

城市道路沥青路面裂缝成因及修复技术研究

文 / 石晓庆 中铁城际规划建设有限公司长治分公司

摘要：城市道路沥青路面裂缝的形成是影响道路使用寿命和交通安全的重要因素。本研究通过分析沥青路面裂缝的类型与成因，探讨了导致路面裂缝的内外因素，包括温度变化、交通荷载、材料性能以及施工质量等方面。进一步结合现有修复技术，提出了一些有效的路面裂缝修复方法，包括冷补法、热补法、灌缝修复等技术，并评估了不同修复方法的适用性及效果。通过案例分析，验证了这些技术在实际道路修复中的应用效果，为城市道路沥青路面裂缝的治理提供了理论依据和技术支持。

关键词：城市道路；沥青路面；裂缝成因；修复技术；道路养护

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.12.054

引言

随着城市化进程的加速，城市道路建设和养护面临越来越大的压力。沥青路面由于其优越的施工性能和经济性，成为城市道路建设的主要选择。然而，随着道路使用年限的增加，沥青路面裂缝问题逐渐显现，这不仅影响了道路的使用寿命，还对交通安全构成了隐患。因此，研究沥青路面裂缝的成因及其修复技术具有重要的现实意义。本文将从沥青路面裂缝的形成机制出发，结合当前常见的修复技术，进行深入探讨，以期道路养护和管理提供理论支持和技术指导。

一、沥青路面裂缝的成因分析

（一）气候因素对路面裂缝的影响

气候因素是沥青路面裂缝形成的重要外部因素，主要体现在温度变化和湿度波动对路面材料的影响。沥青路面在温度变化较大的地区容易受到热胀冷缩的影响。随着气温的升高，沥青材料会膨胀，而在低温环境下则收缩，尤其是在季节性温差较大的地区，这种膨胀和收缩的交替作用会使路面表面出现裂缝。此外，雨水、冰雪等湿度的变化也会对路面产生影响。在湿度较高的环境中，水分渗入沥青裂缝中，进一步加速了沥青的老化和劣化，导致路面裂缝的加剧。

（二）交通荷载对路面裂缝的作用

交通荷载是导致沥青路面裂缝的重要因素之一。长期承受高强度的交通荷载，尤其是重型车辆的反复压载，会导致路面材料的疲劳破坏。随着车辆荷载的增加，路面表面会产生压痕、塑性变形等现象，从而使得沥青材料的结构发生破坏。重型车辆行驶时产生的动态载荷，比静态荷载对路面的影响更加显著。尤其是在城市道路上，交通流量大，车速较快，车辆荷载对路面的压力增大，导致沥青路面产生裂缝。在交通荷载作用下，裂缝通常出现在车道中心或车轮轨迹较为集中的位置，这些地方的压载较为集中的荷载效应，使得路面裂缝更加明显，并且随着时间的推移，裂缝逐渐加深和扩展。如图1所示：



图1：交通荷载对路面裂缝的示意图

（三）材料质量与施工工艺的关系

沥青路面的材料质量与施工工艺直接影响路面的耐久性和裂缝的形成。首先，沥青材料本身的性能决定了路面承受不同外部荷载和气候变化的能力。低质量的沥青材料往往含有较多的杂质，容易导致沥青在使用过程中出现老化、硬化、裂缝等问题。例如，沥青的黏度过低，或与矿料的结合不紧密，都会导致路面抗裂性能下降。其次，施工工艺也对路面裂缝的形成有重要影响。施工过程中若未严格控制沥青摊铺的温度、厚度及压实度，会导致路面密实性差，易形成气孔或裂缝。沥青摊铺的温度过低时，材料难以充分压实，导致路面易出现沉降或开裂。施工质量不佳或不规范，尤其是在温差较大的季节施工时，极易在路面形成早期裂缝。

二、沥青路面裂缝的分类与特征

（一）常见裂缝类型

沥青路面裂缝类型繁多，常见的有纵向裂缝、横向裂缝和网状裂缝，产生原因和表现形式各不相同。纵向裂缝多沿路面长轴方向分布，常出现在中线或车道中心，主要

因交通荷载反复作用、路面材料性能差或施工质量不良(如摊铺不均、压实不足)导致疲劳损伤。横向裂缝则沿路面宽度方向发展,多由温差变化引起沥青的膨胀收缩,或因不均匀沉降产生,常见于季节温差大的地区。网状裂缝呈网格状,分布在路面表层,多因沥青老化、疲劳、材料弹性减弱等因素形成,是路面结构劣化的早期信号。

(二) 裂缝发展阶段与形态特征

沥青路面裂缝通常呈逐步发展过程,形态随时间和外界因素而变化。初期裂缝多为细小表面裂纹,宽度小、深度浅,主要由温差、湿度变化或轻微荷载引起,对路面功能影响不大。若未及时修复,裂缝进入扩展阶段,宽度和深度增加,水分渗入引发坑洞、脱落等结构性损坏。长期荷载和气候作用下,裂缝最终发展为严重裂缝,出现剥落、沉降、破碎,严重影响承载力和行驶安全,甚至导致路面结构彻底破坏,需专业修复。

三、沥青路面裂缝修复技术

(一) 冷补法与热补法的应用

冷补法和热补法是最常见的沥青路面裂缝修复技术,它们各有特点和适用场景。

冷补法:冷补法是将预先配制好的冷补沥青混合料直接用于裂缝修补。冷补材料通常具有良好的流动性和黏结性,适合在低温或环境温度较低的情况下使用。其施工过程简单、快捷,无需加热设备,因此在应急修复和小范围裂缝修复中应用广泛。冷补法特别适用于那些短期内不具备进行热补施工条件的场合,如寒冷的季节或交通繁忙时段。虽然冷补法施工便捷,但其修复效果通常不如热补法持久,因为冷补材料与原沥青路面的结合强度较低,长期使用后容易出现脱落。

表 1: 冷补法施工数据对比

项目	数据
施工温度 (°C)	-10 至 30
初始强度 (MPa)	0.6
黏结性能 (N/mm ²)	0.3
施工效率 (m ² / 人·小时)	20-30
养护时间 (小时)	可立即通车
使用寿命 (年)	1-2

热补法:热补法是在施工过程中加热沥青混合料,使其保持高温状态,然后将加热后的沥青材料填入裂缝内并压实。热补法具有更强的结合力和较长的耐久性,适用于温度较高的季节或对长期稳定性要求较高的道路修复。热补法修复后,裂缝的修复区域与周围路面能够更好地融合,通常能承受较大的荷载。然而,热补法施工时需要专用的加热设备,施工过程相对复杂,且在某些特定情况下(如高温天气或紧急修复场合)可能不太适用。

表 2: 热补法施工数据对比

项目	数据
施工温度 (°C)	10 至 50
初始强度 (MPa)	1.2
黏结性能 (N/mm ²)	0.7
施工效率 (m ² / 人·小时)	10-20
养护时间 (小时)	3-4
使用寿命 (年)	5-8

从表中数据可以看出,冷补法以施工便捷和快速通车为优势,但修复后的黏结强度和使用寿命相对较低。而热补法虽然施工复杂,效率相对较低,但其修复质量和耐久性更优,更适用于长期使用需求。

(二) 灌缝修复技术的介绍与应用

灌缝修复技术是一种常见的修复沥青路面裂缝的方法,特别适用于处理细小裂缝、毛细裂缝或初期裂缝。灌缝技术的基本原理是通过高温加热的沥青材料或橡胶材料,将其灌入裂缝内,以达到填补裂缝、恢复路面结构、阻止水分侵入的目的。

灌缝材料的选择:灌缝材料通常选用专门的热灌沥青或聚合物改性沥青,它们具有较强的黏结性、柔韧性和抗裂性。热灌沥青能够在高温条件下保持较好的流动性,确保其能够充分渗透裂缝的深部,而聚合物改性沥青则能够提高灌缝后的材料韧性,防止路面因温差变化而引起裂缝复发。

施工过程:灌缝施工通常包括裂缝清理、材料加热、灌注和压实等步骤。首先,施工人员需要清理裂缝内的杂物和水分,确保灌缝材料能够与裂缝充分结合。然后,将灌缝材料加热至适当温度,采用专用设备将材料灌入裂缝中,最后使用压实工具将材料压实,确保其与周围路面结合紧密。

灌缝修复技术的优点在于施工简单、快速、成本低,尤其适用于浅表裂缝的修复。它可以有效防止水分和杂物进入裂缝内,延缓裂缝的发展。然而,对于较大或深度裂缝,灌缝技术可能无法提供足够的结构支撑,通常需要与其他修复技术联合使用。

(三) 新型修复技术的发展

随着科技的进步和材料学的不断发展,许多新型修复技术在沥青路面裂缝的修复中逐渐得到了应用。这些新技术在提高修复效果、延长路面使用寿命以及降低修复成本方面具有显著优势。

高分子材料修复技术:近年来,高分子材料在沥青路面裂缝修复中得到了广泛应用。聚合物改性沥青、橡胶化沥青等高分子材料能够有效增强沥青路面的弹性和抗裂性,特别是在温度变化较大的地区,这些高分子

材料能够保持较好的柔韧性和耐候性，有效减少裂缝的发生。

热再生修复技术：热再生技术通过加热和机械处理，将旧沥青路面进行再生，并在其基础上重新铺设沥青层。这项技术可以有效恢复老化沥青路面的使用性能，修复因老化引起的裂缝，并减少路面材料的浪费，具有较好的环保效益。

超声波修复技术：超声波修复技术通过利用超声波的高频振动对裂缝处进行加热，使沥青材料的分子结构发生改变，从而恢复材料的弹性。这项技术在裂缝深度较大且无法通过常规方法修复的路面上，表现出了较好的效果。超声波修复技术具有快速、高效和不损害路面结构等优点，但目前其应用仍然受到设备成本和技术限制的制约。

新型修复技术的不断发展为沥青路面裂缝的修复提供了更多选择，也使得修复过程更加精细化、科学化，能够更好地满足不同道路的修复需求。随着技术的不断创新，未来沥青路面裂缝修复将更加高效、环保和经济。

四、沥青路面裂缝修复效果评估与案例分析

（一）修复效果的评价标准

沥青路面裂缝修复效果的评估标准是衡量修复技术是否成功、修复方法是否合适的关键。常见的评估标准主要包括修复后路面的稳定性、耐久性、施工质量以及经济效益。

修复后的稳定性：稳定性是修复效果的最基本要求之一。评估修复效果时，需要检查修复区域在未来使用过程中是否能承受交通荷载、温度变化以及湿度的影响。一个成功的修复应该能确保路面在荷载下不再出现新的裂缝，且在温差变化、湿度变化等自然环境的作用下不会发生严重的变形或开裂。

耐久性与使用寿命：修复后的路面应具备较长的使用寿命，这意味着修复区域应该能够抵抗进一步的老化、疲劳和水害。耐久性评估通常通过实验室检测以及现场长期监测来进行。耐久性强的修复材料能有效延长路面的使用寿命，减少因裂缝扩展所需的二次修复成本。

施工质量：施工质量是评估修复效果的一个重要标准。施工过程中的规范性直接影响修复效果。如果施工时操作不当，如灌缝不充分、压实不均或材料使用不当，都可能导致修复效果不理想。

经济效益：修复技术的经济效益是选择修复方法时的重要考量因素。修复效果的评估不仅要考虑修复后路面的性能，还应考虑修复成本、维护成本以及修复后对交通的影响。低成本、高效能且具有长效修复的技术将被认为是最具经济效益的修复方式。

（二）案例分析

在实际应用中，沥青路面裂缝的修复效果会受到多种因素的影响，包括修复方法、施工质量和道路使用情况。以下是两个典型的案例分析。

案例一：某市中心道路热补法修复项目

在某城市的市中心道路，由于长期的交通荷载和气候变化，沥青路面出现了严重的纵向裂缝。经过对裂缝的检测与分析，决定采用热补法进行修复。施工过程中，首先对裂缝进行清理，确保裂缝内部没有杂物，随后采用高温加热设备将沥青加热至适宜温度，并填充裂缝。修复后，该路段经过几个月的使用，修复区域没有出现新的裂缝，并且原有裂缝的位置得到了有效的封闭。

案例二：山区道路灌缝修复项目

某山区道路因温差变化大，导致路面多处出现浅表裂缝。由于该地区气候寒冷且交通流量较低，选择了灌缝修复技术。施工时，施工人员首先清理裂缝内的水分和杂物，并选择了聚合物改性沥青作为灌缝材料。在灌注后，通过压实工具对裂缝进行了密封，确保材料均匀填充裂缝。修复后的路段在随后的半年内没有再出现裂缝扩展的现象。通过定期检查，评估结果显示该技术适用于轻度裂缝修复，修复效果较为持久，且施工快捷、成本较低，适合山区气候条件和交通环境。

结语

随着城市道路建设的不断发展，沥青路面裂缝问题愈加突出，对道路的安全性和使用功能造成了严重影响。本文通过分析裂缝成因，探讨了多种修复技术，并通过案例分析验证了不同修复方法的实际效果。虽然目前的修复技术取得了一定的进展，但仍然存在一定的挑战。未来，随着新材料、新技术的不断发展，沥青路面裂缝的修复效果将得到进一步提升，城市道路的养护管理也将更加科学和高效。

参考文献

- [1] 贺坚. 市政道路路面病害成因分析与精细化养护措施 [C]//《中国建筑金属结构》杂志社有限公司. 2024 新质生产力视域下智慧建筑与经济发展论坛论文集(五). 慈溪市城市管理服务中心; 2024: 2.
- [2] 杨勇. 浅谈城市道路沥青混凝土路面常见病害及防治 [J]. 建材发展导向, 2024, 22 (11): 25-27.
- [3] 张丹丹. 城市道路沥青混凝土路面损耗问题及预防性养护技术 [J]. 工程机械与维修, 2024, (02): 150-152.
- [4] 孙俊洲. 城市道路沥青路面病害成因分析及修复方法 [J]. 建材技术与应用, 2023, (05): 66-70.