

SBS 改性沥青及其混合料短期老化性能研究

陈稚

(岳阳市公路桥梁基建总公司, 湖南 长沙 414021)

**摘要:** 鉴于短期老化试验条件与实际工程的差异,文中通过试验研究不同短期老化条件下 SBS 改性沥青性能及 SBS 改性沥青混合料路用性能的变化。试验结果表明,随老化时间推移,SBS 改性沥青的针入度、延度减小,软化点增大,高温性能提高,黏度先减小后增大;与规范老化温度相比,老化温度越高,SBS 改性沥青的针入度、延度和黏度越小,但软化点增大;老化作用使 SBS 改性沥青混合料的高温性能有所增强,但低温性能减弱,抗水损害性能有所下降。

**关键词:** 公路;SBS 改性沥青;沥青混合料;短期老化;路用性能

中图分类号:U418.6

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2022)06-0071-04

由于路面结构长期暴露于自然状态下,SBS 改性沥青极易发生老化。一般采用 PAV 模拟改性沥青的长期老化,采用 RTFOT 或 TFOT 模拟沥青的短期老化。规范采用老化温度 163 ℃模拟沥青在加热、拌和、运输中的短期老化,但往往在沥青混合料生产、拌和及运输过程中温度高于该温度。规范采用烘箱加热法模拟沥青混合料的短期老化,加热温度为 135 ℃,而混合料实际运输、摊铺过程中温度为 160~175 ℃,与混合料短期老化温度相差较大。因此,有必要研究不同温度下 SBS 改性沥青及其混合料的老化状况。杨永强等的研究表明,复合改性沥青经短期老化后其高温性能、低温性能及施工和易性等降低,高温性能受老化时间及老化温度的影响较小。陈捷的研究表明沥青的老化性能受温度影响较大;高磊等研究不同 SBS 改性剂掺量的 SBS 改性沥青的抗老化性能,结果表明老化前后改性沥青的路用性能与 SBS 改性剂掺量有关,建议 SBS 改性剂掺量取 4%。曹雪娟等对 SBS 改性沥青短期老化后微观改性机理进行研究,认为热氧老化会使 SBS 改性沥青的高、低温性能下降。马庆伟等认为沥青老化主要影响沥青混合料的水稳定性和低温抗裂性能。张永豪等研究沥青储存阶段的老化机理及对混合料路用性能的影响,结果表明储存温度 150 ℃下混合料的路用性能稳定,储存温度 180 ℃下路用性能衰减较大。翟金陵等考虑短期老化试验条件与实际工程的差异,提出了适用于 SBS 改性沥青施工的短期老化评价体系。考虑到短期老化试验条件与实际工程的差异,本文研究不同短期老化条件下 SBS

改性沥青性能及 SBS 改性沥青混合料路用性能的变化,以指导工程实践。

1 试验材料与试验方案

1.1 试验材料

(1) SBS 改性沥青。采用成品 SBS 改性沥青,其各项技术指标均满足规范要求(见表 1)。

表 1 SBS 改性沥青的技术指标

测试项目	实测值	技术要求
针入度/(0.1 mm)	60.2	50~80
软化点/℃	89.5	≥60
延度(5 ℃)/cm	43.66	≥30
密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	1.018	实测
质量损失/%	0.124	≤0.6
TFOT 后 残留针入度比/%	94.1	≥65
残留延度/cm	32	≥20

(2) 集料。采用玄武岩矿质集料,其各项物理力学指标均满足规范要求(见表 2~4)。

表 2 粗集料的物理力学指标

技术指标	实测值	技术要求
表观相对密度	0~5 mm 2.756	≥2.6
	5~10 mm 2.735	
	10~15 mm 2.718	
针片状颗粒含量/%	>9.5 mm 8.6	≤12
	≤9.5 mm 5.6	≤18
吸水性/%	0.80	≤2.0
磨耗值/%	21.6	≤28
压碎值/%	20.1	≤26

表3 细集料的物理力学指标

技术指标		实测值	技术要求
表观相对密度	3~5 mm	2.793	$\geq 2.5$
	0~3 mm	2.721	
砂当量/%		73	$\leq 60$
含泥量/%		0.3	$\leq 3$

表4 矿粉的物理指标

技术指标	实测值	技术要求
表观相对密度	2.721	$\geq 2.5$
含水量/%	0.1	$\leq 1$
亲水系数	0.5	$< 1$

(3) 混合料级配。采用 AC-13 级配(见表 5), 最佳油石比为 5.2%。

表5 AC-13 沥青混合料的级配

筛孔尺寸/mm	质量通过率/%	筛孔尺寸/mm	质量通过率/%
16.000	100	1.180	28
13.200	95	0.600	21
9.500	82	0.300	14
4.750	58	0.150	11
2.360	42	0.075	6

## 1.2 试验方案

借鉴已有研究成果,采用不同老化状况即不同老化温度(163℃、180℃)和不同老化时间(1 h、3 h、6 h 和 9 h)进行 RTFOT 短期老化,研究 SBS 改性沥青针入度、软化点、延度和黏度随老化状况的变化;采用不同老化温度(135℃、150℃和 170℃)和不同老化时间(4 h、8 h 和 12 h)进行 SBS 改性沥青混合料短期老化试验,研究不同老化状况下混合料的高、低温性能及水稳定性。

## 2 试验结果分析

### 2.1 短期老化后 SBS 改性沥青的性能变化

#### 2.1.1 针入度

不同老化状况即不同温度(163℃、180℃)和不同老化时间(1 h、3 h、6 h 和 9 h)下 SBS 改性沥青针入度的变化见图 1。

由图 1 可知:不同老化状况下,SBS 改性沥青的针入度随老化时间增加呈减小趋势。这可能是由于 SBS 改性剂吸附沥青中轻质组分,吸附溶胀作用使改性剂相互连接形成三维空间网状结构,沥青黏稠

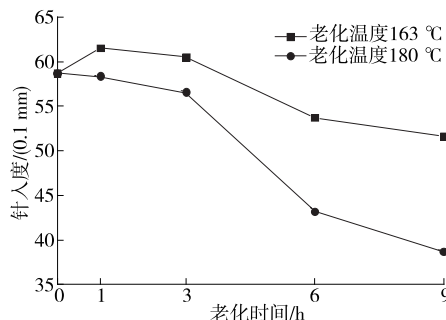


图1 不同老化状况下 SBS 改性沥青针入度的变化

度增加。温度越高,针入度越小,温度提高将加剧改性剂的吸附溶胀作用,高温状态也会加剧基质沥青的老化,导致沥青硬化。与原样沥青相比,在温度 163℃和 180℃下老化 9 h 后,针入度衰减率分别为 12.1%和 34.1%,温度越高,沥青老化越严重。

#### 2.1.2 软化点

软化点反映沥青的高温性能。SBS 改性沥青软化点随老化状况的变化见图 2。

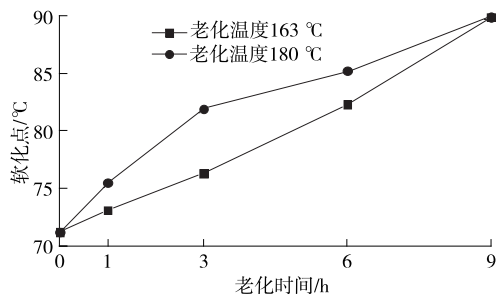


图2 不同老化状况下 SBS 改性沥青软化点的变化

由图 2 可知:不同老化状况下,SBS 改性沥青的软化点随老化时间增加呈增大趋势。这可能是由于 SBS 改性剂吸附溶胀后相互连接形成三维空间网状结构,在软化点测试时,钢球下落过程中网状结构阻碍其下落,软化点增大,高温性能提高。老化温度为 180℃、老化时间 3 h 后,其高温性能提高减缓,说明老化温度过高将加剧 SBS 改性剂的降解。与原样沥青相比,在温度 163℃和 180℃下老化 9 h 后,软化点增长率分别为 26.3%和 26.1%。

#### 2.1.3 延度

沥青低温延度反映沥青的低温性能。延度试验温度为 5℃,拉伸速度为 1 cm/min。SBS 改性沥青延度随老化状况的变化见图 3。

由图 3 可知:不同老化状况下,SBS 改性沥青的延度随老化时间增加呈减小趋势。老化时间 3 h 内,SBS 改性沥青的延度衰减不大;3 h 后,SBS 改性沥

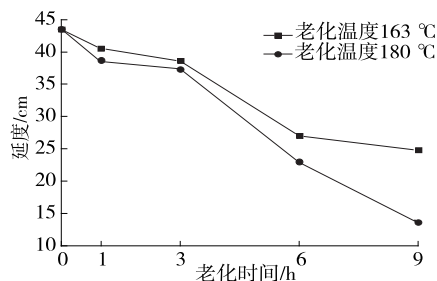


图3 不同老化状况下SBS改性沥青延度的变化

青的低温性能快速衰减。其原因是SBS改性剂的降解导致空间网状结构破坏,老化也导致基质沥青的低温性能衰减。与原样沥青相比,在温度163℃和180℃下老化9h后,延度衰减率分别为42.9%和68.7%。高温对SBS改性沥青低温性能的影响较大,运输、摊铺过程中应将温度控制在180℃以下,以免温度过高影响沥青的低温性能。

#### 2.1.4 黏度

在135℃条件下,选用21号转子,转速为30 rad/min,测定不同老化状况下SBS改性沥青的黏度,试验结果见图4。

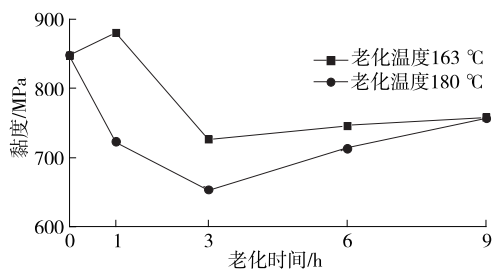


图4 不同老化状况下SBS改性沥青黏度的变化

由图4可知:不同老化状况下,SBS改性沥青的黏度随老化时间增加呈先减小后增大的趋势。这主要是因为SBS改性剂在短时间内吸附溶胀作用较弱,随着时间的推移,吸附溶胀作用增强,形成密实网状结构,SBS改性沥青的黏度增加。

## 2.2 短期老化后SBS改性沥青混合料的路用性能

### 2.2.1 高温性能

采用车辙试验对短期老化后SBS改性沥青混合料的高温性能进行评价,试验结果见图5。

由图5可知:不同老化状况下,SBS改性沥青混合料的动稳定度随老化时间增加呈增大趋势,老化温度越高,混合料的动稳定度越高。老化后,改性沥青变得更硬,随老化时间推移,软化点提高,高温性能增强,流变性能下降,因而拥有更强大的抗形变能力,高温抗车辙能力得到改善。

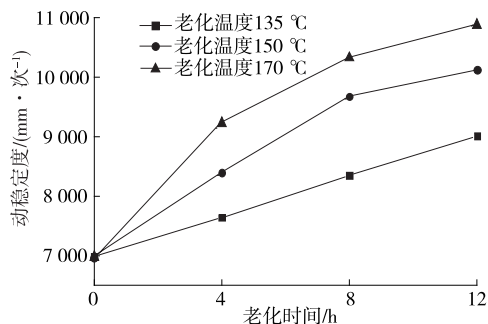


图5 不同老化状况下SBS改性沥青混合料车辙试验结果

### 2.2.2 低温性能

采用低温弯曲试验评价沥青混合料的低温性能。不同老化状况下SBS改性沥青混合料低温性能变化见图6、图7。

从图6、图7可以看出:不同老化状况下,SBS改性沥青混合料的弯拉强度随老化时间增加呈增大趋势,老化温度越高,弯曲强度越大;弯拉应变随老化时间增加呈减弱趋势,老化温度越高,弯曲应变越小,混合料低温性能减弱,与SBS改性沥青的低温延度变化趋势相同,可能与沥青低温性能的衰减有关。

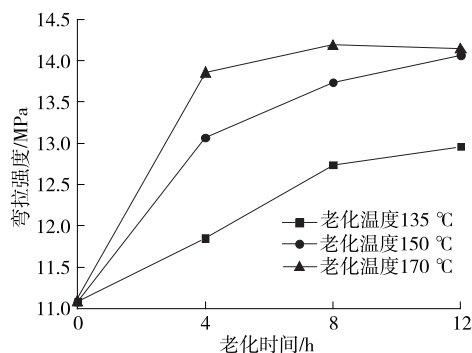


图6 不同老化状况下SBS改性沥青混合料弯拉强度试验结果

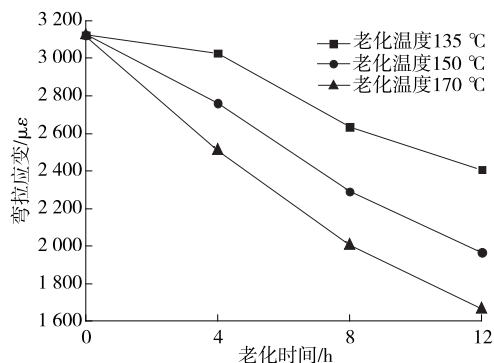


图7 不同老化状况下SBS改性沥青混合料弯拉应变试验结果

### 2.2.3 水稳定性

采用浸水马歇尔试验评价沥青混合料的水稳定性。不同老化状况下 SBS 改性沥青混合料浸水马歇尔试验结果见图 8。

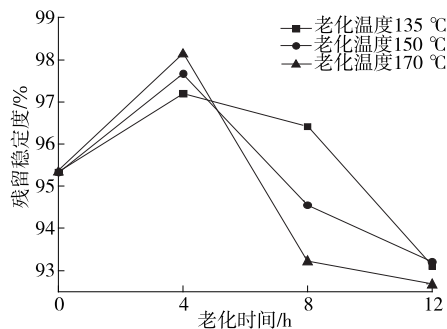


图 8 不同老化状况下 SBS 改性沥青混合料浸水马歇尔试验结果

由图 8 可知：SBS 改性沥青混合料的残留稳定度随老化时间增加呈先增加后减小的趋势。老化时间 4 h 内，残留稳定度随老化时间推移而增加，混合料的水稳定性得到改善，老化温度的影响较小；4 h 后，混合料的残留稳定度随老化时间增加而减小，老化温度对混合料水稳定性的影响增大。

## 3 结论

(1) SBS 改性沥青的针入度、延度随老化时间的推移呈减小趋势，软化点呈增大趋势，高温性能得到提高，黏度先减小后增大。与规范老化温度相比，老化温度越高，SBS 改性沥青的针入度、延度和黏度越小，但软化点增大。

(2) 随老化时间推移，SBS 改性沥青混合料的高温性能得到改善，低温性能减弱，残留稳定度随老

化时间增加先增加后减小。随老化温度提高，SBS 改性沥青混合料的高温性能有所增强，低温性能减弱，抗水损害性能下降。

### 参考文献：

- [1] 李臣泽,陈保莲,王兴越,等.聚合物改性沥青老化研究现状[J].当代化工,2021,50(7):1676—1680.
- [2] 杨永强,康秉铎,郭海东,等.活化胶粉/SBS 复合改性沥青短期老化性能[J].长安大学学报(自然科学版),2021,41(5):23—33.
- [3] 陈捷.不同温度下 SBS 改性沥青老化性能对比试验[J].广东建材,2020,36(10):21—23.
- [4] 高磊,喻金楼,聂桂海,等.SBS 改性沥青短期老化性能研究[J].北方交通,2021(1):54—57.
- [5] 曹雪娟,高豪,李志豪,等.SBS 改性沥青老化特性研究[J].应用化工,2021,50(10):2739—2744.
- [6] 马庆伟,高荣,张娟,等.沥青老化对沥青及沥青混合料性能的影响分析[J].公路交通科技(应用技术版),2012(3):76—78.
- [7] 张永豪,唐国奇,魏艳萍,高温贮存 SBS 改性沥青对其混合料性能影响研究[J].公路工程,2021,46(4):157—162.
- [8] 翟金陵,崔传炜.SBS 改性沥青施工老化的评价体系研究[J].石油沥青,2021,35(5):22—30+45.
- [9] 高杰,王天林,张毅,等.沥青路面摊铺温度及压实度均匀性评价[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2019,42(1):102—107.
- [10] 曹源文,周博,李升连,等.温度对沥青混合料摊铺运动场的影响[J].筑路机械与施工机械化,2020,37(增刊1):46—50.

收稿日期:2021—12—30

\*\*\*\*\*

(上接第 70 页)

含水量与灌砂法的相关性较差;对两者检测结果采用线性、指数、二次多项式回归方程拟合,相关系数均在 0.95 以上,核子密度仪法和灌砂法之间的相关性和一致性较高,表明核子密度仪法值得推广使用。但在大规模施工基层或路基之前,应先验证核子密度仪法与灌砂法之间的相关性。

### 参考文献：

- [1] 交通部公路科学研究院.公路路基路面现场测试规程:JTG 3450—2019[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2019.

- [2] 湖南省交通科学研究院.核子密湿度仪:JJG(交通)068—2006[S].北京:化学工业出版社,2006.
- [3] 曹文贵,胡天浩,罗宏,等.土石混填路基压实度检测新方法探讨[J].湖南大学学报(自然科学版),2008,35(2):22—26.
- [4] 赵桂娟,郭平.高速公路路基压实度检测方法相关性分析[J].西安科技大学学报,2006,26(2):179—183.
- [5] 周瑞丰,杨晓青,李彦杰.核子密度仪检测沥青混凝土路面压实度的应用[J].中外公路,2003,23(4):85—86.
- [6] 刘金修,童申家,王乾.基于最小二乘法的路基压实度检测方法相关性研究[J].公路工程,2016,41(2):56—60.

收稿日期:2021—12—02