

★★★ 中等职业教育通用教材

zhongdeng zhiye jiaoyu

# 水泥生产机械设备

SHUINI SHENGCHAN JIXIESHEBEI

主编 吴玉明

兰州大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

水泥生产机械设备/吴玉明主编. —兰州: 兰州

大学出版社, 2011. 1

中等职业教育通用教材

ISBN 978-7-311-03645-4

I. ①水… II. ①吴… III. ①水泥—生产—机械设备—  
专业学校—教材 IV. ①TQ172.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 017483 号

策划编辑 张国梁  
责任编辑 魏春玲  
封面设计 张友乾

---

书 名 水泥生产机械设备  
主 编 吴玉明  
出版发行 兰州大学出版社 (地址: 兰州市天水南路 222 号 730000)  
电 话 0931-8912613(总编办公室) 0931-8617156(营销中心)  
0931-8914298(读者服务部)  
网 址 <http://www.onbook.com.cn>  
电子信箱 [press@lzu.edu.cn](mailto:press@lzu.edu.cn)  
印 刷 兰州德辉印刷有限责任公司  
开 本 787 × 1092 1/16  
印 张 18.75  
字 数 430 千  
版 次 2011 年 1 月第 1 版  
印 次 2011 年 1 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-311-03645-4  
定 价 32.00 元

---

(图书若有破损、缺页、掉页可随时与本社联系)

# 前 言

《水泥生产机械设备》是中等专业学校水泥机械专业的主要专业课。通过本课程的学习,使学生熟悉水泥生产中主要机械设备的类型、结构、工作原理、特点、使用维护以及主要参数的确定。

全书共分六章,即破碎设备、粉磨设备、收尘设备、选粉设备、热工设备和输送设备。

本书编写在内容上突出了设备的结构、工作原理,常见设备的故障和排除方法,尽量减少公式的推导过程,取消了零件的强度校核与计算。既有传统设备,也包括了部分新设备,基本反映了当今水泥技术和设备的发展。

考虑到职业中专学生以能力培养为主,切实落实“管用、够用、实用”的指导思想,在合理确定学生应具备的知识结构和能力水平的基础上,对教材的难度做了相应的调整。

本书由甘肃省建筑材料工业学校专业教师及工程技术人员共同编写,吴玉明担任主编,参加编写的还有宋金功、冯康明、何军以及甘肃张掖巨龙建材有限责任公司康国兵。

本书在编写过程中,参考了大量的文献及科研资料,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,难免有错误不当之处,恳请读者提出宝贵意见并批评指正。

编者

2011年1月

# 目 录

绪 论 .....	1
1 破碎设备 .....	6
1.1 概述 .....	6
1.1.1 基本概念 .....	6
1.1.2 粉碎方法与粉碎机械分类 .....	7
1.1.3 粉碎理论 .....	10
1.2 颞式破碎机 .....	12
1.2.1 工作原理、类型、构造和特点 .....	12
1.2.2 主要参数的确定 .....	17
1.2.3 主要零件的结构与计算 .....	22
1.2.4 常见故障及排除方法 .....	26
1.3 圆锥破碎机 .....	28
1.3.1 工作原理、类型、构造和特点 .....	28
1.3.2 主要参数的确定 .....	32
1.4 辊式破碎机 .....	34
1.4.1 工作原理、类型、构造和特点 .....	34
1.4.2 主要参数的确定 .....	37
1.5 锤式破碎机 .....	42
1.5.1 工作原理、类型、构造和特点 .....	42
1.5.2 主要参数的确定 .....	47











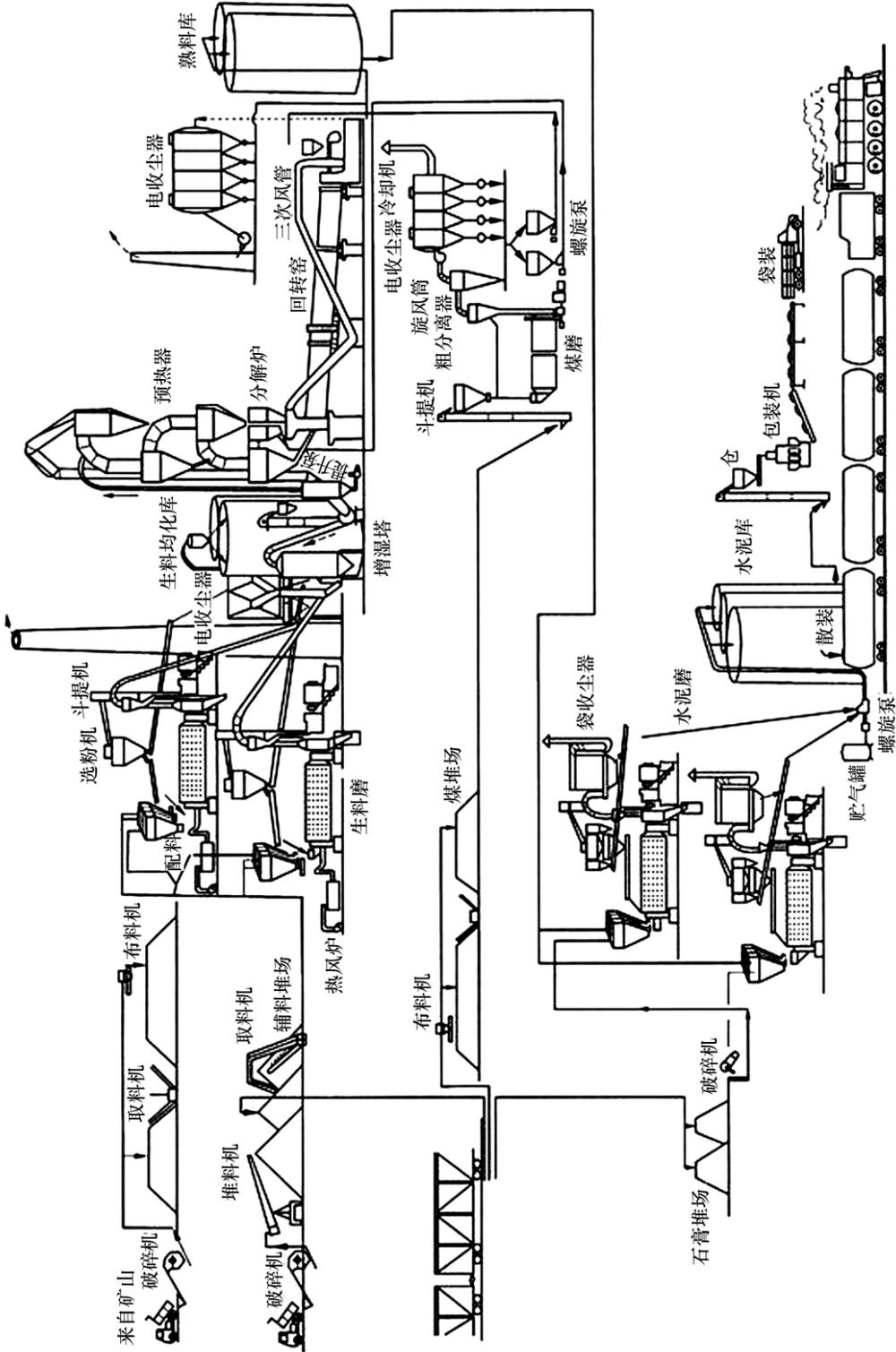


图 0-1 新型干法回转窑水泥生产工艺流程



和提高劳动生产率。

### 3.向节能方向发展

水泥工业能耗较大,主要在于两大部分:粉碎原料、燃料与生料制备系统的电耗和窑炉烧成系统的热耗。因此,世界各国都在积极开发节能的成套设备。如带有窑外分解炉的回转窑,其热耗约为 2800 kJ/kg,是目前水泥厂煅烧熟料热耗最低的窑炉,因此,窑外分解技术已成为我国水泥工业技术的发展方向。

此外,原料磨采用辊式磨,使每吨生料的电耗从 30 kW·h 降低至 20 kW·h 以下;熟料粉磨采用辊压机进行预粉碎,使每吨水泥可节电 25%,这些节能设备使粉磨系统的电耗有明显的降低。

## 五、本课程的性质、任务与主要内容

水泥生产机械设备课是中等专业学校水泥机械的一门重要专业课。通过本课程的学习,使学生熟悉水泥工业生产中主要机械设备和附属设备的构造、类型、工作原理、性能、特点以及使用维护设备的基本知识。熟悉其主要参数的基本计算方法,为今后从事设备管理和技术改造工作打下基础。

本课程主要内容有六大部分:(1)破碎设备;(2)粉磨设备;(3)收尘设备;(4)选粉设备;(5)热工设备;(6)输送设备。

# 1 破碎设备

## 1.1 概述

### 1.1.1 基本概念

#### 一、粉碎

用外力(机械力或直接用水力、电力等)克服固体物料各质点间的内聚力,使其碎裂的过程,称为粉碎。

将大块物料碎裂成为小块,称为破碎;将小块物料碎裂成细粉,称为粉磨。破碎和粉磨统称为粉碎。

在水泥工业中,按照产品粒径大小,分为粗碎(粒径在100 mm以上)、中碎(粒径在20~100 mm)和细碎(粒径在20 mm以下)三类。

#### 二、破碎比

在破碎作业中,物料的平均直径 $D_m$ 与产品的平均直径 $d_m$ 的比值,称为破碎比,又称平均破碎比,以 $i_m$ 表示,可用下式表示:

$$i_m = \frac{D_m}{d_m} \quad (1-1)$$

式中  $i_m$ ——平均破碎比;

$D_m$ ——破碎前物料的平均直径,mm;

$d_m$ ——破碎后物料的平均直径,mm。

破碎比表示物料粒度在破碎过程中缩小的程度,是破碎机选型时,作为计算产量和动力

消耗等的主要依据。

公称破碎比——表示破碎机械的特性。

物料破碎前的最大进料口尺寸与破碎后的最大出料口尺寸的比值,称为公称破碎比,以 $i_n$ 表示:

$$i_n = \frac{B}{b} \quad (1-2)$$

式中  $i_n$ ——公称破碎比;

$B$ ——破碎机最大进料口尺寸,mm;

$b$ ——破碎机最大出料口尺寸,mm。

对于破碎机而言,破碎比是评定破碎机机械性能的一项技术指标。对物料而言,破碎比是确定破碎系统和设备选型的重要依据。

### 三、粉碎目的

水泥产品的生产,从其原料、燃料到半成品等都需要进行破碎和粉磨,其目的是:

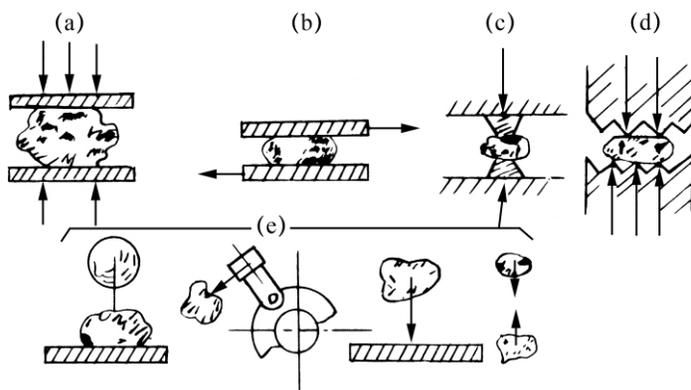
- 1.使物料的比表面积增加,以提高物理作用的效果及化学反应的速度;
- 2.促进均匀混合,多种固体物料的混合,在细粉状态下易达到均匀的效果;
- 3.提高物料流动性,便于贮存和输送;
- 4.提高产品质量,如水泥熟料和石膏一起磨碎成最终产品,其磨碎的粒度越细,比表面积越大,则水泥的标号就越高。

因此,必须改善和提高粉碎操作,合理选择粉碎流程,改进粉碎机械,对于提高产品的质量 and 数量,减少动力消耗,降低生产成本,达到优质、高产、低消耗具有重要的意义。

#### 1.1.2 粉碎方法与粉碎机械分类

##### 一、粉碎方法

常用的粉碎方法有下列几种,见图1-1所示。



(a)压碎 (b)磨碎 (c)劈碎 (d)折碎 (e)击碎

图1-1 粉碎方法

### (一) 压碎(图1-1(a))

物料在两个工作表面之间受到缓慢增长的压力, 物料的应力达到它的压碎强度极限则被破碎。主要用于破碎大块硬质物料。

### (二) 磨碎(图1-1(b))

物料在两个作相对移动的工作面之间, 或物料在各种形状的研磨体之间, 受到剪切力的作用, 物料的剪切应力达到它的剪切强度极限则被磨碎。主要用于研磨小块物料。

### (三) 劈碎(图1-1(c))

在两个尖棱的工作面间挤压物料时, 尖棱楔入物料后, 物料中出现了拉应力, 物料的拉应力达到它的拉伸强度极限则被劈裂而破碎。主要用于破碎脆性物料。

### (四) 折碎(图1-1(d))

在两个相互错开的凸棱工作面间挤压物料时, 物料如同承受集中载荷的两支点(或多支点)梁, 除在外力作用点处受劈开力之外, 物料本身发生折屈, 物料的弯曲应力达到它的弯曲强度极限则被折断而破碎。主要用于破碎硬脆性物料。

### (五) 击碎(图1-1(e))

物料在瞬间受到外来的冲击力而被破碎。冲击的方法有多种, 如物料在钢板表面上, 受到外来冲击体的打击; 高速运动的零件(锤子)冲击物料; 高速运动的料块冲击到固定的钢板上; 物料块间的相互撞击等。此法对于脆性物料特别有效。

实际上, 任何一种粉碎机械往往是由两种或两种以上的方法联合进行粉碎的。例如压碎和折碎、击碎和磨碎等。

根据物料的物理机械性质、粉碎前后物料块的尺寸和需要粉碎的程度等来选择粉碎方法: 对于坚硬的物料, 可采用压碎、折碎和劈碎; 对于韧性、软性和黏性的物料, 可采用压碎、磨碎和劈碎; 对于脆性的物料, 可采用击碎和劈碎。如果粉碎方法选择不当, 就会出现难于粉碎或过粉碎现象。

## 二、粉碎机械分类

粉碎机械按工艺要求的分类如表1-1所示。

表1-1 粉碎机械按工艺要求的分类

顺序	粉碎机械的分类	粉碎作业的分类	入料尺寸(mm)	出料尺寸(mm)	破碎比	主要的粉碎方法	常用粉碎机械的举例
1	粗碎机械	粗碎作业	300~900	100~350	<6	压碎或击碎	颚式、颚辊式、颚旋式、旋回圆锥式、双轴锤式
2	中碎机械	中碎作业	100~350	20~100	3~20	压碎或击碎	反击式、双辊式、单轴锤式、菌形圆锥式
		细碎作业	50~100	3~15	6~30		
3	粉磨机械	粗磨作业	2~60	0.1~0.3	>600	击碎、磨碎	鼠笼式磨机、球磨机、管磨机、轮碾机、辊磨机
		细磨作业	2~30	<0.1	>800	击碎、磨碎	球磨机、管磨机、辊磨机
		超细磨作业	<1~2	0.02~0.004	>1000	高频率 振动磨细	振动磨

### (一) 破碎机械的类型

破碎机械按结构和工作原理的不同,可分为下列六种类型,如图1-2所示。

#### 1. 颚式破碎机(图1-2(a))

由于活动颚板2对固定颚板1做周期性的往复运动,物料在两颚板之间被压碎。

#### 2. 圆锥式破碎机(图1-2(b))

外锥体1是固定的,内锥体2被安装在偏心轴套里的立轴3带动做偏心回转,物料在两锥体之间受到压力和弯曲力而被破碎。

#### 3. 辊式破碎机(图1-2(c))

物料在两个做相对旋转的辊筒之间被压碎。若两个辊筒转速不同,还会有部分磨碎作用。

#### 4. 锤式破碎机(图1-2(d))

物料受到高速回转部件(锤头1)的冲击作用而被击碎。

#### 5. 反击式破碎机(图1-2(e))

物料被高速旋转的板锤1打击,使物料弹向反击板撞击以及物料之间相互撞击而击碎。

#### 6. 轮碾机(图1-2(f))

物料在旋转的碾盘2上被圆柱形碾轮1所压碎和磨碎。

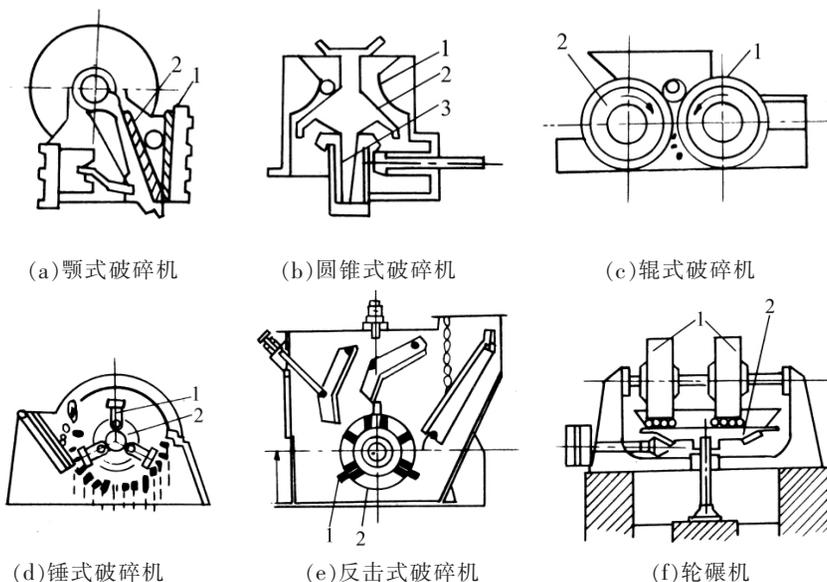


图1-2 破碎机械类型

### (二) 粉磨机械的类型

粉磨机械按工艺要求的分类如表1-1所示。

按结构和工作原理的不同,可分为几种类型,如图1-3所示。

#### 1. 球磨机(图1-3(a))

物料与研磨体1(钢球、钢段或钢棒等)在旋转着的筒体2中,由于研磨体被筒体带起,然后从一定高度抛落,因而能将物料击碎和磨碎。

## 2. 自磨机

自磨机又称无介质磨机,它一般不用研磨体,而是利用所要处理的物料在筒体内相互间连续不断的碰撞而产生冲击冲碎和磨碎。

## 3. 辊式磨(图1-3(b)、(c))

物料在磨盘(或圆环)1和在磨盘上的滚轮2(摆轮、圆球)之间,靠反复磨剥和挤压方式使物料被磨碎,并由下面吹入的热空气带走。

## 4. 锤击磨(图1-3(d))

物料被高速旋转锤1击碎,同时物料颗粒间也互相撞击磨碎。锤1活动地悬挂或固定在转盘2上,击碎后的物料由下面进入的空气带走。若使用热空气,还可同时进行物料的烘干。

## 5. 振动磨(图1-3(e))

物料与研磨体(小钢球)2在磨体中,筒体1由偏心轴3的旋转而发生高频率(1000~3000次/min)的循环振动,物料受到研磨体2多次短促地撞击击碎和磨碎而被磨细。它可用于细磨和超细磨物料,产品细度可达到0.02~0.004 mm。

## 6. 流能磨机(图1-3(f))

这是一种利用高速气流(100~180 m/s)粉碎物料的设备。物料在粉碎管1中,被高速气流带动,由于物料颗粒的互相撞击磨碎以及物料与粉碎管1的管壁发生摩擦而被磨碎。

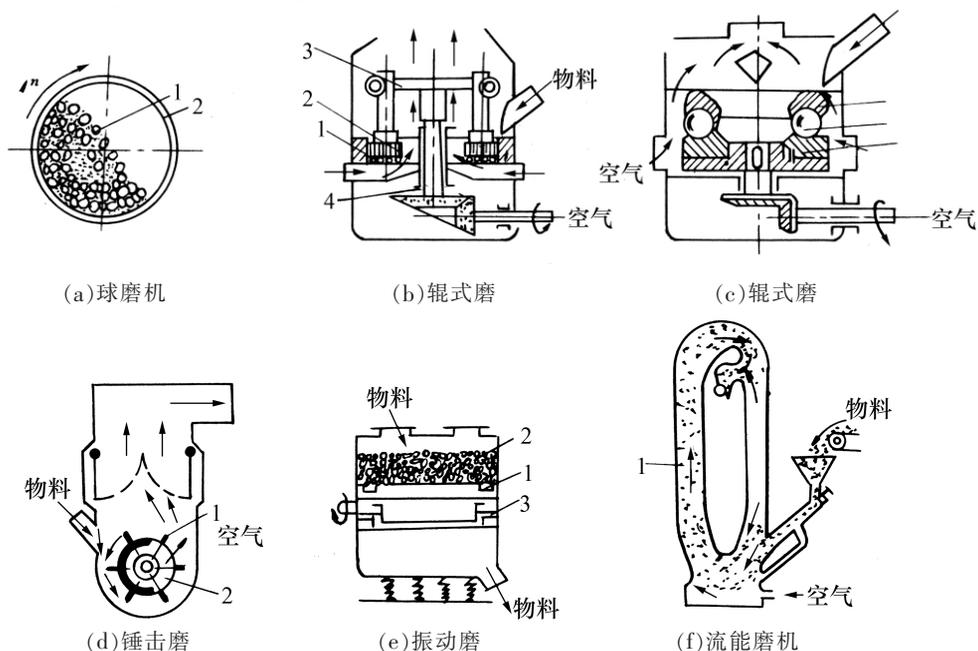


图1-3 粉磨机的类型

### 1.1.3 粉碎理论

粉碎理论是研究物料的粉碎机理及在粉碎过程中的能量消耗问题,并确定物料粒度与所需外力做功大小的关系。