

Discussion on the causes of early pavement diseases and preventive maintenance measures

Fanbao Meng

Anhui Jian Gong Road and Port Construction Group Co., Ltd., Fuyang, Anhui, 230001, China

Abstract

Asphalt pavement systems are extensively used in China's highway infrastructure. However, some roads develop early-stage distresses such as cracks, rutting, and potholes within 3-5 years of operation, significantly reducing service life and transportation efficiency. This study identifies primary distress types including cracks, rutting, loose pavement, and potholes, while analyzing their causes from five dimensions: material properties, design specifications, construction practices, traffic loads, and environmental factors. To address these issues, the paper proposes comprehensive measures encompassing material optimization, preventive design interventions, construction process control, traffic load management, and application of proactive maintenance technologies. Research demonstrates that integrated strategies can effectively delay distress progression and enhance pavement durability. Future preventive maintenance approaches will increasingly adopt intelligent and precision-oriented methodologies, providing robust support for sustainable highway transportation development.

Keywords

asphalt pavement; early-stage distress; cause analysis; proactive maintenance; durability

沥青路面早期病害成因及预防性养护措施探讨

孟凡保

安徽建工路港建设集团有限公司, 中国·安徽 阜阳 230001

摘要

沥青路面在我国公路建设中应用广泛,但部分路面通车后3-5年即出现裂缝、车辙、坑槽等早期病害,影响使用寿命与运输效率。本文分析了早期病害的主要类型,包括裂缝、车辙、松散与坑槽及其他病害,并从材料、设计、施工、交通荷载、环境五方面探讨成因。针对这些问题,提出了材料控制与优化、设计阶段预防、施工过程管控、交通荷载管理及预防性养护技术应用等措施。研究表明,通过综合施策可延缓病害发展,提升路面耐久性,未来预防性养护将向智能化、精准化方向发展,为公路交通可持续发展提供支撑。

关键词

沥青路面; 早期病害; 成因分析; 预防性养护; 耐久性

1 引言

随着我国交通事业的快速发展,沥青路面凭借优良的使用性能成为高等级公路的主要路面形式。据统计,我国高速公路中沥青路面占比超过 90%,县乡公路中沥青路面占比也逐年提升。然而,近年来部分沥青路面在通车后 3-5 年内即出现裂缝、车辙、坑槽等早期病害,远低于设计使用年限。早期病害的产生不仅导致路面服务性能急剧下降,还需投入大量资金进行维修,严重影响公路运输效率。预防性养护作为延长路面寿命的关键技术,强调在路面结构尚未发生严重损坏前,通过针对性措施延缓病害发展。本文基于对沥青路面早期病害成因及预防性养护措施展开研究。

【作者简介】孟凡保(1979-),男,中国安徽阜南人,本科,工程师,从事道路桥梁施工研究。

2 沥青路面早期病害的主要类型及表现特征

2.1 裂缝类病害

裂缝是沥青路面最常见的早期病害,按成因可分为温度裂缝、荷载裂缝、反射裂缝及水损害裂缝。温度裂缝多表现为横向或网状裂缝,冬季低温时沥青混合料收缩产生拉应力,超过材料抗拉强度即出现裂缝,在北方寒冷地区尤为突出^[1]。荷载裂缝以纵向裂缝或横向裂缝为主,长期重载作用下路面基层产生塑性变形,导致面层受拉破坏,常见于货运通道。反射裂缝是基层或下承层存在裂缝时,在温度或荷载作用下裂缝向上反射至面层,形成贯通性裂缝。水损害裂缝则是雨水渗入路面结构后,沥青与集料黏附性下降,在荷载反复作用下产生网裂,随后发展为松散和坑槽。

2.2 车辙病害

车辙是路面在车轮反复碾压下产生的纵向带状凹陷,

深度通常为 10-50mm，主要表现为结构性车辙、流动性车辙和压密性车辙三种形式。结构性车辙源于基层或路基压实度不足，在荷载作用下产生永久变形，导致面层随之下沉。流动性车辙多发生在高温季节，此时沥青黏度下降，混合料抗剪强度不足，在重载作用下发生侧向流动，形成两侧隆起、中间凹陷的形态。压密性车辙则是由于面层材料压实度不足，通车初期在荷载作用下进一步压密，产生局部凹陷。

2.3 松散与坑槽

松散表现为路面表层集料脱落，结构整体性下降；坑槽则是松散发展到一定程度后，集料完全脱离形成的局部坑洞，二者常伴随出现。松散区域的集料易被车轮带走，导致路面粗糙度降低，影响行车安全性；坑槽的深度会随水损害的加剧而增大，雨季时积水会加速病害扩展，形成恶性循环；从分布来看，这类病害多发生于路面接缝、轮迹带等应力集中或排水不畅的区域，且在高温多雨地区更为常见。

2.4 其他病害

除上述主要病害外，沥青路面还可能出现泛油、推移、唧泥等问题。泛油是高温时沥青向上迁移至路面表面导致的病害，会使路面抗滑性能下降，增加雨天行车风险。推移则因基层与面层黏结不良，在水平力作用下产生层间滑动，形成局部推移或波浪状变形。唧泥多发生在基层透水或排水不畅的路段，雨水渗入基层后，在荷载作用下形成高压水，将基层细料挤出路面，导致基层逐渐掏空，进而引发路面沉降。

3 沥青路面早期病害的成因分析

3.1 材料因素

材料性能是决定沥青路面质量的基础，其缺陷直接导致早期病害的产生^[2]。沥青性能不足是常见问题，选用的沥青标号不合理会引发针对性病害，如北方地区使用低标号沥青易产生低温裂缝，南方地区使用高标号沥青则易产生车辙；同时，沥青针入度、软化点等指标不达标，会导致高温稳定性或低温抗裂性不足，难以适应使用环境。集料质量缺陷同样不可忽视，集料级配不合理会影响混合料性能。混合料配合比设计问题也会诱发病害，油石比过高易引发泛油和松散，过低则导致路面抗裂性不足，而空隙率不合理，过大易渗水，过小易产生温度裂缝，均会影响路面耐久性。

3.2 设计因素

设计环节的疏漏是早期病害产生的重要诱因，主要体现在结构设计、排水设计及区域适应性三个方面。结构设计不合理会导致路面承载能力不足，易引发结构性车辙和荷载裂缝；同时，面层与基层的刚度匹配性差，会导致应力集中，加速面层损坏。排水设计缺陷是水损害类病害的关键成因，路拱坡度不足、边沟排水不畅会导致路面表面积水渗入结构层，而中央分隔带、路肩未设置防渗层，会使雨水渗入路基，影响基层和路基稳定性。设计中未充分考虑区域环境差异，在温差大的地区未采用抗裂型混合料，在多雨地区未设计排

水基层，会导致路面性能与环境条件不匹配，病害提前出现。

3.3 施工因素

施工过程的质量控制直接影响路面最终性能，施工工艺缺陷是早期病害的常见成因。摊铺与压实质量差会显著降低路面强度，摊铺温度过高会导致沥青老化，过低则难以压实，均会影响混合料的整体性；压实机械选型不当，如薄层路面使用重型压路机，或碾压遍数不足，会导致压实度不达标，为后期压密性车辙和松散埋下隐患。接缝处理不当也是重要问题，纵向接缝未采用梯队摊铺或热接缝工艺，横向接缝未进行切边处理，会导致接缝处压实度不足、易渗水，成为病害高发区。基层施工缺陷会间接影响面层，基层碾压不充分产生松散，或养护不到位出现干缩裂缝，都会直接传递至面层，引发反射裂缝和结构性病害。

3.4 交通荷载因素

交通荷载是沥青路面的主要作用荷载，其不合理作用会加速路面损坏。超载现象普遍对路面危害极大，货车超载率超过 30% 时，路面承受的荷载应力呈几何倍数增长，轴载每增加 1 倍，路面寿命缩短约 4 倍，极易加速结构疲劳破坏。渠化交通影响也不容忽视，车辆长期在固定轮迹带行驶，导致局部路面荷载集中，易产生车辙和纵向裂缝，尤其在收费站、交叉口等路段更为明显。交通量过大也是诱因之一，实际交通量远超设计预期，会使路面提前进入疲劳期。

3.5 环境因素

自然环境通过物理、化学作用影响路面性能，是早期病害的重要诱发因素。温度变化对路面的影响具有显著区域性，昼夜温差大的地区，沥青混合料反复经历热胀冷缩，易产生温度裂缝；夏季高温会导致沥青软化，抗剪强度下降，诱发车辙^[3]。降水与湿度是水损害的直接诱因，多雨地区雨水渗入路面结构，会破坏沥青与集料的黏附性，是松散、坑槽的主要成因；而地下水位高的路段，路基含水率长期超标，易产生唧泥和沉降。紫外线与氧化会导致沥青老化，长期紫外线照射使沥青针入度降低、脆性增加，路面抗裂性下降，尤其在高原、干旱地区更为明显。

4 沥青路面预防性养护措施

4.1 材料控制与优化

材料控制是预防性养护的基础，通过合理选择和优化材料性能，从源头减少病害诱因。应根据气候分区选择沥青类型，北方寒冷地区采用 90# 或 110# 沥青以提升低温抗裂性，南方高温地区采用 70# 沥青增强高温稳定性；对重载路段，选用改性沥青可显著提升高温稳定性和抗疲劳性能。集料质量需严格控制，采用反击破碎工艺保证集料棱角性，粗集料压碎值 $\leq 26\%$ ，细集料含泥量 $\leq 3\%$ ；对于酸性集料，需掺加抗剥落剂，提升与沥青的黏附性。混合料配合比设计应进行优化，采用 Superpave 配合比设计方法，控制空隙率在 4%-6% 之间；对车辙高发路段，增加矿粉用量提升骨架密实度；对

裂缝高发路段,掺加纤维增强抗拉强度,提升路面抗裂性能。

4.2 设计阶段的预防性措施

设计环节的优化可有效提升路面抗病害能力,需从结构、排水及环境适应性三方面入手。结构设计应根据交通荷载特性进行优化,重载路段采用“厚沥青面层+刚性基层”结构以提升承载能力;轻交通路段可采用柔性基层,利用其柔韧性提升抗裂性。排水系统设计需强化防水防渗能力,路面横坡 $\geq 2\%$ 以加速排水,路肩设置拦水带和急流槽防止积水;中央分隔带采用防渗土工布+碎石盲沟组合排水,避免雨水渗入路基;基层底部设置透水性基层和排水垫层,将渗入水快速排出路基范围。设计中应引入气候适应性理念,结合当地温度、降水数据,对混合料进行动态模量试验和冻融劈裂试验,确保材料性能与环境条件相匹配,减少气候因素导致的早期病害。

4.3 施工过程质量管控

施工质量直接决定路面实际性能,需通过精细化管理确保施工效果。摊铺与压实工艺应严格控制,沥青混合料摊铺温度根据类型调整,改性沥青控制在 $160-180^{\circ}\text{C}$,碾压温度不低于 150°C ,避免温度不当导致的沥青老化或压实不足;采用双钢轮压路机+胶轮压路机组合碾压,初压、复压、终压遍数分别不少于2遍、4遍、2遍,确保压实度合格。接缝处理需精细化操作,纵向接缝采用梯队摊铺,热接缝碾压时重叠 $10-15\text{cm}$ 以保证结合紧密;横向接缝采用切边机切割后涂刷黏层油,碾压时从已铺路面向新铺路面推进,避免冷接缝出现压实缺陷。基层施工质量需重点把控,基层碾压采用大吨位压路机,确保压实度 $\geq 98\%$;基层养护期不少于7d,期间禁止车辆通行,避免早期损坏影响面层稳定性。

4.4 交通荷载管控

合理管控交通荷载可减少荷载对路面的破坏,延长使用寿命。超载运输治理需严格执行,在高速公路入口设置称重系统,严禁超载车辆驶入;对超载车辆实施“一超三罚”,从源头减少荷载对路面的破坏作用。交通组织应进行优化,对渠化交通严重的路段,采用交通标线引导车辆分散行驶,避免轮迹带集中受力;在路面维修期间,实行货车分时段通行,减少集中荷载作用对路面的冲击。同时,应建立动态交

通量监测系统,在道路关键节点安装交通量监测设备,实时统计车流量及轴载分布,为养护决策提供数据支持,使养护措施更具针对性。

4.5 预防性养护技术应用

及时应用预防性养护技术可有效延缓病害发展,根据路面状况选择适宜技术。裂缝修补需尽早进行,对宽度 $\leq 5\text{mm}$ 的裂缝,采用灌缝胶灌注,防止雨水渗入扩大病害;对宽度 $> 5\text{mm}$ 的裂缝,先清理缝内杂物,再填充沥青砂,表面贴抗裂贴增强密封效果。表面处治技术适用于轻微病害路段,对轻微车辙和松散路段,采用沥青微表处处理,厚度 $5-10\text{mm}$,可提升路面抗滑性和密封性;对泛油路段,撒布单层粒径 $3-5\text{mm}$ 的石屑,吸收多余沥青恢复抗滑性能。薄层罩面技术适用于路面整体性能下降但结构完好的路段,采用 $4-6\text{cm}$ 厚的沥青玛蹄脂碎石罩面,利用其高温稳定性和抗裂性延长路面寿命。智能化监测与预警可提升养护效率,采用无人机巡检定期检测路面病害,结合BIM技术建立路面数字模型,预测病害发展趋势,实现“按需养护”,提高养护资源利用率。

5 结语

沥青路面早期病害的产生是材料、设计、施工、交通及环境多种因素作用的结果,其中材料性能不足、施工质量管控不严及超载交通是主要诱因。通过材料优化、设计改进、施工精细化管理、交通管控及预防性养护技术应用,可有效延缓病害发展,提高路面耐久性,降低全生命周期成本。未来,随着智慧交通技术的发展,预防性养护将向“智能化、精准化”方向发展。通过“预防为主、防治结合”的策略,推动我国沥青路面养护技术迈向新台阶,为公路交通的可持续发展提供支撑。

参考文献

- [1] 朱何.沥青路面裂缝成因及预防性养护措施探讨[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(6):083-086.
- [2] 相海东.道路施工沥青路面早期病害成因及防治措施研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(7):074-077.
- [3] 孙仕伟.公路沥青路面早期病害分析及预防处治措施[J].建筑与装饰,2025(8):133-135.