

# 旧水泥混凝土路面加铺层反射裂缝控制措施

吕松刚

邵阳市农村公路处, 湖南邵阳, 422000;

**摘要:** 旧水泥混凝土路面加铺层受原有裂缝持续作用与扩展影响, 易萌生反射裂缝, 大幅降低道路使用性能, 缩短其服役寿命。反射裂缝成因需拆解本质, 适配的结构设计与材料优化手段可有效抑制其萌生与发展。应力吸收层、改性沥青材料及裂缝处理技术的科学选用, 能在加铺设计中延缓反射裂缝发展进程, 强化路面整体使用性能与耐久特性, 为旧路改造工程搭建切实可行的技术实施路径。

**关键词:** 反射裂缝; 加铺层; 水泥混凝土路面; 应力吸收层; 裂缝控制

**DOI:** 10.69979/3029-2727.26.04.002

## 引言

反射裂缝是旧水泥混凝土路面加铺层内常见且难以避免的病害, 降低路面结构的整体性能, 大幅缩短路面结构的实际使用寿命。道路改造各类工程实施中, 有效抑制反射裂缝的萌生与发展是工程实践领域与理论研究方向的重要课题。本文探究反射裂缝的内在产生机制与实际控制措施, 为旧路加铺施工工程提供科学且具备实用性的技术支撑。

## 1 反射裂缝的形成机制与影响因素

### 1.1 旧水泥混凝土路面裂缝类型与发展过程

旧水泥混凝土路面长期服役, 环境交替与车辆荷载反复作用下, 板体内部及接缝周边易产生各类裂缝。裂缝类型涵盖横向、纵向、角部及网状四种。横向裂缝多见于板块中部或接缝附近, 温度收缩与干缩共同作用所致; 纵向裂缝由基层不均匀沉降或施工接缝处理不当引发; 角裂缝位于板角, 受车轮荷载集中作用影响; 网状裂缝表现为板面多点断裂交错, 体现材料疲劳、老化及结构失稳问题。裂缝形成后削弱板体结构完整性, 为水分渗入和冻融破坏提供通道, 加速路面劣化。

裂缝发展阶段, 原始微裂纹经温度应力循环拉压与交通荷载反复作用, 逐步扩展连通形成可见裂缝。水泥混凝土变形恢复能力不足, 裂缝初现后无法自愈, 随时间持续恶化。接缝部位受外部气温波动影响, 频繁产生开合运动, 形成接缝活动裂缝, 给后期沥青加铺层埋下隐患。未有效修复的裂缝进行罩面加铺时, 新铺沥青层在旧裂缝控制薄弱区域出现应力集中, 诱发反射裂缝。了解旧水泥混凝土路面裂缝类型与演变机制, 是制定加铺层反射裂缝控制对策的基础。

### 1.2 加铺层结构传力方式对裂缝反射的影响

在旧水泥混凝土路面沥青加铺层中往往由于温度变化或交通荷载作用, 在接缝处及原有路面裂缝处出现水平伸缩和竖向弯沉, 引起接缝上方沥青加铺层内出现应力集中, 产生裂缝, 这种裂缝通常称为反射裂缝。旧路结构自身的界面不连续性及加铺层与原有水泥混凝土板体间的模量梯度差异, 让加铺后路面整体结构在荷载逐级传递过程中形成显著的应力重分布特征。水泥混凝土板刚性偏高, 自身变形受结构约束, 板体下部出现竖向不均匀沉降或受温度影响产生水平收缩时, 内部变形无法充分释放, 沥青加铺层所受应力快速累积, 最终引发局部区域的疲劳破坏。原有路面内的活动接缝呈周期性张开与闭合状态, 该动态变化让加铺层反复承受拉剪应力的交替作用, 推动裂缝的萌生与持续扩展。

沥青加铺层的铺设厚度、基材力学性能及与旧水泥混凝土板体的界面黏结状态, 对裂缝反射现象存在显著影响。加铺层铺设厚度不足时, 难以有效吸收缓冲原路面传递的变形与应力, 易形成镜像式的裂缝映射现象<sup>[1]</sup>。结构层间界面黏结效果不佳, 荷载传递时易产生滑移效应, 局部应力集中程度加剧, 整体结构的完整性与疲劳寿命随之降低。加铺层若具备优良的柔性及延展性, 界面处布设应力吸收层或断裂能较高的结构层, 可有效削弱传力路径中的应力峰值, 延迟甚至阻断裂缝的反射发展。不同结构组合形式对应的传力路径, 直接决定裂缝的传播方向与发展速度, 各类影响因素共同构成加铺结构中裂缝反射发生的核心力学基础。

### 1.3 环境与交通荷载条件下的裂缝应力演化

反射裂缝破坏机理比较复杂, 综述前人研究成果, 目前国内外学者大多认同温度应力导致反射裂缝的产生, 并参与了其最初的扩展, 荷载应力加速了裂缝的进一步扩展。温度变化是反射裂缝主要环境诱因, 昼夜温差大的区域, 水泥混凝土路面表层与底层温差会引发材

料胀缩。温度骤变时,冷暖交替季节尤为明显,水泥混凝土路面应力分布不均易产生裂缝。裂缝随季节性温差逐步扩大,应力集中愈发明显。温度循环作用长期累积,最终诱发沥青加铺层反射裂缝。温度变化诱发裂缝,也改变其扩展速度,接缝及裂缝交点处应力最为集中,易催生新裂缝或加重既有裂缝。

交通荷载是另一主要应力来源,车辆静动态荷载都会加速裂缝扩展,交通荷载持续作用,原有裂缝反复承受拉压,在应力作用下持续延伸,重型车辆通行时,荷载集中加速裂缝扩展。沥青加铺层中,原有裂缝是裂缝传播的先导路径,交通荷载经这些预存裂缝传递应力,加剧裂缝发展。交通量增长、车辆荷载变化,让裂缝演化趋势更为复杂。高速车辆与频繁交通活动加快裂缝演化,缩减路面服役年限。裂缝应力演化中,环境与交通荷载相互作用,决定裂缝形成、发展及扩展路径,综合考量这些因素可制定有效控制反射裂缝的技术措施。

## 2 加铺层反射裂缝的主要控制技术

### 2.1 加铺前裂缝修复与处理方法分析

加铺沥青罩面前,对旧水泥混凝土路面现存裂缝开展系统性修复,为控制反射裂缝产生的核心前提。未做处理直接加铺新层时,原有裂缝处会形成应力集中区,荷载与温度应力耦合作用下易萌生反射裂缝。现有常用的裂缝处理手段含嵌缝、灌缝、开槽填缝、局部板块更换、树脂注浆等工艺。灌缝选材多为热塑性沥青、聚氨酯密封胶、环氧树脂类材料,可阻隔水分侵入裂缝内部,恢复裂缝位置的部分结构完整性。宽度较大的结构性裂缝,需经切缝处理后嵌填高模量材料,提升裂缝区域承载能力,降低裂缝活动幅度,减轻对加铺层的不利影响。

不同类型裂缝需适配差异化修复策略,活动性裂缝采用柔性材料做封闭处理,适配后期可能产生的开合变形,非活动性裂缝选用刚性或半刚性材料封填,强化结构抗剪强度。存在明显唧泥、沉陷、脱空问题的板块,需先开展基层注浆加固或整体板块更换作业。工程实践里,加铺前的裂缝处理常结合路面检测设备,依托裂缝扫描仪、FWD检测明确病害实际程度,制定贴合工程实际的针对性修复方案。适配工程实际的科学裂缝修复手段,能显著延缓反射裂缝的萌生时间,为后续应力吸收层布设与结构设计的协同控制铺垫有利工程条件。

### 2.2 应力吸收层材料与结构设计优化

应力吸收层在旧水泥混凝土路面加铺结构中缓冲并隔离上下层应力传递,是防控反射裂缝的重要结构措施。柔性或高延展性材料在裂缝应力集中区域形成能量

耗散带,延迟、阻断应力峰值向上部沥青加铺层传递,抑制裂缝反射<sup>[2]</sup>。应力吸收层常用材料有SAMI(应力吸收膜层)、SAMI-R(增强型膜层)、玻纤格栅、土工合成材料及细粒型沥青混合料。原混凝土板与新沥青层之间设置应力吸收层,铺设厚度8~20mm,由材料类型和功能需求决定。

结构设计中,应力吸收层有效性依赖材料性能、界面黏结状态、铺设工艺及施工质量。力学层面需具备延展性、疲劳抗裂性能及耐高温流变性,在温度变化和荷载反复作用下维持耗能功能。应力吸收层材料需与沥青加铺层形成良好复合界面,避免层间剥离或滑移,提升整体结构耐久性。新型复合型吸能材料,自愈合聚合物复合层或沥青-高分子砂浆混合层,抗裂效果更优。优化应力吸收层材料选择与结构组合,延缓反射裂缝起裂时间与传播路径,是长寿命加铺设计的关键手段。

### 2.3 高性能改性沥青与新型加铺技术应用

高性能改性沥青材料在加铺层中应用场景广泛,实践验证对抑制反射裂缝具备显著作用。改性沥青于基质沥青中掺加SBS(苯乙烯-丁二烯-苯乙烯)、橡胶粉、聚烯烃、纳米材料或纤维增强剂等改性剂,提升基质沥青的高温稳定性、低温抗裂性与疲劳抗裂能力。老旧水泥混凝土路面改造作业中,选用高弹性高韧性的改性沥青可有效吸收底层裂缝传递的应力,还能在一定程度上自适应裂缝微形变,延迟裂缝反射周期。改性沥青的优良黏结性能与界面相容性助力加铺层整体结构的协调变形,进一步强化结构整体抗裂能力。

新型加铺技术的落地应用进一步丰富反射裂缝控制手段,热再生加铺、半柔性复合加铺、超薄加铺、冷再生基层就地重构等工艺,已成结构抗裂设计的发展方向。热再生技术经就地加热、重混与改性处理,让原有沥青混合料恢复优良路用性能,兼具节能环保效益与裂缝控制实效;超薄加铺层采用高模量沥青混合料配制,以更薄的结构层体实现更优抗裂性能;半柔性复合层融合沥青与水泥材料的核心性能优势,形成高强度且抗剪性能优异的复合结构。这类技术的核心特点是在加铺结构设计中注重材料功能与结构层间的协同作用,聚焦对裂缝源头的应力缓释与裂缝传播的有效阻断。工程建设中选用性能匹配度高、结构设计合理的新型材料与技术体系,可实现对反射裂缝更具实效、更持久的防控效果。

## 3 反射裂缝控制措施的综合应用与工程实践

### 3.1 典型工程案例分析与成效评价

多个典型旧水泥混凝土路面加铺工程,采用不同裂

缝控制技术收获良好效果,某城市快速路旧路改造项目,水泥混凝土路面存在大量裂缝、沉降,接缝部位老化。施工方选用灌缝处理与应力吸收层结合的技术方案。灌缝采用改性沥青与聚氨酯密封胶,填充既有裂缝,加铺前铺设玻纤应力吸收层,厚度8mm,隔离路面变形引发的应力集中。加铺层采用改性沥青混合料,保障新层抗裂性与延展性。

一年跟踪检测显示,改造后路面改善明显,加铺层裂缝扩展速度大幅下降,原有接缝处反射裂缝生成几率大幅减少。路面平整度与耐久性提升,项目在反射裂缝控制上成效突出。现场数据监测显示,改造后路段延长路面使用寿命,减少养护频率,降低长期维修成本。该案例为类似旧路面加铺工程提供参考。

### 3.2 反射裂缝控制技术的适用性比较

反射裂缝控制技术的适用性上,不同技术方案在各异工程背景与地理环境中,效果及经济性存在明显差异。沥青与水泥混凝土接缝处的裂缝反射控制,可通过合理选择应力吸收层材料达成。干燥且温差较大的地区,采用含改性沥青与聚合物改性的弹性层材料效果更优,这类材料能缓解温度变化引发的应力波动。湿润多雨且温差较小的区域,可选用更坚固的改性材料,以橡胶粉或聚合物为基础的沥青混合料,其结构特性更适配湿润环境下的温差变化与高湿度作用。

玻纤格栅等高强度材料,多用于交通量大、荷载较重的城市主干道及高速公路。其抗拉强度与耐疲劳性能突出,可抵抗车轮荷载对加铺层产生的反复拉压应力,延长加铺层使用寿命<sup>[3]</sup>。低交通量的次要道路,可采用经济的传统处理方法,常规热再生沥青加铺或常规应力吸收膜层,既能保证裂缝控制成效,又能降低工程造价。选择适配的技术方案,需结合区域环境特点,兼顾交通流量、预算及养护周期等相关因素。

### 3.3 加铺层设计中控制裂缝的关键技术要点

加铺层设计中,控制反射裂缝的关键技术要点之一是合理选定加铺层的厚度参数与材料配比比例。相关研究数据表明,加铺层的实际厚度会直接影响整体结构的抗裂性能表现,厚度过薄的加铺层往往无法有效缓解原路面裂缝的反射传导问题,需精准选择适配的加铺层厚

度,以此确保结构具备足够的承载能力和抗弯折柔韧性。材料品类的选择还应注重把控高温环境下的稳定性、低温环境下的抗裂性及长期使用的抗疲劳性能。选用改性沥青混合料或高弹性聚合物类材料作为加铺层主材,能够有效提升材料自身的延展性能与抗裂性能,大幅减少裂缝反射现象出现的可能性。

施工工艺的规范实施和界面的精细化处理同样对裂缝控制起到至关重要的作用,加铺层与原水泥混凝土板之间的界面黏结效果必须达到充分贴合的标准,避免因界面局部剥离问题引发的层间滑移病害。针对这一要求,常采用专业表面清理和专用界面剂处理的配套技术,以此确保加铺层与旧路面基层之间实现牢固的黏结效果。实际施工过程中,全程合理的温度管控和标准化的压实工艺也能有效助力加铺层的施工质量提升,切实保证路面结构的长期使用稳定性。加铺层设计工作中,必须全面综合考量各类影响因素,通过专业方法精确计算和科学优化加铺层的整体结构与材料指标,才能从根本上有效抑制反射裂缝的产生,持续提高路面工程的整体使用寿命。

## 4 结语

本文剖析旧水泥混凝土路面加铺层反射裂缝的形成机制及控制技术,探讨裂缝修复、应力吸收层材料选择与加铺技术优化。典型工程案例验证反射裂缝控制技术在不同路况与环境下的适用性,凸显材料选择、施工工艺及结构设计在裂缝控制中的关键作用。综合技术手段的应用可有效延缓反射裂缝发生,提升路面整体耐久性,为今后旧路面改造提供宝贵的实践经验与技术支持。

### 参考文献

- [1]张晋. 沥青混凝土路面裂缝产生原因和预防及处治措施研究[J]. 时代汽车, 2026, (02): 190-192.
- [2]蒋礼. 水泥混凝土路面共振碎石化的沥青层加铺技术优化研究[J]. 粘接, 2025, 52(11): 143-146.
- [3]潘晓光. 加载方式对沥青加铺层反射裂缝发展规律的影响[J]. 交通世界, 2025, (31): 89-91.

作者简介:吕松刚(1987.05-),男,汉族,湖南邵阳,工程师,本科学历,主要研究道路与桥梁隧道工程。