

沥青路面早期破损机理及养护技术研究

翟立东

长春市公路规划勘测设计院有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i8.21634

[摘要] 沥青路面凭借行车舒适度高、噪音低、施工周期短、后期养护便捷等优势,成为我国公路与市政道路的主流路面形式。但在道路服役初期,受材料性能、施工工艺、交通荷载、自然环境及养护管理等多重因素耦合作用,路面极易出现裂缝、车辙、坑槽、松散、泛油等早期破损病害,不仅大幅降低行车安全性与舒适性,还会加速路面结构损伤,缩短道路服役年限,提升道路运维成本。为系统解决沥青路面早期破损问题,本文立足路面结构力学与材料损伤理论,分类梳理沥青路面典型早期破损病害特征,深入剖析各类病害的形成机理与核心诱因,针对性研究适配的预防性养护与修复养护技术,构建“病害预判—精准处置—长效防护”的养护技术体系。

[关键词] 沥青路面; 早期破损; 损伤机理; 预防性养护

中图分类号: U416.217 **文献标识码:** A

Research on the mechanisms of early damage to asphalt pavements and maintenance techniques

Lidong Zhai

Changchun Highway Planning, Surveying and Design Institute Co., Ltd.

[Abstract] With the advantages of high driving comfort, low noise, short construction period and convenient later maintenance, asphalt pavement has become the mainstream pavement form of highways and municipal roads in China. However, at the initial stage of road service, due to the coupling effect of multiple factors such as material performance, construction technology, traffic load, natural environment and maintenance management, the pavement is prone to early damage diseases such as cracks, ruts, potholes, looseness and flooding, which not only greatly reduces driving safety and comfort, but also accelerates pavement structural damage, shortens road service life and increases road operation and maintenance costs. In order to solve the problem of early damage of asphalt pavement systematically, based on the theory of pavement structural mechanics and material damage, this paper sorts out the characteristics of typical early damage diseases of asphalt pavement, deeply analyzes the formation mechanism and core incentives of various diseases, studies the adaptive preventive maintenance and repair maintenance technology, and constructs the maintenance technology system of "disease prediction—accurate disposal—long-term protection".

[Key words] asphalt pavement; early damage; damage mechanism; preventive maintenance

1 引言

目前沥青路面养护工作还存在明显的不足,大多数地区采用的是坏后维修的被动养护模式,对于早期隐蔽性病害的识别不够及时,对于养护技术选择与病害类型匹配度低,既造成养护资源浪费,又不能从根源上抑制路面破损的发展。目前的研究大多集中在单个病害治理或单个养护技术的应用上,对于早期破损多因素耦合机理、养护技术体系化适配的理论研究还不够深入。

因此,本文归纳沥青路面早期破损的主要类型,从材料、施

工、荷载、环境四个方面剖析破损形成机理,依据道路养护工程的实际情况,完善差异化和精细化的养护技术体系,制定病害、工况等不同的养护方案,并为提升沥青路面耐久性,降低道路运维成本,实现道路长效服役给予理论指导和实践帮助。

2 沥青路面早期破损主要类型及病害特征

根据公路和市政道路工程检测数据,沥青路面早期破损病害可以分为裂缝类、变形类、表面损伤类三大类,各类型病害的形态特征和发展规律有很大不同。

2.1 裂缝类病害

裂缝属于沥青路面早期病害中的一种,在整个服务期间内,主要是横向裂缝、纵向裂缝、网状裂缝这三种。横裂纹大多与行车方向垂直,间距相等,宽度较窄,刚开始是表面微小的裂缝,主要在整条道路上;纵向裂缝是沿着行车方向平行于车道接缝、路基不均匀沉降处的裂缝,长度大,容易伴随着错台现象出现;网状裂缝是无规则网格状的,是由细小裂缝贯通而成的,属于裂缝病害的进阶形态,表示路面表层结构整体性受损。裂缝初期只会造成路面完整性遭到破坏,随着雨水渗透以及荷载反复的作用下就会逐渐引起基层软化和沉降,并且也会导致深层病害的出现。

2.2 变形类病害

变形类早期病害主要是车辙、沉陷、波浪拥包等,多数出现在重载交通、交叉口、坡道等特殊路段。车辙是车轮碾压形成的纵向带状凹槽,是高温环境和重载荷载耦合作用的典型病害,早期车辙深度较浅,只影响路面平整度,后期会积水、加剧轮胎磨损;沉陷大多由路基压实不足、排水不畅引起基层沉降造成的局部路面凹陷,容易积水积泥;波浪拥包即为路面高低起伏,多见于车辆频繁起停的交叉口,对行车稳定造成严重威胁。

2.3 表面损伤类病害

表面病害都属于暴露于路面表层、最易辨别的坑槽、松散、泛油、脱皮等四种。坑槽是由路面集料脱落产生的凹陷孔洞,主要是由于水损害而产生的,是危害最大的早期病害。松散是路面沥青粘结力失效、集料脱落、路面起砂,大幅度降低路面抗滑性能;泛油是路面沥青用量过多或者集料粘附性不足造成的表层沥青溢出,使路面光滑、摩擦系数突然下降,容易引起交通事故;脱皮就是路面表层薄层沥青混合料脱离,多数是由于施工时层间粘结不好造成的。

3 沥青路面早期破损机理分析

沥青路面早期破损不是由一个因素造成的,而是由材料性能、施工工艺、交通荷载、自然环境这四个因素共同作用的结果,不同的病害其主导机理不同。

3.1 材料性能缺陷的本源机理

沥青混合料是多相复合体系,材料性能不达标是路面早期破损的根本内因。一方面,沥青原材料质量不合格,如果沥青针入度、软化点、延度指标不合格,会导致沥青高温稳定性差、低温抗裂性不足,在高温环境下容易软化变形,在低温环境下容易脆裂老化。另一方面,集料级配、含泥量、强度指标超标会直接破坏混合料结构稳定性,粗集料过多会造成路面空隙率过大,雨水易渗入结构内部;细集料过多会造成路面高温稳定性降低,容易引发车辙病害;集料含泥量每增加0.5%,沥青与集料的粘附性等级下降1级,含泥量超过1%时,路面松散、坑槽病害发生率会明显提高。另外,配合比设计不合理,沥青用量过高容易引起泛油、拥包,用量过低粘结力不够,造成路面松散脱皮。

3.2 施工工艺不规范的诱发机理

施工全过程质量控制不严是早期破损的主要诱因,包括混

合料拌和、摊铺、压实、接缝处理全流程。混合料拌和温度控制不好危害大,拌和温度过高会加快沥青热老化,降低粘结性能,使路面脆性增大、易开裂;温度过低混合料拌和不均匀会出现“花白料”,集料与沥青粘结不牢,后期容易松散脱落。摊铺速度不稳定、厚度不均匀会造成路面局部应力集中,产生不规则变形和裂缝。压实遍数不够、压实速度太快、碾压温度不合适,会导致路面空隙率过高、压实度不足,结构整体性差。另外,路面层间没有喷洒粘层油、接缝处理粗糙、新旧路面衔接不密实,会形成结构薄弱面,在荷载作用下快速出现开裂、错台病害。

3.3 交通荷载反复作用的力学损伤机理

交通荷载是路面早期破损的主要原因,重载、超载车辆反复碾压会对路面造成持续性疲劳损伤。标准荷载作用下沥青混合料处于弹性变形状态,路面结构可以快速恢复形变;超载重型车辆会使路面结构应力增大,超过混合料弹性极限,产生不可逆的塑性变形,长期反复作用下形成疲劳累积损伤,引发车辙、沉陷、网状裂缝。交叉口、收费站、坡道等区域车辆频繁启停、制动,路面承受剪切力和冲击力交替作用,层间粘结结构容易被破坏,加快拥包、脱皮、松散病害的发展。施工期间临时交通开放、半幅通行等交通组织不当的问题会扰动未成型路面结构,造成早期破损。

4 沥青路面精细化养护技术体系研究

依据沥青路面早期破损机理,坚持预防为主、防治结合、精准施策、长效管控的养护原则,建立预防性养护、病害专项修复养护、常态化养护管理三位一体的技术体系,根据不同的病害、不同的服役阶段进行差异化的养护,从源头上抑制早期破损的发展。

4.1 预防性养护技术

预防性养护适用于路面通车初期,无明显结构性破损,仅存在材料轻微老化、表层空隙增大、抗滑性能小幅衰减的情况,可以有效延缓病害的发生,延长路面的使用寿命,性价比比病害修复养护高得多。

雾封层技术适用于路面细微裂缝、空隙率大、轻微松散的早期工况。喷洒专用乳化沥青封层材料,渗透填充路面表层细微空隙和微裂缝,封闭路面结构,阻断雨水渗入,补充表层沥青,恢复集料粘结性能,抑制沥青老化。施工方便、成本低,对路面结构无损伤,适合大面积常态化预防性养护。

稀浆封层和微表处技术,适用于路面轻微磨损、抗滑性能下降、表层轻微不平整的路段。微表处用改性乳化沥青、优质集料、填料混合摊铺,成型后路面平整度、抗滑性能明显提高,能有效地封闭表层缺陷,耐磨耐久性强,多用于高等级公路预防性养护;稀浆封层工艺简单、造价低,适用于市政道路、普通公路的表层防护养护。

超薄磨耗层技术,对于路面整体性能良好,但是存在轻微老化、表层病害零星分布的路段。采用摊铺薄层改性沥青混合料的方法来改善路面表面状况,使路面恢复平整度,提高抗滑性能,修复表层细微破损,施工速度快,成型效果好,养护后的路面耐久性得到了显著提高。

4.2 专项修复养护技术

对于已经有裂缝、车辙、坑槽、拥包等早期典型病害的路段,采取精准适配的专项修复技术,快速处理病害,防止病害继续扩展,恢复路面的使用性能。

裂缝处置技术根据裂缝的大小而有所不同。对于宽度小于3mm的细小裂缝,采用雾封层、灌缝胶喷涂封闭处理;对于宽度为3-10mm的中型裂缝,使用专用沥青灌缝胶开槽灌缝,在清除裂缝内部杂物、烘干基层后灌注胶体,使粘结密实;对于宽度大于10mm的宽裂缝或者贯通性裂缝,使用贴缝带贴合处理,增强裂缝区域结构的整体性,防止雨水渗入。

车辙和变形病害修复,浅度车辙(深度小于10mm)用微表处、超薄磨耗层找平修复,恢复路面平整度;中度、重度车辙及拥包病害,需铣刨变形破损表层混合料,重新摊铺、压实改性沥青混合料,优化局部混合料级配,提高高温稳定性,防止病害复发;局部沉陷病害先排查基层、路基状况,对压实不足、软化的基层进行加固处理,再回填摊铺沥青混合料,彻底解决沉降根源问题。

坑槽和松散病害的修复,依照“彻底清除、分层处理、密实粘结”的原则来进行。切除坑槽周围松散破损的混合料,清空槽内的杂物、粉尘并晾干,洒布粘层油加强层间粘结,用与原路面性能相符的沥青混合料分层填满压实,最后做好边缘顺接处理。对于大面积松散路面,需要整体铣刨表层,重新摊铺成型,同时完善周边排水设施,防止水损害反复发生。

泛油病害修复,轻微泛油路段可以撒布适量耐磨集料,吸收表层多余的沥青,恢复抗滑性能。严重泛油路段需要铣刨表层过厚的沥青层,重新摊铺适配级配的混合料,优化沥青用量,从根本上解决泛油问题。

4.3 常态化养护管控技术体系

长效养护的核心就是常态化管控,通过完善的管理机制做到早发现、早处置早期病害。一是建立定期检测巡查机制,采用人工巡查和智能化检测设备相结合的方式,定期排查路面病害,建立病害台账,准确掌握路面服役状态。二是优化路面排水体系,定期清理边沟、排水孔、路面排水缝隙,保证雨水迅速排出,防止积水下渗造成水损害。三是严控交通管控,完善重载车辆管控机制,减少超载、超限车辆对路面的疲劳损伤,规范施工期临时交通组织。四是建立养护效果评价机制,对养护后的路面平整度、压实度、抗滑性能进行跟踪监测,不断改进养护方案。

5 养护技术应用原则和工程优化建议

5.1 养护技术选型原则

沥青路面早期养护要遵循三大基本原则。适配性原则,根据病害类型、病害程度、道路等级、服役环境来匹配养护技术,防止盲目施工。经济性原则,优先使用预防性养护技术,用低成本干预代替高成本修复,达到养护效益最大化。长效性原则,病

害修复不仅要解决表层问题,还要排查基层、排水、荷载等根源隐患,避免病害反复复发。

5.2 工程优化建议

源头防控方面,严格把关原材料质量、混合料配合比设计,改良拌和、摊铺、压实施工工艺,加强施工全过程质量管控,从根本上减少早期病害的发生。过程养护上,建立季度巡查、年度评估的常态化养护机制,在路面服役1-3年的高病害高发期加大养护频次,重点监管交叉口、重载路段、低洼积水路段。技术升级,推广应用智能化病害检测、精准养护技术,结合路面服役数据建立养护预判模型,实现从被动维修到主动预防的养护模式转变。

6 结语

沥青路面早期破损是由材料、施工、荷载、环境多因素耦合作用造成的,材料性能缺陷是病害萌生的内在基础,施工工艺不规范是核心诱因,交通荷载疲劳损伤和自然环境加速老化是病害发展的主要驱动力。早期裂缝、车辙、坑槽、松散等典型病害各具特征,存在明确的递进演化规律,微小隐患如果不能及时处理,就会迅速发展成结构性破损,严重影响道路服役寿命。

本文构建的“预防为主、专项修复、长效管控”一体化养护技术体系,对于路面不同的服役状态、不同的病害类型都给出了准确的养护方案。预防性养护技术可以有效延缓路面老化、抑制病害萌芽,专项修复技术可精准处理各类早期破损,常态化管控机制可以保证路面长期稳定服役。工程实践表明,科学的早期养护可以降低40%以上的后期大修成本,显著延长沥青路面使用寿命。

未来可继续把智能化检测、大数据分析技术同路面病害预判模型相结合,研发出适合复杂工况的新型养护材料和方法,使沥青路面养护朝着精细化、智能化、长效化方向发展,全面提高道路工程运维的质量。

【参考文献】

- [1]陈鹏飞.公路路面损坏与隐伏病害关联性及防治措施分析[J].交通科技与管理,2026,7(10):38-40.
- [2]王子龙.公路沥青路面破损及季节性养护技术应用研究[J].时代汽车,2026,(7):172-174.
- [3]倪勇.沥青路面早期破坏的成因及解决措施[J].建材与装饰,2018,(34):257-258.
- [4]黄金松.沥青路面裂缝原因分析及防治措施[J].城市道桥与防洪,2017,(11):128-130+15.
- [5]邵文韬.城市道路沥青路面破损及防护浅析[J].四川水泥,2017,(8):64.

作者简介:

翟立东(1984--),男,汉族,吉林省长春市人,本科,高级工程师,研究方向:道路与桥梁。