

文章编号: 0451-0712(2001)01-0033-04

中图分类号: TU535

文献标识码: B

# 高粘度改性沥青的开发与应用研究

牟建波<sup>1</sup>, 张兰军<sup>2</sup>

(1. 重庆市智翔铺道技术工程有限公司 重庆市 400067; 2. 交通部重庆公路科学研究所 重庆市 400067)

**摘 要:**介绍了高粘度改性沥青的开发进程, 生产加工方式, 及其在广东虎门大桥、汕头岩石大桥、厦门海沧大桥和重庆鹅公岩大桥钢桥面铺装工程中的应用。

**关键词:**改性沥青; 钢桥面铺装

由于正交异性钢桥面板刚度小, 局部变形大, 桥面铺装的路面使用温度高等特性, 需要铺装具有较好的变形特性、高温稳定性、低温抗裂性及防水性, 因而对混凝土的结合料提出了非常高的要求。结合桥面铺装 SMA 结构方案, 开发高粘度改性沥青就成了必然的选择。

## 1 高粘度改性沥青的开发

### 1.1 虎门大桥钢桥面铺装用改性沥青的开发

在虎门大桥铺装技术研究中, 进行了高粘度改性沥青的研制, 典型配方性能试验结果见表 1。

从上述性能试验结果中不难看出, 相比之下, 用新加坡壳牌 70 号和克拉玛依 90 号作基质沥青时,

表 1 虎门大桥不同改性沥青性能试验结果

指 标		单 位	P-1(埃索 70/60 号沥青)	P-1(壳牌 70/60 号沥青)	P-1(加德士 70 号沥青)	P-1(克拉玛依 90 号沥青)	P-3(加德士 70 号沥青)
针入度(100 g, 5 s)	10 ℃	0.1 mm	20.1	17.2	19.3	27.0	14.5
	15 ℃		—	27.3	27.8	41.5	—
	20 ℃		38.3	—	—	—	—
	25 ℃		59	50.1	59.6	76.0	48
	30 ℃		87.8	63.7	—	—	—
	35 ℃		—	—	103.6	128.4	96
	40 ℃		142.4	—	—	—	—
软化点		℃	75.3	81.5	78.8	—	74.5
延度	5 ℃	cm	62.2	—	—	—	—
	10 ℃		53.5	73.6	59.3	53.7	51.5
135 ℃粘度		mm <sup>2</sup> /s	2 762	4 335	2 661	3 522	1 843
当量软化点 $T_{800}$		℃	64.6	68.5	64.4	64.2	62.6
当量脆点 $T_{1.2}$		℃	-32.6	-32.3	-31.3	-41.9	-23
25 ℃回弹率		%	91.8	92.2	83.7	67.7	78.7
针入度指数 $PI$			2.2	2.5	2.1	2.9	1.3
$T_{800} - T_{1.2}$			97.2	100.8	95.7	106.1	85.6
薄膜烘箱 180 ℃, 2.5 h	质量变化	%	-0.4	—	-0.6	—	-0.4
	25 ℃针入度	0.1 mm	48.3	—	48.1	—	39.8
	针入度比	%	81.9	—	80.7	—	82.9

改性后改性沥青的温度敏感性要低一些, 高、低温性能都较好, 但因高温粘度较高, 施工难度要大一些, 同时克拉玛依 90 号沥青改性后回弹率较其他数种沥青低, 配方调整困难, 所以选取新加坡埃

索 70/60 作基质沥青配制 P-1 改性沥青用于虎门大桥钢桥面铺装。

### 1.2 岩石大桥钢桥面铺装用改性沥青的开发

虎门大桥钢桥面铺装(单层 SMA13.2)产生推

移的原因是多方面的,其中一个很重要的原因是过多的重视了铺装的抗裂性,要求铺装材料的常温、低温下具有较高的变形能力,而对铺装的热稳性重视程度不够。在虎门大桥钢桥面铺装正反经验基础上,根据汕头岩石大桥钢桥面铺装采用双层式 SMA 方案,并按其功能不同而分别考虑上、下层 SMA 设计的思想,在选用改性沥青材料时,上、下层予以区别对待。下层可采用劲度较大而热稳性较好的改性沥青,以满足混合料孔隙率小而热稳性较高的要求,上层使用抗裂性优良而热稳性也较好的改性沥青,并通过合理级配设计以保证面层铺装同时具有优良的抗裂性和抗车辙能力。因此,在虎门大桥和海湾大桥桥面铺装的基础上,分别进一步研究确定铺装上层和下层采用不同性能的改性沥青。岩石大桥铺装改性沥青研究是按上述设计思想和技术要求,通过室内配方设计,开展了不同改性剂及掺加量的性能试验研究(基质沥青为壳牌 60/70 直溜沥青)。部分配方的改性沥青性能试验结果如表 2。

表 2 岩石大桥部分配方的改性沥青性能试验结果

指 标		单 位	上 层		下 层		
			X-2	X-4	Y-1	Y-2	
针入度 (100 g, 5 s)	10 ℃	0.1	12.3	14.5	9.1	8.7	
	15 ℃		18.3	21.3	15.4	14.4	
	25 ℃	mm	34.9	40.1	37.1	33.0	
	35 ℃	81.8	89.7	72.0	64.0		
延度 (5 cm/min)	10 ℃	cm	46.8	64.3	40.8	27.7	
	25 ℃		64.5	65.3	66.6	57.3	
回弹率 (20 cm, 30 min)	25 ℃	%	98	97	93	94	
软化点	下垂 1.0 mm	℃	65.0	64.0	—	71.0	
	下垂 3.5 mm		80.0	78.0	—	80.0	
	终点		85.5	83.5	80.8	90.0	
粘度	135 ℃	mm <sup>2</sup> /s	4 110	3 017	—	5 575	
	190 ℃		434	326	342	541	
回归系数 R			0.998 3	0.998 7	0.995 9	0.996 8	
当量软化点 T <sub>800</sub>			℃	66.1	65.9	63.4	66.1
当量脆点 T <sub>1.2</sub>			℃	-21.2	-24.7	-15.4	-15.8
针入度指数 PI				1.46	1.73	0.75	1.01
闪点			℃	302	305	298	311
薄膜烘箱 180 ℃×2.5 h	重量损失	%	-0.005	-0.027	-0.015	-0.008	
	25 ℃针入度比	%	85	81	78	80	
	25 ℃回弹率	%	95	92	89	92	

由表 2 性能试验结果表明:

(1)上层用改性沥青 X-2、X-4 性能均较好,所以, X-2、X-4 均可作为上层铺装用改性沥青,但相对来说 X-4 的抗变形能力更好。

(2)下层用改性沥青 Y-1、Y-2 两种配方的性能也均符合要求,从热稳性考虑, Y-2 的软化点大于 85 ℃, 35 ℃针入度为 64(1/10 mm), 好于 Y-1 配方性能。

因此,综合考虑材料各项性能指标和汕头的气候条件后,上层的改性沥青采用 X-2,下层的改性沥青采用 Y-2。

海沧大桥沿用了岩石大桥改性沥青方案,亦即上层铺装用改性沥青采用 X-2,下层铺装用改性沥青采用 Y-2。同时委托江苏省交通科研所对 X-2、X-4、Y-2 三种改性沥青进行 SHRP 胶结料分级测试,结果如表 3 所示。

根据上述测试结果,可得到 3 种沥青按 SHRP 规范分级: X-4 PG76-22; Y-2 PG82-22; X-2 PG82-22。壳牌 60/70 沥青的 SHRP 沥青分级为 64/22 级, Y-2 和 X-2 改性沥青,较壳牌 60/70 沥青高了 3 个等级(18 ℃),相应地低温适应温度没有变化,疲劳性能明显提高了 2~4 个等级,表明 X-2 和 Y-2 改性沥青改性效果显著。

### 1.3 鹅公岩大桥钢桥面铺装用改性沥青的开发

通过总结岩石大桥、海沧大桥改性沥青研究成果,分析其与鹅公岩大桥使用条件的差异,结合基质沥青(韩国 SK: AH-70 号)的变化,开发了 X-5 配方的改性沥青作为铺装上层用改性沥青,其性能试验结果见表 4。X-5 改性沥青进行 SHRP 胶结料分级测试,达到 PG82-22 等级。

X-5 性能试验结果显示其具有更好的低温变形能力,可以取代 X-2 作为鹅公岩大桥钢桥面铺装上层用改性沥青。

## 2 改性沥青的生产加工方式

高粘度改性沥青的生产需要专用的设备,为了使改性剂分散均匀和提高生产效率,我们选择搅拌机 and 胶体磨来生产高粘度改性沥青。虎门大桥钢桥面铺装用高粘度改性沥青采用工厂方式生产,有两个生产罐,一个储罐,生产工艺采用从一个生产罐通过胶体磨到另一个生产罐(外循环),全部材料通过胶体磨 2~3 遍,然后泵入储罐装桶。汕头岩石大桥和厦门海沧大桥高粘度改性沥青生产采用现场加工

表 3 3 种改性沥青 SHRP 胶结料分级汇总

试样状态	项 目		单 位	性 能			
				要求	X-4 PG76-22	Y-2 PG82-22	X-2 PG82-22
原样沥青	动态剪切	试验温度	℃		82	82	82
		$G^*/\sin\delta$	kPa	$\geq 1.00$	1.561 7	1.542 2	4.946 9
RTFOT 残留沥青	动态剪切	试验温度	℃		76	82	82
		$G^*/\sin\delta$	kPa	$\geq 2.20$	3.338 6	2.309 9	10.836
PAV 残留沥青	蠕变劲度	试验温度	℃		-12	-6	12
		蠕变劲度 $S$	MPa	$\leq 300$	159.0	76.5	106.0
		蠕变速度 $m$		$\geq 0.300$	0.302	0.356	0.300
	直接拉伸	试验温度	℃		-18	-12	-18
		破坏应变	%	$\geq 1.0$	0.43	1.28	0.09
	动态剪切	试验温度	℃		22	25	22
		$G^*\sin\delta$	kPa	$\leq 5\,000$	3\,270	4\,891	3\,844

注:  $G^*$  为复数模量,  $\delta$  为相位角。

表 4 X-5 沥青改性性能试验结果

指 标	单 位	性 能
针入度(100 g, 5 s)	15 ℃	15.4
	25 ℃	37.1
	35 ℃	72.0
延度(5 cm/min)	5 ℃	29.6
	25 ℃	65.3
粘度	135 ℃	3 967
	190 ℃	372
软化点	下垂 1.0 mm	66.5
	下垂 3.5 mm	82.5
	终点	87.8
回弹率(20 cm, 30 min)	25 ℃	93
薄膜烘箱 180 ℃ × 2.5 h	重量损失	-0.015
	25 ℃ 针入度比	78
	25 ℃ 回弹率	89

方式生产,设备为美国 R.&D. 移动式改性沥青生产设备,有一个生产罐,一个储罐,生产时材料从生产罐通过胶体磨再回到生产罐(内循环),循环研磨 30~40 min 后,泵入储罐搅拌待用。重庆鹅公岩大桥高粘度改性沥青生产采用现场加工方式生产,通过对前几个工程改性沥青生产经验的总结,我们对加工设备进行了改进:①增加一个生产罐,采用外循环生产;②沥青计量改为重量法;③增加一个 30 t 搅拌沥青储罐,生产时材料从一个生产罐通过胶体磨到另一个生产罐(外循环),全部材料通过胶体磨 4

遍,然后泵入储罐搅拌待用。

3 改性沥青的工程应用

虎门大桥钢桥面铺装用高粘度改性沥青约 400 t,在拌和场改性沥青脱桶,搅拌后泵入储罐搅拌待用,改性沥青检测结果见表 5。由于采用工厂生产,质量稳定,但增加了包装和二次运输费,改性沥青成本高,使用贮存时间难以控制,不能完全避免离析的影响。

表 5 虎门大桥 SMA 铺装改性沥青检测结果

检测项目	单位	允许值	检测次数	检测值	备 注
针入度	0.1 mm	40~80	12	50~78	试验温度 25 ℃
延度	cm	大于 30	6	50~57.5	试验温度 10 ℃
软化点	℃	大于 70	8	78~80.5	环球法
闪点	℃	大于 230	5	300~320	COC
薄膜加热损失	%	小于 1.0	3	0.8~0.5	180 ℃ 下烘 2.5 h
回弹率	%	大于 80	3	89~98.4	25 ℃ 下拉伸至 20 cm
烘后回弹率	%	大于 60	3	86~96.5	180 ℃ 下烘 2.5 h
加热损失后针入度	mm	—	2	5.4~5.6	试验温度 25 ℃
针入度比值	%	大于 65	2	89~89.5	试验温度 25 ℃

汕头岩石大桥和厦门海沧大桥用高粘度改性沥青各 300 余 t,改性沥青检测结果见表 6 和表 7。改性沥青检测非常好,但存在两方面的问题:①是沥青计量:采用容积法计量,由于进料温度变化较大,造

成沥青量常偏低,改性沥青软化点偏高,粘度增大。  
②是加工时间较长,储存容积小,桥面铺装分 8 次施工,仍需拌和楼停机待料。

表 6 岩石大桥钢桥面铺装改性沥青性能检测结果

改性沥青类型	检测项目	单位	允许值	检测次数	检测值	备注
Y-2	针入度	0.1 mm	20~40	6	30.6~35.7	试验温度 25 ℃
	延度	cm	≥20	6	22.1~23.0	试验温度 10 ℃
	软化点	℃	≥80	6	87.3~95.5	环球法
X-2	针入度	0.1 mm	30~60	6	39.5~55.4	试验温度 25 ℃
	延度	cm	≥30	6	42.2~43.5	试验温度 10 ℃
	软化点	℃	≥70	6	89~92.5	环球法

表 7 海沧大桥钢桥面铺装改性沥青性能检测结果

改性沥青类型	检测项目	单位	允许值	检测次数	检测值	备注
Y-2	针入度	0.1 mm	20~40	5	32.0~35.0	试验温度 25 ℃
	延度	cm	实测记录	5	24~81	试验温度 5 ℃
	软化点	℃	≥80	5	88~94.5	环球法
X-2	针入度	0.1 mm	30~60	6	33.0~46.5	试验温度 25 ℃
	延度	cm	≥20	6	20.6~26.5	试验温度 5 ℃
	软化点	℃	≥70	6	89~92.5	环球法

重庆鹅公岩大桥约需 300 余 t 高粘度改性沥青,目前试验路已使用改性沥青 34 t,检测结果见表 8。通过对前几个工程改性沥青生产经验的总结,我们对加工设备进行了改进。通过这些改进,生产的改性沥青均匀、稳定,性能优良,且生产时间缩短,可以满足桥面铺装分 4 次施工的改性沥青供应。

表 8 鹅公岩大桥钢桥面铺装试验路改性沥青性能检测结果

指 标	单位	性 能			
		Y-2		X-5	
		要求	检测值	要求	检测值
针入度 (100 g, 5 s)	15 ℃	—	14.4	—	15.0
	25 ℃	30~60	32.8	30~60	36.2
	35 ℃	—	71.9	—	73.6
延度 (5 cm/min)	5 ℃	实测记录	8.8	≥20	28.4
	25 ℃	—	68.3	—	64.2
25 ℃回弹率 (20 cm, 30 min)	%	≥90	95.8	≥90	93.0
软化点(环球法)	℃	≥80	93.5	≥75	92.2
190 ℃粘度	mm <sup>2</sup> /s	—	504.3	—	412.1

#### 4 结 论

(1)Y-2、X-2 和 X-5 高粘度改性沥青可以满足钢桥面铺装层使用温度范围为 -15~75 ℃ 的要求,其性能达到 SHRP 分级 PG82-22 等级。

(2)改进后的移动式改性沥青生产设备生产的改性沥青均匀、稳定,性能优良,且生产时间缩短,可以满足桥面铺装分 4 次施工的改性沥青供应。

#### 参考文献:

- [1] 交通部重庆公路科学研究所,广东长大公路工程限公司. 钢桥面铺装技术的研究.
- [2] 交通部重庆公路科学研究所,厦门海沧大桥钢桥面、引道桥路面铺装工程铺装方案及试验研究报告.
- [3] 交通部重庆公路科学研究所,重庆长江鹅公岩大桥钢桥面铺装工程试验研究报告.

## Development and Applied Research on High Viscosity Modified Asphalt

Mu Jianbo<sup>1</sup>, Zhang Lanjun<sup>2</sup>

(1. Chongqing Zhixiang Paving Technology Engineering Co., Ltd., Chongqing 400067, China;

2. Chongqing Highway Research Institute of the Ministry of Communications, Chongqing 400067, China)

**Abstract:** This paper introduces the process of development and production method of high viscosity modified asphalt, and describes the application of this kind of asphalt to steel deck pavement engineering of Humen Large Bridge in Guangdong Province, Jueshi Large Bridge in Shantou, Guangdong Province, Haicang Large Bridge in Xiamen, Fujian Province and Ergongyan Large Bridge in Chongqing.

**Key words:** Modified asphalt; Steel deck pavement