

沥青路面低温开裂原因分析及材料改进措施

夏章兴

新疆塔建三五九建工有限责任公司，新疆阿拉尔市，843300；

摘要：沥青路面的低温开裂问题是影响道路使用寿命和安全性的主要因素之一，尤其在寒冷地区，低温开裂现象更为严重。低温开裂的原因多种多样，包括沥青混合料本身的性能不足、温度变化过大、施工质量问题等。为了解决这一问题，提出了针对性材料改进措施。研究表明，采用具有高延展性的改性沥青、合理调整配合比、改良施工工艺等措施能显著改善沥青路面在低温下的抗裂性能。先进的材料测试方法为评估低温抗裂性能提供了有力支持。通过这些措施，沥青路面的使用寿命和安全性得到了有效提升。

关键词：沥青路面；低温开裂；改性沥青；抗裂性能；施工工艺

DOI：10.69979/3041-0673.26.01.035

引言

低温开裂是沥青路面在寒冷气候条件下常见的病害之一。随着气候变化的影响日益显著，低温开裂问题愈加严重，影响了道路的平整度和结构强度。低温环境下，沥青材料由于收缩、脆性增大、疲劳破坏等因素容易发生开裂，导致道路损坏加剧。现有的沥青材料在低温环境下的性能较为脆弱，无法有效应对温度急剧变化带来的应力。为了减少低温开裂现象的发生，需要从材料选择、配比调整以及施工工艺方面入手，寻找出有效的解决方案。如何改进沥青材料，提升其低温抗裂性能，已成为道路工程领域的研究重点。

1 低温开裂的主要原因分析及其对沥青路面性能的影响

1.1 低温开裂的物理机制

低温开裂是由于温度降低导致沥青材料的收缩所引起的。在低温环境下，沥青的延展性显著降低，材料变得更加脆弱。随着温度的下降，沥青内部的分子运动减缓，导致其柔韧性和弹性大幅度下降，形成裂缝。这些裂缝通常出现在沥青层的表面，并随着温度继续降低而进一步扩展。低温引起的沥青脆化现象，通常在气温急剧变化或极端寒冷的环境中更为明显。沥青的低温开裂不仅会影响道路表面的平整度，还会影响整个结构的抗压性，进而加速道路的损坏。

1.2 沥青材料的低温性能不足

沥青混合料的低温性能直接决定了其在寒冷地区的使用寿命和抗裂能力。大多数传统沥青材料在低温下的延展性较差，容易发生脆性断裂。沥青的低温抗裂性能与其组分、配合比、以及石料的种类等密切相关。原料质量的差异，特别是沥青基料的选择，对低温性能有

显著影响。低温下，沥青粘结力的降低使得路面承受应力时更加容易发生裂缝。沥青材料中的化学成分、老化程度以及石料颗粒之间的相互作用也会加剧低温下的脆化现象，从而导致沥青表面产生裂缝。

1.3 气候因素与施工工艺的相关性

气候条件对沥青路面的低温开裂有着重要的影响。尤其在寒冷气候区域，昼夜温差较大，温度的骤降会使得沥青面层和基底的温度差异变得显著，从而造成材料的不同程度的膨胀与收缩。当温差超过沥青的温度耐受范围时，就容易引发裂缝。施工过程中，温度控制的缺失也是导致低温开裂的一个重要原因。在低温天气下，沥青摊铺过程中如果未能确保适当的温度控制，或是温度下降过快，都会导致沥青材料的凝固速度过快，缺乏足够的塑性变形能力，进而加速裂缝的形成。

2 改性沥青材料在低温抗裂中的应用分析

2.1 改性沥青的特点及优势

改性沥青材料通过添加不同类型的添加剂或聚合物，使沥青的性能得以大幅提升。改性沥青能够显著提高沥青的低温抗裂性、抗车辙性及抗疲劳性。常见的改性沥青包括聚合物改性沥青（SBS、APP等）和橡胶改性沥青。聚合物的加入能够增强沥青的弹性，提高其在低温条件下的延展性，避免因脆性断裂而导致的开裂现象。橡胶改性沥青则具备更强的粘附力和耐老化性能，特别适合应对极端气候条件下的低温挑战。通过改性沥青的使用，沥青材料的性能得到全面提升，能够有效应对温度骤降带来的裂缝问题。

2.2 常见改性沥青类型的比较

改性沥青种类繁多，不同类型的改性沥青在抗裂性

能和耐久性方面表现各异。SBS 改性沥青具有较高的低温抗裂性能和较强的耐高温性能，适用于温差较大的地区。APP 改性沥青则主要用于高温地区，因其耐高温性能强，能够承受较高的路面温度，避免因高温导致的变形问题。橡胶改性沥青则通过加入废橡胶颗粒，提升了沥青的延展性和抗疲劳性能，尤其适用于对环境污染要求较高的项目。对于寒冷地区，SBS 和橡胶改性沥青能够有效提高路面的抗裂能力，延长使用寿命，并减少因低温开裂导致的修复成本。

2.3 改性沥青的施工技术要求

使用改性沥青材料时，施工技术和工艺要求尤为重要。改性沥青的施工温度需控制在一定范围内，过高或过低的温度都可能影响沥青的性能。施工时，需要确保沥青的温度稳定，避免因摊铺时温度过低导致材料固化过快，从而影响施工质量。摊铺时应注意均匀压实，确保改性沥青与骨料的紧密结合。改性沥青在施工时的温度和摊铺工艺与传统沥青材料有所不同，施工人员需要具备一定的技术经验，并使用专业的设备，确保改性沥青材料在道路中的稳定性和耐久性。

3 低温开裂的影响因素与路面设计优化方法

3.1 路面结构设计对抗裂性能的影响

沥青路面的结构设计对低温开裂的抗力有着显著影响。合理的路面结构设计能够有效分担低温引起的应力集中，减少路面表面发生裂缝的可能性。在设计时，应考虑到不同层次材料的应力分布与温度变化，采用多层结构设计来增加路面整体的弹性和适应性。下层结构的弹性模量和耐久性对防止低温开裂至关重要，底基层的排水性也能够减少水分在路面结构中的滞留，从而避免因水分冻结引发的膨胀破坏。设计时还要考虑到当地的气候条件和路面承载能力，选择合适的设计方法和材料搭配。

3.2 合理配合比在低温环境下的表现

沥青混合料的配合比是影响路面低温性能的关键因素。合理的骨料和沥青配比可以有效提高路面的韧性和抗裂性，特别是在低温环境下。沥青的黏度、软化点以及石料的粒径、形状等物理特性，都直接决定了混合料在低温下的表现。例如，高黏度和高弹性的沥青在低温下具有较好的延展性，能够有效抵抗由于温度急剧变化引发的收缩和脆化现象。石料的粒径和形状也起着重要作用，合理的石料配比能够确保混合料的密实度，减少水分和空气的滞留，防止由于水分冻结引发的膨胀破坏。特别是在寒冷地区，适当增加沥青的用量并减少骨

料的空隙率，可以有效增强沥青混合料的抗裂性和抗冻性，延长路面的使用寿命，减少低温开裂现象的发生。

3.3 不同路段的抗裂设计差异分析

不同路段的路面设计应根据实际情况进行差异化设计，以确保道路在不同使用条件下的耐久性和抗裂性。对于交通量较大的主干道，路面设计要求更加严格，应采用更高强度和更抗裂的设计标准。选择合适的改性沥青和高质量的骨料种类，能够增强路面对低温和重载的适应能力，提高其抗裂性能，延长使用寿命。相对而言，对于支路或乡村道路，设计标准可以适当降低，选择适应性较强、性价比高的材料，以满足经济性和实用性的平衡。无论是主干道还是支路，路面养护的设计都同样至关重要。定期的道路检查、及时修复裂缝和改善老化材料，能够有效预防低温开裂现象，确保道路的安全性和稳定性。

4 低温环境下施工工艺优化对沥青路面抗裂性能的提升

4.1 施工质量对低温抗裂性能的影响

沥青路面的施工质量对低温抗裂性能有着直接的影响。在低温环境下施工时，沥青的温度控制至关重要，过高或过低的加热温度都会导致沥青粘度的变化，从而影响路面的低温适应性。过低的加热温度会使沥青粘度增大，摊铺时难以均匀铺设；而过高的温度则会导致沥青过早挥发，影响其结构的紧密性。摊铺厚度和压实度的控制也是确保低温抗裂性能的关键因素。在施工过程中，摊铺的厚度应均匀且符合设计要求，以保证路面的整体强度和抗裂性。特别是在低温条件下，沥青摊铺后应及时进行压实，避免产生过大的空隙，防止冷却后材料的收缩变形。适当的施工工艺调整和加强施工过程中的质量监控，能够有效防止裂缝的发生，确保路面在低温环境下具备较好的耐久性和抗裂性能。

4.2 温度控制和施工时机的选择

温度是沥青施工中不可忽视的关键因素。特别是在低温环境下，施工时沥青的温度控制至关重要，确保沥青维持在合适的加热范围内，避免因温度过低而导致沥青固化过快，无法有效铺设和压实。低温下，沥青的粘结力会显著下降，这将直接影响路面的密实度和耐久性。在低温施工时，必须精准控制摊铺机、加热设备以及其他施工工具的工作温度，确保施工温度保持在合理的区间内。施工时机的选择也是影响低温抗裂的重要因素。应选择气温稳定且温差较小的时段进行施工，以避免昼夜温差过大导致沥青性能的不稳定，甚至发生裂缝。利

用现代温控技术和传感器实时监控沥青的温度变化,能及时调整施工过程中的不当操作,确保施工质量符合标准,降低低温开裂的风险。

4.3 施工现场技术控制要点

施工现场的技术控制对沥青路面的低温抗裂性能至关重要。在低温施工环境下,施工设备的管理和技术支持需要特别重视。摊铺机、压路机等设备必须保持正常工作状态,确保其能够准确、稳定地完成摊铺和压实工作。为此,在施工前,所有相关设备必须进行充分检查,确保其技术参数符合要求。施工现场的技术支持也非常关键。施工团队需要接受专业的技术培训,特别是针对低温施工条件下的特殊要求和技巧,确保操作人员能够熟练掌握设备使用方法和施工要点。低温下沥青施工具有较高的技术要求,施工现场的管理应加强对各环节的监控和协调,确保施工过程中的温度、时间、厚度、压实度等各项指标达到标准,最大程度地减少低温开裂问题的发生。

5 低温开裂问题的未来发展方向与技术前景

5.1 新型材料的研发与应用前景

新型材料的出现为低温开裂的防治带来了更广阔前景。高性能改性沥青材料的使用显著提高了沥青的低温抗裂性,尤其是聚合物改性沥青(如SBS、APP)和橡胶改性沥青。通过对传统沥青材料的改性,增强了沥青的弹性、塑性和耐久性,使其在低温环境下表现出更强的延展性和抗裂能力。纳米材料的应用也成为低温抗裂的新趋势,这些材料通过改变沥青的微观结构,提升了其力学性能和抗冻性。温度响应型聚合物的加入进一步提升了沥青材料对温度变化的适应能力。这些新型材料能够有效应对极端气候变化,延长道路的使用寿命。除了材料本身的优化外,还需要结合智能温控技术和传感监测技术等辅助技术,共同解决低温开裂问题,实现更高效的道路管理与维护。

5.2 智能监测技术在低温开裂检测中的应用

智能监测技术的引入为低温开裂的监控和预防提供了先进的手段。采用传感器、温度计、应变计等设备,可以实时监测沥青路面在低温条件下的应力分布、温度变化以及裂缝扩展情况。这些数据的采集不仅能够为道路的日常养护提供详细的参考,还能及时识别出存在裂缝隐患的路段。无人机和卫星遥感技术的应用,更是为大规模监测提供了高效、快速的解决方案。通过卫星遥感技术,可以实现对整个区域的温度变化与开裂情况进

行全面的分析,为决策提供科学依据。这些技术的结合有助于降低传统人工巡查的误差和成本,提高监测效率,进一步推进智慧城市中道路管理的自动化和精细化水平。智能监测技术的不断完善,为低温开裂的及时检测与预防提供了有力支持。

5.3 未来道路建设中低温抗裂技术的趋势

低温抗裂技术的未来发展将更加注重智能化、绿色化和高效化。在智能化方面,路面施工和养护过程中,智能传感技术和大数据分析的结合将使低温开裂问题的预警和防控更为精确和高效。通过传感器获取实时数据,利用人工智能算法进行分析,能够预测路面在低温环境下的表现,从而实现预防性养护。在绿色化方面,低温抗裂技术将更加注重环保和资源的可持续利用,使用可回收、低能耗的材料和工艺,减少环境污染。施工工艺的优化和新型沥青材料的应用,也将减少能源消耗,提升施工效率。未来,低温抗裂技术的发展将不仅限于材料与技术的创新,更注重综合技术的应用,以保证道路结构的长期稳定性和耐久性,确保道路基础设施的高效运营和可持续发展。

6 结语

本文探讨了沥青路面低温开裂的原因及其改进措施,分析了低温环境下沥青材料的性能变化及其与施工工艺、气候因素的关系。通过对改性沥青材料和施工技术优化的研究,提出了针对低温开裂的有效解决方案。采用高性能改性沥青、优化施工工艺、合理的温度控制以及智能监测技术的应用,能够显著提高沥青路面在低温条件下的抗裂性能。这些措施不仅有助于延长道路的使用寿命,还能降低维修成本,为今后道路建设和养护提供了宝贵的参考和借鉴。

参考文献

- [1] 王浩,张志强.改性沥青在低温抗裂性能中的应用研究[J].沥青与道路工程,2022,38(4):45-51
- [2] 李晓东,陈峰.低温环境下沥青路面施工工艺优化的研究[J].道路与交通,2023,40(2):78-84
- [3] 王颖,刘江波.沥青材料低温抗裂性能的影响因素分析及改性技术[J].建筑材料科学,2021,30(6):112-118
- [4] 周建伟,王昕.智能监控技术在低温开裂监测中的应用探讨[J].公路工程技术,2022,33(1):65-71
- [5] 高涛,赵子涵.低温条件下沥青路面抗裂性能的提高策略[J].现代工程技术,2023,29(3):92-98