



破碎筛分机械丛书

# 圆锥破碎机

郎宝贤 郎世平 编著



机械工业出版社

破碎筛分机械丛书

# 圆锥破碎机

---

郎宝贤  
郎世平 编著

机械工业出版社

## 序 言

破碎机械和筛分机械这两类机械设备，同属于矿山机械范畴，在各种工业生产线上通常前后工序布置使用，故有密切的关联。破碎机械和筛分机械的联合使用，可以把各种天然的矿物、或者工业生产中间过程物料，通过破碎和筛分，成为最终产品或者进一步深加工的原料。因此，这两类机械设备在冶金、建材、化工、能源、交通建设、城市建设和环保等诸多领域有广泛的用途。

在改革、开放的国策指引下，我国国民经济的迅速发展，要求各行各业都以先进的机器来装备。在破碎和筛分方面也不例外。这种市场需求促使有关高等院校、科研设计院所和工矿企业对破碎机械和筛分机械做大量的研究工作。近十几年来，这些研究成果的论文纷纷发表在各种出版物上，这些成果表明，当前国内破碎机械和筛分机械的某些方面已达到国际先进水平。为了系统地反映这些研究成果，也为了能够给设计院所、高等和中等学校、工矿企业提供较为完整的设计造型、教学和制造使用等方面的参考资料，在上海建设路机械设备有限公司发起并推动下，由机械工业出版社承担出版这套破碎筛分机械丛书。

本丛书按机械设备的不同，分为若干本书分别出版。目前已确定五本书是《腭式破碎机》、《圆锥破碎机》、《冲击式破碎机》、《筛分机械》和《破碎筛分联合设备》。它们分别从破碎机理、筛分机理的研究、参数结构的设计、机器设备的

EA 52/11

造型和使用维修方法等各方面，把现代的设计理论与方法结合国内外的产品现状，作系统完整的讨论、分析和归纳。

《颞式破碎机》一书由武汉冶金科技大学的廖汉元教授等编写。廖教授在近十几年来，致力于把现代设计方法与颞式破碎机的发展相结合，提出最优化设计理论。并且通过一系列的实验来验证这一理论。该书着重介绍他的这一研究成果。

《圆锥破碎机》一书由原武汉建材学院郎宝贤教授等编写。郎教授在长期的破碎机械教学生涯中，对圆锥破碎机深有研究，特别是圆锥破碎机的破碎机理、设计和使用维修等。本书是他的经验总结。

《冲击式破碎机》一书由原南京水泥工业设计研究院郑禄庆教授级高工等编写。郑高工几乎参与了国内各种冲击式破碎机的设计工作。本书汇集了他在这一领域的理论和实践经验。

《筛分机械》一书由原洛阳矿山机械工程设计研究院王峰教授级高工等编写。王高工从事筛分机械研究三十多年，参与过国内许多重要筛分机械的设计和科研工作，积累了丰富的经验。这些工作经验通过系统整理，在他的这本专著中得到完整的阐述。

《破碎筛分联合设备》一书由我的同事们和我共同编写。最近五年，上海建设·路桥机械设备有限公司向国内外各种矿山采石场提供了大量的破碎筛分联合设备，在实践的基础上积累了丰富的经验。我们把这些经验归纳总结，作为指导设计和使用的，全面地介绍了这方面的知识和实例。

本丛书的编辑组织，充分体现了高等院校、科研院所和工矿企业的三者结合。上海建设·路桥机械设备有限公司发起并积极推动这项工作，是由于它是国内最主要的破碎机械

制造商。近几年来，该公司的破碎机械产量和出口量均列全国第一。该公司在产品开拓过程中，与有关高等院校和科研院所所有着密切的合作关系，特别是与上述几位著作者。他们的不少研究工作就是在上海建设·路桥公司进行的，而这些研究的成果又在该公司得到了应用。促进了该公司以山宝为品牌的破碎机械和筛分机械的发展，该品牌产品在1997年被机械工业部授予“中国机械工业名牌产品”。产学研的三结合把科研成果迅速转化为生产力，产生良好的社会效益。这套丛书的编辑过程，也体现了产学研的三结合成果。

机械工业出版社大力支持本丛书的出版，为我国矿山机械行业的发展作出贡献。我相信这套丛书的出版，一定会得到有关的师生、工程技术人员和机械设备使用人员等读者的欢迎。

李本仁

1997年12月10日

于上海

# 前 言

圆锥破碎机是选矿厂大型设备之一，它在选矿作业中起着重要的作用。近年来“多碎少磨”理论提出后，要求圆锥破碎机能为球磨机提供更细颗粒的原料，借以达到节能的目的。因此，对从事圆锥破碎机研究、设计制造以及使用维修的技术人员提出了更高的要求。

随着世界经济的发展和科学技术的进步，选矿设备有了很大的进展。国内选矿业发展也很快，从事圆锥破碎机工作的技术人员越来越多。因此，掌握圆锥破碎机的知识、提高现有破碎机技术水平的呼声越来越高。但是到目前为止，国内除作者早年编写的《圆锥破碎机的操作与检修》一书外，还没有专门阐述圆锥破碎机的书籍出版。为此，我们结合各厂矿实践经验和自己多年研究成果，并吸收国外圆锥破碎机的最新技术，撰写了本书。

在本书编写过程中，曾得到上海·路桥机械设备有限公司李本仁总工程师、沈阳有色冶金机械总厂杨学儒高级工程师、鞍钢矿山公司机动处严邦复、佟向显和王希令三位高级工程师、华中理工大学李长春教授，以及中国科学院院士东北大学闻邦椿教授等的大力支持和帮助，在此谨致衷心感谢。

由于我们水平所限，书中还会存在一些缺点和错误，请读者提出宝贵意见。

郎宝贤 郎世平

1997年10月于武汉

# 目 录

序言

前言

第 1 章 物料破碎与圆锥破碎机概述 .....	1
1.1 物料破碎的意义与破碎流程 .....	1
1.1.1 物料碎磨的目的与意义 .....	1
1.1.2 破碎比与破碎流程 .....	2
1.2 产品粒度与粒度特性 .....	6
1.2.1 破碎产品粒形和粒度 .....	6
1.2.2 破碎产品粒度特性 .....	7
1.3 物料破碎原理与破碎机类型 .....	10
1.3.1 物料破碎原理 .....	10
1.3.2 圆锥破碎机的类型与工作原理 .....	11
1.4 对破碎机的要求 .....	16
1.5 圆锥破碎机发展概况 .....	17
第 2 章 旋回破碎机构造 .....	21
2.1 机械式旋回破碎机 .....	21
2.2 液压旋回破碎机 .....	26
2.3 国外旋回破碎机 .....	32
2.3.1 底部单缸液压旋回破碎机 .....	32
2.3.2 圆锥辊式破碎机 .....	40
2.4 旋回破碎机的结构分析 .....	42
2.4.1 主轴结构 .....	42
2.4.2 动锥衬板 .....	43
2.4.3 定锥衬板 .....	43

2.4.4	偏心轴套与大圆锥齿轮·····	44
2.4.5	传动轴承·····	44
2.4.6	中部机架·····	44
2.4.7	主轴顶部轴承·····	45
2.4.8	主轴底部止推轴承结构·····	45
第3章	旋回破碎机设计计算·····	46
3.1	旋回破碎机参数选择与计算·····	46
3.1.1	结构参数·····	46
3.1.2	主要性能参数·····	49
3.2	旋回破碎机破碎腔的设计·····	58
3.2.1	破碎腔型式·····	58
3.2.2	腔形曲线的绘制·····	59
3.2.3	破碎腔合理形状的设计·····	62
3.2.4	旋回破碎机破碎腔优化设计·····	64
3.3	旋回破碎机主轴与机架的计算·····	68
3.3.1	破碎力的计算·····	68
3.3.2	主轴受力分析·····	75
第4章	旋回破碎机使用与检修·····	80
4.1	旋回破碎机的选择·····	80
4.1.1	旋回与磨式破碎机的比较·····	80
4.1.2	旋回破碎机产品粒度特性·····	81
4.2	旋回破碎机的操作·····	81
4.2.1	开车前的准备·····	81
4.2.2	旋回破碎机的启动·····	81
4.2.3	停车·····	82
4.3	旋回破碎机的维护与故障分析·····	82
4.3.1	破碎机日常维护·····	82
4.3.2	旋回破碎机故障诊断与排除·····	83
4.4	旋回破碎机的检修·····	88



4.4.1	检修周期与检修内容	88
4.4.2	主要零部件的检修	89
4.5	旋回破碎机的安装	96
4.5.1	机座的安装	97
4.5.2	传动部的安装	97
4.5.3	偏心轴套的安装	99
4.5.4	中部机架的安装	100
4.5.5	动锥与横梁的安装	100
4.5.6	液压缸的安装	101
第5章 圆锥破碎机的构造		104
5.1	弹簧式圆锥破碎机	104
5.1.1	国产弹簧式圆锥破碎机	104
5.1.2	西蒙斯圆锥破碎机	114
5.1.3	旋盘式破碎机	119
5.1.4	大型弹簧式圆锥破碎机	124
5.1.5	卡里巴脱型圆锥破碎机	127
5.1.6	交变轴圆锥破碎机	132
5.2	液压圆锥破碎机	136
5.2.1	国产单缸液压圆锥破碎机	136
5.2.2	美国 AC 公司单缸液压圆锥破碎机	141
5.2.3	G 型圆锥破碎机	151
5.2.4	卡里巴脱 H 型圆锥破碎机	157
5.2.5	BS704UF 超细碎圆锥破碎机	158
5.2.6	日本顶部单缸液压圆锥破碎机	161
5.2.7	国产多缸液压圆锥破碎机	165
5.2.8	诺得贝格 HP 系列圆锥破碎机	169
5.2.9	其它型圆锥破碎机	177
5.3	惯性圆锥破碎机	178
5.3.1	惯性圆锥破碎机的运动状态	179

5.3.2	惯性破碎机的破碎原理 .....	181
5.3.3	大型惯性圆锥破碎机 .....	182
5.4	圆锥破碎机结构分析 .....	187
5.4.1	主轴结构 .....	187
5.4.2	偏心轴套与锥齿轮 .....	189
5.4.3	偏心轴套的支承方式 .....	189
5.4.4	动锥的支承方式 .....	189
5.4.5	圆锥破碎机的破碎腔 .....	190
5.4.6	防尘密封装置 .....	196
5.4.7	保险装置 .....	197
5.4.8	排料口调整装置 .....	197
5.4.9	传动部分 .....	197
第6章	圆锥破碎机主要参数计算 .....	198
6.1	结构参数选择与计算 .....	198
6.1.1	分矿盘与接矿漏斗 .....	198
6.1.2	给矿口与排矿口宽度 .....	198
6.1.3	啮角 .....	199
6.1.4	偏心距、动锥摆动行程 .....	199
6.1.5	破碎腔的平行区 .....	202
6.2	圆锥破碎机破碎腔设计计算 .....	203
6.2.1	腔形与通过能力 .....	203
6.2.2	腔形设计的基本方法 .....	205
6.2.3	细碎机合理腔形的设计 .....	207
6.3	性能参数计算 .....	212
6.3.1	动锥摆动次数计算 .....	212
6.3.2	生产率计算 .....	222
6.3.3	求破碎力 .....	225
6.3.4	求破碎机安装功率 .....	232
6.4	惯性圆锥破碎机参数计算 .....	236

6.4.1	破碎力的计算 .....	236
6.4.2	各参数之间的关系 .....	240
6.4.3	惯性破碎机的隔振系统 .....	244
<b>第7章</b>	<b>圆锥破碎机主要零件设计计算 .....</b>	<b>248</b>
7.1	圆锥破碎机运动学与动力学 .....	248
7.1.1	运动学 .....	248
7.1.2	动力学 .....	251
7.2	圆锥破碎机的平衡 .....	262
7.2.1	偏心部件运动状态分析 .....	262
7.2.2	第一种偏心部件运动状态 .....	264
7.2.3	第二种偏心部件运动状态 .....	268
7.3	破碎机主要零件的设计计算 .....	269
7.3.1	主轴的设计计算 .....	269
7.3.2	球面轴承的设计计算 .....	272
7.3.3	偏心轴套与止推盘的设计 .....	274
7.3.4	弹簧的设计 .....	276
7.3.5	顶部锥套的计算 .....	278
7.3.6	直衬套与锥衬套的计算 .....	279
7.3.7	液压破碎机摩擦盘的计算 .....	281
7.3.8	机架的设计计算 .....	281
<b>第8章</b>	<b>圆锥破碎机的使用与维修 .....</b>	<b>290</b>
8.1	圆锥破碎机的操作与维护 .....	290
8.1.1	圆锥破碎机的操作规程 .....	290
8.1.2	圆锥破碎机的使用与维护 .....	291
8.2	圆锥破碎机的检修内容 .....	297
8.2.1	经常性检修 .....	298
8.2.2	小修 .....	299
8.2.3	中修 .....	299
8.2.4	大修 .....	299

8.3 圆锥破碎机主要零部件的检修 .....	302
8.3.1 主轴螺纹的修理 .....	302
8.3.2 动锥体与主轴的装配 .....	302
8.3.3 球面轴承座与球面轴承的检修 .....	303
8.4 圆锥破碎机的安装调试 .....	318
8.4.1 机架的安装 .....	319
8.4.2 传动轴部件的安装调整 .....	319
8.4.3 偏心轴套的安装调整 .....	320
8.4.4 球面轴承座与球面轴承的安装 .....	322
8.4.5 动锥的安装与调整 .....	323
8.4.6 水封防尘装置的安装 .....	324
8.4.7 润滑装置的安装 .....	326
8.4.8 空转试验 .....	326
8.4.9 调整装置和弹簧的安装 .....	327
8.4.10 进料装置的安装 .....	328
8.4.11 液压站的安装与调试 .....	330
8.4.12 圆锥破碎机的试车 .....	330
8.5 圆锥破碎机润滑系统 .....	331
参考文献 .....	338

# 第 1 章 物料破碎与圆锥破碎机概述

## 1.1 物料破碎的意义与破碎流程<sup>[2]</sup>

凡用外力将大颗粒物料变成小颗粒物料的过程，都叫破碎所使用的机械叫破碎机。凡用外力将小颗粒物料变成粉体物料的过程，叫粉碎或磨碎，简称粉磨。它所使用的机械叫粉磨机械。将破碎和粉磨联合起来简称碎磨，所使用的机械简称碎磨机械。

### 1.1.1 物料碎磨的目的与意义

物料碎磨的目的是：增加物料的比表面积；制备混凝土骨料与人造砂；使矿石中有益成分解离；为原料下一步加工作准备或便于使用。

随着当代社会经济的迅速发展，各种金属、非金属、化工矿物，以及水泥、建材等物料的社会需求量和生产规模日益扩大，需碎磨的物料量迅速增加。90年代以来，全世界每年经碎磨的物料量达到100亿t以上。我国脆性物料年产量已达到约15亿t，其中铁矿石约2.4亿t，有色金属矿石1亿多t，非金属矿物2.3亿多t，化工矿物0.3亿多t，水泥约4亿t，建材用石灰石4.7亿多t。这些物料绝大部分都要经过碎磨，可见破碎和粉体工程在国民经济中发挥着巨大的作用。

在选矿工业中，选矿厂碎磨作业的生产费用，平均要占全部费用的40%以上，而磨碎设备的投资占选矿厂总投资的60%左右。

在水泥工业中，水泥厂碎磨作业费用约占生产成本的30%以上，破碎机械的耗电量占全厂总耗电量的10%，而粉磨机械的耗电量则占60%。

碎磨过程电耗、钢耗及原材料的消耗极其巨大。仅以有色选矿厂为例，碎磨每吨原矿的电耗平均为16kW·h，占选厂总耗电的40%左右。钢耗平均约为1.5kg/t。以此计算，仅有色选厂每年碎磨电耗可达16亿kW·h，钢耗15万t。因此，在碎磨领域内节能降耗、可产生巨大社会效益和经济效益，具有重大而深远的意义。

基于上述情况，要求从事碎磨工艺及设备的工作者，必须不断改善碎磨作业，特别是研制新型高效节能碎磨机械和改进现在碎磨机械，对于达到优质、高产、低成本，低消耗具有非常重要的意义。

### 1.1.2 破碎比与破碎流程

#### (1) 破碎比

衡量破碎机的破碎效果，常用破碎比这个概念。破碎机的破碎比就是原料粒度与破碎后产品精度之比。它表示破碎后原料减小的程度。

破碎比有下列几种计算方法。

1) 用破碎前物料最大粒度与破碎后产品最大粒度之比计算

$$i = D_{\max} / d_{\max} \quad (1-1)$$

式中  $D_{\max}$  —— 破碎前物料最大粒度；

$d_{\max}$  —— 破碎后物料最大粒度。

由于各国习惯不同，最大粒度取值方法也不同。英、美以物料80%能通过筛孔的筛孔宽度为最大粒度直径。我国和原苏联以物料的95%能通过筛孔的筛孔宽度为最大粒度的

直径。

2) 用破碎机给料口有效宽度和排料口宽度之比计算

$$i = 0.85B/b \quad (1-2)$$

式中  $B$ ——破碎机给料口宽度；

$b$ ——破碎机排料口宽度；

0.85——保证破碎机咬住物料的有效宽度系数。

排料口宽度的取值，粗碎机取最大排料口宽度；中、细碎机取最小排料口宽度。

用式 (1-2) 计算破碎比很方便，因在生产中不可能经常对大批物料作筛分分析，但采用式 (1-2)，只要知道破碎机给料口和排料口宽度，便可计算出破碎比。值得指出，某些破碎机，其排料粒度不是由排料口大小来决定的。

3) 用平均粒度计算

$$i = D_{cp}/d_{cp} \quad (1-3)$$

式中  $D_{cp}$ ——破碎前物料的平均直径；

$d_{cp}$ ——破碎后物料的平均直径。

这种方法求得的破碎比，能较真实地反映破碎程度，因而理论研究常采用它。

## (2) 破碎流程

图 1-1 所示为典型破碎筛分流程图。原矿先进入棒条筛 1 进行预

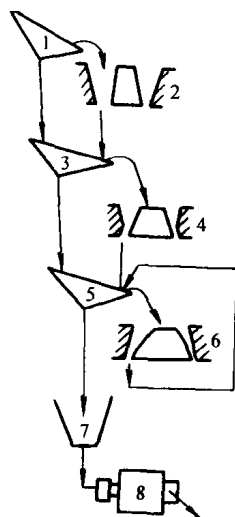


图 1-1 典型破碎筛分流程

- 1—棒条筛 2—旋回破碎机  
3、5—振动筛 4—中碎机  
6—细碎机 7—料仓  
8—球磨机

先筛分，这样可以把原矿中细粒级分出、从而减轻破碎机负荷。筛上物料进入旋回破碎机 2 里、经破碎后，所得产品与 1 号筛下物料都落到振动筛 3 上，经筛分后，筛上物料进入中碎圆锥破碎机（简称中碎机），筛下物料落到振动筛 5 上。从中碎机 4 排出的产品也落到振动筛 5 上。经筛分后，筛上物料再进入细碎圆锥破碎机（简称细碎机）里。这样，振动筛 5 既是预先筛分又是检查筛分。检查筛分的作用，是对破碎机排料进行筛分，其筛孔尺寸大致等于预先筛分筛孔尺寸。筛上不合格的物料进入细碎机 6，其产品返回到振动筛 5，而筛下合格品落入料仓 7 里、然后送入球磨机 8。振动筛 5 上的不合格物料再进入细碎机 6。

这个流程中、细碎机为闭路破碎，旋回与中碎机都是开路破碎。旋回破碎机为一段破碎（一次破碎）。中碎机为二段破碎（二次破碎），细碎机为三段破碎（三次破碎）。整个流程也可称为粗碎段、中碎段、细碎段及磨碎段。各破碎段给料和破碎产品的粒度范围见表 1-1。

表 1-1 破碎段的划分

破碎段	粗 碎	中 碎	细 碎
给料粒度 $D/mm$	300~1500	100(150)~ 300(350)	19(40)~ 100(150)
排料粒度 $d/mm$	100(150)~ 300(350)	19(40)~ 100(150)	4.8(5)~ 25(30)

表 1-1 的划分方法主要适用于颚式、旋回、圆锥、辊式等破碎机。冲击式和锤式破碎机能将 1000mm 的大块物料，一次破碎至 10~30mm 以下。又如自磨机能将 600mm 大块物料，一次破碎到 0.044mm 以下，即一台机器能完成粗、中细碎或粗、中、细碎及磨碎的全部作业。



### (3) 矿石主要机械性能

矿石的机械性能对物料破碎效果、破碎机零部件的磨损，强度和选择破碎方法等有重要意义。也是破碎机选型和设计的主要考虑因素。如国内某选厂，在引进美国底部单缸液压圆锥破碎机时，没能充分结合本厂矿石很硬或矿石含泥量太多，最后导致不能使用，不得不拆除这种破碎机。

矿石的强度和硬度见表 1-2。

表 1-2 各种矿石硬度和强度

矿石硬度类别	矿石名称	抗压强度 $\sigma_{bc}$ /MPa	普氏硬度系数
软矿石	煤	2~4	2~4
	方铅矿	4.5	
	菱铁矿	7	
	无烟煤	13~49	
	闪锌矿	10	
	松散的石灰岩	40	
软至中硬矿石	致密的石灰岩	50~100	5~10
	砂岩	50~100	
	褐铁矿	82	
	磁铁矿	100~150	
中硬矿石	花岗岩	120~150	12~15
	正长岩	125~150	
中至高硬矿石	大理岩	55~150	15~18
	致密的砂岩	160	
	半假象赤铁矿	158~195.5	
	辉绿岩	190~250	
高硬矿石	闪绿岩	200	15~18
	片麻岩	172~220	