



破碎筛分机械丛书

筛分机械

王 峰 编著
王 皓



机械工业出版社

筛分机械

王 峰 编著
王 皓



机械工业出版社

本书是破碎筛分机械丛书之一。书中对筛分作业的基本概念作了简要介绍；对各种筛分机的构造和性能，以及目前的发展作了分析；对工艺参数、运动学及动力学参数的选择和计算，进行了系统的叙述；对筛分机的安装、调试、维护和检修等，作了全面的说明；并简要介绍了筛分机的现代设计方法。

本书可供从事筛分机械的设计、制造和使用的工程技术人员，操作维修人员阅读和参考，也可供大专院校的有关专业的师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

筛分机械/王峰,王皓编著. —北京:机械工业出版社,1998.7

(破碎筛分机械丛书)

ISBN 7-111-06180-2

I. 筛… II. ①王… ②王… III. 筛分机-基本知识
IV. TD452

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 02345 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: 李汝庚

封面设计: 姚学峰 责任印制: 路琳

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1998 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm^{1/32}·9.375 印张·201 千字

0 001—3 500 册

定价: 15.00 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

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。

《磨式破碎机》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磨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

筛分机械在建材、冶金、煤炭、化工、石油和筑路等工业部门应用广泛。随着我国社会主义建设事业的发展,筛分机械的需求量日益增长,对产品质量的要求也越来越高,从事筛分机械设计和制造的工程技术人员队伍也在不断扩大,设计水平不断提高。系统地总结多年来筛分机械的研究、设计、制造和使用经验,反映我国多年来在筛分机械方面的设计研究成果,进一步提高我国筛分机械的设计、制造和使用水平是很有必要的。从这个基本点出发,本书对筛分机械的工作原理、结构性能、设计计算、安装调试和维护检修等方面,作了较系统的总结和叙述。

本书是在上海建设·路桥机械设备有限公司的领导和大力支持下完成的。李本仁总工程师对本书的编写,做了很多具体指导和帮助。在编写过程中,王俊洪工程师做了很多工作。朱立人高级工程师、刘恋华工程师等提供了很多宝贵的资料。洛阳矿山机械工程设计研究院破磨筛分机械研究室的同志们,也给编写工作提供了很多帮助。同时国内有关高等院校、科研设计单位和制造厂家,也给了热情的帮助。在此一并致以衷心的感谢。

王皓工程师参加了本书第6章的编写,并对全书作了校对。

由于水平所限,书中可能存在不少欠妥和错误之处,敬请批评指正。

王峰

1997年6月于洛阳

目 录

序言

前言

第 1 章 概述	1
1.1 基本概念	1
1.1.1 分级和筛分	1
1.1.2 粒级	1
1.1.3 筛分顺序	1
1.2 筛分作业的分类	3
1.2.1 准备筛分	3
1.2.2 检查筛分	4
1.2.3 最终筛分	4
1.2.4 脱水筛分	4
1.2.5 脱泥筛分	4
1.2.6 脱介筛分	5
1.2.7 选择筛分	5
1.3 物料粒度表示方法	5
1.4 物料的粒度特性	6
1.4.1 粒度组成和粒度分析	6
1.4.2 筛分试验	6
1.4.3 标准筛	7
1.5 筛分机的分类	12
1.5.1 固定格筛	13
1.5.2 圆筒筛	13
1.5.3 滚轴筛	14

1.5.4	摇动筛	14
1.5.5	圆振动筛	16
1.5.6	直线振动筛	16
1.5.7	共振筛	17
1.6	筛分技术及筛分机械国内外发展概况	17
1.6.1	大型筛分机械的发展	18
1.6.2	筛分机械和筛分技术的引进	19
1.6.3	概率筛分理论和概率筛分机的发展	19
1.6.4	等厚筛分技术和等厚筛分机的发展	20
1.6.5	微细物料筛分设备的发展	20
1.6.6	筛分机械技术性能的进一步完善和新技术新工艺的 采用	21
第2章	筛分机械专用零部件的结构、类型和计算	23
2.1	筛面	23
2.1.1	棒条筛面	24
2.1.2	板状筛面	25
2.1.3	金属丝编织筛面	26
2.1.4	条缝筛面	33
2.1.5	非金属筛面	40
2.2	弹性元件	50
2.2.1	金属螺旋弹簧	50
2.2.2	橡胶弹簧	52
2.2.3	复合弹簧	58
2.3	环槽铆钉和高强度螺栓	59
2.3.1	环槽铆钉和铆钉套	59
2.3.2	高强度螺栓	65
第3章	筛分机械的结构分析	67
3.1	圆振动筛	67
3.1.1	YK 型圆振动筛	68

3.1.2 DD、ZD、DDM、ZDM 和 YZ 型圆振动筛	71
3.1.3 YA 型圆振动筛	82
3.1.4 DYS 型圆振动筛	82
3.2 直线振动筛	85
3.2.1 ZS 型直线振动筛	86
3.2.2 ZSM 型直线振动筛	88
3.2.3 ZKX 型直线振动筛	91
3.2.4 ZK 型直线振动筛	97
3.2.5 ZKB 型和 ZKR 型直线振动筛	100
3.3 等厚筛分机	102
3.3.1 等厚筛分法的优点	102
3.3.2 等厚筛分法的形式	104
3.4 概率筛分机	109
3.5 共振筛	112
3.6 其他筛分机	119
3.6.1 冷矿振动筛和热矿振动筛	119
3.6.2 弛张筛分机	122
3.6.3 旋转概率筛	123
3.6.4 弧形筛	127
3.6.5 细粒物料筛分机	129
第4章 筛分机工艺参数的选择和设计	132
4.1 筛面的宽度和长度的选择	132
4.2 筛分机处理量的计算	133
4.2.1 矿用筛分机处理量的计算	134
4.2.2 圆振动筛处理量的计算	136
4.2.3 煤用筛分机处理量的计算	138
4.2.4 块煤脱介和块矸石脱介时处理量的估算	138
4.3 筛分效率	139
4.3.1 筛分量效率	140

4.3.2 筛分的总效率	140
4.4 筛面倾角、振动方向角和振幅的选择	142
4.4.1 筛面倾角 α ,	142
4.4.2 振动方向角 δ ,	143
4.4.3 振幅 A ,	143
4.5 物料的颗粒在筛面上运动的分析	145
4.5.1 单个颗粒在圆运动筛面上的运动分析	146
4.5.2 单个颗粒在直线运动筛面上的运动分析	154
4.5.3 物料粒群在筛面上的运动状态分析	156
4.6 筛分机的动力学分析	160
4.6.1 单自由度筛分机振动系统的动力学分析	161
4.6.2 两自由度和多自由度筛分机振动系统的动力学分析	163
4.7 筛分机电动机功率的计算	175
4.7.1 筛分机电动机功率的一般计算方法	175
4.7.2 筛分机起动过程分析和起动力矩的计算	175
4.7.3 振动筛电动机功率的计算	177
4.7.4 计算实例	178
4.7.5 振动筛起动和稳定工作时电动机功率的变化情况	179
4.7.6 振动筛功率计算中常用的几种飞轮矩的计算方法	180
第5章 现代设计方法在筛分机设计中的应用	183
5.1 概述	183
5.2 筛分机筛箱质心的计算	184
5.2.1 设计变量及数学模型	185
5.2.2 程序框图和计算公式	187
5.2.3 计算实例	190
5.3 筛分机的结构强度分析	191
5.3.1 筛分机结构强度分析的发展情况	191
5.3.2 筛分机有限元分析中的常用单元	192
5.3.3 振动筛结构静强度有限元分析实例	193

5.4 筛分机结构的振动分析	203
5.4.1 振动筛结构振动分析的有限元法	204
5.4.2 振动筛结构振动试验模态分析方法	209
5.4.3 振动筛结构动态特性参数的修改	211
第6章 筛分机的安装、使用和维修	214
6.1 筛分机的安装和试运转	214
6.1.1 筛分机安装前的检查和存放	214
6.1.2 吊式筛分机的安装	214
6.1.3 座式筛分机的安装	215
6.1.4 电气控制箱或控制开关装置的安装	215
6.1.5 给料溜槽、排料溜槽和喷水管的安装	215
6.1.6 筛分机的试运转	216
6.2 筛分机的使用和调整	217
6.2.1 起动筛分机以前的检查	217
6.2.2 筛分机的起动和停车	217
6.2.3 筛分机的润滑	218
6.2.4 筛分机振动器的旋转方向	219
6.2.5 筛分机振幅的调整	219
6.3 筛分机的维护和检修	219
6.3.1 日检、周检、月检和年检内容	219
6.3.2 高强度螺栓的拧紧程序和拧紧力矩	222
6.3.3 筛分机的故障及产生的原因	222
6.3.4 在筛箱上焊接和气割	225
6.3.5 维护检修注意事项	225
6.4 筛分机振动器轴承的拆卸和装配	226
6.4.1 筛分机轴承的选择和检查	226
6.4.2 筛分机轴承的配合	228
6.4.3 筛分机振动器轴承的拆卸和装配	229
6.5 安全技术	234

第 7 章 筛分机械参数和性能的测试	236
7.1 筛分机械参数和性能测试的目的和范围	236
7.1.1 筛分机械参数和性能测试的目的	236
7.1.2 筛分机械参数和性能测试的内容	236
7.2 筛分机参数和性能的测试方法	237
7.2.1 振幅的测定	238
7.2.2 振动频率的测定	241
7.2.3 振动方向角的测定	242
7.2.4 筛分机振动系统的固有频率测定	243
7.2.5 筛分机转动惯量的测定	246
7.2.6 筛分机启动和停车过程的测量	247
7.2.7 自同步直线振动筛同步性能的测定	247
7.3 筛分机械参数和性能的计算机测试系统简述	249
7.3.1 计算机控制、数据采集和分析处理系统	249
7.3.2 筛分机械参数测试系统软件的特点	251
7.3.3 计算机控制、数据采集及分析处理结果的举例	252
7.3.4 便携式微机控制振动机械测试装置	252
附录 A 筛分机的主要技术参数	256
附录 B 筛网和橡胶弹簧的规格及尺寸	282
参考文献	285

第 1 章 概 述

1.1 基本概念

1.1.1 分级和筛分

开采出来的矿石、煤炭、建筑石料及其他矿物原料，都是由大小不同的颗粒组成，在使用或进一步加工前，常常需要将这些物料按粒度大小分成若干个级别，这种作业称为分级。

根据物料的特性及粒度尺寸的不同，分级作业往往采用不同的方法。对于细粒度物料，常常采用水力分级或风力分级。

对于粒度较大的物料，一般为 3~300mm 的物料，可用筛分机在筛面上进行分级。粒度小于筛孔尺寸的颗粒，穿过筛面上的筛孔，落到筛面下边，这些物料称为筛下物。粒度大于筛孔尺寸的颗粒，留在筛面上，称为筛上物。这种分级作业，称为筛分。

1.1.2 粒级

用筛孔尺寸为 d_1 和 d_2 的两个筛面筛分物料，又 $d_1 > d_2$ ，则筛孔为 d_1 的筛面的筛下物和筛孔为 d_2 的筛面的筛上物之粒级，可表示为 $d_1 \sim d_2$ 。

1.1.3 筛分顺序

用筛分机将物料筛分为若干个粒级时，可按筛出粒级的粗细安排的顺序，称为筛分顺序，简称筛序。筛序分以下几种。

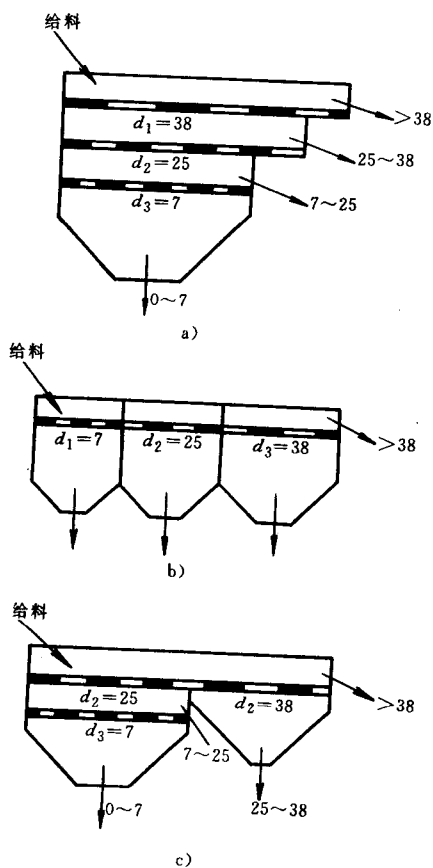


图 1-1 筛序

a) 由粗到细筛序 b) 由细到粗筛序 c) 混合筛序

(1) 由粗到细的筛序

由粗到细筛序如图 1-1a 所示, 将不同筛孔尺寸的筛面重叠起来, 各层筛面由上到下, 筛孔尺寸则由大到小。这种筛序的优点, 大块物料由上层筛面筛出, 较细的物料由带有较小筛孔的下层筛面筛出, 因此, 粗粒物料磨不到细粒级筛面, 这样细粒级筛面不易损坏。采用这种筛序, 筛子结构比较紧凑, 占的面积也较小。这种筛序的缺点是下层筛面的筛分情况不易观察, 筛面的更换也较麻烦。

(2) 由细到粗的筛序

由细到粗筛序如图 1-1b 所示。这种筛面为一个连续的筛分表面, 从給料端到排料端, 分别为带不同筛孔尺寸的数段筛面; 从給料端至排料端, 每段筛孔尺寸由小到大。这种筛序的优点是操作和更换筛面比较方便, 各粒级筛下产品运送也比较方便。缺点是粗粒级和中等粒级物料都要经过小筛孔的筛面, 所以筛面磨损较大, 占用厂房面积也较大。

(3) 混合筛序

混合筛序如图 1-1c 所示, 这种筛序是由粗到细和细到粗的两种筛序的组合, 筛分过程简便迅速, 兼有上述二种筛序的优点。

在同一种筛序的几个筛面中, 上层筛面的筛孔尺寸和下层筛面的筛孔尺寸之比值称为筛比。

1.2 筛分作业的分类

筛分作业按不同的筛分工艺的要求, 分为以下七种。

1.2.1 准备筛分

在采石场、选煤厂和选矿厂, 按破碎作业和选别作业的不同要求, 将石料、原煤或原矿分成若干个粒级, 以便送到

下一个工序进行处理和加工。

在破碎作业中，物料进入破碎机之前，分出已经合格的粒级，使物料避免过粉碎，增加破碎设备的处理能力，减少磨损和动力消耗，称为准备筛分。准备筛分使进入各种选别设备的物料，都具有合适的入选粒度，从而获得较好的分选效果。

1.2.2 检查筛分

经过破碎作业破碎后的产物中，有一部分物料大于破碎机的排矿口宽度，这部分物料一般约为 15% 左右。检查筛分就是将这部分物料筛出，送回破碎机再破碎，构成闭路破碎流程。

1.2.3 最终筛分

将物料按用户对粒度的要求，分成若干个粒级，以满足用户的不同需要，这种作业叫作最终筛分。例如动力煤，一般要求分的粒级为 $>100\text{mm}$ ， $50\sim100\text{mm}$ ， $25\sim50\text{mm}$ ， $13\sim25\text{mm}$ ， $6\sim13\text{mm}$ ， $<6\text{mm}$ 等。建筑材料中的石料，要求分的粒级为 $25\sim38\text{mm}$ ， $15\sim25\text{mm}$ ， $7\sim15\text{mm}$ ， $0\sim7\text{mm}$ 等各种粒级。其他的一些部门，都对物料的粒度有一定要求，均要采用最终筛分工艺。

1.2.4 脱水筛分

脱水筛分是将带水的矿物原料进行筛分，以脱除其中的水分。例如煤炭选后产品的脱水，块精煤水分可达到 8%~10%，末精煤水分可达到 16%~18%，中煤水分约 14%~16%，煤泥水分为 24%~28%。

1.2.5 脱泥筛分

在重介质选煤系统中，为了减轻煤泥（小于 0.5mm）对介质系统的污染，把煤泥脱除。脱泥作业需要喷水。在跳汰