

生物质重油再生沥青胶结料性能研究

石东晖

(北京市门头沟区市政服务中心, 北京 102300)

摘要: 采用生物质重油对老化沥青的再生技术进行研究, 通过对不同掺量生物质重油再生沥青的针入度、软化点和粘度的对比分析, 提出了不同老化条件下生物质重油的最佳掺量, 并分析了生物质重油再生沥青的老化特性和工作特性。结果表明, 考虑到再生沥青性能的稳定性, 推荐生物质重油的掺量为 RTFOT 时 10%、PAV 时 15%; 生物质重油掺量对再生沥青的老化特性具有显著影响, 掺量越高, 再生沥青抗老化性能越差; 生物质重油具有明显的降粘作用, 掺量越高, 再生沥青的粘度降低越明显; RTFOT 再生沥青的最佳拌和温度和压实温度分别为 170~175、155~163 °C, PAV 再生沥青的最佳拌和温度和压实温度分别为 161~166、146~155 °C。

关键词: 公路; 老化沥青; 再生沥青; 生物质重油

中图分类号: U416.2

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)01-0074-05

生物质重油作为一种特殊的工业产品, 是由生物质热解油中的重质油经过分离和深加工制备得到的新型材料。生物沥青均来自于废弃的生物质材料(如秸秆、猪粪等), 农作物秸秆或其他植物废料、牲畜排泄物等生物质为可再生能源, 具有取材方便、分布广泛、储量巨大、循环利用、绿色环保、价格低廉等优势。将回收老化沥青路面材料应用于公路设施建设, 对降低沥青需求量、保护自然环境、降低工程造价、实现公路的可持续发展具有重大意义。该文采用生物质重油进行老化沥青再生技术研究, 分析生物质重油再生沥青及其混合料的力学特性、路用性能及老化特性。

1 原材料及试验方案

1.1 原材料

(1) 沥青。选用目前国内常用的中海油 90# 基质沥青, 根据 JTG E20—2011《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》测试其针入度、软化点、延度等技术指标, 结果见表 1。

表 1 中海油 90# 基质沥青的技术指标

项 目	试验值	规范值
针入度 (25 °C、5 s、100 g)/(0.1 mm)	88	80~100
15 °C 延度/cm	122	≥100
软化点 (R&B)/°C	47.2	≥45
15 °C 密度/(g·cm ⁻³)	1.031	实测记录
RTFOT 后 (163 °C、85 min)	质量变化/%	69
	残留针入度比/%	±0.54
	残留延度/cm	35

(2) 生物质重油。所用生物质重油来源于多种农作物秸秆, 其在常温下为粘稠液体, 呈深褐色, 主要元素组成见表 2。

表 2 生物质重油的元素组成

元素	组成比例/%	元素	组成比例/%
碳	43.64	硫	3.05
氢	6.88	氧	46.36
钠	0.07		

1.2 试验方案

如图 1 所示, 试验中先对基质沥青分别采用短期老化(RTFOT)和长期老化(PAV)进行室内模拟老化, 然后采用生物质重油对 RTFOT 和 PAV 老化沥青进行再生, 生物质重油掺量分别为 5%、10% 和 15%(沥青质量百分比)。

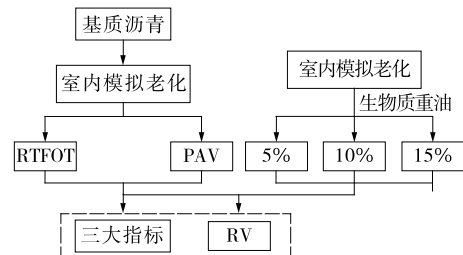


图 1 生物质重油再生沥青胶结料性能研究技术路线

再生沥青的制备流程: 将老化后的基质沥青在 120 °C 条件下预热 30 min, 然后将生物质重油加入沥青中并迅速将沥青加热至 (140±5) °C, 采用乳化剪切仪对沥青—生物质重油混合物剪切 30 min, 搅

拌速率为 3 000 r/min,最后将沥青冷却至室温密封保存,即制得所需生物质重油再生沥青。

2 常规性能测试及分析

图 2 为生物质重油再生沥青的三大指标测试结果。除延度外,2 种不同老化方式的再生沥青均表现出相似的变化规律,均为针入度逐渐增大、软化点逐渐降低。

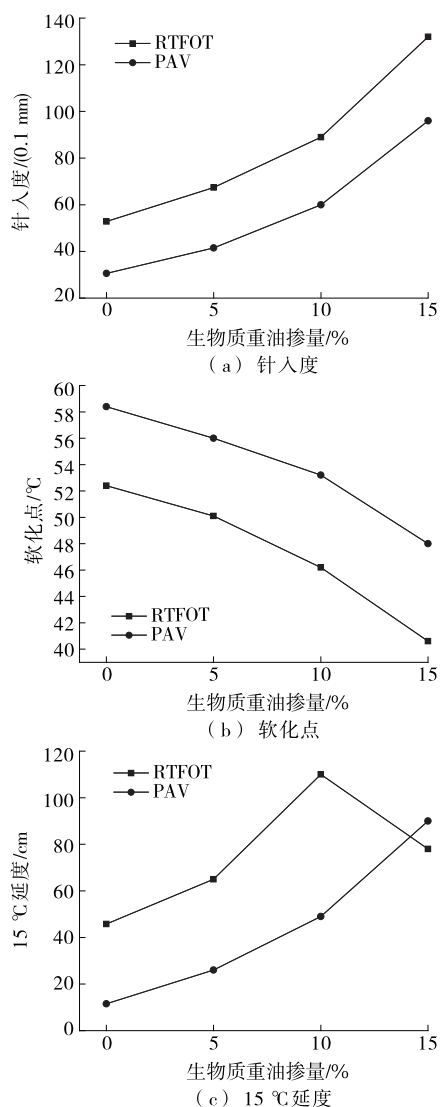


图 2 生物质重油再生沥青三大指标测试结果

从图 2(a)可看出:2 种不同老化方式的再生沥青的针入度都随着生物质重油掺量的增加而增加,总体上,生物质重油可改善和软化短期老化、长期老化沥青的针入度指标,但 RTFOT 再生沥青的增幅大于 PAV 再生沥青,说明掺加生物质重油可使老化沥青变软,恢复老化沥青针入度至初始值。与未掺生物质重油的再生沥青相比,生物质重油掺量为

5%、10%和 15%时,RTFOT 再生沥青的针入度分别增长 35.6%、96%和 213.7%,PAV 再生沥青分别增长 27.6%、68.6%和 150%,表明生物质重油对 RTFOT 再生沥青具有较好的软化作用,其再生效果更明显。掺量为 15%时,RTFOT 再生沥青的针入度达到 130 (0.1 mm),远大于基质沥青的针入度 [88 (0.1 mm)]。因此,实际使用中,为保证沥青沥青混合料中集料与沥青的粘附性,再生沥青的稠度不能过小,应控制在一个合理范围。

软化点反映沥青的粘度和温度敏感性,软化点越高,其粘度越大,高温稳定性和热稳定性越好。从图 2(b)可看出:经 RTFOT 和 PAV 老化后,沥青软化点分别为 52.4 和 58.3 °C;随着生物质重油掺量的增加,再生沥青的软化点逐渐降低,与针入度测试结果相反,说明掺入废食用生物质重油会使再生沥青的高温稳定性降低,废食用植物油的掺量不能过高。相对于未掺生物质重油的再生沥青,生物质重油掺量为 5%、10%和 15%时,RTFOT 再生沥青的软化点分别降低 4.4%、11.8%和 22.5%,PAV 再生沥青分别降低 4.1%、8.9%和 17.8%,生物质重油对 RTFOT 的再生效果优于 PAV,与前述针入度所得结论一致。

延度可衡量沥青在外力作用下的抗变形和抗断裂能力,反映沥青的柔软程度,一般延度越大,沥青越柔软,其低温抗裂性越好。从图 2(c)可看出:生物质重油可改善老化沥青的延度指标,可使老化沥青的低温柔韧性和低温抗裂性能变好。但 2 种不同老化方式沥青的延度变化呈现不同的规律,随着生物质重油掺量的增加,RTFOT 再生沥青的延度呈先增加后减小的趋势,掺量为 10%时达到最大 110 cm,此后随着掺量的增加延度逐渐减小,表明生物质重油掺量应合理,过大会降低再生沥青的延度;而 PAV 再生沥青的延度一直呈逐渐上升的趋势,掺量为 15%时延度值为 91 cm,与基质沥青的延度初始值(122 cm)相近。

综上所述,生物质重油可改善老化沥青的各项性能,使老化沥青的三大指标恢复至初始水平。考虑到再生沥青性能的稳定性,生物质重油的掺量不宜过大。以生物质重油对老化沥青性能恢复至初始水平为目标,初步推荐 RTFOT 再生沥青的生物质重油掺量为 10%,PAV 再生沥青的生物质重油掺量为 15%,此时前者的针入度、软化点和粘度分别为 89 mm、46.2 °C 和 110 cm,后者分别为 96 mm、48 °C

和90 cm,与基质沥青的指标值(88 mm、47.2 ℃和122 cm)较接近,符合规范对沥青性能的要求。根据试验结果,综合分析生物质重油对老化沥青各方面性能的改善情况,推荐生物质重油掺量为 RTFOT 时 10%、PAV 时 15%。

3 生物质重油再生沥青的耐老化性能

选用残留针入度比、软化点差值及残留延度比对再生沥青的老化特性进行量化表征,其中残留针入度比为老化后沥青的针入度与未老化沥青针入度

的比值,软化点差值为老化后沥青的软化点与未老化沥青的软化点差值,残留延度比为老化后沥青的延度与未老化沥青延度的比值。残留针入度比反映老化对针入度的影响,其值越大,老化对沥青的影响越小,越有利;其值越小,影响越大,越不利。软化点差值反映老化对沥青软化点的影响,其绝对值越大,老化对沥青的影响越大,反之影响越小。残留延度比反映老化对沥青延度的影响,其值越大,影响越小,反之影响越大。图 3 为生物质重油再生沥青老化前后的性能试验结果。

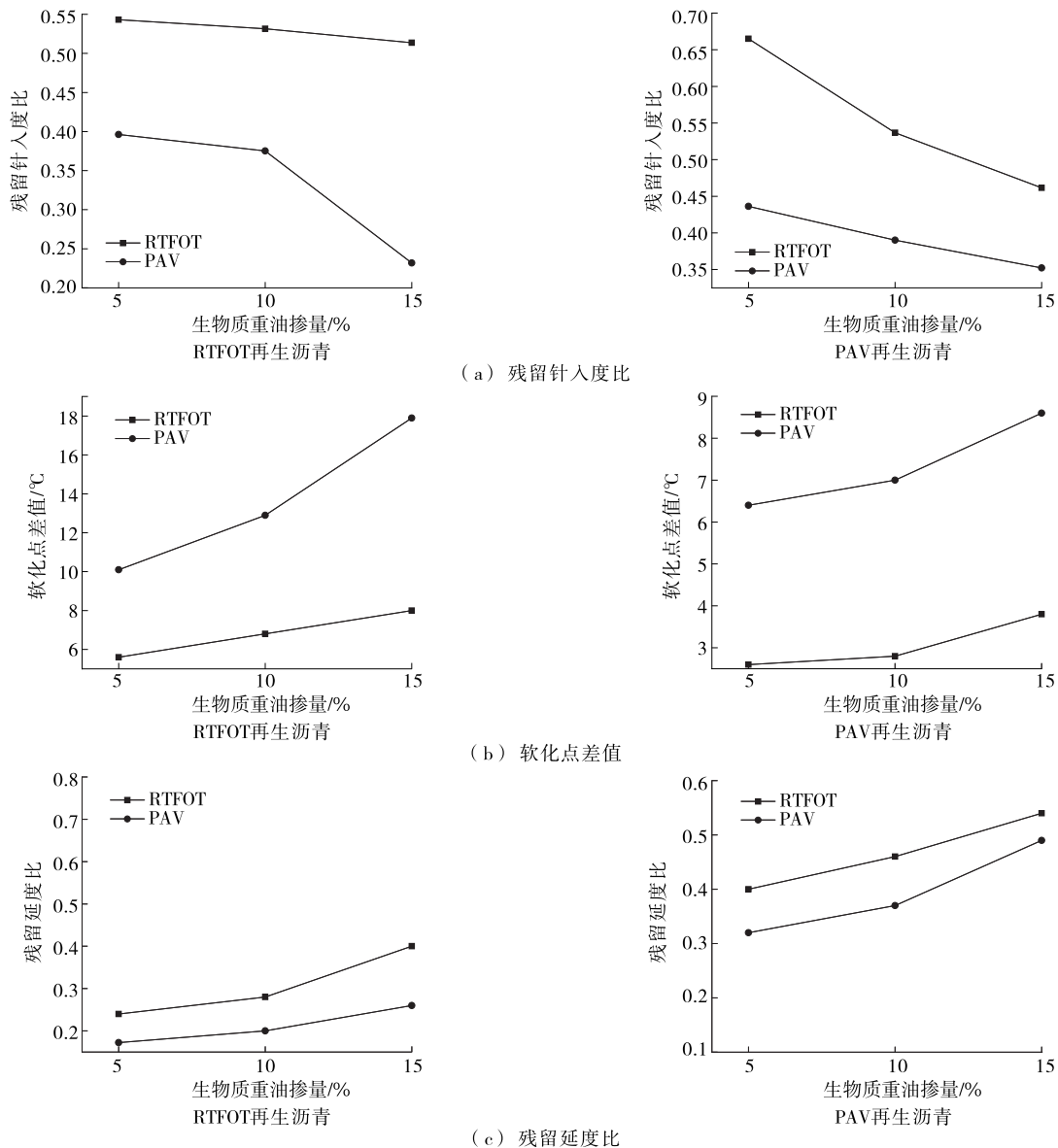


图 3 生物质重油再生沥青老化指标测试结果

从图 3 可看出:经 RTFOT 老化和 PAV 老化后,再生沥青的针入度比逐渐减低,软化点差值和残

留延度比逐渐升高,2 种生物质重油再生沥青的老化特性表现出相似的规律。

从图 3(a)可看出:2 种再生沥青的短期老化针入度比和长期老化针入度比均随着生物质重油含量的增加而降低。对于 RTFOT 再生沥青,随着生物质重油掺量的增加,短期老化后再生沥青的针入度比基本保持不变,仅降低 4%,而长期老化后再生沥青的针入度比变化较大,降低 17%,说明长期老化对其影响较大,短期老化则可忽略。对于 PAV 再生沥青,短期老化后针入度比降低 21%,长期老化后降低 11%,说明随着生物质重油含量的增加,再生沥青老化后的相对稠度降低,即抗老化能力下降。因此,为保证再生沥青的抗老化性能,应合理选择生物质重油掺量。

从图 3(b)可看出:2 种再生沥青的软化点差值的变化规律相似,长期老化条件下再生沥青的软化点变化比短期老化时大。生物质重油掺量 5%与 15%相比,短期老化后,RTFOT 和 PAV 再生沥青的软化点差值分别提高 2.4、7.8 °C;长期老化后,软化点差值分别提高 1.2 和 2.4 °C,表明长期老化可对再生沥青产生显著影响,使软化点显著增高。RTFOT 再生沥青对老化的敏感性高于 PAV 再生沥青,不管短期老化还是长期老化,其软化点变化较大,PAV 再生沥青具有较好的老化特性。

从图 3(c)可看出:2 种再生沥青短期老化和长期老化下的残留延度比均随着生物质重油含量的增加而上升。PAV 再生沥青的残留延度比高于 RTFOT 再生沥青,说明 PAV 再生沥青具有较好的抗老化特性,与前述测试结果相似。生物质重油掺量 5%与 15%相比,RTFOT 再生沥青短期老化和长期老化后的残留延度比分别增加 0.16、0.09,PAV 再生沥青分别增加 0.14、0.17。说明随着生物质重油含量的增加,沥青的相对塑性提高,再生沥青的抗老化能力得到提高,这种影响在短期与长期老化时效果均相当显著。

综上所述,生物沥青改性沥青的使用性能与生物沥青含量具有较好的相关性。生物质重油掺量对再生沥青的老化特性具有显著影响,其掺量越高,再生沥青对老化越敏感,抗老化特性也越差。因此,在进行老化沥青再生时,生物质重油掺量不宜过高。前面选定的掺量下再生沥青具有良好的抗老化性能,验证了 RTFOT 老化沥青的生物质重油掺量为 10%和 PAV 老化沥青的生物质重油掺量为 15%的可靠性。

4 生物质重油再生沥青的粘度特性

采用布氏旋转粘度仪对不同生物质重油掺量下 RTFOT 再生沥青和 PAV 再生沥青的 120、135、150、165 和 180 °C 粘度进行测试,其中室内选用 27# 转子,转速为 20 r/min。图 4 为 2 种再生沥青的粘度测试结果。

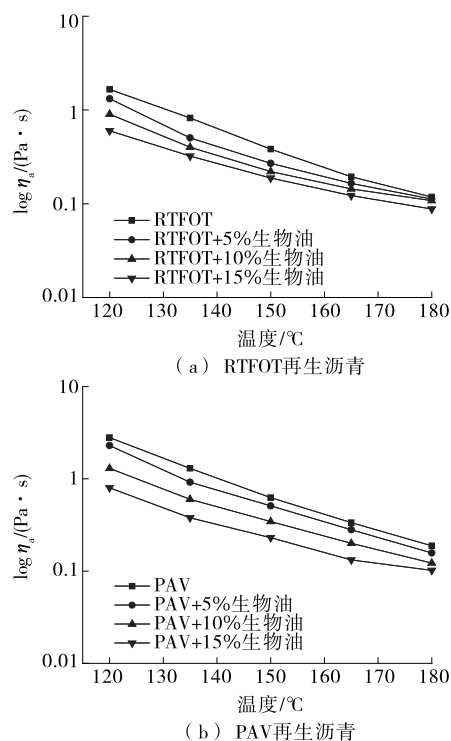


图 4 生物质重油再生沥青的粘度测试结果

从图 4 可看出:随着温度的升高,不同老化方式的再生沥青及不同生物质重油掺量都表现出相似的性质,即随着温度的升高,粘度逐渐降低,基本呈线性变化,且所有生物沥青在 135 °C 时的粘度均满足 SHRP 规定的不超过 3 Pa·s 的要求。对于不同老化方式的再生沥青,相同生物质重油掺量下,PAV 再生沥青的粘度高于 RTFOT 再生沥青;对于 RTFOT 和 PAV 老化沥青,添加生物质重油后,再生沥青的粘度明显降低,表明生物质重油具有明显的降粘作用。

从图 4(a)可看出:生物质重油再生沥青的粘度明显低于原样沥青(RTFOT 老化沥青),且随着掺量的增加,粘度逐渐降低,温度为 135 °C 时,相比原样沥青,5%、10%和 15%生物质重油掺量的再生沥青的粘度分别降低 38.6%、51.3%、60.6%,温度越低,降低效果越明显,随着温度的升高,生物质重油

掺量对再生沥青粘度的影响逐渐变小。

从图4(b)可看出:温度为135℃时,相比原样沥青,5%、10%和15%生物质重油掺量的PAV再生沥青的粘度分别降低29.2%、53.8%、70.9%,降低速率大于RTFOT再生沥青,生物质重油掺量对粘度的影响增大,说明生物质重油对PAV再生沥青具有更好的再生效果。但为保证沥青的和易性,应控制生物质重油掺量,防止因掺量过大而造成再生沥青性能降低。

用布氏旋转粘度仪测定不同温度下生物质重油再生沥青的粘度,并绘制粘温曲线(见图5),确定在前文选定的最佳生物质重油掺量(RTFOT再生沥青的生物质重油掺量为10%,PAV再生沥青的生物质重油掺量为15%)下再生沥青的拌和与压实温度,采用135和165℃时的粘度进行分析。

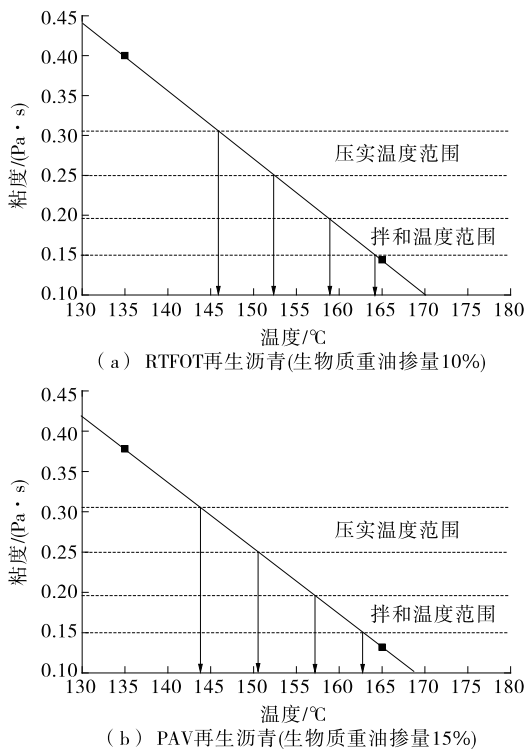


图5 生物质重油再生沥青的粘温曲线

根据规范,目前中国使用石油沥青时,沥青混合料拌和时的粘度宜为 (0.17 ± 0.02) Pa·s,沥青混合料压实时的粘度宜为 (0.28 ± 0.03) Pa·s。生物沥青是生物质重油与石油沥青快速混溶形成的结合物,属于改性或替代沥青的材料。结合规范,借鉴石油沥青的粘度范围,给出生物沥青的拌和与压实参考温度(见表3)。实际施工时应结合工程实践经验确定合理的拌和温度和压实温度。

表3 生物沥青的拌和温度范围与压实温度范围 ℃

沥青类型	拌和温度范围	压实温度范围
RTFOT 再生沥青	170~175	155~163
PAV 再生沥青	161~166	146~155

5 结论

(1) 生物质重油可显著改善老化沥青的各项性能,使老化沥青的三大指标恢复至初始水平。考虑到再生沥青性能的稳定性,生物质重油的掺量不宜过大,综合生物质重油对老化沥青各方面性能的改善情况,推荐生物质重油掺量为RTFOT时10%、PAV时15%。

(2) 生物质重油掺量对再生沥青的老化特性具有显著影响,掺量越高,再生沥青抗老化性能越差,在进行老化沥青再生时,生物质重油掺量不宜过高。

(3) 生物质重油具有明显的降粘作用,掺量越高,再生沥青的粘度降低越明显。基于粘温曲线,在最佳生物质重油掺量下,推荐RTFOT再生沥青的最佳拌和温度和压实温度分别为170~175、155~163℃,PAV再生沥青的最佳拌和温度和压实温度分别为161~166、146~155℃。

参考文献:

- [1] 黄建跃,刘先森.谈发展沥青再生技术的几个关键问题[J].公路,2003(8).
- [2] 曹卫东,张晓波,戚新龙,等.生物沥青的研究进展[J].石油沥青,2014,28(5).
- [3] 曹雪娟,刘攀,唐伯明.生物沥青研究进展综述[J].材料导报,2015,29(17).
- [4] 李祝龙,李鹏飞,梁养辉,等.生物沥青的发展和研究现状综述[J].公路交通科技:应用技术版,2016(7).
- [5] 祝海折,张晓燕.沥青老化对沥青混合料路用性能的影响[J].辽宁工程技术大学学报:自然科学版,2016,29(9).
- [6] Cuadri A A, Garcia-Morales M, Navarro F J, et al. Processing of bitumens modified by a bio-oil-derived polyurethane[J]. Fuel, 2014, 118.
- [7] Mills-Beale J, You Z, Fini E, et al. Aging influence on rheology properties of petroleum-based asphalt modified with bio-binder[J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2014, 26(2).
- [8] Fini E H, Oldham D J, Abu-Lebdeh T. Synthesis and characterization of biomodified rubber asphalt: sustainable waste management solution for scrap tire and swine manure[J]. Journal of Environmental Engineering, 2013, 139(12).