

The Aging Regeneration of SBS Modified Asphalt and Effectiveness Evaluation after Additives

Zhiwu LI, Hengshan WU

University of South China, Hengyang, 421000, China

Abstract: SBS modified asphalt used in road materials is characterized by favorable features (including high temperature performance, low temperature performance and fatigue resistance), which can be used in various climate conditions such as hot, cold, moist and warm weather. The wide use of SBS modified asphalt brings about a large number of SBS modified asphalt aging, which will enable it to meet the road requirements and meet the needs of the era and country through regeneration. After simulating the aging of SBS modified asphalt by RTFOT and PAV experiments, adding different doses of regenerate and testing basic performances by experiments, it proves that the creative act of adding SBS modifier provides new ideas for aging regeneration.

Keywords: Aged SBS modified asphalt; Aging regeneration; Characteristic performance; SBS modifier.

SBS 改性沥青再生及添加改性剂效果评价

李智武, 伍衡山

南华大学, 衡阳市, 中国, 421000

摘要: 道路材料中常用的 SBS 改性沥青具有良好的特征性能 (包括高温性能、低温性能、以及抗疲劳性能), 能够用于炎热、寒冷、湿润温暖等各类多类气候条件, SBS 改性沥青大量使用伴随着大量的 SBS 改性沥青老化。通过再生使其满足路用性要求符合时代发展和国家需求。通过 RTFOT 和 PAV 实验模拟 SBS 改性沥青的老化情况后, 添加不同剂量的再生剂, 通过实验测定其特征性能, 创新性的加入 SBS 改性剂, 为老化再生提供新思路。

关键词: 老化 SBS 改性沥青; 再生; 特征性能; SBS 改性剂。

1 引言

社会发展带来的资源紧张处处可见, 作为非再生资源的沥青消耗巨大, 而 SBS 改性沥青应用广泛的主要原因是添加了改性剂之后各项性能得到提高。对老化 SBS 改性沥青再生和再生之后性能能否具有较高的工程价值亟待解决。本文通过实验对比验证老化 SBS 改性沥青再生满足工程性能, 创新性的对再生 SBS 改性沥青再次改性, 不但提高再生之后工程性能效果, 更为 SBS 改性沥青再生研究提供新思路。

2 SBS 改性沥青的老化原理

SBS 改性沥青本身具有良好的耐久性是由于 SBS 改性剂抑制沥青老化, SBS 改性沥青老化是基质沥青和改性剂老化共同作用结果^[1]。SBS 改性剂按照物理老化是 SBS 发生降解, 使基质沥青与 SBS 分子之间的分子力减弱, 按照化学老化是 SBS 与基质沥青发

生交联加成等化学反应产生的化学键发生断裂^[2]。沥青的老化是沥青在工程应用过程中受到光、热、氧、水、重复荷载等一系列复杂环境因素发生化学老化和物理老化和^[3]。物理老化主要是轻质油的挥发^[4]、流失改变沥青组分之间的平衡关系, 化学老化主要是组分之间的转变^[5]。沥青的老化就是破坏了沥青原有的组分平衡。本文通过对老化 SBS 改性沥青的再生添加不同剂量的 SBS 改性剂, 研究其应用前景。

3 SBS 改性沥青模拟老化

本文所采用的的改性沥青为国产 SBS 类 I-C 型, 本文对其基本参数进行试验测定。按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20-2011) 要求^[6], 进行试验测定。并且参照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004) 技术要求测定其基本性能^[7]。

表 1. SBS 改性沥青基本性能试验结果

实验项目	单位	规范要求	实测结果	试验方法
针入度 (100g, 25℃, 5s)	0.1mm	60~80	75.4	T0604
软化点	℃	≥55	58.6	T0606
延度(5℃)	cm	≥30	54.5	T0605
弹性恢复 25℃	%	≥65	76	T0662
布氏旋转黏度(135℃)	Pa·s	—	0.712	T0625

因为经研究认为 SBS 改性剂本身就有抑制沥青老化的功能, 本文不考虑水对其老化的催化作用。本文选用旋转薄膜加热实验 (RTFOT) 和压力老化实验 (PAV) 共同老化, 具体做法是将 16 组 40g ± 0.5g SBS 改性沥青样品先进过旋转薄膜烘 (RTFOT) 进行短期老化试验 85min, 接着就将经过短期老化的 SBS 改性沥青试样按规范要求放入压力容器 (PAV) 老化仪进行 20h 长期老化。通过老化实验后, 我们再次测定其基本性能。

表 2. 老化 SBS 改性沥青基本性能试验结果

实验项目	单位	实测结果	试验方法
针入度 (100g, 25℃, 5s)	0.1mm	52.0	T0604
软化点	℃	77.0	T0606
延度(5℃)	cm	11.1	T0605

通过以上数据对比, 可以很直观地看出 SBS 改性沥青经过试验加速老化后, 老化沥青的三大常规性能指标都发生了较大的改变。针入度值由老化前的 75.4mm 降至 52.0mm, 降幅达 31%, 而对于 5℃延度来说由 54.5cm 降至 14.1cm, 降幅达到 79%。软化点由老化前的 58.6℃升高到老化后的 77℃, 增幅达到 31%。可以看出, 老化对 SBS 改性沥青的三大常规性能指标的影响明显。三大指标是评价其路用性很好的一个参照, 这是老化 SBS 改性沥青路面变脆变硬耐久性降低容易出现裂缝车辙等一系列病害的原因^[8]。

4 再生剂掺量及 SBS 改性剂的掺量

4.1 再生剂添加原理和掺量

本文选用的再生剂为国内某厂家生产的改性再生剂, 这种再生剂是由多种树脂、溶剂、多功能助剂混合而成, 含有大量的芳香分和饱和分。饱和分含量为

21%, 芳香分含量为 63%, 老化 SBS 改性沥青中加入这种再生剂后, 能够补充含量减少的组分, 因而恢复 SBS 改性沥青材料的组分平衡, 进而恢复了老化 SBS 改性沥青的基本性能^[9]。

将已经老化的 12 组 SBS 改性沥青分成两个大组 A 组和 B 组, 每大组 6 个小组记为 A1、A2、A3、A4、A5、A6。先对 A 组加入不同掺量的再生剂, 掺量为 2%、4%、6%、8%、10%、12%。再根据加入不同掺量再生剂的再生沥青测定其针入度, 延度, 以及软化点。

表 3. 再生 SBS 改性沥青性能试验对比结果

实验项目	针入度(100g, 25℃, 5s)x0.1mm	软化点/℃	延度 (5℃) /cm
A1	60.1	53.2	12.8
A2	66.8	57.2	13.7
A3	78.2	56.5	14.8
A4	93.2	52.0	15.6
A5	102	48.6	16.7
A6	118	41.6	19.2

通过对比表 1、表 2、表 3, 找到三大特性最接近未老化 SBS 改性沥青性能的再生 SBS 改性沥青, 得出老化 8 到 10 年的 SBS 改性沥青再生剂最佳掺量为 6%。通过过往国内外基质沥青老化再生研究和《公路沥青路面再生技术规范》^[10], 如果针入度、软化点、延度都满足规范要求, 可以保证其路用性能要求, 况且工程应用中, 再生 SBS 改性沥青和未老化的 SBS 改性沥青使用按照一定比例混合使用。因此, 通过添加合适比例的再生剂之后, 老化的 SBS 改性沥青性能满足工程性能要求^[11]。

4.2 SBS 改性剂掺量

在 B 组老化的 SBS 老化改性沥青中都添加 6% 的再生剂, 进行再生得到再生 SBS 改性沥青。根据 SBS 改性沥青中 SBS 改性剂的掺量一般在 2% 到 6% 之间, 在 B 组各组中加入 1%、2%、3%、4%、5%、6%、。通过测定加入改性剂后的三大指标对比, 得出最优 SBS 改性剂的掺量, 验证再生 SBS 改性沥青加入 SBS 改性剂可以提高再生效果, 考虑到加入再生剂之后针入度能基本达到新沥青的效果, 本文又通

过针入度计算了当量软化点和当量脆点，故只针对进行数据对比分析。

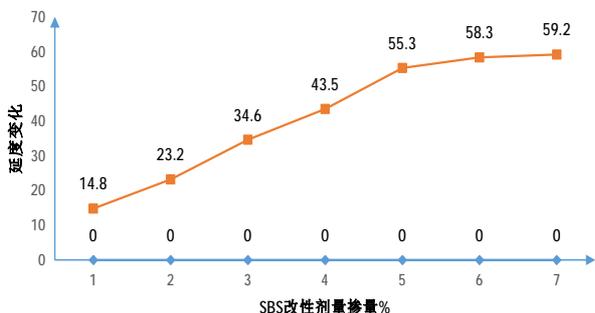


图 1. 添加 SBS 改性剂 SBS 再生沥青延度变化

通过对再生 SBS 改性沥青加入一定比例的再生剂发现，其延度得到明显提高，加入 4% 的改性剂以后延度提高不多，最佳掺入量为 4%，延度提高不仅表明沥青的粘附性能有直接增强，还能表征再生效果接近新的沥青，充分说明了加入改性剂效果明显。

SBS 改性沥青本身具有良好的高温稳定性和低温抗裂性能，根据《公路工程沥青及沥青混合料实验规程》中 T0604，可以通过测定其当量软化点 T_{800} 和当量脆点 $T_{1.2}$ 评价掺有 SBS 改性剂的再生 SBS 改性沥青的高温稳定性和低温抗裂性。在计算当量软化点和当量脆点之前测出 8 组实验的针入度，根据《公路工程沥青及沥青混合料实验规程》中式 T0604-1 和式 T0604-3 可以得出沥青高温稳定性。将 3 个或 3 个以上不同温度条件下测试的针入度取对数，令 $y = \lg p$ ， $x = T$ ，按照式 (T0604-1) 的针入度对数与温度的直线关系，进行 $y = a + bx$ 一元一次方程的直线回归，求取针入度温度指数 $A_{lg pen}$ 。

$$\lg p = K + A_{lg pen} \times T \quad (1)$$

式中： $\lg p$ ——不同温度条件下测得的针入度值得对数；

T ——实验温度 ($^{\circ}\text{C}$)；

K ——回归方程的常数项 a ；

$A_{lg pen}$ ——回归方程的系数 b 。

按照公式 (1) 回归时必须进行相关性检验，直线回归相关系数 R 不得小于 0.997 (置信度 95%)，否则，实验无效。在求当量软化点 T_{800} ，

$$T_{800} = \frac{\lg 800 - K}{A_{lg pen}} \quad (2)$$

式中： T_{800} ——针入度为 800 时的温度， 0.1°C 。

同样可以按照 (1) 式的前提下求当量脆点 $T_{1.2}$ ，

$$T_{1.2} = \frac{\lg 1.2 - K}{A_{lg pen}} \quad (3)$$

通过实验和计算得出，SBS 改性剂掺量为 4% 时，B4 组综合改性效果最优，再生 SBS 改性沥青高温稳定性和低温抗裂性能得到明显提高，因此可以考虑在老化的 SBS 改性沥青或者老化沥青对其再生后再次添加改性剂，不仅因为改性剂本身有着优良的改性效果，而且有着一定的延缓老化的能力。

5 结论

改性沥青老化并不同于普通的基质沥青，本文通过相对简单的实验方案，从对老化 SBS 改性沥青再生效果得出掺加再生剂的掺量，有助于指导工程应用，创新性的对再生 SBS 改性沥青再次添加 SBS 改性剂研究，得出如下结论。

SBS 改性沥青不同于其他沥青的老化模式下，掺入 6% 的再生剂再生之后的基本性能满足技术要求，再生剂的掺量可以根据三大指标进行对比分析，再生效果满足投入工程使用要求。

为各类老化的沥青再生提供实验思路，根据不同老化情况添加不同掺量和不同类型的再生剂。

改性沥青再次添加的 SBS 改性剂之后，通过对比分析得出改性剂的添加改善了再生性能，对 SBS 改性沥青老化再生可以通过类似改性剂的添加提高再生效果。

为各类改性沥青老化再生之后提供新的思路，加入具有不同需求的各类改性剂，提高所需再生效果。

References (参考文献)

- [1] Gangyu Dou, Jingyun Chen. Research on aged and aging regeneration for the SBS modified asphalt [J]. The North Traffic, 2011(10):6-9.
- [2] M.S.Cortizo, D.O.Larsen, H.B.ianchetto, et al. Effect of the thermal degradation of SBS copolymers during the aging of modified asphalts [J]. Polymer Degradation and Stability, 2004(86):275-282.
- [3] Jiuguang Geng. Study on the Aging Mechanism and Recycling Technique of Asphalt. Doctoral Dissertation. Chang'an University, 2009.
- [4] Asphalt Recycling and Reclaiming Association Guideline specifications for hot in-place recycling [S]. USA, Maryland, 1997.
- [5] Poulidakos L D, Santos S, Bueno M, et al. Influence of short and long term aging on chemical, micro-structural and macro-mechanical properties of recycled asphalt mixtures [J]. Construction and Building Materials, 2014, 51:414-423.
- [6] JTG E20-2011, The Ministry of Transport of the People's Republic of China, Standard Test Methods of Bitumen and Bituminous Mixtures for Highway Engineering [S]. Beijing: China

-
- Communications Press,2011.
- [7] JTG F40-2004,The Ministry of Transport of the People's Republic of China,Technical Specifications for Construction of Highway Asphalt Pavements[S]:BeiJing:China Communications Press,2004.
- [8] Weimin Lv.Principle and the technical requirements of the regenerants asphalt regeneration[J].Oil Asphalt,2007,(06):1-6.
- [9] Xinli Gan,Nanxiang Zheng,Xiaopin Ji.Prediction analysis of recycled performance for aged SBS modified asphalt[J]Journal of Jiangsu University(Natural Science Edition),2014,(06):715718.
- [10] JTG F41-2008,The Ministry of Transport of the People's Republic of China,Technical Specifications for Highway Asphalt pavement Recycling[S]:BeiJing:China Communications Press,2008
- [11] JTG D50-2017,The Ministry of Transport of the People's Republic of China,Specifications for Design of Highway Asphalt Pavement[S]:BeiJing:China Communications Press,2017.