

现役公路路面裂缝病害成因及修补施工技术

李轶轩 崔毅 苗宝强

中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 陕西 西安 710000

摘要:公路路面裂缝是现役道路最常见的病害类型,直接影响道路通行安全与服役年限。为有效解决路面开裂频发、修复耐久性差等工程问题,本文依托现役公路实际运营工况,系统梳理路面裂缝的主要类型与判定检测方式,从内外两个维度剖析裂缝病害的形成诱因。结合现阶段公路养护工程实际,对比分析常规与新型裂缝修补施工技术的适用场景与工艺要点,总结施工全过程质量控制方法,提出针对性的常态化预防养护对策。研究旨在优化路面裂缝修复施工工艺,提升病害治理效果,为同类公路养护维修工程提供实操参考。

关键词:现役公路;路面裂缝;病害成因;修补施工技术;质量防控

引言:在公路长期运营过程中,受气候环境、车辆荷载、施工质量及后期养护等多重因素影响,路面极易出现不同程度的裂缝病害。裂缝持续发展会诱发坑槽、沉降、渗水等次生病害,大幅增加道路养护成本,降低行车舒适性与安全性。当前部分路段存在重修补、轻预防,施工工艺不规范、质量管控不严等问题,导致裂缝反复复发、治理效果不佳。基于上述工程现状,本文系统开展路面裂缝病害成因与修补施工技术研究,梳理实用可行的修复工艺与防控措施,为提升公路养护质量、延长道路使用寿命提供技术支撑。

1 现役公路路面裂缝病害概述

1.1 公路路面裂缝的定义与危害

公路路面裂缝是现役道路最频发的结构性、功能性病害,指路面表层及内部结构受各类因素作用,出现连续性断裂、开裂的破损现象,普遍存在于沥青、水泥等各类公路路面中。这类病害初期破损范围小、隐蔽性强,极易被日常养护忽视,但会持续影响道路通行质量与使用寿命。路面产生裂缝后,雨水、积雪融水会顺着裂缝渗入路面结构内部,侵蚀基层与路基土体,造成路基软化、承载力下降。同时,车辆反复碾压会不断扩大裂缝宽度与深度,引发坑槽、沉陷、网裂等更严重病害。不仅会大幅提升公路养护维修成本,还会破坏路面平整度,导致车辆行驶颠簸、制动性能下降,极大增加道路交通安全隐患,缩短公路整体服役年限。

1.2 现役公路路面裂缝常见类型

结合现役公路实际运营状况,受温度变化、行车荷载、施工工艺及路基工况多重因素影响,路面裂缝形态特征存在明显差异,工程中根据裂缝走向、分布形态及破损机理,主要分为四类典型形态。(1)横向裂缝沿路面横断面方向延伸,多由温度收缩、基层收缩变形导

致,分布较为规整,是低温地区公路的常见病害,多呈等距分布,初期缝宽较小,随冻融循环逐步扩张贯通。

(2)纵向裂缝顺着行车方向延伸,主要因路基不均匀沉降、车辆长期超载碾压、路面摊铺接缝处理不当引发,裂缝长度较长,易连片发展,严重时会出现错台、渗水等次生病害。(3)网状裂缝呈不规则网格状分布,多为路面整体结构疲劳破损所致,代表路面表层及浅层结构已出现整体性损坏,属于路面结构性衰败的典型标志。

(4)各类不规则零散裂缝,多由局部施工缺陷、局部地质差异、外力冲击等因素造成,形态无规律,在各级公路中均有零散分布,属于局部偶发性病害。

1.3 路面裂缝病害判定标准与检测方法

目前公路裂缝病害判定以公路养护技术规范为依据,主要根据裂缝宽度、长度、分布密度、破损程度划分病害等级,区分轻微、中度、重度病害,以此确定对应的修补方案。日常检测以人工现场巡查为基础方式,养护人员实地排查路面裂缝位置、尺寸及破损状态,记录病害基础数据。针对高等级公路及大面积病害路段,多采用智能化检测设备,通过路面激光检测、高清影像采集等技术,精准获取裂缝参数,弥补人工检测误差大、效率低的问题,为后续病害成因分析及修补施工提供准确的数据支撑^[1]。

2 现役公路路面裂缝病害成因分析

2.1 现役公路路面裂缝病害外部成因

外部成因是诱发现役公路路面裂缝的主要外在因素,集中体现在自然环境、交通荷载及路基工况三个方面,长期作用下会逐步破坏路面结构完整性。(1)气候环境因素。温差变化是路面开裂的核心诱因,我国多数地区四季温差、昼夜温差较大,沥青路面会随温度升降反复收缩、舒张,材料疲劳后产生横向收缩裂缝。冬

季冻融循环工况下,路面缝隙积存的雨水结冰膨胀,挤压路面结构,融化后形成空隙,反复作用下裂缝持续扩张、贯通。同时,长期日晒、风雨侵蚀会加速路面材料老化,降低路面柔韧性与强度,极易产生零散性开裂病害。(2)交通荷载因素。现役公路长期承受车辆重复碾压,尤其是货运车辆超载、偏载行驶,会超出路面设计承载极限。高频次的车辆荷载会造成路面表层及浅层结构疲劳损伤,逐步形成纵向裂缝。部分路段车辆制动、启停频繁,产生的水平推力会加剧路面结构剪切破坏,诱发不规则裂缝,是干线公路裂缝多发的重要原因。

(3)路基路况因素。部分公路路基填筑压实度不足、地基土质不均匀,运营后期会出现轻微不均匀沉降。路基变形会直接传导至路面,导致路面受力不均,产生贯通性裂缝,多集中在路基填挖交界、软基处理路段。

2.2 现役公路路面裂缝病害内部成因

内部成因源于道路建设施工及材料本身的结构性缺陷,属于路面开裂的先天隐患,在后期运营中逐步凸显、暴露。(1)原材料质量问题。路面施工所用沥青、集料、混合料质量不达标,会直接影响路面抗裂性能。沥青标号与当地气候不匹配、老化度偏高,集料含泥量过大、粒径级配不合理,混合料配比失衡,都会造成路面材料稳定性差、韧性不足,投入使用后极易出现开裂破损。(2)现场施工不规范。路面摊铺、碾压、接缝处理等工序不达标会留存大量隐患。摊铺温度过高或过低、碾压速度及遍数不足,会导致路面密实度不均、结构松散。施工接缝处理粗糙、拼接错位,会形成路面薄弱带,后期在荷载作用下率先开裂,形成规律性裂缝。

(3)后期养护不到位。公路运营期间日常巡查、预防性养护滞后,微小裂缝未及时处置,雨水持续渗入结构内部,破坏基层稳定性。长期养护缺失会导致细微裂缝持续发展,演变为大面积网裂、贯通裂缝,加剧路面病害恶化^[2]。

3 现役公路路面裂缝修补施工技术

3.1 现役公路路面裂缝常规修补施工技术

常规裂缝修补技术经过长期工程应用,施工流程标准化、设备配套完善,主要针对轻微、中度浅层裂缝,适用于普通干线公路及农村公路日常养护,核心包含灌缝、贴缝、浅层铣刨重铺三种工艺。(1)灌缝修补技术。该技术主要用于宽度5mm以上的贯穿性、连续性裂缝,分为热灌缝与冷灌缝两种施工形式。热灌缝采用加热型沥青灌缝胶,施工前对裂缝槽口进行清理、烘干,去除槽内灰尘、杂物及积水,保证槽壁干燥洁净,通过专用灌缝设备匀速灌注胶体,胶体冷却固化后即可封闭

裂缝空隙。冷灌缝采用常温液态修补胶,无需加热设备,施工不受低温天气限制,多用于零星、分散的小型裂缝修补。该工艺可有效阻断雨水渗入路面结构内部,阻止裂缝进一步扩张。(2)贴缝修补技术。贴缝技术适配宽度较小、无明显变形的表层细微裂缝及网状微裂区域。施工时只需清理裂缝表面浮尘与松散物料,保持路面干燥平整,根据裂缝走向及宽度裁剪对应规格的高分子贴缝带,沿裂缝中心线粘贴压实,排除底部空气,保证贴缝带与路面紧密贴合。该工艺无需开槽、无需混合料拌合,施工速度快,对原有路面结构无损伤,通车恢复时间短,适合交通流量较大路段的快速养护作业。

(3)浅层铣刨重铺技术。针对表层网裂、密集裂缝及局部破损路段,采用浅层铣刨重铺工艺。利用铣刨设备铲除路面破损表层,清理基层松散病害部位,检查基层平整度与密实度,对缺陷部位进行找平处理后,重新摊铺沥青混合料,完成碾压、收光成型。该技术可彻底清除表层病害,恢复路面平整度和整体强度,解决多层集中开裂问题^[3]。

3.2 现役公路路面裂缝新型修补施工技术

新型裂缝修补技术以结构性修复为核心,依托高性能复合新材料、微创精细化施工工艺,重点针对常规技术无法根治的深层裂缝、联动病害及复杂工况病害,能够从路面结构内部完成补强、密实与防渗处理,大幅提升病害修复的整体性与耐久性,适配现阶段精细化公路养护发展趋势。(1)路面微创注浆修补技术。该技术主要针对伴随路基轻微沉降、深层脱空的贯通性裂缝。施工通过精准定位裂缝深层空隙与基层脱空区域,采用高压微创注浆设备,将无机复合注浆材料注入结构内部,填充路面、基层及路基空隙。注浆材料固化后可形成稳定固结体,抬升沉降路面,密实内部结构,从根源解决因基层脱空、路基不实引发的反复开裂问题,施工无需大面积破除路面,对道路结构破坏极小。(2)高分子复合材料修补技术。采用高强度、高弹性的高分子改性修补材料,适配低温、多雨等复杂工况下的裂缝修复。该材料粘结强度高、柔韧性好,固化后可跟随路面温度形变伸缩,有效抵抗冻融循环与车辆荷载冲击,不易出现脱落、开裂问题。相较于传统沥青材料,其耐老化、耐水损性能更优,大幅提升裂缝修补后的耐久性,适用于高等级公路、重载交通路段的裂缝专项修复。(3)快速应急修复技术。针对突发路面裂缝破损、极端天气后的病害抢修场景,采用快凝、快硬型修补材料与标准化快速施工流程。材料摊铺压实后短时间内即可达到通车强度,无需长时间封闭交通,最大程度降低病害养护对道

路通行的影响,兼顾修复质量与交通保通需求,适配城区主干道、繁忙干线公路的应急养护工作^[4]。

4 路面裂缝修补施工质量控制与病害预防措施

4.1 修补施工全流程质量控制

路面裂缝修补质量管控覆盖施工准备、现场施工、竣工验收全过程,严格遵循公路养护规范标准,严控各道工序施工质量,杜绝遗留质量隐患。(1)施工前期质量控制。施工前需对现场裂缝进行全面排查,准确记录裂缝宽度、深度、走向和分布区域,结合病害等级选定匹配的修补工艺。进场材料需逐一核查,灌缝胶、贴缝带、改性修补材料等需符合现行行业标准,严禁使用老化、变质、参数不达标的材料。提前调试各类施工设备,检查灌缝压力、铣刨深度、碾压设备工况,确保设备状态稳定,满足现场施工要求。(2)施工过程质量控制。裂缝处理前必须彻底清理槽内灰尘、松散料与积水,保持施工界面干燥洁净,保证修补材料与原路面紧密粘结。灌缝施工需做到填充饱满、密实,无空隙、无断条,表面平整顺直。贴缝施工需保证带面平整贴合,排出底部空气,边缘压实密封,避免后期起边、脱落。铣刨重铺路段需严控铣刨厚度、摊铺均匀度,按规范碾压,保证新旧路面衔接平顺、整体密实。同时避开暴雨、低温霜冻等恶劣天气施工,减少环境干扰。(3)竣工验收质量控制。施工完成后,对修补区域的平整度、密封性、整体性进行全面检查,重点排查空鼓、开裂、渗水、平整度偏差等缺陷。对不合格部位立即返工处理,整改完成后复检备案。严格执行通车时间要求,待修补材料完全固化、强度达标后方可开放交通,避免过早通车损坏修复结构。

4.2 路面裂缝常态化预防养护措施

公路裂缝治理以预防为主、修防结合,通过常态化养护管理,提前消除隐患,有效降低裂缝病害发生频率。(1)开展常态化路况巡查。建立固定巡查机制,定期排查路面细微裂缝、表层松散等初期病害,及时处置微小破损,防止病害逐步扩展为网状裂缝、沉陷等严重问题。重点盯防填挖交界、坡道弯道、桥头衔接等薄弱

路段,建立完整病害台账,动态更新路况信息。(2)强化日常道路管护。配合交通执法开展超限超载治理,减少重载车辆对路面的持续碾压损伤。日常及时清理路面积水、积雪、杂物,保持路面排水通畅,杜绝水体长期渗入路面基层,防止路基软化、结构失稳引发开裂问题。(3)落实专项预防性养护。结合路段服役年限与当地气候条件,定期开展封层、防渗、补强等养护作业,提升路面整体抗裂、抗老化能力。定期检测路基、基层工况,及时处理轻微脱空、不均匀沉降隐患,从结构层面减少裂缝病害的产生与复发^[5]。

结束语:本文通过分析现役公路路面裂缝病害特征,明确环境、荷载、路基、材料、施工及养护等各类因素对路面开裂的影响机制。对比各类常规与新型修补技术的施工特点与适用条件,明确不同裂缝病害的针对性修复方案。同时,从施工全过程质量管控和常态化预防养护两方面,建立裂缝病害综合治理体系。研究表明,路面裂缝治理需坚持修防结合、严控施工质量,才能有效减少病害复发。后续可结合区域路况特点,优化新型修补材料与微创工艺,进一步提升公路病害养护的长效性。

参考文献

- [1]刘斌.公路沥青路面裂缝病害的成因与处治技术研究[J].全面腐蚀控制,2026,40(1):95-97.
- [2]王巧智.高速公路路面病害成因及防治措施[J].交通世界,2026(9):44-46.
- [3]张凤龙.公路路面裂缝成因及修补养护工艺研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2026(6):087-091.
- [4]刘伟文,陈楚鹏,张鹏.中江高速公路改扩建既有沥青路面裂缝成因分析及处治方法[J].北方交通,2025(7):31-34+39.
- [5]赵丽.公路工程沥青路面病害成因及预防性养护技术研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2026(4):013-016.