智能压实

1 绪论

当前我国城市发展进入“存量提质”与“城市更新”并重的新阶段,市政道路施工质量直接关系城市形象与民生体验,但工程普遍面临工期紧、管线复杂、交叉施工多、环保要求严等挑战,传统以事后检测、人工经验为主的质量控制模式难以适应全过程精细化管控需求。探索科技创新赋能质量控制的路径,理论上可丰富施工技术与创新管理交叉研究,实践上能为施工企业从“经验驱动”向“数据驱动”转型提供参考。本文按照“问题分析—技术基础—创新路径—保障机制—结论”的逻辑展开,首先分析质量现状与关键控

制环节,剖析传统技术局限性;其次梳理核心施工质量控制技术;再次重点探讨科技创新路径及保障机制;最后得出结论与展望。研究方法包括文献研究法与实地调研法,结合企业实践获取一手资料,增强研究的实践针对性。

2 市政道路施工质量现状与关键控制环节

2.1 市政道路工程特点与常见质量通病

市政道路工程具有鲜明的特点:工期紧、任务重,常面临赶工压力;露天作业,受天气、环境影响大;交叉施工多,涉及管线、绿化、交通设施等多专业协调;地下管线复杂,施工风险高。这些特点决定了其质量控制难度较大^[4]。

常见质量通病主要表现为:路基不均匀沉降、压实度不足;半刚性基层反射裂缝、松散、离析;沥青面层平整度差、车辙、拥包、温度离析;检查井沉陷、井周破损、路缘石歪

【作者简介】李臻(1990-),男,中国广西阳朔人,本科,工程师,从事市政工程研究。

斜、人行道铺装不平整等。这些通病不仅影响道路使用功能，也增加了后期维护成本。

2.2 传统质量控制技术的局限性

传统质量控制手段以事后抽样检测为主，如灌砂法测压实度、钻芯取样检测厚度等，辅以人工巡查和经验判断，质量控制以“合格/不合格”为评价标准。这种模式存在明显局限性：

一是时效性差，检测结果滞后，无法及时指导施工过程调整；二是覆盖不全，抽样检测存在盲区，隐蔽工程质量难以追溯；三是数据离散，缺乏系统化数据积累，难以形成闭环改进；四是预警缺失，缺乏过程动态监控，质量问题暴露时往往已成既成事实，整改成本高。

2.3 施工全过程中影响质量的关键环节识别

市政道路施工质量控制需贯穿施工全过程。路基处理环节，清表、压实、含水率控制是影响路基稳定性的核心，直接决定道路使用寿命。基层施工环节，混合料配比、摊铺厚度、压实工艺、养护条件直接影响基层强度与抗裂性能。面层摊铺碾压环节，温度控制、摊铺速度、碾压组合、接缝处理是决定面层平整度和耐久性的关键。管线协调与附属工程环节，管线布设与道路结构层的衔接、井周回填压实、附属设施安装精度，往往是质量通病的多发点^[9]。

如图 2-1 所示，从施工准备到验收交付，共涉及路基处理、基层施工、面层施工、附属工程四个主要阶段，包含 14 个关键质量控制节点。识别并重点管控这些节点，是保障工程质量的基础。

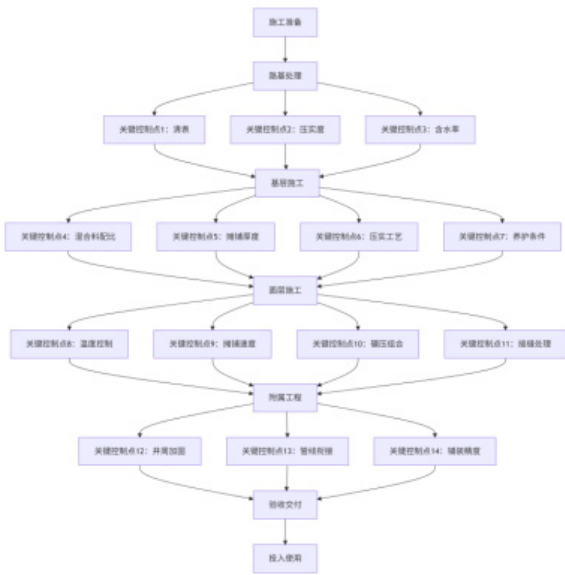


图 2-1 施工全过程质量控制关键节点图

3 市政道路施工质量控制关键技术体系

3.1 路基与基层精细化施工技术

高填方路基沉降控制方面，可采用强夯补强、冲击碾

压等技术进行补压，减少工后沉降；合理应用土工格栅、土工格室等加筋材料，增强路基整体性，提高抗变形能力^[1]。

半刚性基层抗裂技术方面，采用大厚度摊铺工艺，减少施工接缝；优化混合料配比，控制水泥剂量、添加抗裂剂，提高抗裂性能；加强保湿养生，避免早期干缩裂缝。这些精细化措施能有效降低基层反射裂缝的发生概率。路基层层施工的关键技术参数如表 3-1 所示：

表 3-1 路基层层施工关键技术参数表

技术环节	关键技术	控制参数	质量要求
高填方路基	强夯补强	夯击能、夯击遍数	工后沉降 < 规定值
路基加筋	土工格栅铺设	搭接宽度、锚固长度	增强整体性，减少差异沉降
基层摊铺	大厚度摊铺	摊铺厚度、速度	减少接缝，避免离析
基层养护	保湿养生	养护时间、湿度	避免早期干缩裂缝

3.2 沥青面层高精度施工技术

原材料优选与配比优化是面层质量控制的基础。应严格控制集料级配、沥青性能指标，并根据现场气候、交通条件动态调整配合比。

摊铺与碾压工艺控制方面，采用红外测温仪监测温度离析，及时调整摊铺参数；合理配置碾压设备组合，确定碾压遍数与速度；智能压实技术初步应用，实现压实度实时反馈，确保压实质量均匀可靠。

3.3 附属工程与管线协调施工技术

井周加固技术方面，预制装配式井圈因工厂化生产、质量可控、安装便捷，正逐步替代传统现浇工艺；现浇混凝土加固则需注重与路面结构的衔接处理。路缘石、人行道精细化铺装，应严格控制基层平整度，采用定位支架、水平尺等工具，保证线形顺直、平整度达标。管线协调施工方面，管线与道路施工同步规划，避免二次开挖；管沟回填分层压实，控制压实度与路面一致，减少差异沉降。

井周加固是防止检查井沉陷、井周破损的关键措施。目前常用的井周加固技术主要有预制装配式井圈加固和现浇混凝土加固两种，其结构构造如图 3-1 所示。预制装配式井圈采用工厂化生产，质量可控性强、安装效率高，适用于新建道路和工期紧张的项目；现浇混凝土加固则更具灵活性，适用于改造工程或不规则井位。无论采用何种工艺，井周回填的分层压实、井圈与路面的高程协调、过渡层的设置均是质量控制的关键要点。

3.4 绿色环保施工技术

温拌沥青技术通过降低施工温度 30-50℃，减少能耗与有害气体排放，但需注意温度控制对压实度的影响，保证压实质量。建筑固废再生材料应用方面，再生骨料可用于路基填筑或水稳层，实现资源循环利用，质量控制要点在于控制含泥量、压碎值、级配稳定性。这些绿色技术在响应“双碳”

目标的同时，也对质量控制提出了新要求。

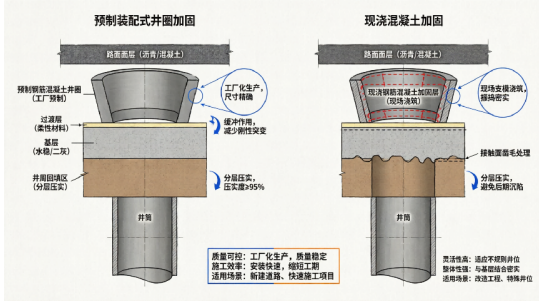


图 3-1 井周加固结构示意图（两种工艺对比）

4 科技创新赋能质量控制的路径与保障

4.1 数字化检测与监测路径

数字化质量监测系统是实现施工质量全过程管控的技术基础。如图 4-1 所示，系统采用四层架构：感知层通过布设于路基、基层、面层的各类传感器和智能装备，实时采集压实度、温度、沉降等关键质量数据；数据层依托 4G/5G、LoRa 等通信技术将数据上传至平台层；平台层完成数据的存储、治理、分析与可视化渲染；应用层面向管理人员提供质量监控、预警管理、追溯查询、报表生成等功能。这一架构实现了从“事后抽检”向“实时监测、动态预警、全程追溯”的转变，为施工质量控制提供了技术支撑。

BIM+GIS 技术的应用，可建立地下管线三维数字模型，进行碰撞检测和管线综合排布优化，从源头避免因管线冲突导致的返工与质量隐患。物联网传感技术方面，在路基、基层关键部位预埋传感器，实时监测温度、应变、含水率，实现施工过程质量数据自动采集、存储、追溯，形成“数字档案”，为隐蔽工程质量追溯提供支撑。

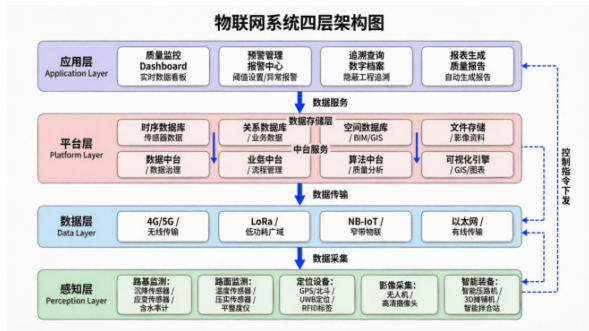


图 4-1 数字化质量监测系统架构图

4.2 智能化施工装备应用路径

智能压实系统基于 GPS 定位和连续压实检测技术，实时显示压实度分布图，替代传统“点式”抽检，实现压实质量“面式”全覆盖控制，有效消除压实盲区。与传统压实方式相比，智能压实系统在检测方式、覆盖率、数据反馈等方面具有显著优势，如表 4-1 所示。

3D 数字化摊铺控制利用毫米级 GPS 和激光技术，实现自动化高程控制，提升路面平整度，减少材料浪费。智慧工

地平台集成则将人员定位、设备工况、材料进场、质量检测数据集成于统一平台，构建可视化质量管控中心，实现远程监控与预警，为管理决策提供数据支撑^[3]。

表 4-1 智能压实与传统压实效果对比

对比维度	传统压实	智能压实
检测方式	事后抽检（灌砂法）	实时连续检测
检测覆盖率	点状抽样（<1%）	面状全覆盖（100%）
数据反馈	滞后 1-2 天	实时反馈
质量控制	经验判断	数据驱动
质量追溯	难以追溯	全断面可追溯
人员依赖	高度依赖操作手经验	系统辅助，降低经验依赖

4.3 新材料与新工艺应用路径

高性能路面材料如高模量沥青、抗车辙剂、阻燃改性沥青等新型材料的应用，对提升路面耐久性具有显著效果，但质量控制需建立与之相适应的检测标准和验收指标。装配式市政构件方面，预制检查井、装配式人行道板、预制路缘石等，工厂化生产保障构件质量，现场装配减少湿作业，提升施工效率与质量稳定性，体现了标准化与工业化协同发展的方向。

5 结论与展望

本文通过系统分析得出以下主要结论：第一，市政道路施工质量控制正从“经验驱动”向“数据驱动”转型，数字化、智能化是必然趋势，传统事后抽检难以满足精细化管控需求。第二，科技创新路径应聚焦数字化检测监测、智能化施工装备、新材料与新工艺应用三大方向，三者协同构成质量提升的创新动力。第三，传统技术与创新技术应融合互补，发挥各自优势。

展望未来，随着智能建造与数字孪生技术发展，施工质量控制将呈现四方面趋势：智能建造深化，实现全生命周期可视化追溯；人工智能应用拓展，提升缺陷识别与预警能力；绿色低碳融合，研发低碳工艺与可循环材料；标准化建设推进，推动创新成果向行业规范转化，促进规模化应用。

参考文献

- [1] 李树兵, 钱梦叮. 路基石施工中智能压实技术的应用研究[J]. 工程机械与维修, 2025(12): 104-106.
- [2] 刘志宏. 基于BIM的施工质量动态控制方法研究[J]. 中国科技信息, 2025(4).
- [3] 邵世平, 李艳斌. 建筑工程数字化施工技术的发展与应用现状[J]. 建筑创作, 2025(7).
- [4] 何东亮. 市政道路工程全过程质量管控体系构建[J]. 山西建筑, 2025, 51(24): 85-90. DOI: 10.13719/j.cnki.1009-6825.2025.24.019.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城镇道路工程施工与质量验收规范: CJJ 1-2008[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [6] 陈湘生, 张黎明, 刘树亚. 土木工程领域产学研协同创新模式与实践[J]. 高等工程教育研究, 2021(4): 56-62.