

胶粉改性沥青及其混合料研究进展综述

徐锦奎, 冯良鹏, 张 磊

(朝阳安信公路工程有限公司, 辽宁 朝阳 122000)

摘要: 系统综述了胶粉改性沥青的研究进展,旨在总结当前胶粉改性沥青的研究背景、目的、理论基础、研究方法及其在道路工程中的应用进展。通过对相关文献的深入分析,首先介绍了胶粉改性沥青的研究背景及重要性,阐述了其在现代道路工程中的应用价值。随后,总结了胶粉改性沥青的理论基础,并探讨了其研究方法的创新与挑战,包括创新方式和面临的挑战。在方法论探讨部分,对研究方法进行了详细分类,并讨论了现有研究方法的特点、局限性及未来发展方向。最后,总结了当前研究的主要结论,并对胶粉改性沥青的未来研究方向进行了展望,以期为该领域的研究提供参考和启示。

关键词: 胶粉改性沥青;道路工程;研究进展;方法论;未来展望

中图分类号: U414

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)09-0171-03

Review on Research Progress of Rubber Powder Modified Asphalt and Its Mixtures

XU Jinkui, FENG Liangpeng, ZHANG Lei

(Chaoyang Anxin Highway Engineering Co., Ltd., Chaoyang 122000, China)

Abstract: The research progress of rubber powder modified asphalt is systematically reviewed, aiming to summarize the current research background, purpose, theoretical basis, research methods and application progress of rubber powder modified asphalt in road engineering. Through in-depth analysis of relevant literature, firstly, the research background and significance of rubber powder modified asphalt are introduced, and its application value in modern road engineering is elaborated. And then, the theoretical basis of rubber powder modified asphalt is summarized, and the innovation and challenges of its research methods are discussed, including the innovative approaches and the challenges faced. In the methodology discussion section, the research methods are classified in detail, and the characteristics, limitations and future development directions of existing research methods are discussed. Finally, the main conclusions of the current research are summarized and the future research direction of rubber powder modified asphalt is expected in order to provide reference and inspiration for the research in this field.

Keywords: rubber powder modified asphalt; road engineering; research progress; methodology; future outlook

0 引言

在全球范围内,随着城市化进程的加速,交通行业作为城市建设和社会经济发展的重要支柱之一,其可持续发展受到了广泛关注。在这样的背景下,传统的沥青材料因其良好的物理性能和经济效益被广泛应用于道路建设。然而,沥青材料在服役过程中暴露出高温稳定性不佳、高温变形较大及易老化等问题,制约了其路用性能的提升与应用领域的拓展。为有效改善上述缺陷,胶粉改性沥青作为一类新型道路工程材料,已引起国内外科研人员的高度

关注与广泛研究。胶粉改性沥青通过在沥青中引入胶粉(如废旧轮胎胶粉等),以提高沥青的柔韧性、降低成本、改善环境适应性等^[1-2]。

当前,关于胶粉改性沥青的研究主要集中在材料配方优化、改性机理分析、路用性能测试等方面。研究者们通过对不同类型的胶粉进行改性,探索了最佳的添加比例、改性工艺等,以期达到最佳的改性效果。同时,关于胶粉改性沥青的改性机理,也是研究的热点之一,不同的研究方法和理论模型被提出,以揭示胶粉与沥青之间的相互作用机制。此外,沥青路面的性能优化与持久性提升一直是道路工程技术研究的热点。沥青本身具有良好的柔韧性、高弹性和经济性,使其广泛应用于道路建设中。然而,沥青路面面临的挑战,如高温稳定性差、水稳定性差以

收稿日期: 2026-04-14

作者简介: 徐锦奎(1987—),男,本科,工程师,从事公路工程建设工作。

及环境适应性不足等问题,限制了其在极端气候和复杂环境中的应用。因此,如何改善沥青的性能,以提高道路的使用寿命和服务质量,成为了一个亟待解决的问题。胶粉改性沥青作为一种有效的解决方案,通过添加橡胶颗粒或胶粉到沥青中,可在提高沥青的温度稳定性、水稳定性和耐久性的同时保持或改善其原有的工作性能。

本文综述的目的在于系统地回顾胶粉改性沥青的研究进展,包括改性原理、制备方法、性能优化、评价方法及应用前景等方面。通过全面分析现有研究成果,本文旨在系统梳理胶粉改性沥青的科学机理与技术发展现状,为相关领域的后续研究提供理论依据与工程实践参考,同时也为未来的研究方向提供建议。通过对胶粉改性沥青的深入探讨,本文希望能够为提高沥青路面的耐久性和性能提供科学依据,进而推动道路工程技术的进步和可持续发展。

1 研究主题的理论基础

1.1 核心研究成果总结

本章节旨在汇总和分析关于胶粉改性沥青的关键研究成果,包括其路用性能、不同掺量对性能的影响,以及与其他改性剂的复合改性效果。从曹毅^[3]的研究中我们了解到,高掺量胶粉(45%)能够显著提升沥青的低温性能,但对发育温度敏感。通过添加2%以上的SBS,可以进一步提高改性沥青的性能,当SBS掺量达到2.8%时,改性沥青的性能得到全面提升,尤其是在低温延度和旋转黏度方面表现良好,有利于均匀混合。此外,冯孟桦^[4]运用响应曲面法对接枝活化胶粉的制备工艺进行了优化,并确定了其最优配合比,对提升改性沥青的综合路用性能具有重要参考价值。金涛^[5]的研究则聚焦于将固体废弃物用于路面材料的再生循环,其中胶粉改性沥青的应用促进了资源节约和成本降低。

1.2 方法论的创新与挑战

1.2.1 方法论的创新方式

在对胶粉改性沥青的研究领域进行深入分析的过程中,可以发现研究方法论的创新在提升研究的质量和深度方面起着至关重要的作用。例如,冯蕾等人^[6]在其关于温拌胶粉改性沥青砂浆的研究中,通过小梁三点弯曲试验,在不同的盐环境和冻融循环次数下进行了系统的低温性能分析。这项研究不仅增加了对于温拌剂对改性沥青砂浆性能影响的理解,而且通过实验数据为改性沥青的实际应用提供

了科学依据。

此外,冯孟桦^[4]在对接枝活化胶粉改性沥青性能的研究中,采用了响应曲面法来优化接枝活化胶粉的制备工艺,通过多因素的优化,成功提升了改性沥青的低温性能。这项研究的创新之处在于使用了先进的响应曲面法来解决传统优化方法的局限性,在提高改性沥青性能的同时,也为未来的改性沥青制备提供了新的工艺路径。

李彦等人^[7]在废旧轮胎胶粉改性沥青的资源循环利用项目 CCER 方法学研究中,面对废旧轮胎的处理和资源化利用的难题,他们通过系统的方法学研究,为废旧轮胎的资源化利用提供了新的解决方案。该研究不仅为环境保护与资源循环利用提供了切实可行的技术途径,也为相关领域的可持续发展探索了新的方向。

最后,廖海燕^[8]在胶粉改性沥青的性能评价方法研究中,采用了层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 对胶粉改性沥青的多项性能指标开展了综合评价工作。这种方法的应用为胶粉改性沥青的性能评估提供了一种新的、系统的评价框架,有助于为不同地区的胶粉改性沥青配合比选择提供科学的参考依据。

综上所述,胶粉改性沥青的研究方法在近年来展现出了显著的创新趋势,从传统的实验研究到方法论的深入探讨,不断推动着该领域研究的深入和技术的进步。通过上述各项研究的积累,不仅丰富了胶粉改性沥青的材料性能数据库,也为后续该材料的设计研发与工程应用奠定了坚实的基础。

1.2.2 方法论面临的挑战

本文旨在综述胶粉改性沥青的研究进展,特别是在方法论和技术挑战方面的进展。从高英力^[9]的研究中发现,高掺量胶粉在改性沥青中的应用对其综合性能具有显著影响;通过对不同类型胶粉的系统研究,可有效提升沥青的低温抗裂性能与存储稳定性。然而,高掺量胶粉改性沥青的生产过程存在温度敏感性大的问题,这对生产过程的控制提出了挑战。

韩育刚等^[10]的研究进一步探索了生物油与胶粉的复合改性方法。该方法不仅有效提升了胶粉改性沥青的存储稳定性,还在一定程度上改善了其低温抗裂性能与低温延展性。但是,这种复合改性方法的高温性能相对较低,这可能限制了其在高性能沥青领域的应用。

李中赫^[11]的研究集中在桥面铺装材料与结构设

计上,他的工作强调了基于层间力学特性的设计方法,这对提高胶粉改性沥青的路用性能至关重要。通过优化设计,可以有效提升桥面铺装层的耐久性和安全性。

最后,吕磊等^[12]提出了基于烯烃复分解反应的催化胶粉改性沥青的制备方法。这种方法能够显著降低胶粉改性沥青的黏度,提高其储存稳定性,同时也提升了低温抗裂性能和其他重要的物理性能。

综上所述,胶粉改性沥青的研究已经取得了显著的进展,尤其是在提高材料性能和生产效率方面。然而,该领域的研究仍面临着如何优化生产工艺、提高生产过程中的温度适应性以及如何结合不同改性方法以适应不同应用需求等多方面的挑战。

2 研究主题的方法论探讨

2.1 研究方法的分类

本文将综述关于胶粉改性沥青的研究方法,这些方法包括但不限于响应曲面法、层次分析法、微观机理研究以及性能测试等。响应曲面法被用来优化胶粉改性沥青的生产工艺,如欧阳旻奇等^[13]所使用的方法,以胶粉掺量、胶粉粒径及剪切时间为主要影响变量,通过工艺优化确定了最优生产工艺参数,确保胶粉改性沥青的各项性能指标均符合相关规范要求。此外,层次分析法在胶粉改性沥青的性能评价中也有应用,如在廖海燕^[8]的研究中,该方法被用来评估胶粉改性沥青的施工和易性,通过建立判断矩阵和计算指标权重,对不同性能的需求进行相对重要性的量化。在微观机理方面,薛玉萍^[14]采用红外光谱、扫描电镜及荧光显微镜等测试技术,对不同胶粉掺量的胶粉改性沥青进行了系统分析,明确揭示了其微观结构特征与宏观性能之间的内在关联。甄少华等^[15]的研究则通过性能测试来研究脱硫胶粉改性沥青的特性,包括其热稳定性和高低温性能。综上所述,通过上述各类研究方法的综合应用,研究人员不仅优化了胶粉改性沥青的生产工艺参数、提升了工艺合理性,还深入阐明了其宏观性能与微观结构之间的内在联系,为胶粉改性沥青领域的后续研究与工程应用提供了坚实的科学依据。

2.2 方法论的局限性与未来方向

本文旨在对胶粉改性沥青的研究进展进行全面综述,并对现有相关研究成果开展系统的梳理、归纳与分析。通过回顾多篇国内外相关文献可以发现,目前胶粉改性沥青的研究重点主要集中在改善沥青

的存储稳定性、优化其高低温路用性能,以及提升路面耐久性能等核心方向。从最早的胶粉改性沥青到后来的复合改性技术,再到最近的催化胶粉改性技术,研究方法的发展反映了科学探索的深入和技术的进步。然而,研究尽管取得了一定的进展,现有的研究方法仍存在局限性,如目前高掺量胶粉改性沥青在复杂气候、重载条件下的长期路用性能研究仍不够深入充分,而在催化剂的选型、适配性及使用效果方面,也缺乏系统性的评估与总结。此外,目前的研究多集中在实验室的材料测试,而在实际的道路工程应用中,胶粉改性沥青的性能表现和持久性还需要进一步长期观测和验证。未来的研究方向可能包括:探索更高效的胶粉与沥青的复合改性技术、优化胶粉的添加量和加工工艺,以及加强实际道路工程中的应用研究,以期达到更广泛的商业化应用和更高的性能要求。

3 结论与展望

本文综述了胶粉改性沥青的研究进展,从不同角度分析了胶粉改性沥青的性能及其在不同应用领域的表现。早期的研究集中于通过聚乙烯添加改善胶粉改性沥青的性能。结果表明,聚乙烯的加入可以提高沥青的软化点和降低针入度,但同时会减少延度,这表明聚乙烯的加入对提高高温性能有积极作用,但对低温性能的影响是双刃剑。随后,吕磊等人^[12]的研究提出了一种基于烯烃复分解催化的胶粉改性沥青制备工艺,该方法可有效降低改性沥青的黏度,显著提升其储存稳定性,同时进一步改善沥青的低温抗裂性能与低温延展性,保障其路用可靠性。

综上所述,胶粉改性沥青相关研究已取得阶段性进展,主要体现在改善沥青高温路用性能、降低工程应用成本、提升储存稳定性,以及减轻其在生产与使用过程中对环境的影响等多个方面。现有研究方法为胶粉改性沥青的性能优化提供了支撑,但在实际工程长期验证、多因素耦合影响研究等方面仍须完善。

参考文献:

- [1] 曹东伟,邱文利,张明明,等.高掺量胶粉改性沥青及其长寿命路面结构应用研究[J].公路交通科技,2023(增刊2):1-9;36.
- [2] 曹东伟,张明明,王国清,等.高掺量胶粉改性沥青及永久路面介绍[C]//2024世界交通运输大会(WTC2024)论文集(公路工程),北京:人民交通出版社股份有限公司,2024.
- [3] 曹毅.SBS对高掺量胶粉改性沥青路用性能的影响[J].黑龙江交通科技,2025(1):34-37.
- [4] 冯孟桦.基于响应曲面的接枝活化胶粉改性沥青性能研究[J].西

(下转第 207 页)