

SBS 物理和化学改性沥青混合料路用性能研究

肖 鹏¹,李雪峰²

(1.河海大学土木工程学院,江苏 南京 210098;2.扬州大学建筑科学与工程学院,江苏 扬州 225009)

摘要 对 SBS 改性沥青混合料进行了一系列室内试验研究,包括高温车辙试验、APA 车辙试验、低温弯曲试验、残留稳定性和冻融劈裂试验等.研究表明,SBS 化学改性沥青混合料的高温稳定性、低温抗裂性和水稳定性均比 SBS 物理改性沥青混合料好.SBS 化学改性沥青混合料具有良好的路用性能,是一种值得推广的沥青路面材料.

关键词 改性沥青 混合料 路用性能

中图分类号 :TU528 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-1980(2005)06-0668-04

近年来,随着公路事业的迅猛发展,交通量增长迅速,加上一些地区夏日高温炎热和冬季低温严寒,势必要求沥青混合料具有较好的高温稳定性、低温抗裂性、抗滑性能和抗水损坏能力等.经大量试验及理论分析研究表明^[1,2] 沥青品质的改良是提高沥青路面路用性能的关键因素之一,而对沥青进行改性是一条改善沥青品质的重要途径.根据沥青与改性剂有无发生相关反应,一般将改性沥青分为两种:即物理改性(非反应性共混)沥青和化学改性(反应性共混)沥青.一方面,由于 SBS 改性沥青的针入度、软化点、延度等指标都有较大的改善,另一方面,考虑到抗滑表层具有一定的抗车辙性能,能够提高路面的抗滑性能,增加行车的安全性,提高行车平稳舒适感,因此,本文研究 SBS 物理与化学改性沥青混合料(AK-13A 抗滑表层)的路用性能具有重要意义.

1 试验材料

1.1 沥青

基质沥青为日本加德士 70 号,其技术指标如下:针入度 0.1 mm×69.7,25℃延度大于 100 cm,软化点 46.5℃,密度 1.02 g/cm³.SBS 为韩国 LG501P.将基质沥青与 SBS 在 170℃高温下,高速(10 000 r/min)剪切 30 min,制得物理改性沥青.在物理改性沥青的基础上,在 170℃高温下加入稳定剂,低速(2 500 r/min)机械搅拌 20 min,制得化学改性沥青.SBS 物理和化学改性沥青技术指标见表 1.

表 1 SBS 改性沥青的技术指标

Table 1 Basic technical characteristics of SBS modified asphalt

改性沥青 类型	针入度/ (0.1 mm)	软化点/℃	5℃延度/cm	闪点温度/℃	135℃运动 黏度/(Pa·s)	RTFOT 残留物		
						质量损失/%	针入度比/%	延度/cm
物理改性	58	72.0	36.0	336	1.5	0.12	70.8	18.8
化学改性	64	93.2	39.9	343	2.5	0.09	78.1	24.8

1.2 矿料

集料采用石灰岩,产地为镇江茅迪公司,规格为 2 号料(S11,4.75~13.2 mm)、3 号料(S14,2.36~4.75 mm)、4 号料(S16,0~2.36 mm),矿粉为镇江高资矿粉.细集料砂当量为 74.5%.各矿料的技术指标均满足规范要求.

1.3 组成材料配合比设计

本文的 SBS 改性沥青混合料抗滑表层采用 AK-13A 型级配.通过矿料筛分,采用 VB6.0 编写的程序计算

收稿日期 2005-05-21
基金项目 江苏省交通科学研究计划资助项目(02Y029)
作者简介 肖鹏(1961—),男,江苏靖江人,副教授,博士,主要从事材料工程、道路工程等方面的研究.

各矿料用量^[3],使矿料混合料级配曲线基本接近 AK-13A 级配范围中值线,并接近一条顺滑的曲线,其中 0.075 mm,2.36 mm,4.75 mm 的筛孔通过量控制接近标准级配的中值,9.5 mm 的筛孔通过量也在允许误差范围之内,确定的各种材料质量比为 2 号:3 号:4 号:矿粉=59:9:28:4.按照上述确定的矿料配合比称取矿料,采用 5 组油石比配制沥青混合料,制作马歇尔试件,两面各 75 击(击实温度为 160℃),进行马歇尔试验,绘制油石比与视密度、孔隙率、饱和度、稳定度、流值的关系图^[4].根据试验结果,结合江苏气候特点和以往施工经验,沥青混合料配合比设计中最佳油石比为 4.9%.

2 沥青混合料高温抗车辙性能

2.1 马歇尔试验

以马歇尔稳定度和流值来评价沥青混合料高温抗车辙性能,其优点是试验简单方便,但只能作为一种经验指标.本文中沥青混合料马歇尔试验按照规范^[5]的要求进行.SBS 改性沥青混合料马歇尔试验结果见表 2.

从表 2 中可以看出,化学改性沥青混合料较物理改性沥青混合料性能稳定度得到很大的提高,在流值方面两者相差不大.这可以说明化学改性沥青混合料抗车辙能力优于物理改性沥青混合料.

2.2 车辙试验

车辙试验最大特点是能充分模拟沥青路面上车轮行驶的实际情况,本文采用轮碾法制作沥青混合料试件.SBS 改性沥青混合料车辙试验结果见表 3,其车辙曲线见图 1.

表 2 SBS 改性沥青混合料马歇尔试验结果
Table 2 Results of Marshall stability test on SBS modified asphalt mixtures

沥青混合料类型 和技术标准	稳定度/ kN	流值/ (0.1 mm)
物理改性沥青混合料	13.4	34.1
化学改性沥青混合料	19.0	33.5
技术标准	> 5.0	20.0 ~ 40.0

表 3 SBS 改性沥青混合料车辙试验结果
Table 3 Results of rutting test on SBS modified asphalt mixtures

沥青混合料 类型	变形/mm		变形差 Do/mm	动稳定度 D_S / (次·mm ⁻¹)
	45 min	60 min		
物理改性	1.83	2.00	0.17	3782
化学改性	1.52	1.62	0.10	6708

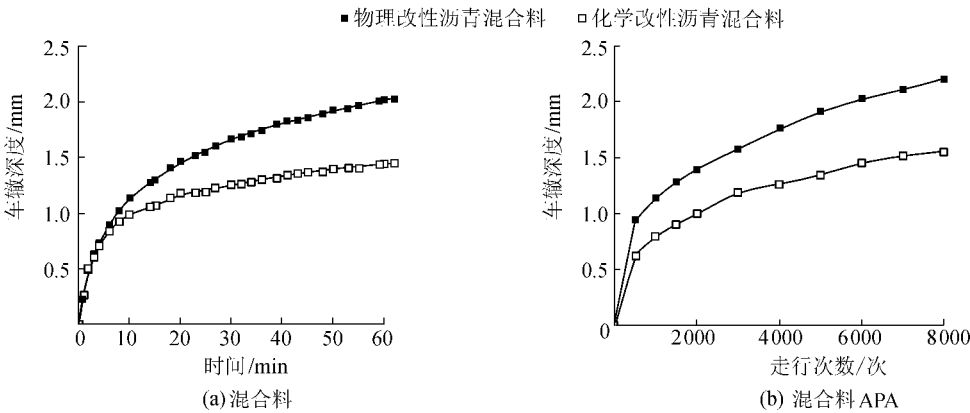


图 1 SBS 改性沥青混合料车辙曲线

Fig.1 Curve of rutting test on SBS modified asphalt mixtures

由图 1(a)可以看出 随着试验时间的增加,车辙的深度在不断地增加,物理改性沥青混合料的车辙深度在前 20 min 内的变化趋势明显大于化学改性沥青,但 20 min 后两者的变化趋势相差不大,说明化学改性沥青混合料高温抗车辙能力优于物理改性沥青混合料.化学改性沥青混合料的动稳定度 D_S 为 6708 次/mm,物理改性沥青混合料动稳定度 D_S 为 3782 次/mm,均满足 7 月份平均最高气温大于 30℃ 地区,其动稳定度大于 800 次/mm 的要求.化学改性沥青混合料的动稳定度为物理改性沥青混合料的 1.5 倍以上,由此可见,化学改性沥青混合料高温抗车辙能力较物理改性沥青混合料高.

2.3 APA 车辙试验

美国 SHRP 规范的 APA 车辙试验最能真实地反映沥青混合料的高温抗车辙性能,其结果与实际路面的永久变形有良好的相关性^[6].本文中 SBS 改性沥青混合料试件成型的温度为 60℃,碾压次数 8000 次,碾压速度 50 次/min,橡胶管压力 0.7 MPa,碾压轮压力 45 kg.两种改性沥青混合料的 APA 车辙曲线见图 1(b).在 APA 加载初始阶段,车辙的深度迅速增加,这段车辙变形可能是由于沥青混合料的进一步压实造成的.随着

碾压次数的增加,车辙深度继续增加.在碾压次数大于2000次以上的时候,车辙深度随碾压次数的增加几乎呈线性递增的趋势.可以认为大于2000次以上的变形为沥青混合料的塑性变形.因此,用2000~8000次之间的车辙深度更能准确地评价改性沥青的高温抗变形能力.

车辙深度与碾压次数的关系曲线可以回归成以下形式:

$$D = aN^b \tag{1}$$

式中:D——车辙深度;N——碾压次数;a,b——常数.回归结果见表4.

显然,a,b越大,车辙深度越大,而b对车辙的影响比a更为显著.物理改性沥青混合料的b值为0.331,而化学改性沥青混合料的b值仅为0.316,这样在相同的碾压次数下,物理改性沥青混合料的车辙深度明显大于化学改性沥青混合料,可见化学改性沥青混合料的抗车辙能力明显优于物理改性沥青混合料.

3 低温性能

本文低温弯曲试验所用试块是由车辙沥青混合料试件(轮碾法)碾压成型后,切制成长250 mm±2.0 mm,宽30 mm±2.0 mm,高50 mm±2.0 mm的棱柱体小梁,其跨径为200 mm±0.5 mm.试验温度为0℃±0.5℃,恒温水槽采用1:1的甲醇水溶液作冷媒介质,并循环回流.SBS改性沥青混合料小梁低温弯曲试验结果见表5.

低温下沥青混合料可看作弹性材料,其破坏过程是一个能量耗散的过程.外力对材料所做的功可以转化成如下形式的能量:作为弹性应变能被储存.裂纹发生、发展产生新表面时转化为表面能.一般情况下,沥青混合料储存的弹性应变能越多,低温抗裂性能就越好.

从表5可知,化学改性沥青与物理改性沥青的破坏弯拉强度相差不大,但化学改性沥青弯曲极限应变比物理改性沥青的大很多.这也说明在相同的破坏力条件下,化学改性沥青的弯曲极限应变比物理改性沥青大.化学改性沥青混合料储存的弹性应变能多,则说明其低温抗裂性能比物理改性沥青混合料要好.

4 水稳定性能

4.1 浸水马歇尔试验

本文沥青混合料浸水马歇尔试验所用试件满足规范^[5]的要求.对于浸水马歇尔试验,击实温度为160℃,采用正反击实75次的圆柱体试件,试验结果见表6.

由表6可知,两种改性沥青混合料马歇尔残留稳定度都高于技术标准的要求,说明SBS改性沥青混合料的水稳定性好,可满足年降雨量大于1000 mm地区的水稳定性要求.相比之下,在水稳定性方面,化学改性沥青混合料优于物理改性沥青混合料.

表7 SBS 沥青混合料冻融劈裂试验结果

Table 7 Results of freeze-thaw split test on SBS modified asphalt mixtures

混合料 类型	未冻融循环试件劈裂抗拉强度		冻融循环后试件劈裂抗拉强度		冻融劈裂 强度比/%
	最大荷载/kN	劈裂强度/MPa	最大荷载/kN	劈裂强度/MPa	
物理改性	7.35	0.718	6.29	0.623	86.8
化学改性	8.07	0.759	6.69	0.663	87.4

表4 SBS 改性沥青混合料 APA 车辙试验回归结果

Table 4 Regressive results of APA rutting test on SBS modified asphalt mixtures

混合料 类型	车辙深度/mm			回归方程
	2000 次	6000 次	8000 次	
物理改性	1.395	2.033	2.202	$D = 0.113N^{0.331}$
化学改性	1.004	1.456	1.549	$D = 0.092N^{0.316}$

表5 SBS 改性沥青混合料小梁低温弯曲试验结果

Table 5 Results of low temperature small-beam-bending test on SBS modified asphalt mixtures

混合料 类型	挠度/ mm	荷载/ kN	弯曲极限 应变/ 10^{-6}	破坏弯拉 强度/MPa	弯曲劲度 模量/MPa
物理改性	0.5145	3.5140	6820	9.77216	1500.00
化学改性	0.7619	3.1556	9756	10.22237	1084.12

表6 SBS 沥青混合料浸水马歇尔试验结果

Table 6 Results of water immersion Marshall stability test on SBS modified asphalt mixtures

混合料类型和 技术标准	浸水 30 min 稳定度/kN	浸水 48 h 稳定度/kN	残留 稳定度/%
物理改性混合料	13.4	11.92	88.7
化学改性混合料	19.0	17.09	90.1
技术标准	>5.0	实测	>70.0

4.2 冻融劈裂试验

本文冻融劈裂试验采用旋转压实成型试件,每组平行试件3个,劈裂试验温度25℃,加载速率为50 mm/min.冻融劈裂试验前先真空饱水,接着置于-18℃冰箱中冷冻16 h,再于60℃恒温水箱中保温24 h,然后将试件放入25℃恒温水箱中保温4 h,最后进行劈裂试验.SBS改性沥青混合料冻融劈裂试验结果见表7.

冻融使沥青混合料受到两种力的作用.第一为循环收缩应力,第二是当空隙水在 $-4\sim 0^{\circ}\text{C}$ 范围内结冰时因体积膨胀而产生的局部膨胀力.进行冻融劈裂试验时,在矿料表面没有出现裂缝前,混合料水稳定性能的下降是缓慢的,而一旦出现裂缝,侵入的水就会迅速将沥青膜置換取代,从而在较短时间内使沥青从矿料表面完全剥离,导致路面松散.从试验结果看,物理和化学改性沥青混合料都能满足规范的要求.化学改性沥青混合料的劈裂抗拉强度比物理改性沥青混合料的高,而且前者的冻融劈裂强度也比后者高,说明化学改性沥青混合料的水稳定性要稍好些.

5 结 论

- a. 由马歇尔试验、车辙试验以及 APA 车辙试验表明,化学改性沥青混合料高温稳定性明显好于物理改性沥青混合料.低温弯曲试验结果表明,化学改性沥青混合料的低温抗裂性能要好于物理改性沥青混合料.浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验结果表明,化学改性沥青混合料与物理改性沥青混合料的水稳定性都超出规范要求,但两者相差不是很明显.
- b. 经过以上综合对比分析,可以得出化学改性沥青混合料的路用性能明显优于物理改性沥青混合料的结论.建议沥青路面采用 SBS 化学改性沥青进行施工,这样有利于提高沥青路面的路用性能.

参考文献：

[1] 孙大权.SBS 改性沥青相容性及其工程性质的研究[D].上海 同济大学,2003.
[2] 沈金安.改性沥青与 SMA 路面[M].北京 人民交通出版社,2001.31—35.
[3] 肖鹏,李雪峰.基于 VB6.0 的沥青混合料配合比优化设计[J].交通标准化,2005,142(6) 68—70.
[4] 肖鹏.SBS 物理和化学改性沥青及混合料性能评价对比研究[D].南京 河海大学,2005.
[5] JTJ 052—2000 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
[6] LU X,ISACSSON U.Artificial aging of polymer modified bitumens[J].Journal of Applied Polymer Science,2000,76 1811—1824.

Road performance of SBS asphalt mixtures by physical and chemical modification

XIAO Peng¹, LI Xue-feng²

(1. College of Civil Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China ;
2. School of Architectural Science & Engineering, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract A series of laboratory tests were performed on SBS modified asphalt mixtures, including the rutting test at high temperature, APA rutting test, bending test at low temperature, and residual stability and freeze-thaw split test. The results show that the SBS asphalt mixture by chemical modification is superior to that by physical modification in stability at high temperature, crack resistance at low temperature, and water stability. Therefore, the SBS asphalt mixture by chemical modification is of good road performance, and worth popularizeing for road pavement.

Key words modified asphalt ; mixture ; road performance