

SBR/TLA 复合改性沥青混合料性能试验研究

任钰芳¹, 孙皓^{2,3}, 颜可珍^{2,3}, 宋小金⁴

(1. 中国路桥工程责任公司, 北京市 100011; 2. 湖南大学 土木工程学院;

3. 绿色先进土木工程材料及应用技术湖南省重点实验室; 4. 湖南中大检测技术集团有限公司)

摘要:为了改善特立尼达湖沥青(简称 TLA)改性沥青低温抗裂性不足的缺点,该文提出用丁苯橡胶(SBR)对其改性,以期能综合两种改性剂(SBR 与 TLA)的优点。该文采用 70# 基质沥青、20%TLA、2%SBR+10%TLA、2%SBR+20%TLA 和 3%SBR+20%TLA 共 5 种胶结料制备 AC-13 沥青混合料,并进行了马歇尔试验、车辙试验、低温劈裂试验、浸水马歇尔试验,以分析 SBR/TLA 复合改性沥青混合料的高温、低温和水稳定性。试验结果表明:① 掺加 SBR 和 TLA 均能提高 TLA/SBR 复合改性沥青混合料的高温性能,相比于 TLA、SBR 对高温性能的影响更显著;② 掺加 TLA 减弱了 TLA/SBR 改性沥青混合料的低温抗裂性,掺加 SBR 能改善 TLA/SBR 复合改性沥青混合料的低温性能;③ 掺加 TLA 能改善沥青混合料的水稳定性,随 SBR 掺量的增大,SBR/TLA 改性沥青混合料的残留稳定度先减小后增大。相比于 TLA,SBR 对 SBR/TLA 改性沥青混合料的水稳定性的影响更加显著;④ 3%SBR+20%TLA 为最佳的改性剂掺配比例。

关键词: 特立尼达湖沥青; SBR; 复合改性沥青; 沥青混合料

特立尼达湖沥青(Trinidad Lake Asphalt, 简称 TLA)是一种湖沥青,具有优良的高温性能、抗水损害性能和抗老化性能,常被用作改性剂来生产同样具有以上优点的 TLA 改性沥青。由于 TLA 本身就是沥青,与石油沥青融合度极高,只需在高温下将其与基质沥青拌匀即可制得有优异储存稳定性的 TLA 改性沥青,生产工艺简单。但实践中发现,TLA 改性沥青的低温抗裂性较差,用其做黏结剂的路面容易出现温缩裂缝。丁苯橡胶(Styrene-Butadiene-Rubber, 简称 SBR)是丁二烯-苯乙烯的简称,属于橡胶类聚合物改性剂。国内外研究表明:用 SBR 来改性沥青能显著提高沥青混合料的低温抗裂性,但其高温性能较差。此外,相对于 SBS 来说,SBR 年产量充足且价格较低,但目前中国对 SBR 的应用远没有 SBS 应用广泛。

考虑到 TLA 与 SBR 两者的特点,该文采用将两者复合配比的方案,期望能结合 TLA 和 SBR 各自的优点,来全面提高沥青的性能。参考前期的研究,该文选择 70# 沥青、20%TLA(后文称 0%S+20%T)、2%SBR+10%TLA(2%S+10%T)、2%SBR+20%TLA(2%S+20%T)和 3%SBR+20%TLA(3%S+20%

T)5 种沥青作为研究对象,对其沥青混合料高、低温性能和抗水损性能进行试验研究。

1 原材料性质

1.1 集料

该文采用石英岩集料和石灰石矿粉,其各项技术指标见表 1~3,均符合规范要求。

表 1 粗集料技术指标

项目	表观密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	压碎值/ %	针片状颗粒含量/%	含泥量/%
试验值	2.72	18.10	5.10	0.10
规范值	≥ 2.60	≤ 26	≤ 18	≤ 1

表 2 细集料技术指标

项目	细集料表观密度/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	坚固性(>0.3 mm 部分)/%	砂当量/%
试验值	2.61	2.3	76.6
规范值	≥ 2.5	≤ 12	≥ 60

收稿日期:2019-12-28(修改稿)

基金项目:国家自然科学基金资助项目(编号:50808077,51278188)

作者简介:任钰芳,男,硕士,高级工程师。E-mail:renyf@crbc.com

表3 矿粉技术指标

项目	含水量/ %	表观密度/ (g·cm ⁻³)	塑性指数	亲水系数
试验值	0.3	2.631	3.4	0.78
规范值	≤1	≥2.5	<4	<1

1.2 改性沥青

对照组沥青采用重交70#石油沥青,TLA与SBR复合改性沥青的制备工艺如图1所示。对基质沥青和

制备的改性沥青进行常规性能试验,结果如表4所示。

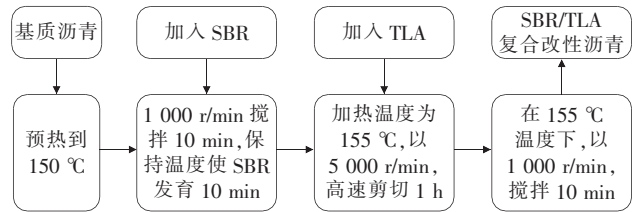


图1 改性沥青制备流程

表4 沥青基本性能指标试验结果

沥青	25℃针入度/(0.1 mm)	PI	软化点/℃	5℃延度/cm	135℃旋转黏度/(Pa·s)
70# 基质沥青	69.5	-0.51	50.0	23.1	0.54
0%S+20%T	15.8	0.38	66.9	10.2	1.74
2%S+10%T	14.9	0.53	60.1	20.4	1.12
2%S+20%T	12.6	0.55	67.8	15.9	1.85
3%S+20%T	12.4	0.74	68.2	17.5	1.91

由表4可以看出:随TLA掺量的增大,SBR/TLA复合改性沥青的针入度和5℃延度逐渐减小,而PI、软化点、135℃旋转黏度逐渐增大;随SBR掺量的增大,SBR/TLA复合改性沥青的针入度变小,而PI、软化点、5℃延度、135℃旋转黏度增大。

2 混合料配合比设计

2.1 矿料级配

该试验选用AC-13型沥青混合料,其矿料合成级配见图2。

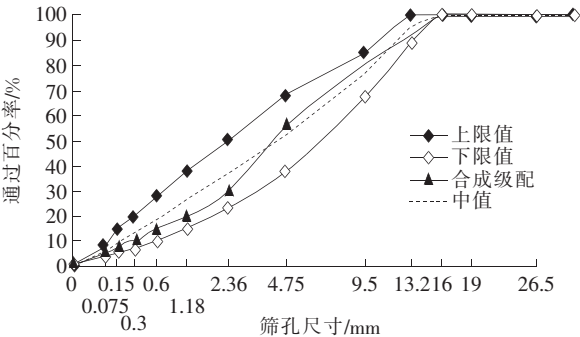


图2 AC-13集料筛分级配曲线图

2.2 确定最佳油石比

参考现有文献,初步将所有沥青混合料的最佳油石比均定为5.0%,并对采用此油石比的沥青混合料

进行马歇尔试验并测定体积指标,结果如表5所示。

表5 马歇尔试验结果

沥青混合料	空隙率/%	VMA/%	VFA/%	稳定度/kN	流值/(0.1 mm)
70# 基质沥青	6.1	16.10	69.7	9.76	3.25
0%S+20%T	5.0	15.65	66.7	19.49	2.65
2%S+10%T	4.9	15.70	71.8	14.83	3.10
2%S+20%T	4.5	15.50	76.3	20.43	2.71
3%S+20%T	5.0	15.50	72.3	21.52	2.86

从表5可知:与基质沥青相比,改性沥青混合料有更低的空隙率、VMA、流值,有更大的VFA和马歇尔稳定度,且所有指标均能满足规范要求,因此确定最佳油石比为5.0%。

3 TLA/SBR复合改性沥青混合料性能研究

3.1 高温性能

采用车辙试验评价SBR/TLA复合改性沥青混合料的高温性能,试验参照规范进行,试件尺寸为30 cm×30 cm×5 cm,在60℃的车辙仪里放置5 h后,在0.7 MPa的压强下碾压1 h,记录45 min和60 min试件表面的竖向变形,并据此计算出动稳定度(DS)来评

价混合料的高温稳定性,试验结果见表 6。

表 6 车辙试验结果

混合料类型	竖向位移/mm		DS/ (次·mm ⁻¹)
	45 min	60 min	
70# 基质沥青	4.341	4.744	1 563
0%S+20%T	2.543	2.731	3 351
2%S+10%T	3.607	3.822	2 930
2%S+20%T	2.431	2.611	3 500
3%S+20%T	1.543	1.711	3 750

由表 6 可见:① 所有改性沥青混合料的 45 min 与 60 min 的竖向变形均小于 70# 沥青,DS 均大于 70# 沥青,说明无论是只加入 TLA 改性,还是加入 TLA 与 SBR 复合改性均能提高高温性能;② 在所有掺入 20%TLA 的改性沥青混合料中,当 SBR 掺量从 0%增加到 2%,45 min 与 60 min 的变形均减小了 4.4%,DS 增加了 4.4%;当 SBR 掺量从 2%增加到 3%,改性沥青的 45 min 与 60 min 的位移分别减小了 36.5%和 34.5%,DS 增加了 7.1%。这说明掺入 2%~3%SBR 对 SBR/TLA 改性沥青的高温性能的增强效果最好;③ 2%SBR+20%TLA 与 2%SBR+10%TLA 相比,增加 10%TLA,改性沥青的 45 min 与 60 min 的变形分别减小了 32.6%和 31.7%,DS 增加了 19.5%。多添加 10%TLA 对 SBR/TLA 复合改性沥青的高温性能的提高效果要好于多添加 1%SBR 对高温性能的提高效果。但考虑到添加比例的差异,SBR 对 SBR/TLA 改性沥青高温性能影响更显著;④ 添加 SBR 和 TLA 后,所有的改性沥青混合料的 DS 均远远超过规范要求,3%SBR+20%TLA 具有最佳的高温性能。

3.2 低温性能

采用低温劈裂试验评价 SBR/TLA 复合改性沥青混合料的低温抗裂性能,试验参照规范进行,试件采用直径为(101.6±0.25) mm、高为(63.5±1.3) mm 的马歇尔试件。先将试件在-10℃的环境放置 6 h,然后以 50 mm/min 加载速率在-10℃的环境中进行劈裂试验,结果见表 7。

由表 7 可见:① 与 70# 沥青相比,20%TLA 的劈裂强度与劲度模量分别增大了 36.8%和 67.6%,破坏应变减小了 22.8%。这说明只用 TLA 改性提升了沥青混合料的最大抗拉伸破坏强度,但同时降低了变形能力和韧性,使其更容易在低温环境下开裂,这与其他研究的结论相吻合;② 在所有掺入 20%TLA 的改性

表 7 低温劈裂试验结果

沥青种类	劈裂强度/ MPa	破坏应变/ με	劲度模量/ MPa
70# 基质沥青	1.90	10.10	340
0%S+20%T	2.60	7.80	570
2%S+20%T	2.50	10.08	420
3%S+20%T	2.75	12.60	380

沥青中,随 SBR 含量的增大,劈裂强度变化不大,破坏拉伸应变逐渐变大,而劲度模量逐渐变小。这说明掺入 SBR 对 SBR/TLA 改性沥青混合料的最大抗拉伸强度影响不大,但提高了其韧性,使其在汽车荷载或极端低温环境下可以承受更大的收缩而不开裂;③ 综合各项指标,3%SBR+20%TLA 的劈裂拉伸强度与破坏拉伸应变最大,劲度模量也足够小,表现出了最好的低温性能。

3.3 水稳定性

该文采用浸水马歇尔试验评价 TLA 与 SBR 复合改性沥青混合料的水稳定性,试验参照规范进行:试验采用标准马歇尔试件,一组试件在 60℃的恒温水箱浸泡 30~40 min;另一组试件在 60℃的恒温水箱浸泡 48 h,对这两组试件进行马歇尔试验测其稳定度,并计算残留稳定度 IRS,IRS 越大代表混合料的水稳定性越好。试验结果见表 8。

表 8 浸水马歇尔试验结果

混合料类型	马歇尔稳定度/kN		IRS/%
	常规	浸水后	
改性方案 70#	9.76	8.06	82.6
0%S+20%T	11.28	10.18	90.2
2%S+10%T	10.81	9.34	86.4
2%S+20%T	11.28	10.1	89.5
3%S+20%T	12.31	11.42	92.8

由表 8 可以看出:① 所有沥青混合料 IRS 的排序为:3%S+20%T>20%T>2%S+20%T>2%S+10%T>70# 沥青。前 3 位均是 TLA 含量为 20%的改性沥青,其次是 TLA 含量为 10%的改性沥青,最后是 70# 沥青。这说明随 TLA 含量的增大,SBR/TLA 复合改性混合料的水稳定性得到改善。3%S+20%T 具有最佳的抗水损性能;② 在所有 20%TLA 的改性沥青中,随 SBR 掺量的增大,IRS 先减小后增大。2%S+20%T 与 3%S+20%T 相比,增加 1%的 SBR,改

性沥青的 IRS 增加了 3.3%。2% S+20% T 与 2% S+10% T 相比,增加 10% 的 TLA,改性沥青的 IRS 增加了 3.1%。考虑到掺量的差距,说明与 TLA 相比,SBR 对 SBR/TLA 复合改性沥青混合料的水稳定性的影响更加显著;③ 各沥青混合料的常规与浸水 48 h 后的马歇尔稳定度的大小排列均为 3% S+20% T>20% T>2% S+20% T>2% S+10% T>70# 沥青。这说明用 SBR 与 TLA 改性均可以提高沥青混合料的马歇尔稳定度,这是由于添加改性剂增大了沥青的黏度,使沥青与集料的黏结更牢固,因而提高了试件的强度。

4 结论

(1) TLA 与 SBR 均能提高 TLA/SBR 复合改性沥青混合料的高温性能。掺加少量的(0~2%) SBR 对高温性能的改善不明显,直到掺量超过 2%,SBR 对高温性能的改善效果才较为理想。与 TLA 相比,SBR 对高温性能影响更显著。添加 SBR 和 TLA 的沥青混合料的动稳定度均远超规范要求,3% SBR+20% TLA 具有最佳的高温性能。

(2) 单一采用 TLA 改性增大了沥青混合料的抵抗拉伸破坏的最大强度,但同时降低了在低温环境下的变形能力。随 SBR 含量的增大,SBR/TLA 复合改性沥青混合料的劈裂强度变化不大,破坏拉伸应变逐渐增大,劲度模量逐渐减小,掺入 SBR 有效提高了混合料的低温性能。综合各项指标,3% SBR+20% TLA 的低温抗裂性最佳。

(3) 随 TLA 含量的增大,SBR/TLA 复合改性沥青混合料的水稳定性逐渐增强。随 SBR 含量的增多,SBR/TLA 复合改性沥青混合料的 IRS 先减小后增大。掺加相同的比例,与 TLA 相比,SBR 对水稳定性的影响更加显著。3% SBR+20% TLA 有最佳的抗水损性能。

参考文献:

[1] 杨娥. TLA 混合沥青的高温性能指标 ZSV 研究[J]. 中外

公路,2016(1).

[2] 王琛艳. TLA 改性沥青评价指标试验对比分析[J]. 中外公路,2016(3).

[3] 马天才. 基于表面能理论的 TLA 改性沥青混合料抗水损害性能研究[J]. 中外公路,2017(6).

[4] 郭栋. 丁苯橡胶 SBR 与 TLA 复合改性沥青与沥青混合料性能研究[D]. 湖南大学硕士学位论文,2018.

[5] 郝培文,牛长友,王强. 丁苯橡胶改性沥青混合料路用性能的研究[J]. 石油炼制与化工,1999(10).

[6] 程培峰,李艺铭. DTDM 对 SBR 改性沥青性能及混合料路用性能的影响[J]. 中外公路,2017(4).

[7] 唐博,蒋送军,刘宁. 岩沥青-SBR 复合改性乳化沥青制备工艺与性能研究[J]. 中外公路,2018(5).

[8] 申小红. SBR 改性沥青路面性能浅议[J]. 西部探矿工程,2010(10).

[9] Jun Liu, Kezhen Yan, Jenny Liu, et al. Evaluation of the Characteristics of Trinidad Lake Asphalt and Styrene-Butadiene-Rubber Compound Modified Binder [J]. Construction and Building Materials, 2019, 202: 614-621.

[10] JTG E42-2005 公路工程集料试验规程[S].

[11] JTG F40-2004 公路沥青路面施工技术规范[S].

[12] JTG E20-2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].

[13] 邵腊庚,张仕,严二虎,等. 沥青结合料高温性能指标的研究[J]. 中外公路,2018(6).

[14] Xiaowen Zhao, Kezhen Yan, Shu Yang, et al. Laboratory Research on the Properties of Warm Amorphous Poly Alpha Olefin-Modified Asphalt Mixture Using Sasobit and Deurex[J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2018, 30(5).

[15] Shaoquan Wang, Kezhen Yan, Dongdong Ge, et al. Laboratory Research on the Performance of Stress-Absorption Interlayer (SAI) of Waste Tire Rubber and Amorphous Poly Alpha Olefin Modified Asphalt [J]. Construction and Building Materials, 2019, 223: 830-840.

[16] 包建业. 胶粉对 SBS 改性沥青流变特性及微观结构的影响[J]. 中外公路,2019(3).