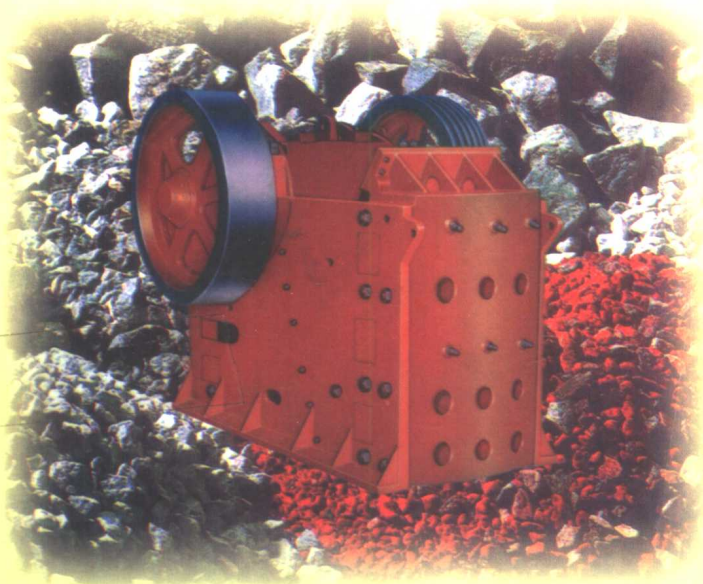




破碎筛分机械丛书

# 颞式破碎机

廖汉元 孔建益 钮国辉 编著



机械工业出版社

破碎筛分机械丛书

# 磨式破碎机

---

廖汉元  
孔建益 编著  
钮国辉



机械工业出版社

本书对破碎工艺、破碎机的设计理论和结构、破碎机的使用、维护、检修及测试作了全面系统的介绍；将腭式破碎机的新发展与现代设计方法相结合，提出了全面系统的、有实践价值的最优化设计理论。根据实验分析，给出了主参数计算、机构尺寸参数优化设计的理论与方法；介绍了动力学参数及腔形优化设计的理论与方法；按最优匹配理论对各种机型进行评价，从而提出了大摆角、短肘板、负支承的新机型；还介绍了较丰富的实验资料及数据。

附录中给出了有关标准，若干源程序及产品目录。

本书可供从事破碎机工作的技术人员、设计人员及矿山机械专业的师生使用、参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

腭式破碎机/廖汉元等编著. —北京：机械工业出版社，1998.9

(破碎筛分机械丛书)

ISBN 7-111-06485-2

I. 腭… II. 廖… III. 腭式破碎机 IV. TD451

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 12836 号

出版人：马九荣 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：蒋有彩 版式设计：霍永明 责任校对：罗凤书

封面设计：姚学峰 责任印制：王国光

三河市宏达印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行

1998 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm<sup>1/32</sup> · 9.125 印张 · 194 千字

0 001 - 3500 册

定价：14.50 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

## 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·路桥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

EAC52/12

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

《腭式破碎机》一书对破碎工艺、破碎机的结构和设计理论、破碎机的运转使用、维护检修以及测试等内容作了全面系统的介绍。

我国自50年代生产腭式破碎机以来,在破碎机设计方面经历了类比、仿制、图解法设计阶段,目前正向计算机辅助设计阶段过渡。生产制造的腭式破碎机越来越大、性能越来越好、品种越来越多,并在国际上占有一定的市场。我国曾以前苏联腭式破碎机标准ГОСТ 7084—80为依据,制定了腭式破碎机国标送审稿,对腭式破碎机的设计、制造和使用提出了更高的要求。1990年,由中国矿山机械质量监督检测中心,对国内主要厂家制造的中小型腭式破碎机的技术性能进行了检测,只有若干腭式破碎机达到ГОСТ7084—80和国标送审稿中规定的指标。因此全面总结腭式破碎机在设计、使用和测试方面的经验,积累适合我国破碎机结构特点的实验资料和数据,建立破碎机最优化设计的理论与方法并使之推广普及,是提高我国腭式破碎机技术性能,赶超国际先进水平的关键。这也正是本书编写的目的。

腭式破碎机以其结构简单、安全可靠的优点问世百余年,仍在工程中广泛使用。各种不同型号的腭式破碎机虽经长期实践不断改进,但其工作原理和结构大同小异,而其工作性能的好坏却相差甚大。腭式破碎机的技术性能主要取决于主参数的确定、机构尺寸参数、运动参数和动力参数的设计。在

本书中，作者将根据多年从事腭式破碎机测试与设计方面的经验，介绍主参数及其计算方法，机构尺寸参数、腔形、运动参数及动力参数的优化设计理论及方法，根据转速、行程和啮合角最优匹配的理论，对现有系列的腭式破碎机性能指标提出评价及新机型的改进方向。总之本书将腭式破碎机的新发展与现代计算方法相结合，提供系统全面的并有实践意义的腭式破碎机最优化设计的理论与方法，以便设计出性能优良的腭式破碎机。本书为适应广大专业人员的需要，还介绍了腭式破碎机的运转、使用、维护、检修及机器技术性能和强度测试方面的内容。注意到在工程技术人员中普及优化设计方法时可能遇到的问题，对机构运动学、动力学分析的一般理论和方法作了详细论述，从实用观点对优化概念及采用的两种有约束优化方法作了介绍。各章配有必要的实验对比分析和理论应用计算实例。为方便阅读和应用，附录中介绍了有关标准，给出了机构设计的有关源程序清单、产品目录及文献资料。

本书第2章至第7章由廖汉元撰写，第1章由钮国辉撰写，第8章及附录由孔建益撰写。计算机程序由孔建益复核，全书由廖汉元审定。

由于水平所限，特别是书中有关动力学参数设计理论尚待实践检验，书中难免有错误与不当之处，敬请指正。

编著者



# 目 录

序言

前言

第 1 章 物料性能及破碎机结构 .....	1
1.1 物料破碎及其意义 .....	1
1.1.1 破碎的目的 .....	1
1.1.2 破碎工艺 .....	2
1.2 破碎物料的性能及破碎比 .....	3
1.2.1 粒度及其表示方法 .....	3
1.2.2 破碎产品的粒级特性 .....	5
1.2.3 矿石的破碎及力学性能 .....	8
1.2.4 破碎机的破碎比 .....	9
1.3 颞式破碎机及其分类 .....	11
1.3.1 破碎机分类 .....	11
1.3.2 颞式破碎机分类 .....	13
1.3.3 颞式破碎机的动颞轨迹特性 .....	14
1.3.4 其它型式的颞式破碎机 .....	16
1.4 颞式破碎机的结构 .....	21
1.4.1 简摆颞式破碎机的结构 .....	21
1.4.2 复摆颞式破碎机的结构 .....	29
1.4.3 两种破碎机的结构比较 .....	33
1.4.4 主要零部件的结构分析 .....	35
第 2 章 颞式破碎机的主参数 .....	49
2.1 主轴转速 .....	49
2.2 生产能力 .....	51

2.3	影响生产能力的因素 .....	51
2.4	破碎力 .....	57
2.4.1	破碎力变化规律 .....	58
2.4.2	最大破碎力实验分析计算公式 .....	60
2.4.3	各种计算公式的比较 .....	61
2.5	功率 .....	63
2.5.1	功率计算公式推导假定 .....	64
2.5.2	机器总效率 .....	64
2.5.3	等效破碎力 $F_e$ 与等效系数 $k_e$ .....	66
2.5.4	功率计算公式 .....	67
2.6	腭式破碎机主参数计算实例 .....	68
<b>第3章 腭式破碎机的运动分析及动力分析 .....</b>		<b>72</b>
3.1	复摆腭式破碎机的运动分析 .....	72
3.2	辊撑式腭式破碎机的运动分析 .....	75
3.3	筒摆腭式破碎机的位移分析 .....	77
3.4	腭式破碎机的力分析 .....	78
3.5	腭式破碎机轨迹值的数值解法 .....	80
3.6	腭式破碎机的运动方程式 .....	83
3.6.1	等效力矩 $M_e$ .....	84
3.6.2	等效转动惯量 $J_e$ .....	85
3.6.3	力矩形式的运动方程式 .....	86
<b>第4章 腭式破碎机机构尺寸参数及其腔形设计 .....</b>		<b>87</b>
4.1	破碎机机构尺寸参数及其对机器性能的影响 .....	87
4.2	动腭齿面给定点的轨迹性能参数计算 .....	90
4.2.1	机构各杆长度的确定 .....	91
4.2.2	确定动腭齿面点的位置 .....	92
4.2.3	动腭齿面点的轨迹性能值计算 .....	93
4.3	腭式破碎机机构尺寸参数优化设计 .....	94
4.3.1	几种目标函数 .....	94

4.3.2	以生产能力极大为目标函数的优化数学模型	95
4.3.3	优化设计步骤	97
4.3.4	机构尺寸参数优化实例	98
4.4	辊撑式(移动式)腭式破碎机机构设计的数学模型	99
4.5	腭式破碎机腔形设计	101
4.5.1	分层破碎假说	101
4.5.2	直线腔形的分析	103
4.5.3	当量物料质量	104
4.5.4	腔形优化方法	106
4.5.5	腔形对比分析	109
第5章	腭式破碎机动力学参数设计	113
5.1	腭式破碎机的运动分析	113
5.2	腭式破碎机的最优动力平衡	114
5.2.1	四杆机构振动力的平衡方法	114
5.2.2	腭式破碎机支座附加动压力计算	117
5.2.3	振动力最优平衡	119
5.2.4	各种平衡方法对比实例	120
5.3	腭式破碎机拉杆弹簧的计算载荷确定	124
5.3.1	弹簧拉力计算式	124
5.3.2	确定肘板约束反力的条件	126
5.3.3	弹簧计算载荷的最优计算	126
5.3.4	优化计算实例	127
5.4	机构平衡与拉杆弹簧的综合优化设计	129
5.5	腭式破碎机飞轮转动惯量计算	131
5.5.1	机器运动方程式求解	132
5.5.2	腭式破碎机的运动方程式	133
5.5.3	等效驱动力矩 $M_d$	133
5.5.4	等效阻力矩 $M_r$	135
5.5.5	飞轮转动惯量计算的迭代方法	137

5.5.6	$J_F$ 优化模型	137
5.5.7	$J_F$ 优化计算步骤	139
5.5.8	计算实例	140
<b>第6章 腭式破碎机的机型与性能</b>		<b>144</b>
6.1	腭式破碎机轨迹性能值的数值解法	144
6.1.1	机构初位置参数计算	144
6.1.2	机构任意位置参数的方程式	146
6.1.3	位移方程式的数字逼近解法	147
6.1.4	动腭轨迹值求解步骤	149
6.1.5	计算实例分析	150
6.2	影响肘板纯滚动的因素	151
6.3	机型评价及其理论	154
6.3.1	主参数匹配的计算公式	154
6.3.2	最佳匹配原理	156
6.3.3	三参数最佳匹配数学模型	156
6.3.4	系列机型的参数选择	157
6.3.5	对系列机型性能的评价	160
6.4	腭式破碎机的结构选型	163
6.4.1	结构创新的意义	163
6.4.2	短肘板负支承型机构尺寸优化模型	164
6.4.3	优化设计实例	166
6.4.4	两种结构的破碎机对比分析	168
<b>第7章 腭式破碎机的使用与测试</b>		<b>171</b>
7.1	腭式破碎机的操作	171
7.1.1	起动前的准备工作	171
7.1.2	操作顺序	172
7.1.3	起动和运转中应注意的事项	172
7.2	腭式破碎机的维护与保养	173
7.2.1	腭式破碎机的日常维护	173

7.2.2	腭式破碎机故障分析与排除	174
7.3	腭式破碎机的安装修理与运转	177
7.3.1	腭式破碎机的安装	177
7.3.2	腭式破碎机的运转	180
7.3.3	腭式破碎机主要零件的修理	181
7.4	腭式破碎机主参数测试	184
7.4.1	生产能力的测定方法和条件	186
7.4.2	破碎产品性能测定	190
7.4.3	机器的功耗、效率及转速测定	191
7.4.4	破碎机技术性能评价方法	197
7.5	腭式破碎机的机械强度测定	204
7.5.1	测定目的与方法	204
7.5.2	破碎力的测定	205
7.5.3	曲轴弯曲应力测定及分析	211
7.5.4	前墙、动腭应力测定及分析	214
7.5.5	肘板应力测定及分析	218
第8章	优化方法简介	220
8.1	概述	221
8.1.1	机构最优综合的基本概念	221
8.1.2	机构最优综合的数学模型	221
8.2	优化问题的几何描述	228
8.3	约束最优化的一般概念	230
8.3.1	数值迭代法	230
8.3.2	局部最优解与全局最优解	234
8.4	随机搜索法	234
8.4.1	基本原理	235
8.4.2	基本方法	235
8.4.3	计算步骤、程序框图	237
8.5	复合形法	238

8.5.1	基本原理	240
8.5.2	初始复合形的构成	242
8.5.3	复合形法的迭代步骤	244
附录 A	PE 腭式破碎机参数表	248
附录 B	前苏联标准 ГOCT7084—80 腭式破碎机技术条件	250
附录 C	优化方法及其源程序	253
附录 D	求解线性方程组的高斯主元消去法 子程序及其应用	268
附录 E	上海建设·路桥机械设备有限公司 三宝牌破碎机系列	272
参考文献		274

# 第 1 章 物料性能及破碎机结构

## 1.1 物料破碎及其意义

从矿山开采出来的矿石称为原矿。原矿是由矿物与脉石组成的。露天矿井开采出来的原矿其最大粒度一般在 200~1300mm 之间，地下矿开采出来的原矿最大粒度一般在 200~600mm 之间。这些原矿不能直接在工业中应用，必须经过破碎和磨矿作业，使其粒度达到规定的要求。破碎是指将块状矿石变成粒度大于 1~5mm 产品的作业，小于 1mm 粒度的产品是通过磨碎作业完成的。

### 1.1.1 破碎的目的

#### (1) 制备工业用碎石

大块石料经破碎筛分后，可得到各种不同要求粒度的碎石。这些碎石可制备成混凝土。它们在建筑、水电等行业中广泛应用，铁路路基建造成中也需要大量的碎石。

#### (2) 使矿石中的有用矿物分离

矿石有单金属矿和多金属矿，而且原矿多为品位较低的矿石。将原矿破碎后，可以使有用金属与矿石中的脉石和有害杂质分离，作为选矿的原料，除去杂质而得到高品位的精矿。

#### (3) 为磨矿提供原料

磨矿工艺所需粒度不大于 1~5mm 的原料，是由破碎产品提供的。例如在炼焦厂、烧结厂、制团厂、粉末冶金、水

泥等部门中，都是由破碎工艺提供原料，再通过磨碎使产品达到要求的粒度和粉末状态。

### 1.1.2 破碎工艺

最终破碎粒度是根据产品的用途确定的。需要进行磨矿作业的矿石，应考虑到破碎与磨矿总成本较低来确定破碎产品的粒度。一般较适宜的粒度为10~25mm。把原矿粒度与破碎产品粒度的比，称为总破碎比，若露天矿开采出来的原矿粒度为200~1300mm，则破碎作业的总破碎比的范围为：

$$i_{\max} = D_{\max} / d_{\min} = 1300 / 10 = 130$$

$$i_{\min} = D_{\min} / d_{\max} = 200 / 25 = 8$$

一台破碎机只能在一定限度的破碎比下才有合理的结构，才能最有效地工作，因此使一台破碎机达到这样的破碎比是很困难的。各种破碎机的破碎比范围见表1-1。可见，要把原矿破碎到需要的粒度，必须将若干台破碎机串联进行分段破碎。总破碎比等于各段破碎比的乘积。为

表 1-1 各类破碎机的破碎比

破碎机型式	流程类型	破碎比范围
颞式破碎机和旋回破碎机	开路	3~5
标准圆锥破碎机	开路	3~5
标准圆锥破碎机(中型)	闭路	4~8
短圆锥破碎机	开路	3~6
短圆锥破碎机	闭路	4~8



了发挥各串联破碎机的破碎能力，不使小块矿石进入破碎机反复进行破碎，因此将破碎与筛分有机组合，构成合理的破碎工艺流程。

图 1-1 为三段破碎流程图。原矿经固定筛 1 筛分后，筛上大块物料进入颞式破碎机 2，筛下物与颞式破碎机 2 的产品一起经振动筛 3 筛分；筛上物经圆锥破碎机 4 破碎，筛下物和圆锥破碎机 4 的产品一起经振动筛 5 筛分；筛下物作为磨机 8 的原料，落入矿仓 7，筛上物进入圆锥破碎机 6 破碎，破碎机 6 与振动筛 5 构成封闭系统进行反复破碎、筛分，该系统称为封闭破碎系统。颞式破碎机 2 和圆锥破碎机 4 的产品，均经筛分后进入下一流程，故称开路破碎。

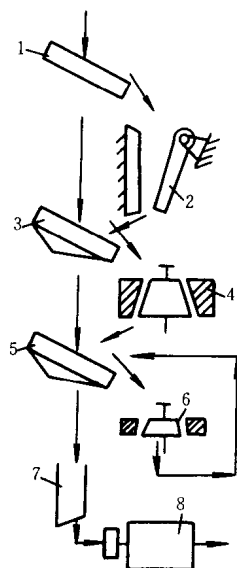


图 1-1 破碎流程图  
1—固定筛 2—颞式破碎机  
3、5—振动筛 4、6—圆锥  
破碎机 7—矿仓 8—磨机

## 1.2 破碎物料的性能及破碎比

### 1.2.1 粒度及其表示方法

矿块的大小称为粒度。由于矿块形状一般都是不规则的，需要用几个尺寸计算出的尺寸参数来表示矿块的大小。

#### (1) 平均直径 $d$

矿块的平均直径用单个矿块的长、宽、厚平均值表示。

$$d = (L + b + h) / 3 \quad (1-1)$$