

文章编号:0451-0712(2007)03-0172-05

中图分类号:TU535;U418.8

文献标识码:B

# 泡沫沥青厂拌冷再生技术在公路大修中的应用

田梅咏<sup>1</sup>, 许世鸣<sup>2</sup>, 张永平<sup>3</sup>, 拾方治<sup>4</sup>

(1. 杭州市余杭交通投资有限公司 杭州市 310000; 2. 杭州市余杭公路段 杭州市 310000;

3. 杭州市公路管理局 杭州市 310000; 4. 同济大学 上海市 200092)

**摘 要:** 本文对浙江省 04 省道泡沫沥青厂拌冷再生应用项目进行了介绍, 包括试验研究成果和工艺实践经验。试验研究中重点研究了铣刨速度对材料级配的影响, 以及铣刨速度的确定方法, 同时采用马歇尔指标和劈裂强度指标, 对现场材料的力学性能进行了检测和评价; 同时对现场材料的高温性能和抗压强度等指标进行了试验; 工艺实践中, 对拌和阶段和摊铺阶段有关施工需注意的事项进行了总结。

**关键词:** 泡沫沥青; 冷再生; 厂拌再生; 公路大修

随着我国公路交通事业的蓬勃发展, 尤其是东部发达省份高速公路和国省道干线路网已经基本形成, 而且许多公路陆续进入大修期。因地制宜地选择合理、科学的维修方案和工艺技术成为目前公路管理和养护部门的迫切要求。泡沫沥青冷再生技术是利用沥青发泡技术将废弃的沥青材料铣刨后重新稳定, 并在压实力的作用下形成具有一定路用性能的路面结构层。这项技术可以将废弃的路面沥青材料再生使用, 而且可将其中的老化沥青重新激活, 变废为宝, 从而达到保护环境、节约资源的目的; 同时利用泡沫沥青再生技术可以将传统的路面结构改造成柔性基层路面结构, 从而优化路面组合形式, 延长路面使用寿命。

为了探索泡沫沥青冷再生技术在干线公路大修中的适应性, 2006 年在浙江省 04 省道的路面专项整

治工程中, 采用了泡沫沥青厂拌再生技术进行大修, 这在浙江省尚属首次。本文就对这次泡沫沥青厂拌再生技术的应用成果和施工经验加以介绍。

## 1 试验研究成果

### 1.1 不同铣刨速度下铣刨料的级配

集料级配是决定混合料路用性能的重要因素, 而再生材料的原材料主要来自于旧路面材料, 旧路面材料是专用铣刨机铣刨旧路而来。因此控制铣刨机的铣刨方案是控制材料级配的重要手段。控制铣刨机的速度是获取理想再生材料的首要控制手段。在旧路面全面铣刨前, 选择了 4 种不同铣刨速度进行试验, 并通过对不同铣刨材料进行筛分, 来选择适宜的铣刨速度。不同铣刨速度铣刨出材料的筛分结果如表 1 所示, 级配曲线如图 1 所示。

表 1 每档筛孔通过百分率

铣刨速度 m/min	筛孔尺寸/mm												
	0.075	0.15	0.3	0.6	1.18	2.36	4.75	9.5	13.2	16	19	26.5	31.5
10	0.28	0.67	1.32	2.25	3.38	10.60	20.39	45.19	65.93	78.90	85.47	98.17	100.00
8	0.53	1.46	3.14	5.70	8.70	21.12	32.31	54.19	67.85	78.40	84.11	91.82	96.38
6	0.40	1.22	2.95	5.77	9.12	24.21	38.18	65.05	78.39	83.84	88.11	97.42	100.00
4	0.40	0.97	2.22	4.92	8.61	25.24	43.02	69.90	80.21	88.09	91.76	98.83	100.00



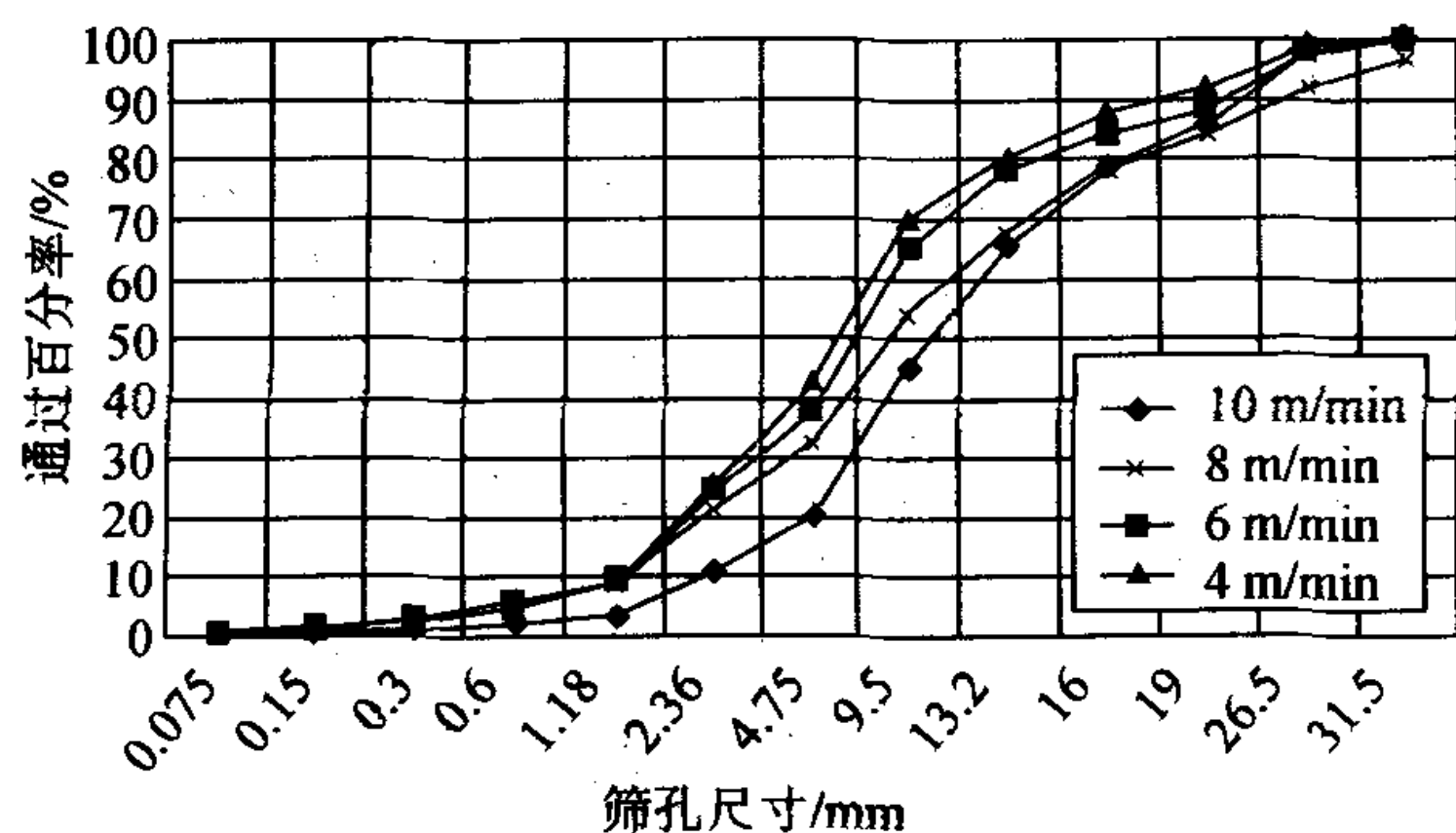


图1 不同铣刨速度下铣刨料的级配曲线

通过级配曲线的对比可以看出,各档铣刨速度下的铣刨料的级配存在一定差别。特别是铣刨速度超过10 m/min时,铣刨料的级配明显偏粗,表现在4.75 mm以下材料通过率偏低,而且通过表1还可以看到,当铣刨速度很快(10 m/min)时,粗集料较多,还容易产生“超粒径材料”,这些巨粒不能被铣刨机彻底破碎,如将这些材料用于再生,会给再生材料的性能带来不利影响。而处于6~8 m/min的铣刨速度时,铣刨材料的级配差异性不大,材料的级配比较稳定。因此最终要求铣刨速度控制在6~8 m/min。

### 1.2 现场配合比的调整

根据目前国际上通用的泡沫沥青再生材料级配建议范围,需要对铣刨材料进行改善。例如Ruckle等建议0.075 mm的通过率在5%以上<sup>[1]</sup>。因此初始材料配合比确定为80%的铣刨料+18.5%的石屑(0~3 mm)+1.5%的水泥。

通过铺筑近1 km的试验路,并根据专家意见,现对泡沫沥青路段的泡沫沥青混合料进行级配调整。级配调整主要出于以下几点考虑:

(1)适当降低细集料的含量,以改善再生层的表面粗糙度;

(2)增加材料的粗集料含量,以增强材料的稳定性,同时改善再生层的抗车辙能力;

(3)根据目前的研究结论认为泡沫沥青混合料的稳定作用主要由集料的嵌锁作用提供,因此要考虑加入适当的粗集料形成一定的骨架结构,从而增强材料的抗压强度。

决定将级配方案改为:78.5%的铣刨料+10%的石屑(0~3 mm)+10%的骨料(15~25 mm)+1.5%水泥。

### 1.3 现场材料的力学性能评价

马歇尔稳定度是一个应用比较广泛的指标,该指标可方便泡沫沥青混合料与其他类型的沥青混合料之间的对比;另一方面,路面基层在行车荷载的反复作用下,主要承受竖向压应力及水平拉应力作用。实践表明,泡沫沥青混合料基层材料往往是由于基层底部抗拉强度(或粘结强度)不足而开裂。考虑到适用性和操作方便,并且作为柔性基层材料,其特性与沥青混合料有一定的相似性,因此采用间接抗拉强度(ITS)作为泡沫沥青混合料的强度评价指标<sup>[2]</sup>。

从现场提取成品材料,并在3 h内成型马歇尔试件(两面75次),不少于9个试件。并按照以下方法进行养护<sup>[3]</sup>:

(1)不脱模养生24 h;

(2)脱模后,在40℃的通风烘箱中进一步养生72 h;

(3)养生完毕后,3个试件在60℃水浴中保温45 min,测试马歇尔稳定度和流值;

(4)养生完毕后,对其他6个试件十字对角量测试件高度;

(5)3个试件在25℃空气浴保温4 h以上,然后测试试件的劈裂强度;

(6)3个试件在25℃水浴保温2 h以上,然后测试试件的劈裂强度。

试验结果如表2所示。

根据现场材料的稳定度试验和劈裂强度试验结果来看,现场拌和材料的质量能够满足混合料干劈裂强度大于350 kPa,湿劈裂强度大于300 kPa,稳定度大于5.0 kN的设计要求。

### 1.4 现场材料的高温性能评价

根据从现场提取拌和好的泡沫沥青再生料,在实验室内成型车辙板。试件密度按照最大干密度根据现场含水量换算成湿密度×98%获得。试件成型后按照以下方法进行养生<sup>[3]</sup>:

(1)脱模后放置于平整处24 h;

(2)将试件用大于两倍试件体积的塑料袋密封,然后在40℃通风烘箱中养生48 h;

(3)从烘箱中取出,冷却至室温,然后在60℃空气浴保温4 h以上,然后进行车辙试验。

两种级配材料的动稳定度试验结果如表3所示。

从试验结果来看,泡沫沥青再生材料的高温稳定性要好于普通的热拌沥青混合料。而且加入一定



表 2  现场材料的力学性能

试件编号	干劈裂强度/kPa	湿劈裂强度/kPa	马歇尔试验	
			稳定度/kN	流值/0.1 mm
K12+220	418.1	346.6	7.97	3.01
	412.5	325.9	6.79	2.83
	412.1	349.4	8.76	4.32
K13+300	523.6	396.1	5.89	3.23
	420.0	466.8	5.42	2.75
	459.7	394.1	6.74	2.45
K13+780	463.1	351.5	6.40	2.45
	322.0	314.0	6.28	3.11
	393.8	353.6	5.72	3.52
K11+540	493.0	414.8	6.03	3.56
	372.5	371.0	6.94	3.60
	384.9	374.5	5.88	3.40
K11+100	525.6	321.2	5.06	2.92
	523.2	298.2	4.65	2.65
	471.3	282.6	5.01	2.73
K12+240	436.8	319.4	6.97	3.56
	499.4	347.9	6.80	4.47
	470.3	319.9	5.37	2.57
K13+680	432.2	284.1	5.79	2.49
	438.2	286.6	6.30	2.09
	402.5	340.5	5.78	2.15
K13+990	370.5	323.8	7.76	3.62
	355.3	326.9	7.10	4.39
	360.1	398.0	6.48	4.32
K11+340	451.9	318.8	8.77	3.68
	500.7	352.4	9.29	3.61
	376.7	333.1	8.00	3.14

表 3  现场材料的高温性能

材料类型	试件编号	试件尺寸 (长×宽×高)/mm <sup>3</sup>	45 min 的位移值 mm	60 min 的位移值 mm	车辙次数 次/mm	车辙次数平均值 次/mm
车辙试验 (未加骨料)	1-1	300×300×50	1.74	1.98	2 625	2 438
	1-2	300×300×50	1.61	1.89	2 250	
车辙试验 (加骨料)	1-1	300×300×50	1.64	1.82	3 500	3 603
	1-2	300×300×50	1.58	1.75	3 706	

量的粗骨料后,可以增强泡沫沥青再生材料的抗变形能力。用泡沫沥青再生料作为结构层,不易产生明显的车辙变形。

1.5 现场材料的抗压强度试验

根据从现场提取拌和好的泡沫沥青再生料,在实验室内采取静压法成型150 mm×150 mm 圆柱体试件。试件密度按照最大干密度根据现场含水量换算成湿密度×98%获得。



试件成型后按照以下方法进行养生:

(1)脱模后放置于平整处 24 h;

(2)将试件用大于两倍试件体积的塑料袋密封,然后在 40℃ 通风烘箱中养生 48 h;

(3)从烘箱中取出,冷却至室温,然后在 15℃ 空气浴保温 4 h 以上,测试试件的无侧限抗压强度。

材料测试结果如表 4 所示。

表 4 现场材料的无侧限抗压强度值

级配未调整前(未添加骨料)			级配调整后(添加骨料)		
桩号	含水量 %	抗压 MPa	桩号	含水量 %	平均抗压 强度/MPa
K11+820		1.7	K12+840	3.0	3.1
K12+220		2.8	K12+480	3.2	3.1
K13+400		2.8	K11+100	3.5	3.0
K13+360	2.8	2.9	K11+540	3.4	2.8
K13+220	2.2	2.3	K13+990	2.9	2.8
			K13+780	2.7	2.9

根据现场材料的抗压强度试验结果来看,现场拌和材料的强度能够满足设计强度大于 2.0 MPa 的要求,而且级配调整后材料的抗压强度也略好于调整前的材料。

## 2 施工工艺

### 2.1 拌和阶段的经验

(1)生产率不宜过高。

由于拌和设备储料仓的容量有限,加之装载机的装载速度所限,容易导致铣刨料供应不足,从而会使得铣刨料和添加材料的比例不对(铣刨料用量偏少)。根据实际拌和情况,将厂拌设备的生产率调整为 110~130 t/h。

(2)成品料装载卡车的程序。

由于成品料是通过输料皮带运送至卡车,因此成品料的细集料容易黏附在皮带上,同时成品料在离开输料皮带时,粗集料惯性大,从而使得粗集料抛出较远,这样造成在卡车的料仓中一端粗集料相对集中,而另一端细料相对集中。最终导致摊铺机两个搅龙之间产生离析。

发现此问题后,将成品料首先输送到地面上,然后再使用装载机进行简单翻拌后再装载到卡车上。实践证明这一方法可以解决材料的离析问题。

(3)水泥料仓应当足够大。

水泥料罐存储量应该在 20 t 以上,应当避免由

于水泥料罐偏小造成连续生产时需要频繁添加水泥,影响施工效率。

(4)沥青供应。

沥青加热温度要保证,运输到生产现场的温度应当不低于 165℃,生产时要求沥青的温度不低于 150℃。沥青罐车容量也要足够大,否则频繁更换和等待沥青罐车会严重影响生产效率。

### 2.2 摊铺压实阶段的经验

(1)根据摊铺现场的经验,确定了泡沫沥青再生材料的松铺系数为 1.34。

(2)根据压实度检测和取芯结果,可以认为采取双钢轮静压 1 遍,强振 2 遍,单钢轮强振 2 遍,弱振 2 遍,最后胶轮搓揉碾压 4~5 遍的压实次数和碾压工艺,达到了非常好的压实效果。

(3)根据现场施工的情景,应当提示工人将摊铺机前面由于卡车卸料时撒落的材料(特别是已经风干、粗集料相对集中的情形)清除出路面,而不应将

这些材料不作任何处理就留在再生层的底部。

(4)在胶轮压路机进行终压前应向再生层表面洒少量的水,洒水量应严格控制,只需将表面湿润即可。

## 3 结语

泡沫沥青厂拌冷再生技术是通过将原路面材料集中厂拌后再生使用,与就地再生相比它具有以下特点:采用强制式拌和,拌和效果好,同时可以滤除超粒径材料,从而保证再生材料的质量;拌和料用摊铺机施工,工艺成熟,平整度较好;维修后的道路标高可以不增加,采用厂拌再生技术可以较好地控制路面标高,原路面标高可以保持;铣刨后可以及时发现下承层病害,并进行相应处理。

通过泡沫沥青厂拌再生技术在 04 省道的应用,发现铣刨材料级配较大的变异性是再生技术的固有性质,加强对铣刨设备的控制是保证获得较为均匀材料的重要途径。选择合适的性能参数是检验再生混合料质量的重要工具,这些数据的获得可为今后的应用提供宝贵的参考依据。

### 参考文献:

- [1] Ruckel P J, S M Acott, R H Bowering. Foamed-asphalt Paveing Mixtures; Preparation of Design Mixes and Treatment of Test Specimens [C]. Transpotation Research Record, Number 911,1983.
- [2] 拾方治,孙大权,等. 泡沫沥青混合料物理力学特性的



- 试验研究[J]. 公路, 2004, (5).  
[3] Mohammad L N, M Y Abu-Farsakh, Z Wu, C Abadie. Louisiana Experience with Foamed Recycled Asphalt Pavement Base Materials[C]. CD-ROM of TRB 82th Annual Meeting, Washington. D. C., 2003.  
[4] Wirtgen Group. Wirtgen Cold Recycling Manual [S]. 2004.

## Application of Plant-Mix Cold Recycling Technology of Foamed Bitumen to Heavy Repair of Highway

**TIAN Mei-yong<sup>1</sup>, XU Shi-ming<sup>2</sup>, ZHANG Yong-ping<sup>3</sup>, SHI Fang-zhi<sup>4</sup>**

(1. Yu-Hang Transportation Investment Co. LTD of Hangzhou City, Hangzhou 310000, China; 2. Yu-Hang Highway Administration Section of Hangzhou City, Hangzhou 310000, China; 3. Hangzhou Highway Administration, Hangzhou 310000, China; 4. Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** The application of the plant-mix cold recycling technology of foamed bitumen in No. 04 Provincial Highway of Zhejiang Province is introduced. These experiences include the test research results and the process control methods. The test research focuses on the influence of the milling velocity of milling machine on the gradation of materials and the methods how to determine the milling velocity. The mechanical performances of the site recycling materials are tested and evaluated through Marshall index and tensile strength index, and the indexes of the site materials such as high temperature property and compression strength are tested as well.

**Key words:** foamed bitumen; cold recycling; plant-mix recycling; heavy repair of highway

## 关于举办 2007“公路灾害防治技术”高级研讨班的通知

为了应对各种灾害对公路、桥梁的损毁,提高公路灾害预防与应急反应水平,推广公路灾害防治新技术及科研成果,《公路》杂志社决定举办2007“公路灾害防治技术”高级研讨班。此次研讨班得到西部交通建设科技项目“路基灾害防治技术推广及应用示范”的支持,将由该课题组的专家作专题讲座。望各有关单位积极参加。

### 一、培训内容

#### (一)公路、桥梁水毁灾害防治技术

1. 我国公路水毁现状与基本特征;2. 国内外自然灾害研究的发展进程;3. 公路、桥梁水毁的主要类型、原因及特点;4. 公路与桥梁水力水文分析计算及防治水毁工程对策;5. 公路灾害防治效果的经济评价。

#### (二)路基地质灾害防治与公路边坡加固技术

1. 常见公路地质灾害类型与特点;2. 边坡加固选择与灾害防治原则;3. 边坡失稳灾害等级划分;4. 公路滑坡防治技术(分类、勘察、治理方案选择、设计、施工方法);5. 地质灾害防治工程实例。

### 二、主讲专家

邀请西部交通建设科技项目“路基灾害防治技术推广及应用示范”负责人李家春副教授;长安大学公路灾害防治研究所田伟平教授(博导、所长)等。

### 三、培训时间和地点

2007 年 4 月 24 日~4 月 29 日 湖北宜昌市

### 四、报名方式

报名电话: 010-51951636 010-51951635

联系人: 奚洪德

传 真: 010-51951635

E-mail: jt51951636@163.com