

公路施工与水稳基层裂缝防治

陈 前

湖南建投交通建设有限公司 湖南 长沙 410000

摘要：水稳基层裂缝是公路工程常见病害，直接影响公路结构稳定性与使用寿命。本文围绕公路施工与水稳基层裂缝防治，分析水稳基层材料特性、裂缝类型及成因，探究施工中原材料、配合比、摊铺碾压、养护等关键环节对裂缝的影响。结合实际施工需求，从原材料优化、施工工艺管控、养护及后期处置等方面，提出针对性综合防治措施。研究旨在为公路施工中水稳基层裂缝防控提供实操参考，减少裂缝病害发生，提升公路工程施工质量与耐久性。

关键词：公路施工；水稳基层；各阶段；裂缝防治

引言：随着高等级公路建设规模扩大，水稳基层因承载能力强、稳定性好被广泛应用，但裂缝问题频发，制约公路工程质量。裂缝不仅降低基层整体承载力，还易引发面层破损、沉陷等连锁病害，增加养护成本。当前施工中，原材料管控、工艺规范度不足等问题仍是裂缝产生的主要诱因。基于此，本文聚焦水稳基层裂缝成因与施工影响环节，构建全流程综合防治体系，为解决公路水稳基层裂缝难题、保障公路长期安全运营提供理论与技术支撑。

1 水稳基层材料特性及裂缝成因

1.1 水稳基层材料组成及物理力学特性

水稳基层材料以级配碎石为骨料，以水泥、石灰等为结合料，掺入适量水拌合压实成型，广泛应用于高等级公路基层施工。其骨料占比通常为80%-90%，需满足连续级配要求，保证骨架密实性；结合料掺量一般为3%-5%，通过水化反应形成胶结体，提升基层整体性。物理特性上，该材料孔隙率低、透水性差，干缩与温缩系数较大，易因水分流失或温度变化产生体积变形。力学特性表现为早期强度增长快，后期强度稳定，具备良好的承载力与抗疲劳性能，但抗裂性较弱，抗拉强度仅为抗压强度的1/10-1/8，在外界作用下易产生裂缝。

1.2 水稳基层裂缝类型及形态特征

水稳基层裂缝按形成机理可分为以下三类。(1) 干缩裂缝多出现于施工养护期，表现为不规则网状或平行短裂缝，宽度多在0.1-0.5mm，长度从几厘米到数十厘米不等，分布较分散，主要由材料水分蒸发过快导致。(2) 温缩裂缝多发生在温差较大的季节，呈纵向或横向贯通式裂缝，宽度可达0.3-1.0mm，延伸长度长，部分可贯穿基层全厚，裂缝走向与路线走向基本平行或垂直。(3) 荷载型裂缝由车辆荷载反复作用引发，多为纵向裂缝或反射裂缝，形态多为断续性，宽度随荷载作用频次增加而扩

大，易伴随基层沉陷、破碎等病害。

1.3 裂缝形成的内在因素与外在诱因

裂缝形成的内在因素核心为材料自身特性，骨料级配不合理、针片状含量过高，会导致基层密实度不足，抗裂性下降；结合料掺量过高，水化热反应剧烈，易引发内部应力集中，掺量过低则基层强度不足，难以抵御变形。混合料含水量偏差过大，会加剧干缩变形，诱发裂缝。外在诱因中，施工工艺是关键，拌合不均匀、摊铺厚度不一致、碾压压实度不足，会留下质量隐患；养护不及时或养护周期不足，导致水分快速散失，引发干缩裂缝。环境因素方面，昼夜温差过大、冬季低温冻融循环，会产生温缩应力与冻胀破坏；车辆超载、荷载反复作用，会使基层应力超过抗拉极限，形成荷载型裂缝^[1]。

2 公路施工中影响水稳基层裂缝的关键环节

2.1 原材料进场检验与质量控制要点

原材料质量是水稳基层裂缝控制的基础，进场检验与管控需贯穿施工全程。骨料需核查级配、针片状含量、压碎值，级配偏差大会导致基层密实度不足，针片状含量超标会削弱骨架承载力诱发裂缝；水泥需检测强度等级、凝结时间及安定性，安定性不合格或初凝过短易引发早期开裂。同时建立原材料溯源机制，不同批次材料分开堆放标识，严禁不合格材料入场。外加剂需适配水泥性能，进场前做适配性试验，避免材料不相容影响抗裂性。

2.2 混合料配合比设计与拌合施工影响

配合比设计不合理与拌合工艺不规范，是诱发水稳基层裂缝的核心因素。配合比需结合工况优化，水泥掺量过高会加剧水化热、引发应力集中，掺量过低则基层强度不足；含水量控制在最佳含水量 $\pm 1\%$ 内，过高加剧干缩变形，过低影响压实度。拌合采用集中设备，时长控制在30-60秒，确保材料混合均匀，杜绝“花料”“离

析”。同时实时监测拌合料温度，夏季降温、冬季保温，防范温度波动影响混合料性能。

2.3 摊铺与碾压工艺对基层整体性的影响

摊铺与碾压直接决定基层密实度和整体性，工艺偏差易留裂缝隐患。摊铺速度控制在1.5-3.0m/min，匀速连续作业，避免中途停顿导致衔接处压实不均；摊铺厚度按设计把控，偏差不超过 $\pm 5\text{mm}$ ，梯队作业时相邻摊铺带搭接宽度10-20cm，压实后消除搭接痕迹。碾压遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中”原则，采用振动与光轮压路机组合碾压8-12遍，确保压实度 $\geq 98\%$ 。严禁超压、漏压，防止产生推移裂缝，碾压后及时检测平整度，不合格部位立即处理。

2.4 养护工艺及龄期管理与裂缝的关联

养护与龄期管理不到位，易使基层因水分流失或强度不足产生裂缝。碾压完成后12小时内覆盖保湿材料，采用洒水养护保持基层湿润，养护周期不少于7天，高温、大风天气需延长周期、加密洒水频次。养护期间严禁车辆通行，避免荷载扰动引发早期裂缝。龄期管理需严格把控，基层强度达设计强度80%以上方可铺筑面层，既杜绝过早摊铺导致强度不足开裂，也防止龄期过长加剧干缩裂缝，合理规划施工衔接时间^[2]。

3 水稳基层施工阶段裂缝综合防治

3.1 水稳基层原材料优化与裂缝预防基础措施

原材料管控要覆盖骨料、结合料、外掺剂及混合料含水量等关键维度，全程遵循标准化管控流程，确保各项指标符合施工规范要求。(1) 骨料质量与级配优化管控。严格把控骨料级配连续性，按设计标准调整颗粒级配范围，确保形成密实骨架结构，减少内部孔隙率。控制骨料针片状含量、压碎值及含泥量，严格执行进场检验标准，对不合格颗粒进行剔除，避免影响基层整体结构稳定性。规范骨料存储与堆放，不同规格骨料分开存放并做好标识，防止混杂污染，使用前对骨料含水量进行检测，为后续混合料含水量调控提供依据。(2) 结合料选型与掺量精准控制。结合施工区域气候条件与工程工况，选用安定性、强度稳定性达标的结合料，优先保障结合料与骨料的适配性。精准核算结合料掺量，避免掺量过高引发水化热集中导致内部应力累积，或掺量过低造成基层胶结力不足。严格执行结合料进场检验流程，核查出厂合格证与性能检测报告，规范存储条件，防止受潮、结块或变质，使用前进行二次性能抽检，确保满足施工要求。(3) 外掺剂合理选用与管控。根据基层抗裂需求选用适配外掺剂，严格检测外掺剂纯度、性能指标及与其他原材料的兼容性。精准控制外掺剂掺量，建

立标准化添加流程，避免掺量偏差影响基层结构完整性。(4) 混合料含水量动态调控。以最佳含水量为基准，建立实时监测机制，结合环境温湿度变化动态调整拌合用水量。严格控制含水量波动范围，避免含水量过高加剧后续干缩变形，或过低导致碾压密实度难以达标。

3.2 公路水稳基层拌合与摊铺施工裂缝防控技术

拌合与摊铺是水稳基层施工的关键环节，要通过优化施工流程、强化过程管控，防控施工过程中裂缝的产生，确保基层成型质量。(1) 拌合工艺优化与质量管控。采用集中拌合设备进行标准化拌合，合理设定拌合时间，确保骨料、结合料、水及外掺剂充分混合，避免出现“花料”“离析”现象。严格控制拌合料出料温度，夏季高温时段采取骨料降温、拌合用水降温等措施，冬季低温时段做好设备与拌合料保温，防止温度波动过大影响混合料性能。建立拌合料抽检机制，定时检测混合料级配、含水量及强度指标，及时调整拌合参数，杜绝不合格混合料出场。(2) 拌合料运输与卸料管控。选用密闭式运输车辆，运输过程中做好保温、保湿措施，避免混合料水分流失、温度下降过快或出现离析。合理规划运输路线与运输时间，缩短拌合料从出料到摊铺的间隔，确保混合料在初凝前完成摊铺与碾压。卸料时控制卸料速度与高度，避免混合料撞击车厢或地面造成离析，卸料过程中配合摊铺机匀速卸料，保障摊铺连续性。(3) 摊铺工艺参数精准控制。设定合理摊铺速度，保持匀速连续作业，避免中途停顿、变速，防止衔接处压实不均引发裂缝。严格控制摊铺厚度，按设计要求调整摊铺机参数，厚度偏差控制在规范允许范围内，摊铺过程中定时检测厚度，及时修正偏差。采用摊铺机梯队作业时，控制相邻摊铺带搭接宽度，压实后消除搭接痕迹，避免搭接处形成薄弱环节。(4) 摊铺过程裂缝预判与处理。摊铺过程中安排专人巡查，实时观察基层表面状态，预判裂缝隐患并及时处理。若出现局部离析、起砂等问题，立即暂停摊铺，对缺陷部位进行人工修整，剔除不合格部分并重新摊铺。避免在摊铺过程中随意踩踏、堆放杂物，防止破坏基层表面结构，减少人为因素引发的裂缝^[3]。

3.3 水稳基层碾压与成型工艺裂缝防治优化

碾压与成型要通过优化碾压方案、规范操作流程，避免碾压过程中产生推移、龟裂等裂缝，确保基层达到设计承载能力与抗裂性能。该环节需注重碾压机械组合、碾压参数控制及成型后质量检测，落实防治优化措施。(1) 碾压机械选型与组合优化。根据混合料特性与摊铺厚度，选用振动压路机与光轮压路机组合碾压，合理搭配机械型号与数量，确保碾压覆盖全面、压实效果达标。

明确各类型压路机的作业顺序，遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中”的碾压原则，避免碾压过程中基层产生推移变形或表面裂缝。(2) 碾压参数精准把控。设定合理碾压速度、碾压遍数及振动频率，碾压速度控制在规范范围内，避免过快导致压实不充分，过慢引发基层表面推移。总碾压遍数根据试验段数据确定，确保压实度达到设计标准，碾压过程中定时检测压实度，及时调整碾压遍数，杜绝漏压、超压现象。振动压路机振动频率与振幅需适配混合料特性，避免振动过大破坏骨架结构。(3) 碾压过程裂缝防控。碾压过程中安排专人跟踪观察，若发现基层表面出现推移、龟裂等裂缝，立即停止碾压，分析原因并采取整改措施。对轻微推移裂缝，可调整碾压参数后重新碾压修整；对较严重裂缝，需剔除不合格区域，重新摊铺混合料碾压成型。碾压过程中避免压路机在基层表面长时间停留、转向或急刹车，防止对基层结构造成破坏。(4) 成型后基层质量检测与修整。碾压完成后及时检测基层压实度、平整度及厚度指标，对不合格部位进行针对性修整。若平整度偏差过大，需采用人工或机械方式打磨修整，避免形成薄弱环节。修整过程中避免过度扰动基层结构，修整完成后再次检测，确保各项指标符合设计与规范要求，为后续养护环节奠定基础。

3.4 水稳基层养护及后期施工裂缝管控策略

养护及后期施工需通过科学养护、严格龄期管理与规范施工衔接，防范基层因水分流失、强度不足或外力扰动产生裂缝，保障基层长期稳定性，核心聚焦养护质量、龄期管控及施工衔接规范性落实管控措施。(1) 养护工艺优化与质量管控。碾压完成后及时开展养护，规定时间内全覆盖土工布、麻袋等保湿材料并贴实。采用洒水养护保持基层持续湿润，严格遵循规范养护周期，高温、大风、干燥天气延长养护时长、加密洒水频次，严防水分快速流失引发干缩裂缝，同时做好保湿材料防护，避免

移位、破损影响养护效果。(2) 养护期间交通管控。养护期严禁各类车辆通行，设置明显警示标识与围挡划定管控区域，防止车辆碾压扰动引发早期裂缝。确因施工需临时通行，需采取专项防护，选用轻型车辆并严控行驶路线与速度，定期巡查管控区域，及时制止违规通行行为。(3) 龄期精准管控。建立龄期监测台账，定期检测基层强度，待强度达标后方可开展面层施工。精准把控施工衔接时间，既避免过早铺筑面层导致基层强度不足、受荷载传递引发裂缝，也防止龄期过长加剧干缩裂缝，合理规划进度实现有序衔接。(4) 后期施工裂缝巡查与处置。面层施工前全面巡查基层，按裂缝严重程度处置：表层细微裂缝做封闭处理，较深或贯通性裂缝采取填充、灌浆等措施，保障结构完整。面层施工中避免机械过度扰动基层，严控施工工艺，减少反射裂缝，实现基层与面层协同受力^[4]。

结束语：水稳基层裂缝防治要贯穿施工全流程，核心在于源头管控与过程优化。原材料质量、施工工艺、养护管理等环节的精准把控，是遏制裂缝产生的关键。本文提出的综合防治措施，贴合公路施工实际，可有效提升水稳基层抗裂性能。后续需结合不同工况持续优化技术方案，强化施工全过程质量管控。唯有严格落实各项防治措施，才能从根本上减少裂缝病害，延长公路使用寿命，为公路工程高质量建设提供保障。

参考文献：

- [1]陶玉龙.公路工程施工中水稳基层裂缝的防治技术措施[J].建筑机械化,2025,46(2):115-118.
- [2]白玉厚.公路工程施工中水稳基层裂缝防治探讨[J].居业,2025(9):34-36.
- [3]黄琦忠,何红,鲍岚,曹振辉.公路施工中水稳基层裂缝防治技术[J].工程建设与设计,2025(3):242-244.
- [4]刘翠莲.公路施工中的水稳基层裂缝防治技术解析[J].科技与创新,2025(14):112-114+118.