



GAODENG XUEXIAO ZHUANYE JIAOCAI

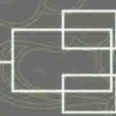
• 高等学校专业教材 •

MECHANICAL EQUIPMENT OF
CERAMIC INDUSTRY

陶瓷工业 机械设备 | (第二版)

张柏清 林云万 主编

吴南星 戴哲敏 冯浩 韩文 汤国兴 参编



中国轻工业出版社

全国百佳图书出版单位

高等学校专业教材

陶瓷工业机械设备

(第二版)

张柏清 林云万 主编

吴南星 戴哲敏 冯浩 韩文 汤国兴 参编

图书在版编目 (CIP) 数据

陶瓷工业机械设备/张柏清, 林云万主编. —2 版. —北京: 中国轻工业出版社, 2013. 1

高等学校专业教材

ISBN 978-7-5019-9018-4

I. ①陶… II. ①张… ②林… III. ①陶瓷工业—机械设备—高等学校—教材 IV. ①TQ174.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 234244 号

责任编辑: 李建华 责任终审: 滕炎福 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 宋振全 责任校对: 燕 杰 责任监印: 吴京一

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 北京君升印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2013 年 1 月第 2 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 26

字 数: 599 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-9018-4 定价: 60.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

061099J1X201ZBW

前 言

本书主要论述陶瓷工业（以硅酸盐陶瓷工业为主）的一般机械设备和专业机械设备的种类和工作原理、各项参数的确定方法与设计等。

为了培养学生具有独立分析问题和解决问题的能力，书中以较多篇幅叙述了有关的基础理论，并对典型的机械设备作了重点论述，尽可能介绍一些新的技术成就。学生在学习本书后，可掌握必要的陶瓷机械知识，根据陶瓷生产的工艺要求，正确选型和使用机械设备，并能比较顺利地阅读有关技术文献，以期在今后的生产实践中能够独立地进行设计工作及从事相关的科学研究。

书中插入了一些例题。尽管部分内容简单，似乎只要把几个已知数字代入公式中就可求得答案，但这对帮助学生正确理解处理问题的方法仍然有一定意义。

本书在修订过程中，依据陶瓷工业机械设备的发展，对第一版的部分内容进行了删减和增加，同时将书名更改为《陶瓷工业机械设备》。本书由张柏清、林云万教授任主编，参编的有吴南星、戴哲敏、冯浩、韩文、汤国兴。

本书可作为高等学校陶瓷机械专业和陶瓷工程专业的教材或教学参考书，也可供陶瓷机械制造企业、陶瓷企业、设计院和研究所等单位从事陶瓷机械研究、设计和应用的工程技术人员参考。

由于编者的水平有限，疏漏和错误在所难免，望同行专家和读者不吝赐教。

编 者
2012 年 9 月

目 录

绪论	(1)
一、本课程的任务与特点	(1)
二、陶瓷机械设备的分类	(1)
三、陶瓷机械设备的现状和发展方向	(2)
第一章 粉碎机械	(5)
第一节 概论	(5)
一、粉碎的方法	(5)
二、粉碎机技术经济性能参数和易碎系数	(6)
三、粉碎能量消耗假说	(7)
四、粉碎过程中的几个概念	(11)
第二节 颚式破碎机	(13)
一、构造和工作原理	(13)
二、主要参数的确定	(17)
三、主要零、部件的计算	(22)
四、使用	(25)
第三节 辊式破碎机	(27)
一、构造和工作原理	(28)
二、主要参数的确定	(29)
三、使用	(31)
第四节 悬辊式磨机	(31)
一、构造和工作原理	(31)
二、主要参数的确定	(35)
三、使用	(38)
第五节 球磨机	(39)
一、间歇式球磨机的构造和工作原理	(40)
二、研磨体的运动分析	(41)
三、主要参数的确定	(49)
四、物料和水的加入量	(62)
五、加料方式和助磨剂的使用	(62)
六、衬板	(62)
七、粉磨动力学	(63)
八、主要零、部件的计算	(65)
九、球磨机的设计	(71)

十、使用·····	(75)
十一、连续式球磨机简介·····	(78)
第六节 振动磨·····	(80)
一、构造和工作原理·····	(81)
二、振动分析·····	(81)
三、研磨体的运动·····	(83)
四、主要参数的确定·····	(84)
第七节 气流粉碎机简介·····	(87)
思考题及习题·····	(90)
第二章 筛分机械 ·····	(92)
第一节 概论·····	(92)
一、颗粒直径的表示方法·····	(92)
二、筛分效率·····	(93)
三、筛分操作分类和筛面·····	(94)
四、筛制·····	(95)
五、筛分机理·····	(96)
第二节 摇动筛·····	(99)
一、构造和工作原理·····	(99)
二、主要参数的确定·····	(100)
第三节 振动筛·····	(102)
一、构造和工作原理·····	(103)
二、振动分析·····	(104)
三、主要参数的确定·····	(109)
第四节 筛机的设计和使用·····	(110)
思考题及习题·····	(112)
第三章 流体力学分级设备 ·····	(114)
第一节 流体力学分级的基本理论·····	(114)
一、沉降速度·····	(114)
二、流体介质的阻力·····	(114)
三、阻力系数·····	(115)
四、沉降速度的计算·····	(117)
五、沉降速度的讨论·····	(118)
六、重力作用下固体颗粒在流体介质中的运动·····	(120)
第二节 选粉机·····	(121)
一、构造和工作原理·····	(122)
二、主要参数的确定·····	(122)
第三节 水力旋流器·····	(124)
一、构造和工作原理·····	(124)

二、水旋器中料浆的运动	(125)
三、水旋器中固体颗粒的运动	(128)
四、主要参数的确定	(128)
五、使用	(133)
思考题及习题	(135)
第四章 脱水设备	(136)
第一节 压滤机	(136)
一、过滤操作的基本原理	(136)
二、厢式压滤机	(140)
第二节 喷雾干燥器	(148)
一、构造和工作原理	(148)
二、雾化器	(148)
三、气液两相的流向	(159)
四、液滴干燥需要的时间	(160)
五、干燥塔的热效率和进排气温度	(164)
六、单位热耗量和热空气需要量	(164)
七、干燥塔的结构尺寸	(165)
八、热空气分配器	(166)
九、排气管的装设形式	(167)
十、使用	(167)
思考题及习题	(172)
第五章 磁选设备	(174)
第一节 概论	(174)
第二节 磁系设计	(175)
一、微粒在磁场中的磁力作用	(175)
二、电磁系设计计算	(177)
三、永磁闭合系设计计算	(185)
第三节 过滤式料浆磁选机	(187)
思考题及习题	(188)
第六章 给料和配料设备	(189)
第一节 电磁振动给料机	(189)
一、构造和工作原理	(189)
二、振动分析	(190)
三、物料在槽体内的运动	(194)
四、电磁激振力	(196)
五、主要参数的确定	(198)
六、使用	(201)
第二节 配料秤	(205)

一、荷重传感器	(206)
二、自重调节装置	(208)
三、滤波器	(208)
四、稳压电源	(208)
五、测量桥路	(209)
六、放大器	(209)
七、可逆电动机	(210)
八、附加装置	(210)
第三节 储仓	(212)
一、构造	(212)
二、仓壁受力分析	(214)
三、悬料及其消除方法	(215)
四、储仓闸门	(215)
思考题及习题	(216)
第七章 混合与搅拌机械	(217)
第一节 双轴搅拌机	(217)
第二节 螺桨搅拌机	(219)
一、构造和工作原理	(219)
二、螺旋面的几何要素及螺旋桨叶的画法	(219)
三、主要参数的确定	(221)
四、结构设计	(223)
第三节 真空练泥机	(228)
一、构造和工作原理	(228)
二、泥料运动的分析	(230)
三、主要参数的确定	(237)
四、结构设计	(246)
五、泥料的真空处理装置	(252)
六、使用	(256)
思考题及习题	(261)
第八章 成形机械	(264)
第一节 概论	(264)
一、成形方法	(264)
二、成形的工艺过程	(267)
第二节 旋坯机	(268)
一、构造和工作原理	(268)
二、滚压成形中泥料的运动	(273)
三、主要参数的确定	(275)
四、滚头粘泥及其防止方法	(280)

五、结构设计中的有关问题	(281)
六、滚头的工作图	(286)
七、使用	(287)
第三节 滚压成形生产线	(287)
一、生产线的分类	(288)
二、投泥方法	(290)
三、滚压成形机	(292)
四、长圆形链式输送机	(292)
五、链式干燥机	(297)
六、生产线的工作循环图	(309)
第四节 注浆机械	(318)
一、泥浆的真空处理设备	(318)
二、离心注浆机	(319)
三、注浆成形生产线	(323)
第五节 干压成形的机械设备	(324)
一、概论	(324)
二、全自动液压压砖机	(328)
三、瓷盘等静压成形机	(359)
思考题及习题	(364)
第九章 修坯、施釉和瓷质砖深加工机械	(367)
第一节 修坯机械	(367)
一、磨坯机	(367)
二、车坯机	(367)
第二节 施釉机械	(369)
一、浇釉机	(370)
二、喷釉机	(371)
三、浸釉机	(374)
四、墙、地砖施釉生产线	(375)
第三节 瓷质砖深加工机械	(383)
一、铣(刮)平机	(385)
二、磨(抛)光机	(388)
三、磨边倒角机	(390)
思考题及习题	(392)
第十章 装饰机械	(394)
第一节 画线机	(394)
一、构造和工作原理	(394)
二、使用	(397)
第二节 印花机	(397)

一、采用凹版印刷的印花机	(398)
二、丝网转移印花机	(399)
三、丝网直接印花机	(399)
第三节 陶瓷喷墨打印机	(403)
一、陶瓷喷墨打印原理	(403)
二、陶瓷喷墨打印机的构成	(404)
三、陶瓷喷墨打印机的主要特点	(405)
思考题及习题	(405)
主要参考文献	(406)

绪 论

一、本课程的任务与特点

陶瓷机械设备是陶瓷工业生产过程中的机械设备。陶瓷产品品种的开发、产量、质量的增加和提高，产品成本的降低，劳动生产率的提高，都与陶瓷机械设备的发展有着密切的联系。机械设备为工艺服务，陶瓷工业的发展促进机械设备的进步，机械设备的进步又可促进陶瓷工业的发展，两者相辅相成。

陶瓷机械设备具有以下特点：

- ①加工对象以矿物为原料。
- ②工艺过程多且复杂。
- ③产品产量大，自动化程度高。
- ④动作复杂，工作速度高。

二、陶瓷机械设备的分类

1. 按主要用途分类

陶瓷机械设备按其生产过程中的主要用途可划分为十大类。

- ①原料开采、加工、精选机械。
- ②原料的制备机械。
- ③成形机械：包括成形、干燥、修坯用的机械。
- ④施釉、装饰、彩印等艺术加工机械设备。
- ⑤煅烧设备：包括制品的素烧、釉烧、烤花、补重烧等。
- ⑥制品的深加工机械：如磨底、抛光、磨平、切割等。
- ⑦专业辅助件（如模具、窑具）生产机械设备。
- ⑧包装机械。
- ⑨原料与制品质量检测机械和仪器仪表。
- ⑩通用配套设施：如燃料、水电供应设施，称量计量设备，运输机、风机、空气压缩机、真空泵等。

2. 按机械设备的来源和使用特性分类

陶瓷设备按其来源和使用特性可分为三大类。

- ①行业专业机械设备：如滚压成形机、行列式微压注浆机、全自动压砖机等。
- ②行业通用设备：如球磨机、泥浆泵、辊道窑等。
- ③通用机械设备：指在各行业都能选用的机械设备，如皮带运输机、空气压缩机、衡器等。

三、陶瓷机械设备的现状和发展方向

众所周知,自改革开放以来,中国的陶瓷工业由小变大,由弱变强,工艺、技术、机械设备水平都得到了快速发展,取得了令世人瞩目的成绩,已成为世界陶瓷生产的超级大国。

陶瓷机械设备是生产陶瓷制品的工具,用之于陶瓷工业,依赖于陶瓷工业,同时又相互推动发展。由于陶瓷工业的大力发展和不断推陈出新,需要大量先进的、创新的陶瓷机械设备;也正因为陶瓷机械设备设计制造技术的进步,为陶瓷工业提供了一大批价廉质优的先进机械设备,造就、支持、促进了中国陶瓷工业的迅猛发展和现代化水平。

近 20 多年来,在传统陶瓷行业中,日用陶瓷、电瓷等行业有发展,但发展的速度与建筑卫生陶瓷相比存在着明显的差距,因此 20 多年当中,陶瓷机械设备的发展主要是建筑卫生陶瓷机械设备的发展,与国际先进水平的差距较小;而日用陶瓷机械设备的进步很小,基本上停留在 20 世纪 80 年代中期水平,与国际先进水平存在着较大的差距。

(一) 中国陶瓷机械设备工业发展与现状

1. 行业发展概况

在 20 世纪七八十年代,当时的轻工部对各主要的产瓷区的一些陶瓷机械厂进行了大规模的技术改造和扩建工作。通过多次的扩建和技术改造,形成了以唐山轻工业机械厂、湖南省轻工业机械厂、景德镇陶瓷机械厂、佛山市陶瓷机械总厂、醴陵陶瓷机械厂、淄博陶瓷机械厂、宜兴陶瓷机械厂等七家具有较强的设计力量、加工设备比较齐全、有一定检测手段的定点陶瓷机械制造企业;此外还有一些规模小、技术力量薄弱、加工设备一般的小型陶瓷机械制造的专业厂家。据不完全统计,到 1990 年,国内专业生产陶瓷机械的厂家已达 60 多家,从业职工达 15000 多人。他们为中国陶瓷工业的快速发展,为中国陶瓷机械设备的现代化做出了较大的贡献。这期间完成了原料制备、日用陶瓷成形机械设备的引进消化吸收工作,推出了一批先进优良的陶瓷机械设备,除满足国内日用、建筑、电瓷等陶瓷企业的需要,还远销亚、非、欧等 15 个国家和地区,这个时期是国有陶瓷机械制造厂最辉煌的时期。生产的主要品种有 15t 以下的各种球磨机、蒸发量最大为 32000kg H_2O/h 的喷雾干燥塔、各种型号规格的滚压成形机、160t 以下的手动摩擦压砖机。由于各种原因,20 世纪 90 年代中期开始,这些厂家绝大部分开始滑坡,仅石湾陶机厂迅速得到了发展,成为国内专业从事陶瓷液压自动压砖机的龙头企业。这是中国陶瓷机械制造企业的第一个发展阶段。

据有关资料显示,从“九五”计划(1991—1995 年)开始,中国的建筑卫生陶瓷工业发展极快,陶瓷墙地砖年产由 1991 年的 2.72 亿 m^2 增长到 2003 年的 32.50 亿 m^2 ,增幅达 1094.85%。1998—2003 年,中国的陶瓷墙地砖消费从 15 亿 m^2 增长到 30.55 亿 m^2 ,已发展成为世界最大的建筑陶瓷墙地砖生产国。到 2010 年末国内共有建筑陶瓷生产企业 3000 家左右,主要分布在广东、山东、四川、福建、河北、上海周边地区(含浙江、江苏)等建筑卫生陶瓷主要生产区域,合计产量占全国总产量的 93%,其中广东的产量占全国总产量的 70%。特别是近几年,年产 700 万 m^2 墙地砖的大中型企业的

数量以较快的速度增长, 最大规模的企业年产量已达 1 亿 m^2 以上。正是建筑陶瓷行业的高速发展, 引发了对建筑卫生陶瓷机械设备的强劲需求, 带动了建筑陶瓷机械设备企业的迅速成长, 形成了佛山建筑陶瓷机械设备产业基地, 仅佛山的陶瓷机械生产企业就有 200 余家。这是中国陶瓷机械制造业的第二个发展阶段。在这个阶段, 形成以广东科达机电股份有限公司、佛山市恒力泰机械有限公司、福建海源自动化机械股份有限公司为龙头的大中型建筑陶瓷机械制造企业。产生了广东科达机电股份有限公司、佛山市恒力泰机械有限公司、福建海源自动化机械股份有限公司为首的一批科技型、知识型的陶瓷机械设备的生产企业, 其经营管理水平、产品研制与生产组织等方面, 正努力与国际化接轨, 具备了一定的国际竞争力。

中国陶瓷机械设备在 1985 年以前, 年生产值为 2 亿 ~ 3 亿元人民币, 2003 年的年总产值约为 26 亿元人民币, 约占 2003 年全球产值总额的 12.8%, 占 2003 年全国陶瓷机械需求总量的 75% 左右 (年全球陶瓷机械产值约为 25 亿美元, 其中意大利约 12 亿美元, 德国 6 亿美元, 中国约 3.2 亿美元, 其他国家约 3.8 亿美元)。目前陶瓷机械设备的年销售额已达 100 亿元人民币左右。

2. 中国陶瓷机械设备的技术进步

中国陶瓷机械的发展, 走的是引进—消化、吸收、仿制—独立创新开发的道路。到目前为止, 在某些方面实现了由“抄”到“超”的跨越。陶瓷工业所用到的机械设备已经基本实现了国产化, 特别是建筑陶瓷机械设备的技术水平已接近国际先进水平, 基本完成了原料制备、成形、烧成、装饰、砖坯深加工等机械设备的设计和制造。除满足国内建筑陶瓷厂的需求外, 近几年已开始批量出口到东南亚、中亚、南美等国家, 实现了陶瓷机械设备从进口到出口的跨越。

(1) 原料制备机械设备 主要是球磨机、陶瓷柱塞泵、喷雾干燥塔等, 技术水平已达国际先进水平。间隙式球磨机从原来仅制造 8t 以下, 发展到能够制造 30、50、100t 的球磨机, 连续式球磨机技术已通过科技部的鉴定。由湖南五菱机械厂制造的连续式球磨机出口到土耳其。目前已设计和制造了蒸发量在 $10000 \sim 18000 \text{ kg H}_2\text{O/h}$ 的喷雾干燥塔。

(2) 成形机械 日用陶瓷的成形机械通过引进英国、日本、德国等国的先进滚压成形机和滚压成形生产线, 在“八五”、“九五”期间, 通过消化吸收基本完成各种型号的滚压成形机设计和制造, 生产了大批的滚压成形机和滚压成形生产线, 替代了进口, 装备了日用陶瓷企业。目前滚压成形机在原有的基础上做了些改进, 总体技术水平与 20 世纪 90 年代初相同。引进的等静压成形机, 通过消化吸收, 由湖南五菱机械厂设计制造了一台等静压成形机, 但没有正式投入使用, 这与近些年日用陶瓷工业的状况有关。

建筑陶瓷的成形关键设备——全自动液压压砖机, 20 世纪 80 年代中国不能制造, 完全依靠从意大利、德国、日本等国进口, 以满足当时国内建筑陶瓷企业的需求。从 1989 年由佛山市恒力泰机械有限公司制造的第一台 600t 压砖机的鉴定, 到目前为止, 经历了 20 多年的发展, 实现了从无到有, 从小到大, 从弱到强的迅速发展, 吨位从 600t 到 7800t 多种规格型号。从控制系统的模拟控制发展到目前的全数字控制, 国产压

砖机的技术水平已达到世界先进水平。中国已成为世界陶瓷液压压砖机的生产大国，在国内市场占绝对优势，形成以佛山市恒力泰机械有限公司、广东科达机电股份有限公司、福建海源自动化机械股份有限公司等为龙头的现代化的压机生产企业。据不完全统计，2010年总计生产销售压机约1200余台，占国内市场的90%以上。国产压机发展如此快，得益于市场的强劲需求和企业的不断技术创新。企业在国家政策的引导下，通过完成国家项目和企业自选项目，积极消化吸收国外先进技术，经过再创新和自主创新，实施产、学、研相结合战略，不断增强企业的创新能力，保证国产压机的可持续发展。中国的压机受到国内外客户的青睐。

(3) 瓷砖深加工和装饰机械 1992年中国第一台磨边机、1994年中国第一台刮平定厚机、1995年中国第一台抛光机相继在科达公司诞生，标志着国产磨边抛光生产线已步入国产化的快速轨道。1996年国产的抛光线开始大量替代进口产品。由于国产抛光线技术水平已具有国际先进水平，且具有良好的性价比，不但在国内市场中占有绝对的市场份额，而且在2000年就开始批量出口到东南亚、中东、南美等国家。此外，国内一些中小型陶瓷机械厂家开发了连续切砖机、圆弧抛光机、水刀等系列产品，满足了生产具有个性化产品的需求。

为满足建筑陶瓷产品时装化、空间化、艺术化、自然化、个性化的需求，对砖坯进行装饰，已成为建筑陶瓷生产工序中一个重要环节，也是提高产品档次的重要途径，因此产生了一些专业生产装饰机械的厂家。开发的机械设备有平面丝网印刷机、辊筒印刷机、胶辊印刷机等，有釉抛机、柔抛机、抛坯机等。近年来开发了喷墨打印机。

(二) 陶瓷机械设备的发展方向

我国陶瓷工业产业规模大，总体上技术水平比较低，必须运用高新技术加快改造传统产业，大幅度提高传统产业的科技含量，提高陶瓷工业产业的质量效益和竞争力。

当前，我国陶瓷机械制造业已形成一定的规模，但整体技术水平低，能耗高，因此，要积极采用先进适用的信息技术改造传统产业，推动经济方式的转变，加快新产品的开发与产品的升级换代，提高产品质量，降低能耗；加强创新设计，形成一批具有自主知识产权的产品，增强国际竞争力。

应在自主创新、自动化、节能减排等方面加大工作力度。

加强能满足陶瓷工业文明生产、清洁生产、节能降耗整套设备的研发力度，推动国产陶瓷机械设备向高效节能、环保方向发展。加大节能环保、高效等新产品的研发力度，推出一批高效、节能、环保、自动化程度高的新产品，为陶瓷行业的可持续发展奠定坚实的基础。

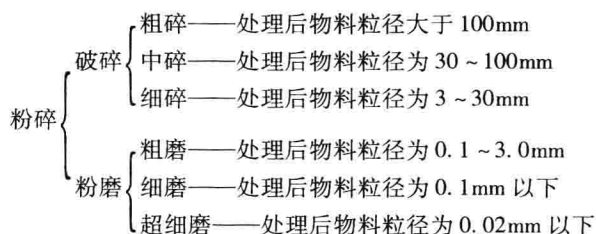
加强日用陶瓷、卫生陶瓷机械和设备的研发力度，尽快改变日用陶瓷、卫生陶瓷生产效率低、自动化程度低的现状。

第一章 粉碎机械

第一节 概 论

在外力（人力、机械力、电力等）作用下克服固体内部的凝聚力而将其分裂的操作称为粉碎。根据所处理物料尺寸大小的不同，将大块物料分裂成小块的操作称为破碎，将小块物料变为细粉的操作称为粉磨，破碎和粉磨统称为粉碎。

按处理后物料尺寸大小的不同，粉碎作业还可详细区分如下：



随着粉碎过程的进行，物料的粒度变小而单位质量的表面积增加，从而可改善物料的工艺性能（如可塑性、结合性和料浆的悬浮性），提高物理化学反应的速度。而且物料的粒度越小，不同组分的物料才能混合得均匀。最后物料经过粉碎，可以使其中的有害杂质与有用的物料分离开来，便于将杂质去除。所以粉碎作业在陶瓷工业中有着重要的意义。

一、粉碎的方法

粉碎的方法主要有下列三种：

1. 挤压

挤压是指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，如图 1 - 1 (a) 所示。这种方法大多用于大块的脆性坚硬物料的破碎。

2. 研磨

研磨是指物料在两个相对滑动的工作表面或各种形状的研磨体之间受到摩擦作用而被粉碎，如图 1 - 1 (b) 所示。这种方法主要用于物料的粉磨。

3. 碰击

碰击是指物料在一瞬间受到外来冲击力作用而被粉碎，如图 1 - 1 (c) 所示。这种方法可以用多种方式来实现，如物料放在支撑面上受到外来物体的冲击；高速运动的物体（如锤子）打击物料；高速运动的物料冲击到固体的工作表面；物料之间的互相碰击等。这种方法主要用于脆性材料的粉碎。

除了上面三种方法外，还有物料受到两个楔形物体的尖劈力作用而被劈裂粉碎的以及受弯曲作用而被撕断粉碎的，但是这些方法都不是主要的。

不同形式的粉碎机粉碎物料的方法是各不相同的。在同一台粉碎机中，常常是用两种或两种以上方法对物料进行粉碎。

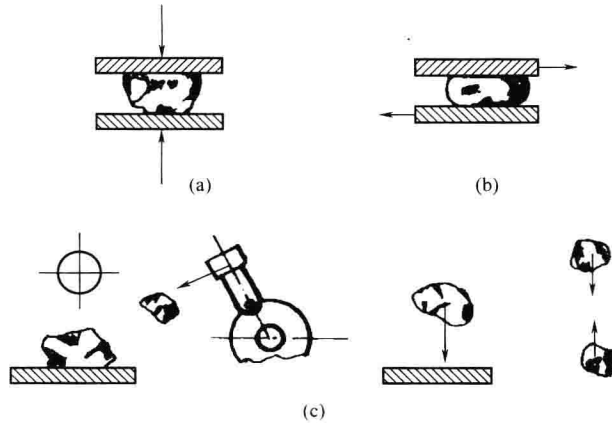


图 1-1 粉碎的方法
(a) 挤压 (b) 研磨 (c) 碰击

二、粉碎机技术经济性能参数和易碎系数

1. 粉碎机技术经济性能参数

为了衡量粉碎机的粉碎效果，常用粉碎比这个概念。

物料粉碎前的平均直径与粉碎后的平均直径之比称为平均粉碎比。平均粉碎比由下式计算：

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

式中 i ——平均粉碎比；

D ——物料粉碎前的平均直径，m；

d ——物料粉碎后的平均直径，m。

平均粉碎比是表示物料粉碎前后尺寸变化程度的一个指标。

对破碎机来说，为了简易地表示和比较它们的这一特性，常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小于最大进料口尺寸，所以破碎机的平均粉碎比一般都小于公称粉碎比。平均粉碎比只等于公称粉碎比的 70% ~ 90%。

作为表征粉碎机技术和经济性能的参数，除粉碎比外，主要还有粉碎机的生产性能、需要的功率、操作强度和单位功耗等几项。

粉碎机在单位时间内粉碎物料的质量称为粉碎机的生产能力，以字母 Q 表示，单位一般为 t/h。

粉碎机的生产能力 Q (t/h) 与机器质量 m (t) 之比称为粉碎机的操作强度 E [t/(h·t)], 即

$$E = \frac{Q}{m} \tag{1-2}$$

粉碎机粉碎单位质量物料所消耗的能量称为粉碎机的单位功耗 (也称为单位电耗), 以字母 A 表示。如粉碎机的平均功率为 P (kW), 则有

$$A = \frac{P}{Q} \tag{1-3}$$

单位功耗的单位是kW·h/t。

2. 易碎系数

由于各种物料的机械和物理性质不同, 粉碎的难易程度是有区别的。因此, 用同一台粉碎机械, 在相同粉碎比的条件下粉碎不同物料时, 生产能力和单位功耗是不同的。

为了表示物料粉碎的难易程度, 使用了物料的易碎系数这一概念。粉碎标准物料的单位功耗 A_s 与粉碎某种物料的单位功耗 A 之比称为该种物料的易碎系数 K , 即

$$K = \frac{A_s}{A} \tag{1-4}$$

一般以中等易碎的湿法回转窑水泥熟料作为标准物料, 其易碎系数等于 1。表 1-1 为部分物料的易碎系数。

表 1-1 物料的易碎系数

物料名称	易碎系数 K	物料名称	易碎系数 K
中等易碎性湿法回转水泥熟料	1	中硬质石灰石	1.5
石英	0.6~0.7	硬质石灰石	1.27
长石	0.8~0.9	滑石	1.04~2.02
干黏土	1.51~2.03	烟煤	0.70~1.34

粉碎机的标准生产能力一般是以粉碎中等易碎性的物料 (如石灰石) 作为标准的, 如实际粉碎的物料易碎性不同, 生产能力将有所变化。

三、粉碎能量消耗假说

从物料受外力作用而被粉碎的机理来看, 粉碎过程是十分复杂的, 直到现在, 这方面还没有建立起完善的理论。这是由于粉碎过程本身受很多因素的影响, 而这些因素在不同的具体条件下又有着不同的变化, 例如物料的性质、形状、颗粒大小及分布规律、机器的类型以及粉碎方法等。因此很难用一个简单的理论或一般性的公式来全面地加以概括。

尽管如此, 一百多年来, 许多人通过对粉碎过程的理论研究, 从不同的角度出发, 仍然提出了不少很有价值的假说, 在一定程度上近似地反映了粉碎过程某些方面的客观实际, 因此具有一定的指导意义。