

岩沥青与 SBS 沥青复合改性试验研究

徐朝¹, 樊亮², 陈江², 王林², 刘建文³

(1. 山东建筑大学, 山东 济南 250101; 2. 高速公路养护技术交通行业重点实验室, 山东 济南 250031

3. 内蒙古呼伦贝尔市莫力达瓦旗公路管理站, 内蒙古 呼伦贝尔 162850)

摘要: 为获得高质量的水泥混凝土桥面沥青铺装层用胶结料, 以 SBS 改性沥青为基础, 进行了一系列高软化点天然岩沥青复合改性试验工作, 通过常规指标检测及 SHRP 沥青性能分级, 对比分析了不同岩沥青掺量对 SBS 沥青复合改性效果的影响, 探讨了复合改性沥青的高温性能、低温性能、温度敏感性等。结果表明, 岩沥青与 SBS 复合改性具有更好的高温优势, 同时低温性能可控制在接受范围内, 是一种新型的高模量沥青胶结料。

关键词: 天然岩沥青; SBS 改性沥青; 复合改性; 流变性能

中图分类号: U416.217

文献标识码: B

Study on the mixed modified asphalt mixtures of rock asphalt with SBS

XU Zhao, FAN Liang,

CHEN Jiang, WANG Lin, LU Jian-wen

(1. Shandong Architectural University Shandong Jinan 250101 China

2. Key Laboratory of Expressway Maintenance Technology Ministry of Transport Shandong Jinan 250031 China

3. Molidawaqi Highway Administrative Office of Inner Mongolia Hulunbeier City Inner Mongolia Hulunbeier 162850 China)

Abstract: In order to obtain high-quality asphalt binder used for cement concrete bridge deck pavement, this paper carries out the research of hard asphalt binder. Basing on SBS modified asphalt, it has done a series of tests compounded with natural asphalt through the conventional detection measures and the SHRP performance

specifications, it comparatively studies the effect of compound modified asphalt performance of different rock asphalt content to SBS modified bitumen, such as high temperature performance, low temperature performance, temperature sensitivity. The results show that rock asphalt compounded with SBS has better high-temperature performance, while low-temperature performance can be controlled within acceptable range, it is a new type of high modulus asphalt binder.

Key words: natural rock asphalt; SBS modified asphalt; complex modification; rheological properties

引言

为提高当前高等级沥青路面使用寿命和服务质量, 尤其是沥青层桥面铺装系统要求沥青混合料要具有良好的高温抗变形能力兼低渗透性能的特点, 采用硬质沥青、低空隙率、密级配的高模量沥青混凝土设计理念将是一种全新的尝试。硬质沥青, 法国通常指 25℃针入度小于 25(0.1 mm)的道路沥青。本文针对目前水泥混凝土桥桥面沥青铺装层广泛采用的胶结料 SBS 改性沥青, 以添加高软化点天然岩沥青的方式进行复合改性, 以针入度值控制在 25(0.1 mm)左右来确定岩沥青掺配量, 采用我国针入度分级体系标准并结合 SHRP 沥青性能分级对复合改性沥青进行高低温性能评价, 以此来讨论复合改性沥青的路用性能变化。

1 试验材料与设计

试验原材料采用我国某成品 SBS 改性沥青, 常规性能指标符合《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40—2004 提出的 SBS(I-D)技术要求, 见表 1; 四川产天然岩沥青的技术性能见表 2。岩沥青内掺比例为 2.5%、5%、7.5%。复合改性沥青的制备过程为: SBS 改性沥青加热至流动状态时, 加入岩沥青搅拌混合 30 min 后, 于 175℃保温令其溶胀发育 1 h 随后采用高速剪切乳化机在 180±5℃温度下剪切 20 min 继续搅拌至除去气泡即可。

对 SBS 改性沥青及 3 种不同岩沥青掺量的复合

收稿日期: 2009-10-09

作者简介: 徐朝(1985—), 女, 山东枣庄人, 硕士研究生, 主要研究方向为沥青与沥青混合料。

改性沥青样品,进行常规性能指标的检测同时也按照SHRP沥青性能分级标准,采用动态剪切流变仪(DSR)对原样沥青与旋转薄膜短期老化后的沥青进行高温性能评价;对经过长期压力老化后的沥青试样采用小梁弯曲流变仪(BBR)进行低温性能评价。检测数据见表 1。

表 1 SBS改性沥青及复合改性沥青试验结果

项目	SBS改性沥青		岩沥青各掺量下复合改性沥青试验值		
	试验值	规范要求	2 5%	5 0%	7 5%
针入度(25℃)/0.1mm	42	40-60	32	21	18
针入度指数 PI	0.31	≥0	0.49	1.21	1.56
针入度粘度指数 PVN	-7.96	—	-7.37	-6.86	-6.25
当量软化点 T ₈₀₀	58.25	—	62.32	71.89	76.05
当量脆点 T _{1/2}	-15.68	—	-13.59	-12.41	-12.47
软化点℃	90	≥60	91	92	94
延度(10℃)/cm	54.8	—	44.6	27.2	9.1
延度(5℃)/cm	26.3	≥20	19.2	10.0	1.8
粘度(135℃)Pa·s	2.213	≤3	3.350	4.913	8.275
离析(℃)	0.4	≤2.5	0.6	0.8	1.2
质量变化%	-0.072	≤±1.0%	-0.058	-0.062	-0.037
TROT后	残留针入度比%	≥65	91	90	88.9
	残留延度(10℃)/cm	—	25.7	15.0	7.3
	残留延度(5℃)/cm	≥15	10.0	7.0	1.1
PG等级	76-22		82-22	88-16	94-16

表 2 岩沥青技术性能

产品外观	灰分(%)	不同溶剂不溶物含量(%)			甲苯可溶四组分(%)			
		二硫化碳	甲苯	三氯乙烯	饱和分	芳香分	胶质	沥青质
棕褐色粉末状	7.7	31	42	无法过滤	0.96	4.49	11.56	82.99

2 试验结果与分析

2.1 温度敏感性

对于复合改性沥青的温度敏感性,本文采用由15℃、25℃和 30℃针入度计算而来的针入度指数 PI

值及北美、加拿大基于 25℃针入度和 135℃粘度值计算的针入度粘度指数 PVN来评价。本次试验改性沥青的 PI与 PVN数值(表 1)及岩沥青掺量对两者的影响曲线如图 1所示:

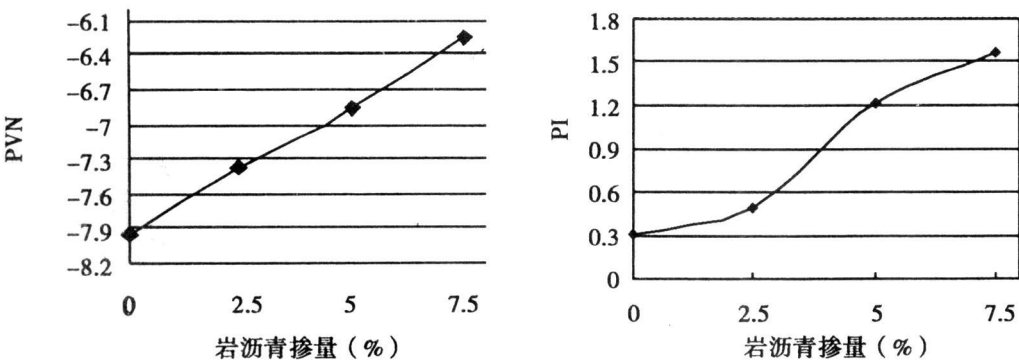


图 1 岩改性沥青感温性指标变化趋势图

可以看出,岩沥青在 2.5%—7.5%掺量区间内,两个指标变化均呈增大趋势,表明复合改性沥青材料的感温性逐渐弱化;针入度粘度指数 PVI与岩沥青掺量的单调增长关系相对来讲更好。说明岩沥青的掺入提高了沥青体系的凝胶化程度,降低了复合改性沥青在中低温区间内的温度敏感性,在具体桥面铺装层的使用中可更好的改善沥青的抗温缩裂缝能力。

2.2 高温性能

在夏季高温条件下,沥青性能由粘弹性体向塑性体转化,劲度模量大幅度降低,抗变形能力也急剧下降,因此沥青胶结料高温性能对沥青路面的高温稳定性影响显著。

2.2.1 当量软化点和粘度

传统意义上,按照我国针入度分级体系,常用软化点表征沥青材料的高温性能,软化点越高,沥青的耐高温性能越好,但由于软化点的真实性受到蜡含量的影响,本文采用当量软化点 T_{800} 来代替实测软化点。利用布洛克菲尔德粘度计方法测定沥青 135℃粘度,粘度越大,表征着沥青高温抗流变能力将越好。试验结果表明,掺加岩沥青后沥青当量软化点与粘度均增长迅猛(图 2),预示着复合改性沥青的高温抗流动变形能力增强,有利于沥青路面抗车辙能力的提高。

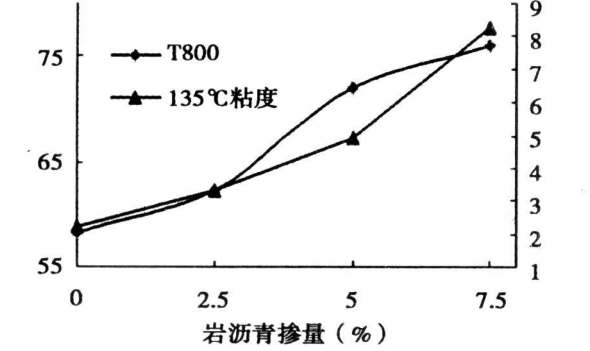


图 2 岩改沥青高温性能指标 T_{800} 与粘度变化

2.2.2 车辙因子、动态模量与相位角

SHRP沥青胶结料性能规范,提出以车辙因子 $G^*/\sin\delta$ 来评价沥青胶结料高温稳定性。本次试验采用 TA公司生产的 AR2000 EX型动态剪切流变仪(DSR),对复合改性沥青进行了性能分级试验。试验剪切频率为 10 rad/s,以控制应变的方式对原样沥青、RTFOT残留物沥青进行对比研究;以原样沥青、RTFOT残留物沥青的 $G^*/\sin\delta$ 分别不小于 1.0 kPa和 2.2 kPa的标准进行高温性能分级;分析不同岩沥青掺量下,复合改性沥青粘弹性指标的变化特征。

从试验结果中,选取高温 82℃时沥青的抗车辙因子和动态模量变化进行分析(如图 3)。可看出同一温度下,老化前后复合改性沥青的抗车辙因子和动态模量值都随着岩沥青掺量的增加而增大,明显高于 SBS改性沥青,体现出弹性增强的趋势,整体改性效果表明岩沥青的加入对高温稳定性有很大的提高,从表 3的数据还可以看出,复合改性沥青具有较高的高温性能等级。

从岩沥青掺量对沥青相位角的影响来分析复合改性沥青的粘弹性特征。图 4给出了老化前后不同岩沥青掺量下,复合改性沥青相位角于不同试验温度下的变化趋势。可以看出,老化前, SBS改性沥青的相位角随温度升高而显著降低,老化后相位角则呈现增大趋势,究其原因认为 SBS改性沥青作为高分子聚合物改性沥青,聚合物分子在高温下活性将增强,使其相位角降低,弹性性能增加;然而热老化过程会对 SBS改性沥青的高分子结构产生破坏作用,降低其弹性行为。岩沥青掺加后,由于其性能更接近基质沥青,相位角对温度的敏感性要好于聚合物改性沥青,尤其是经过热老化过程后,同一温度下,相位角随着岩沥青掺量增大而降低,说明复合改性沥青的弹性行为增强,则相同承载力条件下,越不容易产生塑性变形,抗车辙能力越高。

表 3 复合改性沥青老化前后车辙因子数据

试验温度	老化前				RTFOT老化后			
	SBS	+2.5%	+5%	+7.5%	SBS	+2.5%	+5%	+7.5%
76℃	1.978	3.199	6.232	11.15	3.435	5.939	10.05	17.13
82℃	1.299	1.922	3.646	6.398	2.025	3.399	5.835	10.12
88℃	0.921	1.210	2.255	3.721	—	1.985	3.460	5.954
94℃	—	0.809	1.502	2.206	—	1.189	2.111	3.513
高温 PG等级℃	82	88	94	100	76	82	88	94
PG连续等级℃	86.3	90.9	98.8	103.5	81.1	87.2	93.7	99.4

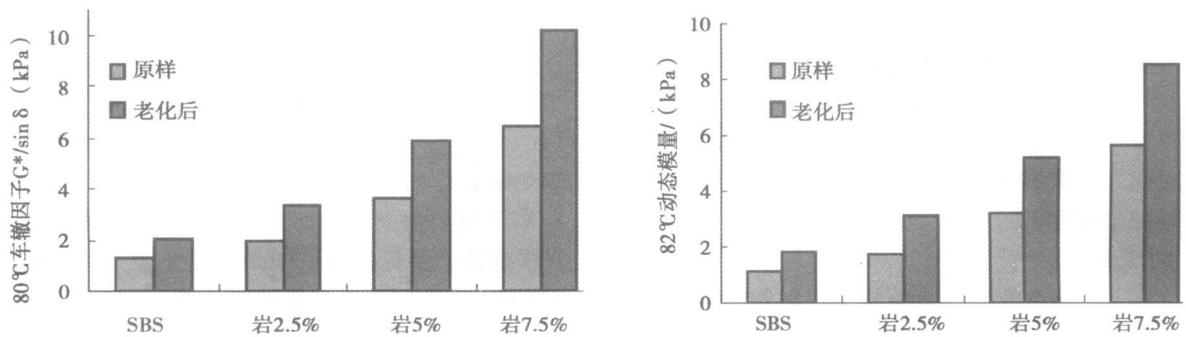


图 3 岩改沥青 82°C 抗车辙因子与动态模量变化

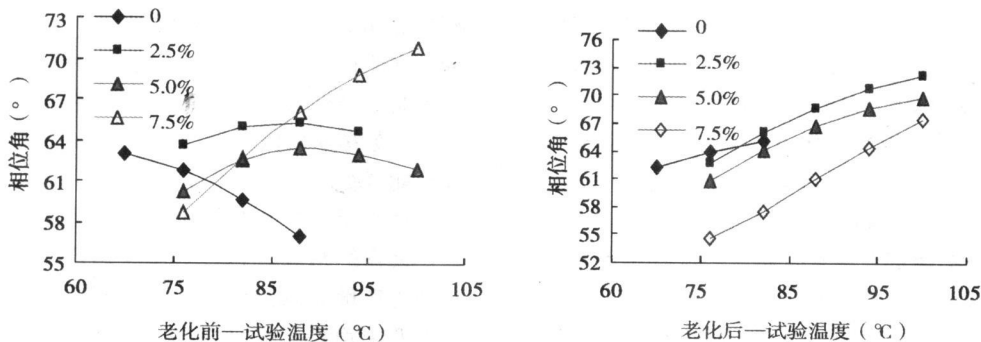


图 4 老化前后岩改沥青高温流变性能相位角变化

2.3 低温性能

2.3.1 当量脆点 T_{L2} 与延度

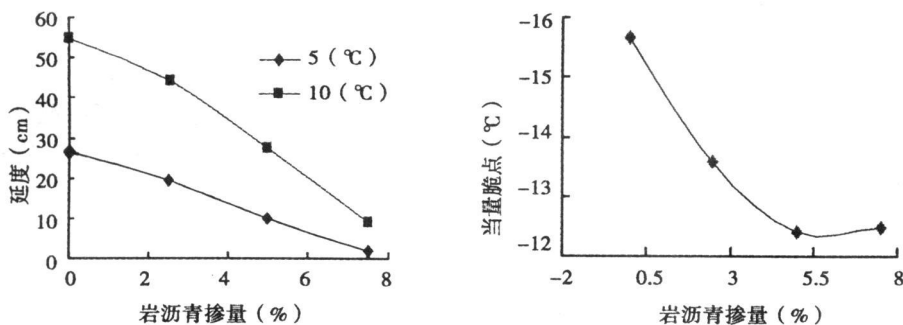


图 5 不同岩沥青掺量低温当量脆点与延度变化

沥青胶结料低温性能的优劣影响着沥青混合料的低温抗开裂性能。我国常规试验一般用脆点与延度来说明沥青低温性能的优劣。低温延度越大,表明沥青的低温性能越好;另外,以当量脆点 T_{L2} 来衡量沥青的低温抗裂性,已有研究证明与沥青路用性能有很好的相关性,当量脆点越低,沥青路面越不容易产生低温裂缝。本次试验结果如图 5 所示,由于岩沥青的加入,复合改性沥青低温延性降低,尤其 5°C 延度试验

样品在刮模脱模过程中易脆断,7.5% 掺量时延度值几乎为 0。当量脆点反映出来的结果与延度相同,由于受到针入度试验精确度的影响,5% 与 7.5% 岩沥青掺量时 T_{L2} 相差不大,但仍表现当量脆点随掺量增加升高的趋势;虽然 SBS 改性剂对沥青的低温性能有一定的改善,但由于岩沥青沥青质含量高,高掺量下仍会对复合改性沥青的低温性能有削弱。

2.3.2 蠕变劲度 S 与蠕变速率 m

SHRP沥青胶结料性能规范采用弯曲梁流变仪 (BBR)试验来预测沥青低温流变特性,以测试沥青蠕变劲度 $S \leq 300$ MPa和蠕变速率 $m \geq 0.3$ 时相应试验温度以下 10°C 作为沥青的低温性能分级,本次试验结果如表 4。通过图 6可以更直观的看出,同一温度条件下,复合改性沥青的低温蠕变劲度随岩沥青的掺量增加而升高,蠕变速率随之降低,这意味着岩沥青的加入,导致沥青的低温松弛能力有所降低;由于 DHRP

沥青结合料路用性能规范采用 6°C 性能分级划分,跨度较大,使得低掺量 2.5%的复合改性沥青的低温等级与 SBS相同,均为 -22°C ;掺量 5%与 7.5%时低温等级同降为 -16°C ;而若按 m 值为 0.3时的临界温度划分时,掺加岩沥青复合改性沥青的低温等级虽有降低,但降幅并不大 (见表 4)。因此,适当控制该岩沥青掺量,复合改性沥青的低温性能仍可在接受范围内。

表 4 不同岩沥青掺量复合改性 BBR试验结果

沥青试样	$S \leq 300$ MPa			$m \geq 0.3$			PG低温等级 ($^{\circ}\text{C}$)	m 值 0.3时临界温度 ($^{\circ}\text{C}$)
	-6°C	-12°C	-18°C	-6°C	-12°C	-18°C		
SBS	64.3	145	313	0.373	0.327	0.269	-22	-14.64
+川岩 2.5%	75.8	160	296	0.361	0.306	0.26	-22	-13.07
+川岩 5%	90	172	317	0.342	0.28	0.246	-16	-10.70
+川岩 7.5%	126	194	379	0.316	0.278	0.231	-16	-8.48

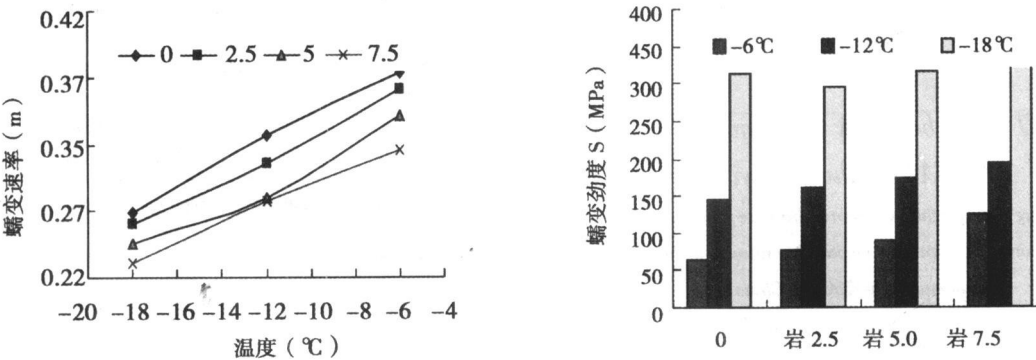


图 6 岩改沥青低温性能蠕变劲度 S 与蠕变速率 m 变化

3 结语

试验结果表明:岩沥青的掺加,对 SBS改性沥青的流变性能有着显著的影响,这种复合改性沥青的高温抗车辙能力显著提高,并随着改性剂掺量增加而增大,尤其是在经历热老化作用后,复合改性沥青的抗车辙能力进一步增大;但相对 SBS改性沥青低温性能有削弱,只是降低幅度不大,需适当控制岩沥青的掺量,同时结合沥青桥面铺装系统使用性能要求,对沥青混合料低温性能做进一步试验研究。

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, 2001.
[2] 杨军. 聚合物改性沥青[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
[3] 贾渝. 高性能沥青路面 (SuperPave)基础参考手册[M]. 北京: 人民交通出版社, 2005.
[4] 樊亮, 张燕燕, 申全军. 天然岩沥青对沥青流变性能的影响[J]. 中外公路, 2007.
[5] 夏选朋, 张若楠, 付宏伟. 高模量沥青混合料的特性和新发展[J]. 中外公路, 2005.