

文章编号: 1002-0268 (2005) 10-0014-04

沥青混合料老化模拟试验方法与验证研究

虞将苗, 邹桂莲, 胡学斌, 张肖宁

(华南理工大学道路工程研究所, 广东 广州 510640)

摘要: 应用沥青针入度、布氏粘度和 DSR 频率扫描等试验方法, 评价了 SHRP 沥青混合料短期老化 (STOA) 和长期老化模拟方法 (LTOA) 的老化程度, 并与经过 SHRP 沥青胶结料的标准短期老化 (RTFO) 和长期老化 (PAV) 方法后的沥青胶结料性能进行了对比研究。发现 LTOA 老化与 PAV 老化两者的老化程度基本相近, 而 STOA 老化程度则要比 RTFO 老化严重一些。结果表明在沥青混合料性能试验评价过程中充分考虑老化因素的影响是必要的。

关键词: 沥青混合料; 老化模拟; 老化程度评价; 频率扫描

中图分类号: U414.1

文献标识码: A

Asphalt-Aggregate Mixtures Aging Simulation Test Study Method

YU Jiang-miao, ZOU Gui-lian, HU Xue-bin, ZHANG Xiao-ning

(Road Engineering Research Institute, South China Univ. of Tech., Guangzhou 510640, China)

Abstract: This paper studied the aging effect of Short Term Oven Aging method and Long Tem Oven Aging method on asphalt mixes. Penetration, Brookfield Viscosity and DSR Frequency Sweeping tests were used to evaluate the aging of the different aged asphalt reclaimed from the STOA and LTOA mixes. Compared with the results from original asphalt, RTFO asphalt and PAV asphalt, it is pointed that the aging of the asphalt reclaimed from the LTOA mixes and the asphalt after PAV aging are normally close, however, the aging of the asphalt reclaimed from the STOA mixes is a little more serious than the asphalt after RTFO aging. The results indicate that the consideration of aging during the asphalt mixture performance evaluations is necessary.

Key words: Asphalt mixes; Aging simulation; Aging level evaluation; Frequency sweeping

沥青材料在沥青混合料的拌和、摊铺、碾压过程中及以后沥青路面使用过程中都存在老化现象。沥青材料的老化现象是影响沥青路面使用质量和寿命的最主要因素之一, 因而在沥青胶结料和沥青混合料的性能评价研究中, 充分考虑老化因素的影响并采用准确合理的老化模拟试验方法显得非常重要。

美国公路发展战略研究计划 (SHRP) 曾对沥青材料的老化方式及老化程度验证方面进行过大量的研究, 并在此基础上, 分别提出了沥青胶结料和沥青混合料的短期老化和长期老化模拟试验标准。其沥青胶结料的老化模拟试验方法随着 SHRP 的沥青胶结料性

能分级 (PG 分级) 规范的推广, 已被众多的研究人员所接受和认可。而其沥青混合料的老化模拟试验方法则由于其混合料设计与评价体系的局限性而未受到太多的关注。本文主要是在简要介绍 SHRP 沥青混合料老化模拟试验方法的基础上, 从评价沥青材料性能变化的角度出发, 对其老化程度进行了进一步的验证研究, 并在 SHRP 沥青混合料和沥青胶结料的长短期老化效果之间建立了直观的联系。

1 研究背景和研究思路

SHRP 关于沥青混合料的老化方式及其验证工作

收稿日期: 2004-10-29

基金项目: 交通部公路司公路工程标准修订资助项目 (200107)

作者简介: 虞将苗 (1979-), 男, 浙江东阳人, 博士研究生, 主要研究方向为道路工程材料与结构. (yujiangmiao@163.net)

主要由俄勒冈州立大学的研究人员完成。俄勒冈州立大学研究人员在进行了不同的沥青混合料长短期模拟方法研究后, 提出了 SHRP 的沥青混合料标准老化模拟试验方法, 其长短期老化模拟试验的具体实施方式及期望的老化模拟程度如表 1 所示。

表 1 SHRP 沥青混合料老化模拟标准

老化模拟方法	具体实施方式	模拟现场老化程度
短期烘箱加热法(STOA)	在规定拌和温度拌和均匀后, 将松散混合料置于(135±1)℃的强制通风烘箱内加热 4h±5min。	模拟松散混合料在拌和、贮存、运输和摊铺碾压过程中的受热而挥发和氧化的效应, 即沥青混合料在施工阶段的短期老化效应。
长期烘箱加热法(LTOA)	将经过短期老化后成型的试件置于强制通风烘箱内以(85±1)℃的温度加热 5d。	模拟碾压成型的沥青路面受车辙和环境因素作用下的持续氧化效应, 即沥青路面在使用阶段的长期老化效应。

SHRP 关于上述沥青混合料老化模拟方法的验证工作主要着重于进行一些包括抗拉强度和回弹模量在内的混合料性能指标试验比较, 而对于混合料中沥青胶结料本身性质的变化则很少有直接的验证研究。同时, 在 SHRP 沥青胶结料的老化模拟试验方法和混合料的老化模拟方法之间也缺乏直接的对比研究。

本文则主要从沥青胶结料性能变化的角度出发, 对 SHRP 沥青混合料老化模拟方法的老化程度进行了验证研究。具体实施方法是采用阿布森沥青回收的方法, 分别从经过 STOA 老化和 LTOA 老化后的混合料中回收沥青, 并以未老化沥青、RTFO 老化沥青和 PAV 老化沥青的老化程度为参照标准, 通过对上述 5 种沥青胶结料的性能指标评价, 以验证 SHRP 混合料老化模拟试验方法的老化效果到底处于一个什么样的水平, 并在 SHRP 混合料和胶结料两套老化模拟试验方法的老化效果之间建立直接的联系。

2 沥青老化程度验证试验安排

在本研究中, 选用了 AH-70[#] 重交沥青, 分别对原样沥青进行 PG 分级标准的 RTFO 老化和 PAV 老化, 并选用国内较为常见的 AC 型级配, 以 5.0% 的油石比拌制混合料, 按 SHRP 推荐的 STOA 老化和 LTOA 老化模拟方法分别进行混合料短期和长期老化, 并将老化后的混合料采用阿布森回收的方法进行沥青回收, 分别得到 STOA 沥青和 LTOA 沥青。对所得到的 5 种沥青, 即原样沥青、RTFO 沥青、PAV 沥青、STOA 沥青和 LTOA 沥青, 分别进行沥青性能指标评价, 具体评价指标包括 25℃ 针入度、60℃ 布氏旋转粘度和多温度下的动态剪切流变仪 (DSR) 频率扫描

结果。具体试验方案安排列于表 2 内。

表 2 沥青老化性能验证试验方案

沥青品种	级配类型	矿料类型	材料来源	评价指标
AH-70 [#] 重交基质沥青	AG-16I 型	粗集料为花岗岩, 细集料为花岗岩和天然砂, 矿粉为球磨石灰岩矿粉	原样沥青、RTFO 老化沥青、PAV 老化沥青、STOA 回收沥青以及 LTOA 后回收沥青	25℃ 针入度、60℃ 布氏旋转粘度和多温度下的动态剪切流变仪 (DSR) 频率扫描

3 不同老化方法的沥青性能试验结果评价

3.1 针入度试验结果评价

25℃ 针入度试验按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(T0604-2000) 标准进行, 不同老化方式下的沥青针入度试验结果如表 3 所示。

表 3 不同老化方式的沥青 25℃ 针入度试验结果

	原样沥青	RTFO 沥青	PAV 沥青	STOA 回收沥青	LTOA 回收沥青
针入度/0.1mm	66	46	28	40	30
与原样沥青针入度比值	1	0.70	0.42	0.61	0.45

从针入度的试验结果来看, 按针入度大小顺序排列依次为: 原样沥青 > RTFO 沥青 > STOA 回收沥青 > LTOA 回收沥青 > PAV 沥青。LTOA 回收沥青与 PAV 沥青的针入度指标非常接近, 基本上可以认为混合料的短期老化 (LTOA) 方式与沥青的长期老化 (PAV) 方式的老化效果是一致的; 而 STOA 回收沥青的针入度则要比 RTFO 沥青针入度偏小一些, 可以认为混合料的短期老化 (STOA) 效果要比沥青的短期老化 (RTFO) 效果略微严重一些。

3.2 布氏旋转粘度试验结果评价

60℃ 布氏旋转粘度试验按《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(T0625-2000) 标准进行, 不同老化方式下的沥青布氏旋转粘度试验结果如表 4 所示。

表 4 不同老化方式的沥青 60℃ 布氏旋转粘度试验结果

	原样沥青	RTFO 沥青	PAV 沥青	STOA 回收沥青	LTOA 回收沥青
旋转粘度 /Pa·s	228	446	1355	736	1146
与原样沥青粘度比值	1	1.96	5.94	3.23	5.02

从布氏旋转粘度试验的结果来看, 按粘度由大到小顺序排列依次为: PAV 沥青 > LTOA 回收沥青 > STOA 回收沥青 > RTFO 沥青 > 原样沥青。LTOA 回收沥青与 PAV 沥青的 60℃ 粘度指标也非常接近, 表明

了混合料的长期老化 (LTOA) 方式与沥青的长期老化 (PAV) 方式的对沥青的老化效果是基本一致的。STOA 回收沥青的 60℃粘度要大于 RTFO 沥青, 但相对于 PAV 沥青和 LTOA 回收沥青, STOA 沥青的粘度则明显偏小。

3.3 DSR 频率扫描试验结果评价

动态剪切流变仪 (DSR) 频率扫描试验旨在通过评价不同老化方式下的沥青材料在动态荷载作用下的力学响应, 从动态响应和粘弹性的角度来评价不同老化方式的老化效果。DSR 频率扫描采用控制应变模式进行, 在 3 种试验温度下分别对各种沥青材料进行频

率扫描, 获得其在一定频率范围内的力学响应指标。DSR 频率扫描试验过程采用的试验参数如表 5 所示。

表 5 DSR 频率扫描试验参数

加载方式	剪应变值	频率扫描范围/Hz	试验温度 / °C	剪切面直径/mm	剪切面距离/mm
控制应变模式(即控制剪应变模式)	1%	1~ 15, 以线性方式递增	5、15 和 25	8(采用 PG 分级标准 8mm 剪切面)	2

不同老化方式沥青材料频率扫描试验中的复数模量指标与试验频率在双对数坐标下的关系如图 1~ 图 3 所示。

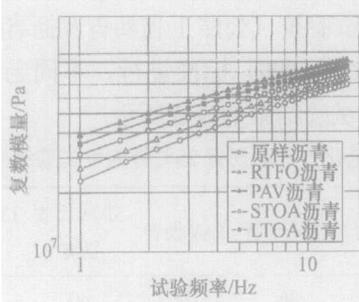


图 1 5℃时复数模量与试验频率关系图

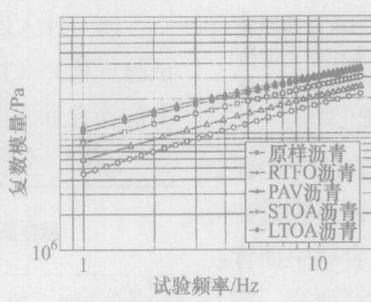


图 2 15℃时复数模量与试验频率关系图

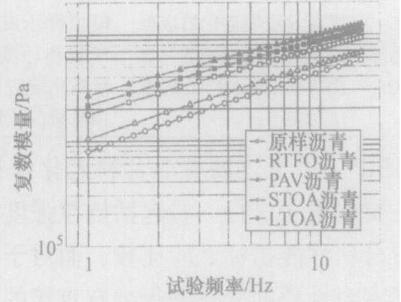


图 3 25℃时复数模量与试验频率关系图

复数模量与沥青的老化程度存在着一定的关系, 通常对于同一种沥青来说, 沥青的老化程度越严重, 其复数模量则越大。从不同老化方式下沥青的复数模量与试验频率的双对数关系图来看, 复数模量与试验频率基本成线性关系增长。各曲线在低频一侧分散地比较稀疏, 而在高频一侧则比较紧密, 说明随着试验频率的增长, 不同沥青的模量特性趋于接近。3 种不同试验温度所反映的复数模量变化规律基本一致, 不同老化方式沥青的复数模量与试验频率关系曲线由上到下分别为: PAV 沥青、LTOA 沥青、STOA 沥青、RTFO 沥青和原样沥青, 曲线越靠近上方则复数模量越大, 代表老

化程度越严重。PAV 沥青与 LTOA 沥青两者的曲线相对比较接近, (在 15℃的曲线图中表现得更为明显), 其老化程度基本相当。STOA 沥青的老化程度则要比 RTFO 沥青严重一些, 从曲线关系图可以看出, STOA 沥青的复数模量曲线基本处于所有曲线的中间位置。总的来说, 从 DSR 频率扫描的复数模量试验结果来看, 不同老化方式的老化程度的大小规律排序与 25℃针入度试验和 60℃布氏粘度试验结论基本一致。

不同老化方式沥青材料频率扫描试验中的滞后角指标与试验频率在双对数坐标下的关系如图 4~ 图 6 所示。

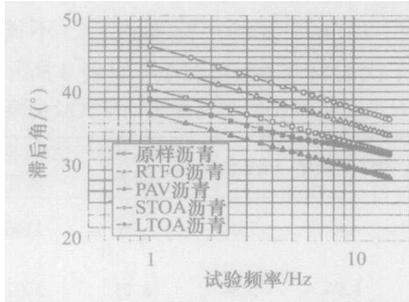


图 4 5℃时滞后角与试验频率关系图

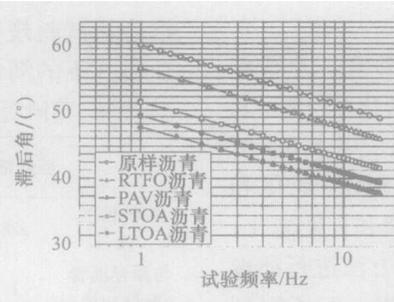


图 5 15℃时滞后角与试验频率关系图

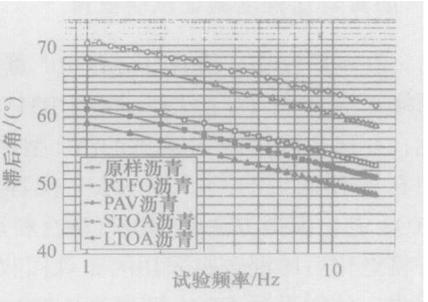


图 6 25℃时滞后角与试验频率关系图

滞后角与沥青的老化程度存在着一定的关系, 通常对于同一种沥青来说, 沥青的老化程度越严重, 则其滞后角越小。从不同老化方式下沥青的滞后角与试

验频率的双对数关系图来看, 滞后角随着试验频率的增加成线性关系递减。不同试验温度下所反映的滞后角变化规律基本一致, 从各滞后角曲线图上可以看

出, 总体上不同老化方式的沥青滞后角曲线基本上均匀分散, 没有任何两条曲线十分接近。不同老化方式沥青的滞后角曲线由上到下分别为: 原样沥青、RTFO 沥青、STOA 沥青、LTOA 沥青和 PAV 沥青, 曲线越靠近下方滞后角越小, 代表老化程度越严重。PAV 沥青与 LTOA 沥青两者的曲线也没有其复数模量曲线那么接近, PAV 沥青的滞后角要小于 LTOA 沥青, 这可能要归结于老化方式的不同以及沥青来源的不同 (LTOA 为阿布森回收沥青)。然而, 若用滞后角来评价沥青的老化程度, 其得出的老化程度大小规律也与前面的 25 °C 针入度试验和 60 °C 布氏粘度试验规律相一致, 即老化程度由大到小依次为: PAV 沥青 > LTOA 沥青 > STOA 沥青 > RTFO 沥青 > 原样沥青。STOA 沥青的滞后角曲线也基本处于所有曲线的中间位置, 代表了所有沥青的平均老化水平。

4 结论

(1) 不同的沥青混合料老化模拟试验方法对沥青胶结料具有显著的老化影响, 在沥青混合料的性能评价试验过程中, 充分考虑沥青混合料的老化特性是必要的。建议在沥青混合料性能评价试验过程中, 应采取相应的沥青混合料老化模拟试验方法, 以提高实验室内沥青混合料性能评价的准确性和针对性。

(2) 从试验结果来看, 25 °C 针入度、60 °C 布氏粘度以及 DSR 频率扫描的复数模量和滞后角指标均能较好地运用于沥青材料的老化程度评价。

(3) 不同老化方式的沥青性能评价结果基本上反映了相同的老化规律, 即从老化程度上 PAV 沥青 > LTOA 沥青 > STOA 沥青 > RTFO 沥青 > 原样沥青。

(4) 从不同老化方式的沥青性能评价试验结果来看, 可以认为混合料的长期老化方式 (LTOA) 和沥

青长期老化方式 (PAV) 的老化效果比较接近, 而混合料的短期老化方式 (STOA) 则要比沥青短期老化方式 (RTFO) 的老化程度要略微严重一些。而 STOA 老化方式的老化效果基本上代表了沥青的平均老化水平。

(5) 沥青混合料老化模拟试验效果可能会因为沥青膜厚以及混合料级配特性等因素的不同而有所差异, 本文主要着重于对老化模拟程度验证的方法研究, 对于上述因素变化引起的差异, 尚需进行全面的试验研究。

参考文献:

- [1] Bell C A, Y AbWahab, M E Cristi, D Sosnovske. Selection of Laboratory Aging Procedures for Asphalt-Aggregate Mixtures [R]. SHRP-A-383, Strategic Highway Research Program, Nation Research Council, 1994
- [2] Chris A Bell, Dan Sosnovske. Aging: Binder Validation [R]. SHRP-A-384, Strategic Highway Research Program, Nation Research Council, 1994
- [3] C A Bell, Alan J Weider, Marco J Fellin. Laboratory Aging of Asphalt-Aggregate Mixtures: Field Validation [R]. SHRP-A-390, Strategic Highway Research Program, Nation Research Council, 1994
- [4] AASHTO Designation: MP1-98. Standard Specification for Performance Graded Asphalt Binder [S].
- [5] ASTM Designation: D2872-97. Standard Test Method for Effect of Heat and Air on a Moving film of Asphalt (Rolling Thin-Film Oven Test) [S].
- [6] AASHTO Designation: PP1-98. Standard Practice for Accelerated Aging of Asphalt Binder Using a Pressurized Aging Vessel [S].
- [7] 张肖宁. 实验粘弹原理 [M]. 哈尔滨船舶工程学院出版社, 1990
- [8] 菅原照雄. 沥青混合料力学性能研究论文集 [J]. 黑龙江省公路学会, 哈尔滨建筑工程学院, 1982.

(上接第 7 页)

参考文献:

- [1] 原健安, 等. 动态剪切流变仪在评价 SBS 改性沥青中存在的问题 [J]. 公路, 2003 (8).
- [2] 段守荣, 任瑞波. 应用动态剪切流变仪 (DSR) 评价沥青胶浆

路用性能的研究 [J]. 中南公路工程, 2001 (4).

- [3] 陈佩茹, 孙立军. 常规沥青的针入度等级和 PG 高温等级间的关系 [J]. 中国公路学报, 2003 (3).
- [4] 沈金安. 改性沥青与 SMA 路面 [M]. 北京: 人民交通出版社, 1999
- [5] 邵显智, 等. 沥青胶浆微观界面的研究 [J]. 公路, 2003 (12).