

公路路面裂缝产生原因与养护处理措施

王小峰

陇南通途公路养护工程有限公司 甘肃 陇南 746000

摘要：公路路面裂缝影响行车安全与使用寿命。本文详细阐述公路路面裂缝按形态与深度分类的具体情况，从路面材料特性、结构设计、自然环境、运营使用等方面剖析裂缝产生原因。针对不同类型裂缝，提出表面封缝、灌缝修补、薄层罩面、深层灌浆等养护处理措施，还介绍了裂缝预防养护措施。通过全面分析裂缝成因并给出针对性养护方案，为公路路面裂缝的治理与预防提供参考。

关键词：公路路面；裂缝产生原因；养护处理措施；裂缝分类

引言：公路作为重要的交通基础设施，其路面质量关乎交通运输的效率与安全。然而，在实际使用过程中，公路路面裂缝问题频繁出现，成为影响公路性能与寿命的关键因素。裂缝不仅会破坏路面的平整度，降低行车舒适性，还会加速路面结构的损坏，增加养护成本。不同形态与深度的裂缝，其产生原因各不相同，涉及材料、设计、环境、使用等多方面。深入探究公路路面裂缝产生原因，并制定科学合理的养护处理措施，对保障公路安全畅通、延长使用寿命具有重要意义。

1 公路路面裂缝的主要类型

1.1 按裂缝形态分类

裂缝形态是区分路面病害类型的核心依据，不同形态的裂缝背后，对应着路面结构受力状态与环境作用的不同影响机制。横向裂缝呈垂直于道路中心线的分布特征，主要由温度收缩应力或基层反射作用引发^[1]。在寒冷地区，沥青面层受低温影响产生收缩，当收缩产生的拉应力超出材料自身抗拉强度时，便容易形成贯穿性横向裂缝；半刚性基层发生收缩开裂后，裂缝会向上反射至面层，最终形成形态相似的横向裂缝。纵向裂缝沿道路走向延伸，其形成与行车荷载作用、路基不均匀沉降及施工接缝处理不当存在密切关联。车辆荷载的重复作用，易使路面边缘或接缝部位出现纵向开裂；填挖交界处路基压实度不足、软土地基处理不到位等问题，会引发路基不均匀沉降，进而诱发纵向裂缝的进一步扩展。网状裂缝表现为相互交错的细密裂纹，形似龟背纹路，形成原因主要包括面层材料老化、基层强度衰减以及长期交通荷载的疲劳作用。沥青混合料若低温抗裂性能较差，或基层弹性模量出现下降，路面在温度应力与荷载应力的共同作用下，极易产生网状开裂。不规则裂缝形

态杂乱、无固定走向，大多由局部应力集中或多种环境因素共同作用导致，常见于路面结构薄弱区域以及排水不畅的路段。

1.2 按裂缝深度分类

裂缝深度是评判路面病害严重程度的关键指标，直接决定养护策略的制定方向。表面裂缝仅局限于面层顶部，深度通常低于 10 毫米，主要由表层材料收缩或施工工艺缺陷引发。这类裂缝对路面结构整体性的影响相对较小，但会成为水分渗入的通道，进而加速路面病害的发展进程。浅层裂缝深度介于 10 至 50 毫米之间，已穿透面层但未触及基层，多由交通荷载反复作用或温度应力长期累积导致。当沥青混合料骨料间的粘结力下降，或基层顶面拉应力超出材料极限强度时，浅层裂缝便容易形成。深层裂缝深度超过 50 毫米，可能贯穿整个面层并延伸至基层，属于路面结构性破坏的范畴。此类裂缝通常由基层强度不足、地基沉降或重载车辆长期通行引发，会严重威胁路面的承载能力与使用耐久性。若深层裂缝未得到及时处理，可能进一步发展成坑槽、沉陷等更为严重的路面病害，需通过结构性修复措施，才能恢复路面正常使用功能。

2 公路路面裂缝产生的内在原因

2.1 路面材料自身特性

路面材料的自身特性是裂缝产生的物质基础，其物理化学性质直接决定路面的抗裂性能。材料收缩特性是引发温度裂缝的关键因素，沥青材料在低温环境下的体积收缩率远高于集料，当收缩应力超过混合料抗拉强度时，面层就会产生横向开裂；水泥混凝土材料因水化热释放与干缩变形相互叠加，若未合理设置伸缩缝，板体边缘也会形成纵向裂缝^[2]。材料的强度与耐久性，决定

路面抵抗荷载作用与环境侵蚀的能力。沥青混合料若骨料级配不合理、沥青针入度过大,会显著增加高温车辙与低温脆裂的风险;水泥混凝土若水泥用量不足或养护工作不到位,会降低自身抗压强度与抗渗性能,加速裂缝的扩展。材料配合比的合理性直接影响混合料的工作性能,沥青面层油石比出现偏差会改变混合料的粘弹性特征,油石比过高易引发泛油与车辙,油石比过低则会导致骨料剥落与松散;水泥混凝土水灰比失控会增大材料孔隙率,降低抗冻性与抗侵蚀能力,为裂缝的萌生创造条件。

2.2 路面结构设计因素

路面结构设计的合理性,是保障路面结构耐久性的核心环节,结构层厚度设计需兼顾力学性能与经济性要求。面层厚度不足时,交通荷载反复作用易使层底拉应力超出材料极限,引发疲劳开裂;基层厚度过薄则无法有效分散荷载应力,会导致反射裂缝向上扩展至面层。结构层衔接设计影响层间应力传递效率,若层间粘结材料性能不佳或施工工艺存在缺陷,会形成层间薄弱界面,在温度应力与剪切应力的共同作用下,易产生层间滑移与脱空现象,进而诱发路面裂缝。排水系统设计缺陷是加速路面水损害的重要原因,路面内部排水不畅会导致自由水滞留于结构层之间,在冻融循环或车辆荷载泵吸作用下,基层材料会逐渐松散剥落,形成孔洞与裂缝;表面排水坡度不足、边沟堵塞等问题,会加剧雨水渗入,削弱路面结构整体性。合理的路面结构设计,需通过力学计算确定各结构层模量的匹配关系,优化层间处理方式,并构建完善的排水体系,从源头减少裂缝产生的可能性。

3 公路路面裂缝产生的外在原因

3.1 自然环境因素

自然环境的变化是引发路面裂缝的重要外部驱动力,其对路面材料的影响具有累积性与周期性特点^[3]。温度变化方面,昼夜温差会导致沥青面层反复发生胀缩变形,材料内部产生温度应力,我国北方地区昼夜温差可达15-25℃,南方地区可达8-15℃,当应力超出材料抗拉强度时,薄弱位置就会萌生横向裂缝;冬季极端低温会增加沥青材料的脆性,北方地区极端低温可达-30℃以下,收缩应力集中易引发开裂,夏季高温则可能因材料软化,高温时段路面温度可达60℃以上,导致车辙与剪切裂缝的产生。降水及湿度变化通过水作用加速路面病害发展,年降水量超过800mm的地区,路面裂缝因水损害扩展的速率可达年增长5-10mm,雨水渗入路面结构后,在车辆荷载作用下会产生动水压力,

动水压力可达0.3-0.5MPa,冲刷基层材料形成孔洞,进而引发唧浆与层间脱空;长期湿润环境会大幅削弱材料粘结性能,加剧裂缝扩展。地质条件差异对路面稳定性影响显著,软土地基在车辆荷载作用下易发生不均匀沉降,导致路面出现纵向裂缝或错台;填挖交界处若未进行有效处理,地基压实度不一致会引发应力集中,形成反射裂缝;地下水位变化会削弱路基承载力,为裂缝产生提供有利条件。

3.2 运营使用因素

公路运营使用过程中的外部作用,是路面裂缝扩展的直接诱因。车辆荷载的作用强度与频率,直接影响路面使用寿命,重载车辆轴重增加会显著提高路面层底拉应力,加速疲劳裂缝的萌生;超限车辆反复通行可能导致基层材料破碎,形成结构性裂缝;交通量增长使路面承受的荷载次数超出设计寿命,裂缝的数量与宽度会随之增加。养护工作不及时会放大病害的影响,表面裂缝若未及时进行封缝处理,水分渗入会引发基层破坏,导致裂缝向深层扩展;局部坑槽未及时修复,会使车辆荷载集中于坑槽周边区域,加速裂缝周边材料的剥落;排水设施堵塞未及时清理,会加剧水损害,缩短路面使用寿命。人为损坏行为也会破坏路面完整性,违规开挖、堆载或化学物质泄漏,可能直接破坏路面结构层,形成非自然裂缝;施工机械碾压、尖锐物体划伤面层,会削弱材料抗裂性能,为裂缝产生提供初始缺陷;沿线树木根系生长可能顶裂路缘石,并延伸至路面,形成不规则裂缝。

4 公路路面裂缝的养护处理措施

4.1 表面裂缝养护处理

表面裂缝虽未破坏路面结构整体性,但未及时处理会导致水分渗入,加速基层材料劣化,因此需结合裂缝宽度与深度,选择针对性的养护方案。对于宽度小于3毫米的微小裂缝,可采用表面封缝处理,先用高压空气清理裂缝内的杂物,再采用改性沥青或橡胶沥青类密封材料填充,形成弹性密封层,以此阻止雨水侵入,抑制裂缝进一步扩展^[4]。密封材料需具备良好的粘结性与耐候性,能在温度变化过程中保持柔韧性,避免因收缩或老化导致二次开裂。针对宽度3至5毫米的表面裂缝,可采用表面修补处理,先清除裂缝周边的松散材料,涂刷界面粘结剂增强层间结合效果,再分层填筑与原路面材料性能相近的沥青混合料,最后用振动压路机压实至设计密实度,恢复路面的平整度与抗滑性能。修补材料需严格控制级配与油石比,确保与原路面的颜色、纹理保持协调,避免形成明显视觉差异。

4.2 浅层裂缝养护处理

浅层裂缝已穿透面层但未涉及基层,需通过结构性修复措施,恢复路面承载能力。对于宽度 5 至 15 毫米的浅层裂缝,可采用灌缝修补工艺,用专用开槽机沿裂缝走向切割出规则槽口,槽口深度控制在面层厚度的 1/3 至 1/2,清除槽内碎屑后,采用热拌沥青混合料或高粘度改性沥青灌缝材料填充,压实后形成与原路面紧密结合的修补体。灌缝材料需具备高流动性与抗剥离性能,确保在低温环境下仍能保持柔韧性,避免因材料脆化导致修补失效。对于大面积浅层裂缝或网状开裂区域,可采用薄层罩面处理,先铣刨原路面表层 5 至 10 厘米,清理基层表面后喷洒粘层油,再摊铺厚度 2 至 4 厘米的改性沥青薄层,通过高温压实形成致密结构层。薄层材料需采用间断级配设计,强化粗集料的骨架作用,提高路面抗车辙与抗裂性能,同时添加纤维稳定剂,增强路面抗疲劳性能。

4.3 深层裂缝养护处理

深层裂缝涉及基层破坏,需通过结构性加固措施,恢复路面结构整体性。对于裂缝深度超过 50 毫米的深层裂缝,可采用深层灌缝处理,运用高压注浆技术,将聚氨酯或环氧树脂类化学灌浆材料注入裂缝内部,材料固化后形成高强度弹性体,既能填充裂缝孔隙、封闭渗水通道,又能增强基层与面层之间的粘结力。注浆压力需根据裂缝宽度与深度动态调整,防止因压力过大导致基层材料发生二次破坏。对于基层强度严重衰减区域的深层裂缝,可采用裂缝扩缝修补措施,先沿裂缝走向切割出宽度 10 至 15 厘米、深度至基层顶面的槽口,清除槽内松散材料后,在槽底铺设土工格栅增强层,再分层填筑水泥稳定碎石或沥青碎石基层材料,最后摊铺面层混合料并压实。扩缝修补通过扩大处理范围,消除局部应力集中,土工格栅的加筋作用可有效分散荷载应力,抑制裂缝反射。

4.4 裂缝预防养护措施

路面裂缝预防需贯穿路面全生命周期,通过主动干

预措施,延缓病害发生。日常养护巡查需建立常态化机制,结合人工检测与自动化检测设备,定期评估路面技术状况,重点监测裂缝发展速率与分布规律,为养护决策提供可靠的数据支持。预防性防护处理主要包括表面封层与碎石封层技术,在裂缝萌生初期,喷洒稀浆封层或微表处材料,形成薄层防护膜,封闭路面表面孔隙,同时改善路面抗滑性能;在重载交通路段,采用碎石封层技术,先喷洒粘结油,再撒布单一粒径碎石,通过碾压使碎石嵌入粘结层,形成耐磨抗裂的结构层^[5]。预防性养护需结合路面材料类型、交通量大小与环境条件,选择适宜的施工工艺,在裂缝大规模出现前实施,既能显著延长路面使用寿命,又能降低路面全生命周期养护成本。

结束语

公路路面裂缝的产生是多种因素共同作用的结果,准确识别裂缝类型、深入分析产生原因,是制定有效养护处理措施的前提。针对不同类型的裂缝,采取相应的养护处理方式,能够及时修复路面损坏,恢复路面性能。同时,加强裂缝预防养护措施的实施,可延缓裂缝的产生与发展,降低公路全生命周期养护成本。在实际工程中,应结合具体情况,灵活运用各类养护技术,保障公路路面始终处于良好的技术状态。

参考文献

- [1] 赵小花. 高速公路路面裂缝产生原因及预防性养护技术分析[J]. 运输经理世界,2024(13):154-156.
- [2] 杜艳玲. 公路沥青路面裂缝成因及日常养护关键技术[J]. 运输经理世界,2024(15):116-118.
- [3] 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(2):190-192.
- [4] 卞宇翔. 高速公路路面裂缝的养护措施与施工技术[J]. 运输经理世界,2023(14):151-153.
- [5] 汪许. 公路路面裂缝病害产生原因及修补方法[J]. 建筑工程技术与设计,2021(11):1144.