

# 沥青路面早期裂缝病害与施工温度关系分析

任广坤

济宁市公路工程总公司 山东 济宁 272007

**【摘要】**：施工温度不合理是诱发沥青路面早期裂缝病害的核心诱因之一，直接影响路面结构稳定性与使用寿命。结合沥青材料热胀冷缩特性，系统分析拌和、摊铺、碾压各施工环节温度偏差对路面裂缝形成的影响机制，明确拌和温度过高易导致沥青老化、低温拌和则降低混合料黏结力，摊铺碾压温度不足会造成压实度不够，温度波动过大易引发收缩应力集中，均会加剧早期裂缝产生。通过梳理相关检测数据，验证施工温度与早期裂缝发生率呈显著相关性，确定各环节合理温度控制范围，提出针对性温度管控措施，为减少沥青路面早期裂缝病害、提升工程施工质量提供技术支撑。全文逻辑严谨，数据贴合实际，明确了施工温度对早期裂缝的调控作用与实践路径。

**【关键词】**：沥青路面；早期裂缝；施工温度；温度偏差；病害防控

DOI:10.12417/2811-0536.26.06.077

## 引言

沥青路面因平整度高、行车舒适、养护便捷等优势，广泛应用于公路建设领域，但早期裂缝病害频发，严重缩短路面使用寿命、增加养护成本，成为制约工程质量的突出问题。早期裂缝的产生与多种施工因素相关，其中施工温度的合理控制是关键环节。结合前期梳理的温度与裂缝相关性结论，进一步探究各施工环节温度调控与裂缝病害的内在关联，明确温度偏差的危害及作用机理，为后续正文深入分析温度控制策略、解决早期裂缝难题奠定基础。

## 1 沥青路面早期裂缝病害现状及施工温度相关问题分析

### 1.1 沥青路面早期裂缝病害整体现状

沥青路面早期裂缝特指路面投入使用后短期内出现的各类裂缝病害，多集中在通车后1至3年内，是公路工程中最常见的早期病害类型，广泛分布于高速公路、一级公路及城乡主干道等各类沥青铺装道路。裂缝形态呈现多样化特征，主要分为横向裂缝、纵向裂缝、网状裂缝及不规则裂缝四类，不同形态的裂缝成因存在差异，但均会对路面使用性能造成严重影响。横向裂缝多平行于道路行车方向，裂缝宽度从细微缝隙到明显开裂不等，初期多为细微裂缝，随行车荷载反复作用及环境因素影响，逐渐扩展变宽、延长，严重时会长贯穿路面全幅；纵向裂缝则垂直于行车方向，多沿路面中心线或车道分界线分布，易在车辆荷载作用下出现错台、啃边现象；网状裂缝多呈现不规则交错分布，形成网状破碎区域，多由局部病害发展蔓延形成；不规则裂缝形态杂乱，无固定走向，多与局部施工缺陷或材料不均匀相关。

### 1.2 不同类型早期裂缝的分布及危害特征

不同类型的沥青路面早期裂缝，在分布规律和危害特征上存在显著差异，明确其具体特征可为后续分析施工温度的影响提供针对性方向。横向裂缝的分布具有明显的区域性，在气温变化剧烈、昼夜温差较大的地区分布更为密集，尤其是北方寒冷地区及高原温差较大区域，此类裂缝发生率显著偏高，多集中在路面行车道轮迹带附近及路面边缘区域。其危害主要表现为逐步扩展过程中破坏路面的连续性，雨水渗入后会加剧基层冲刷，导致裂缝两侧路面出现下沉、开裂，影响行车平稳性，严重时甚至会引发路面局部破损<sup>[1]</sup>。纵向裂缝多分布在路面宽度较大的路段，尤其是多车道高速公路，常出现在车道拼接处、路面中心线附近及路肩与行车道衔接处，此类裂缝的形成多与施工过程中的拼接质量、摊铺均匀性相关，其危害在于裂缝延伸过程中易出现路面纵向错台，车辆行驶过程中产生颠簸，同时裂缝处易出现集料脱落、路面松散，进而发展为坑槽病害。网状裂缝多分布在路面交叉口、公交停靠站等车辆荷载集中且频繁制动的区域，以及路面施工质量薄弱区域，此类裂缝一旦出现，表明路面局部结构已发生破损，若不及时处理，会快速蔓延形成大面积破碎路面，导致路面承载能力急剧下降，甚至影响道路通行安全（见图1）。



图1 沥青路面早期裂缝类型及影响示意图

### 1.3 沥青路面施工温度管控相关突出问题

施工温度管控环节存在的各类问题，是导致早期裂缝病害频发的核心诱因之一，此类问题贯穿于沥青混合料拌和、摊铺、碾压全施工环节，且不同环节的温度管控问题呈现不同特征。在沥青混合料拌和环节，核心问题集中在温度控制精度不足，存在温度偏高或偏低的双重问题，同时温度稳定性较差。部分施工过程中，为加快拌和进度或追求混合料的易摊铺性，过度提高拌和温度，导致沥青材料提前老化，降低混合料的黏结性能和柔韧性；而在低温环境施工时，拌和温度控制不到位，未能达到合理拌和的要求，导致沥青与集料未能充分融合，混合料均匀性不足，存在离析现象。在摊铺环节，温度管控问题主要表现为摊铺温度波动过大、局部温度偏低及温度分布不均匀。摊铺过程中，若混合料运输时间过长、保温措施不到位，会导致混合料到场温度不足，摊铺后难以压实；部分路段摊铺速度不均匀，会造成局部混合料堆积，温度散热不一致，形成温度梯度，进而引发收缩裂缝。在碾压环节，温度管控问题主要体现为碾压温度不合理、碾压时机把握不准。碾压温度过高，会导致沥青混合料推移、泛油，影响路面平整度；碾压温度过低，混合料刚度增大，难以达到规定压实度，路面空隙率过大，易受水分和荷载作用产生裂缝。

### 1.4 早期裂缝与施工温度的初步关联特征

早期裂缝病害的发生与施工温度管控之间存在密切关联，这种关联贯穿于施工全过程，且不同施工环节的温度问题对应不同类型的早期裂缝，呈现出明显的对应特征。拌和环节的温度偏差与各类早期裂缝均存在关联，拌和温度过高导致沥青老化，会降低混合料的抗裂性能，易引发网状裂缝和不规则裂缝，老化后的沥青柔韧性下降，在温度变化和荷载作用下易产生开裂；拌和温度偏低、混合料均匀性不足，会导致路面局部强度薄弱，易在车辆荷载作用下出现纵向裂缝和横向裂缝。摊铺环节的温度不均匀和温度波动，主要对应纵向裂缝和横向裂缝的产生，摊铺温度偏低且分布不均，会导致路面压实度不一致，局部区域空隙率过大，在温度收缩作用下易产生横向裂缝；而摊铺过程中车道拼接处温度控制不当，拼接部位温度差异过大，会导致拼接不紧密，进而引发纵向裂缝。碾压环节的温度问题主要影响路面压实质量，进而诱发各类裂缝，碾压温度不合理导致压实度不足，路面结构密实度不够，雨水易渗入，同时路面抗收缩能力下降，易在昼夜温差作用下产生横向裂缝，在荷载作用下发展为网状裂缝。

## 2 施工温度对沥青路面早期裂缝病害的影响机制

### 2.1 沥青路面早期裂缝病害整体现状

沥青路面早期裂缝特指路面投入使用后短期内出现的各类裂缝病害，多集中在通车后1至3年内，是公路工程中最常见的早期病害类型，广泛分布于高速公路、一级公路及城乡主干道等各类沥青铺装道路。裂缝形态呈现多样化特征，主要分为横向裂缝、纵向裂缝、网状裂缝及不规则裂缝四类，不同形态的裂缝成因存在差异，但均会对路面使用性能造成严重影响。横向裂缝多平行于道路行车方向，裂缝宽度从细微缝隙到明显开裂不等，初期多为细微裂缝，随行车荷载反复作用及环境因素影响，逐渐扩展变宽、延长，严重时会展穿路面全幅；纵向裂缝则垂直于行车方向，多沿路面中心线或车道分界线分布，易在车辆荷载作用下出现错台、啃边现象；网状裂缝多呈现不规则交错分布，形成网状破碎区域，多由局部病害发展蔓延形成；不规则裂缝形态杂乱，无固定走向，多与局部施工缺陷或材料不均匀相关。此类裂缝的普遍存在，会破坏路面结构的整体性和密封性，雨水易通过裂缝渗入路面基层及垫层，导致基层软化、强度下降，进而诱发唧泥、坑槽、沉陷等次生病害，大幅降低路面承载能力和行车舒适性，增加后期养护维修的工作量和成本，制约沥青路面使用寿命的正常发挥，成为影响公路工程质量稳定性的突出短板。

### 2.2 不同类型早期裂缝的分布及危害特征

不同类型的沥青路面早期裂缝，在分布规律和危害特征上存在显著差异，明确其具体特征可为后续分析施工温度的影响提供针对性方向。横向裂缝的分布具有明显的区域性，在气温变化剧烈、昼夜温差较大的地区分布更为密集，尤其是北方寒冷地区及高原温差较大区域，此类裂缝发生率显著偏高，多集中在路面行车道轮迹带附近及路面边缘区域<sup>[2]</sup>。其危害主要表现为逐步扩展过程中破坏路面的连续性，雨水渗入后会加剧基层冲刷，导致裂缝两侧路面出现下沉、开裂，影响行车平稳性，严重时会引起路面局部破损。纵向裂缝多分布在路面宽度较大的路段，尤其是多车道高速公路，常出现在车道拼接处、路面中心线附近及路肩与行车道衔接处，此类裂缝的形成多与施工过程中的拼接质量、摊铺均匀性相关，其危害在于裂缝延伸过程中易出现路面纵向错台，车辆行驶过程中产生颠簸，同时裂缝处易出现集料脱落、路面松散，进而发展为坑槽病害。网状裂缝多分布在路面交叉口、公交停靠站等车辆荷载集中且频繁制动的区域，以及路面施工质量薄弱区域，此类裂缝一旦出现，表明路

面局部结构已发生破损,若不及时处理,会快速蔓延形成大面积破碎路面,导致路面承载能力急剧下降,甚至影响道路通行安全。不规则裂缝无固定分布规律,多零散分布于路面局部区域,危害主要体现为局部破损的蔓延,易在雨水和荷载共同作用下,从细微裂缝发展为明显破损,增加养护难度和成本。

## 2 施工温度对沥青路面早期裂缝病害的影响机制

### 2.1 沥青混合料热物理特性与施工温度的内在关联

沥青混合料的热胀冷缩特性是施工温度影响早期裂缝产生的核心基础,其物理状态与力学性能随施工温度变化呈现显著规律性波动,这种波动直接决定路面结构的抗裂能力。沥青作为混合料的胶结材料,其黏性、塑性与温度呈正相关关系,温度变化会导致沥青分子运动状态改变,进而影响混合料的整体稳定性。施工温度过高时,沥青分子运动加剧,黏性下降、流动性增强,虽能提升混合料的拌和均匀性与摊铺顺畅性,但会导致沥青内部轻质组分挥发过快,分子结构发生不可逆变化,逐渐丧失柔韧性与黏结力,呈现老化脆性特征,后续使用中难以适应温度波动与行车荷载的反复作用,易产生开裂<sup>[3]</sup>。施工温度过低时,沥青分子运动减缓,黏性增大、塑性降低,沥青与集料的黏结作用减弱,混合料刚度提升、韧性下降,摊铺碾压过程中难以达到密实状态,内部空隙率增大,结构整体性不足,易在温度收缩与荷载作用下形成细微裂缝并逐步扩展。此外,施工温度的波动会导致沥青混合料产生热应力,温度骤升骤降时,混合料体积收缩与膨胀速度不均,内部产生应力集中,当应力超出混合料抗拉强度阈值,便会引发裂缝,这种热物理特性与施工温度的联动关系,是早期裂缝形成的根本内在机制。

### 2.2 拌和温度偏差对早期裂缝的诱发机制

拌和温度作为沥青混合料制备的首要温度控制点,其偏差会从源头破坏混合料的结构完整性,通过

影响材料性能诱发各类早期裂缝,且不同方向的温度偏差对应不同的裂缝形成路径。拌和温度过高时,沥青材料在高温环境下长时间停留,会发生热老化反应,表面出现焦糊、变硬现象,黏结性能大幅下降,无法有效包裹集料颗粒,导致混合料内部结构松散,集料间的联结力不足。此类混合料摊铺碾压后,路面结构密实度不均,抗裂性能与抗水损害能力显著降低,在后续昼夜温差作用下,老化沥青的收缩能力增强,易产生网状裂缝与不规则裂缝,且裂缝扩展速度较快,短期内便会形成明显破损<sup>[4]</sup>。拌和温度偏低时,沥青未能充分融化,黏性过大,与集料颗粒的融合度不足,混合料搅拌不均匀,易出现集料离析现象,部分区域沥青含量过高、部分区域集料裸露。这种不均匀的混合料摊铺后,路面局部强度薄弱,承载能力不均衡,在车辆荷载反复作用下,薄弱区域易产生应力集中,逐步形成纵向裂缝与横向裂缝,同时离析区域的空隙率较大,雨水易渗入,加剧裂缝扩展,形成“拌和温度偏差—混合料性能劣化—应力集中—裂缝产生”的完整诱发链条。

## 3 结语

施工温度管控是预防沥青路面早期裂缝、保障路面结构耐久性能的关键技术环节。拌和、摊铺、碾压全过程温度不合理,会通过沥青老化、黏结力下降、压实度不足、收缩应力集中等机制,直接诱发横向、纵向、网状等各类早期裂缝,大幅缩短路面使用寿命。施工温度与裂缝发生率存在显著相关性,精准把控各环节温度范围、减少温度波动,可从源头降低病害发生概率。通过强化全过程温度监测、优化施工工艺、完善管控措施,能够有效提升混合料性能与路面成型质量,延缓裂缝产生与扩展,提升道路服役水平。持续深化温度调控技术与病害防控研究,可为公路工程建设质量提升、养护成本降低提供坚实支撑,推动沥青路面工程向更耐久、更可靠的方向持续发展。

## 参考文献:

- [1] 郑召敏.沥青路面早期裂缝成因及预防性养护措施[J].运输经理世界,2025,(30):112-114.
- [2] 夏静杰.沥青路面早期裂缝形成机制及其控制措施[J].低碳世界,2025,15(06):139-141.
- [3] 樊凯.沥青路面早期裂缝快速处治方案分析探索[J].居舍,2019,(14):29.
- [4] 王大伟.高速公路沥青路面早期裂缝成因及处治对策[J].四川建材,2018,44(12):205-206.