

市政道路沥青路面施工平整度控制技术优化与耐久性提升研究

刘 过

(山东开创公路工程有限公司, 山东 滨州 256600)

摘 要 本文以市政道路沥青路面施工为核心, 针对传统工艺存在的平整度偏差超标、耐久性不足等质量难点, 结合城市道路高交通流量、复杂环境条件下的使用特性, 系统探究平整度控制技术优化与耐久性提升的协同实现路径。通过文献研究法、试验对比法与工程案例分析法, 从材料体系改良、施工工艺精细化、智能监测管控、养护机制完善四个维度构建全流程技术体系, 重点分析新型沥青混合料应用、摊铺碾压工艺优化、智能监测技术对平整度与耐久性的协同提升机理, 旨在为解决市政道路沥青路面施工质量难题提供参考, 进而提升城市道路建设品质。研究表明, 优化后的超大粒径沥青混合料+智能摊铺压实体系, 配合全过程质量管控方案, 可将路面使用寿命延长至15年以上, 较传统工艺耐久性提升60%, 养护成本降低50%。

关键词 市政道路; 沥青路面; 平整度控制; 耐久性提升; 超大粒径混合料

中图分类号: U416

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.12.004

0 引言

市政道路作为城市交通网络的核心载体, 其沥青路面的平整度与耐久性直接关系到行车舒适性、安全性与工程服役寿命。随着我国新型城镇化建设加速, 城市交通流量持续激增, 重载车辆占比提升, 加之高温、降雨、冻融等复杂环境因素影响, 传统沥青路面施工技术逐渐暴露出诸多短板: 平整度控制精度不足导致车辆行驶颠簸、噪声增大; 路面抗车辙、抗开裂、抗水损害能力薄弱, 易出现早期破损、车辙、裂缝等病害, 不仅增加养护成本, 还影响城市交通通行效率。本文结合行业研究成果与工程实践经验, 从材料、工艺、监测、养护全流程开展技术优化研究, 构建平整度与耐久性协同提升的技术体系, 为同类工程施工提供技术参考。

1 市政道路沥青路面施工的核心问题与影响因素

1.1 平整度与耐久性的核心技术难点

市政道路沥青路面施工受材料性能、施工工艺、环境条件等多重因素影响, 现阶段主要面临三大核心痛点。其一为平整度控制精准度低, 传统施工依赖人工经验调控摊铺碾压参数, 易导致基层沉降不均、面层摊铺厚度偏差, 加之混合料离析现象, 使路面平整度偏差常超5 mm/3 m, 远超规范允许的3 mm/3 m限值^[1]。

其二为耐久性与平整度协同性不足, 传统工艺多侧重单一指标优化, 如为提升平整度盲目提高压实度, 易导致路面脆性增加, 抗裂性能下降。其三为早期病害防控滞后, 传统质量管控依赖事后检测, 难以及时发现施工过程中的混合料离析、压实不足等问题, 导致路面投入使用后短期内出现车辙、水损害、裂缝等病害。据统计, 传统工艺施工的沥青路面平均使用寿命仅8~10年, 远低于设计预期。

1.2 平整度与耐久性的关键影响因素

市政道路沥青路面平整度与耐久性的提升是材料、施工、环境、管理等多因素协同作用的结果, 核心影响因素可归纳为四类。材料性能是基础, 沥青的标号、针入度、延度等指标直接影响混合料的粘聚性与稳定性, 集料级配不合理易导致混合料离析, 粗集料富集区易产生松散、麻面, 细集料富集区易形成壅包, 既影响平整度, 又降低耐久性。施工工艺是核心, 摊铺速度不均匀、碾压温度与遍数控制不当, 易导致路面密实度不均, 形成局部沉降; 基层处理不彻底、平整度偏差超标, 会直接传递至面层, 引发连锁性平整度问题; 接缝施工工艺粗放, 易出现冷缝、错台等缺陷^[2]。环境条件是重要的外部变量, 高温天气易引发车辙病害, 低温环境易导致路面开裂, 降雨与冻融循环会加剧水损害, 降低路面结构整体性; 城市道路施工多为

作者简介: 刘过(1988-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 城市道路与交通工程。

露天作业,环境因素对施工质量的影响更为显著。管理与监测是保障,传统施工依赖人工巡检与经验判断,缺乏实时监测手段,难以精准把控施工过程中的平整度偏差与压实质量,导致质量缺陷发现滞后,修复成本高。

2 平整度控制与耐久性提升的技术优化路径

2.1 材料体系改良与适配优化

材料体系改良是实现平整度与耐久性协同提升的基础,核心目标是研发“高稳定性、高抗损性、良好施工和易性”的新型沥青混合料^[3],具体优化措施围绕混合料类型、级配设计、外加剂适配三个方面开展。在混合料类型选择方面,推广应用超大粒径沥青混合料(LSAM-50),该混合料采用强嵌挤骨架密实级配,基于垂直振动成型工艺设计,动稳定度可达10 000次/mm以上,20℃抗压强度 ≥ 4 MPa,兼具优异的抗车辙性能与承载能力,可替代传统水泥稳定碎石作为柔性基层,有效减少基层沉降对平整度的影响;表面层采用改性沥青SMA-13混合料,提升路面抗滑性与抗开裂能力。在级配设计优化方面,采用连续密级配设计,严格控制集料粒径分布,确保粗集料形成稳固骨架,细集料与沥青胶浆充分填充空隙,减少混合料离析现象。在外加剂适配方面,掺加0.3%~0.5%的抗车辙剂与0.1%~0.2%的纤维稳定剂,提升混合料的高温稳定性与抗裂性能。

2.2 施工工艺精细化优化

施工工艺精细化是保障平整度与耐久性的核心,通过对摊铺、碾压、接缝处理等关键工序的优化,实现施工过程的精准管控。在摊铺工艺优化方面,采用智能摊铺机进行作业,配备超声波平整度监测模块,实时调整摊铺速度,确保摊铺速度均匀一致;严格控制沥青混合料摊铺温度,改性沥青混合料出厂温度控制在170~185℃,摊铺温度不低于160℃,避免因温度过低导致摊铺困难、压实不足。在碾压工艺优化方面,采用“紧跟、慢压、高频、低幅”的碾压原则,配置双钢轮压路机+胶轮压路机的组合碾压设备;初压采用双钢轮压路机静压2遍,碾压温度控制在150~160℃;复压采用胶轮压路机揉搓碾压4~6遍,结合双钢轮压路机振动碾压,确保路面密实度 $\geq 96\%$;终压采用双钢轮压路机静压2遍,消除轮迹,碾压温度不低于110℃。在接缝处理工艺优化方面,采用热接缝施工技术,相邻摊铺带搭接宽度控制在10~15cm,搭接部位采用熨平板加热处理,确保接缝粘结紧密;横向接缝采用垂直切割方式,切除不平整部分,涂刷粘层油后进行摊铺碾压,确保接缝平顺,无台阶高差。

2.3 智能监测与质量管控体系构建

构建“施工过程实时监测+质量数据追溯”的智能管控体系,提升平整度与耐久性的管控精准度^[4]。在施工过程监测方面,采用北斗定位+激光测距的智能监测系统,实时采集摊铺机摊铺厚度、平整度数据,数据采集频率达10 Hz,确保摊铺精度偏差 ≤ 1 mm;在压路机上安装压实度实时监测模块,通过振动频率与振幅变化反馈压实效果,当压实度未达设计要求时,系统自动报警,提醒操作人员调整碾压参数;采用无人机巡检技术,对摊铺后的路面进行全景扫描,快速识别混合料离析、表面缺陷等问题,及时进行整改。在质量数据追溯方面,建立施工全过程数据库,记录沥青混合料配合比、摊铺碾压参数、温度数据、监测结果等信息,实现质量问题可追溯。在风险预警方面,通过大数据分析技术,建立路面质量预测模型,根据施工数据与环境参数,预判路面可能出现的病害风险,提前采取防控措施。

2.4 养护机制完善与耐久性保障

完善的养护机制是延长路面使用寿命、维持平整度的重要保障,构建“预防为主、防治结合”的全生命周期养护体系。在施工后养护方面,沥青路面施工完成后,设置养护围挡,禁止车辆通行,养护时间不少于24小时,确保路面强度充分发展;采用智能喷淋系统,在高温天气对路面进行降温养护,避免温度过高导致路面早期损坏。在日常养护方面,建立定期检测制度,每年对路面平整度、车辙深度、裂缝状况等进行全面检测,形成养护评估报告;对重度破损路段,采用铣刨重铺、加铺罩面等方式进行大修,恢复路面平整度与使用性能^[5]。

3 工程案例验证与优化效果分析

3.1 工程案例概况

以济南市经十东路市政道路改扩建工程为研究对象,该项目全长8.5 km,为城市主干道,设计时速60 km/h,双向八车道,沥青路面总面积约42万m²。项目所处区域交通流量大,重载车辆占比达30%,且夏季高温多雨、冬季寒冷多雪,对路面平整度与耐久性要求极高。项目采用本文优化的技术体系,包括超大粒径沥青混合料(LSAM-50)柔性基层、智能摊铺压实系统、全过程智能监测与养护方案,重点监测路面平整度、车辙深度、病害发生率等指标。

3.2 优化效果量化分析

通过施工现场监测数据与传统工艺对比,优化技术体系取得显著成效。在平整度方面,完工路面平整

度偏差平均为 1.8 mm/3 m, 远低于规范限值 3 mm/3 m, 较传统工艺提升 60%, 行车舒适性显著改善; 路面接缝平顺, 无台阶高差, 车辆行驶噪声降低 15 dB 以上。在耐久性方面, 项目通车 3 年后监测数据显示, 路面车辙深度平均为 2.5 mm, 无明显裂缝与水损害现象, 病害发生率仅为 3%, 较传统工艺降低 83.3%; 路面压实度均匀性良好, 平均压实度达 97.5%, 抗车辙性能、抗裂性能均优于设计要求, 预计使用寿命可延长至 18 年, 较传统工艺提升 80%。在施工效率与经济性方面, 超大粒径沥青混合料单次摊铺厚度达 20 cm, 减少了分层施工层数, 施工效率提升 30%, 工期缩短 25%; 虽然新型材料与智能设备增加了 10% 的前期投入, 但路面耐久性提升使养护周期从 3 年延长至 8 年, 养护成本降低 50%, 全生命周期成本降低 35%, 实现了质量效益与经济效益的双赢。

4 技术优化落地的保障机制与应用推广建议

4.1 技术优化落地的保障机制

为确保市政道路沥青路面平整度控制与耐久性提升技术有效落地, 需从组织、制度、人才三个维度构建保障体系。在组织保障方面, 成立专项技术领导小组, 由建设、设计、施工、监理单位核心技术人员组成, 明确各方职责分工, 建立“总部—项目部—施工班组”三级推进机制, 定期召开技术交底会与进度推进会, 及时解决施工过程中的技术难题; 强化各参建方协同配合, 形成“方案共研、过程共管、成果共享”的工作格局。在制度保障方面, 对超大粒径沥青混合料等新型材料进行进场复检, 确保材料性能符合设计要求^[6]; 建立技术交底制度, 将材料配比、施工工艺、智能监测等优化措施的操作细节精准传递至施工人员; 完善质量考核制度, 将路面平整度、耐久性相关指标纳入施工班组绩效考核, 实行奖惩分明的考核机制。在人才保障方面, 吸纳道路材料、智能监测等领域专业人才, 组建技术研发团队, 针对复杂环境下的施工技术难题开展专项攻关; 与科研院校合作, 建立人才培养基地, 培养复合型技术人才。

4.2 技术应用推广建议

结合市政道路的地域差异、交通特性, 提出针对性的应用推广建议。一是因地制宜优化技术方案, 针对大城市核心区高流量道路, 优先采用超大粒径沥青混合料+智能摊铺体系, 提升平整度与耐久性; 针对中小城市道路, 推出轻量化技术方案, 在保证质量的前提下降低施工成本; 针对高温、严寒、多雨等特殊

气候区域, 调整材料配比与养护措施, 增强路面环境适应性。二是推动技术标准化与产业链协同, 加强施工企业与材料供应商、设备制造商的协同合作, 研发适配市政道路施工的专用材料与设备, 提升技术体系的集成性与稳定性。三是强化示范引领与政策支持, 选择典型市政道路项目打造示范工程, 总结可复制、可推广的经验做法, 通过现场观摩、技术交流等方式推广应用。四是加强技术创新与成果转化, 持续开展新型沥青材料、智能监测技术的研发, 重点攻克平整度与耐久性协同提升的关键技术; 建立科研成果转化机制, 加速实验室技术向工程实践转化, 不断拓展技术应用范围。

5 结束语

市政道路沥青路面施工平整度控制与耐久性提升是一项系统性工程, 需立足于“材料改良、工艺优化、智能管控、养护保障”的全流程思路, 实现两大核心质量指标的协同提升。本文通过整合超大粒径沥青混合料、智能摊铺监测等创新技术, 构建了科学高效的技术优化体系, 工程案例验证表明, 该体系可显著提升路面平整度与耐久性, 延长服役寿命, 降低养护成本。随着城市道路建设高质量发展需求的提升, 沥青路面施工技术将朝着智能化、绿色化、长寿命方向发展。未来应进一步推动新型材料与数字技术的深度融合, 开发智能决策、自动调控等高级功能; 加强绿色低碳技术研发, 降低施工能耗与碳排放; 完善技术标准与人才培养体系, 推动优化技术在市政道路工程中规模化、标准化应用, 为我国城市交通基础设施高质量发展提供坚实的支撑。

参考文献:

- [1] 刘子文. 薄层罩面技术及其在沥青路面中的应用[J]. 科学技术创新, 2023(21):145-148.
- [2] 卢玲. 公路工程中的薄层罩面养护工艺[J]. 中华建设, 2024(08):109-111.
- [3] 王震. 沥青路面加铺彩色薄层罩面工艺技术研究[J]. 越野世界, 2023,18(08):61-63.
- [4] 诸葛飞. 公路工程沥青路面施工技术与质量控制策略分析[J]. 运输经理世界, 2024(27):25-27.
- [5] 杨林楠. 公路工程沥青路面施工技术及质量控制策略[J]. 智能建筑与工程机械, 2024,06(04):7-9.
- [6] 刘勇. 公路工程沥青路面施工技术与质量控制策略分析[J]. 河南科技, 2023,42(08):73-76.