

美国地沥青协会 著

唐质勇

译

沥青热拌再生利用

ASPHALT HOT-MIX RECYCLING

人民交通出版社

Liqing Reban Zaisheng Liyong

沥 青 热 拌 再 生 利 用

美国地沥青协会 著
唐 质 勇 译

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书是美国地沥青协会的手册系列丛书之一(编号为MS-20)。书中简明扼要地论述了沥青路面再生利用的目的和效益、材料的评价、热拌再生沥青混合料设计及其摊铺厚度设计、旧路材料回收方法、热拌再生沥青混合料生产拌合方法及其设备等内容。

本书内容全面,文字简炼,对设计、施工、生产等部门的专业人员均有一定指导作用。

ASPHALT HOT MIX RECYCLING

The Asphalt Institute

1981年8月

沥青热拌再生利用

美国地沥青协会 著

唐 贻 勇 译

责任编辑 严京敏

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 1/32 印张: 1.125 字数: 21千

1988年2月 第1版

1988年2月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—5,500册 定价: 0.34元

前 言

各地的路面施工企业和投资机构都非常关心节约材料、保护环境、以及施工和维修经济等方面的问题。

沥青路面的再生利用是满足上述要求的一种良好的、现实的方法，特别是在节约能源、材料和资金方面。

在沥青路面再生利用过程中，只要将某些新材料掺拌在从老路面结构回收的材料之中，就可以生产出完全满足规范要求沥青混合料。这种再生的混合料不但可以铺筑在原来的路床上，而且可以用于任何需要沥青混合料的地方。

沥青路面的再生利用并不是什么新方法、新工艺，它的历史可以追溯到几十年以前。然而，由于经济和环境保护的需要，现在这个问题更加受到人们的重视，而且再生利用的技术方法也有了进一步的发展。

再生路面中，回收利用的材料含量，新骨料、新沥青的含量，以及再生剂的用量，可以在一个较大范围内变化。回收利用的路面材料在混合料中含量可以由10%到100%。然而，在绝大多数情况下，再生的混合料中回收利用的旧沥青路面材料约占20~70%。

沥青路面再生利用虽然还有其它方法，然而，这本手册只涉及到热拌再生利用的处治方法和设计方法。

本手册吸收了许多工程师、承包商、设备制造商以及沥青生产厂商的宝贵经验。对于这些专家无偿给予的帮助，我们表示衷心的感谢。

1985-11-10

随着沥青路面再生利用技术的进一步发展，有关这方面的资料将收集在这本手册的新版本中。

美国地沥青协会

1981年8月

目 录

第一章	沥青路面的再生利用	1
第二章	材料评价	5
第三章	热拌再生沥青混合料设计	9
第四章	厚度设计	20
第五章	回收方法	21
第六章	生产拌合方法	23

图示一览表

III-1	混合料设计流程图	11
III-2	回收沥青与新沥青结合料掺配图, 例题1	13
III-3	回收沥青与新沥青结合料掺配图, 例题2	17
III-4	沥青结合料针入度标号与粘滞度标号的对比关系	18
III-5	回收的(老化的)沥青与再生剂掺配图	19
VI-1	筒式拌合设备, 剖面图	27
VI-2	筒式拌合设备, 套筒式	28
VI-3	筒式拌合设备, 低温对流式	29

表格一览表

VI-1	要求的骨料温度	24
VI-2	拌合机中释放出的水蒸汽比率	25

第一章 沥青路面的再生利用

1.01 沥青路面是可以再次利用的

沥青路面的使用寿命取决于许多因素，其中比较重要的是：交通车辆的轴重和数量、气候条件、材料质量、路基强度、排水条件以及施工质量。

定期维护可以延长路面的使用年限，但是，路面最终还是会破坏和需要重修的。旧路面虽然破坏了，但是，这并不意味着老的路面材料必须废弃掉。它们可以作为重修路面的一部分而被再生利用。所以，沥青路面结构是一种可以重复使用的材料来源。

1.02 定义

本手册使用下述一些定义：

沥青路面结构——铺筑在路基上，或者经过改良处理后的土基上的全厚式沥青混合料路面结构，或者是由沥青处治层与未经沥青处治的骨料层组合而成的路面结构。

再生利用——为某种目的已经使用过了的材料的再次利用。通常是经过某种处治以后才能再次利用。

热拌再生利用——回收的沥青路面材料，回收的骨料，或两者都有，在掺加一些新的沥青以后（如果需要的话，还应掺加一些新的骨料及再生剂），经过中心拌合厂加热拌合，生产出热拌、热铺混合料的工艺方法。其最终产品应完

全满足生产这类混合料的标准材料规范的规定和施工要求。

再生沥青路面材料 (RAP) —— 经过剥离和处治过的、含有沥青与骨料的路面材料。

再生骨料 (RAM) —— 经过剥离和处治过的路面材料，不包括重新利用的结合剂 (沥青材料)。

抽提骨料——从老沥青路面材料中分离出的骨料。

抽提沥青——从老沥青路面材料中抽提出来的沥青。

再生混合料——回收的沥青路面材料、新掺入的沥青、再生剂 (如果需要的话) 以及回收利用的 (或新加入的) 级配骨料一起拌合而成的混合料。这种混合料满足经过批准的用于路面结构任何特定层次的技术标准。

沥青再生剂——具有某种物理、化学特性的有机材料，用来使老化了的沥青回复到规范规定的要求。

1.03 再生利用作为一种选择方案

修复被损坏的沥青路面有许多可供选择的方法。热拌再生利用是这些方法中的一种。这些可供选择的方法包括：

(1) 热拌再生利用；(2) 冷拌再生利用；(3) 面层再生利用；(4) 全部用新材料重建；(5) 修补坑槽并用厚罩面层罩面；(6) 修补坑槽并用薄罩面层罩面；(7) 修补坑槽 (常规养护)。在选定某种方法以前，上述各种可供选择的方法均应予以考虑。

首先，要估计可能引起路面破损的原因。为了这个目的，可查阅原路面的设计资料和施工记录。然后，应进行现场试验，包括弯沉测定，并取样进行室内试验。分析试验结果，据此选择最合适的修复方案。

根据路面设计原理，评价每一种可供选择的方案。为

此，应考虑以下几个方面：预期的路面性能、环境因素的影响、设计交通量与车辆轴载、路面的几何特征以及经济因素（包括最初的成本和预计的维修成本）。

维修、做封层、罩面以及新建等等，可参考地沥青协会的其它出版物。这本手册集中讨论热拌再生利用方案。

1.04 采用热拌再生利用的理由

实践证明，热拌再生利用是提高已破损路面使用等级的一种有效的方法。此外，在路面底层未经处治的粒状材料中掺入沥青以后，再铺筑到原来的结构位置处可以收到很好的效益。以沥青作结合料的结构层厚度的增加，提高了路面结构的强度，从而增大了它的承载能力。通过这种办法，原来的组合结构断面转化为高质量的加厚式或全厚式沥青路面（全厚式沥青路面是指在路基上或经过改良处治过的路基上的各个结构层次都是用沥青混合料铺筑的路面）。

在制定道路维修计划时，如果单纯从成本效益出发，应该首先考虑现有路面热拌再生利用的修复方案。

采用再生利用方法的一个更重要的原因是出于保护自然资源的需要。沥青和骨料——两种最常用的道路施工材料——被重新利用，提供一种强度更高、性能更好的道路，对于经济、生态和能源保护都是有益的。

1.05 热拌再生利用的优点

热拌再生利用在经济和对自然资源的保护方面的优点前面已经谈过了。除此之外，这种方法还有其它一些优点：

- 不改变或者稍微增加一些路面的厚度，就可以使结构得到更好的改善。

- 不需要增加道路用地。
- 可减轻路面的冻敏性。
- 能够修复面层和基层的变形。
- 能够校正现存的混合料缺陷。

这种方法的问题是：

如果不选用适当的加热拌合设备，或者在再生的混合料中掺入过高百分比的回收沥青路面材料，那么在拌合场地可能引起空气污染问题。

此外，为了获得高质量的产品，要比完全使用新料要求更加小心谨慎。

1.06 热拌再生利用的方法

沥青路面的热拌再生利用，一般都是采用热量传递方法。再生混合料已经能够成功地使用分拌式拌合设备或筒式拌合设备进行生产。本手册第六章介绍了这些设备。虽然这些设备还有待改进。

分拌式拌合设备是通过热量传递方法，利用过热骨料（新的或者回收的）来提高回收沥青材料的温度。

筒式拌合过程也发生热量传递作用。这里通常采用三种主要途径。第一种途径是依靠通过排气间接加热的办法。第二种途径是利用热量对流作用通过完全燃烧和涡流的混合作用，建立起均匀的气体温度分布。第三种途径是在拌合筒的前部加热新的或回收的骨料，在靠近拌合筒的中央加入回收的沥青路面材料，并通过对流和传导等方式使之加热，最后通过拌合筒的其余部分进行拌合。

从分拌式拌合设备或筒式拌合设备生产出的混合料，在常规混合料温度下卸入料斗或翻斗汽车。利用常规的摊铺和

压实设备将再生材料铺筑在车行道上。

第二章 材料评价

2.01 范围

再生的热拌沥青混合料是由回收材料与新料掺拌而成的。它应达到路面沥青混合料所具有的物理性质。这里首先遇到的问题就是材料评价问题，其次才是混合料组成设计方法——马歇尔（Marshall）法或维姆（Hveem）法。所有的材料都应经过试验、评价，借以找出满足混合料要求的最优配合比。为此，本章将讨论回收材料及新材料的试验与评价方法。

2.02 取样

为了获得代表性的材料样品，已经建立了几种取样方法。其中美国材料与试验协会（ASTM）方法，对于沥青取样指定按D140；骨料取样指定按D75；沥青路面混合料取样指定按D979等有关规定办理。但是，不论采用那种方法，在制定取样计划时，都要求根据工程情况进行判断。

随机取样技术仍然是一种最好的方法。按照这种方法在研究的路段以内选点，所有可能的点位都有相等的被选取的机会。因为采用了随机数表，这种选择完全是凭“机会”，所以这样选择点位是无偏见的（或者说是“公平”的）。

根据统计学原理建立起来的随机取样方法的另一个优点是减少试验工作量和试验费用。

路面材料的随机取样方法，详见ASTM指定的D3665。这种方法可以用于选择取样位置。

回收的沥青路面材料经过破碎和研磨以后，可以改变骨料部分的级配。所以，为试验提供的样品应该能够代表拌合现场喂料堆处的材料情况。料堆取样方法，详见美国州公路与运输工作者协会（AASHTO）方法中的试验T-2。

2.03 回收的沥青路面材料

沥青路面混合料中，含有回收的沥青路面材料在20%以上时，其组成设计除进行常规的马歇尔（Marshall）法或维姆（Hveem）法试验以外，还要做一些其它的室内试验。首先，必须确定回收沥青路面材料的组成。其中包括：

- (a) 骨料级配；
- (b) 沥青含量；
- (c) 沥青在60℃时的粘滞度。

然后，如果需要的话，还必须确定回收的骨料的级配。这些资料用来确定所需要的新沥青结合料的数量，以及需要掺入的骨料级配和数量。

回收沥青路面材料中的骨料和沥青的性质必须分别进行评价。所以需要从有代表性的回收沥青路面材料试样中抽提出已老化的沥青。

(a) 骨料的评价——按ASTM.C136对回收的沥青路面材料中的骨料部分进行筛分试验，确定其级配。在回收的沥青路面骨料中掺加适当筛孔范围的骨料，借以校正回收骨料在级配方面的缺陷；掺入的骨料可以是新料，也可以是回收的骨料。

(b) 抽提试验——应采用ASTM指定的D2172所列之方法

或相当的方法进行抽提试验。其目的在于分别确定出骨料和沥青的数量。

(c) 沥青的评价——根据抽提出的沥青与骨料的相对重量，确定回收沥青路面材料中的沥青含量。抽提出的沥青是按照ASTM规定的方法 D1856 从溶液中回收得到的。所以，它的稠度是按照ASTM规定的D2171方法，根据其 60℃ 时的粘滞度来确定的。在再生混合料设计中，为了估计沥青的用量和标号，确定回收沥青的稠度是完全必要的。

2.04 新沥青

在回收的沥青路面材料与新骨料的混合料中，掺加新的低粘滞度沥青结合料，其目的在于以下两点：增加沥青的总含量，满足混合料的要求；在回收的混合料中已老化的沥青掺配新的沥青以后，可使之满足规范的要求。为此目的，通常采用的沥青结合料品种是 AC-10，AC-5 或 AC-2.5 (AR-4000，AR-2000 或 AR-1000)，针入度分别为 85~100，120~150 或 200~300)。这些沥青应满足标准规范 ASTM.D 3381 或 D946 (AASHTO.M226 或 M20) 的规定。

2.05 再生剂

再生剂是具有某种物理和化学性质的有机材料，用来使老化了的沥青恢复到满足有关规范的要求。在选择再生剂品种过程中，老化的沥青与再生剂混合后的粘滞度特征是一个决定性的因素。

虽然还没有全美国通行的再生剂标准规范，但是，这种材料已经有许多品种，成功地用于再生混合料的设计。1976 年，沥青使用与生产者太平洋沿岸会议为了编写再生剂性质

规范，成立了沥青生产与使用者经理委员会，并于1975年，该委员会通过了一组与此有关的暂行规定。这些暂行规定已经提交给ASTM，以便考虑建立这类材料的标准规范。（选择再生剂品种可向再生剂制造者查询）。

2.06 未经处治的骨料

在许多情况下，需要在回收的沥青路面材料中掺加某种骨料，以便生产出具有理想级配的混合料。为此目的，可以使用回收的骨料，也可以使用生产沥青混凝土通常采用的骨料，或者同时使用上述两种骨料。为了确定再生混合料中每种骨料应掺配的数量，需要对掺配后的骨料进行初步的试验。

当选择新的或回收的骨料时，应考虑到这种混合料是用于改善道路基层，还是作为沥青混凝土基层和面层。这种混合料必须满足设计程序的试验极限标准，以及所选择的路面结构；而且，它还应具有足够的和易性，以利于铺筑施工。

2.07 掺配后的骨料

回收的与新的骨料掺配以后，应满足规定的级配标准，例如，地沥青协会出版的《沥青混凝土和其它厂拌沥青混合料标准施工规范》（SS-1）所介绍的几种混合料级配。

除上述规范以外，在确定掺配后的骨料级配和质量要求时，也可参考ASTM规范中D3515的规定，或者已建立的州或地区性标准。

此外，掺配后的骨料还应进行抗剥落检验。为此，应选择该项工程所使用的沥青，按着批准的浸水敏感性试验，确定是否需要掺加矿粉，或者需要掺入防剥落剂。

对于含沥青结合料的密实混合料，建议按ASTM 规定的D1075，“水对于密实沥青混合料粘结性的影响”，进行浸水抗压试验。其剩余强度应超过75%，为此也可以参看地沥青协会出版的《沥青路面剥落的原因与防治》(ES-10)一书。

第三章 热拌再生沥青混合料设计

3.01 范围

本章介绍热拌再生沥青混合料的设计步骤和设计方法。其中包括：回收材料的配比，沥青结合料数量和标号的选择（如果需要还应掺加再生剂）并提出再生混合料的最后设计成果。本章介绍的再生利用方法，是一种热拌法，利用20%~70%的回收沥青路面材料（RAP）。利用分拌式拌合设备，可利用50%的RAP（不需要某种预热回收沥青路面材料的补助方法），而其实际的利用范围大约为20~35%；使用筒式拌合设备，可以用70%的RAP，实际上，其利用范围通常是20~50%。

3.02 预备步骤

采用马歇尔法或维姆法。混合料设计的马歇尔法和维姆法，在地沥青协会出版的《沥青混凝土与其它热拌沥青混合料组成设计方法》(MS-2) 一书中，给出了详尽的介绍。

进行混合料设计的程序如下所述：来自回收沥青路面材料的骨料，掺入回收骨料或新骨料，使掺配后的骨料级配满足规范的要求。各种骨料的配比确定以后，即可计算所需要

的总的沥青数量。然后，选择新沥青的标号（如果需要，还应掺入再生剂），使已老化的沥青恢复其良好的性质，并使掺配后的沥青结合料的性能满足沥青规范的要求，从而满足混合料对沥青的要求。上述这些方面确定以后，即可按马歇尔法或维姆法进行混合料设计，并精确地确定出沥青结合料的总的数量。

3.03 混合料设计

根据材料评价（参见第二章）所获得的资料即可提出热拌再生利用的混合料设计。在这个设计过程中，使用的试验措施是按ASTM规定的D2171确定沥青在60℃时的粘滞度，借以鉴定回收的沥青路面材料中的、以及再生混合料中的沥青性质。

图III-1是表示这个设计过程的流程图。其设计步骤是：

(1) 再生混合料中的组合骨料——利用回收沥青路面材料中的骨料级配，以及新骨料的级配，计算满足规范要求的组合骨料的级配。

(2) 组合骨料所需要的沥青含量百分数——利用CKE（加利福尼亚煤油恒等式(California Kerosene Equivalent)），可以确定组合骨料需要的沥青含量百分数。此外，也可以利用下面的经验公式计算组合骨料需要的沥青含量百分数。

$$P_c = 0.035a + 0.045b + \left\{ \begin{array}{l} 0.15c(200^* \text{筛的通过量为} 11\% \sim 15\% \text{时}) \\ 0.18c(200^* \text{筛的通过量为} 6\% \sim 10\% \text{时}) \\ 0.20c(200^* \text{筛的通过量等于或小于} 5\% \text{时}) \end{array} \right\} + F$$

式中： P_c = 沥青材料相对于总混合料的重量百分数*

* 表示为总数量的百分数。