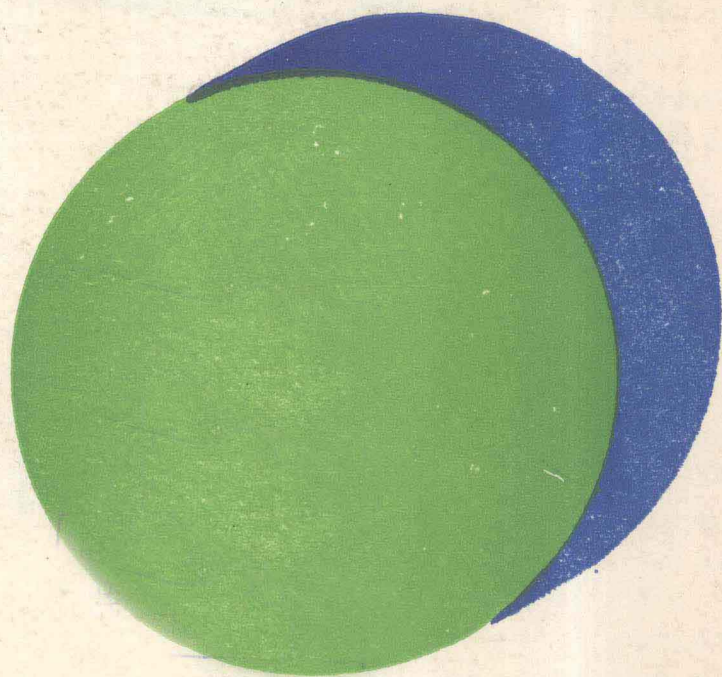


郭载冈 主编

砂轮厂 机械设备

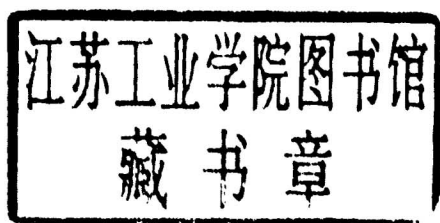


华中理工大学出版社



砂轮厂机械设备

郭载冈 主编



华中理工大学出版社

砂轮厂机械设备

郭载冈 主编

责任编辑 钟小珉

*

华中理工大学出版社出版发行

(武昌喻家山)

新华书店湖北发行所经销

华中理工大学出版社沔阳印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 14.5 字数: 341 000

1991年6月第1版 1991年6月第1次印刷

印数: 1-2 500

ISBN 7-5609-0551-X/TH·49

定价: 3.80元

内 容 简 介

本书介绍了砂轮厂常用的通用机械设备和主要的专用机械设备,并结合工艺着重阐述了各类主要设备的工作原理、结构特点、主要技术参数、适用范围和发展方向。全书共十章:粉碎概论、破碎设备、粉磨设备、分级设备、磁选设备、混料设备、成型设备、砂轮加工设备、检测设备(仪器)、除尘设备。

本书可作为磨料磨具专业的高等专科学校、职工大学(职工培训)的教材及中等专科学校的参考教材,也可供磨料磨具、陶瓷、电瓷行业的设备管理、设备维修、机械设计和有关的工程技术人员参考。

前 言

磨料磨具行业是涉及到高分子、硅酸盐、固体物理、机械、冶炼等多学科的行业,其产品广泛用于机械制造、冶金化工、建筑材料、航天航空工业等,是实现四化建设的重要组成部分。

新中国成立后,特别是党的十一届三中全会以来,我国磨料磨具行业得到了迅速的发展。目前,我国大约生产刚玉15万吨、碳化硅5万吨、人造金刚石3000万克拉、无机磨具7万吨、有机磨具2万吨,我国磨料磨具的总产量居世界第三位。但是,磨料磨具行业的生产设备和测试手段却十分落后,与该行业的发展极不相称,繁重的体力劳动、恶劣的工作环境和陈旧的生产方式严重地影响着产品质量和经济效益的进一步提高。近十年来,该行业逐步地认识到生产工艺和设备之间的相互关系,即先进的设备要有先进的工艺相配合,先进的工艺必须用先进的设备来保证;否则,就不可能高效率地生产出高质量的产品。因此,自1978年以来,由机电工业部郑州磨料磨具磨削研究所(以下简称郑州磨料所)牵头联系了第一砂轮厂、第二砂轮厂、机电工业部第六设计研究院、济南铸锻研究所、天津锻压机械厂、合肥锻压机械厂、太原重型机器厂、无锡机床厂、湖州机床厂、浮山机械厂等25个单位,组成了磨料磨具专用设备联合设计组,先后设计了3150吨、1600吨、630吨的磨料制品油压机、逆流轮碾混料机、砂轮平面磨床、砂轮外圆对磨机、回转试验机、三滚筒磁选机、六滑座金刚石压机等专用设备。最近,郑州磨料所在设计专用设备的基础上(如八工位成型机组、PVA砂轮搅拌机),重点研制了数显喷砂硬度机、音频硬度计、磁性物分析仪、冲击强度测量仪等检测设备和仪器,这对我国磨料磨具行业的进一步发展起到了一定的促进作用。但生产过程中的检测设备和仪器(如冶炼刚玉的炉前快速分析仪、成型料的干湿度测定仪、普通磨具的窑前探伤仪、高速回转试验机等)尚处在探索研制阶段,与国外先进的设备和仪器相比还存在很大的差距。

1987年,国家机械委在南京召开的磨料磨具行业的工艺工作会议上,正式下达了由郑州磨料所牵头,组织全行业完成磨料磨具专用设备和仪器自我武装的任务。1988年,机电工业部机床工具司又在郑州和淄博分别召开了磨料磨具专用设备会议,制订了发展规划,要求在近期内使行业主要企业的生产设备达到工业发达国家70年代的水平,逐步向行业提供先进的、适用的、具有我国特点的生产设备和检测仪器。为了配合完成这一任务,编者根据高等专科磨料磨具专业的教学计划和磨料磨具机械设备课程的教学大纲,联合了郑州磨料所、第二砂轮厂、第四砂轮厂、机电工业部第六设计研究院等单位的工程技术人员编写了这本教材。

全书以普通磨料和陶瓷磨具的生产过程为基础,将砂轮厂常用的通用机械设备和主要的专用机械设备有机地联系起来,着重阐述了各类设备的工作原理、结构特点、主要参数、适用范围和发展情况,使学生具有“宽而实”的知识面及正确选用和使用设备的能力、了解设计砂轮厂主要设备时应考虑的问题和解决的途径。本书力求全面反映近期来行业在科研、设计、引进等工作方面所取得的成果和国外的先进技术。它是一本系统介绍砂轮厂机械设备的教学用书,也可供有关的工程技术人员参考。至于,有关砂轮厂使用的烘干炉、倒焰窑、隧道窑、冶炼炉等热工设备的介绍,另有专册,不在本书的编写范围之内。

全书共十章。参加编写的人员有：郑州机械专科学校副教授郭载冈（第一至五、七、九、十章）；郑州磨料所工程师李静（第六章）、曲茂章（第七章）、阎家兴（第八章）、洪涛（第九章）；第二砂轮厂中专学校教师柴岗（第二、五章）；第四砂轮厂工程师沈智中（第七、八章）；郑州机械专科学校讲师李遵瑞（第三、六章）、栗政新（第八章）。此外，参加编写的人员还有：郑州磨料所徐冰、刘海州；第二砂轮厂周述炯、张金怡等。全书由郭载冈主编并修改定稿，柴岗校阅。

该书由郑州磨料所设备仪器研究部主任邹甫骏（高级工程师）主审。参加审稿的有：郑州磨料所的所长贺以权（高级工程师）、副总工程师尹可荣（高级工程师）；第二砂轮厂的厂长郝延忠（高级工程师）、总工程师黄秉麟（高级工程师）、总机械师詹金尧（高级工程师）、蔡礼明（高级工程师）；第四砂轮厂的总工程师黄永年（高级工程师）；机电工业部第六设计研究院的赵显章（高级工程师）、邹祖锡（高级工程师）；中国磨料磨具工业公司的副总工程师梁绪田（高级工程师）、李印江（高级工程师）等。

该书在编写过程中，曾得到中国磨料磨具工业公司、郑州磨料所、第二砂轮厂、第四砂轮厂、机电工业部第六设计研究院的领导和工程技术人员的热情支持和帮助；在出版过程中，还得到第二砂轮厂、第四砂轮厂、中国磨料磨具工业公司、郑州磨料所的大力资助。在此，谨向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，兼之时间仓促、资料不全，因此书中的缺点和错误在所难免，殷切希望读者批评指正。

编 者

1990年12月

目 录

第一章 粉碎概论	(1)
第一节 粉碎作业在磨料磨具生产过程中的作用	(1)
第二节 粉碎作业	(2)
第三节 粉碎理论的简介	(6)
第四节 粉碎物料的新方法	(8)
第二章 破碎设备	(9)
第一节 颚式破碎机	(9)
第二节 圆锥破碎机	(17)
第三节 冲击式破碎机	(27)
第四节 辊式破碎机	(31)
第三章 粉磨设备	(35)
第一节 球磨机	(35)
第二节 自磨机	(48)
第三节 振动磨	(54)
第四节 其它粉磨设备	(57)
第四章 分级设备	(62)
第一节 概述	(62)
第二节 摇动筛	(66)
第三节 振动筛	(68)
第四节 其它机械分级设备	(72)
第五节 流体分级设备	(74)
第五章 磁选设备	(86)
第一节 概述	(86)
第二节 三滚筒磁选机	(90)
第三节 对极式双辊磁选机	(93)
第四节 湿式磁选设备	(95)
第六章 混料设备	(98)
第一节 概述	(98)
第二节 逆流混料机	(102)
第三节 逆流轮碾混料机	(105)
第四节 陶瓷磨具配混料生产系统	(107)
第七章 成型设备	(112)
第一节 概述	(112)
第二节 YT32-630型四柱通用油压机	(115)
第三节 转盘和卸模机构	(120)
第四节 磨具自动成型压机	(126)
第五节 国外磨具成型设备的介绍	(137)

第八章 砂轮加工设备	(150)
第一节 概述	(150)
第二节 砂轮平面磨床	(150)
第三节 砂轮外圆磨床	(153)
第四节 砂轮内圆磨床	(157)
第五节 砂轮加工车床	(159)
第六节 砂轮灌孔机	(166)
第七节 砂轮加工设备的发展情况	(168)
第九章 检测设备 (仪器)	(170)
第一节 概述	(170)
第二节 磨具硬度的检测设备	(171)
第三节 砂轮回转强度的检测设备	(185)
第四节 砂轮静不平衡的检测设备	(190)
第五节 其它检测设备	(193)
第十章 除尘设备	(200)
第一节 概述	(200)
第二节 旋风除尘器	(201)
第三节 袋式除尘器	(209)
第四节 湿式除尘器	(214)
第五节 电除尘器	(216)
第六节 含尘空气的输送管路和通风机	(220)
主要参考文献	(222)

第一章 粉 碎 概 论

第一节 粉碎作业在磨料磨具生产过程中的作用

用外力克服固体物料的内聚力并将其分裂的操作称为粉碎。将大块物料粉碎成小块，一般称为破碎；将小块物料粉碎成细粉，一般称为粉磨。与这两者相应的机械设备分别称为破碎设备和粉磨设备。

依据处理物料的尺寸，破碎分为：粗碎——将物料碎至100mm左右，中碎——将物料碎至30~100mm，细碎——将物料碎至3~30mm；粉磨分为：粗磨——将物料磨至0.1~0.3mm，细磨——将物料磨至0.06~0.1mm，超细磨——将物料磨至0.06mm以下。

砂轮厂主要生产两类产品——磨料和磨具，这两类产品在生产过程中都需要经过粉碎作业。例如，棕刚玉磨料的生产工艺流程如图1-1所示。

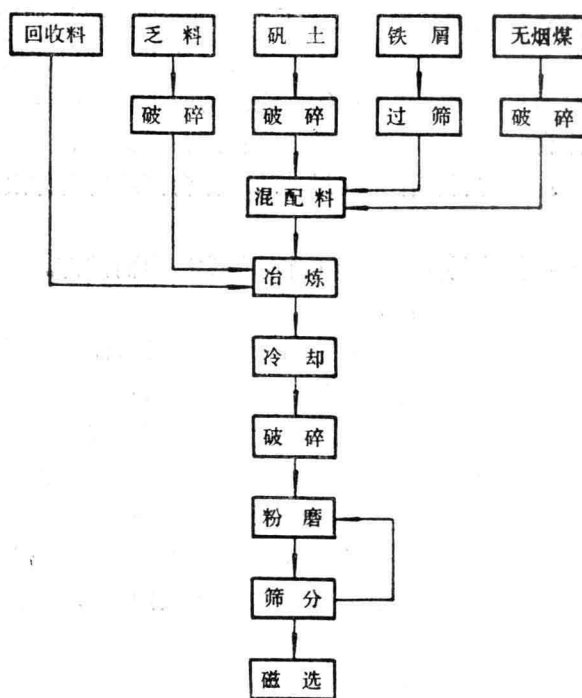


图1-1 棕刚玉磨料的生产工艺流程

按照国家标准（GB2477—83）的规定，磨料只有粉碎到满足一定的粒度要求时，才能用于制造各种不同用途的磨具。至于制造磨具的结合剂，其原材料（如陶瓷砂轮所用的粘土、长石等）也必须经过充分地粉磨加工，才能使结合剂颗粒均匀地包裹在每颗磨粒的周围。而且结合剂的颗粒愈细，其比表面积（单位质量物料的表面积）愈大，反应能力也愈强，愈能促使磨粒与磨粒之间形成均匀而可靠的“结合桥”，从而使结合剂真正起到结合的作用。由此

可见，粉碎设备是砂轮厂不可缺少的基本设备之一，粉碎作业的质量，也是保证磨料磨具质量的重要因素之一。

第二节 粉 碎 作 业

一、粉碎的方法

通常机械粉碎的主要方法如图1-2所示。

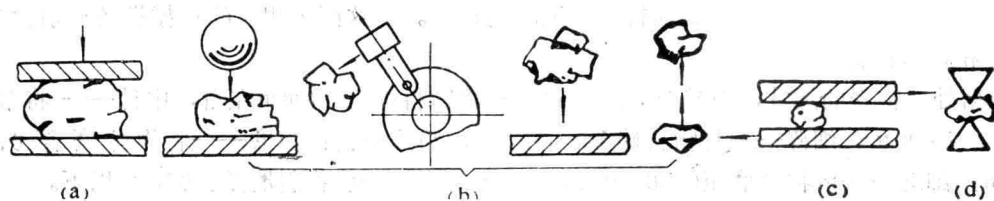


图1-2 机械粉碎的主要方法

(a) 压碎; (b) 击碎; (c) 磨碎; (d) 劈碎

1) 压碎 (图1-2a)：使物料在两个破碎工作面间受到缓慢增加的压力而破碎。

2) 击碎 (图1-2b)：使物料受到冲击力而破碎。冲击力可以在以下三种情况下产生：

①工作体对搁置在工作台面上的物料碰击；②高速运动的工作体向悬空的物料碰撞；③高速运动的物料向固定的工作台面碰击或高速运动的物料间相互碰撞。

3) 磨碎 (图1-2c)：使物料在作相对运动的工作台面或研磨体之间受到摩擦和剪切的作用而粉碎。

4) 劈碎 (图1-2d)：使物料受到楔形工作体的尖劈力而破碎。

此外，还有折断、撕碎等粉碎方法。

从机械观点看，粉碎的过程就是对物料施加一定的破碎力而使其不断破碎的过程。在这一过程中存在两种力：一方面是破碎力；另一方面是物料抵抗破碎的能力。粉碎效果与这两种力有密切的关系。因此，在选用粉碎机械时，既要了解粉碎机械的性能特点，又要考虑物料的机械强度，才能获得良好的粉碎效果。一般来讲，对于粗碎和中碎脆硬物料的作业，用压碎或劈碎的方法所消耗的能量少，设备的磨损也比较小；对于粉磨作业，用磨碎的方法效果较好。但是，工业上所使用的粉碎设备通常是以一种粉碎方法为主，伴随有其它的粉碎作用。如颞式破碎机以压碎为主，但又有磨碎和弯曲粉碎作用；球磨机以击碎为主，但又有磨碎作用。

二、粉碎设备的主要技术参数

衡量粉碎设备的主要技术参数有粉碎比、操作强度、单位能耗等。

1. 粉碎比

粉碎比是物料在粉碎前后尺寸的变化程度，以 i 表示。设物料在粉碎前后的平均尺寸分别为 D 和 d ，则平均粉碎比为

$$i = \frac{D}{d} \quad (1-1)$$

对于破碎设备，为了简明地说明和比较设备的破碎程度，也可用破碎机的最大进料口尺

寸与最大出料口尺寸之比作为设备的公称粉碎比来进行比较。但是，由于进料块的尺寸总是小于破碎设备的进料口尺寸，因此对于破碎设备，物料的平均粉碎比小于设备的公称粉碎比，通常约为公称粉碎比的70~90%。在选用破碎设备时，要特别注意这一点，应当把设备的公称粉碎比选得比粉碎工艺上所要求的平均粉碎比大20%左右，这样才能满足破碎工艺的要求。

粉碎比是确定粉碎工艺和选用粉碎设备的依据。在多级粉碎中，如三级粉碎：第一级为颚式破碎机，粉碎比为 i_1 ；第二级为圆锥破碎机，粉碎比为 i_2 ；第三级为球磨机，粉碎比为 i_3 ，则总的粉碎比为

$$i_{\Sigma} = i_1 i_2 i_3$$

如果是 n 级粉碎，则总的粉碎比为

$$i_{\Sigma} = i_1 i_2 \cdots i_n \quad (1-2)$$

2. 操作强度

操作强度是粉碎设备的生产能力与粉碎设备本身的重量之比。若粉碎设备的生产能力（即每小时粉碎物料的重量）为 $Q(\text{t/h})$ ，粉碎设备本身的重量为 $G(\text{t})$ ，则粉碎设备的操作强度为

$$E = \frac{Q}{G} \left(\frac{\text{t}}{\text{h}} / \text{t} \right) \quad (1-3)$$

3. 单位能耗

粉碎设备粉碎单位重量的物料时所消耗的能量，称为单位能耗，用 A 表示，即

$$A = \frac{N}{Q} \quad (\text{kW} \cdot \text{h/t}) \quad (1-4)$$

式中， N ——粉碎设备的功率(kW)。

显然，就是用同一种设备粉碎不同的物料时，其 E 、 A 也是不相同的。如果在满足同一粉碎比的条件下，设备的操作强度大而单位能耗又小，则经济效益就好。

粉碎不同的物料时，为了说明物料粉碎的难易程度，可用易碎系数 K 进行比较，设 A_s 为标准物料的单位能耗， A 为实际物料的单位能耗，则易碎系数为

$$K = \frac{A_s}{A} \quad (1-5)$$

三、粉碎的工艺流程

粉碎的工艺流程分为开式和闭式两种。开式流程如图1-3a所示，从粉碎设备出料口排出的物料全部为产品，这种粉碎流程的产品粒度不会很均匀。实践证明：在磨机内大部分物料在较短的时间内就能达到细度的要求，只有一小部分物料需经过长时间的粉磨才能达到细度的要求。因此在开式流程中，物料将发生过粉碎现象，这些过粉碎物料还会包裹着大颗粒的物

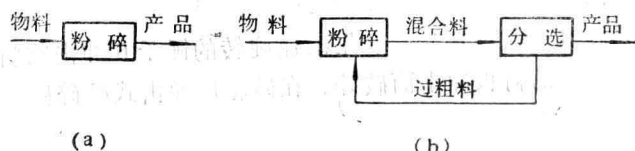


图1-3 粉碎的工艺流程示意图

(a) 开式流程；(b) 闭式流程

料，就象包上了一层缓冲衬垫，使粉碎效果降低。开式流程的优点是：设备简单，粉碎流程短；缺点是：物料在粉碎机中的时间长，生产能力低，单位能耗大。

闭式流程如图1-3b所示，物料在磨机内粉碎后，再经分选，凡达到细度要求的物料成为产品，而过粗的物料重新返回到磨机内继续粉碎。闭式流程的优点是：产品粒度比较均匀，过粉碎现象少，生产能力高，单位能耗小；缺点是：工艺流程较复杂，附属设备多，需要电气连锁，其控制系统较开式的复杂。

在砂轮行业中，刚玉和碳化硅磨料的破碎一般选用开式流程，其粉磨一般选用闭式流程。

四、粉碎设备的分类及其工作特点

1. 破碎设备的分类及其工作特点

破碎设备按工作原理和结构特征分为以下几种。

1) 颚式破碎机(图1-4a)：工作部分由固定颚1和可动颚2组成，当可动颚周期性地靠近固定颚时，物料受到挤压的作用而破碎，同时，由于固定颚和可动颚的破碎板表面具有波纹状牙齿，因此物料也会受到劈碎和折断的作用。在砂轮厂颚式破碎机主要用于粗碎和中碎刚玉块、长石、粘土等物料。

2) 圆锥破碎机(图1-4b)：破碎部件由两个不同轴的圆锥体——固定的外锥体3和转动的内锥体4组成，内锥体以一定的偏心距绕外锥体的轴心线作圆锥运动，物料在两锥体之间受到挤压和折断的作用而破碎。圆锥破碎机主要有旋回破碎机和菌形圆锥破碎机两类。在砂轮厂，菌形圆锥破碎机主要用于中碎和细碎矾土等物料，而旋回破碎机尚未使用。

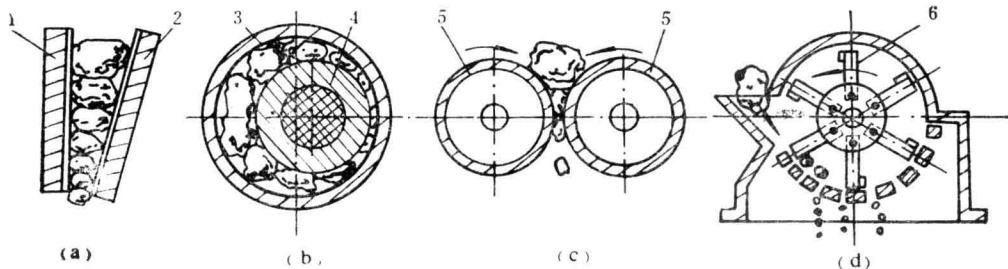


图1-4 破碎设备的主要类型

(a) 颚式破碎机；(b) 圆锥破碎机；

(c) 辊式破碎机；(d) 冲击式破碎机

1—固定颚；2—可动颚；3—外锥体；4—内锥体；5—辊子；6—锤子

3) 辊式破碎机(图1-4c)：物料在两个平行且反向转动的圆柱形辊子5中受到压碎(光辊)或压碎和劈碎(齿辊)的作用而破碎，如果两个辊子的转速不同，则还伴有磨碎的作用。在砂轮厂，辊式破碎机主要用于粉碎刚玉磨料。

4) 冲击式破碎机(图1-4d)：利用高速旋转的锤子6冲击物料使物料破碎，或物料本身以高速向固定不动的衬板冲击而破碎。在砂轮厂冲击式破碎机主要用于细碎焦炭和矾土等物料。

2. 粉磨设备的分类及其工作特点

粉磨设备按工作原理和结构特征分为以下几种。

1) 球(棒)磨机(图1-5a)：物料和研磨体1放在旋转的筒体2中，在离心力的作

用下，研磨体被筒体带到一定的高度，然后向下抛落，将物料击碎和磨碎。一般装有球形研磨体（如钢球、瓷球等）的称为球磨机；装有棒形研磨体（如钢棒、钢段等）的称为棒磨机。在砂轮厂球磨机主要用于粉磨刚玉、碳化硅、长石、粘土等物料。

2) 自磨机(又称无介质磨机)：其工作原理与球磨机的相似，但自磨机的筒体内不装研磨体，而是靠物料本身在筒体内相互撞击和研磨而粉碎。在砂轮厂自磨机主要用于粉碎刚玉磨料。

3) 环辊磨机(又称雷蒙磨机)：图1-5b所示为悬辊式环辊磨机的示意图。辊轮2悬挂在支架3上，当主轴4旋转时，辊轮由于离心力的作用(也有用弹簧压紧的)紧贴在磨环1上转动，物料在辊轮与磨环中间被粉磨，然后由下面进入的空气带起从上部排出。在砂轮厂环辊磨机主要用于细磨长石、粘土等物料，以及普通磨料的微粉加工。

4) 振动磨(图1-5c)：物料和研磨体2装在筒体1中，筒体受周期性惯性力的作用发生高频(1000~3000次/分)振动，物料受到研磨体多次短促的撞击而粉碎。在砂轮厂振动磨主要用于细磨长石、粘土等物料。

5) 轮碾机(图1-5d)：物料在旋转的圆盘2上被圆柱形碾轮1压碎及磨碎。在砂轮厂轮碾机可用作磨料的整形和细粒度磨具的混料设备。

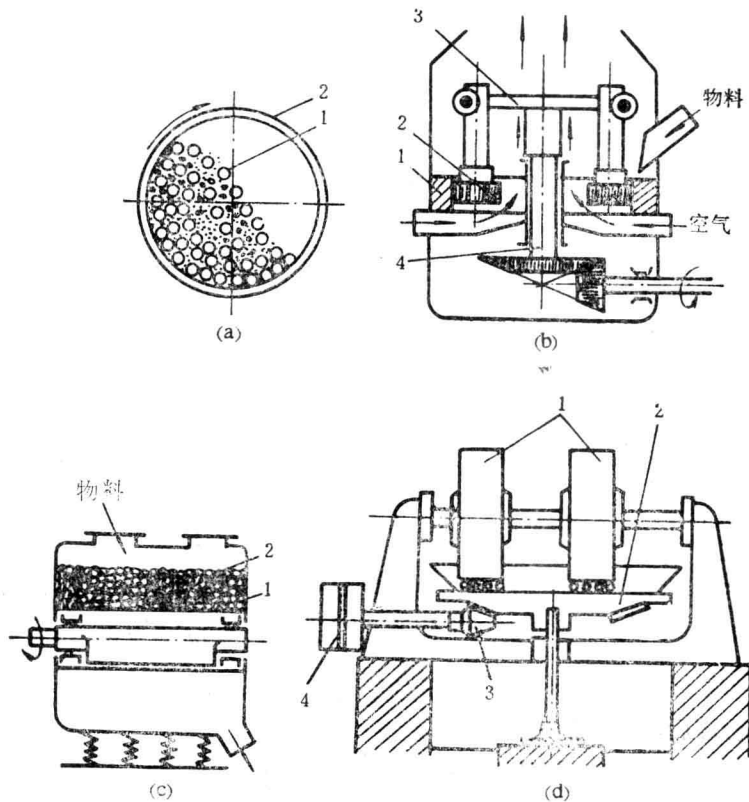


图1-5 粉磨设备的主要类型

(a) 球(棒)磨机; (b) 悬辊式环辊磨机; (c) 振动磨; (d) 轮碾机

图a中: 1—研磨体; 2—筒体

图b中: 1—磨环; 2—辊轮; 3—支架; 4—主轴

图c中: 1—筒体; 2—研磨体

图d中: 1—碾轮; 2—圆盘; 3—圆锥齿轮; 4—皮带轮

五、对粉碎设备的结构要求

粉碎设备经常在重负荷和粉尘较大的环境下工作，为了保证粉碎设备的安全性和可靠性，在结构上粉碎设备必须满足以下要求：

- 1) 給料口及排料口必须备有安全保护装置；
- 2) 应尽量减少粉尘（特别是砂轮厂的粉尘含有大量的磨料）对设备的磨损，对运动部件要设计可靠的防尘装置；
- 3) 应当有较简单而有效的保险装置，防止设备过载；
- 4) 应当保证能迅速而容易地更换易损零、部件，在设计时应使这些零、部件的数量较少，重量较轻，形状简单，便于制造和维修；
- 5) 能迅速可靠地调整粉碎比。

第三节 粉碎理论的简介

物料粉碎时，尺寸由大变小，单位质量的表面积不断增加，同时要消耗一定的能量。由于粉碎过程十分复杂，受到诸如物料的性质、形状、块（粒）度大小、分布规律及设备的类型和操作方法等诸因素的影响，因此尽管长期以来许多国内外的专家、学者作了大量深入的研究探讨，但至今还没有一个完善的、能全面概括粉碎过程的理论。现有的理论只提出了在一定的程度上近似反映客观实际的一些假说。其中，表面积假说、体积假说、裂纹假说这三种为举世所公认。但由于每一种假说都是从不同的角度来分析问题，存在一定的局限性，因此它们的物理根据和导出的数学表达式也是不同的。

一、表面积假说——P. R雷廷格（Rittinger）学说（1867年）

表面积假说认为：粉碎物料时所消耗的能量与粉碎过程中物料新生成的表面积成正比。表面积假说的物理基础是，认为物体内部的粒子被周围相邻的粒子所包围，彼此吸引，使物体内部的粒子受力处于相对平衡的状态，而物体表面的粒子则受到内部粒子的巨大吸引力（表面张力）的作用，使物体的表面积尽量缩小。因此，要使物料粉碎，必须克服表面张力而作功。由于物料粉碎得越细，新生成的表面积越大，所消耗的能量越多，因此粉碎的能耗与粉碎过程中新生成的表面积成正比。

设物料粉碎前后均为球形，粉碎前后物料的直径分别为 D 和 d ，物料的密度为 ρ 。单位质量的物料的表面积（即比表面积）在粉碎前后分别为 S_1 和 S_2 ，则

$$S_1 = \frac{\pi D^2}{\pi D^3 \rho / 6} = \frac{6}{D\rho}, \quad S_2 = \frac{\pi d^2}{\pi d^3 \rho / 6} = \frac{6}{d\rho}$$

G 质量的物料粉碎后新生成的表面积为

$$G(S_2 - S_1) = \frac{6}{\rho} \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right) G$$

根据表面积假说，粉碎 G 质量的物料所消耗的能量 A 与新生成的表面积成正比，令比例系数为 C' ，则

$$A = C' \frac{6}{\rho} \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right) G$$

一般，

$$A = CG \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right) = CG \frac{i-1}{D} \quad (1-6)$$

式中, C ——与材料的性质和形状有关的系数, $C = 6C' / \rho$, 由实验确定。

式(1-6)说明, 粉碎物料所消耗的能量除了与粉碎比有关外, 还与物料原来的尺寸有关。在相同粉碎比的条件下, 物料原来的尺寸愈小, 所消耗的能量愈多, 即物料愈难粉碎。

实践证明: 表面积假说较适用于计算粉磨作业所消耗的能量。

二、体积假说——B.П吉尔皮切夫 (Кирличев) 学说 (1874年)

或F.基克 (Kick) 学说 (1885年)

体积假说认为: 将几何形状相似的同种物料粉碎成同样形状的产品时所消耗的能量与物料的体积或质量成正比。体积假说的物理基础是, 任何物体受到外力的作用后必然在物体的内部产生应力和应变, 应力和应变随外力的增加而增加, 当应力达到物体的强度极限时将导致物体破坏。

若粉碎前后物料的尺寸分别为 D 和 d , 设 G 质量的物料分 n 次粉碎, 每次的粉碎比 i 相同, 则总的粉碎比为

$$\begin{aligned} i_z &= \frac{D}{d} = i^n \\ n &= \frac{\lg i_z}{\lg i} \end{aligned} \quad (1-7)$$

根据体积假说, 每粉碎一次物料所消耗的能量为

$$A_1 = KG$$

式中, K ——比例系数。

从 D 粉碎到 d 总共要粉碎 n 次, 则所消耗的总能量为

$$A = nA_1 = nKG = \frac{\lg i_z}{\lg i} KG$$

令 $K_* = \frac{K}{\lg i}$, 则

$$A = K_* G \lg i_z = K_* G \left(\lg \frac{1}{d} - \lg \frac{1}{D} \right) \quad (1-8)$$

式中, K_* ——与被粉碎材料的性质、强度有关的系数, 由实验确定。

实践证明: 体积假说较适用于计算破碎作业所消耗的能量。

三、裂纹假说——F.C榜德 (Bond) 学说 (1952年)

裂纹假说认为: 粉碎一块物料时, 外力所作的功首先使物料发生变形, 当局部变形超过临界变形时, 即产生裂纹。根据体积假说, 这一部分的能量是与物料的体积 V 成正比。当裂纹向纵深发展时会逐步形成新的断面, 使物料破碎, 这时输入的功有一部分转化为物料新生成的表面积 S 的表面能。根据表面积理论, 这一部分的能量是与新生成的表面积成正比。如果等量考虑这两部分能量的消耗, 则粉碎物料所需的能量应当与上述两项的几何平均值成正比, 即与 $\sqrt{VS} = \sqrt{D^3 D^2} = \sqrt{D^5}$ 成正比 (假定物料为正立方体, 边长为 D); 而粉碎单位体积 (或者单位质量) 的物料时所消耗的能量就与 $\sqrt{D^5} / D^3 = 1 / \sqrt{D}$ 成正比。因此, 裂纹假说认为, 粉碎单位体积 (或者单位质量) 的物料所消耗的能量与物料直径的平方根成反比, 其数学表达式为

$$A = KG \left(\frac{1}{\sqrt{d}} - \frac{1}{\sqrt{D}} \right) \quad (1-9)$$

式中, A ——粉碎物料所消耗的能量;

K ——与物料性质和使用的粉碎设备有关的系数, 由实验确定;

其它符号同前。

式(1-9)的计算结果介于表面积假说和体积假说之间, 实质上是这两种假说之间的中间公式。实践证明: 裂纹假说较适用于计算中碎作业所消耗的能量。

尽管以上三种假说存在片面性和近似性, 许多因素尚未考虑到, 但毕竟把粉碎过程中物料强度、给料粒度、产品粒度和能耗这四个重要项目之间的关系确定了, 在一定程度上反映了粉碎过程的实质。因此只要正确地应用并根据实际的资料加以修正, 以上三种假说就可以为分析和研究粉碎过程提供理论依据和方法。

第四节 粉碎物料的新方法

目前, 磨料磨具行业一般采用机械粉碎的方法粉碎物料, 这种粉碎方法有相当多的能量消耗在噪声、发热以及摩擦损失上。为了提高效率, 应当研究新的粉碎工艺和粉碎设备, 采用新的粉碎方法, 如电热照射、液电效应、热力破碎、减压破碎等方法[5]。

1) 电热照射法的原理: 在高频及超高频电磁场的作用下, 物料中易于吸收电磁能的成分急剧受热, 而其它成分仅靠传导受热。不同成分物料的升温速度是不同的, 因此产生热应力效应, 使物料的强度降低, 这样再进行机械破碎时, 可大大地降低破碎的能耗。

2) 液电效应法的原理: 在液体内部进行高压和瞬时的脉冲放电, 使放电区域内产生极高的压力, 从而将放电区内的物料破碎。利用液电效应法对物料进行破碎, 可大幅度地提高破碎的效率。例如, 破碎每立方米的花岗岩和石英石时, 能耗仅为 $0.05 \sim 0.15 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。

3) 热力破碎法的原理: 实际上是用热处理的方法使物料产生相变和热应力。因为晶体发生相变后, 强度是不同的, 这样可以使被破碎物料的强度减弱, 然后再进行机械破碎时, 能显著地降低破碎的能耗。例如, 砂轮厂中对热刚玉块浇水急冷的方法就属于这种破碎方法。

4) 减压破碎法的原理(如图1-6所示): 先将待破碎的物料放在压力室2中, 压力约为 $0.56 \sim 5.25 \text{ MPa}$ 的蒸气由负荷阀1引入, 然后通过快速阀门操作装置3在15微秒内将各导管放开, 高压的流体突然减压膨胀, 并携带物料以近音速或超音速的速度沿喷射导管4流动, 从而使物料发生相互碰撞而破碎, 最后破碎的物料进入中间的圆形收集室(在此收集破碎的产品)。减压破碎的粉碎比比球磨机的大, 而且前者的过粉碎现象小, 设备的重量轻, 检修容易, 破碎装置本身几乎没有运动部件, 故磨损较少。这是一种很有前途的破碎方法。

上述介绍的几种新的粉碎方法目前尚处于初期研究阶段, 从原理上分析, 将来应用热力破碎和减压破碎方法来破碎普通磨料, 可能会取得较好的经济效果。

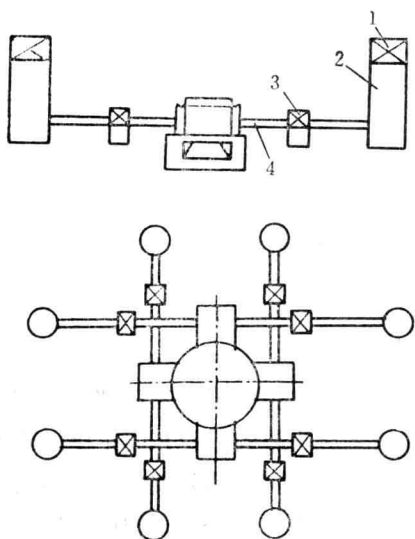


图1-6 减压破碎法所用的设备示意图

1—负荷阀; 2—压力室;

3—快速阀门操作装置; 4—喷射导管

第二章 破碎设备

砂轮厂一般选用颚式破碎机作粗碎设备；圆锥破碎机作中、细碎设备；也有用辊式破碎机进行中、细碎作业的；锤式破碎机主要用于破碎焦炭和细碎矾土；反击式破碎机目前在砂轮厂尚未使用。

第一节 颚式破碎机

一、颚式破碎机的分类、工作原理及其特点

1. 颚式破碎机的分类

颚式破碎机在砂轮厂多用于刚玉磨料及长石、矾土等物料的粗、中碎作业。颚式破碎机通常按可动颚板的运动特性分为两种：①可动颚板作简单摆动的双肘板机构（简摆式）的颚式破碎机（图2-1a）；②可动颚板作复杂摆动的单肘板机构（复摆式）的颚式破碎机（图2-1b）。近年来，液压技术在破碎设备上得到应用，出现了液压颚式破碎机（图2-1c）。

2. 颚式破碎机的工作原理及其特点

尽管颚式破碎机的结构类型有所不同，但它们的基本工作原理是相似的。可动颚板围绕悬挂轴相对固定颚板作周期性往复摆动，时而靠近时而离开，当可动颚板靠近固定颚板时，处

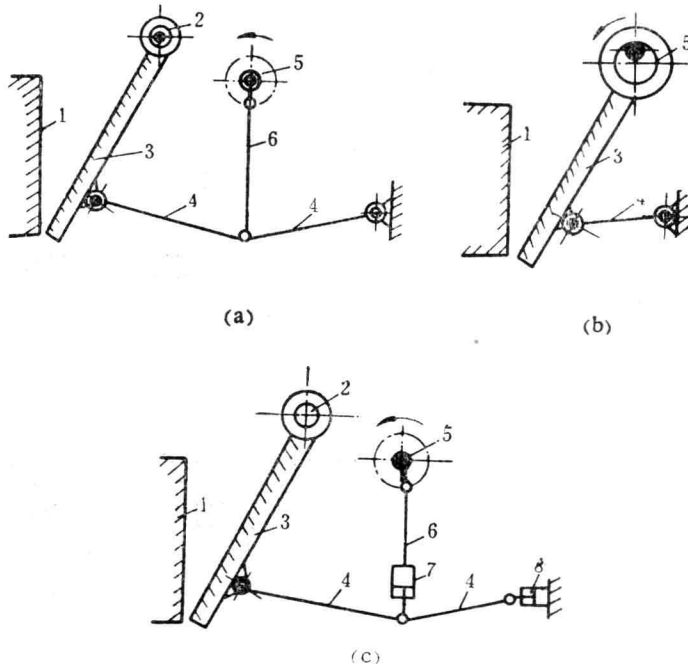


图2-1 颚式破碎机的主要类型

(a) 简摆颚式破碎机；(b) 复摆颚式破碎机；(c) 液压颚式破碎机

1—固定颚板；2—动颚悬挂轴；3—可动颚板；4—前（后）推力板；5—偏心轴；
6—连杆；7—液压连杆油缸；8—液压调整油缸