

新型高黏度改性沥青的研发和应用

杨林江

(浙江兰亭高科有限公司, 浙江绍兴 312044)

[摘要] 针对杭州湾大桥桥面铺装对高黏度改性沥青的技术要求,研发了一种新型高黏度改性沥青^[1]。通过分析基质沥青、SBS、化学助剂的红外光谱,在研究沥青改性过程中微观结构变化规律的基础上,提出了采用SBS加化学接枝反应剂(增黏剂)TW₋₁和增容剂TW₋₂的沥青改性配伍设计,使改性沥青在提高低温延度、弹性恢复能力的同时,大幅度提升了60℃动力黏度,而施工和易性不受影响,产品在杭州湾大桥工程中得到了成功的应用。

[关键词] 杭州湾大桥;高黏度改性沥青;配伍机理;红外光谱分析;路用性能;施工性能

[中图分类号] TU535 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2008)12-0092-05

1 前言

杭州湾大桥连接嘉兴至慈溪,全长36 km,作为特大桥的沥青桥面铺装,由于受重载、高温和渠化交通影响,要求有良好的高温稳定性;由于低温和桥梁挠度变形影响,要求有优异的低温抗裂性;由于桥面日常维修困难,要求桥面层间结合良好,铺装层有更好的耐久性,这些要求均和沥青黏度直接有关。此外,由于海上日照时间长,紫外线辐射强烈,海风中富含氯离子,积累的盐分对桥面铺装有一定侵蚀作用,要求铺装层有更好的抗光老化功能,浙江兰亭高科有限公司根据大桥技术要求,成功研发了一种新型的高黏度和特高黏度改性沥青,并在大桥沥青桥面铺装中得到了全面应用。

2 工程应用概况

杭州湾跨海大桥起于杭州湾北岸的郑家堞,起点桩号K49+000,终点位于慈溪市庵东水路湾,终点桩号K85+000,桥梁全长36 km,为世界之最。大桥除南、北主航道段主桥共长1.406 km和匝道桥设计为钢箱梁外,其余均为跨径30~80 m预应力混凝土连续箱梁。

桥面铺装设计结构如下。

桥面为混凝土箱梁桥面,表面层:40 mm 沥青玛蹄脂碎石 SMA-13;黏层:改性乳化沥青;下面层:60 mm 沥青玛蹄脂碎石 SMA-16;防水黏结层:聚合物改性沥青。

桥面高黏度改性沥青技术指标见表1。

表1 桥面高黏度改性沥青技术指标^[2]

Table 1 The technical indexes of deck high-viscosity modified asphalt

	针入度 (25℃, 100 g, 5 s) /mm	软化点 (TR&B) /℃	5℃延度 (5 cm· min ⁻¹) /cm	60℃ 动力 黏度/ (pa·s)	弹性 恢复 (25℃) /%	135℃ 动力 黏度/ (pa· s)	RTFOT 后残留 5℃延度 (5 cm· min ⁻¹) /cm
技术要求	30~60	≥75	≥30	≥10 000	≥75	≤3	≥20
高黏度沥青	51	82	38	40 247	99	2.1	22.8
超高黏度沥青	42	91	42.9	110 000	95	2.2	28

3 高黏度改性沥青的原材料

3.1 沥青

改性用基质沥青原材料技术指标符合表2要求。

[收稿日期] 2008-11-15

[作者简介] 杨林江(1961-),男,浙江绍兴市人,博士,教授级高级工程师,研究方向为土木工程材料

表2 70号基质沥青技术指标

Table 2 The technical indexes of 70# base asphalt

检测项目	技术指标	试验方法
针入度(25℃, 5s, 100g)/0.1mm	60~75	T0604
针入度指数PI	-1.5~+1.0	T0604
软化点(环球法)	不小于(℃)	47 T0606
60℃动力黏度	不小于(pa·s)	180 T0620
10℃延度	不小于(cm)	20 T0605
15℃延度	不小于(cm)	100 T0605
蜡含量(蒸馏法)	不大于(%)	2.0 T0615
闪点(COC)	不小于(℃)	260 T0611
溶解度(三氯乙烯)	不小于(%)	99.5 T0607
密度(15℃)	(g·m ⁻³) 不小于1.01	T0603
TFOT(或RTFOT)后		
质量变化	不大于(%)	±0.6 T0610
残留针入度比	不小于(%)	65 T0604
延度(10℃)/cm	不小于(%)	6 T0605
延度(15℃)/cm	不小于(%)	15 T0605

改性用基质沥青化学组分见表3。

表3 基质沥青的化学组分

Table 3 The chemical composition of the base asphalt %

饱和分(S)	芳香分(A)	胶质(R)	沥青质(AT)
15	48	31	6

基质沥青在显微镜下的结构如图1所示。



图1 沥青显微镜分子结构图

Fig. 1 The molecular structure of the asphalt microscope

3.2 SBS 改性剂

改性剂采用星型苯乙烯丁二烯嵌段共聚物(4303 SBS),其主要力学指标见表4^[4]。

表4 4303SBS 力学指标

Table 4 The mechanical indicators of 4303SBS

拉伸强度/MPa	300%定伸应力/MPa	拉断伸长率/%	扯断永久变形/%	S/B
15.0	1.9	700	30	30/70

3.3 化学接枝反应剂(增粘剂)TW₋₁、高温增容剂 TW₋₂

将粉态的 TW₋₁, TW₋₂按 3: 2 比例混合,组成 LTTW₋₁反应剂。

4 高黏度改性沥青配伍机理分析^[3]

4.1 红外光谱分析

采用美国 Nicolet 740 FTIR 红外光谱分析仪对改性过程中的高黏度改性沥青分析如下。

SBS 和基质沥青原材料的红外光谱分析如图2、图3所示。图3中在 2800~3000 cm⁻¹处出现很强的吸收峰,这些强的吸收峰是环烷烃和烷烃的 C—H振动的结果,其中以—CH₂—的吸收最强。从光谱图中可分析出基质的沥青中主要由烷烃、环烷

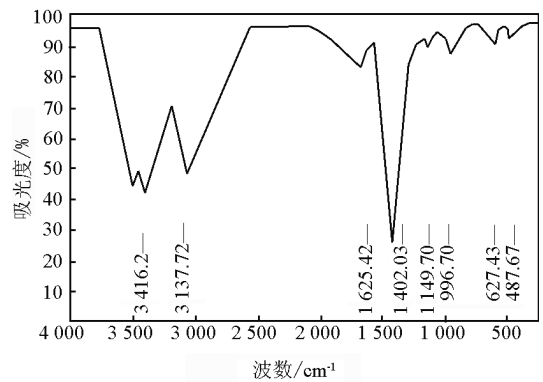


图2 SBS 红外光谱示意图

Fig. 2 The diagram of SBS IR spectrum

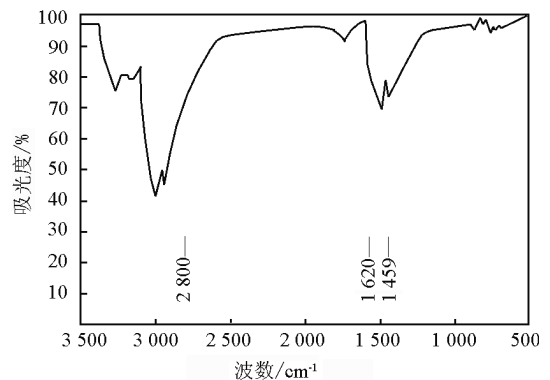


图3 基质沥青红外光谱示意图

Fig. 3 The diagram of base asphalt IR spectrum

烃、芳香族,以及杂原子衍生物等构成。由于沥青的组成复杂,有的吸收峰可能会被掩盖。图4反映出刚加入反应剂 LTTW₋₁反应 10 min,其峰的吸收表现为 SBS 与基质沥青峰的叠加。在反应 60 min 后,

SBS 与基质沥青在反应剂 LTTW₋₁ 的作用下完全发生了化学变化,对比图 4、图 5 在红外光谱示意图中 997 cm⁻¹, 720 cm⁻¹ 和 623 cm⁻¹ 三处特征峰的强度, 623 cm⁻¹ 处吸收峰强度基本相同, 该处为 SBS 中聚苯乙烯段的特征峰。此峰证明反应共混中苯乙烯没有参加化学反应。而 997 cm⁻¹ 处的吸收峰强度有所减弱, 这两边为聚丁二烯段中双键的特征峰。光谱图中特征峰减弱证明共混反应中主要是丁二烯在反应剂 LTTW₋₁ 作用下, “C=C” 成为反应的活性中心, 使 SBS 与沥青之间发生了接枝反应, 提高了沥青的力学性能。

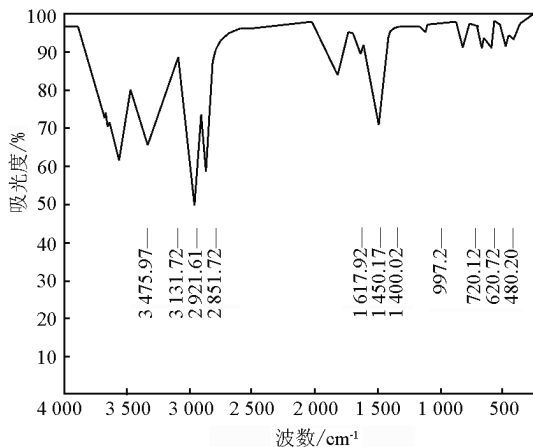


图 4 加入助剂 A, B 反应 10 min 光谱示意图
Fig. 4 The spectrum diagram of adding the auxiliary A, B after reaction 10 minutes later

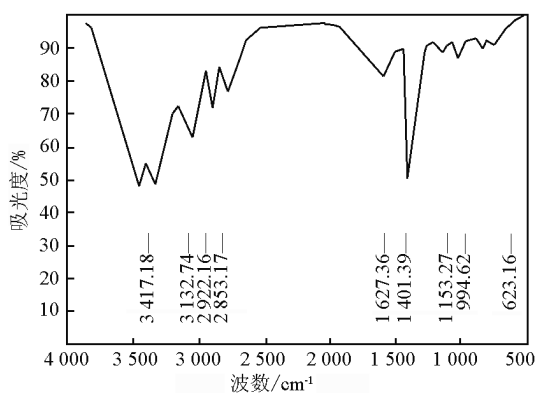


图 5 加入助剂 A, B 反应 1 h 光谱示意图
Fig. 5 The spectrum diagram of adding the auxiliary A, B after reaction 1 hour later

4.2 微观结构分析

SBS 和基质沥青采用热熔共混, 然后采用高速剪切均化磨进行研磨, 将基质沥青与 (5.5%) SBS

在 170 °C 的高温下高速剪切 30 min, 再加入助剂 LTTW₋₁ (0.2%), 机械搅拌 60 min 观察其内部微观变化, 如图 6 所示。

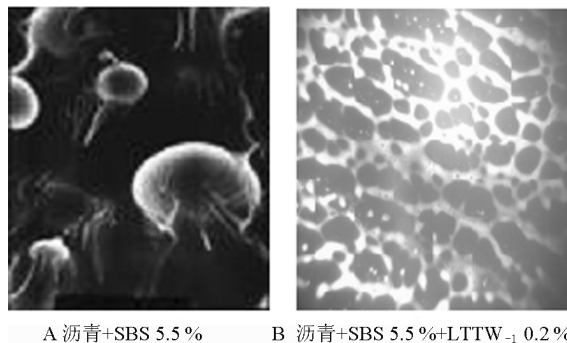


图 6 加入 LTTW₋₁ 前后沥青微观结构图
Fig. 6 Adding LTTW₋₁ before and after to the micro-structure of asphalt

4.3 反应剂 LTTW₋₁ 加入量对改性沥青黏度的影响

常规聚合物改性沥青的熔融黏度提高, 导致高温施工时黏度增加, 施工和易性差, 因而需要在高温下拌和、摊铺、压实, 能量消耗大, 综合成本高。而加入反应剂 LTTW₋₁ 却与其相反, 随其掺量的增加, 改性沥青在 135 °C 下的黏度降低, 而 60 °C 动力黏度却大幅增加, 研究应用的高黏度改性沥青的这些特点, 不仅可有效地改善沥青对集料的浸润速率, 在大幅提高黏度的同时, 提高粘附力和覆盖率, 有效克服了高粘改性沥青施工难的问题。

LTTW₋₁ 掺配剂量及改性沥青 60 °C, 135 °C 动力黏度影响如图 7 所示^[5]。

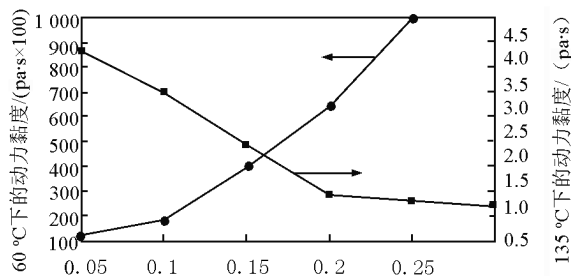


图 7 反应剂 LTTW₋₁ 在基质沥青中的掺量 (%) 对沥青黏度影响
Fig. 7 The reaction agent LTTW₋₁ in the base asphalt content (%) on the impact of asphalt viscosity

4.4 LTTW₋₁对沥青老化的影响^[7]

SBS 改性沥青掺入 0.15% LTTW₋₁ 后,在 163 °C 高温条件下,改性沥青吸氧量大幅减少如图 8 所示,高温持续时间越长,抗氧化作用越显著,表明高黏度改性沥青具有明显的抗老化功能。

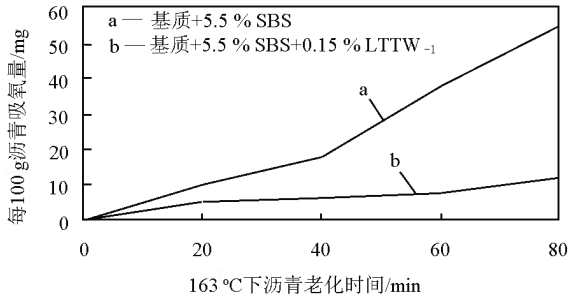


图 8 LTTW₋₁抗热老化规律图

Fig. 8 The law diagram of LTTW₋₁ resist aging heat

4.5 高黏度改性沥青的黏度温度规律

普通沥青、SBS 改性沥青和高黏度改性沥青的黏度温度关系如图 9 所示^[7]。数据表明,高黏度改性沥青黏度温度关系与一般 SBS 改性沥青基本相同,从而改变了传统高黏度改性沥青施工工艺要求高、拌和难等问题。

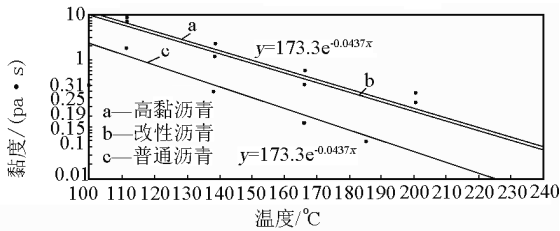


图 9 普通沥青、改性沥青及高黏度沥青的黏度温度曲线

Fig. 9 The viscosity - temperature curve of ordinary asphalt, modified asphalt and high viscosity asphalt

5 混合料路用性能检验

以高黏度改性沥青 SMA-16 混合料为例,对材

表 7 高黏度改性沥青 SMA-16 水稳定性性能检验

Table 7 The stability of the water performance test in the high-viscosity modified asphalt SMA-16

混合料	标准条件(浸水 0.5 h)			浸水 48 h			残留稳定度/%	
	空隙率/%	马歇尔稳定度/%	流值(0.1 mm)	空隙率/%	马歇尔稳定度/%	流值(0.1 mm)	实测	要求
类型 SMA-16	4.15	9.45	37.1	4.01	8.13	38.2	90.1	≥85
	4.26	9.12	34.2	4.22	8.49	38.9		
	4.28	9.22	30.9	4.17	8.39	40.1		
平均值	4.23	9.26	34.07	4.13	8.34	39.07		

料的高温稳定性、低温抗裂性和水稳性等路用性能进行了检验。

5.1 高温稳定性

在(60 ± 1) °C, (0.7 ± 0.05) MPa 条件下测得混合料动稳定度 $D_s = 5\ 813$ 次/mm(表 5),为要求值 3 500 的 1.66 倍,显示高黏度改性沥青混合料有良好的高温稳定性。

表 5 高黏度沥青 SMA-16 动稳定度 D_s

Table 5 The dynamic stability D_s of high-viscosity asphalt SMA-16

混合料类型	油石比/%	动稳定度/(次·mm ⁻¹)				要求
		1	2	3	平均	
SMA-16	6.0	5 819	5 820	5 800	5 813	≥3 500

5.2 低温抗裂性

混合料小梁试件在(-10 ± 0.5) °C 条件下弯曲试验结果见表 6,高黏度改性沥青 SMA-16 试件 -10 °C 劲度模量 3 191 MPa,破坏应变 2 937.7 με,为要求的应变值 2 500 με 的 1.18 MPa,表明高黏度改性沥青混合料有更好的低温抗裂性。

表 6 高黏度改性沥青 SMA-16 低温(-10 °C)抗裂性试验

Table 6 The low temperature (-10 °C) crack test of the high-viscosity modified asphalt SMA-16

试件编号	最大荷载/kN	跨中挠度/mm	抗弯拉强度/MPa	破坏应变/με	劲度模量/MPa	要求/με
1	1.204 2	0.521	9.87	2 761.5	3 579	≥2 500
2	1.156 3	0.572	9.46	3 029.7	2 897	
3	1.152 0	0.567	8.79	3 021.8	3 097	
平均值	1.173 0	0.553	9.373	2 937.7	3 191	

5.3 水稳定性检验^[8]

高黏度改性沥青 SMA-16 混合料做 48 h 浸水马歇尔试验,和标准试验相比,要求残留稳定度 > 80 %,实测可达 90 %,表明高黏度改性沥青混合料有更强的抗水损坏能力。

6 拉拔强度比较

通过不同黏度改性沥青拉拔试验(表8)可知,随着沥青黏度增加,沥青拉拔强度也提高,其中高黏度改性沥青的拉拔强度(1.2 MPa)是 SBS 改性沥青(0.486 MPa)的 2.47 倍。

表8 高黏度沥青的拉拔强度对比

Table 8 The pull-out strength comparison of the high viscosity asphalt

粘接层 类型	拉拔强度/MPa			
	试件 1	试件 2	试件 3	平均
SBS 改性沥青	0.490	0.456	0.512	0.486
高粘改性沥青	1.317	0.982	1.301	1.200
超高粘改性沥青	1.412	1.017	1.438	1.289

7 结语

1) 分析研究表明,反应剂 LTTW₋₁ 对提高 SBS 改性沥青 60 °C 黏度、降低 135 °C 黏度作用明显。

2) 新型高黏度改性沥青在 60 °C 动力黏度数万 pa·s 条件下,仍可用 SBS 改性沥青常规工艺施工,解决了高黏度改性沥青施工难的问题。

3) 高黏度改性沥青在世界最长的杭州湾跨海

大桥桥面防水粘层、沥青混合料铺装层中得到全面应用。试验表明,高黏度改性沥青拉拔强度高,沥青混合料有良好的高温稳定性、低温抗裂性、抗水损害和光候老化能力,桥面铺装可有更好的耐久性。

4) 高黏度改性沥青应用前景广阔,除桥面铺装外,还可用于高性能面层结构和作为重载、长大纵坡条件下沥青路面结合料使用。

参考文献

- [1] 沈金安. 论聚合物改性沥青的发展方向[J]. 公路交通科技, 1998, 15(1): 6-11
- [2] 中华人民共和国交通部. 公路沥青路面施工技术规范 JTG40—2004[S].
- [3] 张争奇, 隋玉东. 改性沥青室内试验及试验路研究[J]. 西安公路交通大学学报, 2000, 20(1): 8-11
- [4] 原健安. 改性剂与沥青的相互作用对改性沥青性质的影响[J]. 重庆交通学院学报, 2000, (1): 67-71
- [5] 李季君, 景彦平, 原健安, 等. 沥青延度与流变特性关系研究分析(二)[J]. 石油沥青, 2002, 16(4): 32-36
- [6] 王仕峰. 苯乙烯-丁二烯共聚弹性体改性沥青的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2001
- [7] 王涛. 聚合物改性沥青流变特性研究[D]. 北京: 中国石油大学, 2007
- [8] 曾凡奇. 重载交通沥青关键指标研究[D]. 南京: 东南大学, 2005

The development and application of the new type high-viscosity modified asphalt

Yang Linjiang

(Zhejiang Lanting High-tech Co., Ltd, Shaoxing, Zhejiang 312044, China)

[Abstract] According to the technical requirements of Hangzhou Bay Bridge deck pavement for high-viscosity modified asphalt, a new type of high-viscosity modified asphalt was developed. By analyzing the base asphalt, SBS, the infrared spectra of chemical additives, on the basis of studying the microstructure changing laws of modified asphalt in modifying process, it is proposed to use the modified asphalt compatible design, which is SBS plus chemical reaction agent tackifier TW₋₁ and compatibilizer TW₋₂, so that the low-temperature ductility and elastic resilience of the modified asphalt are improved, at the same time, the dynamic viscosity of 60 °C is greatly enhanced, and the construction will not be affected. The high-viscosity modified asphalt has been successfully applied to Hangzhou Bay Bridge project.

[Key words] Hangzhou Bay Bridge; high-viscosity modified asphalt; compatibility mechanism; infrared spectroscopy; road performance; construction performance