

抗车辙剂与 SBS 改性剂对 SMA-13 沥青混合料路用性能的影响

陈兵¹, 郭明君², 李萍², 孙国伟², 念腾飞²

(1. 甘肃第七建设集团股份有限公司 基础桥梁市政工程公司 兰州市 730000;

2. 兰州理工大学土木工程学院 兰州市 730050)

摘要: 以 SMA-13 沥青混合料为研究对象通过车辙试验、弯曲试验、劈裂试验及冻融劈裂试验对抗车辙剂和 SBS 改性剂不同掺量的高温稳定性、低温抗裂性和水稳定性进行研究评价。试验结果表明:在 SMA-13 沥青混合料中添加一定量的抗车辙剂和 SBS 改性剂均能对其高温稳定性、低温抗裂性和水稳定性有所提高,且最佳掺量分别为 0.4% 和 5%;同时在最佳掺量下,添加抗车辙剂的高温稳定性要优于添加 SBS 改性剂的高温稳定性;添加 SBS 改性剂的低温抗裂性和水稳定性要优于添加抗车辙剂的低温抗裂性和水稳定性。

关键词: SMA-13; 抗车辙剂; SBS 改性剂; 路用性能

沥青混凝土路面具有无灰尘、噪音小、振动小、便于维修以及可再生性而在高等级公路中被广泛使用,然而在使用过程中常常出现车辙和裂缝等病害,这些通常是由于沥青混合料高温稳定性、低温抗裂性和水稳定性方面的不足导致的^[1-3]。一直以来,国内外学者对如何提高沥青混合料的路用性能做了很多研究,发现抗车辙剂具有卓越的融合能力,能极大地改善沥青胶体的结构,使沥青混凝土高温稳定性和低温抗裂性提高数倍甚至数十倍^[4,5];SBS 改性剂具有很好的耐高温和抗低温双向性质,此外还具有良好的抗疲劳、抗滑和抗老化等优点^[6,7]。然而上述研究只是定性地说明外加剂可以提高沥青混合料的路用性能,但未系统地对外加剂的最佳掺量和最佳掺量下的效果对比进行研究。

本文定义抗车辙剂掺量为抗车辙剂质量与沥青混合料总质量的比值;定义 SBS 改性剂掺量为 SBS 质量与沥青质量的比值,通过在 SMA-13 沥青混合料中添加不同掺量的外加剂进行车辙试验、弯曲试验、劈裂试验和冻融劈裂试验来评价外加剂对 SMA-13 沥青混合料高温稳定性、低温抗裂性和水稳定性的影响,确定外加剂的最佳掺量和最佳掺量下的效果对比。

1 试验材料与试验方法

1.1 试验原材料

试验沥青选用新疆克拉玛依 AH-90 石油沥青,其各项技术指标经测定均符合规范要求,见表 1。选用西安天虹交通科技有限公司生产的“抗辙王”作为抗车辙剂,外观为纯黑色颗粒,其各项技术指标见表 2。选用燕山石化公司采用阴离子聚合方法生产的热塑性丁苯橡胶作为 SBS 改性剂,外观为白色条状,其各项技术指标见表 3。选用兰州安宁区采石场生产的集料作为试验用粗、细集料,其矿物类别为砂岩;选用兰州市永登通沟湾水泥厂生产的石灰岩作为矿粉,其各项技术指标均满足规范^[9]要求,见表 4~表 6。

表 1 沥青技术指标

试验项目	测试结果	规范要求	试验方法
25℃ 时针入度/(10 ⁻¹ mm)	89	80~100	T0604
针入度指数 PI	-1.1	-1.5~+1.0	T0604
15℃ 时延度/cm	149	≥100	T0605
软化点/℃	48	≥45	T0606
闪点/℃	300	≥245	T0611
15℃ 时密度/(g·cm ⁻³)	1.033	实测	T0603

基金项目: 甘肃省科技支撑项目,项目编号 1504GKCA031

收稿日期: 2016-03-01

表2 抗车辙剂技术指标

项目	外观	粒径/mm	密度/(g·cm ⁻³)	熔点/℃	软化点/℃	拉伸强度/MPa
指标	黑色颗粒	≤6	0.92~1.10	140~150	150~170	25~30
检测结果	黑色颗粒	≤6	1.02	147.5	163	27.8

表3 SBS改性沥青技术指标

SBS含量/%	针入度(25℃,100g,5s)/10 ⁻¹ mm	延度(15℃)/cm	软化点/℃
4.0	63.6	89	51.5
5.0	55.3	102	67.0
6.0	50.1	108	72.0

表4 粗集料技术指标

粒径/mm	表观相对密度	毛体积相对密度
16.0	2.658	2.642
13.2	2.652	2.636
9.5	2.671	2.658
4.75	2.654	2.645

表5 细集料技术指标

粒径/mm	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
视密度/(g·cm ⁻³)	2.65	2.66	2.67	2.67	2.68	2.687

表6 矿粉技术指标

指标	试验结果	规范要求
表观相对密度	2.82	≥2.5
含水率/%	0.89	≤1
外观	无团粒结块	无团粒结块
亲水系数	≤1	≤1

1.2 级配类型

本试验选用 SMA-13 沥青混合料,目标级配曲线如图 1 所示。通过马歇尔试验得到 SMA-13 的沥青混合料体积指标,计算得到 SMA-13 的最佳油石比为 5.9%。

1.3 试验方法

车辙试验、弯曲试验、劈裂试验和冻融劈裂试验的原理和方法均参照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTGE20-2011)。本试验中 SMA-13 沥青混合料的抗车辙掺量为 0.3%、0.4%和 0.5%;SBS 改性剂掺量为 4.0%、5.0%和 6.0%。

2 试验结果分析与讨论

2.1 高温车辙试验

高温车辙试验是通过测定动稳定度指标,进而

反映沥青混合料的高温性能。本试验采用的试验设备为长沙亚星公司生产的恒温式沥青混合料车辙仪,试件按车辙试验规程制作 300 mm×300 mm×50 mm 的标准试件,控制试验温度为 45℃、60℃、70℃,并将精度控制在 ±1℃ 范围内,试验荷载为 0.7 MPa 并控制往返碾压速度为 42 次/min。

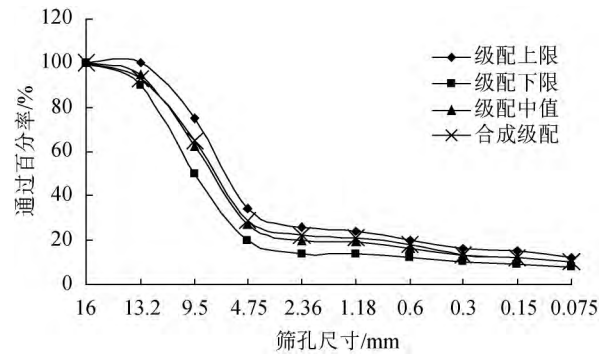


图1 SMA-13 矿料的级配

2.1.1 抗车辙剂掺量对高温动稳定度的影响

经过试验,得到 SMA-13 沥青混合料的动稳定度 DS 与抗车辙剂掺量的关系见图 2。

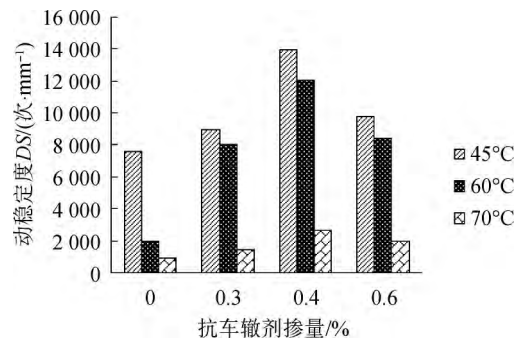


图2 不同温度下动稳定度 DS 随抗车辙剂掺量的变化

从图 2 可以看出在 3 个温度条件下的动稳定度 DS 均满足规范要求,且 DS 随抗车辙剂掺量的曲线变化趋势基本一致。抗车辙剂掺量在 0~0.4% 范围内时,动稳定度 DS 随着抗车辙剂掺量增加而增加,呈现上升趋势。在抗车辙剂掺量为 0.4% 时,动稳定度 DS 达到最大值;而当抗车辙剂掺量大于 0.4% 时,动稳定度 DS 反呈现下降趋势。沥青混合料中抗车辙剂的掺量为 0.4% 左右时,沥青混合料中的沥青和集料的胶结作用最好,对提高沥青混合

料的高温稳定性效果最佳。

2.1.2 SBS 改性剂掺量对高温动稳定度的影响

经过试验,得到 SMA-13 沥青混合料的动稳定度 DS 与 SBS 改性剂掺量的关系见图 3。

从图 3 可以看出:在 3 个温度条件下的动稳定度 DS 都满足规范要求,且 DS 随 SBS 改性剂掺量的曲线变化趋势基本一致。SBS 改性剂掺量在 0~5.0% 范围内时,动稳定度 DS 随着 SBS 改性剂掺量增加而增加,呈现上升趋势。在 SBS 改性剂掺量为 5.0% 时,动稳定度 DS 达到最大值;而当 SBS 改性剂掺量大于 5.0% 时,动稳定度 DS 反呈现下降趋势。沥青混合料中 SBS 改性剂的掺量为 5.0% 左右时,沥青混合料的抗变形能力和弹性恢复能力最佳。

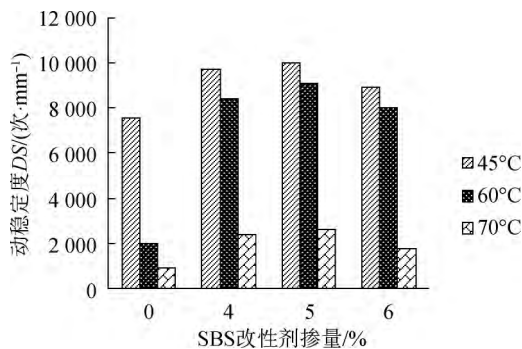


图 3 不同温度下动稳定度 DS 随 SBS 改性剂掺量的变化

2.1.3 最佳掺量下抗车辙剂与 SBS 改性剂的作用对比

由图 2 和图 3 确定沥青混合料的抗车辙剂最佳掺量为 0.4%,SBS 改性剂最佳掺量为 5.0%。现对最佳掺量下抗车辙剂和 SBS 改性剂对 SMA-13 沥青混合料高温稳定性的影响进行对比,结果见表 7。

表 7 高温车辙试验结果

SMA-13	动稳定度/(次/mm)		
	45°C	60°C	70°C
无外加剂	7 563	1 981	895
0.4% 抗车辙剂	13 915	12 057	2 614
0.5% SBS 改性剂	9 986	9 097	2 583

由表 7 可以看出在 3 种温度条件下,无论是添加 0.4% 抗车辙剂还是 0.5% SBS 改性剂,其动稳定度 DS 明显优于 SMA-13 沥青混合料的动稳定度 DS ,且抗车辙剂的效果要优于 SBS 改性剂的效果。

2.2 低温小梁弯曲试验

低温小梁试验通过对沥青混合料弯拉应变的测

定,进而评价沥青混合料的低温抗裂性能。本试验采用长沙亚星公司的沥青混合料低温弯拉试验系统进行试验,试件按文献[8]由车辙板切割制作 250 mm×30 mm×35 mm 的标准棱形体小梁试件,其跨径为 200 mm,控制试验温度为 -10°C、0°C、10°C,加载速度为 50 mm/min。

2.2.1 抗车辙剂对低温弯拉应变的影响

经过试验,得到 SMA-13 沥青混合料的弯拉应变 ϵ_B 与抗车辙剂掺量的关系,见图 4。

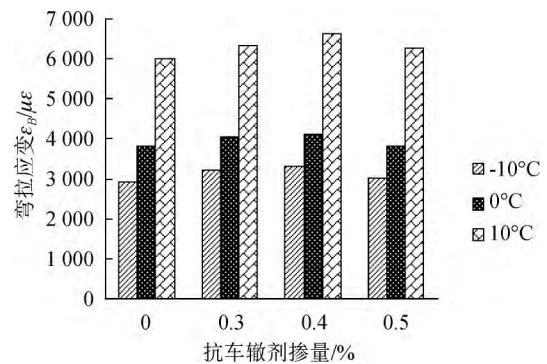


图 4 不同温度下弯拉应变 ϵ_B 随抗车辙剂掺量的变化

从图 4 中可以看出:在 3 个温度条件下的弯拉应变 ϵ_B 均满足规范要求;且 ϵ_B 随抗车辙剂掺量的曲线变化趋势基本一致;抗车辙剂掺量在 0~0.4% 范围内时,弯拉应变 ϵ_B 随着抗车辙剂掺量的增加而增加,呈现上升趋势;在抗车辙剂掺量为 0.4% 时,弯拉应变 ϵ_B 达到最大值;而当抗车辙剂掺量大于 0.4% 时,弯拉应变 ϵ_B 反呈现下降趋势。沥青混合料中抗车辙剂的掺量为 0.4% 左右时,沥青混合料中的沥青和集料的黏结力最好,对提高沥青混合料的低温抗裂性能效果最佳。

2.2.2 SBS 改性剂对低温弯拉应变的影响

经过试验,得到 SMA-13 沥青混合料的弯拉应变 ϵ_B 与 SBS 改性剂掺量的关系,见图 5。

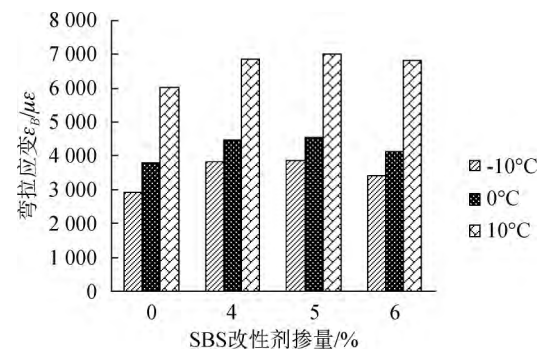


图 5 不同温度下弯拉应变 ϵ_B 随 SBS 改性剂掺量的变化

从图 5 可以看出:在 3 个温度条件下的弯拉应变 ϵ_B 均满足规范要求,且 ϵ_B 随 SBS 改性剂掺量的曲线变化趋势基本一致。SBS 改性剂掺量在 0~0.5% 范围内时,弯拉应变 ϵ_B 随着 SBS 改性剂掺量增加而增加,呈现上升趋势;在 SBS 改性剂掺量为 0.5% 时,弯拉应变 ϵ_B 达到最大值;而当 SBS 改性剂掺量大于 0.5% 时,弯拉应变 ϵ_B 反呈现下降趋势。沥青混合料中 SBS 改性剂的掺量为 0.5% 左右时,对提高沥青混合料的低温抗裂性能效果最佳。

2.2.3 最佳掺量下抗车辙剂与 SBS 改性剂的作用对比

由图 4 和图 5 确定沥青混合料的抗车辙剂最佳掺量为 0.4%,SBS 改性剂最佳掺量为 5.0%。对最佳掺量下抗车辙剂和 SBS 改性剂对 SMA-13 沥青混合料低温抗裂性的影响进行对比,结果见表 8。

表 8 低温小梁弯曲试验结果

SMA-13	弯拉应变/ $\mu\epsilon$		
	-10℃	0℃	10℃
无外加剂	2 904	3 791	6 002
0.4% 抗车辙剂	3 299	4 105	6 610
0.5% SBS 改性剂	3 856	4 542	7 013

由表 8 可以看出:在 3 种温度条件下,无论是添加 0.4% 抗车辙剂还是 0.5% SBS 改性剂,其弯拉应变 ϵ_B 明显优于 SMA-13 沥青混合料的弯拉应变 ϵ_B ,且 SBS 改性剂的效果要优于抗车辙剂的效果。

2.3 劈裂试验

劈裂试验通过对沥青混合料拉伸应变的测定,进而评价沥青混合料的低温抗裂性能。本试验采用长沙亚星公司生产的路强仪 LQD-2 进行试验,试件按试验规程制备标准马歇尔试件,控制试验温度为 -10℃,加载速度为 1 mm/min。

经过试验,得到 SMA-13 沥青混合料的破坏拉伸应变 ϵ_T 与抗车辙剂掺量和 SBS 改性剂掺量的关系,见表 9、表 10。

表 9 破坏拉伸应变 ϵ_T 与抗车辙剂掺量的变化

抗车辙剂掺量/%	0	0.3	0.4	0.5
破坏拉伸应变 ϵ_T	4 672	4 905	5 183	4 827

表 10 破坏拉伸应变 ϵ_T 与 SBS 改性剂掺量的变化

SBS 改性剂掺量/%	0	4	5	6
破坏拉伸应变 ϵ_T	4 672	5 047	5 235	4 903

从表 9 和表 10 可以得出:无论添加抗车辙剂还是添加 SBS 改性剂都对拉伸应变 ϵ_T 的提高有一定作用,抗车辙剂掺量为 0.4% 时对拉伸应变 ϵ_T 的提高最有效,为 9.9%;SBS 改性剂掺量为 5% 时对拉伸应变 ϵ_T 的提高最有效,为 11.9%;SBS 改性剂最佳掺量的效果优于抗车辙剂最佳掺量的效果。

2.4 冻融劈裂试验

冻融劈裂试验通过对沥青混合料劈裂强度比的测定,进而评价沥青混合料的水稳定性。本试验采用长沙亚星公司生产的路强仪 LQD-2 进行试验,试件按试验规程制备标准马歇尔试件,控制试验温度为 25℃,加载速度为 50 mm/min。

经过试验,得到 SMA-13 沥青混合料的劈裂强度比与抗车辙剂掺量和 SBS 改性剂掺量的关系,如表 11、表 12。

表 11 劈裂强度比与抗车辙剂掺量的变化

抗车辙剂掺量/%	0	0.3	0.4	0.5
劈裂强度比	76.6	85.8	87.6	83.2

表 12 劈裂强度比与 SBS 改性剂掺量的变化

SBS 改性剂掺量/%	0	4	5	6
劈裂强度比	76.6	89.6	93.8	82.6

从表 11 和表 12 可以得出:无论添加抗车辙剂还是添加 SBS 改性剂都对劈裂强度比的提高有一定作用;抗车辙剂掺量为 0.4% 时对劈裂强度比的提高最有效,为 14.6%;SBS 改性剂掺量为 5% 时对劈裂强度比的提高最有效,为 21.59%;SBS 改性剂最佳掺量的效果优于抗车辙剂最佳掺量的效果。

3 结语

在 SMA-13 沥青混合料中添加不同掺量的抗车辙剂和 SBS 改性剂进行路用性能的试验研究,对车辙试验、弯曲试验、劈裂试验和冻融劈裂试验的各项数据进行分析,可以得出以下结论。

(1)在高温稳定性方面,SMA-13 中添加 0.4% 抗车辙剂和 5% SBS 改性剂达到最佳掺量;在最佳掺量的情况下添加抗车辙剂效果要优于添加 SBS 改性剂的效果。

(2)在低温抗裂性方面,SMA-13 中添加 0.4% 抗车辙剂和 5% SBS 改性剂达到最佳掺量;在最佳掺量的情况下添加 SBS 改性剂的效果要优于添加抗车辙剂的效果。

(3)在水稳定性方面,SMA-13 中添加 0.4%抗车辙剂和 5% SBS 改性剂达到最佳掺量;在最佳掺量的情况下添加 SBS 改性剂的效果要优于添加抗车辙剂的效果。

参考文献:

[1] 胡萌,张久鹏,黄晓明. 半刚性基层沥青路面车辙特性分析[J]. 公路交通科技,2011,28(6):14-18+46.
 [2] 曹克平,王树行. 沥青路面裂缝的机理及其防治对策[J]. 国外公路,1998,18(5):11-17.
 [3] 姜涛. 沥青路面水稳定性检测评价方法及提高措施[J]. 交通标准化,2012,(16):50-52.

[4] 董泽蛟,肖桂清,龚湘兵. 级配及抗车辙剂对沥青混合料抗车辙性能的影响分析[J]. 公路交通科技,2014,31(2):27-31+46.
 [5] 滕晨辉. 添加抗车辙剂的沥青混合料性能试验研究[J]. 苏州大学学报:工科版,2010,30(2):24-26+30.
 [6] 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.
 [7] 李双瑞,林青,董声雄. SBS 改性沥青机理研究进展[J]. 高分子通报,2008,(5):14-19.
 [8] JTGE20-2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
 [9] JTGD50-2006 公路沥青路面设计规范[S].

Impact of Anti-rutting Additive and SBS Modifier on Road Performance of SMA-13 Asphalt Mixture

CHEN Bing¹, GUO Ming-jun², LI Ping², SUN Guo-wei², NIAN Teng-fei²

(1. Foundation, Bridge& Municipal Engineering Corporation, Gansu Provincial 7th Construction Group Co. Ltd., Lanzhou 730000, China;
 2. School of Civil Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

Abstract: Taking SMA-13 asphalt mixture with different content of anti-rut agent and different content of SBS modifier, the high temperature stability, low temperature stability and water stability are evaluated by rutting test, bending test, indirect tensile test and freeze-thaw splitting test. The test results show that certain amount of anti-rut agent and SBS modifier can improve the pavement performance of SMA-13 asphalt mixture, and its optimal dosages are respectively 0.4% and 5%. Simultaneously under the condition of optimal dosage, the high temperature stability of SMA-13 asphalt mixture with anti-rut agent is better than that of mixture with SBS modifier; the low temperature stability and the water stability of SMA-13 asphalt mixture with SBS modifier are better than that of mixture with anti-rut agent.

Key words: SMA-13; anti-rut agent; SBS modifier; pavement performance