

# 玄武岩纤维增强 BRA 改性 SMA-13 沥青 混合料路用性能研究

李献勇

(岩土科技股份有限公司, 浙江 杭州 317300)

**摘要:** 布敦岩沥青(BRA)和玄武岩纤维具有较好的路用性能,能改善沥青混合料的性能。文中综合利用两者的优势,开展玄武岩纤维增强 BRA 改性 SMA-13 矿料级配设计及路用性能试验研究,确定 BRA 及玄武岩纤维的最佳掺量分别为 3%、0.3%;试验结果表明,与 SBS-SMA-13 沥青混合料相比,在 BRA 及玄武岩纤维最佳掺量下,BRA-MA-13 混合料的高温抗车辙、水稳定性、抗渗及抗滑能力均得到改善,但低温抗开裂能力略有下降,BRA 与玄武岩纤维的掺入能增强 SMA-13 的路用性能。

**关键词:** 公路;玄武岩纤维;布敦岩沥青(BRA);沥青混合料;路用性能

**中图分类号:** U418.6

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-2668(2019)06-0066-04

随着经济的快速发展,高等级公路交通量特别是重轴载车辆增多,原有沥青路面设计理念及设计要求已不能满足要求。沥青路面在投入运营早期会出现裂缝、松散、车辙等病害,严重影响道路的使用性能及使用年限,采用高性能沥青混合料改善沥青路面的使用性能至关重要。天然沥青由于长期处在外界环境中,其各项性能趋于稳定,同时天然沥青与常规基质沥青有很好的相容性,能均匀分散到沥青混合料中,对沥青混合料起到改性效果。常见的天然沥青包括岩沥青、湖沥青及海底沥青,其中布敦岩沥青(BRA)在沥青混合料中应用最广。BRA 主要由天然沥青及矿物质构成,其中沥青含量为 20%~30%,且矿物质粒径较小,对沥青具有较强的吸附能力,故 BRA 对混合料的作用效果主要为物理改性。

在沥青混合料中掺入适量 BRA 能改善沥青路面的路用性能,延长沥青路面的使用寿命。该文选用高等级公路上面层常用的 SMA-13 沥青混合料,进行玄武岩纤维增强 BRA 改性 SMA-13 沥青混合料矿料级配设计及路用性能试验,并与 SBS 改性 SMA-13 沥青混合料进行比较,为新材料在沥青混合料中的应用提供依据。

## 1 原材料

### 1.1 沥青

参照 JTG E20-2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》的相关要求,选用 A-70<sup>#</sup> 沥青、SBS I-D 改性沥青,其主要技术指标见表 1;岩沥青选用 BRA,其主要技术指标见表 2。

表 1 两种沥青的主要技术指标

检测项目	A-70 <sup>#</sup> 沥青的技术指标		SBS I-D 沥青的技术指标	
	技术要求	试验结果	技术要求	试验结果
针入度(25℃)/(0.1 mm)	60~80	71	40~60	52
延度(5 cm/min, 15℃)/cm	≥100	124	≥20	37
软化点/℃	≥45	53	≥60	69
溶解度/%	≥99.5	99.8	≥99	99.4
闪点/℃	≥260	273	≥230	247
密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	实测值	1.024	实测值	1.021
质量变化/%	±0.8	-0.21	±1.0	-0.38
RTFOT 后残留物	针入度比(25℃)/%	≥61	≥65	71
	残留延度(10℃)/cm	≥6	≥15	23

表 2 BRA 的主要技术指标

检测项目	技术要求	试验结果
沥青含量/%	≥18	24.7
溶解度/%	≥18	24.3
密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	1.7~1.9	1.83
闪点/℃	≥230	243
含水量/%	≤2.0	0.8
加热损失/%	≤2.0	1.6
最大颗粒尺寸/mm	≤2.36	2.36

1.2 纤维

SBS 改性 SMA 混合料中掺入木质素纤维作为稳定剂,BRA 改性 SMA 混合料中掺入玄武岩纤维作为稳定剂,增强混合料的路用性能。两种纤维的主要技术指标分别见表 3、表 4。

表 3 木质素纤维的主要技术指标

检测项目	技术要求	试验结果
纤维长度/mm	≤6	1.2
pH 值	7.5±1.0	7.8
灰分含量/%	18±5	21.4
密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	—	0.93
含水量/%	≤5	3.6
吸油率/%	≥500	531

表 4 玄武岩纤维的主要技术指标

检测项目	技术要求	试验结果
纤维长度/mm	5~15	6
颜色	—	灰色
可燃物含量/%	0.1~1.0	0.24
密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	—	2.738
含水量/%	≤0.2	0.13
吸油率/%	≥50	76

1.3 配合比设计及马歇尔试验

混合料级配类型为 SMA-13,粗集料为 3~5、5~10、11~15 mm 玄武岩碎石,细集料为 0~3 mm 石灰岩机制砂,填料采用石灰岩磨制的矿粉。经检测,粗、细集料及矿粉的各项指标均满足相关规范要求。玄武岩纤维增强 BRA 改性 SMA-13 混合料中 BRA 的最佳掺量为 3%(会替代部分矿粉及细集料),玄武岩纤维的最佳掺量为 0.3%,常规 SBS 改性 SMA-13 混合料中木质素纤维的最佳掺量为 0.3%。两种混合料的配合比见表 5,最佳油石比及马歇尔试验结果见表 6。

2 路用性能分析

2.1 高温稳定性

选用车辙试验评价沥青混合料的抗车辙能力,

表 5 沥青混合料的矿料级配

级配类型	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%								
	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
上限	100.0	75.0	34.0	26.0	24.0	20.0	16.0	15.0	12.0
下限	90.0	50.0	20.0	15.0	14.0	12.0	10.0	9.0	8.0
设计级配	95.3	61.3	29.3	23.6	18.8	16.7	12.5	11.4	9.8

表 6 沥青混合料的最佳油石比及马歇尔试验结果

混合料类型	最佳油石比/%	毛体积相对密度	空隙率/%	矿料间隙率/%	沥青饱和度%	马歇尔稳定度/kN	流值/mm
BRA-SMA-13	6.1	2.463	3.7	17.6	78.6	9.76	3.9
SBS-SMA-13	6.0	2.458	3.9	17.8	77.9	8.73	4.1

反映沥青路面抵抗塑性变形的能力。在 60℃时模拟沥青路面的车辆荷载作用,使试件产生推移、剪切最终形成车辙。两种沥青混合料的动稳定度试验结果见图 1。

由图 1 可知:两种 SMA-13 混合料的高温稳定性均满足规范要求;BRA-SMA-13 的动稳定度比 SBS-SMA-13 提高 32.0%,主要是因为

BRA 中天然沥青与基质沥青具有较好的相容性,且 BRA 中矿物质含量较高,对沥青具有较强的吸附能力,能改善沥青与矿料之间的粘结能力,同时玄武岩纤维对沥青具有较强的吸附能力,能增加沥青膜的厚度,从而增强混合料的高温稳定性。

2.2 低温抗裂性

对两种纤维沥青混合料进行低温弯曲破坏试

验,评价其低温抗开裂性能,试验结果见图2、图3。

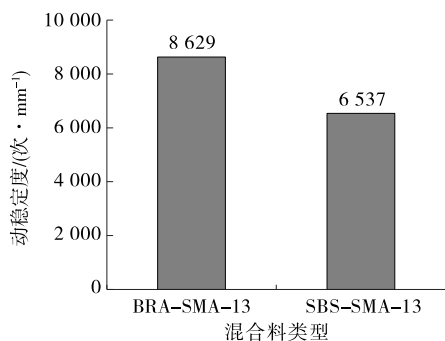


图1 沥青混合料动稳定度试验结果

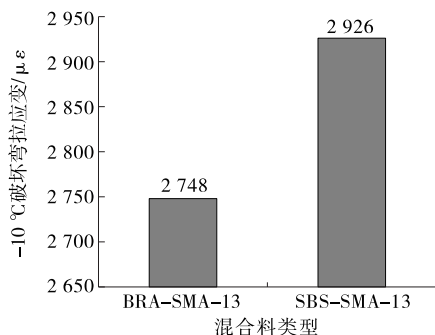


图2 沥青混合料最大弯拉应变试验结果

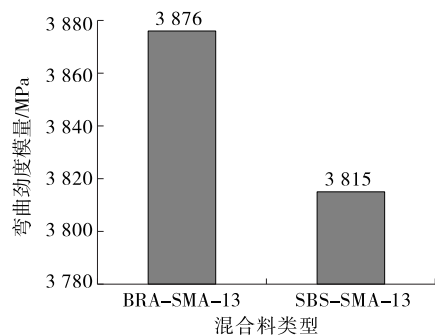


图3 沥青混合料弯曲劲度模量试验结果

由图2、图3可知:两种SMA-13混合料的最大弯拉应变均满足相关规范要求;与SBS-SMA-13相比,BRA-SMA-13混合料的最大弯拉应变降低6.1%,弯曲劲度模量提高1.6%,主要是因为BRA中天然沥青及矿物质的存在使混合料在低温条件下变脆,低温抗开裂能力降低,但降幅较小。

### 2.3 水稳定性

在水的侵蚀作用下粘附在矿料表面的沥青会剥落,使混合料的粘结能力降低,沥青路面发生松散破坏。选用浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验评价两种混合料的水稳定性,试验结果见图4、图5。

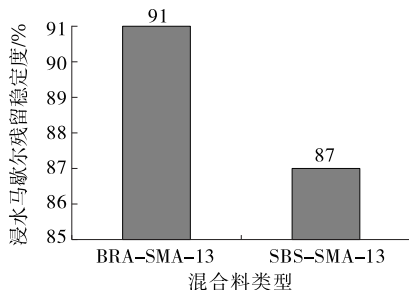


图4 沥青混合料的浸水马歇尔残留稳定度

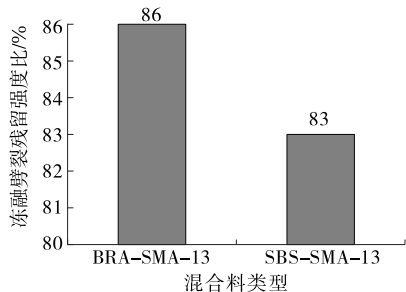


图5 沥青混合料的冻融劈裂残留强度比

由图4、图5可知:两种混合料的马歇尔残留稳定性和冻融劈裂残留强度比均满足相关规范要求;与SBS-SMA-13相比,BRA-SMA-13混合料的浸水马歇尔残留稳定度提高4.6%,冻融劈裂残留强度比提高3.6%,主要是因为BRA中的矿物质对沥青有较强的吸附能力,改善了沥青与矿料间的粘结力,同时玄武岩纤维对沥青具有较强的吸附能力,能增加沥青膜的厚度,加之天然沥青与基质沥青较好的相容性,能改善混合料的抗水毁能力。

### 2.4 抗渗及抗滑性能

良好的抗渗性能能改善沥青路面的抗水毁能力,防止地表水进入路面结构层内部形成动水压力,减少沥青路面裂缝的出现。沥青路面良好的抗滑性能是保障行车安全的重要技术指标,能提高机动车辆的制动能力,减少交通事故的发生。通过渗水及构造深度试验评价两种混合料的抗渗及抗滑性能,试验结果见图6、图7。

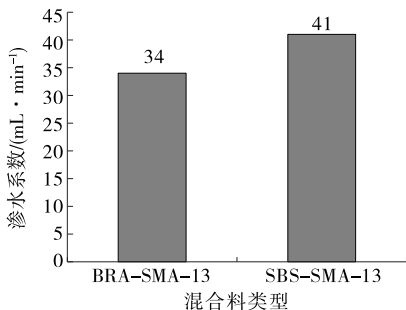


图6 沥青混合料的渗水系数

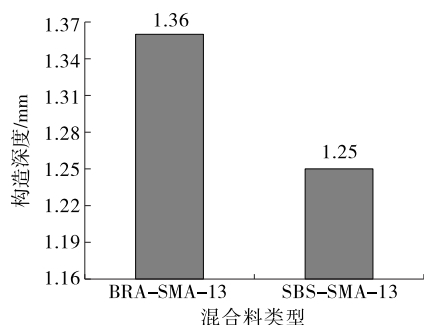


图7 沥青混合料的构造深度

由图6可知:两种 SMA-13 混合料的渗水系数均满足相关规范要求;与 SBS-SMA-13 相比, BRA-SMA-13 混合料的渗水系数降低 17.1%, 主要是因为玄武岩纤维吸附沥青并填充于空隙, 降低了 BRA-SMA-13 混合料的空隙率, 从而增强了混合料的抗渗能力。

由图7可知:两种 SMA-13 混合料的构造深度均满足相关规范要求;与 SBS-SMA-13 相比, BRA-SMA-13 混合料的构造深度提高 8.8%, 主要是因为 BRA 中的矿物质能替代部分矿粉及细集料, 粗集料的占比增加。

### 3 结论

(1) BRA-SMA-13 的动稳定度比 SBS-SMA-13 提高 32.0%, BRA-SMA-13 混合料能显著提高沥青路面的高温抗车辙能力。

(2) 与 SBS-SMA-13 相比, BRA-SMA-13 混合料的最大弯拉应变降低 6.1%, 弯曲劲度模量提高 1.6%, 玄武岩纤维和 BRA 的掺入使 SMA-13 混合料的低温抗开裂能力降低, 但降幅较小。

(3) 与 SBS-SMA-13 相比, BRA-SMA-13

混合料的浸水马歇尔残留稳定度提高 4.6%, 冻融劈裂残留强度比提高 3.6%, 其抗水毁能力较好。

(4) 与 SBS-SMA-13 相比, BRA-SMA-13 混合料的渗水系数降低 17.1%, 构造深度提高 8.8%, 其抗渗及抗滑能力较好。

### 参考文献:

- [1] 李瑞霞. BRA 岩沥青及其混合料技术特性研究[D]. 西安: 长安大学, 2010.
- [2] 张云帆. BRA 改性沥青混合料应用技术研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2014.
- [3] 黄文通. 北美岩沥青及其混合料特性研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2014.
- [4] 陆兆峰, 何兆益, 秦旻. 采用天然岩沥青改性的沥青混合料路用性能[J]. 中南大学学报: 自然科学版, 2010, 41(6).
- [5] 彭波. 木质素纤维在沥青混合料中的应用[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2005, 37(1).
- [6] 孟勇军, 张肖宁, 陈仕周. 不同配比对 Buton 岩沥青影响的性能研究[J]. 科学技术与工程, 2009, 9(7).
- [7] 周国强. 布敦岩沥青及混合料路用性能的试验和研究[J]. 石油沥青, 2011, 25(4).
- [8] 韦佑坡, 张争奇, 司伟, 等. 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).
- [9] 詹文兵. 布敦岩沥青及混合料路用性能试验研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [10] 朱桃. 布敦岩沥青(BRA)改性沥青结合料使用性能研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2014.
- [11] 王安. 玄武岩纤维 SMA-13 的路用性能研究与应用[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2013.

收稿日期: 2019-04-12

\*\*\*\*\*

(上接第 65 页)

美化的双重效果。

### 参考文献:

- [1] GB 50330-2013, 建筑边坡工程技术规范[S].
- [2] DZ/T 0219-2006, 滑坡防治工程设计与施工技术规范[S].
- [3] 高英志. 锚杆框架梁加固路堑边坡的优化设计及数值模拟[J]. 中外公路, 2010, 30(3).
- [4] 张华, 陆阳, 程强. 岩质边坡锚杆(索)框架梁加固的数值模拟[J]. 公路交通科技, 2008, 25(1).
- [5] 侯龙. 非饱和土孔隙水作用机理及其在边坡稳定分析中的应用研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2012.
- [6] 吴文慧. 基于神经网络和突变理论的边坡稳定性评价[J]. 公路与汽运, 2018(3).
- [7] 王智. 含软弱夹层路堑边坡变形与稳定性分析[J]. 公路与汽运, 2018(2).
- [8] 匡波. 基于强度折减法的二维与三维公路边坡稳定性对比分析[J]. 公路与汽运, 2016(4).
- [9] JTG/T 3610-2019, 公路路基施工技术规范[S].

收稿日期: 2019-03-29