

SBS 及 ^{60}Co 辐照 SBS 改性沥青的制备

丁小娇^{1,2}, 官国英^{1,2}, 王晓静^{1,2,*}, 罗志武¹, 叶肇云^{1,2}

1. 中国原子能科学研究院 同位素研究所, 北京 102413;

2. 原子高科股份有限公司, 北京 102413

摘要: 通过苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物(SBS)含量、助溶剂类型及用量、加工温度、加工时间、辐照剂量率和辐照剂量条件优化实验, 对 SBS 改性沥青制备方法、 ^{60}Co 辐照 SBS 制备方法及辐照 SBS 改性沥青制备方法进行研究; 通过对改性沥青结合料制品各项性能指标测试, 对制备方法进行评价。实验结果表明, 质量分数为 15%~20% 的 SBS, 质量分数为 15%~30% 的助溶剂, 混匀后在 100~165 °C 下, 100~200 r/min 机械搅拌 20~30 min, 升温至 180~210 °C, 100~200 r/min 机械搅拌 90~140 min, 或 120~160 °C 下, 100~200 r/min 机械搅拌 80~100 min, 制得的 SBS 改性沥青结合料性能较好; ^{60}Co 0.75 kGy/h 剂量率、30 kGy 剂量、真空辐照的辐照 SBS 改性沥青结合料性能较好。

关键词: SBS; 辐照 SBS; 改性沥青

中图分类号: TU535 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-9950(2014)05-0310-07

doi: 10.7538/hhx.2014.36.05.0310

Preparation Methods of Asphalt Modified by SBS and SBS Irradiated by ^{60}Co

DING Xiao-jiao^{1,2}, GUAN Guo-ying^{1,2}, WANG Xiao-jing^{1,2,*}, LUO Zhi-wu¹, YE Zhao-yun^{1,2}

1. Department of Isotopes, China Institute of Atomic Energy, Beijing 102413, China;

2. Atom HighTech Co., Ltd., Beijing 102413, China

Abstract: By optimizing conditions experiments of styrene-butadiene-styrene block copolymer (SBS) content, cosolvent type and dosage, processing temperature, processing time, the radiation dose rate and absorbed dose, the preparation methods of SBS modified asphalt, ^{60}Co irradiated SBS and irradiation SBS modified asphalt have been studied; by testing the performance index of modified asphalt cement it is to evaluate the preparation methods. The experimental results show that the mass fraction of SBS is 15%-20%, the mass fraction of cosolvent is 15%-30%, blending, then at 100-165 °C, 100-200 r/min mechanical agitation 20-30 min, at 180-210 °C, 100-200 r/min mechanical agitation 90-140 min; or at 120-160 °C, 100-200 r/min mechanical agitation 80-100 min, in these conditions the modified asphalt cement is better; the asphalt cement modified by SBS which was irradiated by gamma rays from a ^{60}Co source in vacuum at 0.75 kGy/h, 30 kGy have good performance.

收稿日期: 2014-03-17; **修订日期:** 2014-06-25

作者简介: 丁小娇(1987—), 女, 河南郑州人, 硕士研究生, 分析化学专业

* **通信联系人:** 王晓静(1970—), 女, 辽宁锦州人, 硕士, 研究员, 核化学化工专业, E-mail: wangxj70@163.com

Key words: SBS; irradiation SBS; modified asphalt

苯乙烯-丁二烯-苯乙烯三嵌段共聚物(SBS)由于其优良的性能广泛应用于沥青改性^[1-5],但 SBS 与沥青相容性较差,因此,研究如何改善其相容性对沥青改性具有重要意义。

目前,改善 SBS 与沥青的相容性主要是通过改善其制备工艺及对 SBS 进行改性来实现。SBS 改性一般采用化学方法对其接枝改性,反应过程中需使用过氧化苯甲酰(BPO)或偶氮二异丁腈(AIBN)等引发剂,反应过程复杂,且反应产物后处理复杂,单体利用率低。本工作拟采用辐照的方法对 SBS 进行改性,辐照改性 SBS 是指将⁶⁰Co 等产生的射线辐照 SBS,通过控制辐射条件,使 SBS 产生电离和激发,释放出轨道电子,形成自由基,增加与基质沥青的相容性,且操作简单灵活,反应过程可控,后处理简单,不污染环境,便于在工业生产上应用。

1 实验部分

1.1 试剂和仪器

中海 AH-90#石油沥青,洛阳源长商贸有限公司产品;烃油,中国石油化工股份有限公司新疆克拉玛依分公司产品;SBS,中国石油化工股份有限公司燕山分公司产品;丙三醇(分析纯)、滑石粉(化学纯)、95%乙醇(分析纯)、二甲苯(分析纯)、丙酮(分析纯)、升华硫、氧化锌(分析纯)、四氯化碳(化学纯),国药集团化学试剂有限公司产品。

SYD-0506G 型电脑数控沥青软化点试验器、HWY-25 型电脑沥青针入度测定仪、LYY-7A 电脑沥青延伸度测定仪、SRY-3 手动低温柔度仪,北京航天科宇测试仪器有限公司产品;101-2A 型电热鼓风干燥箱,天津市泰斯特仪器有限公司产品;电动搅拌器,上海乔跃电子有限公司产品;分析天平、LT 1000B 型电子天平,常熟市天量仪器有限责任公司产品;DZQ400-2D 单室真空包装机,上海佳诚包装机械设备制造有限公司产品。

1.2 实验方法

1.2.1 辐照 SBS 的制备^[6-7] 取适量的 SBS 于锡箔袋中,抽真空,在 0.0~5.0 kGy/h 的剂量率、0~30 kGy 的剂量下辐照,得到辐照 SBS。

1.2.2 SBS 改性沥青的制备 基质沥青低温溶化后加入合适的助溶剂,混匀,加入 SBS,先低温

搅拌一段时间,再升高温度,搅拌一段时间,即得到 SBS 改性沥青结合料制品。

1.2.3 SBS 改性沥青结合料性能评价 按照行业标准 JC/T 905-2002“弹性体改性沥青”和国家标准 GB/T 328.1~27-2007“建筑防水卷材试验方法”中规定的试验方法,测试制备的 SBS 改性沥青制品的软化点、耐热性、离析性、低温柔度、针入度、弹性恢复率等指标,综合评价改性沥青制品的性能。

2 结果与讨论

2.1 SBS 改性沥青制备方法的研究

2.1.1 烃油用量的选择

1) 6%(质量分数,下同)SBS 时烃油用量的选择

6% SBS、不同烃油添加量、搅拌 3.5 h 改性沥青结果列于表 1。从表 1 可以看出,烃油/SBS 含量比小于 1.5 时,SBS 在沥青中的溶解效果不佳;大于 1.5 时,溶解效果良好,改性沥青的软化点与低温柔度无明显变化,针入度与延度有所改善,这是因为 SBS 与沥青在加热状态下混合后,SBS 的端基产生软化,并产生一定的流动,中基则吸收沥青中的油分并形成体积增大许多倍的海绵状材料,烃油类似于基质沥青中的油分,故烃油量越大,改性沥青越软,针入度、延度和低温柔度越好。为减少加工时间,降低能耗,当 SBS 质量分数为 6% 时,选择烃油/SBS 含量比为 1.5。

2) 20% SBS 时烃油用量的选择

20% SBS、不同烃油添加量、搅拌 2.0 h 改性沥青结果列于表 2。从表 2 可以看出,20% SBS 改性沥青时,烃油/SBS 含量比小于 1.0 时,SBS 在沥青中溶解效果不佳;其为 1.5 时,改性沥青的软化点稍低;其为 1.2、1.0 时,改性沥青的各项性能之间差别不大;其为 1.0、1.2、1.5 时,改性沥青的各项性能指标均已达到 JC/T 905-2002“弹性体改性沥青”I 型标准。为节约烃油用量,实验选择烃油/SBS 含量比为 1.0。

2.1.2 加工温度、加工时间的选择 7% SBS、11% 烃油、不同加工温度下搅拌 3.5 h 改性沥青结果列于表 3。7% SBS、11% 烃油,185~195℃加工不同时间改性沥青结果列于表 4。从表 3 可以看出,7% SBS、11% 烃油、搅拌 3.5 h 条件下,加工

表 1 6%SBS 掺量时烃油用量的选择实验
Table 1 Choice experiments of the hydrocarbon oil amount at 6%SBS

烃油/SBS 含量比 (Content ratio of hydrocarbon oil and SBS)	软化点 (Softening point)/℃ (<i>n</i> =2)	针入度 (Penetration)/ 0.1 mm (25 ℃ , <i>n</i> =6)	延度 (Ductility) /cm (5 ℃ , <i>n</i> =2)	低温柔度(Low temperature flexibility)/℃	溶解情况 (Dissolve situation)
1.0	69.5±0.1	44.9±1.0	31.5±3.6	24.8	未溶(Undissolved)
1.1	70.7±0.9	47.0±0.9	38.1±1.0	25.2	未溶(Undissolved)
1.3	74.7±2.2	50.6±0.8	42.0±6.6	0	未溶(Undissolved)
1.5	75.2±0.1	71.8±0.8	68.0±5.1	−5	溶解(Dissolved)
2.0	75.7±0.1	81.8±1.6	75.2±3.6	−5	溶解(Dissolved)

表 2 20%SBS 含量时烃油用量的选择实验
Table 2 Choice experiments of the hydrocarbon oil amount at 20%SBS

烃油/SBS 含量比 (Content ratio of hydrocarbon oil and SBS)	软化点 (Softening point)/℃ (<i>n</i> =2)	针入度 (Penetration)/ 0.1 mm (25 ℃ , <i>n</i> =6)	延度 (Ductility)/ cm (5 ℃ , <i>n</i> =2)	低温柔度 (Low temperature flexibility)/ ℃	耐热性 (Heat resistance)/ ℃	离析性 (Segregation resistance)/ %	弹性 恢复率 (Elastic recovery rate)/%	二甲苯可 溶物含量 (Soluble content of xylene)/%	溶解情况 (Dissolve situation)
<1.0									未溶 (Undissolved)
1.0	109.1±2.1	35.8±1.7	6.8±0.0 脱模 (Demoulding)	−43	90	0.65	100	99	溶解 (Dissolved)
1.2	109.0±0.0	37.5±0.4	7.2±0.0 脱模 (Demoulding)	−43	90	0.81	100	98	溶解 (Dissolved)
1.5	106.9±2.8	42.1±0.5	5.5±0.0 脱模 (Demoulding)	−43	90	0.84	100	99	溶解 (Dissolved)

表 3 加工时间 3.5 h 不同加工温度改性沥青实验
Table 3 Modified asphalt experiments of different reaction temperature at *t*=3.5 h

加工温度 (Processing temperature)/℃	软化点 (Softening point)/℃ (<i>n</i> =2)	针入度 (Penetration)/ 0.1 mm (25 ℃ , <i>n</i> =6)	延度 (Ductility)/cm (5 ℃ , <i>n</i> =2)	低温柔度 (Low temperature flexibility)/℃	溶解情况 (Dissolve situation)
155~165	80.6±0.3	73.8±1.9	72.7±2.1	−7	溶解(Dissolved)
165~175	82.2±1.7	59.1±0.9	62.2±1.1	−7	溶解(Dissolved)
175~185	85.6±0.0	56.0±1.1	45.2±2.1	−7	溶解(Dissolved)
185~195	80.5±1.7	42.6±0.6	35.5±2.3	0	溶解(Dissolved)

表 4 温度为 185~195 ℃ 时不同加工时间改性沥青实验

Table 4 Modified asphalt experiments of different reaction time at 185-195 ℃					
加工时间 (Processing time)/h	软化点 (Softening point)/℃ (<i>n</i> =2)	针入度 (Penetration)/ 0.1 mm (25 ℃ , <i>n</i> =6)	延度 (Ductility)/cm (5 ℃ , <i>n</i> =2)	低温柔度 (Low temperature flexibility)/℃	溶解情况 (Dissolve situation)
1.5					未溶 (Undissolved)
2.0	98.2±1.2	63.9±0.5	49.0±0.1 脱模 (Demoulding)	-25	溶解 (Dissolved)
2.5	87.2±0.4	67.9±1.4	61.9±3.6 脱模 (Demoulding)	-10	溶解 (Dissolved)
3.5	80.5±1.7	42.6±0.6	35.5±2.3	0	溶解 (Dissolved)

温度为 175~185 ℃ 时,能得到较好的 SBS 改性沥青结合料,随着温度的不断上升,改性沥青的软化点先升高后降低,低温柔度较差,整体性能下降。表 4 显示,高温 185~195 ℃ 搅拌 2.0 h 能得到优于 175~185 ℃ 搅拌 3.5 h 的 SBS 改性沥青结合料制品。SBS 的熔点在 180 ℃ 左右,基质沥青的温度越高,SBS 越易被熔化、溶胀,但随着沥青温度的升高,沥青容易老化,制品性能下降^{[8] 267},故 SBS 改性沥青加工温度选用 185~195 ℃ ,加工时间选择 2.0 h。

2.1.3 SBS 含量的影响 0~20% SBS, 185~195 ℃ 搅拌 2.0 h 改性沥青结果列于表 5。从表 5 可以看出,随着 SBS 含量增加,改性沥青的软化点呈递增趋势,开始增加缓慢,随后大幅增加,7% 时增加显著,至 9% 左右基本保持一段平稳,之后小幅增加;25 ℃ 针入度随着 SBS 含量增加,先升

后降,5% 时达最大;5 ℃ 延度性能逐渐变好;低温柔度也逐渐变好,7% 时变化显著;15%、20% SBS 改性沥青各项性能达到 JC/T 905-2002“弹性体改性沥青” I 型标准。

2.1.4 硫化对改性沥青的影响 7%~20% 的 SBS 硫化(即 SBS 同时混以 2.1% 硫磺、0.7% ZnO、1.4% 促进剂)改性沥青结果列于表 6。从表 6 可以看出,7%、9%、11% SBS 硫化后改性沥青的各项性能相对于未硫化改性沥青都变差了,尤其是耐热性和低温柔度降低较多,且质量分数大于 11% 的 SBS 硫化改性沥青粘度大,加工、制样困难,这是由于在 180 ℃ 以上时(实验中低于 180 ℃ 时,搅拌困难),沥青与元素硫的反应进行得相当迅速,反应结果生成硫化氢及沥青质,起泡严重,而使加工、制样困难^{[8] 102}。故在上述条件下,SBS 改性沥青时不适合加硫硫化。

表 5 不同 SBS 含量改性沥青实验

Table 5 Modified asphalt experiments at the different content of SBS				
ω(SBS)/%	软化点 (Softening point)/℃ (<i>n</i> =2)	针入度 (Penetration)/0.1 mm (25 ℃ , <i>n</i> =6)	延度 (Ductility)/cm (5 ℃ , <i>n</i> =2)	低温柔度 (Low temperature flexibility)/℃
0	50.5±0.4	62.5±1.3	5.5±0.1	24.5
1	53.8±1.9	58.5±1.1	9.4±0.7	24.2
3	53.2±1.1	59.8±1.5	22.5±0.7	-1
4	63.2±0.4	67.5±1.1	25.5±0.0	-2
5	74.4±0.0	75.8±0.9	48.8±1.9	-3
6	79.1±0.0	64.2±1.1	40.4±1.7	-5
7	98.2±1.2	63.9±0.5	49.0±0.1 脱模 (Demoulding)	-25
9	101.2±2.0	64.4±0.7	33.1±4.1 脱模 (Demoulding)	-31
11	102.1±0.9	62.5±0.5	23.6±0.7 脱模 (Demoulding)	-35
15	108.2±7.2	52.3±1.2	5.5±0.0 脱模 (Demoulding)	-43
20	108.9±2.8	42.1±0.5	5.5±0.0 脱模 (Demoulding)	-43

表 6 不同含量 SBS 硫化改性沥青实验
Table 6 Sulfide modified asphalt experiments at the different content of SBS

$w(\text{SBS})/\%$	软化点 (Softening point)/ $^{\circ}\text{C}$ ($n=2$)	针入度 (Penetration)/ 0.1 mm (25°C , $n=6$)	耐热性 (Heat resistance)/ $^{\circ}\text{C}$	低温柔度 (Low temperature flexibility)/ $^{\circ}\text{C}$	溶解情况 (Dissolve situation)
7	96.2 ± 0.3	59.8 ± 1.0	70	-20	溶解(Dissolved)
7 ¹⁾	98.7 ± 0.1	-	50	-7	溶解(Dissolved)
9	101.2 ± 2.0	64.4 ± 0.7	75	-31	溶解(Dissolved)
9 ¹⁾	96.8 ± 1.0	-	85	-18	溶解(Dissolved)
11	102.1 ± 0.9	62.5 ± 0.5	85	-35	溶解(Dissolved)
11 ¹⁾	103.6 ± 0.9	-	85	-20	无法制样(Not for making samples)
15	108.2 ± 7.2	52.3 ± 1.2	90	-43	溶解(Dissolved)
15 ¹⁾	137.7 ± 3.5	-	95	-	无法制样(Not for making samples)
20	108.9 ± 2.8	42.1 ± 0.5	90	-43	溶解(Dissolved)
20 ¹⁾	160.8 ± 1.1	-	100	-	无法制样(Not for making samples)

注(Notes):1) 加入硫化剂(Adding sulfiding agent)

2.1.5 助溶剂对改性沥青的影响

1) 助溶剂烃油、二甲苯改性沥青实验

10% SBS 用不同助溶剂,于 185~200 $^{\circ}\text{C}$ 搅拌 2.0 h(二甲苯做助溶剂时是将 SBS 溶解于 2 倍 SBS 量的二甲苯中,然后进行加工)改性沥青结果列于表 7。从表 7 可以看出:两种助溶剂改性沥青各项性能差异较大,二甲苯做助溶剂时,软化点比用烃油做助溶剂时提高约 15 $^{\circ}\text{C}$,耐热性提高 15 $^{\circ}\text{C}$,针入度下降约 $30\times0.1\text{ mm}$,低温柔度下降 10 $^{\circ}\text{C}$ 。另外,烃油做助溶剂时,改性沥青加料前后质量变化不大;二甲苯做助溶剂时,改性沥青加料前后质量相差较大,原因是,二甲苯沸点 145 $^{\circ}\text{C}$,较低,在高含量、高温,长时间搅拌过

程中,大部分挥发掉,不能起到很好的助溶作用,为得到性能较好的改性沥青,可将两种助溶剂混合使用。

2) 15% SBS,助溶剂烃油、二甲苯不同配比改性沥青实验

15% SBS,二甲苯/烃油含量比不同时改性沥青结果列于表 8。从表 8 可以看出,二甲苯的适量添加能显著提高改性沥青的软化点,一定程度上降低改性沥青的针入度,其他性能指标变化不大;2%/15%、8%/14%、30%/15% 二甲苯/烃油含量比的改性沥青各项性能均达到 JC/T 905-2002“弹性体改性沥青”Ⅰ型标准,8%/14%的助溶剂配比达到Ⅱ型标准。

表 7 助溶剂对改性沥青的影响实验
Table 7 Influence of cosolvent on the modified asphalt experiments

助溶剂 (Cosolvents)	软化点(Softening point)/ $^{\circ}\text{C}$ ($n=2$)	针入度(Penetration)/ 0.1 mm (25°C , $n=6$)	耐热性 (Heat resistance)/ $^{\circ}\text{C}$	低温柔度(Low temperature flexibility)/ $^{\circ}\text{C}$	加工前后质量差 (Poor quality before and after reaction)/g
烃油(Hydrocarbon oil)	99.6 ± 0.7	49.8 ± 1.0	75	-25	1.0
		脱模(Demoulding)			
二甲苯(Xylene)	115.5 ± 1.3	19.8 ± 1.1	90	-15	27.7
		脱模(Demoulding)			

表 8 助溶剂不同配比改性沥青实验

Table 8 Modified asphalt experiment at the different ratio of cosolvent

二甲苯/ 烃油含量比 (Content ratio of xylene and hydrocarbon oil)	软化点 (Softening point)/℃ (<i>n</i> =2)	针入度 (Penetration)/ 0.1 mm (25 ℃, <i>n</i> =6)	延度 (Ductility)/ cm (5 ℃, <i>n</i> =2)	低温柔度 (Low temperature flexibility)/ ℃	耐热性 (Heat resistance)/ ℃	离析性 (Segregation resistance)/%	弹性恢复率 (Elastic recovery rate)/%	二甲苯可 溶物含量 (Soluble content of xylene)/%
0%/15%	108.2±7.2	52.3±1.2	5.5±0.0 脱模 (Demoulding)	—43	90	0.86	100	99
2%/15%	113.9±2.4	23.9±0.8	7.2±0.0 脱模 (Demoulding)	—37	100	0.88	100	99
8%/14%	118.7±2.0	23.2±0.3	7.5±0.0 脱模 (Demoulding)	—40	100	0.86	100	99
30%/15%	108.2±0.6	30.9±0.6	13.8±0.0 脱模 (Demoulding)	—42	90	0.78	100	99
30%/12%	117.8±2.3	20.8±1.7	7.8±0.0 脱模 (Demoulding)	—40	105	0.78	100	100

2.2 辐照 SBS 对改性沥青性能影响

2.2.1 真空辐照 SBS 改性沥青实验 1~30 kGy 不同剂量,真空辐照的 SBS,15% SBS,15% 烃油,185~195 ℃ 搅拌 2.0 h,改性沥青结果列于表 9。从表 9 可看出,1~30 kGy 辐照 SBS 改性沥青各项性能比未辐照 SBS 改性沥青各项性能有所提高,如软化点提高 4.5~10 ℃,针入度提高(8.1~10.8)×0.1 mm。这

是由于 γ 射线辐照在 SBS 上产生大量的自由基,这些自由基一方面可以相互缔合,生成分子量更大的 SBS 交联物,使得 SBS 的力学强度和耐热性提高;另一方面,辐照 SBS 中剩余的陷落自由基在改性沥青的制备过程中可与基质沥青发生反应,形成稳定的化学键结合,加强界面结合强度,起到稳定 SBS 网络结构的作用,改善改性沥青的高、低温性能^[9]。

表 9 不同剂量真空辐照 SBS 改性沥青实验

Table 9 Modified asphalt of SBS which vacuum irradiated by different dose

辐照剂量 (Absorbed dose)/kGy	软化点 (Softening point)/℃ (<i>n</i> =2)	针入度 (Penetration)/ 0.1 mm (25 ℃, <i>n</i> =6)	延度 (Ductility)/ cm (5 ℃, <i>n</i> =2)	低温柔度 (Low temperature flexibility)/ ℃	耐热性 (Heat resistance)/ ℃	离析性 (Segregation resistance)/ %	弹性恢复率 (Elastic recovery rate)/%	二甲苯可 溶物含量 (Soluble content of xylene)/%
0	107.2±0.0	15.0±0.6	10.2±0.0 脱模 (Demoulding)	—43	95	0.89	100	99
1	117.2±1.0	24.0±0.4	11.0±0.0 脱模 (Demoulding)	—42	100	0.82	100	99
3	111.7±1.6	23.3±0.6	11.6±0.0 脱模 (Demoulding)	—42	100	0.80	100	99
6	115.1±0.1	23.1±0.7	16.7±0.0 脱模 (Demoulding)	—42	95	0.78	100	99
10	111.9±0.7	25.8±0.8	17.7±0.0 脱模 (Demoulding)	—42	95	0.81	100	99
30	113.1±0.4	23.8±0.7	11.0±0.0 脱模 (Demoulding)	—42	100	0.83	100	98

2.2.2 不同剂量率、30 kGy 真空辐照 SBS 改性沥青实验 0.25~5.00 kGy/h 剂量率、30 kGy 真空辐照的 SBS,15% SBS,15% 烃油,185~195 ℃ 搅拌 2.0 h,改性沥青结果列于表 10。从表 10 可以看出,随着剂量率的增大,改性沥青软化点减小,针入度先增后减,综合各项性能指标,0.75、2.00 kGy/h 剂量率,30 kGy 辐照的 SBS 改性沥青结合料的整

体性能较好;5.00 kGy/h 剂量率、30 kGy 辐照的 SBS 改性沥青结合料软化点和针入度明显降低,整体性能下降。结合相关文献^[10],可能是因为剂量率大时,单位时间内射线与被辐照材料分子的作用机率大,产生的自由基密度大,自然交联反应发生的较快,SBS 更多的生成了大分子量的交联物,而与基质沥青发生反应的量减少所致。

表 10 不同剂量率、30 kGy 真空辐照 SBS 改性沥青实验
Table 10 Modified asphalt of SBS which vacuum irradiated by different dose rate of 30 kGy

剂量率 (Radiation dose rate)/ (kGy · h ⁻¹)	软化点 (Softening point)/℃ (n=2)	针入度 (Penetration)/ 0.1 mm (25 ℃,n=6)	延度 (Ductility)/ cm (5 ℃,n=2)	低温柔度 (Low temperature flexibility)/ ℃	耐热性 (Heat resistance)/ ℃	离析性 (Segregation resistance)/ %	弹性恢复率 (Elastic recovery rate)/%	二甲苯 可溶物含量 (Soluble content of xylene)/%
0.25	119.7±2.1	21.7±1.6	11.7±0.0 脱模 (Demoulding)	-40	90	0.88	100	98
0.75	116.1±0.4	23.8±0.7	11.0±0.0 脱模 (Demoulding)	-42	100	0.85	100	98
2.00	115.1±0.1	27.0±1.2	9.0±0.0 脱模 (Demoulding)	-40	90	0.77	100	98
3.00	114.5±1.6	14.1±0.4	10.4±0.0 脱模 (Demoulding)	-40	100	0.90	100	98
5.00	111.0±2.1	15.9±0.4	11.4±0.0 脱模 (Demoulding)	-40	90	0.93	100	98

3 结 论

对 SBS 及辐照 SBS 改性沥青的制备工艺进行条件优化实验,对改性沥青结合料性能进行评价,软化点最高可达 119.7 ℃,低温柔度最低可达-43 ℃,离析性小于 0.93%,二甲苯可溶物含量大于 98%,25 ℃ 时弹性恢复率大于 97%,0.75 kGy/h,1 kGy 辐照的 SBS,质量分数为 15% 时的改性沥青效果较好,具有较好的弹性、高低温性能、贮存稳定,且经济成本较低,环境污染小,制备工艺简单,容易实现,有一定的推广应用价值。

参考文献:

[1] Drescher A, Kim J R, David E. Parmanent deformation in asphalt concrete[J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 1993, 7(1): 112-128.
[2] Hanyu A, Ueno S, Kasahara A, et al. Effect of the morphology of SBS modified asphalt on mechanical properties of binder and mixture[J]. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies,

2005, 6: 1153-1167.
[3] Fu H Y, Xie L D, Dou D Y, et al. Storage stability and compatibility of asphalt binder modified by SBS graft copolymer[J]. Construction and Building Materials, 2007, 21(7): 1528-1533.
[4] Cortizoa M S, Larsenb D O, Bianchettob H, et al. Effect of the thermal degradation of SBS copolymers during the ageing of modified asphalts[J]. Polym Degrad Stab, 2004, 86(2): 275-282.
[5] 陈华鑫,王秉刚. SBS 改性沥青的动态力学性能[J]. 华南理工大学学报:自然科学版,2007(7):37-40.
[6] 韩朝昱,贾润礼. 聚合物的辐射改性研究[J]. 辽宁化工,2004(3):159-163.
[7] 幕内惠三. 聚合物辐射加工技术[M]. 徐俊,孟永红,译. 北京:科学出版社,2003:53-69.
[8] 张金升,张银燕,夏小裕,等. 沥青材料[M]. 北京:化学工业出版社,2009:102-103,267-269.
[9] 李林繁,谢雷东,付海英,等. γ 射线辐照 SBS 对改性沥青性能的影响[J]. 石油沥青,2006(1):16-20.
[10] 蔡鹤琴,符素兰,唐彬. 剂量率等因素对聚乙烯辐照交联的影响[J]. 激光生物学,1996,5(3):903-905.