

文章编号:1671-8879(2006)06-0027-07

SMA 沥青混合料改性沥青玛蹄脂的性能

王 娜^{1,2}, 申爱琴²

(1. 山东高速公路股份有限公司, 山东 济南 250014;

2. 长安大学 特殊地区公路工程教育部重点实验室, 陕西 西安 710064)

摘 要:从 SMA 沥青混合料改性沥青玛蹄脂原材料的测试分析出发,测试分析了材料配比、纤维种类、粉胶比及温度对沥青玛蹄脂性能的影响。试验测试了 3 种改性沥青玛蹄脂不同粉胶比、不同温度条件下的针入度、延度和软化点,并进行了相关性分析。结果表明:几种纤维玛蹄脂的延度与粉胶比具有很好的线性关系,此规律可用于预估温度一定时,不同粉胶比时沥青玛蹄脂的延度。粉胶比一定时,延度与温度之间有良好的线性关系,可用于预估低温下沥青玛蹄脂的延度。最后,推荐了适合高温多雨气候的不同纤维沥青玛蹄脂粉胶比范围以及纤维掺量。

关键词:道路工程; 沥青混合料; 沥青玛蹄脂; 纤维种类; 粉胶比

中图分类号:U414.75 **文献标识码:**A

Performance of modified asphalt matrix in SMA mixture

WANG Na^{1,2}, SHEN Ai-qin²

(1. Shandong Expressway Co Ltd, Jinan 250014, Shangdong, China; 2. Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, Shaanxi, China)

Abstract: Through testing and analyzing the materials of modified asphalt matrix in SMA mixture, the effects of the ratio of filler to asphalt, temperature and fiber species on the performance of modified asphalt matrix are studied. The penetration, ductility and soften point of three kinds of modified matrix asphalt are tested, the correlation of the tested datum is analyzed. It is found that the ductility of different kinds of asphalt matrix has good linear relationship with the ratio of filler to asphalt, and the regularity can be used in estimating the ductility in different ratio of filler to asphalt at the same temperature; the ductility has good linear relationship with temperature under the condition of the same ratio of filler to asphalt, this conclusion can be used in estimating the ductility of asphalt matrix under low temperature. A reasonable scope of the ratio of filler to asphalt of different kinds of asphalt matrix and the dosage of fiber that used in matrix are presented for hot and rainy area. 13 tabs, 4 figs, 8 refs.

Key words: road engineering; asphalt mixture; asphalt matrix; fiber species; ratio of filler to bituminous

0 引 言

SMA 沥青混合料由碎石骨架和沥青玛蹄脂结合料组成,具有良好的低温抗裂性和耐久性,其优良的低温性能主要取决于沥青玛蹄脂结合料的低温拉伸变形性能^[1]。在 SMA 沥青混合料中,沥青玛蹄脂由矿粉、改性沥青和纤维组成,实际上是一种带纤维的沥青胶浆。现代胶浆理论认为,以填料为分散相而分散在高稠度的沥青介质中的微分散系对混合料性能的影响最大。玛蹄脂的组成结构决定 SMA 沥青混合料的高温稳定性和低温变形能力^[2~4]。沥青与填料表面的交互作用不仅影响沥青玛蹄脂中沥青的形成及数量,而且对其粘滞性及塑性均有较大的影响。在沥青玛蹄脂中,沥青只有吸附在矿粉表面形成薄膜,才能对其他粗、细集料产生粘附作用。在普通的沥青混合料中,矿粉用量一般是沥青用量的 0.8~1.2 倍,而 SMA 沥青混合料中矿粉与沥青用量比例可以达到 1.8~2.1。但山区高速公路 SMA 沥青玛蹄脂中矿粉与沥青用量的比值(即粉胶比,用 F 表示)还没有进行过深入地探究^[5~8]。本文针对广东省山区高速公路的 SMA 开展试验设计,研究不同粉胶比的沥青玛蹄脂的高、低温性能及影响因素,以求得适合广东山区高速公路 SMA 沥青玛蹄脂的粉胶比范围,为京珠北高速公路 SMA 混合料的配比设计提供依据,同时还可为其他山区高速公路 SMA 的配比设计提供借鉴。

1 原材料性能测试及分析

本研究采用 5% 的岳阳巴陵牌 SBS YH-791-H 改性剂改性台湾 70# 基质沥青,技术指标见表 1。矿粉为白云岩磨制的石粉。研究初选 3 种纤维,分别为德国 JRS 公司生产的木质素颗粒纤维 VIATOP 80、木质素松散纤维 APOCEL ZZ 8-1 和美国杜邦公司生产的聚酯纤维博尼维(BoniFibers),其技术指标如表 2~表 4 所示。

2 改性沥青玛蹄脂配比设计及制作

本研究主要考察材料配比、纤维种类、粉胶比 F 及温度对沥青玛蹄脂性能的影响,并通过调整级配寻求沥青玛蹄脂对混合料的影响。为在更大的范围内研究与其他因素的关系,粉胶比 F 可在 1.0~2.1 范围内取 5 个比值:1.0、1.2、1.5、1.8 及 2.1 进行试验分析。掺加上述 3 种纤维,根据广东省使用木质素纤维的实践经验以及参考博尼维有机聚酯纤维

表 1 沥青与改性沥青性能试验结果

项 目		台湾 AH-70# 基质沥青		5% SBS 改性台湾 AH-70# 沥青		试验方法
		技术标准	试验结果	技术标准	试验结果	
针入度/ 0.1mm	25℃	60~80	64	≥40	47	T0604-2000
	15℃	实测记录	19.2	实测记录	21.8	
	30℃	实测记录	105.1	实测记录	70.9	
相关系数 R			0.999 4	≥0.997 0	0.999 9	
$T_{800}/℃$			47.4		61.1	
$T_{1.2}/℃$			-9.4		-22.0	
针入度指数($P.I$)			-1.392	≥0.200	1.100	T0605-1993
延度/ cm	15℃	≥100	>150			
	5℃			≥20.0	42.5	
软化点/℃		44~54	49	≥60	86	T0606-2000
溶解度/%		≥99.0	99.1	≥99.0		T0607-1993
含蜡量/%		≤3.00	2.57	≤3.00		T0615-2000
闪点/%		≥230	342	≥230	346	T0611-1993
密度(15℃)/ ($g \cdot cm^{-3}$)		实测记录	1.040	实测记录	1.035	T0603-1993
粘附性	辉绿岩	≤5 级	3	≤5 级	5	T0616-1993
	石灰岩	≤5 级		≤5 级	5	
弹性恢复/%				≥70.0	96.8	T0662-2000

TFOT 后残留物

质量损失/%	≤0.800	0.034	≤1.000	0.018	T0609-1993
针入度比/%	≥55.0	69.2	≥65.0	95.7	
延度(25℃)/cm	≥50				
延度(15℃)/cm	实测记录	>150			
延度(5℃)/cm			≥15.0	29.2	
软化点/℃	实测记录	54			

表 2 VIATOP 80 木质素颗粒纤维技术指标

项 目	指 标	项 目	指 标
特性	灰色、圆柱状	平均颗粒厚度/mm	5±1
APBOCEL ZZ 8-1	79~84	松散密度/($g \cdot L^{-1}$)	450±50
质量含量/%		筛析(小于 3.55 mm)/%	≤5
平均颗粒长度/mm	2~8		

表 3 APOCEL ZZ 8-1 木质素松散纤维技术指标

项 目	指 标	项 目	指 标
特性	灰色、细长	平均纤维厚度/ μm	45
纤维素质量含量/%	约为 80	松散密度/($g \cdot L^{-1}$)	20~40
平均纤维长度/ μm	1 100	密实比重/($g \cdot cm^{-3}$)	1.3
燃烧后残余物(850℃,4h)/%	约为 1.5	PH 值	7.5±1
筛析结果/%	300 μm 筛		60
	32 μm 筛		99

表 4 聚酯纤维博尼维 (BoniFibers) 技术指标			
项 目	指 标	项 目	指 标
特性	白色,无卷曲	比重	1.36±0.04
原材料	聚合聚酯	熔点/℃	>250
平均长度/mm	6±1.5	燃点/℃	>540
直径/mm	0.020±0.005	抗拉强度/MPa	>517

设计掺量,在沥青玛蹄脂中各纤维具体用量见表 5。沥青玛蹄脂采用 5%SBS 改性 70# 台湾沥青与矿粉按不同粉胶比配制,分别掺加不同品种的纤维。各种沥青玛蹄脂的配比用量见表 6。测定各纤维沥青玛蹄脂不同温度下的延度及软化点,试验方法参考《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》中沥青试验方法。

表 5 3 种纤维掺量表			
纤维种类	木质素颗粒纤维	木质素松散纤维	有机聚酯纤维
在 SMA 混合料中掺量/%	0.40	0.30	0.34

表 6 不同纤维沥青玛蹄脂组成			
组成类型及比例	沥青玛蹄脂类型		
	木质素颗粒纤维 沥青玛蹄脂	木质素松散纤 维沥青玛蹄脂	有机聚酯纤维 沥青玛蹄脂
矿粉与改性沥青 质量比(粉胶比)	1∶1; 1.2∶1; 1.5∶1; 1.8∶1; 2.1∶1	同左	同左
纤维掺量/%	2.26	1.70	1.92

注:纤维在沥青玛蹄脂中的比例是以 SMA 沥青混合料油石比 6.0%为初始油石比进行换算得到。

3 改性沥青玛蹄脂性能测试及分析

3.1 试验结果

制备好的沥青纤维玛蹄脂试验结果分别见表 7~表 9。

表 7 木质素颗粒纤维改性沥青玛蹄脂试验结果						
指 标		粉胶比 F				
		1.0	1.2	1.5	1.8	2.1
针入度/ 0.1mm	15℃	10.13	9.22	7.17	7.47	8.27
	25℃	29.77	26.8	23.82	23.18	23.78
	30℃	40.07	41.93	34.86	32.97	32.53
$T_{800}/℃$		61.1	58.7	58.6	61.0	63.6
$T_{1.2}/℃$		-8.1	-5.2	-1.9	-3.4	-6.0
针入度指数(P, I)		-0.134	-0.655	-1.004	-0.606	-0.089
延度/cm	5℃	1.4	1.1	1.0	0.8	0.5
	10℃	3.53	2.63	2.10	1.70	2.10
	15℃	6.73	5.33	4.03	3.70	3.50
	25℃	17.50	13.10	12.43	10.60	10.07
软化点/℃		89.50	90.75	93.50	99.85	100.00

表 8 木质素松散纤维改性沥青玛蹄脂试验结果						
指 标		粉胶比 F				
		1.0	1.2	1.5	1.8	2.1
针入度/ 0.1mm	15℃	12.23	11.58	9.53	7.43	6.15
	20℃	26.90	27.90	24.50	19.63	16.45
	30℃	39.40	39.98	34.52	30.03	25.86
$T_{800}/℃$		68.5	65.7	65.7	64.8	65.6
$T_{1.2}/℃$		-14.7	-12.3	-9.0	-4.6	-2.1
针入度指数(P, I)		1.127	0.675	0.381	-0.114	-0.283
延度/cm	5℃	2.07	1.77	1.17	1.03	0.90
	10℃	4.80	4.00	2.93	2.40	1.63
	15℃	8.93	7.37	5.37	4.30	3.13
	25℃	28.67	21.63	15.03	9.67	7.20
软化点/℃		86.00	86.75	87.25	95.50	102.30

表 9 有机聚酯纤维改性沥青玛蹄脂试验结果						
指 标		粉胶比 F				
		1.0	1.2	1.5	1.8	2.1
针入度/ 0.1mm	15℃	14.30	11.67	11.60	11.00	9.25
	20℃	31.30	33.30	27.83	23.00	19.80
	30℃	45.30	45.50	36.60	33.50	28.25
$T_{800}/℃$		67.2	60.3	68.9	72.8	74.7
$T_{1.2}/℃$		-17.2	-9.9	-14.3	-14.9	-12.4
针入度指数(P, I)		1.220	-0.045	1.122	1.491	1.444
延度/cm	5℃	3.17	1.87	1.37	0.80	0.97
	10℃	5.83	5.53	2.90	2.40	1.73
	15℃	12.97	9.53	5.00	3.60	2.00
	25℃	52.60	31.50	17.50	12.20	8.45
软化点/℃		81.00	83.90	83.00	85.00	92.50

3.2 不同温度下粉胶比与针入度的关系

3 种纤维沥青玛蹄脂的粉胶比与针入度的关系见图 1,为使规律更明显,图 1 中的针入度取对数,相关分析见表 10。

对图 1 试验结果分析可知:在较高温度下(25℃和 30℃),回归趋势显示木质素松散纤维的针入度最小。用沥青玛蹄脂针入度 $\lg P$ 进行比较:当粉胶比<1.8 时,有机聚酯纤维沥青玛蹄脂>木质素颗粒纤维沥青玛蹄脂>木质素松散纤维沥青玛蹄脂;当粉胶比>1.8 时,木质素颗粒纤维沥青玛蹄脂>有机聚酯纤维沥青玛蹄脂>木质素松散纤维沥青玛蹄脂。在较低温度下(15℃,图 1(c)),3 种纤维沥青玛蹄脂的针入度大小规律发生了变化:当粉胶比<1.8 时,有机聚酯纤维沥青玛蹄脂>木质素松散纤

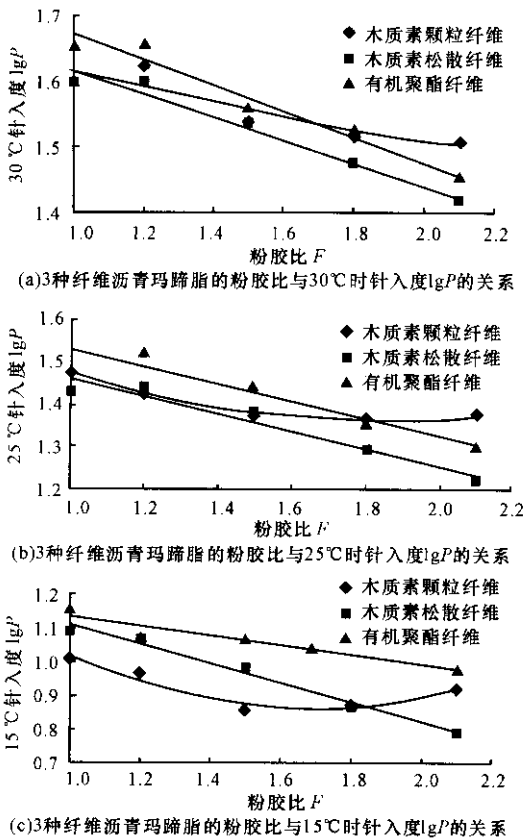


图1 3种纤维沥青玛蹄脂的粉胶比与不同温度下针入度lg*P*的关系

表10 不同温度下3种纤维沥青玛蹄脂针入度lg*P*与粉胶比*F*的相关分析

温度/ ℃	纤维种类	回归方程	R^2	相关系数 R
30	木质素颗粒纤维	$\lg P=0.0452F^2-0.2432F+1.8176$	0.8476	0.9207
	木质素松散纤维	$\lg P=-0.1776F+1.795$	0.9591	0.9793
	有机聚酯纤维	$\lg P=-0.1959F+1.8686$	0.9642	0.9819
25	木质素颗粒纤维	$\lg P=0.1679F^2-0.6091F+1.9155$	0.9982	0.9991
	木质素松散纤维	$\lg P=-0.2112F+1.6758$	0.9230	0.9607
	有机聚酯纤维	$\lg P=-0.2036F+1.7336$	0.9244	0.9614
15	木质素颗粒纤维	$\lg P=0.322F^2-1.088F+1.7827$	0.9285	0.9636
	木质素松散纤维	$\lg P=-0.2843F+1.3901$	0.9866	0.9932
	有机聚酯纤维	$\lg P=-0.1641F+1.3194$	0.9751	0.9875

维沥青玛蹄脂>木质素颗粒纤维沥青玛蹄脂;当粉胶比>1.8时,有机聚酯纤维沥青玛蹄脂>木质素颗粒纤维沥青玛蹄脂>木质素松散纤维沥青玛蹄脂。可见纤维品种对沥青玛蹄脂的针入度有较大的影响。

从表10可看出,不同温度下木质素松散纤维沥青玛蹄脂和有机聚酯纤维沥青玛蹄脂的针入度lg*P*与粉胶比*F*均呈线性相关关系,即随粉胶比*F*的增大,两种纤维沥青玛蹄脂的针入度lg*P*线性减小。且在较高温度(25℃和30℃)时,两者lg*P*的减小趋

势(即回归直线的斜率)相似,而在较低温度下,木质素松散纤维沥青玛蹄脂lg*P*的减小明显快于有机聚酯纤维玛蹄脂。而木质素颗粒纤维玛蹄脂的针入度lg*P*与粉胶比*F*呈很好的二次曲线相关关系,这说明木质素颗粒纤维沥青玛蹄脂的lg*P*随粉胶比*F*的增大,其减小趋势较平缓。

从以上分析中可知:纤维品种对沥青玛蹄脂的针入度影响较大。虽然不同纤维沥青玛蹄脂的针入度与粉胶比*F*的回归方程不同,但同一温度下的规律性很明显。这种规律性可用于温度一定时,预估不同粉胶比的针入度lg*P*,从而为沥青混合料配比设计提供参考依据。

3.3 不同温度下粉胶比与延度的关系

3种纤维沥青玛蹄脂的粉胶比与延度的关系见图2,为使规律更明显,图2中的延度取对数,相关分析见表11。

表11 不同温度下3种纤维沥青玛蹄脂的延度lg*D*与粉胶比*F*的相关分析

温度/℃	纤维种类	回归方程	R^2	相关系数 R
5	木质素颗粒纤维	$\lg D=-0.3692F+0.5192$	0.9406	0.9698
	木质素松散纤维	$\lg D=-0.3401F+0.6367$	0.9450	0.9721
	有机聚酯纤维	$\lg D=-0.4887F+0.9027$	0.8349	0.9137
10	木质素颗粒纤维	$\lg D=-0.3828F+0.9065$	0.9713	0.9855
	木质素松散纤维	$\lg D=-0.4146F+1.0987$	0.9917	0.9958
	有机聚酯纤维	$\lg D=-0.5083F+1.2904$	0.9590	0.9793
15	木质素颗粒纤维	$\lg D=-0.2545F+1.0414$	0.8896	0.9432
	木质素松散纤维	$\lg D=-0.4084F+1.3563$	0.9973	0.9986
	有机聚酯纤维	$\lg D=-0.7305F+1.8401$	0.9922	0.9961
25	木质素颗粒纤维	$\lg D=-0.1992F+1.3994$	0.8753	0.9356
	木质素松散纤维	$\lg D=-0.5526F+2.0024$	0.9966	0.9983
	有机聚酯纤维	$\lg D=-0.7075F+2.3704$	0.9749	0.9874

从图2可知:随着粉胶比*F*的增加,各纤维沥青玛蹄脂不同温度下的延度lg*D*均呈线性减小趋势。在较低温度(图2(a)、(b))条件下,粉胶比<1.8时,有机聚脂纤维沥青玛蹄脂lg*D*>木质素松散纤维沥青玛蹄脂lg*D*>木质素颗粒纤维沥青玛蹄脂lg*D*;粉胶比>1.8时,木质素松散纤维沥青玛蹄脂lg*D*>有机聚脂纤维沥青玛蹄脂lg*D*>木质素颗粒纤维沥青玛蹄脂lg*D*。从比较中可以发现:木质素颗粒纤维沥青玛蹄脂的lg*D*最小,这说明此纤维玛蹄脂的低温抗拉伸能力较差。但在较高温度(图2(c)、(d))时,随粉胶比*F*的增加,木质素颗粒纤维玛蹄脂的延度lg*D*的减小趋势最为平缓,而有机聚酯纤维沥青玛蹄脂的lg*D*迅速减小。这说明在较

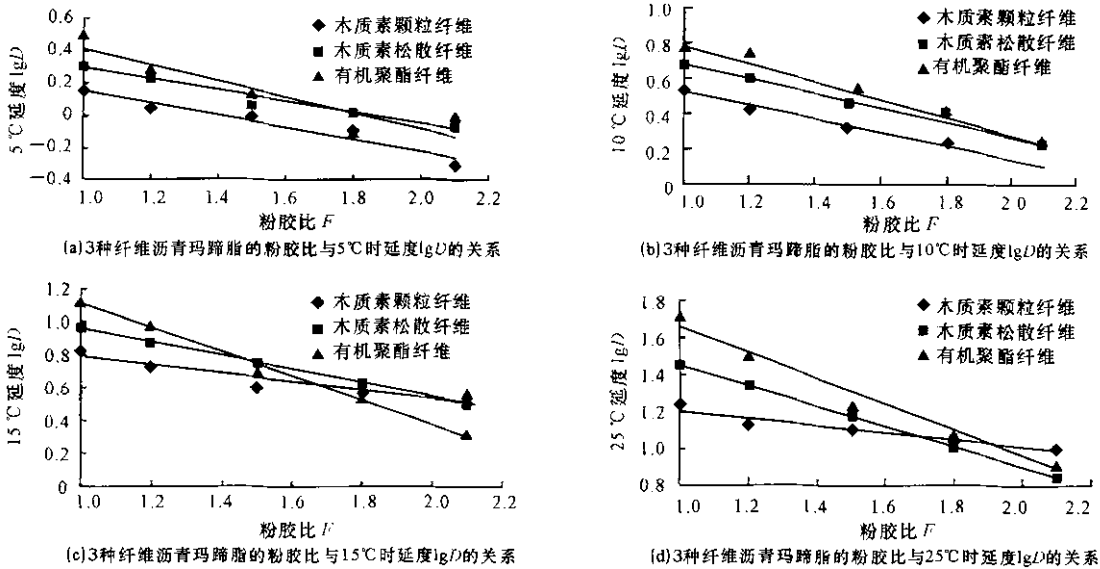


图 2 3 种纤维沥青玛蹄脂的粉胶比与不同温度下延度 lgD 的关系

高温时,木质素颗粒纤维沥青玛蹄脂的抗拉伸能力对粉胶比增加不敏感,即粉胶比的变化对其抗拉伸能力影响不大;反之有机聚酯纤维沥青玛蹄脂粉胶比的变化对其抗拉伸能力影响很大。这种现象表明,木质素颗粒纤维沥青玛蹄脂在较高温度下随粉胶比变化,其抗拉伸能力比较稳定。由表 11 的回归方程和相关系数可看出:各纤维沥青玛蹄脂不同温度下的延度 lgD 与粉胶比均呈良好的线性相关关系。这种线性递减的规律性可用于温度一定时,预估不同粉胶比时沥青玛蹄脂的延度,从而为沥青混合料配比设计提供参考依据。

3.4 粉胶比与其他指标的关系

粉胶比与当量软化点、当量脆点、针入度指数值和软化点的关系见图 3,相关分析见表 12。

表 12 3 种纤维沥青玛蹄脂各指标与粉胶比 F 的相关分析

玛蹄脂指标	纤维种类	回归方程	R^2	相关系数 R
当量软化点	木质素颗粒纤维	$T_{800}=11.221F^2-31.892F+81.382$	0.938 6	0.968 8
	木质素松散纤维	$T_{800}=6.122F^2-21.191F+83.162$	0.850 9	0.922 4
当量脆点	木质素颗粒纤维	$T_{1.2}=-15.905F^2+51.114F-43.360$	0.969 4	0.984 6
	木质素松散纤维	$T_{1.2}=-1.1601F^2+15.335F-28.986$	0.995 3	0.997 6

由图 3(a)可知,纤维品种对玛蹄脂的当量软化点有一定影响。①有机聚酯纤维沥青玛蹄脂的粉胶比大于 1.5 后,其 T_{800} 随粉胶比的增大而迅速提高,说明粉胶比越大,玛蹄脂的高温性能越好。②木质素颗粒纤维沥青玛蹄脂的粉胶比在 1.6~2.1 或 1.0~1.2 时,玛蹄脂的当量软化点较高,但 SMA 矿粉用量较多,其粉胶比一般大于 1.5,故为保证木质素颗粒纤维沥青玛蹄脂的高温性能,其粉胶比可取

为 1.6~2.1。③木质素松散纤维也具有类似的规律,即只要粉胶比大于 1.8,玛蹄脂的高温性能才能有所改善。

由图 3(b)可知,纤维的品种也会影响玛蹄脂的当量脆点。①木质素松散纤维沥青玛蹄脂的当量脆点随粉胶比的增大而不断提高,此规律说明矿粉的增加会降低木质素松散纤维沥青玛蹄脂的低温性能,故其粉胶比不宜过大。②有机聚酯纤维沥青玛蹄脂的粉胶比大于 1.5 后,当量脆点较低且变化平缓,这表明粉胶比在 1.5~2.1 时,有机聚酯纤维沥青玛蹄脂的低温性能较好。③木质素颗粒纤维沥青玛蹄脂的粉胶比在 1.0~1.2 或 1.6~2.1 时,玛蹄脂的当量脆点较小。考虑到 SMA 矿粉用量较大,此处可取粉胶比为 1.6~2.1,且在这一范围内,随粉胶比增加,当量脆点呈降低趋势,玛蹄脂的低温性能越来越好。

从图 3(c)可知,纤维品种对玛蹄脂的感温性影响显著。①有机聚酯纤维沥青玛蹄脂的针入度指数值在粉胶比为 1.5~2.1 时较大,且在 1.8~2.1 时变化不明显,说明此时玛蹄脂的高温性能较好,对温度变化不敏感。②木质素松散纤维玛蹄脂的针入度指数值则与粉胶比呈直线降低趋势,即随粉胶比的增加,玛蹄脂针入度指数值逐渐变小,温度敏感性增大。③木质素颗粒纤维沥青玛蹄脂的粉胶比大于 1.5 后,针入度指数值逐渐增大,并趋向于 0,这表明对于木质素颗粒纤维沥青玛蹄脂,其粉胶比大于 1.5 后,增加矿粉会不断改善沥青玛蹄脂对高、低温的敏感程度。

图 3(d)显示,3 种纤维沥青玛蹄脂随粉胶比增

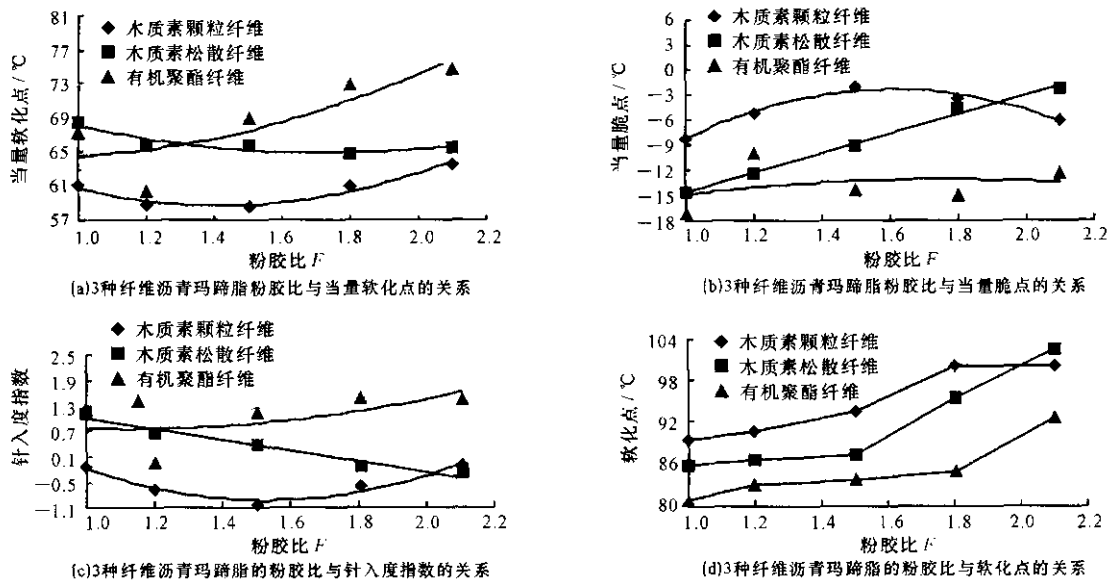


图3 3种纤维沥青玛蹄脂粉胶比与各指标的关系

加,其软化点均呈提高趋势。将各纤维沥青玛蹄脂的软化点进行比较:当粉胶比 <1.95 时,木质素颗粒纤维玛蹄脂 $>$ 木质素松散纤维玛蹄脂 $>$ 有机聚酯纤维玛蹄脂;当粉胶比 >1.95 后,木质素松散纤维玛蹄脂 $>$ 木质素颗粒纤维玛蹄脂 $>$ 有机聚酯纤维玛蹄脂。这表明粉胶比小于 1.95 时,木质素颗粒纤维玛蹄脂的高温性能最好。增加粉胶比可大大提高木质素颗粒纤维沥青玛蹄脂的高温性能,粉胶比在 $1.8\sim 2.1$ 的范围内,软化点达到最大,这表明此时玛蹄脂高温性能最好;木质素松散纤维沥青玛蹄脂的粉胶比只有大于 1.5 后,其增加才对沥青玛蹄脂的高温性能有明显改善;有机聚酯纤维沥青玛蹄脂的软化点随粉胶比增大而不断提高。

以上分析表明,纤维品种对沥青玛蹄脂的针入度、软化点、延度以及当量软化点、当量脆点和针入度指数值均有影响。粉胶比应该有一个合适的范围,一般 SMA 的粉胶比大于 1.2 ,并可达到 2.1 左右。考虑到京珠北高速公路 SMA 路面所处地区夏季高温,多长、陡坡,为防止路面在轮载作用下产生车辙、推挤、拥包等病害,保证沥青玛蹄脂的高温性能,可适当增加矿粉用量,即适当提高粉胶比 F 。结合以上试验结果,分析3种纤维沥青玛蹄脂的当量软化点和软化点,给出玛蹄脂高温性能较好时的粉胶比合适范围;从当量脆点和延度试验结果分析中总结出玛蹄脂低温性能较好的粉胶比范围;根据针入度指数值分析得出玛蹄脂感温性能较好的粉胶比范围,结果汇总见表13。

3.5 延度与温度的关系

各纤维沥青玛蹄脂延度与温度的关系见图4。

表13 改性沥青玛蹄脂高、低温性能及感温性分析结果

玛蹄脂种类	玛蹄脂性能			
	高温性能	低温性能	感温性能	合适的粉胶比 F 范围
木质素颗粒纤维 改性沥青玛蹄脂	$F>1.5$	$1.6\leq F\leq 2.1$	$1.6\leq F\leq 2.1$	$1.6\leq F\leq 2.1$
木质素松散纤维 改性沥青玛蹄脂	$F>1.5$	$F<2.1$	$F<2.1$	$1.5<F<2.1$
有机聚酯纤维 改性沥青玛蹄脂	$1.5<F<2.1$	$1.5<F<2.1$	$1.5<F<2.1$	$1.5<F<2.1$

从图4可发现:沥青玛蹄脂的延度 $\lg D$ 与温度具有良好的线性关系,可根据回归方程预估一定温度条件下不同粉胶比时的玛蹄脂延度,尤其是低温下的玛蹄脂延度,为混合料配比设计提供依据。也可作为检验沥青混合料低温性能优劣的直接方法。

4 结 语

(1)延度试验过程中,改性沥青玛蹄脂断裂时有清晰的断裂面,较沥青更接近混合料的开裂形式,在一定程度上比沥青延度更能反映 SMA 沥青混合料的流变性能。

(2)纤维品种对改性沥青玛蹄脂各指标均有一定影响。就软化点而言,木质素颗粒纤维玛蹄脂 $>$ 木质素松散纤维玛蹄脂 $>$ 有机聚酯纤维玛蹄脂。对于 5°C 和 10°C 延度:有机聚酯纤维玛蹄脂 $>$ 木质素松散纤维玛蹄脂 $>$ 木质素颗粒纤维玛蹄脂。

(3)几种纤维玛蹄脂的延度均随粉胶比增大而减小,然而减小的速度却因纤维品种、温度不同而有所差异,但延度 $\lg D$ 与粉胶比 F 具有很好相关关

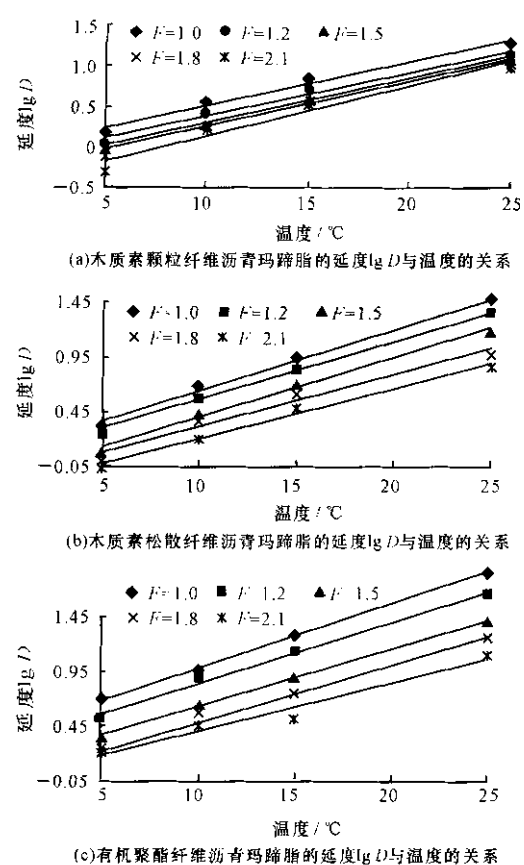


图 4 不同纤维沥青玛蹄脂的延度 lg D 与温度的关系

系。这种规律性可用于预估温度一定时,不同粉胶比时沥青玛蹄脂的延度,从而为沥青混合料配比设计提供参考依据。

(4)几种改性沥青纤维玛蹄脂的延度均随着温度降低而减小,然而减小的速度受纤维品种及粉胶比的影响。粉胶比一定时,延度与温度之间具有良好的线性关系,可根据回归方程预估粉胶比一定时,不同温度下的玛蹄脂延度,尤其是低温下的玛蹄脂延度。

(5)综合考虑不同改性沥青纤维玛蹄脂的高、低温性能和感温性,其粉胶比具有一个满足各性能合适范围。结合广东粤北地区特殊的气候、地形状况,建议 SMA 沥青玛蹄脂粉胶比取值范围为:掺加木质素颗粒纤维时, $1.6 \leq F < 2.1$;掺加木质素松散纤维时, $1.5 < F < 2.1$;掺加有机聚酯纤维时, $1.5 < F < 2.1$ 。

(6)由于广东山区高速公路处于高温、多雨等气候条件,考虑到其交通状况及经济条件,根据本文的研究结果及广东地区已铺筑路面使用纤维的情况,推荐使用木质素颗粒纤维作为试验研究和试验路铺筑时采用的纤维类型,其掺量为整个沥青混合料质量的 0.4%。

参考文献:
References:

[1] 沈金安. 改性沥青与 SMA 路面[M]. 北京:人民交通出版社,1999.
SHEN Jin-an. Modified asphalt and SMA pavement [M]. Beijing: China Communications Press, 1999.

[2] 王 娜. 南方山区高速公路 SMA 配比设计及路用性能研究[D]. 西安:长安大学,2003.
WANG Na. Research on proportion designing and pavement performance of SMA used in southern mountains expressway [D]. Xi'an: Chang'an University, 2003.

[3] 付 菁. 改性沥青 SMA 混合料路用性能与结构分析研究[D]. 西安:长安大学,1998.
FU Qing. Research on pavement performance and structural analysis of SMA mixture with modified bitumens [D]. Xi'an: Chang'an University. 1998.

[4] 申爱琴,付 菁. SMA 混合料组成结构、强度机理及影响因素分析研究[J]. 西安公路交通大学学报, 1998,18(3B):171-176.
SHEN Ai-qin, FU Qing. Analysis and research on composition structure mechanism of strength and influence factors of properties of SMA[J]. Journal of Xi'an Highway University, 1998,18(3B):171-176.

[5] 张争奇,张卫平,李 平. 沥青混合料粉胶比[J]. 长安大学学报:自然科学版,2004,24(5):7-10.
ZHANG Zheng-qi, ZHANG Wei-ping, LI Ping. Ratio of filler bitumen of asphalt mixture[J]. Journal of Chang'an University: Natural Science Edition, 2004, 24(5):7-10.

[6] 苏 凯,武建民,陈忠达,等. 山区公路沥青路面基层滑移破坏研究[J]. 中国公路学报,2005,18(3):22-26.
SU Kai, WU Jian-min, CHEN Zhong-da, et al. Research on cutting-slippage between surface and base about mountain asphalt pavement[J]. China Journal of Highway and Transport, 2005,18(3):22-26.

[7] 王 捷,龚涌峰. 粉胶比对沥青胶浆和沥青混合料性能的影响[J]. 长沙交通学院学报,2004,20(4):73-77.
WANG Jie, GONG Yong-feng. Influence of filler-bitumen ratio on asphalt combined binder and mixture performance[J]. Journal of Changsha Communications University, 2004,20(4):73-77.

[8] 张争奇,梁晓莉,李 平. 沥青老化性能评价方法[J]. 交通运输工程学报,2004,4(1):1-5.
ZHANG Zheng-qi, LIANG Xiao-li, LI Ping. Evaluation method of asphalt aging properties[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2004,4(1):1-5.