

老化后橡胶沥青混合料高温性能研究

弥海晨¹, 张娟¹, 郭平¹, 陈振华²

(1.西安公路研究院, 陕西 西安 710065; 2.广东交通实业投资有限公司)

摘要:通过橡胶沥青混合料、复合橡胶沥青混合料和 SBS 改性沥青混合料对比试验,研究了 3 种混合料的老化性能以及老化后高温性能。结果表明:橡胶沥青混合料的老化性能和老化后的高温性能优于复合橡胶沥青混合料和 SBS 改性沥青混合料。该研究结论可以解释实体工程中橡胶沥青混合料路面在长期使用过程中高温性能并不比 SBS 改性沥青混合料路面差的工程现象。

关键词:橡胶沥青; 复合橡胶沥青; SBS 改性沥青; 沥青混合料; 老化性能; 高温性能

橡胶沥青在路面工程的推广应用过程中,其主要性价比对比对象是 SBS 改性沥青。道路工作者发现在高温性能方面的研究中存在矛盾:一方面,室内车辙试验结果表明,橡胶沥青混合料的车辙动稳定度相比于 SBS 改性沥青混合料尚存在一定的差距,而高温稳定性能一直是夏炎热、夏热区最为关注的一个路用性能指标。一些建设单位因为对橡胶沥青混合料的高温稳定性能存有疑虑,在公路建设过程中不敢贸然采用;另一方面,已有工程经验表明,橡胶沥青路面并未出现大家担心或预想的严重的车辙、推移等病害,甚至有些路段的车辙比 SBS 改性沥青的还要轻微。而且橡胶沥青路面在夏季出现轻微车辙以后,经过一个冬季的使用,路面车辙不再发展或者发展非常缓慢,能够持续保持良好的路面使用功能。因此,橡胶沥青路面的高温稳定性能的好坏与其混合料车辙动稳定度数值不完全一致,这一观点也得到了国内专家的普遍认可。

该文通过橡胶沥青、复合橡胶沥青和 SBS 改性沥青混合料的对比试验,从混合料的老化性能以及混合料老化后高温性能的变化情况,分析橡胶沥青路面在实际工程长期使用中表现出较优的高温性能的原因。

1 原材料及老化试验方法

1.1 原材料

基质沥青采用加德士 A-90[#] 沥青,各项技术指标符合 JTGF40-2004《公路沥青路面施工技术规范》

中 90[#] A 级沥青的技术要求。SBS 改性沥青为陕西某公司生产的成品改性沥青,SBS 改性剂用量为 4.5%,沥青各项技术指标符合 JTGF40-2004《公路沥青路面施工技术规范》中 SBS(I-C)的技术要求。胶粉为四川某橡胶厂的 30 目胶粉。

橡胶沥青加工工艺:加德士 A-90[#] 沥青加热到 165℃,加入 30 目胶粉,21%外掺量,180℃下搅拌 1 h。复合橡胶沥青加工工艺:加德士 A-90[#] 沥青加热到 165℃,同时加入 2% SBS 与 17%外掺量胶粉,在 180℃下剪切 30 min,再搅拌 30 min,最后在烘箱中溶胀 30 min。

所用粗集料为陕西某石料厂生产,机制砂和矿粉由渭玉高速公路项目部采用的 9.5~19 mm 碎石自行加工生产。粗集料各技术指标符合 JTGF40-2004《公路沥青路面施工技术规范》对高速、一级公路表面层集料的要求,机制砂和矿粉各项技术指标符合 JTGF40-2004《公路沥青路面施工技术规范》的要求。

1.2 老化试验方法

沥青混合料老化性能的评价,有短期老化与长期老化。短期老化的方法有烘箱加热法、延时拌和法、微波加热法等。长期老化有加压氧化法(PAV)、延时烘箱加热法、红外线、紫外线处理法等。

该文老化试验方法为:短期老化试验为沥青混合料在 165℃烘箱加热 4 h,每小时均匀翻拌一次,然后成型试件;长期老化试验为短期老化后成型的试件置于 85℃的紫外线烘箱中恒温保持 120 h,然后将试件自然冷却到室温备用。

2 混合料类型的选择

陕西省实体工程中采用的橡胶沥青混合料级配类型主要为骨架密实型间断级配,因此选用骨架密实型间断级配作为主要级配类型进行研究。该文选用级配的公称最大粒径为 16 mm,其橡胶沥青混合料简称为 ARG-16。采用的 SBS 改性沥青混合料为 SMA-16,ARG 和 SMA 的级配类似,不同点是 ARG 的 0.15 mm 和 0.075 mm 两筛孔的通过率比 SMA 的略小。复合橡胶沥青混合料(以下简称 CR/SBSG)与橡胶沥青混合料级配相同,用其作为对比对象,主要目的是研

究相同级配下复合改性技术对橡胶沥青混合料高温性能的改善效果。

ARG 和 CR/SBSG 主要参考陕西省地方标准《橡胶沥青路面施工技术规范》进行配合比设计。SMA 主要参考陕西省地方标准《沥青玛蹄脂碎石路面施工技术规范》进行配合比设计。通过配合比设计最终确定的 3 种混合料矿料级配及最佳油石比见表 1、2。

3 混合料抗老化性能

根据陈星的研究结论,可采用未老化、短期老化和长期老化后混合料的间接拉伸强度来评价混合料的抗

表 1 3 种混合料矿料级配

混合料类型		通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%										
		19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
ARG-16、 CR/SBSG-16	上限	100	100	85	65	32	24	22	18	15	12	8
	下限	100	90	65	45	20	15	14	12	10	7	4
	合成级配	100	91.9	76.6	56.6	25.9	21.5	18.6	14.9	10.8	9.0	7.2
SMA-16	上限	100	100	85	65	32	24	22	18	15	14	12
	下限	100	90	65	45	20	15	14	12	10	9	8
	合成级配	100	92.1	77.2	57.4	25.3	19.8	17.9	15.4	12.6	11.4	9.7

表 2 3 种混合料的最佳油石比

混合料类型	OAC/%	混合料类型	OAC/%
ARG-16	6.2	SMA-16	5.6
CR/SBSG-16	6.3		

老化性能。该文间接拉伸试验采用具有荷载与试件变形记录装置的自动马歇尔试验仪,试验温度(15±0.5)℃,加载速率 50 mm/min。3 种混合料的间接拉伸试验结果见表 3。

表 3 3 种混合料老化性能试验结果

混合料 类型	间接拉伸强度/MPa					破坏拉伸应变/με					破坏劲度模量/MPa				
	原样 a	短期 老化 b	长期 老化 c	b/a	c/a	原样 a	短期 老化 b	长期 老化 c	b/a	c/a	原样 a	短期 老化 b	长期 老化 c	b/a	c/a
ARG-16	0.844	1.047	0.973	1.240	1.153	9 198	6 057	6 124	0.659	0.666	255	483	462	1.892	1.809
CR/SBSG-16	1.165	1.724	1.561	1.480	1.340	9 972	4 157	4 358	0.417	0.437	298	1 054	907	3.536	0.861
SMA-16	0.865	1.572	1.449	1.818	1.676	11 594	2 888	5 402	0.249	0.466	212	1 584	753	7.483	3.559

该文采用短期老化系数 b/a、长期老化系数 c/a 来比较不同沥青混合料的短期与长期抗老化性能,老化系数越小表示沥青混合料抗老化性能越好。由表 3 可知: ARG-16 的短期、长期老化系数均小于 SMA-16,说明胶粉的抗老化性能优于 SBS 改性沥青; CR/SBSG-16 与 ARG-16 的老化系数相差不大,说明添加胶粉后混合料的抗老化性能较好。

分析橡胶沥青混合料耐老化性能优于其他沥青混合料的主要原因为:① 胶粉吸收软沥青,保护沥青免受老化,耐老化性能增强;② 胶粉中的炭黑对紫外线有屏蔽作用,胶粉中的炭黑一般占到 30%左右,炭黑对紫外线有一定的屏蔽作用;③ 橡胶沥青混合料中沥青膜厚度大,起到一定的抗老化作用。该文中的混合料 ARG-16 沥青膜厚度为 11.1 μm,CR/SBSG-16

为 11.5 μm ,SMA-16 为 8.2 μm ,沥青膜厚度增大可以起到一定的抗老化作用。

4 混合料老化后的高温性能

ARG-16、CR/SBSG-16、SMA-16 未老化、短

期老化、长期老化后的单轴贯入试验测得的抗剪强度及车辙试验测得的动稳定度见表 4。

由表 4 可知:

(1) 从抗剪强度来看,老化后 3 种沥青混合料的抗剪强度均提高。橡胶沥青混合料和复合橡胶沥青混合料经老化后抗剪强度显著提高,而 SMA 混合料经

表 4 3 种混合料老化前后高温性能试验结果

沥青混合料	抗剪强度/MPa			动稳定度/(次 $\cdot\text{mm}^{-1}$)		
	原样	短期老化	长期老化	原样	短期老化	长期老化
ARG-16	0.430	0.839	1.032	3 014	4 420	4 844
CR/SBSG-16	0.520	0.862	1.221	7 412	4 566	5 200
SMA-16	1.017	1.041	1.241	8 730	7 720	6 562

老化后抗剪强度提高不明显。

(2) 从动稳定度来看,橡胶沥青混合料经老化后高温性能得到增长,而复合橡胶沥青混合料和 SMA 混合料经老化后高温性能衰减。分析原因如下:① 基质沥青老化后,高温性能提高。已有研究表明,基质沥青的活性组分吸氧老化生成的极性含氧基团会逐渐链接成高分子量的胶团,使沥青变硬、黏度增大;② 橡胶沥青老化后,高温性能提高。橡胶沥青的老化分两部分,胶粉的老化和基质沥青的老化。胶粉本身为交联程度很好的聚合物,老化后性能变化不明显,基质沥青老化后高温性能提高。因此,老化后其混合料高温性能提高;③ SBS 改性沥青老化后,高温性能衰减。SBS 改性沥青的老化分两部分,SBS 改性剂的老化和基质沥青的老化。其中 SBS 改性剂在老化过程中发生裂解反应,分子结构破坏,老化后高温性能衰减;基质沥青老化后高温性能提高。由于 SBS 改性剂老化后的高温性能衰减程度大于基质沥青的提高程度,因此,SBS 改性沥青老化后,其混合料高温性能衰减;④ 复合橡胶沥青老化后,高温性能衰减。复合橡胶沥青老化分 3 部分,胶粉、SBS 改性剂和基质沥青同时发生老化。其中 SBS 改性剂老化后高温性能衰减;胶粉老化后性能变化不明显,基质沥青老化后高温性能提高。由于基质沥青与胶粉老化引起的高温性能提高不足以抵消 SBS 改性剂老化后高温性能的降低,因此,复合橡胶改性沥青短期老化后,其混合料高温性能衰减。但由于胶粉的存在而使混合料老化后的衰减程度减缓,甚至在长期老化后,其混合料高温性能反而较短期老化时提高。

综上所述,在老化过程中:基质沥青高温性能提高,橡胶粉由于抗老化性能好而高温性能基本不变,

SBS 改性剂由于抗老化性能差而高温性能降低。橡胶沥青混合料中橡胶沥青由基质沥青和橡胶粉组成,两种材料老化后的综合结果是橡胶沥青混合料的高温性能提高;SMA 混合料中的 SBS 改性沥青由基质沥青和 SBS 改性剂组成,SBS 改性剂老化引起的高温性能降低作用大于基质沥青老化引起的高温性能提高作用,两种材料老化后的综合结果是 SBS 改性沥青 SMA 混合料的高温性能降低;复合改性沥青混合料中复合改性沥青由基质沥青、橡胶粉和 SBS 改性剂组成,SBS 改性剂老化引起的高温性能降低作用大于基质沥青老化引起的高温性能提高作用,3 种材料老化后的综合结果是复合改性沥青混合料的高温性能降低。

5 结论

通过对橡胶沥青混合料、复合橡胶沥青混合料及 SMA 混合料的老化性能及老化后的高温性能的研究,得到以下结论:

(1) 橡胶沥青混合料抗老化性能优于 SBS 改性沥青混合料。

(2) 橡胶沥青混合料老化后高温性能提高,复合橡胶沥青混合料和 SBS 改性沥青混合料老化后高温性能降低。

(3) 橡胶沥青混合料老化后的高温性能得到改善,可以解释橡胶沥青混合料路面在长期使用过程中高温性能并不比 SBS 改性沥青混合料路面差的工程现象。

参考文献:

[1] 徐志元,练可方,徐伟.沥青及沥青混合料老化试验方法评价分析[J].公路工程,2011(2).

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2019.04.052

纳米碳酸钙对道路石油沥青流变特性的影响

杨仲尼, 李增杰, 李帅

(山东省交通规划设计院, 山东 济南 250031)

摘要: 该文评估了纳米碳酸钙作为改性剂,对沥青的流变特性的影响。采用旋转薄膜烘箱(RTFO)和压力老化容器(PAV)分别模拟沥青的短期和长期老化。利用布氏旋转黏度(RV),动态剪切流变仪(DSR)和弯曲梁流变仪(BBR)测试了纳米碳酸钙加入量对沥青流变性能的影响。采用多重应力蠕变回复试验(MSCR)对纳米碳酸钙改性沥青结合料高温抗车辙性能进行研究,并采用线性振幅扫描(LAS)试验对纳米碳酸钙改性沥青的疲劳寿命进行了分析。黏度测试结果表明:由于纳米碳酸钙的硬化效应,使得沥青的黏度增大;DSR和BBR试验结果表明:纳米碳酸钙能够提高沥青的高温抗车辙性能,而对沥青的低温性能影响不大;MSCR结果表明:纳米碳酸钙改善了沥青的弹性恢复性能、降低了不可恢复变形;LAS试验结果表明:添加纳米碳酸钙后,沥青的抗疲劳性能有所降低。

关键词: 道路工程; 纳米碳酸钙; 改性沥青; 流变性能

中国生产的石油沥青具有蜡含量高、温度敏感性较大的特点,导致沥青路面的高低温性能较差,易发生车辙、开裂等路面病害。同时,在如光、氧、水分等自然环境因素的影响下发生老化,造成路面的抗疲劳性能降低,减短其使用寿命。为了改善这种现状,如橡胶类、树脂类等聚合物改性剂均用于石油沥青中,以提高其路用性能,且效果显著。但基于聚合物改性沥青昂贵的造价、复杂的改性工艺以及与石油沥青不融,造成离析等弊端,许多新型的改性剂被不断研发应用,如纳米材料改性剂、硅藻土改性剂以及有机硅改性剂等。其中,纳米碳酸钙改性剂的研究使用引起了国内外学者的广泛关注。

纳米碳酸钙是一种典型的纳米材料,具有优良的补强能力、造价低、应用前景广泛,在橡胶、造纸等产业中广泛应用。该文通过采用旋转黏度试验(RV)、动态剪切流变仪(DSR)、弯曲梁流变仪(BBR),对RTFO

老化和PAV长期老化后的纳米碳酸钙改性沥青进行流变特性研究,并通过多重应力蠕变恢复试验(MSCR)研究其变形能力,通过线性幅度扫描试验(LAS)研究其抗疲劳性能,以更好地了解纳米碳酸钙作为一种改性剂对沥青性能的影响。

1 原材料及纳米碳酸钙改性沥青制备

1.1 原材料

选用两种沥青:① 广泛用于美国路面的PG 64-22沥青;② PG 76-22沥青,即苯乙烯丁二烯苯乙烯(SBS)改性沥青。沥青的性能等级根据Superpave规范确定。按照JTG E20-2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》的试验方法对沥青进行检测,结果满足规范要求。纳米碳酸钙采用北京某公司产品,该公司利用其先进的纳米粉体工业化制备技术,通过复杂

[2] DB 61/T 1021-2016 橡胶沥青路面施工技术规范[S].

[3] DB 61/T 912-2014 沥青玛蹄脂碎石路面施工技术规范[S].

[4] 陈星.SAC13 沥青混合料抗老化性能试验研究和数值分析[D].吉林大学硕士学位论文,2012.

[5] 徐东,王新宽,陈博.橡胶沥青混合料老化再生及其路用性能研究[J].武汉理工大学学报,2012(10).

[6] 朱秀丽.沥青混合料老化性能的试验研究[D].吉林大学硕士学位论文,2011.

[7] 王伟.橡胶沥青混合料高温性能研究[D].同济大学硕士学位论文,2008.

[8] 黄明,黄卫东,王伟.橡胶沥青混合料高温性能评价方法的研究性能评价[C].2009 国际橡胶沥青大会中文论文集,2009.

收稿日期:2018-12-30

作者简介:杨仲尼,男,硕士,E-mail:86743510@qq.com