

水稳基层沥青路面开裂病害与预防对策

李朝福

(四川省交通建设集团有限责任公司, 四川 成都 610000)

摘要 为了详细分析水泥稳定碎石基层沥青路面开裂的原因及其预防措施, 本文首先探讨了裂缝类型及形成机理, 并在此基础上分析沥青路面开裂的原因, 包括材料质量、设计标准、施工技术和环境因素等多个方面, 最后提出了优化材料配比、改进施工管理和加强养护等具体的预防对策, 以期提升路面结构的稳定性、有效延长其使用寿命提供借鉴。

关键词 水稳基层; 沥青路面; 开裂病害; 反射裂缝; 疲劳裂缝

中图分类号: U416

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)08-0097-03

水稳基层沥青路面作为现代道路交通的重要组成部分, 其质量和稳定性直接影响道路的使用寿命和行车安全。然而, 在实际使用过程中, 水稳基层沥青路面开裂病害频繁发生, 成为道路维护和管理的一大难题。开裂病害的成因复杂, 涉及材料性能、设计施工、环境条件等多方面因素。由于这些因素的综合作用, 水稳基层沥青路面的裂缝问题不仅限于表层, 而且往往波及更深的结构层, 从而导致更为严重的结构性损害。因此, 深入研究水稳基层沥青路面开裂的成因以及预防对策, 对于提高路面设计和施工质量、延长道路使用寿命具有现实意义。

1 水泥稳定碎石基层沥青路面裂缝类型及形成机理

1.1 反射裂缝

反射裂缝是由下层旧路面(如旧沥青层或水泥混凝土层)的裂缝通过新铺设的水泥稳定碎石基层向上反射形成的。该类型的裂缝通常与旧路面的裂缝位置一致, 呈直线形状, 沿旧裂缝的方向延伸。在进行路面重建或加铺层时, 如果未采取有效的隔离措施, 新路面很容易在旧裂缝的位置出现裂缝。

1.2 疲劳裂缝

疲劳裂缝一般呈现出网状分布, 是由交通荷载反复作用导致的。裂缝起初表现为细小的裂纹, 随着荷载作用的持续和裂纹的扩展, 最终形成较大的裂缝网络。在水泥稳定碎石基层中, 由于材料的刚性较大, 当受到反复的交通压缩时, 材料内部的张力超过其抗拉强度, 最终导致裂缝的产生^[1]。

1.3 温度裂缝

温度裂缝是由于材料受温度变化影响, 产生热胀冷缩效应而形成的裂缝。在冷环境下, 路面材料收缩, 拉力增大, 当拉力超过材料的抗拉强度时, 就会形成

裂缝。裂缝通常呈横向或随机方向出现, 长度和宽度不一, 深度可以达到基层或更深。

1.4 块状裂缝

块状裂缝指裂缝将路面分割成较大的块状区域, 裂缝的出现与路基的不均匀沉降或基层材料不均匀性有关。该裂缝的特点是裂缝间的距离较大, 裂缝边缘常常伴随有较明显的沉降或上升。

1.5 纵向裂缝

纵向裂缝沿路面的车行道边缘或车道中心线出现, 其形成与交通荷载边缘效应有直接关系。在道路边缘, 由于路面宽度的限制和荷载的集中, 易造成材料的拉伸应力集中, 进而形成裂缝。

2 水稳基层沥青路面开裂的原因

2.1 材料因素

材料质量在水稳基层沥青路面的耐久性中起着决定性作用。不当的材料选择会直接影响路面的结构完整性和功能寿命。低质量的沥青和稳定材料, 如水泥或石灰, 常常导致黏合力不足, 不能有效地结合骨料, 从而减少路面的抗拉和抗压能力。当沥青中的黏结剂含量过低或品质不符合标准时, 路面更易出现疲劳裂纹。沥青混合料中的黏结剂与骨料的质量比例不合理或者骨料级配不当, 会导致路面的非均匀受力, 加速裂缝的形成^[2]。

2.2 设计因素

路面设计中的排水不良和不合理的结构厚度是导致开裂的主要设计缺陷。排水设计不足会导致路基和基层长时间暴露于湿润条件下, 增加材料的水分含量, 进而影响材料的强度和稳定性。排水不良造成的积水在温度变化下引起冻融循环, 这会破坏路面的结构完整性, 引发裂缝。如果路面设计的厚度不足以承受实

际交通荷载，路面会过早出现疲劳裂纹。设计中未考虑地区实际温度范围和交通荷载特性，会使得路面无法适应实际工作环境，加速裂缝的发展。

2.3 施工因素

在混合过程中，如果沥青混合料的温度控制过高，沥青会过度软化，导致混合物在初期就出现性能下降，从而在后续的使用中容易出现裂缝。相反，混合温度过低，沥青和骨料的结合不充分，导致混合物的黏结力降低，增加路面开裂的风险。

2.4 环境因素

温度的波动导致沥青路面材料经历周期性的膨胀和收缩。在寒冷的环境下，沥青混合料收缩，产生拉应力，当这种应力超过材料的抗拉强度时，就会在路面上形成裂缝。反之，在高温下，材料膨胀，如果膨胀受到限制（如路面边缘固定），同样会产生裂缝。水稳基层在潮湿环境中或遭受水的长期侵蚀后，其结构稳定性会受到影响。水分渗透到基层中，降低了沥青和骨料之间的黏结力，增加了材料受到水解和冻融循环影响的可能性。

3 水稳基层沥青路面开裂的预防对策

3.1 优化材料选择与配比，提升基层稳定性

在水稳基层沥青路面的构建中，选择最优材料是核心，其直接关系到路面的稳定性和寿命，其材料要求与生产管理如图1所示。具体来说，材料需要有足够的抗压强度来承受上层沥青和交通荷载带来的压力，同时保持足够的柔韧性以适应温度和湿度变化。水泥稳定碎石具有高抗压强度，一般可达到4.5 MPa或更高，有助于支撑重载交通的压力，并且添加一定比例的灰石或回收材料可以提高材料的柔韧性，减少因环境变化引起的脆性裂缝。材料的环境适应性也要考虑在内^[3]。在寒冷地区，材料应具备良好的抗冻性能，避免由于冻融循环导致的材料破碎和裂纹发展。使用经过特殊

处理的抗冻材料，可以有效地减少水分渗透和冰晶形成，从而降低冻融循环对基层的破坏。

在水泥稳定碎石的配比中，水泥含量的选择对最终的路面性能有显著影响。标准配比中，水泥的添加量一般为干骨料重量的3%至5%。该比例能确保混合物具有足够的黏结力，同时避免因水泥含量过高而导致混合物过硬，增加裂缝的风险。理想的水泥水比一般控制在0.4至0.6之间。如果水泥水比过低，虽可以提高混合物的早期强度，但会因为水泥浆体黏度高而影响混合物的均匀性和流动性；如果水泥水比过高，混合物会更加易于施工，但过多的水分会在水泥水化过程中产生更多的孔隙，降低混合物的密实度和最终的承载能力。因此，选择合理的配比必须通过实验确定特定项目的最佳水泥水比，具体包括实验室测试和原位试验，以评估不同水泥水比对混合物性能的影响。实验中，通过调整水泥水比，并观察其对压缩强度、弯曲强度和抗裂性能的影响，可以确定最适合当地环境和交通条件的配比。

3.2 控制施工水分与压实度，确保结构完整

正确的水分控制和均匀压实可以显著提高路面的耐用性和承载能力，减少因结构不稳定而引起的开裂问题。一方面，理想的水分含量应该使得混合物达到最佳的压实效果。要确定水稳基层材料的最优水含量（OMC），实验通常采用普洛克托试验。此试验是通过测量不同水分含量下材料的干密度来识别达到最大干密度所需的水分含量。首先，准备若干样本，每个样本含有不同的水分含量，从干燥开始，逐渐增加水分，范围可能从3%至7%。每个样本均被放入普洛克托模具中，并用重锤在固定高度30 cm落下固定次数（通常是25次），以确保压实。然后，测量每个样本的干密度，并绘制水分含量与干密度的关系图。最大干密度出现的水分含量点即为OMC。在后续施工过程中，控制在此范围内的水分含量可以确保材料在压实时能够达到其最

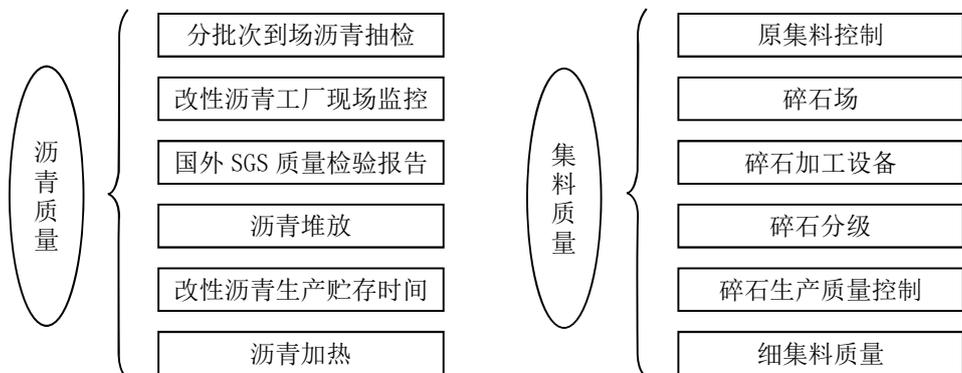


图1 材料要求与生产管理

大的干密度,提供足够的结构强度以抵抗裂纹形成^[4]。其次,不均匀的压实会导致路面存在强度不一的区域,这些弱点在受到车辆载荷的作用下易形成裂缝。在施工过程中,应使用合适的压实设备,如振动压路机或钢轮压路机,根据材料类型和厚度调整压实次数。一般而言,压实度应达到设计要求的 95% 以上,这样可以确保基层具有足够的承载能力和耐久性。在压实结束后,压实度的测定通过原位密度测试,如沙锥测试或核密度测试,以实时监测压实效果。

3.3 应用先进施工技术,减少应力集中

3.3.1 使用高效的混合设备

高效混合设备能够在保持恒定温度的条件下快速混合沥青和骨料,确保混合物的均匀涂覆和黏结。比如采用双桨叶强制式混合机可以在较短的时间内完成混合,避免沥青因长时间加热而老化,维持其优良的黏结特性,同时该设备能够减少空气的掺入,从而减少混合物中可能形成的空隙,提高其密实度和结构强度。良好的混合质量是实现高密度和均匀压实的基础,能有效减少后期路面因不均匀密实而产生的应力集中。

3.3.2 采用分层铺设技术

分层铺设技术是减少水稳基层沥青路面应力集中的有效方法。通过将路面分为多层铺设,每一层都可以独立进行优化和压实,从而保证整个路面结构的均匀性和连续性。在实际操作中,通常将基层分为若干层,每层厚度控制在 10 至 15 厘米,依次铺设并压实,其可以保证每一层的材料都达到最佳的压实度,避免了因压实不足或不均匀而导致的应力集中。每层的压实都应达到设计要求的 95% 以上的压实度,以确保路面的承载力和延展性,有效避免由于材料层间的不连续性导致的裂缝^[5]。

3.3.3 温度控制技术

通过控制铺设和压实过程中的沥青温度,可以有效减少由温度变化引起的应力,特别是在温差较大的地区。使用红外温度监测系统等技术可以实时监控沥青混合物的温度,确保其在推荐的温度范围内铺设和压实。例如,沥青混合物的铺设温度应保持在 140℃ 至 160℃ 之间,以确保良好的流动性和压实性。压实完成后,需要维持适当的温度以防止快速冷却,快速冷却可能导致材料收缩不均,增加裂缝发生的风险。

3.4 加强养护管理,延长路面寿命

首先,合理安排养护时间与方法。路面养护的时间安排应根据路面的使用情况和气候条件进行优化。理想情况下,养护在路面使用初期和气候变化剧烈之前进行,以预防因温度波动或降水引起的损害。例如,

沥青路面的封层作业最好在春末或初夏进行,此时气温适中,有助于封层材料的快速固化和均匀覆盖。养护方法包括清洁路面、填补裂缝、覆盖保护层等,旨在保护路面不受水分侵入和化学腐蚀,同时减少交通荷载带来的磨损。

其次,定期的路面巡查是及时发现并解决问题的关键。巡查的频率应根据路面的实际使用情况和交通量来决定。一般建议至少每季度进行一次全面巡查,特别是在恶劣气候之后,如大雨或冰雪天气。巡查中应详细记录裂缝的长度、宽度和发展速度,及时对出现的问题进行分类和评估。根据巡查结果,维护团队采取相应措施,如裂缝填充、局部重铺或加强基层的处理。

最后,使用高质量的密封材料是防止水稳基层沥青路面开裂和延长路面使用寿命的有效手段。密封材料要具有良好的粘附性、弹性和耐候性,能够适应路面在不同温度下的伸缩,同时阻止水分和污染物渗入路面结构内部。高质量的密封材料如聚合物改性沥青、硅胶或特种合成材料,其性能在防水和适应温度变化方面都优于普通沥青材料。例如,聚合物改性沥青的使用可以有效减少路面在温度变化下的应力集中,提高路面的整体弹性和密封效果。

4 结束语

水稳基层沥青路面的开裂问题是多因素共同作用的结果,其中包括材料选择、设计方案、施工技术以及环境条件等。通过深入理解各种裂缝类型的形成机理,我们可以更有效地采取针对性的预防措施。在实际操作中,选择合适的材料、精确控制施工过程、运用先进技术和强化路面养护是保障路面性能的关键措施。未来研究应继续探索更为高效的材料和技术,以应对日益复杂的交通和环境挑战,从而提高道路工程的质量和确保交通安全。

参考文献:

- [1] 周尚来. 水稳基层沥青路面开裂病害与预防措施研究[J]. 工程建设与设计, 2024(06):149-151.
- [2] 刘旭陶. 水稳基层沥青路面开裂病害与预防对策研究[J]. 住宅与房地产, 2024(04):254-256.
- [3] 时海霞. 浅谈水稳基层沥青路面开裂病害与预防措施[J]. 技术与市场, 2020,27(02):114-115.
- [4] 吴育城. 论市政道路沥青路面施工技术控制要点及通病防治[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024(15):148-150.
- [5] 何桦清. 高速公路路面常见病害成因及养护治理技术[J]. 运输经理世界, 2024(05):148-150.