

文章编号:1005-0523(2015)02-0029-05

## 纤维微表处性能及影响因素探究

陈岩岩,张宏超,彭坤

(同济大学道路与交通工程教育部重点实验室,上海 201804)

**摘要:**从集料级配间断与否、胶乳类型、纤维的长度这三个因素出发,对纤维微表处的性能进行研究。对于混合料的低温性能,则采用自行设计的小梁弯曲试验,以位移-力曲线下的能量积分作为衡量指标进行评价,其值越大混合料的低温抗弯拉性能越好。结果表明:在间断级配中加入纤维可以改善混合料的路用性能;胶乳B与混合料配伍性更好;纤维长度对混合料抗车辙能力影响不大,而对混合料低温抗弯拉性能影响较大,且长度的增加有利于混合料低温性能的提高。

**关键词:**纤维微表处;间断级配;胶乳类型;纤维长度;能量积分

**中图分类号:**U414

**文献标志码:**A

国际稀浆罩面协会(ISSA)对微表处的定义为:微表处(Micro-surfacing)是一种由聚合物改性乳化沥青、集料、填料、水和外加剂按合理配比拌和并通过专门施工设备摊铺原路面上,达到迅速开放交通要求的薄层结构。国际上微表处最早是德国于20世纪60~70年代发明的,而后迅速在欧美得到推广。虽然我国对于微表处的应用相对较晚,只是在2000年以后才开始推广使用该技术,但是发展迅速,已经成为高速公路养护的主要手段。然而从目前我国微表处的使用情况来看,能够使道路的寿命延长3~4年,而美国微表处能够将道路使用年限延长4~7年,远远高于我国<sup>[1-2]</sup>。为了提高微表处的路用性能,在普通微表处混合料中加入纤维,从影响微表处混合料的因素出发,对其性能进行研究以期改善混合料的路用性能。

## 1 材料及技术指标

### 1.1 改性乳化沥青

采用某AH-70#沥青,及某进口品牌胶乳SBR胶乳A,国产牌胶乳B利用实验室小胶体磨生产改性乳化沥青,其各项指标均符合规范要求,试验指标如下表1所示。

表1 AH70号基质沥青试验指标  
Tab.1 AH70 # matrix asphalt test index

指标	单位	测试值	技术要求	试验方法
针入度(25℃, 5s, 100g)	0.1mm	74.9	60~80	T0604-2011
针入度指数PI		-0.76	-1.5~+1.0	T0604-2011
15℃延度	cm	>100	≥100	T0605-2011
软化点	℃	48.1	≥46	T0606-2011
密度(15℃)	g·cm <sup>-3</sup>	1.031	实测	T0603-2011

收稿日期:2014-02-20

基金项目:上海市科技启明星项目(10QA1407200)

作者简介:陈岩岩(1990—),男,硕士研究生,研究方向为道路工程。

通讯作者:张宏超(1975—),男,副研究员,博士,研究方向为道路材料、路面结构设计。

## 1.2 纤维

纤维采用的是工程中常用的玻璃纤维,其长度在4~12 mm范围内,使用时自行裁剪,实际工程中大多是依据经验选用纤维的长度为6 mm,以便于纤维的分散不接团。本文在结合工程实际的基础上,对纤维长度对混合料性能进行探索,以期在不影响纤维分散状态的同时提高混合料低温性能,故本文的玻璃纤维长度选择6 mm和12 mm两种,用量在0.1%~0.3%范围内。

## 1.3 集料

采用符合规范要求的玄武岩,集料要求通过4.75 mm筛孔。

## 2 混合料级配的选取

微表处在我国推广应用中最突出的问题之一就是行车噪声比较大。有研究表明<sup>[3-5]</sup>:构造深度是影响路面噪声的主要因素,级配较细的微表处混合料(级配Ⅲ)其噪声小于级配较粗糙的微表处混合料(级配Ⅰ),声压级降低约1.4 dB(A)。同时级配也影响着路面的抗滑性能,细级配微表处在通车一段时间后表面较光,抗滑性能不足而最初表面粗糙的微表处效果变得美观而且保持了良好的抗滑性能<sup>[6-9]</sup>。由此可见,级配的选取至关重要,不易过粗也不宜过细,因此本文连续级配采用ISSA-Ⅲ型级配,级配范围见表2;间断级配采用EUROVIA推荐的Ⅳ级配,级配如下表3,二者级配曲线对比如图1。

表2 ISSA-Ⅲ型微表处矿料级配(%)

Tab.2 Aggregate gradation of ISSA-Ⅲ

筛孔尺寸/mm	Ⅲ型通过率	允许波动范围
9.5	100	-
4.75	70-90	±5
2.36	45-70	±5
1.18	28-50	±5
0.6	19-34	±5
0.33	12-25	±4
0.15	7-18	±3
0.075	5-15	±2

表3 EUROVIA推荐用Ⅳ间断级配

Tab.3 Gap grading of EUROVIA-Ⅳ

参数	筛孔尺寸/mm								
	9.5	6.3	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率/%	100	70-90	35-60	35-50	25-40	20-30	15-25	7-18	5-15

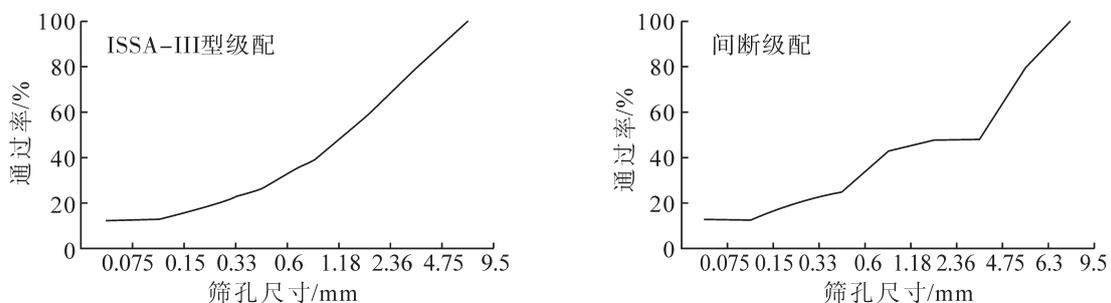


图1 连续级配与间断级配级配曲线对比

Fig.1 Continuous gradation compared with gap grading

由级配表以及级配曲线图可以明显的看到,间断级配在4.75 mm这档料处间断,提高了6.3 mm这档

料,使得集料级配偏粗,而在间断级配中加入纤维可以减小空隙率,使得混合料的级配处于三型级配和间断级配之间,从而改善混合料的性能。

### 3 混合料试验

湿轮磨耗试验是评价微表处混合料性能的重要试验,其指标是在浸水1 h和6 d后,磨耗5 min前后的单位面积的质损量作为评价指标。该指标不仅能衡量混合料各组分间的配伍性而且也是判断混合料抗水损能力的体现。轮辙变形实验是衡量混合料高温抗车辙能力的重要指标,以1 000次碾压后单位宽度上的侧向变形率和单位厚度的车辙深度率作为评价混合料的抗车辙能力。试验中要求负重为57 kg。

#### 3.1 级配间断与否对混合料性能的影响

采用国产胶乳B制成的乳化沥青,乳化沥青含量8%,纤维含量0.2%,对混合料进行实验,进行湿轮磨耗试验和轮辙变形试验。其中湿轮磨耗试验是分别在浸水1 h和6 d的情况下进行,结果见下图2和3所示。

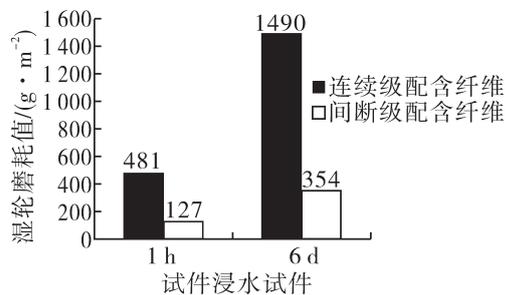


图2 两种级配湿轮磨耗实验结果比较

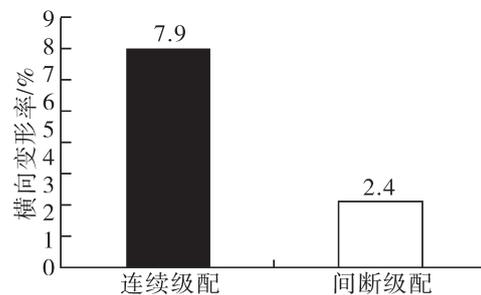


图3 两种级配轮辙实验结果比较

Fig.2 Two kinds of wet wheel abrasion graded experimental results

Fig.3 Two kinds of graded rut experimental results

从图2、图3可以看出,在间断级配和连续级配中加入纤维,其浸水1 h湿轮磨耗值均小于ISSA要求且间断级配混合料湿轮磨耗值较低,而浸水6 d的湿轮磨耗值却大不相同。连续级配的WTAT值已不满足ISSA的要求,而间断级配的WTAT值依然满足要求。这说明随着浸水时间延长,连续级配的纤维混合料性能迅速下降,而间断级配变化相对较小。由此可见连续级配纤维混合料对水的敏感性远远高于间断级配混合料对水的敏感性。间断级配纤维混合料在抗水损能力提高的同时抗车辙能力也显著提高,不仅满足横向变形率<5%的规范要求,而且其横向变形率仅为连续级配的1/3。分析原因,一方面可能是由于纤维纤维的加入吸收了混合料中自由流动的沥青而膨胀,不仅改变了混合料中集料的空隙率,而且使得沥青在集料空隙中的流动性受到限制,从而使其抗水损和抗车辙能力有所提高;另一方面,是由于纤维分散在混合料中起到了一定的加筋作用,从而使集料颗粒间能够共同发挥作用使得混合料的性能能得以提高。

#### 3.2 胶乳类型的影响

胶乳是影响乳化沥青性能的重要因素,不同种类的胶乳对乳化沥青蒸发残留物性能的影响不尽相同,进而影响着混合料的性能。本文采用两种胶乳A、B对其基本指标进行测定。见表4。

表4 胶乳种类对残留物的影响

Tab.4 The influence of latex type on the residue

胶乳含量/%	进口SBR胶乳A		国产胶乳B	
	延度/(5℃,cm)	软化点/℃	延度/(5℃,cm)	软化点/℃
1	10.0	57.49	8.2	58.19
3	>200	58.64	>200	58.21
5	>200	62.71	>200	58.61

由表可知,胶乳含量的增加可以提高沥青的延度,而对于软化点的改善并不是很大。鉴于表4添加

3%的胶乳和5%的胶乳时沥青的延度均大于200 cm,对于沥青低温性能的已无实际意义的提高。因此本文采用3%的胶乳进行乳化沥青的混合料试验。试验结果见表5。

表5 胶乳种类对WTAT值的影响

Tab. 5 The influence of latex type on the WTAT value

胶乳编号	浸水时间	WTAT/(g·m <sup>2</sup> )	
		间断级配(含纤维)	连续级配(含纤维)
A	1 h	428	502
	6 d	634	破坏
B	1 h	127	481
	6 d	354	1 490

由表5可知,不论间断级配与否,利用胶乳B制得的乳化沥青与混合料具有更好的配伍性,具有更好的水稳性能。可见不同胶乳类型对沥青混合料的影响重大,归根到底是由于胶乳本身的化学结构决定。

### 3.3 纤维长度的影响

纤维长度对混合料的影响主要是在抗车辙方面,纤维长度影响到其在混合料的分散状态,对于纤维长度要适中这样即利于纤维的分散又不易结团。本文就考虑了两种纤维长度,即6 mm和12 mm,胶乳采用B,含量为3%,乳化沥青用量为8%。试验结果如下表6。

表6 纤维长度对微表处抗车辙能力的影响

Tab. 6 The influence of fiber length on the micro-surfacing rutting resistance

胶乳编号	乳化沥青用量/%	纤维长度/mm	横向变形率/%	胶乳含量/%
B	8	6	3.1	3
		12	2.1	

从表6可以看出,两种纤维的长度对于横向变形的影响均不大,一方面由于该试验具有较大的离散型,另一方面可能是测量轮着试验横向变形率的方法并不一定适合用来评价纤维长度对混合料的影响。

### 3.4 小梁弯曲试验

虽然在间断级配中加入纤维可以显著提高微表处混合料的抗水损和抗车辙性能,但是纤维对于混合料低温性能的影响却缺乏研究,并且大多采用低温劈裂试验<sup>[10-11]</sup>,仅仅从力的角度上去衡量混合料的弯拉性能,并未考虑其变形。基于以上问题文章设计了三点弯曲小梁试,以能量积分作为评价小梁抗弯拉性能的指标,依据工程中最为常见条件:胶乳含量分别取0,3.5%和5%,Ⅲ型级配,乳化沥青添加量10%,温度采用0℃。每个水平取6个试件试验并取其平均值,其试验结果见表7。

表7 小梁试验结果

Tab. 7 Trabecular test results

SBR/%	AVG(Energy)	F(AVG)	$\epsilon/\mu$	S/MPa
0	303.6	143.2	0.02	119.1
3.5	378.3	114.1	0.019	98.6
5	494.2	149.1	0.029	84.3

从表7可以看出,胶乳含量的增加,明显增加了能量积分,模量s有所降低,而形变有所增加,表明混合料抵抗低温变形能力增强。说明胶乳的存在可以增加混合料整体的胶联效果,使其韧性增强,也即提高了混合料的低温抗裂性能。在此基础上,选取胶乳含量为3.5%的水平下比较6 mm及12 mm长的纤维微表处

混合料的能量积分和模量,试验结果如表8。

表8 不同纤维长度试验结果

Tab. 8 The test results of different fiber lengths

纤维长度/mm	能量积分均值/(N·mm)	STDV/AVG/%	模量均值/MPa
6	440.4	13.8	86.9
12	530.0	10.4	78.5

可以明显看出,12 mm长的纤维具有更强的抗低温弯拉能力。出现此结果的原因,推测是由于纤维长度的增加,混合料的加筋效果更明显,抗裂性能更强。但是,由于本实验试件较小,可在实验室中精确操作,在实际工程需要考虑纤维的结团结块的问题,12 mm长度的纤维是否真正适合工程实际,还需进一步研究。

#### 4 结论

通过以上混合料的试验,可以得出如下结论:

1) 连续断级配纤维混合料对水的敏感性高于间断级配,因此在间断级配中加入纤维,可以明显提高微表处混合料的抗水损能力和抗车辙能力,改善混合料的路用性能。

2) 由于浸水6 d的WTAT值除了反映混合料的抗磨性能外,也可以反映混合料的抗水损能力,并且对纤维微表处混合料性能具有更大的区分度,鉴于目前我国规范并无此要求,因此建议可以增加6 d湿轮磨耗指标作为评价微表处混合料的抗水损能力的指标。

3) 采用轮辙试验发现,纤维长度对于微表处混合料的横向变形影响不大,即纤维长度对混合料抗车辙能力影响不大。而小梁试验发现添加12 mm纤维相较于6 mm纤维的混合料具有更好的低温抗裂性能,可见纤维长度有助于混合料抗裂性能的提高。

4) 不同胶乳制成的乳化沥青与纤维的配伍性不同,国产胶乳B与玻璃纤维的配伍性更好。

#### 参考文献:

- [1] 黄颂昌,徐剑,秦永春. 改性乳化沥青与微表处技术[M].人民交通出版社,2010(6):167-169.
- [2] 虎增福,牛润莲. 对我国微表处技术推广应用中一些问题的思考[J]. 石油沥青, 2004,18(6): 6-9.
- [3] 孙晓立,张肖宁,蔡旭. 不同类型微表处噪声特性的室内试验[J]. 公路交通科技, 2012,29(2):18-22,39.
- [4] 彭彬,黄晓明. 微表处路面噪音调查与研究[J]. 中外公路, 2008,28(4): 66-69.
- [5] 张冉. 微表处路面噪声机理与减噪技术研究[D].哈尔滨工业大学,2011.
- [6] 李栓. 微表处混合料设计分析及级配优化研究[D]. 西安:长安大学,2008.
- [7] 陈小雪,孙钢辉,石颖. 纤维微表处混合料性能室内试验研究[J]. 公路交通科技,2011,28(12):186-189.
- [8] 郭峰伟,陈小雪. 纤维微表处应用技术研究[J].石油沥青,2007,21(3)48-50.
- [9] 孙晓立,张肖宁,蔡旭. 基于加速加载试验的微表处长长期路用性能[J].同济大学学报:自然科学版,2012,40(5):691-695.
- [10] 侯曙光,侯强. 纤维微表处混合料性能试验[J].南京工业大学学报:自然科学版,2013,35(3):20-24.
- [11] 黄伟,高萍. 聚丙烯纤维微表处路用性能室内试验研究[J].中外公路,2013,33(1):256-261.

(下转第66页)

## Policy Analysis of Chinese Civil Aircraft Based on CGE Model

Ma Xing, Zeng Xiaozhou, Zeng Xiubin

(College of Civil Aviation, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 211100, China)

**Abstract:** In light of our national comprehensive policy of civil aircraft during two stages, namely researching & manufacturing and marketing & operating, based on the input-output table of 2007, this study built up a computable general equilibrium model for the analysis of related policy of civil aircraft to simulate the effect of comprehensive policy. Results show that the taxation preferences and investment subsidies are the key factors for promoting civil aircraft development and the output growth in upstream-downstream industries play a positive leading role in developing civil aircraft. It maintains that the increase of investment in researching is the effective solution to stimulating civil aircraft rising. According to the simulation results, it finally puts forward policy suggestions to provide theoretical basis for civil aircraft policy.

**Key words:** civil aircraft; policy analysis; policy suggestions; CGE model

(责任编辑 刘棉玲)

(上接第 33 页)

## Experimental Study on Fiber Micro-surfacing Performance and Its Influence Factors

Chen Yanyan, Zhang Hongchao, Peng Kun

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

**Abstract:** The performance of fiber micro-surfacing mixture has been studied from the three aspects of aggregate gradation with or without interruption, latex type and the length of the fiber. For resistance of mixture to low temperature, the energy integral under the curve of force and displacement is used as evaluation indicators, which is obtained by self-designed trabecular bending test. It finds out that the greater the value is, the better the performance of mixture is. Results show that: the addition of fiber in the gap-graded mixture can improve road performance; latex B has better compatibility with mixtures; the length of fiber has a little influence on rutting resistance, but has a greater influence on the bending tensile performance of mixture; and the increase of the length is beneficial to the improvement of the low temperature performance of mixture.

**Keywords:** fiber micro-surfacing; gap grading; latex type; fiber length; energy integration

(责任编辑 王建华)