

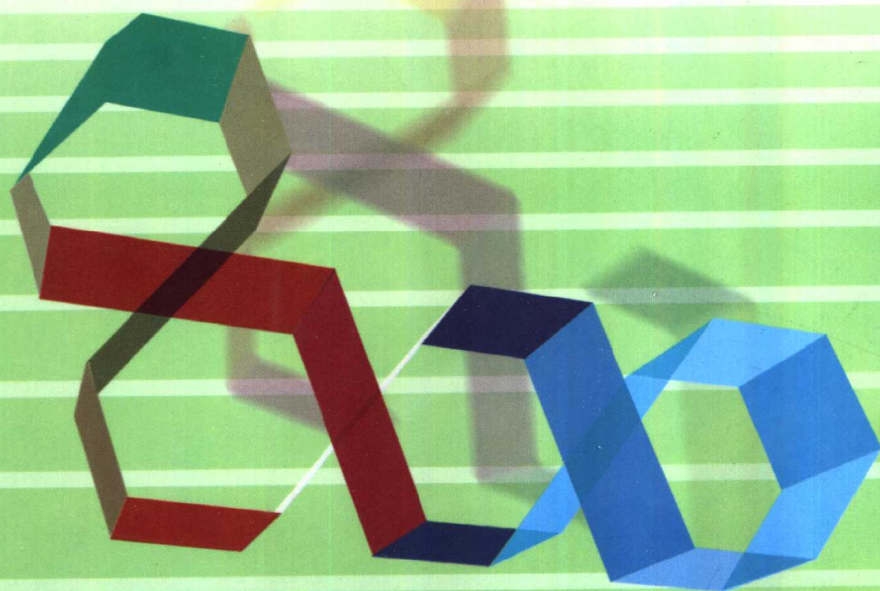


中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

粉磨工艺及设备

(硅酸盐工艺及工业控制专业)

主编 方景光



武汉理工大学出版社

中等职业教育国家规划教材

粉磨工艺及设备

主 编	方景光
责任主审	周明凯
审 稿	童大懋 黄之初

武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

内容提要

本书分为两篇,第一篇为粉磨机械,第二篇为其它机械设备。本书突出实用性和多方兼容性。第一篇主要介绍粉碎的基本知识、球磨机的构造、工作原理、主要参数的计算、研磨体及其运动规律,对较新的节能设备——立式磨作了适当的介绍,对粉磨系统的操作控制与维护检修的知识作了较全面的介绍;第二篇主要介绍破碎机械、分级及分级设备、成型机械设备、收尘设备、输送设备、喂料计量等设备的类型、构造、工作原理主要参数和操作要点以及其中的新技术、新设备和新工艺。

本书是职业技术教育硅酸盐工艺及工业控制专业的教材,其中第一篇(或加分级设备)可作为生料制备工、水泥制成工、原料处理工等工种考工定级的培训教材;也可作为职业教育相关专业和专业技术人员及技术工人学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

粉磨工艺及设备/方景光主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2002.8

中等职业教育国家规划教材

ISBN 7-5629-1812-0

I. 粉…

II. 方…

III. ① 水泥-粉化-生产工艺-专业学校-教材 ② 水泥-粉化-设备-专业学校-教材

IV. TQ172.6

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市武昌珞狮路122号 邮政编码:430070

HTTP://www.whut.edu.cn/chuban

E-mail:wutp@public.wh.hb.cn

经 销 者:各地新华书店

印 刷 者:武汉理工大印刷厂

开 本:787×1092 1/16

前 言

本书是根据“面向 21 世纪职业教育课程改革和教材建设规划”中的硅酸盐工艺及工业控制专业的指导性教学计划和教学大纲编写的。

粉磨是硅酸盐生产的重要工序,占据了大量的工艺设备。以水泥生产为例,人们常用“两磨一烧”概括为水泥生产的特点,可见粉磨在生产中的重要性。本书重点突出实用性和多方兼容性,弱化理论与公式的推导,不局限于知识的连贯与系统化。本书第一篇主要介绍了粉碎的基本知识、球磨机、立式磨、粉磨系统的发展特点,较详细地介绍了粉磨系统的操作控制与维护检修的有关内容;第二篇主要介绍了破碎机械、分级及分级设备、成型机械设备、收尘设备、输送设备、喂料计量等辅助机械设备,以及其中的新技术、新设备和新工艺。全书共 11 章,教学时数为 72 学时左右。在编写过程中考虑到中职教育的特点,力求使教材理论联系实际、精炼、实用、突出重点。

本课程的任务是:使学生初步掌握硅酸盐工业粉碎工艺过程及其机械设备的基本知识和基本技能;具备粉碎过程所必需的机械设备操作控制、维护保养的能力及分析和解决实际问题的能力。教学过程应多采用现代教学技术,使用投影仪、多媒体等教学手段;尽量利用实物、模型、挂图或现场教学,增强学生的感性认识,提高学生学习兴趣和学习积极性。实践教学环节应与国家职业技能考试标准相衔接,采用校外实习基地现场教学或校内仿真实训中心模拟教学方式,使学生达到粉磨作业岗位国家职业资格认定的技能等级的初级、中级水平。

本书为中等专业学校硅酸盐工艺及工业控制专业的教材,其中第一篇(或加分级设备)可作为生料制备工、水泥制成工、原料处理工等工种考工定级的培训教材;此外也可供高等职业教育有关专业、技校师生、工程技术人员及技术工人使用和参考。

本书由方景光主编。参加编写的有:北京市建材工业学校方景光(1、2、4、5)、杨玉波(3、4、5);四川省绵阳职业技术学院李新(6、7);江西省建材工业学校陈阳如(8、10);山西省建材工业学校赵海晋(9、11)。

本书由武汉理工大学周明凯教授任责任主审,由童大懋教授、黄之初教授审稿。在编写出版过程中得到了杨学忠副总编的大力支持,在此一并表示衷心感谢。

由于时间仓促,水平有限,书中的缺点和不妥之处在所难免,恳请读者在使用过程中给予指正,并提出宝贵意见。谢谢。

编 者

<

中等职业教育国家规划教材

出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教取成[2001]1 号)的精神,我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从 2001 年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为教材选用提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年十月

目 录

第一篇 粉磨机械

1 概述	(1)
1.1 粉碎的基本概念	(1)
1.1.1 粉碎的定义与意义	(1)
1.1.2 粉碎比及粒度表示	(1)
1.1.3 物料的易碎性与易磨性	(2)
1.2 粉碎理论和粉碎方法	(2)
1.2.1 粉碎理论	(2)
1.2.2 粉碎方法	(3)
1.2.3 粉碎机械的分类	(4)
思考题	(6)
2 球磨机	(7)
2.1 概述	(7)
2.1.1 球磨机的工作原理	(7)
2.1.2 球磨机的特点	(8)
2.1.3 球磨机的分类	(8)
2.1.4 粉磨系统	(9)
2.2 球磨机的构造	(16)
2.2.1 球磨机的总体结构	(16)
2.2.2 球磨机的主要部件	(20)
2.3 研磨体的运动分析	(29)
2.3.1 研磨体运动基本方程式	(30)
2.3.2 研磨体降落高度与脱离角的关系	(31)
2.3.3 最适宜的脱离角	(31)
2.4 磨机主要参数的确定	(32)
2.4.1 磨机的转速	(32)
2.4.2 磨机的功率	(33)
2.4.3 磨机的生产能力	(34)
2.5 研磨体	(37)
2.5.1 研磨体的种类与材质	(37)
2.5.2 研磨体填充率及其选择	(38)
2.5.3 研磨体装载量的计算及测定	(39)
2.5.4 研磨体的级配	(40)

2.5.5 研磨体合理级配的判断方法	(46)
2.5.6 研磨体的补充	(48)
思考题	(50)
3 立式磨	(51)
3.1 立式磨的构造及工作原理	(51)
3.1.1 立式磨的种类	(51)
3.1.2 立式磨的结构特点	(51)
3.1.3 立式磨的工作原理	(54)
3.1.4 其它型式的立式磨	(54)
3.2 立式磨的粉磨特性及主要工作参数	(58)
3.2.1 立式磨的粉磨特性	(58)
3.2.2 立式磨的主要工作参数	(59)
3.3 立式磨系统工艺流程和主要特点	(61)
3.3.1 立式磨系统工艺流程	(61)
3.3.2 立式磨系统的主要特点	(62)
思考题	(64)
4 粉磨系统的操作与维护	(65)
4.1 影响粉磨过程的主要因素及其控制	(65)
4.1.1 影响粉磨过程的主要因素	(65)
4.1.2 生料磨和水泥磨质量控制	(72)
4.2 提高粉磨效率的方法	(74)
4.2.1 加强预破碎减小入磨物料粒度	(74)
4.2.2 加强预烘干降低入磨物料水分	(74)
4.2.3 加强磨机通风改善粉磨环境	(74)
4.2.4 降低磨内温度	(74)
4.2.5 采用助磨剂	(75)
4.2.6 分别粉磨	(75)
4.2.7 开路粉磨改为闭路粉磨	(76)
4.2.8 采用新型衬板	(76)
4.3 粉磨系统的开停车操作	(76)
4.3.1 开停车前的准备	(76)
4.3.2 开停车操作	(77)
4.3.3 允许磨机运转与不能继续运转的条件	(78)
4.4 球磨机的操作控制与维护	(78)
4.4.1 磨机的试运转与正式投产	(78)
4.4.2 操作中的检查工作	(79)
4.4.3 磨机的正常操作	(79)
4.4.4	

4.4.6 磨机的维护与检修	(82)
4.5 立式磨的操作与控制	(85)
4.5.1 立式磨的操作控制要点	(85)
4.5.2 异常情况分析	(85)
4.5.3 控制项目	(86)
4.5.4 日常检查维护工作	(87)
4.6 粉磨系统自动控制	(88)
4.6.1 物料配比控制	(88)
4.6.2 磨机负荷自动控制	(88)
4.6.3 温度控制	(90)
4.6.4 压力控制	(90)
4.6.5 开车喂料程序控制	(90)
4.6.6 水泥磨石膏及混合材掺量的控制	(90)
4.6.7 水泥磨内喷水量的控制	(90)
4.6.8 水泥成品细度控制	(90)
4.6.9 水泥磨信息检测和设备状态监测(包括报警、调节回路)	(91)
思考题	(92)
5 粉磨系统的发展特点	(94)
5.1 生料粉磨系统	(94)
5.2 水泥粉磨系统	(95)
5.2.1 在设备大型化的同时,力求选用高效、节能型磨机	(95)
5.2.2 采用高效选粉设备	(95)
5.2.3 采用新型衬板,改善磨机部件材质	(95)
5.2.4 添加助磨剂,提高粉磨效率	(96)
5.2.5 降低水泥温度,提高粉磨效率,改善水泥品质	(96)
5.2.6 实现操作自动化	(96)
5.2.7 重视“超细粉磨”技术与装备	(96)
5.2.8 采取其它技术措施	(96)
思考题	(97)
 第二篇 其它机械设备 	
6 破碎	

6.2.2 构造及主要部件	(104)
6.2.3 性能及应用	(104)
6.3 反击式破碎机	(105)
6.3.1 工作原理及类型	(105)
6.3.2 构造	(106)
6.3.3 主要参数	(106)
6.3.4 性能及应用	(108)
6.4 辊式破碎机及辊压机	(109)
6.4.1 辊式破碎机	(109)
6.4.2 辊压机	(110)
6.5 轮碾机	(116)
6.5.1 工作原理及类型	(116)
6.5.2 性能及应用	(117)
6.6 破碎机技术的发展	(117)
6.6.1 破碎设备大型化	(117)
6.6.2 破碎设备多功能化	(117)
6.6.3 破碎级数单段化	(117)
思考题	(118)
7 分级与分级设备	(119)
7.1 分级过程基本概念	(119)
7.1.1 概述	(119)
7.1.2 粉粒状物料的基本性质	(120)
7.1.3 颗粒在流体中的沉降	(122)
7.2 粗粉分离器	(123)
7.2.1 构造及工作原理	(123)
7.2.2 性能及应用	(123)
7.3 离心式选粉机	(124)
7.3.1 构造及工作原理	(124)
7.3.2 性能及应用	(126)
7.4 旋风式选粉机	(127)
7.4.1 构造及工作原理	(127)
7.4.2 性能及应用	(1

思考题	(138)
8 成型机械设备	(139)
8.1 概述	(139)
8.2 注浆成型机械	(139)
8.2.1 泥浆真空搅拌和真空脱气机械设备	(140)
8.2.2 注浆单机	(140)
8.2.3 喂浆回浆系统及余浆处理机械设备	(141)
8.2.4 运载装置	(142)
8.3 可塑成型机械	(143)
8.3.1 滚压成型机	(143)
8.3.2 挤坯机	(143)
8.3.3 旋坯成型机	(144)
8.4 压制成型机械	(146)
8.4.1 压制成型机械的性能与类型	(146)
8.4.2 摩擦(螺旋)压力机	(146)
8.4.3 液压成型机	(147)
思考题	(149)
9 收尘设备	(151)
9.1 概述	(151)
9.1.1 收尘的意义	(151)
9.1.2 收尘效率	(153)
9.1.3 收尘设备分类及类型	(153)
9.2 沉降室	(153)
9.2.1 结构及工作原理	(154)
9.2.2 性能及应用	(154)
9.3 旋风收尘器	(155)
9.3.1 构造及工作原理	(155)
9.3.2 类型及特点	(155)
9.3.3 影响旋风收尘器工作性能的因素	(159)
9.4 袋式收尘器	(160)
9.4.1 结构及工作原理	(160)
9.4.2 袋式收尘器的类型与特点	(162)
9.4.3 影响袋式收尘器性能的因素	(166)
9.5 电收尘器	(166)
9.5.1 结构及原理	(166)
9.5.2 性能及应用	(168)

9.6.2	水浴收尘器	(171)
9.6.3	泡沫收尘器	(172)
9.6.4	冲激式收尘器	(173)
思考题		(174)
10	输送设备	(175)
10.1	概述	(175)
10.2	带式输送机	(176)
10.2.1	带式输送机构造及工作原理	(176)
10.2.2	带式输送机的性能与应用	(176)
10.2.3	输送带宽度的选取	(178)
10.3	斗式提升机	(178)
10.3.1	斗式提升机结构与原理	(178)
10.3.2	斗式提升机的类型与性能	(179)
10.3.3	斗式提升机装卸料方式	(181)
10.3.4	大型斗式提升机发展简介	(182)
10.4	螺旋输送机及搅拌机	(182)
10.4.1	螺旋输送机	(182)
10.4.2	水平式搅拌机	(184)
10.5	板式输送机	(185)
10.5.1	板式输送机结构与原理	(185)
10.5.2	板式输送机的类型与应用	(185)
10.6	气力输送设备	(186)
10.6.1	空气输送斜槽	(186)
10.6.2	螺旋气力输送泵	(188)
10.6.3	气力提升泵	(189)
10.6.4	仓式气力输送泵	(191)
思考题		(192)
11	喂料计量设备	(194)
11.1	概述	(194)
11.1.1	作用与要求	(194)
11.1.2	类型与特点	(194)

11.4 叶轮给料机与螺旋喂料机.....	(198)
11.4.1 叶轮给料机.....	(198)
11.4.2 螺旋喂料机.....	(199)
11.5 物料计量设备.....	(199)
11.5.1 核子秤.....	(199)
11.5.2 失重秤.....	(200)
11.5.3 冲击流量计.....	(200)
11.5.4 溜槽流量计.....	(202)
思考题.....	(202)
参考文献.....	(203)

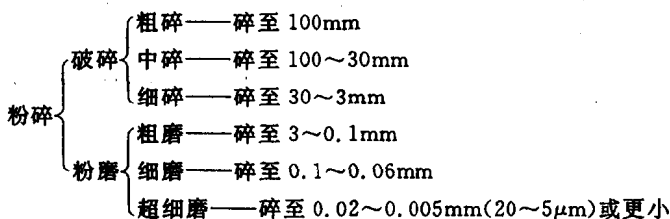
第一篇 粉磨机械

1 概 述

1.1 粉碎的基本概念

1.1.1 粉碎的定义与意义

在外力作用下,克服固体物料各质点的内聚力,使其粒度减小的过程称为粉碎。粉碎包括破碎和粉磨,按物料被处理后的尺寸作如下分类:



物料的粉碎主要为后续工艺过程作准备,最终有利于固相反应的进行。在水泥生产中为的是便于物料的烘干、输送、储存、原料预均化、磨前配料、生料和水泥的均化、水泥熟料煅烧、水泥的水化硬化。一般要求生料细度控制 0.08mm 筛筛余小于 10%,0.2mm 筛筛余小于 1.5%,煤粉细度控制 0.08mm 筛筛余 10%~15%左右,水泥细度一般控制比表面积为 350~400m²/kg、30~10 μ m 颗粒占有相当比例。在陶瓷生产中为有利于坯料制备、坯体的成型与干燥、瓷器烧成,一般要求坯料粒径等于 0.06~0.04mm 或更小,釉料细度控制 0.02mm 筛筛余小于 0.2%。在玻璃生产中为便于配合料制备和玻璃熔融,占配合料 60%~70%以上的石英砂最适宜的颗粒尺寸一般在 0.15~0.8mm 之间。

以水泥生产为例,一般每生产 1t 水泥需粉碎各种原、燃材料 4t 左右。在粉碎作业中:电耗占水泥生产总电耗的 65%

于各级粉碎比 i_n 的乘积,即:

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdots i_n$$

粉碎过程中,各种粒径的物料组成了混合体,这种混合体称为颗粒群。颗粒群的平均粒径,通常用质量平均法测算。步骤如下:

首先,取有代表性的试样,用套筛以筛分法把物料分成若干粒级,并用以下方法分别求出各粒级物料的平均粒径 d_m :设相邻两级筛子的孔径为 d_i (大孔筛) 和 d_{i+1} (小孔筛),则该两级筛之间颗粒群(即小于 d_i 且大于 d_{i+1} 的颗粒群)可用算术平均粒径表示为 $d_m = (d_i + d_{i+1})/2$,得到 d_{m1} 、 d_{m2} 、 d_{m3} ... d_{mn} 。其次,分别称出各粒级物料的质量,得到 G_1 、 G_2 、 G_3 ... G_n 。最后,求出颗粒群的平均粒径 D_m 。即

$$D_m = \frac{d_{m1}G_1 + d_{m2}G_2 + \cdots + d_{mn}G_n}{G_1 + G_2 + \cdots + G_n}$$

筛分所得的粒度级数越多,算得的颗粒群平均粒径越准确。

1.1.3 物料的易碎性与易磨性

易碎性是表示物料被破碎难易程度的特性。它与其强度、硬度、密度、结构均匀性、含水率、粘性、裂痕、表面形状等有关。易碎性通常用易碎性系数表示,又称相对易碎性系数。某物料的易碎性系数 k_m 是指用同一台粉碎机械在同一物料尺寸变化条件下,粉碎标准物料的单位产品电耗 E_s 与粉碎该物料的单位产品电耗 E 之比,即

$$k_m = \frac{E_s}{E}$$

粉碎理论较具有代表性的有以下三种:

1.2.1.1 表面积学说(雷廷智定律)

粉碎物料所消耗的能量与粉碎过程中新生成的表面积成正比。它注意的是物体粉碎后形成新表面积的阶段,比较符合于粉磨作业。数学表达式为

$$E = C_s \left(\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right)$$

式中 E ——物料从 d_1 粉碎至 d_2 时所消耗的能量;

C_s ——比例常数。

1.2.1.2 体积学说(基克定律)

粉碎物料所消耗的能量与被粉碎物料块的体积或质量成正比。它注意的是物体在外力作用下发生变形的阶段,它比较符合于破碎作业,尤其是粗碎作业。数学表达式为

$$E = C_k \left(\lg \frac{1}{d_2} - \lg \frac{1}{d_1} \right)$$

式中符号意义同前。

1.2.1.3 裂纹学说(邦德定律)

粉碎物料所消耗的能量与物料颗粒直径的平方根成反比,它注意的是粉碎裂纹的形成和发展阶段,它较接近于实际粉磨过程,被广泛接受,数学表达式为

$$E = C_R \left(\frac{1}{\sqrt{d_2}} - \frac{1}{\sqrt{d_1}} \right)$$

式中符号意义同前。

以上三种理论所注意的各为粉碎过程的一个阶段,故都只适用于一定的粉碎范围。实际上

1.2.2.3 磨碎(图 1.1(c))

物料在两个相对滑动的工作面之间,或在研磨体间的摩擦作用下被粉碎。多用于小块物料的细磨。管磨机、振动磨利用这种方法。

1.2.2.4 劈碎(图 1.1(d))

物料在两个尖棱状物体之间,受到尖劈力作用而被粉碎。用于粉碎脆性物料。齿辊破碎机利用这种方法。

1.2.2.5 折断(图 1.1(e))

物料在两个带凸齿金属工件之间,受到弯曲的挤压力而被粉碎。适用于脆、硬性物料。颚式、圆锥式破碎机利用这种方法。

1.2.3 粉碎机械的分类

1.2.3.1 破碎机械的类型

破碎机械按结构和工作原理的不同,可分为下列几种类型,如图 1.2 所示。

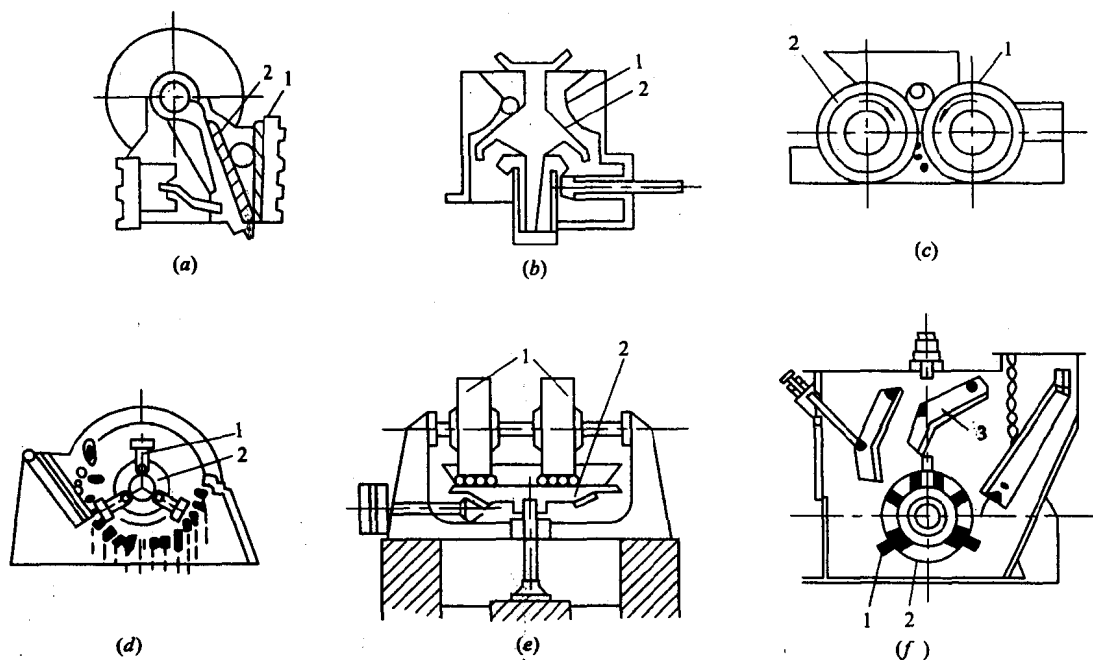


图 1.2 破碎机械类型

(a) 颚式破碎机; (b) 圆锥式破碎机; (c) 辊式破碎机; (d) 锤式破碎机; (e) 轮碾机; (f) 反击式破碎机

A 颚式破碎机(图 1.2(a)) 由于活动颚板 2 对固定颚板 1 作周期性的往复运动,物料在两颚板间被压

E 轮碾机(图 1.2(e)) 物料在旋转的碾盘 2 上被圆柱形碾轮 1 所压碎和磨碎。多用于陶瓷厂及耐火材料厂原料的粉碎。

F 反击式破碎机(图 1.2(f)) 物料受到安装在转子 2 上的高速旋转的打击板 1 的打击,并弹向反击板 3 被撞击以及物料之间相互撞击而击碎。适用于中、细碎硬质和中硬质物料。

破碎机械还有立式冲击破碎机和笼式破碎机等。

1.2.3.2 粉磨机械的类型

粉磨机械按结构和工作原理的不同,也可分为下列几种类型,如图 1.3 所示。

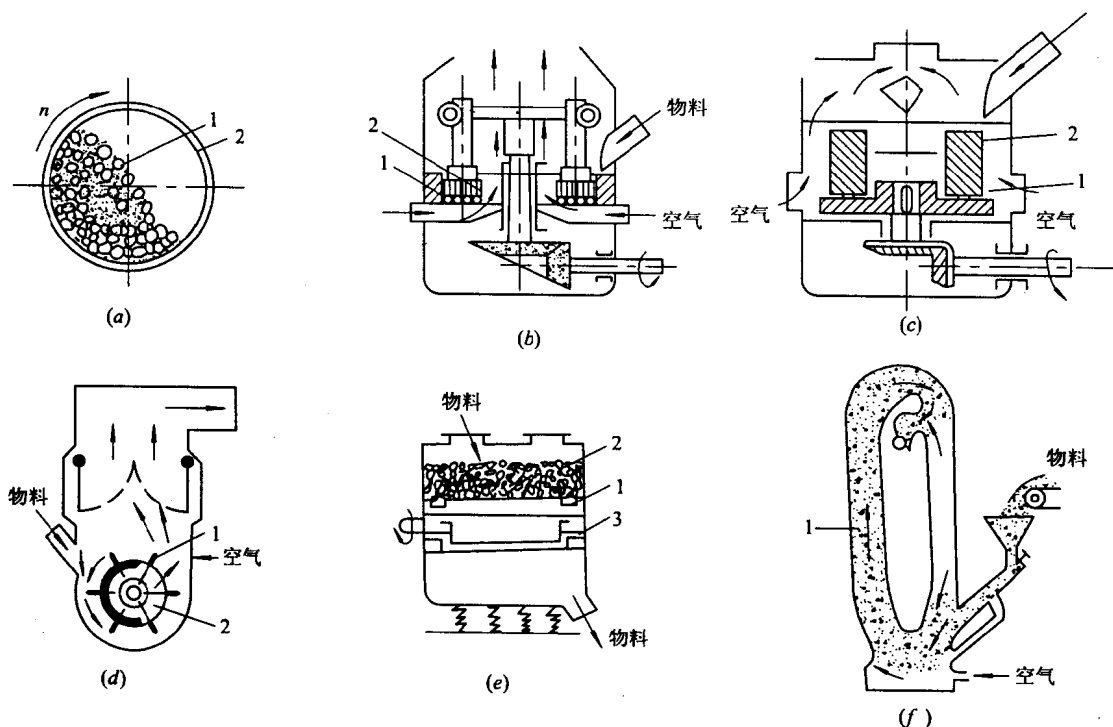


图 1.3 粉磨机的类型

(a) 球磨机; (b)、(c) 立式辊磨; (d) 锤击磨; (e) 振动磨; (f) 流能磨机

A 球磨机(图 1.3(a)) 物料与研磨体 1 在旋转着的筒体 2 中,由于研磨体被筒体带到一定高度抛落,因而能将物料击碎和磨碎。

B 立式辊磨(图 1.3(b)、(c)) 物料在磨盘(或圆环)1 和在磨盘上的碾轮 2(摆轮)之间,靠