

# 发泡类温拌剂对 SBS 改性沥青性能的影响

李永振<sup>1</sup>, 梁皓<sup>1</sup>, 王鸽<sup>2</sup>, 王光勇<sup>1</sup>, 樊亮<sup>1</sup>

(1.山东省交通科学研究院, 山东 济南 250102; 2.山东公路技师学院, 山东 济南 250104)

**摘要:** 在实验室内向 SBS 改性沥青中添加发泡类温拌剂, 从沥青三大指标、粘度、老化性能、流变指标等方面分析发泡类温拌剂与 SBS 改性沥青性能之间的关系。结果表明, 加入发泡类温拌剂后, 沥青的稠度增加, 高温性能增强, 低温变形性能降低; 沥青粘度增大, 但增大幅度很小; 沥青的抗热氧老化能力、抗老化能力增强; 沥青的复数模量及车辙因子先增大后减小, 相位角先减小后增大, 发泡类温拌剂可改善沥青的抗高温变形能力, 但存在最佳掺量。

**关键词:** 公路; 发泡类温拌剂; SBS 改性沥青; 性能

中图分类号: U216.217

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2020)04-0063-03

由于公路工程项目工期的要求, 许多施工单位在冬季仍会摊铺沥青路面, 而温度较低时热拌沥青混合料很难被压实。北方冬季冷空气的到来增加了雾霾天气, 随着国家对环保的重视, 节能减排观念越来越强, 温拌沥青混合料技术得到不断发展。为实现沥青温拌技术, 常规做法是在低于普通热拌沥青混合料拌和温度下降低沥青粘度, 以在较低温度下拌制沥青混合料。根据作用机理, 温拌剂可分发泡类、有机降粘类、表面活性类 3 种。该文选用发泡类温拌剂, 在实验室内加入 SBS 改性沥青中, 从沥青三大指标、粘度、老化性能、流变指标等方面研究发泡类温拌剂对 SBS 改性沥青性能的影响。

## 1 原材料及试验方法

### 1.1 原材料

采用 SBS(I-D) 改性沥青, 其检测结果见表 1。

表 1 SBS 改性沥青的技术指标

试验项目	技术要求	试验结果
25 °C 针入度/(0.1 mm)	40~60	50
软化点/°C	≥60	79.5
5 °C 延度(5 cm/min)/cm	≥20	35
135 °C 旋转粘度/(Pa·s)	≥3	1.9
质量损失/%	±1.0	0.026
TFOT 后 残留 25 °C 针入度比/%	≥65	70
残留 5 °C 延度/cm	≥15	22

### 1.2 试样制备

将 SBS 改性沥青放置在 155 °C 烘箱中, 加热至自由流淌状态; 选用发泡类温拌剂, 分别以 0、5%、6%、7% 的掺量加入沥青中, 以 3 000 r/min 的转速

搅拌 30 min, 制得温拌沥青。

### 1.3 试验方法

按照 JTG E20-2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》, 检测沥青三大指标、135 °C 粘度及短期老化(TFOT)试验后指标。

流变试验采用美国 TA 公司生产的 AR-2000ex 动态剪切流变仪, 温度为 60 °C, 选用直径 25 mm 平板, 试验厚度 1 mm, 采用 100 Pa 应力, 转速 10 rad/s。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 常规指标检测

针入度、软化点、延度分别表征沥青胶结料的稠度、高温性能和低温性能, 延度越大, 塑性变形越大, 沥青胶结料的低温变形能力越好。掺加发泡类温拌剂的沥青的常规指标见图 1。

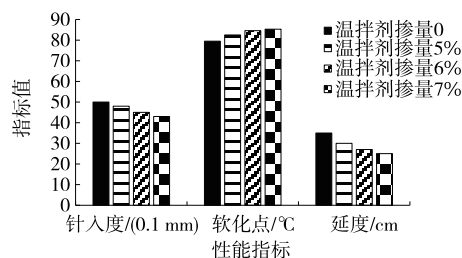


图 1 发泡类温拌剂与沥青三大性能指标的关系

由图 1 可知: 发泡类温拌剂掺量增加, 沥青的针入度降低, 软化点逐渐增加, 延度逐渐减小。说明加入发泡类温拌剂后, 沥青的稠度增加, 高温性能增强, 低温变形性能降低。

### 2.2 粘度

检测掺加发泡类温拌剂的沥青的粘度, 温度为

135、150、175℃,转速为20 r/min,试验结果见图2。

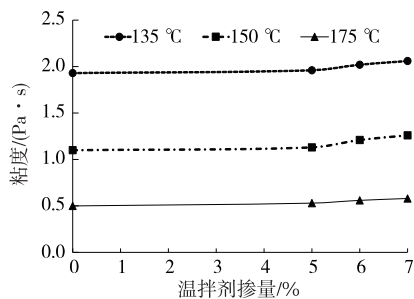


图2 发泡类温拌剂与沥青粘度的关系

由图2可知:发泡型温拌剂掺量增加,沥青的粘度增大。掺量达到5%时,135℃粘度增加0.03 Pa·s,150℃粘度增加0.03 Pa·s,175℃粘度增加0.02 Pa·s。加入发泡类温拌剂后,沥青粘度增大幅度很小,说明其对沥青粘度的影响不大。

### 2.3 老化性能

为研究发泡类温拌剂对沥青抗老化性能的影响,对沥青进行短期老化试验,测试老化前后软化点和135℃粘度。采用软化点增值 $SP_{增}$ 和粘度老化指数 $V_{老化}$ 反映加入温拌剂后沥青的抗老化能力,计算公式见式(1)、式(2),计算结果见图3、图4。

$$SP_{增} = SP_{后} - SP_{前} \quad (1)$$

$$V_{老化} = \frac{V_{后} - V_{前}}{V_{前}} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $SP_{后}$ 为老化后沥青软化点; $SP_{前}$ 为老化前沥青软化点; $V_{后}$ 为老化后沥青粘度; $V_{前}$ 为老化前沥青粘度。

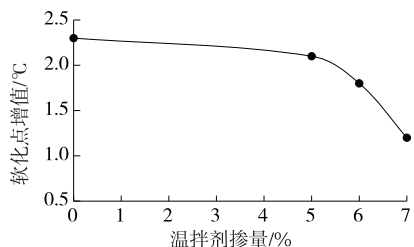


图3 发泡类温拌剂与沥青软化点增值的关系

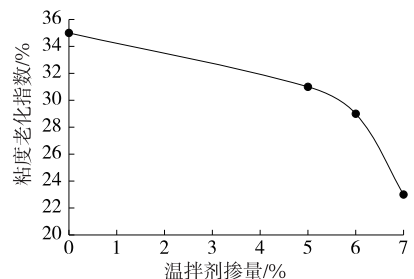


图4 发泡类温拌剂与沥青粘度老化指数的关系

由图3可知:未参加发泡类温拌剂时,沥青的软化点增值为2.3℃;掺量为1%时,软化点增值为2.1℃;掺量增加至6%时,软化点增值为1.2℃。说明随着温拌剂掺量的增加,短期老化后沥青的软化点增值逐渐减小。

由图4可知:随着温拌剂掺量的增加,沥青的粘度老化指数逐渐减小,反映出与软化点增值相同的规律,即沥青的热老化速率减小。说明发泡类温拌剂加入后,沥青的抗热氧老化能力增强。

### 2.4 流变指标

复数模量表征沥青试样在外力作用下抵抗变形的能力,复数模量越大,沥青抵抗变形的能力越强;相位角表征沥青材料在剪切荷载作用下应变滞后于应力的时间或相位,相位角越小,沥青弹性恢复性能越好。由于沥青材料受到复数模量和相位角的影响,美国SHRP规范采用车辙因子 $G^*/\sin\delta$ 作为沥青抗高温车辙能力的性能指标。试验结果见图5、图6。

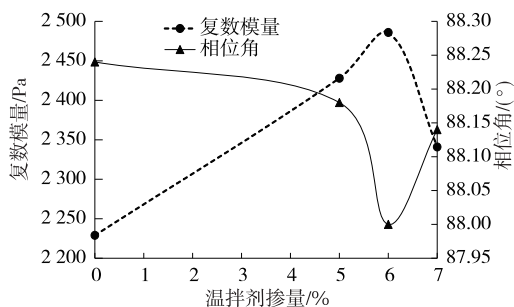


图5 发泡类温拌剂与沥青复数模量及相位角的关系

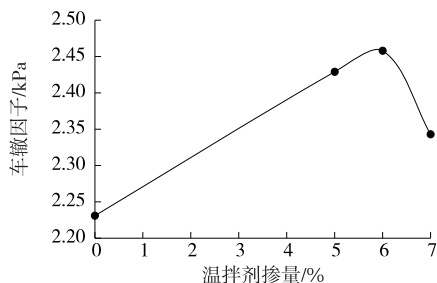


图6 发泡类温拌剂与沥青车辙因子的关系

由图5可知:1) 发泡类温拌剂掺量增加,沥青的复数模量增大,掺量为6%时达到最大,掺量再增加,复数模量开始减小。说明加入发泡类温拌剂后,沥青的抗变形能力、高温抗车辙能力增强,但存在最佳掺量。2) 发泡类温拌剂掺量增加,沥青的相位角先减小后增大,但未改变相位角减小的趋势。说明加入发泡类温拌剂后,沥青中的储能模量增加,损失

模量减小,弹性性能增强,高温性能改善。

由图6可知:加入发泡类温拌剂后,沥青的车辙因子先增大后减小,掺量为6%时达到最大。说明加入发泡类温拌剂后,沥青的抗车辙能力增强,高温性能改善,但同样存在最佳掺量。

### 3 结论

(1) 加入发泡类温拌剂后,沥青的稠度增加,高温性能增强,低温变形性能降低。

(2) 加入发泡类温拌剂后,沥青的粘度增大,但增幅很小。

(3) 加入发泡类温拌剂后,沥青的抗热氧化能力增强。

(4) 加入发泡类温拌剂后,沥青的复数模量及车辙因子先增大后减小,相位角先减小后增大,发泡类温拌剂可改善沥青的抗高温变形能力,但存在最佳掺量。

### 参考文献:

- [1] 张德勤,范耀华,师洪俊.石油沥青的生产与应用[M].北京:中国石化出版社,2001.

- [2] 黄晓明,吴少鹏,赵永利.沥青与沥青混合料[M].南京:东南大学出版社,2002.
- [3] ISACSSON U, ZENG H Y. Relationships between bitumen chemistry and low temperature behaviour of asphalt[J]. Construction and Building Materials, 1997, 11(2): 83—91.
- [4] KRISHNAN J M, RAJAGOPAL K R. On the mechanical behavior of asphalt[J]. Mechanics of Materials, 2005, 37(11): 1085—1100.
- [5] 黄俭才,熊永松,尹印,等.改性天然沸石温拌沥青混合料的制备与性能研究[J].公路,2016(9): 243—246.
- [6] 尹印,余剑英,黄俭才,等.改性天然沸石温拌剂的制备及其沥青混合料性能研究[J].武汉理工大学学报,2016,38(7): 24—30.
- [7] 交通运输部公路科学研究院.公路工程沥青及沥青混合料试验规程:JTG E20—2011[S].北京:人民交通出版社,2011.
- [8] 李立寒.道路工程材料[M].北京:人民交通出版社,2009.
- [9] 宋云连,丁楠,刘恒,等.温拌剂种类及掺量对不同沥青流变性能的影响[J].复合材料学报,2018,35(2): 451—459.

收稿日期 2019—12—18

\*\*\*\*\*  
(上接第41页)

### 参考文献:

- [1] 邵海鹏,杨晓光,董海倩.机非混行道路交通改善方法研究[J].城市交通,2007(1): 83—87+71.
- [2] 王凯.历史街区机非混行路段道路空间优化设计研究[D].西安:西安建筑科技大学,2018.
- [3] 张九跃,张顺英.基于慢行交通一体化设计的交叉口信号运行方式选择研究[J].交通运输系统工程与信息,2007,7(2): 104—108.
- [4] 许炎.基于共享理念的完整街道设计研究[D].南京:南京大学,2014.
- [5] U.S. Department of Transportation. Manual on uniform traffic control devices for streets and highways: 2009 edition[S]. Federal Highway Administration, McLean, Virginia, 2009.
- [6] San Francisco Department of Parking and Traffic. San Francisco's shared lane pavement markings: improving bicycle safety[R]. San Francisco Department of Parking and Traffic, 2004.
- [7] BRADY J, LOSKORN J, MILLS A, et al. Effects of shared lane markings on bicyclist and motorist behav-

- ior[J]. ITE Journal, 2011, 81(8): 33—38.
- [8] FURTH P G, DULASKI D M. More than sharrows: Lane-within-a-lane bicycle priority treatments in three U. S. cities [C]//The 2011 Annual Meeting of the Transportation Research Board, Updated January 31, 2011.
- [9] FERENCHAK N N, MARSHALL W E. Advancing healthy cities through safer cycling: An examination of shared lane markings[J]. International Journal of Transportation Science and Technology, 2019, 8(2): 136—145.
- [10] U.S. Department of Transportation. Evaluation of shared lane markings [R]. Federal Highway Administration, Turner-Fairbank Highway Research Center, McLean, Virginia, 2010.
- [11] U.S. Department of Transportation. Evaluation of pedestrian and bicycle engineering countermeasures: Rectangular rapid-flashing beacons, hawks, sharrows, crosswalk markings, and the development of an evaluation methods report [R]. Federal Highway Administration, Turner-Fairbank Highway Research Center, McLean, Virginia, 2011.

收稿日期:2020—02—09