

# 岩沥青改性沥青混合料 路用性能试验研究

钟 科<sup>1</sup> 曹东伟<sup>2</sup>

1. 东南大学, 交通学院, 南京 210096

2. 交通部公路科学研究院, 北京 100088

**摘 要:** 岩沥青改性剂与基质沥青具有优良的配伍性, 但不同掺量的岩沥青对沥青混合料的力学性能影响很大。本研究以 AC-13 沥青混合料级配为基准, 通过室内对比试验, 对基质沥青混合料和不同掺量下的岩沥青改性沥青混合料的高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性、疲劳耐久性等力学性能进行研究, 以期岩沥青改性沥青混合料的掺量标准提供参考。

**关键词:** 岩沥青掺量; 力学性能; 疲劳性能; 岩沥青改性沥青混合料

中图分类号: U416.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-4747(2011)03-0059-05

## Laboratory Evaluation for Pavement Performance of Rock Modified Asphalt Mixture

ZHONG Ke<sup>1</sup> CAO Dong-wei<sup>2</sup>

1. Transport College, Southeast University,

Nanjing 210096, China

2. Research Institute of Highway Ministry Transport,

Beijing 100088, China

**Abstract:** The compatibility of rock asphalt modification agent and matrix asphalt was excellent, while different contents of the rock asphalt have great influence on the mechanics property of the mixture. Based on the aggregate grade of AC-13 mixture, the mechanical properties of the matrix asphalt mixtures and the rock asphalt mixtures with different quantities of rock asphalt were studied by laboratory tests, which included the

收稿日期: 2010-07-03.

作者简介: 钟 科 (1982-), 男, 江西景德镇市人, 东南大学交通学院工学博士研究生, 主要从事道路工程研究。

high-temperature stability, low-temperature anti-cracking performance, water stability and fatigue resistance. This research could give a reference for the proper rock asphalt quantity of the mixture.

**Key words:** Rock asphalt quantities, mechanics properties, fatigue resistance, rock modified asphalt mixture

## 0 前言

沥青是由复杂的高分子碳氢化合物构成的粘弹性材料,其力学性能受温度 and 作用时间的影响很大,在行车荷载及各种自然因素的作用下呈现不同的力学性能。当其性能无法适应交通要求时则会导致沥青路面出现不同形式的病害,而通过对沥青改性可以显著提高沥青的高温稳定性和低温抗裂性。目前,国内外对沥青改性剂的研究主要集中在 SBS、SBR、PE、EVA<sup>[1-4]</sup>等聚合物改性剂上,对岩沥青改性剂以及岩沥青改性沥青混合料的力学性能研究较少。

岩沥青是石油在自然界长期受地壳挤压、变化,经长期蒸发凝固而形成的,其中常混有一定比例的矿物质。由于岩沥青常年与自然环境共存,其性质特别稳定<sup>[5,6]</sup>;另外,由于其本身极易与石油沥青相溶,属于沥青基对沥青基的掺配,其与基质沥青具有优良的配伍性。

为研究不同掺量条件下岩沥青改性沥青混合料的力学性能,本研究以 AC-13 沥青混合料级配为基准,通过室内对比试验,对基质沥青混合料和不同掺量下的岩沥青改性沥青混合料的高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性、疲劳耐久性等力学性能进行研究,以期对岩沥青改性沥青混合料的掺量标准提供参考。

## 1 试验方案

### 1.1 试验材料

本研究中岩沥青为新疆岩沥青,基质沥青采用滨州 90#道路石油沥青,岩沥青和基质沥青的技术指标见表 1 和表 2。所采用的集料为承德产玄武岩集料,细集料为石灰岩机制砂,矿粉为石灰岩矿粉。

原材料技术指标经过检测均满足现行规范的技术要求。岩沥青掺量考虑了 5%、10%、15%和 20%四种掺加比例。

表 1 岩沥青指标试验结果

Tab.1 Index test results of rock asphalt

试验项目	试验结果
沥青含量/(%)	99.4
灰分/(%)	0.54
密度/(g/cm <sup>3</sup> )	1.06
闪点/°C	>230
加热损失/(%)	0.632
含水量/(%)	0.1
矿物最大颗粒尺寸/mm	4.75

表 2 滨州 90#基质沥青试验结果

Tab.2 Test results of Binzhou 90# asphalt

试验项目	滨州 AH-90	规范要求
针入度(100g, 5s, 25°C)/0.1mm	87	80~100
延度(5cm/min, 15°C)/cm	>150	>100
软化点(环球法)/°C	45.3	42~52
质量损失/(%)	0.29	<1
针入度比/(%)	58.6	>50
旋转薄膜加热试验 160°C 5h	延度(25°C)/cm >150	>75
	延度(15°C)/cm >150	实测记录

### 1.2 混合料级配

本研究中沥青混合料级配采用现行技术规范中的 AC-13 级配(表 3)。为确保级配控制准确,试验中将集料按标准筛孔尺寸筛开,然后准确配置目标级配。

通过马歇尔试验确定 AC-13 沥青混合料的最佳油石比为 4.9%,同时为了便于实验结果的对比和分析,掺加岩沥青改性的混合料的油石比也统一采用 4.9%。试验中沥青混合料温度控制如下:集料 185°C,

表 3 试验中的沥青混合料矿料级配

Tab. 3 Aggregate grade of the mixture in the tests

级配类型	AC-13	
	规范要求	试验级配
16.0	100	100
13.2	90~100	97.5
9.5	68~85	73.9
通过下列筛孔的质 量百分率 / (%)	38~68	56
2.36	24~50	30.7
1.18	14~38	18.6
0.6	10~28	13.0
0.3	7~20	9.8
0.15	5~15	8.3
0.075	4~8	7.0

拌和 175℃，成型温度为 160℃；按照岩沥青改性沥青的制备方法提前做好改性沥青，然后将岩沥青改性沥青加入到矿料中拌和 90 s 得到岩沥青改性混合料，最后加入矿粉，再拌和 90 s 后成型试件。

## 2 力学性能

### 2.1 高温稳定性

沥青混合料在高温下为弹粘性体，劲度较小，在渠化交通荷载重复作用下，容易形成车辙、推移和变形，从而影响沥青路面的使用性能。本研究采用车辙试验评价不同掺量岩沥青混合料的高温稳定性。在研究中，60℃条件下不同沥青混合料的动稳定度见图 1。

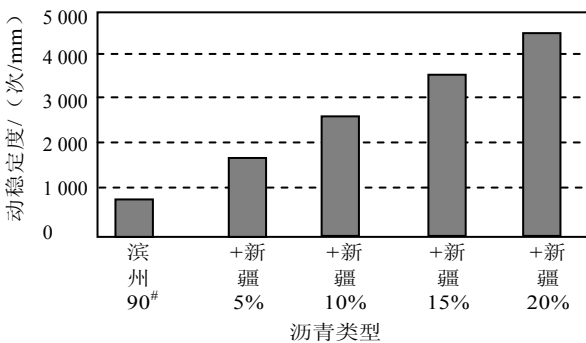


图 1 不同岩沥青掺量改性混合料的动稳定度

Fig.1 Dynamic stability of the mixtures with different quantities of rock asphalt

从车辙试验数据来看，基质沥青混合料车辙试验动稳定度为 806.1 次/mm。使用岩沥青改性后车辙试验结果有以下变化：掺配岩沥青改性剂后，动稳定度

均有很大的提高，对改善高温抗车辙的效果非常明显。最大岩沥青改性掺量时（掺加 20%）提高了 5.8 倍，最小岩沥青掺量时（掺加 5%）提高 2.1 倍。

### 2.2 低温性能

根据现行试验规范，采用低温弯曲试验方法评价沥青混合料低温抗裂性能。试验温度为-10℃，加载速率为 50 mm/min，用低温条件下破坏应变指标评价其低温抗裂性能，破坏应变大说明低温条件下破坏时抗变形能力强，其低温抗裂性就好，反之则差。试验采用电子万能试验机加载，试件尺寸为轮碾法成型车辙板切割小梁 250×30×35 mm，试验结果可见表 4。

表 4 岩沥青改性混合料低温弯曲试验结果

Tab. 4 Low-temperature bending test results of the rock asphalt mixtures

改性剂类型	破坏强度 /MPa	破坏应变/με	破坏劲度模量/MPa
滨州 90#	7.16	3 654	1 963
加新疆 5%	7.52	3 369	2 245
加新疆 10%	8.00	2 859	2 621
加新疆 15%	8.43	3 156	2 668
加新疆 20%	7.7	2 642.9	2 800

从以上试验结果可以看出：（1）以破坏应变作为评价指标，滨州 90# 沥青混合料的低温破坏应变最大，掺加岩沥青改性后，低温破坏应变出现减小趋势，说明沥青混合料低温性能变差，随着岩沥青的掺入量的增加，低温破坏应变逐渐减小；（2）在破坏强度指标上，岩沥青掺入后，低温弯曲破坏强度有所增强。

### 2.3 水稳定性

沥青路面在水与车辆同时作用下，易引起沥青和石料界面粘附性降低，并导致剥离、掉粒、松散、坑洞等破坏。这是沥青路面主要破坏形式之一，尤其是在降雨较多的地区和使用粗级配沥青混合料条件下。根据现行试验规范，采用浸水马歇尔试验残留稳定性和冻融劈裂试验残留强度来评价混合料的抗水损坏性能，试验数据如表 5 所示。

表5 不同岩沥青掺量下混合料的残留稳定性和冻融劈裂强度比

Tab.5 Remnant stability and TSR results of the mixtures with different quantities of rock asphalt

试验项目	滨州 90#	加新 疆 5%	加新 疆 10%	加新 疆 15%	加新 疆 20%
马歇尔稳定度/kN	9.94	11.27	11.61	12	12.5
浸水马歇尔稳定度/kN	8.4	9.96	10.4	11.14	11.82
残留稳定度/(%)	84.5	88.4	89.6	92.8	94.6
标准条件劈裂强度/MPa	1.2	1.5	1.7	1.9	2.0
冻融条件劈裂强度/MPa	0.9	1.2	1.4	1.7	1.8
劈裂强度比/(%)	72.0	80.3	86.8	88.2	90.6

分析试验结果易知：(1) 岩沥青改性混合料残留稳定性和劈裂强度比 TSR 明显高于基质沥青，且随着岩沥青掺量的增加而增大，混合料水稳定性提高。加入 5%新疆岩沥青后混合料残留稳定度提高 3.9%，劈裂强度比提高 8.3%，掺量增加后提高的幅度更大。(2) 根据表中数据易见，掺入岩沥青改性后，会显著提高其水损坏后的残留强度，如基质沥青混合料的经冻融循环作用后，残留劈裂强度为 0.9MPa，而掺加 10%岩沥青改性后，其冻融劈裂残留强度可达到 1.4MPa。

### 2.4 疲劳耐久性

沥青路面在车辆荷载的不断重复作用下会引起开裂破坏，即疲劳开裂。沥青混合料的疲劳是材料在荷载重复作用下产生不可恢复的强度衰减积累所引起的一种现象。荷载的重复作用次数愈多，强度的损伤也就愈加剧烈，它所能承受的应力或应变值就愈小，反之亦然。沥青的性质会显著影响混合料的疲劳性能。

本研究中疲劳试验采用澳大利亚 IPC 公司生产的 UTM-100 万能材料试验机。采用等应力连续半正弦波的加载模式，加载频率：10 Hz；采用三分点加载<sup>[7-8]</sup>；试验温度为 20℃；劲度模量降低到初始劲度模量的 40%为本研究中疲劳试验破坏的标准；本试验设定的最高加载次数为 100 000 次，如果加载次数已到 100 000 次，混合料劲度模量仍未降到初始劲度模

量的 40%，取残留劲度模量比作为横向比较指标。试验结果见表 6。

表6 岩沥青不同掺加量的疲劳试验结果

Tab.6 Fatigue test results of the mixtures with different quantities of rock asphalt

沥青类型	疲劳次数/次	初始劲度模量 /MPa	残留劲度模量 /MPa	残余劲度模量比/(%)
滨州 90#基质沥青	21 575	3 135.5	1 254.2	40
加 5%新疆岩沥青	88 920	4 359.5	1 743.8	40
加 10%新疆岩沥青	>100 000	4 678	3 149	67.5
加 15%新疆岩沥青	>100 000	6 237	4 876	78
加 20%新疆岩沥青	>100 000	6 784	5 915.7	87.3

由疲劳试验结果可知：

- (1) 随掺入岩沥青后疲劳次数大幅度增加，掺 5%新疆岩沥青混合料的疲劳次数为基质沥青混合料的 4.1 倍，掺 10%新疆岩沥青混合料的疲劳寿命更长。
- (2) 岩沥青改性后混合料初始劲度模量随着掺量的增加而增大，均大于基质沥青。
- (3) 掺量 10%、15%、20%新疆岩沥青混合料由于在 100 000 次的加载次数内，劲度模量没有降到 40%，故用残留劲度模量比来对比评价。由表 6 可知残留劲度模量比以掺加新疆岩沥青 20%情况为最大。
- (4) 从图中可以看到基质沥青混合料劲度模量下降趋势最为明显，随着岩沥青掺量的增加，劲度模量下降趋势越倾向水平，抗疲劳性能越好。

### 3 小 结

本研究对不同掺量下的岩沥青改性沥青混合料的力学性能进行了研究，研究结论如下：

- (1) 岩沥青改性后混合料动稳定度较基质沥青有很大提高，高温抗车辙性能改进效果非常明显，以本试验数据为例，掺加 5%的岩沥青混合料的动稳定度是基质沥青的 2 倍。
- (2) 依据破坏应变指标评价混合料低温性能时，随着岩沥青的增加，低温破坏应变会减小，低温抗裂

车的运行情况。

但是天窗两边的时间带里列车密集分布,这些列

车的开行与天窗实际开设情况是否相匹配等问题论文中并没有分析,需进一步研究。

参考文献

[1] 铁道第三勘察设计院集团有限公司.新建铁路北京至上海高速铁路初步设计总说明书[R].天津:铁道第三勘察设计院集团有限公司,2007:77-78.  
 [2] 中国铁道科学研究院.京沪高速铁路综合维修天窗

运用方案的研究[R].北京:中国铁道科学研究院,2009.  
 [3] 中国铁道科学研究院.夕发朝至列车开行对天窗的影响[R].北京:中国铁道科学研究院,2007.

(中文编辑:刘娉婷)

上接第62页

性能会变差,但其减小的幅度较小;在破坏强度指标上,岩沥青掺入后,低温弯曲破坏强度有所增强。

(3)岩沥青改性混合料残留稳定性和劈裂强度比TSR明显高于基质沥青,且随着岩沥青掺量的增加而

增大,沥青混合料水稳定性提高。

(4)加入岩沥青后,可以明显提高沥青混合料的抗疲劳性能;且随着岩沥青掺量的增加,沥青混合料的劲度模量下降趋势越倾向水平,其抗疲劳性能越好。

参考文献

[1] Khodaii Ali, Mehrara Amir. Evaluation of permanent deformation of unmodified and SBS modified asphalt mixtures using dynamic creep test[J]. Construction and Building Materials, 2009, 23(7): 2586-2592.  
 [2] 王铁宝,宋长柏,董允等.SBS和EVA复合改性沥青性能的研究[J].石油沥青,2006,20(1):11-14.  
 [3] Zhang Feng, Yu Jianying. The research for high-performance SBR compound modified asphalt [J]. Construction and Building Materials, 2010, 24(3): 410-418.  
 [4] Süreyya Tayfur, Halit Ozen, Atakan Aksoy. Investigation of rutting performance of asphalt

mixtures containing polymer modifiers[J]. Construction and Building Materials, 2007, 21(2): 328-337.  
 [5] 梁力,宋绍杰.岩沥青对沥青混合料低温抗裂性能的影响研究[J].西部交通科技,2010,(5):42-45.  
 [6] 凌天清,宋绍杰.岩沥青对沥青混合料路用性能的影响研究[J].2010,(1):9-13.  
 [7] 平树江,申爱琴,李鹏.长寿命路面沥青混合料疲劳极限研究[J].中国公路学报,2009,22(1):34-38.  
 [8] 黄卫,钱振东.高等沥青路面设计理论与方法[M].北京:科学出版社,2001.

(中文编辑:吴继屏)