

沥青路面早期病害成因及预防性养护技术研究

候广波

邢台路桥建设集团有限公司 河北 邢台 054001

摘要：本文针对沥青路面通车初期高发的横向裂缝、车辙、松散掉粒、坑槽及泛油五类早期病害，从原材料性能缺陷、施工工艺管控不到位、外部环境与行车荷载影响三个维度分析了病害成因。在此基础上，系统阐述了微表处、稀浆封层、薄层沥青罩面三种预防性养护技术的工艺特点与适用场景，并从施工前期路面预处理、混合料拌合与摊铺过程控制、后期成型与开放交通管控三个环节提出了针对性质量控制要点。研究表明，科学选择养护技术并严格执行全过程质量管控，可有效延缓路面病害发展，延长路面使用寿命，降低全寿命周期养护成本。

关键词：沥青路面；早期病害；成因分析；预防性养护；裂缝；车辙；水损害

引言：沥青路面作为我国市政道路与普通公路的主要面层结构，在通车初期即面临早期病害的高发风险。横向裂缝、车辙、松散掉粒、坑槽及泛油等五类典型病害，在通车三年内呈集中爆发态势，若未及时采取预防性养护措施，病害将快速向结构层纵深扩展，最终导致路面大面积破损，养护成本呈指数级增长。本文基于现场调研与工程实践，系统梳理了沥青路面早期病害的类型特征与成因机理，重点介绍了微表处、稀浆封层、薄层沥青罩面三种常用预防性养护技术的工艺原理、适用场景及施工质量控制要点，旨在为市政道路与普通公路预防性养护决策提供系统性技术参考，推动养护工作由被动修复向主动预防转型。

1 沥青路面常见早期病害类型

结合市政道路与普通公路现场调研情况，通车三年内沥青路面高发早期病害主要分为五大类，各类病害表现形式、破坏位置及初期危害存在明显差异，具体分类如下。（1）横向裂缝，多垂直于行车方向分布，主要出现于路面表层，裂缝宽度初期小于3mm，由气温骤降引发的温度应力反复作用导致路面材料收缩开裂，是低温地区最普遍的早期病害类型，若不及时处置，裂缝将逐步向下扩展至基层，加速路面结构性破坏。（2）车辙病害，集中出现在行车道轮迹带位置，车辆反复碾压后路面出现永久性竖向凹陷，伴随两侧路面材料隆起变形，属于典型的荷载型早期病害，多发于重载交通路段与高温季节，严重时车辙深度超过15mm将直接影响行车舒适性与安全性。（3）路面松散与掉粒，由沥青混合料中沥青胶结料与集料粘附力不足引起，路面表层集料逐步脱落、路面粗糙度显著下降，雨天易出现表层透水问题，加速水分向结构层内部渗透，为后续坑槽病害的形成提供条件。（4）路面坑槽，多由表层细小裂缝进水引发，

雨水沿裂缝渗入结构层后冲刷内部混合料，在车辆荷载反复作用下逐步扩展形成局部凹陷坑洞，属于水损害与荷载耦合作用下的复合型病害，是沥青路面早期破损中修复难度最大的病害类型。（5）路面泛油，路面表层沥青在高温与车辆碾压作用下过量析出至表面，导致路面摩擦系数大幅降低，雨天路面极易出现车辆打滑现象，严重影响行车安全，同时泛油区域易吸附灰尘，加速路面老化^[1]。

2 沥青路面早期病害主要成因分析

2.1 原材料自身性能缺陷

混合料原材料质量不达标是诱发早期病害的先天原因，直接决定沥青路面基础抗损能力，主要分为沥青胶结料、集料、矿粉三方面问题。第一，沥青标号选型不合理，高温环境选用软化点偏低的沥青，夏季路面高温软化易出现泛油、车辙；低温区域选用低温延度不足的沥青，冬季路面收缩开裂概率大幅提升。第二，集料颗粒级配不合理，粗集料、细集料配比失衡，混合料空隙率过大，雨水极易渗入路面内部；同时集料含泥量超标，会直接削弱沥青与集料之间的粘附性，引发路面松散掉粒。第三，矿粉质量不合格，矿粉受潮结块、细度不达标，无法与沥青形成稳定沥青胶浆，混合料整体粘结强度不足，路面整体耐久性下降^[2]。

2.2 现场施工工艺管控不到位

施工环节工艺把控失误，是路面早期病害出现的最主要人为因素，贯穿混合料拌合、运输、摊铺、碾压全流程。首先是拌合温度管控失衡，拌合温度过高会加速沥青老化，降低沥青粘结性能；温度过低则混合料拌合不均匀，出现花白料，路面成型后快速松散。其次是摊铺施工不连续，施工中途停顿造成路面出现纵向施工接缝，接缝位置压实度不足，后期极易开裂渗水。最后

是碾压工艺不合理,碾压遍数不足、碾压温度过低,路面压实度达不到设计标准,混合料内部空隙偏大;过度碾压又会挤压混合料集料,破坏原有级配,诱发路面泛油。除此之外,下承层基面清理不彻底,基层表面浮土、杂物未清理干净,会造成面层与基层粘结失效,后期出现面层推移、开裂问题。

2.3 外部环境与行车荷载影响

道路运营阶段的外部客观因素会持续损耗路面性能,加速早期病害显现。一方面是自然温湿度循环作用,昼夜温差、四季温差交替变化,沥青路面反复发生热胀冷缩,内部产生温度应力,超出混合料抗拉极限后便产生温度裂缝;同时雨水、积雪融水顺着表层微小缝隙渗入路面结构内部,动水压力反复冲刷混合料,掏空缝隙内部细集料,逐步形成坑槽。另一方面是行车荷载影响,重载车辆、超载车辆反复碾压路面,轮迹带位置长期承受竖向压力与水平剪切力,沥青混合料发生不可逆塑性变形,最终形成车辙;此外车辆刹车、起步产生的水平力,还会造成路面表层推移、起皮破损^[3]。

3 沥青路面常用预防性养护技术及适用场景

3.1 微表处养护技术

微表处属于冷拌薄层罩面养护工艺,采用改性乳化沥青、优质集料、矿粉及专用外加剂按固定配比在现场完成拌合,直接摊铺于旧沥青路面表层,形成厚度3-10mm的超薄养护层。(1)该技术施工全程无需加热混合料,常温条件下即可完成摊铺与碾压,施工结束后短时间内即可开放交通,对道路通行干扰极小,适用于交通量较大、不宜长时间封闭的市政道路与普通公路。

(2)其核心作用机理为:改性乳化沥青破乳后形成连续防水膜层,封堵路面表层细微裂缝与空隙,有效阻止雨水向结构层内部下渗,同时填充轻微松散区域,修复表层磨损问题,显著提升路面抗滑性能与摩擦系数。微表处养护层还可在一定程度上延缓原路面的氧化老化进程,延长路面整体使用寿命。该工艺适用于路面结构完好、无结构性损坏,仅存在细微裂缝、表层松散、抗滑性能下降等早期病害的路面状况,不适用于已出现深度车辙、大面积坑槽、基层病害等结构性损伤的路面。

3.2 沥青封层养护技术(稀浆封层)

稀浆封层是将乳化沥青、细集料、水及专用填料按一定配比在专用设备中均匀拌合形成稀浆混合料,再通过摊铺设备均匀摊铺于路面表层,经自然破乳成型后形成一层致密的防水封层。(1)与微表处相比,稀浆封层所用集料粒径明显更细,混合料流动性更强,能够充分填充路面表层的微小孔隙与发丝级裂缝,密封性能更为

突出,对路面表层的包裹性与防水效果更优。(2)其核心作用机理为:稀浆混合料摊铺成型后,乳化沥青破乳形成连续沥青膜,与细集料共同构成致密防水结构,有效封闭路面毛细孔隙与发丝裂缝,从根源阻断雨水沿裂缝渗入路面基层的通道,避免水分在结构层内部聚集冲刷导致病害进一步扩展形成坑槽。该技术施工成本低廉、工艺流程简便、对施工设备要求较低,适合作为道路通车后初期常规预防性养护手段大面积推广应用,主要用于处理路面横向细微裂缝、表层透水隐患等早期水损害风险,但该技术无法修复车辙等路面竖向变形类病害,对结构性损坏路面不具备修复能力。

3.3 薄层沥青罩面养护技术

薄层热拌沥青罩面属于中等强度预防性养护工艺,罩面厚度一般控制在15-25mm,采用细粒式热拌沥青混合料进行整体薄层摊铺,施工需对原路面进行轻度铣刨处理后再进行罩面层铺筑。(1)该技术可直接修复路面轻微车辙、浅层裂缝、局部起皮等多种综合性早期病害,既能通过混合料摊铺补齐路面轻微竖向变形,又能重新构建完整密实的路面表层结构,同步恢复路面平整度与整体结构强度,是兼具修复与预防双重功能的养护手段。(2)相较于道路整体重铺方案,薄层罩面铣刨深度小、材料用量少、施工工期短,对交通通行影响可控,经济性与施工效率优势明显。该技术适用于路面整体结构完好、承载力未出现明显衰减,但多种早期病害同时存在、路面行车舒适度与抗滑性能已明显下降的路段,是当前市政道路与普通公路预防性养护中应用范围较广的主流技术之一^[4]。

4 针对性预防性养护施工质量控制要点

4.1 施工前期路面预处理控制

开展任何预防性养护施工前,必须完成旧路面基面处理,这是保障养护层与原路面粘结效果的核心前提。基面预处理质量直接决定养护层的使用寿命、防水性能及整体服役效果,任何跳过或简化该环节的施工均会导致养护层脱落、早期开裂、层间滑移等质量问题,严重时甚至造成养护层大面积失效,前期投入完全浪费。

(1)须采用高压风力清扫设备对原路面进行全面清理,彻底清除路面表面浮土、灰尘、砂石、杂物以及松动脱落的集料颗粒,确保基面洁净、干燥、无油污,为养护层与原路面之间形成有效化学粘结与机械嵌锁提供基础条件。清扫作业须覆盖路面全幅宽度,不得遗漏路缘带及路面边缘区域。(2)针对路面宽度大于3mm的明显裂缝,须在养护施工前提前进行灌缝封堵处理,采用专用聚合物改性密封材料充分填充裂缝内部,确保密封材料

与裂缝壁面紧密贴合,避免后期养护层因原路面裂缝处应力集中而出现反射开裂,导致养护层沿裂缝方向撕裂破坏。(3)须全面排查路面局部软弱破损点位,对承载力不足、结构松散区域提前进行单点修补处理,采用与原路面结构相容的混合料进行局部填补与压实,保证原路面整体平整、坚实、均匀,杜绝在破损不稳定的路面上直接开展养护施工,从源头消除养护层基层承载力不均引发的质量隐患。

4.2 混合料拌合与摊铺过程控制

混合料拌合与摊铺过程是预防性养护施工的核心环节,拌合质量与摊铺精度直接决定养护层的密实度、均匀性与使用寿命,须根据冷拌与热拌两类养护工艺实施差异化过程管控。(1)针对微表处、稀浆封层等冷拌类养护材料,须严格控制现场拌合用水量与乳化沥青掺量,确保稀浆混合料稠度均匀、流动性能稳定,避免因配合比偏差导致混合料出现局部离析或结团现象。摊铺过程中须保证混合料均匀覆盖至路面表层,厚度一致、表面平整,不得出现漏铺、离析条纹或局部堆积等缺陷,确保护养层整体连续性与密封性能。(2)针对热拌薄层罩面混合料,须严格管控混合料出厂温度与到场摊铺温度,避免运输及等待过程中温度下降过快导致压实不足,影响养护层密实度与结构强度。摊铺过程须保持摊铺机匀速连续行走,严禁中途停机等待,最大限度减少施工接缝数量,保证路面整体平整度。同时须根据现场天气状况动态调整施工参数,雨天、大风天气须立即停止施工,防止水分侵入混合料内部及灰尘附着基面影响养护层与原路面之间的粘结性能。

4.3 后期成型与开放交通管控

养护层摊铺完成后,须预留足够的成型固化时间,严禁提前开放交通。养护层强度未达标前通车,将直接导致养护层结构破坏,大幅缩短使用寿命,因此开放交通时间须严格依据养护工艺类型执行。(1)冷拌乳化沥青类养护材料须等待乳化沥青完全破乳、混合料强度达

到设计要求后方可放行车辆,破乳期间养护层内部结构尚未稳定,过早承受车辆荷载将造成不可逆损伤。热拌薄层罩面须等待路面表面温度自然下降至50℃以下方可通车,高温状态下混合料强度不足,车辆碾压极易产生永久性车辙变形。(2)施工完成后24小时内,须严格禁止大型重载车辆在养护路段紧急刹车或原地掉头,此类操作产生的集中荷载与水平剪力极易导致新生养护表层出现推移、起皱、破损等质量缺陷。通过科学管控开放交通时间与通行方式,可有效保障预防性养护层的完整性与使用寿命,延长整体路面养护周期^[5]。

结束语

沥青路面预防性养护的核心在于“早发现、早处置、选对技术、控好质量”。微表处、稀浆封层与薄层罩面三种技术各有明确的适用边界,选型时须严格依据路面病害类型与结构状态判断,不可交叉混用。施工全过程中,基面预处理、拌合摊铺精度、成型固化时间三个环节是质量控制的关键节点,任何环节的疏忽均会直接削弱养护效果。建议在实际工程中建立路面病害定期巡查机制,结合检测数据动态评估路面状态,科学制定养护计划,实现预防性养护的精准化与常态化,从而有效延长沥青路面整体服役周期,降低全寿命周期养护成本。

参考文献

- [1]肖小梅.市政道路沥青路面病害成因及预防性养护技术研究[J].门窗,2025(18):202-204.
- [2]李开华.沥青路面病害成因及预防性养护技术研究[J].工程技术研究,2025,10(16):129-131.
- [3]于恒昌.沥青路面早中期预防性养护中的节能低碳技术应用研究[J].交通节能与环保,2025,21(1):176-179.
- [4]张洪忠.沥青路面裂缝成因及预防性养护对策研究[J].现代工程科技,2025,4(18):125-128.
- [5]陈彦男.沥青路面预防性养护技术在公路养护中的应用[J].科技与创新,2025(11):136-139.