

公路路面裂缝养护措施与施工技术研究

李 宁¹ 王胜强²

1. 陕西省安康公路管理局应急抢险中心 陕西安康 725000

2. 安康市交通建设投资集团有限公司 陕西安康 725000

【摘 要】随着公路运输在社会经济发展中扮演着越来越重要的角色，公路路面的养护工作也愈发受到重视，本文系统地分析了公路路面裂缝的成因，并探讨了养护的重要性及施工技术的关键点。在概括了养护公路路面裂缝的重要性后，深入剖析了造成路面裂缝的多种因素，包括材料老化、环境侵蚀和重载交通等。针对不同类型的裂缝，提出了相应的养护策略和施工技术，如高弹性改性沥青的应用、快硬早强修补材料的使用以及冷补法和热再生法等施工工艺。研究旨在通过有效的养护措施与施工技术，提升公路养护效率，确保道路安全畅通，并期望对公路养护领域的未来发展起到推动作用。

【关键词】公路养护；路面裂缝；施工技术；裂缝原因

引言：

公路作为国家基础设施的重要组成部分，其完好状态直接关系到交通运输的效率与安全，然而由于各种内外因素的影响，公路路面裂缝问题普遍存在，对公路的正常使用和寿命造成严重影响。因此，研究公路路面裂缝的养护措施与施工技术，不仅有助于提高公路的服务质量和经济效益，还具有重要的社会价值和科学意义。

一、养护公路路面裂缝的意义

（一）公路资产保护

公路是国家重要的基础设施和宝贵资产，对其进行妥善养护具有重要意义。路面裂缝是公路损坏的常见形式之一，若不及时处理，将导致路面结构进一步劣化，缩短公路使用寿命，通过及时有效的裂缝养护，可以显著减少后期维修成本，延长公路服务年限。养护措施能够阻止裂缝进一步扩展，防止水分渗入路基，避免冻融循环对路面造成更大破坏^[1]。同时，及时修复裂缝还能维持路面平整度，减少车辆行驶时的颠簸，降低车辆损耗，从长远来看，合理的养护策略可以保持公路良好状态，减少大规模翻修的频率，节约大量公共资金。此外，完善的养护体系能够提高公路设施的使用效率，充分发挥其社会效益，为经济发展提供可靠的交通保障，因此，重视公路裂缝养护，采取科学的养护措施，对于保护国家公路资产、提高投资回报率具有重要作用。

（二）交通安全提升

公路路面裂缝不仅影响行车舒适度，更是潜在的交通安

全隐患，通过及时养护裂缝，可以有效防止车辆因裂缝引发事故，提高行车安全性，路面裂缝会导致轮胎与路面接触不均匀，特别是在高速行驶时，容易造成车辆失控。此外，裂缝中积水会增加车辆打滑风险，尤其在雨雪天气更为危险。通过填补裂缝，可以恢复路面平整度，确保车轮与路面的良好接触，提高轮胎附着力和制动效果。同时，平整的路面能够减少车辆颠簸，降低驾驶员疲劳程度，间接提高行车安全性。对于摩托车和自行车等两轮车辆而言，路面裂缝的危险性更大，及时修复可以显著降低其侧滑和摔倒风险。此外，良好的路面状况有助于提高道路标线的清晰度和反光效果，增强夜间行车安全，总体而言，通过有效的裂缝养护，可以全面提升道路安全水平，减少交通事故发生率，保障人民群众生命财产安全。

（三）经济效益分析

从经济角度来看，及时养护公路路面裂缝具有显著的长期效益。首先，通过预防性养护，可以大幅降低长期维护费用，相比于等待路面严重损坏后进行大规模修复，及时处理裂缝的成本要低得多。据研究表明，每投入1元用于预防性养护，可以节省4元~5元的后期修复费用。其次，良好的路况可以降低车辆运营成本，包括减少燃料消耗、延长车辆使用寿命等，间接为社会创造经济效益。此外，优质的公路网络是促进区域经济发展的重要基础，通过保持公路良好状态，可以提高货物运输效率，降低物流成本，增强区域竞争力。良好的交通条件还有利于吸引投资，促进旅游业发展，带动相关产业繁荣^[2]。从就业角度来看，公

路养护工作本身也能创造大量就业机会,尤其是在农村地区。另一方面,减少交通事故也能避免巨大的经济损失和社会成本,综合来看,虽然裂缝养护需要一定投入,但其产生的长期经济效益远超支出,是一项具有高投资回报率的工作。

二、造成公路路面裂缝的原因分析

(一) 材料因素

公路路面裂缝的产生与所使用的材料性质密切相关,沥青路面中,沥青老化是导致裂缝的主要原因之一。随着时间推移,沥青中的轻质油分逐渐挥发,导致沥青变硬、变脆,失去原有的弹性和粘结性,这种老化过程使路面面对温度变化和荷载作用的适应能力下降,容易产生裂缝。此外,沥青与骨料之间的粘接强度不足也会导致裂缝形成,对于水泥混凝土路面,收缩是引起裂缝的主要原因,混凝土在凝结硬化过程中会发生体积收缩,如果没有合理设置缩缝或养护不当,就容易产生收缩裂缝,同时,混凝土的抗拉强度较低,在受到弯曲应力作用时容易开裂。材料配比不当也是导致裂缝的重要因素,例如水灰比过高会增加混凝土的收缩率和渗透性,从而增加开裂风险。此外,骨料的质量和级配也会影响路面的抗裂性能,劣质骨料或级配不合理会降低路面的整体强度和耐久性,增加裂缝产生的可能性,因此,在公路建设和养护过程中,应充分考虑材料因素,选用高质量材料,优化配比设计,采取合理的施工工艺,以提高路面的抗裂性能。

(二) 环境因素

环境因素是导致公路路面裂缝的另一个重要原因。温度变化对路面结构有显著影响,在昼夜温差大的地区,路面频繁经历热胀冷缩,容易产生温度应力,引发裂缝。特别是在寒冷地区,冬季路面温度骤降,收缩应力增大,极易造成横向裂缝。此外,温度骤变还可能导致路面结构各层之间产生剪切应力,引发反射裂缝。水的侵蚀作用也是造成路面裂缝的重要环境因素,雨水渗入路面后,会冲刷路基材料,导致路基承载力下降,引发路面沉陷和裂缝。在寒冷地区,路面内部水分反复冻融,会造成路面结构疏松,加速裂缝发展,同时,地下水位变化也会影响路基稳定性,间接导致路面开裂。空气中的氧气和紫外线会加速沥青老化,降低路面的抗裂能力。在干旱地区,土壤含水量变化会引起路基体积变化,进而导致路面开裂。此外,环境污染物如酸雨、化学物质等也会对路面材料产生不利

影响,降低其耐久性,因此,在公路设计和养护过程中,必须充分考虑当地的气候特征和环境条件,采取相应的防护措施,如改善排水系统、选用耐候性材料等,以提高路面的抗裂性能和使用寿命。

(三) 荷载影响

交通荷载是导致公路路面裂缝的直接原因之一。随着经济发展,公路上重车通行频率不断增加,给路面结构带来巨大压力。过重的轴载会导致路面材料疲劳损伤累积,最终形成裂缝,特别是在车辆制动、加速或转弯时,会对路面产生附加的剪切力和水平力,加速裂缝的形成和扩展,交通流量的增加不仅意味着荷载次数的增加,还会导致路面承受反复循环应力,加速疲劳破坏进程。此外,车辆超载现象严重也是加速路面破坏的重要因素。超载车辆对路面的破坏作用呈几何级数增长,大幅缩短了路面的使用寿命。车辆荷载作用下,路面各结构层之间可能产生应力集中,引发层间脱黏反射裂缝,对于桥头跳车等特殊路段,由于荷载冲击作用更为明显,更容易出现裂缝。交通荷载还会与温度应力、水损害等因素相互作用,进一步加剧路面破坏。因此,在公路设计和养护中,应充分考虑交通荷载特征,合理选择路面结构类型和厚度,采用高性能材料,并加强超载治理,以提高路面的承载能力和使用寿命。

三、公路路面裂缝具体的养护措施与施工技术

(一) 裂缝分类与评估

科学的裂缝分类与评估是制定有效养护方案的基础,根据裂缝的深度,可将其分为表面裂缝和深层裂缝。表面裂缝主要指发生在路面表层的裂缝,一般深度不超过5厘米,这类裂缝多由温度应力、材料收缩等因素引起,如果及时处理,可以有效防止其进一步发展^[3]。表面裂缝的处理方法相对简单,通常采用灌缝或封层等技术。深层裂缝则指延伸至路面结构内部的裂缝,往往与路基沉降、结构承载力不足等问题有关,处理难度较大,可能需要采取局部挖补或结构加固等措施。裂缝评估需要考虑多个因素,包括裂缝宽度、深度、长度、分布密度以及发展趋势等,评估过程中可采用目视检查、超声波探测、钻芯取样等方法,全面了解裂缝特征。对于网状裂缝、块状裂缝等复杂情况,需要进行更详细的病害机理分析,裂缝评估结果应当包括裂缝类型、严重程度、影响范围等信息,为后续养护决策提供依据。在实际工作中,应建立完善的裂缝检测

与评估体系,定期开展路况调查,及时发现和记录裂缝信息,利用现代信息技术,如无人机航拍、车载激光扫描等,可以提高检测效率和精度。通过建立裂缝数据库,分析裂缝发展规律,预测未来趋势,为制定科学的养护策略提供支持。

(二) 养护材料选择

选择适当的养护材料对于提高裂缝修复效果至关重要。针对不同类型和程度的裂缝,应选用相应的材料。对于沥青路面裂缝,高弹性改性沥青是常用的修复材料,这种材料具有良好的粘结性和延展性,能够适应路面的变形,有效防止裂缝再次开裂。改性沥青通常添加了聚合物或橡胶粉等改性剂,提高了其低温抗裂性和高温稳定性。在选择改性沥青时,应考虑当地气候条件和交通荷载特征,确保其性能满足使用要求。对于混凝土路面裂缝,快硬早强修补材料是理想选择,这类材料具有凝结时间短、强度发展快的特点,可以迅速恢复路面强度,缩短交通管制时间。常用的快硬材料包括硫铝酸盐水泥,在使用这些材料时,需要注意其与原路面的匹配性,确保良好的黏结强度和耐久性。此外,还有一些新型材料正在不断研发和应用,如纳米材料、自修复材料等,这些材料具有独特的性能优势,如超高强度、自愈合能力等,可以显著提高修复效果和路面使用寿命。在选择养护材料时,还需考虑其环保性、施工便利性和经济性等因素。应优先选用环境友好、可循环利用的材料,减少对生态环境的影响,同时,材料的储存、运输和施工要求也是选择时的重要考虑因素。

(三) 施工工艺优化

施工工艺的优化对于保证裂缝修复质量具有重要意义。常用的修复工艺主要包括冷补法和热再生法,冷补法适用于较小的裂缝修复,操作简单,对气温要求不高。具体步骤包括清理裂缝、填充修补材料、压实等^[4]。在清理过程中,应彻底清除裂缝内的杂质和水分,必要时使用高压气泵吹扫。填充材料时应注意控制填充量,避免溢出或填充不足,压实过程要均匀用力,确保修补材料与原路面紧密结合。热再生法主要用于沥青路面的裂缝修复,特别是对于较大面积的裂缝区域,这种方法通过加热原有路面材料,使其软化后与新添加的材料充分混合,然后重新压实成型。热再生法的优点是可以充分利用原有材料,减少废弃物产生,同时能够恢复路面的整体性能,在施工过程中,需要严格控制加热温度,避免过热导致沥青老化加

剧,同时,新旧材料的配比也需要经过精确计算,确保修复后路面性能均衡。无论采用何种工艺,施工质量控制都是关键,应建立完善的质量保证体系,包括材料检验、施工参数监控、成品检测等环节,例如,在灌缝施工中,应控制灌缝材料的温度和流动性,确保其能够充分渗入裂缝。对于较深的裂缝,可采用分层灌注的方法,避免出现气泡或空隙,在修补完成后,应进行路面平整度检测,确保修补区域与周围路面平顺过渡。此外,新技术的应用也为施工工艺优化提供了新的可能,例如,微波加热技术可以实现对裂缝区域的精确加热,提高修复效率和质量,3D打印技术在路面修补中的应用,可以实现快速、精确的材料填充。还有一些自动化设备,如自动灌缝机,可以提高施工效率和一致性。在施工过程中,还需要注意环境保护和安全管理。应采取措施减少扬尘和噪音污染,妥善处理废弃材料,交通组织也是一个重要问题,需要合理安排施工时间和区域,最大限度减少对交通的影响。同时,要做好施工人员的安全防护,特别是在高温、有毒气体等环境下作业时。公路路面裂缝的养护是一项复杂的系统工程,需要从材料、工艺、管理等多个方面进行优化,通过科学的裂缝分类与评估,选择适当的养护材料,采用先进的施工工艺,并辅以严格的质量管理,可以有效提高裂缝修复的效果和效率,同时,应注重预防性养护,建立长效管理机制,实现路面全生命周期的科学管理。

结束语:

通过对公路路面裂缝养护措施与施工技术的深入研究,本文提出了一系列有效的解决方案,旨在提高公路养护效率,确保道路安全畅通,随着新材料、新技术的不断涌现,公路养护领域将迎来更多的创新与发展。希望通过持续的研究和实践,能够为公路养护工作提供更加科学、高效、环保的解决方案,为国家基础设施建设贡献力量。

参考文献:

- [1]王延东.浅谈高速公路路面裂缝的养护措施与施工技术[J].中国科技期刊数据库 工业A, 2022(7): 4.
- [2]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.
- [3]赵亚君.公路路面裂缝养护措施与施工技术研究[J].工程建设与设计, 2023(13): 244-246.
- [4]卞宇翔.高速公路路面裂缝的养护措施与施工技术[J].运输经理世界, 2023(14): 151-153.