

废旧沥青的再生研究

赵晶晶¹ 张丽宾² 祁 欣^{1*}

(1. 北京化工大学 理学院, 北京 100029; 2. 北京市路政局, 北京 100076)

摘 要: 通过对老化沥青组分的分析, 提出了研制沥青再生剂的基本思路。使用自制再生剂对老化沥青进行再生, 利用核磁共振和红外光谱的方法分析了再生沥青的组分, 并考察了再生沥青的基本性能。结果表明, 自制再生剂能有效改善旧沥青性能, 再生沥青的饱和分和胶质含量上升了, 针入度、软化点、延度可以恢复到新沥青的水平。

关键词: 废旧沥青; 再生剂; 再生沥青

中图分类号: TQ321

引 言

近年来, 我国高速公路里程不断增长, 沥青废料再生利用技术越来越受到人们的重视, 已成为公路工程建设中有待进一步发展的重要实用技术, 对保护环境、重复利用资源以及对我国的公路建设部门有极大的意义, 也是积极响应国家当前“节能减排、建设节能型社会”等政策的一项具体措施^[1-3]。国外一直比较重视对沥青混合料再生技术的研究, 而且技术已经比较成熟^[2,4]。据美国国家沥青路面协会 2010 年的统计, 美国各级交通部门以及各级机构每年对路面相关工程旧料的再生利用达到了 1 亿 t。在我国, 沥青再生技术也被广泛的利用, 2009 年, 通过沥青路面热再生的方法, 京珠高速公路安新段的路面被全面维修。文献[5]中报道了 2007 年至 2010 年间福州的某些道路使用再生技术将原路面的沥青混合料完全再生利用, 快速地翻新了老旧路面。2010 年 8 月, 湖南省高速公路系统首次引进并采用沥青路面就地热再生技术修复衡大高速公路, 修复后的路面可达高速公路沥青路面技术标准化水平。

本文根据沥青的老化机理^[6], 提出了使废旧沥青再生的基本思路, 将富含芳烃的组分按照一定比例调和到老化沥青中, 使之与新沥青各组分比相近。研究结果表明再生沥青的针入度、软化点、延度均达

到新沥青的水平。再生沥青中饱和分和胶质含量与旧沥青相比提高了。

1 实验部分

1.1 主要原料

废机油, 丰田三元桥 4S 店提供; 90# 废旧沥青混合料, 北京路新沥青公司提供; 6101 环氧树脂、聚丙烯酸甲酯、聚丙烯酸乙酯、聚丙烯酸丁酯、过氧化苯甲酰、甲苯, 天津市福晨化学试剂厂。

1.2 旧沥青的抽提

将旧沥青石料放入圆底烧瓶中, 倒入甲苯浸没石料, 加热约 20 min 使沥青溶于甲苯, 静置 10 min, 使其中大部分沙石料沉淀; 将双层滤纸放入布氏漏斗, 过滤混合液, 将滤液倒入旋转蒸发器专用圆底瓶中, 抽真空, 设置旋转蒸发器温度 60 ℃, 旋转蒸发 30 min 后大部分甲苯溶剂被蒸出。将旋转蒸发后得到的旧沥青倒入烧杯中, 封口室温保存。

1.3 再生剂的制备

取一定量的旧沥青, 分别加入不同比例的废机油、环氧树脂、聚丙烯酸酯充分搅拌后测试其针入度、软化点和延度三大指标, 分析这 3 种添加物对旧沥青性能影响, 得到 3 种试剂的最佳比例, 调配再生剂的最佳配方。然后将不同比例的再生剂加入旧沥青中, 充分搅拌后测试其三指标, 分析自制再生剂对旧沥青性能的影响, 得到自制再生剂的最佳比例。

1.4 分析测试

Petrotest DDA3 自动石油沥青延度测试仪测试 15 ℃ 延度; Petrotest RKA-2 自动环球软化点测试仪测试软化点; Petrotest PNR-10 自动沥青针入度测试仪测试针入度。Bruker AV600 固体核磁波谱仪, 测

收稿日期: 2010-09-02

第一作者: 女, 1988 年生, 硕士生

* 通讯联系人

E-mail: qixin@mail.buct.edu.cn

试沥青的碳谱和氢谱; Thermal Nicolet 380 FT-IR 测试新沥青、老化沥青、再生沥青的红外光谱。

2 结果与讨论

2.1 各种沥青的性能比较

根据沥青老化的胶体结构理论分析^[7-8], 沥青在受到热、氧等因素的影响后沥青组分发生迁移, 表现为: 芳香分→胶质→沥青质, 产生老化现象。为了使沥青性能恢复, 需要调节沥青的化学组分及其比例, 在老化沥青中, 或者加入某种组分的低黏度油料(即再生剂), 或者加入适当稠度的材料进行调配, 使其达到平衡^[9-10]。为了考察添加剂对旧沥青性能的改善情况, 设计了新沥青、旧沥青和添加不同添加剂后再生沥青的三大指标测试实验, 结果如表1所示。

表1 沥青三大性能指标的测试结果

Table 1 Tests results for three key parameters of the asphalt samples

样品	添加剂		延度/cm (15℃)	针入度/mm (25℃)	软化点/℃
	种类	w/%			
旧沥青	—	—	38.7	69.7	52.5
	废机油	2.75	44.9	73.0	51.4
	环氧树脂	1.4	49.0	77.5	49.9
	聚丙烯酸酯	5.0	98.1	83.2	48.9
新沥青	自制再生剂	25.0	112.5	84.9	48.7
		>100	86	47.5	

从表1可知, 旧沥青与新沥青的三大指标进行对比, 旧沥青的指标均不符合标准, 表明旧沥青已发生老化; 添加了不同添加剂后, 沥青的三大指标性能均有不同程度改进。

2.2 添加剂用量对旧沥青性能的影响

2.2.1 废机油

旧沥青添加废机油后, 沥青的软化点较未添加废机油的沥青有所降低, 延度有一定的改善, 如图1所示。随着废机油的加入量的增加, 沥青延度有很大程度上升高, 说明废机油对旧沥青有一定的再生作用。

2.2.2 环氧树脂

从表1可知, 环氧树脂对旧沥青的性能确实有很大改善, 添加环氧树脂后, 软化点已基本达到标准值范围; 针入度稍低于标准值, 环氧树脂比例进一步提高应该可以达到沥青针入度的标准; 延度的变化较为明显, 环氧树脂对延度的改善效果显著, 这可以在图2上明显的看出。

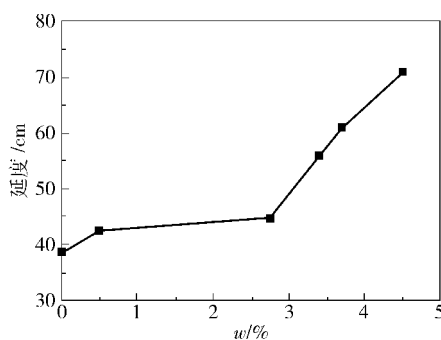


图1 废机油用量对旧沥青延度的影响

Fig. 1 Effect of varying the amount of waste engine oil on the ductility of aged asphalt

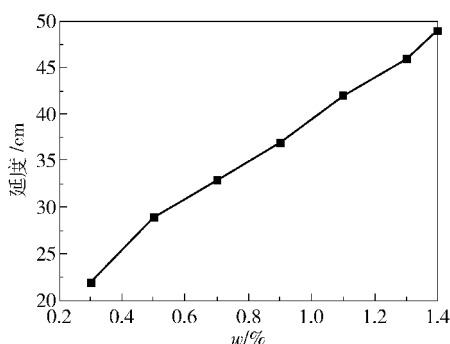


图2 环氧树脂用量对旧沥青延度的影响

Fig. 2 Effect of varying the amount of epoxy resin on the ductility of aged asphalt

2.2.3 聚丙烯酸酯

图3所示的实验结果表明聚丙烯酸酯具有改善老化沥青延度的作用。随着聚丙烯酸酯添加量的增加, 延度值逐渐升高, 但是当质量分数>5%以后延度值逐渐下降, 说明聚丙烯酸酯的添加量是有一定限制的。

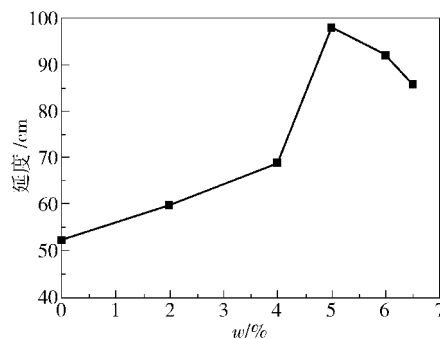


图3 聚丙烯酸酯用量对旧沥青延度的影响

Fig. 3 Effect of varying the amount of polyacrylate on the ductility of aged asphalt

2.2.4 自制再生剂

在以上分析的基础上, 进一步分析自制再生剂

的再生作用。图 4 所示是添加自制再生剂后沥青的延度测试图,可以看出延度已恢复到新沥青的水平。由表 1 的结果也可以看出,三指标均恢复到新沥青的水平。所以,由废机油、环氧树脂、聚丙烯酸酯按一定比例配比的再生剂对老化沥青有再生作用,它可以使老化沥青的三大指标恢复到新沥青标准值。

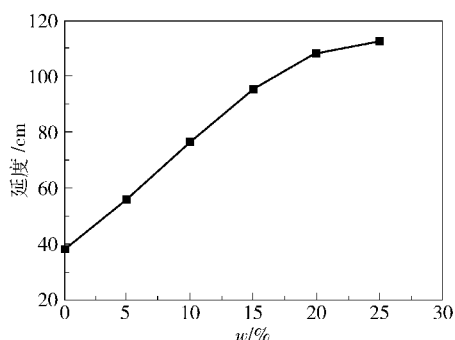


图 4 自制再生剂用量对旧沥青延度的影响

Fig. 4 Effect of varying the amount of the regenerative agent on the ductility of aged asphalt

2.3 再生沥青的核磁共振谱图分析

从图 5 分析可知,加入再生剂后,化学位移在 0~60 处出现了大量的共振吸收峰,表明有大量的链烷。即加入再生剂使得废旧沥青的胶质含量明显上升。而在化学位移为 60~90 处也出现了大量的共振吸收峰,表明有大量苯环。即加入再生剂使得废旧沥青的芳香分含量明显上升。

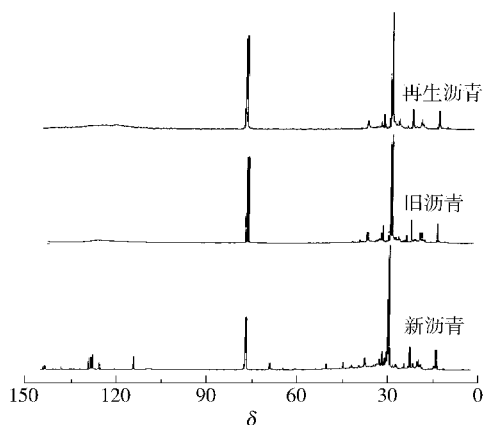


图 5 各种沥青核磁共振碳谱谱图

Fig. 5 ^{13}C -NMR spectra of new asphalt, aged asphalt and regenerated asphalt

从图 6 的沥青氢谱分析可知,加入再生剂后,化学位移为 6.5~8.0 处出现了大量的共振吸收峰,由此说明,加入再生剂使得废旧沥青的芳香分含量上升了。而在 0~3.5, 3.5~4.5 出现的大量共振吸收峰,证实含有大量的甲基和亚甲基。即加入再生剂

后,废旧沥青的饱和分和胶质含量上升了。

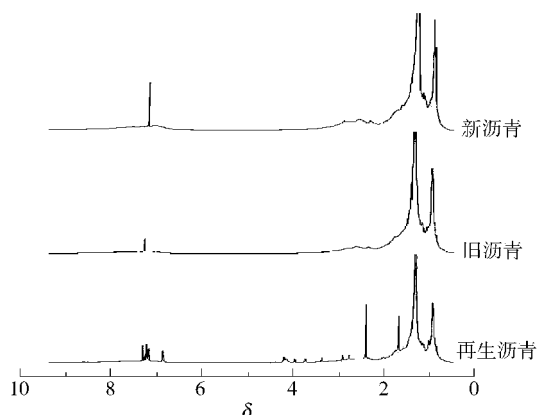


图 6 各种沥青核磁共振氢谱谱图

Fig. 6 ^1H -NMR spectra of new asphalt, aged asphalt and regenerated asphalt

2.4 再生沥青的红外光谱图分析

利用红外光谱可以分析得出再生沥青的各组分,这在刘磊华^[11]的研究中已提到。由图 7 红外谱图分析可知,旧沥青的谱图较新沥青在 1687.4 cm^{-1} 处多了个吸收峰,证明沥青被老化了。而在加入再生剂后,谱图在 1100~1600 cm^{-1} 处出现了 1182.7, 1247.7, 1299.8, 1509.5 cm^{-1} 等 4 个吸收峰,证明老化沥青中的芳香分和胶质含量上升了,沥青被还原。

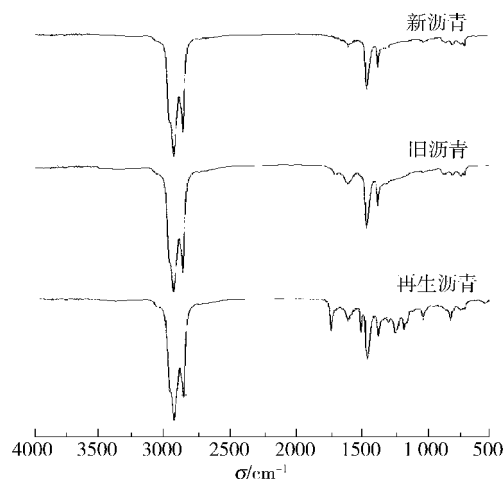


图 7 各种沥青红外光谱谱图

Fig. 7 FT-IR spectra of new asphalt, aged asphalt and regenerated asphalt

3 结论

选用废机油为主料,环氧树脂和聚丙烯酸酯为辅料,通过一定比例的调配,制得废旧沥青再生剂。再生沥青的针入度、软化点、延度均达到新沥青的水

平。再生沥青中饱和分和胶质含量与旧沥青相比有所提高。

参考文献:

- [1] 颜彬, 徐世法, 高金歧, 等. 沥青再生技术的现状与发展[J]. 北京建筑工程学院学报, 2005, 21(1): 72-75.
Yan B, Xu S F, Gao J Q, et al. An overview and development analysis of asphalt recycling technology [J]. Journal of Beijing Institute of Civil Engineering and Architecture, 2005, 21(1): 72-75. (in Chinese)
- [2] 何娟, 张京锋, 焦楚杰. 旧沥青混合料再生应用研究[J]. 商品混凝土, 2009(3): 45-47.
He J, Zhang J F, Jiao C J. Study of asphalt mixture renewable and application [J]. Beton Chinese Edition: Ready-mixed Concrete, 2009(3): 45-47. (in Chinese)
- [3] 吴少鹏, 黄晓明, 赵永利. 路用沥青再生剂的研究[J]. 国外建材科技, 2001, 22(4): 47-50.
Wu S P, Huang X M, Zhao Y L. The research of asphalt recycling [J]. The Country Building Materials Technology, 2001, 22(4): 47-50. (in Chinese)
- [4] Kim H, Wagoner M P, Buttlar W G. Numerical fracture analysis on the specimen size dependency of asphalt concrete using a cohesive softening model [J]. Construction and Building Materials, 2009, 23(5): 2112-2120.
- [5] 林涛. 市政沥青混凝土路面就地热再生技术应用分析[J]. 福建建筑, 2010(12): 102-104.
Lin T. Urban heat recycling of asphalt concrete pavement technology application analysis [J]. Fujian Architecture & Construction, 2010(12): 102-104. (in Chinese)
- [6] 余国贤, 周晓龙, 金亚清, 等. 废旧沥青再生剂的实验研究[J]. 石油学报: 石油加工, 2006, 22(5): 96-100.
Yu G X, Zhou X L, Jin Y Q, et al. Experimental study on the regenerant of waste asphalt [J]. Acta Petrolei Sinica: Petroleum Processing Section, 2006, 22(5): 96-100. (in Chinese)
- [7] 景冬冬, 姜利. 沥青再生剂的选择与比较[J]. 森林工程, 2007, 23(4): 43-46.
Jing D D, Jiang L. Comparing and selecting of asphalt regenerant [J]. Forest Engineering, 2007, 23(4): 43-46. (in Chinese)
- [8] 王为民, 王永刚, 廖克俭, 等. 调和法在废旧沥青再生技术中的应用[J]. 石油化工高等学校学报, 2004, 17(1): 20-23.
Wang W M, Wang Y G, Liao K J, et al. Application of blending method in waste asphalt regenerating technology [J]. Journal of Petrochemical Universities, 2004, 17(1): 20-23. (in Chinese)
- [9] 王永刚, 廖克俭, 闫锋, 等. 废旧沥青再生剂的开发[J]. 精细石油化工进展, 2003, 4(8): 18-21.
Wang Y G, Liao K J, Yan F, et al. Development of regenerant for waste asphalt [J]. Advances in Fine Petrochemicals, 2003, 4(8): 18-21. (in Chinese)
- [10] 王永刚, 廖克俭, 闫锋. 废旧沥青的再生[J]. 石化技术与应用, 2003, 21(2): 134-136.
Wang Y G, Liao K J, Yan F. The recycling of waste asphalt [J]. Petrochemical Technology & Application, 2003, 21(2): 134-136. (in Chinese)
- [11] 刘磊华. 沥青老化与再生试验研究[J]. 湖南交通科技, 2005, 31(2): 17-19.
Liu L H. Study of asphalt aging and renewable [J]. Hunan Communication Science and Technology, 2005, 31(2): 17-19. (in Chinese)

Regeneration of waste asphalt

ZHAO JingJing¹ ZHANG LiBin² QI Xin¹

(1. School of Science, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029;

2. Beijing Road Council, Beijing 100076, China)

Abstract: Waste asphalt has been extracted and its properties have been investigated. It was found that the ductility and penetration of waste asphalt were lower than fresh asphalt, whilst the softening point was higher. A way of regenerating asphalt has been proposed based on an analysis of the components of waste asphalt. Finally, NMR and IR spectra were recorded in order to study the components of the regenerated asphalt. The results showed that the regeneration process can effectively improve the properties of waste asphalt, as shown by the increased amounts of saturated hydrocarbons and resin.

Key words: waste asphalt; regenerant; asphalt recycling