

doi:10.11835/j.issn.1674-4764.2013.S2.016

布敦岩矿料的沥青混合料路用性能

陆学元¹, 张素云²

(1. 安徽省高速公路控股集团有限公司, 合肥 230088; 2. 安徽交通职业技术学院, 合肥 230051)

摘要:以70号A级道路石油沥青为依据,实施了6种不同布顿岩矿料掺量的6种AC20矿料级配的布顿岩沥青混合料路用性能研究。结果表明,布敦岩沥青原材料中的岩矿料对矿料级配组成与路用性能均影响较大;合理选择布敦岩沥青油石比可显著提高综合路用性能,较优油石比为0.7%~1.3%时的路用性能接近于SBS改性沥青混合料,但对提高水稳定性能力有限;布敦岩沥青最佳掺量为23.7%,与布敦岩沥青原材料自身的油石比几乎相同。

关键词:道路工程;路用性能;布顿岩矿料;布顿岩沥青

中图分类号:U414 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-4764(2013)S2-0064-05

Research on BRA Asphalt Mixture Pavement Performance Based on Containing BRA Rock

Lu Xueyuan¹, Zhang Suyun²

(1. Anhui Expressway Holding Group Limited, Hefei 230051, P. R. China;

2. Anhui Province Transportation Occupation Technical College, Hefei 230051, P. R. China)

Abstract: AH-70 road asphalt as the basis, Buton rock asphalt mixture pavement performance was studied by using six different Buton rock asphalt adding quality and six different AC20 aggregate gradation. The results show that Buton rock asphalt raw materials including the rock mineral significantly affects aggregate gradation and the pavement performance; reasonable choice OAC can significantly improve the road performance, and the road performance in the condition of 0.7%~1.3% optimum OAC is close to that of the SBS modified asphalt mixture, but Buton rock asphalt improving the water stability is limited; Buton rock asphalt optimum dosage is 23.7%, and Buton rock asphalt OAC and OAC of Buton rock asphalt raw material is almost the same.

Key words: road engineering; the pavement performance; BRA rock; Buton asphalt

布敦岩沥青(Buton Rock Asphalt简称BRA)是产于印度尼西亚布敦岛的天然岩沥青,作为一种硬质沥青,可替代部分石油沥青后提高沥青混合料的路用性能^[1],中国相关学者对此新材料的应用进行了试验与工程研究。查旭东等^[2]认为,20%BRA掺量下的AC-13C改性沥青混合料综合路用性能改善效果最佳;郝培文等^[3]认为,布敦岩沥青可以显著改善沥青混合料的高温稳定性、水稳定性、低温抗裂性和抗疲劳性能,推荐布敦岩沥青的合理掺量为3.5%;刘树堂等^[4]认为,布敦岩中的沥青能明显改善基质沥青的高温性能,但同时降低其低温性能;樊亮等^[5]认为,经天然北美岩沥青改性后的沥青高温性能大为提高,感温性得到改善,抗老化能力和稳定性有所加强;黄文通等^[6]认为,布敦岩沥青混合料的马歇尔稳定度、劈裂抗拉强度和水稳定性明显优于基质沥青混合料和SBS改性沥青混合料,稳定度远远高于基质沥青混合料,接近于SBS改性沥青混合料,且布敦岩沥青能有效改善混合料的低温性能,但当布敦岩沥青掺量从20%增加到25%时,混合料的低温性能有所降低;岩沥青作为路面使用的一种新型材料,目前限于试验段使用,尚未像SBS改性沥

青材料大规模应用于沥青路面中,现行规范仅说明“天然岩沥青可以单独与石油沥青混合料使用或与其他改性沥青混融后使用”。上述研究结果表明采用BRA岩沥青改性沥青混合料有利于提高综合路用性能与新材料的应用,但对沥青混合料路用性能的影响程度及其掺量还存在一定的差异,目前的配合比设计基本上是先按照不添加BRA的马歇尔设计方法获得沥青混合料的最佳油石比,再限定沥青与布敦岩沥青比例的方式添加BRA的马歇尔设计方法获得BRA改性沥青混合料的最佳油石比,研究仅限于岩沥青原材料质量相对于基质沥青质量百分比或岩沥青原材料占岩沥青混合料总量的质量比(二者均被称为岩沥青掺量)^[7-12],实际上是将BRA岩沥青等同于像SBS改性剂一样作为基质沥青的剂量(掺量)对待,或略了BRA岩沥青原材料中所含有的岩矿料对其沥青混合料级配及其路用性能造成的影响;现行沥青路面施工与设计规范^[13-14]中对沥青用量的专业名词只有沥青含量或油石比。工程实际应用中管理者还心存疑虑,既然岩沥青作为另一种沥青而存在,就应从岩沥青的特殊性与油石比角度探讨岩沥青混合料路用性能的影响,据此提出基于

收稿日期:2013-09-30

作者简介:陆学元(1969-),男,高级工程师,博士,主要从事道路与铁道工程研究,(E-mail)luxueyuan1208@163.com。

BRA 岩沥青中含有的岩矿料对沥青混合料路用性能的影响研究,并与 SBS 改性沥青混合料进行同深度的对比分析,以揭示 BRA 岩沥青及其改性混合料的使用价值。

1 BRA 岩沥青原材料试验及级配设计

粗集料为石灰岩集料,细集料为 0~3 mm 的石灰岩机制砂,填料为矿粉,道路石油沥青等级为 A 级 70 号(以下简称基质沥青),技术指标符合规范^[13]要求;布敦岩沥青原材料级配筛分及其纯岩沥青含量试验结果分别见表 1、表 2。

将燃烧炉法试验所剩余的岩矿料作为另一种细集料参与级配组成。按 6 种不同岩矿料比例,分别为 0%、0.5%、1%、2%、3%、4%,将其参与其它 4 档集料 10~20 mm、5~10 mm、3~5 mm、0~3 mm 与矿粉合成级配,通过调整矿粉和机制砂用量比例,使得合成级配的关键性筛孔基本保持不变,据此确定掺岩矿料的各档规格集料、矿粉用量比例依次为 39%:31%:2%:25%:3%:0%:39%:31%:2%:25%:

2.5%:0.5%;42%:27%:0%:26%:4%:1%:40%:29%:0%:26%:3%:2%:41%:29%:0%:24%:3%:3%:40.5%:29%:0%:24%:2.5%:4%,设计级配如表 3。

表 1 BRA 岩沥青原材料筛分结果

筛孔尺寸/ mm	BRA 岩沥青 原材料 水洗法筛分	BRA 岩沥青 燃烧后 干法筛分	BRA 岩沥青 燃烧后 水洗法筛分
4.750	100.0	100.0	100.0
2.360	99.0	100.0	100.0
1.180	85.5	98.2	97.9
0.600	66.3	93.7	94.2
0.300	26.0	68.3	84.2
0.150	10.5	34.2	64.3
0.075	6.6	8.4	49.8

表 2 BRA 岩沥青含量试验结果

次数	燃烧前质量/g	燃烧后质量/g	沥青含量/%	燃烧炉修正系数/%	修正后沥青含量/%	平均值/%
第 1 次	500.00	377.16	24.57	0.77	23.83	23.68
第 2 次	500.00	378.37	24.30	0.77	23.53	

表 3 不同岩沥青矿料掺量下的合成级配

筛孔尺寸/mm	4%岩矿料级配	3%岩矿料级配	2%岩矿料级配	1%岩矿料级配	0.5%岩矿料级配	0%岩矿料级配
26.5	100	100	100	100	100	100
19	99.5	99.5	99.5	99.5	96.5	96.5
16	85.8	85.7	86.0	85.3	84.4	84.4
13.2	72.5	72.1	72.8	71.4	74.7	74.7
9.5	59.0	58.5	59.4	57.7	60.5	60.5
4.75	33.0	32.5	33.5	33.4	33.9	33.9
2.36	26.1	25.6	26.2	26.2	26.0	26.0
1.18	19.9	19.4	19.6	19.7	17.3	17.4
0.6	15.7	15.4	15.3	15.5	12.2	12.3
0.3	10.6	10.4	10.0	10.3	8.4	8.5
0.15	7.9	7.8	7.5	7.9	6.9	7.1
0.075	5.2	5.2	5.0	5.4	5.2	5.4

由上述试验结果可知:

1)BRA 岩沥青原材料级配与技术规范^[13]中的 0~3 mm 机制砂级配通过率基本一致,说明紫红色的 BRA 岩沥青原材料规格与机制砂规格接近。

2)经燃烧炉试验后(纯岩沥青已完全挥发)所剩余的 BRA 岩矿料干法筛分与水洗法筛分级配均细于 BRA 岩沥青原材料水洗法筛分级配、粗于规范规定的矿粉级配,且水洗后岩矿料呈现乳白色,试验还发现,用手搓揉经水洗筛分的岩矿料颗粒,很容易搓成更为细小的粉料,说明岩沥青在经高温燃烧后所剩余的岩矿料颗粒粒径变小。

3)将不考虑 BRA 岩沥青中所含的岩矿料(像 SBS 改性剂加入基质沥青一样)参与级配组成与考虑岩沥青原材料中

含有岩矿料参与合成级配进行对比分析。以岩矿料掺量 4% 为例,当两者合成级配相同时,前者 4 档石灰岩集料 10~20 mm、5~10 mm、3~5 mm、0~3 mm 与矿粉的最佳掺量为 40%:29%:0%:27%:4%,后者最佳掺量为 29%:0%:24%:2.5%:4%,前者机制砂与矿粉的用量显著大于后者,前者实际合成级配总量变为 104%,实际合成级配中 0.075 mm 筛孔通过率变为 6.6%,粉胶比变为 1.6%,而后者的合成级配总量为 100%,合成级配中 0.075 mm 筛孔通过率为 5.2%,粉胶比为 1.2。表明 BRA 岩沥青中含有较多的岩矿料是以另一种细集料规格参与级配合成而存在,不能忽略岩沥青自身矿料级配组成,在进行混合料配合比设计时,应考虑岩沥青原材料中的岩矿料参与级配组成,忽略岩矿料含量将会对

沥青混凝土的和易性与可压实性等施工工艺造成较大的影响。

4)采用燃烧炉法测试的 BRA 岩沥青油石比为 23.68%，说明 BRA 岩沥青中纯岩沥青质量约占 24%，岩矿料约占 76%。

2 试验及结果分析

试验设计以所选 6 种不同岩矿料掺量、含基质沥青和纯岩沥青在内的油石比为 4.3%组成的 AC20 沥青混合料作为研究依据，试验用 BRA 岩沥青改性沥青混合料中的岩沥青

原材料配料称重计量依据不同岩矿料掺量与岩沥青原材料自身油石比计算确定，再换算成纯岩沥青油石比，并相应计算基质沥青油石比，使得油石比总量为 4.3%。为模拟沥青拌合楼实际生产状况，根据试验规程^[14]，将置于烘箱加热至规定温度的粗、细集料放入拌和锅，之后采用减重法加入基质沥青，拌和 90 s，再加入经计算的烘干矿粉和岩沥青用量，湿拌 90 s，试件成型温度为 150℃，分别进行马歇尔试验，并分别成型车辙、冻融劈裂、60℃浸水飞散、15℃抗压强度试件，各试验技术参数的变异系数、偏差均严格执行现行规范要求，试验结果见表 4 与图 1~10。

表 4 马歇尔试验结果

岩矿料掺量/%	基质沥青油石比/%	毛体积相对密度	稳定度 /kN	空隙率/%	流值 /mm	VMA/%	VFA/%
4.0	3.04	2.433	9.55	6.4	1.96	12.4	50.8
3.0	3.4	2.452	10.57	5.2	2.24	12.2	57.6
2.0	3.7	2.469	11.40	4.3	2.80	12.0	64.4
1.0	4.0	2.474	10.69	3.8	2.86	12.2	68.7
0.5	4.1	2.476	10.84	3.8	2.67	12.4	69.1
0	4.3	2.481	12.60	3.60	3.22	12.4	70.9

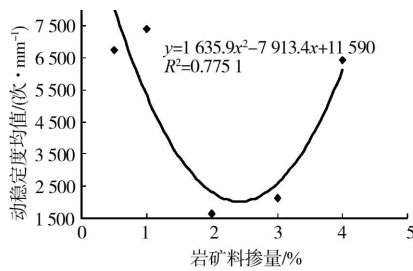


图 1 动稳定度与岩矿料掺量的关系

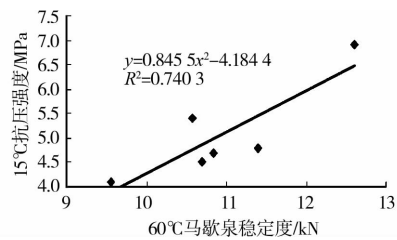


图 4 马歇尔稳定度与 15℃ 抗压强度关系

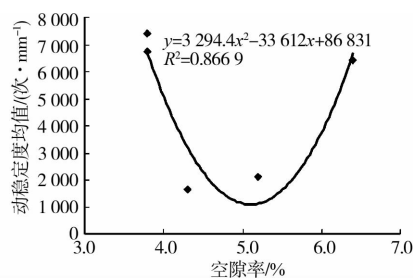


图 2 动稳定度与空隙率的关系

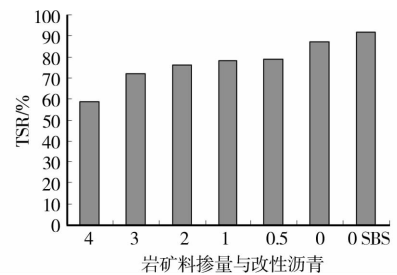


图 5 冻融劈裂强度比与岩矿料掺量及改性沥青关系

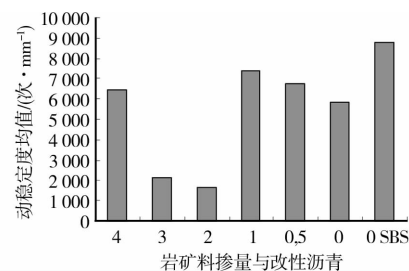


图 3 动稳定度与不同岩沥青掺量及改性沥青关系

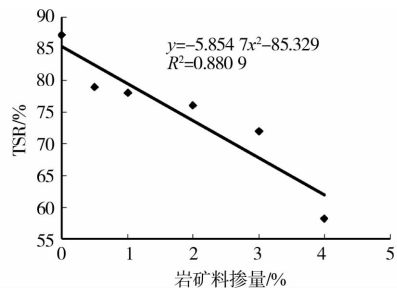


图 6 岩矿料掺量与冻融劈裂强度比关系

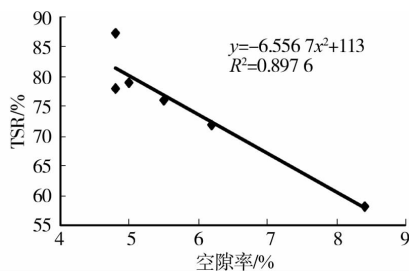


图 7 冻融劈裂强度比与空隙率关系

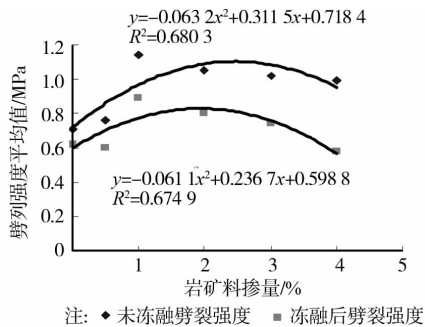


图 8 劈裂强度与岩矿料掺量关系

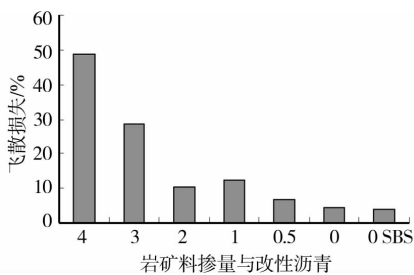


图 9 浸水分散与岩矿料掺量及改性沥青关系

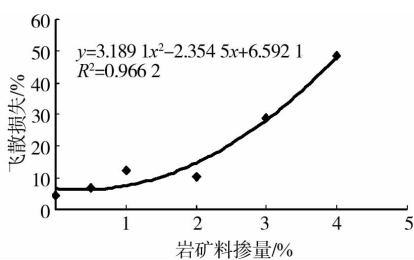


图 10 飞散损失与岩矿料掺量关系

1)从表 1 试验结果可知:随着岩矿料掺量的增加,试件毛体积相对密度、沥青饱和度与马歇尔稳定度均呈现逐渐衰减趋势,而试件空隙率逐渐增大;取相应于试件密度最大值 4.8、稳定度最大值 12.6、目标空隙率 4、饱和度中值 70 时的岩矿料 $OAC_1 = 0.47\%$,各项指标均符合技术标准时的岩矿料 $OAC_2 = 1.00\%$,从而岩矿料最佳掺量 $OAC = (OAC_1 + OAC_2) / 2 = 0.74\%$,进而推算出岩沥青原材料的最佳油石比为 0.97%,纯岩沥青最佳油石比为 0.23%;同样以基质沥青为横坐标,各马歇尔技术指标为纵坐标,可得到基质沥青最佳油石比为 4.1%,从而 BRA 岩沥青原材料最佳油石比占基质沥青最佳油石比为 23.68%,恰恰等于燃烧炉法试验测试

含岩矿料在内的 BRA 岩沥青原材料的油石比。

2)从图 1、图 2 试验结果可知,动稳定度随着岩矿料掺量由 0.5%增至 2%时呈现快速衰减趋势,之后随岩矿料继续增加值 4%时的动稳定度又快速增大,动稳定度存在最小值。分析认为,在合成级配基本相同与总油石比 4.3%条件下,岩沥青混合料随岩矿料掺量由 0.5%增至 2%时,基质沥青油石比由 4.1%减至 3.7%,纯岩沥青占基质沥青质量比由 3.9%增至 19%,试件空隙率逐渐增大,导致动稳定度衰减;之后,随岩矿料掺量由 2%增至 4%时,基质沥青油石比由 3.7%减至 3.0%,纯岩沥青占基质沥青质量比由 19%增至 42%,尽管试件空隙率逐渐增大,但空隙率已不起控制作用,BRA 岩沥青混合料的纯沥青中强极性的沥青质含量高而油分含量低造成沥青混凝土的和易性能变差,在轮压 0.7Mpa 与 60℃ 试验条件下,难以逐渐产生压密变形,但 60℃ 马歇尔稳定度随岩矿料掺量的逐渐增加始终表现为衰减趋势(如表 1),说明动稳定度不能完全表征岩沥青混合料的高温性能。

3)从图 3 与图 4 结果可知,SBS 改性沥青混合料动稳定度略高于岩矿料掺量为 0.5%~1%时的 BRA 岩沥青混合料动稳定度,与基质沥青混合料相比较,掺量为 0.5%~1%的 BRA 岩沥青混合料动稳定度明显偏高;15℃ 抗压强度与 60℃ 马歇尔稳定度存在正相关关系。进一步说明随着岩矿料掺量的增大,试件极限承载能力呈现衰减趋势,印证了动稳定度不能完全评价路面的高温性能。

4)从图 5~图 8 可知,随着岩矿料掺量的增加,BRA 岩沥青冻融劈裂强度比 TSR 衰减较快,当岩矿料掺量大于 2%,即岩沥青油石比大于 2.6%时,已不能满足潮湿区、湿润区的水稳定性技术要求^[7];SBS 改性沥青效果最好,基质沥青次之;冻融前与冻融后试件劈裂强度均呈现凸型二次曲线关系,岩矿料掺量为 0.5%~2%的岩沥青混合料的劈裂强度较高,大于基质沥青混合料相应的劈裂强度。分析认为,在含纯岩沥青与基质沥青在内的油石比为 4.3%与 AC20 合成级配基本相同时,作为硬质沥青的 BRA 岩沥青熔点较高,随着岩沥青掺量的增加,基质沥青与矿粉掺量逐渐减少,试件毛体积相对密度逐渐减小,空隙率逐渐增大,使得试件在 -18℃、保持 16 h 之后再经过 60℃ 保温 24 h 的冷冻融、热膨胀之后,对集料的粘结性能下降产生了较大的影响,其强度衰减较快。

5)从图 9 与图 10 结果可知,马歇尔试件双面击实成型次数 50 次与恒温水槽试验温度 60℃ 养生 48 h 的 6 个有效试件,以 300 r/min 的洛杉矶磨耗撞击 10 min 后得到的浸水飞散质量损失百分比表明,随着岩矿料掺量的逐渐增加,飞散损失快速增大;岩矿料掺量为 0.5%~2%,飞散损失基本稳定,掺量大于 2%时的飞散损失急剧增大,这与冻融劈裂强度比试验规律一致。

3 结论

1)不能将岩沥青原材料作为像 SBS 改性剂一样加入基质沥青而视为掺量对待,BRA 岩沥青混合料中岩矿料应参与矿料级配组成,或略岩沥青中岩矿料的级配组成会对岩沥青混合料性能产生较大影响。

2)BRA 岩沥青掺量仅相对基质沥青质量而言,应综合考虑 BRA 岩沥青中含有的纯沥青和岩矿料的特殊性,首先进行含岩矿料的合成级配设计,再进行配合比设计确定岩沥青原材料油石比与基质沥青油石比;试验原材料所确定的岩沥青最佳油石比为 0.97%,纯岩沥青最佳油石比为 0.23%,基质沥青最佳油石比为 4.1%。

3)研究揭示了 BRA 岩沥青原材料中的纯岩沥青占岩矿料的油石比与 AC20 布敦岩沥青混合料中的岩沥青原材料占基质沥青的最佳油石比均为 23.7%,即岩沥青自身油石比基本相同于 BRA 岩沥青掺量。

4)基于 BRA 岩沥青混合料综合路用性能,BRA 岩沥青混合料中岩沥青原材料的较优油石比选择范围为 0.7%~1.3%,基质沥青较优油石比范围为 4.0%~4.1%,此时接近 SBS 改性沥青混合料,但 BRA 岩沥青作为改善和提高沥青混合料的水稳定性效果欠佳。

5)由于含基质沥青与 BRA 岩沥青中纯岩沥青在内的 AC20 沥青混合料油石比采用 4.3%,油石比的变化对岩沥青混合料水损害性能的影响还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 钟科. 岩沥青路用性能研究[D]. 北京:交通部公路科学研究院, 2006.
- [2] 查旭东,白璐,王玮. BRA 改性沥青混合料路用性能研究[J]. 交通科学与工程,2009,25(1):10-13.
- [3] 李瑞霞,郝培文,王春,等. 布敦岩沥青混合料路用性能研究[J]. 武汉理工大学学报,2011,32(9):25-30.
- [4] 刘树堂,杨永顺,房建果,等. 布敦岩沥青改性沥青混合料试验研究[J]. 同济大学学报:自然科学版,2007,35(3):351-355.
- [5] 樊亮,申全军,张燕燕. 天然岩沥青改性对沥青路面性能的影响[J]. 建筑材料学报,2007,10(6):740-744.
- [6] 黄文通,徐国元. 布敦岩沥青混合料路用性能的试验研究[J]. 华南理工大学学报:自然科学版,2012,40(2):87-91.
- [7] 刘树堂,郭忠印. 布敦岩沥青改性沥青混合料与沥青混合料配合比设计理论研究[D]. 上海:同济大学,2007.
- [8] 严孝平. 布敦岩改性沥青配合比设计及施工探讨[C]//全国城市公路学会第十八届学术年会论文集,2009,12:134-138.
- [9] 曹炜,闫保华,卢士军,等. 布敦岩沥青改性沥青混合料配合比设计及应用[J]. 公路与汽运,2013(1):102-106.
- [10] 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):796-799.
- [11] 王联芳. 布敦岩沥青混合料路用性能研究[J]. 石油沥青,2006,21(1):358-361.
- [12] 廖宣锦. 岩沥青混合沥青及其混合料性能研究[D]. 广州:华南理工大学,2010.
- [13] JTG F 40-2004 公路沥青路面施工技术规范[S]. 北京:人民交通出版社,2004.
- [14] JTG E20-2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S]. 北京:人民交通出版社,2011.

(编辑 胡英奎)