

公路路面裂缝养护施工实践探析

徐东高

缙云县畅盛公路养护有限公司 浙江省丽水市 321400

摘 要: 提升公路运行安全性与结构稳定性, 增强混凝土路面整体性能, 关键在于实施科学有效的裂缝养护作业。混凝土材料在内外环境因素相互作用下易产生物理性质改变, 致使路面形成开裂现象, 若未能及时采取修复措施, 裂缝将持续向结构内部延伸, 导致内部钢筋暴露于大气环境, 引发金属构件锈蚀问题, 最终削弱公路工程的整体承载能力。基于此, 文章分析了公路路面裂缝养护施工实践策略。

关键词: 公路路面; 路面裂缝; 裂缝养护; 施工技术

引言

作为沥青路面最常见病害类型, 裂缝问题在初期虽未影响道路结构性能, 但受雨水渗透等因素影响, 其扩展速率呈几何级数增长, 这种快速发展的裂缝不仅会诱发次生病害, 更可能造成路面结构体系严重损伤。工程实践中需采取双重应对策略: 既要准确识别沥青裂缝类型及其成因机理, 更要根据具体路段特征选取适宜的修补工艺, 科学合理的裂缝处理技术对延长道路使用寿命具有决定性作用^[1]。

1 公路沥青路面裂缝类型

1.1 反射裂缝

半刚性基层反射裂缝主要因新铺基层材料失水产生干缩应力引发开裂, 进而影响面层结构, 其形成与材料强度、组成比例、水分蒸发速率及环境温差等相关。旧沥青路面经稀浆封层或薄层罩面处理后, 当下卧层变形应力超过新铺面层抗拉强度时, 通常在通车两年内会出现应力反射裂缝, 对于下卧层为水泥混凝土路面的情况, 早期直接加铺沥青面层的做法易因基层变形产生层间翘曲, 导致面层开裂, 不过现行预防技术已有效控制此类问题。

1.2 温度裂缝

低温开裂主要表现为温度收缩与疲劳裂缝两种形式, 骤冷天气或昼夜温差过大会诱发裂缝形成, 直接削弱路面耐久性并推高养护费用, 解决该问题需综合考量沥青性能参数、骨料级配、路面层状结构特征、环境条件、施工工艺及交通荷载等要素, 通过系统分析以提升路面性能。

1.3 水损害引发的裂缝

水破坏主要呈现三种形态: 表层孔洞、局部龟裂伴随

形变、以及浆液渗出伴随网状开裂, 空隙率过大、压实不足或冻融循环作用易使水分侵入并滞留, 从而引发沥青膜剥离、结构破坏和形变。此类损害与沥青混合料类型、孔隙特征、沥青-集料粘附性、交通荷载强度及降水量密切相关, 多雨区域病害程度加剧, 在干旱地区若存在透水型沥青混凝土与劣质基层组合, 单次强降水同样可能诱发结构损坏^[2]。

2 公路裂缝形成原因与分析

2.1 混凝土材料原因

公路路面开裂现象与混凝土原材料特性存在密切关联, 作为多组分混合材料, 混凝土各组成材料的性能差异均可能引发结构缺陷。首先, 骨料级配失衡或含泥量超标会直接影响混凝土密实度, 过高的孔隙率削弱了骨架支撑作用, 导致收缩变形量超出设计允许范围, 从而提高开裂风险, 其次, 水泥用量过高将加剧水化热反应, 这种温度应力与收缩应力的叠加效应极易诱发温度裂缝; 最后, 胶凝材料品种若未按工程特性合理选用, 其收缩特性与基层材料的相容性不足, 也会加剧路面的开裂倾向。

2.2 环境及气候原因

公路工程项目所在地的气候条件是引发路面开裂的重要因素, 如果公路所在区域全年降雨量偏少, 具有温热干燥气候特征, 在高温作用下, 路面混凝土水分蒸发速率加快, 从而引发干缩裂缝。此外, 由于公路基层与面层结构存在物理特性差异, 加之施工材料的热胀冷缩系数不同, 路面各结构层对外界环境变化的响应程度呈现明显区别, 当气候波动引发温度变化时, 不同材料层产生的温度应力存在差异, 当材料间的挤压收缩超过其抗压强度时, 就会形成贯穿

路面的结构性裂缝。

2.3 车辆荷载原因

车辆荷载是引发公路裂缝的重要原因之一，当车辆荷载作用于路面时，半刚性基层结构内部会产生拉应力，当这种应力超过基层材料的抗拉强度极限时，就会在基层底部形成隐性裂缝，进而向上发展影响面层结构。或是道路设计承载力存在阈值限制，车辆反复碾压造成的交变应力会引发路面微小变形，逐渐削弱混凝土结构的整体性，若不能及时实施养护措施，初期微裂缝会在持续荷载作用下不断扩展延伸，最终形成贯通性裂缝导致结构失效^[3]。

3 公路路面裂缝养护施工实践要点

3.1 工程概况

某公路工程包含 3 座公路隧道、2 座中桥及 1 座互通立交，主线全长 1170 米，混凝土工程总量达 15.5 万立方米，隧道工程总长 2819 米，衬砌混凝土用量 29.9 万立方米，项目区域属典型大陆性季风气候，四季特征明显，年日照时数约 2470 小时，极端气温对路面混凝土影响，夏季最高温度 37.6℃，冬季极端低温 -22.9℃，值得注意的是，工程横跨西部山区与东部平原两大气候区，区域性气候差异加剧了混凝土路面开裂现象。项目团队对全线裂缝情况开展实地勘察，选取重点工段进行专项检测，通过系统化数据采集与分析，形成包含裂缝类型、分布特征及危害程度等要素的详细统计报表（见表 1），该统计表全面反映了工程实体裂缝现状，为后续技术研究提供基础数据支撑。

表 1 某公路工程裂缝统计表

序号	工点	施工养护点	裂缝数量 / 条	裂缝宽度 /mm	裂缝长度 /m
1	某 1# 隧道	二衬	57	0.10~1.10	0.60~3.20
2	某 1# 隧道	电缆槽	124	0.20~2.50	0.60~0.90
3	某 2# 隧道	二衬	73	0.20~0.70	0.20~4.00
4	某路段	二衬	42	0.20~0.50	0.30~2.40
5	某立交桥	防撞墙	7	0.30~1.10	0.28~0.57
6	某立交桥	路面铺装	2	0.70~0.80	0.74~0.86

3.2 裂缝修补的时间选择

裂缝修补宜安排在春秋两季实施，该时段温度条件稳定，裂缝处于自然舒张状态便于材料填充，且宽度接近年度平均数值，有利于材料适配，确保道路结构耐久性^[4]。

3.3 裂缝修补的工艺类别

3.3.1 灌缝施工

该工艺分为直接灌缝与开槽灌缝两种形式，直接灌缝

主要针对宽度小于 3 毫米的横向裂缝及小规模纵向裂缝，无需使用切缝机械，操作流程简便且防水性能持久，但对环境温度有严格施工要求，开槽灌缝适用于宽度超过 3 毫米的裂缝，需按裂缝形态切割形成规则矩形槽体，灌注后材料填充密实，耐久性提升。

3.3.2 贴缝施工

此工艺以操作便捷、环境友好为特点，适用于轻微裂缝处理，尤其适合平直路面及非重载路段，施工时无需切割槽体，仅需清理裂缝周边区域，采用专用贴缝带覆盖后碾压强化黏结。具体流程包括基面清理、贴缝带定位、敲击整平及质量验收，验收合格后即可恢复通行，该方法具备低能耗、少人工、无大型机械介入的优势，但存在材料粘附周期短、易发生脱落及路面变形等问题，若线型裂缝修补质量不达标，可能引发网状开裂扩展，需配合热再生或铣刨工艺进行二次修复。

3.4 裂缝修补结构形式

3.4.1 开槽判定标准

是否实施开槽处理需综合评估裂缝宽度与水平位移量，开槽工序具有清除杂质、提升粘结强度、维持结构间隙等优势，当裂缝宽度达到或超过 3mm，或存在水平位移时，必须实施开槽作业；裂缝宽度不足 3mm 且位移量微小、作业环境复杂时，可免去开槽工序，针对 1~3mm 范围的裂缝，需依据路面实际状况选择适宜的灌注工艺，

3.4.2 开槽工艺

参数设定开槽轴线应与裂缝走向完全重合，防止对相邻路面造成二次损伤，槽体尺寸需根据裂缝扩展程度动态调整，宽度与深度比例宜控制在 0.5~2.0 区间，标准比例推荐采用 1:1。常用工艺类型包括：1）平面填缝：采用直灌工艺，同步清理路面碎屑；2）梯形压顶式：分层填筑后实施辊压成型或保留自然形态；3）凹槽构造：开槽灌注后形成与路面平齐或微凹的修复面；4）复合工艺：集成开槽、填充、覆层、压实等多道工序。

3.4.3 施工装备配置

1）开槽装置：必备的电动切割系统，包含动力机组、参数调节模块、切削机构三大部分，作业前需精确校准刀头尺寸，完成设备调试，操作过程中严格遵循轴线定位规范，落实安全防护措施；2）高压热风枪：兼具裂缝清洁与基面预热双重功能，可有效去除内部杂质并改善材料粘结条件；

3) 专用灌缝设备: 配置恒温储料仓与压力喷射系统, 适用于大规模修补工程; 4) 简易维修工具组: 包含移动式加热釜、手持注料器等经济型装置, 适用于小范围修补; 5) 辅助器材: 配备刮铲、清扫器具等常规工具, 同步配置消防器材保障作业安全。

3.5 裂缝修补施工

1) 前期准备: 全面掌握裂缝现状, 制定针对性修补方案, 依据路面等级匹配专用设备开槽机、灌缝机等, 提前调试设备性能, 热熔材料需预启灌缝机升温, 常温材料实施专项存储, 必要时增设搅拌装置; 2) 交通管制: 无论移动施工或定点作业, 均需预先设置警示标识及隔离设施, 保障作业区安全; 3) 开槽作业: 根据方案确定开槽形式及尺寸参数, 随后利用到场开槽机实施开槽工序, 无需开槽的裂缝直接进入下一流程; 4) 清洁干燥: 采用压缩气吹、高压水冲或钢刷清理缝内杂质, 确保工作面洁净干燥, 开槽后的裂缝优先选用 0.6MPa 压力、4~5m³/min 风量的高压气流除尘, 需在干燥天气操作; 热风清洁不受环境限制, 兼具除尘、烘干及预热基面三重功能; 5) 填充工艺: 清洁后立即施工防止二次污染, 热修补需预先卸出预制料, 借助喷洒杆实施填充作业; 常温材料通过专用喷壶连续灌注, 确保填满缝隙各个部位; 6) 封层处理: 采用带状贴封技术, 沿裂缝均匀铺设 3mm 厚修补料, 橡胶辊压实后刮除余料, 填充完成后撒布细砂或石屑形成保护层, 既吸附溢料又增强路面防滑性能, 待材料固化后清除覆盖层; 7) 通行恢复: 作业结束清场后, 待材料完全固化即可撤除围挡, 常温材料虽对基面湿度无严格要求, 但需进行二次补灌防止材料持续渗入。

3.6 养护措施

3.6.1 路面罩面养护

该技术适用于裂缝较小、坑槽凹陷较浅的路面, 需提前完成整平并做好防渗处理, 施工时需针对不同材料制定养护标准, 同时监测天气与温度变化, 当气温低于 10℃ 时须暂停作业, 混合料拌和环节应重点控制温度与均匀性, 防止出现离析或结块问题, 若摊铺后出现沥青花白现象, 可采用反向洒水方式处理, 将温度降至 100℃ 以内并加强后续养护, 确保工程质量达标。

3.6.2 雾封层养护

该技术能有效修复横向裂缝并提升老化沥青性能, 预防裂缝扩张, 施工前需根据现场条件选择适配设备, 使用智能洒布车时需精确调整参数至 0.4 ~ 0.6kg/m³ 的洒布量, 避免涂料堆积形成不良油膜, 作业完成后需进行交通管制, 晴天封闭时间不少于 1 小时, 阴天延长至 2 小时, 遇降雨天气立即中止施工。

3.6.3 压浆法养护

压浆法在道路裂缝修复中具有广泛适用性, 该工艺采用高压注浆设备实施作业, 需精确控制浆液配比参数, 水灰比须符合规范标准, 压浆泵选型应结合路基压力参数, 工作压力建议设置在 1.4~1.6MPa 区间, 引入信息化分析手段可精准识别裂缝成因, 辅助优化注浆方案, 从而提升修复效果并降低道路损害风险。灌缝工艺主要发挥防水屏障作用, 通过阻断雨水渗入路基来提高道路结构稳定性, 实施过程中需重点把控施工环境温度, 要求路面温度不超过 4℃ 以确保胶体粘接强度, 材料选择环节须严格检测密封胶性能指标, 特别注意其固化后的体积稳定性, 需注意的是, 该技术对网状开裂及深层次裂缝修复效果有限, 此类损伤需采用其他补强措施, 施工前应对裂缝类型进行专业评估, 确保工艺适用性。

4 结论

综上所述, 公路路面裂缝作为危害道路结构安全的核心隐患, 其有效防治直接关系工程品质与使用周期, 施工责任主体需严格执行防控技术标准, 通过科学施工工艺与规范操作流程, 有效消除裂缝产生诱因, 从而保障工程整体质量, 延长道路使用年限。

参考文献:

- [1] 李建娇. 高速公路路面裂缝养护施工技术应用策略分析[J]. 科技资讯, 2025, 23(01): 160-162.
- [2] 陈永亮. 高速公路路面裂缝养护施工技术研究[J]. 交通世界, 2024, (36): 38-40.
- [3] 武俊彦. 高速公路路面裂缝的养护施工技术[J]. 汽车周刊, 2024, (06): 66-68.
- [4] 孔磊. 高速公路路面裂缝养护施工技术应用策略分析[J]. 运输经理世界, 2023, (20): 126-128.