

# 沥青路面早期裂缝病害的成因分析与防控措施

陈 君

徐州市公路事业发展中心 江苏 徐州 221000

**【摘要】**：沥青路面早期裂缝是高等级公路运营初期常见病害，影响路面使用寿命与行车安全。本文梳理沥青路面早期裂缝主要类型，横向、纵向、网状及反射裂缝，各类型外观特征与分布规律均有分析。从材料、施工、荷载、环境气候、基层结构五个维度，剖析早期裂缝形成机理，明确各因素对裂缝产生与扩展的作用。对应成因提出设计、原材料、施工、运营养护及超载治理等防控措施，为沥青路面早期裂缝科学防控提供理论支撑与实践参考，助力提升公路工程质量与耐久性。

**【关键词】**：沥青路面；早期裂缝；病害类型；成因分析；防控措施

DOI:10.12417/2811-0722.26.07.033

## 引言

我国高等级公路建设规模持续扩大，沥青路面凭借行车舒适、施工便捷等优势得到广泛应用。实际运营中，不少沥青路面通车 1-3 年内就出现各类早期裂缝，影响路面平整度与行车安全，还会加速水损害、松散等次生病害，大幅缩短使用寿命，增加养护成本。北方温差较大区域及重载交通路段，早期裂缝问题更为突出。系统研究沥青路面早期裂缝类型、成因，提出科学有效防控措施，解决路面早期开裂难题，对提升公路工程耐久性、降低养护成本、保障公路安全畅通有重要现实意义与工程价值。

## 1 沥青路面早期裂缝病害的主要类型

### 1.1 横向裂缝

横向裂缝是沥青路面早期最常见裂缝形式，走向与道路行车方向垂直，由温度收缩作用引发，呈等间距分布，在季节温差较大的北方高等级公路中尤为普遍<sup>[1]</sup>。早期多为细微贯通性细缝，宽度 1-3mm，无明显错台，集中在行车道中部及边缘区域。北方冬季低温可达 -20℃ 以下，夏季高温可达 35℃ 以上，昼夜温差常超 15℃，沥青混合料反复热胀冷缩产生温缩应力，超过抗拉强度便形成横向裂缝。部分路段通车半年内出现贯穿单车道的横向细缝，未及时处置的话，雨水沿裂缝下渗软化基层，导致裂缝持续扩展，宽度增至 5mm 以上，伴随边缘松散、集料脱落，逐步影响路面行车安全性。

### 1.2 纵向裂缝

纵向裂缝沿道路行车方向延伸，长度从数米到数十米不等，集中在行车道轮迹带、路基半填半挖交界处及路面分幅摊铺纵向接茬位置，是高等级沥青路面早期开裂常见类型。形成与路基沉降、施工缺陷相关，路基半填半挖区域填料压实度不均，运营期间易发生不均匀沉降，拉裂上部沥青面层形成纵向裂缝。路面分幅摊铺时，纵向接茬热接处理不到位，新旧混合料粘结不紧密形成薄弱界面，车辆反复碾压下易开裂。面层局部压实不足，混合料密实度不均，轮迹带长期受力集中也会诱发纵向裂缝。早期仅存在于沥青面层，宽度较小，严重时向下

贯通至基层，形成结构性裂缝，影响路面承载能力（见图 1）。

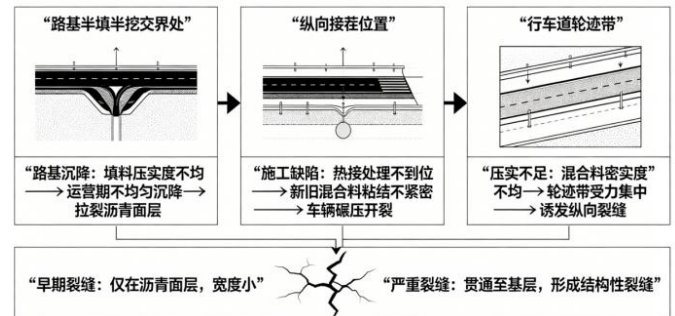


图 1 纵向裂缝

### 1.3 网状裂缝

网状裂缝由纵横交错裂缝相互连接形成，外观呈龟甲状不规则开裂，裂缝间距 5-20cm，是路面早期疲劳破坏典型表现，通车 1-2 年内多连片出现。形成过程有明显阶段性，从轮迹带单条纵向或横向裂缝逐步发展，车辆反复碾压下，裂缝不断延伸、交错，最终形成网状开裂区域<sup>[2]</sup>。产生与路面整体强度衰减密切相关，沥青混合料抗疲劳性能不足、基层强度不均，或长期承受超载荷载，面层会逐步出现疲劳损伤，伴随集料松散、脱落、表面起砂等问题，影响路面平整度，加速水损害发生，进一步降低使用寿命，重载交通路段表现更为突出。

### 1.4 反射裂缝

反射裂缝是半刚性基层沥青路面特有早期裂缝，基层因温缩、干缩或荷载作用产生的裂缝，经应力传递向上穿透沥青面层形成，水泥稳定碎石基层路段表现最为突出，是高等级沥青路面早期开裂核心类型<sup>[3]</sup>。半刚性基层自身有明显温缩和干缩特性，施工期间养生不充分、含水量控制不当，易产生规则细小裂缝。运营期间，车辆荷载与温度应力耦合作用下，基层裂缝持续向上传递，穿透沥青面层形成反射裂缝。早期与基层裂缝位置对应，多为贯通性裂缝，宽度随基层裂缝扩展而增大，基层开裂后短时间内即反射至面层，未及时处置会快速发展为结构性裂缝，严重影响路面结构稳定性。

## 2 沥青路面早期裂缝病害的成因分析

### 2.1 材料因素

材料性能缺陷是裂缝产生的内在核心原因,决定沥青混合料抗裂、抗变形能力,也是路面早期开裂关键诱因。沥青作为混合料粘结剂,路用性能不达标、油石比偏低,会大幅降低抗拉强度与粘结力,使集料粘结不牢固,温度变化和荷载作用下易产生裂缝。沥青加热过程中超温作业,会让轻质组分挥发、老化脆裂,失去有效粘结作用,降低混合料整体性。改性沥青生产时,SBS等改性剂掺配比例不足、剪切细度未控制在 $5\mu\text{m}$ 以内,无法充分发挥抗裂作用,大幅降低混合料抗裂与抗变形能力。山西朔州高速调研数据显示,改性沥青质量不达标路段早期裂缝发生率比合格路段高出40%以上,可见材料质量对路面裂缝的重要影响。

### 2.2 施工因素

施工质量管控缺失直接诱发早期裂缝,是路面早期开裂主要人为因素,贯穿基层施工、面层摊铺、压实等关键环节,引发的裂缝隐患具普遍性和传导性,影响路面使用寿命。沥青面层施工中,压实度是核心控制指标,低于95%标准要求时,混合料内部空隙率显著偏大,降低面层抗拉强度与抗渗性能,削弱结构整体性,雨水也极易渗入,软化集料与沥青粘界面,破坏结构稳定性,加速裂缝萌生与发展。路面分幅摊铺时,纵向接茬采用热接工艺处理不到位,新旧混合料温差过大、结合面清理不彻底,会导致粘结不紧密,形成明显薄弱界面,车辆反复碾压和荷载冲击下,该区域易率先开裂并逐步向两侧扩展。基层施工同样存在诸多管控漏洞,含水量控制不当,过高或过低都会影响压实效果,加之养生周期不足,基层材料无法充分水化硬化,易产生干缩裂缝,成为应力传递通道,导致裂缝向上延伸至面层。基层压实不均匀、强度离散性大,会使路面承载时受力分布不均,应力集中区域极易产生新裂缝,这些施工缺陷相互叠加,直接导致路面早期裂缝发生与快速扩展,缩短服役年限。

### 2.3 荷载因素

超载车辆反复碾压是裂缝扩展关键外力,也是路面早期疲劳开裂主要诱因,矿山集中区域表现最为突出。矿山区域重载、超载货车频繁通行,荷载往往远超路面设计标准,使路面结构长期承受过大弯拉应力,反复作用超出沥青混合料疲劳强度,便产生疲劳裂缝。轮迹带作为车辆荷载主要作用区域,应力高度集中,会率先出现纵向裂缝,荷载持续作用下,纵向裂缝逐步延伸、交错,发展为网状裂缝。陕西晋北重载公路周边矿山众多,超载车辆密集,通车3年即出现大面积荷载型早期裂缝,部分路段裂缝覆盖率达30%以上,影响路面正常使用,也大幅增加养护成本。

### 2.4 环境与气候因素

温度与水害耦合作用加速裂缝发展,是路面早期裂缝产生重要自然因素,气候差异较大区域影响更为显著。低温环境下,沥青混合料会发生收缩,产生较大温缩应力,超过抗拉强度时,便形成横向温缩裂缝<sup>[4]</sup>。北方昼夜大温差与冬季低温,会使这种收缩作用反复发生,加快裂缝生成与扩展,部分路段冬季裂缝宽度比夏季增加2-3倍。雨水沿裂缝下渗后,会软化基层结构、冲刷集料与沥青界面,引发水损害,破坏混合料整体性,进一步扩大裂缝宽度与深度,形成“开裂-渗水-破坏”恶性循环,使裂缝从表面细缝逐步发展为贯通性结构性裂缝,缩短路面使用寿命。

### 2.5 基层与结构因素

基层病害是沥青路面反射裂缝产生的根本源头,半刚性基层的自身材料特性与施工质量控制水平,不仅直接决定了反射裂缝的发生概率,更是影响路面早期开裂的核心结构因素。半刚性基层材料自身存在显著的温缩与干缩特性,在施工阶段及运营初期,受环境温度交替变化、水分快速蒸发等因素影响,基层内部易产生规则且细小的微裂缝,这些微裂缝成为后续反射裂缝的潜在隐患。同时,若施工过程中存在基层强度不足、压实度不达标等问题,在车辆荷载反复作用与温度应力的耦合影响下,基层会发生不可逆的变形并逐渐扩展为明显裂缝,此类裂缝会通过应力传递持续向上穿透沥青面层,最终形成反射裂缝。喀叶墨高速公路扩建工程实测数据明确显示,半刚性基层裂缝向上反射是该路段早期横向裂缝的主要成因,基层开裂后仅1年内,裂缝便全面反射至沥青面层,裂缝发生率高达50%以上,严重破坏路面结构完整性,降低路面承载能力与稳定性,缩短路面使用寿命,增加后期养护成本。

## 3 沥青路面早期裂缝病害的防控措施

### 3.1 设计阶段防控措施

设计阶段优化路面结构组合,从源头规避结构型裂缝风险,是防控沥青路面早期裂缝基础环节。针对半刚性基层易开裂问题,合理设置应力吸收层与防裂夹层,选用玻纤格栅、聚酯无纺布等抗裂材料,分散基层裂缝传递的应力,降低向上反射概率。结合区域气候与交通荷载特点,科学选用抗裂型沥青混合料结构,明确改性沥青技术指标。北方低温区域重点提高沥青混合料低温抗裂性能设计标准,选用低温延度好、抗老化的沥青材料;重载交通路段提升混合料抗疲劳、抗变形能力,合理设计路面厚度,优化基层与面层匹配性,从设计层面提升路面整体抗裂性能,减少早期裂缝产生。

### 3.2 原材料与配合比控制措施

严格管控原材料质量,精准设计配合比,是保障沥青混合料抗裂性能核心,也是防控早期裂缝关键手段。选用符合规范要求的基质沥青与改性剂,优先选用低温延度高、抗老化沥青,

确保SBS改性剂剪切细度不大于 $5\mu\text{m}$ ，软化点不低于 $60^{\circ}\text{C}$ ，拌合前严格检测沥青三项路用指标，不合格材料严禁投入使用。精准设计沥青混合料配合比，结合工程实际需求合理确定油石比，避免油石比过低导致集料粘结不足，严控沥青加热温度，杜绝超温老化现象，确保混合料拌合均匀、粘结牢固。加强集料质量管控，选用级配合理、强度高的集料，提升混合料整体密实度与抗裂性能。

### 3.3 施工过程质量控制措施

施工阶段强化质量管控，规范施工流程，是杜绝施工缺陷、防控早期裂缝关键环节。重点强化压实管控，选用合适压实设备与工艺，确保沥青面层压实度达到96%以上，消除混合料内部空隙，提升抗拉、抗渗与抗裂性能。规范路面分幅摊铺作业，严格控制摊铺温度与速度，做好纵向接茬热接处理，确保接茬部位密实粘结，避免形成薄弱界面。基层施工严格控制含水量，采用合理压实工艺，保证充足养生周期，提升基层整体性与均匀性，减少干缩裂缝产生。加强施工过程质量检测，及时发现并整改压实不足、接茬不规范等问题，从施工层面减少裂缝诱因。

### 3.4 运营期养护与修复措施

运营期建立科学养护机制，及时处置早期裂缝，是延缓裂缝扩展、延长路面使用寿命重要保障。建立早期裂缝巡查机制，定期对路面全面排查，重点关注裂缝产生位置、宽度与发展趋势，做到早发现、早处置。针对间距大于30cm的单条纵横裂缝，采用扩缝至5-6mm、高压清缝、灌注专用补缝材料并覆盖干粉的工艺处置，确保补缝密实，防止雨水渗入；大面积网裂

参照松散坑槽处置方式，采用铣刨挖除、创口涂覆底油、新料填补压实的工艺修复，彻底清除破损区域，避免裂缝持续扩展引发结构性破坏。建立养护档案，跟踪裂缝处置效果，优化养护方案。

### 3.5 超载治理与结构强化措施

联合路政部门开展超载车辆治理，强化路面结构强化，是减少荷载型裂缝、防控早期裂缝重要举措<sup>[5]</sup>。联合路政、交警等部门建立常态化超载治理机制，矿山区域、高速公路入口等重点路段设置检测点，严厉查处重载、超载货车，减少超限荷载对路面的反复冲击，从外力层面减少裂缝产生。已出现基层薄弱、裂缝较多的路段，通过基层补强、面层加铺抗裂层等方式强化结构强度，选用抗裂性能好的材料加铺，提升路面整体抗荷载与抗裂能力。加强运营期间交通管控，合理引导车辆行驶，减少轮迹带应力集中，延缓路面疲劳开裂，延长路面使用寿命。

## 4 结语

沥青路面早期裂缝产生是材料、施工、荷载、环境及结构等多因素协同作用的结果，其防控是贯穿设计、施工、运营全生命周期的系统工程。横向、纵向、网状及反射裂缝作为主要早期裂缝类型，各有独特形成规律与危害特征。优化设计方案、严控原材料质量、规范施工流程、强化运营期养护与超载治理，可有效降低早期裂缝发生率，延缓裂缝扩展。未来需结合不同区域气候、交通特点，进一步细化防控措施，提升针对性与实用性，完善防控技术体系，推动公路工程高质量发展，保障路面长期稳定运行。

## 参考文献：

- [1] 李岩.高速公路沥青路面常见病害处治措施研究分析[J].工程建设与设计,2025,(14):132-134.
- [2] 陈彦男.沥青路面预防性养护技术在公路养护中的应用[J].科技与创新,2025,(11):136-139.
- [3] 冯运祝.沥青路面常见病害与防治措施研究[J].工程技术研究,2025,10(09):165-167.
- [4] 姚轩.公路沥青路面病害类型及处治措施[J].汽车画刊,2025,(01):215-217.
- [5] 郑文娟.公路沥青路面病害的形成原因与应对措施[J].汽车画刊,2025,(01):218-220.