

市政路桥工程沥青路面早期损坏的成因分析与防治措施

蔡必挺

(广东雄辉市政公用工程有限公司, 广东 佛山 528318)

摘要 在市政路桥工程中, 沥青路面凭借行车舒适、施工便捷等突出优势, 在实际建设中得到广泛应用。然而, 其早期损坏问题频发, 不仅显著缩短了路面的使用寿命, 还大幅度增加了后期养护成本。本文以裂缝、车辙、松散等典型早期损坏形式为研究对象, 结合相关规范要求, 从材料性能、施工工艺、设计理念、环境与荷载作用四个维度系统剖析早期损坏的深层成因, 同时提出涵盖材料管控、施工优化、设计完善、养护管理的全生命周期防治体系, 并通过工程实践案例验证相关措施的有效性, 以期提升市政沥青路面耐久性提供技术参考。

关键词 市政路桥工程; 沥青路面; 早期损坏; 裂缝; 变形

中图分类号: U416

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.01.034

0 引言

市政路桥作为城市交通网络的核心载体, 其路面性能直接关系到交通通行效率与行车安全。沥青路面凭借表面平整、减震降噪、维修便捷等特点, 在我国城镇道路建设中得到广泛应用。然而, 近年来多地市政道路沥青路面在通车后短时间内便出现裂缝、车辙、坑槽等早期损坏现象, 部分路段甚至因损坏严重需提前进行大修, 这不仅造成巨大经济浪费, 还对城市交通运行产生诸多不良影响。例如: 北方某省会城市的一条主干道, 通车不久后便出现大面积横向裂缝与网裂, 在夏季高温时段, 局部车辙问题已超出规范要求, 不得不投入大量资金实施应急养护。

1 市政沥青路面早期损坏的典型类型及特征

1.1 裂缝类损坏

裂缝是市政沥青路面最常见的早期损坏形式, 按形态可划分为横向裂缝、纵向裂缝与网状裂缝。其中横向裂缝多呈规则的横向分布, 间距通常为 5~15 米, 其形成主要源于温度变化引发的沥青面层收缩作用, 这一现象在北方严寒地区因温差剧烈而尤为突出。另外, 纵向裂缝则沿道路行车方向延伸, 部分还会伴随路面沉降问题, 其产生多与基层施工质量缺陷或路基不均匀沉降密切相关。此外, 网状裂缝则表现为交错的裂缝网络, 其初期呈细微裂纹, 后期逐渐发展为块状破损, 从本质上看, 这是沥青混合料老化衰减与路

面结构强度不足两大因素共同作用的综合体现^[1]。

1.2 变形类损坏

车辙作为沥青路面最典型的变形类损坏, 主要表现为行车道轮迹处的纵向连续性凹陷, 且在交叉口、公交站点等重载集中区域尤为突出。在市政道路中, 公交车、垃圾运输车等重型车辆的反复碾压, 加上夏季高温导致的沥青软化, 极易引发车辙变形。此外, 部分路段若存在基层压实度不足的施工质量问题, 还可能诱发不均匀沉降型车辙, 其典型特征为凹陷区域边缘伴随轻微隆起现象, 进一步加剧路面破损程度。

1.3 松散类损坏

松散类损坏初期表现为路面集料轻微脱落, 进而形成“麻面”, 随着损坏程度的持续发展, 后期会逐渐演变为坑槽。从成因来看, 此类损坏的核心诱因是沥青与集料的黏结力的丧失, 具体可能源于施工阶段集料含水率超标、长期使用过程中沥青老化, 或是雨水渗入基层后引发的结构层剥离等因素。另外, 在雨季集中的南方城市, 松散类损坏往往与裂缝类损坏伴随出现, 雨水通过裂缝侵入基层, 进而破坏面层与基层的结合界面, 最终造成集料松散脱落^[2]。

2 沥青路面早期损坏的成因分析

2.1 材料性能缺陷

材料质量是决定沥青路面耐久性的核心基础, 其性能缺陷往往直接导致早期损坏。在沥青材料方面,

作者简介: 蔡必挺 (1976-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 市政路桥施工。

部分工程选用的基质沥青针入度偏小、延度不足，导致低温抗裂性能较差，冬季易在行车荷载与温度应力共同作用下产生横向裂缝。而聚合物改性沥青若储存温度过高或储存时间过长，则极易出现离析现象，进而导致路面局部抗老化性能下降。另外，在集料选择上，采用针片状含量超标的集料会大幅度降低混合料骨架强度，影响整体承载能力。

2.2 施工工艺不规范

施工环节的质量控制缺陷是引发早期损坏的关键诱因，其中主要包含混合料生产、摊铺、压实全流程。在混合料生产阶段，搅拌温度控制不当是常见问题，如果温度过高会加速沥青老化，从而降低黏结性能；而温度过低则导致混合料拌和不均匀，最终出现“花白料”问题。例如：在某城市快速路施工中，由于沥青混合料出厂温度波动范围超过 $\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，而未及时采取有效调控措施，导致道路通车后1年内便出现局部网裂与松散现象，这印证了生产阶段温度管控缺陷对道路耐久性能产生直接影响。

摊铺与压实工艺作为沥青路面施工的核心环节，直接决定了路面密实度与平整度的控制效果。摊铺时若摊铺机速度忽快忽慢，就会导致面层厚度不均匀，进而在局部形成结构薄弱区域。而在压实环节，若压路机组合方式不合理或碾压遍数不足，不仅会导致路面压实度偏低，还会使空隙率超出规范要求，从而导致雨水易渗入路面结构内部，进而引发水损害问题。此外，基层施工质量对路面整体性能同样具有深远影响。以水泥稳定碎石基层为例，若其养护期未满足设计要求便提前开放交通，则基层易产生早期结构性损伤，该损伤会进一步向上反射至沥青面层，从而形成难以修复的反射裂缝^[3]。

2.3 设计理念不合理

设计阶段的考虑不周为路面早期损坏埋下隐患，主要体现在结构设计参数选取两方面。在结构层设计上，部分市政道路因过度追求建设成本控制，采用的沥青面层厚度偏薄，从而无法承受重型车辆的反复荷载。例如：在北方某城市次干道设计中，沥青面层仅采用4 cm细粒式沥青混凝土+5 cm中粒式沥青混凝土的组合，该道路仅通车1年便在公交站点处出现明显车辙。

参数选取与实际工况脱节同样常见。设计时若未充分调研路段交通量构成，对公交车、重型货车等特殊荷载考虑不足，就会导致轴载预估偏低，进而导致路面结构层强度设计无法满足实际承载需求。此外，排水系统设计不完善亦是不可忽视的重要诱因，若路表排水坡度设置不足、边沟排水能力未达设计标准，

就会导致雨水在路面长时间滞留，进而通过路面裂缝或结构空隙侵入基层，最终引发结构层损坏^[4]。

2.4 环境与荷载作用

自然环境与交通荷载的耦合作用是加速路面早期损坏的外部诱因。其中，温度变化对沥青路面的影响尤为显著，北方地区年温差可达 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上，沥青面层在“低温收缩—高温膨胀”的反复循环中产生疲劳应力，最终形成温度裂缝。而在黑龙江省等严寒地区，冬季路面结冰后车辆碾压产生的冰层膨胀力会破坏集料与沥青的黏结界面，待春季融雪时水分易沿破损界面侵入路面结构内部，进一步加剧松散损坏。

交通荷载的影响具有双重性：首先，当前市政道路交通流量增长速度远超设计预期，且大型车辆超载现象较为普遍，导致路面承受的实际轴载长期超出设计标准。其次，交通流分布存在显著不均，交叉口、公交站点等区域易形成高频次荷载集中效应，进而加速局部路面老化进程。例如：某市中心商业区道路因日均大型货车通行量超设计值3倍，且公交站点密集，仅通车2年便出现深度超过2 cm的车辙，如此就需要进行铣刨重铺^[5]。

3 沥青路面早期损坏的防治措施

3.1 强化材料全流程质量管控

建立从材料选型到进场检验的全链条质量控制体系，是预防早期损坏的基础。在材料选型阶段，需结合地域气候特征进行针对性选择：对于北方严寒地区应优先选用针入度 $40\sim 60(0.1\text{ mm})$ 、延度 $\geq 50\text{ cm}$ 的改性沥青，同时配合吸水率 $\leq 3\%$ 的碱性集料，以提升材料抗冻裂性能。而对于南方多雨地区则应选用水稳定性优异的SMA混合料，进而增强路面抗松散能力。此外，密封材料的选择必须符合相关标准和要求，其中加热型密封胶的破坏应变 $\geq 300\%$ ，贴缝胶的常温黏结强度不应低于 0.15 MPa 。

在材料进场检验环节需严格执行“双检制度”，不仅要核查材料出厂合格证，还需按规范进行抽样检测。沥青材料重点检测针入度、延度、软化点三大指标，集料需控制针片状含量 $\leq 15\%$ 、含泥量 $\leq 3\%$ ，而混合料出场前必须完成马歇尔稳定度、流值及空隙率的检测，确保各项指标均符合设计要求。对于检测不合格的材料要实行“零容忍”原则，一经发现坚决清退出场，从源头保障工程质量安全^[6]。

3.2 优化施工工艺与质量控制

以精细化施工理念规范全流程操作，重点强化关键工序管控。在混合料生产阶段，通过引入智能温控

系统确保加热温度波动范围控制在 ± 5 °C 内, 同时其搅拌时间不少于 45 秒, 以保证混合料拌和均匀。另外, 在进入摊铺施工环节前, 需先对下层进行清理并涂刷黏层油, 且黏层油用量要控制在 $0.3 \sim 0.5 \text{ kg/m}^2$, 从而确保面层与基层黏结牢固。在摊铺作业过程中, 摊铺机应采用匀速行驶模式, 将行驶速度控制在 $2 \sim 6 \text{ m/min}$, 以避免路面厚度出现不必要的波动。

压实工艺需结合混合料类型制定专项方案: 对于 AC 型混合料应采用“初压静压+复压振动+终压静压”的组合方式, 而 SMA 混合料因集料特性, 需减少振动碾压次数, 防止集料破碎。在压实度控制方面, 要采用“双指标检测”体系, 既检测钻芯样密实度, 又通过无核密度仪进行现场连续检测, 从而确保路面空隙率能够严格控制在 $3\% \sim 6\%$ 的合理范围。

基层施工质量控制同样关键, 在水泥稳定碎石基层施工后需保证 7 天以上养生期, 且养生期间严禁车辆通行。养生结束后需及时检测基层弯沉值, 对于检测结果不合格的路段, 必须立即采取返工处理措施, 如此可从源头上避免反射裂缝产生^[7]。

3.3 完善设计方案与适应性优化

秉持“全生命周期设计”理念, 提升设计方案的科学性与适应性。在结构层设计方面, 应根据交通量等级合理确定厚度: 主干道沥青面层厚度不应小于 12 cm, 采用“下面层粗粒式+中面层中粒式+上面层细粒式”的三层复合结构。而公交专用道等重载集中区域可增设 4 cm 厚的改性沥青玛蹄脂碎石 (SMA-13) 上面层, 从而显著增强路面抗车辙性能。

参数选取需结合实际工况, 通过现场交通量调查明确重载车辆比例, 再采用轴载换算公式对设计轴载进行修正。另外, 在气候适应性设计方面因地制宜, 北方地区在下面层采用橡胶沥青混合料, 并利用橡胶的弹性提升抗裂性能。而南方地区要优化排水设计, 并增设边缘排水系统, 以保障路面结构稳定性。

裂缝养护设计应严格遵循“早发现、早处理”原则, 根据裂缝宽度选择对应措施: 宽度 $< 5 \text{ mm}$ 的裂缝应采用贴缝胶处理, 而宽度 $\geq 5 \text{ mm}$ 的裂缝应采用加热型密封胶灌缝。此外, 设计文件中还需明确密封材料性能指标、施工工艺要求及质量验收标准, 以确保养护效果符合规范要求^[8]。

3.4 建立精细化养护管理体系

为延长路面的实际使用寿命, 需构建“监测—评估—养护”一体化的精细化管理体系, 通过全流程闭环管控提升道路养护科学性与实效性。在建立常态化

监测机制时, 应采用道路检测车每年进行 1 次全面检测, 重点监测裂缝密度、车辙深度、平整度等指标, 同时对交叉口、公交站点等重点区域每季度进行人工巡查, 以记录损坏发展情况。

制定差异化养护策略, 根据损坏类型选择对应技术: 对轻微网裂采用稀浆封层处理, 厚度控制在 $3 \sim 5 \text{ mm}$, 对车辙深度 $1 \sim 2 \text{ cm}$ 的路段采用微表处养护, 选用高模量改性乳化沥青增强抗变形能力。另外, 对已形成的坑槽, 可采用“切边—清理—喷洒黏层油—填补混合料”的标准化工艺修补, 从而确保修补质量。此外, 养护施工应选择适宜时机, 加热型密封胶施工宜在 $5 \sim 35$ °C 环境下进行, 以避免出现低温脆裂或高温流淌问题。

4 结束语

市政路桥工程沥青路面早期损坏, 是材料、施工、设计及环境荷载多因素共同作用的结果, 这不仅会缩短路面使用寿命, 还会大幅度增加养护成本, 从而直接影响城市交通运行。基于此, 本文提出强化材料管控、优化施工工艺、完善设计方案及建立精细化养护体系的综合防治措施, 同时秉持“预防为主、防治结合”的全生命周期管理理念, 为提升路面耐久性提供了路径参考。未来, 需不断研发和推广新型改性沥青材料和绿色养护技术, 使市政沥青路面早期损坏问题得到更精准的管控, 助力城市交通基础设施的高质量发展, 为市民出行提供更安全、舒适的交通环境。

参考文献:

- [1] 李历民. 浅谈高速公路沥青路面的早期损坏与预防性养护[J]. 模型世界, 2023(09):76-78.
- [2] 李静一, 王浩. 沥青路面早期损坏原因及处治方法分析[J]. 技术与市场, 2021, 28(09):131-132.
- [3] 罗磊. 市政工程沥青混凝土路面早期损坏原因及防治措施[J]. 工程建设与发展, 2025, 04(08):16-18.
- [4] 胡晓宇, 陈辉亚. 沥青路面早期水损坏演化分析及评价指标研究[J]. 公路, 2022, 67(07):130-134.
- [5] 胡晓宇, 单建飞, 姜正晖. 基于浸水汉堡车辙试验的沥青路面水损坏性能评价[J]. 公路工程, 2022, 47(03):125-130.
- [6] 何鹏. 城市道路沥青路面早期损坏的成因分析与预防措施[J]. 建筑工程技术与设计, 2021(11):1262.
- [7] 李涛. 废旧沥青路面材料大比例再生利用技术[J]. 建材发展导向(上), 2021, 19(05):172-173.
- [8] 赵家胜. 道路养护中沥青路面再生还原密封技术的应用[J]. 黑龙江交通科技, 2023, 46(05):94-96.