

# 废弃沥青材料的循环利用 关键技术研究

杨林江

(浙江兰亭高科控股有限公司工程技术研究院,浙江绍兴 312044)

**[摘要]** 通过了解国内外沥青路面再生技术的发展现状,剖析沥青路面老化、再生机理,提出了废旧沥青混合料循环利用的技术,研发出一套行之有效的沥青路面热再生技术,以适应当今形势下的沥青路面再生、资源循环利用和环境保护的需要,为建设资源节约型、环境友好型社会而努力。

**[关键词]** 沥青;路面;废旧料;循环利用;热再生技术;再生沥青混合料

**[中图分类号]** TU535 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2015)01-0056-06

## 1 前言

沥青路面的热再生技术是将旧沥青路面经过翻挖、回收、破碎、筛分后,与新沥青、新集料、沥青再生剂等按一定比例重新拌和混合料,使之能够满足一定的路用性能并用其重新铺筑路面的材料、设备及施工的成套技术。

我国在20世纪90年代修建的沥青公路目前已相继进入了大修期,大量翻挖、铣刨的沥青混合料被废弃,将使资源的循环利用、废料的存放场地及环境的污染等问题越来越突出,废旧沥青路面材料的再生利用不仅仅是技术问题,更将成为全社会所关注的资源、环境问题。根据国家可持续发展的战略方针,沥青路面再生技术的研究、推广与应用将成为我国建设资源节约型、环境友好型社会的一个重要的技术课题。

## 2 国内外技术现状

### 2.1 国外技术现状

国外对沥青路面再生技术的研究,最早起源于

美国。

目前,美国已普及沥青路面的再生利用,重复利用率高达80%;日本从1976年至今在路面废料再生利用率已超过70%;德国已将全部废旧沥青路面材料回收利用,并且是世界上用于高速公路路面养护的最早国家。

总之,国外沥青路面再生技术日趋成熟,回收利用技术的水平发展较快。

### 2.2 国内技术现状

我国早期,同济大学曾有过废旧料回收利用的技术研究,但由于种种原因没有得到很好的研究和推广,总的说来我国在废旧材料再生利用方面缓慢,缺乏对再生工艺技术和装备技术的深入研究。随着我国公路建设的发展,公路里程的快速增长,路面养护和翻修工程量倍增,路面材料的需求量也随之提高,其材料价格上涨幅度快,尤其是沥青的价格成倍提高;而废弃的沥青路面材料给自然环境造成的影响越来越大。因此,沥青路面的再生利用将被提到议事日程,国家多次将其列为重点科研项目。

**[收稿日期]** 2014-10-20

**[作者简介]** 杨林江,1961年出生,男,浙江绍兴市人,博士,教授级高级工程师,研究方向为土木工程材料;E-mail:ltgk@163.com

国内沥青路面的特点是沥青含蜡量较高,路面面层厚度较薄,质量等级较低,这种情况的再生最佳的途径应该是以厂拌热再生为宜。我国经过多年研究,沥青路面再生技术已逐步形成了自己特有的再生工艺,开发出了适合国情的沥青路面再生设备。

### 3 沥青路面再生

#### 3.1 路面再生的定义<sup>[1]</sup>

沥青路面再生,一般的理解就是重复利用路面在维修时挖出来的旧沥青混合料。但不同的“再生方法”其“利用”的程度有天壤之别。如所谓的“冷再生”技术,只是把价格高昂的沥青混合料当作“黑集料”来普遍利用,不能与沥青的再生相提并论。我们先约定沥青路面再生的定义:“旧沥青路面的沥青混合料经过一定的加工和处理,变化可以达到沥青路面技术要求的混合料,重铺成为新的沥青路面”。在这里需要说明的是“再生”有3层含义:a. 沥青的再生;b. 沥青混合料的再生(包含旧沥青再生和集料级配再生);c. 沥青路面的再生。

沥青路面的再生的首要条件是沥青的再生,然后旧沥青混合料再生,最后重铺成为路面。由于旧沥青不能单独分离出来,因此,沥青的再生只能是在沥青混合料的再生过程中完成的。

#### 3.2 路面老化的机理

沥青路面的老化是专指沥青混合料和沥青的老化。沥青路面在水温作用以及长期行车荷载作用下,沥青混合料会丧失原有的特性,随之出现老化和脆化;旧沥青老化,出现油分减少、沥青质和胶质增加,老化现象越来越明显;沥青路面表现出开裂和松散、麻面和坑洞等现象。沥青的物理特征表现为:a. 针入度减少,延度降低,而软化点升高;b. 反映流变性质的粘度增加,非牛顿性质增强。

#### 3.3 再生的基本原理

沥青路面再生就是沥青的再生,沥青再生是沥青老化的逆过程,在理论上可以概括为:a. 调低旧沥青材料的粘度,使旧沥青的粘度达到需要的粘度范围;b. 调整旧沥青材料的流变性,使旧沥青的非牛顿特性减弱。

再生剂是一种低粘度、低饱和酚的矿物油料,其粘度在 $0.1 \sim 20 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 。其作用是溶解旧沥青质,分散沥青质,改善它的流变性,使其非牛顿性质降低。

通常需要对旧沥青路面混合料进行必要的抽提试验。进而测定旧沥青混合料中的沥青含量、沥青性能以及矿料颗粒级配。从而来确定需要添加的新集料和旧料掺加比例,使之级配达到较合理的水平。此外,还需要确定需添加的新沥青和再生剂的用量。新拌制的再生混合料试块成型以后,需要进行马歇尔试验、劈裂试验。车辙试验是评价再生混合料技术性能的主要指标,能否正常使用很大程度上取决于它的指标。

### 4 废旧料热再生技术

沥青路面废旧料再生工艺方法较多,其真正意义上的废旧沥青混合料再生的最佳方法是厂拌热再生技术,下面主要剖析厂拌热再生的工艺、材料选用和配合比设计等方面研究。

#### 4.1 热再生工艺

热再生在国外应用已经非常普遍,它的工艺是先将旧沥青混凝土路面铣刨后运回工厂,通过破碎(或筛分),并根据旧料中沥青含量、沥青老化程度、碎石级配等指标,掺入一定数量的新集料、沥青及再生剂,使其油石比、碎石级配等指标达到设计要求,进行加热拌和,使沥青混合料达到规范规定的各项指标,参照新建沥青混凝土路面的施工方法进行重新铺筑。利用这种方法,可以对已被翻挖的基层、路基的一些特殊地段进行有效的补强,沥青层的重铺分别按下面层、中面层、上面层(磨耗层)的不同技术要求进行配合比设计,确定旧沥青回收料的掺加比例。这种再生方式属于结构性再生,具有较好的适应性,能有效地用于各种条件下旧沥青混凝土路面的再生利用。

厂拌热再生是利用旧沥青路面回收料与新集料和新沥青及再生剂拌制而成的沥青再生混合料的一种方法。实践证明,如果采用正确、完善的设计和施工方案,这种厂拌热再生的沥青混凝土性能是可以达到甚至超过普通热拌沥青混凝土。在现有的各种路面再生方法中,厂拌热再生被认为是一种相当实用而可行的方法。厂拌热再生可以用来改进原有路面混合料设计中的问题、改善和修复路面外观,也可以作为路面高程受限时的修复方案。厂拌热再生的优点包括:设备投入比较少,回收料循环利用,避免了回收料堆放和处置问题,保护了环境,尾气排放符合国家的环保要求。

## 4.2 材料评价及选择

1) 厂拌热再生沥青混合料(RAP)沥青性能评价。从沥青混合料中回收沥青,按照《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20—2011)中的“阿布森法”进行抽提试验检测再生沥青性能,结果

见表1。

2) 材料选择。通过对特种沥青与日本Tafpack-supur(TPS)高粘度沥青性能比较(见表2),选用特种沥青新材料,可以大幅提高性能。

表1 再生沥青性能检测结果<sup>[2]</sup>

Table 1 Performance test results of reclaimed asphalt<sup>[2]</sup>

检验项目	新沥青 AH-70	旧沥青	检测方法
针入度(25℃, 100 g, 5 s)/0.1 mm	71	19	T0604
延度(5 cm/min, 15℃)/cm	>100	1.7	T0605
软化点(R & B)/℃	47	77	T0606
旋转薄膜加热试验 (163℃, 5 h)			
质量损失/%	0.04	0.1	T0610
针入度比/%	66.1	89.5	T0604
延度(5 cm/min, 25℃)/cm	>100	6	T0605
延度(5 cm/min, 15℃)/cm	78	0.7	T0605

表2 特种沥青性能

Table 2 Performance of special asphalt

试验项目	日本 TPS 高粘度沥青的主要技术指标	特种沥青主要技术指标实测	检测方法
针入度(25℃, 100 g, 5 s)/mm	>40	55	T0604
软化点(TR & B)/℃	>80	85	T0606
5℃延度(5 cm/min)/cm	—	30	T0605
60℃动力粘度/(Pa·s)	>40 000	47 600	T0620
韧性/(N·m)	>15	17	T0624
粘韧性/(N·m)	>20	20	T0624

3) 再生料取样地点及混合料性能检测。再生料取样地点为云南玉元高速维修养护拌合站。粗、细集料:集料的磨光值应符合级配设计要求。石料需有足够的强度、抗压碎性和抗冲击性。应符合 JTG E20—2011 规定。为保证混合料防滑功能,石料外形应具有近似立方体形状,针片状颗粒比一般

要求高,针片状颗粒不超过 10%。沥青混合料中细集料使用量较少,细集料及石粉等与沥青之间应有很好的粘附性能。

设计采用的集料为玄武岩,视密度为 2.875 g/cm<sup>3</sup>,吸水率为 0.3%,洛杉矶磨耗值为 13%,压碎值为 15%,检测结果见表 3。

表3 粗、细集料筛分结果

Table 3 Screening results of coarse and fine aggregates

名称	筛孔通过率/%												
	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
15~22	100	92.6	24.3	4.8	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10~15	100	100	100.0	90.3	48.6	7.5	3.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
5~10	100	100	100	100	97.3	22.6	2.6	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0~5	100	100	100	100	100	92.6	70.2	46.2	33.1	20.5	16.2	7.6	

4) 填料。配合比设计采用的填料上虞石料厂的矿粉,矿粉筛分结果见表 4。

表4 矿粉筛分结果

Table 4 Screening results of mineral powder

名称	筛孔通过率/%											
	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
矿粉	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	96.4	87.5

总之,高性能材料的选择与研制是再生沥青路面的难点和重点。

### 4.3 配合比设计

RAP一般采用马歇尔设计方法进行配合比设计,确定RAP的掺配比例、新材料品种及配合比、矿料级配、最佳沥青用量。配合比设计流程按照《公

路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTGE20—2011)进行。

1) AC-20I配合比设计曲线,如图1所示。

2)设计级配范围选用JTGE20—2011密集配沥青混合料矿料级配,如表5所示。

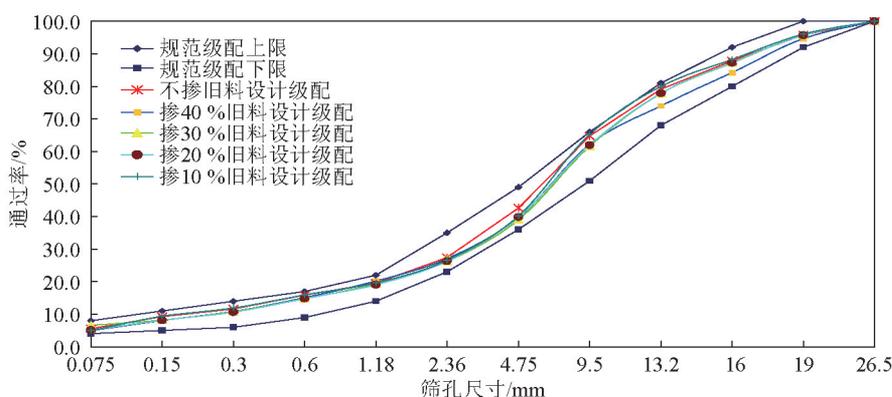


图1 AC-20I设计级配曲线

Fig. 1 AC-20I design grading curve

表5 AC-20热再生沥青混合料矿料级配

Table 5 AC-20 mineral aggregate gradation of hot recycled asphalt mixture

		矿料级配											
筛孔尺寸/mm		26.5	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
RAP掺50%通过率		100	94.5	87.2	71.4	63.4	44.4	29.7	20.9	18.5	12.9	8.5	4.8
	下限	100	90	78	62	50	26	16	12	8	5	4	3
规定范围/%	中值	100	95	85	71	61	41	30	22.5	16	11	8.5	5
	上限	100	100	92	80	72	56	44	33	24	17	13	7

注:混合料名称:AC-20;掺配比例:RAP 50%

3)特种沥青RAP混合料低温路用性能与粘度关系曲线。弯曲劲度模与粘度关系曲线见图2;最大弯拉应变与粘度关系曲线见图3。

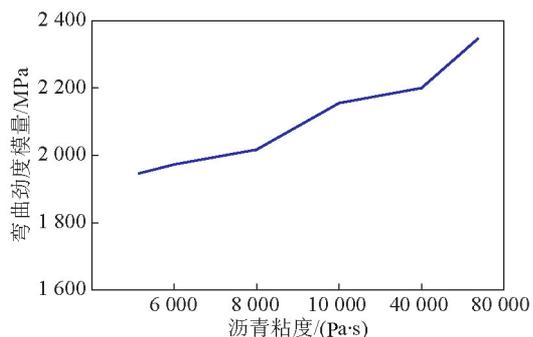


图2 弯曲劲度模与粘度关系曲线

Fig. 2 Bending stiffness modulus-viscosity curve

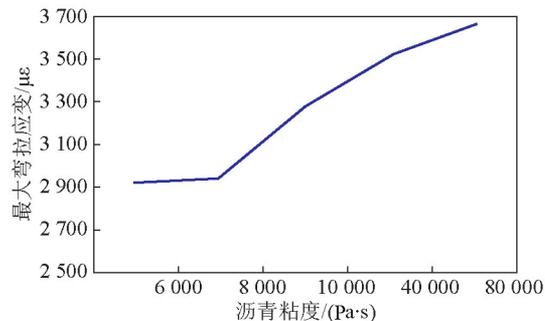


图3 最大弯拉应变与粘度关系曲线

Fig. 3 The maximum tensile strain-viscosity curve

4)特种沥青RAP混合料高温性能与粘度关系曲线。60℃动稳定度与粘度关系曲线见图4;浸水残留稳定度与粘度关系曲线见图5;肯特堡飞散残

留量与粘度关系曲线见图6。

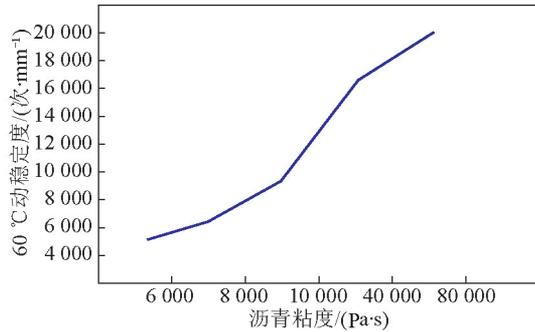


图4 60 °C动稳定度与粘度关系曲线

Fig. 4 60 °C dynamic stability-viscosity curve

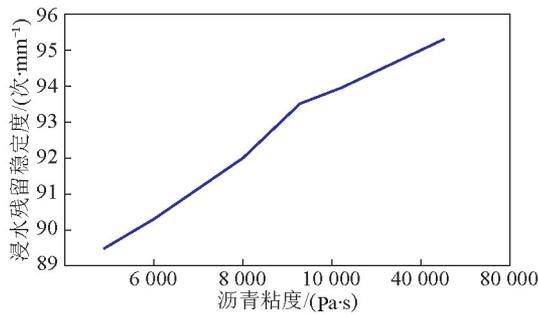


图5 浸水残留稳定度与粘度关系曲线

Fig. 5 Immersion residual stability-viscosity curve

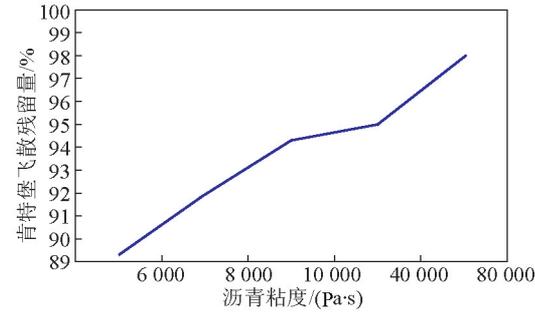


图6 肯特堡飞散残留量与粘度关系曲线

Fig. 6 Cantabro stripping residue-viscosity curve

## 5 结语

特种沥青指标显示在突出提升60 °C动力粘度的前提下,兼具优良的低温延度、弹性恢复能力和耐老化性,同时保持了良好的施工性能、特种沥青动稳定度大于12 000次,而重交沥青1 739次,苯乙烯-丁二烯-苯乙烯嵌段共聚物(SBS)改性沥青4 796次,橡胶沥青4 538次,日本高粘沥青8 921次,德国抗车辙剂沥青也只有11 000次;这就说明特种沥青再生混合料具有较高的高温稳定性。

厂拌热再生沥青混合料技术的推广应用对减少公路施工碳排放,促进环境保护,降低工程成本,提高经济效益都有十分重要的意义,厂拌热再生技术较好的经济效益和社会效益主要有:沥青再生利用可循环利用旧路面的沥青,减少对新的优质沥青的消耗,能有效缓解我国作为石油进口大国的资源压力;可循环利用旧路用材料中的砂石材料,减少了公路建设中新的砂石材料的使用比率,进而减少了开采砂、石料,防止水土流失,保护了生态环境;由于沥青混合料是不可降解性材料,沥青混合料的再生利用可以杜绝或减少丢弃、填埋旧沥青混合料而造成的环境污染;沥青路面再生利用可以降低路面建设成本,具有显著的社会与经济效益。

特种沥青高掺配RAP能够更充分地利用旧的再生沥青混合料,最大限度地利用资源,可以100%地处理沥青路面维修时产生的废旧沥青混合料,有利于社会的可持续发展,对建设低碳交通意义重大。

## 参考文献

- [1] 陈启宗. 克服影响我国沥青路面再生机械发展的技术偏见[C]// 沥青路面材料拌和新技术及厂拌热再生新工艺应用发展研讨会论文集. 北京:2011.
- [2] 公路工程沥青及沥青混合料试验规程(JTG E20—2011).[S]. 2011.

# Research on the key technologies of waste asphalt material recycling

Yang Linjiang

(Engineering Technology Researching Institute of Lanting Gaoke Holdings Co. Ltd., Shaoxing, Zhejiang 312044, China)

**[Abstract]** By understanding the domestic and international development situations of asphalt pavement recycling technology, and analyzing the mechanism of asphalt pavement aging and recycling, this essay proposed the technologies of recycling of waste asphalt mixtures. It also developed a set of effective technologies of hot recycling of asphalt pavement, to adapt to the needs of asphalt pavement recycling, resources circulating and environment protecting in the current situation, which in an effort to construct a resource-saving and environment-friendly society.

**[Key words]** asphalt; pavement; waste material; recycling; hot recycling technology; reclaimed asphalt mixture