

中南公路工程

(一九八一年增刊)

沥青路面再生利用

譯文集

中南地区公路科技情报网

(一九八一年增刊)

沥青路面再生利用

譯文集

中南地区公路科技情报网

目 录

沥青路面的再生	朱文天、李秩民译, 叶国铮、薛恢华校 (1)
道路沥青路面旧料的再生利用	黄京群译、陈美好校 (7)
公路再生材料	蔡菲琳译、张起森校 (13)
旧料再生	朱文天译、汪大维校 (14)
沥青路面废料的再生利用	习应祥译、饶德宏校 (17)
沥青混凝土旧料利用在苏联	黄京群译、陈美好校 (20)
沥青路面废旧料的再生	习应祥译、饶德宏校 (22)
沥青路面的修复	张起森译、陈美好校 (32)
掺有再生旧料的沥青混合料具有较好的路用性能	徐尧基、蔡龙章译, 廖庚甫校 (38)
热沥青再生——旧料变新料	蔡菲琳译、梁锡三校 (45)
关于回收沥青性质的基础研究	花占三译、李玉萍校 (49)
沥青混凝土再生方法的介绍及路用试验	揭立男译、叶国铮校 (55)
由沥青再生而获得的能量节约	阳治安译、刘浩熙校 (73)
公路维修与改建时更有效地利用原有路面问题	文德云译、刘浩熙校 (77)
沥青混合料的再生利用方法	卓知学译、黄志尚校 (80)
回收利用旧基层和面层促进都市热拌路面发展	梁锡三译、周庆桐校 (89)
路面的再生利用工艺	饶德宏译、习应祥校 (90)
路面废料再生工厂的现状	鞠 正译、冯理唐校 (92)
再生稳定工艺	饶德宏译、习应祥校 (101)
利用原有简易路面翻新为坚固底层的再生施工法	李晚成译、杨万兴校 (107)
在中心拌和厂用冷拌法翻新旧沥青道面	胡玲玲译、刘开生校 (115)
沥青路面材料的再生	叶国铮译、刘浩熙校 (117)
沥青混凝土的再生	阳治安译、刘浩熙校 (119)

复拌.....	蔡琳琳译、梁锡三校 (121)
沥青路面旧料再生加热工艺概述——美国.....	朱文天译、薛恢华校 (128)
废沥青混凝土的再生过程.....	蔡琳琳译、梁锡三校 (132)
沥青废料的加热再生技术和配比设计法.....	卓知学译、黄志尚校 (134)
沥青混凝土的再生利用.....	习应祥译、饶德宏校 (144)
在道路工程中沥青的回收——将来仍是冷铣路面.....	陈美好译、潘 筱校 (151)
沥青再生路面节省了有价值的材料.....	蔡琳琳译、张起森校 (154)
联邦道路上首次再生利用摊铺地沥青.....	刘浩熙译、叶国铮校 (155)
用蒸气细分化法进行混合料的再生产.....	鞠 正译、冯理唐校 (160)
就地改善沥青路面的新方法.....	黄京群译、陈美好校 (170)
沥青路面再生的进步.....	陈美好译、潘 筱校 (180)
再生沥青混凝土的现场试验和跟踪调查.....	卓知学译、黄志尚校 (188)
热拌混合料再生工厂的问题与答案.....	李秋民译、叶国铮校 (195)
旧地沥青路面的翻新和再生利用.....	徐尧基译、廖庚甫校 (206)
再生混合料的利用——美国的配合设计方法一例.....	花占三译、李玉萍校 (208)
再生利废节约能源.....	吴树培、邹高益译、蒲增铃校 (214)
关于用掺入方法的沥青废料再利用的调查.....	杨孝福译、黄振强校 (215)
利用沥青混凝土废旧料作路面基层.....	罗 健译、李有环校 (223)
在沥青方面的新意见.....	吴树培、邹高益译、蒲增铃校 (230)
废弃材料的利用.....	徐尧基译、廖庚甫校 (232)
用标准设备使旧路更新.....	蔡龙章译、梁锡三校 (233)
得克萨斯州和俄勒冈州的热混合料再生方法.....	蔡琳琳译、梁锡三校 (234)
华盛顿90号州际公路上的沥青路面再生工程.....	习应祥译、叶国铮校 (238)
俄勒冈州沥青混凝土再生工程.....	张起森译、蔡龙章校 (241)
BAB48试验路段沥青稳定路面的再生利用.....	叶国铮、黄京群译 刘浩熙、陈美好校 (245)
利用再生沥青混合料修补路面的报告.....	梁锡三译、习应祥校 (255)
沥青路面的再生利用工程.....	李有环、罗健译、刘宏开校 (264)

用加热再生装置进行沥青混凝土再生利用的实例·····	阳治安译、饶德宏校 (271)
旧沥青混凝土路面再生作路面基层·····	罗 健译、李有环校 (278)
利用原有砂砾层作路面基层的施工实例·····	卓知学译、倪江华校 (287)
日本横滨市旧路面材料的再生方法·····	杨孝福译、黄振强校 (301)
日本札幌市路面废料的再生利用·····	阳治安译、饶德宏校 (307)
耐流动路面的修补·····	罗 健译、李有环校 (312)
路面整修机的新动向·····	邵天牧译、阳治安校 (318)
路面工程机械简介·····	杨锡宗译、尹焕明校 (322)
沥青路面现场再生工艺概况·····	周铁士译、习应祥校 (325)
重铺路面技术·····	叶国铮译、刘浩熙校 (329)
沥青混凝土切割机·····	张起森译、习应祥校 (333)
采用自动平地机再生沥青路面·····	习应祥译、邵天牧校 (334)
薄层沥青路面的再生利用·····	刘开生译、吴晋纬校 (335)
在拌和中心站沥青混合料的再生利用 (设备问题) ·····	刘浩熙译、叶国铮校 (338)
整修路面的加热削平机·····	邵天牧译、阳治安校 (346)
MF30型沥青路面整修机·····	侯维新译、阳治安校 (353)
坏路面铣切机·····	叶国铮译、刘浩熙校 (356)

致 谢

《沥青路面再生利用译文集》的编辑、出版得到交通部科学技术情报研究所的关怀和中南各省 (区) 交通厅 (局) 所属科研、设计、公路工程、学校、科技情报单位及交通部第二公路勘察设计院、湖南大学、长沙交通学院的大力支持。交通部公路局周庆桐工程师, 交通部公路规划设计院毕旗杨、蒲增钤、葛玉龙、万国朝、王鸣岗、王开山、杨梦宇工程师, 中国公路桥梁工程公司王清池工程师, 交通部重庆公路科研所赵振明、田其轩、熊有言、蒋树屏工程师及辽宁省交通科研所张奎义、周士崇工程师分别对各篇译文进行了认真细致的审核。《长沙晚报》印刷厂对本译文集的印刷、发行给予了大力支持。在此, 一并致以衷心的感谢!

《中南公路工程》编辑部

沥青路面的再生

序 言

尽管与沥青路面旧料再生有关的问题并没有完全解决,但七十年代在这方面还是取得了重大的成就。能源问题的出现,资源的可能短缺和经济上的考虑,已引起人们对沥青路面旧料(以下简称旧料)再利用的关注。近几年来,旧料再生在建筑、维修、养护方面日益被人们所重视。旧料再生有三种方法:

1. 固定厂内热拌再生法;
2. 厂内或就地冷拌再生法;
3. 表面加热就地再生法。

二、沥青路面的破碎与旧料贮存

路面的破碎有两种方法:一是整个路面层的翻挖和破碎,二是加热或冷切削及整平。

在翻挖和破碎路面时,若出现旧料和路面底层骨料混和的问题,则可将底层未处治的骨料或粘结剂很少的混凝土一起回收用作热拌时的骨料。破碎的旧料运到料场存放,并用破碎机破碎。旧料如不立即再生时,以不经过破碎而直接存放较有利,块料的凝结、浸水和混污现象比碎料或切削料要少得多。经验已证明,旧料在热天破碎不是很困难的,无需用重型设备。虽有些厂商在设计制造特殊的破碎机,但多数仍采用腭式或辊式破碎机。破碎料的尺寸,根据再生方法、拌合工序和成品规格决定。在选择破碎机时,要特别考虑到破碎时能产生细粉料。细粉料的含量不得过多,否则会影响再生材料的比例。

切削和整平路面时,可将不同的沥青料层分别剥离,这对回收热轧沥青料特别有利。载运工具通常选用效益高的运输装载机。

冷切削回收的旧料颗粒度较小,这种料不能长期储存。除个别块料需再破碎外,一般不需再破碎就适于再生使用。冷切削的主要缺点是粉料多。为了减少粉尘已进行了多项试验,如改变刀头、切削深度、转子的前进速度和旋转速度、改变转子旋转方向等,虽然在这些问题上有争论,还需进行更多的研究,但已认识到粉料的产生与材料的切削性、环境温度、所使用的机械类型等有关。

当条件许可时,对路面进行加热切削,并将切下的料立即输送到工厂利用已有的热量及时进行再生。然而通常是将切下的旧料堆积起来,旧料在贮存前为防止凝结而掺入砂子,但这样却降低了材料的等级。

在固定厂内再生旧料时,其经济性的最大影响因素是旧料的运输费,运输经济性取决于:

- ①拌合厂到工地的距离;

- ②节省新骨料的运输费；
- ③工地到废料场的距离；
- ④减少废料，增加材料的利用率。

旧料的贮存是极为重要的，如果不做好充分的准备，旧料贮存时将凝固、受潮、被污染，另外由于所用技术不良，堆放期间还将发生离折现象，这些因素对再生不利，再生时还可能污染空气。旧料凝结的程度取决于贮藏时间的长短、温度、料堆的高度和旧料的性质。如果凝结达到一定的程度，明显地会影响将来的破碎，不仅增加成本，且破碎时200目以下的细粒料量也将增加，旧料中含水量高，再生时会增加能量的消耗、水份的蒸发，使混合料的温度降低，且影响到混合料的配比。堆放时应避免小堆贮存，料堆应堆成锥形，以减少其外露表面积，料堆高度以下半部料不凝结为限度。如需长期贮存，应在料堆表面覆盖防水材料，此外还须防止被灰尘和其它污染物所污染。

三、再生时的加热拌合

除旧料的回收、运输经济性和其它因素以外，再生工艺的效能决定于设备的有效利用率与下列要求：

- ①混合料的规格（在规定的温度范围之内）；
- ②旧料和新料的比例（按需要的等级选择合适的比例）；
- ③污染标准；
- ④合适的成本和生产能力；
- ⑤常规拌合设备和再生拌合设备相互改装简易方便。

再生料的加热拌合可用经过改装的滚筒式或间歇式拌合设备进行。这些改装是在原有设备上附加一些简单的装置。在实际使用中，设备的完善程度表现在：设备的能力、产品的经济性、旧料的比例、混合料规格的均匀性及对环境没有污染等方面。大量的事例证明了用改装的常规设备进行高比例旧料的再生，对混合料规格的要求和环境污染都不能达到要求。

然而旧料固有的复杂性及其比例并不是一成不变的，通常按所需要的等级和旧料的再利用价值来选择最适当的旧料和新料的比例，另外按混合料的要求选择再生方法和所需要的材料，没有必要在全套设备的改造或研制新设备上去大量投资。

间歇式拌合设备经改造可用来进行含有30%~40%旧料的再生。理论上这种设备用于再生的旧料比例可达50%，更高的比例也是所希望的。高比例旧料的再生可用改装的滚筒式拌合设备进行，旧料比例可达70%，理论上旧料的比例为100%也是可能的。

1. 间隙式热拌再生法

1976年美国首先采用这种方法，称为明尼苏达州的Maplewood法，它是在常规间歇式拌合设备上改制而成的，已在世界各地流行。这种工艺将旧料直接加入拌合器，新骨料经过加热烘干后按正常流程进入拌合器，新骨料的多余热量在加入沥青后的拌合期间传递给旧料。该工艺要避免烟尘污染和材料在烘干筒、热料提升机及筛内的堵塞问题，旧料的比例取决于：

- ①新骨料的加热温度，一般为300℃；
- ②旧料贮存的温度、污染的程度、材料预热的方法；

③旧料的含水量。一定的含水量是很有必要的，拌合时在拌合机内可产生一定的水蒸汽；

④卸料温度——这对高比例旧料再生尤为重要。

设备相应作如下改装：

①烘干筒口与通常烘干筒相比，新骨料的量减少了，而且温度高，对滚筒的叶片要加以改进，在火焰前要保持有足够的料帘，烘干筒内的维修保养工作量增加了，尤其是卸料端的叶片，每次工作结束，待滚筒冷却后空运转检查滚筒内外构件是否变形；

②烘干筒排气系统由于骨料加热温度高，排出的废气温度也比通常要高，因此所用的袋滤式除尘器也要作相应的改造。废气的温度可通过改进烘干筒的叶片来控制，还可经过长管路、附加冷空气、喷水冷却等方法来降低；

③筛板：由于灰尘多，筛板轴承温度较高，因而需用特殊的润滑剂；

④热料仓：为了保持料的温度，热料仓外壁有隔热层，料仓的大小和贮存时间决定其保温效果；

⑤沥青供给系统：需要增加一些附加装置；

⑥旧料仓：为了避免料的凝结，旧料仓应小些，且应是出料口开度大的直壁容器；

⑦旧料进料器和输送系统：加热后的新骨料先加入计量斗，然后旧料也进入计量斗。旧料的进料器和输送系统要保证旧料的供给，以不影响拌合工序的进行。为此在计量斗上部设一个贮料斗，以保证输送系统连续供料，要用较大功率的电机来驱动输送系统。

⑧旧料的计量：进入计量斗的通道要尽可能陡直、等宽，这样料才能进入斗的中间位置，为了防止新骨料进入时尘土的外逸，计量斗装置设有吸气口；

⑨计量斗和拌合器的排放物：计量和拌合期间将产生水蒸汽和灰尘。旧料中水份在拌合时产生大量的水蒸汽，水蒸汽的蒸发量可用下列公式计算：

$$R = \left(\frac{a}{1-b} - a \right) \times \frac{1608}{C}$$

式中：R——每分钟蒸发量（立方英尺/分）；

a——每拌合一次的旧料量（磅）；

b——旧料中的含水量（%）；

C——蒸发时间（秒）。

另一个问题是蒸汽中带有粉尘颗粒的问题，缩短烘干拌合的时间可减少粉尘的逸出量，也可以用降低旧料的含水量或减少再生料中旧料的比例来达到。在计量斗和拌合器上安装适当的通气口也可减轻灰尘的逸出量。

2. 热传递再生法

这种工艺是在新骨料烘干筒卸料端加入旧料，并增加料的流程以传递热量。这种方法仅附加少量装置，因而较便宜。但存在着易凝结、在过筛和计量时扬尘大的缺点。因而只适用小比例旧料的再生。

3. 热传递再生法的变型设备

这是一种类似于热传递再生法的较有效的移动式设备。

4. 烘干筒加热再生法

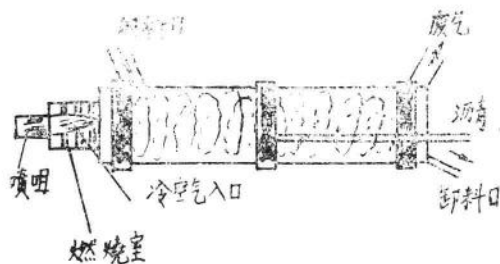
这种工艺是将旧料与新骨料同时加入烘干筒加热，加热的混合料过筛后进入热料仓，所需的粘结剂或改良剂加入拌合器与料拌合，只要根据混合料的规格来确定旧料的比例。然而排烟和材料在内部阻塞的问题没有解决，因而这种工艺没有被大量采用。

5. 滚筒式拌合再生法

标准的滚筒式拌合设备已在多种不同的再生试验中使用，旧料再生时与必要的新骨料和粘结剂一起加入滚筒拌合。这种工艺的主要问题是滚筒的排烟和材料的堵塞问题。旧料在高温中引起沥青的蒸发，蒸发的沥青在大气中凝结成颗粒度为 $0.1\sim 0.5\mu$ 的蓝烟，然而从排气系统中搜集这些凝结颗粒是做不到的。减低生产能力可避免产生烟尘，但这是不可取的办法。使用未经改装的再生设备进行再生时得到的混合料性能良好，虽对大气有污染，但促进了进一步的试验研究。再生的几种试验方法如下：

①分别送料，火焰直接加热法：Las Vegas公司于1974年CMI Thermo—matic样机中采取这种方法，使不同规格的旧料分别进入滚筒的不同部分，粗粒料进入燃烧室末端，细粒料进入离火焰较远的地方。这种工艺已由CMI Barber—Green、Standard Havens、Astec等公司采用并发展了。

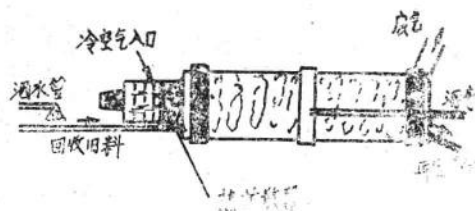
②低温加热再生法或空气加热再生系统 这种形式是将燃烧喷嘴外移，燃烧室位于喷嘴和滚筒之间，这样能使燃料在燃烧室内完全燃烧，其热气流再进入滚筒与旧料接触。为减小对旧料中沥青的热辐射，引入大量的冷空气以降低热气流的速度。排出的废气还可循环再利用。然而这种形式在进行高比例旧料再生时，其生产率和对环境的污染都不能达到要求。



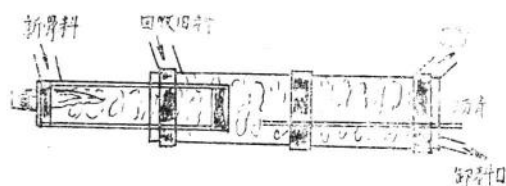
③陶瓷挡热板再生法：在燃烧室和滚筒内的物料之间装设一块陶瓷挡板，以改变热传导率，在燃烧室末端引入大量的冷空气来降低热气流的速度，旧料在加入滚筒时喷洒一定量的水。

④分别送料，两区域滚筒再生法：这种设备是Barber—Greene公司制造的，刮板输送机将料直接加入两区域滚筒，即在滚筒中部装设热辐射挡板，将滚筒分隔为加热区和拌合区，旧料在挡板后部加入拌合区，为防止沥青生成蓝烟，拌合区内热气流的速度要低些。存在的主要问题是刮板式送料机的操作和维修较困难。

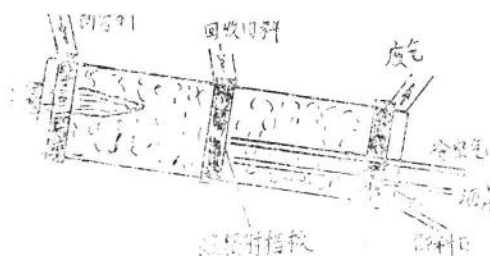
⑤热扩散器：Boeing公司采用了带热扩散器的常用低温加热再生法，在燃烧喷嘴的前部附加一个锥形挡圈，使火焰扩散，再从风口将大量的冷空气引入燃烧室，降低热气流的速度。旧料在进入滚筒之前洒上水，以进一步达到冷却的目的，也可防止粉尘的飞扬。这种再生法旧料的比例高，免除了二次送料及其机构，然而附加的水和过量的冷空气将影响其热效率。



⑥内外双滚筒再生系统：IMC公司制造的这种再生设备，是将一个小直径滚筒插入另一滚筒的加料端，新骨料加入内滚筒加热，旧料加入外滚筒再生时落在小滚筒上被适量加热，然后在小滚筒卸料口与新骨料汇合，再进入拌合和热传递过程。这种工艺的优点是：热效率高，生产率高，污染少。



⑦回转式中间送料系统：CMI公司采用这种形式，新骨料在燃烧室末端加入，旧料在滚筒的中部加入并被过热的新骨料和热气流加热，特殊设计的叶片使新骨料在滚筒内形成密集的料帘，以保护旧料不与火焰接触。



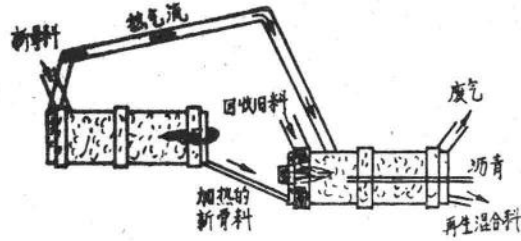
⑧两区域中间送料系统：Barber—Greene公司采用分别送料回转式中间加料系统替代刮板式输送机。

⑨加入冷空气的两区域再生系统：Barber—Greene公司为了进一步解决旧料比例大于50%时的再生污染问题采用了这个方法。这种工艺是在热辐射区终端挡板后面引入冷空气。由于旧料比例大而减少了新骨料的数量，使滚筒内料帘的密度减小了，这样会使热气流到达滚筒中部时其温度过高，引入冷空气可降低热气流的温度。这种方式的热效率比在燃烧室内引入冷空气的热效率高。

⑩锥形加料系统：这是standard Haven公司在分别送料系统基础上发展起来的工艺，新骨料入口是插入滚筒的短锥筒，旧料流过新骨料入口处时落在锥筒外壁上。新骨料经锥筒加入滚筒时形成密集的料帘，旧料被锥筒壁适量加热后进入滚筒。

⑪双滚筒再生系统：这种工艺是由两个滚筒组成的，一个是对流的骨料加热筒，另一个是顺流的拌合筒，新骨料在进入第二个滚筒与旧料混合之前在烘干筒内加热，第二

个滚筒为拌合滚筒，烘干筒排出的热气流引入拌合滚筒。拌合所需的热量由加热喷嘴、引入的热气流和过热的新骨料供给。



⑫管道热交换系统：Mandenhall的工艺是旧料与需要的新骨料通过一个内部带有管道的滚筒，管道贯穿整个滚筒，燃烧室的热气流进入管道，并从另一端排出，被加热的混合料和所需的沥青及改良剂加入拌合器拌合。

⑬蒸汽加热法（日本）：日本利用蒸汽剥离和破碎旧料，然后旧料再进入烘干筒加热。蒸汽不仅有利于旧料的破碎，且增加了湿度，可避免在加热期间产生烟尘，加热的旧料和必要的新骨料、沥青在拌合器内拌合。

⑭Lemminkainen系统（芬兰）：这种工艺是将普通滚筒稍加修改，用于大比例旧料的再生。在旧料上洒上大量的水，送入滚筒并使之快速通过火焰加热，可有效地避免产生烟尘。

⑮Wibau系统（西德）：这种方法是使新骨料通过一个特殊的废气过滤器，然后与旧料一起加入滚筒燃烧室的末端，废气过滤器的作用是使废气滤清和预热新骨料。在燃烧室末端安装特殊的叶片“扩散叶片”，以防止火焰对旧料的直接热辐射。

四、设想和质量的控制

近年来加热拌合再生工艺的主要问题是大量旧料再生时的生产率和热效率以及对环境的污染问题。如不能得到合适的再生混合料，再生就无利用的价值。

再生时旧料和新骨料最适宜的比例不能在生产中连续保持其准确性，但要注意到产品的等级和沥青的含量，最重要的标准是破碎或切削时细料（200目以下的细颗粒料）的数量，一般细料的含量为8~13%。要得到合适的等级料，混合料内必须保证新粗骨料的数量，细料量可以忽视，此外加入与旧料拌合的骨料等级必须符合规范的要求。

旧料的等级取决于破碎、切削的操作情况，不同来源、不同类型的旧料应分别贮存，按不同的特点作不同的骨料使用。

预先测定旧料中沥青的含量和沥青针入度的恢复情况，确定所需添加的新沥青的数量和类型。但也希望恢复旧料中原有沥青的性能，旧料中沥青性能的恢复程度由试验测定，在生产中采取补救措施的方法有三种：

- ①选择不同的沥青（甚至软沥青）；
- ②减少旧料的比例（重新决定沥青含量）；
- ③使用添加剂。

注意沥青的等级和需要量，旧料含量超过50%要得到高质量的再生混合料是不太可能的。

再生技术刚开始应用,许多人对其有不同的见解;一种意见认为热拌再生产品与常规的沥青混合料没有不同之处;有人主张再生料的适用范围是停车场和私人道路,至多扩大到二级路;也有一种观点认为设计正确的再生料比新料好,其论点是:

①近年来的沥青质量比过去的沥青质量低劣;

②优质骨料的不足;

③从理论上分析,路面中的沥青由于受自然条件或冷或热的影响而得到改善,其针入度降低,而粘度增加,这可视为连续改善过程。

只有经过时间和实践的检验才能证明哪一种观点是正确的。

公路部门的重要任务是进一步了解再生工艺和他们拥有的材料及规范要求的适应性。

美国再生技术的使用早于其它国家,经验较多,联邦公路管理部门的研究成果部分地解决了近年来在使用方面的争论,即:

①再生剂在路面混合料中的作用;

②再生混合料拌合效果的检验;

③沥青路面再生资料的积累。

——译自英国“The Highway Engineer” 1980年№12 P.2~P.8

译:朱文天(交通部科技情报所)

李秩民(湖南大学土木系)

校:薛恢华(交通部科技情报所)

叶国铮(湖南大学土木系)

道路沥青路面旧料的再生利用

一、定 义

德意志民主共和国的列等公路有50%以上铺有沥青路面。这些公路翻修和重建时刨出的沥青路面旧料都作为废物送往垃圾场,事实上这些是有价值的二次原料。为了回收利用,近年来已创造了许多方法。根据一些文献、16届世界道路会议的报告和讨论以及Dresden工科大学道路试验室的一些调查研究,下面介绍沥青路面旧料再生利用的现状并对东德在这一方面的发展作一个总结。

在开始时先对一些术语的定义解释一下。还没有一个统一的术语,同一方法往往有不同的名称。图1按工艺流程列举各种方法,其定义由此可得到解释。

近来出现两个类属名称,再铺(Repaving)和再生(Recycling)(即回到生产循环予以重新使用)。再铺一般指沥青混合物就地再生利用的方法,再生一般指在拌合装置内将回收的刨碎材料或多或少按特殊的工序再生利用的方法。根据土壤稳定用的术

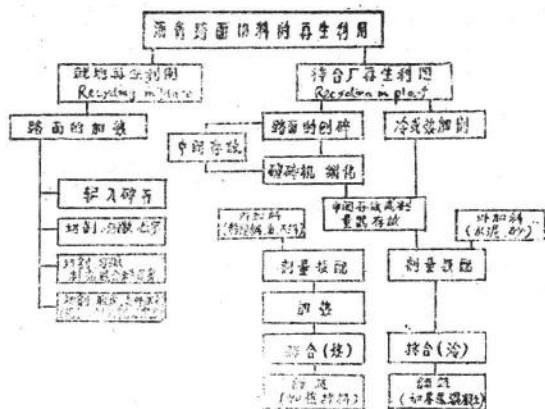


图1 沥青路面旧料各种再生利用法一览表

语，将方法区分为就地再生利用法（Recycling in plant）和拌合装置（厂）再生利用法（Recycling in plant）。这些称呼见图1。

二、各种再生方法的简述

各种再生方法照图1所列顺序简单说明如下：

（一）就地再生利用

此方法的工序第一步是将现有老路面加温，确切说是对路面的几厘米面层加温。为此通常采用燃气红外线路面加热器。一般型号的加热器可充分加热到深度40mm处。较深的下卧层塑化不够，因此不能进一步加工。

这种设备应该一方面具有在短时间内尽可能深地对欲加工层进行必要塑化的能力，而另一方面粘料也不致因温度过高而受到损害。因此，为了给铺装层有效地同时又和缓地加热，需要很大的加热面。尽管如此，经调查发现在某些情况下面层1.5cm深处的温度仍达250℃到300℃。铺装层加温所需的能量当然与外界温度有关，但也明显地与欲加温层的湿度有关。很湿的表面需要很高的热能将水分蒸发。由此可见，此法的经济性受气候的影响很大。

如果现有老面层经过行车只是表面变滑而横断面形状仍保持不变，则可给加热过的表面压进碎石。这时象沥青表面处治一样，撒上碎石用压路机碾压即可。在法国为了改善碎石的附着，在碾压前给加过温的表面罩上一层塑料薄膜。此法是否称得上再生利用，或是否只算是表面处治的一个改良形式？人们的意见还有分歧。因此此法在此特别提出是因为它尚未为众所周知，并且还因为近年发展起来的再铺技术（Repaving—Technik）促进此法在一些国家获得推广。当然现有老面层不必加热到40mm深，而是15到20mm，能使表面塑化就够了。关于它比传统的表面处治的优劣正是要由多年的观察才能得出结论的。

在实际意义上作为再生利用的最简单的方法包括：将面层加温刨削，将刨削材料重新摊布到刨削的全宽上，然后按传统方法用压路机压实。为此研制出了能完成全部工序（加温、刨削、摊铺）的成套机具。

上述方法的进一步发展就是在剥离的、重新整型的、并加温了的混合料层上面外加一薄层新的热添加混合料。然后两层都用传统方法一起压实。此法能将面层的质量给予一定程度地改善。如果现有老面层的混合料强度不够或变了形,那么这个混合料只要它主要是用作面层的再生材料,就需加以改善,对此已研制出专用机具,它象前述方法一样:完成材料的刨剥,收集和送进拌合机,将卡车运来的新的补充混合料也送进拌合机,然后将新老混合料一起加以拌合并重新按路横断面形状摊铺到行车道上,最后予以压实。

(二) 拌合装置的再生利用

1. 材料的回收

旧料的收集方法基本上有两种:老路面的传统式刨碎(例如刨开、推集、装车)或者切割。选择什么方法进行刨碎将影响下一步如何进行加工。如材料准备放进热拌合装置加工,就必须先知道此原材料的组成,因为为了获得要求的新混合料组成要给拌合装置送进尽可能均匀组成的旧料。

用传统法刨碎时,要将面层材料、连结层材料和基层材料分开几乎不可能,因为当初新建沥青路面时,尽力使各层紧密连结。为了进一步加工,必须将成团或成块的刨碎料放进破碎机内破碎。在某试验工地,刨碎料是放进进料口为 $1000 \times 1200\text{mm}$ 的快转冲击式破碎机经两道工序破碎成料径 $0/32\text{mm}$ 的粒料。在试验室内试验时成功地采用腭式破碎机。

为了刨剥老路面,研制了一种路面表面加热或不加热均能用的机具。制造出了刨剥宽度不同(到 3.75m)和深度不同(热刨到 60mm ,冷刨到 100mm)的机具。刨剥物或是留在行车道上以另外办法收集,或是用刨剥机收集并通过传送带装入卡车。两种刨剥方式(冷或热)能够决定在什么样条件下采用尚无明确的规定。“热刨剥”的优点是噪音和烟尘小,刨剥机刀具磨损小和准备热处理的材料得到预加温。但是最后一项优点只有在刨剥材料保证不经中间存放就立即进行下一步加工才能充分体现。可是这方面必要的工艺条件还很少具备。冷刨的生产能力和能量消耗受气候的影响小,但另一方面外加材料须考虑部分地细化,因为它对混合物的组成有影响。

2. 材料的存放

破碎或铣切下的旧料运往堆料场存放。根据施工组织的情况存放的时间可长可短。经验表明经过搬运和中间存放的混合料会出现分解脱粒现象。因此在某些地方将破碎机破碎过的材料再过筛,分成大于和小于 8mm 两部分,然后中间存放,这样可保证改善剂量投配。另一问题是在中间堆存时材料相互粘着。如材料存放时间较长,又受太阳照射,各个小块就会相互粘住。因此材料在一个仓库里要分开堆放。为了避免小块粘到一起,曾做过试验,在破碎过程中掺进细砂,使其裹住破碎的小块,将粘结减到最小程度。无论如何高温下长时间的中间存放是有问题的。

3. 热加工拌制

颗粒化刨剥材料的进一步加工基本上有两种方法:热加工和冷加工。

对于热加工,用传统式拌合装置给沥青混凝土旧料进行再生加工是不合适的。初期试验得出经验,粘结料在以逆流原理工作的干燥滚筒中受热过度。经过强烈的加温,从粘结料中析出更多的油,这将导致沥青硬化和不容许的环境污染。用干燥滚筒式拌合机

可获得较好结果。干燥滚筒拌合机按顺流原理工作。刨剥材料不是在滚筒进口处最热区输入,而是通过特殊装置约在滚筒的中间处输入(约50%的旧料加入到正常剂量的建筑材料中)。在这种方法中有害物质仍是部分地排放过大。因此研制出专门为混合料再加工的所谓双滚筒拌合机,在这种拌合机内刨剥料是间接加热的,使沥青的加温较为和缓。根据刨剥料中沥青的性质和状况,加进油脂形式的更新剂。

荷兰根据RMI系统(Recycling Machinery, Inc.公司制造)试制了一种专为沥青旧料再生用的装置,沥青混凝土旧料在这里破碎到最大粒径为45mm,为了得到较好的剂量,将粒度大于和小于8mm的材料分开。试验结果见于1979年十六届世界道路会议AIPCR第一项议题中荷兰的国家报告。报告中提到所得混合料的可加工性良好,实验室测定的再加工材料的耐疲劳性能比得上碎石沥青混合料。装置的营运费用加上破碎机的费用,与传统拌合装置相比,在荷兰费用的节约(由于材料费用)理论上可达30%,但在试验中显然达不到。在西德的一个试验路段的投标中,考虑旧料再生利用的报价比用新材料者甚至贵18%。在这个情况下,如果由于试验明显地增加额外费用导致此特殊报价,则这个结果说明需要进行详细深入的经济核算。

在上述报告介绍的试验中,老混合料以20%的数量直接送入传统式黑色路面拌合装置的强制式拌合机进行重新拌制。因为此项旧料是在冷的状态下投入的,结果整个混合料必然马上冷却。当掺加量为20%时,拌合温度尚能达到155℃。可以说此温度还与外界温度有很大关系。低温度、高含水量和外加混合料的高比例必然导致整个混合物的急剧冷却,以致要求的铺筑温度得不到保证。这种方法的前提条件自然是特殊的剂量和外加投料设备。

以热刨剥法收集的旧料用于加工的一个特殊形式是:热刨剥物不经加工就立刻再铺筑。此法的前提条件是旧料获取地点须位于铺筑地点附近,刨剥物(仍比拌合机输出的热混合料的温度低)搬运时尚未冷却。此外刨剥物的质量也只能使用于次要路面的铺装,例如农村道路。

4. 冷加工

老路面铺装材料(切剥的或破碎的)不掺外加料和不再加工的利用曾作过许多试验。在荷兰的一个试验路段曾用破碎的旧料铺筑厚度达35cm并压实。这层的承载能力不够满意,有一部分甚至低于卵石基层的承载能力。掺加少量沥青乳液亦未能改善。该路后来用水泥加固。

最适宜的刨剥材料“冷加工”是将之连同砂和水泥等外加料放进混凝土拌合机拌制成基层材料,然后象混凝土基层一样进行铺筑和压实。有一例中用85%的破碎旧料和15%的砂,另外再加5到7%的水泥。试件是在葡式击实筒内制备的。要求养生温度20℃,28天抗压强度达到3牛顿/毫米²。材料铺筑时未设伸缩缝,完成的路面层只有很小的裂纹。Dresden工科大学道路试验室目前正在进行试验,以便制定各种不同的刨剥材料利用当地砂或轧制砂改善的适当的配合比。

三、应用条件

选择沥青路面旧料再生利用的适当方法要视不同的标准而定。最主要的标准是:

- (1) 旧料的质量和性质;

(2) 剥出材料的总数量以及老路面铺装的大小和种类;

(3) 能供使用的机械。

除了技术工艺条件以外还要考虑经济因素。过去的经验表明理论上的节约在实践中未必总能达到。

(一) 就地再生利用

就地再生利用的主要前提首先是检查现有的旧料的适用性能。原来的混合物虽然可以用特制的机械通过外加新混合料予以改善,但也有限度。必须从这点出发,就是要看现有路面铺装或面层需要翻修或重建时现有材料是否已经失效,不管是由于超过计划使用年限而磨损、行车条件改变、混合物的组成不当、铺筑有缺陷还是其它原因。因此第二点就是要找出缺陷的原因,这不是简单的事情。大多数情况下只检查面层材料还不够,因为,例如出了辙坑,其原因不仅出自面层,也可能出自其它路面层或者路基。为了得到可靠的证据,必须在不同的断面的整个横断面上钻取试样,测定各层的强度和稳定性。根据一些典型的损坏情况,简要说明如下(见图2)。

在第一种情况,变形只出现在面层:如果是出于磨损现象,那末面层的材料就可重复使用。如果是出自混合物稳定性不够造成的变形,那就审查一下看掺加新混合料是否能改善稳定性。否则就将面层挖掉,换铺新的。

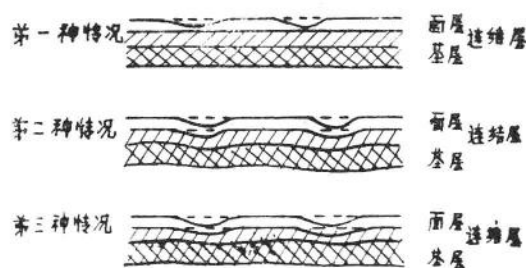


图2 沥青路面不同的变形情况

第二种情况,各层及路基均有变形:如果只是出于微小的行车压实或沉陷,当此种压实或沉陷已经逐渐平息时,则材料可以重复利用。要经过验算整个路面,证明了对交通量和荷载是否有足够的承载能力时才能作出决定。

第三种情况,变形只出现在各结构层:这就是出于组成材料的不够稳定。如果肯定变形只是由于行车压实所造成,那末就可采用就地再生利用。否则材料须部分更换,路面的加强可能是必要的了。

除了上述构造上和材料上的标准以外,还要考虑工艺方面的标准。高效能成套机械的经济使用以大面积为前提条件,这样机组才能连续工作。尽管本文开始时提到50%以上的公路是修有沥青面层,但铺装的种类多种多样,例如有在砂浆碎石路面上作表面处治,石屑罩面全沥青下部构造上铺密实面层等,然而用所述就地再生利用方法只适用于高质密实面层。石屑罩面多年来经多次表面处治者只有在例外的情况下才考虑采用这种再生方式。

此外,大型机械的采用应以均匀的断面,上面又未加铺过为前提条件,城市道路不存在这种情况。

(二) 在拌合装置内再生利用

1. 热加工

多数方法将旧混合料与新材料相拌合。对此必须知道旧料的组成,并且不应比相应的混合料(例如基层材料)规定的组成有很大差别。其前提条件是分开获取材料。例如为了加工面层材料,必须把老面层切剥掉。为了使一台专用加工装置能持续装料,需要数量很大的旧料。如果这种装置的生产能力为60吨/小时,按新老材料拌和比例各50%计,只算一个月20个工作日,10小时/日,在这段时间内为了连续给装置供料就需要处理适用的老面层材料路面60,000平米。由此再外加新材料可铺筑新面层120,000平米,为此还必须具备前提条件。

从上面数例可见,加工旧料的这种拌合装置很难持续吃饱。因此还要考虑同时给老基层的加工。这样仍出现挖出的老基层材料在数量上够不够的问题。许多公路虽修有沥青面层,但没有沥青基层。可是正是那些没有沥青基层的公路最急于重建,因为它们年代比较老。

2. 冷加工

冷加工在这里的意思只是旧料通过水泥加强的利用,挖出的碎料当作集料使用,过去只对基层才用此法。老料组成的均一性对最终产品不象热加工那样起很大作用,这样就可扩大刨剥料的应用范围。沥青石屑铺面的老贯入式沥青碎石路面层的加工在实验室也试验成功。挖出的旧料可在普通混凝土拌合机内加工,不必加特殊装置。

四、结 论

在再生利用沥青旧料时必须清楚地认识到,只有在需要翻修或重建的地方才能获得适当的材料,因此对旧料的质量一般期望不高。

再生利用旧料时出现的建筑材料问题比工艺问题容易解决。适当方法的选用完全取决于现有能用的技术。在投资置办专用机械之前,要弄清能获取的旧料数量有多少,在什么地方去取。搬运费用对其经济性有很大影响。

冷加工(用水泥加强)能提供马上解决的办法。对此,公路施工单位都具备破碎装置或刨剥机的机械条件。经调查目前使用专用拌合装置的热加工还是例外情况。就地再生利用法情况也是一样。

为协调进一步的发展工作,一个企业或一个学校应与技术协会密切合作集中领导。这样可保证不仅解决建筑材料问题或工艺问题,而且还考虑了经济方面的问题。

——译自东德《Die Strasse》1980, №11, P.392—395

译:黄京群(交通部第二公路设计院)

校:陈美好(交通部科技情报所)