

基于乙撑双硬脂酸酰胺的 SBS 改性沥青改性机理研究

曲恒辉¹, 李军², 冯美军¹, 李孟¹, 田冬军¹, 朱辉¹

(1. 山东高速材料技术开发集团有限公司, 山东 济南 250014; 2. 山东建筑大学交通工程学院, 山东 济南 250101)

摘要: 为了探究塑料润滑剂对 SBS 改性机理研究, 选择三种不同处理方式的乙撑双硬脂酸酰胺 APL/APE/APR 与 SBS 共混制备复合改性沥青。本文通过对四种改性沥青样品的相容性及官能团的分布进行分析, 发现四种沥青在离析实验中的软化点差都在 2℃ 以下, 塑料润滑剂对 SBS 改性沥青的热贮存稳定性没有明显影响; 通过 DSC 分析发现, APL 和 APE 可以提高 SBS 改性沥青吸热峰和放热峰温度, 使其高温性能和粘弹区间范围得到提高; 通过 IR 分析, 发现添加 APL、APE 后, SBS 改性沥青中的官能团类型增多, 且具有独特的键和官能团, 导致其粘性成分下降, 因此 SBS 改性沥青的高温特性得到明显改善, 将 APR 添加到 SBS 改性沥青中, 会形成独特的 C=O 键, 使其具有更多粘结, 从而改善其低温性能。

关键词: 塑料润滑剂; SBS 改性沥青; 改性机理

中图分类号: U418 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 03—0158—03

利用高分子量的热塑性高分子材料对道路沥青进行处理后, 能够显著提高其抗车辙、低温开裂、抗疲劳等性能。SBS 和 SBR 等高分子改性剂在我国已得到广泛应用, 而 SBS 高分子聚合物的应用最为普遍^[1]。SBS 对基质沥青进行聚合物改性, SBS 改性沥青作为一种多相化合物, 它的相容是一种特殊的过程相容性, 可以在很长一段时期内保持稳定, 不会发生明显的相分离, 从而使得到的混合物能够具有预期的性能^[2]。但 SBS 改性剂与基质沥青的物理性能差异很大, 导致 SBS 改性沥青相容性差、分散不均匀、存储性差, 对其加工存储、路用性能及应用范围有很大限制。

为了提高 SBS 改性沥青的各项性能, 使其表现更好或符合一定的需求, 本文选择 3 种方法合成的乙撑双硬脂酸酰胺, 并与 SBS 改性沥青进行复合处理^[3]。首先通过离析法评估复合材料的耐久性, 并从宏观上反映其相容性; 然后借助差示扫描量热法 (DSC), 对复合改性沥青进行热力学分析, 评价其温度稳定性; 最后借助红外光谱仪 (IR), 从微观层面研究复合改性沥青内部官能团的分布情况^[4], 借助化学官能团分析揭示 SBS 改性剂混合塑料润滑剂后沥青的复合改性机理^[5-6]。本研究可为低生热沥青等相关研究提供参考。

1 试验材料

1.1 基质沥青

基质沥青选用 SK70# 沥青, 其常规指标见表 1。

表 1 基质沥青常规物理性能指标

	软化点/℃	针入度 /0.1mm	延度 /cm
SK70#沥青	51	62.5	72

1.2 塑料润滑剂

塑胶润滑剂分为 APL、APE、APR 三种, 均为无色、无味的粉末, APL 和 APR 是自行开发的塑料润滑剂, APE 中含有更多的乙撑双硬脂酸酰胺, APL 是通过 APE 进行羟基修饰, 使其具有更多的羟基脂肪酸酰胺, APR 则是由 APE 经脱氨后所产生的高级脂肪醇乙撑双硬脂酸酰胺。

1.3 制备塑料润滑剂与 SBS 复合改性沥青

首先将基质沥青加热至 160℃, 使其具有较好的流动性, 再向里面添加橡胶油, 搅拌均匀, 然后将剪切速度提高到 2000 转/分, 在剪切时添加 SBS 改性剂和 APL/APE/APR; 随后将其加热到 175℃, 并在 3500 转/分的剪切速度下进行 30 分钟剪切; 将温度控制在 175℃, 调整到搅拌状态, 添加稳定剂, 再以 400 转/分的速度进行搅拌, 搅拌时间 1 小时。

通过实验室试验, 得出 APL/APE/APR 的最佳掺入量为 1.5%, 以达到性能与经济性的要求。SBS 的改性剂用量为 3.5%。以上所述的材料都是以沥青质量为标准。下文中 SBS 代表 SBS 改性沥青, SBS+APL 代表 APL/SBS 复合改性沥青, SBS+APE 代表 APE/SBS 复合改性沥青, SBS+APR 代表 APR/SBS 复合改性沥青。

2 结果与讨论

2.1 热存储稳定性研究

对 4 种沥青试样进行离析实验, 试验结果如表 2 所示。

表2 沥青样品离析指标汇总

技术指标	试验结果			
	SBS	SBS+A PL	SBS+AP E	SBS+AP R
软化点	上 66	96.2	90.4	71.2
下 67	94.7	88.4	69.6	
复数模量	上 1546.5	4357.3	2605.1	1231.4
下 1607.4	4248.8	2693.4	1350.9	
车辙因子	上 1634.5	5457.4	2964.3	1308.5
下 1707.4	5452.6	3108.2	1434.9	
相位角	上 71.1	53.0	61.5	70.3
下 70.3	51.2	60.1	70.2	

由表2可知，SBS改性沥青下段部分样品的软化点大于上段部分，而添加塑料润滑剂APL/APE/APR后，其软化点均为下段部分小于上段部分，且均大于SBS改性沥青，但4种试样的软化点差都在2以下，满足技术规范要求；SBS+APL在四种试样中表现出最大的复数模量和车辙因子，其相位角度最小，而且都是上部比下部高；SBS+APE复数模量和车辙因子比SBS+APL低，但上部比下部小，相位角度稍大，仍然是下部比上段大，而SBS+APR和SBS在各方面的性能差异很小，其中复数模量和车辙因子都是下段比上段大，而相位角下段小。总的来说，加入三种塑料润滑剂后，SBS改性沥青的热存储稳定性没有受到明显的影响。

2.2 差示扫描量热法

利用差示扫描量热仪(DSC)对4种不同类型的沥青进行了热力学分析，并对其进行了热相容性试验。DSC实验的主要参数设置：加热速度为10℃/分钟，在-40~180℃的范围内，N₂作为保护性气体，在实验中首先进行吸热和放热，即先由-40℃上升到180℃，然后再由180℃下降到-40℃。图1显示4种不同的沥青试样的差示扫描图。

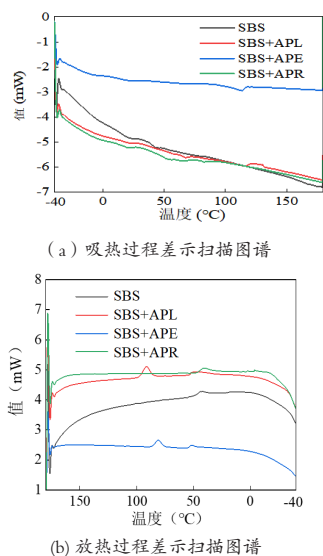


图1 4种复合改性沥青样品差示扫描图谱

从图1可以看出，4种不同的沥青试样在吸放热阶段的热流值随温度的变化规律相同，SBS+APL和SBS+APE两种沥青在不同的温度条件下，会出现放热峰和吸热峰。图1(a)显示4种不同的沥青试样的热吸收曲线，发现在吸热阶段，4种试样的热流值在初始阶段

表现为先降后升、后逐渐下降，当温度升高时，SBS和SBS+APR会最先出现下一次热流值的拐点，并且在整个吸热过程中出现多个拐点，SBS+APL也有几个拐点，但SBS+APE只有一个拐点，而且在高温地区表现出明显的转变。图1(b)显示放热过程中的差示扫描图，4种沥青试样的热流量都呈现由急剧下降、升高、下降、逐渐升高、逐渐下降、逐渐下降的趋势。结果表明，APL和APE可以提高SBS改性沥青吸热峰和放热峰温度，APL对SBS改性沥青的热性能有较好的改善作用。

2.3 红外光谱试验方法

对4种改性沥青样品进行IR试验，在图2中显示IR光谱，并且在表3中总结主要的官能团。

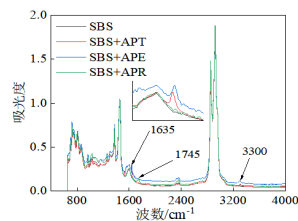


图2 沥青样品红外光谱图

表3 沥青样品中键和官能团

波数(cm ⁻¹)	官能团	SBS	SBS+ APL	SBS+ APE	SBS+ APR
1540	N-H		+		
1635	NH ₂		+	+	
1745	C=O				+
3300	N-H		+	+	

注：表格中的“+”代表了沥青样品有这个官能团的出现。

从图2可以看出，4种不同的沥青试样，其IR谱曲线大致相同，但在一些特定的波数处差别较大，从表3可以看出，4种不同的沥青试样的IR吸收峰值分别在3300cm⁻¹、1745cm⁻¹、1635cm⁻¹和1540cm⁻¹这4处存在较大差异，SBS改性沥青在这4个波数处未出现吸收峰，而SBS+APL在3300cm⁻¹、1635cm⁻¹和1540cm⁻¹波段处出现峰值，SBS+APE在3300cm⁻¹和1635cm⁻¹波段处出现峰值，SBS+APR仅在1745cm⁻¹处有峰值出现。结果表明：APR/SBS复合改性沥青中未含有N的键和官能团键位，这也是APR/SBS复合改性沥青高温性能未得到改善的主要因素；APL/SBS复合改性沥青含有N-H键，提高了聚合物的内聚力，因此其高温性能要好于APE/SBS复合改性沥青。

3 结论

(1) 离析试验结果表明，发现四种沥青在离析实验中的软化点差都在2℃以下，塑料润滑剂未对SBS改性沥青的热贮存稳定性产生明显的影响。

(2) 通过DSC分析发现，APL和APE可以提高SBS改性沥青吸热峰和放热峰温度，使其高温性能和粘弹区间范围得到提高。

2022 年度《中国水运》优秀论文评选揭晓

本刊记者 张涛

2月8日,2022年度《中国水运》优秀论文评选专家终评会暨助力行业创新主题沙龙活动在武汉举行。经遴选推荐、初评复审、专家终评,以及参考论文在中国知网、万方、维普等数据库中的被引频次、下载次数、转载和引用等数据,12篇论文被评选为2022年度《中国水运》杂志优秀论文。

水运具有运量大、成本低、能耗少、污染小的比较优势,是服务构建新发展格局的主要通道和关键节点,是加快运输结构调整、推进交通运输绿色低碳转型的主攻方向。党的十八大以来,我国水运事业发展取得了举世瞩目的成就,水运基础设施总体规模保持世界第一,水运服务能力不断提升,基础性、先导性、战略性作用明显,水运设施科技创新达到世界先进水平,为经济社会发展提供了有力支撑和坚实保障。作为展示交通水运学术研究动态和研究成果的重要发表平台,《中国水运》杂志每年开展优秀论文的评选活动,促进交通水运新理念、新方法、新产品、新技术的研究与应用,是科技期刊服务行业创新、推进交通强国建设的一项重要举措。

2022年度《中国水运》优秀论文评选自去年10月份启动以来,得到了广大交通水运科技工作者的积极响应和广泛参与,共提名交通规划、港口经济、智能航运、北斗应用、无人船测绘、远程执法等选题范围的论文75篇。经初评环节、复审环节、终评环节,专家对遴选出的30篇参评论文的选题价值、论证的充分程度、观点的创新性和实用性、文字表达等方面进行了客观评议和集中讨论,最终评选出优秀论文12篇。获奖名单将在中国水运网等媒体上进行公示。

中国水运报社总编辑、总经理张正柱主持会议,来自交通运输部长江航务管理局、武汉理工大学、长江航道工程局、长江航运发展研究中心、长江航道规划设计

研究院等单位的专家参加了终评会。会议还举办了助力行业创新主题沙龙活动,专家们对加快水运高质量发展提出了相关建议。

优秀论文篇目如下(排名不分先后):

1. 新时代内河航运高质量发展的若干思考与建议
高嵩 焦芳芳 李坤
2. 基于模糊评价的洋山 LNG 船舶靠泊窗口期优化可行性分析
王凤国
3. 伙拼集货平台:面向中国双循环新发展格局的港口虚拟经济腹地建构研究
任博
4. 共生视角下中国大运河经济的新发展——基于苏伊士运河的堵塞问题
赵靛 田德新
5. 基于无人机联合无人船的航道测绘分析
汤倩 马新国
6. 绿色船舶法规政策发展动态及趋势
袁成清 石慧 姜磊 张彦 侯钧瀚
7. 关于西部陆海新通道的研究与建议
刘慧波 陈晖 陶勇
8. 基于灰色关联分析的腹地经济对港口物流影响研究——以上海港为例
王雨琪
9. 长江船舶污染物智能化监管体系研究
施展 张炜
10. 基于北斗短报文模块的航标遥控遥测系统设计
胡润东 徐松颖 姜林 蔡昊
11. 交通运输领域“非现场执法”的实践与思考
汪芳
12. 区块链赋能邮轮建造配套中小企业融资分析
魏志航 朱明 向阳 张冠军

(3) 通过 IR 分析,发现添加 APL、APE 后,SBS 改性沥青中的官能团类型增多,改善了 SBS 改性沥青的高温特性,将 APR 添加到 SBS 改性沥青中,会形成独特的 C=O 键,从而改善其低温性能。

参考文献:

[1] 周志刚,陈功鸿,张红波,等.胶粉/高黏剂复合改性 SBS 沥青的性能与改性机理[J].长沙理工大学学报(自然科学版),2020,17(02):1-9.

[2] 王立志,常志慧,郑广顺,等.低阻尼改性沥青流变性

能与微观结构研究[J].山东建筑大学学报,2019,34(03):1-8.

[3] 常志慧.低生热复合改性沥青流变行为及疲劳特性研究[D].山东建筑大学.

[4] 杨喜英.基于红外光谱技术测定 SBS 聚合物改性沥青热储存稳定性的方法[J].北方交通,2020(07):53-55+58.

[5] 杨三强,刘璐,苏胜昔,等.聚合物高粘改性沥青改性机理与性能试验研究[J/OL].公路工程:1-10[2022-05-12].

[6] 董泽蛟,周涛,栾海,等.SBS/橡胶粉复合改性 SH 型混合生物沥青工艺及机理[J].中国公路学报,2019,32(04):215-22.