

文章编号:1671-8879(2007)06-0006-05

SBS 改性沥青软化点试验特性

张争奇¹, 崔文社², 马良³, 李平¹

(1. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064; 2. 陕西省高速机械工程有限公司, 陕西 西安 710075; 3. 陕西省高速公路建设集团公司, 陕西 西安 710054)

摘要:软化点是评价改性沥青高温性能的重要指标, 为了研究 SBS 改性沥青软化点特性及其影响因素, 采用软化点试验方法, 对经过高温储存和常温储存以及短期老化和长期老化后 SBS 改性沥青的软化点进行了测试。结果表明:改性沥青的软化点表现出复杂的变化规律, 其变化与改性沥青的配伍性有关; 基质沥青对改性剂的溶胀以及改性剂对沥青的吸附是改性沥青初期性能和储存稳定性的关键, 而改性剂在储存和老化条件下的变化是软化点发生变化的根源。

关键词:道路工程; SBS 改性沥青; 软化点; 试验; 特性

中图分类号:U414.75

文献标志码:A

Experimental feature of softening point of SBS modified asphalt

ZHANG Zheng-qi¹, CUI Wen-she², MA Liang³, LI Ping¹

(1. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China; 2. Shaanxi Province Expressway Machinery Limited Corporation, Xi'an 710075, Shaanxi, China; 3. Shaanxi Province Expressway Construction Group, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

Abstract: Softening point is an important indicator for high temperature performance of SBS modified asphalt. In order to study the experimental feature of softening point of SBS polymer modified asphalt(PMA) and its changing law, the different kinds of SBS modified asphalt were selected and their soft points after storage and aging were tested. The test results indicate that the softening point of PMA show a complicated change rule, the changing law has relation with the combination of asphalt and modifier. The swelling and absorption of base asphalt and SBS modifier are the key factors influencing the performance and storage stability of PMA, and the degradation of SBS modifier after storage and aging is the reason of the softening point's changing. 5 tabs, 3 figs, 10 refs.

Key words: road engineering; SBS modified asphalt; softening point; test; feature

0 引言

近年来,改性沥青被广泛地用于高速公路、机场道面、桥面铺装等地方,在应用规模上 SBS 改性沥

青占据了绝对的优势。一般认为,聚合物改性剂属大分子物质,加入沥青后,会使沥青的粘稠度增加,改善了改性沥青的高温性能,这已成为改性沥青得到广泛应用的主要原因。在各项指标中,软化点是

收稿日期:2006-05-20

基金项目:国家西部交通建设科技项目(200631881221)

作者简介:张争奇(1967-),男,陕西扶风人,教授,博士, E-mail:z-zhengqi@126.com。

用来评价改性沥青高温性能的一个重要指标。大量研究发现:改性沥青的软化点表现出与沥青不同的试验特性^[1-3];改性沥青软化点试验结果与诸多生产因素有关^[4-6],而且表现出复杂的变化。如仅采用新的改性沥青软化点的试验结果,不考虑生产环节对试验结果的影响,往往会得出错误的结论。从实际应用来讲,改性沥青从生产到使用所经历的环节较多,致使改性沥青的质量发生老化。改性沥青经过一定阶段的储存,以及施工阶段的老化(短期老化)和长期使用过程中的老化(长期老化),软化点发生何种变化,这对正确评价改性沥青的高温性能至关重要^[7-9]。本文试验研究短期老化(RTOF)和长期老化(PAV)以及储存方式对 SBS 改性沥青软化点变化的影响,并分析了改性沥青软化点的变化规律及影响因素。

1 聚合物改性沥青溶胀和吸附

聚合物改性是一种物理改性。改性剂经机械方式逐渐分散到沥青中,基本是以粒子或拉丝状分布于沥青中。改性剂粒子吸附沥青,并在轻质组分的作用下发生溶胀^[10]。轻质组分吸附在以改性剂为“核”的周围形成一种“聚集团”,在“核”周围的“聚集团”形成既不同于沥青也不同于改性剂的粘度较大的界面层。“聚集团”特性是聚合物改性沥青路用性能和储存性能发生变化的本质原因。聚合物改性剂作为有机物,加入沥青后,在轻质组分的作用下发生溶胀与吸附是聚合物改性沥青区别于其他改性剂的关键。如果没有溶胀和界面层的形成,就不会有聚合物改性剂的优良改性效果,就会与填料、碳黑、硅藻土以及一些纳米材料没有多大区别,也就不会有明显的改性效果。“聚集团”厚度与基质沥青的组分构成有重要关系,而其稳定性与基质沥青和改性剂的相互作用有关。改性沥青属于热力学不相容体系,如果试验或储存条件发生变化,改性沥青混合溶液中分散相与分散介质就会变化,必然引起性能的变化和相容性的变化。而分散相和分散介质相容性的变化,会表现为储存稳定性的变化。

软化点多被用来测量改性沥青粘度,是反映改性沥青高温性能的一个重要度量指标。“聚集团”在储存和老化过程的变化必然会引起软化点的变化。

2 存储对改性沥青软化点的影响

2.1 高温存储对改性沥青软化点的影响

测试改性沥青高温存储软化点的变化可分两种

情况:一种是试验室制作并取样;一种是在改性沥青生产现场的大型储罐中取样。结果发现,两种改性沥青在存储过程中表现出不同的变化特点。

试验选用一种盘锦基质沥青,改性剂选用 LCY411、SBS501、YH2#、SBS898、SBS761,4.5%~5%剂量 6 种组合改性沥青,采用室内小型剪切工艺,加工温度为 170℃,在转速 8 000 r/min 下搅拌 20~30 min,发育 2~4 h,制成改性沥青备用。24 h 后,按规定(存储温度 155℃~160℃)在不同存储时间取样,测试改性沥青软化点,试验结果见表 1。

表 1 实验室制作改性沥青软化点的变化℃				
改性沥青序号	改性剂	存储 2 h	存储 14 h	存储 26 h
1	5%LCY411	85	76	57
2	5%SBS501	87	86	82
3	5%YH2#	87	85	80
4	5%SBS898	81	70	55
5	5%SBS761	85	68	57
6	4%SBS501	77	61	59

(1)短时间存储的改性沥青的软化点比较接近,不同改性剂之间的差别很小,线型或星型均没有突出的改性优势。同剂量改性沥青的软化点差别不超过 6℃,如图 1 所示。

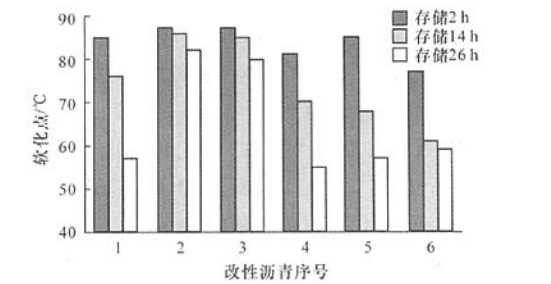


图 1 改性沥青软化点的变化

采用相同的剪切工艺,改性剂分散于沥青中,在沥青的作用下发生溶胀。SBS 改性剂虽然有线型和星型之分,也有嵌段比、分子量的差别,但均属同一种物质;在同样的机械力的作用下,粒子大小接近;在相同沥青作用下,初期的溶胀程度也比较接近;且不同改性剂新生粒子具有相近的表面能,对沥青的吸附作用也相似。这种相同基质沥青的改性沥青“聚集团”的数量和厚度比较接近,所以表现出软化点差别不大。如果基质沥青不同,则沥青和改性剂之间的溶胀和吸附作用不同,“聚集团”的厚度不同,表现出软化点有较大的差别,如表 2 所示。另外,沥青和改性剂的相互作用也是影响稳定性的因素。

(2)经高温储存一段时间后,各改性沥青软化点均有所降低,但不同的改性剂降低幅度不同,从最初

表 2 大型储罐中改性沥青软化点的变化 $^{\circ}\text{C}$

改性沥青序号	存储 2 h	存储 4 h	存储 18 h	存储 22 h
1		55.8	75.0	74.0
2	63.0	67.0	70.5	84.0
3	77.0	82.0		80.0
4	67.0	61.0		61.0

软化点差别不超过 6°C , 经 24 h 的储存, 差别达到 27°C , 表现出完全不同的质量稳定性。由于采用的是相同的基质沥青, SBS 改性剂是产生这种软化点衰减幅度不同的主要原因。因此, 软化点衰减是“聚集团”变化和基质沥青老化导致的必然结果。

在改性沥青储存过程中, 改性沥青混合溶液中的“聚集团”发生着增厚与减薄两种动态变化。增厚是改性剂进一步溶胀, 减薄是“聚集团”中轻质组分不断析出; 增厚使改性沥青的粘度继续增大, 减薄使粘度降低。这个变化过程取决于存储过程中改性剂的变化, 改性剂“核”在热力作用下, 发生着质量的变化, 进而影响着“聚集团”的厚度。在较高温度和加工初期, 改性剂不断溶胀, 增厚的可能性更大一些, 粘度增加; 而长时间的高温存储, 改性剂“核”会发生老化, 吸附能力降低, 轻质组分从“聚集团”中析出, 减薄是必然趋势, 粘度会降低; 在较短时间和较高温度的存储条件下, 两种趋势都有可能, 均取决于改性剂“核”的稳定性。由于聚合方式、嵌段比和分子量的差异, 不同改性剂“核”的抗老化性能不同, 在同样存储条件下, “聚集团”表现出不同的稳定性, 故而软化点表现出不同的衰减幅度。

如本文试验中的改性剂 LCY411、SBS898、SBS761 和 SBS501, 经过 24 h 存储, 软化点衰减幅度达到 $18^{\circ}\text{C} \sim 27^{\circ}\text{C}$; 而改性剂 SBS501 和 YH2[#] 经 24 h 存储, 软化点仅变化 $5^{\circ}\text{C} \sim 7^{\circ}\text{C}$, 说明改性剂对改性沥青的质量稳定性有很大影响。

(3) 为了分析存储过程对改性沥青性能的影响, 对现场生产的不同改性沥青进行了取样测试, 试验结果见表 2。改性沥青加工温度为 $160^{\circ}\text{C} \sim 170^{\circ}\text{C}$ 时, 在胶体磨中过 2~4 遍, 最后发育 2 h。

不同基质沥青组分的质量分数各异, 沥青和改性剂之间的溶胀和吸附作用就有差别, “聚集团”的厚度则不同, 故而表现出不同的初始软化点; 在存储过程中, 不同改性剂的抗老化性能不同, 软化点有增有减, 且随时间呈动态变化。试验测试的几种不同改性沥青的软化点基本上是以增加趋势为主(图 2), 说明改性沥青在大型储罐内存储 22 h, 改性剂

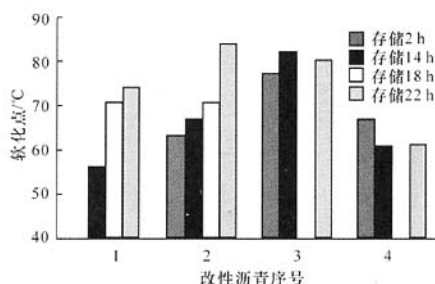


图 2 改性沥青存储中稳定性的变化

继续溶胀, “聚集团”在不断增厚。测试结果与试验室内小型加工改性沥青样品有所区别, 这可能与加工方式有关。改性沥青在胶体磨中磨过以后, 直接进入储罐, 改性剂还有较多的溶胀空间; 随着存放时间的延长, 改性剂“聚集团”厚度增加, 软化点增大。

(4) 对比表 1、表 2 可以发现, 采用不同改性剂对同一基质沥青改性, 初始测试软化点差别并不大(表 1); 而基质沥青不同, 初始软化点有较大的差别(表 2)。说明基质沥青对改性沥青的质量有重要的影响, 表现在沥青对改性剂的溶胀上。而在存储过程中, 不同改性剂的改性沥青的软化点有增有减, 且变化幅度不同(表 1), 说明改性剂对改性沥青的质量稳定性有较大影响, 这主要表现在改性剂抗老化性能上。

2.2 常温存储对改性沥青软化点的影响

为了考察常温存储过程中改性沥青软化点变化情况, 在不同时间分别制备两组 SBS 改性沥青样品, 每组包括剂量为 4%、5%、6% 的改性沥青。第一组在室温下存储 30 d, 第二组存储 20 d。每次试验时将改性沥青加热搅拌均匀后取沥青样品, 测试软化点的结果见表 3。

表 3 改性沥青常温存储中稳定性的变化

剂量/ %	5 月 30 日制备				6 月 10 日制备			
	存储前	30 d 后	衰减值	衰减率/%	存储前	20 d 后	衰减值	衰减率/%
	软化点/ $^{\circ}\text{C}$		%		软化点/ $^{\circ}\text{C}$		%	
4	73.2	53.2	20	27	70.5	54.0	16.50	23
5	88.7	54.5	34.2	39	82.0	57.0	25.00	30
6	95.1	70.8	24.3	26	94.1	>80.0	<14.10	15

由表 3 可以发现, 改性沥青在常温下存储一定时间后, 软化点均发生了衰减现象, 最大衰减程度达到 39%。分析可知, 在改性沥青储存的初期, “聚集团”的增厚是主要过程, 表现出软化点的增大; 而随着时间的延长, “聚集团”的减薄是主要过程, 软化点随之降低。

在高温下形成的“聚集团”并不是稳定的, 在长时间的常温放置过程中, “聚集团”中的改性剂“核”

会逐渐发生变化,轻质组分会从“聚集团”中析出,“聚集团”厚度减薄,粘度变小,软化点降低。

常温下改性沥青软化点随时间而降低的现象,文献[4]也已发现,并进行了研究,认为改性剂体积的变化是根本原因。

3 老化对改性沥青软化点的影响

老化分为施工期间的短期老化和使用过程中的长期老化。短期老化采用旋转薄膜烘箱试验(RTFOT)模拟;长期老化采用 SHRP 提出的压力老化试验(PAV)模拟。

本文采用了 4 种基质沥青:镇海 50、盘锦 110、兰炼 90 和克拉玛依 70;2 种改性剂:SBS401 和 SBS1101。SBS 改性沥青是采用高速剪切工艺制备。改性沥青制作工艺:①加热基质沥青至 160℃,添加规定剂量改性剂,手工搅拌并溶胀 30 min;②开动剪切机,高速搅拌(19 000 r/min)2 h,并保持 160℃高温;③在 125℃高温下溶胀改性沥青 15 h;④继续剪切改性沥青 30 min,制得成品改性沥青。

按照《沥青和沥青混合料试验规程》(JTJ 052-2000),对各改性沥青进行软化点试验,试验结果见表 4。

表 4 改性沥青软化点的变化					℃
改性剂	基质沥青	原样	短期老化	长期老化	
5%SBS401	镇海 50	79.5	76.8	81.5	
	盘锦 110	80.0	71.0	64.0	
	兰炼 90	60.0	65.0	78.0	
5%SBS1101	镇海 50	82.0	74.0	82.0	
	盘锦 110	76.0	56.0	60.0	
	兰炼 90	55.0	62.0	76.0	

(1)两类改性剂——线型 SBS 和星型 SBS 都没有表现出突出的改性优势,不存在改性效果孰优孰劣。对有些沥青(如盘锦沥青),星型改性较明显;而对另一些沥青(如镇海沥青和兰炼沥青),线性 SBS 效果较好。基质沥青对软化点的影响,其显著性远大于改性剂种类的影响。由此可以看出,采用不同的改性剂对同一沥青进行改性,软化点差别不大,如镇海沥青和兰炼沥青,不论是星型 SBS 和线型 SBS,老化前后,两种改性沥青的软化点差别不大(表 4);但采用同一改性剂对不同沥青改性,软化点差别就较大(图 3)。

沥青是改性剂发生溶胀和吸附的根本,是影响“聚集团”界面层厚度和稳定性的重要因素。沥青不同,则沥青的溶胀和吸附作用不同,“聚集团”的厚度不同,表现出软化点有较大的差别。4 种基质沥青

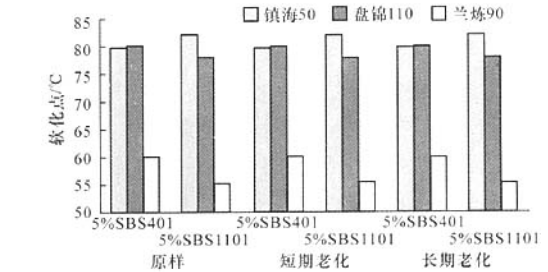


图 3 不同老化状态改性沥青的软化点

的组分不同(表 5),虽然采用相同的改性剂,但改性沥青的软化点却大不相同。

表 5 基质沥青组分				%
沥青样品	沥青质质量分数	饱和分质量分数	芳香分质量分数	胶质质量分数
镇海 50	10.4	13.5	45.6	30.5
兰炼 90	6.0	25.1	34.7	34.2
盘锦 110	6.0	21.3	37.1	35.6
克拉玛依 70	1.0	28.2	31.7	39.1

基质沥青不仅对改性沥青的软化点有影响,也对改性沥青的储存稳定性有一定影响。在改性沥青样品制作过程中发现,对于兰炼基质沥青,不论是线型 SBS1101,还是星型 SBS401 改性,存储稳定性均很差。在样品加工完成后的较短时间内,就会发生离析和分层,改性剂颗粒全聚集在样品上部。而克拉玛依沥青则更差,加入改性剂 SBS401 或 SBS1101 后,根本就无法制成改性沥青;在剪切刚结束后就发生了严重的分层现象,离析严重程度更甚于兰炼沥青。镇海沥青和盘锦沥青离析现象也有较大的差别。

(2)一般情况下,基质沥青随着老化的加深,软化点增大,而改性沥青老化后表现出与基质沥青不同的变化规律,软化点有可能增大,也可能减小,这与具体的改性沥青组合有关,如图 3 所示。

改性沥青的老化是分散介质——以改性剂为核心的“聚集团”的老化和基质沥青的老化综合作用的结果。基质沥青的老化使沥青的粘度增大;“聚集团”的老化使界面层厚度减薄,粘度减小。减薄是由于改性剂老化后对界面层沥青的吸附和作用减弱,不同改性剂老化性能不同,改性剂“核”的吸附和稳定性则不同,表现出不同的衰变。

改性沥青老化后软化点的变化是上述两个方面综合作用的结果。两个不同方向的老化机理使老化后改性沥青软化点的变化无规律,如镇海改性沥青和盘锦改性沥青经老化后软化点基本持平或降低;而兰炼改性沥青老化后软化点增大,而且是软化点

较高者经老化后数值衰减,而软化点低者经老化后数值反而增大。

(3)短期老化和长期老化是两个不同的过程,对“聚集团”的影响不同,对改性剂的影响也不同。短期老化后软化点排序与长期老化后排序不一致,这表明用短期老化后的指标来说明长期老化后的性能缺乏合理性。以 SBS401 改性为例,在原样状态下,软化点排序:盘锦>镇海>兰炼;短期老化后排序:镇海>盘锦>兰炼;长期老化后排序:镇海>兰炼>盘锦。

(4)考察基质沥青与改性沥青软化点之间的关系,不论是沥青标号、沥青组分(表 5),还是基质沥青的软化点,都与改性沥青软化点无法建立明确的关系。基质沥青对改性沥青的影响非常复杂,还不能给出一个明确的基质沥青的选择方法,只能通过试验来确定。

4 结 语

(1)改性沥青软化点在存储和老化后表现出复杂的变化,软化点可能增大,也可能减小,这是以改性剂为“核”的“聚集团”和基质沥青的老化综合作用的结果,“聚集团”的增厚与减薄都将影响改性沥青的软化点。

(2)基质沥青作为分散介质,使改性剂发生溶胀,是影响“聚集团”厚度的主要因素,将影响着改性沥青的性能和存储稳定性。

(3)改性剂作为“聚集团”的“核”,对“聚集团”的增厚与减薄有很大影响,决定了改性沥青的质量稳定性。

(4)线型改性剂与星型改性剂相比,没有表现出突出的改性优势,改性沥青的性能取决于具体的改性沥青组合。

(5)改性沥青设计时,应注意对基质沥青和改性剂的优选,并应将存储或老化后的指标作为设计的依据。

参考文献:

References:

- [1] 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):19-22.
YUAN Jian-an, JI Dong, ZHU Zhi-gang. Effect of different dosage SBS on properties of modified asphalt [J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2005,25(3):19-22.
- [2] 熊 萍,郝培文. SBS 改性沥青储存稳定性试验方法和评价指标的研究[J]. 中国公路学报,2005,18(1):1-6.
XIONG Ping, HAO Pei-wen. Study of the experimental method and evaluating index of SBS modified asphalt storage stability[J]. China Journal of Highway and Transport,2005,18(1):1-6.
- [3] 张争奇,李宁利,陈华鑫. 改性沥青混合料拌和与压实温度确定方法[J]. 交通运输工程学报,2007,7(2):36-40.
ZHANG Zheng-qi, LI Ning-li, CHEN Hua-xin. Determining method of mixing and compaction temperatures for modified asphalt mixture [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2007,7(2):36-40.
- [4] 黄卫东,孙立军. SBS 改性沥青软化点的衰变[J]. 中国公路学报,2002,15(2):1-3.
HUANG Wei-dong, SUN Li-jun. Soft point decrease of SBS modified asphalt[J]. China Journal of Highway and Transport,2002,15(2):1-3.
- [5] Champion L. Low temperature fracture properties of polymer-modified asphalts relationships with the morphology[J]. Journal of Materials Science, 2001,36(2):451-460.
- [6] Chen J S, Liao M C, Shiah M S. Asphalt modified by styrene-butadiene-styrene triblock copolymer: morphology and model [J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2002,14(3):224-229.
- [7] Abbas A. The influence of laboratory aging method on the rheological properties of asphalt binders[J]. Journal of Testing and Evaluation, 2002,30(20):171-176.
- [8] Mastrofini D, Scarsella M. Application of rheology to the evaluation of bitumen ageing[J]. Fuel, 2000,79(9):1 005-1 015.
- [9] 田小革,郑健龙,张起森. 老化对沥青结合料粘弹性的影响[J]. 交通运输工程学报,2004,4(1):3-6.
TIAN Xiao-ge, ZHENG Jian-long, ZHANG Qi-sen. Effect of aging on viscoelastic performance of asphalt binder [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering,2004,4(1):3-6.
- [10] 原健安,周吉萍,李玉珍. SBS 与沥青的相互作用性分析[J]. 中国公路学报,2005,18(4):21-26.
YUAN Jian-an, ZHOU Ji-ping, LI Yu-zhen. Analysis of interaction between SBS and asphalt[J]. China Journal of Highway and Transport,2005,18(4):21-26.