

文章编号: 0451-0712(2006)04-0212-04

中图分类号: U414.75

文献标识码: B

# 矿物纤维改性沥青在 粤赣高速公路路面上的应用

舒翔, 邱志雄, 张国炳

(广东粤赣高速公路有限公司 河源市 517000)

**摘要:** 由于重载交通的作用,一些高速公路沥青混凝土路面出现了车辙、坑槽等早期病害。粤赣高速公路沥青混凝土路面铺筑了矿物纤维改性沥青混凝土试验段,以避免早期病害的出现,提高沥青混凝土路面的耐久性。介绍了矿物纤维沥青混凝土的室内试验性能和试验路使用情况。

**关键词:** 高速公路; 沥青混凝土路面; 矿物纤维; 车辙

近年来,随着经济的发展,重载交通的日益增加,特别是超重交通的日益增长,沥青混凝土路面即使采用改性沥青仍抵抗不了超重交通的作用,一些高速公路局部路段通车运营不到一年就出现车辙、坑槽等早期病害<sup>[1]</sup>。有些高速公路在长陡坡采用水泥混凝土路面以避免出现车辙,沥青混凝土路面是否就不能抵抗目前的超重交通呢?为此,广东省交通集团有限公司提出了山岭重丘陡坡路段沥青混凝土路面性能研究课题。从目前我国交通发展状况看,沥青混凝土路面由于其行车安全、舒适、噪音低、维护迅速便利等特点,今后仍将是高速公路的主要路面结构形式。众所周知,沥青混凝土路面受沥青基本性质影响,如不改善沥青的物理化学性质,要提高沥青混凝土的性能是非常不易的。沥青作为一种温感性很强的高分子化学材料,在温度的影响下其力学性能差别很大,随温度的降低,沥青会逐步脆化,导致沥青混凝土低温收缩裂缝及早期水损坏;随温度的升高,沥青粘度呈指数下降,抗变形能力大大降低而形成高温车辙变形。另一方面,沥青随时间的增长而老化,其老化结果是沥青精含量越来越高,而油性成份越来越低,沥青因此失去粘聚力而愈来愈脆,将形成疲劳裂缝,并造成水损坏<sup>[2]</sup>。如何提高沥青混合料的抗高、低温稳定性,以及抗老化、耐疲劳,成为众多路面工程师、材料工程师共同努力的方向。

过去,木质素纤维、聚酯纤维因种种问题而不能大面积地推广和使用。20世纪90年代,美国在乔治

亚州铺筑了第一条掺加矿物纤维的沥青混凝土路面,取得了良好的路用性能。在国内,2004年同济大学对矿物纤维、木质素纤维和聚酯纤维在SMA中的应用进行了对比试验,试验证明:(1)矿物纤维作为一种无机纤维,与其他纤维明显不同,具有良好的抗老化性能,利于再生利用,在集料中具有良好的分散性和很高的吸油能力,具有良好的耐热性,是其他纤维所不能比拟的;(2)矿物纤维能显著提高沥青混合料的高温稳定性和低温性能,并增加动稳定性,提高抵抗车辙的能力;(3)在沥青混合料中与沥青有良好的亲和性,增强抗水害能力;(4)矿物纤维具有优异的抗酸、抗碱和抗盐等抗腐蚀的能力<sup>[3]</sup>。

## 1 试验段情况简介

由于矿物纤维掺入沥青混合料后,能显著提高沥青混合料的性能,粤赣高速公路选择3段陡坡路段,铺筑了掺矿物纤维SBS改性沥青混凝土路面试验段(详见表1)。本文对掺矿物纤维SBS改性沥青混凝土路面的室内试验和施工情况作一介绍。

表1 试验段基本情况

序号	桩号	单幅长度 m	坡度 %
1	K80+750~K83+000(右)	2 250	2.28
2	K100+600~K101+600(左)	1 000	-3.5
3	K115+050~K116+050(左)	1 000	-2.7

考虑到粤赣高速公路是广东省连接江西省的一条出省大通道,重载交通大,为提高抵抗车辙和水损害的能力,试验段中上面层采用了矿物纤维,试验段典型路面结构形式如图1。

矿物纤维改性沥青 AK-13A	4 cm
矿物纤维改性沥青 AC-20I	6 cm
普通重交沥青 AC-25I	8 cm
热沥青瓜米石下封层	
水泥稳定级配碎石基层	38 cm
水泥稳定粒料底基层	20 cm
土质路基(一般情况)	

图1 矿物纤维改性沥青试验段典型路面结构形式

## 2 矿物纤维介绍

粤赣高速公路矿物纤维改性沥青混凝土路面试验段采用了美国福倍安道路专用矿物纤维,它以特选的玄武岩为原料,经过特定的预处理后,在1 600℃高温熔融提炼抽丝制成。其具体技术指标见表2。

表2 福倍安道路专用矿物纤维产品技术指标

技术指标		测试值
纤维长度/mm		平均6
纤维厚度/mm		平均0.005
筛分/%	通过0.25 mm 筛	95
	通过0.063 mm 筛	65
颜色		灰白色
密度/(g/cm <sup>3</sup> )		2.55
熔点/℃		1 500

## 3 矿物纤维沥青混合料室内试验情况

为确定不同掺量的矿物纤维对改性沥青混合料性能的影响,在室内对不同掺量下的矿物纤维改性沥青混合料进行了马歇尔、冻融劈裂、低温小梁弯曲和车辙试验。首先试验中沥青混合料类型选用AK-13A 密级配沥青混合料,原材料分别为:沥青为佛山科氏SBS 改性沥青(I-D),集料为粤赣高速公路沿线产变质辉长岩,填料为石灰岩矿粉和水泥。

### 3.1 AK-13A 矿物纤维改性沥青混合料级配

AK-13A 矿物纤维改性沥青混合料级配见表3。不同掺量下矿物纤维沥青混合料的最佳沥青用量、空隙率、饱和度、稳定度和流值等见表4。从表4可知,在体积指标相近的情况下,掺矿物纤维改性沥青混合料的最佳沥青用量随矿物纤维掺量的增加而增大,说明矿物纤维具有一定的吸油性。

表3 AK-13A 沥青混合料级配组成

级配类型	通过下列方孔筛(mm)的质量百分率/%									
	16.0	13.2	9.50	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
合成级配	100	97.7	74.2	48.1	33.0	23.4	18.0	12.7	9.4	6.4
级配下限	100	90	60	30	20	15	10	7	5	4
级配上限	100	100	80	53	40	30	23	18	12	8

表4 沥青混合料马歇尔试验结果

混合料类型	最佳沥青用量 %	密度 g/cm <sup>3</sup>	最大理论密度 g/cm <sup>3</sup>	空隙率 %	饱和度 %	稳定度 kN	流值 0.1mm
未掺矿物纤维的混合料	4.7	2.672	2.789	4.2	71.9	14.88	25.0
掺0.3%矿物纤维的混合料	4.8	2.654	2.785	4.7	69.7	15.31	24.5
掺0.4%矿物纤维的混合料	4.9	2.640	2.775	4.3	73.0	16.00	29.3
掺0.5%矿物纤维的混合料	5.0	2.649	2.771	4.4	71.9	16.74	21.9

### 3.2 AK-13A 矿物纤维改性沥青混合料低温水稳性检验

从表5可知,矿物纤维改性沥青混合料的冻融

劈裂试验的劈裂强度比随矿物纤维掺量的增加而增大,说明矿物纤维改性沥青混合料具有良好的抗水损害能力。

表5 冻融劈裂试验结果

混合料类型	最佳沥青用量 %	冻融后劈裂强度 MPa	未冻融劈裂强度 MPa	劈裂强度比 %	要求 %	与未掺矿物纤维比较/%
未掺矿物纤维的混合料	4.7	0.87	0.99	88.1	≥80	100
掺0.3%矿物纤维的混合料	4.8	0.93	1.01	92.3		105
掺0.4%矿物纤维的混合料	4.9	1.03	1.08	95.4		108
掺0.5%矿物纤维的混合料	5.0	1.19	1.23	96.8		110

### 3.3 AK-13A 矿物纤维改性沥青混合料低温抗裂性检验

对不同掺量的矿物纤维改性沥青混合料在温度-10℃、加载50 mm/min的条件下进行小梁弯曲试验,从表6可知,最大弯拉应变随矿物纤维掺量的增加而增大,说明矿物纤维改性沥青混合料具有良好的低温抗裂性能。

表6 小梁弯曲试验结果

混合料类型	最佳沥青用量 %	最大弯拉应变 $\mu\epsilon$	要求 $\mu\epsilon$	与未掺矿物纤维比较/%
未掺矿物纤维的混合料	4.7	2 844	$\geq 2 500$	100
掺0.3%矿物纤维的混合料	4.8	2 921		103
掺0.4%矿物纤维的混合料	4.9	3 230		114
掺0.5%矿物纤维的混合料	5.0	3 349		118

### 3.4 AK-13A 矿物纤维改性沥青混合料车辙试验

为评价矿物纤维改性沥青混合料的高温稳定性,对不同掺量的矿物纤维改性沥青混合料进行了车辙试验,具体结果见表7。从中可见,在矿物纤维掺

量0.5%的范围内,动稳定度随矿物纤维掺量的增加而增大,说明矿物纤维改性沥青混合料具有良好的高温稳定性能。

表7 AK-13A 沥青混合料车辙试验结果

混合料类型	动稳定度 次/mm	与未掺矿物纤维比较 %
未掺矿物纤维的混合料	6 707	100
掺0.3%矿物纤维的混合料	7 647	114
掺0.4%矿物纤维的混合料	7 848	117
掺0.5%矿物纤维的混合料	8 250	123

### 3.5 AC-20 矿物纤维改性沥青混合料级配

为进一步评价矿物纤维沥青混合料的高温稳定性,在室内对掺量分别为0.5%、0.6%的矿物纤维改性沥青混合料和SBS改性沥青混合料及满足PG-82要求的高模量沥青混合料进行车辙对比试验。试验中沥青混合料类型选用AC-20密级配沥青混合料,原材料与上述AK-13A混合料原材料相同。AC-20矿物纤维改性沥青混合料级配见表8。

表8 AC-20 沥青混合料级配组成

级配类型	通过下列方孔筛(mm)的质量百分率/%										
	19.0	16.0	13.2	9.50	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
合成级配	98.7	88.8	75.7	58.3	36.6	26.2	18.9	14.7	10.4	7.8	5.7
级配下限	90.0	78.0	62.0	50.0	26.0	16.0	12.0	8.0	5.0	4.0	3.0
级配上限	100	92.0	80.0	72.0	56.0	44.0	33.0	24.0	17.0	13.0	7.0

### 3.6 AC-20 矿物纤维改性沥青混合料车辙试验

通过60℃条件下的车辙试验表明,矿物纤维改性沥青混合料和高模量改性沥青混合料与普通的SBS改性沥青混合料相比,动稳定度都有大幅度的提高。但掺加0.6%的矿物纤维改性沥青混合料动稳定度比掺加0.5%矿物纤维的动稳定度有所降低,说明矿物纤维改性沥青混合料中,矿物纤维的掺量应确定在0.5%左右。具体结果见表9。

表9 AC-20 沥青混合料车辙试验结果(60℃)

混合料类型	动稳定度 次/mm	与未掺矿物纤维比较/%
未掺矿物纤维的SBS改性沥青混合料	5 728	100
未掺矿物纤维的高模量改性沥青混合料	7 814	136
掺0.5%矿物纤维的混合料	6 883	120
掺0.6%矿物纤维的混合料	6 546	114

由于广东省位于夏季高温炎热且高温持续时间较长的地区,沥青混凝土路面在夏季高温炎热时表面温度已经超过65℃,因此对0.5%掺量的矿物纤维和高模量改性沥青混合料进行了65℃条件下的车辙试验。具体结果见表10。从试验结果可知,在65℃条件下,0.5%掺量的矿物纤维改性沥青混合料动稳定度相对于60℃条件下的动稳定度下降率比高模量改性沥青混合料小。说明矿物纤维沥青混合料在实际工作环境下抵抗车辙的能力比较突出。

表10 AC-20 沥青混合料车辙试验结果(65℃)

混合料类型	动稳定度 次/mm	与60℃车辙试验结果比较/%
未掺矿物纤维的高模量改性沥青混合料	6 118	78
掺0.5%矿物纤维的混合料	5 771	84

#### 4 矿物纤维改性沥青混凝土路面施工方法与工艺

矿物纤维能否均匀地分散在沥青混合料中是矿物纤维能否发挥作用的关键。本工程试验段矿物纤维改性沥青混合料分别采用西筑生产的H4000型和LB3000型间隙式拌和机进行拌和。矿物纤维采用北京肯特莱公司生产的KENTELAL型专用添加设备进行添加。该设备具有破碎和风送的功能,且具有电子自动计量控制系统,通过拌和机输送信号到该设备中,利用输送管道连接到拌和机观察口,与拌和机热矿料投料的同时将该设备已破碎的矿物纤维风送到拌和锅中。通过试拌,两台拌和机分别在原来的基础上增加了不同的干拌和湿拌时间,都能将矿物纤维混合料拌和均匀。H4000型拌和机拌和矿物纤维混合料时,干拌时间保持原来的8s,湿拌时间由原来的26s增加到40s;LB3000型拌和机拌和矿物纤维混合料时,干拌时间由原来的5s增加到10s,湿拌时间由原来的45s增加到50s。拌和后的矿物纤维混合料通过强光直射观察,可见矿物纤维均匀地分布在沥青混合料中,在矿料沥青膜表面可见一根根的矿物纤维均匀地分布,不见纤维成团。由此可见,矿物纤维具有良好的分散性能。

矿物纤维改性沥青混合料拌和及摊铺温度相对于普通改性沥青混合料要高,因此在拌和时适当提高了矿料加热温度 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ ,使混合料出厂温度、摊铺和碾压温度也相应地提高 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ ,同时碾压时遵循“紧跟、慢压、高频、低幅”的原则进行。其他施工方法和工艺与普通改性沥青混凝土施工方法和工艺相同。

#### 5 矿物纤维改性沥青混合料和施工质量检测

施工过程中,通过对矿物纤维改性沥青混合料

的抽提试验发现,级配在施工级配允许范围之内,沥青含量也满足规范所规定的 $\pm 0.3\%$ 的范围。通过现场取料进行马歇尔试验,其空隙率、矿料间隙率等主要指标也与配合比设计一致。

通过对已施工完成的矿物纤维改性沥青混凝土路面试验段采用无核密度法、激光纹理仪、渗水实验、铺砂法、取芯等方法进行均匀性和常规指标检测,发现均匀性良好,各指标满足规范要求。外观观察表面均匀性良好,与普通改性沥青混凝土路面外观无明显差别,掺加矿物纤维对表面构造深度等未造成影响。

#### 6 结论

虽然上述矿物纤维改性沥青混凝土路面试验段路用性能最终还有待于实践使用的检验,但从上述有关室内试验和试验段铺筑可知,矿物纤维运用在改性沥青混凝土路面上从技术指标到实际施工都是可行的,同时矿物纤维能显著提高改性沥青混合料的高温稳定性、低温性能、抗水损害和耐久性能,可作为避免出现车辙和处置车辙问题的一种方案选择。

#### 参考文献:

- [1] 广东华路交通科技有限公司. 广东高速公路沥青路面病害调查与分析[R]. 2005.
- [2] 舒翔,刘立新. 沥青改性掺加矿物纤维的差别与比较[J]. 公路, 2005, (9).
- [3] 同济大学交通运输工程学院道路与机场工程系. 我国公路路面 SMA 采用纤维之性能比较试验研究[R]. 2004.

### 壳牌推出新一代沥青混合料添加剂 SEAM

壳牌(中国)有限公司最近在北京召开了一次专业研讨会,该研讨会由壳牌(中国)有限公司与中国公路学会道路工程学会共同举办。与会的有来自国内道路研究机构的专家,以及各级交通主管部门、高速公路指挥部、道路投资方、施工单位及监理公司的代表。研讨会上推介了壳牌专利配方的沥青混合料添加剂——SEAM。壳牌SEAM在沥青混合料中可替代约30%的沥青原料,并同时提升混合料的强度和抗车辙能力。在中国、加拿大和美国市场的道路实验证明,SEAM混合料具有出色的路用性能。

由于SEAM在价格和供应上比沥青更稳定,用SEAM替代部分沥青,不仅可以提升混合料性能,更可以帮助道路投资者和建设方有效地控制项目成本。