

中等专业学校轻工专业教材

陶瓷工业机械设备

李祖兴 主编

中国轻工业出版社

前 言

本书是根据1987年8月在沈阳召开的轻工业部中等专业学校硅酸盐教学研究会制订的陶瓷工艺专业“陶瓷工业机械设备”教学大纲编写的。

本书阐述陶瓷工业通用机械设备和专用设备的类型、构造、工作原理、技术参数的确定以及这些设备的选择、调整和使用。主要论述目前工厂常用的机械设备，也注意介绍一些新的技术成就。根据“少而精”的原则，在每类设备中选择典型的重点叙述。

通过本课程的学习，要求学生能够根据陶瓷生产的工艺要求正确选择和使用机械设备，具有一定的操作、调试和排除故障的能力，并具备对陶瓷生产技术问题的一定的综合分析能力。

全书共十七章，其中第一章由江西省景德镇陶瓷学校黄康明编写，第二、三、七章由江西省景德镇陶瓷学校曹晓东编写，第四、五、六章由江西省景德镇陶瓷学校陈华龙编写，第八、九、十五章由江苏宜兴轻工业学校储顺松编写，第十、十一、十二、十三章由江苏宜兴轻工业学校李祖兴编写，第十四、十六、十七章由河北轻工业学校常士民编写。李祖兴任主编。景德镇陶瓷学院林云万副教授任主审。

由于编者水平有限，缺乏经验，书中不当和错误在所难免，敬请读者批评指正。

目 录

第一章 粉碎机械	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 颞式破碎机.....	(11)
第三节 轮碾机.....	(20)
第四节 悬辊式磨机.....	(30)
第五节 球磨机.....	(42)
第六节 振动磨.....	(65)
第二章 筛分机械	(74)
第一节 概述.....	(74)
第二节 摇动筛.....	(80)
第三节 振动筛.....	(84)
第四节 回转筛.....	(91)
第三章 磁选设备	(95)
第一节 概述.....	(95)
第二节 过滤式泥浆磁选机.....	(98)
第三节 干式磁选机.....	(102)
第四章 搅拌机械	(106)
第一节 概述.....	(106)
第二节 双轴搅拌机.....	(107)
第三节 螺旋桨式搅拌机.....	(111)
第四节 压缩空气搅拌机.....	(118)
第五章 压滤设备	(121)
第一节 概述.....	(121)
第二节 泥浆泵.....	(122)
第三节 压滤机.....	(130)

第六章 真空练泥机械	(139)
第一节 真空练泥机的构造和工作原理.....	(139)
第二节 主要零部件的结构.....	(142)
第三节 抽真空系统的组成和工作原理.....	(153)
第四节 主要参数的确定.....	(157)
第五节 真空练泥机的使用.....	(160)
第七章 喷雾干燥器	(164)
第一节 概述.....	(164)
第二节 雾化器.....	(166)
第三节 干燥塔	(177)
第八章 旋坯成形机械	(184)
第一节 概述.....	(184)
第二节 单刀旋坯机.....	(184)
第三节 双刀半自动旋坯机.....	(190)
第四节 其它旋坯机.....	(193)
第九章 滚压成形机	(199)
第一节 概述.....	(199)
第二节 常见的滚压成形机.....	(200)
第三节 滚压成形机主要参数的确定.....	(210)
第四节 滚压头设计.....	(215)
第五节 滚压成形机的调试和使用.....	(218)
第十章 干压成形机械	(221)
第一节 概述.....	(221)
第二节 摩擦压力机.....	(228)
第三节 液压压力机.....	(233)
第十一章 注浆成形机械	(241)
第一节 概述.....	(241)
第二节 泥浆的真空脱气设备.....	(242)
第三节 离心注浆机.....	(244)

第四节	其它类型注浆成形机·····	(249)
第十二章	干燥机械设备·····	(254)
第一节	概述·····	(254)
第二节	链式干燥机·····	(257)
第三节	其它类型干燥机·····	(267)
第十三章	生产线和机械手·····	(274)
第一节	概述·····	(274)
第二节	典型生产线·····	(275)
第三节	生产线的工作循环图·····	(279)
第四节	机械手·····	(292)
第十四章	隧道窑的附属机械设备·····	(302)
第一节	窑车和窑门·····	(302)
第二节	液压推车机·····	(312)
第十五章	修坯、施釉及装饰机械·····	(319)
第一节	修坯机械·····	(319)
第二节	施釉机械·····	(323)
第三节	装饰机械·····	(328)
第十六章	收尘设备·····	(340)
第一节	概述·····	(340)
第二节	旋风收尘器·····	(343)
第三节	袋式收尘器·····	(347)
第四节	其它收尘器·····	(354)
第十七章	起重运输机械·····	(363)
第一节	概述·····	(363)
第二节	电动葫芦·····	(363)
第三节	带式输送机·····	(366)
第四节	斗式提升机·····	(386)
第五节	螺旋输送机·····	(394)

第一章 粉碎机械

第一节 概 述

一、粉碎的定义及粉碎方法

使固体物料在外力(机械力)作用下,由大块分裂成小块直至细粉的操作称为粉碎。根据所处理固体物料尺寸大小的不同,将粉碎分为破碎和粉磨。将大块变成小块的过程称为破碎。其中,物料被处理后的直径大于100mm时称为粗碎,30~100mm时称为中碎,3~30mm时称为细碎。将破碎后的块状物料,研磨成细粉的过程称为粉磨。其中,物料被处理后的直径为0.1~0.3mm时称为粗磨,0.1~0.06mm时称为细磨,0.01mm以下时称为超细磨。

经过粉碎操作,物料的粒度变小而单位重量的表面积增加,这对于改善物料的工艺性能(如可塑性、结合性和浆料的悬浮性等),提高物理化学反应的速度,使不同组分的物料均匀混合以及除去物料中的有害杂质等有着重要的意义。

粉碎物料的方法主要有以下几种:

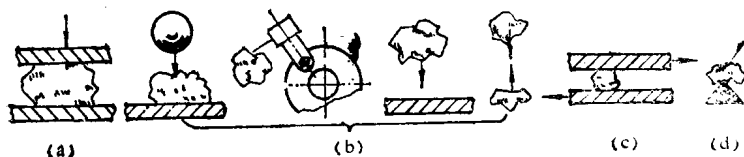


图1-1 物料粉碎的主要方法

(a) 挤压 (b) 碰击 (c) 研磨 (d) 劈碎

(1) 挤压〔图1-1 (a)〕 物料在两个工作面之间受到缓慢增长的压力作用而被粉碎。此法多用于大块脆性坚硬物料的破碎。

(2) 碰击〔图1-1 (b)〕 物料受到冲击力作用而被粉碎。冲击力可以由多种方式实现。如由外来物体对置于工作面上的物料的冲击；高速运动的物体对悬空的物料的碰撞；高速运动的物料对固定工作面的碰击；高速运动物料之间的相互碰撞等。此法主要用于脆性物料的粉碎。

(3) 研磨〔图1-1 (c)〕 物料在两个作相对滑动的工作表面或各种研磨体之间受到摩擦作用而被粉碎。此法主要用于物料的粉磨。

劈碎〔图1-1 (d)〕 物料受到楔形工作件的尖劈力作用而被粉碎。此法适于大块脆性物料的破碎。

此外，还有折断、撕碎等方法。实际上，各种粉碎机械往往是用两种或两种以上方法对物料进行粉碎的。

二、粉 碎 比

为了衡量粉碎机的粉碎效果，通常采用粉碎比这个概念。

物料粉碎前的平均直径 D 与粉碎后平均直径 d 之比称为平均粉碎比。它表示物料粉碎前后尺寸的变化程度。

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

式中 D ——物料粉碎前的平均直径，m

d ——物料粉碎后的平均直径，m

i ——平均粉碎比

对破碎机来说，为了简易地表示和比较这一特性，常用其允许的最大进料口尺寸与最大出料口尺寸之比作为粉碎比，称为公称粉碎比。由于实际破碎时加入物料的最大尺寸总是小于最大进料口尺寸，所以破碎机的平均粉碎比一般小于公称粉碎比。前者约为后者的70~90%。

粉碎比是确定粉碎工艺以及选用机械设备的重要依据。一般破碎机械的粉碎比为3~10,而细磨机械则远远超过这个范围,达30~1000以上。当粉碎比较高时,常将粉碎过程分几个阶段并在不同的粉碎机械中进行,即采用多级粉碎,此时,总粉碎比为:

$$i_0 = i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_n \quad (1-2)$$

式中 i_0 ——总粉碎比

$i_1, i_2, \dots, i_n$ ——各级粉碎比

三、粉 碎 理 论

物料粉碎时,尺寸由大变小,单位质量的表面积不断增加,这需要消耗能量。为了找出粉碎物料的能耗与物料物理性能之间的关系,以确定物料的粉碎方法和粉碎设备的功率,衡量粉碎效率等,人们结合生产实践进行了许多探索研究,提出了不少有价值的理论。由于粉碎过程十分复杂,现有的理论尚不能完整地概括粉碎规律。但它们从不同的角度在一定程度上近似地反映了客观实际,因此仍有一定的指导意义。

(1) 表面积理论 任何物质的分子之间有一定的分子引力,因此粉碎物料时所消耗的能量必然与用来克服物料的分子引力、产生新的表面所需的能量有一定关系。表面积理论认为:粉碎物料消耗的能量与粉碎过程中物料新生成的表面积成正比。

设物料呈球形,粉碎前后单位质量物料的表面积(即比表面积)为:

$$S_1 = \frac{\pi D^2}{\frac{\pi}{6} D^3 \rho} = \frac{6}{D \rho}$$

$$S_2 = \frac{\pi d^2}{\frac{\pi}{6} d^3 \rho} = \frac{6}{d \rho}$$

式中 S_1 、 S_2 ——粉碎前后物料的比表面积, m^2/kg

D 、 d ——粉碎前后物料的直径, m

ρ ——物料的密度, kg/m^3

假设被粉碎物料的质量为 m (kg), 那么粉碎前后表面积增量为:

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

根据表面积理论则有:

$$A_p = C' m \frac{6}{\rho} \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{D} \right) = Cm \left(\frac{i-1}{D} \right) \quad (1-3)$$

式中 A_p ——粉碎物料时消耗的能量, $\text{kW} \cdot \text{h}$

C ——与物料性质和形状有关的系数, $\text{kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}/\text{kg}$

i ——平均粉碎比

由上式可知, 粉碎物料时消耗的能量除与粉碎比有关外, 还与物料原来尺寸有关。在相同粉碎比的条件下, 物料原来尺寸愈小, 消耗的能量愈多, 即物料愈难粉碎。实践证明, 表面积理论可近似地用于粉磨过程。

(2) 体积理论 物体受外力作用在其内部必然产生应力和应变, 而且应力和应变随外力的增加而增加。当应力达到强度极限后导致物体破坏。对于脆性物料, 应力和应变可近似看成线性关系, 即认为符合虎克定律, 那么, 粉碎物料时, 外力所作的功为:

$$A_v = \frac{\sigma_b^2 V}{2E}$$

式中 A_v ——粉碎物料时消耗的能量, $\text{N} \cdot \text{m}$

σ_b^2 ——物料的强度极限, Pa

E ——物料的弹性模数, Pa

V ——物料的体积, m^3

由此, 体积理论认为: 粉碎物料所消耗的能量与其体积或质

量成正比。设质量为 m (kg) 的物料分 n 次粉碎，每次的粉碎比相同，粉碎前后的尺寸为 D 和 d 。则总粉碎比为：

$$i_0 = \frac{D}{d} = i^n$$

$$\lg i_0 = n \lg i$$

即，
$$n = \frac{\lg i_0}{\lg i}$$

因此每一次粉碎时的能量消耗 A_v' 为

$$A_v' = \frac{\sigma_i^2}{2E} V = K' m$$

K' 是比例系数。在 n 次粉碎中总的能量消耗为：

$$A_v = n A_1 = n K' m$$

令 $K = K' / \lg i$

可得

$$A_v = K m \left(\lg \frac{1}{d} - \lg \frac{1}{D} \right) = K \cdot m \cdot \lg i_0 \quad (1-4)$$

式中 A_v ——粉碎物料时所消耗的能量，kW·h

m ——被粉碎物料的质量，kg

K ——与物料的性质和形状有关的系数，kW·h/kg

由上式可知，粉碎物料所消耗的能量仅与粉碎比有关，而与物料的原尺寸无关。实践证明体积理论可近似地用于破碎过程。

四、粉碎程序

根据被处理物料的性质、粒度、要求的粉碎比和产量以及可供使用的机械设备等，可有各种不同的粉碎程序。粉碎程序主要包括两方面，一是级数，二是各级的流程。

粉碎级数取决于物料的性质和粒度。在陶瓷工业中对于硬质料（如长石、石英、瓷石），一般用一级破碎、二级粉磨（粗磨和细磨）或一级粉磨。对于软质料（如粘土等），在必要的选分之后采用一级粉磨。粉碎的级数愈多、程序愈复杂，生产费用愈高。所以在满足工艺要求的前提下应选择较少的级数。

粉碎作业的流程分为开流式和圈流式两种，如图1-2所示。

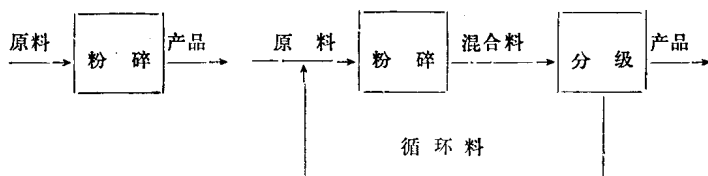


图1-2 粉碎流程示意图

(a) 开流式

(b) 圈流式

在开流式粉碎流程中，卸出的物料全部作为产品。该流程简单，但要在一次粉碎后使产品全部达到细度要求，就需要较长的粉碎时间；粒度也不会很均匀。实践证明该流程还容易使物料发生“过度粉碎”，这种情况在细磨作业中尤为显著。所谓过度粉碎是指达到细度要求的物料未及时卸出而仍继续留在粉碎机中粉碎。这样其中必有一部分物料成为过细颗粒，这些过细颗粒就会将物料中的粗颗粒包裹起来，形成衬垫，使粗颗粒不易受到粉碎作用，从而降低粉碎机的生产能力，增加功耗。所以开流式粉碎流程生产效率低，单位功耗大。

在圈流式粉碎流程中，达到细度要求的物料能及时卸出，其余不符合要求的物料被送回继续进行粉碎。显然该流程能使产品粒度均匀，避免过度粉碎。因此生产效益高，单位功耗小，但流程较复杂，附属设备多，同时，操作控制也较复杂。

五、粉碎机的主要类型

表1-1示出陶瓷厂使用的几类主要粉碎机。

表1-1

粉 碎 机 的 类 型

序 号	图 示	机 名	粉碎方法	主要工作件 运动方式	粉碎比	适 用 范 围
1		颚 式 破碎机	压碎为主	往 复	4~10	粗 碎 硬质料 中 碎 中硬料
2		圆 锥 破碎机	压碎为主	回 转	粗碎4~6 中碎3~17	粗 碎 硬质料 中 碎 中硬料
3		对 辊 破碎机	压碎为主	旋 转 (低速)	3~8	中 碎 硬质料 细 碎 软质料
4		反 击 式 破碎机	击 碎	旋 转 (快速)	10~40	中 碎 中硬料

续表

序 号	图 示	机 名	粉碎方法	主要工作件 运动方式	粉碎比	适 用 范 围
5		轮碾机	压碎+研磨	自 转 公 转	数十	细 碎 粗 磨 中硬料
6		悬辊式 磨 机	压碎+研磨	自 转 公 转	数百	细 碎 粉 磨 中硬料 软质料
7		球磨机	击碎+研磨	旋 转 (低速)	数百	硬质料 细 磨 中硬料
8		振动磨	击碎+研磨	振 动	数千	超细磨 硬质料

1. 压碎为主的粉碎机

(1) 颚式破碎机 由于活动颚板对固定颚板作周期性的往复运动，物料在两块颚板之间被压碎。

(2) 圆锥破碎机 (图1-3) 外锥体 1 是固定的，内锥体 2 被偏心轴 3 带动作偏心回转，物料在两锥之间受到压力与弯曲力作用而破碎。此类破碎机主要用于粗碎和中碎坚硬物料。圆锥破碎机按其内锥体构造不同还可分为：(a) 旋回式圆锥破碎机，用于粗碎，其公称粉碎比为 4~6；(b) 固定轴式圆锥破碎机，用于粗碎，其公称粉碎比为 4~6；(c) 菌形圆锥破碎机，用于中碎，其公称粉碎比为 3~17。这类破碎机的主要特点是产品粒度均匀；操作连续，产量大；粉碎比较大。但结构复杂，价贵；对厂房要求高大，厂房建造和基础建筑费用大。通常，适用于大规模的采矿场和原料车间。

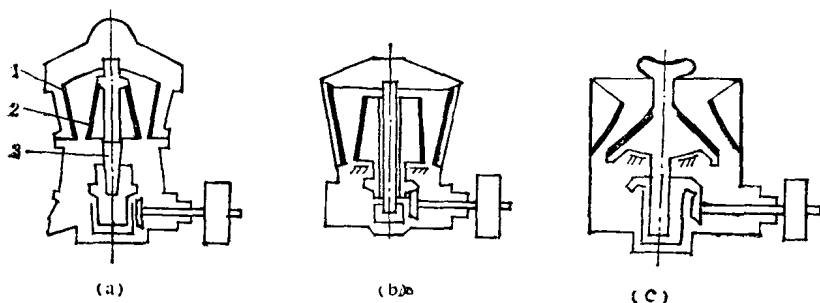


图1-3 各类圆锥破碎机示意图

(a) 旋回式圆锥破碎机 (b) 固定轴式圆锥破碎机 (c) 菌形圆锥破碎机

1—外锥体 2—内锥体 3—偏心轴

(3) 对辊破碎机 (图1-4) 相对旋转的两个辊筒分装 在两轴上，物料从上面落入机腔，辊筒借助摩擦力将物料夹卷入两表面之间进行压碎；此外由于两辊筒独立传动，转速不同，因而对物料还有研磨作用。该机主要特点是产品粒度均匀，维修简单，

调节方便，但粉碎比较小，产量小，噪音大，辊筒易磨损。据国外资料介绍，由于采用了刚玉质辊筒，故有用之取代轮碾机的趋势。

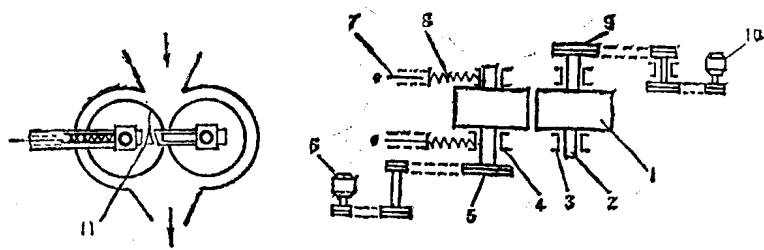


图1-4 对辊式破碎机

- 1、11—辊筒 2—轴 3—固定轴承 4—可动轴承 5、9—皮带轮
6、10—电动机 7—丝杠 8—压力弹簧

2. 碰击为主的粉碎机

反击式破碎机 (图1-5)

物料从进料口进入反击式破碎机，立即被高速旋转的转子1上的板锤2撞击到反击板4、5上，由反击板弹回来的物料与后来带上去的物料又相互强烈碰撞。这样，物料在破碎腔内周而复始地受到强烈的冲击作用而被粉碎。

反击式破碎机适用于中等硬度物料的中碎。该机的主要特点是构造简单，粉碎比大，单位产品的能量消耗低以及产品粒度均匀等。但是它存在着工作部件磨损严重的缺点，因而阻碍了进一步广泛使用。

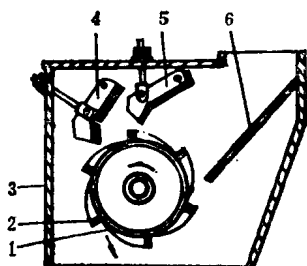


图1-5 反击式破碎机

- 1—转子 2—板锤 3—机壳
4、5—反击板 6—进料导板

3. 挤压和研磨为主的粉碎机

(1) 轮碾机 置于碾盘上的物料受到滚动碾轮的压碎和研

磨。轮碾机主要用来细碎和粗磨石英、粘土、耐火粘土和耐火熟料等。

(2) 悬辊式磨机 悬于梅花架上的辊子公转，在离心力的作用下紧压着磨环并相对磨环作滚动（自转），处于底盘上的物料被刮板刮于辊子与磨环之间，从而受到压碎和研磨，然后被下面鼓入的气流带入分级机经分级后由分离器收集。该机主要用于细碎和粉磨中硬质及软质物料。

4. 碰击和研磨为主的粉碎机

(1) 球磨机 物料与研磨体一起装入旋转着的筒体中，研磨体被筒体带起后从一定高度落下，将物料碰击和研磨而磨细。

(2) 振动磨 磨机的筒体在动力作用下发生高频率小振幅的振动，置于其中的研磨体与物料之间以及物料与物料之间产生剧烈的碰撞，从而使物料受到碰击与研磨作用而被细磨。

第二节 颚式破碎机

颚式破碎机（简称颚碎机）具有构造简单、坚固耐用、工作可靠、操作维修方便和适应性广等特点，是陶瓷工业中使用最普遍的一种破碎机器。

颚式破碎机是利用活动颚板（简称动颚）对固定颚板（简称定颚）作周期性往复运动，从而将两块颚板之间的物料破碎的。

按照动颚的运动特征，颚式破碎机可分为简单摆动式（简称简摆）和复杂摆动式（简称复摆）两种。下面介绍陶瓷工厂普遍使用的复摆颚式破碎机。

一、构造和工作原理

图1-6为复摆颚式破碎机结构示意图。1是机架，机架前壁作为定颚，动颚3悬挂在偏心轴4的偏心部位。在机架的后壁装有后楔铁9，与其相接的为前楔铁7。动颚和楔铁之间用推力板12来

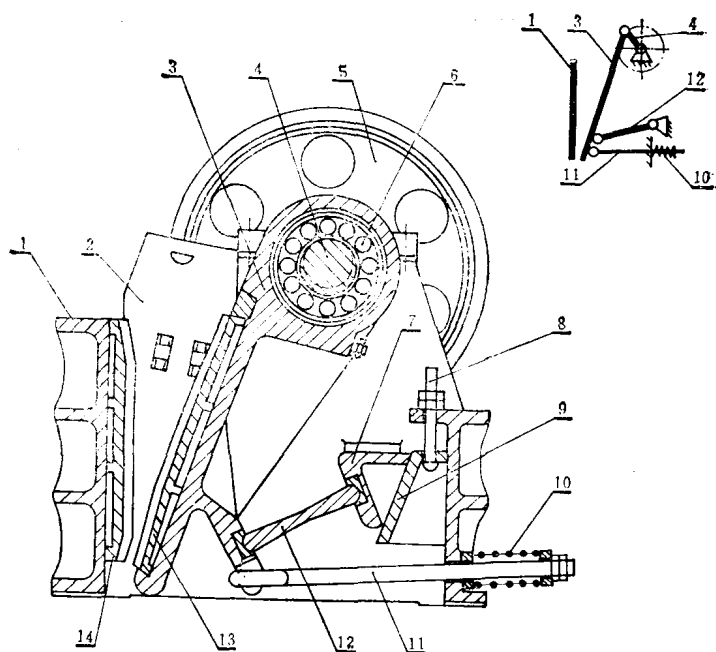


图1-6 复摆颚式破碎机示意图

1—机架（前壁作固定颚板） 2—侧衬板 3—活动颚板 4—偏心轴 5—飞轮（皮带轮） 6—滚动轴承 7—前楔铁 8—调节螺栓 9—后楔铁 10—弹簧 11—拉杆 12—推力板 13—动颚衬板 14—定颚衬板

联接。推力板的两端均装在支座内。拉杆11与动颚相连，借弹簧10的作用将动颚拉住并使其紧靠在推力板上。

两块颚板和侧衬板2组成破碎室（又称颚膛），物料从破碎室上部的进料口加入，经破碎后的物料则从破碎室下部的出料口卸出。

当偏心轴转动时，动颚便作平面运动，时而靠近时而离开定颚。当动颚靠近定颚时，颚膛容积减小，物料受到挤压作用而被粉碎，当动颚离开定颚时，被粉碎的物料靠自重自动地从出料口卸出。