

文章编号: 0451-0712(2005)12-0149-07

中图分类号: U414.750.1

文献标识码: A

ZIGLER 岩沥青改性沥青混合料的性能研究

何凤玲, 王捷, 丁建明

(东南大学交通学院 南京市 210096)

摘 要: 岩沥青常被用作作为沥青路面的添加剂,已在国内外一些工程中得到应用。本研究用韩国SK 基质沥青和台湾CPC 基质沥青分别对不同掺量岩沥青胶结料性能进行了比较分析。采用AC-25 沥青混合料,基质沥青为韩国SK-70 号沥青,分别对不同掺量岩沥青改性沥青混合料性能进行了比较分析,推荐了岩沥青的适宜掺量。

关键词: 岩沥青; 沥青胶结料; 沥青混合料; 性能; 掺量

ZIGLER 岩沥青或者叫北美岩沥青是一种纯的、自然的碳氢脂类化合物,仅产于美国犹他州东部的硬沥青盆地,常被用作作为沥青路面的添加剂。岩沥青一般被用在重交通区域,以减少沥青路面车辙现象。岩沥青具有使用方便的特点:不需要特别的设备,添加方便,可直接与沥青混合,是一种具有一定经济效益的可供利用的沥青路面改性剂。它是一种天然沥青,性质与硬质沥青较接近,岩沥青溶于芳香烃和脂类及石油,是一种有光泽的,黑

色的物质,外观象黑曜石,易脆,容易被碾成黑棕色粉末。

从地质角度看,岩沥青是石油基的固体,因此与沥青极易共存,混合以后形成天然岩沥青与沥青的紧密分子,这种分子既有天然沥青的硬度和耐磨性,同时也保留了沥青的韧性。天然岩沥青具有高含氮量,高的沥青烯含量和大分子量,使溶液更加粘稠,使改良后的沥青粘度更好,更易于与聚合物结合,也有更好的抗氧化性。

收稿日期: 2005-05-25

[3] 查旭东,张起森,李宇峙,苏清贵,黄庆. 高速公路连续配筋混凝土路面施工技术研究[J]. 中外公路,2003,23(1).

[4] 宋启根,单炳梓,金芷生,等. 钢筋混凝土力学[M]. 南京:南京工学院出版社,1986.

A Study on Health of Continuously Concrete Pavements Monitored by Distributed Fiber Optic Sensor

WANG Shu-bin

(Preparing Construction Section of Qingyin Expressway of Hebei Province,Shijiazhuang 051530,China)

Abstract: As a kind of novel distributed fiber optic sensing technique, Brillouin Optical Time Domain Reflectometer (BOTDR) is introduced in this paper. The distributed fiber optic sensing system based on BOTDR is arranged on a continuously reinforced concrete pavement (CRCP), the strain of the steel and concrete in the CRCP is detected on-line. The experimental results show that the BOTDR technologies demonstrate a wide spectrum of applications in structural health monitoring.

Key words: distributed fiber optic sensor, BOTDR, structural health monitoring

岩沥青在国内外的一些工程中已得到应用。如在美国纽约高速公路接近乔治华盛顿大桥采用岩沥青,目的为改善此段高速公路由于高交通量及重型卡车所造成的车辙问题。国内如河北省也采用过岩沥青修建公路沥青路面,使用情况良好。本文将通过室内试验对ZIGLER 岩沥青胶结料和改性沥青混合料的路用性能进行研究,并据此推荐适宜的岩沥青掺量。

1 沥青胶结料性能比较

试验采用韩国SK-70 号和台湾CPC-70 号沥青作为基质沥青,其沥青试验结果见表1,技术要求依据《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004) 70 号道路石油沥青 A 级标准。

表1 70 号基质沥青试验结果				
试验项目		测试值		技术要求
		韩国SK	台湾CPC	
针入度(25 C,100 g,5 s) 0.1 mm		64	69	60~80
针入度指数 <i>PI</i>		0.29	—0.17	—1.5~1.0
延度(10 C,5 cm/min)/cm		29.2	23.2	≥20
延度(15 C,5 cm/min)/cm		>150	>150	≥100
延度(25 C,5 cm/min) /cm		>150	>150	—
软化点(环球法)/ C		48.0	47.0	≥46
60 C动力粘度/Pa·s		272	232	≥180
135 C运动粘度/Pa·s		0.7	—	—
165 C粘度/Pa·s		0.168 8	—	—
175 C粘度/Pa·s		0.112 5	—	—
溶解度(三氯乙烯)/%		99.7	99.7	≥99.5
闪点(COC)/ C		312	318	≥260
密度(15 C)/(g/cm ³)		1.038	1.034	实测记录
TFOT 后残留物	质量损失/%	—0.02	0.08	≤±0.8
	针入度比 25 C/%	71.9	75.3	≥61
	延度(15 C, 5 cm/min)/cm	>150	>150	—

2.1 不同掺量岩沥青性能比较

岩沥青掺量指的是岩沥青占基质沥青的百分比,即为外掺法。在本试验中分别选择了岩沥青掺量为5%、10%、15%。为比较不同的基质沥青是否对掺岩沥青后的沥青胶结料的性能有影响,本试验选用了韩国SK-70 号沥青和台湾CPC-70 号沥青作为基质沥青分别进行了沥青胶结料的相关性能试验。试验结果分别如表2 和表3 所示。

表2 不同掺量岩沥青试验结果 (基质沥青为韩国SK-70 号沥青)				
试验项目		测试值		
		掺5% 岩沥青	掺10% 岩沥青	掺15% 岩沥青
针入度(25 ℃,100 g,5 s) 0.1 mm		53	46	35
针入度指数 <i>PI</i>		1.15	0.93	1.74
延度(10 ℃,5 cm/min)/cm		脆断	脆断	脆断
延度(15 ℃,5 cm/min)/cm		30.8	15.2	11.4
延度(25 ℃,5 cm/min)/cm		>150	46.6	19.1
软化点(环球法)/℃		49.5	52.0	59.0
60 ℃粘度/Pa·s		1 150	2 450	2 515
135 ℃粘度/Pa·s		1.013	1.400	1.925
165 ℃粘度/Pa·s		0.250	0.313	0.413
175 ℃粘度/Pa·s		0.175	0.213	0.275
溶解度(三氯乙烯)/%		99.6	99.5	99.5
闪点(COC)/℃		312	320	322
密度(15 ℃)/(g/cm ³)		1.032	1.047	1.311
TFOT 后残留物	质量损失/%	—0.02	—0.07	—0.09
	针入度比(25 ℃)/%	71.9	56.5	60.0
	延度(15 ℃,5 cm/min)/cm	26.9	脆断	脆断

表3 不同掺量岩沥青试验结果 (基质沥青为台湾CPC-70 号沥青)				
试验项目		测试值		
		掺5% 岩沥青	掺10% 岩沥青	掺15% 岩沥青
针入度(25 ℃,100 g,5 s) 0.1 mm		55	49	32
延度(10 ℃,5 cm/min)/cm		脆断	脆断	脆断
软化点(环球法)/℃		49.3	51.6	55.2

根据表2 及表3 试验结果,分别绘制针入度、软化点、延度、针入度指数、粘度和针入度比等指标与岩沥青掺量关系图,如图1~图13 所示。其中图1~图7 为韩国SK-70 号沥青为基质沥青的岩沥青胶结料性能图,图8~图9 为台湾CPC-70 号沥青为基质沥青的岩沥青胶结料性能图,图10~图13 为韩国SK-70 号沥青为基质沥青的岩沥青胶结料高温粘度变化图。由图表分析结果可以得出以下几点。

(1)采用不同的70 号基质沥青对掺加岩沥青的沥青胶结料性能没有显著影响。

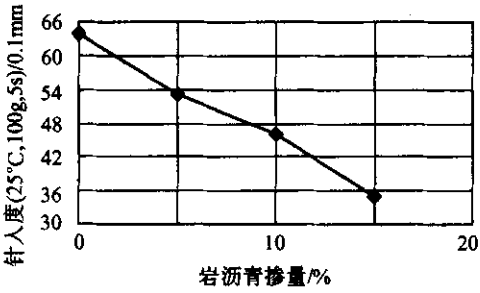


图 1 针入度随岩沥青掺量变化

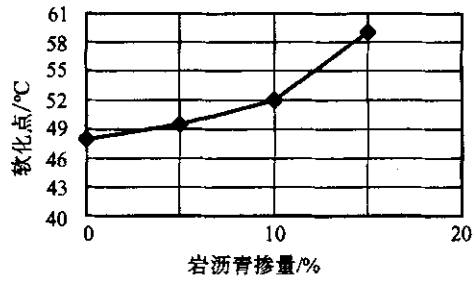


图 2 软化点随岩沥青掺量变化

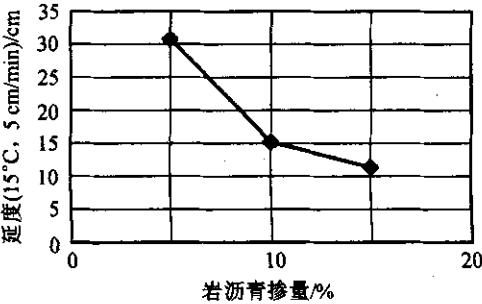


图 3 延度随岩沥青掺量变化

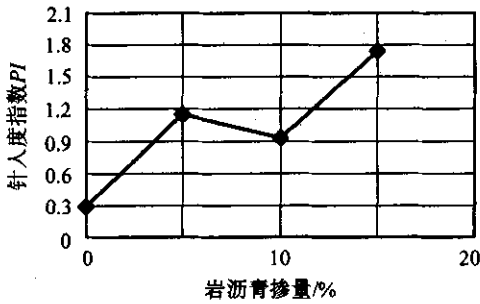


图 4 针入度指数 PI 随岩沥青掺量变化

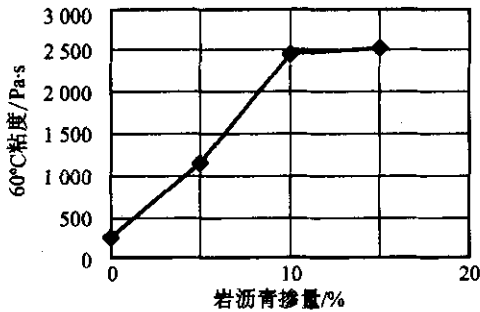


图 5 60 °C 粘度随岩沥青掺量变化

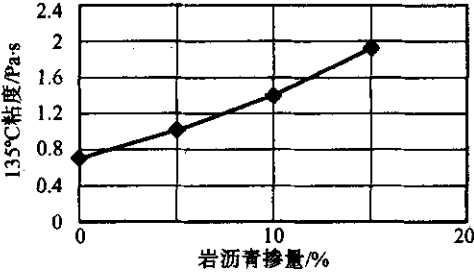


图 6 135 °C 粘度随岩沥青掺量变化

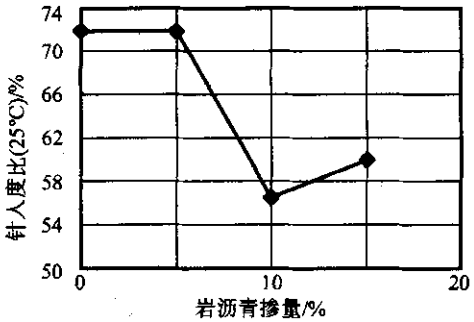


图 7 针入度比随岩沥青掺量变化

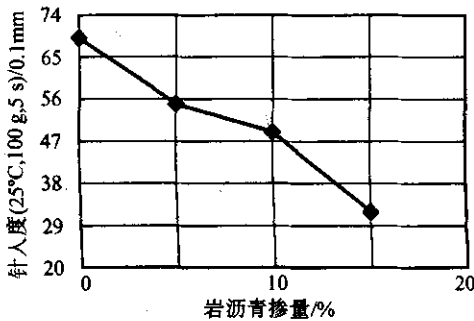


图 8 针入度随岩沥青掺量变化

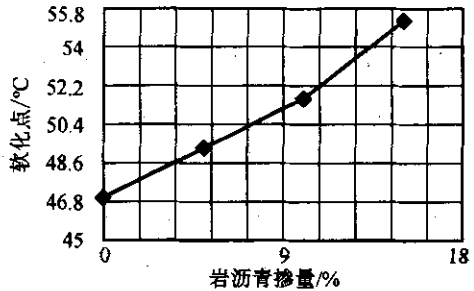


图 9 软化点随岩沥青掺量变化

(2)随着岩沥青掺量的增加,针入度逐渐减小,即沥青不断变硬。

(3)当岩沥青掺量逐渐增加时,软化点和 60 °C 粘度不断增大,即高温性能有了一定提高。对于 60 °C 粘度,当岩沥青掺量在 10% 以内时,随着掺量增加粘度值提高较快,当岩沥青掺量大于 10% 后,粘度增长的幅度很小,基本保持不变。

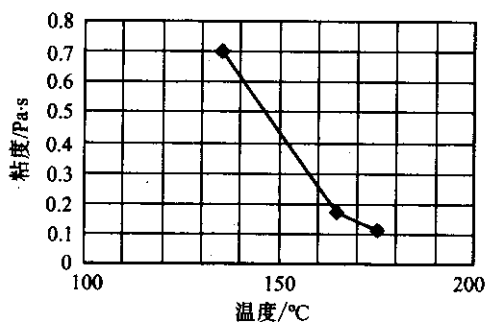


图 10 AH-70 沥青不同温度粘度变化

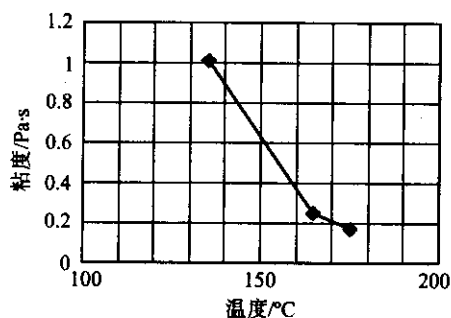


图 11 含 5 % 岩沥青不同温度粘度变化

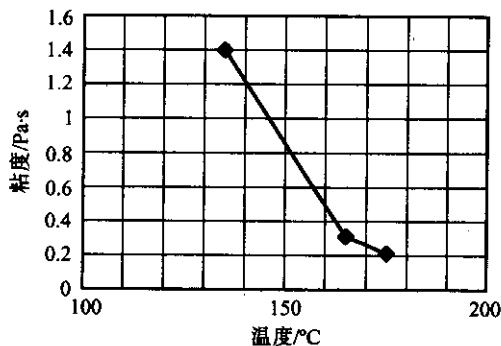


图 12 含 10 % 岩沥青不同温度粘度变化

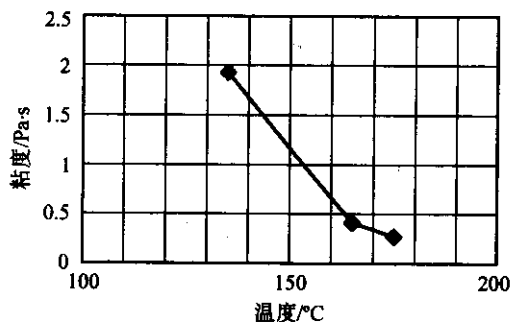


图 13 含 15 % 岩沥青不同温度粘度变化

(4)随着岩沥青掺量的增加,沥青的 10 °C 延度发生脆断。沥青的 15 °C 延度不断减小,即低温性能有所降低。

(5)针入度指数随着岩沥青掺量的增加而明显增大,即沥青的温度敏感性有明显改善。

(6)135 °C 粘度随岩沥青掺量的增加而增大,当掺量在 15 % 以内时均能满足小于 3 Pa·s 的要求,即施工和易性符合要求。

(7)与不掺岩沥青的基质沥青相比,当岩沥青掺量低于 5 % 时,针入度比变化较小;当掺量大于 5 % 时,针入度比有较大变化,但从试验结果来看,变化规律不确定。

(8)无论岩沥青的掺量如何,当温度从 135 °C 升高至 165 °C 时,粘度迅速降低,发生较大变化;而当温度从 165 °C 升至 175 °C 时,粘度变化较小。为确保施工和易性,建议施工时沥青加热温度宜大于 165 °C。

综上所述,掺加岩沥青后,除延度有所降低外,沥青的其他各项指标均有提高,特别是软化点、粘度和针入度指数提高较多。由沥青试验的各项数据表明,岩沥青掺量在 5 % ~ 10 % 之间时沥青胶结料的综合性能较好。

3 沥青混合料性能比较

为进一步比较不同掺量岩沥青改性沥青混合料的路用性能,根据《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTJ 052-2000)的有关试验方法进行了沥青混合料马歇尔稳定度试验、浸水马歇尔和冻融劈裂试验、动稳定度试验和小梁弯曲试验,综合研究不同掺量岩沥青混合料的体积性质、水稳定性能、高温抗车辙性能和低温抗裂性能的变化规律。

3.1 级配组成

本次试验采用的沥青混合料类型为 AC-25 级配,油石比为 4.3 %,基质沥青采用韩国 SK-70 号沥青。具体的级配组成如表 4 所示。

3.2 不同掺量的岩沥青混合料马歇尔试验结果

基质沥青混合料的击实温度根据粘温曲线确定。不同掺量的岩沥青混合料马歇尔试验结果见表 5。

3.3 不同掺量的岩沥青混合料水稳定性能比较

试验采用不同岩沥青掺量和击实温度,分别进行沥青混合料的浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验来评价沥青混合料的水稳定性能。其试验结果如表 6 ~ 表 7 所示。

由马歇尔稳定度试验、浸水马歇尔和冻融劈裂试验结果表明以下几点。

(1)随着岩沥青掺量的增加,马歇尔稳定度在增大,而流值变化不大。

表 4 级配组成

级配类型	通过下列筛孔尺寸(mm)的质量通过率/%												
	31.5	26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-25	100	99.1	87.8	80.7	68.4	49.2	38.6	32.7	21.9	15.5	9.7	7.3	5.7

表 5 沥青混合料马歇尔试验结果(击实温度为 145 ℃)

级配类型	岩沥青掺量/%	稳定度/kN	流值/0.1 mm	空隙率/%	VMA/%	饱和度/%	毛体积密度/g/cm ³	理论密度/g/cm ³
AC-25(击实温度为 145 ℃)	0	11.54	26.8	4.2	13.93	69.85	2.438	2.545
	5	12.53	24.9	4.4	14.14	68.88	2.440	2.553
	10	14.12	25.8	5.2	14.89	65.07	2.427	2.560
	15	17.67	22.2	5.7	15.35	62.88	2.419	2.565
AC-25(击实温度为 155 ℃)	10	15.97	19.4	4.8	14.53	66.96	2.437	2.562
	15	17.49	25.0	5.1	14.81	65.57	2.434	2.565

表 6 浸水马歇尔试验结果(击实温度为 145 ℃)

级配类型	岩沥青掺量/%	马歇尔稳定度/kN	浸水马歇尔稳定度/kN	残留稳定度/%	SBS 改性沥青混合料技术要求
AC-25(击实温度为 145 ℃)	0	11.54	10.13	87.8	≥85%
	5	12.53	11.77	93.9	
	10	14.12	12.75	90.3	
	15	17.67	14.97	84.7	
AC-25(击实温度为 155 ℃)	10	15.97	14.75	92.4	≥85%
	15	17.49	15.44	88.3	

表 7 冻融劈裂试验结果(击实温度为 145 ℃)

级配类型	岩沥青掺量/%	条件劈裂强度/MPa	非条件劈裂强度/MPa	冻融劈裂强度比/%	SBS 改性沥青混合料技术要求
AC-25	0	1.11	1.45	76.6	≥80%
	5	1.71	1.98	86.4	
	10	1.39	1.65	84.2	
	15	1.83	2.61	70.1	

(2)浸水马歇尔残留稳定性和冻融劈裂强度比随岩沥青掺量的增大呈凸形抛物线变化,当岩沥青掺量在 5%附近时,混合料的水稳定性最好。

(3)在相同的击实温度(145 ℃)和油石比条件下,马氏试件空隙率随着岩沥青掺量的增加而增大;当岩沥青掺量低于5%时,试件空隙率随掺量的变化不大,而当岩沥青掺量大于5%时,试件空隙率增大较快;当提高击实温度至155 ℃时,10%和15%岩沥青掺量的试件空隙率均有所降低。因此在正常施工

时,建议拌和与压实温度按SBS 改性沥青的要求进行控制。

对马歇尔稳定度,浸水马歇尔残留稳定度,冻融劈裂强度比和空隙率进行图表分析以考察其随岩沥青掺量的变化规律,分别见图 14~图 17。

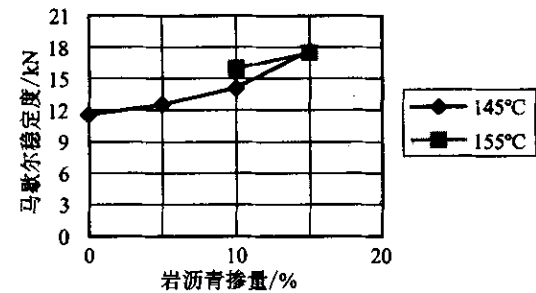


图 14 马歇尔稳定度随岩沥青掺量变化

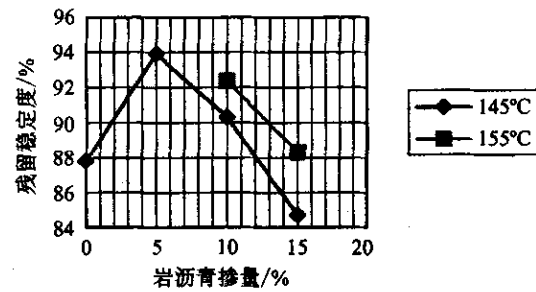


图 15 浸水马歇尔残留稳定度随岩沥青掺量变化

3.4 不同掺量的岩沥青混合料高温稳定性比较
由车辙试验结果可知:随着岩沥青掺量的增加,混合料的动稳定度值也在不断增大,即高温性能在增长。与不掺岩沥青的混合料相比,掺5%岩沥青时

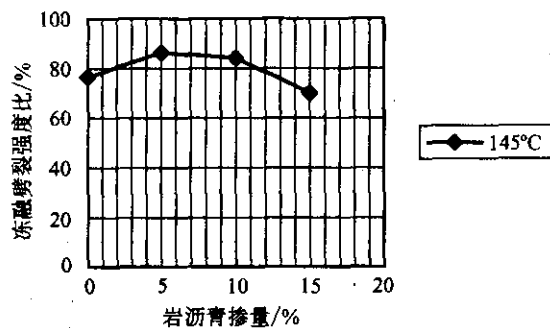


图 16 冻融劈裂强度比随岩沥青掺量变化

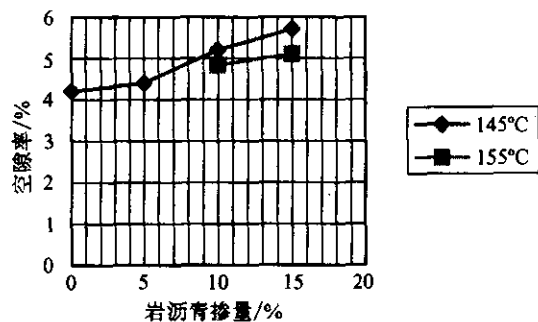


图 17 空隙率随岩沥青掺量变化

动稳定度增幅达120%，掺10%岩沥青的动稳定度增幅达169.6%，掺15%岩沥青的动稳定度增幅达到215%。由此可见，掺岩沥青后，混合料的高温性能有显著提高。其试验结果的图表分析见表8和图18。

表 8 车辙试验结果

级配类型	岩沥青掺加量 / %	动稳定度 / (次/mm)					偏差系数 / %
		1	2	3	平均值	标准差	
AC-25	0	1 105	1 149	1 100	1 118	26.96	2.4
	5	2 423	2 340	2 625	2 463	146.58	6.0
	10	3 315	2 864	2 864	3 014	260.39	8.6
	15	3 846	3 739	3 000	3 528	460.67	13.1

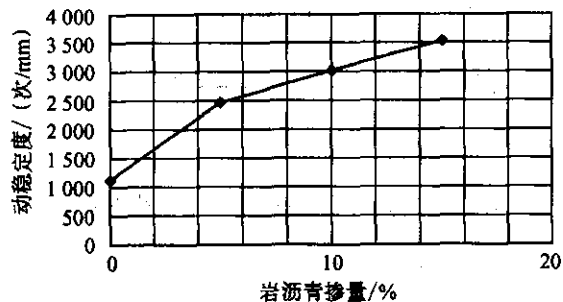


图 18 动稳定度随岩沥青掺量变化

3.5 不同掺量的岩沥青混合料低温抗裂性能比较

试验采用-10℃小梁弯曲试验来评价沥青混合料的低温抗裂性能，不同岩沥青掺量下低温小梁弯曲试验结果如表9所示。

表 9 低温小梁弯曲试验结果(-10℃)

级配类型	岩沥青掺加量 / %	弯曲劲度模量 / MPa	弯拉应变 / $\mu\epsilon$
AC-25	0	2 258.50	3 424.75
	5	2 092.28	2 054.85
	10	3 577.28	1 946.70
	15	6 248.15	459.64

由低温小梁弯曲试验(见图19和图20)可知：混合料的弯曲劲度模量随岩沥青掺量的增加而增大，弯拉应变则不断减小。当岩沥青掺量从0%增至5%以及从10%增至15%时，弯拉应变的衰减速度都较快，而当岩沥青掺量从5%增至10%时，弯拉应变的变化很小。从试验结果来看，若控制小梁弯曲弯拉应变不小于2 000 $\mu\epsilon$ 的要求，则岩沥青的掺量不宜超过7.3%。

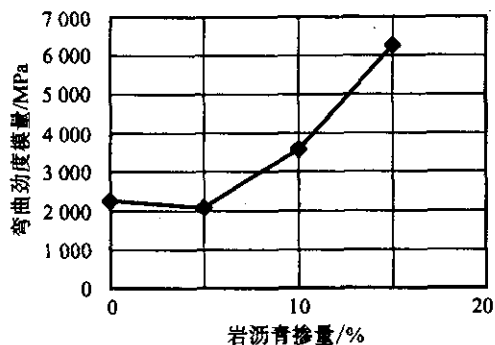


图 19 弯曲劲度模量随岩沥青掺量变化

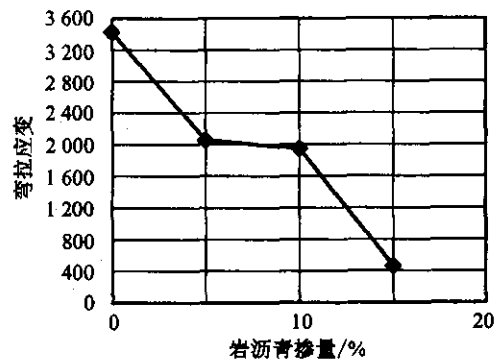


图 20 弯拉应变随岩沥青掺量变化

3.6 分析

通过浸水马歇尔和冻融劈裂试验、动稳定度试验和低温小梁弯曲试验,比较了不同掺量岩沥青混合料的水稳定性能、高温性能和低温性能,经综合分析,建议选定岩沥青的掺量为 6% 为宜,见图 21。

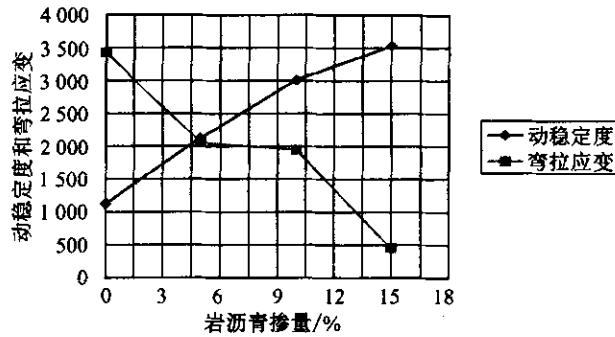


图 21 动稳定度和弯拉应变随岩沥青掺量变化

4 结论

(1)掺入岩沥青后,沥青的软化点、粘度不断增大,即高温稳定性有了一定提高;针入度指数明显增大,即沥青的温度敏感性有明显改善;沥青的其他各项指标均有提高,但延度有所降低。由各项试验数据得出,岩沥青掺量在 5%~10% 之间时沥青胶结料的

综合性能较好。

(2)随岩沥青掺量的增加,改性沥青混合料马歇尔稳定度增大,而流值变化不大。当岩沥青掺量在 5% 附近时,混合料的水稳定性能最好。掺岩沥青后,混合料的高温稳定性能有很大提高。混合料的弯曲劲度模量随岩沥青掺量的增加而增大,弯拉应变则不断减小,若控制沥青混合料小梁弯曲应变不大于 $2\,000\,\mu\epsilon$,则岩沥青的掺量不宜超过 7.3%。

(3)通过各性能试验的综合分析,岩沥青是一种性能优良的新型沥青添加剂,掺岩沥青的混合料具有一定推广价值,但建议适宜的岩沥青掺量为 6%;同时建议使用时应加强施工过程控制。

参考文献:

- [1] 石家庄市公路学会. 石家庄市天然岩沥青改性路面推广应用阶段总结[R]. 2004.
- [2] JTJ 052—2000, 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [3] 江苏省高速公路建设指挥部. 江苏省高速公路建设指挥部沥青路面施工技术指导意见汇编[R]. 2004.
- [4] JTG F40—2004, 公路沥青路面施工技术规范[S].

Research on Performance of ZIGLER Gilsonite Modified Asphalt Mixtures

HE Feng-ling, WANG Jie, DING Jian-ning

(Transportation College, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Abstract: Gilsonite is often used as an additive of asphalt pavements. It has been applied in projects of China and other countries. Performances of gilsonite asphalt binder are compared and analysed when different contents of gilsonite are blended into Korea SK asphalt and Taiwan CPC asphalt. Performances of gilsonite modified asphalt mixtures are compared and analysed when different contents of gilsonite are blended into AC-25 asphalt mixtures and Korea SK 70# used as basis asphalt. The appropriate contents of gilsonite are recommended.

Key words: gilsonite; asphalt binder; asphalt mixtures; performance; contents of gilsonite