

# AW、BLE、炭黑改性沥青的老化性能研究

郑远, 叶奋

(同济大学道路与交通工程教育部重点实验室 上海市 201804)

**摘要:** 采用薄膜烘箱老化试验(TFOT)、PAV压力老化试验,对不同剂量的AW、BLE、炭黑改性沥青进行试验,利用残留针入度比、残留粘度比、软化点增量和残留延度等老化指标来分析沥青的老化程度,与常用的沥青抗氧化剂SBR进行对比,研究表明0.8%AW、0.8%BLE改性沥青抗氧化性能较优,炭黑改性沥青低温性能下降较大。

**关键词:** 老化性能; 橡胶抗氧化剂; 改性沥青

沥青的老化是影响沥青路面使用性能的一个重要因素。在沥青混合料中沥青作为骨料的粘结剂,在热拌、施工及使用过程中受到温度、光和氧等外界因素的影响而发生挥发、氧化等一系列物理和化学变化,使沥青性质变差。众多道路研究者试图用改性沥青添加剂改善沥青的老化性能。本研究以常见的橡胶抗氧化添加剂AW、BLE、炭黑为改性剂,添加不同剂量对克拉玛依AH-110沥青进行改性,与常用的沥青抗氧化剂SBR改性效果进行对比,以为工程实践提供参考。

## 1 试验方法

### 1.1 原材料

基质沥青采用克拉玛依重交通AH-110沥青,25℃针入度为99(0.1 mm),软化点为46.1℃,15℃延度>100 cm,60℃粘度205 Pa·s,各种改性剂如下。

(1)SBR为丁苯橡胶,是一种常用的橡胶类改性剂,有关研究表明,SBR能大大改善沥青的抗氧化性能,SBR的剂量宜为3%~5%,可根据气候特点、改性目的和经济条件而定。本研究采用4%的SBR剂量。

(2)AW为乙氧基喹啉及其低聚物混合组成,是一种优良的橡胶防老化剂。对臭氧引起的龟裂有优异的防护性能,特别适用于丁苯等橡胶上,效果比用于天然橡胶更加明显。尤其适用于动态使用下的橡

胶制品。橡胶制品加入本剂表面不容易喷霜,与老化剂等复配使用效果可以进一步提高。本品污染性大,使与之接触的材料变成棕色,在日光下亦会变色,故不适用于浅色或艳色的物品。一般用量为1%~2%。

(3)BLE为丙酮与二苯胺的高温缩合物,暗褐色粘稠液体。是一种常用的橡胶防老化剂,有优良的抗热,抗氧,抗曲绕性能,也具有一定的抗天侯、臭氧老化能力。制品的耐磨和耐热性能好,可广泛应用于天然、丁苯等合成橡胶制品中,推荐用量1%~3%,本品又是丁苯、丁基等合成橡胶的稳定剂,用量为2%,美国食品和药品管理局许可其用于接触食品的橡胶制品,最大用量不超过5%。

(4)炭黑为橡胶中常用的补强作用添加剂,黑色粉末,可起抗氧化作用。本次试验采用H110炭黑。

### 1.2 试样制备

将基质沥青加热到120℃左右,然后放入需要的改性剂,先低速剪切15 min,然后在180℃、5 500 rpm/min条件下混合分散30 min,制得改性沥青,为了确定改性剂抗氧化性能的最佳剂量,采用4种改性剂制备12种不同改性剂含量的改性沥青进行试验。

### 1.3 老化试验

为模拟沥青在拌和过程和长期使用过程中的老化作用,采用短期老化和长期老化试验,通过比较其不同性能指标来评价使用改性剂之后的改善效果。短期老化采用薄膜烘箱试验,长期老化采用PAV压

力老化试验,PAV 压力老化试验可模拟路面使用 5~10 年的实际情况。PAV 试验和旋转运动粘度按照 SHRP 的规程,针入度、软化点、延度、薄膜烘箱试验,均按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052-2000)进行。

## 2 试验数据分析

### 2.1 优选试验

为了确定各改性剂的最佳比例,采用 4 种改性剂制备 12 种不同改性剂含量的改性沥青。对改性沥青的针入度、延度、软化点等常规力学性能指标进行测试,从每种改性剂中选出性能较优的掺量,在此基础上再研究改性沥青老化性能。

表 1 是不同类型克拉玛依 AH-110 改性沥青性能对比。由于针入度和软化点都是条件粘度,改性沥青软化点升高,针入度降低,表明沥青的高温性能由于改性剂的加入可以得到明显改善,沥青材料在高温下的抗剪切变形能力得到提高。低温下,沥青中的分子链段流动速度下降,分子间距离缩短,分子作用力增加,结果会使沥青脆性增加,因此改性沥青的低温延度是评价沥青低温性能的一个重要指标。

表 1 不同类型克拉玛依 AH-110 改性沥青性能对比

沥青种类	针入度(25℃) 0.1 mm	延度(15℃) cm	软化点 ℃
SBR-4%	84	>100	47.6
AW-0.53%	96	>100	46
AW-0.8%	98	>100	47.8
AW-1%	98	>100	44.4
AW-2%	113	>100	40.8
AW-4%	159	>100	40.8
BLE-0.5%	105	>100	44.7
BLE-0.8%	108	>100	46
BLE-1.34%	108	>100	43.1
H110-1%	82.50	63.7	46.4
H110-5%	80.75	37.7	46.5
H110-7%	84.17	27.6	43.1

从表 1 中可见,添加 4% SBR 改性沥青针入度下降,软化点上升,且延度维持 100 cm 以上,高低温性能均较优;AW 改性沥青剂量超过 0.8% 后针入度升高,软化点下降,高温性能不佳,掺量 0.53% 与 0.8%

延度与针入度与基质沥青相差不大,但掺量 0.53% 软化点略有下降,综合考虑 0.8% 为 AW 添加的最佳剂量;BLE 改性沥青各添加剂量延度差距不大,针入度都上升,软化点均下降,高温性能不佳,各剂量针入度上升幅度差距不大,掺量 0.8% 软化点下降幅度不大,综合考虑 0.8% 为 BLE 添加的最佳剂量;H110 炭黑改性沥青随添加剂量上升,延度均下降,低温性能不佳,针入度均下降,软化点掺量 1% 与 5% 的上升,掺量 7% 的下降,综合考虑选择掺量 1% 与 5% 进一步试验。

经由以上分析,选择 0.8% AW、0.8% BLE、1% 与 5% H110 炭黑改性沥青进行老化试验,与 4% SBR 改性沥青进行老化性能对比。

### 2.2 不同改性沥青 TFOT 老化性能对比

表 2 是不同类型克拉玛依 AH-110 改性沥青在 163℃ 下,薄膜烘箱老化后,其各性能指标的测试结果及与基质沥青的对比结果。

表 2 不同类型克拉玛依 AH-110 改性沥青 TFOT 老化性能对比

沥青种类	针入度 (25℃)	延度 (15℃)	软化点	粘度 (60℃)	残留针 入度比	软化点 增量	残留 粘度比
	0.1 mm	cm	℃	Pa·s		℃	
SBR-4%	80.7	>100	51.3	379	0.82	5.2	1.85
AW-0.8%	70.7	88.0	50.8	320	0.71	4.7	1.56
BLE-0.8%	78.0	93.0	48.0	341	0.79	1.9	1.66
H110-1%	66.4	50.7	47.4	314	0.67	1.3	1.53
H110-5%	65.3	26.8	46.6	309	0.66	0.5	1.51

在表 2 中沥青的残留针入度比、残留粘度比分别为不同改性沥青 TFOT 老化后的针入度、粘度与基质沥青的针入度、粘度的比值,软化点增量为不同改性沥青 TFOT 老化后的软化点与基质沥青的软化点的差值。从表 2 中可见,沥青在 TFOT 老化后,针入度和延度降低,软化点和粘度升高。这主要是由于沥青在老化过程中轻质油分挥发及氧化作用,使其逐渐变硬,导致沥青针入度变小,同时沥青中的沥青胶质向沥青质转化,平均分子量增加,随着低分子向高分子的转变,软化点也随之提高。

在不同的改性剂作用下,沥青的各项性能指标变化的幅度却不同,如果用沥青的残留针入度比、软化点增量、残留延度、残留粘度比来表示沥青的不同老化程度,那么图 1 为不同改性沥青的 TFOT 老化性能结果。

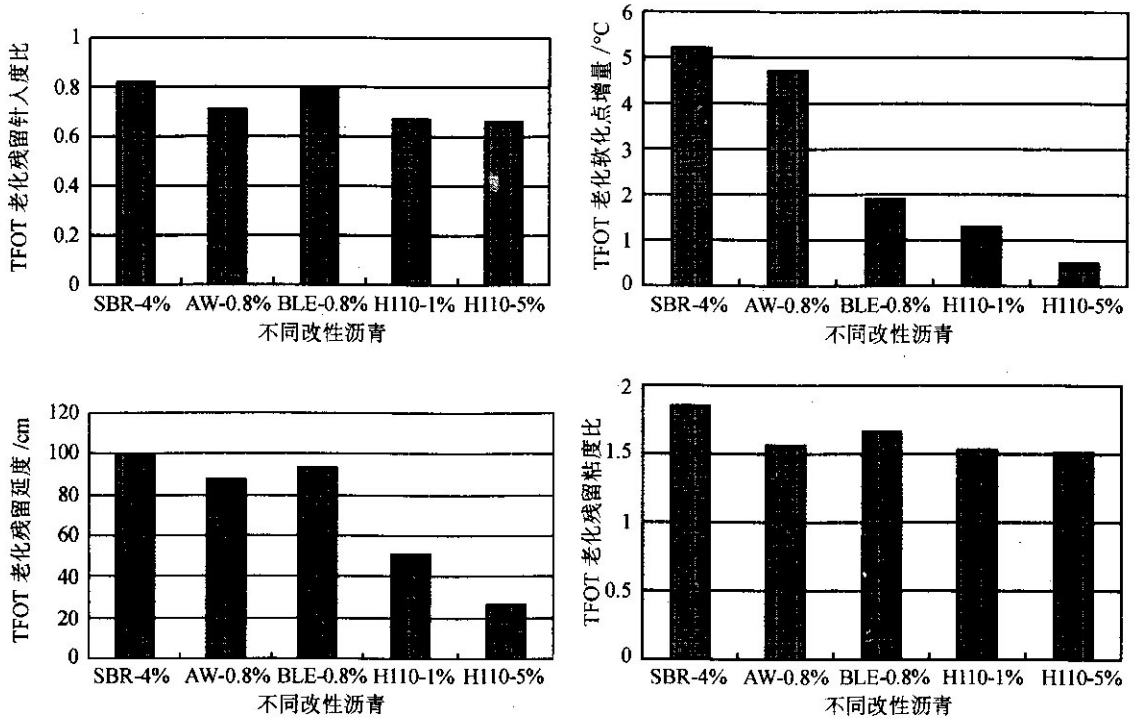


图1 不同改性沥青短期老化性能对比

从图1中可知:添加不同的改性剂,沥青各项性能指标变化幅度明显不同,TFOT老化前后针入度变化最小的为4%SBR改性沥青,其余改性沥青变化幅度比4%SBR改性沥青略大;软化点增量幅度最小的为5%H110炭黑改性沥青,4%SBR、0.8%AW改性沥青变化幅度略大;粘度变化最小的为5%H110炭黑改性沥青,其余改性沥青变化幅度与5%H110炭黑改性沥青相差不大。残留延度下降最小的为4%SBR沥青,1%H110炭黑、5%H110炭黑改性沥青下降幅度较大。

综合分析可知:以上各种改性沥青TFOT老化后,使用单一的指标很难评价其综合性能,而较多的指标又出现比较矛盾的结果。1%H110炭黑、5%H110炭黑改性沥青残留延度下降幅度较大,可认为其短期老化后低温抗裂性能不佳,不适宜在低温地区使用。0.8%AW、0.8%BLE改性沥青残留延度略小于4%SBR改性沥青,但0.8%AW、0.8%BLE改性沥青短期老化前后软化点、粘度变化均小于4%SBR改性沥青,若能适当改善其低温抗裂性能,其抗短期老化性能可优于4%SBR改性沥青。

### 2.3 不同改性沥青PAV压力老化性能变化

表3是不同类型克拉玛依AH-110改性沥青在163℃下,薄膜烘箱老化后,再进行PAV压力老化试验,其各性能指标的测试结果及与原样沥青的对比

结果。

表3中沥青的残留针入度比、残留粘度比分别为不同改性沥青PAV老化后的针入度、粘度与基质沥青的针入度、粘度的比值,软化点增量为不同改性沥青PAV老化后的软化点与基质沥青的软化点的差值。可发现各指标变化趋势与TFOT老化相同。

表3 不同类型克拉玛依AH-110改性沥青PAV老化性能对比

沥青种类	针入度 (25℃)	延度 (15℃)	软化点	粘度 (60℃)	残留针 入度比	软化点 增量 /℃	残留 粘度比
	0.1 mm	cm	℃	Pa·s			
SBR-4%	48.0	39.0	55.5	1 258	0.48	9.4	6.14
AW-0.8%	48.3	23.5	54.5	841	0.49	8.4	4.10
BLE-0.8%	48.0	27.0	55.0	896	0.48	8.9	4.37
H110-1%	65.2	16.0	52.0	758	0.66	5.9	3.70
H110-5%	64.1	17.0	52.0	812	0.65	5.9	3.96

用沥青的残留针入度比、软化点增量、残留延度、残留粘度比来表示沥青的不同老化程度,图2为不同改性沥青的PAV老化性能结果。

从图2中可知:添加不同的改性剂,PAV老化前后沥青各项性能指标变化幅度明显不同,PAV老化前后针入度变化最小的为1%H110炭黑改性沥青,4%SBR、0.8%AW、0.8%BLE改性沥青变化幅

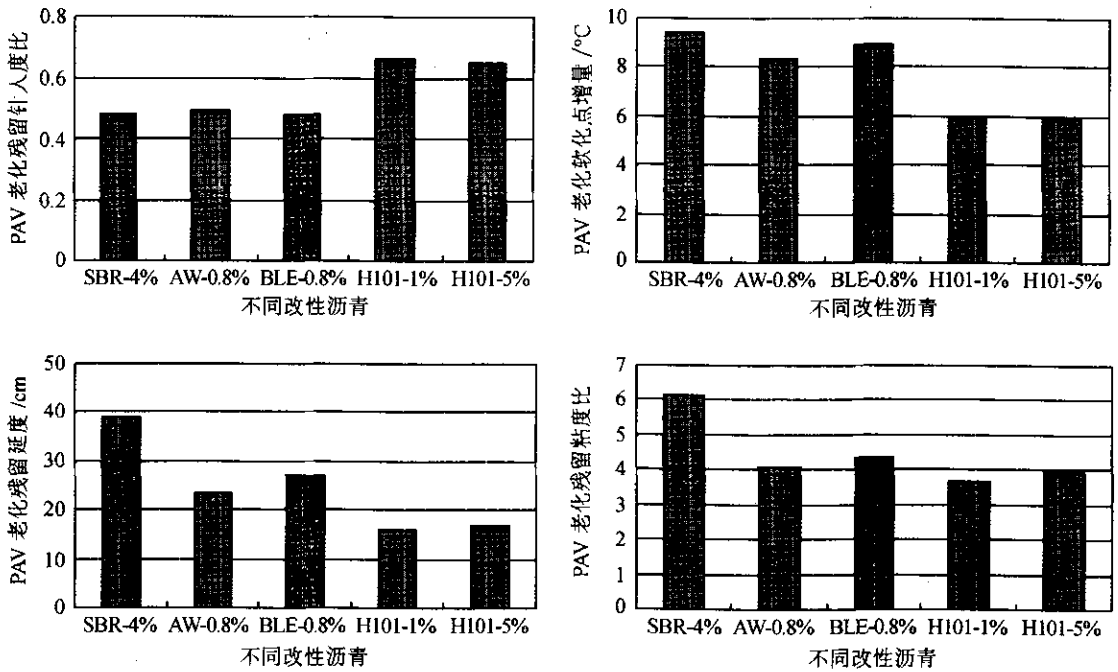


图 2 不同类型克拉玛依 AH-110 改性沥青 PAV 老化性能结果

度略大;软化点增量幅度最小的为 1% H110 炭黑、5% H110 炭黑改性沥青,4% SBR、0.8% AW、0.8% BLE 改性沥青变化幅度略大;残留延度下降最小的为 1% H110 炭黑沥青,其余改性沥青下降幅度较大;粘度变化最小的为 1% H110 炭黑改性沥青,4% SBR 改性沥青变化较大。

综合分析可知:各种改性沥青 PAV 老化前后性能变化规律与 TFOT 老化基本相同,H110 炭黑改性沥青的两种掺量 PAV 老化前后针入度、软化点、粘度变化均较小,但延度下降较大,不推荐在低温地区使用,0.8% AW、0.8% BLE 改性沥青残留延度略小于 4% SBR 改性沥青,针入度与 4% SBR 改性沥青大致相等,但 0.8% AW、0.8% BLE 改性沥青 PAV 老化前后软化点、粘度变化均小于 4% SBR 改性沥青,若能适当改善其低温抗裂性能,其抗长期老化性能可优于 4% SBR 改性沥青。

### 3 结论

(1) AW 改性沥青剂量超过 0.8% 后高温性能不佳,掺量 0.53% 软化点略有下降,综合考虑 0.8% 为 AW 添加的最佳剂量;BLE 改性沥青各添加剂量延度差距不大,但高温性能均略有下降,其中掺量 0.8% 时下降幅度不大,综合考虑 0.8% 为 BLE 添加的最佳剂量;H110 炭黑改性沥青随添加剂量上升,

延度均下降,低温性能不佳。

(2) 在以上分析基础上选出掺量 0.8% AW、掺量 0.8% BLE、掺量 1% 和 5% 的炭黑 4 种性能相对较优的改性剂进行短期老化试验和长期老化试验,利用残留针入度比、残留粘度比、软化点增量和残留延度等老化指标来分析沥青的老化程度,研究表明掺量 0.8% AW 和掺量 0.8% BLE 改性沥青各项抗老化性能较优,可替代 SBR 使用,掺量 1% 和 5% 的炭黑改性沥青则不推荐在低温地区使用。

(3) 本文所有评价方法都是基于试验室内的结果,对于改性沥青长期路用性能的评价有待于进一步探讨。

### 参考文献:

- [1] 严家焱. 沥青材料性能学[M]. 北京:人民交通出版社,1990.
- [2] 吕伟民. 沥青混合料设计原理与方法[M]. 上海:同济大学出版社,2001.
- [3] 沈金安. 改性沥青与 SMA 路面[M]. 北京:人民交通出版社,1999.
- [4] 温贵安,张勇,等. 丁苯橡胶改性沥青的高性能化和稳定化[J]. 合成橡胶工业,2003,26(5).
- [5] 庞传琴,毕玉峰. 不同改性沥青性能的对比如[J]. 中外公路,2005,25(6).

文章编号: 0451-0712(2007)02-0131-03

中图分类号: U414.18

文献标识码: B

# 大体积混凝土水化热的控制方法及效果

赵文觉, 赵维汉

(湖南大学土木工程学院 长沙市 410082)

**摘要:** 详细介绍了在广东湛江海湾大桥 2 座近万  $m^3$  混凝土斜拉桥主墩承台混凝土施工中, 所采用的控制混凝土水化热的措施和效果。在工程监理和施工实践中, 有很好的参考价值。

**关键词:** 大体积混凝土; 水化热; 控制

## 1 工程概况

广东湛江海湾大桥主桥是一座双塔空间双索面钢箱梁半漂浮体系斜拉桥。主跨 480 m。两座主墩基础分别为 31 根长 106 m,  $\phi 2.5 \sim \phi 3.1$  m 变截面摩擦桩。承台呈椭圆型, 长 48.4 m, 宽 30.3 m, 高度 6.5 m, 面积 1 238  $m^2$ 。加上 1.2 m 厚封底混凝土, 一个承台有 C30 混凝土 9 533  $m^3$ 。

如何防止近万  $m^3$  混凝土在浇注施工时, 不因水化热过高而引起承台开裂, 是施工和监理重点控制的问题之一。

承台采用单壁有底钢套筒施工。为了减少水化热, 也为了保证承台钢套筒吊挂系统的安全, 以及便于承台顶层索塔塔柱预埋钢筋的安装, 经设计院同意, 打算将 6.5 m 高的承台分成三次浇注, 第一次层高 1.5 m, 第二次层高 3 m, 第三次层高 2 m, 层与层

之间的施工缝增加  $\phi 32$  mm 钢筋插筋, 提高施工缝之间的联系和结合。

本文仅介绍承台大体积混凝土的施工控制方法和效果。

## 2 水化热的理论计算和实测

在施工前, 首先对混凝土的水化热进行了理论分析。

(1) 施工采用广西鱼峰 32.5(R) 水泥, 通过试验, 每 kg 水泥水化热为: 3 d 218 kJ, 7 d 227 kJ。

(2) 计算绝热温升。

① 水泥水化热随时间的变化温升  $Q_t$  为:

$$Q_t = Q_0(1 - e^{-mt}) \quad (1)$$

式中:  $Q_0$  为单位质量水泥的最终发热量, kJ/kg;  $m$  为散热速率;  $t$  为龄期。

收稿日期: 2006-09-28

## Research on Anti-Aging Performance of AW, BLE and Carbon Black Modified Asphalt

ZHENG Yuan, YE Fen

(Key Laboratory of Road and Traffic Engineering of the Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 201804, China)

**Abstract:** The experiments are implemented on several contents of AW, BLE, Carbon Black and SBR modified asphalt. The changes of penetration, ductility, softening point and viscosity at different aging test are analyzed. The influence of the modifier is determined based on these test results. The study shows that 0.8% AW, 0.8% BLE could enhance the aging resistance of modified asphalt, and the low temperature performance of carbon black modified asphalt decreases too much.

**Key words:** aging resistance; aging resisting agent of rubber; modified asphalt