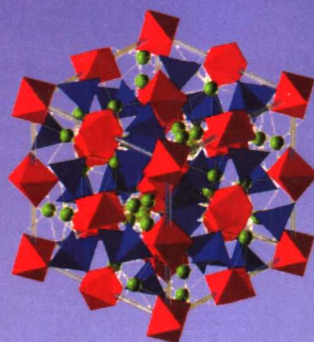


WUTP

高等学校试用教材

水泥生产粉碎过程设备

刘建寿 赵红霞 编著



武汉理工大学出版社

Wuhan University of Technology Press

高等学校试用教材

水泥生产粉碎过程设备

刘建寿 赵红霞 编著

武汉理工大学出版社
· 武 汉 ·

【内容简介】

全书共分18章,主要包括破碎设备、粉磨设备、颗粒流体力学、选粉设备、收尘设备和输送设备。内容涵盖了粉碎工艺过程中的主要设备,重点阐述了具有代表性的粉碎过程设备的应用、结构、工作原理、性能及特点、主要参数的计算与选择。

本书既可以作为高等院校和高职高专学校的教师及学生用教材,也可以作为有关厂矿、科研、设计单位人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

水泥生产粉碎过程设备/刘建寿,赵红霞编著. —武汉:武汉理工大学出版社,2005
ISBN 7-5629-2228-4

I. 水…

II. ① 刘… ② 赵…

III. 水泥-原料-粉碎-设备

IV. TQ172.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 105242 号

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070

<http://www.techbook.com.cn>

电 话:87394412(发行科),87394107(编辑部)

印 刷 者:湖北地矿印业有限公司

经 销 者:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16

印 张:29.5

字 数:733 千字

版 次:2005 年 6 月第 1 版

印 次:2005 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~3000 册

定 价:45.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

前 言

近几年来,我国水泥工业处于设备和技术高速发展的时期,新型干法水泥生产发展迅猛。截至 2002 年底,我国已经投产的从 700t/d 到 7200t/d 的新型干法生产线有 232 条,设计熟料总生产能力达一亿多吨。目前正在建的 2000t/d 和 5000t/d 的生产线分别有 30 条和 40 余条。本书的编写,适应了水泥生产技术不断发展的要求。

本书内容涵盖了粉碎工艺过程中的主要设备,重点阐述了具有代表性的粉碎过程设备的应用、结构、工作原理、性能及特点、主要参数的计算与选择。

全书共分十八章,主要包括破碎设备、粉磨设备、颗粒流体力学、选粉设备、收尘设备和输送设备。

在本书中,系统地阐述了粉碎过程设备的基本理论、基础知识,并结合最新的技术发展,介绍了大型干法水泥生产粉碎过程设备的新技术、新设备。在内容上,突出设备的结构、原理;尽量减少公式的推导过程;既有传统设备,又包括了最新的设备,及时反映当今技术和设备的发展动态。考虑到建材机械相关专业同时开设的其他课程,本书未对设备的安装、维护等内容作介绍。本书既可以作为高等院校和高职高专学校的教师及学生用教材,也可以作为有关厂矿、科研、设计单位人员的参考书。

本书由洛阳工业高等专科学校教师和工程技术人员共同编写,刘建寿编写第 5、7、8 章;赵红霞编写第 9、11、12 章;李洪波编写第 1、2、3、4、6、10、16、17 章;雷建编写第 13 章中的 13.1~13.3 节、第 14 章;任海军编写第 13 章中的 13.4 节,第 15、18 章。

全书由洛阳工业高等专科学校褚瑞卿主审,在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中,参考了大量的文献、科研成果及设计成果,在此对文献作者表示深深的谢意。

由于编者水平有限,时间仓促,难免有不当之处,恳请读者提出宝贵意见并批评指正。

编 者

2005 年 5 月

目 录

第一篇 破碎机械

1 概述	(1)
1.1 粉碎的意义及分类	(1)
1.2 粉碎比	(1)
1.3 物料的强度、硬度和可碎性	(2)
1.4 粉碎方法	(3)
1.5 粉碎理论	(4)
1.5.1 表面积假说	(4)
1.5.2 体积假说	(4)
1.5.3 裂纹理论	(5)
1.6 破碎机械的类型及用途	(6)
2 颚式破碎机	(8)
2.1 概述	(8)
2.1.1 颚式破碎机的应用	(8)
2.1.2 颚式破碎机的工作原理及类型	(8)
2.2 颚式破碎机的构造	(10)
2.2.1 简单摆动颚式破碎机	(10)
2.2.2 复杂摆动颚式破碎机	(13)
2.3 颚式破碎机的结构参数及工作参数的选择和计算	(14)
2.3.1 结构参数的选择与计算	(14)
2.3.2 工作参数的选择与计算	(18)
3 锤式破碎机	(22)
3.1 概述	(22)
3.1.1 锤式破碎机的工作原理及应用	(22)
3.1.2 锤式破碎机的类型	(22)
3.1.3 锤式破碎机的优缺点	(22)
3.2 锤式破碎机的构造及主要零部件	(23)
3.2.1 锤式破碎机的构造	(23)
3.2.2 锤式破碎机主要零部件	(25)
3.3 锤式破碎机的结构参数和工作参数的确定	(27)
3.3.1 基本结构参数	(27)
3.3.2 主要工作参数的确定	(30)

4	反击式破碎机	(33)
4.1	概述	(33)
4.1.1	反击式破碎机的工作原理和用途	(33)
4.1.2	反击式破碎机的优缺点	(33)
4.1.3	反击式破碎机的分类	(34)
4.2	反击式破碎机的构造	(35)
4.2.1	单转子反击式破碎机的构造	(35)
4.2.2	双转子反击式破碎机的构造	(37)
4.2.3	其他形式反击式破碎机	(39)
4.2.4	反击式破碎机的主要零部件	(41)
4.3	反击式破碎机主要参数的确定	(42)
4.3.1	基本结构参数	(42)
4.3.2	主要工作参数的确定	(43)
5	其他类型的破碎机	(45)
5.1	单段锤式破碎机	(45)
5.1.1	概述	(45)
5.1.2	单段锤式破碎机构造及主要零部件	(48)
5.2	LPM 型立式粉碎机	(56)
5.2.1	LPM 型立式粉碎机的应用、工作原理	(56)
5.2.2	立式粉碎机的构造和主要零部件	(57)
5.3	立式冲击破碎机	(58)
5.3.1	立式冲击破碎机的应用、工作原理和类型	(58)
5.3.2	立式冲击破碎机的结构	(58)
5.3.3	立式冲击破碎机的特点	(60)

第二篇 粉磨机械

6	概述	(61)
6.1	粉磨的意义	(61)
6.2	磨机的分类及特点	(61)
6.2.1	磨机的种类	(61)
6.2.2	球磨机的分类	(62)
6.2.3	球磨机的特点	(63)
6.3	粉磨作业的特点、工艺技术指标和粉磨系统	(64)
6.3.1	粉磨作业的特点	(64)
6.3.2	粉磨作业的技术条件和工艺技术指标	(64)
6.3.3	粉磨系统	(66)
7	球磨机	(68)
7.1	球磨机工作原理及球磨机研磨体运动分析	(68)

7.1.1	球磨机工作原理及研磨体运动的基本状态	(68)
7.1.2	球磨机内研磨体的运动分析	(69)
7.1.3	球磨机主要参数的确定	(80)
7.1.4	研磨体	(87)
7.2	球磨机构造及主要零部件	(94)
7.2.1	球磨机构造	(94)
7.2.2	球磨机的主要零部件	(100)
7.3	球磨机主要零部件的强度计算	(141)
7.3.1	筒体	(141)
7.3.2	中空轴	(145)
7.3.3	磨头(磨尾)与筒体法兰的连接螺栓	(146)
8	辊磨机	(151)
8.1	概述	(151)
8.1.1	辊磨机的应用及特点	(151)
8.1.2	辊磨机工作原理	(151)
8.1.3	辊磨机种类	(153)
8.2	辊磨机构造	(153)
8.2.1	辊磨机的组合形式	(153)
8.2.2	辊磨机的分离器	(162)
8.2.3	辊磨机液压系统	(165)
8.3	辊磨机粉磨系统	(167)
8.3.1	辊磨机预粉磨系统	(167)
8.3.2	辊磨机终粉磨系统	(168)
8.4	影响辊磨机粉磨的因素	(168)
8.4.1	磨内的通风及进出口温度的控制	(169)
8.4.2	拉紧力的选择	(169)
8.4.3	分离器转速的选择	(170)
8.4.4	料层厚度的选择	(170)
8.4.5	辊磨机的振动	(170)
8.4.6	吐渣	(171)
8.4.7	压差的控制	(171)
8.4.8	影响粉碎效果与分离效果的因素	(172)
8.4.9	辊磨机的主要经济技术指标及影响因素	(172)
8.5	辊磨机主要参数的确定	(173)
8.5.1	钳角 α	(173)
8.5.2	磨辊直径 D 与物料粒径 d 的比例	(174)
8.5.3	磨盘转速	(174)
8.5.4	辊磨机的功率	(175)
8.5.5	辊磨机的产量	(175)

9 辊压机	(176)
9.1 概述	(176)
9.1.1 辊压机的应用及特点	(176)
9.1.2 辊压机工作原理	(177)
9.2 辊压机的构造及主要零部件	(178)
9.2.1 辊压机的构造	(178)
9.2.2 辊压机主要零部件	(179)
9.3 辊压机主要参数确定	(184)
9.3.1 辊径 D 和辊宽 B 及最小辊隙 $S_{\min}$ 的确定	(184)
9.3.2 工作压力	(185)
9.3.3 辊速	(185)
9.3.4 生产能力 Q	(185)
9.3.5 传动功率 N	(186)
9.4 辊压机粉磨系统	(186)
9.4.1 预粉磨系统	(186)
9.4.2 混合粉磨系统	(186)
9.4.3 部分终粉磨系统	(187)
9.4.4 联合粉磨系统	(187)
9.4.5 终粉磨系统	(188)

第三篇 流体分级设备和收尘设备

10 颗粒流体力学基础理论	(189)
10.1 概述	(189)
10.2 颗粒状物料的基本特性	(190)
10.2.1 粒径及颗粒组成	(190)
10.2.2 堆积密度与空隙率	(194)
10.2.3 形状系数、比表面积和摩擦角	(194)
10.3 颗粒在流体内相对运动时的阻力	(196)
10.4 颗粒在静止流体内的沉降	(198)
10.4.1 颗粒在静止流体内的自由沉降	(198)
10.4.2 颗粒在静止流体内的干扰沉降	(202)
10.4.3 等降颗粒	(202)
10.5 颗粒在流动着的流体内的运动	(203)
10.5.1 颗粒在垂直流动的流体内并在重力作用下的运动	(203)
10.5.2 颗粒在水平流动的流体内并在重力作用下的运动	(205)
10.5.3 颗粒在旋转流体内的运动	(205)
10.6 流体通过颗粒层的流动	(207)
11 流体分级设备	(211)

11.1	通过式选粉机	(211)
11.1.1	通过式选粉机的结构及工作原理	(211)
11.1.2	产品粒度调节方法及性能	(212)
11.2	离心式选粉机	(213)
11.2.1	离心式选粉机的构造与工作原理	(213)
11.2.2	离心式选粉机工作参数的确定	(217)
11.2.3	离心式选粉机的性能及应用	(218)
11.3	旋风式选粉机	(218)
11.3.1	旋风式选粉机的构造和工作原理	(218)
11.3.2	旋风式选粉机工作参数的确定	(220)
11.3.3	旋风式选粉机的性能与应用	(221)
11.4	O-Sepa 型选粉机	(221)
11.4.1	O-Sepa 选粉机的结构与工作原理	(222)
11.4.2	O-Sepa 选粉机粉磨系统	(225)
11.4.3	O-Sepa 选粉机特点	(228)
11.5	新型煤磨选粉机	(229)
11.5.1	HES(M)煤磨选粉机	(229)
11.5.2	CMS 煤磨选粉机	(230)
11.5.3	新型煤磨选粉机的特点	(231)
11.6	其他类型的高效分级机	(231)
11.6.1	Sepax 型高效分级机	(232)
11.6.2	Sepol 型高效分级机	(232)
11.6.3	SKS 型高效分级机	(233)
11.6.4	S-SD 型高效分级机	(234)
11.7	选粉效率及循环负荷	(235)
11.7.1	选粉效率及计算	(235)
11.7.2	循环负荷及计算	(237)
12	收尘设备	(240)
12.1	概述	(240)
12.1.1	收尘的目的和意义	(240)
12.1.2	收尘设备的性能	(242)
12.1.3	收尘设备的分类	(245)
12.2	沉降室	(246)
12.2.1	沉降室的工作原理	(246)
12.2.2	沉降室的构造	(246)
12.2.3	沉降室的设计与计算	(247)
12.3	旋风收尘器	(249)
12.3.1	概述	(249)
12.3.2	旋风收尘器的工作原理	(249)

12.3.3	旋风收尘器的类型	(250)
12.3.4	旋风收尘器的排灰装置	(260)
12.3.5	旋风收尘器的主要工作参数与计算	(262)
12.3.6	影响旋风收尘器性能的因素	(264)
12.3.7	旋风收尘器的选型计算	(268)
12.4	袋式收尘器	(269)
12.4.1	概述	(269)
12.4.2	袋式收尘器的工作原理	(269)
12.4.3	袋式收尘器的构造及分类	(270)
12.4.4	袋式收尘器的滤袋材料	(272)
12.4.5	常用的几种袋式收尘器	(274)
12.4.6	PPF 气箱脉冲袋式收尘器	(280)
12.4.7	袋式收尘器的性能	(283)
12.4.8	袋式收尘器的选型计算	(285)
12.5	电收尘器	(286)
12.5.1	概述	(286)
12.5.2	电收尘器的工作原理	(287)
12.5.3	电收尘器的分类	(289)
12.5.4	电收尘器的构造	(290)
12.5.5	电收尘器的性能及其影响因素	(294)
12.5.6	电收尘器的选型计算	(297)
12.5.7	其他形式的电收尘器	(304)
12.6	收尘系统设计及计算	(311)
12.6.1	收尘系统选择	(312)
12.6.2	收尘设备的选择	(313)
12.6.3	吸尘罩及风管设计	(314)
12.6.4	收尘系统排风机选型	(315)
12.6.5	收尘系统的流体阻力计算	(315)
12.6.6	收尘系统应用实例	(316)

第四篇 输送机械

13	带式输送机	(320)
13.1	构造、特点、应用及布置形式	(320)
13.1.1	构造	(320)
13.1.2	应用及特点	(321)
13.1.3	布置形式	(321)
13.2	主要零部件	(322)
13.2.1	输送带	(322)

13.2.2	支承装置	(326)
13.2.3	驱动装置和驱动原理	(329)
13.2.4	张紧装置	(331)
13.2.5	装载与卸载装置	(332)
13.2.6	清理装置	(333)
13.3	设计与选型计算	(335)
13.3.1	输送能力和带宽的计算与选择	(335)
13.3.2	运行阻力和张力的计算	(338)
13.3.3	驱动功率的计算和驱动位置的确定	(344)
13.3.4	张紧装置张紧力的计算	(346)
13.3.5	输送带的垂度和层数计算	(347)
13.3.6	曲线段曲率半径的计算	(348)
13.3.7	制动力矩的计算	(349)
13.4	气垫带式输送机	(350)
13.4.1	工作原理及应用范围	(350)
13.4.2	部件的选用	(353)
13.4.3	设计选型要领	(354)
14	斗式提升机	(357)
14.1	构造、类型和特点	(357)
14.1.1	构造	(357)
14.1.2	类型和特点	(357)
14.2	主要零部件	(360)
14.2.1	牵引件	(360)
14.2.2	料斗	(363)
14.2.3	驱动轮和张紧装置	(364)
14.3	选型与设计计算	(367)
14.3.1	输送能力和料斗的计算与选择	(367)
14.3.2	卸料方式、驱动轮直径与转速的确定	(370)
14.3.3	运动阻力和驱动功率的计算	(373)
15	链式输送机	(377)
15.1	概述	(377)
15.1.1	链条特点	(377)
15.1.2	链条类型	(377)
15.2	埋刮板输送机	(380)
15.2.1	输送原理、性能及应用	(380)
15.2.2	构造及刮板	(381)
15.2.3	埋刮板输送机的选型与计算	(384)
15.3	板式输送机	(386)
15.3.1	板式输送机分类	(386)

15.3.2	板式输送机的应用范围及特点	(386)
15.3.3	结构及主要零部件	(387)
15.3.4	板式输送机的选型与计算	(389)
15.4	其他类型链式输送机	(391)
15.4.1	链斗式输送机	(391)
15.4.2	刮板输送机	(391)
15.4.3	裙式输送机	(393)
16	螺旋输送机	(394)
16.1	工作原理、构造及应用	(394)
16.1.1	构造	(394)
16.1.2	工作原理、特点及应用	(394)
16.2	主要零部件	(396)
16.2.1	螺旋	(396)
16.2.2	悬挂轴承装置	(398)
16.2.3	端部轴承	(400)
16.2.4	料槽	(401)
16.2.5	驱动装置	(402)
17	振动输送机	(403)
17.1	工作原理、构造及应用	(403)
17.1.1	工作原理	(403)
17.1.2	特点	(403)
17.1.3	应用范围	(403)
17.1.4	分类	(403)
17.1.5	结构	(403)
17.2	惯性振动输送机主要零部件	(407)
17.2.1	结构	(407)
17.2.2	技术性能和主要参数	(409)
17.2.3	惯性振动输送机多台串联使用	(411)
18	空气输送设备	(412)
18.1	概述	(412)
18.1.1	空气输送的作用	(412)
18.1.2	空气通过颗粒层的几种状态	(412)
18.1.3	空气输送的特点	(414)
18.1.4	气力输送系统与设备类型	(416)
18.2	空气输送斜槽	(428)
18.2.1	构造及特点	(428)
18.2.2	主要零部件	(431)
18.2.3	选型计算	(435)
18.3	管道式气力输送设备	(439)

18.3.1	螺旋输送泵.....	(439)
18.3.2	仓式输送泵.....	(441)
18.3.3	气力提升泵.....	(445)
18.3.4	栓流气力输送泵.....	(450)
参考文献.....		(455)

第一篇 破碎机械

1 概 述

1.1 粉碎的意义及分类

用机械方法或非机械方法(电能、热能、原子能、化学能等)克服物料内部的内聚力而将其分裂的过程,称为粉碎。大块物料破碎成小块物料称为破碎;小块物料磨成细粉称为粉磨。破碎与粉磨统称为粉碎。相应地完成这些作业的机械,称为破碎机械和粉磨机械,或统称为粉碎机械。粉碎作业的分类见表 1.1。

表 1.1 粉碎作业的分类

作 业	段 数	给料粒度(mm)	产品粒度(mm)	
破 碎	粗碎(一级破碎)	露天矿 1500~1000 井下开采 600~350	250~125 125~20	
	细碎(二级破碎)	250~125	15~0.5	
粉 磨	粗 磨	15~0.5	2~0.2	
	中 磨	2~0.2	-200 目占 70%~80%	
	细 磨	中磨产品	-(200~325)目占 90%~95%	
超 细 粉 磨	微粉碎	细磨产品	>5 μ m	
	超细粉碎	微粉碎产品	<5 μ m	微 细 1~0.1 μ m 超 细 0.1~0.02 μ m 超微细 <0.02 μ m

物料经粉碎后,比表面积增加,可提高化学反应速度和物理作用效果;几种不同固体物料的混合,在细粉状态下易达到均匀的效果;物料经粉碎后,便于干燥、传热、贮存和运输;物料经粉碎后,还可用于材料科学,环境保护和选矿等部门。

在建筑材料生产中,粉碎作业是很重要的过程。例如:每生产 1t 水泥,需破碎和粉磨的物料量约 4t 左右。粉碎作业的情况直接关系着产品质量和产品成本。

1.2 粉 碎 比

粉碎比系指粉碎前物料粒径(D)和粉碎后物料粒径(d)之比值,即为 $i = D/d$ 。

各种粉碎机械的粉碎比均有一定的范围,一般破碎机的粉碎比为 3~6,近年来研制的立式反击式破碎机的粉碎比为 40~1000,而磨机的粉碎比达 300~1000。对一定性质的物料,粉

碎比是确定破碎机械或粉磨机械的主要依据。

1.3 物料的强度、硬度和可碎性

物料的强度表示粉碎物料的难易程度。其强度可分为抗压强度、抗折强度、抗剪强度、抗冲击强度等。粉碎时,当破碎力大于物料的强度极限时,就发生碎裂。抗压强度大于 250MPa 者为坚硬物料,在 40~250MPa 之间者为中硬物料,小于 40MPa 者为软物料。物料的极限强度值列于表 1.2 中。

表 1.2 物料的强度

物 料	抗压强度 (MPa)	抗折强度 (MPa)	抗剪强度 (MPa)	抗冲击强度 (MPa)
辉绿岩	343	29.4×10^{-2}	2.84×10^{-2}	35.7
石英	274~304		1.76×10^{-2}	11.5
石灰石(密) 石灰石(疏)	98~147 19.6~58.8	18.5	12.2×10^{-2}	5.14
砂岩(最硬) 砂岩(硬) 砂岩(中硬) 砂岩(不硬)	14.7~19.6 9.8~14.7 5.88~9.8 3.92~5.88		29.4×10^{-2}	1.27
粘土(含水 2%~9%) 粘土(含水 22%~26%)	1.96~5.88 0.196~0.594			

物料的硬度常用普氏硬度系数 f_0 (M·M 普罗托吉雅可诺夫用作岩石坚固性分类的系数)来表示。按普氏硬度系数 f_0 可将岩石按坚固性分为 10 级, f_0 值为 0.3~20。 f_0 值越大,表示岩石越坚硬。在粉碎过程中,常把岩石分为很硬、硬、中硬、软、很软等五级。

按普氏硬度系数可将物料分成五个硬度等级。也可用莫氏硬度来表示,见表 1.3。

表 1.3 物料的普氏和莫氏硬度系数

物料硬度	物 料 名 称	普氏硬度系数 f_0	莫氏硬度
很 软	石膏、烟煤、褐煤	<2	1.5~2
软	泥灰岩、页岩、粘土质砂岩、软质石灰岩	2~4	2.5~3
中 硬	石灰岩、白云石、石英质砂岩	4~8	3.5~4
硬	坚硬石灰石、硬砂岩、石英岩	8~10	6~7
很 硬	花岗岩、玄武岩、硬石英岩	>15	>7

在粉碎过程中,物料粒度越细,机械强度越高,越难破碎、磨碎。在粉碎工艺中常引用“可碎性系数”及“可磨性系数”来定量地考虑矿石的机械强度对破碎、磨碎的影响。

$$\text{可碎性系数} = \frac{\text{该碎矿机在同样条件下破碎指定矿石生产率}}{\text{某破碎机破碎中硬矿石的生产率}}$$

$$\text{可磨性系数} = \frac{\text{该磨矿机在同样条件下磨碎指定矿石生产率}}{\text{某磨矿机磨碎中硬矿石的生产率}}$$

通常用石英代表中等硬度矿石,它的可碎性系数和可磨性系数都是1。矿石硬度大,可碎性系数和可磨性系数都小于1,表示破碎机生产能力低。反之,两系数都大于1,表示破碎机生产能力高。

1.4 粉碎方法

建材工业中主要是用机械力来粉碎矿石,常见的粉碎方法见图1.1所示。

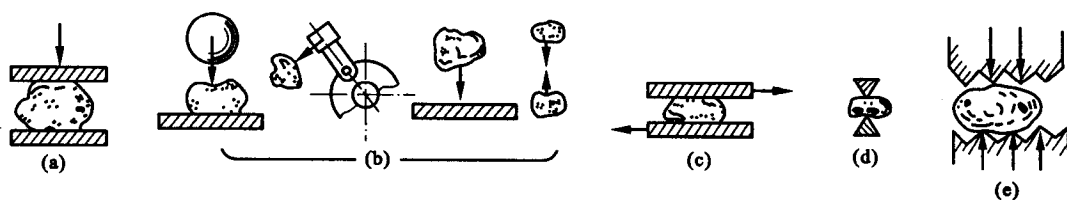


图 1.1 矿石的破碎和磨碎方法

(a) 压碎; (b) 冲击; (c) 磨碎; (d) 劈碎; (e) 折断

(1) 压碎(图 1.1(a))

将物料置于两个金属平面之间并受到缓慢增长的压力作用,当物料的应力达到其压碎强度极限时而被破碎。主要用于破碎大块硬质物料。

(2) 冲击(图 1.1(b))

物料在瞬间受到外来的冲击力作用而被破碎。该图中所示四种方式都是物料受到快速回转的运动件的冲击作用力,由动能迅速转变为物料很小的变形能,甚至来不及变形,物料产生很大的应力集中而导致破碎。主要适用于破碎脆性物料。

(3) 磨碎(图 1.1(c))

物料在两个金属平面或各种形状的研磨体之间作相对移动,受到剪切力的作用,当物料的应力达到剪切强度极限时而被磨碎。主要用于小块物料的研磨。

(4) 劈碎(图 1.1(d))

物料在两个带有尖棱状的金属表面之间受挤压,尖棱楔入物料后,发生较大裂缝,物料中便产生拉应力,当其达到拉伸强度极限时,则被劈裂而破碎。主要用于破碎脆性物料。

(5) 折断(图 1.1(e))

物料在两个带有互相错开的凸棱的金属表面之间被挤压,物料产生弯曲变形,当弯曲应力达到弯曲强度极限时,则被折断破碎。主要用于破碎硬脆性物料。

粉碎方法应根据物料的性质、粒度和粉碎比等来选择。实际上,任何一种粉碎机械都不是单纯利用某一种方法进行粉碎操作的,一般都是由两种或两种以上的方法联合作用进行粉碎物料的。如:对坚硬物料,可采用压碎、折断和劈碎;对于韧性、软质物料,可采用劈碎、磨碎和压碎;对脆性物料,可采用冲击和劈碎等等。如果粉碎方法选择不当,不但影响粉碎效果,还要增大能量消耗。

1.5 粉碎理论

粉碎理论主要是研究物料的粉碎机理以及在粉碎过程中的能量消耗问题。粉碎过程是极其复杂的,粉碎过程的能量消耗与很多因素有关,如物料的物理机械性质、所采用的破碎方法、在粉碎瞬间各物料之间所处的相互位置、物料的几何形状、粒度大小及分布规律、物料的湿度及粘度等等。不同学者从不同角度进行了研究,公认比较有价值的粉碎理论有以下三种假说。

1.5.1 表面积假说

这是雷廷智于 1867 年提出来的,又称雷廷智假说。表面积假说认为:粉碎物料所消耗的能量与粉碎过程中新增加的表面积成正比。

这一假说的物理基础是认为组成任何纯粹脆性的晶体物质质点之间,具有恒定的分子吸引力。因此,粉碎所消耗的能量与用来拆开分子间的引力、产生新的表面积所需要的能量有一定关系。

按照上述假说所推导得出的单位产品能量消耗的普遍式如下:

$$W = C \left(\frac{1}{d_m} - \frac{1}{D_m} \right) \quad (1.1)$$

式中 W ——粉碎单位物料的粉碎功, J/kg;

C ——与物料性质、形状、密度有关的系数;

d_m ——粉碎后产品的调和平均直径, m;

D_m ——粉碎前物料的调和平均直径, m。

由于 $D_m = i d_m$, 所以式(1.1)又可写成:

$$W = C \frac{i-1}{D_m} \quad (1.2)$$

式中 i ——粉碎比。

由式(1.2)可知,当被粉碎物料的调和平均直径 D_m 一定时,粉碎功与 $i-1$ 之值成正比;若被粉碎物料的调和平均直径不同而粉碎比相同时,则粉碎功与被粉碎物料的调和平均直径成反比。实践也证明,当粉碎比一定时,被粉碎物料的粒径愈小,粉碎所消耗的能量愈大。

表面积假说主要是从粉碎物料新生成表面积多少来推导能量消耗量的,它忽略了被粉碎物料的内部结构及物理机械性质,因此它对于粉碎比大、新生表面积多的物料的粉磨过程比较适用。

1.5.2 体积假说

这是基克于 1885 年提出来的,又称基克假说。体积假说认为:在相同技术条件下,将几何形状相似的同类物料粉碎成几何形状也相似的产品时,粉碎消耗的能量与被粉碎物料的体积或质量成正比。

根据物体受外力而引起变形的结果来看,当物体受外力后必然在内部引起应力。随着外力的增加,物体的应力及变形亦随之加大,当应力达到物料的强度极限时,则外力稍微增加即可使物料破坏。对于脆性岩石而言,物料所受外力与形变符合直线关系。体积假说的普遍式