

SBS 对基质沥青低温性能改善效果研究*

张智强¹, 周进川², 饶梟宇¹

(1.重庆大学 材料科学与工程学院, 重庆 400044; 2.重庆交通科研设计院, 重庆 400067)

摘要:通常认为 SBS 可以同时改善基质沥青的高、低温性能。以三种常用的国产沥青和一种进口沥青作为基质沥青,采用四种不同的 SBS 对其进行改性,分别制得成品 SBS 改性沥青。运用 SHRP 试验方法中的弯曲梁流变仪(BBR)分别对制得的这些 SBS 改性沥青的 RTFO/PAV 残留物的流变特性进行了试验研究。结果表明,用物理意义上的共存共混方法制备得到的 SBS 改性沥青,其低温等级基本保持在基质沥青的低温等级上,即从流变学的意义上来说,SBS 对基质沥青低温抗裂性能的改善效果仍值得探讨。

关键词:SBS; 改性沥青; 低温性能; BBR

中图分类号:U414.1

文献标识码:A

文章编号:1006-7329(2004)03-0089-04

A Study on Modification Effect of SBS on Low - temperature Performance of Base Bitumen

ZHANG Zhi - qiang¹, ZHOU Jin - chuan², RAO Xiao - yu¹

(1. College of Material Science and Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P. R. China; 2. Chongqing Research and Design Institute of Communication, Chongqing 400000, P. R. China)

Abstract: There is a popular opinion that SBS can improve both high and low temperature performance of base bitumen. In this study, four kinds of SBS are used to modify three kinds of common domestic bitumen and one kind of foreign one; some final products of SBS modified bitumen are obtained. The rheological properties of SBS modified bitumen after RTFO/PAV are studied by using bending beam Rheometer (BBR), which is one of the test methods of SHRP. The results indicate that the low temperature grade of SBS modified bitumen made by physical method is at the same level as that of base bitumen. In other words, the SBS modification effect on low temperature anti - cracking performance of base bitumen still deserves to study from the meaning of rheology.

Keywords: SBS; modified bitumen; low - temperature performance; BBR

沥青路面在使用期间产生低温裂缝是目前世界各国普遍存在的问题,尤其是在寒冷地区更为突出,具有普遍性,沥青路面的低温收缩开裂与沥青结合料的低温品质密切相关。我国现行《公路改性沥青路面施工技术规范》对 SBS 改性沥青技术要求规定用原样沥青的 5℃延度作为评价 SBS 改性沥青低温抗裂性能的指标。但是,用低温延度指标反映沥青低温抗裂能力是否合适?目前尚有不同看法。首先,我国现行沥青标准所采用的低温试验温度与寒冷地区的实际环境温度差距较大;其次,路面温缩开裂也反映了沥青在服务年限内逐渐老化所产生的影响,所以用原样沥青的 5℃延度不能真实表征 SBS 改性沥青的低温变形能力;再者,温度下降时沥青材料的塑性急剧下降,脆性显著增强,变形适应能力减弱,从而表现出较差的抗裂能力。荷载产生的变形超过沥青材料的自身变形能力时,沥青路面就会开裂破坏,但沥青材料低温受力时极限变形量是很小的,而且环境温度越低,极限应变急剧减小,并不是“延度”所

* 收稿日期:2004-01-20

基金项目:西部交通建设科技项目的研究内容(2001-318-000-38)

作者简介:张智强(1962-),男,重庆人,副教授,主要从事化学建材的研究。

反映的“宏观”变形。当然,低温延度与沥青低温抗裂性能也有一定的相关性。为了更好地反映沥青低温抗裂性能,本研究采用美国 SHRP 中的弯曲梁流变仪(BBR),通过测定 SBS 改性沥青 RTFO/PAV 残留物在路面最低设计温度下的蠕变劲度 S 和蠕变速率 m 来反映沥青结合料的抗低温开裂能力。

1 试验部分

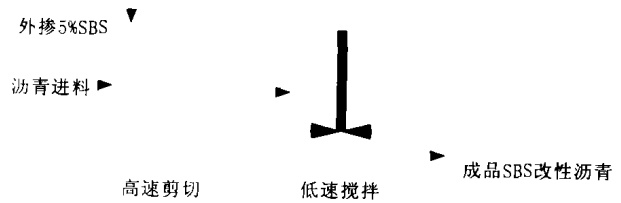
1.1 材料

本研究使用了三种常用国产重交通道路石油沥青和一种进口石油沥青,分别记为 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、使用了四种国产 SBS 改性剂,分别记为 M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 、其组合方式如下:

表 1 SBS 与基质沥青的改性组合

原料	A_1	A_2	A_3	A_4
M_1	MA_{11}	MA_{21}	MA_{31}	—
M_2	MA_{12}	MA_{22}	MA_{32}	—
M_3	MA_{13}	MA_{23}	MA_{33}	—
M_4	MA_{14}	MA_{24}	MA_{34}	MA_{44}

注: MA_{XY} 中的下标 X 代表沥青, Y 代表改性剂。



1.2 改性工艺

本研究中 SBS 改性沥青的制备工艺流程见图 1。

图 1 SBS 改性沥青的制备工艺流程

1.3 试验方法

1) 旋转薄膜烘箱老化试验(RTFO),模拟沥青在经历了高温拌和、运输及摊铺压实这一过程的老化;值得说明的是,由于 SBS 改性沥青 163℃ 的粘度远大于基质沥青,在旋转老化的过程中,改性沥青产生新表面的速度低于基质沥青,而沥青老化大部分是由这些新表面产生的,为了加速新表面的产生从而更好地模拟这一老化过程,本研究将短期老化的温度定为 173℃,其余操作同行业标准(JTJ 052 - 2000)中的 T 0610 - 1993。

2) 压力老化试验(PAV; 100℃/2.1 MPa/20 h),模拟路面在服务了 5~7 年后,沥青在混合料的体积比例、渗透性、集料的特性^[1]以及光热等影响因素的共同作用下的老化;

3) 弯曲梁流变试验(BBR),通过量测沥青结合料 RTFO/PAV 残留物在路面最低设计温度下的蠕变劲度 S 和蠕变速率 m 值来反映沥青结合料的抗低温开裂能力。

2 试验结果及讨论

2.1 SBS 改性沥青的低温流变特性

为了深入研究 SBS 改性沥青的低温抗裂特性,本研究采用数值分析方法中的拉格朗日(Lagrange)线性插值的方法来求其低温分级临界温度。经笔者大量的试验研究发现,不同的基质沥青及 SBS 改性沥青的低温流变特性是类似的,现以 A_1 和 MA_{11} 来做如下分析。

从图 2、图 3 可以看出,已经经历相当服务年限的沥青结合料,不论是基质沥青还是 SBS 改性沥青,其蠕变劲度 S 都随温度的降低而增大,蠕变速率 m 都随温度的降低而减小,这在实际工程上的反映就是:当气温降低时,沥青路面的低温劲度增加,承受相同的行车荷载时所产生的拉伸应变减小,应力耗散能力减弱,路面产生低温开裂的几率增加。在图 2、图 3 上,沥青结合料的劲度对数和温度的绝对值对

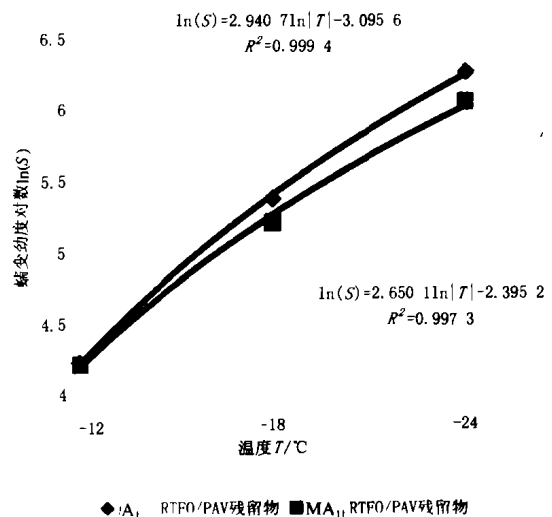


图 2 基质沥青及 SBS 改性沥青 RTFO/PAV 残留物的 $S - T$ 图

数呈线性相关,蠕变速率 m 和温度 T 线性相关,并且相关性都非常地好。由 $S \sim T$ 和 $m \sim T$ 的回归方程可以计算得到沥青结合料的低温分级临界温度 T_c, A_1 为 -29.9°C , MA_{11} 为 -30.5°C 。

2.2 SBS对低温性能的改善效果研究

4种基质沥青及其改性制得的13种SBS改性沥青的BBR试验结果汇总如表2。

表2 基质沥青/SBS改性沥青 BBR 试验结果

试样名称	性能等级	$T_c/^\circ\text{C}$	实际改善低温性能/ $^\circ\text{C}$
A ₁	PG64-28	-29.9	—
MA ₁₁	PG70-28	-30.5	+0.6
MA ₁₂	PG76-28	-30.5	+0.6
MA ₁₃	PG76-28	-29.9	0
MA ₁₄	PG76-28	-31.7	+1.8
A ₂	PG52-22	-27.3	—
MA ₂₁	PG64-28	-29.1	+1.8
MA ₂₂	PG58-28	-31.9	+4.6
MA ₂₃	PG64-28	-29.0	+1.7
MA ₂₄	PG58-28	-31.2	+3.9
A ₃	PG58-28	-33.2	—
MA ₃₁	PG70-28	-30.2	-3.0
MA ₃₂	PG70-28	-31.0	-2.2
MA ₃₃	PG70-28	-31.2	-2.0
MA ₃₄	PG70-28	-30.8	-2.4
A ₄	PG64-22	-25.1	—
MA ₄₄	PG76-22	-22.9	-2.2

注: + 表示相对于基质沥青低温分级临界温度的提高;
- 表示相对于基质沥青低温分级临界温度的降低。

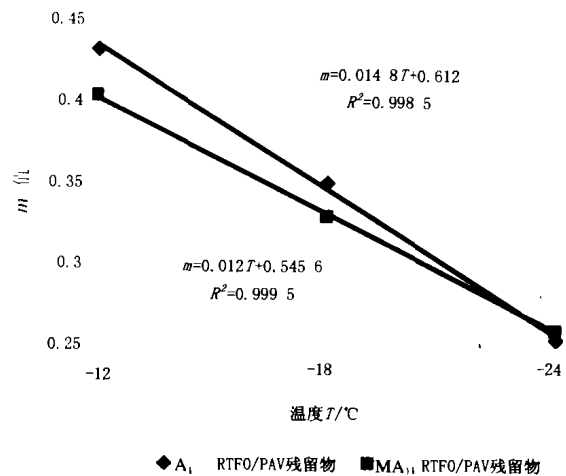


图3 基质沥青及SBS改性沥青 RIFO/PAV 残留物的 $m \sim T$ 图

沥青混合料的低温劲度是决定路面是否发生开裂的重要因素,而沥青劲度又是决定沥青混合料低温劲度的关键。因此,为了满足沥青路面的低温抗裂要求,美国 Superpave 性能规范提出了沥青低温劲度 S 和蠕变速率 m 的限值。规范规定:在路面最低设计温度以上 10°C 测定结合料 60 s 低温蠕变劲度 S (按照时温等效法则,相当于设计温度下 $7\ 200\text{ s}$ 的蠕变劲度)作为最主要指标,如果 S 不大于 300 MPa ,同时 60 s 时蠕变劲度与荷载作用时间的双对数曲线的斜率 m 值不小于 0.300 ,则认为该种结合料可以抵抗路面最低设计温度下的低温开裂。

从表2的数据可以看出,SBS对基质沥青的高温性能改善比较明显,不论是哪种组合,其高温性能都可以提高1~2个等级。在表征沥青结合料的低温抗裂性能方面,Superpave性能规范对沥青结合料的低温性能按 6°C 一个等级来划分,也就是说,如果SBS的加入导致结合料的低温分级临界温度提高 6°C ,则认为SBS对结合料的低温抗裂性能有实质性的改善。从这个意义上来说,不论是哪种结构类型的SBS,对基质沥青的低温性能改善都不够显著,基本没有实质性的提高。虽然由 A_2 制得的四种SBS改性沥青,其低温等级都从PG-22跃升到PG-28,但这并非SBS的贡献所致,而是与基质沥青 A_2 的低温分级临界温度密切相关的,因为尽管 A_2 的低温等级是PG-22,但是其低温分级临界温度却为 -27.3°C ,SBS的加入只要对低温性能有 0.7°C 的提高就会使该种沥青结合料的低温等级上升到PG-28。四种SBS的加入对 A_2 的低温性能都有所提高,并且提高的幅度都大于 0.7°C ,对其改性效果最显著的是 M_2 ,它将 A_2 的低温分级临界温度提高了 4.6°C ,同时该组合也是本研究中低温改性效果最显著的组合。在其余的12个组合中,SBS的加入对基质沥青的低温性能都有所影响,有的对低温性能有所提高,有的却使低温性能降低,不论是提高还是降低,其变化幅度都小于 6°C ,换句话说,即SBS的加入对基质沥青的低温性能没有实质性的影响。

值得注意的是,日本在1992年1月出版了沥青协会的《改性沥青混合料设计施工手册》,手册关于使用改性沥青的目的中也几乎未提及利用改性沥青提高路面低温抗裂性能。袁宏伟等人^[2]曾用盘锦AH-90作基质沥青,湖南岳阳化工厂生产的SBS作改性剂进行改性试验研究,经试验,盘锦AH-90、盘锦AH-90+4%SBS、盘锦AH-90+5%SBS、盘锦AH-90+4%SBS+4%抗剥落剂这四种沥青结合料的

性能等级分别为 PG52 - 22、PG70 - 22、PG70 - 22、PG70 - 22,可见,SBS 的掺入使基质沥青的高温性能提高了 3 个等级,而在低温性能方面,基质沥青和三种 SBS 改性沥青均为 PG - 22,改性剂的掺入并没有对基质沥青的低温性能产生实质性的影响,这与本试验研究得到的结果基本类似。

3 结语

在我国,由于用于铺筑高等级沥青路面的优质石油沥青数量严重不足,很多单位都在致力于研发 SBS 改性沥青,但应该清醒地看到,SBS 改性沥青虽然对提高沥青路面的高温稳定性、耐久性、抗水损害性、抗滑减噪性等方面有程度不同的贡献。但是 SBS 改性沥青并非万能的道路铺装材料。就本研究试验结果来看,采用 SBS 作改性剂,使用共存共融的物理改性方法难以使基质沥青的低温抗裂性能有实质性的改善。

参考文献:

- [1] 沈金安. 沥青及沥青混合料路用性能[M]. 北京:人民出版社,2001.
- [2] AASHTO Provisional Standards[S]. Interim Edition. 1999.
- [3] 袁宏伟. 道路沥青改性剂的试验评价[J]. 石油沥青,2003,(17,增刊):137 - 141.
- [4] 沈金安. 90 年代道路沥青研究的热门课题[J]. 中国公路学报,1995,(8):21 - 27.

(上接第 88 页)

参考文献:

- [1] 陈翠红,王元. 大流动态混凝土早期裂缝原因分析及控制措施[J]. 混凝土,2003,(5):33 - 34.
- [2] Min - Hong Zhang, Odd E. Gjov. Microstructure of the Interfacial Zone[J]. Cement and Concrete Research, 1990, 20: 610 - 618.
- [3] 唐笑. 高强陶粒吸水特性研究[D]. 重庆:重庆大学,2003.
- [4] 吴中伟. 水泥基复合材料的界面问题[J]. 武汉建材学院学报,1982,2:14 - 16.
- [5] 王川. 大流动性混凝土塑性收缩裂缝研究[D]. 重庆:重庆大学,2002.
- [6] R. Wasserman, A. Bentur. Interactions Interactions in Lightweight Aggregate Concrete and their Influence on the Concrete Strength [J]. Cement and Concrete Composites, 1996, 18: 67 - 76.
- [7] Satish Chandra, Leif Berntsson. Interdependence of Microstructure and Strength of Structural Lightweight Aggregate Concrete[J]. Cement & Concrete Composites, 1992, 14: 239 - 248.
- [8] Alexander M. Vaysburd. Durability of Lightweight Concrete Bridges in Severe Environments[J]. Concrete International, 1996, 67: 33 - 38.