

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2022.03.036

新型高强沥青及其混合料路用性能与工程示范应用研究

陈其龙^{1,2}, 覃峰^{1,2}, 靳卫华³, 唐双美²

(1. 广西交通职业技术学院, 广西 南宁 530216; 2. 广西南宁市筑路技术与筑路材料工程技术研究中心, 广西 南宁 530000; 3. 中远海运国际贸易有限公司, 北京市 100029)

摘要:通过在 70[#] Esso 重交基质沥青中掺入高强改性剂以及自研抗车辙剂制成新型高强沥青进行 SHRP 试验及其混合料路用性能研究。结果表明:添加高强改性剂以及自研抗车辙剂后,新型高强沥青胶结料的抗车辙因子、布氏黏度均较 SBS 改性沥青和 70[#] Esso 重交基质沥青有显著提高,新型高强沥青 PG 等级由 70[#] Esso 重交基质沥青的 PG 64-22 提高到了 PG 82-22,提升了 4 个等级;路用性能方面,相比于 SBS 改性沥青混合料,新型高强沥青混合料稳定度提升近 13%,冻融劈裂比提高 2.5%,动稳定度也得到了显著的提高。结合实际工程应用,对示范路段混合料进行了抽检,示范路段混合料级配、渗水系数等指标均符合设计要求。对于南方湿热地区高频重载路段,具有优良抗高温性能和水损害性能的新型高强沥青有着更广泛的应用前景。

关键词:新型高强沥青; SHRP; 性能等级; 混合料; 工程示范应用

中图分类号: U414 **文献标志码:** A

SHRP 试验是美国花费多年创建的一整套沥青试验新方法,该方法被用于对沥青的性能进行分级和评价,SHRP 试验的成功之处在于将沥青路面的路用性能与室内研究建立直观联系,把沥青的基本性能与其所处环境相结合,并通过最终的系列室内试验研究进行沥青路面的综合性能评价。柳叶芳等^[1]通过在沥青中掺入不同量的岩沥青制成岩沥青改性沥青进而进行 SHRP 试验,对不同掺量岩沥青改性沥青的性能进行研究,结果表明:在沥青中添加适量的岩沥青后,沥青胶结料的 $G^* / \sin \delta$ 、 $G^* \sin \delta$ 以及运动黏度值都有了显著提高,PG 高温等级提高了近 2 个等级。但其低温性能反而有所下降,因此,在实际应用岩沥青时,需严格控制其掺量;赵晓康等^[2-7]通过对 6 种不同油源及标号的石油沥青进行 DSR 试验,并以此来综合评价各沥青结合料的高温性能及抗疲劳性能,将其与中国常规试验结果进行对比分析,探究 SHRP 试验指标与中国沥青常规指标之间的关联性。结果表明:SHRP 试验指标可以将沥青的性质与其路用性能结合起来,能更好地反映沥青材料的路用性能;李海军等^[8-12]进行 SHRP 沥青胶结料试验,基于沥青路用性能的流程变力

学条件,测试不同标号、不同老化程度的道路沥青在一定适用温度范围内的性能特征,结果表明:胶结料高温指标车辙因子对于不同标号沥青的响应程度较低温指标劲度模量明显偏大。进一步研究分析得出:与现有的针入度试验方法比较,在评定石油沥青低温性能的量度方面,SHRP 方法的温度分级量度偏大;同济大学吕伟民等^[13-14]对高强沥青及其混合料进行研究,结果表明:高强混合料高温抗车辙性能较为突出,同时具有优良的低温抗裂性、水稳性能和力学性能。

该文通过将高强改性剂和自研抗车辙剂加入 70[#] Esso 重交基质沥青中得到新型高强改性沥青,进行 SHRP 试验以及路用性能与工程示范应用研究,根据试验检测结果综合评价新型高强沥青胶结料的高温性能及抗疲劳性能,论证新型高强沥青路面在中国南方湿热地区公路建设中应用的可行性。

1 试验原料

1.1 基质沥青

试验采用沥青类型为 70[#] Esso 重交基质沥青,沥

收稿日期:2021-05-14

基金项目:广西高校中青年教师科研基础能力提升项目(编号:2019KY1334);广西住建厅科学技术计划项目(编号:桂建科[2019]9 号);广西交通运输行业重点科技项目(编号:桂交便科[2020]111 号);南宁市科学研究与计划开发项目(编号:南科发[2020]11 号);国家自然科学基金资助项目(编号:51768016)

作者简介:陈其龙,男,讲师/工程师, E-mail:1293843315@qq.com

青针入度、软化点、延度等基本指标如表1所示。

1.2 高强改性剂

试验采用的高强改性剂(图1),最大程度上避免了无效组分的负作用,大幅改善了沥青的高温性能。

其对沥青各项性能指标改善效果更为均衡,并减轻了改性沥青在生产过程中的沥青老化现象,其主要性能指标检测结果如表2所示。

表1 70# Esso 重交基质沥青技术指标测定值

检测项目	单位	检测结果	规范要求	
针入度(25℃, 5 s, 100 g)	0.1 mm	62	60~80	
针入度指数 PI		-1.1	-1.5~+1.0	
软化点(环球法)	℃	47	≥46	
10℃延度(5 cm/min)	cm	35	≥20	
15℃延度(5 cm/min)	cm	>150	≥100	
60℃动力黏度	Pa·s	192	≥180	
闪点	℃	333	≥260	
溶解度	%	99.9	≥99.5	
蜡含量	%	1.1	≤2.2	
密度(15℃)	g/cm ³	1.032	实测记录	
TFOT后 (163℃, 5 h)	质量变化	%	-0.06	≤±0.8
	针入度比(25℃)	%	67	≥61
	残留延度(10℃)	cm	7	≥6
	残留延度(15℃)	cm	32	≥15
	SHRP 性能等级			PG 64-22



图1 高强改性剂



图2 自研抗车辙剂

表2 高强改性剂性能指标

项目	单位	检测结果
外观		白色或淡黄色固体小颗粒
化学组成		长链脂肪族烷烃
闪点(开口)	℃	290
滴熔点	℃	115

1.3 自研抗车辙剂

试验采用的自研抗车辙剂(图2)是经过多种改性剂进行复配得到,具有高软化点、高溶解度,适用性强等特点,与70# Esso 重交基质沥青具有良好的互溶性,其性能指标检测结果如表3所示。

表3 自研抗车辙剂指标性能

项目	单位	检测结果
软化点(环球法)	℃	120.1
溶解度(三氯乙烯)	%	99.78
闪点(开口)	℃	354.8
脆点	℃	-8.4
灰分含量	%	0.013

1.4 集料及填料

此次研究采用石灰岩加工所得的集料,粗集料为石灰岩,分为4档:15~20、10~15、5~10、3~5 mm;

细集料为石灰岩加工所得的石屑(0~3 mm);填料采用石灰岩碎石磨细的矿粉;各项指标均符合 JTG

F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》要求。集料及填料的性能指标测试结果如表 4 所示。

表 4 矿料技术指标试验结果

材料名称	指标	单位	试验结果	指标要求	试验方法	
粗集料	压碎值	%	21.3	≤22	T0316	
	磨耗损失	%	28.1	≤30	T0317	
	吸水率	%	2.3	≠3.0	T0304	
	针片状颗粒含量(>9.5 mm)	%	6.0	≤10	T0312	
	针片状颗粒含量(<9.5 mm)	%	8.4	≤10		
	软弱颗粒含量	%	0.9	≤2	T0320	
	水洗法<0.075 mm 的含量	%	0.4	≤0.5	T0303	
	表观相对密度		2.687	≥2.50	T0304	
	坚固性	%	2	≠12	T0314	
	表观相对密度		2.686	≥2.50	T0330	
坚固性(>0.3 mm)	%	5	≤8	T0340		
砂当量	%	76	≥70	T0334		
细集料	亚甲蓝值	g/kg	0.5	≠25	T0349	
	<0.075 mm 的含量	%	10.0	≤12	T0303	
	棱角性(流动时间)	s	49.0	≠30	T0345	
	含水量	%	0.2	≤1	T0103	
	<0.6 mm	100	%	100.0		
	粒度范围	<0.15 mm	90~100	%	99.2	T0351
		<0.075 mm	75~100	%	86.2	
		外观		无团粒结块	无团粒结块	
	矿粉	表观密度	g/cm ³	2.713	≠2.5	T0352
		亲水系数		0.5	≠1	T0353
塑性指数			2	<4	T0354	
加热安定性			无变化	实测	T0355	

2 样品制备

2.1 新型高强沥青样品制备

通过将 70# Ezzo 重交基质沥青加热到 180 °C,发育 3~5 h(保证发育时间不少于 3 h,新型高强沥青的性能才不会受影响),再按比例分别添加高强改性剂和自研抗车辙剂,使用剪切机高速旋转剪切,使得高强改性剂和自研抗车辙剂均匀地分散在基质沥青中,添加高强改性剂和自研抗车辙剂的中间需间隔 0.5 h,给予沥青充分的发育时间,改性结果及与 SBS 改性沥青对比结果如表 5 所示。

由表 5 可得出以下结论:

(1) 两种改性沥青都能满足中国现行 JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》的要求。

(2) 在高温性能、感温性能、弹性性能和抗老化性能方面,新型高强沥青明显优于 SBS 改性沥青。

(3) 在储存稳定性方面,新型高强沥青较 SBS 改性沥青略好。

(4) 两种改性沥青 135 °C 运动黏度均小于 3.0 Pa·s,能满足施工和易性要求。

2.2 SHRP 试验样品制备

根据 JTG E20—2011《规程》^[13]要求,DSR 试验样品通过将新型高强沥青在烘箱中加热至流动状态,取出试验板,将新型高强沥青浇筑至试验板中心处,待新型高强沥青变硬后将试验板装回流变仪;BBR 试验样

表5 改性沥青技术性能试验结果

试验项目	单位	新型高强 沥青	SBS 改性沥青	技术指 标要求	试验方法
针入度(25℃,100g,5s)	0.1 mm	27	49	20~55	T0604
针入度指数 PI		2.35	0.1	≥-0.4	T0604
延度(5℃,5cm/min)	cm	—	31	≥20	T0605
软化点(环球法)	℃	102.5	89.0	≥80	T0606
闪点(COC)	℃	344	326	≥230	T0611
黏韧性	N·m	14.1	—	≥5	T0624
韧性	N·m	1.4	—	≥1.0	T0624
弹性恢复(25℃)	%	95	93	≥65	T0662
密度(15℃)	g/cm ³	1.034	1.032	实测	T0603
溶解度(三氯乙烯)	%	99.22	99.85	≥99.0	T0607
135℃运动黏度	Pa·s	2.98	2.1	≤3.0	T0625
储存稳定性(离析,48h软化点差)	℃	0.8	1.0	≤2.5	T0661
薄膜加质量损失	%	0.028	-0.006	±1.0	T0609
热试验 (163℃ 7.5h) 残留针入度比(25℃)	%	96.3	80	≥70	T0604
7.5h) 残留延度(5℃,5cm/min)	cm	—	19	≥15	T0605
SHRP性能等级		PG 82-22	—	PG 82-22	AASHTOT 315-03

品通过将新型高强沥青在烘箱中加热,直到新型高强沥青充分流动容易浇注后,将新型高强沥青浇注在金属模中。待样品冷却至室温后,用加热过的刀切掉并切平冷却后高出模具顶端的新型高强沥青样品;旋转黏度试验样品通过将新型高强沥青加热至203℃保持40 min 备用。

2.3 混合料样品制备

根据 JTG E20—2011《规程》^[13] 要求,以配置好的新型高强沥青混合料采用旋转压实的方式成型试样,再以4.20%的油石比制备浸水马歇尔试样、冻融劈裂试样以及浸水车辙试样。

3 SHRP 试验

3.1 动态剪切流变仪(DSR)试验

试验采用动态剪切流变仪(DSR)测试新型高强沥青胶结料的流变性能。先将原样新型高强沥青、SBS改性沥青、70# Esso 重交基质沥青进行 DSR 试验,其所用试验板径为25.0 mm,试验间隙1.000 mm,试验频率10.0 rad/s,应变12%,试验结果如图3所示;然后将原样新型高强沥青经过 RTFOT 试验后残留物再进行 DSR 试验,其所用试验板径为25.0 mm,试验间隙1.000 mm,试验频率10.0 rad/s,应变10%,试验结果如图4所示;最后将 RTFOT 试验后的残留物进

行 PAV 老化后,取其残留物再次进行 DSR 试验,其所用试验板径为8.0 mm,试验间隙2.000 mm,试验频率10.0 rad/s,应变1%。试验结果如表6、7所示。

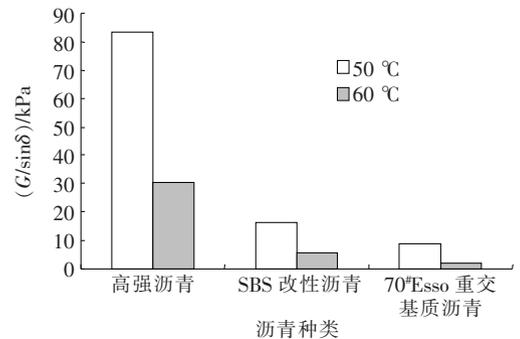


图3 不同品种原样沥青抗车辙因子试验结果

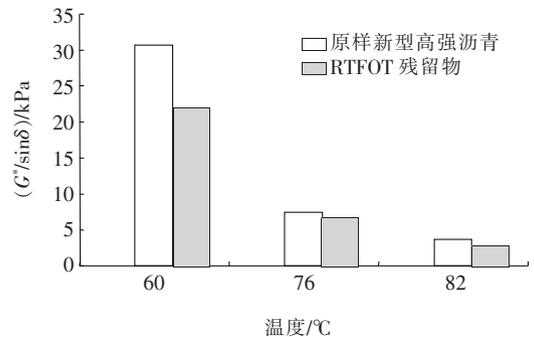


图4 原样新型高强沥青 RTFOT 残留物不同温度下抗车辙因子

表 6 PAV 残留物 DSR 试验指标性能

项目	复合模量 G^* /kPa			相位角 $\delta/(\circ)$			抗疲劳因子($G^* \sin\delta$)/kPa		
	34 °C	31 °C	28 °C	34 °C	31 °C	28 °C	34 °C	31 °C	28 °C
检测结果	1 510	4 523	5 596	53.5	50.08	47.84	1 214	3 469	4 148

表 7 不同品种沥青 PG 等级

沥青类型	PG 高温等级/°C
70# Esso 重交基质沥青	64
SBS 改性沥青	70
新型高强沥青	82

由图 3、4 及表 6、7 可得出:

(1) 在相同的试验温度下(50 °C 或 60 °C), 新型高强沥青的抗车辙因子 $G^*/\sin\delta$ 明显高于 SBS 改性沥青与 70# Esso 重交基质沥青, 说明新型高强沥青的高温性能和流变性能明显优于其他两种沥青, 更适用于南方高温地区。

(2) 在原样新型高强沥青 DSR 试验中, 试验温度在 60 °C 的抗车辙因子 $G^*/\sin\delta$ 是试验温度在 76 °C 的抗车辙因子 $G^*/\sin\delta$ 的 4.11 倍, 而试验温度在 82 °C 的抗车辙因子 $G^*/\sin\delta$ 仅是试验温度在 60 °C 的抗车辙因子 $G^*/\sin\delta$ 的 12.19%, 说明新型高强沥青的温感性能较强, 其弹性恢复能力随着试验温度的升高而降低。

(3) 同一温度等级下, 无论是原样新型高强沥青还是 RTFOT 老化后的新型高强沥青, 抗车辙因子 $G^*/\sin\delta$ 都会随着温度的提升而下降且 RTFOT 老化后的新型高强沥青抗车辙因子较原样新型高强沥青抗车辙因子 $G^*/\sin\delta$ 要小, 说明 RTFOT 老化后的新型高强沥青弹性恢复的能力在不断减小, 其老化后的抗车辙能力在不断弱化。

(4) 在温度下降的情况下, 新型高强沥青的复合模量上升, 相位角下降, 且抗疲劳因子 $G^* \sin\delta$ 均小于 5 000 kPa, 说明新型高强沥青疲劳损伤发展缓慢, 其抗疲劳性能优异。

(5) 新型高强沥青 PG 高温等级比 SBS 改性沥青提高了 2 个等级、比 70# Esso 重交基质沥青提高了 4 个等级, 其沥青结合料高温性能得到了极大的增强。

3.2 低温弯曲流变仪(BBR)试验

当沥青处于低温环境时, 其特性表现为弹性体, 如果沥青的蠕变劲度表现很大时, 则沥青会呈现脆性状态, 此时, 其呈现的脆性状态会使得沥青路面容易

开裂。因此, 为防止沥青路面开裂破坏, 需要限制沥青的蠕变劲度。该文拟采用弯曲梁流变仪来测定沥青在低温下的蠕变劲度, 参照 Superpave 规范关于 BBR 试验要求, 分别对原样新型高强沥青、RTFOT 老化后的沥青及 PAV 老化后的沥青进行了低温流变试验研究, 试验结果见表 8。

表 8 新型高强沥青 BBR 试验指标性能

沥青种类	试验温度/°C	检测结果		PG 低温等级/°C
		S/MPa	m 值	
原样新型	-12	51.6	0.419	-22
高强沥青	-18	248.1	0.266	-28
RTFOT 老化后	-12	59.6	0.434	-22
的高强沥青	-18	268.3	0.274	-28
PAV 老化	-12	137	0.352	-22
	-18	273	0.298	-28

由表 8 可以看出:

(1) 无论是原样、RTFOT 老化还是 PAV 老化后的新型高强沥青, 其在试验温度为 -12 °C 时 m 值均符合规程不小于 0.300 的要求, 但当试验温度为 -18 °C 时, 3 种高强沥青的 m 值均不满足要求。同等试验温度下, 经过老化后的新型高强沥青低温性能变化幅度不大。

(2) 无论是原样、RTFOT 老化还是 PAV 老化后的新型高强沥青, 其 PG 低温等级均为 -22 °C, 未有变化。

3.3 旋转黏度试验

布洛克菲尔德旋转黏度仪是通过测定胶结料的黏度来评估其高温工作特性的设备。测量高温胶结料的黏性, 是为了保证沥青在灌装以及与混合料拌和时能够有足够的流动性, 满足工作性的要求。该文参照 AASHTO T316 方法进行布洛克菲尔德旋转黏度试验, 试验结果见表 9。

由表 9 可以看出:

(1) 不同种类沥青在 135 °C 的试验温度情况下, 其布氏黏度均小于 3.000 Pa·s, 符合相关规范和标准的要求。

表9 不同种沥青布洛克菲尔德旋转黏度指标性能

沥青类型	试验温度/°C	黏度/(Pa·s)
70 [#] Esso 重交基质沥青	135	0.419
SBS 改性沥青	135	2.100
原样新型高强沥青	135	2.980

(2) 新型高强沥青的布氏黏度为 2.980 Pa·s, 仅是略小于规范要求的 3.000 Pa·s, 说明在 70[#] Esso 重交基质沥青中加入的高强改性剂和抗车辙剂大大增强了沥青的黏性, 其工作性能有所降低, 但不影响其正常使用。

3.4 沥青混合料矿料级配

试验结合工程实际及实际经验设计的级配如图 5 所示。

3.5 沥青混合料马歇尔试验

试验采用旋转压实仪成型试样。试样冷却 24 h 后测定并记录测试结果如表 10 所示。

3.6 沥青混合料浸水马歇尔试验

试验依据《规程》要求成型试件, 冷却 24 h 后脱

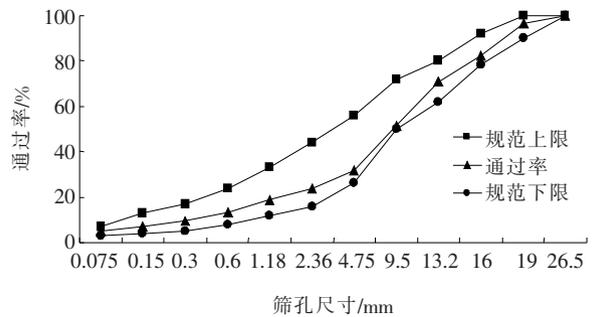


图5 新型高强沥青混合料 AC-20 级配曲线

模, 试样需在 (60±0.5) °C 恒温水浴中浸泡 48 h。测定各自稳定度并计算残留稳定度, 结果见表 11。

3.7 沥青混合料冻融劈裂试验

根据《规程》的要求成型试样, 各个掺量的混合料采用 8 个试样数, 分别对其编号并随机分成 2 组。第一组室温下保存备用; 第二组按规范规定进行真空饱水后放入 (-18±2) °C 冰箱冷冻 (16±1) h, 时间到后再放入 (60±0.5) °C 的恒温水箱中保温 24 h。最后需要将两组试样一起放入 (25±0.5) °C 的恒温水槽中不少于 2 h 后测试各组抗拉劈裂强度, 结果见表 12。

表10 沥青混合料马歇尔试验指标

项目	最佳油石比/%	毛体积相对密度	最大理论相对密度	空隙率 VV/%	矿料间隙率 VMA/%	沥青饱和度 VFA/%	稳定度 MS/kN	流值 FL/mm	旋转压实次数/次
新型高强沥青混合料	4.20	2.443	2.544	4.0	13.3	70.0	16.38	3.26	100
SBS 改性沥青混合料	4.30	2.443	2.542	3.8	12.8	70.5	14.54	3.40	
指标要求				3~6	≥VV+9	65~75	≥8	1.5~4	

表11 沥青混合料浸水马歇尔指标

混合料类型	标准马歇尔稳定度 MS/kN	浸水马歇尔稳定度 MS _i /kN	浸水马歇尔残留稳定度 MS _o /%	设计要求/%
新型高强沥青混合料	16.38	16.12	98.4	≥85
SBS 改性沥青混合料	14.54	14.01	96.4	>85

表12 沥青混合料冻融劈裂指标

混合料类型	未冻融循环组试件劈裂强度 R ₁₁ /MPa	经受冻融循环组试件劈裂强度 R ₁₂ /MPa	冻融劈裂强度比 TSR/%	设计要求/%
新型高强沥青混合料	1.032	0.914	88.6	≥80
SBS 改性沥青混合料	0.974	0.842	86.4	≥80

3.8 沥青混合料高温稳定性试验

通过将常规成型冷却的车辙试样放入预先准备好的 (60±1) °C 烘箱中不小于 4 h, 然后将试件分别放入车辙试验机内, 试验时将车辙仪温度设置为 (60±1)

°C, 荷载轮压 (0.7±0.05) MPa, 作用时间 60 min。测试 45~60 min 内的试样变形量、计算该时间段内试样的动稳定度如表 13 所示。

表 13 沥青混合料车辙指标

项目	理论最大 相对密度	动稳定度/(次·mm ⁻¹)				偏差系 数/%
		1	2	3	平均值	
新型高强沥青混合料	2.544	12 236	13 378	13 124	12 912	9.3
SBS 改性沥青混合料	2.542	6 890	6 549	7 123	6 854	4.2
技术要求					≥4 000	≤20

由表 10~13 可知:

两种改性沥青制备的相应混合料的性能相差较大,具体表现为:

(1) 新型高强沥青混合料的稳定度较 SBS 改性沥青混合料稳定度提升近 13%,稳定度是反映混合料试件力学性能的重要指标,能够直观地看到混合料抵抗破坏的能力,也是沥青混合料高温稳定性能的评价指标。

(2) 两种改性沥青混合料矿料间隙率都满足指标要求,矿料间隙率是表征沥青混合料强度和耐久性的重要参数之一。矿料间隙率偏小,沥青混合料的耐久性无法保证,将会大大减小沥青路面的使用寿命,但 VMA 过大则会影响混合料的高温稳定性能。

(3) 新型高强沥青混合料浸水马歇尔残留稳定度是 SBS 改性沥青混合料浸水马歇尔残留稳定度的 1.02 倍,说明新型高强沥青混合料的力学特性较 SBS 改性沥青混合料有了明显的提升。

(4) 在抗水损害性能、抗高温车辙性能方面,新型高强沥青混合料性能明显优于 SBS 改性沥青混合料,

新型高强沥青混合料冻融劈裂比较 SBS 改性沥青混合料冻融劈裂比提高了 2.5%,新型高强沥青混合料动稳定度是 SBS 改性沥青混合料动稳定度的 1.88 倍。

4 工程示范应用

2020 年 10 月 23 日至 10 月 30 日,广西交通职业技术学院联合中远海运国际贸易有限公司、广西路建工程集团有限公司共同研发的国产新型高强沥青在松旺至铁山港东岸高速公路 K9+000~K11+000 标段中、上面层成功铺筑(该项目其余标段上面层均采用 SBS 改性沥青进行铺筑)。在工程示范段施工过程中,对新型高强沥青中、上面层的施工及检测过程进行了全程跟踪,各项技术指标均符合规范和设计要求,为国产新型高强沥青的施工、推广与应用提供了技术指导。

工程示范路段中、上面层铺筑结束第 2 天即分别对中、上面层进行混合料抽检试验、钻芯取样检测试验和渗水系数检测试验,结果如表 14~16 所示。

表 14 混合料抽检试验

项目	沥青用 量/%	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%												
		26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
生产配 合比	上面层	5.00	100	100	100	97.0	69.2	38.3	33.2	20.4	14.3	10.1	8.3	7.2
		4.94	100	100	100	95.0	72.5	42.0	34.8	23.5	17.0	13.5	9.0	6.0
	中面层	4.30	100	97.7	82.3	70.6	51.5	31.9	23.9	18.8	13.3	9.4	7.0	5.4
		4.32	100	96.0	83.5	71.5	56.8	33.3	24.5	18.4	13.5	9.5	7.6	6.1

从表 14~16 可以看出:各项检测指标均能满足规范要求,整体检测结果表明新型高强沥青混合料工程示范路段施工状况良好,对于在南方湿热地区,高频重载路段来说,具有优良抗高温性能和水损害性能的新型高强沥青有着更广泛的应用前景。

5 结论

(1) 在高温性能、感温性能、弹性性能和抗老化性能方面,新型高强沥青明显优于 SBS 改性沥青;在储

表 15 钻芯取样检测试验结果

层位	里程	空气中质 量/g	水中质 量/g	表干质 量/g	厚度/ mm
上面层	K9+421	704.6	423.8	705.8	38
	K9+803	715.8	429.7	716.9	42
	K10+224	732.5	440.2	734.2	43
中面层	K9+104	1 082.5	654.2	1 089.7	65
	K9+446	1 105.6	665.5	1 109.9	60
	K10+395	1 126.8	678.4	1 131.2	62

表 16 渗水系数检测试验结果

层位	试验编号	里程	渗水系数/(mL·min ⁻¹)	
			实测值	技术要求
上面层	1	K9+168	43	≤120
	2	K9+265	48	
中面层	1	K9+886	65	
	2	K10+053	72	

存稳定性方面,新型高强沥青较 SBS 改性沥青略好。

(2) 在原样新型高强沥青 DSR 试验中,60℃ 的抗车辙因子 $G^*/\sin\delta$ 是 76℃ 抗车辙因子的 4.11 倍,而 82℃ 的抗车辙因子 $G^*/\sin\delta$ 仅是 60℃ 的抗车辙因子的 12.19%,说明新型高强沥青的温感性能较强,其弹性恢复的能力随着试验温度的升高而降低。

(3) 在温度下降的情况下,新型高强沥青的复合模量上升,相位角下降,且抗疲劳因子 $G^*\sin\delta$ 均小于 5 000 kPa,说明新型高强沥青疲劳损伤发展缓慢,其抗疲劳性能优异。

(4) 新型高强沥青 PG 高温等级比 SBS 改性沥青提高了 2 个等级、比 70[#] E_{SSO} 重交基质沥青提高了 4 个等级,其 PG 低温等级均为 -22℃,未有变化。

(5) 新型高强沥青的布氏黏度为 2.980 Pa·s,仅略小于规范要求的 3.000 Pa·s,说明在 70[#] E_{SSO} 重交基质沥青中加入的高强改性剂和抗车辙剂大大增强了沥青的黏性,其工作性能有所降低,但不影响其正常使用。

(6) 在路用性能方面,相比于 SBS 改性沥青混合料,新型高强沥青混合料稳定度提升近 13%,冻融劈裂比提高了 2.5%,动稳定度得到了显著的提高,有效提高混合料的抗变形能力。

(7) 对工程示范应用路段开展了混合料抽检、钻芯取样、渗水系数检测等试验,整体检测结果表明:新型高强沥青混合料工程示范路段施工状况良好,对于南方湿热地区高频重载路段,具有优良抗高温性能和水损害性能的新型高强沥青有着更广泛的应用前景。

参考文献:

- [1] 柳叶芳,郝永峰,王法雨,等.天然岩沥青改性沥青性能的 SHRP 试验研究[J].现代交通技术,2011,8(1):4-6,19.
- [2] 赵晓康,刘晨,郑晨,等.基于 DSR 的沥青 SHRP 试验指标研究[J].河南科技,2015(22):76-77.
- [3] 宋志宇,陈兆坤.BRA(布敦岩沥青)改性沥青常规试验指标与 SHRP 试验结果的比较[J].科技之友,2010(10):13-14.
- [4] 沈金安.SHRP 沥青新标准补充说明[J].石油沥青,1993,7(3):55-59.
- [5] Edward Harrigan,沈金安.SHRP 沥青标准征求意见稿[J].石油沥青,1991,5(4):43-47,5.
- [6] 丁红霞,程国香,张建峰.SHRP 评价改性沥青的性能研究[J].石油沥青,2012,26(4):31-34.
- [7] 陈静云,赵慧敏.用 SHRP 方法评价再生沥青性能[J].大连理工大学学报,2011,51(1):68-72.
- [8] 李海军,黄晓明.SHRP 沥青性能分级量度的探讨[J].公路交通科技,2006,23(2):36-38.
- [9] 冯中良,贾渝,王瑞强.SHRP 沥青数据库蜡含量数据分析[J].公路,2008,53(10):211-213.
- [10] 郑南翔,张霞,李安.对 SHRP 沥青分级存在问题的探讨[J].公路交通科技,2004,21(9):44-56.
- [11] 樊永革,樊鸿.美国 SHRP 沥青混合料设计及主要试验方法简介[J].黑龙江交通科技,2003,26(10):25-26.
- [12] 张国辉,陈波,郭宏斌.SHRP 规范检测标准在长余高速公路改性沥青路面施工中的应用[J].东北公路,2003,26(3):49-51.
- [13] 吕伟民.热拌高强沥青混凝土的配制原理及其力学特性[J].同济大学学报(自然科学版),1995,23(5):519-523.
- [14] 吕伟民,郭志印.高强沥青混凝土的配制及其特性[J].中国公路学报,1996,9(1):8-13.
- [15] 交通运输部公路科学研究院.公路工程沥青及沥青混合料试验规程:JTG E20-2011[S].北京:人民交通出版社,2011.
- [16] 覃峰.蔗渣纤维沥青混合料超薄路面层抗腐性能试验研究[J].新型建筑材料,2017,44(2):10-14.