

公路施工中的水稳基层裂缝防治技术分析

农承峰

泰国格乐大学 泰国 10220

【摘要】 本论文聚焦于公路施工领域，深入剖析水稳基层裂缝这一关键问题。通过全面探讨裂缝产生的内在机理，涵盖材料特性、施工工艺细节以及复杂环境因素等多个层面，系统分析各因素对裂缝形成的具体影响路径。同时，紧密结合实际工程案例，从原材料的严格筛选、配合比的精确设计、施工流程的精细管控到后期养护的强化落实，全方位阐述针对性的防治策略，旨在为提升公路工程质量、增强结构耐久性提供坚实的技术支撑与理论依据。

【关键词】 公路施工；水稳基层；裂缝防治技术

1 引言

随着我国交通事业的蓬勃发展，公路建设规模不断扩大。水稳基层因其强度高、稳定性好等优点，在公路路面基层中得到广泛应用。然而，水稳基层在施工和使用过程中容易出现裂缝问题，这些裂缝不仅影响公路的外观质量，还进一步发展导致路面病害，降低路面的使用寿命，增加养护成本。因此，深入研究公路施工中水稳基层裂缝的防治技术具有重要的现实意义。

2 水稳基层裂缝的类型及危害

2.1 裂缝类型

2.1.1 干缩裂缝

水稳基层在完成成型工序后，随着内部水分的持续蒸发散失，混合料的体积会相应发生收缩变化。当这种收缩所产生的应力超出材料自身的抗拉强度极限时，干缩裂缝便会应运而生。此类裂缝通常呈现出较为细小的形态，以不规则的网状形式广泛分布于水稳基层表面，犹如细密的蛛网纵横交错。

2.1.2 温缩裂缝

温度的波动变化是引发温缩裂缝的主要诱因。水稳基层材料与大多数物质一样，具有热胀冷缩的物理特性。在低温季节，尤其是气温骤降的时段，材料的收缩趋势加剧，进而产生较大的拉应力。一旦该拉应力突破材料所能承受的极限抗拉强度，温缩裂缝便会不可避免地出现。

2.2 裂缝危害

水稳基层裂缝的出现破坏了基层结构的完整性，降低了基层的承载能力。雨水等水分容易通过裂缝渗入基层内部，使基层材料软化，进一步削弱基层强度，导致路面出现唧泥、坑槽等病害。长期发展下去，会严重影响公路的行车舒适性和安全性，缩短公路的使用寿命。

3 水稳基层裂缝产生的原因

3.1 材料因素

3.1.1 水泥

水泥作为水稳基层的重要胶结材料，其品种和用量对裂

缝的产生有着显著影响。水泥安定性是衡量其质量的关键指标之一，若水泥安定性不良，在水化反应过程中，内部会产生不均匀的体积变化。这种变化就如同在基层内部埋下了“定时炸弹”，随着时间推移，体积变化的累积效应会导致基层出现裂缝。例如，水泥中游离氧化钙或氧化镁含量过高，它们在水泥硬化后仍会继续水化，产生膨胀应力，进而引发裂缝。

3.1.2 集料

集料在水稳基层中占据着重要比例，其质量直接关系到基层的性能。首先，集料级配不合理是导致裂缝的常见原因。如果级配不符合要求，混合料的空隙率会增大，这意味着基层内部存在较多的空洞，无法形成紧密的结构。这种结构强度较低，在承受车辆荷载或环境作用时，容易产生裂缝。

针片状颗粒含量过高同样会带来问题。针片状颗粒形状不规则，过多的此类颗粒会削弱集料之间的嵌挤作用。正常情况下，集料之间相互嵌挤可以提供较强的抗变形能力，但针片状颗粒过多会破坏这种嵌挤结构，使得基层在受力时更容易发生变形，抗变形能力降低，进而增加裂缝出现的概率。另外，集料含泥量过大也不容忽视。泥土会附着在集料表面，阻碍集料与水泥浆之间的有效粘结。当基层在干燥或受力过程中，由于粘结力不足，集料与水泥浆之间容易产生分离，从而增加干缩裂缝的风险。

3.1.3 水

施工过程中用水量的精准控制至关重要。当用水量过大时，水稳基层在硬化过程中，多余的水分会大量蒸发。水分蒸发会导致基层体积收缩，产生较大的干缩变形。这种变形如果超过基层材料的承受能力，就会引发裂缝。例如，在高温天气下施工，若用水量控制不当，水分快速蒸发，干缩裂缝就极易出现。

相反，用水量过小也会带来问题。水泥的水化反应需要适量的水分参与，若水分不足，水泥的水化反应就无法充分进行。这将导致基层强度达不到设计要求，结构疏松，

在车辆荷载或其他外力作用下，基层容易出现裂缝。

3.2 施工工艺因素

3.2.1 拌和不均匀

在水稳基层混合料拌和过程中，拌和设备的性能以及操作人员的技能水平起着关键作用。若拌和设备性能不佳，如搅拌叶片磨损严重、搅拌速度不均匀等，或者操作人员操作不当，如进料速度不稳定、搅拌时间不足等，都会导致混合料拌和不均匀。拌和不均匀会使水泥在混合料中分布不均，有的地方水泥含量高，有的地方水泥含量低，从而造成局部强度差异较大。在后续的使用过程中，强度薄弱的部位就容易产生裂缝。

3.2.2 摊铺不平整

摊铺过程中，摊铺机的操作稳定性和摊铺速度的均匀性对基层质量影响很大^[1]。如果摊铺机操作不稳定，比如行驶过程中上下颠簸，或者摊铺速度不均匀，时快时慢，会使水稳基层表面平整度差，厚度不一致。在压实过程中，厚度不同的部位所受到的压实效果不同，产生的压实变形也不一样。这种不均匀的变形会在基层内部产生应力集中，容易引发裂缝。

3.2.3 压实不足或过度

压实度是衡量水稳基层质量的重要指标。压实度不足意味着基层的密实度不够，内部存在较多空隙，无法有效抵抗车辆荷载的作用。在车辆反复碾压下，基层容易出现裂缝，影响其使用寿命。然而，过度压实同样不可取。过度压实会使混合料中的集料破碎，破坏集料原有的结构，导致基层的性能发生变化，收缩性增大，增加收缩裂缝的产生几率。

3.2.4 接缝处理不当

水稳基层施工过程中，不可避免地会出现纵缝和横缝。如果接缝处处理不当，会严重影响基层的整体性和强度。例如，接缝处未进行充分的清扫，残留的杂物会阻碍新老混合料的结合；未进行湿润处理，新铺混合料的水分会被干燥的接缝处吸收，影响水泥的水化反应；搭接长度不足或方式不正确，会导致接缝处强度不足，成为裂缝的发源地。

3.3 环境因素

3.3.1 温度变化

气温的急剧变化对水稳基层材料的影响显著。特别是在高温季节向低温季节过渡时，水稳基层材料的温度变形较大。材料在温度降低时会收缩，而在温度升高时会膨胀。当温度变化过快，基层材料内部来不及适应这种变化，就会产生较大的温度应力。如果这种应力超过了材料的承受能力，就会产生温缩裂缝。昼夜温差大也会加剧这种现象，白天温度高，基层膨胀，夜晚温度低，基层收缩，频繁的胀缩循环会使基层内部的应力不断积累，增加裂缝产生的可能性。

4 水稳基层裂缝防治技术

4.1 原材料控制

4.1.1 水泥选择

优先选用质量稳定、安定性良好的水泥，根据工程实际情况合理选择水泥品种和强度等级。一般来说，应选用初凝时间大于3h、终凝时间不小于6h的水泥，以保证施工过程中有足够的时间进行拌和、摊铺和压实。同时，严格控制水泥的用量，在满足强度要求的前提下，尽量降低水泥用量，减少收缩变形。

4.1.2 集料质量把控

对集料的级配、针片状颗粒含量、含泥量等指标进行严格检测。选择级配良好的集料，确保混合料具有较高的密实度和强度。严格控制针片状颗粒含量不超过规定标准，降低其对基层性能的不利影响。对于含泥量过大的集料，应进行清洗或筛选处理，保证集料的洁净度。

4.1.3 用水管理

施工用水应符合相关标准，不得含有有害物质。准确控制用水量，根据集料的含水量和天气情况及时调整加水量，确保混合料的含水量接近最佳含水量，既保证水泥的水化反应正常进行，又避免因水分过多或过少导致的裂缝问题。

4.2 配合比设计优化

4.2.1 目标配合比设计

通过试验确定各种原材料的比例关系，使水稳基层混合料满足强度、耐久性等设计要求。在设计过程中，充分考虑水泥、集料、水等材料的特性，采用正交试验等方法进行多因素分析，找出最佳的配合比方案。

4.2.2 生产配合比调整

根据目标配合比，结合施工现场的实际情况，对拌和设备进行调试，确定生产配合比。在生产过程中，定期对混合料的各项性能指标进行检测，根据检测结果及时调整生产配合比，确保混合料质量的稳定性。

4.2.3 考虑添加剂的使用

在水稳基层混合料中适量添加一些添加剂，如减水剂、缓凝剂、纤维等，可以改善混合料的性能。减水剂可以降低混合料的用水量，提高强度和耐久性；缓凝剂可以延长水泥的凝结时间，便于施工操作；纤维可以增强混合料的韧性，提高抗裂性能。

4.3 施工过程精准把控

4.3.1 拌和质量控制

选用性能先进、拌和均匀的拌和设备，定期对设备进行维护和校准。严格按照配合比进行配料，确保各种材料的用量准确无误。控制好拌和时间，保证混合料拌和均匀，色泽一致。在拌和过程中，实时监测混合料的含水量和温度等参数，及时进行调整。

4.3.2 摊铺作业要点

摊铺机在摊铺前应预热熨平板，使其温度均匀。摊铺过程中保持摊铺机匀速行驶，速度不宜过快或过慢，一般控制在2 - 3m/min。安排专人负责检查摊铺厚度和平整度，发

现问题及时调整。对于摊铺过程中出现的离析现象，应及时进行人工处理，保证混合料的均匀性。

4.3.3 压实工艺优化

根据水稳基层的厚度和设计要求，选择合适的压实设备和压实工艺。一般先采用轻型压路机进行初压，然后用重型压路机进行复压，最后用轻型压路机进行终压。压实过程中遵循“先轻后重、先慢后快、由边向中”的原则，保证压实度均匀一致。严格控制压实遍数，避免压实不足或过度压实。

4.3.4 接缝处理规范

纵缝应采用垂直相接的方式，在摊铺相邻幅混合料时，对已摊铺的幅边进行清理和湿润，然后进行搭接摊铺，搭接宽度不宜小于15cm^[2]。横缝应设置成垂直于路面中心线的平头缝，在下次摊铺前，将横缝处的松散材料清理干净，涂刷水泥净浆，然后进行摊铺和压实，确保接缝处的强度和整体性。

4.4 后期养护强化

4.4.1 覆盖保湿养护

水稳基层碾压完成后，应立即进行覆盖保湿养护。可采用土工布、塑料薄膜等材料进行覆盖，保持基层表面湿润，防止水分过快蒸发。养护时间应不少于7d，在养护期间应安排专人负责检查覆盖物的完整性，及时补充水分。

5 工程实例分析

5.1 工程概况

某高速公路项目，路线全长56km，设计时速为120km/h。路面基层采用水稳碎石基层，设计厚度为36cm，分两层进行摊铺施工。该项目所在地气候条件复杂多变，夏季高温炎热，最高气温可达40℃以上，且降雨集中；冬季寒冷干燥，最低气温可达20℃以下，昼夜温差较大。

5.2 裂缝问题分析

在施工过程中，部分路段的水稳基层出现了不同程度的裂缝现象。通过现场勘查、数据检测以及综合分析，发现裂缝产生的主要原因如下：在原材料方面，水泥用量超出了最佳范围，导致基层收缩性增大。同时，部分批次的集料级配存在偏差，粗集料含量相对较高，混合料的均匀性与密实性受到影响，增加了裂缝产生的风险。

施工工艺控制方面，拌和过程中存在局部拌和不均匀的情况，水泥与集料未能充分融合，导致基层强度分布不均。摊铺过程中，摊铺机速度不稳定，出现了局部离析现象，影响了基层的平整度与整体性。压实环节，个别区域压实度不足，未能达到设计要求，使得基层在后期受力时容易产生裂缝。

环境因素方面，该地区昼夜温差大，水稳基层在温度变化过程中产生较大的温度应力，超出了材料的承受能力。此外，夏季高温时段水分蒸发过快，基层养护不及时，导致干缩裂缝的出现。

5.3 防治措施实施

5.3.1 原材料把控

重新精确测定水泥的最佳用量，严格按照标准控制水泥添加量，避免因水泥过量导致基层收缩性过大。对集料供应

商进行严格筛选，加强对每一批次集料的检验，确保集料级配符合设计要求。对于粗集料含量过高的批次，进行二次筛分或与合格集料按比例混合调配，以保证混合料的均匀性与密实性，降低裂缝产生风险。

5.3.2 优化施工工艺

在拌和环节，选用先进的拌和设备，并定期对设备进行维护与校准，确保拌和过程均匀稳定。延长拌和时间，保证水泥与集料充分融合，使基层强度分布更加均匀。摊铺过程中，根据路面宽度和厚度合理调整摊铺机参数，保持摊铺机速度恒定，避免速度忽快忽慢造成局部离析。同时，安排专人对摊铺后的混合料进行检查，及时处理离析部位。在压实环节，配备足够数量且型号匹配的压实设备，严格按照规定的压实工艺和遍数进行操作。加强对压实度的实时检测，对压实度不足的区域及时进行补压，确保基层压实度全部达到设计要求。

5.3.3 强化环境应对措施

考虑到该地区昼夜温差大的特点，在水稳基层施工时，选择合适的施工时间段，尽量避开温度变化剧烈的时段。在基层表面铺设保温材料，如土工布等，减少温度应力对基层的影响。针对夏季高温时段水分蒸发过快的问题，制定详细的养护计划。在基层施工完成后，及时覆盖塑料薄膜或洒水车进行保湿养护，保持基层表面湿润，防止干缩裂缝的出现。养护时间严格按照规范要求执行，确保基层强度充分发展。

6 结语

通过对本高速公路项目水稳基层裂缝问题的分析与防治实践，积累了宝贵的经验。首先，在原材料控制上，严格把关是确保基层质量的基础，任何细微的原材料偏差都可能对最终质量产生重大影响。其次，施工工艺的精准控制至关重要，每个环节都紧密相连，任何一个环节的疏忽都可能引发质量问题。再者，充分考虑环境因素并提前制定应对策略，能有效降低环境对施工质量的不利影响。

在未来的公路建设项目中，应进一步加强对原材料质量的研究和管控，不断优化施工工艺，引入更先进的施工设备和技术。同时，要更加深入地研究不同环境条件下的施工特点，制定更加完善的预防措施，为公路工程的高质量建设提供坚实保障，推动我国公路建设事业朝着更加安全、稳定、高效的方向发展。

参考文献：

- [1] 刘峰峰. 公路施工中水稳基层裂缝防治技术[J]. 四川建材, 2023(10): 132-133+136.
- [2] 郑立瑞. 公路施工中水稳基层裂缝防治技术要点[J]. 黑龙江交通科技, 2023(07): 39-41.

作者简介：

农承峰(1998.12-), 男, 壮, 广西崇左人, 学历: 本科, 职称: 助教, 研究方向: 工程技术管理。