

沥青路面裂缝成因分析与灌缝胶修补工艺优化

吴国华

江苏现代路桥有限责任公司 江苏 南京 210000

【摘要】：沥青路面在服役过程中易出现横向、纵向、网状及反射裂缝，不仅影响行车安全，还会缩短使用寿命。上述裂缝的成因主要涉及结构设计不合理、运营荷载超标及环境因素作用。本文梳理裂缝典型表现与隐患，探究各类裂缝的形成机制；针对灌缝胶修补工艺长期存在的清理不彻底、材料适配性不足、施工管控不规范等问题，提出材料配比优化、施工流程完善及现场管控强化三项改进措施，以提升灌缝胶核心性能并规范全流程施工。研究表明，优化后的灌缝胶修补工艺可有效增强粘结性与耐久性，解决既有修补缺陷，为沥青路面裂缝高效处置及长效稳定运营提供技术支撑。

【关键词】：沥青路面裂缝；灌缝胶；成因分析；修补工艺优化；材料配比

DOI:10.12417/2811-0528.26.14.057

引言

沥青路面因平整度好、行车舒适、施工便捷等优势，广泛应用于公路工程建设。路面服役状态直接关系到通行效率与行车安全。在长期运营过程中，受结构设计、交通荷载、环境因素等综合影响，沥青路面易出现各类裂缝病害。该类病害具有隐蔽性强、发展速度快的特点，若处置不及时，会逐步加剧路面结构损坏，增加养护成本，缩短使用寿命。当前，灌缝胶修补作为裂缝处置的主流方式，仍存在材料适配性不足、施工工艺不规范等问题，影响修补效果。基于此，本文系统探究沥青路面裂缝的典型形态与成因，针对性优化灌缝胶修补工艺，为裂缝高效处置与路面长效养护提供技术支撑。

1 沥青路面裂缝问题梳理及成因探究

1.1 沥青路面裂缝典型表现及隐患识别

沥青路面服役期间会出现各类开裂形态，包括横向开裂、纵向开裂、网裂及反射开裂（见图1）。横向开裂沿横断面方向延展，温度变化产生的应力是主要诱因，寒冷地区气温起伏剧烈时尤为突出^[1]。行车轮迹区域与路肩位置易出现纵向开裂，其成因包括路基沉降不均、施工接缝处置疏漏及行车荷载反复作用。沥青材料老化、水体侵蚀及结构层承载能力不足会形成交错细密的网状裂纹。旧路加铺结构内部易产生反射开裂，原有板块缝隙与底层破损会向上传导扩张。表层细微破损若未及时处置，水分入渗、行车碾压及冻融循环会持续破坏路面结构，导致松散脱落与坑槽病害，并影响路面整体受力状态与通行条件。通过现场巡查配合专业检测，可准确判定裂缝类型及发展程度，为养护修复工作提供依据。

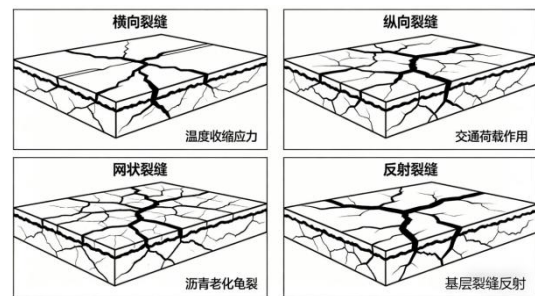


图1 沥青路面典型裂缝形态示意图

1.2 结构设计不合理引发裂缝的成因

沥青路面结构初始设计若存在不足，服役期内易产生各类结构性裂缝。基层厚度偏小或模量配比失衡会扰乱内部应力分布，在车辆荷载长期作用下，基层底面拉应力超过材料抗拉限值，出现疲劳开裂并向上传导至表层。水泥稳定碎石类半刚性基层若水泥剂量偏高或养护不到位，干缩和温缩效应会催生横向收缩裂缝，进而向上形成反射开裂。面层与基层之间若缺少粘结构造，未布设应力吸收层或土工格栅等缓冲构件，结构协同受力能力下降，界面滑移与脱空会加速裂缝扩展。路面结构厚度与区域交通荷载匹配不足，重载路段采用常规柔性铺装将削弱承载能力，诱发网裂及轮迹带纵向开裂。此外，排水设计疏漏造成层间积水，持续侵蚀基层性能，加重路面结构损伤。

1.3 运营荷载及环境作用导致裂缝的分析

运营阶段，长期交通荷载叠加复杂环境因素，成为裂缝产生的主要外部诱因。重载、超载车辆频繁通行加剧路面结构疲劳损伤。高温条件下沥青混合料模量降低，抗变形能力减弱，轮迹带易出现车辙及纵向裂缝；低温时材料脆性增加，往复荷载产生的微裂缝会快速扩展为贯通横向裂缝。昼夜温差波动及季节气温突变，使沥青面层产生胀缩变形，在接缝与边缘约束不足处积聚温度应力，形成规整的低温收缩裂缝。雨雪水渗入结构内部，冻融循环下孔隙水冻胀会剥离集料与沥青胶结界

面,引发基层松散及面层网裂。紫外线持续辐射加速沥青老化硬化,胶结料延展性下降,路面抗裂性能随之弱化。干湿交替、风力侵蚀等气候条件也会侵蚀表层材料,使细微损伤逐步演变为整体结构性破损。

2 灌缝胶修补工艺优化及问题解决

2.1 灌缝胶修补工艺现存核心问题梳理

灌缝胶修补工艺现存短板主要体现在施工环节衔接失衡及材料适配层面存在欠缺。裂缝清理作业难以做到彻底洁净,缝壁附着粉尘、松散碎屑与残留水分难以完全祛除,灌缝胶和缝壁难以形成密实粘结界面,后期极易出现脱粘剥离病害。灌缝胶加热温控把控失衡,温度偏高会加速胶体老化,低温抗裂能力与粘结性能随之衰减,温度偏低则胶体流动性能变差,难以充盈裂缝内部孔隙并遗留空腔缺陷^[2]。施工灌注用量把控失衡,胶料过量溢出会破坏路面平整度与行车体验,用量不足又无法完整包覆裂缝密封防渗。修补后养护流程缺少标准化管控,养护时长不足或处置方式失当,胶体难以充分固化定型,车辆荷载与外界环境共同作用下易发生破损脱落,难以维系长效裂缝修补成效。

2.2 灌缝胶材料配比及性能改进

灌缝胶材料配比优化需紧密结合沥青路面裂缝的使用环境与受力特点,重点针对低温抗裂性、高温稳定性及粘结性三大核心性能进行调整。优化过程中摒弃单一基质沥青配比模式,引入改性剂与增韧剂进行复配,通过调整改性剂的掺加类型与掺量,改善灌缝胶的低温延伸性能,避免低温环境下因材料脆化出现开裂、脱落现象。同时合理搭配增粘剂与抗老化剂,增强灌缝胶与沥青路面裂缝壁的粘结强度,减少雨水、杂质渗透对粘结面的破坏,延长粘结耐久性。针对原有灌缝胶高温易软化流淌的问题,通过添加刚性填料优化配比结构,提升材料高温粘度与抗变形能力,确保在夏季高温行车荷载作用下不出

现流淌、泛油等病害,使灌缝胶能够长期适应路面温度变化与行车荷载反复作用,匹配裂缝修补的长期使用需求。

2.3 灌缝施工流程及现场管控优化

灌缝施工流程优化需贯穿裂缝处理至后期养护全环节,裂缝清理环节摒弃传统人工清扫模式,采用高压空气吹扫与专用清理工具结合的方式,彻底清除裂缝内部及边缘的灰尘、杂物和松散沥青碎屑,同时对裂缝边缘破损部位进行精细化修整,避免杂质残留影响灌缝胶与路面的粘结效果。灌缝胶加热环节采用恒温加热设备,严格控制加热温度与时间,确保灌缝胶融化均匀、流动性达标且不发生老化变质,加热完成后需经静置消泡处理,杜绝气泡混入影响修补质量。灌缝作业时采用匀速推进的灌注方式,根据裂缝宽度调整灌注速度,确保灌缝胶充盈裂缝且表面与路面齐平,避免出现溢胶、缺胶现象^[3]。现场管控需重点落实工序衔接管控,每道工序完成后进行专项检查,重点核查清理效果、灌缝胶温度、灌注质量等关键指标,同时加强施工环境管控,避开高温、严寒、雨雪等不利天气,规范施工设备操作流程,定期对设备进行检修维护,保障施工连续有序推进,提升灌缝施工的稳定性和可靠性。

3 结语

沥青路面裂缝的产生是结构设计、运营荷载与环境作用等多因素共同作用的结果,不同类型裂缝的形成机制存在显著差异,若不及时处置,将持续劣化路面结构性能,影响行车安全与使用寿命。灌缝胶修补作为裂缝处置的关键手段,聚焦缝壁界面粘结强化与温控敏感性改善,其质量直接决定修补效果与耐久性,需针对性解决材料适配性不足、施工管控不规范等核心问题。通过优化灌缝胶材料配比、完善施工全流程管控,可有效提升修补工艺的科学性与可靠性。未来需结合实际工程场景,持续优化技术方案,强化裂缝全生命周期管控,推动沥青路面养护技术升级,实现路面长效稳定运营。

参考文献:

- [1] 田建平.沥青路面裂缝成因及防治措施分析[J].运输经理世界,2024,(08):116-118.
- [2] 刘迎港.沥青路面裂缝成因及防治措施分析[J].建材发展导向,2023,21(16):136-139.
- [3] 李慧姣.半刚性沥青路面裂缝成因分析及防治措施[J].工程技术研究,2021,6(11):54-55.