

APAO 改性沥青感温性研究

孔令云, 周进川

(重庆交通科研设计院 重庆市 400067)

【摘要】通过对 APAO 改性沥青及其混合料各感温性指标的试验研究及与 SBS 改性沥青感温性的比较, 发现国产 APAO 改性剂能有效地改善沥青及沥青混合料的温度敏感性。

【关键词】APAO; 改性沥青; 温度敏感性;

Study on Temperature Susceptibility of the APAO modified asphalt

Kong Lingyun, Zhou Jinchuan

(1.Chongqing Communications Research & Design Institute, Chongqing
400067 China)

Abstract: The APAO polymer modifier can improve the temperature susceptibility of the bitumen between 5°C and 135°C effectively. But to the susceptibility between 135°C and 175°C, it is impuissant even it has the side-effect to bitumen. On the other hand, it has been found that the APAO polymer modifier can improve the temperature susceptibility of asphalt mixture both high temperature and low temperature.

Key words: APAO; modified asphalt; temperature susceptibility;

1 概述

公路沥青路面要遭受一年四季的考验, 人们都希望沥青在夏天要硬一些, 不发软, 冬天要柔韧一些, 不发脆。而实际上, 沥青总是夏天软冬天脆的, 只不过程度不同而已。表征这种随温度而发生性质变化的指标可称为感温性指标。从其定义可知, 只要能反映沥青结合料的性质随温度变化的指标即可称之为感温性指标, 其关系曲线称为感温曲线。

2 材料

APAO (Amorphous Poly Alpha Olefin) 是由辽阳辽化奇达化工有限责任公司研制开发的, 这是一种采用特殊的催化剂, 以丙烯、乙烯、丁烯-1 为原料, 通过共聚反应得到的低分子量、非结晶的聚合物, 外观为乳白色固体, 有一定的韧性, 其分子空间结构是无规则排列, 无规物含量高 ($\geq 95\%$), 具有良好的耐酸、耐碱、抗氧化性能。

沥青: KL70^{*}、PJ130^{*}; 改性剂: 518^{*}APAO (掺量 4%、6%、8%)、705^{*}APAO (掺量 4%、6%、8%)、4303^{*}SBS (掺量 5%)。

3 试验结果

国内外对沥青结合料感温性的研究主要主要包括针入度指数 PI, 粘温指数 VTS,

针入度粘度指数 PVN 等三个指标。本文主要通过这三个指标以及沥青结合料的高温车辙因子、沥青混合料的动稳定度等对温度的曲线等几个方面，对 APAO 改性剂对沥青温度敏感性的影响进行了分析研究。

3.1 沥青结合料试验结果

1、针入度指数 (PI)

针入度指数 PI 通常可采用 5℃ ~ 30℃ 温度范围内的针入度, 通过回归得到 $\lg Pen = AT + K$ 后, 由 $PI = \frac{20 - 500A}{1 - 50A}$ 计算所得, 所以 PI 值反映的是沥青所测温度范围内 (5℃ ~ 30℃) 的温度敏感性。试验结果见表 1。

表 1 掺加改性剂后针入度指数

研究沥青	PJ130#				KL70#			
	0	4%	6%	8%	0	4%	6%	8%
518*APAO	-2.4	-1.6	-1.4	-1.0	-0.3	0.0	0.7	0.9
705*APAO	-2.4	-1.0	-0.7	0.1	-0.3	0.6	0.6	1.5

对沥青材料而言, 较大的 PI 值表示较小温度敏感性。比较表 1 中的结果可以看出, 掺加改性剂 APAO 提高了 PI 值, 有效地改善了沥青 5℃ ~ 30℃ 范围内的温度敏感性, 且温度敏感性随 APAO 掺量 (在 4% ~ 8% 范围内) 的增加而降低。

2、针入度粘度指数 (PVN)

针入度粘度指数是由 135℃ (或 60℃, 一般不采用 60℃ 的粘度进行计算, 因采用 60℃ 的粘度计算过程中存在着利用 135℃ 粘度换算的过程, 其准确度不如 135℃ 粘度 [4]) 的运动粘度与 25℃ 的针入度 Pen 通过公式:

$$PVN = 1.5 \frac{\log L - \log X}{\log L - \log M} \text{ 计算。}$$

X——沥青的 135℃ 的运动粘度, mm²/s;

L——在 “Pen_{25℃}——Viscosity_{135℃}” 关系线中, 横坐标为沥青 25℃ 的针入度值所对应的 PVN = 0 直线上的纵座标, 由 $\log L = 4.25800 - 0.79674 \log Pen$ 计算;

M——在 “Pen_{25℃}——Viscosity_{135℃}” 关系线中, 横坐标为沥青 25℃ 的针入度值所对应的 PVN = -1.5 直线上的纵座标, 由 $\log v_x = 3.46289 - 0.61094 \log Pen$ 计算;

Pen——沥青的 25℃ 针入度。

PVN = 0 表示沥青温度敏感性小, PVN = -1.5 表示沥青温度敏感性大。该指标是由 25℃ 的针入度以及 135℃ 的粘度计算所得, 因此, 一般认为该指标反映的是沥青在 25-135℃ 范围内的温度敏感性。其试验结果见表 2。

表 2 针入度粘度指数试验结果表

改性剂	无	6%518APAO	6%705APAO	5%4303SBS
KL70*	0.19	1.01	1.28	1.23

PJ130*	-0.95	-0.23	0.02	0.95
--------	-------	-------	------	------

表 2 中表明, 在 25℃-135℃之间 APAO 改性剂可显著地改善沥青的温度敏感性。对 KL70*, 其效果与 4303SBS 的效果相当, 但是对 PJ130* 其效果不如 4303SBS。

3、粘度温度指数 (VTS)

温度对沥青粘度的影响最大, 已有很多方法用于定量描述粘度-温度关系。对于较宽温度区间的粘温关系, 早在 20 世纪 30 年代就建立了运动粘度的双对数值与绝对温度的对数值之间的线性关系, 其经验公式如下:

$$\log \log(v) = m \log T + b$$

v——运动粘度, mm²/s;

T——绝对温度 (摄氏温度+273.15), K;

m, b——与沥青有关的常数, 通常由回归所得。

m 为线性关系中的斜率, 也称之为粘温敏感性 (VTS——Viscosity Temperature Susceptibility)。对大多数沥青而言该拟合曲线的线性相关性很好, 因此用两个温度下的粘度即可确定所测沥青的粘温敏感性 VTS。可由下式计算:

$$VTS = \frac{\log \log v_1 - \log \log v_2}{\log T_1 - \log T_2}, \quad v_1, v_2 \text{ 分别为在温度 } T_1, T_2 \text{ (K) 时的粘度 (mm}^2/\text{s)}$$

较大的 VTS 表明有较低温度敏感性, 一般低于 60℃温度的直线的斜率容易偏离 60℃与更高温度间建立的斜率[3], 同时考虑到 25~135℃区间内的温度敏感性已通过 PVN 指标研究, 因此在 VTS 指标中, 对 135℃、175℃的粘度对沥青的粘温敏感性进行了试验, 其结果见表 3。

表 3 粘温敏感性试验结果

改性剂	无	6%518APAO	6%705APAO	5%4303SBS
KL70*	-1.46	-2.48	-2.37	-3.12
PJ130*	-5.74	-3.29	-4.04	-2.35

由表 3 可以看出, 对 135℃~175℃温度范围内 KL70* 的温度敏感性, 改性剂 APAO、SBS 均无能为力, 而且还有一定程度的减弱, APAO 对沥青温度敏感性减弱的程度较 SBS 小; 对 PJ130* 在该温度范围内的温度敏感性, 两类改性剂均有一定的效果, 但是 APAO 的效果较 SBS 的效果差。

4、车辙因子——温度曲线

在粘弹性力学中, 将 $G^*/\sin \delta$ 称为车辙因子, 在高温条件下其数值越大表明其抗高温车辙能力越强, 另外, 在温度升高过程中, 其减小的速率越小说明其受温度的影响越小, 即其感温性越小。因此, 本文对沥青高温车辙因子进行了研究, 其试验结果见图 1。

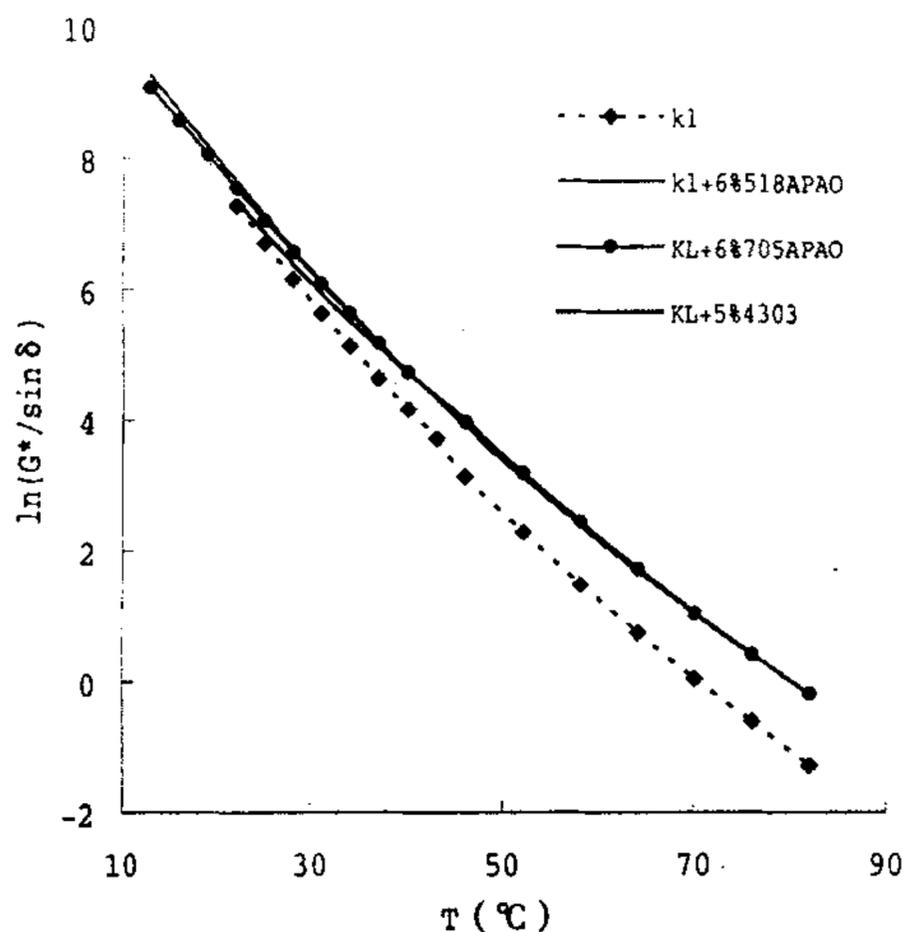


图 1

图 1 可知, KL70[#]中添加 APAO 后, 在同样的温度条件下, 沥青的车辙因子有所提高, 且其车辙因子——温度曲线较基质沥青明显平缓, 说明其温度敏感性得到了改善, 在该指标中, SBS 改性剂与 APAO 改性剂的效果基本相当。

3.2 沥青混合料试验结果

以上通过沥青结合料的各项指标对其温度敏感性进行了分析, 但是, 沥青的温度敏感性最终是在沥青路面中表现出来的, 因此, 本研究对沥青混合料各项指标对温度的敏感性进行了分析。

1、沥青混合料动稳定度 - 温度曲线 (高温)

沥青混合料的动稳定度是指试件在规定温度及荷载条件下, 车辙形成的速率。动稳定度与温度关系曲线的变化率反映的是沥青混合料的动稳定度对温度的敏感性。本研究对 40℃、50℃、60℃、70℃等四个温度的动稳定度进行了测定, 其试验结果见图 2。

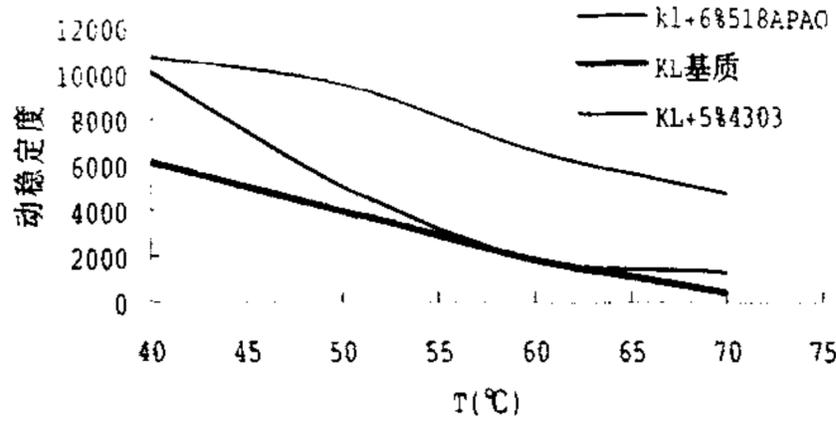


图 2 车辙试验结果

比较图 2 中的基质沥青混合料、APAO 改性沥青混合料、4303SBS 改性沥青混合料的动稳定度—T 曲线发现，KL70[#]基质沥青的动稳定度随着温度的变化基本呈现线性变化趋势，当温度升高时其稳定性直线下降；KL70[#]+6%APAO 后，60℃之前动稳定度明显提高但是其降低速度较 KL 基质沥青快，在 60℃时两者的动稳定度基本相等，但是 60℃以后 APAO 改性沥青混合料不仅动稳定度有所提高，且其随着温度升高而降低的速度明显低于基质；KL70[#]+4303SBS 后，动稳定度明显提高，随温度降低的规律与基质沥青相似。由此可知，APAO 改性剂可改善沥青混合料的动稳定度，同时还可改善其 60~70℃之间的温度敏感性，其对沥青混合料温度敏感性的改善效果不明显。

2、低温指标对温度的敏感性

沥青混合料的低温指标有低温抗拉强度、低温弯曲应变、低温劲度模量等，一般认为低温弯曲应变、低温劲度模量较低温抗拉强度更能说明低温抗裂性能，因此，本文对该两个指标进行了研究，试验结果见图 3、图 4。

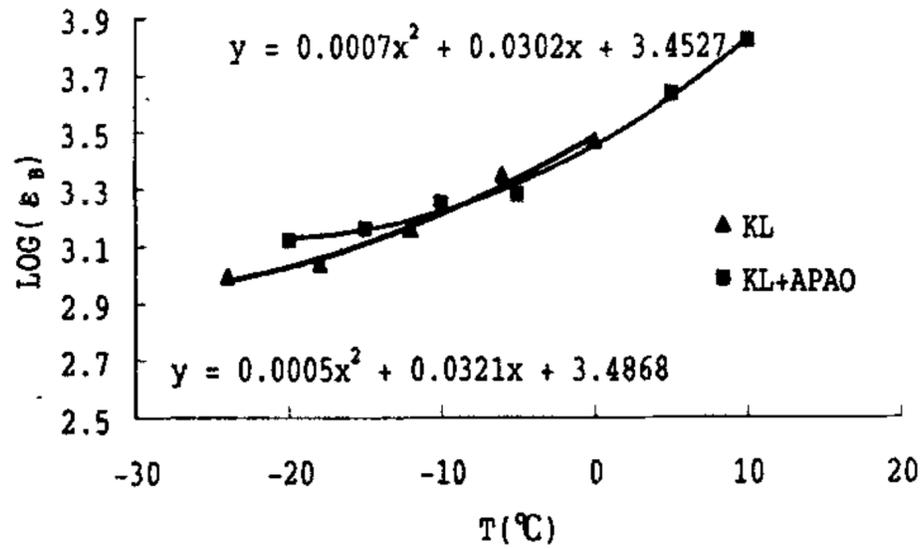


图 3

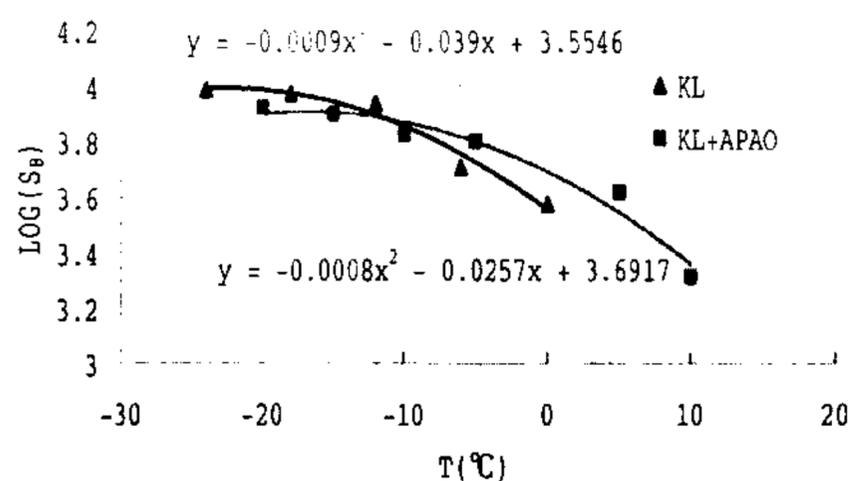


图 4

对沥青混合料在低温条件下的性质,认为其低温破坏应变越大、低温劲度模量越小越利于沥青混合料低温变形。

由图 3 中回归曲线可知,APAO 改性沥青混合料的破坏应变—温度曲线较基质沥青混合料的曲线明显平缓,也就是说 APAO 改性剂显著地改善了沥青混合料在低温条件下的温度敏感性。另外,当温度低于 -9°C 时,APAO 改性沥青混合料的破坏应变大于基质沥青混合料的破坏应变,提高混合料的抗裂性能。

沥青混合料的劲度模量与温度、时间密切相关,是沥青材料的主要性质指标,一般来说,低温劲度模量越大,其低温变形能力就越差,破坏强度、破坏应变不能完全解释沥青路面温度开裂问题,但劲度模量却能较好地反映路面低温收缩抗裂性能。由图 4 及其回归曲线可知,掺加 APAO 改性剂后,低温劲度模量—温度曲线较基质沥青的曲线显著平缓,有效地改善了沥青混合料的低温温度敏感性。APAO 改性沥青混合料曲线中,当温度低于 -11°C 时,其劲度模量由于随着温度的降低而增加的速度小于基质沥青的而小于基质沥青的劲度模量,增强了沥青混合料的低温抗裂性能。

4 结论

- 1、APAO 改性剂可有效地改善沥青的 $5^{\circ}\text{C} \sim 135^{\circ}\text{C}$ 范围内的温度敏感性;对 $135^{\circ}\text{C} \sim 175^{\circ}\text{C}$ 温度范围内的温度敏感性的改善情况,因所采用的指标 VTS 对沥青在该温度范围内敏感性的变化不是很灵敏而使得试验结果表现不明显。
- 2、APAO 改性剂对沥青混合料在高温条件下的温度敏感性有一定的改善,对沥青混合料低温下的温度敏感性有显著的效果,因此,从感温性方面看,APAO 改性剂对沥青混合料的高低温性能均有所改善。

参考文献

- 1、Heukelom, W: A bitumen test data chart for showing the effect of temperature on the mechanical behaviour of asphaltic bitumens. Journal of the Institute of Petroleum Technologists, vol 55, pp 404-417, 1969.
- 2、Heukelom, W: An improved method of characterizing asphaltic bitumens with aid of their mechanical properties, Proceedings of the Association of Asphalt Paving

Technologists, vol 42, pp62-98, 1973.

3、余叔藩译, 热拌沥青混合料材料、混合料设计与施工, 重庆交通科研设计院

4、W. McLEOD, A 4-YEAR SURVEY OF LOW TEMPERATURE TRANSVERSE PAVEMENT CRACKING ON THREE ONTARIO TEST ROADS, PROCEEDINGS ASSOCIATION OF ASPHALT PAVING TECHNOLOGISTS, 1972, VOL. 41, P424-468.

作者: 孔令云 023-62653572 13167866866

地址: 重庆市 南岸区 五公里 重庆交通科研设计院 道路室 400067

E-mail: konglingyun@ccrdi.com

第一作者简介

作者孔令云, 女, 28岁, 2000年7月毕业于重庆交通学院道路工程系, 获学士学位; 2003年7月毕业于北京工业大学建筑工程学院桥梁与隧道工程专业, 获硕士学位。现就职于重庆交通科研设计院, 主要从事沥青的相关研究与开发。

作者：[孔令云](#)，[周进川](#)
作者单位：[重庆交通科研设计院\(重庆市\)](#)

相似文献(9条)

1. 期刊论文 [APAO改性沥青试验研究 -公路交通技术2005\(5\)](#)
通过对APAO、SBS改性沥青及其混合料的高温敏感性、高温稳定性、低温抗裂性等试验,研究了APAO对沥青及其混合料的高温性能的改善效果.结果表明,国产APAO改性剂能有效地改善沥青混合料的高温稳定性,能提高沥青混合料的低温抗裂性,降低沥青及其混合料的温度敏感性.
2. 期刊论文 [高尔朴,王藻, Gao Erpu, Wangzao APAO改性沥青在路面修复工程中的应用 -云南交通科技2001, 17\(2\)](#)
通过试验路的铺筑与观察介绍了APAO改性沥青具有的良好的高温稳定性和低温抗裂性,以及增强沥青与矿料的粘性和耐磨性,对路面服务质量的提高,说明APAO是沥青路面维修养护的好材料.
3. 会议论文 [孔令云,周进川,严秋荣 APAO改性沥青试验研究](#)
通过对本文APAO、SBS改性沥青及其混合料的高温稳定性、低温抗裂性等试验,研究了APAO对沥青及其混合料的高温性能的改善效果.结果表明,国产APAO改性剂能有效地改善沥青混合料的高温稳定性,提高沥青混合料的低温抗裂性,降低沥青及其混合料的温度敏感性.
4. 会议论文 [孔令云,周进川,严秋荣 国产APAO对沥青路面高温性能改善效果的研究 2004](#)
为了考察国产APAO对沥青高温稳定性和温度敏感性的改善效果,采用两种不同基质沥青和两种不同牌号的APAO进行了常规和流变试验研究.结果表明,国产APAO改性剂能有效地降低沥青温度敏感性、提高沥青的高温稳定性.
5. 期刊论文 [APAO改性沥青在沥青混凝土路面的应用 -四川建筑2005, 25\(5\)](#)
论述APAO改性沥青的制作,施工工艺及施工中应注意的问题,可供同类型工程施工参考、借鉴.
6. 会议论文 [杨军,秦浓 SBS\(TPE411\)与SBS\(1401\)改性沥青的对比试验 2004](#)
由于石油沥青的耐候、耐温性能差,因而无论是生产防水卷材还是道路沥青混凝土,都普遍采用高聚物对沥青进行改性.最常用是SBS、APP或APAO,为了大大提高改性沥青的低温柔性指标,国内外普遍采用SBS.本文介绍其对比试验.
7. 期刊论文 [陈佩林,周进川,张肖宁,何滨, Chen Pei-lin, Zhou Jin-chuan, Zhang Xiao-ning, He Yan 沥青胶结料的测力延度试验研究 -华南理工大学学报\(自然科学版\) 2006, 34\(4\)](#)
改性沥青的流变特性较为复杂,简单的常规试验方法不能很好地测出其特性.文中通过对基质沥青、SBS改性沥青、APAO和SBR改性沥青胶结料进行大量测力延度试验,分析了基质沥青、改性沥青的拉伸特性,证明了测力延度试验是评价改性沥青胶结料性能的一种有效方法,它可以作为一种简单、快捷判定沥青胶结料种类的方法,并有助于选择出性能优良的沥青胶结料.
8. 会议论文 [沈春林,杨军,褚建军 路桥防水涂料产品的研制](#)
路桥防水材料主要有两种,一种是防水卷材,主要品种是SBS或APP(APAO)改性沥青防水卷材,另一种是防水涂料,主要品种有聚氨酯防水涂料、JS复合防水涂料、聚合物改性沥青防水涂料等产品.路桥防水材料是选择涂料还是卷材,要视具体工程情况而定.本文介绍路桥防水涂料产品的研制.
9. 学位论文 [张贤康 硅藻土材料对沥青混合料性能的影响 2008](#)
要提高沥青混凝土路面的使用性能,必须从改善沥青等基础材料路用性能和改善沥青混合料的性能着手.而本文的研究力图通过大量的试验分析和施工验证,证明硅藻土作为改性材料,对沥青及沥青混合料能够起积极、有效的作用.本文先通过数据分析和工地试验介绍了硅藻土的特性和其改性沥青混合料的应用现状,然后在大量试验结果及分析的基础上,对于硅藻土改性沥青胶浆的流变特性和微观机理进行了探讨.接着,采用同样的研究方案,作了沥青混合料的高温性能、低温性能、水稳定性、疲劳性能和抗老化性能等的对比试验,进行硅藻土改性沥青混合料的路用性能评价.同时,对SBS、APAO、废旧橡胶粉与硅藻土改性沥青混合料性能进行试验比较.最后,结合试验路的铺筑和依托工程实际,讨论了间歇式拌和机与连续式拌和机的硅藻土掺配方法和质量控制等.进行了硅藻土改性沥青路面经济分析.从本文的研究成果,可以得出令人信服结论.基于对沥青及其混合料性能的明显改善作用,硅藻土改性剂可以广泛应用于改性沥青路面的施工,生产出典型的高密度、高稳定、极低的渗透性和沥青硬化增长率的沥青路面,可极大提高沥青路面的高温抗车辙、低温抗裂和抗水损害的能力,延长路面使用寿命,硅藻土改性沥青混凝土路面性能价格比较高,而且可采用现有的施工成套技术和设备,具有广阔的推广应用前景.

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Conference_5914024.aspx

下载时间：2010年4月1日