

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.03.052

掺加 BRA 的 RAP 再生沥青混合料路用性能研究

王宁¹, 刘晓朋²

(1. 中铁十八局集团有限公司勘察设计院, 天津市 300308; 2. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津市 300074)

摘要: 为了减少沥青路面的永久变形, 提高沥青混合料的路用性能, 对 BRA 材料的特性进行了概述。对 BRA 掺量的 RAP 再生沥青混合料的原材料及再生混合料配合比设计进行了总结, 从高温稳定性能、低温抗裂性能、水稳定性能等方面对 BRA 掺量的 RAP 再生沥青混合料路用性能进行了分析。结果表明, BRA 外掺用量为 2%~3% 时, BRA 掺量的 RAP 再生沥青混合料路用综合性能表现较好, 适合高温多雨地区的路面施工。该混合料值得在类似项目中推广和应用。

关键词: 布敦岩沥青; 废旧沥青; 高温稳定性; 低温抗裂性; 水稳定性

中图分类号: U416.217

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2023)03-0205-04

0 引言

沥青路面厂拌热再生技术因其适用性广、计量精确、操作灵活、施工质量能够得到保证等一系列优点, 已成为目前我国应用最广泛、最为实用的路面养护手段^[1]。厂拌热再生混合料在我国公路养护维修中得到广泛的推广应用, 大量试验研究与工程实践表明, 随着废旧沥青路面材料 (Reclaimed Asphalt Pavement, RAP) 用量的提高, 普通热再生混合料的高温性能普遍能够满足, 但其低温抗裂性、水稳定性及耐久性有不同程度的衰减, 并且 RAP 比例越高性能衰减越严重, 大大降低再生沥青路面的使用寿命^[2]。特别在高温多雨地区, 沥青路面车辙变形、水损坏病害频发, 使高 RAP 掺量 (RAP 掺量达到 25% 以上) 普通热再生混合料的路用性和耐久性较难满足工程建设要求, 极大制约了高 RAP 掺量厂拌热再生技术在湿热地区的发展和应用^[3]。为解决此问题, 急需采用一种新的沥青混合料添量来解决此问题, 而布敦岩沥青 (Buton Rock Asphalt, BRA) 是一种有效的添加材料, 恰当地掺入于 RAP 混合料中, 能改变混合料的路用性能。

1 BRA 材料的特性

BRA 是由海底石油在自然界复杂综合作用下形成的天然沥青类物质, 具有软化点高耐高温、含氮量高抗氧化、抗老化、不含蜡的优良特性, 并且与基质

沥青的配伍性和相容性优良^[4]。因此, BRA 在公路建设与养护中应用能改善路面使用性能, 是一种性能优良的改性添加剂。相关研究与工程实践表明, BRA 与热集料高温拌和可以激活 BRA 的特性, 对混合料各组分的改性可以使混合料的高温抗车辙性能、抗水损坏性能及耐疲劳性能得到明显提高^[5]。基于此, 为了改善高温多雨地区热再生混合料的使用性能, 该研究将 BRA 掺入普通热再生混合料中进行改性, 对不同 BRA 掺量下改性热再生混合料的使用性能进行测试分析, 从而提高大比例 RAP 掺量热再生混合料在湿热气候条件下的耐候性, 减少再生路面病害发生率, 为 BRA 改性热再生混合料的推广应用提供参考。

2 原材料

2.1 BRA

研究所用 BRA 由某道路材料有限公司提供, 对其进行抽提和质量检验来保证 BRA 性能达标, 由表 1 可知, BRA 性能指标满足《布敦岩沥青改性沥青路面施工与验收规范》(DB42/T 1366—2018) 的要求。

表 1 BRA 性能指标一览表

试验指标	检测结果	规范要求
纯沥青含量 /%	27.3	≥18
灰分含量 /%	72.8	—
密度 / (g·cm ⁻³)	1.81	1.7~1.9
加热损失 /%	1.12	≤2.0
闪点 /℃	279	≥230
矿物最大粒径 /mm	1.23	≤2.0
含水率 /%	1.2	≤2.0

收稿日期: 2022-05-30

作者简介: 王宁(1985—), 男, 学士, 高级工程师, 从事市政道路及公路工程方面的工作。

2.2 基质沥青

采用某石化公司生产的 A-70 道路石油沥青,经检测其性能符合路用要求。

2.3 RAP

取自某高速养护工程中面层铣刨料,使用离心分离法测定旧沥青含量并通过旋转蒸发器回收抽提液中的旧沥青。由表 2 中 RAP 的技术指标可知旧沥青老化不严重,可以很好地再生利用。

表 2 RAP 主要技术指标一览表

试验指标	检测结果	规范要求
沥青含量 /%	4.1	实测
含水率 /%	0.18	≤3
砂当量 / (g·cm ⁻³)	81	≥60
15℃延度 /cm	27	实测
25℃针入度 /0.1 mm	44	≥10
软化点 /℃	65	实测

3 再生混合料配合比设计

3.1 级配设计

由 RAP 抽提筛分试验结果和路面养护工程以往经验,对沥青路面中面层作为研究对象,确定采用中面层常用的 AC-20C 型级配进行配比设计,可以实现 RAP 效益的最大化^[6]。由于高 RAP 掺量会加剧矿料级配的波动和拌和的不均匀性,导致热再生混合料性能不稳定,质量难以保证。综合考虑,确定研究方案为:RAP 掺量分别为 30%、40%,BRA 外掺用量分别为 0、2%、4%、6%;并选用新拌 SBS 改性沥青混合料作为对比分析,不同沥青混合料的矿料合成级配如表 3 所列。

3.2 再生混合料拌和工艺控制

RAP 表面被老化沥青砂浆包裹,受热后老化沥青融化。提高 RAP 的预热温度可以促进结团 RAP 的分散和旧沥青的充分融合、提升旧沥青的利用率。但是,预热温度超过 130℃后易导致旧沥青二次老化、流变性能丧失,因此,将 RAP 预热温度控制在 110~120℃。新集料的加热温度会直接影响拌和效果

和出料温度,通过多次试拌确定为 185~195℃,BRA 不需加热,常温添加^[7]。基于各种拌和材料的性质功能,确定拌和工艺为:首先,同步加入 BRA 和高温热集料进行干拌 60 s,利用高温矿料的剪切拌和将 BRA 熔融分散,释放 BRA 中的纯沥青;随后,加入已预热的 RAP 拌和 30 s,拌和均匀后加入基质沥青湿拌 60 s,最后加入矿粉搅拌 30 s,总拌和时间为 3 min。

3.3 马歇尔试验

采用马歇尔试验配合比方法确定不同沥青混合料的最佳沥青用量,并检验最佳沥青用量下的马歇尔指标^[8]。不同混合料的试验结果如表 4 所列,表中最佳新沥青用量为新添加沥青质量与再生混合料总重量的最佳比值。

表 4 混合料的试验结果一览表

混合料类型	空隙率 /%	饱和度 /%	矿料间隙率 /%	流值 / mm	稳定度 /kN	最佳新沥青用量 /%
SBS 改性沥青混合料	4.6	64.7	13.5	2.79	12.31	4.8
30%RAP+0%BRA	4.7	65.4	13.6	2.85	11.58	3.8
30%RAP+2%BRA	4.7	65.3	13.7	2.74	12.31	3.6
30%RAP+4%BRA	4.7	65.3	13.7	2.65	12.32	3.4
30%RAP+6%BRA	4.6	65.4	13.8	2.52	13.35	3.2
40%RAP+0%BRA	4.6	67.1	13.9	2.89	11.81	3.3
40%RAP+2%BRA	4.5	67.2	14.1	2.71	12.22	3.1
40%RAP+4%BRA	4.5	67.2	14.1	2.61	12.75	2.9
40%RAP+6%BRA	4.5	67.3	14.2	2.49	13.45	2.7
技术要求	4~6	65~75	≥13	1.5~4.0	≥8	—

由表 4 结果可知,不同混合料马歇尔试件的体积指标、力学指标均能满足规范中相关技术指标的要求。RAP 用量增加直接导致旧沥青提供量增多,由于这些旧沥青在拌和中得到了再生利用,从而使新沥青用量减少,稳定度值提高;掺加 2%BRA 热再生混合料的稳定度可以达到 SBS 改性沥青混合料的水

表 3 沥青混合料的矿料合成级配一览表

类型	通过率 /%										
	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
SBS 改性沥青混合料	97.2	91.2	86.0	56.7	38.3	26.3	22.4	11.3	9.5	7.6	5.6
30%RAP 热再生沥青混合料	97.3	94.5	86.7	59.3	37.5	26.1	19.7	11.8	9.4	7.4	5.4
40%RAP 热再生沥青混合料	97.5	97.3	97.2	59.4	37.6	25.3	21.1	12.3	10.2	8.4	5.8
级配范围	90~100	85~100	78~100	50~72	26~56	16~44	12~36	8~28	6~20	4~13	3~7
级配中值	95	90	85	61	41	30	25	16	11.5	8.5	5

平,并且体积指标也与SBS改性沥青混合料相差不大;同一RAP掺量下,BRA用量增多的同时新沥青用量减少,说明BRA中的纯沥青得到了有效利用,与混合料发生了有效融合。

4 路用性能分析

4.1 高温稳定性

采用与路面真实受力状态相符合的车辙试验模拟混合料在高温下的塑性流动变形过程,以变形趋于稳定期的变形速率作为高温性能评价指标。试验操作方法和数据处理严格按照规范执行,高温稳定性试验结果如图1所示。

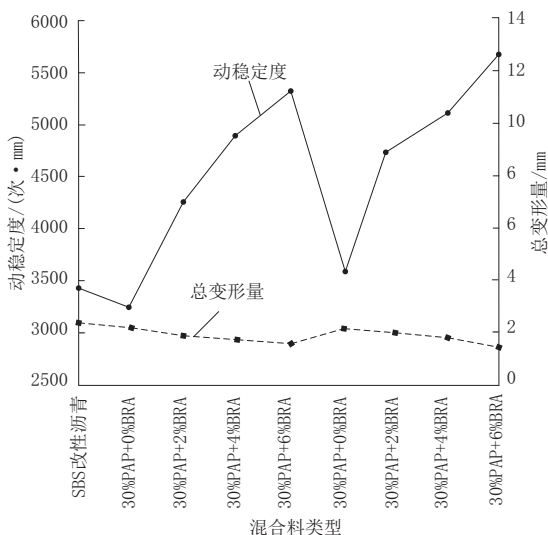


图1 高温稳定性试验结果曲线图

由图1可知:不同沥青混合料的动稳定度远超规范2800次/mm的要求,随着BRA掺量增加,热再生混合料的动稳定度先显著增大后趋于稳定,车辙变形量逐渐减小。与SBS改性沥青混合料相比,在30%RAP用量下,掺加2%、4%、6%BRA后,热再生混合料的动稳定度分别得到了提高,同时车辙总变形量减少;在40%RAP用量下,掺加2%、4%、6%BRA后,热再生混合料的动稳定度得到了提高,同时车辙总变形量减少。说明在高RAP掺量或者高BRA掺量情况下,热再生混合料对荷载产生的剪切变形具有更强的抵抗能力,高温稳定性更优。

分析其中原因:一方面是路面长期使用后,旧沥青油分含量减少而硬组分增多,旧沥青黏度增大。再生料中的旧沥青含量在RAP掺量增加后也随之增多,从而使沥青胶结料变硬、黏度提升,热再生混合料对荷载引起车辙变形的抵抗力得到增强;另一方面是BRA中的纯沥青具有耐高温、高软化点的特性,与沥青高温融合后使再生沥青软化点提高,同时

灰分中大量的氮元素和碱性矿物与沥青高温融合后使沥青胶浆的粘附性得到增强。因此,热再生混合料在荷载作用下的流动变形得以减小,高温性能得到显著提升,能够达到SBS改性沥青混合料的高温水平,这在高温多雨地区重载交通下具有较好的适用性。

4.2 低温抗裂性能

小梁弯曲试验对沥青路面低温开裂状态的模拟程度较好,以小梁弯拉破坏时的试验指标评价混合料的低温抗裂性能,低温抗裂性能试验结果如图2所示。

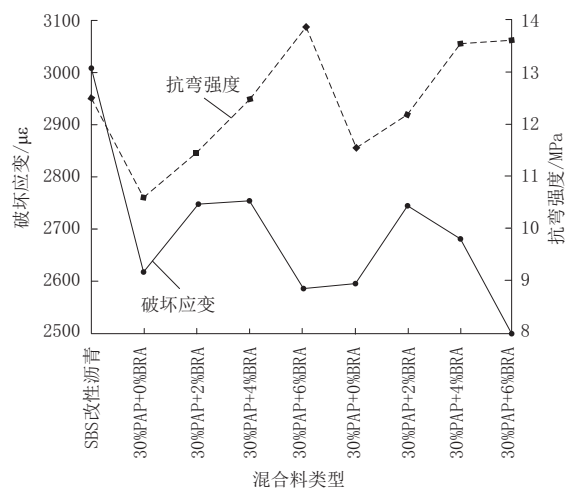


图2 低温抗裂性能试验结果曲线图

由图2可知:与普通热再生混合料相比,BRA改性热再生混合料的抗弯强度随BRA掺量的增加而增大,破坏应变则是在2%BRA掺量下稍微增大之后不断减小。原因在于BRA中的灰分等碱性矿物能够加强矿料沥青间的黏附性,对低温环境中沥青混合料的延展拉伸有一定增强作用。但是BRA中胶质和沥青质含量高、纯沥青稠度大,BRA的掺量越大则沥青胶浆的流动性越差,热再生沥青混合料抵抗温缩开裂所具备的柔性和变形能力衰减更加严重。当BRA对混合料低温抗裂产生的减弱作用超过其增强作用,热再生混合料的低温抗裂性能便逐渐下降。

高RAP掺量和BRA掺量的叠加作用很容易会使BRA改性热再生混合料的低温破坏应变不满足冬温区最低值2500 $\mu\epsilon$ 的要求。因此,应根据热再生混合料应用地区的低温性能要求确定BRA的适宜掺量,推荐外掺用量为2%~3%。

4.3 水稳定性

浸水马歇尔试验在工程建设中被广泛使用,主要表现为残留稳定度。冻融劈裂试验对混合料水损破坏的模拟更加全面苛刻,冻融劈裂试验主要表现

为残留强度比。对沥青混合料采用这两种试验方法检验其抗水损害能力,水稳定性试验结果如图3所示。

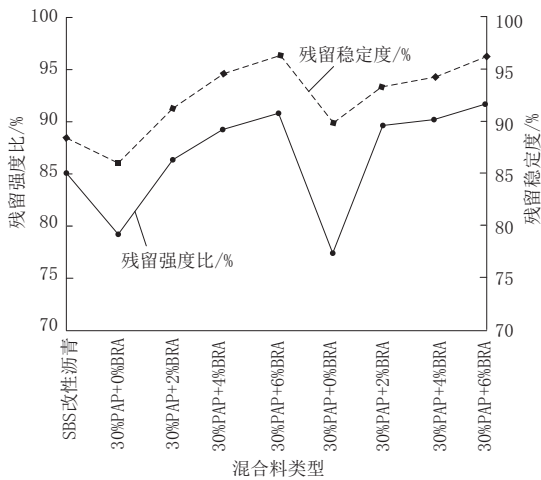


图3 水稳定性试验结果曲线图

由图3可知:普通热再生混合料的残留稳定度均大于85%,比较符合我国多雨潮湿区的水稳定性要求;但是残留强度比小于80%,较难满足高温多雨地区对混合料的水稳性能要求,RAP掺量越高越不容易满足。说明高温多雨地区对沥青混合料的水稳性能要求较高,会限制普通热再生混合料在该地区的推广应用。在参加2%~6% BRA后,热再生混合料的残留稳定度均大于90%、残留强度比均大于85%,增加BRA的用量后这两个指标逐渐变大,热再生混合料对水损破坏的抵抗能力得到明显加强,表现出优异的水稳定性。

出现以上情况的原因在于: BRA粉末在高温拌和时紧密附着在矿料表面,同时BRA粉末巨大的表面积又能够大量吸收沥青,这种特性增强了沥青与矿料的粘结强度,能有效减缓沥青从集料上剥离脱落;并且BRA粉末与基质沥青融合后造成沥青胶浆黏度增大、不易流动,从而使集料表面油膜增厚,混合料间隙中的水分子很难侵入沥青集料界面而减弱

其剥离作用。这说明BRA对高RAP掺量热再生混合料的抗水损性能有明显提高作用,在高温多雨地区的热再生混合料生产中掺入BRA来提高再生料的水稳定性是可行的,能有效减少水损坏的发生。

5 结论

BRA中的纯沥青和灰分在提高混合料的抗剪切变形能力方面发挥着重要作用,可使热再生混合料达到甚至超过SBS改性沥青混合料的高温稳定效果,可大幅度减少沥青路面的永久变形。BRA对低温抗裂性能的影响与其掺量有关,2%~4% BRA掺量下,热再生混合料的低温破坏应变满足我国冬冷区、冬温区对沥青混合料的破坏应变要求。参加BRA可以减缓沥青从集料上剥离脱落,进而提高热再生混合料水稳性能,克服了普通热再生混合料水稳性能不足的弊端,使再生路面具有优异的水稳定性。兼顾生产中经济效益和使用性能,推荐BRA改性热再生混合料用于高温多雨地区,最佳BRA外掺用量为2%~3%。

参考文献:

- [1] 李杨梅.RAP掺量对再生沥青混合料路用性能的影响[J].交通世界,2021(32):37-39.
- [2] 郑程斌.RAP掺量对ATB-25再生沥青混合料路用性能的影响[J].福建交通科技,2021(10):39-42.
- [3] 楼婧.高掺量RAP再生沥青混合料路用性能研究[J].福建交通科技,2020(6):19-21.
- [4] 李占锋,赵静,王选仓.高掺量RAP热再生沥青混合料路用性能研究[J].内蒙古公路与运输,2018(4):25-29.
- [5] 彭刚.RAP掺量对泡沫温再生沥青混合料路用性能影响[J].辽宁工程技术大学学报(自然科学版),2017,36(8):830-835.
- [6] 仲小玲,张银博.纤维种类对高RAP掺量沥青混合料路用性能的影响[J].内蒙古公路与运输,2021(2):29-33.
- [7] 熊伟.聚酯纤维和TB胶粉对高RAP掺量沥青混合料路用性能和自愈合性能的影响[J].公路工程,2017,42(2):284-290.
- [8] 江名飞.聚酯纤维对再生沥青混合料路用性能的影响[J].福建交通科技,2022(1):36-39.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com