

文章编号: 0451-0712(2005)11-0172-05

中图分类号: U414.750.3

文献标识码: A

# SBS 物理改性沥青与化学改性 沥青性能对比研究

肖 鹏, 马爱群

(扬州大学建筑科学与工程学院 扬州市 225009)

**摘 要:** 对SBS物理改性沥青和化学改性沥青的各项常规与非常规性能进行了较为系统的研究。进而对两种方法改性沥青进行对比分析,并且结合实际工程铺筑试验路对上述比较来进行验证。结果表明SBS化学改性沥青的性能更为优越。

**关键词:** 道路工程; 改性沥青; 试验研究; 试验路; 性能

聚合物改性沥青由于可以提高和改善路面使用性能已得到了广泛应用,其中SBS改性沥青又以其能够显著提高高温抗车辙、低温抗开裂能力以及增强抗老化、改善疲劳等性能而成为聚合物改性沥青的主要品种。因此对SBS改性沥青的研究越来越深入,应用也越来越广<sup>[1]</sup>。

然而对于聚合物SBS改性剂经物理或化学改性

技术得到的改性沥青和改性沥青混合料的技术性能究竟如何,国内外还没有进行综合对比评价,而且对于这两种改性技术尤其是化学改性方法铺筑的路面的使用性能没有深入研究。

笔者通过室内试验和现场试验路的方式系统研究了SBS物理改性沥青与SBS化学改性沥青的性能以及两者之间的优劣比较。

基金项目:江苏省交通厅立项项目(项目编号02Y029)

收稿日期:2005-04-01

## Research Compared with Crushed Value, Soundness, Elongated Flaky Particles of Gravel in Cement and Asphalt Pavements

LI Hong<sup>1</sup>, FU Zhi<sup>2</sup>

(1. Architecture Engineering College of BeiJing, Beijing 100044, China;

2. Highway Research Institute of Communication Ministry of China, Beijing 100088, China)

**Abstract:** Through comparison of 《Technical specification for construction of highway cement concrete pavements》(JTG F30 — 2003) with 《Technical specification for construction of highway asphalt pavements》(JTG F40—2005) and research in this paper, it is put forward that the crushing index of coase aggregates of cement concrete pavements is revised to be the quality critical crushing index of asphalt pavement. It is suggested to improve the three quality indexes of crushing value, soundness, and elongated particle contents in asphalt pavements, in order to effectively prevent and decrease the fast destroy in cause of low requirements quality indexes of crushed stone in asphalt pavements.

**Key words:** cement concrete pavement; asphalt pavement; crushing value; crushing index; soundness; elongated particles

# 1 原材料的选择及 SBS 改性技术

## 1.1 原材料的选择

基质沥青:采用日本加德士 AH-70。  
改性剂:采用线形 SBS(韩国 LG 501p),掺量为 3%、4%、5%和 6%等 4 种。  
引发剂:由镇江美仑公司提供。  
集料:结合试验路采用镇江茅迪石灰岩,级配 AK-13A。  
矿粉:采用镇江高资矿粉。

## 1.2 改性技术

物理改性:将沥青和 SBS 高温混融,运用 FLUKO(FA25 型)高速剪切仪高速剪切,使 SBS 颗粒改性剂颗粒达到较小的数量级而均匀地分散于沥

青胶质。加热温度 170 ℃,剪速率 10 000 r/min,剪切时间 30 min。

化学改性:将沥青和 SBS 高温混融,运用 FLUKO(FA25 型)高速剪切仪在 170 ℃温度下以剪切速率 10 000 r/min,剪切约 20 min,加入引发剂再剪切 10 min。

# 2 沥青性能试验

## 2.1 沥青常规性能测试及比较分析

采用日本加德士沥青与拟订的不同掺量的 SBS 制得物理与化学改性沥青,分别测试它们的各项常规指标,通过整理计算列于表 1 中。

表 1 沥青常规性能指标

性能指标		加德士	+3%SBS		+4%SBS		+5%SBS		+6%SBS	
			物理	化学	物理	化学	物理	化学	物理	化学
针入度/0.1 mm	15 ℃	23	22.1	22.1	21.8	21.3	20.0	20.2	20.0	20.1
	25 ℃	69.7	64.5	64.3	60.2	58.2	50.6	50.3	48.0	45.8
	30 ℃	120.3	101.5	99.8	95.7	92.4	89.3	85.2	80.6	78.6
PI 值		−1.07	−0.70	−0.64	−0.48	−0.42	−0.46	−0.22	0	0.017
T <sub>800</sub> /℃		47.4	49.90	50.21	51.33	51.92	52.5	53.69	55.19	55.4
T <sub>1.2</sub> /℃		−12.4	−13.6	−13.8	−14.3	−14.3	−13.3	−14.52	−15.4	−15.5
软化点/℃		46.5	49.9	50.6	51.7	56.8	87.0	89.3	>100	>100
5 ℃延度/cm		—	19.9	20.2	25.6	26.4	31.8	37.2	38.9	39.8
RTFOT 残留 (163 ℃,75 min)	质量损失/%	0.073	0.071	0.070	0.069	0.068	0.068	0.057	0.051	0.050
	针入度比/%	52	68	70	73	76	82	86	90.2	92.9
	5 ℃延度/cm	—	8.6	10.8	16.1	16.3	18.3	20	20.8	22

### 2.1.1 沥青感温性能的比较

沥青的感温性一般用沥青的针入度指数 PI 来描述,沥青的 PI 值越大,表明沥青的温度敏感性越低。由表 1 可以看出,加德士 70 号沥青掺入不同剂量 SBS 后无论物理和化学改性其感温性指标 PI 值均呈递增趋势,满足我国针入度指标>30 ℃地区的要求(>−1.0)。但是我们可以明显地看出无论在哪个剂量级别上,化学改性沥青的 PI 值总是大于物理改性沥青。这就说明化学改性沥青的感温性能比物理改性沥青的要好,沥青性能受温度变化的影响小,温度敏感性低。

### 2.1.2 沥青高温稳定性能的比较

我国对于沥青高温性能的评价主要有两个指标:软化点和当量软化点。从表 1 中可以看出,改性剂 SBS 的掺入,两种改性沥青的当量软化点和软化

点都在随着剂量的上升而上升。同样的,化学改性沥青的指标值都是大于物理改性沥青的。这就说明,对于相同剂量的 SBS 改性沥青而言,化学改性的高温稳定性能强于物理改性沥青。

### 2.1.3 沥青低温抗裂性能的比较

沥青低温抗裂性能的评价指标主要有:当量脆点 T<sub>1.2</sub>及 5 ℃延度。从表 1 中可知,当量脆点 T<sub>1.2</sub>随 SBS 改性剂量的增大逐渐降低,同时其低温延度呈现不断上升的趋势,表明低温抗裂性得到明显改善。通过比较可以发现在同一个剂量上物理改性的效果明显逊于化学改性沥青。

### 2.1.4 沥青抗老化性的比较

本文采用旋转薄膜加热试验(RTFOT)来评价沥青改性前后的抗老化性能。试验结果见表 1。从试验结果可以看出,沥青掺加 SBS 改性后,质量损失都

在不断减小,针入度比不断增大,而且可以看出低温延度还可以保持一个较高的值,这说明 SBS 的掺入改善了沥青的抗老化性能。比较而言化学改性的效果要好些。

2.2 相关 SHRP 试验性能测试及比较分析

基于前面的研究,我们认为5%掺量的SBS 无论

从性能还是从经济上都是比较好的。因此,对于 SHRP 评价的试验仅采用 5%用量 SBS 来比较。

(1)将两种改性沥青的原样和 RTFOT 老化后的沥青在不同试验温度下进行 DSR 的试验,表 2 列出了 DSR 试验的相关数据。

表 2 沥青动态简切流变试验数据

温度/℃	沥青类型	$G^*$	$\delta$	$\sin\delta$	$G^*/\sin\delta$	沥青类型	$G^*$	$\delta$	$\sin\delta$	$G^*/\sin\delta$
58	物理改性	9 367.66	72.998	0.956 295	9 795.789	物理改性 RTFOT	13 797.50	71.759	0.889 225	15 516.32
64		4 502.46	75.730	0.969 145	4 645.807		7 554.97	62.776	0.894 123	8 449.587
70		2 297.62	76.838	0.973 73	2 359.607		4 090.16	75.760	0.969 274	4 219.819
76		1 250.70	77.129	0.974 874	1 282.935		2 041.01	78.824	0.981 036	2 080.463
82		720.02	76.815	0.973 639	739.514 6		1 071.44	80.561	0.986 461	1 086.146
58	化学改性	9 959.05	63.184	0.892 46	11 159.1	化学改性 RTFOT	16 983.10	67.717	0.925 322	18 353.71
64		5 229.62	64.957	0.905 99	5 772.269		8 289.35	71.759	0.949 748	8 727.994
70		2 939.50	65.772	0.911 92	3 223.42		4 228.90	64.409	0.901 9	4 688.877
76		1 716.67	66.010	0.913 616	1 878.983		2 494.27	65.850	0.912 477	2 733.514
82		1 058.50	66.146	0.914 579	1 157.363		1 448.03	67.770	0.925 673	1 564.3

注:表中 $G^*$ 与 $G^*/\sin\delta$ 单位均为 Pa

从表 2 可以看出对于两种改性沥青的车辙因子  $G^*/\sin\delta$  的值都是随着温度的升高而下降,能够满足 SHRP 规范的要求。同一种温度下,无论是原样沥青还是薄膜老化后沥青的  $G^*/\sin\delta$  值 SBS 化学改性沥青的都大于物理 SBS 改性沥青的,一般为 SBS 物理改性沥青的 1.2~1.4 倍。这就说明 SBS 化学改性沥青的抵抗永久变形的能力更强。

(2)将两种改性沥青的小梁分别在-6℃、-12℃、-18℃低温下进行 BBR 试验(表 3)。

表 3 沥青弯曲梁流变试验(BBR)

性能指标	沥青类型	-6℃	-12℃	-18℃
蠕变劲度/MPa	物理改性	97.5	162	320
	化学改性	86.2	128	280
$m$ 值	物理改性	0.368	0.318	0.261
	化学改性	0.408	0.324	0.283

沥青弯曲梁流变试验是用来评价沥青低温流变性能。SHRP 认为蠕变劲度越小相应的  $m$  值越大,沥青的低温开裂的可能性会随之减小。试验数据中,同一温度下 SBS 物理改性沥青的蠕变温度较 SBS 化学改性沥青大,而  $m$  值却比化学的小。也就是说,化学改性沥青的低温性能要好。

3 沥青混合料性能比较分析

3.1 沥青混合料常规性能测试及比较分析

结合工程采用 AK-13A 的矿料来配置沥青混合料,进行了沥青混合料的马歇尔稳定度、浸水马歇尔稳定度、沥青混合料车辙动稳定度、劈裂强度、无侧限抗压强度和抗压模量等的对比试验研究。

3.1.1 马歇尔试验

马歇尔试验来判断沥青混合料的高温性能是一种很简便的方法。从表 4 可以看到,经过改性后的沥青制得马歇尔试件的稳定度较基质沥青要大,流值要小。这就说明其高温性能要比基质沥青好。其中,化学改性沥青性能更为优越。

表 4 马歇尔试验性能

性能	马歇尔试件 (基质)	马歇尔试件 (物理)	马歇尔试件 (化学)
空隙率/%	4.8	4.8	4.6
沥青饱和度/%	70.0	70.8	71.2
稳定度/kN	11.81	14.03	18.67
流值/0.1 mm	38.7	37.4	36.7

3.1.2 浸水马歇尔试验

从表 5 可知,改性沥青混合料的浸水马歇尔稳定度都有不同程度的提高,残留稳定度也有所提高,

都达到了80%以上,且都满足规范要求(非改性沥青为75%,改性沥青为80%)。残留稳定度的提高表明沥青混合料抗水损害的能力增强,化学改性试件性能明显好得多。

表 5 浸水马歇尔试验性能

性能	马歇尔试件 (基质)	马歇尔试件 (物理)	马歇尔试件 (化学)
空隙率/%	4.6	4.7	4.5
沥青饱和度/%	72.0	72.4	73.3
稳定度/kN	9.42	12.53	17.29
流值/0.1 mm	61.2	52.7	48.6
残留稳定度/kN	79	89	93

### 3.1.3 车辙试验

从表 6 明显可以看出,各个试件的动稳定度有如下关系:化学>物理>基质,且满足相应的规范要求。其中,化学改性的试件动稳定度为物理改性的 1.44 倍,化学改性沥青试件抵抗高温车辙的能力要比物理的强得多。

表 6 车辙试验性能

性能	车辙试件 (基质)	车辙试件 (物理)	车辙试件 (化学)
45 min 变形/mm	2.24	1.82	1.48
60 min 变形/mm	2.62	2.05	1.64
动稳定度/(次/mm)	1 750	2 739	3 938

## 3.2 SHRP 相关混合料试验及对比分析

### 3.2.1 冻融劈裂试验

旋转压实成型试件,每组平行试件 3 个,进行冻融劈裂测试,结果见表 7。

表 7 冻融劈裂试验数据

类别	未冻融循环试件 劈裂抗拉强度			冻融循环后试件 劈裂抗拉强度			冻融劈裂 强度比, %
	最大荷载	劈裂强度	平均值	最大荷载	劈裂强度	平均值	
	kN	MPa	MPa	kN	MPa	MPa	
物理	7.16	0.709	0.718	6.89	0.682	0.623	86.8
	7.84	0.776		5.36	0.531		
	7.06	0.669		6.63	0.656		
化学	7.44	0.737	0.759	6.73	0.666	0.663	87.4
	7.91	0.783		6.20	0.614		
	8.78	0.810		7.15	0.708		

从表 7 可以看出,化学改性沥青的混合料的劈裂抗拉强度和冻融劈裂强度比都优于物理改性沥青。也就是说化学改性的混合料的水稳定性相比较较好。

### 3.2.2 APA 车辙试验

对两种沥青的混合料成型试件,按要求进行 APA 车辙测试。试验温度 60℃,碾压次数 8 000 次,碾压速度 50 次/min,橡胶管压力 0.7 MPa,碾压轮压力 45 kg。试验结果如表 8。

表 8 APA 车辙数据比较

碾压次数/次	车辙深度/mm	
	物理	化学
500	0.947	0.625
1 000	1.145	0.798
1 500	1.288	0.904
2 000	1.395	1.004
3 000	1.582	1.189
4 000	1.763	1.263
5 000	1.912	1.343
6 000	2.033	1.456
7 000	2.115	1.519
8 000	2.202	1.549

从表 3 可以明显地看出 SBS 物理改性沥青的 APA 车辙深度比 SBS 化学改性沥青深得多。这就说明化学改性沥青的高温性能比物理改性沥青好。

## 4 试验路的验证

根据以上研究结果,2004 年 7 月在淮江公路扬州段养护改善工程中铺筑了 1 000 m 的试验路。其中 500 m 为物理改性沥青路面,另外 500 m 为化学改性沥青路面。施工中严格控制好原材料的质量以及混合料的组成设计、拌和、运输、摊铺、碾压等各个环节,组织管理到位,确保了工程质量。

### 4.1 现场沥青混合料马歇尔试验

将拌和场拌和好的沥青混合料取料至实验室进行击实成型,按照试验规程进行马歇尔试验和浸水马歇尔试验,测试结果列于表 9。

表 9 现场沥青混合料马歇尔和浸水马歇尔试验数据

试件类型	流值 0.1 mm	稳定度 kN	浸水流值 0.1 mm	浸水稳定 度/kN	残留稳定度 %
物理	39.1	13.11	57.3	10.75	82
化学	38.2	16.38	51.6	14.83	91

结果表明现场混合料的测试结果和试验室配置的结果一样,化学改性沥青混合料的高温 and 抗水损坏性能好于物理改性沥青混合料。

### 4.2 现场沥青混合料车辙试验

取现场混合料通过试验室成型,按照试验规程进行测试。

表 10 现场沥青混合料车辙试验数据

试件类型	动稳定度/(次/mm)
车辙试件(物理)	2 625
车辙试件(化学)	3 706

车辙试验的结果同样说明了化学改性沥青混合料具有比物理改性沥青混合料更好的高温抗辙性能。

经过半年的考验,目前路况良好。由于铺筑时间不长,我们将继续跟踪研究试验路的情况,对比 SBS 物理改性沥青和 SBS 化学改性沥青实际路用性能的差异。

## 5 结语

(1)加德士沥青经 SBS 改性后,无论物理改性还

是化学改性,其沥青性能都得到很大的提高。

(2)从试验结果可以看出,SBS 化学改性沥青的感温性能、高低温性能和抗老化性能都强于 SBS 物理改性沥青。

(3)从综合性能上分析,SBS 化学改性沥青混合料的高温抗辙、低温抗裂和抵抗水损坏性能均好于 SBS 物理改性沥青。

(4)利用 SHRP 试验得出的研究结果可以和常规试验结果很好的吻合。

## 参考文献:

- [1] 沈金安. 改性沥青与 SMA 路面[M]. 北京:人民交通出版社. 1999.
- [2] JTJ 052—2000,公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].

# Contrast of Performances of SBS Physically Modified Asphalt and SBS Chemically Modified Asphalt

*XIAO Peng, MA Ai-qun*

(Science Technology and Engineering College, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

**Abstract:** The normal and special performances of SBS physically modified asphalt and SBS chemically modified asphalt are studied systematically. On the basis of the performances the differences of the two kinds of modified asphalt are analyzed. Furthermore the results are validated by building test road. The results show that the performance of SBS chemical modified asphalt is better.

**Key words:** road engineering; modified asphalt; experimental research; test road; performance