

高速公路路面裂缝防治施工技术研究

张晋磊

新疆北新路桥集团股份有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要: 高速公路路面裂缝是影响路面结构安全与使用寿命的主要病害,其成因涉及荷载反复作用、温度循环变化及材料收缩等多重因素。本文系统梳理了路面裂缝的类型划分与形成机理,将其归纳为荷载型、温度型及收缩反射型三类,明确了各类裂缝的力学特征与发展规律。在此基础上,从施工准备、原材料质量控制、面层及基层施工四个维度提出了系统化预防技术,涵盖配合比优化、温度控制、压实工艺等关键环节。针对已有裂缝,依据宽度等级分别阐述了细微裂缝灌封、中等裂缝开槽灌缝及宽裂缝切割修补三级治理方案,并构建了涵盖材料检验、过程管控与成品检测的质量控制体系。研究成果可为高速公路路面裂缝的预防与治理提供技术参考。

关键词: 高速公路;路面裂缝;防治技术

引言:随着我国高速公路通车里程持续增长,路面裂缝问题日益突出,已成为制约路面服役性能的关键因素。裂缝不仅破坏路面结构完整性,加速水损害与结构层松散,还会在车辆荷载与环境因素耦合作用下快速扩展,引发坑槽、沉陷等次生病害,严重威胁行车安全并增加养护成本。当前工程实践中,裂缝防治仍存在成因分析不够精细、预防措施针对性不强、治理技术分级不明确等问题。因此,有必要从裂缝类型与形成机理出发,系统研究覆盖施工准备、材料控制、面层基层施工的全链条预防技术,以及针对不同裂缝等级的分级治理方案与质量控制方法,为提升高速公路路面抗裂性能与长期耐久性提供理论支撑与技术指导。

1 高速公路路面裂缝的类型及形成机理

高速公路路面裂缝的类型多样,根据形成原因与表现形式,可分为荷载型裂缝、温度型裂缝及其他类型裂缝,不同类型裂缝的形成机理存在显著差异,明确其类型与形成机理是开展防治施工的前提。(1)荷载型裂缝主要是由于路面长期承受车辆荷载的反复作用,尤其是重载车辆的碾压,导致路面结构内部产生应力集中,当应力超过路面材料的抗拉强度时,路面便会出现裂缝。此类裂缝多呈纵向或横向分布,初期表现为细微裂缝,随着荷载的持续作用,裂缝会逐渐加宽、延长,甚至贯穿路面结构。(2)温度型裂缝是由于环境温度变化引发路面材料热胀冷缩,导致路面结构产生温度应力,当温度应力超过材料的抗裂能力时形成的裂缝。高温季节,路面材料受热膨胀,产生压应力;低温季节,材料收缩,产生拉应力,反复的温度变化会使路面材料出现疲劳损伤,进而产生裂缝,此类裂缝多为横向裂缝,分布较为均匀。(3)其他类型裂缝主要包括收缩裂缝、反射

裂缝等,收缩裂缝多由于路面面层材料在凝结硬化过程中,水分蒸发过快,导致材料收缩不均而产生;反射裂缝则是由于基层或底基层已存在裂缝,在车辆荷载与温度变化的作用下,裂缝向上反射至路面面层形成的^[1]。

2 高速公路路面裂缝预防施工技术

2.1 施工准备技术

施工准备是高速公路路面裂缝预防的前置关键环节,直接影响后续各工序的施工质量与路面结构的整体性能。(1)在施工场地准备方面,需对原路面基层进行彻底清理,清除浮土、杂物及积水,对基层表面的松散部位予以凿除并修补,确保基层与面层之间具备良好的粘结条件;同时应对施工便道及材料运输通道进行整平与硬化处理,保证运输车辆平稳通行,避免因场地不平整导致混合料离析或基层结构受损。(2)在设备调试方面,应对沥青拌合站的计量系统、加热装置、搅拌机进行标定校准,确保油石比及级配偏差控制在规范允许范围内;摊铺机的熨平板需预热至规定温度,并检查夯锤频率与振捣装置工作状态;压路机的振动频率、碾压力度亦应预先设定,保证压实工艺参数满足设计要求。技术交底工作须覆盖全体施工人员,内容包括裂缝高发部位的施工要点、温度控制标准、接缝处理工艺及质量检验指标,确保操作人员严格按规范执行,从源头降低裂缝产生风险^[2]。

2.2 原材料质量控制技术

原材料质量控制是预防路面裂缝的核心技术环节,须从材料选择、配合比设计及进场检验三方面系统实施。(1)面层材料应优先选用针入度适中、延度大、含蜡量低的基质沥青,集料需具备高磨光值、低压碎值及良好的粘附性,矿粉应洁净干燥。(2)配合比设计

阶段, 应通过马歇尔试验及车辙试验综合确定最佳油石比, 确保混合料高温稳定性、低温抗裂性及水稳定性均满足规范要求。基层材料宜选用水泥稳定碎石或贫混凝土, 重点控制水泥剂量及集料级配, 降低干缩系数。

(3) 材料进场前, 须对沥青的软化点、延度、针入度, 集料的级配、含泥量、压碎值, 以及水泥的强度、安定性等指标进行全项检测, 不合格材料一律退场处理。施工期间, 应按规定频次对已进场材料进行随机抽检, 重点监测沥青性能的温度敏感性及集料含水率变化, 建立材料质量动态跟踪台账, 确保各批次材料性能一致, 从源头保障路面结构抗裂性能的长期稳定。

2.3 面层施工技术

面层施工是路面裂缝预防的核心工序, 须严格把控拌合、运输、摊铺、压实各环节的工艺参数。(1) 混合料拌合阶段, 应严格按目标配合比进行计量配料, 沥青加热温度控制在 150°C 至 170°C 范围, 集料烘干温度适当提高, 干拌时间不少于5秒, 湿拌时间控制在35至50秒, 确保沥青膜均匀裹覆集料表面, 混合料无花白、无结团, 级配偏差控制在规范允许范围内。运输过程中, 车厢侧板及底板涂刷隔离剂, 车辆加盖篷布保温, 运输时间控制在30分钟以内, 到达现场温度不得低于 140°C , 中途不得随意停车或急转弯, 防止混合料温度骤降及二次离析。(2) 摊铺阶段采用非接触式平衡梁控制厚度, 摊铺速度稳定在2至3米/分钟, 连续均匀作业, 避免频繁停机。初压温度不低于 130°C , 复压及终压严格按“紧跟、慢压、高频、低幅”原则执行, 碾压终了温度不低于 70°C , 确保压实度达到96%以上, 路面结构密实均匀, 有效抑制温缩裂缝及疲劳裂缝的产生^[3]。

2.4 基层施工技术

基层作为路面结构的主要承重层, 其施工质量直接关系到路面整体的结构稳定性与抗裂性能, 须从路基验收、混合料拌合、摊铺及养护等环节实施全过程质量控制。(1) 施工前应对路基顶面进行全面验收, 重点检测弯沉值、平整度及压实度, 路基顶面回弹模量须满足设计要求, 表面平整度偏差控制在10毫米以内, 避免因路基不均匀沉降引起基层拉应力集中而产生结构性裂缝。混合料拌合阶段, 应严格按照目标配合比进行计量, 水泥剂量偏差控制在 $\pm 0.5\%$ 以内, 混合料含水量宜略大于最佳含水量1%至2%, 以补偿摊铺及碾压过程中的水分蒸发, 确保压实后的强度与水稳定性满足规范要求。(2) 摊铺作业应采用两台摊铺机梯队联合施工, 消除纵向接缝, 摊铺厚度偏差控制在设计值的 ± 5 毫米以内。压实施工遵循先轻后重、先边后中的原则, 压实度须达到98%以

上。成型后应立即覆盖土工布洒水养护, 养护期不少于7天, 期间严禁任何车辆通行, 防止基层早期受力产生微裂缝, 有效降低反射裂缝传递至面层的风险。

3 高速公路路面裂缝治理施工技术

3.1 细微裂缝治理技术

细微裂缝治理主要针对宽度小于0.5mm、深度较浅的非结构性裂缝, 其核心技术为灌缝封闭, 旨在阻断水分及有害介质侵入, 抑制裂缝扩展。(1) 裂缝清理是保证灌缝质量的前置工序。应先采用大功率吹风机沿裂缝走向吹扫, 清除内部粉尘与松散碎屑, 再用钢丝刷深入裂缝壁反复刷磨, 扩大裂缝开口宽度, 增强灌缝材料与缝壁的咬合面积。清理后须用压缩空气再次吹净, 确保缝内无残留杂物且表面完全干燥, 含水率控制在5%以下, 否则将严重影响材料粘结强度。(2) 灌缝作业选用高渗透性改性沥青或聚氨酯类专用灌缝料, 加热至规定施工温度后, 通过灌缝机在0.2MPa至0.4MPa压力下均匀注入。灌注过程中应持续移动, 确保材料充分填充裂缝全深度, 缝壁无脱空、无气泡。灌缝结束后, 待材料表面冷却至环境温度, 立即刮除溢出材料, 恢复路面整洁, 使封闭后的裂缝具备良好的防水性能与耐久性。

3.2 中等宽度裂缝治理技术

中等宽度裂缝指宽度在0.5mm至5mm之间、深度适中的半结构性裂缝, 需采用开槽灌缝技术进行处理, 通过扩大裂缝开口提升灌缝材料的嵌固效果与粘结强度。(1) 开槽作业采用专用路面开槽机沿裂缝中心线匀速切割, 切割深度控制在8mm至12mm, 槽口宽度保持在10mm至15mm, 形成规则的矩形或梯形槽体。开槽过程中应保持行进速度稳定, 确保槽壁平整顺直、底面洁净, 槽体几何尺寸一致, 避免出现锯齿状边缘或槽底松散破损。(2) 开槽完成后, 先用高压风机将槽内碎屑彻底吹净, 再用毛刷沿槽壁反复刷拭, 去除粉尘与附着物, 确保槽内干燥无积水。随后在槽底及侧壁均匀涂刷一层专用界面粘接剂, 待其表干后, 将加热至规定温度的改性沥青灌缝料分次灌入槽内, 每层灌注厚度不超过5mm, 逐层压实, 确保材料与槽壁充分咬合、无脱空。表面冷却后及时刮除溢出材料, 使修补面与原路面齐平, 显著提升裂缝处治的防水性能与长期耐久性^[4]。

3.3 宽裂缝及破损裂缝治理技术

宽裂缝及破损裂缝治理针对宽度大于5mm且伴随路面结构松散、坑槽等病害的严重裂缝, 须采用切割修补技术进行修复, 以彻底恢复路面结构完整性与承载功能。(1) 施工前, 依据裂缝范围及破损程度划定修补区域, 采用路面切割机沿裂缝外侧10cm至15cm处进行规则

切割,切割深度穿透面层至基层顶面,确保修补边界整齐、垂直度满足要求。切割完成后,清除区域内全部松散破碎材料,彻底检查基层状态,若基层存在松散、裂缝或强度不足等问题,须先采用同类型材料进行基层修补并压实达标,确保基层承载均匀稳定。(2)面层修补选用与原路面同类型、同标号的沥青混合料,摊铺前对切割面涂刷粘层油,混合料摊铺厚度略高于原路面1mm至2mm,以补偿后续碾压沉降。碾压采用小型压路机配合人工夯实,压实度须达到原路面标准的96%以上,修补面与周边路面高差控制在3mm以内,接缝处涂刷热沥青封边。修补完成后覆盖保温材料自然冷却,待材料温度降至环境温度后开放交通,确保修补区域与原路面结构连续、性能一致。

3.4 裂缝治理施工质量控制

裂缝治理施工质量直接决定路面修复效果与使用寿命,须从材料、过程及成品三个阶段实施系统化质量控制。(1)施工前应对灌缝材料、密封胶、修补混合料等进行全项性能检测,重点核查材料的软化点、延度、粘结强度及耐候性指标,确保各项参数满足规范要求,不合格材料严禁投入使用。施工过程中,须严格执行既定工艺标准,清理阶段确保缝内无粉尘、无积水;开槽阶段控制槽体尺寸精度,槽壁垂直度偏差不超过3mm;灌缝阶段控制灌注温度与压力,确保材料充填饱满、无脱空;压实阶段保证修补区域压实度达到原路面标准。

(2)施工完成后,应对治理区域进行全面质量检测,采用取芯法检测压实度,灌水法检测密封性能,平整度仪检测表面平整度,各项指标均须达到设计标准。不合格部位应立即返工处理,直至满足质量要求。同时建立治理区域定期巡查机制,重点监测修补接缝处有无二次开裂、脱落等病害,发现问题及时修复,确保治理效果长

期稳定^[5]。

结束语

本文围绕高速公路路面裂缝防治这一核心议题,从成因分析、预防施工与治理技术三个层面展开系统研究。研究表明,荷载疲劳、温度应力及材料收缩是裂缝产生的三大主因,需针对不同机理采取差异化防控策略。预防阶段应重点把控原材料性能与施工工艺参数,面层施工中温度管理与压实质量是抗裂关键,基层施工中养护制度对抑制反射裂缝效果显著。治理阶段应依据裂缝宽度分级施策,细微裂缝以灌封为主,中等裂缝采用开槽灌缝,宽裂缝及破损区域则需切割修补恢复结构完整性。质量控制须贯穿材料进场、施工操作及成品验收全过程,并建立后期巡查机制。未来可进一步结合智能监测技术,实现裂缝早期识别与动态养护,持续提升路面结构长期服役性能。

参考文献

- [1]李建双,李卫国.高速公路路面裂缝快速修复施工技术研究[J].科技资讯,2025,23(13):150-152.
- [2]李继波.高速公路路面裂缝养护施工技术应用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(8):045-048.
- [3]姜伟东.高速公路半刚性路面裂缝快速修复施工技术研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(12):195-198.
- [4]苏文超.高速公路路面裂缝养护施工技术研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(5):068-071.
- [5]徐旭亮.高速公路路面裂缝修补养护施工技术研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(4):114-117.