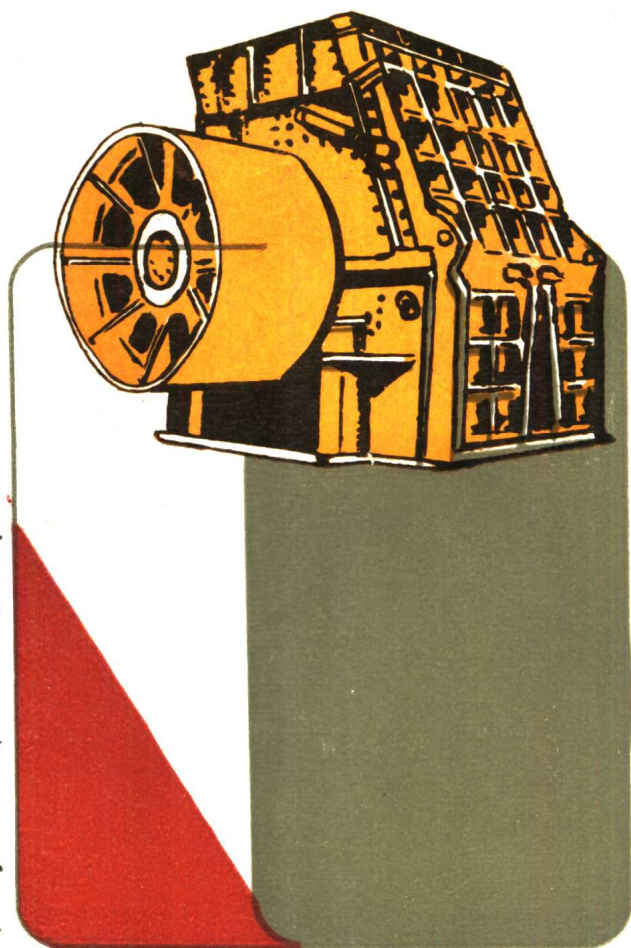


公路机械化施工丛书

石料的 破碎与筛分

智玉莲
韩志强
庞怡
编著

人民交通出版社



公路机械化施工丛书

石料的破碎与筛分

Shiliào De Péisuì Yǔ Shāifēn

智玉莲 韩志强 庞 怡 编著

人民交通出版社

公路机械化施工丛书
石料的破碎与筛分

智玉莲 韩志强 庞 怡 编著

插图设计：孙立宁 正文设计：周 元 责任校对：杨 杰

人民交通出版社出版发行
(100013 北京和平里东街10号)

各地新华书店经销
山西省图书馆印刷厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张：10.375 字数：227千

1991年6月 第1版
1991年6月 第1版 第1次印刷
印数：0001—6000册 定价：7.50元

ISBN7-114-01119-9
U · 00728

内 容 提 要

本书为《公路机械化施工》丛书之一，主要内容有：石料破碎与筛分的基本原理及生产工艺过程；破碎与筛分机械及输送机械的基本设计计算理论、构造原理与技术特点；破碎与筛分机械的基本技术性能、施工选用及安全使用和维护保养技术。此外，还专辟章节对移动式破碎筛分设备的结构原理与施工使用进行了阐述。该书取材广泛，叙述简明，具有较强的实用性。

该书主要可供机械设计及制造部门、公路与建筑工程部门的有关技术人员阅读使用，对于市政、水利、矿山、铁路等部门的技术人员而言，该书也有一定参考价值。

序

随着我国现代化建设事业的不断发展，我国公路建设事业也有了长足的进步，公路交通以其自身所独有的优势，在国家“大交通”体系中占有十分重要的地位。但与国民经济发展的实际需要相比，我国公路交通仍然处于落后的状态，仍是制约经济发展的重要因素。为此，下大力气尽快改变我国公路交通的落后面貌，已成为刻不容缓的重要任务。我国公路建设的近期构想是，到“八五”期末，全国公路总里程达111万km，其中高速公路为1500km，一、二级汽车专用公路为7000km，二级公路为6.2万km。可以预见，“八五”期间，我国的公路建设事业必将有一个较大的发展。

随着高等级公路建设的不断增多，当前公路建设的基本特点是工程量浩大、工程质量要求高、施工工艺复杂、建设周期要求短，且随着招投标制在我国的实行，要求施工企业注重施工的经济效益，这些要求是传统的人力施工所无法满足的。以现代化生产方式修建公路是当今公路建设的发展方向，而机械化施工则是实现公路建设向现代化大生产模式转变，尽快使我国公路建设摆脱落后面貌的重要措施。交通部已明确提出，在今后公路建设中，特别是高等级公路建设中，要求实行机械化施工，这是保证工程质量、提高经济效益的需要，是今后公路建设事业发展的必然趋势。

公路机械化施工，是指通过合理地选用施工机械，科学地组织施工以完成工程作业的全过程。机械化施工是一门既

需以理论作指导,又需具有实践经验,融机械施工使用知识与土木知识为一体的涉及多学科的实用技术。公路机械化施工主要包括土石方工程施工、路面工程施工、筑路材料与构件的生产、施工技术、施工组织与管理,以及施工机械基本结构和施工使用等内容。不可否认,公路建设从传统施工到机械化施工,确实是公路施工的一次革命,这同时也给我们带来许多新的课题,诸如:如何进行施工机械的合理选型及优化配置;如何有效地组织机械化施工;如何对施工过程进行科学管理;如何进行施工人员技术培训等等。摆在我们面前的课题是巨大的,这就促使我们去积极思考,以探求解决问题的办法。施工实践证明:进行机械化施工,仅有精良的设备是远远不够的,一定程度上讲,有一支技术过硬、业务素质好的机械化施工队伍,才能最大限度地发挥机械化施工的优越性。有鉴于此,我们尝试着编写了这套《公路机械化施工》丛书,以期对公路机械化施工的一些具体理论与实践进行初步的探讨。另一目的则是试图通过这套丛书的出版与发行,提高公路界同行对实行机械化施工必要性的认识,推动施工组织管理的改革。这套丛书是以我们所收集的大量国内外有关资料为基础,以先进性、通俗性、实用性为编写原则,几经修改而写就的。本丛书在内容安排与取舍方面,充分注意了土木知识与机械知识的相互渗透。可以说,这套丛书既是写给从事施工机械使用、管理的技术人员阅读的,也是写给土木工程技术人員阅读的。这样做的目的是要使学土木的多了解机械方面的知识,而学机械的多了解土木知识,以期达到在施工中相互配合与协调。

公路机械化施工所涉及的内容十分广泛,这次出版的四

本小册子，即：《路基施工及组织管理》、《压路机选型与压实技术》、《石料的破碎与筛分》、《平地机构造及施工使用》只反映了公路机械化施工的一小部分内容，之所以称其为丛书，目的在于抛砖引玉，希望能够看到更多的关于公路机械化施工的论著出版。我们衷心希望本书的出版发行，能在一定的程度上满足读者的需要。但是，鉴于我们水平有限，这套丛书的疏漏及不妥之处在所难免，希望广大读者不吝指正。

编著者

1990.12.25

山西·太原

目 录

第一章 概 论

- 第一节 破碎筛分机械在工程中的应用…………… (1)
- 第二节 破碎筛分产品的粒度…………… (2)
- 第三节 岩石破碎原理与破碎机械…………… (12)
- 第四节 碎石料的筛分与筛分机械…………… (28)
- 第五节 碎石料生产的工艺过程…………… (42)

第二章 压缩型破碎机械

- 第一节 颚式破碎机…………… (50)
- 第二节 圆锥破碎机…………… (83)
- 第三节 辊式破碎机…………… (112)

第三章 冲击型破碎机械

- 第一节 锤式破碎机…………… (136)
- 第二节 反击式破碎机…………… (153)

第四章 筛分机械

- 第一节 筛面的构造…………… (173)
- 第二节 振动筛…………… (180)
- 第三节 其它筛分机…………… (226)

第五章 输送机械

- 第一节 带式输送机的工作原理与构造…………… (236)
- 第二节 带式输送机的总体设计…………… (241)

第三节	带式输送机的主要零部件·····	(255)
第四节	给料机·····	(264)
第六章	移动式破碎筛分设备	
第一节	移动式破碎筛分设备的原理与构造·····	(278)
第二节	移动式破碎筛分设备的设计·····	(294)
第三节	移动式破碎筛分设备的使用·····	(318)
参考文献	·····	(323)

第一章 概 论

第一节 破碎筛分机械在工程中的应用

破碎筛分设备是一种可将开采得到的岩石破碎，并按一定规格进行筛分的机械设备。为满足各种基本建设工程对碎石料的需求，破碎筛分设备已成为一种不可缺少的施工设备。

在道路、建筑、水利等基本建设工程中，岩石材料是最基本的工程材料之一。其中使用量最大的则是各种不同粒度的碎石料，它包括粒度较大的碎石和粒度较小的砂。这些碎石料主要用作各种混凝土的骨料。例如，在水泥混凝土中，骨料的用量占混凝土总重量的80%以上。

大量的碎石骨料，尤其粒度较大的碎石，主要采用人工制备生产的方法获得，即使用破碎、筛分机械设备生产所需的碎石料。当工程规模较小时，也可直接采集天然砾石、砂满足工程的需要。

一般而言，天然的砂、砾石料多呈圆形，表面积小，而人工生产的碎石料具有棱角，有较大的表面积。因此，人工生产的碎石料与水泥、沥青等材料能较好地结合，制成的混凝土质量较高。同时，人工生产的碎石料粒度均匀，并可按需要生产不同的规格，这也是天然砂石料在质量方面所不能达到的。在对混凝土质量要求较高的工程中，所用的砂、石料

全部采用机械生产。

矿业工程中，破碎筛分设备是选矿厂的主要设备，广泛应用于矿石的破碎、筛选、分级等作业。在建材工业，如水泥、玻璃、耐火材料等的生产中，绝大多数都要使用破碎筛分设备来处理原料。

第二节 破碎筛分产品的粒度

粒度表示了碎石料尺寸的大小。在实际工程中，碎石料的粒度是最主要的指标，有时甚至是碎石料的唯一使用指标。

一、粒度的表示法

破碎筛分作业中，根据具体使用要求，粒度可有以下几种不同的表示方法。

1. 单块碎石的粒度

碎石一般都是不规则的几何体，需要用几个尺寸反映其大小，通常用平均直径或等值直径来表示。

1) 平均直径 平均直径 d 通常用来表示破碎机的进料和排料中最大石块的粒度。碎石用平均直径表示其粒度，当碎石料呈扁平状时，粒度为：

$$d_p = \frac{l+b}{2} \quad (1-1)$$

当各方向尺寸相差不大，即非扁平状时，粒度为：

$$d_p = \frac{l+b+t}{3} \quad (1-2)$$

式中：\$l\$、\$b\$、\$t\$——分别为碎石块的长度、宽度、厚度。

2) 等值直径 等值直径\$d_z\$通常用来表示细小碎石料的粒度，等值直径的大小为：

$$d_z = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}} \approx 1.24 \sqrt[3]{V} \quad (1-3)$$

式中：\$V\$——碎石颗粒的体积。

在已知颗粒的质量和密度后，等值直径则可按下式求得：

$$d_z = 1.24 \sqrt[3]{\frac{G}{\rho}} \quad (1-4)$$

式中：\$G\$——单颗碎石的质量；

\$\rho\$——碎石颗粒的密度。

2. 粒级的粒度

粒级指的是通过筛孔尺寸为\$d_1\$的筛面而留在筛孔尺寸为\$d_2\$的筛面上的碎粒群。这种混合起来的碎石颗粒群的规格，既不可以用其中最大颗粒的粒度来表示，也不可以用最小颗粒的粒度来表示，通常用下列方法表示：

$$-d_1 + d_2 \text{ 或 } d_1 \sim d_2 \quad (1-5)$$

式(1-5)的意义就是通过\$d_1\$筛孔后，留在\$d_2\$筛孔的筛面上的粒群粒度，即粒级的粒度。或者说，粒级的粒度在\$d_1\$到\$d_2\$之间。

在粒级粒度范围很窄时，即\$d_1\$与\$d_2\$的差距很小时，也可用平均直径表示其粒度：

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (1-6)$$

二、碎石产品的粒度分析

确定碎石产品粒度组成的分析方法，可采用筛分分析（简称为筛析）。通过筛析，可鉴定碎石产品的粒度特性，也可鉴定破碎筛分原料的粒度特性，以便选择合适的破碎筛分设备或生产工艺流程。

筛析一般在标准筛中进行。标准筛是由一系列不同筛孔的筛子按标准筛制排列而成的套筛，它的筛孔尺寸由上而下逐步减小。标准筛的筛孔为正方形，其筛面一般为编织筛网。筛孔尺寸较大时，也可采用冲孔筛板。

筛析时，将称量好的试样置于标准筛的最上层筛面上，然后放在振动器上进行筛分，一般需要10~30min时间。筛分结束后，把每层筛上物料分别进行称量，用试样的总重量分别除以每一粒级物料的重量，就可得到各个粒级的相应产率，或相对含量。留在筛面上的物料称为筛上产品，筛上产品量与试样总重量之比的百分数，称为筛余。

根据筛析结果，可以绘制出粒度特性曲线。粒度特性曲线直观地反映了产率与不同粒度之间的关系。粒度特性曲线的形式主要有：

1. 个别产率的粒度的曲线〔如图1-1a〕〕这是以每个粒级的产率为纵坐标，以粒度为横坐标绘制而成的曲线，由曲线可以明显地看出碎石料的粒度组成情况。

2. 累积产率时粒度的曲线〔如图1-1b〕〕这是以筛上产品的累积含量为纵坐标，以粒度为横坐标绘制而成的曲线。这种曲线比较常用，它可以反映在一定粒度时的总产量，也可由曲线的形状反映物料的粒度组成。

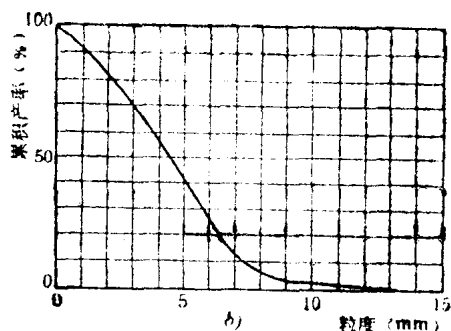
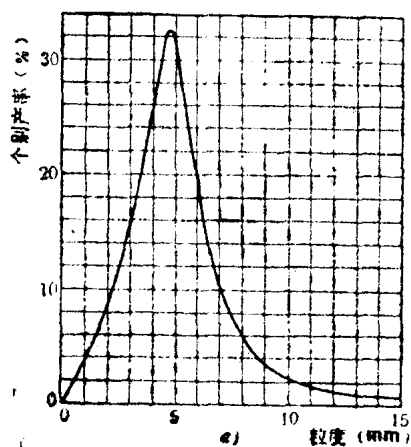


图1-1 粒度特性曲线

a) 个别生产率时; b) 累积产率时

实际生产中, 粒度特性曲线除了反映碎石产品的 粒度组成外, 还可比较不同石料的破碎难易程度, 不同破碎机的破碎效果。图1-2表示了不同原料的 粒度特性, 图1-3则表示了不同岩石在颚式破碎机中破碎的效果。粒度特性曲线向

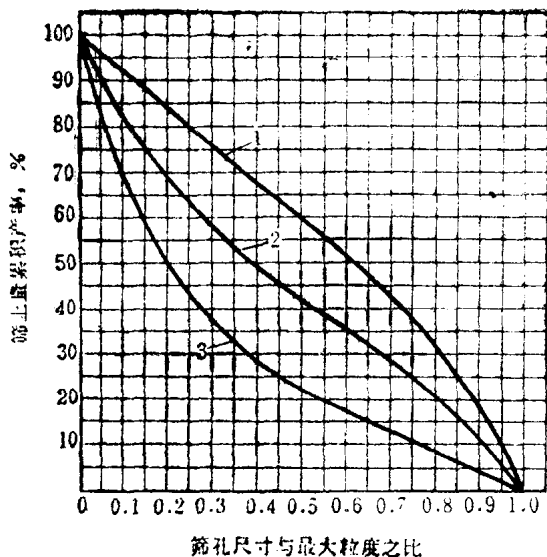


图1-2 不同原料的粒度特性曲线

1-难碎性石料；2-中等可碎性石料；3-易碎性石料

上凸起，表明了粗粒级颗粒含量较多，属于难碎性材料；曲线凹下，表明了细粒级颗粒含量较多，属于易碎性材料；而曲线近似于直线，则表明各种粒级的颗粒所占含量大致相等，属于中等可碎性材料。

三、道路工程用碎石料的粒度

道路工程中使用的碎石料主要有碎石和砂两种。碎石料是各种混凝土的骨料，一般而言，粒度在2mm以上的称为砾石，2~0.074mm的则为砂。

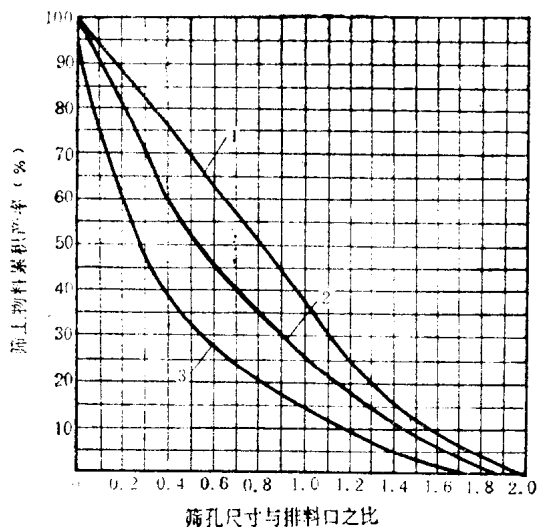


图1-3 颚式破碎机的排料粒度特性

1-难碎性石料；2-中等可碎性石料；3-难碎性石料

1. 砂

砂是水泥砂浆、水泥混凝土、沥青混凝土和沥青砂的主要原料。砂的来源有天然砂（山砂、河砂、海砂）和人工砂（机制砂）两种。天然砂的成本较低，可以就地取材，故使用较多。而人工砂的质量高，受自然条件的限制少，得到了越来越广泛的应用。

砂的分类有下述几种方法：

1) 按粗细粒度分类，这种分类方法根据砂的颗粒粒度进行分类，可查表1-1确定砂的粗细度。

2) 按细度模数分类 这种分类方法是根据砂中的粒度

粗 细 度 分 类 表

表1-1

类 别	保留筛孔尺寸 (mm)(重量%)		
	1.0	0.5	0.25
粗 砂	≥50	—	—
中 砂	< 50	≥50	—
细 砂	—	< 60	≥40
极细砂	—	—	< 40

分布计算得到的，细度模数为：

$$M = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5}{100} \quad (1-7)$$

式中： A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 A_5 ——分别为存留在筛孔尺寸为0.15、0.30、0.60、1.2、2.5mm的各筛子的筛上产品的累积产率(%)。

计算出细度模数后，可查表1-2确定砂的粗细程度。

砂按细度模数分类表

表1-2

类 别	细 度 模 数
粗 砂	3.2~4.0
中 砂	2.5~3.2
细 砂	1.8~2.5

3) 按平均粒径分类 这种方法也是根据砂中粒度的分