

橡胶改性沥青发展及研究现状

卢业青¹ 李思伦² 张楠³ 王标⁴ 陈江财¹

1. 广西北投交通养护科技集团有限公司 广西南宁 530200

2. 广西壮族自治区交通运输综合行政执法局 广西南宁 530200

3. 宁夏建设职业技术学院 宁夏银川 750000

4. 宁夏交通建设股份有限公司 宁夏银川 750000

摘要: 伴随着中国交通产业的迅猛进步,大量过时的橡胶制品引发了深重的“黑色环境破坏”问题。橡胶改性沥青作为优质的路面铺装材料,被广泛应用于道路工程建设中。一方面,废旧轮胎的有效回收是有益的;而在另一方面,橡胶改性沥青因其出色的高温抗变形、低温抗裂和疲劳性能,有效地提升了沥青路面的路用性能。为进一步推动橡胶改性沥青混合料的发展和运用,掌握发展现状和未来发展需求,本文章系统总结了橡胶改性沥青的制备工艺、性能评价和技术难题。本文回顾国内外橡胶改性沥青发展历程,分析比较橡胶改性沥青现有制备工艺,并总结了目前橡胶改性沥青研究中常用的技术手段,为后期新的评价方法的提出提供参考。

关键词: 橡胶改性沥青; 改性机理; 路用性能; 综述

一、橡胶改性沥青及混合料的制备工艺

1. 干法

制备工艺中的干法是将特定比例的胶粉与石料混合,再加入热沥青中进行一段时间搅拌形成橡胶改性沥青混合物。干法制备工艺可使用颗粒较大的胶粉,尺寸在1.0-6.3mm,用量占集料总质量的1%-5%。使用干法制备工艺可以有效地消耗大量废旧轮胎,制备工艺简单。由于干法工艺的胶粉并没有经历改性,所以胶粉对沥青混合料的改性作用有限^[1-4]。此外,在混合过程中,可能出现混合不均、难以管理集料配比和胶粉体积变化的情况,使得沥青混合物的稳定性受到影响。

2. 湿法

湿法制备工艺中,将胶粉作为改性剂加入基质沥青,通过高速剪切工艺将胶粉打碎、搅拌工艺使胶粉在基质沥青中充分混合。在高速剪切过程中,胶粉被过度粉碎破坏了其弹性,加剧了橡胶粉脱硫降解反应的发生,因此弹性恢复和热稳定性较差。在制作橡胶改性沥青的过程中,通过施加机械力量,可以确保橡胶粉在沥青内部得到充分的分散,并防止其脱硫和裂解。王倩等^[5]研究

人员通过比较不同生产工艺下的橡胶改性沥青的性能,来优化橡胶改性沥青制备工艺的参数。确保橡胶改性沥青的混合温度在180℃至190℃之间,这样不仅能确保橡胶粉末在沥青中的充分散布,也避免了脱硫和降解反应的发生。

在一定温度下,橡胶改性沥青的溶胀反应和脱硫反应是同时进行的,溶胀反应增加沥青与胶粉之间的界面厚度,增强橡胶改性沥青的交联作用,而脱硫反应则对橡胶改性沥青的粘度产生不利的影响。王倩等^[5]人通过实验得出反应时间在90-120min时可以满足胶粉在沥青中充分溶胀,同时又降低脱硫和降解反应的影响。

二、橡胶改性沥青改性机理及高温存储稳定性研究

1. 研究技术

当前改性原理探讨集中在其微观构造方面,通过深入了解这种微观结构可以揭示出橡胶改性沥青改性和路用性能的关系,从而有针对性地调整和改进橡胶改性沥青的制造流程,以此来彻底提升橡胶改性沥青的使用效果。张庆等^[6]研究人员从谱学分析的方法及微观形貌分析角度对橡胶改性沥青的改性机理进行总结,并从微观尺度进一步改善橡胶改性沥青的评价方法。常用谱学分析实验方法有红外光谱分析法、热分析法、凝胶渗透色谱法。常用的微观形貌研究技术有荧光显微镜技术、扫描电子显微镜技术、原子力显微镜技术。

基金项目: 桂科2021AB22145

作者简介: 卢业青(出生年—1976),男,硕士研究生(高级工程师),从事道路养护材料研究。

(1) 谱学分析方法

透射法和衰减全反射法是常用的橡胶改性沥青红外光谱测试方法。透射法通常要求胶粉颗粒尺寸在 $2.5\mu\text{m}$ 以下,采用溴化钾压片制备样品。当胶粉颗粒尺寸在 $2.5\text{--}25\mu\text{m}$ 之间时,会导致中红外光的散射,使光谱的高波段基线抬高,导致波峰位置偏移^[6]。对像橡胶改性沥青这样的黑色的薄膜状样本,红外穿透能力较弱,观察起来较为困难,因此很难取得满意的谱图^[8]。为了克服透射法的局限性,衰减全反射法应运而生。衰减全反射法基于光内反射原理,通过采集几微米深度的红外光谱图,属于表面分析技术。相比传统透射法,衰减全反射法简化了样品制备和处理过程,实现了快速、无损和原位检测^[6]。据研究者 Mouillet 等人所述,橡胶改性沥青拥有各种微型构造,如橡胶颗粒分布在连续的沥青层中,沥青层渗入橡胶颗粒里,甚至是形成了互相连接的连续层。由于这些微型的构造有所区别,所以会影响到红外光谱仪的扫描点,最终造成谱图的不一致。因此,对于非均匀橡胶改性沥青样品,红外光谱在表征整体相态结构时存在一定的限制^[10]。为了解决这个问题, Singh 等研究人员通过 FT-IR 显微镜采集沥青样品的光谱。他们将样品放置在可移动显微镜平台上,通过观察表面结构来确定衰减全反射测试的位置,从而克服了透射法的局限性^[9-17]。

(2) 热分析法

热分析是借助预设的温度流程来探究材料特性和温度之间的关联的一种手段。运用热分析技巧去探讨橡胶改性沥青在各种温度环境下所表现出的物理和化学属性,具备了显著的技术优越性。热分析方法可以定量测定橡胶改性沥青的热稳定性、熔化行为、相变特性和氧化降解过程等热力学参数,从而揭示其在不同温度条件下性能的演变规律。常见的热分析方法包含了如差示扫描量热仪(DSC)、热重分析器(TGA)和热膨胀计(TMA)等等。这些热分析手段为我们深度理解橡胶改性沥青的热特性提供了一个强大的平台,对改善配料方案及提升道路质量有着关键性的影响^[6]。Li 等^[19-27]人通过实验研究将橡胶颗粒分离出来测定在不同制备温度和时间的 DSC 曲线,在高温和长时间的实验条件下,橡胶改性沥青的吸收峰发生明显的改变。徐良等^[8]人通过研究建立 DSC 吸热峰特征值与橡胶改性沥青温度敏感性之间的联系,其研究结论表明吸热峰能量值越小,橡胶改性沥青的温度敏感性越高;吸热峰能量值越高,橡胶改性沥青的温度敏感性越低。

2. 橡胶改性沥青高温存储稳定性研究

在热存储环境中,胶粉粒子容易沉淀至沥青混合料制造商储备罐底层或者沥青运载车辆的沥青储藏器底部。为了改进胶粉对沥青的适应度及均一性,同时提升其耐热保存能力,研究者们通常会使用稳定的化合物或是将其与其余聚合物结合以调整胶粉的比重,使更加贴近基础沥青^[28]。对于长期处于高热状态下的胶粉可能发生的去硫和分解现象,最直接且有效的方法是适当地减低保管时的温度,并且精确地安排和管理从生产到应用之间的间隔时间。

在橡胶改性沥青施工过程中,大量烟气的释放会导致环境的污染。研究人员想通过在橡胶改性沥青及其混合料中添加温拌剂,采用温拌技术解决烟气排放问题。根据研究成果显示,采用温拌剂可以显著减少橡胶改性沥青及其混合材料的生产过程中的温度(最高可达 60°C 的下降),从而减小了有毒气体释放与能量耗费的同时也提升了混合物的制作质量。此外,使用温拌剂并不对橡胶改性沥青的路面应用效果产生负面影响。

结论

(1) 文章概述了橡胶改性沥青研究进展情况,并发现各地区的胶粉和基质沥青在成分和特性上存在差异。为了生产高品质的橡胶改性沥青粘合剂,需要严格规定胶粉材料自身性能标准以及对其质量的监督。

(2) 目前胶粉的掺加工工艺有两种,分别为干拌和湿拌。胶粉对沥青的改性机理可以分为:沥青胶体结构变化、胶粉颗粒体积溶胀和胶粉颗粒脱硫降解三个过程。

(3) 随着橡胶改性沥青及其混合料在工程中的大量应用,关于储存和运输过程中可能出现的分离现象也需要加以重视。长期暴露于高温环境下可能会引发胶粉脱硫或分解反应,进而影响到橡胶改性沥青的效果。

由于沥青与集料之间的黏合性质对沥青混合材料的使用效果及使用期限有着关键影响,所以深入了解这种黏合性的特点有助于解决根本问题。经过大量的资料搜寻,根据当前已有的评估方式进行了全面阐述,各种传统的定性评判手段、更精确的量化评估技术等,并对这些评估工具的优势和劣势、应用场景等方面进行了比较研究,指出其发展的方向和研究焦点。

参考文献

[1] 谢川. 废轮胎胶粉改性沥青现状研究[J]. 中国轮胎

资源综合利用, 2018 (02): 23-28.

[2] 马涛, 陈蕊琳, 张阳, 张伟光. 胶粉应用于沥青改性技术的发展综述[J]. 中国公路学报, 2021, 34 (10): 1-16.

[3] 于晓晓, 杨渭, 路永春, 李晓曦, 王仕峰. 高掺量橡胶沥青的结构与性能[J]. 合成橡胶工业, 2022, 45 (04): 309-313.

[4] 周新星. 高掺量橡胶化生物沥青的相分离机理研究[J]. 公路, 2022, 67 (07): 347-353.

[5] 王倩, 房建宏, 李延梅, 李廷. 橡胶沥青制备工艺探讨[J]. 青海交通科技, 2017 (03): 77-80+83.

[6] 张庆, 侯德华, 史纪村. 橡胶沥青的微观表征方法及其微观特性综述[J]. 材料导报, 2019, 33 (S2): 247-253.

[7] 罗丽梅, 张华, 刘季红, 等. 塑料科技, 2010, 38 (9), 70.

[8] 王国强. 合成橡胶工业, 1994 (3), 177

[9] Singh B Lokesh K, Gupta M, et al. Journal of Applied Polymer Science, 2013, 129(5) 2821.

[10] Mouillet V, Lamontagne J, Durrieu F, et al. Fuel, 2008, 87(7), 1270.

[11] 汪大受. 微生物学通报, 1978, 5 (3), 35.

[12] Wang Y, Feng X. Advanced Materials Research, 2011, 194-196, 844.

[13] 叶智刚, 孔宪明, 余剑英, 等. 橡胶粉改性沥青的研究[J]. 武汉理工大学学报, 2003, 5 (1) 1-14.

[14] Jitendra Singh Yadav, Suresh Kumar Tiwari. Influence of crumb rubber on the geotechnical properties of clayey soil[J]. Environment, Development and Sustainability, 2018, 20: 2565-2586.

[15] 李峰, 黄颂昌, 徐剑, 等. 沥青路面灌缝胶性能评价及技术要求[J]. 交通运输工程学报, 2009 (2): 7-12

[16] 张小英. 废橡胶粉-沥青体系脱硫降解规律研究[D]. 北京: 北京石油大学, 2002.

[17] Yu H, Leng Z, Gao Z. Construction & Building Materials, 2016, 125, 168.

[18] 徐良, 熊雯华. 公路交通技术, 2014 (1), 34.

[19] Li P, Ding Z, Zou P, et al. Construction & Building Materials, 2017, 138, 418.

[20] 冯小佼, 郭治安, 王培, 等. 应用化学, 2012, 29 (3), 364.

[21] 王笑风, 曹荣吉. 橡胶沥青的改性机理[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2011, 31 (02): 6-11.

[22] Baek S H, Kim H H, Doh Y S, et al. KSCE Journal of Civil Engineering, 2009, 13(3), 161.

[23] 李春香. 橡胶沥青胶结料关键技术研究[D]. 长安大学, 2012.

[24] Liang M, Xin X, Fan W, et al. Construction and Building Materials, 2015, 74, 124.

[25] Shatanawi K, Thoedsen C. In: Global Plash Environmental Conference. Orland, FL, USA, 2008, 1130.

[26] 黄振华. 橡胶改性沥青制备与改性机理研究[J]. 西部交通科技, 2022, No.181 (08): 88-91.

[27] 彭建湘, 张冬梅, 刘斌. 橡胶粉与SBS复合改性沥青黏弹性性能试验研究[J]. 公路工程, 2022, 47 (03): 131-136.

[28] 谢恩连, 肖璇, 侯剑楠, 等. 水光耦合老化对橡胶改性沥青性能影响研究[J]. 公路工程, 2023, 48 (03): 154-160+172.