

道路桥梁工程沥青路面早期病害的成因及处治技术

郭 武¹, 张旭东²

(1. 陕西交控市政路桥集团有限公司, 陕西 西安 712000;

2. 陕西高速机械化工程有限公司, 陕西 西安 710038)

摘 要 沥青路面早期病害属于道路桥梁工程领域常见的质量问题, 它的产生机理比较复杂, 而且受到诸多因素的影响。本文对沥青路面早期病害的种类及表现形式做了系统的整理, 从材料性能、施工工艺、结构设计、环境荷载等方面分析了裂缝、车辙、水损害、松散等典型病害的形成机理。在此基础上, 研究了不同的病害类型所对应的处治技术, 即预防性养护技术、修复性处治技术、再生利用技术。研究认为, 早期病害的防治要贯穿材料选用、施工管控和养护管理全过程, 创建系统的质量把控体系, 延长路面的使用年限并降低运维成本。

关键词 沥青路面; 早期病害; 裂缝; 变形; 处治技术

中图分类号: U418.6

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.23.020

0 引言

沥青路面由于具有平整度好、行车舒适、施工周期短等特点, 在道路桥梁工程中得到了广泛的应用。但是部分沥青路面建成通车之后, 很快会出现不同程度的早期损坏, 严重影响道路的服务性能和使用寿命。早期病害不但会增大养护维修成本, 还会给行车安全造成隐患。对沥青路面早期病害成因机理进行深入研究, 研发并推广应用具有针对性的处治技术, 对提高道路工程质量、保证交通安全运行具有十分重要的理论价值和工程实践意义。

1 沥青路面早期病害的主要类型与特征

1.1 裂缝类病害的形态特征

裂缝属于沥青路面早期常见病害, 形态多种多样, 成因也十分复杂。横向裂缝垂直于道路中心线, 均匀分布, 多由于基层反射或者沥青温缩引起。纵向裂缝平行于道路中心线, 多出现在行车道轮迹处, 与路基沉降或者施工接缝处理不当有关。网状裂缝为龟裂交错状, 初期小, 随着荷载的增大而连通, 预示着路面承载能力降低。反射裂缝是在旧水泥混凝土路面或半刚性基层已存在裂缝的基础上, 加铺沥青面层后, 由于下层裂缝处的位移或变形在温度变化和行车荷载的反复作用下, 导致上部沥青罩面层在对应位置产生开裂的现象。不同种类的裂缝表现为不同的病害, 只有正确地识别出来

才能有针对性地进行维修, 从而延长路面的使用寿命^[1]。

1.2 变形类病害的表现形式

变形类病害对路面平整度、行车舒适度的影响是非常大的。车辙是渠化交通下沥青混合料永久变形形成的一条条纵向凹槽, 失稳型车辙由于高温稳定性差, 轮迹带下凹两边凸起。拥包是局部隆起变形, 常伴有裂缝, 与面层基层黏结不良或者混合料塑性变形大有关。沉陷为局部整体下沉, 常伴有裂缝, 表示路基或基层存在软弱层或者压实不够。

1.3 水损害类病害的典型表现

水损害隐蔽、破坏性大, 对路面结构稳定造成严重影响。松散是指沥青膜与集料分离, 集料脱落形成麻面或者粒料流失, 持续的水分侵入会扩大成坑槽。坑槽呈锅状凹陷, 边缘壁立, 严重时贯通面层至基层, 危及行车安全。唧浆是行车荷载下自由水产生动水压力, 带走细料从裂缝或孔隙中喷出, 在路面形成白色浆液痕迹, 说明水分侵入基层或者路基致强度降低。

2 沥青路面早期病害的成因机理分析

2.1 材料因素对病害形成的影响

沥青混合料材料性能是决定路面抗病害能力的内在核心因素。沥青属于胶结材料, 其标号选取、针入度、软化点、延度等特性都会对混合料的高温稳定性和低温抗裂性产生影响。采用高标号沥青虽然有利于低温抗

作者简介: 郭武(1988-), 男, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 公路桥梁施工技术。

裂,但是高温稳定性较差,容易产生车辙变形。集料的岩性、级配、粒型、含泥量等指标同样重要,集料与沥青粘附性差,水分侵入后容易造成沥青膜剥离,引发松散和坑槽^[2]。矿粉用量和性质会影响沥青胶浆的组成,填料过多或者亲水性太高都会使混合料水稳定性能变差。

2.2 施工工艺控制不当的影响

施工过程是沥青路面质量形成的阶段,工艺控制不当会直接造成早期病害。混合料拌和温度控制不好,温度过高造成沥青老化,温度过低影响摊铺压实效果。运输过程保温措施不到位,混合料温度离析造成摊铺温度不均匀。摊铺速度不均、停顿过多造成平整度不好,熨平板振动参数设置不合理影响初始压实度。碾压工艺是决定压实质量的关键环节,碾压组合、遍数、温度区间控制不合理都会造成压实度不够或者过碾。接缝处理属于施工薄弱环节,冷接缝处容易出现压实不足,形成渗水通道和薄弱界面,是裂缝易发部位^[3]。

2.3 结构设计缺陷与荷载耦合作用

路面结构组合设计是否合理直接决定了其所能承受的荷载和环境作用。面层厚度设计偏薄时,不能抵抗重载交通的剪切作用,轮迹带处容易产生失稳型车辙。基层类型选取错误、厚度设置不合理、模量不符合都会造成面层底板拉应力过大,从而产生疲劳裂缝。排水系统设计不合理,路表水不能及时排走而渗入结构层内部,在动水压力的作用下加快水损害的速度。交通荷载特性属于外部作用的主要因素,超载车辆的轴载远超设计标准,轮压变大造成沥青混合料内部剪应力突然增大。荷载作用频率增大、累计作用次数增多,材料会慢慢产生疲劳损伤。

3 沥青路面早期病害的处治技术

3.1 裂缝类病害的修复处治技术

裂缝类病害要根据裂缝形态、宽度发展阶段采取不同的处治措施。宽度小的非活动性裂缝用热沥青或者改性乳化沥青灌缝处理,用专用灌缝机将加热后的灌缝材料注入裂缝,填塞缝隙防止水分下渗。灌缝前要进行开槽扩缝,清除缝壁的老化材料和杂物,保证灌缝材料与缝壁黏结牢固。对于宽度较大且有支缝扩展的裂缝,用贴缝带或者抗裂贴进行处理,将具有较好变形能力的贴缝材料覆盖在裂缝上,利用贴缝材料的黏结性和防水性封闭裂缝。对网状裂缝区的裂缝密度较大、基层尚有黏结时,可采用稀浆封层或微表处罩面处理,恢复表面功能,延缓反射裂缝。

3.2 变形类病害的修复处治技术

车辙、拥包等变形类病害处治要根据变形深度及成因机理确定合适的方案。对深度小、结构强度好的

压密型车辙用铣刨拉毛加铺薄层罩面的方法来恢复路面平整度。对于失稳型车辙,由于变形涉及沥青混合料的剪切流动,仅靠罩面不能彻底解决问题,需要将变形区全部铣刨至稳定层位,重新摊铺高温稳定性好的抗车辙沥青混合料,如使用高模量沥青混凝土或者加入抗车辙剂改性。以某高速公路重载路段车辙处治为例,经过检测发现车辙主要是失稳型,处治方案为铣刨上面层和中面层,重新铺筑含有抗车辙剂的改性沥青混合料,竣工后跟踪监测车辙发展速率明显减缓。拥包病害处治时要切除隆起部分,检查层间黏结情况,如果因为层间黏结不良而引起,则需要喷洒黏层油后再进行压实^[4]。

3.3 水损害类病害的修复处治技术

水损害类病害的处理重点是断水、排水和加固。对松散、麻面等浅层水损害用雾封层或者含砂雾封层技术进行处理,喷洒乳化沥青或者改性乳化沥青封闭表面孔隙,恢复沥青膜,防止水分继续进入。对已经产生坑槽的严重水损害,采用热拌或冷补沥青混合料进行挖补处治,处治范围应扩大到坚实部分,坑槽壁直立、涂刷黏结层、分层摊铺压实保证密实。以某多雨地区国道路面坑槽处治为例,采用热拌改性沥青混合料进行挖补,严格控制压实工艺并做好接缝处理,处治后路段经过雨季没有出现二次损坏。唧浆病害处治要从结构内部入手,钻芯取样查明唧浆层位和范围,若只在面层局部,则可挖除后设置排水层或者铺设土工织物隔离层。如果基层已经严重污染,应将基层全部铣刨到基层顶面,然后处治基层再重新铺筑。提高路面排水能力属于水损害处治的配套措施之一,采用横向排水管、加深边沟等方式降低结构内部含水率。

4 沥青路面早期病害的防控策略与质量控制

4.1 材料源头控制与配合比优化

材料质量是沥青路面性能的保证,源头控制材料品质很重要。沥青材料进场必须进行针入度、软化点、延度、薄膜烘箱老化后性能等各项指标的检验,保证符合设计要求。改性沥青要检测弹性恢复、离析程度等重要参数,保证改性效果均匀稳定。集料应控制压碎值、磨耗值、黏附性、针片状颗粒含量等指标,优先选用与沥青黏附性好的碱性集料或者采取抗剥落措施。以某高速公路建设为例,根据当地酸性集料资源丰富的情况,在沥青混合料中加入水泥和抗剥落剂,经过水稳定性检验的残留稳定度和冻融劈裂强度比都符合规范要求。配合比设计要兼顾高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性和疲劳性能,用马歇尔试验或者旋转压实试验来确定最佳油石比,再做车辙试验、低温弯曲试验、

浸水马歇尔试验等性能检验。生产配合比调试阶段要严格控制冷料仓流量、热料仓筛分组成和沥青用量的波动范围,保证混合料级配和油石比的稳定。混合料生产过程中还要定时对拌和设备进行校准,保证计量准确,防止由于设备误差造成材料比例失调。同时加强对拌和楼除尘系统的管理,防止集料粉尘含量超标影响混合料质量。运输到现场的混合料要再次检查温度、外观等状况,不合格的坚决弃用。只有从材料源头到生产运输的各个环节都加以控制,才能给沥青路面提供优质的“原料”,筑牢路面性能的坚实基础。

4.2 施工过程关键环节质量控制

施工过程质量控制是保证设计意图得以实现的保障,应建立拌和、运输、摊铺、压实全过程的质量管理体系。拌和时要实时观测各个冷料仓的流量、集料加热温度、沥青加热温度、拌和时间和拌和温度,逐盘打印生产数据存档。混合料出场时逐车检测温度并签发运料单,运输过程中用篷布覆盖保温,防止温度离析和沥青老化。摊铺时要控制摊铺速度和供料能力相适应,减少停顿,保证摊铺的连续性和平整度。压实环节是质量控制的重点,应按试验段确定的碾压组合及遍数执行,初压、复压、终压温度区间控制到位,碾压过程中禁止急刹车和掉头,压路机驱动轮面向摊铺机方向。以某国道改扩建工程为例,施工过程中使用智能压实监控系统,实时采集碾压温度、碾压遍数、碾压轨迹,对漏压或者超压区域发出报警信号,从而保证压实的均匀性以及压实度。接缝处理要精细施工,纵向接缝用热接缝或冷接缝方式,横向接缝平接或斜接,碾压时先压接缝后压两侧,保证接缝处密实平整^[5]。施工过程中材料抽检也不可或缺。定期对沥青、集料等原材料进行检验,保证其质量符合设计要求,杜绝不合格材料进入施工现场。同时加强现场试验检测,钻芯取样检测压实度、厚度等关键指标。施工人员应具有较高的专业素养和责任心,严格按照操作规程施工。只有对公路工程进行全方位、全过程的质量控制,才能建设高质量的公路工程,达到设计预期的使用性能和耐久性。

4.3 结构优化设计与排水系统完善

合理的结构设计是防止早期病害最根本的方法。路面结构组合设计要根据交通荷载等级、路基承载能力和当地气候条件综合考虑,面层采用多层结构时各层的功能定位明确,上面层提供抗滑耐磨性能,中面层承受剪切作用,下面层抵抗疲劳开裂。基层类型选择要考虑刚度匹配,半刚性基层要控制水泥剂量和收

缩性能,柔性基层沥青稳定碎石或者级配碎石可以减少反射裂缝。以某重载交通公路的设计为例,路面结构为沥青稳定碎石基层加沥青混凝土面层的全厚式结构,基层模量和面层模量梯度平缓,有效减小了层底拉应力集中。路基处理要保证强度均匀,软土路基用排水固结或复合地基加固,填挖交界处设过渡段减小不均匀沉降。排水设计也不能忽略。合理设置路面排水系统,即边沟、截水沟、排水管等,可迅速排除路面及路基范围内的积水,防止水分渗入结构层内部,避免水损害造成的结构强度降低、唧浆等病害。另外,在材料选择上要严格把关质量。沥青应具有良好的高温稳定性、低温抗裂性,集料应坚硬、清洁、有棱角,提高混合料内摩擦力、黏结力。施工环节也十分重要,必须严格按照规范进行摊铺、碾压等操作,控制好压实度、平整度等指标。路面建成之后要建立完善的养护管理制度,定期巡查、及时修复小病害,防止其进一步发展,从而延长路面的使用寿命。

5 结束语

沥青路面早期病害的形成与材料性能、施工工艺、结构设计、环境荷载等诸多要素相关联,各种病害彼此联系、互相影响,防控工作要具备系统思维。裂缝、车辙、水损等典型病害有各自发生的原因和发展规律,处治技术的选择要遵照对症下药的准则,依照病害种类和严重状况来决定修复方案。预防性养护技术的推广使用可以对路面性能衰减起到一定的抑制作用,在病害初发阶段对其进行干预。材料源头控制和施工过程精细化管理是保证路面质量的基础环节,结构优化设计和排水系统完善是提高路面耐久性的根本措施。养护管理体系的创建和执行可以达到及时发现病害并予以妥善处理的目的。

参考文献:

- [1] 李军.市政道路沥青路面病害防治技术[J].城市建设,2025(30):45-47.
- [2] 张宇.城市道路中沥青路面的病害成因及处理探究[J].建材发展导向,2025,23(07):64-66.
- [3] 王丰程.道路沥青路面病害成因分析:以某段道路路面损坏状况指数PCI检测结果为例[J].安徽建筑,2024,31(05):157-158,161.
- [4] 冯振.沥青路面低碳建造技术在道路桥梁工程中的实际应用[J].运输经理世界,2024(27):70-72.
- [5] 郭婷.道路桥梁工程中常见病害问题的应对措施[J].四川建材,2023,49(07):187-189.