

城市道路沥青路面平整度影响因素及改善措施

徐泉城, 王 浩, 赵浩凯

(济南市市政工程建设集团有限公司, 山东 济南 250000)

摘 要 城市道路沥青路面的平整度直接影响行车舒适性、安全性及道路使用寿命。本文结合济南市市政工程建设实践, 从材料控制、基层处理、施工机械、工艺操作及环境因素等方面, 分析影响沥青路面平整度的关键问题, 包括材料级配偏差、基层不均匀沉降、摊铺机作业参数不稳定等具体影响因素, 并以济南经十路、奥体西路等项目为例, 提出精细化材料配比设计、智能压实监控技术应用、施工工艺标准化管控等针对性改善措施, 以期为同类工程提供实践参考。

关键词 沥青路面; 平整度; 材料性能; 市政工程

中图分类号: U416

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.25.039

0 引言

沥青路面因具有噪声低、易维护、行车舒适等优点, 成为城市道路建设的首选。平整度作为衡量路面质量的核心指标, 不仅影响车辆行驶体验, 更与路面结构耐久性密切相关。济南市近年来城市更新项目频发, 如轨道交通配套道路改造、城市快速路建设等, 对沥青路面施工提出更高要求。在实践中发现, 部分路段通车后短期内出现波浪、裂缝、局部沉降等问题, 暴露出施工环节中对平整度控制的薄弱环节。本文结合本地工程案例, 从施工全流程剖析影响因素, 提出可落地的改善策略。

1 影响沥青路面平整度的主要因素

1.1 材料性能的稳定性不足

沥青混合料的级配、油石比及材料均匀性, 直接决定路面成型后的整体刚度与密实度。若矿料级配偏差过大或沥青用量波动, 易导致摊铺时混合料流动性不均, 形成局部离析或压实度差异^[1]。例如: 2022 年济南某支路改造工程中, 因沥青拌合站冷料仓皮带秤传感器故障, 未及时发现矿粉实际用量超出设计值, 导致摊铺后表面细集料偏少, 压实过程中出现“骨料架空”现象, 通车 3 个月后局部出现松散及细微裂缝, 返工处理时发现平整度标准差达 1.8 mm (规范要求 ≤ 1.5 mm)。

1.2 基层处理的质量传导效应

基层是路面结构的支撑基础, 其平整度缺陷会通过“刚度传递”直接影响沥青面层。若基层存在不均匀沉降、局部松散或平整度超标, 沥青层难以通过厚度调整完全弥补差异。例如: 济南经十路东段 2019 年拓宽改造时, 部分段落因原水泥稳定碎石基层龄期不

足, 新老基层衔接处压实度检测值相差, 导致沥青下面层摊铺后出现“波浪形”起伏。现场实测数据显示, 基层平整度标准差为 1.2 mm 时, 面层平整度标准差升至 1.6 mm, 超出规范允许范围。

1.3 施工机械的调试与协同问题

摊铺机和压路机的性能状态及操作参数, 是影响平整度的关键设备因素。摊铺机熨平板拼装精度不足、振捣频率不稳定或压路机碾压速度忽快忽慢, 均会导致压实度不均^[2]。例如: 2023 年奥体西路快速路施工中, 某标段摊铺机因液压系统漏油导致摊铺速度从 2.5 m/min 突然降至 1.8 m/min, 未及时调整振捣频率, 造成已摊铺段落出现“台阶式”接缝。事后取芯检测发现, 速度波动段压实度比正常段低 3%, 平整度仪检测值超限率达 20%。

1.4 施工工艺的细节把控缺失

摊铺与碾压工序的规范性直接影响路面成型质量。摊铺过程中混合料温度控制不当、接缝处理粗糙, 或碾压顺序混乱、重叠宽度不足, 易形成轮迹、推移等缺陷^[3]。例如: 济南纬十二路改造工程中, 某施工班组为追赶进度, 将初压、复压、终压的压路机组合从“双钢轮+胶轮+双钢轮”简化为“双钢轮+双钢轮”, 且复压速度提升至 6 km/h (规范建议 ≤ 5 km/h), 导致路面压实度达标但平整度不合格, 局部出现“搓板状”纹理, 返工耗时增加 15%。

1.5 环境因素的动态影响

施工时的温度、风速及下卧层含水率会间接影响混合料的摊铺和压实效果。高温环境下沥青黏度降低, 易出现摊铺推移; 低温时混合料冷却快, 压实难度增加,

易形成表面松散。例如：2021年冬季二环南路延长线施工中，某日平均气温降至5℃以下，未采取预热路床及缩短运输时间等措施，部分段落摊铺后初压温度已低于130℃（规范要求 ≥ 140 ℃），终压后表面构造深度不足，且平整度检测值较正常施工段高0.3mm。

2 提升沥青路面平整度的改善措施

沥青路面平整度的提升需贯穿施工全流程，从材料选择到工艺实施，再到环境应对，每个环节均需建立精细化管理体系。结合济南地区工程实践，具体改善措施如下。

2.1 材料控制：从源头确保混合料均匀性

2.1.1 严格配合比设计与动态验证

目标配合比确定后，需通过生产配合比调试验证实际生产可行性。针对济南常用的AC-13C、SMA-16等混合料类型，重点监控矿料级配中4.75mm、2.36mm筛孔的通过率，确保波动范围控制在合理区间。例如：2024年二环东路快速路改造时，拌合站引入在线级配监测系统，每车混合料出厂前自动检测3次级配数据，一旦发现矿粉或粗骨料比例异常，立即停机校准。这种动态监控手段使摊铺后路面平整度标准差稳定在1.2mm以内，远低于规范要求的1.5mm，为面层平整奠定了材料基础。

2.1.2 加强原材料进场检验

原材料质量直接影响混合料性能，需对沥青、碎石、矿粉实施“一车一检”制度。以碎石为例，重点控制针片状颗粒含量和含泥量，前者影响骨料间嵌挤结构，后者降低沥青与矿料的黏结力^[4]。济南某工业区道路施工初期，因误用含泥量超标的机制砂，导致混合料成型后局部松散，不得不返工处理。后续工程改用河砂并增加水洗工序，从源头杜绝了杂质影响，有效提升了混合料均匀性。

2.2 基层处理：构建坚实均匀的支撑体系

2.2.1 强化基层平整度验收标准

基层是路面结构的受力基础，其平整度缺陷会逐层传导至面层。济南将水泥稳定碎石基层平整度控制标准从规范要求的1.5mm提升至1.2mm，采用3m直尺每20m检测10处，一旦发现超标段落，必须用铣刨机彻底处理。例如：2023年经十路中央隔离带改造时，部分原基层因长期荷载出现局部下沉，施工团队先对沉降区域注浆加固，再铺设10cm厚C30混凝土调平层，确保基层平整度达标后才进行沥青摊铺，从根本上避免了“下糙上不平”的质量隐患。

2.2.2 重视新老结构衔接处理

在道路拓宽或交叉口改造工程中，新旧基层衔接

处易因刚度差异产生裂缝或沉降。例如：济南奥体中心周边道路扩建时，对新旧基层采用“阶梯式”搭接工艺，搭接宽度不小于30cm，并在结合部铺设钢塑格栅，增强界面整体性。实测数据显示，此类处理使沥青面层接缝处平整度差异从0.8mm降至0.3mm，显著提升了衔接区域的平顺性。

2.3 机械管理：精准调试与规范操作并重

2.3.1 摊铺机参数标准化设置

摊铺机性能直接决定摊铺精度，需在施工前校准关键参数。以济南工业南路快速化改造为例，摊铺前将熨平板拼装间隙控制在1mm以内，设定振捣频率50Hz、振幅1.2mm，摊铺速度根据混合料类型控制在2~3m/min，并配备激光找平仪实时监测标高。同时，固定操作手并建立参数日志，避免人为操作波动。通过标准化调试，该项目摊铺精度较常规施工提升，为后续压实工序创造了有利条件。

2.3.2 压路机组合与速度控制

碾压工序需遵循“初压稳、复压密、终压平”的原则，采用合理的机械组合。例如：济南西站片区道路施工中，严格执行“初压双钢轮（11~13t，速度2~3km/h）→复压胶轮（25t以上，速度3~4km/h）→终压双钢轮（13~16t，速度3~5km/h）”的流程，轮迹重叠宽度不小于30cm。这种分层压实工艺使路面压实度合格率达99%，平整度一次验收通过率提升至95%，有效避免了轮迹、推移等缺陷。

2.4 工艺优化：细节把控提升施工精度

2.4.1 摊铺接缝精细化处理

接缝是平整度控制的难点，需区分纵缝与横缝采取不同工艺。纵向接缝采用热接缝时，相邻摊铺机保持10~20m间距，重叠摊铺5~10cm，确保混合料温度一致；横向接缝则采用垂直接缝，用3m直尺检测后切除不平整段落，涂刷粘层油增强粘结^[5]。2021年旅游路东段大修工程中，在横接缝处增设木模固定，使接缝平整度差异从1.0mm降至0.5mm以下，肉眼几乎难以察觉衔接痕迹。

2.4.2 温度控制贯穿全流程

温度是影响混合料压实效果的关键因素，需对拌合、运输、摊铺、碾压各环节严格控温。以济南黄河大道施工为例，混合料出厂温度控制在160~170℃，运输过程加装保温帆布，确保到达现场温度不低于150℃；摊铺温度不低于140℃，初压在135℃以上进行，终压完成时温度不低于90℃。通过红外测温仪每车检测，实时调整施工节奏，避免因温度离析导致压实不均，保障了面层整体平整度。

2.5 环境应对：针对性制定季节性施工方案

2.5.1 高温季节防推移措施

夏季高温易导致混合料软化，摊铺时易出现推移现象。例如：济南二环西路暑期施工时，通过调整混合料级配，适当增加 3%~5% 的粗骨料比例，提高骨架结构稳定性；同时将摊铺速度降至 2 m/min 以下，压路机紧跟摊铺机碾压，减少高温停留时间。这些措施使路面成型后未出现任何波浪式缺陷，平整度检测全部达标。

2.5.2 低温季节防开裂策略

冬季低温环境下，混合料冷却快、压实难度大，易产生早期裂缝。例如：2022 年腊山北路冬季施工时，提前对路床预热至 15℃ 以上，混合料中添加抗剥落剂增强粘结力，从拌合到终压控制在 90 分钟内完成，并在压实后覆盖土工布保温。实测显示，该路段早期裂缝发生率较常规施工显著减少，平整度较同类工程提升 0.3 mm，验证了低温施工工艺的有效性。

3 工程案例：以济南经十路改造工程为例

济南经十路作为贯穿城市东西的交通主干道，日均车流量超过 15 万辆，对路面平整度要求极高。2023 年东段拓宽改造工程中，针对老路沉降、新老路基衔接及复杂交通导改等挑战，形成了一套系统化平整度控制方案，成为同类工程的标杆案例。

3.1 工程概况与难点

改造段落全长 3.2 km，包含桥梁段、隧道段及地面段，原水泥稳定碎石基层存在局部松散（取芯强度变异系数达 18%）和不均匀沉降（最大沉降差 5 mm/10 m），新老路基差异沉降风险突出。此外，施工期间需维持半幅通车，摊铺机、压路机作业空间受限，对机械协同和工艺精度提出更高要求。

3.2 针对性控制措施

3.2.1 基层处理双保险

对原基层采用“探地雷达全断面扫描+取芯验证”，定位 23 处强度薄弱区，采用 C25 混凝土置换处理；新老路基衔接处设置 50 cm 宽台阶，铺设两层钢塑格栅（抗拉强度 ≥ 50 kN/m），并增加 3 遍振动碾压，使衔接段压实度从 96% 提升至 98.5%。

3.2.2 智能摊铺系统应用

引入 ABG8620 型摊铺机，搭载超声波找平仪与 BIM 模型联动，每 10 cm 自动校准摊铺标高，针对桥梁段预应力反拱变形（最大拱度 3 mm），提前在找平仪中输入补偿参数，使桥面沥青层厚度偏差控制在 ± 2 mm 以内。

3.2.3 精细化接缝管理

横向接缝采用“隔夜切割+热再生搭接”工艺，即每日收工前用切割机划出垂直缝，次日摊铺前对旧茬加热至 140℃ 以上，重叠摊铺 15 cm 并重点碾压，实测接缝处平整度标准差从 1.1 mm 降至 0.6 mm。

3.3 实施效果与数据验证

工程完工后，采用 3D 激光断面仪全幅检测，平整度标准差均值 1.0 mm，优于规范要求（ ≤ 1.5 mm）；通车 1 年后复测，路面纵断高程偏差 ≤ 3 mm，无明显车辙或波浪形缺陷，平整度合格率保持 98% 以上。该项目实践证明，通过“精准诊断—智能装备—工艺创新”的组合应用，可有效解决复杂工况下的平整度控制难题。

3.4 经验推广价值

经十路改造中形成的“检测定位—分层处理—动态校准”技术路线，已在济南奥体中路、二环南路等项目复制应用。例如：奥体中路隧道出口段通过类似措施，将因温度梯度导致的平整度缺陷率从 12% 降至 2%，为城市快速路、主干道的高品质建设提供了可迁移的工程范式。

4 结束语

城市道路沥青路面平整度的控制，是材料、机械、工艺与环境多因素协同作用的结果。通过济南地区多年工程实践可知，需从三个层面强化管控：一是源头治理，严把材料质量与基层验收，杜绝“上粗下糙”的质量隐患；二是过程控制，通过机械参数标准化、工艺操作规范化，减少人为因素干扰；三是动态调整，根据环境变化灵活优化施工方案，实现对平整度的全流程精准把控。在实际工程中，要紧扣施工各环节的薄弱点，以问题为导向落实细节管控，才能实现沥青路面平整度的显著提升，为城市道路品质化建设提供可靠支撑。

参考文献：

- [1] 夏勇. 探析沥青路面机械施工技术的应用[J]. 低碳世界, 2023, 13(08): 148-150.
- [2] 《中国公路学报》编辑部, 董侨, 杜豫川, 等. 中国路面工程学术研究综述·2024[J]. 中国公路学报, 2024, 37(03): 1-81.
- [3] 吴育城. 论市政道路沥青路面施工技术控制要点及通病防治[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(15): 148-150.
- [4] 王晓鑫. 就地热再生工艺在城市道路改造中的应用[J]. 科技创新与应用, 2023, 13(04): 174-177.
- [5] 陈增锋. 沥青混凝土路面施工的平整度控制措施与分析[J]. 四川水泥, 2021(03): 20-21.