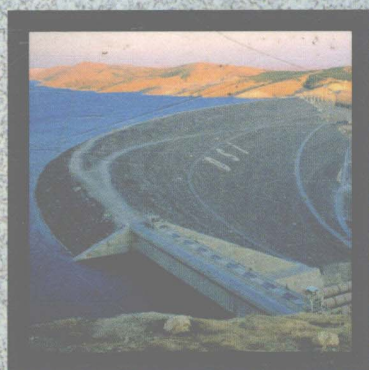
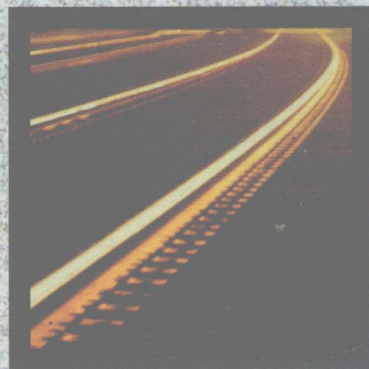


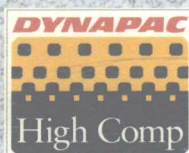
Compaction and Paving

压实与摊铺



美卓戴纳派克公司 编著

人民交通出版社



图书在版编目(CIP)数据

压实与摊铺 / 美卓戴纳派克公司编著, ——北京:

人民交通出版社, 2002.11

ISBN 7-114-04473-9

I. 压… II. 美… III. 土体-压实 IV. TU472

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 081217 号

Yashi Yu Tanpu

压实与摊铺

美卓戴纳派克公司编著

人民交通出版社出版发行

(10013 北京和平里东街 10 号 010-64216602)

各地新华书店经销

上海交通大学印刷厂印刷

开本: 880 × 1230 1/16 印张: 5.5 字数: 166.3 千

2002 年 11 月 第 1 版 第 1 次印刷 总第 1 次印刷

印数: 0001-5000 千册 定价: 58.00 元

ISBN 7-114-04473-9

Compaction and Paving 压实与摊铺

美卓戴纳派克公司 编著

人民交通出版社

Presentation of handbook on 'Compaction and Paving' from Dynapac

Since the start of the company in 1934, Dynapac has to a high degree based its development on fundamental research activities primarily within the fields of concrete, soil and asphalt compaction. Laboratory facilities were early established. The laboratory studies were combined with field studies on working sites all over the world where construction equipment from Dynapac was in operation under different conditions..

The research director of Dynapac during the years 1959~1984, Dr Lars Forssblad, presented in 1963 a thesis on theoretical and laboratory investigations on soil compaction by vibration.

This was followed by a large number of research and field reports on concrete, soil and asphalt compaction as well as a number of handbooks. Also the new handbook 'Compaction and Paving' is to large parts based on the basic studies mentioned above.

Very important is also the informations on the recent developments of roller-mounted compaction meters and new computer-systems for selection of the most suitable compaction equipment for soil compaction (CompBase) Respectively asphalt compaction (PaveComp).

Dynapac also has arranged a large number of seminars on the subjects mentioned above in all parts of the world giving opportunities to discussions and exchange of experiences with authorities, consultants and contractors working under very different conditions with respect to types of materials and climate. A number of such seminars lead by Dr Forssblad were also arranged in different parts of China.

Bromma 2002-08-13

Lars Forssblad

序

戴纳派克 (DYNAPAC) 公司是国际上著名的筑路机械生产厂家, 已有 70 多年的历史。在路基路面的施工方面有着丰富的经验, 对压实与摊铺作了精深的研究, 是同行业中的佼佼者。随着中国土木建筑事业的发展, 尤其是高速公路建设的发展, 戴纳派克公司与中国的合作、技术交流和商务贸易得到了迅速的发展。大量的压路机等施工机械在许多工程中发挥了很大的作用。

我国工程界与戴纳派克公司的交往可以追溯到 20 世纪 70 年代。在国际筑路机械行业中享有很高声望的戴纳派克压实试验中心前主任 LARS FORSSBLAD 先生曾多次到中国讲学, 其撰写的“土壤的压实及压实设备”一书曾为许多从事工程建设、施工及设计的技术人员所熟知。在我国的施工机械的教科书中也经常被引用, 对我国压实施工的理论研究和实践提供了许多帮助。

目前, 我国的公路、铁路、水利等各种基础设施的建设如火如荼, 其中保证铺筑层的压实是保证施工质量的至关重要的工序。一些工程之所以在使用不久就出现早期破坏, 其原因大部分可以追溯到压实不足方面, 如选用压路机不当、碾压工艺不正确、压实遍数不够、碾压温度过低等等。

在原书的基础上, 戴纳派克试验中心重新充实、编写了这本《压实与摊铺》。书中更加深入、全面地概括了新材料、新工艺的压实特性。除了土壤压实外, 增补了许多关于沥青混凝土路面的压实特性及工艺等内容, 特别是如何根据不同碾压对象, 及所使用的集料特性, 确定合理的压实机械和压实工艺, 有许多精深的论述, 对目前施工中可能遇到的问题有一定的针对性和参考价值。

该书是戴纳派克公司 70 余年来压实与摊铺经验的总结。文章深入浅出, 图文并茂, 简洁实用。现将该书中文版郑重地推荐给大家, 供研究探讨, 以促进我国的压实摊铺水平, 促进我国公路、铁路、水利等各种基础设施的建设水平。



沈金安

交通部公路科学研究所

2002 年 9 月 20 日



压实与摊铺理论与应用

多年以来，戴纳派克一直是压实摊铺技术的领导者，正是由于有70多年坚实研究和实践经验的基础，它已经成为了国际性的公司。

现在国际压实中心（IHCC）已将这些经验作了整理和概括，为戴纳派克压实与摊铺设备的设计与制造提供了技术与帮助，从而保证了机器有良好的可靠性，满意的工作性和长久的使用寿命。



IHCC，开发了一套专业的新型软件ComBase，它可以根据指定工程的各种规范要求，选择最适宜的施工设备。根据IHCC收集的各种实验数据，以及戴纳派克设备在各种施工条件下的实际数据，对于一定的施工条件，ComBase可提供最适宜的设备型号和碾压遍数。实践证明，该软件的精确度非常高。

IHCC还开发了一套用于沥青摊铺与压实的软件PaveComp，它不仅能根据沥青材料的不同和生产的规定，提供正确的生产设备方

案，也能提供压路机和摊铺机的组合施工方案，保证最出色的施工效果和经济效益。

戴纳派克可为用户提供全系列土方和沥青混合料振动压路机。型号从最重的到最小的手动振动压路机。此外，还有用于小型施工的各种设备：平板夯、冲击夯、手扶振动压路机和沟槽压实机。

戴纳派克生产全系列的履带与轮式沥青混凝土摊铺机，品牌为戴纳派克和德玛格。

目前，戴纳派克在瑞典、法国、德国、巴西、美国和中国有制造工

厂。此外，在许多国家有装配工厂。产品在各地的直接代表处和代理商处销售。

戴纳派克全球的网络为用户提供完善的售后服务，保证用户获得稳定可靠的设备。

本书概述了各种土和
沥青材料的压实特
性，以及它们适宜的
压实工艺和设备，也
包括沥青摊铺技术和
设备。本书旨在协助
涉及压实摊铺方面的
规范制订人员、承包
商和咨询公司，也能
帮助初入门者掌握许
多有用的知识。

压实与摊铺技术的应用 8-11

土方压实

土的类型	12-16
土和岩石填方材料的压实	17-19
压实设备	20-21
不同类型的土和填石材料的压实特性	22-24
特殊应用	25
小型工程的压实	26-27
土方施工标准和现场控制方法	28
现场控制方法	29-30

沥青混和料的摊铺与压实

沥青混合料的摊铺与压实	31
沥青混合料摊铺层的质量和实用功能要求	32
路面类型	33-40
摊铺机的操作	41-43
沥青混合料的压实	44-50
沥青混合料压实设备的选择	51
沥青混合料的施工规范和野外控制方法	52-53

压实与摊铺设备

振动压路机	55-61
静压压路机	62-64
轮胎式压路机	65-67
轻型压实设备	68-72
沥青混合料摊铺设备	73-79

压实与摊铺技术概述

压实与摊铺技术概述	80-84
-----------	-------

压实与摊铺技术的应用

压实就是通过对材料施加静态或动态的外力来提高材料的密实度和承载能力的过程。在建筑行业里有许多要进行压实的工作，下面介绍应用最普遍的领域，包括：道路、街区、机动车道、机场、土石坝、铁路路基和建筑地基。其它领域的应用包括：停车场、堆货场、运动场、工业与民用设施、港口建设、水库和河道。

在建筑领域中，岩石填料、土和沥青的承载能力和稳定性，即它们的密实度、承载能力和材料的压实结果息息相关。例如将材料的密实度增加1%，其承载能力会增加10%~15%。

尽管压实所需的费用只占总施工预算的1%~4%，但压实结果对道路使用寿命的影响可是至关重要的。如果压实方法不对或压实效果达不到要求的话，可能会导致坍塌或其它不良后果，导致额外的修复和养护费用。

上述应用领域中，在道路、机场、停车场和货场施工时，设计寿命还取决于路面质量。对沥青路面来说，密实度对路面强度、耐磨性、不渗透性和耐久性至关重要。此外高的平整度、均匀的层厚、正确的级配方案以及空隙率都会降低路面养护费用。因此，路表面的质量在很大程度上取决于摊铺设备的工作性能。

土和沥青结构

土和沥青结构的设计基于以下几个因素：基础情况、结构受力情况、可用材料、气候条件、地震发生概率以及环境改变程度。

随着结构不同，载荷分布也不同。但主要目标是尽量借助结构特性将载荷传到基层。载荷主要包括：交通载荷、建筑载荷和水压力。

例如对道路而言，载荷逐层分布在沥青层、基层和底基层，最后到路基。沥青层、基层和底基层的承载能力决定了必须对材料的质量、特性以及压实性能有严格要求。在许多国家，严寒的气候条件要求有一定厚度的抗冻底基层。

任何结构和环境之间都是相互作用的，在设计时必须考虑到这些因素。如果填料没有按工程要求含一定的土和岩石填充料，就有必要仔细寻找合适的借土坑。如今，我们正尝试使用回收材料做填充料。

在严寒气候条件下，必须考虑

沥青的低温开裂性。而在炎热气候条件下，必须考虑高温稳定性，以最大限度减小变形。在做土方压实施工计划和开始工作时，气候条件，尤其是降水量和降水的季节性分布是一个要考虑的重要因素。

道 路

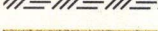
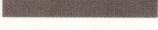
从小型乡村低级路到大型多车道高级路有许多种类型的道路，但不论何种类型的道路，都必须进行压实，以确保道路承受交通载荷的能力，避免坍塌，延长道路使用寿命，降低养护成本。

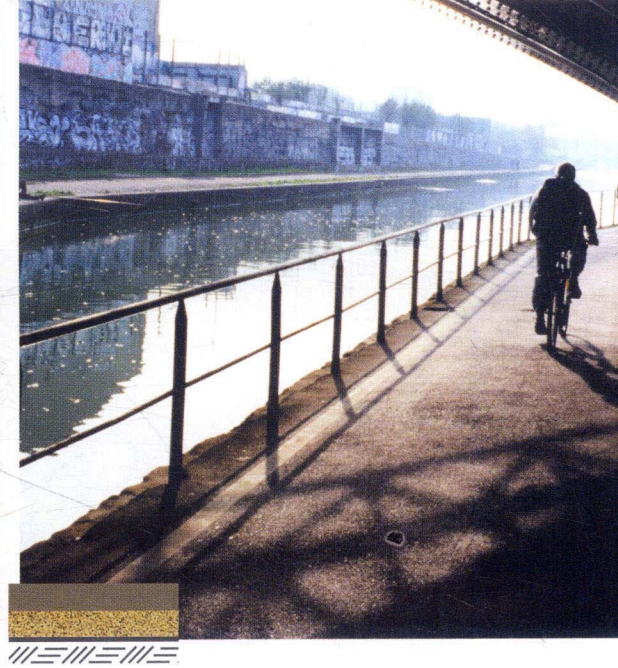
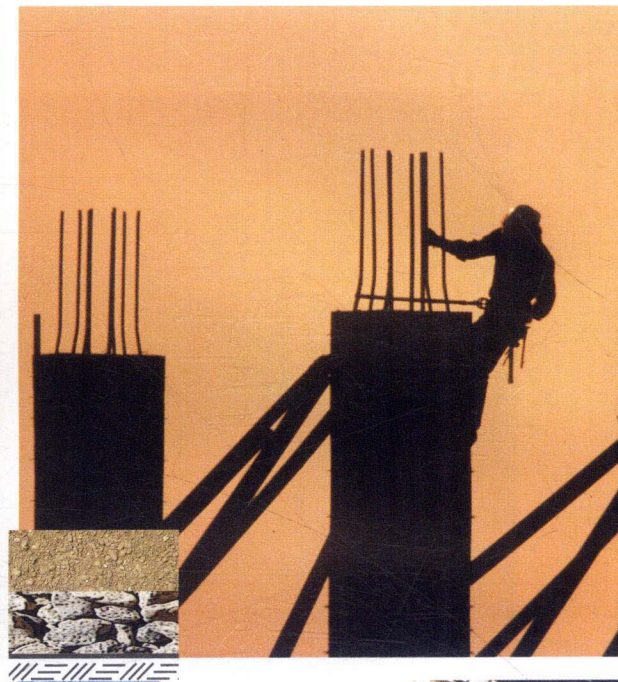
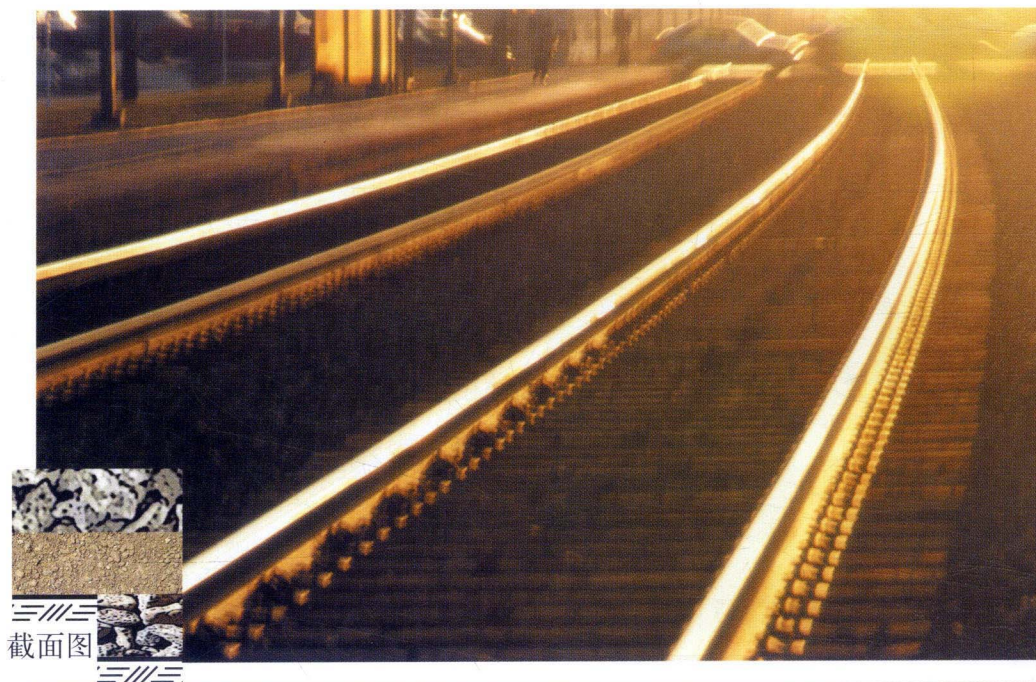
建于路基之上的道路由路基、底基层、基层、粘结层和磨耗层组成。

路面质量（表面平整度和摩擦力）直接取决于摊铺设备的性能和摊铺作业的程序。



截面图

-  沥青磨耗层
-  沥青粘结层
-  沥青基层
-  基层
-  底基层
-  路基
-  路肩
-  基础
-  透水层
-  垫层
-  稳定层



铁 路

铁路仍然是货物和旅客运输的主要方式。对大宗散装货物，如：橡胶、煤和其它矿物的运输，铁路仍是惟一的选择。

除了表面铺层不同外，铁路遵循与道路一样的建设准则：用压实度高的碎石层支撑枕木。

许多国家正致力于高速列车的研制，那样对铁路路基和碎石层的

要求就越来越高。

机 场

机场的跑道、出租车道和停机坪都要承受高载荷。它们的建设方法和道路的建设方法基本相同。但压实和摊铺的技术要求比其它工程高。

地 基

建筑物和工业用地基填方的施

工是非常严格的。必须有一定的防冻性能、承受均匀载荷的能力和防坍塌能力。

河 道

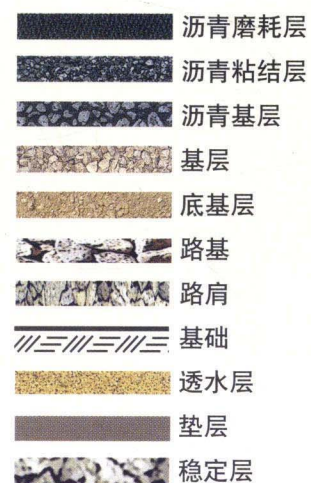
河道需要在底层和边坡覆盖防水层，以防河道内水的冲刷。防水层可由细粒土、沥青或混凝土压实后组成。河道建设中经常包括大规模的渗水层和基础填方工程。

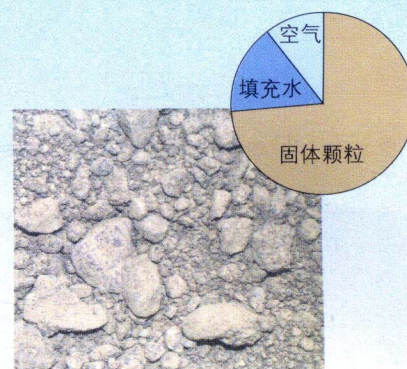


堆石坝

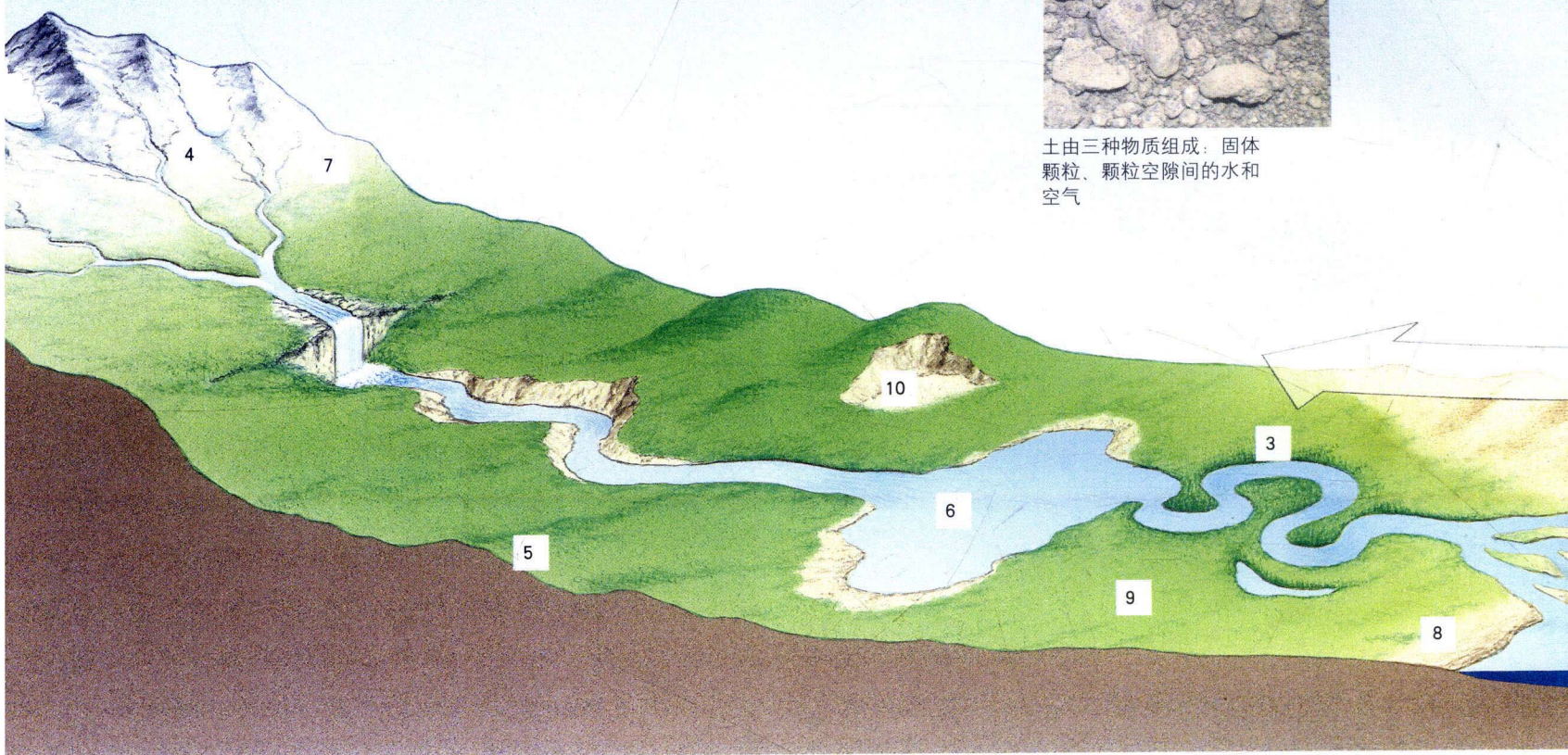
堆石坝由几部分组成。大多情况下，主要是用压实后的土作为坝基。有时也用沥青混合料。

坝的主体部分是由土和石料填充的坝肩组成。透水层可以保证不同材料层间地排水和水的传送。堆石坝越来越多的用沥青或混凝土作为坝表面，以保证一定的不透水性。





土由三种物质组成：固体颗粒、颗粒空隙间的水和空气



土的类型

土根据其组成成分、地质年代以及物理特性，可分为不同的种类。决定压实效果的基本因素有：土的类型、含水量、物理特性、压实方式及其承载能力，因此在选择压实设备时，有必要了解该工程土的类型。

原状土

作为一种建筑材料，土的组成成分以及其构成形式将影响它的适用性。土可以分为两种主要的类型：矿物土和有机土，只有矿物土可用于建筑。有机土如泥土、泥炭、泥浆、污泥等，都不大实用。因为它们易分解，而且承载能力也低。

矿物土经过风化和自然力学作用而形成，也可以通过人工爆破和

碾压形成。它们的耐久性决定于矿物成分及土和岩石的形成方式。

微粒形状

微粒的形状对压实度和土的承载能力有一定的影响。微粒的形状和岩石的形成方式以及多年受环境的影响是密切相关的，微粒形状可以分为三类：球形、尖角形、加工形成的人工形状。球形微粒由水和

风长年的冲刷作用形成。这种类型的土通常在河床沉淀、湖底沉积物、沙丘、黄土和冰河沉淀中找到。微粒的大小范围前面已提到。

尖角的微粒是由于冰水对岩石的力学作用而形成的。典型的是冰渍土，微粒的尺寸范围前面已提及到。

加工成形的微粒是通过人工爆破和破碎加工制成的。

土壤特性的决定因素

1) 风积沉淀

风积沉淀，如沙丘和黄土。

2) 冲积土

一种细微粒的土，包括泥浆、粉土以及在平原和河流的入海口由于水流冲刷形成的沉积物。

3) 河流冲刷形成的沉淀

河里的沉淀物。

4) 冰川沉积

由于冰块运动而形成的冰渍。

5) 冰河沉淀物

土随着冰水混合物流动并沉积，粗粒材料先沉淀，而细微粒最后沉积。

6) 湖的沉积物

从细沙到粘土之间的物质。

7) 残积土

由早期岩石风化而成的土。

8) 波浪冲刷的沉积物

在湖、河、海底由于受到波浪作用而重新沉积的土。

9) 有机土

由分解的植物组成，它们以泥浆、有机粉土和粘土形式出现。有机土大多不用作填充材料。

10) 人造土

由爆破和破碎的岩石形成的土。

火山岩

火山岩形成于岩浆的冷却过程，这是一种在高压、高温下岩石的自然溶解过程。火山岩包括：花岗岩、基性岩、玄武岩等等。



沉积岩

通常，当岩石暴露于空气中时，它将被风化和侵蚀破坏或溶解掉，被风或水再次沉积，便形成了沉积岩。

沉积岩最主要的特性便是分层，最常见的沉积岩包括油页岩、沙页岩、石灰岩。这种材料要么很软，要么几乎和火山岩一样坚硬。



变质岩

变质岩源于火山岩或沉积岩，由温度和压力升高而引起的结构和矿物组成变化而形成的。它们从一个状态到另一个状态的过渡是逐渐的，这样所有的中间过程都体现出来了。最终变质岩能彻底破坏它的最初状态。变质岩通常比其最初形态的岩石硬。片麻岩是从花岗岩过渡而来的，而大理石则是从另外一种石灰岩过渡而来的。



颗粒大小分布

根据粒径大小，对土进行分类，微粒大小依次如下（从最小的到最大的）：粘土、粉土、砂、砾石、卵石、漂石。这些不同的部分在自然界中很少单独出现。它们通常以两种或更多种的混合物出现，例如：砂质砾石、淤砂、淤土、含粉土和粘土的砂子等等。

粒径大小分布对于土的力学特性以及压实设备的选择有着极为重要的意义。

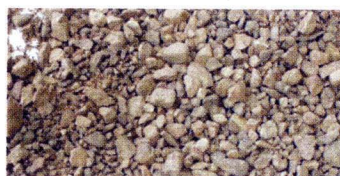
粒径大小分布由筛分试验获得，必要时，也可以做沉淀试验。目测分析能够对粗颗粒土进行归类。

粒度等级

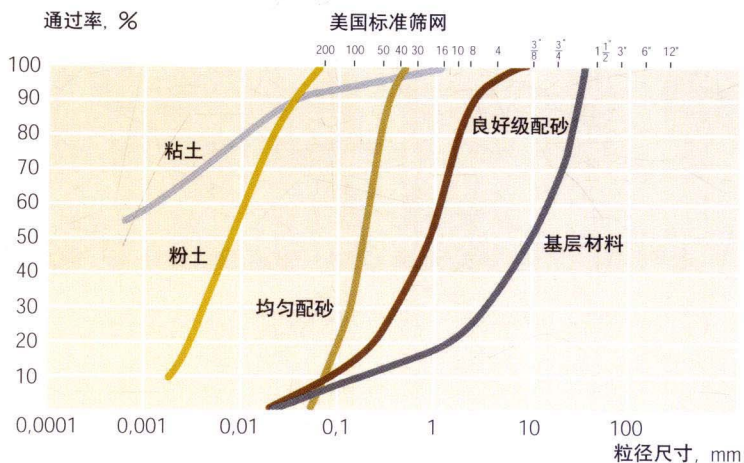
粒度等级对于承载能力和压实来说是一个重要的因素。它可从颗粒尺寸分布曲线中获得：

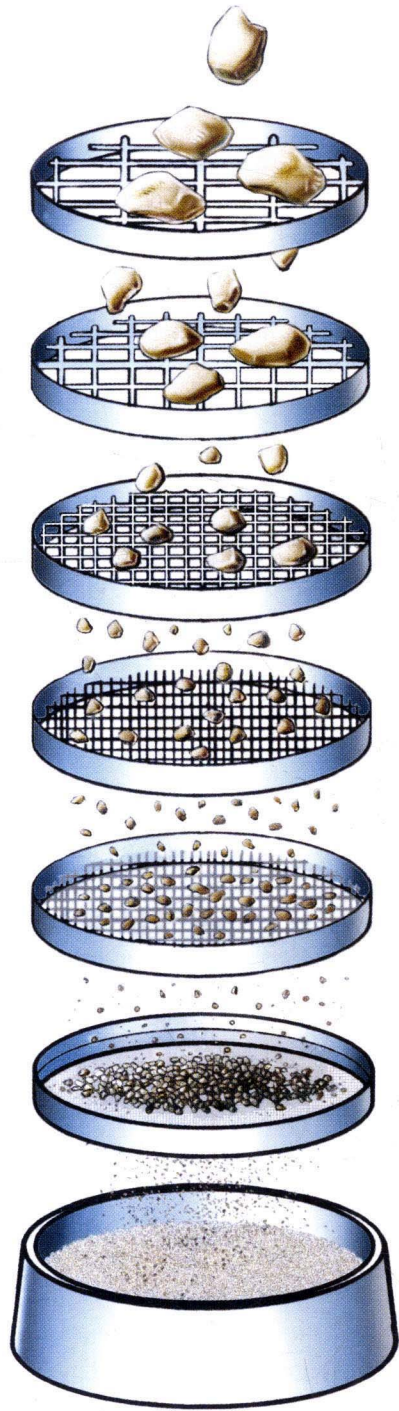
$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

公式中， d_{60} 和 d_{10} 是对应于在颗粒尺寸分布曲线上60%和10%的粒径直径值。如果 C_u 值小于5，那么土被认为是均匀级配的，如果 C_u 值大于15，则认为土的级配是良好的。如果 C_u 值介于这两者之间，则认为土的级配是中等级的。不同的分类规则有不同的范围标准。



良好级配的材料，其曲线覆盖了整个粒径尺寸范围。大微粒所留下的空间由小微粒填充，这样可以构成密实结构形成良好的承载能力。粒径多数相同的微粒曲线表明材料是均匀级配的。此时，没有小的微粒去填充空隙。因此均匀级配材料比良好级配材料难获得高密实度和承载能力。





筛分试验

干燥土样本穿过一系列网孔不同的标准筛子，计算未通过材料的重量占整个样本质量的百分比。根据这些数据便可以在图上绘制一条表示材料颗粒大小的尺寸分布曲线。

沉淀试验

如果粘土和粉土的含量超过一定标准，如15%，那么就应该进行沉淀试验，在沉淀试验中，土样本、水和化学试剂一起经过精心混合之后，用比重计测量溶液的浓度。随后，微粒尺寸分布就可以计算和绘制出来。

坚硬度

细粒土的坚硬度是很重要的。根据含水量的大小，细粒土可能是软的、坚实的或坚硬的。当土的坚硬度改变时，它的力学特性也随之改变。

细粒土通常需要做实验室标准击实试验，根据其液性极限 (LL)、塑性极限 (PL) 和压缩极限 (SL) 进行分类。塑性指数 (PI) 就是液性极限和塑性极限之间的差值。塑性指数大小决定了该土是低塑性还是高塑性。低塑性指数的土对含水量的变化非常敏感。



漂石



卵石



砾石



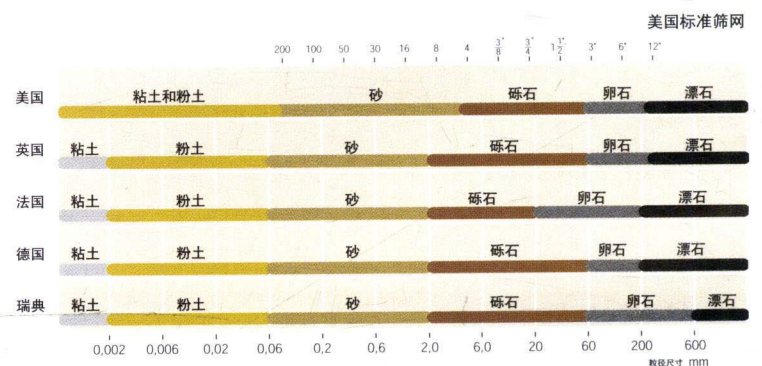
砂

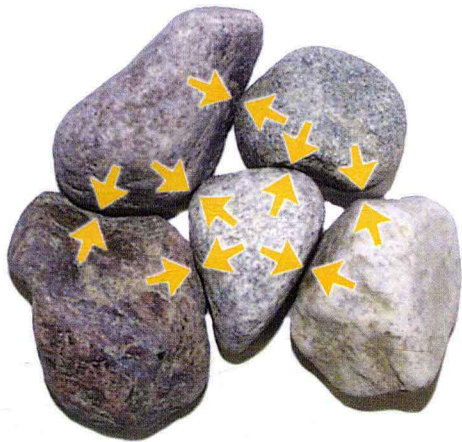


粉土

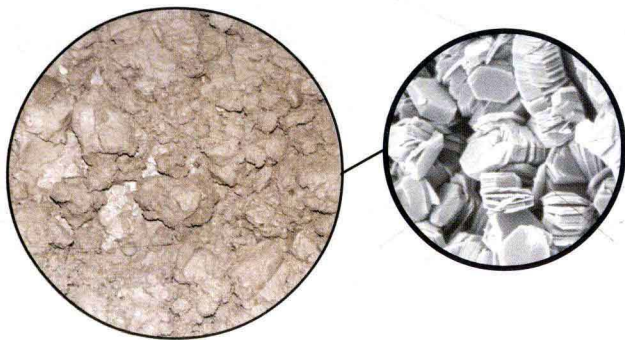


粘土

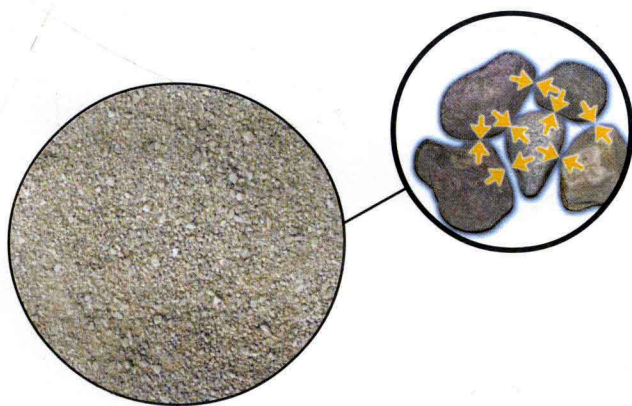




土的内摩擦力是颗粒之间接触点相互作用的结果



粘性土中，内聚力是由小微粒间的分子作用力引起的。这种内聚力越强，压实所需要的作用力就越大。



表面内聚力是由填充在微粒间的水的表面张力所引起的。微粒尺寸越小，这种表面内聚力就越大。

土的分类

根据粒度尺寸分布对土分类。微粒尺寸分类体系在不同国家有所不同。粘性土的分类同样要取决于其坚硬度。

最常用的土的分类系统之一是美国的联邦土分类系统 (USCS)，根据土的名称和字母标记把它分为15组。用于道路建筑的AASHTO (美国高速公路和运输协会) 分类体系，也是由美国研究出来的。

土同样可以分为更多的组，例如，粗粒或细粒，晶体或非晶体的，摩擦的或粘性的。

如果粗粒土中最高含有5%~10%的细粒土 (粉土和粘土)，它通常被认为是自流排水的。压实度是划分自流排水土和非自流排水土的一条重要界线。

压实阻力

在压实土的过程中，有三种压实阻力：摩擦力、内聚力和表面内聚力。

摩擦力是由微粒间的相互作用引起的，它是粗粒土中最主要的阻力。

内聚力是由最小微粒间的分子力造成的。它构成了细粒土中最主要的阻力源。

表面内聚力是由土中水分的表面张力引起的，它在土中或多或少都有一些。

一定的压实力下，绝大多数土能够在最佳含水量时达到最高的密实度。干土硬，压实阻力就大；而湿土则易于压实。但是，含水量越高，材料的密实度越低。最高的密实度对应干土和湿土之间的一个最佳含水量。判断最佳含水量最常用的方法是普氏试验。

干净的砂和砾石，还有其它自流排水的粗粒材料，对含水量不敏感，在完全干燥或含水饱和的状态下能够达到最大的密实度。当含水量介于干燥和饱和状态之间时，造成较低密实度的原因是表面内聚力。