

再生剂对沥青胶结料及混合料的再生效果评价

欧阳勇, 赵伟群

广东冠粤路桥有限公司, 广东 广州
Email: 269854971@qq.com

收稿日期: 2021年8月4日; 录用日期: 2021年8月17日; 发布日期: 2021年8月24日

摘要

沥青路面在重载交通、外界自然因素的长期作用下, 逐渐变硬老化, 导致沥青路面产生裂缝、水损害等各种形式的破坏。随着沥青路面大、中修及养护工程量的逐年增加, 积累了大量废旧沥青混合料, 这种RAP料的存放有着占用土地和破坏生态环境等诸多不利。现阶段的再生, 主要应用RAP料中的骨料, 对旧沥青的性能改善及应用存在较大限制。因此, 本文开展再生剂对沥青胶结料及混合料的再生效果评价。

关键词

再生剂, RAP料, 沥青胶结料, 沥青混合料性能评价

Evaluation of Regeneration Effect of Regenerant on Asphalt Binder and Mixture

Yong Ouyang, Weiqun Zhao

Guangdong Guanyue Highway and Bridge Co., Ltd., Guangzhou Guangdong
Email: 269854971@qq.com

Received: Aug. 4th, 2021; accepted: Aug. 17th, 2021; published: Aug. 24th, 2021

Abstract

Under the long-term action of heavy traffic and external natural factors, asphalt pavement gradually hardens and ages, resulting in various forms of damage such as cracks and water damage. With the increase of large-scale, medium-term repair and maintenance of asphalt pavement year by year, a large number of waste asphalt mixtures have been accumulated. The storage of RAP

materials has many disadvantages, such as occupying land and damaging ecological environment. At this stage, the aggregate in RAP material is mainly used for recycling, which has great restrictions on the performance improvement and application of old asphalt. Therefore, this paper evaluates the regeneration effect of regeneration agent on asphalt binder and mixture.

Keywords

Regenerant, RAP Material, Asphalt Binder, Performance Evaluation of Asphalt Mixture

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

由于拥有节约资源、保护环境、节约成本等诸多优势, 沥青路面再生利用技术受到越来越多的关注和重视, 并得以广泛研究和应用。作为核心技术之一, 沥青路面再生剂的研制和开发一直为科研和工程人员所探求[1] [2]。本文基于沥青老化机理, 进行沥青再生剂的应用研究, 选用常用的 A、B、C 三种沥青再生剂进行试验, 验证三种不同类型再生剂对沥青胶结料及沥青混合料的性能影响。

2. 再生剂技术指标

按照规范要求对三种再生剂的技术指标进行检测, 结果见表 1。

Table 1. The technical index of regenerant

表 1. 再生剂技术指标

检测项目	再生剂类型	A	B	C	技术要求
60℃黏度(mm ² /s)		7052	10,255	5503	RA-75 (4501~12,500)
闪点(℃)		275	368	290	≥220
饱和分含量(%)		18	20	26	≤30
薄膜烘箱试验前后黏度比		1.78	1.52	2.05	≤3
薄膜烘箱试验前后质量变化(%)		1.25	1.40	2.16	≤3, ≥-3

经检测, 三种再生剂各项技术指标满足要求。

3. RAP 料检测分析

本文 RAP 料来源于某高速公路铣刨料, 为保证 RAP 料均匀性, 选用了单一结构层的铣刨料, 并展开了 RAP 料旧沥青含量、旧沥青指标、集料级配等基本参数的试验。

1) RAP 料沥青含量及级配组成

RAP 料中沥青含量 3.6%, 级配组成如表 2。

Table 2. The RAP aggregate gradation composition

表 2. RAP 料级配组成

筛孔尺寸/mm	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
RAP 料筛分	99.8	96.6	75.6	47.5	32.7	24.0	16.5	11.7	8.6	6.6

2) 旧沥青指标检测

按照本文选用的旋转蒸发器法将旧料中的沥青分离出来, 通过平行试验得到旧沥青的性能指标, 测试结果平均值见表 3。

Table 3. The performance index of old asphalt

表 3. 旧沥青性能指标

性能指标	针入度 25℃ (0.1 mm)	延度 15℃ (cm)	软化点(℃)
旧沥青	21.5	3.2	71.0

由试验结果可知, 旧沥青的 25℃ 针入度、15℃ 延度和软化点均不能满足技术指标要求, 沥青老化的宏观表现为: 软化点的升高, 针入度的下降, 延度的降低, 尤其是针入度和延度变化幅度很大。而针入度是最为重要的指标, 它反映了旧沥青的老化程度, 试验表明, RAP 料中沥青已经严重老化。

综合以上试验结果, 回收的旧沥青与新沥青相比, 流变性能发生明显的劣化, 针入度和延度显著降低, 软化点和粘度则显著增大[3]。在再生混合料设计过程中需要考虑再生剂的使用, 以恢复旧路面老化沥青的性能指标。

4. 再生剂的评价及选择

对抽提回收的沥青进行各项指标检验以确定原路面沥青老化程度及再生剂的掺量。按照外掺法分别对回收后的沥青按照 4%、8%、12% 掺加再生剂后进行针入度、软化点及延度试验。试验结果及各项指标变化关系见表 4。根据回收沥青的三项指标试验结果, 确定 A、B、C 三种再生剂的性能优劣及最佳掺量。

Table 4. Improvement of performance of old asphalt by three kinds of regenerants

表 4. 三种再生剂对旧沥青性能的改善

再生剂	掺量	针入度 25℃ (0.1 mm)	延度 15℃ (cm)	软化点(℃)
-	0%	21.5	3.2	71.0
	4%	37.2	14.8	63.5
	8%	65.4	26.5	51.5
	12%	86.8	45.0	45.0
A 型	4%	45.2	16.1	60.5
	8%	70.5	35.4	49.0
	12%	94.1	80.6	41.5
B 型	4%	30.5	9.5	68.0
	8%	57.3	18.1	56.5
	12%	68.6	38.6	51.0

注: 各掺量下均做平行试验, 取平均值。

根据试验结果, 分别绘制出不同掺量下三种再生剂对旧沥青针入度、延度、软化点的改善效果图, 见图 1~3。

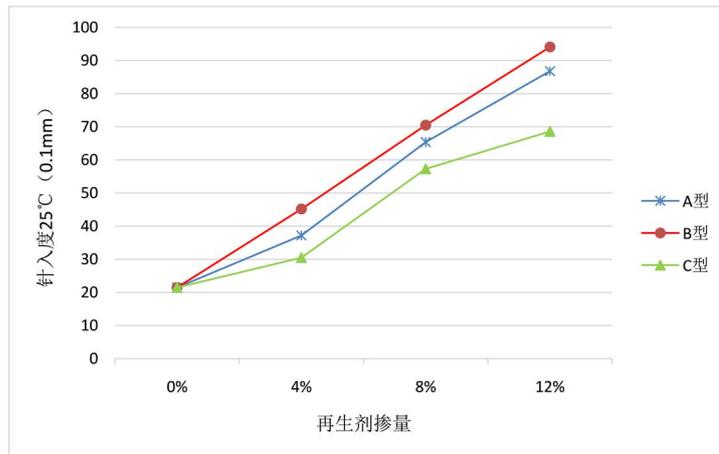


Figure 1. Penetration
图 1. 针入度

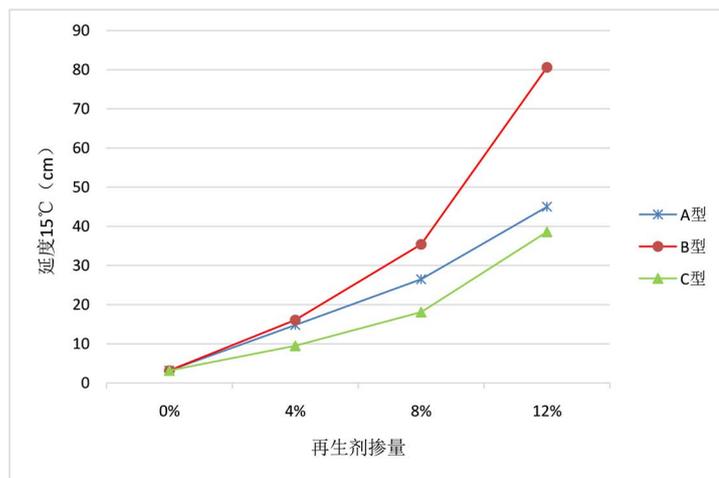


Figure 2. Ductility
图 2. 延度

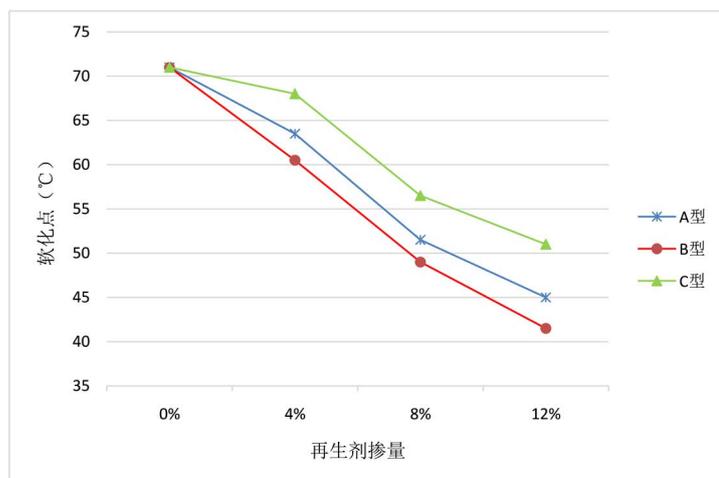


Figure 3. Softening point
图 3. 软化点

对上述试验结果进行对比分析, 得知:

1) 通过试验数据可以看出, 随着旧沥青中再生剂的加入, 沥青技术指标有明显的改善, 表明旧沥青性能的提升与再生剂掺量呈正相关[4]。

2) 掺加同等比例再生剂时, 三种再生剂对旧沥青的技术指标改善效果: B 型 > A 型 > C 型, 其中, A 型和 B 型再生剂掺量 8% 时已经能满足 70# 沥青的技术指标要求, C 型再生剂掺量 12% 时才能达到相同的技术指标

3) 三种再生剂对旧沥青延度的提升不显著, 仍旧不理想。另外, A 型和 B 型再生剂掺量达到 12% 时, 软化点已经不能满足 70# 沥青的技术指标要求。

综合考虑下, 决定采用 B 型再生剂进行沥青混合料的再生性能研究, 再生剂采用外掺法, 掺量为 8%。

5. 再生混合料性能评价

5.1. 设计级配

根据抽提筛分的结果, 结合沥青混合料 AC-13 设计级配组成范围, 设计过程中添加的新集料为石灰岩 10~15 mm、5~10 mm、3~5 mm 和机制砂 0~3 mm。

为了对不同 RAP 掺量下再生混合料进行系统研究, 本次研究采用 0%、20%、40% 三个不同掺量的 RAP 进行试验, 验证不同 RAP 的掺量下再生混合料的性能差异性。根据试验确定的 RAP 料中沥青含量, 结合不同的 RAP 料掺量, 分别确定每种 RAP 料掺量下再生剂的用量, 从而进行再生沥青混合料的性能评价[5] [6]。其中, 新添加沥青采用 70-A 级道路石油沥青, 合成级配见表 5。

Table 5. Synthetic grading curve of RAP materials with different content

表 5. 不同掺量 RAP 料合成级配曲线

筛孔尺寸/mm	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
RAP 料筛分	99.8	96.6	75.6	47.5	32.7	24.0	16.5	11.7	8.6	6.6
玄武岩 10-15	96.6	52.8	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
玄武岩 5-10	100.0	100.0	100.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
石灰岩 3-5	100.0	100.0	100.0	46.0	4.4	3.2	3.2	3.2	3.2	2.5
石灰岩 0-3	100.0	100.0	100.0	99.8	76.7	48.3	26.0	14.4	10.5	6.7
矿粉	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.9	94.2	87.3
AC-13 上限	95.0	88.0	72.0	42.0	28.0	20.0	15.0	10.0	6.0	4.0
AC-13 下限	100.0	96.0	83.0	55.0	38.0	28.0	20.0	14.0	10.0	6.0
级配中值	97.5	92.0	77.5	48.5	33.0	24.0	17.5	12.0	8.0	5.0
0% RAP 料合成级配	99.2	88.7	76.8	44.3	29.1	19.5	12.2	8.3	6.9	5.3
20% RAP 料合成级配	99.4	90.8	77.7	42.1	28.9	19.7	12.4	8.4	6.7	5.0
40% RAP 料合成级配	99.5	93.0	78.6	42.7	29.0	20.0	12.8	8.7	6.6	5.0

5.2. 性能评价

1) 高温稳定性

本文研究了不同 RAP 料掺量下再生混合料的高温性能变化, 同时为了分析再生剂的加入对于高温性能的影响[7] [8], 研究了不同掺量 RAP 料下是否掺加再生剂对再生混合料的高温性能的影响, 结果见表 6 和图 4。

Table 6. High temperature performance of recycled mixture with different RAP content
表 6. 不同 RAP 掺量再生混合料高温性能

再生剂类型	RAP 料掺量	D1 (mm)	D2 (mm)	动稳定度 DS 值(次/mm)
不掺加	0% RAP	4.60	5.19	1068
	20% RAP	3.15	3.48	1909
	40% RAP	2.16	2.33	3706
B 型	20% RAP	3.23	3.58	1800
	40% RAP	2.47	2.75	2250

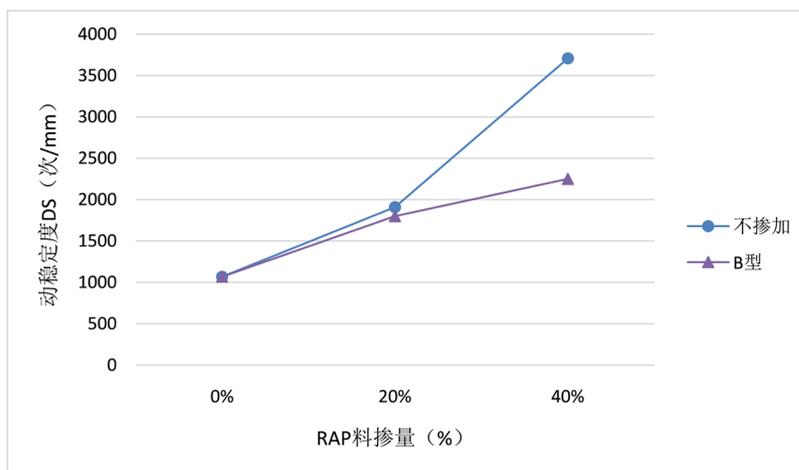


Figure 4. Dynamic stability line chart
图 4. 动稳定度折线图

结论：随着 RAP 料用量的增加，再生混合料的高温动稳定度逐渐增加，不掺加 RAP 料的高温性能最差，这说明，由于 RAP 料中的沥青胶结料已经发生了老化，发生老化的沥青胶结料对于混合料的高温性能是起正面效应的，因此随着 RAP 料用量的增加动稳定度不断增加。

与不掺加再生剂的沥青混合料相比，掺加再生剂的沥青混合料高温性能有所降低，但依旧呈现出随 RAP 料用量增加而动稳定度增加的趋势，这说明即使再生剂可以使 RAP 料中已经老化的沥青胶结料得到一定程度的恢复，但是并不能完全恢复到与新沥青完全相同的性能指标。

2) 低温开裂性

本次对再生混合料低温弯拉性能研究分析过程中，分别针对不同 RAP 掺量、再生剂参加与否进行了小梁低温弯曲试验[9]。试验结果见表 7。

Table 7. Low temperature bending test data of trabeculae with different RAP content
表 7. 不同 RAP 掺量下小梁低温弯曲试验数据

再生剂类型	RAP 料掺量	抗弯拉应力 RB, MPa	最大弯拉应变 $\epsilon_B, \mu\epsilon$	弯曲劲度模量 SB, MPa
不掺加	0% RAP	6.31	2393.29	2635.30
	20% RAP	5.72	2022.45	2830.18
	40% RAP	4.41	1338.98	3292.36
B 型	20% RAP	6.17	2256.95	2733.78
	40% RAP	5.79	1965.18	2948.49

结论: 随着 RAP 料用量的增加, 再生混合料的弯拉强度及弯拉应变呈降低趋势, 劲度模量呈上升趋势, 主要由于随着 RAP 掺量的增加再生混合料中老化沥青的含量是增加的, 因此会导致再生混合料弯拉强度和弯拉应变的降低, 而弯拉劲度模量升高, 这进一步证明了在混合料再生的过程中需要通过再生剂使老化的沥青胶结料的指标得到一定程度的恢复。

掺加再生剂后, 再生混合料低温性能有所改善, 但效果并不显著。

3) 水稳定性

本文比较了不同 RAP 掺量对混合料抗水损害性能的影响, 采用冻融劈裂试验进行验证[10]。

Table 8. Effect of different RAP content on water damage resistance of mixture
表 8. 不同 RAP 料掺量对混合料抗水损害性能的影响

再生剂类型	RAP 料掺量	冻融前劈裂强度(Mpa)	冻融后劈裂强度(Mpa)	TSR (%)
不掺加	0% RAP	0.93	0.73	78.5
	20% RAP	0.93	0.71	76.3
	40% RAP	0.73	0.55	75.3
B 型	20% RAP	0.88	0.68	77.3
	40% RAP	0.90	0.71	78.9

由表 8 可以看出, 随着 RAP 料的掺加, 再生沥青混合料劈裂强度较新拌沥青混合料强度有所降低, 但降低幅度并不大; 掺加再生剂后, TSR 值也没有太大改观, 表明再生沥青混合料水稳定性与再生剂相关性不大。

6. 结论

本文主要通过测定旧沥青与再生剂作用后的性能对三种再生剂的再生效果进行了评价, 结论如下:

1) 回收的旧沥青与新沥青相比, 流变性能发生明显的劣化, 针入度和延度显著降低, 软化点和粘度则显著增大, 在再生混合料设计过程中需要考虑再生剂的使用, 以恢复旧路面老化沥青的性能指标。

2) 通过试验数据可以看出, 随着旧沥青中再生剂的加入, 沥青技术指标有明显的改善, 表明旧沥青性能的提升与再生剂掺量呈正相关; 掺加同等比例再生剂时, 三种再生剂对旧沥青的技术指标改善效果: B 型 > A 型 > C 型, 其中, A 型和 B 型再生剂掺量 8% 时已经能满足 70# 沥青的技术指标要求; 三种再生剂对旧沥青延度的提升不显著。

3) RAP 料中老化沥青对混合料的高温性能起正面效应, 掺加再生剂的沥青混合料高温性能有所降低, 但依旧呈现出随 RAP 料用量增加而动稳定度增加的趋势, 这说明即使再生剂可以使 RAP 料中已经老化的沥青胶结料得到一定程度的恢复, 但是并不能完全恢复到与新沥青完全相同的性能指标。

4) 随着 RAP 料用量的增加, 再生混合料的弯拉强度及弯拉应变呈降低趋势, 劲度模量呈上升趋势, 进一步证明了在混合料再生的过程中需要通过再生剂使老化的沥青胶结料的指标得到一定程度的恢复。

5) 掺加再生剂后, TSR 值没有太大改观, 表明再生沥青混合料水稳定性与再生剂相关性不大。

参考文献

- [1] 毛昱, 李萍, 念腾飞, 等. 再生剂在老化沥青中扩散行为的量化分析[J]. 华南理工大学学报(自然科学版), 2021, 49(2): 79-87.
- [2] 郭鹏. 高旧料掺量高性能沥青路面再生利用关键技术研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 东南大学, 2017.
- [3] 朱月风, 司春棣, 乔亚宁, 等. 沥青标号和用量对再生沥青混合料性能的影响[J]. 材料导报, 2021, 35(6):

6086-6092.

- [4] 曹雪娟, 李志豪, 张艳红, 等. 沥青再生剂的再生性能改善与评价[J]. 应用化工, 2021, 50(4): 896-899.
- [5] 姚志杰. 再生剂与老化沥青微观作用机理研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州交通大学, 2018.
- [6] 单珂, 李丹丹, 李强, 等. 公路旧沥青路面材料热再生技术及机理研究[J]. 功能材料, 2019, 50(10): 10110-10114.
- [7] 王杰, 曾蔚, 张艳鸽, 等. 厂拌热再生改性沥青混合料的动态黏弹特性[J]. 江苏大学学报(自然科学版), 2019, 40(1): 114-119.
- [8] 王小兵. 高掺量 RAP 在沥青路面热再生技术中的应用[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 郑州大学, 2019.
- [9] 张益. 沥青路面就地热再生关键技术研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2018.
- [10] 岳阳. 厂拌热再生沥青混合料低温性能研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 东南大学, 2018.