

TLA 掺量对基质沥青物理性能的影响分析

姚杰

(永州市城市建设投资发展有限责任公司, 湖南 永州 425100)

摘要:以天然沥青(特立尼达湖沥青 TLA)对 SK90[#] 基质沥青进行改性,基于正交试验方法确定改性沥青的最佳制备参数,结合室内试验分析了不同掺量 TLA 对基质沥青针入度、软化点、延度、粘度、动态剪切流变等基本物理性能的影响。结果表明,TLA 改性沥青的最佳制备参数为剪切时间 40 min、剪切温度 170 ℃、剪切速率 4 000 r/min;掺入 TLA 后,沥青的高温性能有所提高,延度不合适作为 TLA 改性沥青的低温性能指标;随着 TLA 掺量的增加,TLA 改性沥青的粘度、高温性能及弹性性能增强。

关键词:公路;特立尼达湖沥青(TLA);SK90[#] 基质沥青;物理性能;影响分析

中图分类号:U416.2

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2018)01-0070-04

目前,国内外多采用以 SBS 改性沥青或橡胶类改性沥青为代表的有机聚合物类改性沥青,长时间的跟踪监测结果表明,该类改性沥青的路用性能良好。但随着需求量的增大,改性剂的价格攀升,使沥青混合料成本提高,同时有机聚合物类改性沥青的生产过程对加工工艺及生产设备要求较高,其运输及储存中沥青与改性剂易发生团聚离析现象。需研发既能满足储存、运输及路用性能要求,又能达到经济环保要求的改性沥青。将天然沥青作为改性剂对基质沥青进行改性是解决这一问题的重要途径。

将天然沥青作为改性剂对基质沥青进行改性,因其物理化学组分与基质沥青相似,都属于终端石油衍生产物,两者相似相溶不会发生团聚离析现象;其对生产工艺要求简单,只需将两者在相应温度下加热搅拌即可;同时天然沥青改性沥青的稳定性极好,在储存、运输及施工中不会产生负面效应。基于此,该文以特立尼达湖沥青(TLA)为研究对象,采用正交试验方法,选取剪切时间、剪切温度、剪切速率为水平因素,确定 TLA 改性沥青的最佳制备参数,并将 20%、30%和 40%TLA 掺入 SK90[#] 基质沥青中,从针入度、软化点、延度、粘度、动态剪切流变角度分析不同掺量 TLA 对基质沥青基本物理性能的影响。

1 试验材料

选用 SK90[#] 基质沥青及 TLA 作为试验材料,按 JTG E20—2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》对两种沥青进行检测,结果见表 1、表 2。

表 1 SK90[#] 沥青的试验结果

检测指标	试验结果	技术要求
针入度(25 ℃,100 g,5 s)/(0.1 mm)	84.3	80~100
针入度指数	-0.44	-1.5~1.0
软化点 $T_{R\&B}/^{\circ}\text{C}$	47.5	≥ 45
动力粘度(60 ℃)/(Pa·s)	175	≥ 160
10 ℃延度/cm	45	≥ 20
15 ℃延度/cm	>100	≥ 100
蜡含量/%	1.9	≤ 2.2
闪点/℃	287	≥ 245
溶解度/%	99.7	≥ 99.5
密度(15 ℃)/(g·cm ⁻³)	1.020	
RTFOT 后质量变化/%	-0.09	± 0.8
残留物 残留针入度比(25 ℃)/%	63.4	≥ 57
残留物 残留延度(5 cm/min,10 ℃)/cm	11	≥ 8

表 2 TLA 的试验结果

检测指标	试验结果	技术要求
针入度(25 ℃,100 g,5 s)/(0.1 mm)	2.6	0~5
软化点 $T_{R\&B}/^{\circ}\text{C}$	136.7	≥ 90
密度/(g·cm ⁻³)	1.388	1.3~1.5
灰分/%	35.4	33~38
RTFOT 后残留针入度比/%	76	≥ 50

2 TLA 改性沥青的制备

2.1 制备参数确定

TLA 改性沥青能否均匀分布于基质沥青中是影响 TLA 改性沥青路用性能的关键,选择合理的

制备条件尤为重要。TLA 改性沥青的制备参数主要包括剪切时间、剪切温度和剪切速率。通过 $L_9(3^4)$ 正交试验对 TLA 改性沥青的制备条件进行优化,以剪切时间、剪切温度、剪切速率为因素,各因素拟定 3 个水平,正交设计方案见表 3。

表 3 TLA 改性沥青制备参数正交设计方案

方案编号	剪切时间/ min	剪切温度/ ℃	剪切速率/ ($r \cdot \min^{-1}$)
1	55	185	4 000
2	55	170	5 000
3	55	155	3 000
4	40	185	3 000
5	40	170	4 000
6	40	155	5 000
7	25	185	5 000
8	25	170	3 000
9	25	155	4 000

对不同制备参数条件下 TLA 改性沥青的 25℃ 针入度、软化点、15℃ 延度进行检测,结果见表 4。对试验结果进行极差分析,研究最佳的剪切时间、剪切温度、剪切速率组合,极差分析结果见表 5。

表 4 TLA 改性沥青三大指标试验结果

方案编号	25℃ 针入度/ (0.1 mm)	软化点/ ℃	15℃ 延度/ cm
1	38.5	53.4	49.1
2	39.3	53.8	49.5
3	39.8	53.7	49.0
4	38.7	54.1	55.8
5	40.4	55.6	56.0
6	39.9	54.9	55.6
7	38.4	53.8	51.1
8	39.6	53.6	51.8
9	38.9	53.2	51.6

由表 5 可知:1) 对于 TLA 改性沥青的 25℃ 针入度,剪切时间中 K_2 最大,剪切温度中 K_2 最大,剪切速率中 K_3 最大,故性能最佳的是剪切时间 40 min、剪切温度 170℃、剪切速率 5 000 r/min。剪切温度的极差为 1.25,对 25℃ 针入度的影响最大;剪切速率的极差为 0.18,对 25℃ 针入度的影响最小。2) 对于 TLA 改性沥青的软化点,剪切时间中 K_2 最大,剪切温度中 K_2 最大,剪切速率中 K_2 最大,故性能最佳的是剪切时间 40 min、剪切温度 170℃、剪切速率 4 000 r/min。剪切温度的极差为 1.34,

表 5 TLA 改性沥青正交试验结果极差分析

性能指标	因素	K_1	K_2	K_3	R
25℃ 针入度	剪切时间	39.20	39.67	38.97	0.70
	剪切温度	38.53	39.77	39.53	1.25
	剪切速率	39.27	39.20	39.37	0.18
软化点	剪切时间	53.63	54.87	53.53	0.56
	剪切温度	53.77	54.33	53.93	1.34
	剪切速率	54.07	54.17	53.80	0.37
15℃ 延度	剪切时间	49.20	55.80	51.50	0.43
	剪切温度	52.00	52.43	52.07	6.60
	剪切速率	52.23	52.07	52.20	0.16

注: K_1 、 K_2 、 K_3 分别对应不同因素水平下相应指标的测试结果, K_1 对应剪切时间 25 min、剪切温度 155℃、剪切速率 3 000 r/min, K_2 对应剪切时间 40 min、剪切温度 170℃、剪切速率 4 000 r/min, K_3 对应剪切时间 55 min、剪切温度 185℃,剪切速率 5 000 r/min; R 为极差。

对软化点的影响最大;剪切速率的极差为 0.37,对软化点的影响最小。3) 对于 TLA 改性沥青的 15℃ 延度,剪切时间中 K_2 最大,剪切温度中 K_2 最大,剪切速率中 K_1 最大,故性能最佳的是剪切时间 40 min、剪切温度 170℃、剪切速率 3 000 r/min。剪切温度的极差为 6.6,对 15℃ 延度的影响最大;剪切速率的极差为 0.16,对 15℃ 延度的影响最小。

综上,影响 TLA 改性沥青主要性能指标的最主要因素是剪切温度,剪切时间 40 min、剪切温度 170℃、剪切速率 4 000/min 是 TLA 改性沥青的最佳制备参数。

2.2 制备方法

将 90# 基质沥青与 TLA 分别加热到 150℃,TLA 在恒温 150℃ 加热至熔融状态,按 20%、30% 和 40% 的低、中、高 3 种掺量加入基质沥青中并搅拌加热到 170℃,控制 170℃ 恒温,在剪切速率为 4 000 r/min 的剪切搅拌器中搅拌发育 40 min。由于 TLA 含有 36%~37% 灰分,且灰分极易沉淀,为确保 TLA 改性沥青的均匀性,在剪切发育后恒温 170℃ 人工手动搅拌 15 min。

3 试验结果及分析

3.1 针入度

TLA 掺量分别为 20%、30% 和 40% 的改性沥青的 25℃ 针入度见图 1。

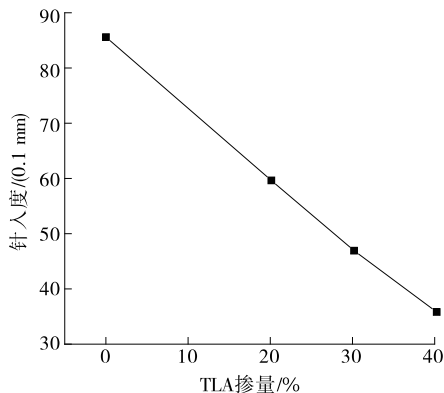


图1 不同掺量 TLA 对基质沥青 25℃ 针入度的影响

由图1可知:TLA 改性沥青的针入度比基质沥青的小,TLA 掺量分别为 20%、30% 和 40% 时,其针入度依次下降 31.2%、45.2% 和 58.8%。说明随着 TLA 掺量的增加,沥青稠度逐渐升高,进一步提高了基质沥青的温度敏感性。将 TLA 加入基质沥青中,由于其网状结构十分发达,在高温环境作用下,TLA 中含有的许多活性点被激发出来,并被小型的沥青分子所包围和填充,进一步形成了以天然沥青为中心的网状结构,随着 TLA 掺量的增加,这种空间网状结构逐渐增多,并在一定掺量后发生质的变化。

3.2 软化点

TLA 掺量分别为 20%、30% 和 40% 的改性沥青的软化点见图2。

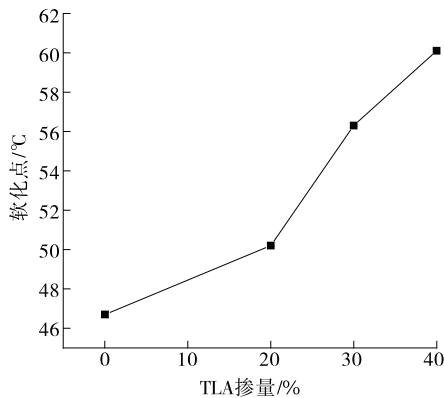


图2 不同掺量 TLA 对基质沥青软化点的影响

由图2可知:TLA 改性沥青的软化点比基质沥青高,TLA 掺量分别为 20%、30% 和 40% 时,软化点依次上升 7.3%、21.1% 和 27.9%。说明随着 TLA 掺量的增加,沥青粘度逐渐增加,从而提高了基质沥青的高温性能。这是因为 TLA 中氮元素含量较高,其与氧、硫等元素广泛存在于大多数特征官

能团中,加入基质沥青中得到的改性沥青同样具有较好的高温性能。

3.3 延度

TLA 掺量分别为 20%、30% 和 40% 的改性沥青的 15℃ 延度见图3。

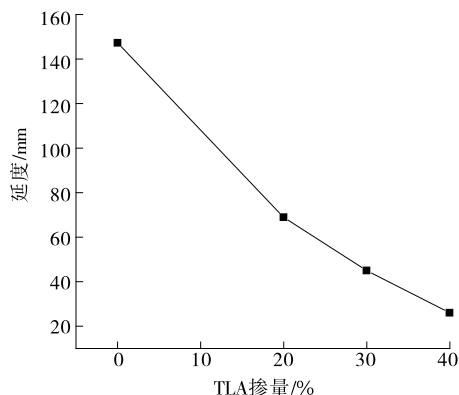


图3 不同掺量 TLA 对基质沥青 15℃ 延度的影响

由图3可知:TLA 改性沥青的延度与基质沥青相比大幅降低,TLA 掺量分别为 20%、30% 和 40% 时,延度依次降低 52.8%、70.1% 和 81.9%。说明随着 TLA 掺量的增加,沥青延展性能逐渐降低,从而影响了基质沥青的低温性能。其原因主要是 TLA 中灰分含量较高,加入基质沥青中得到的改性沥青分子结构间的结合力降低,导致延度降低。

3.4 粘度

沥青的粘滞性代表沥青抵抗流动变形的能力,目前通常采用对沥青进行剪切的方法得到沥青材料的剪应力及剪切变形速度,两者之比即为沥青的粘度。由于沥青的力学性能对其路用性能有着至关重要的作用,对其进行粘温力学参数测定是沥青性能研究中必不可少的一方面。TLA 掺量分别为 20%、30% 和 40% 的改性沥青在 135℃ 条件下的粘度见图4。

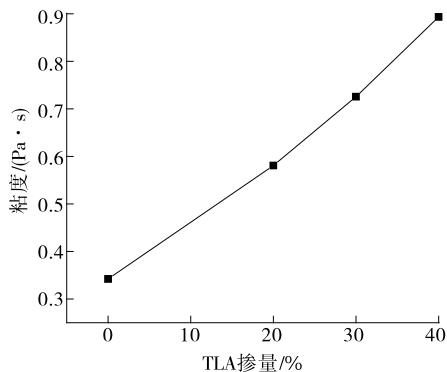


图4 不同掺量 TLA 对基质沥青粘度的影响

由图 4 可知:TLA 改性沥青的粘度与基质沥青相比大幅提高,TLA 掺量分别为 20%、30%和 40%时,粘度依次提高 69.6%、112.1%和 162.0%。说明随着 TLA 掺量的增加,沥青粘性逐渐升高,进而提高了沥青与集料之间的粘附性能,施工和易性也有一定改善。TLA 能明显改善基质沥青的粘附性,在一定程度上提高其高温性能,对提高基质沥青的耐老化性能有一定帮助。

3.5 动态剪切流变

美国战略公路研究计划认为,动态剪切流变试验得到的复数剪切模量 G^* 和相位角 δ 可反映沥青的粘弹性能。 G^* 用于表示动态荷载作用下应力和应变之比,其值越大,沥青的劲度模量越大,抵抗变形的能力越强。 δ 表征材料的粘弹性比例,对于纯粘性流体, δ 为 90° ;对于纯弹性材料, δ 为零;大多数粘弹性材料为 $0^\circ < \delta < 90^\circ$ 。 δ 越小,沥青材料越接近弹性体,其产生变形后恢复能力越强; δ 越大,沥青材料越接近流体,产生变形后恢复能力越弱。抗车辙因子 $G^*/\sin\delta$ 可反映沥青的高温性能。TLA 掺量分别为 20%、30%和 40%的改性沥青在 64°C 条件下的粘弹性参数见图 5。

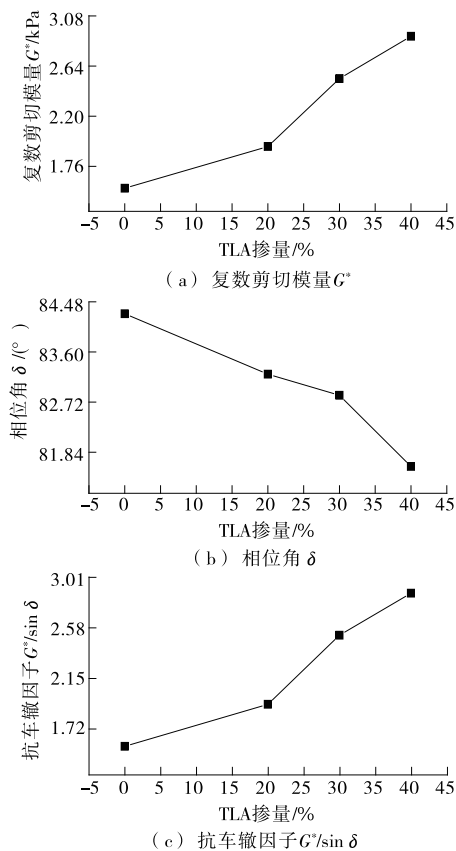


图 5 不同掺量 TLA 对基质沥青粘弹性能的影响

由图 5 可知:与基质沥青相比,TLA 改性沥青的复数剪切模量 G^* 提高、相位角 δ 下降、抗车辙因子 $G^*/\sin\delta$ 上升。TLA 掺量分别为 20%、30%和 40%时, G^* 提高幅度依次为 22.7%、61.1%和 83.8%,说明随着 TLA 掺量的增加,沥青的高温稳定性增强; δ 下降幅度依次为 1.24%、1.65%和 3.21%,说明随着 TLA 掺量的增加,沥青胶浆逐渐变得粘稠,其弹性性能逐渐提高; $G^*/\sin\delta$ 上升幅度依次为 22.9%、61.8%和 84.7%,说明随着 TLA 掺量的增加,沥青的高温抗车辙能力逐渐增强。

4 结论

(1) TLA 改性沥青的最佳制备参数为剪切时间 40 min、剪切温度 170°C 、剪切速率 4 000 r/min。

(2) 随着 TLA 掺量的增加,TLA 改性沥青的 25°C 针入度和 15°C 延度逐渐降低、软化点逐渐升高,掺入 TLA 后,沥青的高温性能有所提高,且延度不宜作为 TLA 改性沥青的低温性能指标。

(3) 随着 TLA 掺量的增加,TLA 改性沥青的粘度逐渐增加,高温性能及弹性性能相应增加。

参考文献:

- [1] 杨光,申爱琴,陈志国,等.季冻区橡胶粉与 SBS 复合改性沥青混合料性能及改性机理[J].长安大学学报:自然科学版,2015,35(6).
- [2] 刘贞鹏.SBS/橡胶复合改性沥青混合料高温性能研究[D].重庆:重庆交通大学,2014.
- [3] 刘捷,姚晓光.天然沥青改性沥青性能研究[J].公路交通科技:应用技术版,2016(7).
- [4] 马峰,富志鹏,沙爱民.天然沥青改性沥青热性质与微观结构研究[J].中国公路学报,2015,28(6).
- [5] Silvia Caro, Diana B Sánchez, Bernardo Caicedo. Methodology to characterise non-standard asphalt materials using DMA testing: application to natural asphalt mixtures[J]. International Journal of Pavement Engineering, 2015, 16(1).
- [6] Mehmet Yilmaz, Muhammed Ertugrul Celoclu. Effects of SBS and different natural asphalts on the properties of bituminous binders and mixtures[J]. Construction and Building Materials, 2013(44).
- [7] 钱春香,解建光.SBS 和 SFBS 改性沥青及混合料抗老化性能[J].东南大学学报:自然科学版,2005,35(6).