

公路路面裂缝的养护措施与施工技术

吴玉颖

天津市宝坻区公路养护服务中心 天津 301800

摘要：公路路面裂缝养护需综合预防与修复技术。预防措施包括优化路面结构、加强排水设计、提升材料抗裂性及实施封层技术；修复技术涵盖灌缝法、贴缝带、稀浆封层及局部挖补等，针对不同裂缝类型选用适配材料与工艺。同时，强化施工质量控制，严格材料检验、规范工艺流程，结合智能检测技术（如激光轮廓仪、探地雷达）提升病害识别精度，形成全周期养护体系，延长路面使用寿命。

关键词：公路路面裂缝；养护措施；施工技术

引言：公路路面裂缝作为道路常见的结构性病害，不仅影响行车舒适性与安全性，还会加速路面结构劣化，缩短道路使用寿命。随着交通荷载增大、气候环境复杂化，裂缝成因呈现多样化，涵盖材料老化、结构缺陷、环境侵蚀及超限车辆作用等。科学识别裂缝类型、精准评估破损程度，并采用预防性养护与修复性技术相结合的综合措施，已成为保障道路性能、降低全生命周期成本的关键。

1 公路路面裂缝类型与成因分析

1.1 裂缝分类体系

(1) 按成因划分：一是荷载型裂缝，由车辆荷载反复作用引发，常见于路面结构薄弱区域，如轮迹带下方，表现为受力集中导致的结构性开裂；二是非荷载型裂缝，包含温度裂缝与反射裂缝等，温度裂缝因昼夜或季节温差使路面材料热胀冷缩产生应力所致，反射裂缝则由基层或下承层裂缝向上反射形成。(2) 按形态划分：横向裂缝垂直于路线走向，多因温度变化或基层收缩引发；纵向裂缝平行于路线走向，常与路基不均匀沉降、施工接缝处理不当相关；网状裂缝呈交错分布的网状形态，多由材料老化、疲劳损伤累积导致；块状裂缝表现为不规则块状开裂，通常与路面整体强度不足、荷载反复作用有关。

1.2 主要成因机理

(1) 材料性能退化：沥青路面长期受环境影响，沥青易发生老化，黏结力下降、脆性增强，抗裂性能减弱；水泥混凝土路面则因碳化作用，表层强度降低，收缩变形增大，易产生裂缝。(2) 结构设计缺陷：层间粘结不足会导致路面各结构层受力不协调，产生相对位移引发开裂；排水系统失效使雨水渗入基层，降低基层承载能力，加速路面破损开裂。(3) 环境因素：温度骤变产生的温度应力超出材料承受极限，导致路面开裂；冻

融循环使路面内部水分冻胀融缩，破坏材料结构；紫外线辐射加速沥青老化，降低路面抗裂性能。(4) 施工质量控制缺陷：压实度不足会使路面密实度低、强度不足，易受荷载作用产生裂缝；配合比偏差会导致材料性能不符合设计要求，如沥青用量不当会影响路面黏结力与抗裂性。(5) 交通荷载超限作用：超限车辆产生的荷载远超路面设计承受能力，会加速路面结构损伤，使路面提前出现裂缝，缩短使用寿命^[1]。

2 公路路面裂缝检测与评估技术

2.1 传统检测方法

(1) 人工目视检测：检测人员沿路面步行，凭借肉眼观察裂缝的位置、形态及分布情况，记录裂缝类型（如横向、纵向）与大致范围。该方法操作简便、成本低，但受人员经验影响大，易遗漏细小裂缝，且效率低，适用于短路段或应急初步检测。(2) 简易量测工具：用直尺测量裂缝长度，精确至毫米；裂缝计（如游标卡尺式）插入裂缝，读取裂缝宽度与深度数据。能补充目视检测的精度不足，获取基础量化指标，但仍依赖人工操作，耗时耗力，难以实现大范围快速检测。

2.2 现代无损检测技术

(1) 激光轮廓仪：通过激光扫描路面，生成三维轮廓模型，自动识别裂缝并计算宽度、深度等参数。检测精度高（可达0.1mm）、速度快，适合长路段连续检测，且能避免人工主观误差。(2) 红外热成像技术：利用路面与裂缝区域的温度差异，通过热成像仪捕捉温度场图像，间接识别裂缝（尤其是表层下隐藏裂缝）。无需接触路面，可在行车状态下检测，适用于复杂路况。(3) 探地雷达（GPR）：发射高频电磁波穿透路面，根据不同结构层及裂缝的反射信号差异，生成雷达图像，判断裂缝深度、延伸范围及基层破损情况。能实现非开挖检测，为深层裂缝处理提供依据。(4) 无人机图像识别

技术：无人机搭载高清相机航拍路面，结合AI图像识别算法，自动标注裂缝位置、类型并量化参数。覆盖范围广、灵活性强，可快速获取大面积路面裂缝数据，提升检测效率^[2]。

2.3 裂缝评估指标体系

(1) 裂缝宽度、深度、长度：宽度反映裂缝发展阶段（如宽度 $< 3\text{mm}$ 为轻微裂缝），深度决定处理难度（深层裂缝需专项技术），长度体现破损范围，三者共同作为基础量化指标，指导养护方案选择。(2) 破损程度分级标准 (PCI指数)：通过综合评分（结合裂缝密度、严重程度等）将路面破损分为优 (PCI ≥ 90)、良 (80 \leq PCI < 90)、中 (70 \leq PCI < 80)、差 (PCI < 70) 四级，明确路面整体状况。(3) 养护优先级判定方法：结合PCI指数、裂缝发展速度及路段交通流量，优先处理PCI指数低、裂缝快速扩展的主干道，次要处理轻微裂缝的支路，确保养护资源合理分配。

3 公路路面裂缝养护技术措施

3.1 预防性养护技术措施

(1) 封层技术：碎石封层通过将沥青结合料与单一粒径碎石均匀撒布在路面，形成保护层，可填补微小裂缝、阻断雨水渗入，增强路面抗滑性，适用于路面初期轻微破损阶段；稀浆封层由乳化沥青、集料、填料等混合成稀浆状，均匀摊铺在路面，能封闭裂缝、修复表层磨损，施工便捷且成本较低，适合轻度裂缝预防性处理。(2) 薄层罩面技术：超薄磨耗层厚度通常3-5cm，采用高黏结性沥青混合料，兼具抗滑、耐磨与抗裂性能，可覆盖表层裂缝、改善路面外观，适用于路面整体状况良好但存在轻微裂缝的路段；微表处是稀浆封层的升级技术，通过调整材料配比提升强度与耐久性，能有效封闭裂缝、抵抗车辙，施工后开放交通快，适合高交通量路段预防性养护。(3) 裂缝预处理技术：刻槽技术通过专用设备在裂缝两侧刻出规整沟槽，清除裂缝周边松散材料，为后续养护材料提供良好黏结面；清缝技术利用高压气流、钢丝刷等工具清理裂缝内的灰尘、杂物，避免杂质影响养护材料与裂缝壁的结合，保障后续养护效果。

3.2 修复性养护技术措施

(1) 灌缝技术：材料选择需结合裂缝宽度与环境条件，热沥青适用于宽度较小、气候温和地区的裂缝，流动性好但低温易脆裂；改性沥青通过添加改性剂提升低温抗裂性与高温稳定性，适用于温差较大区域；密封胶（如聚氨酯、硅酮类）弹性好、黏结力强，适用于宽度较大或活动频繁的裂缝，能适应路面变形。施工时需先

清缝，再将材料灌入裂缝，形成密封层阻断雨水。(2) 贴缝带技术：采用高强度、高黏结性的带状材料，直接粘贴在清理后的裂缝表面，施工快速便捷，无需加热，可适应路面轻微变形，能临时或长期封闭裂缝，尤其适合小宽度裂缝应急修复。(3) 局部挖补技术：针对裂缝密集、伴随基层破损的路段，先通过铣刨机清除破损路面层，检查并修复基层病害，再重新摊铺沥青或混凝土混合料，压实成型，能彻底修复局部严重裂缝，恢复路面结构强度，适用于局部破损严重的区域^[3]。

3.3 特殊裂缝处理技术措施

(1) 反射裂缝防治：应力吸收层由高弹性材料制成，铺设在基层与面层之间，能吸收基层裂缝向上传递的应力，减少面层反射裂缝产生；土工合成材料（如土工布、土工格栅）铺设于层间，可增强层间黏结、分散应力，抑制反射裂缝发展，适用于基层已存在裂缝的新建或养护工程。(2) 宽缝处理：压力灌浆技术通过高压设备将水泥浆或化学浆液注入宽缝及周边松散区域，浆液凝固后填充裂缝、增强结构整体性；扩缝嵌缝先将宽缝扩凿成规整槽型，清理后嵌入弹性嵌缝材料，适应路面变形，防止裂缝进一步扩大，适用于宽度大于5mm的宽缝处理。(3) 交叉裂缝综合治理：先评估裂缝交叉点受力情况，采用贴缝带+灌缝组合方式封闭裂缝，对交叉点周边进行局部强化，若伴随基层破损，需结合铣刨重铺或灌浆技术修复基层，再进行面层处理，确保彻底解决交叉裂缝引发的结构损伤问题。

4 公路路面裂缝养护施工技术要点与质量控制

4.1 施工准备阶段

(1) 交通组织方案：需结合施工路段交通流量制定，设置清晰的警示标志（如限速牌、导向牌）、安全防护设施（如防撞桶、隔离墩），划分施工区、缓冲区与通行区；高峰时段安排专人疏导交通，必要时实行单向通行或临时绕行，避免交通拥堵，保障施工与行车安全。(2) 机械设备选型：开槽机需根据裂缝宽度选择匹配刀头，确保开槽尺寸精准，优先选用自带吸尘功能的设备，减少粉尘污染；灌缝机应具备温度控制功能，保证填料加热温度稳定（如沥青类材料需加热至160-180℃），且灌注压力可调节，适配不同裂缝深度；压路机选用小型振动压路机或手扶式压路机，用于局部挖补路段的压实作业，确保路面密实度达标。(3) 材料检验与存储要求：进场材料需查验出厂合格证，抽样检测性能指标（如密封胶的弹性、黏结强度，沥青的针入度、软化点），不合格材料严禁使用；沥青类材料存储于保温储罐，温度控制在规定范围，防止结块或老化；密封

胶、嵌缝料等需存放在干燥通风的仓库，避免受潮变质，且分类堆放并标注规格型号^[4]。

4.2 施工工艺流程

(1) 裂缝清理：先用钢丝刷反复刷洗裂缝表面及内部，清除松散碎屑、灰尘；再用高压空气（压力0.5-0.8MPa）沿裂缝走向吹扫，确保裂缝内无杂物、积水，若裂缝内湿度较大，需先采用热风枪烘干，避免影响填料黏结效果。(2) 开槽处理：根据裂缝宽度确定开槽尺寸，通常槽宽比裂缝宽3-5mm，槽深为宽度的1.5-2倍（如裂缝宽2mm，开槽宽5mm、深8mm）；开槽时保持刀头与路面垂直，槽壁平整无毛刺，避免过度破坏路面结构。(3) 填料加热与灌注：填料加热需严格遵循温度要求，沥青类材料加热至规定温度后保温30分钟，确保均匀融化；灌注时将灌缝枪嘴贴近槽底，缓慢移动，使填料充分填充槽内，避免产生气泡，灌注高度略高于路面2-3mm，预留收缩空间。(4) 表面修整与养护：灌注完成后，用刮板快速刮平表面，使填料与路面平顺衔接；自然冷却至常温（沥青类材料需冷却2-4小时），期间设置警示标志禁止车辆碾压，确保填料固化成型，养护期间若遇雨水，需覆盖防雨布保护。

4.3 质量控制标准

(1) 灌缝饱满度检测：采用目测结合探针检测，填料应完全填充槽内，无空隙、凹陷，探针插入槽内无明显松动；抽样检测饱满度，每100米检测3处，合格率需达到90%以上。(2) 粘结强度测试：采用拉拔试验或剪切试验，在养护完成后取样检测，沥青类填料粘结强度不低于0.3MPa，密封胶粘结强度不低于0.5MPa，测试不合格区域需重新开槽灌注。(3) 外观质量验收规范：表面平整无凸起、凹陷，与路面衔接顺畅，无明显接缝痕迹；裂缝两侧无填料流淌、泛油现象；局部修补区域压实度需达到设计值的96%以上，采用环刀法或核子密度仪检测^[5]。

4.4 常见问题对策

(1) 材料流淌与泛油：控制填料加热温度，避免过度加热导致流动性过强；灌注时控制灌注量，避免超量灌注；高温天气施工时，选择早晚低温时段，或在填料中添加抗流淌剂，减少流淌风险。(2) 粘结失效与脱层：加强裂缝清理，确保无杂物、积水；严格控制填料加热温度与灌注温度，保证填料与槽壁充分黏结；若基层潮湿，先采用烘干设备处理，或选用亲水性强的填料，提升黏结效果。(3) 施工缝处理不当：相邻灌注段施工间隔不超过2小时，避免前一段填料完全固化；衔接处需将前一段填料端部凿毛，清理后再灌注新填料，确保两段填料紧密结合；施工完成后检查施工缝，若存在缝隙，需重新灌注密封。

结束语

公路路面裂缝养护是保障道路安全、延长使用寿命的核心环节。通过科学分类裂缝类型、精准评估病害程度，结合预防性养护技术与针对性修复措施，可有效抑制裂缝扩展、恢复路面性能。实践中需强化材料质量控制、规范施工工艺流程，并融合智能检测与信息化管理手段，提升养护效率与精准度。未来，随着新材料与新技术的发展，公路裂缝养护将向智能化、绿色化方向演进，为构建安全、耐久的道路交通体系提供坚实支撑。

参考文献

- [1]高光美,徐征军.公路路面裂缝的养护措施与施工技术[J].运输经理世界,2021,(07):115-116.
- [2]陈涛.高速公路路面裂缝检测与养护新技术研究[J].交通科技与管理,2025,(09):40-42.
- [3]李文海.公路路面裂缝养护措施与施工技术研究[J].产品可靠性报告,2024,(03):107-109.
- [4]赵亚君.公路路面裂缝养护措施与施工技术研究[J].工程建设与设计,2023,(13):244-246.
- [5]熊承桥.公路路面裂缝的养护施工技术研究[J].运输经理世界,2023,(17):154-156.