

文章编号:1672-058X(2013)02-0051-05

# 废旧 LDPE 改性沥青 SMA-13 路用性能研究\*

徐 福, 杨春贵, 詹成根

(重庆市智翔铺道技术工程有限公司, 重庆 401336)

**摘 要:**采用颗粒状回收 LDPE 材料制备改性沥青,进行结合料性能检测后用于拌制 SMA-13 混合料;对 SMA-13 的级配进行优化并确定最佳油石比,并按最佳油石比成型混合料试件研究高、低温性能、水稳定性;研究表明:与 70# 基质沥青相比,6% 的 LDPE 改性沥青使 SMA-13 的 DS 提高 4 倍;LDPE 改性沥青 -10 °C 低温极限弯曲应变 3 900  $\mu\epsilon$ ,冻融劈裂强度比、残留稳定度满足现行规范要求。

**关键词:**道路工程;废旧塑料;改性沥青;固废利用;车辙

**中图分类号:**U416.217

**文献标志码:**A

目前,一方面,我国城市和农村每天都产生大量的废旧塑料,形成“白色污染”并造成资源浪费的问题。另一方面,石油价格快速上涨,沥青及各种聚合物改性剂价格高涨,使路面投资增加,同时,沥青路面普遍存在在耐久性差、高温稳定性差、使用寿命短的问题<sup>[1]</sup>。废旧塑料改性沥青的大量应用将减少“白色污染”,保护环境,节约资源,变废为宝,同时减少路面车辙,延长路面使用寿命,节约工程投资,具有重要的社会效益和经济效益<sup>[2-4]</sup>。在环境保护和资源问题十分突出,以建设资源节约环境友好型社会作为国策的今天,开发废旧塑料改性沥青技术具有一定意义。采用废旧塑料中数量最大的品种低密度聚乙烯(LDPE)来制备改性沥青(图1),LDPE 试样为红色,由回收服装包装袋直接塑化造粒得到,造粒过程中未掺入新料。现对改性沥青进行性能测试,研究其对沥青路用性能的影响。

## 1 改性沥青的制备及性能

采用高速剪切混合乳化机制备 LDPE 改性沥青,剪切速率为 5 000 ~ 8 000 r/min。先将基质沥青在 110 °C 下脱水 30 min,升温到 175 °C,加入 LDPE,剪切 30 min 制成 LDPE 改性沥青<sup>[5,6]</sup>。LDPE 改性沥青性能列于表 1。



图 1 废旧 LDPE

表 1 SK-70 基质沥青和 LDPE 改性沥青性能比较

技术指标	SK-70 基质沥青	6% LDPE 改性沥青
15 °C 针入度,0.1 mm	43	20
25 °C 针入度,0.1 mm	63	37
30 °C 针入度,0.1 mm	92	54
软化点,°C	48	76
延度(5 °C),mm	28.6	5.4
RTFOT 质量损失,%	0.12	0.02
RTFOT 针入度比	77.6	88.6
RTFOT5 °C 延度	21.1	4.1

收稿日期:2012-06-26;修回日期:2012-08-07.

\* 基金项目:重庆市教委基金项目(20090402).

作者简介:徐福(1981-),男,重庆人,工程师,从事路面材料与施工技术研究.

表 1 测试数据表明,6% 的 LDPE 提高了沥青的软化点,降低了沥青的针入度及延度,使沥青老化后质量损失减少,针入度比提高。根据沥青指标与混合料性能的相关性,可认为 LDPE 能够改善沥青混合料的高温性能和耐老化性能,但一定程度地降低了沥青混合料的低温性能。因此,LDPE 改性沥青适用于夏季气温较高、高温历时较长且冬季温暖的地区。

## 2 SMA13 性能研究

SMA 是一种由集料骨架和填充在骨料内的沥青玛蹄脂所组成的断级配沥青混合料,粗集料含量高、细集料含量少、矿粉和沥青含量高是 SMA 混合料的特点,较多的粗集料相互嵌挤构成了混合料的骨架,使混合料具有优良的高温抗变形能力;富含沥青及矿粉并有适量纤维的沥青玛蹄脂填充于粗集料骨架中,赋予混合料良好的抗裂性、密水性和耐久性。

### 2.1 原材料

(1) 集料与填料。采用的粗集料为辉绿岩,细集料为石灰岩,填料采用石灰石磨细矿粉。各种集料及填料的密度见表 2。

表 2 集料和填料的密度

集料类别		10 ~ 15 mm	5 ~ 10 mm	0 ~ 5 mm
辉绿岩	表观相对密度	2.995	2.933	—
	毛体积相对密度	2.860	2.846	—
石灰岩	表观相对密度	—	—	—
	毛体积相对密度	—	—	2.735
矿粉表观相对密度		2.715		

(2) 纤维。应用于沥青混合料的纤维主要有三类:矿物纤维、木质纤维和合成有机纤维。这三类纤维在沥青中都是不溶的,在沥青中是以分散相存在,对沥青组分的化学性质无影响,其作用相当于原沥青中的沥青质。研究选择聚酯纤维进行性能试验研究。就聚酯纤维,通过一些试验,对其性能进行了测试。在 170 ~ 180 °C 温度下,制备纤维沥青,采用 SK-70 沥青,按沥青质量的 4.9% 掺加纤维,制备纤维沥青,进行 15 °C 延度,175 °C 粘度,25 °C 粘韧性试验,试验结果见表 3。

表 3 纤维沥青试验结果

试验项目	SK-70	SK-70 + 有机纤维
延度(15 °C)/cm	>100	5.7
粘度(175 °C)/(mPa/s)	84.53	1 073.75
粘韧性/(N/m)	—	3.53
韧性/(N/m)	—	-0.02

从表 3 可以看出:由于纤维的加入,影响了沥青的均匀性,延度有所减小,粘度大幅度增大。

### 2.2 SMA-13 的级配确定

根据集料筛分结果,结合使用经验,初拟满足规范要求的 3 种级配,合成级配见表 4。

表 4 合成级配

通过率/%	级配种类			级配范围
	级配 1	级配 2	级配 3	
16.0	100.0	100.0	100.0	100
13.2	94.0	94.8	94.6	90 ~ 100
9.5	60.1	64.9	63.8	50 ~ 75
4.75	21.8	26.4	23.7	20 ~ 34
2.36	17.8	21.2	19.2	15 ~ 26
1.18	15.5	18.0	16.5	14 ~ 24
0.6	13.2	14.8	13.8	12 ~ 20
0.3	11.6	12.6	12.0	10 ~ 16
0.15	10.9	11.7	11.2	9 ~ 15
0.075	9.2	9.8	9.5	8 ~ 12

根据经验选用油石比为 6.2%,采用马歇尔试验方法对 SMA13 的 3 种级配的混合料体积参数进行检测,检测结果见表 5。

表 5 SMA13 的 3 种级配的混合料体积参数检测表

混合料种类	SMA13 级配 1	SMA13 级配 2	SMA13 级配 3
纤维用量/%	0.3	0.3	0.3
毛体积相对密度	2.460	2.471	2.465
最大密度(计算)	2.562	2.558	2.561
空隙率/%	4.0	3.4	3.7
VMA/%	17.3	16.9	17.1
VFA/%	76.9	79.9	78.4
稳定度/kN	7.21	7.49	7.31
流值/0.1 mm	2.3	2.2	2.3

从表 5 中的数据分析可得,混合料较佳级配为级配 3,故选用级配 3 作为 SMA13 沥青混合料的设计级配。配合比为:10 ~ 15 mm : 5 ~ 10 mm : 0 ~ 5 mm : 矿粉 = 35 : 41 : 15 : 9。

由表 5 可以看出,级配 3 的各项指标均满足设计要求且较级配 1、级配 2 的综合性能更加优良。

### 2.3 SMA-13 油石比确定

用选定级配 3 分别选用油石比为 5.9%、6.2%、6.5% 进行混合料性能试验,纤维用量 0.3% (纤维用量为混合料总量的 0.3%)。检测结果见表 6。

表 6 不同油石比 SMA13 混合料马歇尔试验结果

油石比/%	5.9	6.2	6.5
纤维用量/%	0.3	0.3	0.3
毛体积相对密度	2.454	2.465	2.460
最大密度	2.573	2.561	2.551
空隙率/%	4.6	3.7	3.6
VMA/%	17.2	17.1	17.6
VFA/%	73.3	78.4	79.5
稳定度/kN	6.98	7.31	7.05
流值/0.1 mm	2.8	2.3	2.7

根据试验结果分析,选定最佳油石比为 6.2%。以析漏损失率和飞散损失率作为检验指标,进行沥青混合料谢伦堡析漏试验及肯特堡飞散试验,检验结果:析漏损失率为 0.07%,飞散损失率为 4.2%,满足规范要求。

#### 2.4 SMA-13 路用性能研究

制备 SMA-13 混合料试件时,改性沥青为未经存放的新改性沥青,以防材料离析。混合料成型时均按马歇尔标准密度的 98% 制作。

(1) 热稳性能。研究采用 60 ℃、0.7 Mpa 轮压,试验轮往返碾压速度为 42 次/min 的试验条件下沥青混合料车辙试验研究了 SMA 的热稳定性,试验结果见表 7。试验结果表明,6% LDPE 改性沥青 SK-70 的 SMA13 混合料的动稳定度满足规范的要求 (>3000),约为基质沥青的 4 倍,说明经 LDPE 改性后,混合料的抗车辙能力大大提高。同时,辙槽深度指标也可以得到相同的结论。

表 7 SK70 与 LDPE 改性 SK70# 的 SMA13 高、低温性能对比

	SK70#		6% LDPE 改性 SK70#	
	均值	变异系数/%	均值	变异系数/%
动稳定度/(次/mm)	835	8.8	3246	18.6
车辙深度/mm	5.623	18.8	3.874	23.6
极限弯曲应变/ $10^{-3}$	3.8	17.6	3.9	15.7

(2) 低温性能。以 -10℃ 下小梁低温弯曲试验结果评价改性沥青 SMA13 的低温性能,加载速率为 50 mm/min,试件尺寸 300 × 100 × 50 mm,试验结果如表 7。试验结果表明,LDPE 改性沥青混合料 -10 ℃ 低温极限弯曲应变达 3 900  $\mu\epsilon$ ,与基质沥青相当。因此,LDPE 掺入虽然使沥青的延度减小,但并未明显降低混合料的低温性能。

(3) 抗水损害性能。抗水损害能力对路面铺装非常重要,地表水渗入路面内部,在行车荷载形成的动水压力作用下,很可能造成沥青从集料表面剥落,从而造成路面铺装的水损害。为此,除采用浸水马歇尔试验外,还采用冻融劈裂试验方法来检测 SMA13 混合料抗水损害的能力。

浸水马歇尔试验是通过测试马歇尔试件在 60 ℃ 水中浸水 48 h 前后的马歇尔稳定度比来评价沥青混合料的抗水损害性能;冻融劈裂试验是通过测试马歇尔试件在经过一个冻融循环(试件真空饱水后,在 -18 ℃ 条件下冷冻 16 h,然后放入 60 ℃ 的恒温水槽中保温 24 h 为一个冻融循环)前后在 25 ℃ 条件下的劈裂抗拉强度比来评价沥青混合料的抗水损害性能;两种试验的加载速率均为 50 mm/min;试验结果见表 8 所示。

表 8 SK70 与 LDPE 改性 SK70# 的 SMA13 水稳定性对比

	劈裂抗拉 强度/Mpa	冻融劈裂 抗拉强度/Mpa	冻融劈裂 抗拉强度比/%	稳定度 /kN	浸水稳定度 /kN	残留稳定度比 /%	指标要求 /%
SK70#	0.84	0.80	95.1	5.4	4.4	84.6	≥80
6% LDPE 改性 SK70#	1.13	1.06	94.0	7.4	6.6	89.2	≥80

由表 8 可以看出,LDPE 改性沥青 SMA13 的冻融劈裂抗拉强度比和残留稳定度比试验结果与基质沥青 SMA13 相当,满足规范要求,证明 LDPE 不会降低混合料的抗水损害能力。另外,常温及高温条件的 LDPE 改性沥青 SMA-13 的劈裂强度及稳定度均高于基质沥青,说明 LDPE 提高了混合料的整体强度。

### 3 结 论

综上所述,6% LDPE 改性沥青 SK-70 的 SMA13 混合物具有良好的路用性能,LDPE 使混合物的高温性能、常温强度大大提高,同时不损害混合物的低温性能及水稳定性能,是一种具有推广应用价值的绿色路面材料。

#### 参考文献:

- [1] 张争奇,张登良. 聚乙烯改性沥青研究[J]. 中国公路学报,1996,9(3):14-19
- [2] 赖增成,刘克,杨锡武,等. 废旧塑料改性沥青的性能研究[J]. 海南大学学报:自然科学版,2010,28(4):358-362
- [3] 张敏. NOVOPHALT 改性沥青路面质量的控制技术[J]. 中外公路,2004(4):114-119
- [4] 顾炜丹,吴清高,郝金海. 微表处在公路养护中的应用[J]. 重庆工商大学学报:自然科版,2007,24(3):309-312
- [5] 陈建,许永明. 聚乙烯改性沥青路用性能的室内研究[J]. 公路交通科技,1995,12(1):19-24
- [6] AMIEL B S, ALAN J L. Effect of particle morphology on the emulsion stability and mechanical performance of polyolefin modified asphalts[J]. Polymer Engineering and Science,1998,38(5):707-715

## Research on Performance of Waste LDPE Modified Asphalt SMA-13

**XU Fu, YANG Chun-gui, ZHAN Cheng-gen**

(Chongqing Zhixiang Paving Technology Engineering Co., Ltd, Chongqing 401336, China)

**Abstract:** In this paper, the granulated recycled LDPE materials are used to prepare modified asphalt and to conduct the combination material performance testing for SMA-13 mixture. SMA-13 is graded to optimize and determine the best aggregate ratio. According to the optimal Whetstone ratio, the molding mixture specimen is made to study low temperature performance and water stability performance. The study shows that: 70 # asphalt is compared with 6% of LDPE modified asphalt so that the SMA-13 DS increased by 4 times; LDPE modified asphalt -10°C low temperature limit bending strain is 3 900  $\mu\epsilon$ , freeze-thaw cleavage strength ratio and residual stability meet current regulatory requirements.

**Key words:** highway engineering; waste plastic; modified asphalt; solid waste use; rut

责任编辑:田 静