

Study on the Effect of Biomass Regenerant on the Performance of Aged Asphalt

Wenwu Zhang¹, Qiwen Yao²

¹Qilu Transportation Development Group Co., Ltd., Jinan, 250014, China

²Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

Abstract: The biomass regenerant can effectively dilute and reduce the viscosity of the aged asphalt. At the same time, the biomass regenerant overcomes the technical disadvantage of the mineral oil regenerant, can effectively reduce the emission of toxic and harmful gases, and is greatly beneficial to resource conservation and ecological environment protection. In this paper, the self-developed biomass regenerant (SW-1) is used to restore and improve the performance of aged asphalt. At the same time, three other mineral oil regenerants (ZS-1, ZS-2, ZS-3) are used as comparisons. Analyze the actual effect of the regenerant to improve the performance of the recycled rubber compound. The research data shows that the effect of biomass regenerant on improving the performance of aged asphalt has certain technical advantages compared with mineral oil regenerant.

Keywords: Biomass regenerant; Aged asphalt; Mineral oil regenerant

生物质再生剂对老化沥青性能影响研究

张文武¹, 姚启文²

¹齐鲁交通发展集团有限公司, 济南, 中国, 250014

²重庆交通大学, 重庆, 中国, 400074

摘要: 生物质再生剂可以对老化沥青进行有效稀释和降低粘度, 同时生物质再生剂克服了矿物油再生剂的技术劣势, 可以有效减少有毒有害气体的排放, 大大有利于资源节约和生态环境保护。本文利用自行研发的生物质再生剂 (SW-1) 对老化沥青性能进行恢复和改善, 与此同时, 用另外三种矿物油再生剂 (ZS-1、ZS-2、ZS-3) 作为对比, 分析再生剂改善再生胶结料性能的实际作用效果。研究数据显示, 生物质再生剂改善老化沥青性能的作用效果相比矿物油再生剂具有一定的技术优势。

关键词: 生物质再生剂; 老化沥青; 矿物油再生剂

1 引言

随着经济全球化和我国国民经济的进一步发展, 交通运输行业作为国民经济的支柱性产业之一, 同样取得了举世瞩目的成就。根据有关部门统计数据显示, 截止 2016 年年底, 我国已建成通车的高速公路已突破 13 万公里, 位居世界第一^[1]。由于沥青路面具有优良的使用性能和行车舒适性, 使得沥青路面逐渐成为我国道路工程建设主要的路面结构形式。按照目前沥青路面设计规范规定的设计使用年限, 公路大修养护期逐渐到来, 我国的公路养护任务量也在逐年增加。自“十三五”计划实施以来, 道路养护事业一直贯彻绿色健康发展战略。基于可持续资源再生和生态环境保护的现实需要, 大力推行资源节约型的道路养护理念势在必行。所以我国正紧锣密鼓对路面再生

技术进行大力推广和应用。其中, 再生剂作为一种可以实现老化沥青有效再生的新型材料, 在道路工程建设领域正被广泛应用。然而传统的再生剂是以低粘度的矿物油作为基质, 通过对老化沥青各组分进行协调, 影响沥青质沉淀过程, 增溶沥青胶体结构, 在短期内可以大幅度降低老化沥青的粘度, 从而实现再生的目的^[2]。然而, 矿物油再生剂具有明显的技术劣势, 例如, 矿物油再生剂在高温条件下极易挥发散失, 并且在混合料拌和过程中会产生大量有毒有害气体, 污染环境, 破坏生态。生物质再生剂凭借其分子量和饱和度大的特点, 可以对老化沥青起到稀释降粘的作用。而且, 生物质再生剂的使用大幅度减少了有毒有害气体的排放, 大大有利于生态环境保护。

笔者利用自行开发的生物质再生剂 (SW-1), 利用 SW-1 对老化沥青性能进行恢复和改善, 提高回

收沥青混合料利用率。与此同时，用另外三种矿物油再生剂（ZS-1、ZS-2、ZS-3）作为对比，分析再生剂改善再生胶结料性能的实际作用效果。

2 生物质再生剂对老化沥青三大指标影响

鉴于试验需要使用大量的老化沥青，为了节约时间和精力，笔者不使用抽提的方法获取老化沥青，转

而利用人工模拟老化的方法制得轻度老化沥青（160℃烘箱老化 48h）和重度老化沥青（160℃烘箱老化 5d），其中，四种再生剂的掺量均设定为 6%。本文文中所使用的新沥青为东海牌 70#基质沥青。基质沥青及人工模拟老化沥青常规指标如下表 1.1 所示。

Table 1.1. Conventional indicators of matrix asphalt and artificial simulated aged asphalt
表 1.1. 基质沥青及人工模拟老化沥青常规指标

测试指标	试验结果			技术标准	试验方法
	基质沥青	轻度老化	重度老化		
针入度 (25℃/0.1mm)	73	38	19	60~80	T0604
软化点/℃	51.1	60.1	79.4	≥44	T0606
15℃延度/cm	>100	25.0	4.0	≥100	T0605
135℃粘度/Pa·s	0.264	1.616	2.220	—	T0625

沥青的三大指标试验是研究沥青性能非常基础和直观的试验方法之一，通过测试老化沥青再生前后三大指标（针入度、软化点和延度）的变化情况，从再生沥青的性能恢复程度的角度来评价分析再生剂对老化沥青的再生能力。本文研究中将自制再生剂（SW-

1）与另外三种矿物油再生剂（ZS-1、ZS-2、ZS-3）以 6%的掺量对室内人工模拟的老化沥青（轻度老化和重度老化）进行再生，试验测得老化沥青及四种再生沥青的常规性能指标如下 0 所示。

Table 1.2. Comparison of conventional performance of four recycled asphalt
表 1.2. 四种再生沥青常规性能对比

试样	25℃针入度 (0.1mm)	软化点(℃)	15℃延度(cm)
70#基质沥青	67.9	54.4	>100
轻度老化沥青	38	60.1	25
重度老化沥青	19	79.9	4
SW-1 再生	①	62.7	52.8
	②	48.9	56.3
ZS-1 再生	①	57	55.1
	②	37.5	61.7
ZS-2 再生	①	53.2	57.4
	②	30.8	65
ZS-3 再生	①	62	53
	②	40.1	58.4

将四种不同再生剂均以 6%掺量添加轻度老化和重度老化沥青中，对比常规三大指标变化与原样沥青。由表 1.2 不难看出，沥青老化后针入度、软化点和延度均出现显著劣化^[3]，掺加再生剂后老化沥青性能得到一定程度的恢复和改善，轻度老化沥青再生后性能指标恢复幅度要比重度老化沥青大，原因是重度老化沥青中沥青质比例非常大，形成大量沥青胶团，而再生剂对大量沥青胶团分散溶解能力非常有限，综

上所述，无论是轻度老化还是重度老化沥青，很难使其性能完全恢复到新沥青状态。从常规三大指标来看，针入度和软化点的劣化幅度较延度指标要小，沥青老化后劣化程度最大的是延度指标，而且再生剂的添加很难达到对其延度恢复和改善的目的。

不难看出，再生剂添加到轻度老化沥青后，再生沥青的针入度和软化点基本能恢复到满足规范要求的程度，其中 SW-1 和 ZS-3 再生剂对针入度和软化点指

标的性能恢复效果最好, ZS-2 再生剂恢复效果最差; 对于延度指标, 四种再生剂恢复能力均比较差, 试验数据表明, 最佳的是 SW-1 和 ZS-3 再生剂, 所以对轻度老化沥青四种再生剂性能排序为: SW-1=ZS-3>ZS-1>ZS-2。不难看出, 再生剂添加到重度老化沥青后, 再生沥青的针入度、软化点和延度指标均不满足规范要求, 尤其是沥青经重度老化后延度大大减小, 很难恢复和改善其性能。综上所述, 四种再生剂对重度老化沥青再生性能排序为: SW-1>ZS-3>ZS-1>ZS-2。即生物质再生剂 (SW-1) 对重度老化沥青的再生能力优于另外三种矿物油再生剂 (ZS-1、ZS-2、ZS-3), 有研究指出: 以植物油作为基础油料的再生剂不但能有效降低老化沥青的粘度, 尤其是可以恢复和改善老化沥青的低温延性^[4]。

3 生物质再生剂对老化沥青粘度及感温性影响

沥青对温度的敏感性, 即感温性能, 其与路用性能息息相关, 沥青感温性的评价指标很多, 例如针入度指数 PI 和粘温指数 VTS 等指标。考虑到针入度试验简单方便, 所以通常采用针入度指数 PI 来评价沥青感温性能。然而, 有资料显示^[5]采用粘温指数来进行沥青感温性能的评价较针入度指数 PI 指标更为合理, 所以笔者按照相关规范要求, 在 90℃、105℃、120℃、135℃和 175℃五个温度下测试再生沥青的布氏粘度, 并将试验数据进行双对数 (lg lg(h × 10³)-lgT) 线性回归处理, 布氏粘度测试结果如下表 2.1 所示, 四种再生沥青粘度方程拟合结果如下表 2.2 所示。

Table 2.1. Four recycled asphalt viscosity test results
表 2.1. 四种再生沥青粘度测试结果

试样		粘度 (Pa.s)				
		90℃	105℃	120℃	135℃	175℃
70#基质沥青		3.996	1.684	0.744	0.304	0.099
轻度老化		-	7.424	3.518	1.618	0.848
重度老化		-	-	4.962	2.224	1.076
轻度老化再生	SW-1	3.264	1.472	0.754	0.432	0.148
	ZS-1	2.872	1.368	0.628	0.338	0.094
	ZS-2	2.488	1.064	0.592	0.312	0.082
	ZS-3	2.872	1.232	0.674	0.310	0.102
重度老化再生	SW-1	7.948	3.616	1.810	0.984	0.364
	ZS-1	7.404	3.272	1.688	0.842	0.254
	ZS-2	6.196	2.788	1.492	0.744	0.248
	ZS-3	7.412	3.304	1.728	0.978	0.204

Table 2.2. Fitting results of four regenerated asphalt viscosity equations
表 2.2. 四种再生沥青粘度方程拟合结果

老化沥青	再生剂种类	拟合方程	粘温指数 VTS	调整后 R2
轻度老化	SW-1	y=6.3892-2.2844x	-2.2844	0.9963
	ZS-1	y=7.4196-2.6873x	-2.6873	0.9994
	ZS-2	y=7.5085-2.7252x	-2.7252	0.9982
	ZS-3	y=7.1838-2.5966x	-2.5966	0.9956
重度老化	SW-1	y=5.7149-2.0037x	-2.0037	0.9905
	ZS-1	y=6.3910-2.2677x	-2.2677	0.9983
	ZS-2	y=6.2005-2.1971x	-2.1971	0.9963
	ZS-3	y=6.8302-2.4371x	-2.4371	0.9946

不难看出, 四种再生沥青粘度的双对数拟合结果的相关系数 R² 均大于 0.99 且均为线性, 表明拟合结果有效且合理。

可以看出, 将轻度老化和重度老化沥青再生后的

粘温指数进行对比, 对比发现, 重度老化后再生沥青的|VTS|减小, 表明重度老化沥青轻质组分散失严重, 沥青质含量增加, 温度变化较小时很难影响沥青黏度, 换言之, 其对温度的变化敏感性变小, 即感温性

较好；对于老化程度相同的再生沥青，添加四种不同的再生剂再生后的|VTS|不相等，轻度老化沥青经 ZS-1 再生剂再生后温度敏感性最大，重度老化沥青经 ZS-3 再生剂再生后温度敏感性最大，经生物质再生剂 (SW-1) 再生后沥青的|VTS|较另外三种再生沥青均最小，换言之，其温度敏感性最小，说明生物质再生剂 (SW-1) 给予再生沥青相对更好的感温性能。

4 结论

从沥青常规三大指标来看，针入度和软化点指标的劣化程度较延度指标要小，沥青老化后劣化程度最大的指标是延度，而且很难达到对其延度恢复和改善的目的，所以研究人员应该重点研究如何恢复老化沥青的延度；

通过自制生物质再生剂 (SW-1) 与另外三种矿物油再生剂 (ZS-1、ZS-2、ZS-3) 对比研究，结果表明，SW-1 和 ZS-3 再生剂对轻度老化沥青的再生能力无明显差别且优于另外两种矿物油再生剂 (ZS-2 和

ZS-3)，生物质再生剂 (SW-1) 对重度老化沥青的再生能力优于另外三种矿物油再生剂 (ZS-1、ZS-2、ZS-3)；

由自制生物质再生剂 (SW-1) 制备的再生沥青的粘温指数绝对值较另外三种由矿物油再生剂 (ZS-1、ZS-2、ZS-3) 所制备的再生沥青均最小，换言之，生物质再生剂 (SW-1) 再生沥青温度敏感性最低，即 SW-1 给予再生沥青相对更好的感温性能。

References (参考文献)

- [1] 龚明辉. 生物质再生沥青混合料微观特性研究. 江苏: 东南大学, 2017.
- [2] 满琦. 植物油再生沥青及沥青混合料性能研究. 北京: 北京建筑大学, 2016.
- [3] 丁济同, 等. 温拌再生沥青混合料设计及其性能研究. 公路, 2017, 62(6): 267-270.
- [4] 孟建玮. 沥青混合料再生剂的制备及路用性能研究. 重庆: 重庆交通大学, 2017.
- [5] 郭咏梅. SBS 改性沥青粘温指数的测试与分析. 南京工程学院学报(自然科学版), 2012, 10(03): 68-72.