

# 不同工艺制备的 SBS 改性沥青混合料性能研究\*

代霞

(河南正兴工程管理有限公司, 河南 郑州 450001)

**摘要:** 传统的 SBS 改性沥青通过湿法制备, 对沥青路面路用性能有显著改善效果, 但存在易离析及高温加热后性能衰减等缺点。SBS-T 是一种新型速溶型改性剂, 可在混合料生产过程中直接投入拌和楼中, 通过与矿料之间的摩擦渗透到石油沥青中, 能避免湿法工艺的缺陷。文中通过室内试验确定 SBS 及 SBS-T 的最佳掺量分别为 4%、8%, 在此基础上进行不同工艺制备的改性沥青混合料路用性能研究。结果表明, SBS-T 干法改性混合料的高温抗车辙及低温抗开裂能力较好, SBS 湿法改性混合料的抗水损害能力较好。

**关键词:** 公路; SBS 改性剂; 干法工艺; 湿法工艺; 沥青混合料; 路用性能

中图分类号: U416.217

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2020)06-0053-04

传统 SBS 改性沥青路面随着使用年限的增加, 会出现车辙、裂缝、拥包及坑槽等病害。传统 SBS 改性沥青通过大型剪切设备剪切湿法预先制备而成, 这种生产工艺存在技术缺陷及监管难题, 同时改性沥青储存时间久了会出现离析现象。干法生产工艺选用 SBS-T 速溶型改性剂在拌和现场对普通沥青混合料进行改性, 具有以下优点: 1) 改性剂直接投放到拌和楼与混合料拌和, 能降低改性沥青运输过程中的能耗; 2) SBS-T 改性剂易于储存和保管, 交通不便地区发挥空间更大; 3) 可避免 SBS 改性沥青质量监管难题及长期储存离析风险。干法生产 SBS-T 改性沥青混合料能省去预先对沥青改性的环节, 但它是一种新型工艺, 应参照室内成熟的试验对沥青混合料进行研究。为此, 该文以传统 SBS 改性沥青及混合料作为参考, 研究 SBS 及 SBS-T 的最佳掺量, 然后对不同改性工艺制备的 AC-13C、SMA-13 混合料进行高温抗车辙、低温抗开裂、抗水损害性能研究, 为干法 SBS-T 改性沥青混合料在工程中的应用提供指导。

## 1 原材料

### 1.1 沥青

选用道路工程中常用的 70# A 级道路石油沥青, 其主要技术指标见表 1。

### 1.2 改性剂

湿法工艺采用 LG501 线型改性剂, 干法工艺采

用速溶型 SBS-T 改性剂, 其主要技术指标见表 2。

表 1 70# A 级道路石油沥青的主要技术指标

检测项目	技术要求	检测结果
针入度(25℃)/(0.1 mm)	60~80	72
延度(5 cm/min, 15℃)/cm	≥100	118
软化点/℃	≥46	49.5
动力黏度(60℃)/(Pa·s)	≥180	203
蜡含量/%	≤2.2	0.8
溶解度/%	≥99.5	99.8
针入度指数	-1.5~1.0	0.3
闪点/℃	≥260	287
密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	实测值	1.028
质量变化/%	±0.8	-0.34
RTFOT 针入度比	≥61	68.4
后残留物	残留延度	29.4
	(15℃)/cm	

表 2 两种改性剂的主要技术指标

SBS 改性剂	检测	SBS-T 改性剂	检测
性能指标	结果	性能指标	结果
外观	线型	外观	颗粒状
断裂延伸率/%	760	SBS 含量/%	63
拉伸强度/MPa	34.3	灰分含量/%	3.8
熔融指数/ [g·(10 min) <sup>-1</sup> ]	0.82	熔融指数/ [g·(10 min) <sup>-1</sup> ]	2.37
嵌段比 S/B/%	28/71	干拌分散性	无颗粒 残留

### 1.3 纤维

在沥青混合料中加入适量的纤维, 能起到加筋

\* 基金项目: 国家自然科学基金项目(51708513); 河南省重点科技攻关计划项目资助课题(152102210033)

作用,增强沥青路面的承载能力,提高混合料的整体力学性能。采用木质素纤维,其技术指标见表3。

表3 木质素纤维的主要技术指标

检测指标	检测结果
纤维长度/Mm	<6
颜色	灰白色
耐酸碱腐蚀性	较强
pH值	6.5~8.5
吸油率/%	≥纤维质量的5倍
灰分含量/%	14~23

## 2 改性沥青性能对比分析

影响改性沥青性能的因素较多,其中改性剂掺

量起关键作用。不同SBS及SBS-T改性剂掺量(占沥青质量)下改性沥青的性能指标见表4,其TFOT后残留物的试验结果见表5。

由表4可知:随着SBS、SBS-T掺量的增加,沥青软化点逐渐升高,延度和针入度逐渐降低;SBS、SBS-T改性剂掺量分别大于4%、8%时,沥青软化点的增幅逐渐降低,延度和针入度的降幅逐渐增大。

由表5可知:随着SBS、SBS-T掺量的增加,TFOT后残留物的针入度比先升高后降低,延度逐渐降低;SBS、SBS-T掺量分别为4%、8%时,沥青针入度比达到峰值。综合考虑,SBS的最佳掺量为4%,SBS-T的最佳掺量为8%。

表4 SBS及SBS-T改性沥青性能指标试验结果

SBS掺量/%	软化点/℃	延度(5℃)/cm	针入度(25℃)/(0.1mm)	SBS-T掺量/%	软化点/℃	延度(5℃)/cm	针入度(25℃)/(0.1mm)
1	52.5	45	68.3	2	51.5	43	68.7
2	56.0	41	65.4	4	55.0	40	63.5
3	62.5	37	59.8	6	61.5	38	57.4
4	67.5	34	53.2	8	68.5	36	51.7
5	70.5	28	46.6	10	71.5	31	44.2
6	72.0	23	37.1	12	73.0	26	36.9

表5 SBS及SBS-T改性沥青TFOT后残留物的试验结果

SBS掺量/%	针入度比(25℃)/%	延度(5℃)/cm	SBS-T掺量/%	针入度比(25℃)/%	延度(5℃)/cm
1	73.5	25.3	2	82.0	24.8
2	76.7	24.5	4	90.1	23.1
3	80.7	23.1	6	87.9	21.3
4	84.5	19.9	8	88.6	18.6
5	82.0	13.7	10	84.7	14.6
6	81.2	10.6	12	83.0	11.4

## 3 路用性能分析

选取AC-13C、SMA-13两种级配类型混合料,分别进行湿法SBS、干法SBS-T改性,研究改性沥青混合料的高温抗车辙、低温抗开裂及抗水损害等路用性能。

### 3.1 矿料级配及马歇尔试验结果

AC-13C、SMA-13沥青混合料中,粗集料为3~5、5~10、11~15mm玄武岩碎石,细集料为0~3mm石灰岩机制砂,填料为石灰岩矿粉,其各项指标均满足相关规范的要求。两种混合料的矿料级配见表6。SBS、SBS-T掺量分别为4%、8%,SMA-13

表6 沥青混合料矿料级配设计结果

级配类型	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%									
	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
AC-13C	上限	100.0	85.0	68.0	50.0	38.0	28.0	20.0	15.0	8.0
	下限	90.0	68.0	38.0	24.0	15.0	10.0	7.0	5.0	4.0
	目标级配	95.3	75.3	48.6	34.7	22.6	19.5	15.2	10.5	6.8
SMA-13	上限	100.0	75.0	34.0	26.0	24.0	20.0	16.0	15.0	12.0
	下限	90.0	50.0	20.0	15.0	14.0	12.0	10.0	9.0	8.0
	目标级配	94.8	64.5	26.3	21.4	18.7	16.5	12.1	11.7	10.7

混合料中木质素纤维掺量为 0.4%(占混合料质量)。 两种混合料的最佳油石比及马歇尔试验结果见表 7。

表 7 沥青混合料的最佳油石比及马歇尔试验结果

混合料类型	最佳油石比/%	毛体积相对密度	空隙率/%	矿料间隙率/%	沥青饱和度/%	马歇尔稳定度/kN	流值/mm
基质沥青 AC-13C	4.6	2.447	4.8	15.1	68.8	11.43	2.9
基质沥青 SMA-13	5.9	2.451	3.7	17.2	79.1	8.28	3.6
SBS 湿法改性 AC-13C	4.9	2.441	4.6	15.3	69.6	13.64	3.1
SBS-T 干法改性 AC-13C	4.9	2.439	4.4	15.4	69.9	14.76	3.2
SBS 湿法改性 SMA-13	6.1	2.446	3.4	17.5	79.4	9.76	3.8
SBS-T 干法改性 SMA-13	6.1	2.445	3.3	17.7	79.6	10.43	4.1

### 3.2 高温稳定性

沥青路面是一种柔性结构层,其物理力学性能不仅与环境温度有关,还与车辆轴载及轴载作用次数密切相关。选用车辙试验评价混合料的高温抗车辙能力,各沥青混合料(其表示方式见表 8)动稳定度及车辙深度试验结果分别见图 1、图 2。

表 8 不同混合料类型的表示方式

混合料类型	表示方式
基质沥青 AC-13C	A-A
基质沥青 SMA-13	A-S
SBS 湿法改性 AC-13C	B-A
SBS 湿法改性 SMA-13	B-S
SBS-T 干法改性 AC-13C	C-A
SBS-T 干法改性 SMA-13	C-S

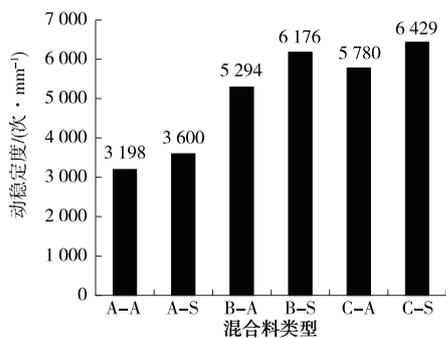


图 1 沥青混合料动稳定度试验结果

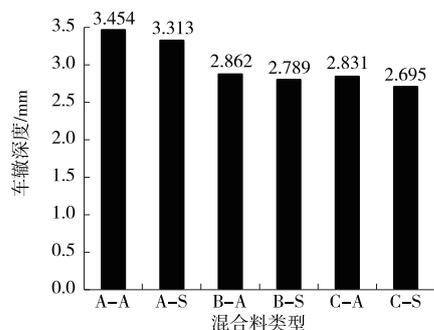


图 2 沥青混合料车辙深度试验结果

由图 1、图 2 可知:两种类型改性沥青混合料的

高温抗车辙能力明显优于普通沥青混合料;相同改性方式下,SMA-13 混合料的高温抗车辙能力优于 AC-13C 混合料;同类型混合料的高温抗车辙能力为 SBS-T 干法改性 SMA-13>SBS 湿法改性 SMA-13>普通 SMA-13,SBS-T 干法改性 AC-13C>SBS 湿法改性 AC-13C>普通 AC-13C。

### 3.3 低温抗裂性

沥青路面裂缝会严重降低路面使用年限和行车舒适性。采用低温小梁弯曲试验分析混合料的低温抗开裂能力,各沥青混合料抗弯拉强度及最大弯拉破坏应变试验结果分别见图 3、图 4。

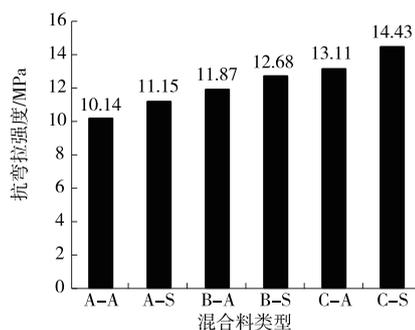


图 3 沥青混合料抗弯拉强度试验结果

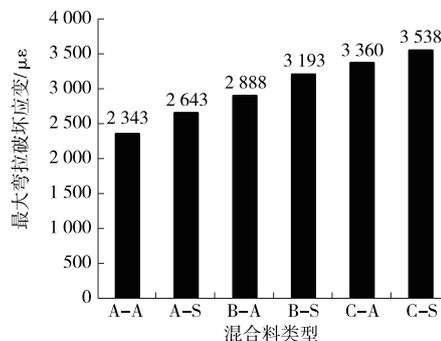


图 4 沥青混合料最大弯拉应变试验结果

由图 3、图 4 可知:两种类型改性沥青混合料的低温抗开裂能力明显优于普通混合料;相同改性方式下,SMA-13 混合料的低温抗开裂能力优于 AC

-13C 混合料;同类型混合料的低温抗开裂能力为 SBS-T 干法改性 SMA-13>SBS 湿法改性 SMA-13>普通 SMA-13, SBS-T 干法改性 AC-13C>SBS 湿法改性 AC-13C>普通 AC-13C。

### 3.4 水稳定性

选用浸水马歇尔及冻融劈裂试验评价沥青混合料的水稳定性,各种 SBS 改性沥青混合料浸水马歇尔残留稳定度及冻融劈裂残留强度比试验结果分别见图 5、图 6。

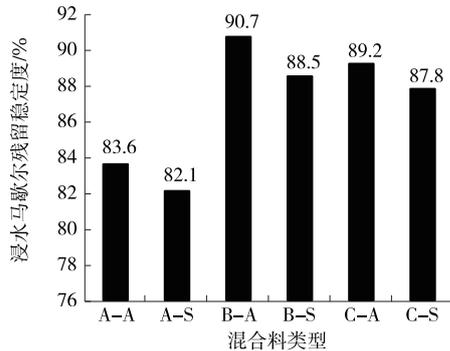


图 5 沥青混合料浸水马歇尔残留稳定度试验结果

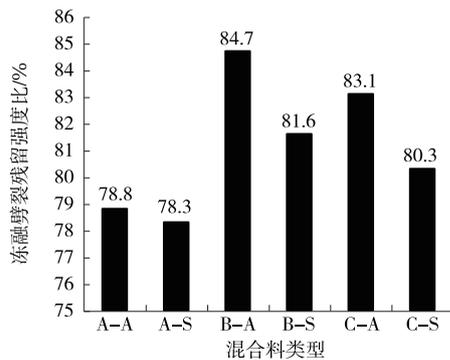


图 6 沥青混合料冻融劈裂残留强度比试验结果

由图 5、图 6 可知:两种类型改性混合料的抗水损害能力明显优于普通混合料;相同改性方式下,AC-13C 混合料的抗水损害能力优于 SMA-13 混合料;同类型混合料的低温抗开裂能力为 SBS 湿法改性 SMA-13>SBS-T 干法改性 SMA-13>普通 SMA-13, SBS 湿法改性 AC-13C>SBS-T 干法改性 AC-13C>普通 AC-13C。

## 4 结论

(1) 随着 SBS、SBS-T 掺量的增加,沥青软化点逐渐升高,延度和针入度逐渐降低,TFOT 后残留物的针入度比先升高后降低,延度逐渐降低。SBS、SBS-T 的最佳掺量分别为 4%、8%。

(2) SMA-13、AC-13C 改性沥青混合料的高温抗车辙、低温抗开裂、抗水损害能力明显优于普通沥青混合料;相同改性方式下,SMA-13 混合料的高温抗车辙及低温抗开裂能力优于 AC-13C 混合料,抗水损害能力相反;相同类型混合料中,SBS-T 干法改性沥青混合料的高温抗车辙及低温抗开裂能力优于 SBS 湿法改性沥青混合料,SBS 湿法改性沥青混合料的抗水损害能力优于 SBS-T 干法改性沥青混合料。

### 参考文献:

- [1] 栾轶博,李志刚,徐磊,等.直投式橡胶粉与 SBS 复合改性沥青在沥青路面中的应用初探[J].国防交通工程与技术,2016,14(5):61-63.
- [2] 钟彪.沥青混凝土路面预防性养护措施决策与应用[J].中外公路,2018,38(6):58-61.
- [3] 黄彬,马丽萍,许文娟.改性沥青的研究进展[J].材料导报,2016,24(1):137-141.
- [4] 杨平文,曹晖,曹贵,等.不同嵌段比 SBS 改性沥青性能比较[J].公路交通科技(应用技术版),2015(9):100-101.
- [5] 牛冬瑜,韩森,陈凯,等.加工工艺关键参数对 SBS 改性沥青性能影响[J].长安大学学报(自然科学版),2014,34(3):7-16.
- [6] 刘莹,王涵,郭娜,等.干法工艺生产改性沥青混合料的发展现状[J].石油沥青,2017,31(2):67-71.
- [7] 徐晓波.直投式改性橡胶沥青混合料路用性能分析[J].山西交通科技,2017(3):12-15.
- [8] 中国公路学会.公路路面干法 SBS 改性沥青路面技术指南:T/CHTS 20003-2018[S].北京:人民交通出版社有限公司,2018.
- [9] 张何猛.SBS 掺量对改性沥青的性能影响[J].山东交通科技,2017(2):22-25.
- [10] 李智,邵申申.红外光谱法定量分析 SBS 改性沥青的方法研究[J].公路与汽运,2015(6):77-81.
- [11] 王静.直投 SBS 改性技术在实体工程中的应用研究[J].中外公路,2017,37(3):262-265.
- [12] 王安.玄武岩纤维 SMA-13 的路用性能研究与应用[D].长沙:长沙理工大学,2013.
- [13] 张楠,郑南翔,高志敏.中空聚酯纤维沥青混合料的热阻及路用性能研究[J].公路交通科技,2018,35(10):19-25.
- [14] 钱璞,李俊.硅藻土改性沥青混合料高温性能分析[J].中外公路,2017,37(5):281-284.
- [15] 匡强,周再恒,徐程.重载交通下 SMA 高温稳定性影响因素研究[J].公路与汽运,2020(5):75-79.

(下转第 60 页)

性能,试验结果见图7。

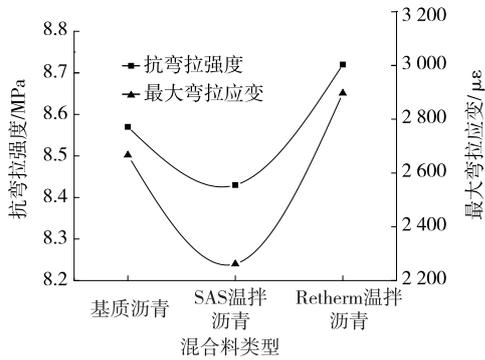


图7 不同类型沥青混合料的低温性能

由图7可知:降黏型温拌剂SAS的加入会减小沥青混合料的抗弯拉强度和最大弯曲应变,而表面活性型温拌剂Retherm会略微提高混合料的抗弯拉强度和最大弯曲应变,对混合料的低温抗裂性能有小幅提升作用。这是因为SAS的本质是高分子蜡,高蜡含量,会对沥青的低温性能产生负面影响,降低混合料的低温抗裂性能;而Retherm能改善沥青界面张力,且未对沥青自身的性质产生影响,因而混合料低温性能小幅提高。

### 3 结论

(1) 相同空隙率(4%)条件下,降黏型温拌剂SAS可降低16.8℃压实温度,表面活性型温拌剂Retherm可降低20.4℃压实温度。

(2) 降黏型温拌剂SAS与表面活性型温拌剂Retherm都能显著提高混合料的动稳定度,相对于基质沥青混合料,SAS温拌沥青混合料的动稳定度提高46.9%,Retherm温拌沥青混合料的动稳定度提高40.2%。

(3) 降黏型温拌沥青混合料的1~3次冻融劈裂抗拉强度比分别比基质沥青混合料的降低2.5%、6.4%、6.1%;而表面活性温拌沥青混合料的1~3次冻融劈裂抗拉强度比比基质沥青混合料的有小幅提升。

(4) 降黏型温拌剂SAS的加入会减小沥青混合料的抗弯拉强度和最大弯曲应变,降低其低温性

能;而表面活性型温拌剂Retherm会略微提高混合料的抗弯拉强度和最大弯曲应变,小幅提高混合料的低温性能。

### 参考文献:

[1] 殷魏峰,徐佳骏.成型温度对温拌SMA混合料性能的影响[J].公路与汽运,2017(6):81-83.

[2] 于江,张飞,王克新,等.温拌沥青混合料技术研究分析[J].公路工程,2015,40(2):80-82.

[3] 闫国杰,邓国民,李交,等.有机复合温拌剂对沥青性能影响研究[J].公路,2012(4):189-196.

[4] 王文奇,邱延峻,郭玉金,等.有机降黏型温拌沥青添加剂发展现状及展望[J].化工新型材料,2017,45(4):210-212.

[5] 曹蕊蕊,盛兴跃,孙书平.有机降温剂对SBS改性沥青胶结料的影响[J].公路与汽运,2013(3):107-109.

[6] 郭乃胜,张银宣,张小康,等.泡沫温拌橡胶沥青混合料路用性能[J].大连海事大学学报,2016,42(1):113-118.

[7] 王友奎,段冲,赵帆.表面活性型温拌剂的应用研究[J].石油沥青,2017,31(2):18-23.

[8] 张宇楠,廖克俭,王洪国,等.表面活性型温拌剂对沥青理化性质的影响[J].当代化工,2014,43(3):346-347.

[9] 李淑娥,陈永云.Sasobit温拌剂对橡胶沥青高温性能的影响研究[J].公路与汽运,2013(6):100-104.

[10] 徐波,邹晓勇,顾一春.法赛对SBS改性沥青高低温性能的影响[J].河南科技大学学报(自然科学版),2014,35(6):57-60.

[11] 瞿翔,陈景雅,王坤.Sasobit对沥青混合料水稳定性的影响[J].公路与汽运,2013(3):104-106.

[12] 郭乃胜,尤占平,赵颖华,等.温拌再生沥青混合料耐久性能[J].中国公路学报,2014,27(8):17-22.

[13] 张金喜,张晗,袁晓斌.不同温拌剂温拌沥青混合料力学性能对比研究[J].中外公路,2018,38(4):240-244.

[14] 黄刚,张霞,黄涛.基于降黏与表面活性的温拌沥青及混合料性能对比[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2017,36(10):37-44.

收稿日期:2020-03-12

(上接第56页)

[16] 徐明非,郭平,李俊.蒙脱土/SBS复合改性沥青混合料路用性能研究[J].公路交通科技,2019,36(1):4-7.

[17] 李永振,梁皓,王鹤,等.发泡类温拌剂对SBS改性沥青性能的影响[J].公路与汽运,2020(4):63-65.

收稿日期:2020-03-17