

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2013.S2.029

# PEG/活性炭相变材料改性沥青

彭莹,王忠,付蕾,肖涛

(陕西理工学院材料科学与工程学院,陕西汉中723003)

**摘要:**利用PEG/活性炭复合固-固相变材料对沥青进行改性,制备出相变材料改性沥青。对不同配比的相变材料改性沥青进行老化、高低温交变等处理,观察其外观,并利用电子拉力试验机和热机械分析仪(TMA)测试改性沥青的延展性、软化点等性能。研究表明,当PEG/活性炭相变材料含量为20%时相变材料改性沥青的延展性最好,相变材料含量为15%~25%时,改性沥青的软化点明显提高。

**关键词:**PEG/活性炭;相变材料;改性沥青;延展性;软化点

**中图分类号:**TQ522.65 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-4764(2013)S2-0111-03

## PEG/Activated Carbon Phase Change Materials of Modified Asphalt

Peng Ying, Wang Zhong, Fu Lei, Xiao Tao

(School of Materials Science and Engineering, Shaanxi University of Technology,  
Hanzhong 723003, Shaanxi, China)

**Abstract:**Phase change material modified asphalt is prepared by using PEG/activated carbon composite solid-solid phase change materials for asphalt modification. Phase change materials modified asphalt with different ratios are aged and treaded alterably at high or low temperature, and then its appearance is observed. The properties of the modified asphalt, such as ductility, softening point, etc., are tested by using electronic tensile testing machine and thermal mechanical analyzer. Experiments show that when the content of PEG/activated carbon phase change material is 20%, the ductility of modified asphalt is the best; when the content of phase change material is 15% to 20%, the softening point of modified asphalt is obviously improved.

**Key words:**PEG/activated carbon; phase change materials; modified asphalt; ductility; softening point

沥青是一种防水、防潮和防腐的有机胶凝材料,可用于高等级公路路面的铺设,屋面、屋顶、楼顶及地下防水、管道防腐等<sup>[1-3]</sup>。沥青主要分为煤沥青和石油沥青,煤沥青和石油沥青相比,温度稳定性较低,冬季脆,夏季软化,老化快,远没有石油沥青用途广泛<sup>[4-7]</sup>,但我国是个产煤大国,煤沥青的产量超出石油沥青,如果对煤沥青进行改性,性能达到石油沥青的标准,将会提高煤沥青的利用率。聚乙二醇(PEG)/活性炭复合固-固相变材料的热稳定性能优异<sup>[8]</sup>,由于其同时具有有机聚合物和活性炭两种成分,既可以与有机物很好复合,又可以与无机物很好粘结,而煤沥青也具有矿质集料的粘附性较好的特点,用PEG/活性炭相变材料在物相转变时吸(放)热的特性还可对沥青的温度进行调节,防止煤沥青高温流淌变形。本研究就是根据相变材料储能原理<sup>[8-9]</sup>,在沥青中加入PEG/活性炭相变材料,改善沥青高温易流淌变形、低温易脆裂的缺点,并制备出可以储能的改性沥青,不但改善煤沥青气候稳定性较差的特点,还可利用改性沥青的储能性对建筑物的温度进行调节,达到节能的目的。

## 1 实验部分

### 1.1 原料

分子量为4000的聚乙二醇(PEG<sub>4000</sub>, CR, 国药集团);

活性炭(CR, 天津天达净化材料精细化工厂);煤沥青(市售)。

### 1.2 设备

热机械分析仪(RJY-1, 上海精科天美);计算机控制拉力试验机(LDS-20KN, 长春市智能试验机研究所);热空气老化试验机(PXR-9, 上海毅硕实验仪器厂);高低温交变湿热试验箱(YGDS, 无锡优联测控技术有限公司);电动搅拌器(JJ-1, 常州国华电器有限公司);电子调温电热套(MH500, 石家庄现代仪器仪表化工有限公司);模具(自制)。

### 1.3 PEG/活性炭相变材料改性沥青的制备

PEG/活性炭相变材料为自制,配方选用可以固-固相变的最低限,即PEG在相变材料中的上限为85%<sup>[8]</sup>。采用熔融共混的方法制备PEG/活性炭相变材料改性沥青,制备流程见图1。PEG/活性炭相变材料改性沥青的配方见表1。

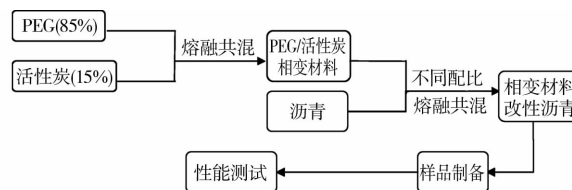


图1 PEG/活性炭相变材料改性沥青的制备流程

收稿日期:2013-09-30

作者简介:彭莹(1988-),女,硕士生,主要从事高分子固-固相变材料研究,(E-mail)814336969@qq.com。

表 1 PEG/活性炭相变材料改性沥青的配方

序号	PEG/%	活性炭/%	沥青/%
1	0	0	100
2	4.25	0.75	95
3	8.50	1.50	90
4	12.75	2.25	85
5	17.00	3.00	80
6	21.25	3.75	75
7	25.50	4.50	70
8	17.00	0	83
9	0	3.00	97

#### 1.4 热空气老化试验

将各种配方的样条同时放入热空气老化试验机中,常压,温度为 70 °C,老化时间为 48 h,老化后的样条照片见图 2。

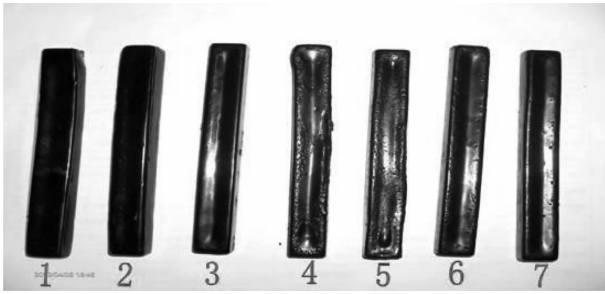


图 2 改性沥青老化实验后的照片

从图 2 可以看出,不含相变材料的沥青(1号样条)变形最为明显,边上有沥青熔融流淌的痕迹;含 5%相变材料的改性沥青(2号样条)略微有点变形,沥青样条中间的收缩缝已经被熔融的沥青填满了;含 10%相变材料的改性沥青(3号样条)没有大的变形,但表面光滑,说明沥青也有微小的流动;含 15%~30%相变材料的改性沥青(4~7号样条)表面上没有任何变化,样条冷却时的收缩缝和小孔都还存在;说明,相变材料的加入可使沥青受热时宏观形态保持较好。这可能是因为,相变材料改性沥青的老化过程包括基质沥青的氧化和复合相变材料改性沥青中聚合物成分 PEG 的交联,当沥青受热软化时,PEG 交联形成的网状结构阻碍了沥青分子的流动;同时,复合相变材料中活性炭表面疏松多孔将 PEG 很好的吸附在其表面上,因此相变材料的加入可使沥青受热时宏观形态保持较好。

#### 1.5 高低温交变试验

将各种配方的样条同时放入高低温交变试验箱,常压,温度为-10~70 °C,4个周期,24 h后取出的样条照片见图 3。

从图 3 可以看出经高低温交变后的沥青试样中,不含相变材料的沥青(1号样条)变形最为明显,整个已经膨胀变形;含 5%相变材料的改性沥青(2号样条)也有熔融流淌的痕迹;含 10%~30%相变材料的改性沥青(3~7号样条)没有大的变形,但表面光滑,说明沥青也有微小的流动,但宏观形态依旧保持良好。相变材料的加入能够使沥青在高低温变化时保持良好的宏观形态。这可能是因为,相变材料 PEG

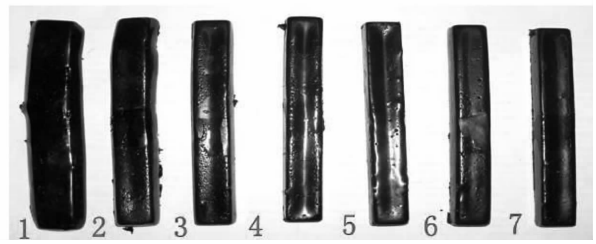


图 3 沥青高低温交实验变后的照片

在 60 °C 左右时发生相变,当沥青温度升高时,PEG 发生相变(从固态转变为液态)吸收大量热量,使得沥青温度不会过高;当沥青温度降低时,PEG 发生相变(从液态转变为固态)放出大量热量,使得沥青温度不会过底。同时,复合相变材料中活性炭表面疏松多孔将 PEG 很好的吸附在其表面上,因此相变材料的加入可使沥青在高低温变化时保持良好的宏观形态。

## 2 性能表征

采用计算机控制拉力试验机测定改性沥青、老化实验后的改性沥青和高低温交变实验后的改性沥青的拉伸强度和最大负荷点。采用热机械分析仪(TMA)测定改性沥青的软化温度。

### 2.1 拉伸强度的测定

PEG/活性炭相变材料改性沥青拉伸性能测试,结果如表 2 和图 4 所示。

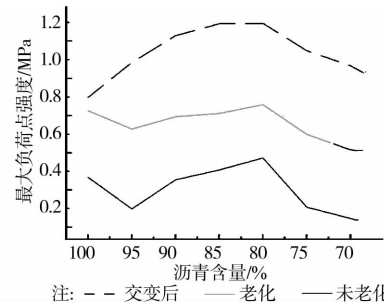


图 4 PEG/活性炭相变材料改性沥青试样最大负荷点强度

表 2 PEG/活性炭相变材料改性沥青拉伸强度测试结果

序号	最大负荷点强度/MPa (未老化)	最大负荷点强度/MPa (老化)	最大负荷点强度/MPa (交变后)
1	0.917	0.933	0.393
2	0.576	0.736	0.768
3	0.888	0.869	1.056
4	0.994	0.904	1.184
5	1.124	0.998	1.189
6	0.594	0.679	0.895
7	0.473	0.531	0.732
8	0.538	0.506	0.464
9	0.674	0.575	0.638

从表 2 和图 4 中可以看出随着相变材料含量的增加,未老化和老化后改性沥青试样的最大负荷点强度均呈现 N 型, 高低温交变后改性沥青试样的最大负荷点强度呈现倒 U 型, 但均在相变材料含量为 20% 左右时试样的最大负荷点强度最大, 只加入 PEG 或活性炭的改性沥青反而降低。

可能因为, 相变材料加入量少时, 分散于沥青中相互之间作用力较小, 相变材料的加入成为沥青中的缺陷, 加入量到一定程度时, 相变材料充满了沥青的空隙, 成为连接沥青无机质与有机质的粘结剂。但当相变材料过多时, 相变材料的脆性就显现出来, 最大负荷点反而下降。经过高低温交变后相变材料和沥青之间结合充分, 使其紧密联系, 当相变材料含量达到 20% 时, 两者之间的空隙已经很少, 随着相变材料的继续增多, 相变材料的脆性又体现出来, 从而导致改性沥青的最大负荷点强度呈下降趋势。当将 PEG 和活性炭分别加入时, 改性沥青的最大负荷点强度反而下降, PEG/活性炭相变材料改性沥青中, PEG 和活性炭两者缺一不可, 这是因为, PEG/活性炭复合相变材料同时具有有机聚合物和活性炭两种成分, 既可以与有机物很好复合, 又可以与无机物很好粘结, 当两者分别对沥青进行改性时, 分散于沥青中不能很好地粘结, 成为沥青中的缺陷, 使其力学性能下降。

## 2.2 TMA 测定改性沥青的软化温度

TMA 测试软化点温度的测定负荷为 15 g, 升温速率为 10 °C/min, 测试区间 30~100 °C, 图 5~10 为 TMA 测试改性沥青软化点温度的图。

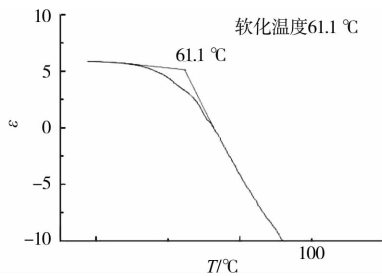


图 5 不含相变材料的废旧沥青(1号样条)TMA图

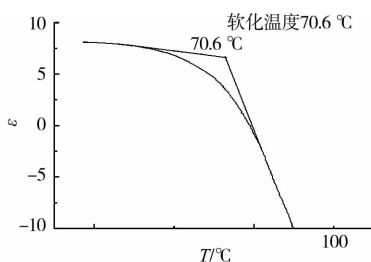


图 6 含相变材料 5% 的废旧沥青(2号样条)TMA图

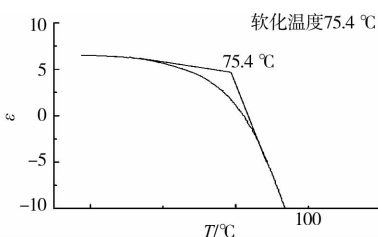


图 7 含相变材料 10% 的废旧沥青(3号样条)TMA图

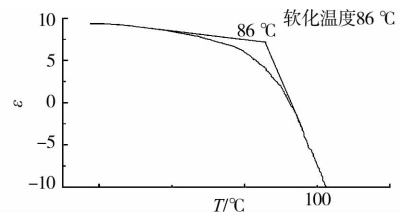


图 8 含相变材料 15% 的废旧沥青(4号样条)TMA图

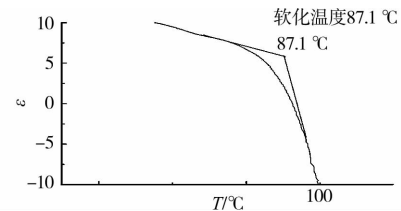


图 9 含相变材料 20% 的废旧沥青(5号样条)TMA图

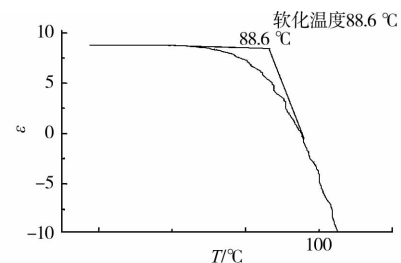


图 10 含相变材料 25% 的废旧沥青(6号样条)TMA图

从图 5~10 可以看出, 随着复合相变材料 PEG/活性炭的加入, 改性沥青试样的软化温度开始增大, 当相变材料的加入量为 15%~25% 时, 改性沥青的软化温度没有大的变化。原因是相变材料中活性炭表面疏松多孔, 比表面积大, 将 PEG 很好的吸附在其表面; 同时 PEG 在 60 °C 左右能够吸收大量的外界热量, 并通过活性炭高热导性将热量传递出去, 可以防止沥青温度过高而软化。活性炭还可以提高 PEG 的热稳定性。当沥青温度升高时, 相变材料 PEG 和活性炭相互协助释放一定量温度使了沥青的温度有了一定减小从而提高了沥青的软化点温度。

## 4 总结

1) 通过对 PEG/活性炭相变材料与沥青的不同配比进行研究, 可知相变材料的加入使沥青在受热老化和高低温变化时保持良好的宏观形态。

2) 当 PEG/活性炭相变材料量为 20% 左右的改性沥青性能最好。

3) 随着 PEG/活性炭复合相变材料的加入, 改性沥青试样的软化温度开始增大。

4) 复合相变材料 PEG/活性炭改性沥青中, PEG 和活性炭所起的作用同等重要两者缺一不可。

## 参考文献:

- [1] 王喆, 王凤霞, 韩涛. 我国改性沥青的研究现状发展及发展前景[J]. 黑龙江科技信息, 2007(14): 204.

优化的方案体现在既防止重力式混凝土挡渣墙因施工扰动发生倾覆对管道和施工人员造成的毁灭性灾难的重大安全隐患,又使管道的沉降深度得到提升(由原设计最大沉降量  $\Delta = -1 \text{ m}$ , 提升至  $\Delta = -1.5 \text{ m}$ )。

在役管道不停输沉管工程均可考虑采用此法施工即可保证管道的完整性,又可缩短工期降低工程成本。

#### 参考文献:

- [1] 《忠县-武汉输气管道长阳县段线路工程地质勘察报告》[R].  
 [2] 范晓明,雷毅,刘景洪. 输气管道的漂管沉降施工技术[J]. 油气储运, 2005(5): 45-47, 62-67.  
 [3] 郑永强. 输气管道的漂管沉降施工技术[J]. 黑龙江科技信息, 2011(33): 303.  
 [4] 黎明,胡兆东. 压力管道开挖支护施工技术[J]. 中国科技信息,

- 2010(24): 67-68.  
 [5] 赵超祥. 过江管道沉管施工技术的应用[J]. 水利电力机械, 2007(10): 129-131.  
 [6] 康宝. 输气管道水网地带漂管沉降施工[J]. 内蒙古石油化工, 2012(9): 74-75.  
 [7] 贺亚霖. 大口径长输管道在沼泽地的漂管施工技术[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2012(13): 42-43.  
 [8] 黄金清. 漂管施工技术在穿越卤水管排施工中的应用[J]. 青海石油, 2009(2): 90-93.  
 [9] 谢可凯,李诗赞,宋华. 在役管道沉管技术研究[J]. 科技创新导报, 2011(1): 91, 93.  
 [10] 朱晓峰,沈红光,赵海俊. 管道沉管技术及应用的探讨[J]. 油气田地面工程, 2008(8): 12-13.

(编辑 梁远华)

(上接第 113 页)

- [2] 百度百科. 改性沥青[EB/OL]. [2013-10-13] <http://baike.baidu.com/view/1096629.htm>.  
 [3] 百度百科. 沥青[EB/OL]. [2013-10-13] <http://baike.baidu.com/view/123295.htm>.  
 [4] Zhang Y H, Tong A J, Li L D. Synthesis of molecularly imprinted polymer with 7-chloroethyl-theophylline-immobilized silica gel as template and its molecular recognition function[J]. Spectrochimica Acta Part A, 2004, 60: 241-244.  
 [5] Prasad B B, Banerjee S. Preparation, characterization and performance of a silica gel bonded molecularly imprinted polymer for selective recognition and enrichment of  $\beta$ -lactam antibiotics

- [J]. Reactive and Functional Polymers, 2003, 55(2): 159-169.  
 [6] 李峰,黄颂昌,徐建,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, 9(2): 7-12.  
 [7] 黄文元,张隐西. 路面工程用橡胶沥青的反应机理与进程控制[J]. 公路交通科技, 2006, 23(11): 5-9.  
 [8] 陈立贵,王忠,付蕾,等. PEG/活性炭颗粒相变材料的制备及其性能[J]. 工程塑料应用, 2011, 39(2): 31-33.  
 [9] 王忠,陈立贵,付蕾,等. HDPE/活性炭颗粒相变材料的制备及其性能研究[J]. 材料导报, 2009, 23(1): 34-36.

(编辑 郑洁)

(上接第 123 页)

- [6] 刘豆豆,陈伟忠,杨建平,等. 二道坪隧道开挖与支护的数值模拟分析[J]. 山东大学学报:工学版, 2007, 37(1): 80-85.  
 [7] 王俊峰,高广运,张蕾. 浅埋圆形隧道开挖面稳定的可靠度分析[J]. 岩土工程技术, 2011, 25(1): 44-48.  
 [8] 段亚刚,刘保国. 大型地下洞室施工顺序的数值方法优化[J]. 地下空间与工程学报, 2007, 3(8): 1459-1463.  
 [9] 周玲芳,刘保国. 大断面地下洞室开挖数值模拟[J]. 岩土工程界, 2005, 9(1): 71-76.  
 [10] 黄正荣,朱伟,梁精华,等. 浅埋砂土中盾构法隧道开挖面极限支

- 护压力及稳定研究[J]. 岩土工程学报, 2006, 28(11): 2005-2009.  
 [11] 李晓红,李登新,靳晓光,等. 初期支护对软岩隧道围岩稳定性和位移影响分析[J]. 岩土力学, 2005, 26(8): 1207-1210.  
 [12] 卢小明,王钜,胡光云. 白石河 2 号隧道开挖与支护力学行为仿真分析[J]. 2008, 12(5): 73-76.  
 [13] 张延新,蔡美峰,乔兰,等. 高速公路隧道开挖与支护力学行为研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2006, 25(6): 1284-1289.

(编辑 梁远华)