

新建公路沥青混凝土路面早期损坏与治理措施

王 宇

克什克腾旗公路管护和运输保障中心 内蒙古 赤峰 024000

摘要: 沥青混凝土路面因其行车舒适、噪音低、施工便捷等优点,在我国乃至全球的公路建设中占据主导地位。然而,大量新建公路在投入运营后的1-3年内便出现裂缝、车辙、水损害、坑槽、泛油等早期损坏现象,这不仅严重影响了道路的服务水平和行车安全,更造成了巨大的经济损失和资源浪费。本文旨在系统性地探讨新建公路沥青混凝土路面早期损坏的主要类型、深入剖析其成因,并在此基础上提出一套涵盖设计、施工、材料及养护管理全生命周期的综合性治理与预防措施。本文强调,防治早期损坏的关键在于树立“全寿命成本”理念,从源头抓起,严格控制各环节质量,以期提升我国公路建设质量、延长路面使用寿命提供理论参考与实践指导。

关键词: 沥青混凝土路面;早期损坏;成因分析;治理措施;预防性养护

引言

随着我国经济高速发展,交通运输需求大增,高等级公路建设规模扩大。沥青混凝土路面因性能优异,成为主要路面结构形式,广泛应用于各级公路。按现行规范,高速公路沥青路面设计使用年限通常为15年,但许多新建公路通车一至三年甚至更短时间内就出现早期损坏,这违背设计初衷,对国家投资效益、交通安全和社会形象构成挑战。早期损坏成因复杂,是设计、材料、施工、交通荷载及自然环境等多因素共同作用的结果。要解决这一难题,需采取系统性思维,从全寿命周期角度深入剖析各环节。本文将界定早期损坏内涵与表现形式,分析其深层次原因,并提出科学可行的治理与预防对策,为工程技术人员和管理者提供借鉴。

1 新建公路沥青混凝土路面早期损坏的主要类型

1.1 裂缝类病害

裂缝是沥青路面最常见的早期病害,根据其形态和成因可分为横向裂缝、纵向裂缝和网状裂缝。横向裂缝的方向与道路中心线基本垂直,其主要成因是低温收缩应力超过沥青混合料的抗拉强度,尤其是在冬季温差较大的地区更为普遍;此外,半刚性基层的干缩裂缝也会反射至面层形成横向裂缝。纵向裂缝则与道路中心线大致平行,多由路基不均匀沉降、路基边缘压实不足、施工接缝处理不当或行车荷载反复作用于轮迹带边缘引起。而网状裂缝,又称龟裂,表现为裂缝相互交错,将路面分割成一系列多边形小块,形似龟背,这是路面整体强度严重不足的标志,通常由基层承载力不够、沥青老化、混合料离析或水损害等因素综合作用,在重载车辆反复碾压下产生的疲劳破坏。

1.2 变形类病害

变形类病害主要包括车辙、拥包与波浪。车辙是在行车道轮迹带处形成的纵向带状凹陷,是高温稳定性不足的典型表现。在夏季高温和重载交通的共同作用下,沥青混合料产生不可恢复的塑性流动变形。依据《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004),对于SBS改性AC-13C这类常用上面层混合料,其动稳定度要求不低于6000次/mm,若实际检测值远低于此标准,则极易在高温季节形成深度超过15mm的车辙,严重影响行车舒适性和安全性,例如易积水导致车辆水滑,并会加速其他病害的发展^[1]。拥包与波浪则是路面局部隆起形成包状或呈波浪起伏,通常是由于沥青用量过多、矿料级配不良(细料偏多)、基层局部强度不足或施工时混合料温度过高、碾压不当所致。

1.3 水损害类病害

水损害是导致沥青路面早期结构性破坏的最主要原因之一。当雨水通过路面裂缝或空隙渗入路面结构内部,若排水不畅,水分会长期滞留。在行车荷载的泵吸作用下,水分会逐渐剥离沥青膜与集料之间的粘结力,即发生“剥落”,导致混合料松散、强度丧失。其外在表现形式多样,包括坑槽、唧浆和松散。坑槽是路面表层材料完全剥落,形成具有一定深度的凹坑,这是水损害发展到后期的直接结果。唧浆则表现为在行车荷载作用下,基层或路基中的细颗粒与水混合形成的泥浆,从路面裂缝或接缝处被挤压出来,这表明基层已遭到严重侵蚀,承载能力大幅下降。松散则是指路面表层集料失去沥青粘结而散失,使表面变得粗糙、麻面。

1.4 其他表面类病害

除了上述主要病害外,还存在一些其他表面类病害,如泛油和推移。泛油是指路面表层沥青含量过多,

形成一层有光泽的沥青膜。这可能是由于混合料设计中沥青用量偏高、施工时拌和温度过高导致沥青老化变稀上浮,或在高温季节重载车辆反复揉搓使沥青迁移至表面所致。泛油会显著降低路面的抗滑性能,存在安全隐患。推移则多发生在交叉口、爬坡路段等车辆频繁制动或启动的位置,表现为路面表层材料沿行车方向发生剪切位移,形成局部隆起或撕裂,这主要反映了沥青混合料的抗剪切能力不足。

2 早期损坏的成因分析

2.1 设计因素

设计阶段的诸多因素为早期损坏埋下了隐患。首先,对未来的交通量增长及重载、超载车辆比例估计不足,会导致路面结构设计强度偏低,无法承受实际交通荷载,从而引发早期疲劳破坏。其次,路面结构组合不合理,例如基层、底基层与面层之间的模量匹配不当,或各结构层厚度设计不足,使得应力分布不均,容易在薄弱环节产生破坏;特别是采用半刚性基层时,若其收缩开裂严重,极易反射至面层^[2]。再者,对路面内部排水重视不够,未设置有效的防水层、封层或内部排水设施,导致水分一旦侵入便难以排出,长期浸泡基层,加速水损害进程。最后,部分设计仍沿用传统的马歇尔设计方法,该方法主要控制稳定度和流值,对混合料的高温稳定性、水稳定性和耐久性等关键性能指标考虑不足,使得设计成果与实际性能需求脱节。

2.2 材料因素

原材料的质量和配合比设计直接决定了沥青混合料的最终性能。选用的沥青标号或等级若与当地气候条件不匹配,例如在高温地区未采用高粘度改性沥青,会导致高温抗车辙能力不足;在低温地区未采用低标号沥青,则会导致低温抗裂性能差。此外,沥青本身的老化性能也是影响路面寿命的关键。集料的质量同样至关重要,其强度、磨耗值、压碎值、针片状颗粒含量以及与沥青的粘附性(尤其是酸性石料)等指标若不达标,会直接影响混合料的整体力学性能和耐久性。配合比设计不当更是核心问题,空隙率作为影响沥青路面性能的核心参数,若过大则易导致水损害和沥青老化,过小则在高温下无膨胀空间,易产生车辙和泛油。同时,矿料级配曲线不合理,如细料过多或粗集料骨架不充分,都会削弱混合料的稳定性。

2.3 施工因素

施工是将设计意图转化为实体工程的关键环节,也是早期损坏最主要的诱因。路基与基层的施工质量是整个路面结构的基础,路基压实度不足或不均匀,以及

基层平整度差、强度不足、养生不到位,都会为面层的早期破坏埋下隐患。在混合料的生产与摊铺过程中,拌和设备计量不准、温度控制不当(过高导致沥青老化,过低导致拌和不均)、拌和时间不足,以及运输过程中保温措施不到位,都可能导致混合料离析或性能下降。摊铺与碾压工艺的不当同样致命,摊铺机操作不连续、速度不匀会导致混合料离析;而碾压遍数、温度、速度及组合方式若不符合规范要求,则无法达到设计所需的压实度和空隙率,特别是碾压终了温度过低,会严重影响压实效果。此外,各结构层之间,尤其是基层与面层之间,若未喷洒粘层油或透层油,或喷洒量不足、不均匀,会导致层间粘结失效,水分易沿层间界面渗透,形成滑动层,从而加速破坏。

2.4 外部环境及交通因素

极端的高温、低温、大温差以及频繁的降雨都是不可忽视的外部因素,高温加剧车辙,低温诱发开裂,雨水则是水损害的直接元凶。更为严峻的是,实际交通中普遍存在的车辆超载现象,使得路面所受的实际荷载远超设计荷载,极大地加速了路面的疲劳损伤过程。与此同时,养护管理的滞后也起到了推波助澜的作用,对早期出现的微小病害(如细小裂缝)未能及时进行预防性养护,任其发展,最终演变为严重的结构性破坏,大大缩短了路面的使用寿命。

3 早期损坏的治理与预防措施

针对上述成因,必须采取“预防为主、防治结合”的综合治理策略,贯穿于项目的全寿命周期。

3.1 优化设计理念与标准

防治早期损坏,必须从顶层设计入手。应引入全寿命成本分析(LCCA)的理念,在项目决策和设计阶段,不仅要考虑初期建设成本,更要全面评估整个寿命周期内的养护、维修、用户延误等成本,从而选择综合效益最优的方案。积极推行性能化设计,采用基于性能的沥青混合料设计方法(如Superpave),该方法能更科学地模拟实际交通和气候条件,对混合料的高温稳定性、低温抗裂性和水稳定性进行全面评价和验证^[3]。在结构设计上,必须加强排水系统的考量,在路面结构内部设置可靠的防水层(如SBS改性沥青防水卷材)和高效的排水系统(如开级配排水基层),确保水分能迅速排出,从根本上杜绝水损害的发生。同时,应根据不同的交通荷载和气候分区,灵活选用柔性基层、半刚性基层或复合式基层,避免“一刀切”的设计模式。

3.2 严控原材料与混合料质量

优质的原材料是高品质路面的前提。必须严格筛选

沥青供应商,确保沥青的三大指标(针入度、延度、软化点)及老化性能符合要求;对于重载交通路段,应优先选用SBS等聚合物改性沥青以提升性能。集料应选用坚硬、耐磨、洁净且与沥青粘附性好的碱性石料,从源头上保证混合料的骨架强度和粘结力。在配合比设计上,需要通过大量的室内试验,精细调整,确定最佳沥青用量和矿料级配,将设计空隙率严格控制在3%-5%的理想范围内。同时,必须进行水稳定性(如浸水马歇尔、冻融劈裂)和高温稳定性(如车辙试验)等验证试验,确保设计出的混合料能够满足实际服役环境的要求。特别是冻融劈裂强度比(TSR)必须大于80%,以确保足够的抗水损害能力。

3.3 强化施工全过程质量控制

再完美的设计也需要通过高质量的施工来实现。首先要夯实基础,确保路基达到规定的压实度和平整度,基层施工要保证足够的强度和良好的板体性,并做好充分的养生工作。在面层施工中,必须推行标准化的施工工艺。拌和环节应采用先进的间歇式拌和楼,精确控制各材料的计量和拌和温度;运输过程中,车辆应覆盖保温,防止混合料温度损失和污染;摊铺时,采用具有自动找平装置的摊铺机,保持连续、匀速作业,最大限度地减少离析;碾压是成型的关键,需制定详细的碾压方案,配备足够数量和类型的压路机(双钢轮+胶轮),遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则,在规定的温度区间内完成碾压,确保压实度和空隙率双重达标^[4]。现代智能压实技术的应用,通过集成GPS定位、温度传感器和振动加速度传感器,可以实时监控压实遍数、温度和压实度,并生成可视化热力图,有效避免漏压和过压,将压实度控制精度提升至 $\pm 0.5\%$ 以内。此外,必须高度重视层间处理,在摊铺上一层面层前,彻底清扫下承层,并均匀、足量地喷洒粘层油,确保各结构层之间形成牢固的整体,共同受力。

3.4 加强养护管理与预防性养护

路面建成后的科学养护是延长其寿命的最后一道防线。应建立科学的路面管理系统(PMS),定期对路

面状况进行检测和评价,利用数据驱动养护决策,变被动抢修为主动预防。大力推行预防性养护理念,在路面结构尚完好、仅出现轻微功能性病害时,及时采取低成本、高效率的预防性养护措施,将病害扼杀在萌芽状态。常用的预防性养护技术包括针对裂缝的开槽灌缝或贴缝带处治,以及用于改善表面功能的雾封层、碎石封层、稀浆封层、微表处等。其中,雾封层通过喷洒乳化沥青稀释液形成防水膜,适用于封闭微裂缝;稀浆封层(厚度约3-6mm)和微表处(厚度约4-10mm)则能修复轻度车辙和改善抗滑性能,微表处因采用改性乳化沥青,其性能和适用范围(如高速公路)优于普通稀浆封层。对于破损稍严重的路段,可采用超薄磨耗层等技术进行修复。从根本上讲,还需联合相关部门,严厉打击超限超载运输行为,从源头上减轻路面的异常荷载,这是保护路面、延长其使用寿命的根本举措之一。

4 结语

新建公路沥青混凝土路面早期损坏是系统性工程问题,涉及设计、材料、施工及管理等多方面。本文梳理了早期损坏的主要类型,深入剖析其成因,并提出全链条治理与预防措施,涵盖优化设计、严控材料、强化施工及加强养护。未来,智能建造、新材料和新工艺将提升沥青路面耐久性,如温拌沥青技术降能耗、自愈合材料延寿命、智能监测系统促精准养护。但防治早期损坏、打造品质工程,根本在于坚持“质量第一”,严格执行规范标准,培养高素质队伍。只有全社会携手努力,才能推动公路基础设施高质量、可持续发展。

参考文献

- [1]李宗友,庄秀文.解决高速公路沥青路面水损害早期损坏的技术途径分析[J].运输经理世界,2023,(18):120-122.
- [2]蔡飞.公路沥青路面早期损坏机理及养护对策[J].产品可靠性报告,2024,(06):146-147.
- [3]万志青,熊萍花.高速公路沥青路面耐久性及早龄期损坏分析[J].运输经理世界,2021,(10):102-104.
- [4]唐杰,刘金刚.高速公路沥青路面早期损坏原因及试验检测[J].时代汽车,2024,(15):22-24.