

公路沥青路面常见病害成因及养护技术研究

臧宝胜

德州市公路事业发展中心宁津分中心 山东 德州 253400

摘要:随着我国公路交通事业的高速发展,路网运营对沥青路面长期服役性能、行车安全保障与全寿命周期成本控制的要求持续提升,沥青路面病害的系统研究与精准防控至关重要。系统梳理裂缝类、变形类、松散类、表面破损类四大典型病害的表现特征与演化规律,明确各类病害的损伤机制与潜在危害。深入解析材料性能、施工管控、环境侵蚀、荷载作用四大核心因素对病害发展的影响,最后从全周期养护维度,提出适配不同场景的预防性、修复性等系列养护技术与性能优化路径。

关键词:公路沥青路面;路面病害;病害成因;养护技术

引言:我国高等级公路建设已实现规模化、高质量发展,沥青路面凭借行车舒适性强、施工效率高、力学性能稳定等突出优势,已成为国内公路工程铺装的核心形式。在长期重载交通循环作用与复杂自然环境的持续侵蚀下,沥青路面不可避免出现各类病害,不仅大幅降低行车安全性与通行体验,还会加速结构性能衰退,显著提升全寿命周期运维成本。厘清病害演化规律、探明核心诱发因素、构建科学适配的养护技术体系,是当前公路运维领域亟须突破的核心命题。

1 公路沥青路面病害研究的重要性

公路沥青路面病害研究的重要性体现在对路面性能衰退机制的深度解析与长期服役性能的精准把控。通过系统研究裂缝、车辙、松散等病害的形成规律与演化路径,可揭示材料性能衰变、环境荷载耦合、施工工艺缺陷等内在关联,为路面设计参数优化、材料抗老化改良、施工质量控制提供科学依据。病害研究聚焦于病害早期识别与预防性干预,通过高精度检测技术与性能衰变模型,实现病害发展临界点的精准预测,避免小范围损伤演变为结构性破坏。研究成果直接关联路面全寿命周期成本优化,通过延缓病害发生、减少修复频次、延长中后期使用寿命,降低道路运营维护的综合成本,提升道路使用安全性与舒适性,是保障公路网络高效稳定运行、支撑区域交通可持续发展的核心技术支撑,具有显著的基础性与前瞻性价值^[1]。

2 公路沥青路面常见病害类型

2.1 裂缝类病害

公路沥青路面裂缝类病害是路面结构在自然环境与行车荷载长期作用下形成的典型损伤形式,主要表现为横向裂缝、纵向裂缝及网状龟裂等形态。横向裂缝多因温度骤变引发沥青材料收缩开裂,或基层反射裂缝向上

扩展形成;纵向裂缝常由路基不均匀沉降、施工接缝处理不当或车辆荷载重复作用导致;网状龟裂则源于路面结构强度不足,在重复荷载与水分侵蚀共同作用下,沥青层逐渐碎裂成细小网状裂纹。此类病害若未及时修复,水分将通过裂缝渗入路面结构层,加速基层材料软化与路基沉降,进而引发更严重的路面破坏,如坑槽、沉陷等。裂缝类病害的早期识别与科学养护对延长路面使用寿命、保障行车安全具有重要意义,需通过定期检测、精准评估病害发展阶段,采取针对性修复措施以维持路面结构完整性。

2.2 变形类病害

变形类病害是沥青路面在荷载与环境综合作用下产生的结构性形变,典型表现包括车辙、沉陷、波浪及拥包等形态。车辙多因高温条件下沥青软化,在车辆重复碾压下形成纵向带状凹槽,影响行车轨迹稳定性;沉陷则源于路基压实度不足或地下水位波动,导致路面局部垂直位移,形成明显高低差;波浪表现为路面连续起伏的波浪状变形,常因沥青混合料级配失衡或施工碾压不充分引发;拥包多出现在车辆频繁启停区域,沥青层局部隆起形成小丘状凸起,影响行车舒适性,此类病害若未及时干预,会加速路面结构损伤,如裂缝扩展、层间剥离等,缩短路面使用寿命。早期识别变形特征、分析成因机制,结合定期检测与动态监测技术,可精准掌握病害发展规律,为制定科学养护策略、维持路面结构安全提供关键数据支撑。

2.3 松散类病害

公路沥青路面松散类病害是沥青混合料失去黏结力、颗粒脱落或整体性破坏的典型表现,多因材料老化、温度波动、水分渗透及施工工艺缺陷引发,此类病害初期表现为表层细料脱落,形成局部麻面或轻微坑槽,随时

间推移逐渐扩展为大面积松散区域,影响行车舒适性与安全性。成因复杂,既包含沥青胶结料氧化硬化导致的黏附性下降,也涉及集料表面粉尘污染削弱沥青裹覆效果,还有反复冻融循环加速颗粒分离的作用;松散病害不仅降低路面平整度,还可能引发次生问题,如雨水下渗加剧基层水损害,或形成局部薄弱点加速裂缝扩展。病害发展具有渐进性特征,早期隐蔽性强,需通过定期检测与动态监测及时识别,避免小范围松散演变为结构性破坏,保障路面长期服役性能与耐久性^[2]。

2.4 表面破损类病害

公路沥青路面表面破损类病害主要表现为路面表层结构完整性受损,呈现局部或大面积可见损伤形态,常见形式包括细小裂缝扩展、局部剥落、轻微坑洼及表面磨损加剧等。此类病害多源于沥青混合料表面层性能退化,如沥青胶结料光氧化硬化导致脆性增加,或集料级配不合理引发抗滑性能下降;亦可能因行车荷载反复作用形成疲劳开裂,或温度骤变引发收缩应力集中造成网状裂纹。表面破损初期可能仅影响美观与行车舒适性,但随时间推移会加速水分渗透,诱发基层水损害或松散类病害连锁反应;病害发展具有隐蔽性与渐进性,需通过高精度检测技术识别早期微小损伤,结合材料性能衰变规律分析成因,从而在病害扩展前采取预防性养护措施,延缓路面性能衰退,维持结构耐久性与使用功能稳定性,保障道路长期安全高效运行。

3 公路沥青路面病害的成因

3.1 材料因素

公路沥青路面病害的材料因素主要涉及沥青胶结料、集料及添加剂的性能缺陷与衰变规律。沥青胶结料易受光氧化、热老化影响,导致黏度增加、韧性降低,削弱与集料的黏附性;集料级配不合理或表面粉尘污染会降低混合料密实度,加剧水分渗透与剥落风险;抗剥落剂、稳定剂等添加剂若配比不当或质量不达标,可能引发早期水损害或加速材料老化。材料生产过程中的质量控制缺失,如沥青针入度、软化点波动超标,集料压碎值、磨光值不符合要求,均会直接影响路面耐久性。材料性能衰变具有渐进性特征,需通过定期抽样检测与性能追踪,识别老化速率与损伤阈值,从而在材料性能临界点前采取预防性措施,延缓病害发生,保障路面结构长期稳定性与使用功能持续性。

3.2 施工因素

公路沥青路面病害的施工因素涵盖工艺控制、设备操作及环境适应等多维度问题。混合料拌合温度波动过大易导致沥青老化或黏结力不足,摊铺时厚度不均会引

发局部应力集中,压实环节若碾压次数不足或压路机吨位不匹配,则会造成空隙率超标,加速水分渗透与松散病害发生。施工环境温度骤变可能引发沥青混合料收缩开裂,高湿度环境易导致水分滞留,削弱层间黏结效果;风速过大则可能加速沥青表面温度散失,影响摊铺平整度与压实质量;设备操作不规范,如压路机急停急启、碾压路径重叠不足,易产生表面裂纹或局部压实缺陷。施工因素对路面耐久性的影响具有累积性,需通过精细化管理、设备状态监控及环境适应性调整,确保各环节参数精准控制,从源头降低病害发生概率,延长路面服役寿命^[3]。

3.3 环境因素

环境因素对公路沥青路面病害的影响体现在温度、湿度、降水及紫外线等多维度作用。温度波动引发沥青混合料热胀冷缩,高温下沥青软化导致车辙变形,低温时脆性增加易产生温缩裂缝;湿度变化通过水分渗透影响层间黏结,高湿度环境加速水分滞留,削弱沥青与集料黏附性,诱发水损害与松散病害;降水冲刷加剧表面磨损,雨水下渗形成基层水损害,加速裂缝扩展与坑槽形成。紫外线辐射促使沥青光氧化老化,黏度上升、韧性降低,加速表面龟裂与剥落;环境因素作用具有长期性与累积性,需通过材料抗老化设计、排水系统优化及路面结构适应性调整,降低温度梯度、减少水分滞留、延缓紫外线老化速率,从而提升路面环境适应性,延长病害发生周期,保障路面结构稳定性与使用功能持续性。

3.4 荷载因素

荷载因素对公路沥青路面病害的影响主要体现在车辆轴载特性与交通流特征的综合作用。重载车辆比例增加会显著提升路面承受的动态压力,加速沥青层压密变形与车辙形成;频繁的重复荷载作用易引发疲劳开裂,尤其在弯道、坡道等应力集中区域,裂缝扩展速率明显加快。轴载分布不均导致局部区域应力叠加,形成薄弱点,易诱发横向裂缝或网状裂纹;交通流量的季节性波动与昼夜温差变化,会加剧荷载与环境的耦合效应,如夏季高温重载叠加易产生流动变形,冬季低温脆性路面在重载下更易开裂。荷载因素的作用具有动态性与累积性,需通过轴载监测、交通流量分析与路面结构动态响应评估,识别关键荷载参数与损伤阈值,从而优化路面设计参数,提升抗荷载能力,延缓病害发生,保障路面长期使用性能与结构安全性。

4 公路沥青路面养护技术

4.1 预防性养护技术

公路沥青路面预防性养护技术聚焦于病害发生前或

初期阶段,通过主动维护延缓性能衰退,延长使用寿命。该技术涵盖雾封层、碎石封层、微表处、稀浆封层等具体措施,通过恢复表面密水性、增强沥青黏结力、改善抗滑性能等方式,抑制水分渗透、减缓老化速率、防止微小病害扩展。实施时机需基于路面性能指标动态评估,如平整度衰减、车辙深度增长、裂缝宽度扩展等,选择在病害发展临界点前介入,避免小范围损伤演变为结构性破坏;技术效果需通过短期性能恢复与长期耐久性提升双重验证,结合定期检测追踪路面状况变化,评估养护措施的有效性。预防性养护以较小投入实现较大效益,降低全寿命周期成本,是保障路面长期稳定服役的关键技术路径,具有显著的经济性与可持续性优势^[4]。

4.2 修复性养护技术

公路沥青路面修复性养护技术针对已出现明显病害的路面实施针对性修复,恢复结构完整性与使用功能。该技术涵盖铣刨重铺、局部修补、裂缝灌缝、坑槽填补等具体措施,通过清除损坏层、补强材料填充、表面恢复等方式,解决车辙、裂缝、坑槽、松散等具体病害问题。实施时需精准识别病害类型、范围及成因,如车辙深度超过阈值需铣刨重铺,裂缝宽度超限需灌缝处理,坑槽边缘破损需切割修补;技术效果需通过修复后平整度、密实度、抗滑性能等指标验证,确保修复区域与周边路面协调匹配。修复性养护以局部修复替代整体重建,降低养护成本,延长路面中后期使用寿命,是维持路面服役性能的重要技术手段,具有明确的问题导向性与实效性特征。

4.3 日常养护技术

公路沥青路面日常养护技术聚焦于日常维护与小范围病害快速处理,保障路面持续稳定运行。该技术涵盖日常巡查、路面清扫、排水系统清理、标志标线维护及局部病害即时修补等具体措施,通过定期清除路面杂物、疏通排水设施、刷新标志标线,维持路面整洁度与功能性;针对早期微小病害如局部松散、细小裂缝、轻微磨损等,采用快速修补材料与技术进行即时处理,防止病害扩展。日常养护需结合季节特征与交通流量变化调整频次,如雨季增加排水设施清理频次,冬季加强路面防

滑处理;技术实施强调时效性与经济性,通过高频次、低成本的日常维护,延缓大范围病害发生,降低全寿命周期养护成本,是维持路面日常服役性能的基础技术支撑,具有显著的持续性与预防性特征。

4.4 特殊病害专项养护技术

公路沥青路面特殊病害专项养护技术针对泛油、波浪、沉陷、推移等非常规病害实施精准修复。泛油病害多因沥青用量偏高或高温软化引发,可采用撒砂法吸附多余沥青、刮油法清除表面油膜,恢复表面密实度与抗滑性能;波浪病害源于摊铺不均或荷载重复作用,通过铣刨重铺消除波峰波谷,配合局部补强材料填充,恢复路面平整度;沉陷病害多由基层承载力不足导致,采用注浆加固提升基层强度,或局部开挖回填优质材料,恢复结构稳定性;推移病害因层间黏结失效引发,通过清除松动层、重新铺设黏结层、加强层间界面处理,恢复层间连续性。专项技术强调病害成因诊断与修复措施匹配,通过针对性技术组合实现病害精准治理,延长路面专项部位使用寿命,保障整体结构协调性与功能完整性^[5]。

结束语:沥青路面病害的发生发展是材料性能、施工管控、环境侵蚀与荷载作用多因素长期耦合的结果,不同类型病害具备差异化的演化特征与损伤机制。针对病害全周期发展规律,构建覆盖早期预防、精准修复、日常管控的全链条养护体系,匹配适配的技术措施,可有效延缓路面性能衰退,降低全寿命周期运维成本,为公路沥青路面长效服役与路网可持续运维提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]张宏彪.国省干线公路的沥青路面预防性养护技术研究[J].中国科技期刊数据库工业A,2025(12):072-074.
- [2]周凡.高速公路沥青路面病害的成因与预防性养护技术研究[J].交通建设与管理,2025(2):194-197.
- [3]王延金.公路路面病害成因及养护施工技术研究[J].工程建设与设计,2025(12):163-165.
- [4]张彩虹.山区高速公路沥青路面预防性养护技术应用研究[J].交通节能与环保,2025,21(2):179-182.
- [5]贺梦龙,吕颖笛,刘建芳.公路沥青路面病害检测与养护方案探究[J].广州航海学院学报,2025,33(1):69-73.