

柔性路面压实 施工工艺

编著 【联邦德国】 汉斯·亨利奇

翻译 白福臻

审校 洪时言 蒋仲兰

人民交通出版社

221

74

Rouxing Lumian Yashi
Shigong Gongyi

柔性路面压实施工工艺

〔联邦德国〕 汉斯·亨利奇 编著
白福臻 翻译
洪时言 蒋仲兰 审校

人民交通出版社

**Aspects of Flexible Road Design
and Construction**
Heinz Henrich
BOMAG-MENCK GmbH

柔性路面压实施工工艺

〔联邦德国〕汉斯·亨利奇 编著

白福臻 翻译

洪时言 蒋仲兰 审校

人民交通出版社出版发行

（北京和平里东街10号）

各地新华书店经销

人民交通出版社印刷厂印刷

开本：850×1168 1/32 印张：5.25 字数：127千

1989年2月 第1版

1989年2月 第1版 第1次印刷

印数：0001—7,000 册 定价：2.95元

内 容 提 要

本书为联邦德国宝马公司(BOMAG)技术手册。书中详细阐述了柔性路面压实目的、压实原理、压实方法及压实设备的选择,并全面介绍了柔性路面的材料特性、材料组合设计以及各种试验方法。

本书的最大特点是所述的压实方法简明实用,图表丰富,便于工程技术人员套用。

前 言

随着我国公路建设的不断发展以及公路等级和施工机械化水平的不断提高，在柔性路面设计与施工中，压实问题已成为保证路面质量的一个重要因素。以往柔性路面的压实，大多使用静态作用压路机。振动式压路机虽有国产，但品种很少，尤其缺乏碾压柔性路面用的振动压路机。有些施工人员，对如何正确运用振动压路机碾压柔性路面也缺乏经验。为适应高等级道路的发展需要，运用先进的施工手段，提高压实效率和密实度，中国公路学会筑路机械学会委托我翻译联邦德国 BOMAG-MENCK GmbH (宝马公司) Heinz Henrich (汉斯·亨利奇) 所著的 *Aspects of Flexible Road Design and Construction* 一书。本书从柔性路面的设计与施工、压实目的、沥青路面压实的简单原理和压实方法到怎样选用振动压路机，以及美、英、联邦德国的施工规范和测试方法等，均作了简明扼要的介绍，对提高专业技术人员的技术水平，正确运用压实机械，保证工程质量，提高工作效率，都有一定的参考价值。

本书由交通部第一公路工程总公司副总工程师、筑路机械学会副理事长洪时言高级工程师（机械工程），交通部第一公路工程总公司副总工程师蒋仲兰高级工程师（土木工程）担任审校，在此谨向他们表示衷心感谢。

由于翻译和业务水平所限，倘有缺点和错误，望读者指正。

译 者

1987年5月

序 言

沥青路面材料的压实，过去一直被人们所忽视，而今已成为了一门“科学”。目前随着道路交通量的不断增加，对道路承载能力的要求也越来越高。

然而，新技术和新问题不断出现，在压实技术以及沥青混合料的设计和施工方法方面更是如此，因而有必要重新考虑过去的技术规范，有些部分要进行修订。

许多研究单位、大学以及工业部门，都在进行压实过程的结果研究。宝马公司(BOMAG)在这一领域里，多年来一直保持着自己的研究进程。

这本手册，在尽可能的范围内，总结了压实方面的研究成果、基础理论和操作技术。手册中的压路机选择图表及相应的压路机性能参数，是对宝马(BOMAG)土壤压实施工手册的一个重要补充。

总之，这本手册的主要目的是让国际建筑业界都能很容易的理解，为此，本手册使用了美国、英国和联邦德国的技术术语。

我们希望能成功的达到上述目的，欢迎你们提出宝贵的意见和建议，以便再版时补充和修改。

我们衷心感谢在该手册编写过程中，为本书作出贡献或给予我们许多帮助的研究员、工程师、技术员以及工业界的朋友们。

目 录

序 言

第一章 柔性路面设计与施工概述.....	1
第一节 简介.....	1
第二节 沥青层的作用.....	2
第三节 对沥青混合料的要求.....	2
第四节 骨料对稳定性和耐磨性的影响.....	4
第五节 混合料设计原则.....	6
第六节 沥青结合料的作用和影响.....	8
第七节 沥青混合料温度及其对压实性能的影响.....	9
第八节 密实度及其对稳定性的影响.....	10
第九节 空隙度的作用.....	11
第二章 沥青混合料的压实.....	12
第一节 压实目的.....	12
第二节 压实原理.....	12
第三节 压实试验.....	21
第四节 压路机的选择.....	35
第五节 材料的直观检查.....	39
第六节 沥青混合料的摊铺.....	40
第七节 碾压的基本规则.....	40
第八节 碾压模式.....	43
第九节 横向接缝碾压.....	45
第十节 纵向接缝碾压.....	45
第十一节 弯道或交叉路口的碾压.....	47
第十二节 路边碾压.....	48
第十三节 陡坡碾压.....	49

第十四节	碾压中出现的问题	50
第十五节	沥青石屑的碾压	52
第三章	压路机选择指南	53
第一节	压路机选择依据	53
第二节	用BOMAG图表对沥青混合料选择压路机	54
第三节	BOMAG选择图表	57
第四章	道路技术规范	93
第一节	美国规范	93
第二节	英国规范	99
第三节	联邦德国规范	117
第五章	试验和试验方法	128
第一节	试验	128
第二节	抽样	128
第三节	沥青结合料含量	129
第四节	骨料筛分	129
第五节	马歇尔试验	130
第六节	维姆稳定度仪法	130
第七节	骨料的毛体积比重(G_{sb})	131
第八节	混合料的最大比重(G_{mm})	132
第九节	混合料压实后的百分VMA	132
第十节	混合料压实后的百分空隙度	132
第十一节	混合料压实后的体积密实度	133
第十二节	用核子密实度仪测量密实度	133
第十三节	沥青混合料压实度的测定	138
第十四节	弯沉试验(PRD)	138
第十五节	路面平整度	139
第六章	单位换算表	140
附录一	宝马公司(BOMAG)的研究工作	143
附录二	参考资料	144
附录三	世界上主要适用于压实沥青路面的振动压路机	149

第一章 柔性路面设计与 施工概述

第一节 简介

现代柔性路面一般由图 1 所示各结构层组成。

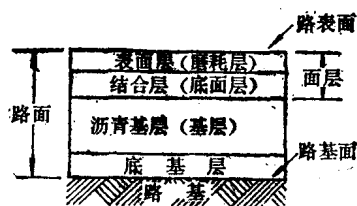


图 1 柔性路面结构层

1. 路基

路基面下的天然土质层，一般称为路基。路基是路面结构的起点。

2. 底基层

底基层是介于路基和基层之间、相对比较软弱的材料层。底基层的厚度，由设计的交通负荷密度和路基的强度而定。

底基层的作用是：

- 1) 使荷载进一步分布，而且最终分布在路基上；
- 2) 在路基冰冻敏感的情况下，提供足够厚的抗冻材料；
- 3) 作为铺设沥青基层和面层的基础。

3. 沥青层

柔性路面的沥青层，包括沥青基层和面层。面层由结合层或

整平层（底面层）和表面层（磨耗层）组成。在重修面层或多层路面设计时，可以省去结合层，而把表面层直接铺筑在沥青基层上。

第二节 沥青层的作用

1. 沥青基层(基层)

沥青基层(基层)的作用是吸收并重新分配荷载，以便把路面变形保持在允许范围内。它把施加在面层上的交通荷载传到底基层和路基上。沥青基层的设计厚度取决于道路的交通负荷量。

2. 结合层(底面层)

结合层(底面层)是路面面层的下部结构层。在整个道路结构中，结合层承受由交通荷载作用形成的最大剪力和拉力。因此，对结合层的一个要求是：使用硬质石料和低空隙度的混合料来达到高度稳定性。结合层的骨料，应该是具有耐冲击力的、经过充分轧碎的石料。结合层的另一个作用是具备压实条件，形成规则的表面，以便在上面铺设表面层（磨耗层）。在结合层中，使用较硬等级的沥青结合料，就像在总级配料里，使用轧制骨料和硬质石料含量一样，将会增加路面抗变形能力和抗疲劳破坏能力。

3. 表面层(磨耗层)

表面层是完成整个柔性路面结构的最后层次。它直接承受道路交通荷载作用、气候条件作用和温度条件作用，并且提供一个良好的行车质量（抗滑能力、抗变形能力和耐磨的路面面层）。

在英国，压实沥青表面层（磨耗层）时，撒上一层石屑，从而增加磨耗层的厚度。

第三节 对沥青混合料的要求

目前，沥青基层和面层材料，必须承受大交通密度与各种各样的气候条件和温度条件一起施加的极限荷载。另外，设计要求

还包括考虑道路的使用寿命、稳定性和行车性能。因此，混合料设计公式中，最初需要考虑：

- 1) 抗变形能力（稳定性）；
- 2) 抗疲劳能力；
- 3) 良好的分布荷载性能；
- 4) 抗磨性能（磨损层）；
- 5) 良好的行车性能；

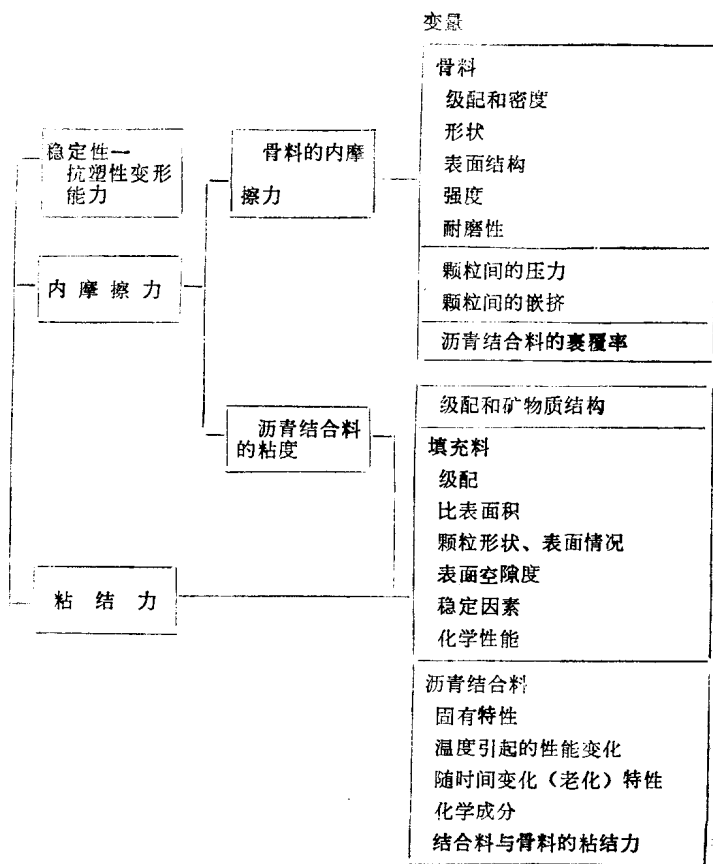


图 2 影响稳定性的因素

6)压实性能(容易达到高密实度);

7)能压实为平坦的纵断面。

一条道路,在设计的使用寿命期间,应有抵抗变形的能力,并保持在技术条件表上的最高水平。图2提供了影响稳定性的因素。

在路面结构设计中,通过下列因素的选择,可影响各个层次或整体路面的性能。

- 1)骨料(种类、成分、粒径、形状等);
- 2)摊铺层的设计;
- 3)摊铺层的厚度;
- 4)胶结料或沥青结合料的性能;
- 5)施工工艺。

第四节 骨料对稳定性和耐磨性的影响

按平均数计算,沥青铺路材料,就其体积来说,骨料和填充料在93%~96%之间,而结合料仅占4%~7%。因此,骨料和填充料的成分与性能,大大影响混合料的性能。骨料成分分类如下:

1.粗骨料

就体积而论,在沥青混合料的骨料中,粗骨料占最大比例,它由尺寸大于2.36mm的石料组成。粗骨料对路面的稳定性和耐久性来说,都起着十分重要的作用。

2.细骨料

细骨料可降低混合料中的空隙度。它根据材料种类,改变3.35mm以下或2.36mm材料的级配曲线,从而可得到更连续的材料级配。使用天然砂或碎石都会影响混合料的稳定性。虽然用天然砂能增加摊铺机压实时和易性,但天然砂有降低混合料稳定性的作用。

3.填充料

填充料的作用是进一步改善和延续细骨料的级配，以减少空隙度，增加沥青的粘度，从而形成更稳定的结合料，以抵抗高变形的影响。这种加强的稳定作用，随填充料和沥青结合料的比例而变化。此外，适当的控制填充料的含量，能加强混合料的抗变形能力，并提高抗疲劳断裂的性能。

4. 骨料性能

沥青混合料中使用的骨料应具有下列性能：

- 1) 抗风化性；
- 2) 不透水性；
- 3) 抗破碎性；
- 4) 耐久性；
- 5) 形状：棱角形；
- 6) 好的形状（棱角形和立方体）—影响稳定性、内摩擦力和空隙度；
- 7) 刚度：坚硬的棱边；
- 8) 所有的骨料都应清洗，不含粘土、泥砂、风化石和有机物。

沥青层的力学性能也受骨料尺寸（包括公称尺寸）和骨料形状的影响。这些影响有以下重要性：

- 1) 沥青混合料中含石量高、骨料公称尺寸大，稳定性就高。骨料尺寸的选择，应根据摊铺层厚度和交通荷载而定；
- 2) 骨料的形状（如碎石与砾石相比），影响材料的可压实性，同样也影响着力学特性。碎石比砾石要难于压实，这是因为碎石的內摩擦力大，从而增加了材料抵抗变形的能力；

通过以下措施可改善道路抵抗变形的能力：

- 1) 仔细选择合适的骨料；
- 2) 为混合料选择适当的粗骨料含量；
- 3) 选择一种公称尺寸合适的骨料；
- 4) 增加碎石量或增加矿粉量；
- 5) 使用较硬的沥青结合料；

6)使用较低剂量的沥青结合料。

如图3所示,按上面一条曲线的那些条件拌合成的沥青混合料,是较难于压实的。为此,必须大大增加压实力,最后才能达到合乎标准的压实度。

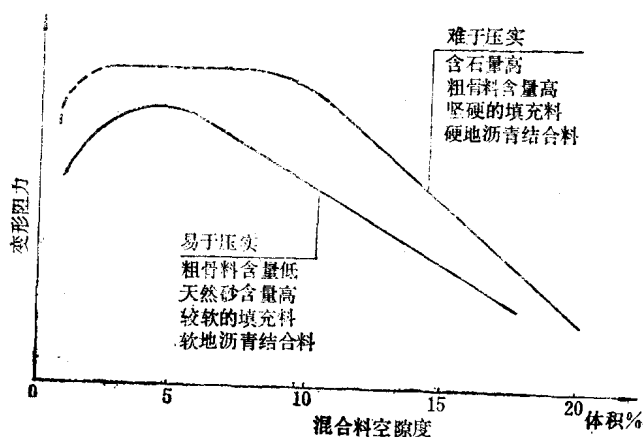


图3 压实混合料难易度的空隙度—变形阻力关系曲线

第五节 混合料设计原则

材料级配有两种基本形式：

1)连续级配料：

沥青混凝土（欧洲大陆和西半球）

密级配表面处治碎石路料（英国）

2)间断式级配料或开式级配料：

热压式沥青料（英国）

磨擦层路面料（西半球）

基本级配形式如下图：

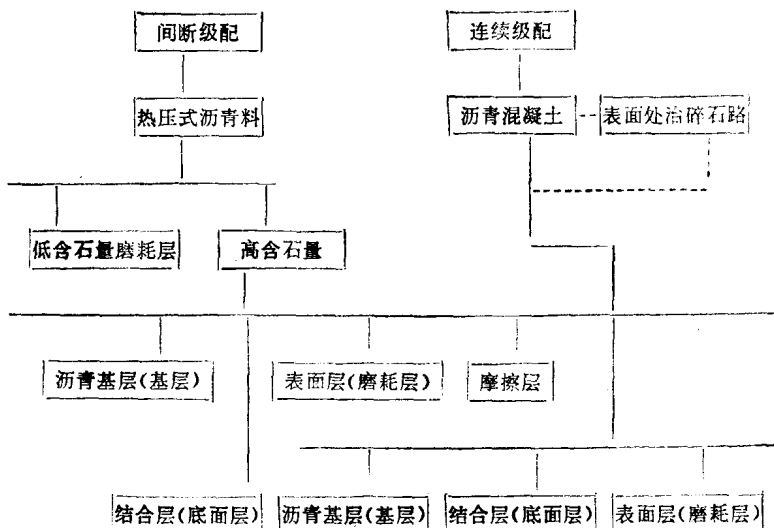


图 4 材料级配的两种基本形式

1. 连续级配料

连续级配料，是由最大公称尺寸骨料开始，向最小公称尺寸骨料进行连续级配而得到的。在各种级配中，都有一定的配合比例。这些级配混合料的稳定性和强度，主要依靠骨料颗粒间的锁结作用。

在骨料级配曲线上，符合沥青混合料设计原理时，可获得最好的锁结作用。

骨料的形状也影响其压实性能。

混合料的设计应按照混凝土料的设计方法，使得在矿料里，形成最大的密实度和最小的空隙度

使用级配曲线上的这些料，只要给予充分压实，随后就会固结到最小值。

连续级配料的最终压实度，一般在摊铺和压实终了时，都可以达到。

连续级配料与间断级配料相比，有较高的内在稳定性，并且

在重交通量的道路上，使用连续级配混合料效果更好，这已被世界所公认。

2. 间断级配料（热压沥青料）

在间断级配混合料中，一种骨料尺寸在骨料级配中占多数，该混合料不能形成连续的级配曲线。因此，间断级配混合料比连续级配混合料的内在稳定性小。间断级配混合料借助于硬沥青结合料膜（强胶凝物），而不用骨料颗粒间的锁结来获得它的强度。所以，要避免在交通负荷下道路产生变形，关键在于适当的选择沥青结合料的种类和数量。

第六节 沥青结合料的作用和影响

沥青混合料中的沥青结合料有以下作用：

- 1) 对骨料的结合和长期保护；
- 2) 利用对骨料的润滑作用，使压实过程更容易进行；
- 3) 同级配料共同作用，加强打底料的不透水性。

混合料的粘结能力，取决于沥青结合料的内聚力和粘着性，以及沥青结合料和骨料的化学特性。作用力必定通过沥青结合料膜来传递，不会对沥青裹复里的骨料产生任何明显破坏。

在间断级配料中，沥青结合料大大影响混合料的承载性能。使用硬沥青结合料，可增加抗变形能力，从而就提高了稳定性。

在混合料拌合过程中，由于一定温度的高温作用，会使全部用来裹复骨料的沥青结合料粘度降低。在这一温度下，沥青结合料对混合料有润滑作用。这一润滑作用，减少了骨料颗粒间的内摩擦力，从而更利于压实。随着混合料温度的下降，沥青结合料的粘度增加，而它的润滑作用也就相应的降低。最终在沥青层冷却后，达到弹塑性状态，并且能够立即承受交通负荷。

1. 沥青结合料的硬度

硬沥青结合料，热敏感性小，变形阻力大。高粘度和低针入度的沥青结合料，稳定性高，但却难于摊铺和压实。

沥青结合料硬度的影响，可从下表中看出。

沥青结合料种类	硬	软
混合料温度	高	低
铺筑时间	短	长
允许摊铺厚度	厚	薄
压实力	大	小
变形阻力	大	小
耐疲劳性	高	低
柔性	小	大

2. 沥青结合料含量的影响

沥青混合料中，沥青结合料含量的多少，有两个主要作用：

- 1) 决定了沥青结合料对骨料的裹复能力；
- 2) 控制了沥青结合料对空隙的填充量。

沥青结合料的含量，一定要足以把每一颗骨料都完全裹复，并能把它们牢固的粘结在一起。骨料上裹复层的厚度，影响混合料的力学性能。同时，应注意到，裹复层越厚，混合料中骨料的运动阻力越小。

第七节 沥青混合料温度及其 对压实性能的影响

由于沥青结合料具有热塑性，因而它的粘滞度随温度成比例变化。所以，混合料的温度影响压实性能，即：热沥青结合料具有低粘度和良好的裹复性能；冷沥青结合料具有高粘度、牢固、坚韧和较迟缓的裹复性能。

以上情况影响了混合料的压实，其压实性能如下：

- 1) 高温下，沥青结合料的粘度低，那么就能通过热润滑作用，促进压实。热沥青结合料，有助于克服骨料间的内摩擦力，