

[文章编号] 1003—4684(2021)01-0110-04

# 玄武岩/水镁石纤维改性沥青混合料试验研究

胡志博, 胡春华, 陈金龙

(湖北工业大学 土木建筑与环境学院, 湖北 武汉 430068)

[摘 要] 为改进沥青路面的路用性能,把玄武岩和水镁石纤维以不同配合比加入到沥青混合料中。分别按照玄武岩:水镁石纤维质量比 1:4,2:3,3:2,4:1 设计试验,另外再设计只掺加玄武岩纤维、只掺加水镁石纤维和不掺加纤维三组试验作为对比。然后将这七组不同配合比的沥青混合料进行高温车辙试验,小梁弯曲试验,冻融劈裂试验,确定其高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性。通过对这七组试验研究得出:玄武岩与水镁石纤维加入到沥青混合料中,对其性能有很大改善,当掺量 60%玄武岩和 40%水镁石纤维时沥青混合料的效果最好。

[关键词] 玄武岩纤维;水镁石纤维;复合改性沥青;路用性能

[中图分类号] U416.217 [文献标识码] A

沥青路面在中国被广泛使用,随着中国经济的快速增长,国内机动车越来越多,导致沥青路面承受的车辆荷载作用越来越大,加上周围不良环境的不利影响,沥青路面病害愈来愈重<sup>[1]</sup>。为了加强其路用性能,许多学者进行了研究,彭波<sup>[2]</sup>等通过试验分析了沥青胶浆的作用机理,得出纤维能提高沥青路面的耐久性、抗裂性能;Abdelaziz Mahrez<sup>[3]</sup>等在沥青混合料中加入了玻璃纤维,结果表明玻璃纤维能增加其抗裂性;陈思坤<sup>[4-7]</sup>等对玄武岩纤维沥青胶浆的三大指标等进行了研究,认为单掺玄武岩纤维的最佳掺入量为 0.3%,此时沥青混合料的各项路用性能有显著提升。玄武岩纤维是一种环保型无机纤维材料,具有耐高温、抗裂性能好等优势<sup>[8]</sup>。水镁石纤维是一种天然碱性矿产纤维,具有良好的抗碱性能、力学性能,但很少应用在沥青路面上<sup>[9-10]</sup>。国内外有很多关于向沥青混合料中加入纤维的研究,但大多只加入一种纤维。由于加入纤维能增强沥青路面的使用性能,本文把玄武岩与水镁石纤维以七种配

比掺加到沥青混合料中,来探究混掺纤维掺量对沥青混合料性能的影响。

## 1 试验

### 1.1 试验材料选择

1)沥青:沥青使用山东某厂生产的 SBS I-D 改性沥青,其指标见表 1。

表 1 SBS 改性沥青

试验类别	单位	质量指标	试验结果
针入度(100g,5s,25℃)	0.1 mm	60—80	74
软化点(R&B)	℃	≥55	56
延度(5℃,5cm/min)	cm	≥30	30.5
闪点	℃	≥230	252
溶解度(三氯乙烯)	%	≥99	99.5
延度(5℃)	cm	≥20	22
针入度比	%	≥64	69
密度	g/cm <sup>3</sup>	实测	1.031
运动粘度(135℃)	Pa.s	≤3	1.7
弹性恢复(25℃)	%	≥75	81

2)集料:集料采用河北某地的石灰岩及 0~5 mm 石屑。石灰岩指标见表 2,石屑指标见表 3。

表 2 石灰岩性能指标

试验类别	单位	指标要求	检测结果		试验方法
			5~10 mm	10~15 mm	
石料压碎值	%	≤26	19.2	19.2	T0316-2005
洛杉矶磨耗损失	%	≤28	22.3	22.3	T0317-2005
表观相对密度	g/cm <sup>3</sup>	≥2.6	2.705	2.698	T0304-2005
吸水率	%	≤2.0	0.89	0.96	T0304-2005
坚固性	%	≤12	6	6	T0314-2000
针片状颗粒含量	%	≤15	12.8	11.5	T0312-2005
软石含量	%	≤3	2.2	1.5	T0320-2000

[收稿日期] 2020—07—02

[基金项目] 武汉市建委科技项目(201805)

[第一作者] 胡志博(1995—),男,湖北襄阳人,湖北工业大学硕士研究生,研究方向为市政工程

表 3 石屑性能指标

试验类别	单位	指标要求	检测结果	试验方法
视比重	g/cm <sup>3</sup>	≥2.5	2.613	T0304-2005

3)填料：矿粉来自河北某厂,其指标见表 4。

表 4 矿粉技术指标

试验类别	单位	指标要求	检测结果	试验方法
表观密度	g/cm <sup>3</sup>	≥2.5	2.83	T0352-2000
粒度范围	<0.6mm	%	100	T0351-2000
	<0.15mm	%	90~100	
	<0.075mm	%	75~100	
亲水系数		<1	0.6	T0353-2000
外观	—	无团块现象		

4)玄武岩纤维:玄武岩纤维简称 BF,由浙江某公司提供,其指标见表 5。

表 5 玄武岩纤维性能指标

项目	单位	检测结果
颜色		金褐色
纤维直径	μm	17
弹性模量	GPa	100
密度	g/cm <sup>3</sup>	2.8—3.3
抗拉强度	MPa	3000
熔点	℃	1450—1500
长度	mm	6
使用温度	℃	—270~700

5)水镁石纤维:水镁石纤维简称 FB,由河南某公司提供,其技术指标见表 6。

表 6 水镁石纤维性能指标

项目	单位	检测结果
颜色		白色
弹性模量	GPa	13.8
密度	kg/m <sup>3</sup>	320
抗拉强度	MPa	900
硬度		70—240
纤维长度	mm	1—5
最高使用温度	℃	750

1.2 试验设计

本试验共有七组配合比,按照规范要求进行试验。将这七组配合比的沥青混合料分别进行车辙试验、小梁弯曲试验、冻融劈裂试验。

2 试验结果分析

2.1 车辙试验

用车辙试验研究沥青混合料的高温稳定性。相对变形率曲线图见图 1,动稳定度结果见表 7。

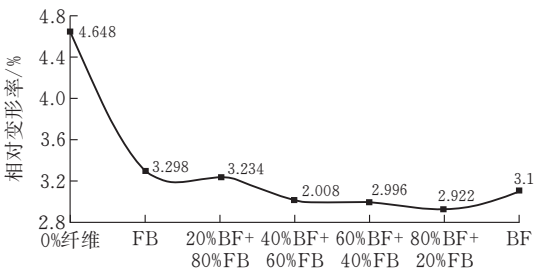


图 1 混掺纤维沥青混合料相对变形率曲线图

表 7 混掺纤维沥青混合料动稳定度试验结果

	0%纤维	FB	20%BF+ 80%FB	40%BF+ 60%FB	60%BF+ 40%FB	80%BF+ 20%FB	BF
45 min 位移/mm	2,045	1,554	1,440	1,401	1,432	1,341	1,458
60 min 位移/mm	2,324	1,649	1,617	1,504	1,498	1,461	1,564
动稳定度/(次·mm <sup>-1</sup> )	2984	3265	3559	6116	7224	5250	4832
相对变形率/%	4,648	3,298	3,234	3,008	2,996	2,922	3,122

由表 7 知,加入玄武岩和水镁石纤维的后六组配合比高温性能均优于第一组配合比。从动稳定度来看,第五组配合比的最高,说明第五组配合比的效果最好;而第一组配合比的最低,说明第一组配合比的效果最差;第四组配合比第二高,但比第五组配合比低 18.1%。

由图 1 知,第六组配合比的动稳定度第三高,但是相对变形率却是最小。第五组配合比的动稳定度最高,但是相对变形率却是第二小。第一组配合比的相对变形率最大,其效果也是最差的。

加入玄武岩和水镁石纤维的后六组配合比高温性能均优于第一组配合比,这是因为在玄武岩与水镁石纤维作用下,沥青混合料变成空间网路构造,整

体性变得更好,导致其高温性能也大幅提升。在七组配合比中,掺量为 60%玄武岩和 40%水镁石纤维的第五组配合比动稳定度最高,表明高温稳定性最好。

2.2 小梁弯曲试验

利用小梁弯曲试验来评价混掺纤维沥青混合料的低温抗裂性,其结果见表 8,抗弯拉强度和劲度模量见图 2、3。

从表 8 和图 2 可知,加入玄武岩和水镁石纤维的后六组配合比低温抗裂性均优于第一组配合比。从抗弯拉强度来看,第五组配合比的最大,说明低温性最好;第一组配合比的最低,表明效果最差;第五组配合比较第一组配合比提升了 16.8%。

从图 3 知,掺加玄武岩和水镁石纤维的后六组配合比弯曲劲度模量均低于第一组配合比。从劲度模量来看,第五组配合比的最小,为第一组配合比的 87%;第七组配合比的第二小,为第一组配合比的 91%;第一组配合比的最大。

表 8 混掺纤维沥青混合料小梁弯曲试验结果

混合纤维 掺量及比例	抗弯拉强 度/MPa	最大弯拉应 变/MPa	劲度模 量/MPa
0%纤维	7.81	2567	3055
FB	8.13	2876	2935
20%BF+80% FB	8.34	2977	2878
40%BF+60% FB	8.56	3014	2856
60%BF+40% FB	9.12	3313	2651
80%BF+20% FB	8.87	3187	2778
BF	9.05	3265	2775

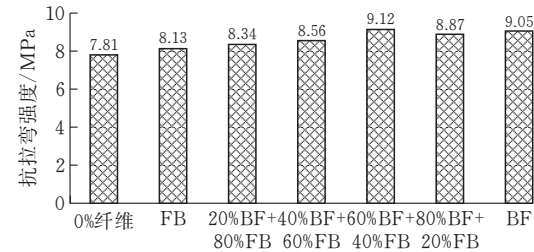


图 2 混掺纤维沥青混合料的抗弯拉强度

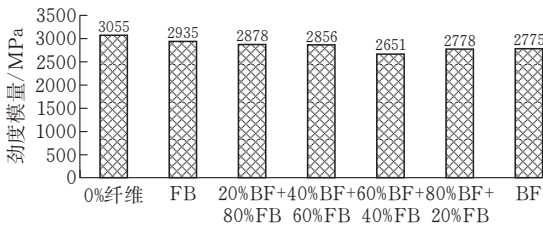


图 3 混掺纤维沥青混合料的劲度模量

在低温环境下,掺加玄武岩和水镁石纤维的后六组配合比低温抗裂性均优于第一组配合比,这是因为玄武岩和水镁石纤维在温度较低时仍表现出较好的拉伸强度,将其加入到沥青混合料中,可以起到加筋作用,增进了沥青混合料的韧性,间接增大了其低温性。在七组配合比中,掺量 60%玄武岩和 40%水镁石纤维的第五组配合比低温抗裂性最好。

2.3 冻融劈裂试验

冻融劈裂强度比表征沥青混合料抵抗水损害破坏的能力,利用冻融劈裂试验来探究混掺纤维沥青混合料的水稳定性。冻融劈裂试验结果见表 9,冻融劈裂强度比见图 4。

根据表 9 和图 4 知,掺加玄武岩和水镁石纤维的后六组配合比水稳定性均优于第一组配合比。从冻融劈裂强度来看,第五组配合比的最大,表明第五组配合比的效果最好;第一组配合比的最小,表明第一组配合比的效果最差;后六组配合比中最小的比第一组配合比高 12.7%。

根据表 9 和图 4,从冻融劈裂强度比来看,第五组配合比的最高,比第一组配合比高了 12.24%,比第七组配合比高了 2.51%;第四组配合比为 92.1%,比第五组配合比低了 1.7%,比第一组配合比高了 10.54%,比第七组配合比高了 0.81%。

表 9 混掺纤维沥青混合料冻融劈裂试验结果

混合纤维 掺量及比例	未冻融劈 裂强度 $\bar{R}_{T1}$ /MPa	冻融劈裂 强度 $\bar{R}_{T2}$	冻融劈裂 强度比 TSR/%
0%纤维	0.87	0.71	81.56
FB	0.91	0.80	87.54
20%BF+80% FB	0.93	0.83	89.32
40%BF+60% FB	0.94	0.87	92.10
60%BF+40% FB	0.98	0.92	93.80
80%BF+20% FB	0.95	0.86	90.13
BF	0.92	0.84	91.29

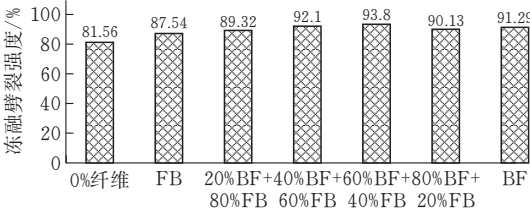


图 4 混掺纤维沥青混合料冻融劈裂强度比

掺加玄武岩和水镁石纤维的后六组配合比水稳定性均优于第一组配合比,这是因为玄武岩和水镁石纤维能够附着沥青,减小了矿料之间的间隙,使沥青混合料更加紧密,从而改进了其水稳性。七组配合比中,掺量 60%玄武岩和 40%水镁石纤维的第五组配合比水稳定性最好。

3 结论

通过对系列车辙试验、小梁弯曲试验、冻融劈裂试验等室内试验结果进行分析,得出如下结论

1)与基质沥青和单独掺加玄武岩或水镁石纤维相比,混掺玄武岩/水镁石纤维改性沥青可有效改进热拌沥青混合料的路用性能。

2)在所有七组不同配比中,当掺量为 60%玄武岩+40%水镁石纤维时,沥青混合料的动稳定度为 7224 次/mm、抗弯拉强度为 9.12 MPa、冻融劈裂强度为 0.92 MPa,此时的高温稳定性、低温抗裂性及水稳定性最好。

[ 参 考 文 献 ]

[1] 马朝鲜,复合改性橡胶沥青应用技术研究[J].筑路机械与施工机械化,2015,32(12): 46-48.  
[2] 彭波,丁智勇,戴经梁.不同类型沥青胶浆路用性能对比[J].交通运输工程学报,2007,7(3):61-65.

[3] Abdelaziz Mahrez,Mohamed Rehan Karim,Herda Yati Bt Katman. Fatigue and deformation properties of glass fiber reinforced bituminous mixes[J]. Journal of the Easten Asia Society for Transportation Studies , 2005 ( 6):997-1007.

[4] 陈思坤.玄武岩纤维改性沥青混合料的试验研究[J].北方交通,2017(7):106-108.

[5] 杨文江.玄武岩纤维改性沥青混合料性能研究及应用[J].北方交通,2019(8):42-45,50.

[6] 张争奇.纤维加强沥青混凝土几个问题的研究和探讨[J].西安公路交通大学学报,2001,21(1):29-32.

[7] 韦佑坡,张争奇,司伟.玄武岩纤维在沥青混合料中的作用机理[J].长安大学学报(自然科学版),2012,32(2):39-44.

[8] 张兰芳,尹玉龙,刘晶伟,等.玄武岩纤维增强混凝土力学性能的研究[J].硅酸盐通报,2014,33(11):2834-2837.

[9] 赵秀峰,刘开平.水镁石纤维混凝土的低温性能研究[J].混凝土与水泥制品,2007(4):20-26.

[10] 关博文,赵秀峰,刘开平.水镁石纤维及其复合材料研究[J].矿业快报,2005,34(8):18-24.

## Experimental Research on Basalt/Brugite Fiber Modified Asphalt Mixture

HU Zhibo, HU Chunhua, CHEN Jinlong  
(School of Civil Engineering, Architecture and Environment ,  
Hubei Univ. of Tech., Wuhan 430068,China)

**Abstract:**In order to improve the pavement performance of asphalt pavement, basalt and brucite fibers are added into asphalt mixture at different ratios. Based on the basalt: brucite fiber mass ratio of 1:4, 2:3, 3: 2, and 4:1, the experiments were designed respectively. In addition, the three groups of experiments with only basalt fiber, only brucite fiber and no fiber were designed for comparison. Then the wheel track test, trabecular bending test and frozen-thaw cycle test were carried out to determine the high temperature stability, low temperature cracking resistance and water stability of the asphalt mixture with different mix ratios in these seven groups. Through the seven groups of experimental study, it has found that when basalt and brucite fiber were added into the asphalt mixture, its performance has a great improvement, and when there are the content of 60％ basalt and 40％ brucite fiber asphalt mixture is the best effect.

**Keywords:** basalt fiber; brucite fiber; composite modified asphalt; road performance

[责任编辑:裴 琴]