

L·福斯布拉德 S·杰斯莱尔 著

胡昭绥译 何贤善校

沥青混合料的振动压实

人民交通出版社

沥青混合料的振动压实

L. 福斯布拉德

著

S. 杰斯莱尔

胡 昭 绥 译

何 贤 善 校

人 民 交 通 出 版 社

内 容 提 要

本书是根据 1975 年在瑞典出版的《沥青混合料的振动压实》(Vibratory Asphalt Compaction) 的英文版本译出的。本书主要介绍沥青混合料的设计和试验、施工设备、振动压实的理论和作用、碾压能力的计算、振动压实的应用等。可供道路工程技术人员和有关院校师生学习参考。

沥青混合料的振动压实

VIBRATORY ASPHALT COMPACTION

by

Lars Forssblad and Stefan Gessler

printed

in Sweden by AB Grafiska Gruppen/Egnellska

Stockholm

本书根据瑞典斯德哥尔摩 Grafiska Gruppen/Egnellska 公司 1975 年

英文版译出

胡 昭 绥 译

何 贤 善 校

人民交通出版社出版

(北京市安定门外和平里)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 006 号

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 毫米 印张: 1.875 字数: 40 千

1981 年 11 月 第 1 版

1981 年 11 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—3,200 册 定价: 0.33 元

目 录

1. 序言	1
2. 沥青路面层的设计和试验	3
2-1 沥青路面层的类型	3
2-2 沥青	4
2-3 骨料	7
2-4 沥青路面的质量要求	9
2-5 混合料配合比设计	11
2-6 试验室试验	14
2-7 现场试验	15
2-8 压实规范	18
3. 施工设备	19
3-1 沥青拌和厂	19
3-2 运输	19
3-3 摊铺机	20
3-4 静力光轮压路机	21
3-5 轮胎压路机	21
3-6 振动压路机和振动压实板	22
3-7 振动压路机的设计和功能	24
4. 沥青混合料的压实性能——温度的影响	25
4-1 沥青混合料的组成	25
4-2 沥青混合料的冷却图式	29
5. 振动压实的理论和作用	30

5-1 振动压路机的压实作用	30
5-2 压实试验结果	34
5-3 接缝的压实	38
5-4 平整度测定	39
5-5 渗透性试验	39
6. 压实能力和费用	40
7. 碾压须知和建议	43
7-1 一般规则	43
7-2 滚轮洒水	45
7-3 行驶方向的改变	46
7-4 横向接缝	46
7-5 碾压图式	46
8. 应用	49
8-1 道路和街道	49
8-2 人行道、小路、自行车道、汽车库车道	51
8-3 停车场、运动场和厂院	52
8-4 维修工程	52
8-5 建筑物基础	53
8-6 飞机场	53
8-7 水坝和渠道衬砌	54
9. 摘要	55

1.序 言

现代沥青路面的功能和质量要求是很高的。这些质量要求包括：

- 强度
- 耐磨力
- 抗滑力
- 柔性
- 平整度
- 耐久性
- 不透水性
- 排水
- 光学性能（颜色，反射等）
- 交通噪音等级

沥青路面的压实度和它的许多最重要的特性，诸如强度、耐磨力以及不透水性之间存在着一定的关系。因此，同在许多其他方面的关系中一样，压实是影响已完成果的质量和耐久性的最重要因素之一。

在全世界沥青铺筑工作显然是趋向高标准。越来越普遍的作法是只规定最终成果的技术要求，即最小的压实度，而不管使用何种类型的压实设备。检查和控制方法变得越来越严格，如果承包人不能满足规定的标准，常在其承包费中扣款。

自从道路和街道开始用沥青混合料铺筑以来，就已使用

静力光轮压路机碾压沥青铺砌层。接着，首先是轮胎压路机，然后是振动压路机用于沥青路面的压实。

早在五十年代，振动压实板和小型振动压路机开始用于补修工作、人行道面层铺筑和类似的小型工程。五十年代末，4~5吨双轮振动压路机引进欧洲，用在稍大的沥青工程——街道、停车场、厂院以及类似的项目。使用小型压路机的好经验，促进了足能胜任主要沥青混合料工程的大能量振动压路机的发展。最近几年，已经采用了专为沥青混合料压实而设计的15吨振动压路机。沥青层的振动作业越来越多地用于所有种类和大小的沥青铺筑工程，见图1。

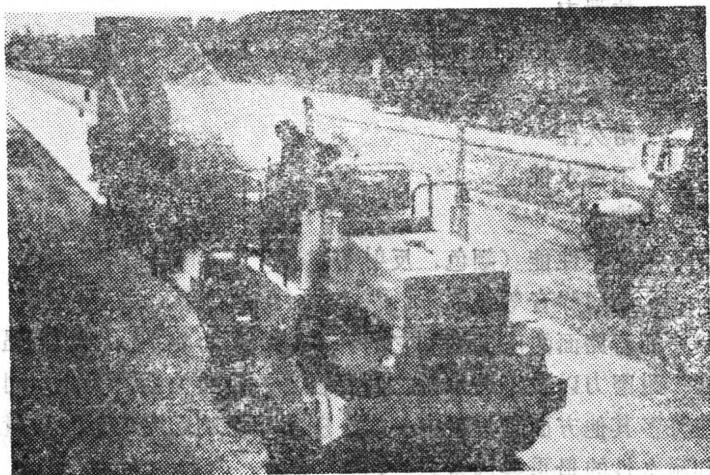


图1 在公路施工中的15吨双轮振动压路机

为了采用这种新技术，须取得有关的技术资料并对人员进行训练。本书首先论述沥青混合料的设计和性能。介绍摊铺工作使用的设备。比较详细地讲述沥青混合料振动压实的理论和效果。给出碾压沥青混合料时计算压实能力的法则。另外，提供关于实际施工碾压的建议和资料。最后介绍不同

的应用。

2. 沥青路面层的设计和试验

本章叙述沥青路面层的最普通类型。还要复习设计方法、室内和现场试验。

根据许可的实验室方法结合现场试验，正确进行的设计是取得良好成果的基本要求。

2-1 沥青路面层的类型

沥青混凝土 (Asphalt Concrete) 是良好级配的骨料和沥青的热混合物。正常的沥青含量是 4~7%。骨料最普通的类型是轧制碎石、天然砾石、砂、石屑和矿粉。沥青混凝土用在沥青基层、结合层和磨耗层。骨料的级配可以是密级配和开级配，如图 3。通常规定使用密级配，以取得最高密度。开级配主要用在排水层，有时用在结合层和磨耗层。沥青基层也可以由沥青、天然砂及（或）砾石的热拌混合料组成，作为对正常沥青混凝土的比较方案。

沥青混凝土的特殊类型是沥青砂和托彼卡 (topeka)。沥青砂由砂、矿粉、沥青所组成，可用作学校运动场和类似项目的面层。托彼卡通常由 4~12 毫米的碎石、砂、矿粉和低针入度的沥青所组成，可用在街道面层。

为了得到具有高度抗滑和耐磨耗的面层，可使用压入石屑的沥青混凝土或托彼卡。

在旧路面上加铺面层前先铺筑一层整平层是必要的。通常使用骨料最大粒径尺寸较小的沥青混凝土。

用沥青乳液洒布的粘结层 (Tack coating) 来保证已

铺层和其上层之间的结合。在做沥青面层之前在粒料基层上洒布稀释沥青做成透层 (Prime coating)。

“全厚 (Full-Depth)” 沥青混凝土路面厚度达到35厘米并直接铺在路基上，起基层和底基层的联合作用。

液体沥青混凝土含有稀释沥青和乳化沥青。

“摊铺地沥青 (Gussasphalt)” 含有轧制碎石、矿粉和沥青。当热的时候，“摊铺地沥青”是液体，不需要压实。由于它的石料和沥青含量高，因此具有高的耐磨力，并用作交通密度大的公路、街道和桥梁的面层，而且也用于维修工程。

表面处治 (Surface treatments) 是先洒布稀释沥青或乳化沥青，随后撒布骨料做成的磨耗层。表面处治可以是单层或多层。

沥青碎石 (Asphalt macadam) 是在压实的碎石层上洒布热沥青 (贯入式) 所做成的基层，然后再在其上铺筑磨耗层。

沥青稳定土壤是天然土壤同沥青混合在一起所得到的一种改善的基层或底基层。

2-2 沥 青

沥青 (粘稠沥青) 是主要由碳氢化合物及其衍生物所组成的粘稠液体或固体。它的主要部份是不易挥发的，并且当热的时候逐渐变软。它是深褐色到黑色，并有不透水性和粘着性。

沥青是原油蒸馏得到的物质。现代的蒸馏方法能够生产范围很广的沥青，而且能控制工艺得到需要的贯入度和其他性质。沥青在蒸馏期间通过吹入空气可以改良其性质。天然沥青主要产生在拉丁美洲的特立尼达 (Trinidad) 和委内瑞拉。

拉。

稀释沥青 (Cutback) 是经加入煤油或杂酚油等稀释剂软化而成的沥青。这种结合料当它和骨料搅拌时有较低的粘滞性。所含挥发性的成份通过蒸发而离去, 过些时间后即达到要求的稳定性。

乳化沥青是由沥青同水混合而成。乳化剂, 如肥皂或其他, 用薄膜包住每滴沥青, 使乳化沥青在运输中有足够的稳定性。在同基层接触时或当水分蒸发到一定程度时, 乳化沥青将离解, 水分逐渐流走或蒸发。乳化沥青的优点是能够用在湿的骨料上。

焦油是从煤蒸馏得到的产物。铺路所用焦油主要用在造价低的道路。

沥青根据它的粘滞度来划分级别。粘滞度可用流出粘度计、毛细粘度计和滑板粘度计测定。

流出粘度计, 见图2a。将受试沥青倒入为水浴或油浴所包围的杯中, 以便控制温度。粘滞度由细管流出一定数量的沥青所需要的时间来测定。

在毛细粘度计中, 一定数量的沥青在毛细管内两个液位间流动需用的时间可换算成粘滞度值。用真空作用将压力加在沥青上。由于毛细管装置全部浸入恒温控制的器浴内, 温度控制比用流出粘度计为准。

在滑板粘度计中, 两块磨光玻璃板之间形成沥青薄膜, 浸没在恒温控制的水浴内。在一块板上加荷载用电子测量该板的运动量和速率, 就能计算出粘滞度。

针入度试验给出沥青的软度或硬度的另一种数值。以重100克的标准针, 往温度 25°C 的沥青试样中扎入5秒钟来进行试验, 见图2b。针入度以十分之一毫米表示。例如, 针入度80意味着标准针沉入8毫米。

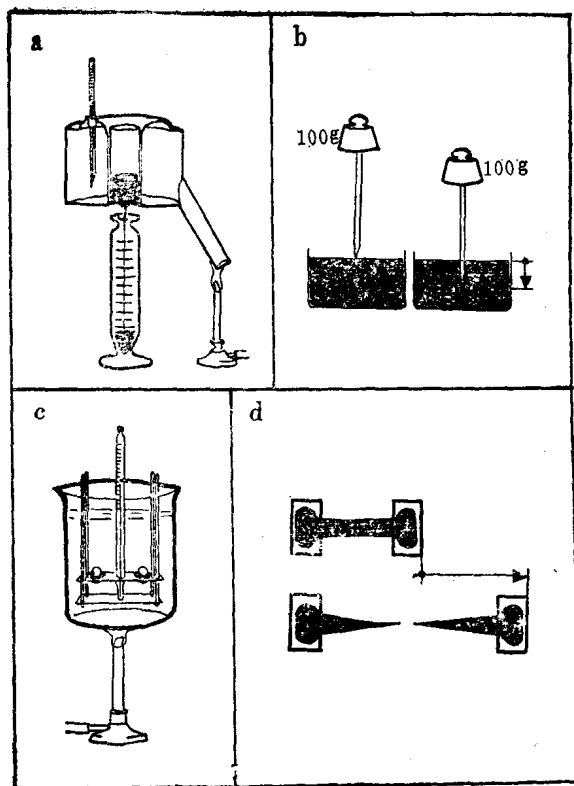


图2 沥青室内试验

a. 流出粘度计；b. 针入度试验；c. 环球法测定软化点；d. 延伸度试验

沥青混凝土使用的沥青针入度值在40~300范围内变化。大多数情况使用针入度80~100。有时用针入度为200~300的较软沥青，特别是在气候寒冷的地区。

软化点通常是用环球法测定，见图2c。把已经浇注沥青的钢环放入水浴内加热。将一个重3.6克的金属球置于沥青表面上。当沥青软化时，沥青受钢球作用形成袋形缓慢下

沉。当达到位于环下面一定距离的板上时的水温，即为软化点。通常按照图2c进行两次试验。

延伸度按照图2d所示的拉力试验来测定，延伸度以厘米表示。

弗拉斯 (Fraass) 氏断裂点是脆性的尺度，其测定方法是用随温度减低而来回弯曲一个涂上一薄层沥青的钢条片。断裂点表示沥青开裂时的温度。

沥青的闪火点是在沥青表面遇火焰出现一个闪光但不继续燃烧时的温度。它是表示沥青可以安全加热的温度，也是材料挥发性能的标志。

加热损失试验是沥青挥发性能试验的又一方法。此试验是测定沥青由于受热而引起的重量损失和针入度变化。也可用薄膜烘箱试验检查沥青加热后的硬化程度。将约3毫米厚的试样放入圆盘并放在烘箱内，在 163°C 温度下保持5小时。试验后的针入度以其原针入度的百分数来表示。有一种趋向，是用薄膜烘箱试验来代替规范中的加热损失试验，因为它更符合于沥青在厂拌过程所处的状况。

沥青的比重用比重计测定。

蒸馏试验用以测定稀释沥青的挥发成分。以一定数量的稀释沥青放入与冷凝器相连的蒸馏瓶内。将材料加热并记录不同温度下馏出的组分数量。当温度到达 350°C 的时候，残渣的体积以原体积的百分数表示。

2-3 骨 料

在柔性路面中，骨料可提供沥青混合料必需的机械稳定性。骨料是沥青混合料的所有矿物成份，如轧制碎石、砾石、砂、矿渣、石屑和矿粉的通称。

自然界所见的砂和砾石来源于不同类型的岩石或砂岩的

自然分裂。砂和砾石的沉积可在湖泊、河流或陆地上找到。河砂和河砾几乎在任何河川或者溪流中都能找到。河流材料含有大量的圆形颗粒，并且通常是不含粘土和淤泥。风砂是细而均匀的颗粒。砂子也可在轧石厂由岩石来生产。

各种级配成分的碎石是在轧石厂用岩石和漂砾加工生产的。轧制碎石所用的岩石和漂砾有不同的种类和质量。碎石的颗粒形状很重要。立方体形颗粒是合乎需要的，因为薄片和扁平状有缺点，如压实后密度低，并且表面积较大，同立方体颗粒相比需要沥青较多。

矿渣主要含石灰，是高炉的副产品，通常是一种良好的骨料。它能破碎成适宜的级配成分。

矿粉是用石灰岩等粉碎成的矿质粉末。矿粉也可以在沥青混合料拌合厂从骨料干燥和加热过程中得到。干燥系统具有集尘设备以收集干燥器中由骨料产生的细小材料。

不同骨料的级配（颗粒大小分布）由筛分试验测定，其结果用图表示，见图3。

矿物骨料的耐磨力，可用洛杉矶磨耗试验等法来测定。将一定重量的骨料同钢球一起装入鼓形筒内。鼓筒转动500转。试验前后用1.7毫米孔的筛子过筛来表示磨耗性。

机械强度有时用落锤法来测定。试验以前和试验以后检查骨料级配。

骨料的湿度是在烘箱中按 110°C 的温度将一定重量的骨料进行烘干来测定的。干燥前后的重量差用干重的百分数来表示即为湿度。

通常矿物骨料能受热约至 500°C 而不减弱强度，因此正常的搅拌温度将不损害材料。

矿物骨料常受到如霜冻和化学物质之类的各种分解作用。耐冻性是由材料在专门的冷冻试验中经受一定次数的冷

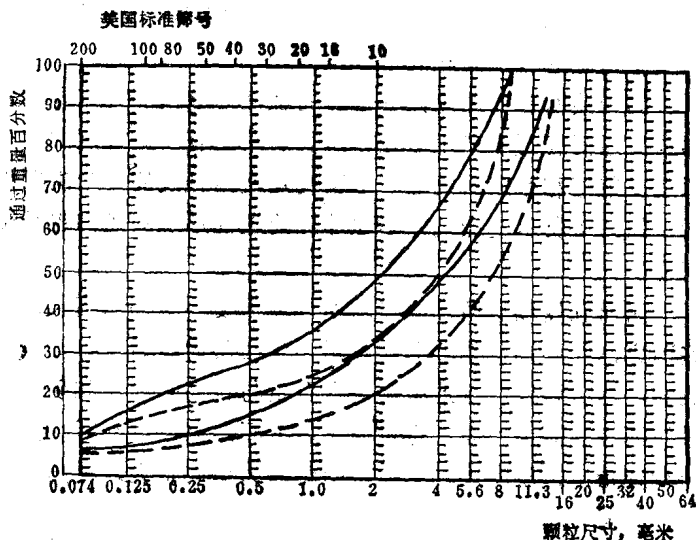


图3 密级配(——)和开级配(---)沥青混凝土的骨料级配范围示例

冻循环进行测定的。固定性试验是测定骨料对硫酸钠或硫酸镁饱和溶液的分解作用的抵抗能力。

骨料的吸收性能应该在确定沥青含量时考虑。不同类型的骨料在这方面出现的变化很大。

2-4 沥青路面的质量要求

按下述三方面确定完工路面的质量特性：

- 路面结构设计
- 路面沥青混合料设计
- 施工方法和施工操作

沥青路面和沥青混合料的设计仍然在很大程度上根据经验法。然而路面设计的理论方法已经有了发展，并且继续研究以增进对路面使用能力和建筑材料性能间的关系的认识。

建筑设备工业已经生产了现代化的效率更高的机械，能够更严密地进行控制和大量地生产。

沥青路面首要地应该有足够的强度来承担和分布静力及动力交通荷载而不产生形变。还要求路面有一定程度的柔性以适应基层和路床的沉陷。压实度是路面强度的一个决定因素，如图4所示。抵抗如车辙那样的塑性形变的能力也是很重要的。

路面强度和耐磨性的要求随交通强度的增加而增长，一些国家已经强调密集轮胎的作用。路面层内石料含量高是有利的，这已导致广泛地采用高含石量与较高的沥青和矿粉含量的沥青混凝土。面层也可使用压入石屑来减少磨损。大量的调查指出，压实度和空隙率对耐磨力影响很大，见图5。

现在日益注意交通安全，耐滑性在这里是很重要的因素。面层的表面结构决定它的耐滑性能。骨料因交通作用而

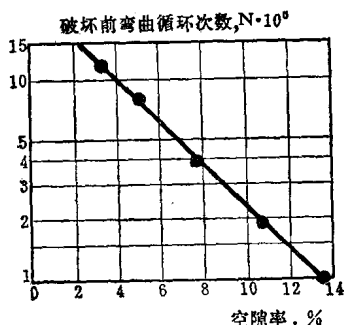


图4 由耐弯测定的强度和空隙率间的关系。

哥本哈根丹麦国家道路实验室调查

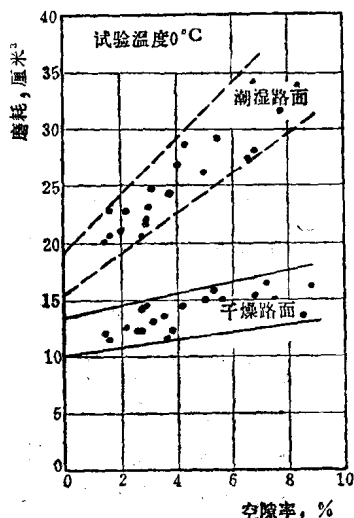


图5 磨耗和空隙率之间的关系西德Träger调查

产生的磨光率决定摩擦系数的大小。当面层使用“软”骨料时，要用质量较好的石屑覆盖。断级配或开级配沥青混合料常使表面结构具有适宜的粗糙度。抵抗沥青因氧化而引起的老化和抵抗水浸霜冻能力大小，对沥青路面的耐久性是很重要的。这主要由足够的沥青含量和高度的不透水性来保证，而不透水性则要求有效的压实和低空隙率。水通常是不允许渗入基层和路床的，这是要求面层不透水的又一原因。

路面应能使行车舒适，也就要求它具有良好的平整度。

为防止滑溜危险，排水是影响交通安全的又一因素。因此现已开始使用多孔和透水性很完全的磨耗层（开级配）。水透过磨耗层在基层上排走。

路面的光学性能是又一安全因素，并且大多数由骨料的颜色来确定。

交通噪音等级取决于面层的表面结构，日后无疑将更注意这种因素。

显然，不同的质量要求有时需要相反的混合料性能。混合料类型的选择是一个技术和经济问题，但必须尽可能多地满足所要求的条件。

2-5 混合料配合比设计

最广泛地使用的混合料设计方法是美国的马歇尔^①法。自从1948年美国工兵部队选用此法进行道路和机场的混合料设计以来，它已为很多国家采用。它的全部设计按下述进行。

首先，确定包括填充料在内的骨料的适宜级配，通常使用标准级配曲线。

① 布鲁斯·马歇尔是美国密西西比州公路局沥青工程师。

然后，确定沥青含量。骨料的空隙应为沥青填充到快满而又不全满的程度。沥青混凝土应该含有一定的最小空隙率，以保证足够的稳定性，并确保沥青在车辆作用下不致逐渐挤出。因此沥青混凝土通常以这样的方式设计，即压实铺砌层的空隙率在3%和6%之间。

沥青的最优含量是用几种不同沥青含量的混合料在实验室试验来确定。

在马歇尔压实方法中，沥青混合料根据沥青的类型，于130~150°C温度下在直径为10厘米的模子内进行压实，见图6。

混合料用落锤击实，通常在试件的每个面上击50次。设计重型交通的路面时，有时击实75次。将约为6.3厘米厚的试件进行试验以测定其密度和空隙率。

用实验室压实试验得到的密度（100%马歇尔）作为确定完工沥青铺砌层压实程度的参考值。

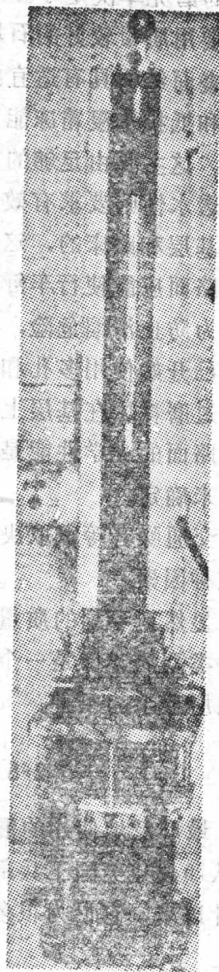


图6 马歇尔压实设备

也用马歇尔试件作稳定性和流动性试验，见图7。试件加热到60°C并承受连续增加的荷载。以千克力计的破坏荷载表示混合料的稳定度。破坏荷载下以毫米计的变形规定为混