

SBS 掺量对改性沥青及沥青混合料性能的影响\*

冯新军<sup>1</sup>, 李猛<sup>1</sup>, 朱自强<sup>2</sup>

(1.长沙理工大学 交通运输工程学院, 湖南 长沙 410004;2.中南大学 地球科学与信息物理学院, 湖南 长沙 410083)

**摘要:**在阿尔法沥青中按 0.1% 步长加入不同掺量 SBS 制备改性沥青,通过常规性能试验分析 SBS 掺量对改性沥青性能的影响;对 SBS 改性沥青混合料进行配合比设计,通过 60℃ 车辙试验和低温弯曲试验分析 SBS 掺量对沥青混合料高低温性能的影响。结果表明,SBS 掺量对改性沥青的感温性能、高低温性能等有很大影响,随着 SBS 掺量的增加,改性沥青的针入度下降,软化点、延度、弹性恢复均呈逐渐上升趋势;SBS 对沥青混合料高温性能的提升效果非常显著,仅以 0.1% 的剂量增大,就可使沥青混合料的高温性能明显提高,低温性能呈抛物线变化且有明显峰值。

**关键词:**公路;SBS;改性沥青;沥青混合料;技术性能

中图分类号:U416.217

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2017)02-0069-04

SBS 改性沥青在低高温性能、弹性恢复性能方面比其他改性沥青具有明显优势,能有效延长沥青路面的使用寿命,因而在中国公路上得到普遍应用。但 SBS 改性剂价格昂贵,其掺量的微小变化都会直接影响工程成本,一些沥青加工厂为了更高的利益回报在改性沥青生产中减少 SBS 掺量,使改性沥青的路用性能无法达到设计要求,导致沥青路面很快出现各种病害。精确分析 SBS 掺量与改性沥青性能及沥青混合料性能之间的关系,对提高沥青加工

企业和施工单位对 SBS 改性沥青的重视程度,控制 SBS 改性沥青质量和保证沥青路面的耐久性具有重要意义。

1 试验方法及原材料

为了精确分析 SBS 掺量对改性沥青性能的影响,在阿尔法沥青中以 0.1% 步长加入不同掺量 SBS 改性剂,分别为 4.0%、4.1%、4.2%、4.3%、4.4%、4.5% 及 4.6%,其配方见表 1。

表 1 改性沥青使用配方

基质沥青	SBS 改性剂		增容剂		稳定剂	
	型号	掺量/%	型号	掺量/%	型号	掺量/%
江阴阿尔法 70 号 线型 YH-791	4.0, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6		芳烃油	5.0	硫磺	0.18
江阴阿尔法 70 号 星型道改 2 号	4.0, 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6		糠醛抽出油	1.5	硫磺	0.20

称取一定量的阿尔法基质沥青及糠醛抽出油,用可调温保温套加热到 175~180℃,缓慢加入 SBS 改性剂使其充分溶胀,在 5 000 r/min 剪切速率下剪切 30 min;维持温度在 175~180℃,样品转至发育机并将发育机调至 500 r/min,每隔半小时加入一定量稳定剂,直至稳定剂全部加完,搅拌发育 4 h。

2 SBS 掺量对改性沥青性能的影响

对掺加线型 YH-791 SBS、星型道改 2 号 SBS 的改性沥青的技术性能进行试验分析,结果见表 2

和表 3。

表 2 线型 SBS 改性沥青性能试验结果

SBS 掺量/%	延度 (5℃)/cm	软化点/℃	针入度/(0.1 mm)			弹性恢复/%
			15℃	25℃	30℃	
4.0	32.3	73.0	28.2	75.0	103.0	94.0
4.1	33.0	78.0	27.4	67.5	97.4	94.4
4.2	36.2	79.5	27.0	66.8	96.0	94.7
4.3	37.0	79.4	26.1	65.0	94.8	95.2
4.4	38.4	82.5	26.0	64.3	94.0	95.5
4.5	39.4	81.0	25.2	64.2	93.2	97.1
4.6	41.0	83.5	23.0	63.0	91.0	98.7

\* 基金项目:湖南省交通运输厅科技进步与创新计划项目(201306)

表3 星型SBS改性沥青性能试验结果

SBS 掺量/%	延度 (5℃)/cm	软化点/℃	针入度/(0.1 mm)			弹性恢复/%
			15℃	25℃	30℃	
4.0	19.0	72.0	24.0	54.0	77.0	92.0
4.1	20.0	83.5	21.0	51.3	76.3	92.2
4.2	20.6	84.0	20.5	51.0	76.0	95.0
4.3	21.0	84.3	20.0	50.0	75.0	97.0
4.4	21.3	87.5	19.8	49.3	74.1	97.2
4.5	22.0	88.0	19.5	48.0	73.0	97.5
4.6	24.0	90.0	19.0	47.3	72.8	99.3

## 2.1 SBS 掺量对改性沥青温度敏感性的影响

针入度试验用于测试沥青在特定条件下的温度敏感性,能反映沥青的感温性能。SBS 掺量与改性沥青 25℃ 针入度、针入度指数的关系分别见图 1 和图 2。

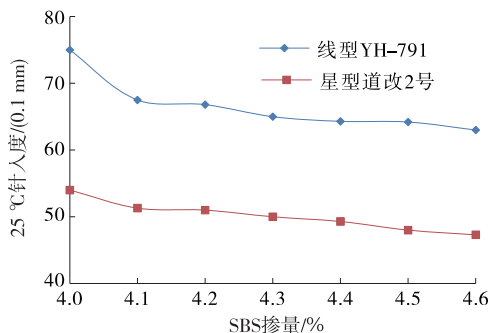


图1 SBS 掺量与改性沥青 25℃ 针入度的关系

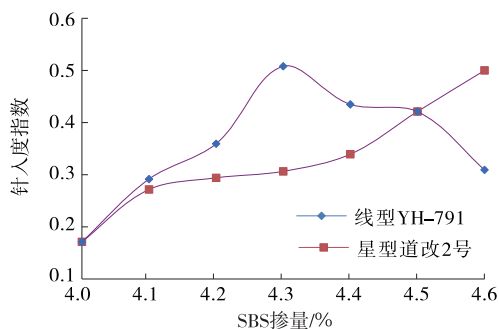


图2 SBS 掺量与改性沥青针入度指数的关系

由图1可看出:两种SBS改性沥青的25℃针入度均随着SBS掺量的增大而变小,但变化幅度差异较大,线型SBS改性沥青的针入度在SBS掺量由4.0%提高到4.1%时减小0.75 mm,而星型SBS改性沥青的针入度变化不大。

由图2可知:在SBS掺量大于4.4%时,掺量每增加0.1%,星型SBS改性沥青的针入度指数增大

0.085,温度敏感性急剧增大;线型SBS掺量对针入度指数的影响呈倒V形,这可能与SBS和基质沥青的配伍性有关。

综上所述,随着SBS改性剂的掺入,沥青性质发生改变,SBS掺量每变化0.1%,改性沥青的温度敏感性都会发生较大变化。

## 2.2 SBS 掺量对改性沥青高温稳定性的影响

软化点试验水浴加热宏观表现为沥青拉长,开始有一定流动性,由此测试出沥青的软化点温度,用于评价沥青的高温性能。SBS掺量与改性沥青软化点的关系见图3。

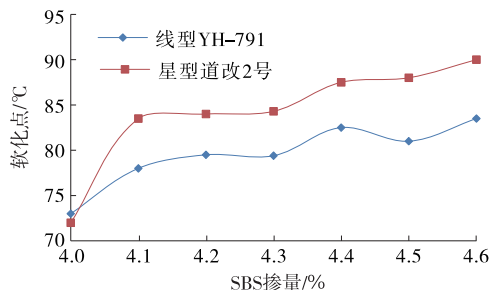


图3 SBS 掺量与改性沥青软化点的关系

由图3可知:两种改性沥青的软化点均随着SBS掺量的增加呈上升趋势,其中星型SBS改性沥青的软化点在SBS掺量由4.0%增加到4.1%时提升幅度达到11.5℃。

## 2.3 SBS 掺量对改性沥青低温柔韧性的影响

通过延度试验,使SBS改性沥青在5℃水中拉伸变形发生脆断,测定其能承受的塑性变形能力,评价其低温性能。图4为SBS掺量与改性沥青5℃延度的关系。

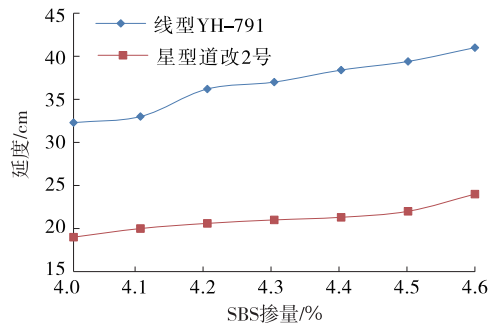


图4 SBS 掺量与改性沥青 5℃ 延度的关系

从图4可以看出:两种改性沥青的延度均随着SBS掺量的增加呈逐渐升高趋势。SBS掺量每增加0.1%,线型SBS改性沥青的延度平均增长1.45 cm,最大变化量为2.8 cm;星型SBS改性沥青的延度平

均增长 0.83 cm,最大变化量为 2 cm。

2.4 SBS 掺量对改性沥青弹性性能的影响

弹性恢复试验主要测试沥青受到外力后恢复原样的能力,受到荷载作用后恢复变形的能力越好,则其耐久性越好。SBS 掺量与改性沥青弹性恢复的关系见图 5。

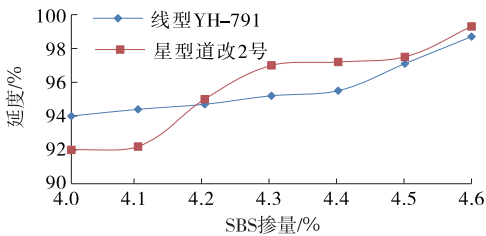


图 5 SBS 掺量与改性沥青弹性恢复的关系

由图 5 可知:SBS 改性沥青的弹性恢复性能随着 SBS 掺量的增加而逐渐增大。星型改性沥青的弹性恢复性能在 SBS 掺量从 4.1%提高至 4.3%时提高 4.8%,掺量提高 0.1%,弹性恢复性能提高 2.4%,表现为低掺量 SBS 影响较大;线型改性沥青的弹性恢复性能在 SBS 掺量从 4.4%提高至 4.6%时提高 3.4%,表现为较高掺量 SBS 影响较大。

3 SBS 掺量对改性沥青混合料性能的影响

3.1 集料技术性能检测

粗集料为玄武岩,细集料为玄武岩和石屑,矿粉为磨细的玄武岩,其技术指标见表 4~6。

3.2 改性沥青混合料配合比设计

按照 JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》进行 AC—13 矿料级配设计,级配组成为 1 号料(9.5~13.2 mm)、2 号料(4.75~9.5 mm)、3 号料

(0~4.75 mm)、矿粉,合成级配见表 7,属于 AC—13 细型密级配。

表 4 粗集料的物理力学指标

技术指标	实测值	规范要求	试验方法
压碎值	14.5	≤28	T0316
表观密度/ (g·cm <sup>-3</sup> )	10~15 mm	2.885	≥2.5 T0304
	5~10 mm	2.896	
	0~5 mm	2.772	
毛体积密度/ (g·cm <sup>-3</sup> )	10~15 mm	2.643	— T0304
	5~10 mm	2.635	
	0~5 mm	2.771	
针片状含量/%	>9.5 mm	8.2	≤15 T0312
	<9.5 mm	9.4	
吸水性/%	0.3	≤3.0	T0304
磨耗值/%	13.6	≤28	T0317

表 5 细集料的物理力学指标

技术指标	实测值	规范要求	试验方法
表观密度/ (g·cm <sup>-3</sup> )	3~5 mm	2.7	≥2.5 T0328
	石屑	2.7	
砂当量/%	56.0	≥50	T0334
含泥量/%	0.9	≤3	T0333

表 6 矿粉的物理力学指标

项目	实测值	规范要求	试验方法
表观密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	2.661	≥2.5	T0352
含水量/%	0.5	≤1	T0103 烘干法
外观	符合要求	无团粒结块	目视
亲水系数	0.67	<1	T0353
加热安定性	无变化	实测记录	T0355

表 7 AC—13 矿料级配组成

级配类型	通过下列方孔筛(mm)的质量百分率/%									
	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
级配上限	100	100	85.0	68	50	38.0	28	20.0	15	8
级配下限	100	90	68.0	38	24	15.0	10	7.0	5	4
级配中值	100	95	76.5	53	37	26.5	19	13.5	10	6
合成级配	100	97	78.0	41	27	21.0	14	10.0	8	6

对线型 SBS 改性沥青混合料和星型 SBS 改性沥青混合料分别进行马歇尔配合比设计,确定最佳油石比分别为 4.9%、5.1%。

3.3 SBS 掺量对混合料高温稳定性的影响

首先按设计配合比称取一定质量的集料、矿粉,

放于烘箱中烘干保温 4 h,防止与沥青拌和过程中产生温度离析;将集料全部倒入沥青混合料搅拌锅中,称取对应质量的沥青并添加到搅拌锅中均匀搅拌 1.5 min;再添加矿粉,继续搅拌 1.5 min;分别掺加 4.0%、4.1%、4.2%、4.3%、4.4%、4.5%、4.6%线

型和星型 SBS 并成型车辙板试件,在 60 ℃ 环境下养生 5~8 h 后进行车辙试验,试验结果见表 8。

表 8 SBS 改性沥青混合料车辙试验动稳定度

SBS 类型	SBS 掺 量/%	动稳定度/ (次·mm <sup>-1</sup> )		动稳定度 变化率/%
		试验值	变化量	
线型 SBS	4.0	4 762	0	0.00
	4.1	5 649	887	18.63
	4.2	6 560	911	16.13
	4.3	7 106	546	8.32
	4.4	7 473	367	5.16
	4.5	7 718	245	3.28
	4.6	7 865	147	1.90
星型 SBS	4.0	5 236	0	0.00
	4.1	6 023	787	15.02
	4.2	6 870	847	14.10
	4.3	7 462	592	8.60
	4.4	7 845	383	5.10
	4.5	8 096	251	3.20
	4.6	8 343	247	3.10

由表 8 可知: SBS 改性沥青混合料的动稳定度随着 SBS 掺量的增大而增大。SBS 掺量由 4.0% 增大到 4.6% 时,线型 SBS 改性沥青混合料的动稳定度增长幅度为 65.12%,最大变化率为 18.63%;星型改性沥青混合料的动稳定度增长幅度为 59.34%,最大变化率为 15.02%。SBS 掺量超过 4.3% 时,两种改性沥青混合料的动稳定度均超过 7 000 次/mm。

### 3.4 SBS 掺量对混合料低温性能的影响

采用低温弯曲试验测试 SBS 改性沥青混合料的低温性能,试验温度为 -10 ℃,加载速率为 50 mm/min,试验结果见表 9。

表 9 SBS 改性沥青混合料低温弯曲试验结果

SBS 掺量/%	最大弯拉应变/ $\mu\epsilon$		SBS 掺量/%	最大弯拉应变/ $\mu\epsilon$	
	线型 SBS	星型 SBS		线型 SBS	星型 SBS
4.0	3 041	3 089	4.4	3 261	3 516
4.1	3 062	3 147	4.5	3 245	3 445
4.2	3 197	3 192	4.6	3 147	3 347
4.3	3 352	3 622			

由表 9 可知: SBS 改性沥青混合料的最大弯拉应变随着 SBS 掺量的增加呈抛物线变化,在 4.3% 掺量时达到最大峰值;星型 SBS 改性沥青混合料的最大弯拉应变好于线型 SBS 改性沥青混合料。SBS 掺量每变化 0.1%,沥青混合料最大弯拉应变变化量

为 430  $\mu\epsilon$ ,最大变化率达到 13.5%。

## 4 结论

(1) 微小 SBS 掺量的变化(0.1%)对改性沥青感温性能、高低温性能等都有很大影响,随着 SBS 掺量的逐渐增加,沥青的针入度下降,延度、软化点、弹性恢复等性能逐渐变好。

(2) 随着 SBS 掺量的逐渐增大,沥青混合料的高温性能显著提高,低温性能呈抛物线变化且有明显峰值。

### 参考文献:

- [1] 沈金安.沥青及沥青混合料路用性能[M].北京:人民交通出版社,2009.
- [2] 邓学均.路基路面工程[M].北京:人民交通出版社,2006.
- [3] 原健安,纪东,祝志刚.SBS 剂量对改性沥青性质的影响[J].长安大学学报:自然科学版,2005,25(3).
- [4] 张榆.SBS 改性沥青掺量测试及加工质量评价[D].西安:长安大学,2011.
- [5] Abigail Martínez-Estrada, A Enrique Chávez-Castellanos, Margarita Herrera-Alonso, et al. Comparative study of the effect of sulfur on the morphology and rheological properties of SB- and SBS-modified asphalt[J]. Journal Applied Polymer Science, 2009, 115(6).
- [6] 祝伟.SBS 掺量对改性沥青混合料路用性能的影响[D].西安:长安大学,2012.
- [7] 闫小岗.SBS 改性剂对沥青及沥青混合料性能的影响[D].西安:长安大学,2014.
- [8] 折广兵.改性沥青 SBS 含量电化学检测方法适用性及质量控制研究[D].长沙:长沙理工大学,2015.
- [9] 袁万杰,黄涛,孙长新,等.低剂量 SBS 对改性沥青及沥青混合料的影响[J].公路,2009(2).
- [10] 吴文浩.SBS 改性沥青关键技术参数对混合料路用性能的影响研究[D].西安:长安大学,2011.
- [11] 张国彬,安东朝.不同掺量 SBS 改性沥青混合料的路用性能[J].交通标准化,2014(19).
- [12] 付建村,陈江,胡家波,等.不同 SBS 含量的改性沥青对薄层磨耗层混合料路用性能影响[J].石油沥青,2008,22(6).
- [13] 鄂宇辉.SBS 改性沥青改性剂掺量及改性效果评价[J].北方交通,2007(8).
- [14] 林杰. SBS 改性沥青技术性能评价与质量控制研究[D].西安:长安大学,2011.