

TLA 改性沥青及其混合料路用性能研究

李宁

(重庆交通大学 土木工程学院, 重庆 400074)

摘要: 为研究不同掺量特立尼达湖沥青(TLA)改性沥青及其混合料的路用性能,将不同掺量 TLA 加入基质沥青中,分析其主要技术指标,进行动态剪切试验、低温弯曲试验并采用旋转黏度仪测定其黏度;基于上述分析结果进行配合比设计,对 TLA、PE、SBS 3 种改性沥青混合料的路用性能进行对比分析,研究其性能差异,并选取代表性路段进行适用性分析。结果表明,随着 TLA 掺量的增加,改性沥青的高温性能显著改善,但低温性能明显下降,应控制 TLA 掺量在合理范围;SBS 改性沥青混合料的高温性能最优,TLA 改性沥青次之,PE 改性沥青最弱;TLA 改性沥青、PE 改性沥青混合料的水稳定性和低温抗裂性相当且均弱于 SBS 改性沥青混合料,疲劳性能的优劣顺序为 TLA 改性沥青>PE 改性沥青>SBS 改性沥青。

关键词: 公路;特立尼达湖沥青(TLA);改性沥青;路用性能

中图分类号: U416.217

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2021)06-0065-04

聚合物改性剂如 SBS 和 PE 不易与沥青相容,需较大投资,运输和储存不便;化学方法改性沥青在路面大修阶段难以回收再生,且大量实际应用表明,SBS 改性沥青虽然整体上提高了路面的使用性能,但仍难以避免开裂、水损坏和车辙等常见病害,应用受到一定限制。特立尼达湖沥青(TLA)以其优越的性能逐渐获得关注,但对其研究不够完善。该文结合广东佛山一环东线,将不同掺量 TLA 加入埃索 A 级 70# 基质沥青进行改性,分析其性能变化,同时分别掺入 40% TLA、4% SBS 和 PE 制作改性沥青,针对改性沥青在实体工程中可能应用的沥青路面表面层及中面层,按照湿热地区重交通道路通常采用的级配对 AC-13C 及 AC-20C 进行马歇尔试验确定最佳油石比,进而对其路用性能进行研究,并对实际应用路段进行跟踪检测,分析 TLA 改性沥青的适用性。

1 TLA 改性沥青性能分析

1.1 TLA 改性沥青技术指标分析

为分析不同掺量 TLA 与基质沥青混合后改性沥青的使用性能,分别选取 TLA 掺量 0、20%、40%、60%、80%、100% 进行改性,掺量为零时为基质沥青的技术指标,掺量为 100% 时为 TLA 的技术指标。高温稳定性根据软化点和针入度来评价;感温性能用 PI 值来显现;改性沥青的延展度和塑性有较大联系,可用来评价其低温性能。各掺量 TLA

改性沥青的主要技术指标见表 1 和图 1。

表 1 不同掺量 TLA 改性沥青的主要技术指标

TLA 掺量/%	25 °C 针入度/(0.1 mm)	PI	延度(15 °C)/cm	软化点/°C
0	66.0	-1.01	>150	48.1
20	48.2	-0.83	25.6	51.0
40	31.4	0.81	9.1	55.2
60	16.6	0.96	3.3	60.8
80	10.2	1.22	脆断	71.6
100	3.5	1.34	脆断	101.2

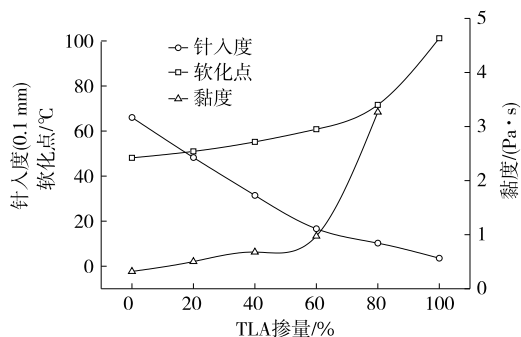


图 1 不同掺量 TLA 改性沥青的技术指标及黏度

从表 1 和图 1 可看出:TLA 掺量增加,软化点在掺量 0~80% 的范围内升高,上升幅度相对平稳;针入度呈连续下降趋势,由于掺量等比例增加,针入度与掺量之间接近成线性关系; PI 值也一直升高。说明增加 TLA 掺量,可改变基质沥青的高温稳定性和感温性能。另一方面,掺量增大,与低温性能有很大联系的技术指标延度下降,且掺量达到 80%

时,改性沥青试件发生脆断,说明低温性能受到很大影响,直接发生破坏。

1.2 TLA 改性沥青 SHRP 性能试验

对不同掺量 TLA 改性沥青进行动态剪切试

验,模拟在实验室里经过拌和老化后不同掺量 TLA 改性沥青的疲劳性能,并采用旋转黏度仪测定其黏度,继而通过低温弯曲试验分析其低温性能,结果见表 2、图 1。

表 2 不同掺量 TLA 改性沥青 SHRP 试验结果

TLA 掺 量/%	$G^* / \sin \delta / \text{kPa}$						PG 等 级/℃	S/MPa			m		
	原样沥青			RFTOT 短期老化试样									
	64 ℃	70 ℃	76 ℃	64 ℃	70 ℃	76 ℃		-6 ℃	-12 ℃	-18 ℃	-6 ℃	-12 ℃	-18 ℃
0	2.88	0.97	0.49	4.13	1.32	0.76	64—22	62.4	85.8	277	0.407	0.391	0.274
20	3.41	1.76	0.93	4.88	2.31	1.03	70—22	84.7	101.0	506	0.368	0.317	0.201
40	8.92	3.31	3.15	22.70	10.70	7.42	76—16	214.0	379.0	826	0.303	0.269	0.151
60	26.80	9.40	8.17	43.70	21.40	15.60	$\geq 76-10$	446.0	918.0	1 339	0.258	0.226	0.100
80	277.00	46.10	33.70	569.00	97.00	60.30	—	781.0	1 621.0	2 240	0.194	0.126	0.071

从表 2 可看出:原样沥青与 RFTOT 老化后试样的 $G^*/\sin\delta$ 随着 TLA 掺量的增大而增大,掺量为 0、20%、40%、60% 时,高温等级依次增大一个等级,而低温等级出现明显下降,掺量为 20% 时低温等级与原样沥青无明显差别;蠕变劲度也 S 随 TLA 掺量的增加不断升高,掺量过大则导致脆性,蠕变劲度随时间的变化率 m 值不断减小, S 越大, m 越小,路面易发生低温开裂破坏。

由图 1 可知:黏度在 TLA 掺量 0~60% 时不断增大,但增长速率较平缓,说明掺加 TLA 可改善沥青的高温稳定性,但掺量过大会影响施工和易性。

从 TLA 改性沥青各种使用性能出发,TLA 掺量有一个合理范围,比例过大,低温性能和变形能力受影响的程度也增大,这两方面的性能越差;过低,则与基质沥青无明显区别。就佛山一环东线而言,TLA 掺量为 20%~40% 较合理。在一定允许范围内加大掺量,高温、感温性能将得到提升,在保证其提升性能较良好的条件下将对低温性能的影响控制在最小程度,使其能更好地应用于实际。TLA 改性沥青的低温性能无法达到 SBS 对沥青改性的效果,但由于 TLA 本身已经过了相当程度的老化,TLA 改性沥青在抗老化性能方面更优。

2 配合比设计

粗、细集料采用广东产花岗岩,基质沥青与上述研究相同,分别掺入 40% TLA、4% SBS 和 PE 制作改性沥青,针对改性沥青在实体工程中可能应用的沥青路面表面层及中面层,按照湿热地区重交通道路常用级配对 AC-13C 及 AC-20C 进行马歇尔试验确定最佳油石比,级配曲线见图 2,不同类型改

性沥青混合料的最佳油石比见图 3。3 种改性沥青在相同级配条件下获得相同的体积指标时其最佳油石比基本一样。

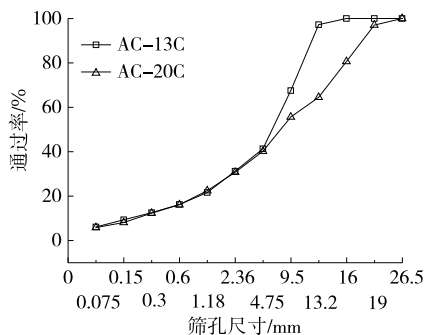


图 2 改性沥青混合料的级配曲线

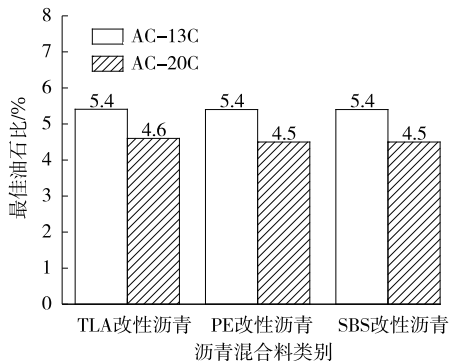


图 3 改性沥青混合料的最佳油石比

3 路用性能研究

3.1 高温稳定性

不同类型改性沥青混合料的车辙试验及 APA 试验结果见图 4 和表 3。

由图 4 和表 3 可知:SBS 改性沥青的动稳定度最大,TLA 改性沥青次之,PE 改性沥青最小;经过

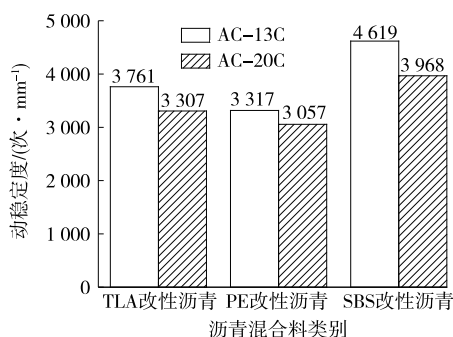


图4 改性沥青混合料的车辙试验结果

表3 改性沥青混合料的APA试验结果

沥青混合料类别	空隙率/%		变形/mm	
	AC-13C	AC-20C	AC-13C	AC-20C
TLA 改性沥青	4.0	3.5	3.727	3.682
PE 改性沥青	3.6	3.8	4.088	3.991
SBS 改性沥青	3.7	3.6	3.174	3.068

同等次数作用后,PE改性沥青发生的变形位移最大,达4.088 mm,抗变形能力最弱,SBS改性沥青的位移最小,TLA改性沥青的位移介于两者之间;使用同种改性沥青的AC-13C的变形略大于AC-20C。综上,SBS改性沥青的高温稳定性较好,TLA改性沥青次之,PE改性沥青的高温性能最差。

3.2 水稳定性

为简化分析,只对AC-13C级配的改性沥青混合料试件进行冻融劈裂试验,水稳定性指标以冻融劈裂强度比来表征,结果见表4。

表4 改性沥青混合料的冻融劈裂试验结果

沥青混合料类别	劈裂强度/MPa		TSR/%
	普通试件	冻融试件	
TLA 改性沥青	0.528	0.436	82.6
PE 改性沥青	0.426	0.351	82.3
SBS 改性沥青	0.447	0.393	87.9

由表4可知:3种改性沥青混合料的冻融劈裂强度比TSR分别为82.6%、82.3%及87.9%,SBS改性沥青的TSR略大,水稳定性较好。3种类型路面同时受到水的侵蚀或影响时,TLA改性沥青和PE改性沥青路面较易发生水损坏,路面使用性能降低。总体来讲,3种改性沥青路面的水稳定性相差不大。

3.3 低温性能

在温度最低时进行低温弯曲试验,研究改性沥青路面在低温状况下抵抗路面收缩造成开裂破坏或其他病害的能力,以极限应变和弯拉模量来表征,结

果见图5。

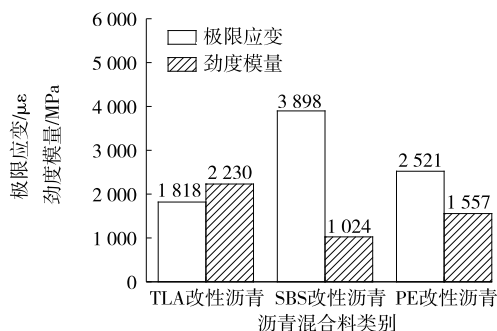


图5 改性沥青混合料的低温弯曲试验结果

由图5可知:TLA改性沥青的弯拉模量最大,PE改性沥青次之,SBS改性沥青最小;极限应变则相反,SBS改性沥青最大,TLA改性沥青最小,但都满足要求。以低温性能为指标选择改性沥青种类,应优选SBS改性沥青,PE改性沥青可作为第二位次考虑。因TLA对基质沥青及混合料的低温性能成负相关关系,TLA改性沥青的低温性能最弱。

3.4 疲劳性能

采用3种改性沥青以同一级配(AC-13C)分别成型混合料试件,在相同荷载作用下进行拉伸疲劳试验及弯拉疲劳试验,试验温度为15℃,采用频率10 Hz连续式半正弦波荷载加载,荷载为100~300 N。试验结果见图6。

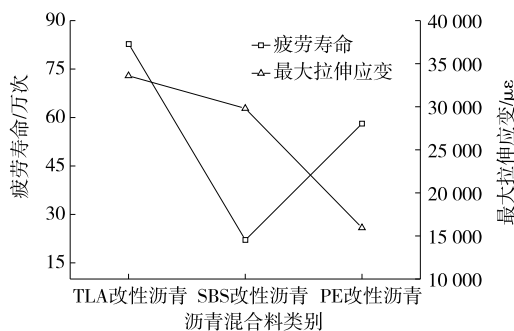


图6 改性沥青混合料的疲劳试验结果

由图6可知:1) SBS改性沥青的抗疲劳性能最弱,TLA改性沥青最强,PE改性沥青位于两者之间。这是由于三者的拉伸强度TLA改性沥青最大,PE改性沥青次之,SBS改性沥青最小,而疲劳试验是对沥青小梁在等应力(100~300 N)下进行的,拉伸强度越大,其寿命越长。2) SBS改性沥青的变形随时间变化增长最快,破坏也越快;TLA混合料的变形随时间增长最慢,破坏也相对较慢,即疲劳寿命最长。在该试验条件下试件并非由于强度降低而破坏,而是由于不堪过大的变形而破坏。疲劳寿命

大小为 TLA 改性沥青>PE 改性沥青>SBS 改性沥青。

弯拉疲劳试验采用应力指标来控制时,试件所受荷载是一个弯拉反复的常应力,而试件产生的应变随着时间而增加。如图 7、图 8 所示,不同混合料小梁在相同应力比下应变的增加幅度不同,应变随时间增加快,则疲劳破坏快,疲劳寿命越短。

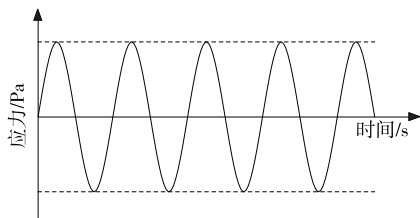


图 7 应力控制下应力随时间的变化

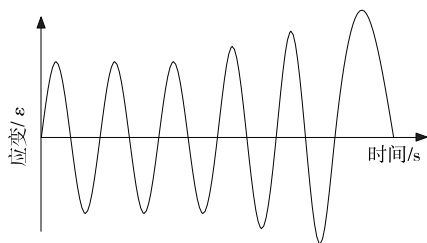


图 8 应力控制下应变随时间的变化

如图 9 所示,TLA 混合料小梁破坏明显。如图 10 所示,应力比为 0.25 时,TLA 改性沥青的疲劳寿命最大,远高于另外 2 种改性沥青。应力比增大,三者间的疲劳寿命差距减小,应力比为 0.6 时,疲劳寿命几乎无异。TLA 改性沥青小梁的弯拉模量比其他 2 种大得多,在作用相同的荷载时,产生的变形较小,故其疲劳寿命较长;SBS 改性沥青的弯拉模量最小,故疲劳寿命最短。弯拉疲劳试验受应力指标控制时,弯拉模量大的疲劳寿命长于弯拉模量小的;在控制应变的模式下,结论相反。

3.5 已建路面检测结果评价

佛山一环东线代表路段 TLA 改性沥青路面施



图 9 TLA 改性沥青混合料破坏试件

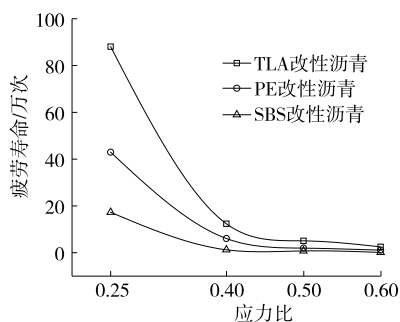


图 10 改性沥青混合料的小梁疲劳寿命

工后检测结果表明:TLA 改性沥青路面的高温稳定性、水稳定性与 SBS 改性沥青路面相差不大,40% TLA 掺量改性沥青的高温性能与 4% SBS 改性沥青相当,但裂缝数量比 SBS 改性沥青路面多。对于南方地区尤其是广东湿热地区,SBS 和 TLA 改性沥青均使用在面层,主要考虑高温性能,而二者的高温性能相当,从经济角度考虑,前者比后者每吨节省 115 元左右,价格上更具优势。但 TLA 在变形能力和低温性能方面与 SBS 改性沥青存在较大差距,建议将 TLA 改性沥青用于沥青路面的中下面层,避免路面后期潜在开裂风险。

4 结论

(1) TLA 掺量应控制在一定合理范围内,比例过大会导致低温性能和变形能力受影响的程度增大,导致这两方面性能变差;过小,则路用性能与基质沥青无明显区别。就佛山一环东线而言,TLA 的合理掺量为 20%~40%。高温、感温性能可通过在一定允许范围加大掺量得到提升,在保证其他性能良好的条件下将对低温性能的影响控制在最小程度,让路面的综合性能处于最佳,使其能更好地应用于实际。TLA 改性沥青的低温性能目前还无法达到 SBS 改性沥青的效果,但由于 TLA 本身已经过了相当程度的老化,TLA 改性沥青在抗老化性能方面更优。

(2) 高温稳定性和抗变形能力较好的是 SBS 改性沥青混合料,其次是 TLA 改性沥青,PE 改性沥青最弱。TLA 改性沥青和 PE 改性沥青的水稳性、低温抗裂性相当,其在水稳性方面与 SBS 改性沥青相比稍差,TLA 改性沥青在低温性能方面与 SBS 改性沥青的差距较大。疲劳性能的好坏为 TLA 改性沥青>PE 改性沥青>SBS 改性沥青。

(3) TLA 改性沥青实体工程的路用性能较好,

(下转第 73 页)

导致形成的暂态饱和区不同;在停雨阶段,影响水分消散,使相同条件下暂态饱和区表现出滞后性。暂态饱和区消散的滞后性也说明了膨胀土边坡破坏发生于停雨期的原因。

参考文献:

- [1] 包承纲.非饱和土的性状及膨胀土边坡稳定问题[J].岩土工程学报,2004,26(1):1-15.
- [2] 李涛,付宏渊,周功科,等.降雨入渗条件下粗粒土路堤暂态饱和区发展规律及稳定性研究[J].水文地质工程地质,2013,40(5):74-80.
- [3] 谭新,陈善雄,杨明.降雨条件下土坡饱和-非饱和和渗流分析[J].岩土力学,2003,25(3):381-384.
- [4] 戚国庆,黄润秋,速宝玉,等.岩质边坡降雨入渗过程的数值模拟[J].岩石力学与工程学报,2003,22(4):625-629.
- [5] 付宏渊,曾铃,蒋中明,等.降雨条件下公路边坡暂态饱和区发展规律[J].中国公路学报,2012,25(3):59-64.
- [6] 曾铃,史振宁,付宏渊,等.降雨入渗对边坡暂态饱和区分布特征的影响[J].中国公路学报,2017,30(1):25-34.
- [7] 许旭堂,简文彬,吴能森,等.降雨入渗影响下边坡中的非饱和渗流特性[J].地球科学,2018,43(3):922-932.
- [8] 詹良通.非饱和膨胀土边坡中土水相互作用机理[J].浙

江大学学报(工学版),2006,40(3):494-500.

- [9] 肖杰,杨和平,李哈峰,等.膨胀土边坡浅层破坏稳定性分析[J].交通运输工程学报,2014,14(2):21-27.
- [10] 湛文涛,肖杰,陈冠一,等.膨胀土边坡渗流数值模拟及稳定性分析[J].工业建筑,2018,48(9):133-139.
- [11] 杨文琦,周成,王林,等.降雨作用下考虑膨胀推力的膨胀土边坡稳定性分析[J].防灾减灾工程学报,2018,38(5):874-880.
- [12] 丁金华,陈仁朋,童军,等.基于多场耦合数值分析的膨胀土边坡浅层膨胀变形破坏机制研究[J].岩土力学,2015,36(增刊1):159-168.
- [13] 张良以,陈铁林,张顶立.降雨诱发膨胀土边坡渐进破坏研究[J].岩土工程学报,2019,41(1):70-77.
- [14] 陈亮胜,韦秉旭,廖欢,等.膨胀土边坡非饱和渗流及渐进性破坏耦合分析[J].水文地质工程地质,2020,47(4):132-140.
- [15] 王一兆,隋耀华.降雨入渗对边坡浅层稳定性的影响[J].长江科学院院报,2017,34(4):122-125.
- [16] QI S, VANAPALLI S K. Hydro-mechanical coupling effect on surficial layer stability of unsaturated expansive soil slopes[J]. Computers & Geotechnics, 2015, 70:68-82.

收稿日期:2021-01-13

(上接第68页)

尽管也存在一些不足,总体来讲可在一定程度上能克服公路沥青路面主要病害及降低工程造价,从经济性角度来说更具市场竞争力。

参考文献:

- [1] 冯新军,李旺,张喆.TLA+废胶粉复合改性沥青混合料路用性能研究[J].公路与汽运,2020(6):61-64.
- [2] 任钰芳,孙皓,颜可珍,等.SBR/TLA复合改性沥青混合料性能试验研究[J].中外公路,2020,40(2):212-215.
- [3] 张海涛,宫明阳,杨斌,等.不同复合改性沥青混合料路用性能的对比研究[J].公路交通科技,2019,36(2):1-6.
- [4] DERVA Kava, ALITOP Al, MCNALLY Tony. Relationship between processing parameters and aging with the rheological behaviour of SBS modified bitumen[J]. Construction and Building Materials, 2019, 221:345-350.
- [5] 冯慧敏.活性硅/SBS复合改性沥青混合料疲劳性能室

内试验研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2009.

- [6] 陈定.TLA改性沥青混合料疲劳性能研究[D].长沙:长沙理工大学,2008.
- [7] 陈炜.TLA改性沥青混合料应用技术研究[D].长沙:长沙理工大学,2007.
- [8] 倪富健,赖用满,沈恒,等.TLA复合改性沥青混合料路用性能研究[J].公路交通科技,2005,36(1):13-16.
- [9] 梁辉如.TLA改性沥青在广韶高速路面处治中的应用[J].中外公路,2005,24(1):182-184.
- [10] 马峰,冯乔,傅珍,等.不同级配复合改性沥青混合料路用性能[J].广西大学学报(自然科学版),2019,44(1):219-227.
- [11] 王淮.TLA改性沥青混合料路用性能研究[J].湖南交通科技,2018,44(3):90-92.
- [12] 植豪文.不同掺量TLA改性沥青及其混合料路用性能研究[J].公路与汽运,2016(4):82-85.
- [13] 敖清文,田永娅.抗车辙剂改性沥青混合料疲劳性能试验研究[J].交通科技,2016(6):109-112.

收稿日期:2021-01-06