

# 寒区热再生沥青混合料的耐候性能研究

朱广河<sup>1</sup>, 第海东<sup>2</sup>, 李晋鹏<sup>2</sup>, 姚爱玲<sup>3</sup>, 韩方元<sup>4</sup>, 王敬涛<sup>3</sup>

<sup>1</sup>内蒙古自治区交通建设工程质量监督局, 内蒙古 呼和浩特

<sup>2</sup>中交路桥建设有限公司, 北京

<sup>3</sup>长安大学特殊地区教育部重点实验室, 陕西 西安

<sup>4</sup>宁夏交通建设股份有限公司, 宁夏 银川

Email: 2874025806@qq.com, 54884448@qq.com, 93032249@qq.com, ailingyao@chd.edu.cn, 190925931@qq.com, 1799543297@qq.com

收稿日期: 2021年8月26日; 录用日期: 2021年9月22日; 发布日期: 2021年9月29日

## 摘要

呼伦贝尔等寒冷地区对热再生沥青混合料的性能更需关注低温抗裂、水稳定性、抗冻性以及老化后混合料性能的改变。为探究课题组研制的再生剂对寒冷地区热再生沥青混合料的改善效果, 本文对再生沥青混合料的低温性能、水稳定性能、老化性能等与温度、水、老化相关的耐候性指标进行了研究。结果表明: 采用研制的寒区再生剂的热再生沥青混合料对于寒冷地区有着良好的适应性; 在再生剂掺量达到9%时, 再生混合料的性能已经超过了新拌沥青混合料的性能。论文根据试验结果推荐出了寒冷地区再生沥青混合的配合比方案为RAP掺量30%, 再生剂掺量为9%。

## 关键词

道路工程, 热再生沥青混合料, 寒冷地区, 再生剂, 路用性能, 耐候性能

# Research on Weather Resistance of Hot Recycled Asphalt Mixture in Cold Area

Guanghe Zhu<sup>1</sup>, Haidong Di<sup>2</sup>, Jinpeng Li<sup>2</sup>, Ailing Yao<sup>3</sup>, Fangyuan Han<sup>4</sup>, Jingtao Wang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Transportation Construction Engineering Quality Supervision Bureau of Inner Mongolia Autonomous Region, Hohhot Inner Mongolia

<sup>2</sup>Zhongjiao Road and Bridge Construction Co., Ltd., Beijing

<sup>3</sup>The Ministry of Education Key Laboratory of Highway Engineering in Special Areas, Chang'an University, Xi'an Shaanxi

<sup>4</sup>Ningxia Communications Construction Co., Ltd., Yinchuan Ningxia

Email: 2874025806@qq.com, 54884448@qq.com, 93032249@qq.com, ailingyao@chd.edu.cn, 190925931@qq.com, 1799543297@qq.com

Received: Aug. 26<sup>th</sup>, 2021; accepted: Sep. 22<sup>nd</sup>, 2021; published: Sep. 29<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

In cold areas such as Inner Mongolia, more attention should be paid to the performance of hot recycled asphalt mixtures at low temperature anti-cracking, water stability, freezing resistance, and changes in the performance of aging mixture. In order to explore the improvement effect of the regenerating agent developed by the research group on the hot recycled asphalt mixture in cold areas, this paper studies the low-temperature performance, water stability performance, aging performance and other weather resistance indicators related to temperature, water and aging of the regenerated asphalt mixture. The results show that the hot regenerated asphalt mixture using the developed regenerant has good adaptability to cold areas; when the regenerant dose reaches 9%, the performance of the regenerated mixture even exceeds the performance of the new asphalt mixture. Based on the test results, the thesis recommends that the dose of recycled asphalt mixture in cold areas is 30% RAP and 9% regenerant.

## Keywords

Road Engineering, Hot Recycled Asphalt Mixture, Cold Areas, Regenerant, Road Performance, Weather Resistance

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

全国的公路建设已经从单纯的大规模建设转入新建与养护维修并重的阶段，沥青路面再生技术的应用变得尤为重要[1]，而对于寒冷地区的沥青路面热再生技术仍面临着路用性能差的技术瓶颈。方杨[2]等人通过对 AC-20 再生沥青混合料高温性能的试验发现：适当提高旧沥青回收材料 RAP（以下简称 RAP）掺量，有利于提高其高温抗车辙性能；耿九光[3]认为当 RAP 含量较大时，再生混合料的低温抗变形能力较差；姚晓光[4]等人研究得出对再生混合料低温性能和水稳定性最有利的 RAP 再生方式；同济大学左锋等[5]发现再生沥青混合料的抗水损害性能对 RAP 掺量变化较为敏感。现有研究表明：热再生沥青混合料与新拌的沥青混合料相比与有着更优的高温稳定性，而随着 RAP 的增加，低温以及水稳定性等方面性能在降低，掺量过大时，热再生混合料的低温性能与水稳定性难以保证。而对于内蒙古自治区东北部等地区不仅气候寒冷并且冬季冻融周期长，对沥青混合料的低温性能以及水稳定性有着更高的要求。可以看出：再生沥青混合料的性能短板正是寒冷地区再生沥青路面所需要的重要性能。因此在寒冷地区尤其对于呼伦贝尔等冬严寒地区，推广再生沥青混合料技术的关键在于解决其性能短板。因此，在尽量提高 RAP 掺量的同时，如何提高再生混合料的低温性能以及与气候相关的性能，就需要针对寒冷地区研制出具有针对性的热再生剂并研究再生混合料对于气候包括温度、水、紫外老化等的耐候性能。本文将课题组研制的寒冷地区专用再生剂 RA-C 用于国道 111 线尼尔基至腾克段一级公路改扩建工程的下面层混合料 AC-20，来分析寒冷地区热再生混合料的耐候性，为该类地区的研究与应用奠定基础。

## 2. 原材料

### 2.1. RAP 性质分析

本文依托呼伦贝尔市国道 111 线尼尔基至腾克段一级公路改扩建工程项目，此次项目设计为上面层为新

AC-16 沥青混合料, 下面层为 AC-20 再生沥青混合料, 因此本研究主要围绕 AC-20 下面层再生沥青混合料展开研究。在前期试验中发现 RAP 的变异性较大, 集料变异系数在 2.36 mm 和 9.5 mm 筛孔处出现了峰值。因此, 为控制 RAP 的变异性, 在对其进行性质分析前, 采了以下措施: 1) 针对混合料结块以及含有不同面层材料的现象, 将回收料置于 100℃ 烘箱中预热 30 min 后, 尽可能将其揉碎搓开, 使集料最大可能的分散开。2) 对处理过的 RAP 材料, 以 2.36 mm、9.5 mm 为关键筛孔, 分为 0~2.36 mm、2.36~9.5 mm、9.5~16 mm 三种规格。3) 进行 3 档材料沥青与集料的分离, 对 3 档材料的沥青含量、沥青性能与矿料级配进行分析, 在后续级配设计中将 RAP 作为 3 档材料来合成。4) 采用抽提—微孔滤膜真空减压过滤—蒸馏法来进行沥青的分离[6]。采取上述措施后 RAP 的变异性得到了良好的控制, RAP 沥青及集料的性质见表 1~3 所示。

**Table 1.** RAP asphalt performance

**表 1.** RAP 沥青性能

RAP 规格(mm)	沥青含量(%)	25℃针入度(0.1 mm)	软化点(℃)	15℃/10℃延度(cm)	135℃粘度(Pa·s)	
0~2.36	6.0	47.0	59.4	19.3	4.0	1.101
2.36~9.5	5.9	47.1	59.2	19.3	3.8	1.092
9.5~16	4.3	47.0	58.9	19.0	4.0	1.088
均值	/	47.0	59.2	19.2	3.9	1.094

**Table 2.** RAP aggregate gradation analysis

**表 2.** RAP 集料级配分析

RAP 规格(mm)	通过不同筛孔(mm)的质量百分率(%)									
	0.075	0.15	0.3	0.6	1.18	2.36	4.75	9.5	13.2	16
0~2.36	15.1	17.2	23.3	46.0	74.7	99.7	100.0	-	-	-
2.36~9.5	9.2	10.5	13.4	21.7	28.4	34.7	63.4	100	-	-
9.5~16	6.7	7.7	9.8	15.9	21.1	25.4	34.5	60.8	91.2	100

**Table 3.** Aggregate indicators in RAP

**表 3.** RAP 中集料指标

RAP 规格(mm)	毛体积相对密度(g/cm <sup>3</sup> )	表观相对密度(g/cm <sup>3</sup> )	吸水率(%)
0~2.36	2.676	2.712	0.5
2.36~9.5	2.631	2.731	1.39
9.5~16	2.641	2.761	1.64

从表 1 中可以看出, RAP 中的回收沥青发生了严重老化; 表 2、表 3 中可以看出旧集料虽发生细化但性质基本没有变化。

## 2.2. 新沥青、再生剂以及新矿料性质分析

新沥青采用京博石化的 A-90 号沥青。粗集料有 3~5 mm、5~10 mm、10~15 mm、15~25 mm 四种规格, 细集料规格为 0~3 mm, 粗细集料及矿粉的相关指标均满足《公路沥青路面施工技术规范》[7] (JTG F40-2004) 的要求。

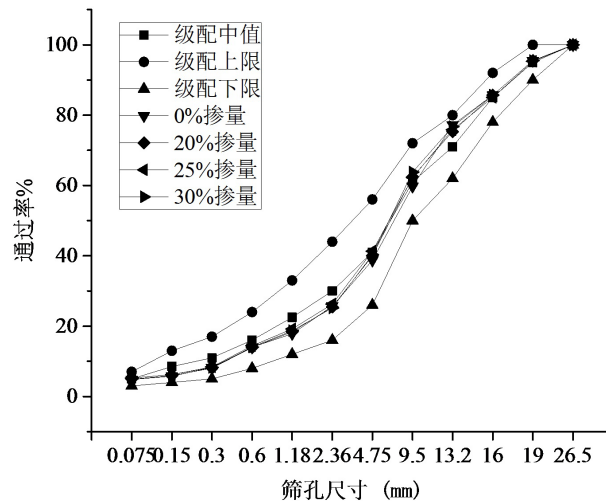
再生剂采用课题组研制的寒区专用产品 RA-C, 该产品可以提高老化沥青的韧性组分, 增强沥青低温延展性, 并具有一定的光、热稳定性和耐水性。其性能检测结果见表 4, 均满足《公路沥青路面再生技术规范》[8] (JTG/T 5521-2019) 的要求。

**Table 4.** Performance indicators of the cold zone regeneration agent RA-C developed by the research group  
**表 4.** 课题组研制的寒区再生剂 RA-C 的性能指标

检测项目	单位	实测值	技术要求	试验方法
60℃粘度	mm <sup>2</sup> /s	628	176~900	T0619
闪点	℃	231	≥220	T0611
饱和分含量	%	19.2	≤30	T0618
芳香分含量	%	75.9	实测记录	T0618
薄膜烘箱试验前后黏度比	-	1.8	≤3	T0610
薄膜烘箱试验前后质量变化	%	-1.9	≤4, ≥-4	T0610

### 3. 再生沥青混合料的配合比设计

经过初步分析,将RAP的掺量定为再生沥青混合料的20%、25%、30%,对0~3 mm、3~5 mm、5~15 mm、15~20 mm四种规格的集料以及矿粉进行筛分,结合RAP三档材料的筛分结果,经过反复调整与试件成型后,确定出不同旧集料掺量下的新沥青混合料AC-20矿料级配设计,如图1所示。



**Figure1.** Synthetic gradation diagram of asphalt mixture with different old aggregate content

**图 1.** 不同旧集料掺量下沥青混合料合成级配图

在进行油石比的确定时,采用总沥青用量=新沥青用量 + RAP 沥青含量 + 再生剂用量,试验确定了不同再生剂掺量下的各再生沥青混合料的油石比,见表5所示。

**Table 5.** Whetstone ratio with different old aggregate content and different regenerant content  
**表 5.** 不同旧集料掺量及不同再生剂掺量下的油石比

旧集料掺量(%)	最佳油石比(%)	RAP 中沥青含量(%)	再生剂掺量(%)	再生剂用量(%)	新沥青用量(%)
0	4.46	-	-	-	4.46
			0	-	3.36
			5	0.06	3.31
20	4.48	1.12	7	0.08	3.29
			9	0.10	3.26

Continued

			0	-	3.12
25	4.50	1.38	5	0.07	3.05
			7	0.10	3.03
			9	0.12	3.00
30	4.53	1.65	0	-	2.88
			5	0.08	2.79
			7	0.12	2.76
			9	0.15	2.73

注：表格中旧集料掺量、RAP 中沥青含量、再生剂用量、新沥青用量均是指占矿料的质量；再生剂掺量是指占 RAP 沥青的质量。

#### 4. 热再生沥青混合料的路用性能与耐候性能

寒冷的气候条件使得研究混合料性能时，需要考虑冻融循环作用，同时呼伦贝尔具有强紫外线辐射的特征，因此，对于寒冷地区的气候耐久性能应重点研究，本文不仅研究了再生混合料的低温性能、水稳定性能，同时主要重点关注了再生沥青混合料的冻融循环性能与耐气候老化性能的叠加作用。论文中低温弯曲试验、冻融试验均参照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E-20-2011) [8]中的试验方法。

##### 4.1. 低温性能

利用低温弯曲试验分别分析了 RAP 和再生剂两者在不同掺量下的再生沥青混合料的低温抗裂性能，试验结果如图 2、图 3 所示。

从图 2、图 3 中可以看出，RAP 掺量增加，再生沥青混合料的低温抗裂性能随之变差，这主要是由于老化后沥青的硬度和脆性变大，降低了沥青的柔韧性，直接导致再生沥青混合料的低温抗裂性降低，因此，随着 RAP 掺量的增大，再生沥青混合料的低温抗裂性能随之变差；同时还可以看出：再生剂能够改善老化沥青，随着再生剂掺量增加，再生沥青混合料的低温抗裂性逐渐提高甚至要优于新拌沥青混合料。

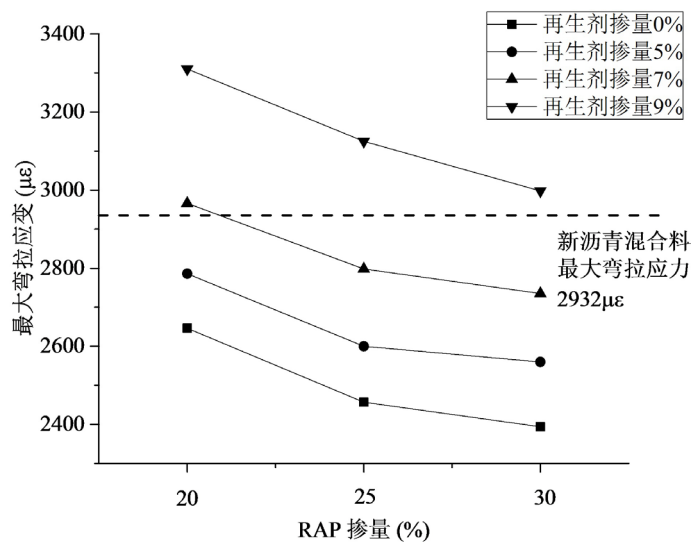


Figure 2. The relationship between maximum flexural strain and RAP content

图 2. 最大弯拉应变与 RAP 掺量关系

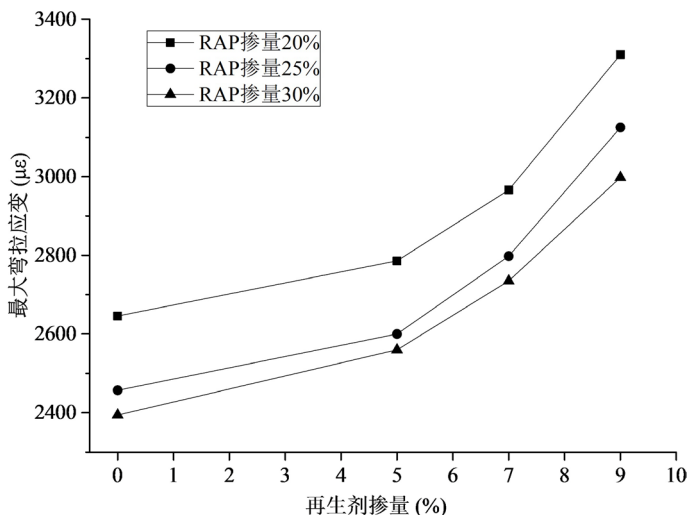


Figure 3. The relationship between maximum flexural strain and regenerative dosage

图 3. 最大弯拉应变与再生剂掺量关系

对于冬严寒区，规范[7]中要求低温弯曲试验破坏应变不小于 2600 με。本文中，在 RAP 掺量为 20% 时、RAP 为 25% 且再生剂掺量大于 5% 时，以及 RAP 掺量为 30% 且再生剂掺量大于 7% 这三种情况下，再生沥青混合料的最大弯拉应变满足规范要求；当再生剂掺量大于 9% 时，各种掺量下的再生沥青混合料的低温抗裂性能都要优于新沥青混合料的，表明再生剂对于提升再生沥青混合料的低温性能有着重要的作用。

#### 4.2. 水稳定性能

通过浸水马歇尔稳定度与冻融劈裂试验对再生沥青混合料的水稳定性进行了分析，试验结果如图 4~图 7 所示。

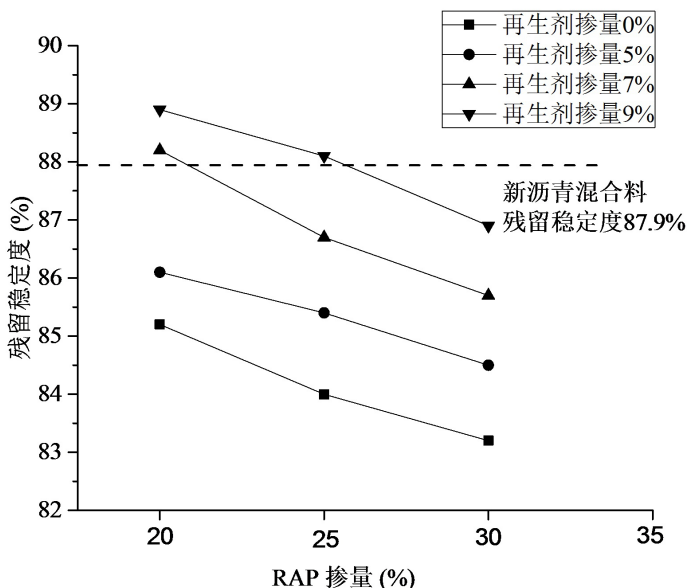
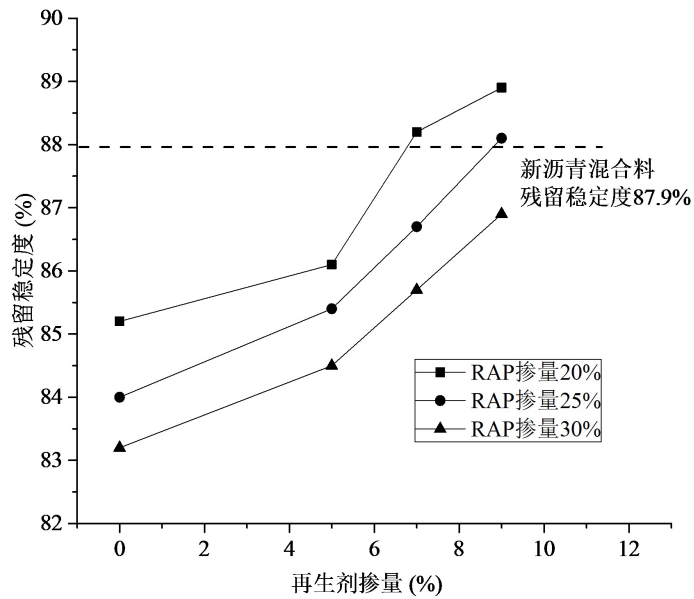


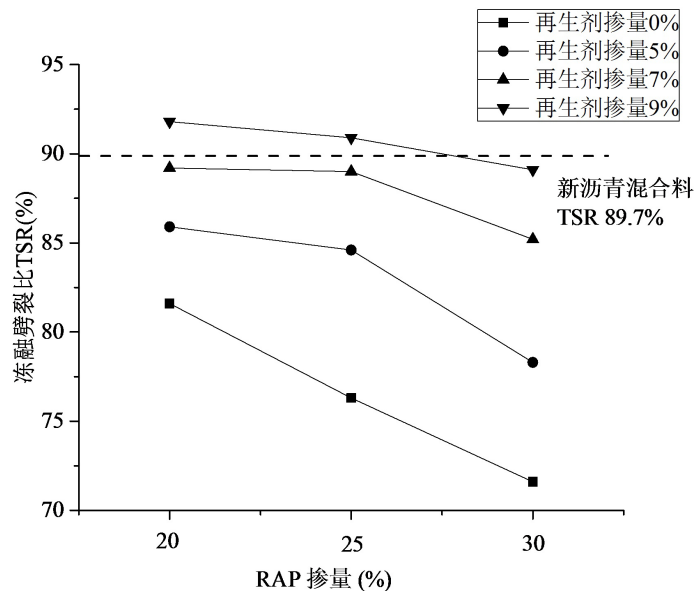
Figure 4. The relationship between residual stability  $MS_0$  and RAP content

图 4. 残留稳定度  $MS_0$  与 RAP 掺量关系



**Figure 5.** The relationship between residual stability  $MS_0$  and the dosage of regnerant

**图 5.** 残留稳定度  $MS_0$  与再生剂掺量关系



**Figure 6.** The relationship between freeze-thaw split ratio TSR and RAP content

**图 6.** 冻融劈裂比 TSR 与 RAP 掺量的关系

从图中可以看出在试验范围内,再生沥青混合料的残留稳定度  $M_{S0}$  和冻融劈裂比 TSR,随着 RAP 掺量的增大而降低,随再生剂掺量的增加而增大;但从总体来看,再生沥青混合料无论加不加再生剂,其  $M_{S0}$  和 TSR 能满足规范[7] 75%和 70%的要求。

当 RAP 掺量小于 25%且再生剂掺量不低于 9%或 RAP 掺量不大于 20%且再生剂掺量高于 7%时,再生沥青混合料的  $M_{S0}$  和 TSR 可以达到甚至高于新沥青混合料的相应性能水平。表明了再生剂对再生沥青混合料水稳定性的积极作用。



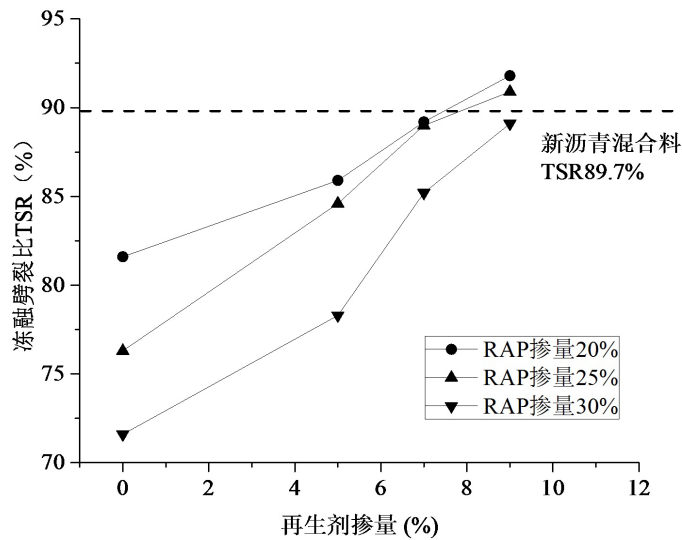


Figure 7. The relationship between freeze-thaw split ratio TSR and regenerative content

图7. 冻融劈裂比 TSR 与再生剂掺量的关系

#### 4.3. 冻融循环性能

根据前面的试验结果,当再生剂掺量为9%时,再生沥青混合料的水稳定性和低温性能都超过了新沥青混合料的水平。考虑经济因素,选取RAP掺量为25%、30%,再生剂掺量为0、9%两种情况来比较再生沥青混合料以及新沥青混合料进行冻融循环时的劈裂强度试验,以分析RAP以及再生剂掺量对再生混合料抗冻性能的影响。

冻融循环试验的冻和融的方法类似于冻融劈裂试验中的方法,不同的是冻融循环试验是进行了多次冻与融的循环,本次试验主要进行了1、3、5、10、15、20、25、30次的冻融循环,然后对试件进行劈裂试验,测试试件的劈裂抗拉强度,计算出冻融劈裂比,试验结果见图8所示。

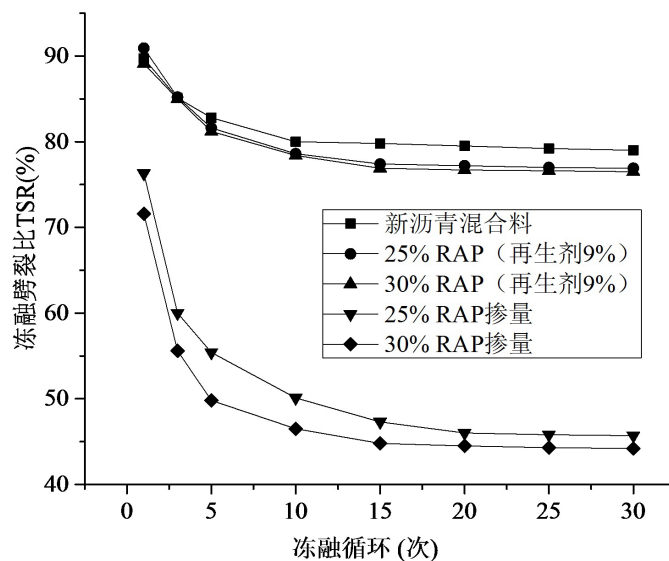


Figure 8. The relationship between freeze-thaw split ratio TSR and freeze-thaw times

图8. 冻融劈裂比 TSR 与冻融次数的关系



随着冻融循环次数增加,不同混合料的 TSR 变化趋势大致相同,在 10 个冻融循环次数内,冻融劈裂强度比迅速衰减,之后逐渐平缓,趋于稳定;未掺加再生剂的再生沥青混合料性能衰减幅度较大。冻融劈裂强度比 TSR 变化,是由于真空饱水阶段,水分破坏了沥青与集料间的粘结力,在冻结过程中会产生膨胀压力和渗透压力,对混合料内部造成损伤,随着冻融循环次数的增长不断累积;经过足够的冻融循环后,膨胀力趋于稳定,同时自由水对沥青和集料间黏结力的侵蚀也逐渐停止。因此,当达到某一循环次数后,冻融劈裂强度比趋于稳定。

RAP 为 25%且掺加 9%再生剂的再生沥青混合料最初冻融劈裂强度比新沥青混合料大,经过大约 5 次冻融循环后性能衰减较快,低于新沥青混合料,但总体来讲当再生剂为 9%时,RAP 为 25%、30%时与新拌沥青混合料的 TSR 比较接近,同时远大于不添加再生剂的混合料,表明添加了再生剂后,对再生混合料的抗冻性能提高非常显著。

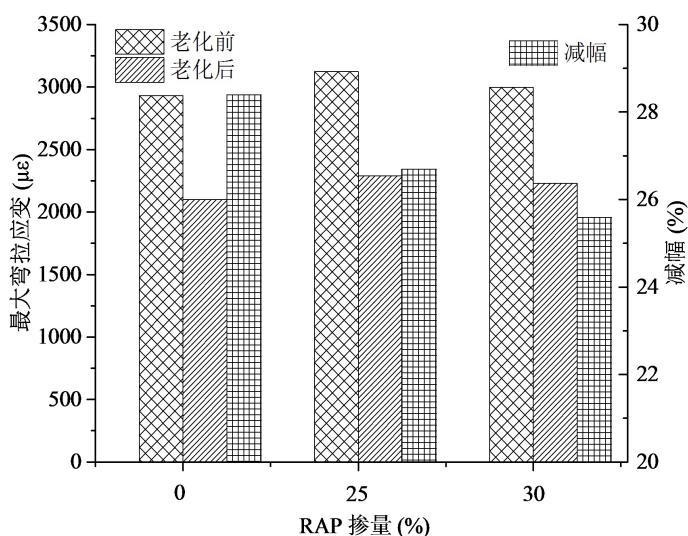
#### 4.4. 耐老化性能

课题组研制再生剂 RA-C 的掺入显著提高了再生沥青混合料的低温抗裂性、水稳定性以及抗冻性能,但是能否经得住老化的考验仍然值得研究。试验采用试验规程[9]中热拌沥青混合料加速老化的方法,主要研究再生剂掺量为 9%,RAP 掺量为 25%和 30%的再生沥青混合料以及新沥青混合料长期老化前后低温抗裂性以及抗冻融循环后 TSR 的变化,试验结果如表 6 和图 9、图 10 所示。

**Table 6.** Comparison of weather resistance of various asphalt mixtures before and after aging

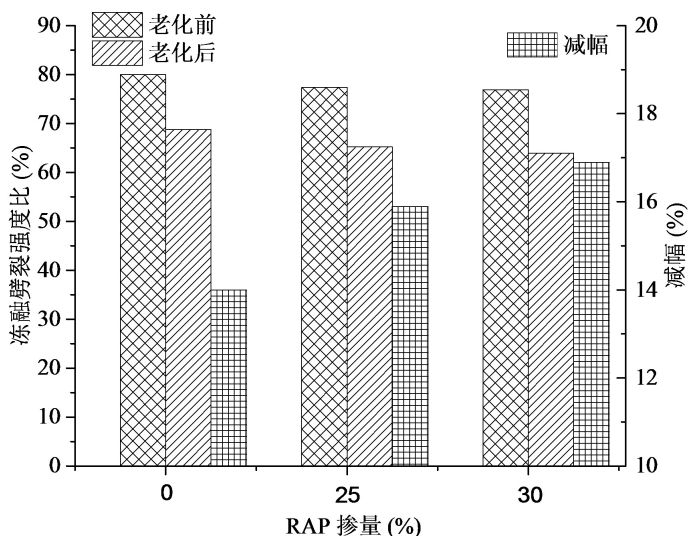
**表 6.** 各沥青混合料老化前后耐候性对比

RAP 掺量	最大弯拉应变( $\mu\epsilon$ )		减幅(%)	抗冻融循环 TSR (%)		减幅(%)
	老化前	老化后		老化前	老化后	
新沥青混合料	2932	2100	28.38	80.0	68.8	14
25% (9%再生剂)	3125	2290	26.72	77.4	65.2	15.76
30% (9%再生剂)	2998	2230	25.62	76.9	63.9	16.91



**Figure 9.** Changes in low-temperature anti-cracking performance of various asphalt mixtures before and after aging

**图 9.** 各沥青混合料老化前后低温抗裂性能变化



**Figure 10.** Changes in freeze-thaw cycle resistance of various asphalt mixtures before and after aging

**图 10.** 各沥青混合料老化前后抗冻融循环性能变化

从图 9 中可以看出, 掺加 9% 再生剂的再生沥青混合料老化前后的低温抗裂性相当甚至优于新沥青混合料, 并且低温性能衰减速度也低于新沥青混合料, 表明再生剂对再生沥青混合料的低温性能改善起到了良好的作用; 分析原因可能是由于未与再生剂充分融合的 RAP 中的老化沥青经历长时间的老化后性能趋于稳定, 耐老化性能增强, 在经历二次老化时性能衰减较低。

从图 10 中可以看出, 老化前后, 新沥青混合料的抗冻融循环能力均比再生沥青混合料的抗冻融循环能力强, 并且衰减幅度要更小, 说明再生沥青混合料在冻融循环过程中, 水分更容易进入到沥青与集料的界面处, 对沥青混合料造成损害, 使其抗冻融循环能力降低; 但从数据来看, 长期老化后, 无论是新沥青混合料还是再生沥青混合料的抗冻融循环劈裂强度比均在 60%~70% 之间, 再生沥青混合料抗冻融循环性能虽然稍逊新沥青混合料但处于同一水平, RAP 掺量为 30%、再生剂掺量为 9% 时与新沥青混合料相比, 抗冻融循环 TSR 的差值仅为 5%。

从耐老化性能来看, 添加研制的再生剂后再生沥青混合料的低温抗裂性与新沥青混合料相当; 但是抗冻融循环能力稍逊于新沥青混合料。

## 5. 试验结果讨论与分析

通过对再生沥青混合料各方面性能分析发现, 掺再生剂的再生沥青混合料的低温抗裂性、水稳定性以及老化后的低温性能, 当再生剂掺合适时, 有着与新沥青混合料相当甚至更优的性能, 然而老化后的抗冻性有降低。结合以往的研究[10] [11], RAP 掺量低于 30% 时, 再生沥青混合料中新旧沥青的混溶状态基本可以达到 100%, 而当 RAP 掺量为 30% 时, 新旧沥青的混溶状态也基本达到了较好的程度。

由于目前尚无对寒冷地区再生沥青混合料的具体标准, 为保证再生沥青混合料的路用性能, 应用于寒冷地区时, 应将长期老化前后的低温抗裂性和抗冻融循环性能与新沥青混合料进行对比, 将性能变化控制在一定的范围内。本文均控制在 5% 以内, 但是具体的指标应通过大量的实践与应用得出。

## 6. 结论

通过对寒冷地区再生沥青混合料的路用性能以及耐候性能研究, 主要得出以下结论:

- 1) 随着 RAP 掺量的增加, 再生沥青混合料低温抗裂性、水稳定性、冻融循环性能和耐老化性能变

差,但掺加一定比例的寒区再生剂可以显著改善这些性能,对此次项目应用最终确定本文再生沥青混合料的方案为:RAP 掺量为 30%,再生剂掺量为 9%,再生沥青混合料的综合路用性能达到甚至超过了新沥青混合料。

2) 对于寒冷地区热再生混合料,不仅应关注低温与水稳定性能,还应重点关注长期老化前后的低温抗裂性能与抗冻融循环性能的变化,将其性能变化控制在一定范围内,本研究表明经过长期老化后,RAP 掺量为 30%、再生剂掺量为 9%的再生沥青混合料与新沥青混合料相比,抗冻融循环 TSR 的差值仅为 5%。

## 基金项目

国家自然科学基金(52078048);含砂雾封层的材料基质优化、颗粒-浆体交互作用机理及抗滑性能表征项目。项目编号:中交路桥建设有限公司研究项目 ZLBF-2018-12。

## 参考文献

- [1] 交通运输部. 2018 年交通运输行业发展统计公报[N]. 中国交通报, 2019-04-12(002).
- [2] 方杨, 李善强, 刘宇. 厂拌再生沥青混合料水稳定性能研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2013, 32(5): 961-964.
- [3] 耿九光, 张倩, 戴经梁. 基于凝胶渗透色谱法的改性沥青中 SBS 降解行为研究[J]. 新型建筑材料, 2011, 38(5): 87-90.
- [4] 姚晓光, 许涛, 张争奇. 再生 SBS 改性沥青混合料路用性能研究[J/OL]. 武汉大学学报(工学版): 1-12[2020-11-02]. <http://kns-cnkinet.vpn.chd.edu.cn:8080/kcms/detail/42.1675.T.20201013.1210.004.html>
- [5] 左锋, 叶奋, 宋卿卿. RAP 掺量对再生沥青混合料路用性能影响[J]. 吉林大学学报(工学版), 2020, 50(4): 1403-1410.
- [6] 郝润姝. 再生沥青及其混合料的性能研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2019.
- [7] JTG F40-2004 公路沥青路面施工技术规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.
- [8] JTG/T 5521-2019 公路沥青路面再生技术规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2019.
- [9] JTG E-20-2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
- [10] Alqadi, I.L., Elseifi, M. and Carpenter, S.H. (2007) Reclaimed Asphalt Pavement: A Literature Review. CRA-Cking of Asphalt Concrete Pavements.
- [11] 任永凯. 高 RAP 掺量下新旧沥青混溶状态对热再生沥青混合料路用性能的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京建筑大学, 2018.