

普通高等教育规划教材

矿物加工 辅助设备

主编 康华



煤炭工业出版社

普通高等教育规划教材

矿物加工辅助设备

主 编 康 华

副主编 张鸿波 丁淑芳 彭德强

参 编 徐德永 李青侠 李光岩

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

矿物加工辅助设备 / 康华主编. -- 北京: 煤炭工业出版社, 2015

普通高等教育规划教材

ISBN 978 - 7 - 5020 - 4885 - 3

I. ①矿… II. ①康… III. ①选矿机械—高等学校—教材 IV. ①TD45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 111564 号

矿物加工辅助设备 (普通高等教育规划教材)

主 编 康 华
责任编辑 袁 筠
编 辑 郭玉娟
责任校对 尤 爽
封面设计 王 滨

出版发行 煤炭工业出版社 (北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
电 话 010 - 84657898 (总编室)
010 - 64018321 (发行部) 010 - 84657880 (读者服务部)

电子信箱 cciph612@126.com
网 址 www.cciph.com.cn
印 刷 煤炭工业出版社印刷厂
经 销 全国新华书店

开 本 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 15¹/₄ 字数 368 千字
版 次 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷
社内编号 7731 定价 35.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换,电话:010 - 84657880

内 容 提 要

本书系统介绍了选矿厂（选煤厂）常用的筛分机、破碎机、磨矿机、带式输送机、刮板输送机、斗式提升机、煤仓和给料机等设备的用途、结构及工作原理。

书中既论述了各类设备的基本理论、选型设计和计算方法，也阐述了设备的安装、调试、使用和维护检修方面的基本知识及常见故障的排除方法。

本书为高等院校矿物加工工程专业的教学用书，也可供有关研究院、设计院、厂、矿工程技术人员参考。

前 言

随着国民经济持续发展,社会不断进步,人民生活水平不断提高,对矿产资源的需求量不断增加,促使矿山企业数量增加且生产能力不断扩大,生产过程机械化和自动化水平也随之不断提高。选矿厂是矿山生产的重要环节,生产过程的整体性、连续性很强,准确了解设备工艺布置、结构、安装与维修等内容,直接影响着选矿厂的正常生产及经济效益。

掌握选矿厂设备结构、安装与维修等知识,可以延长设备使用寿命,提高设备运转率,降低能源消耗,对改善和提高选矿生产技术经济指标,提高企业经济效益和社会效益,建设节约型社会,具有非常重要的作用和意义。本书重点介绍了选矿厂典型辅助设备的工作原理、构造、使用、维修方法,可供各类选矿厂生产管理、设备管理及技术人员参考。

全书由康华主编,张鸿波、丁淑芳、彭德强担任副主编。绪论、第一章由黑龙江科技大学康华编写,第五章由黑龙江科技大学康华和李光岩编写,第四章、第七章由黑龙江科技大学丁淑芳编写,第二章、第六章由黑龙江科技大学彭德强编写,第三章由黑龙江科技大学徐德永编写,第八章由黑龙江科技大学李青侠编写。全书由张鸿波负责章节设计和全文校稿。

由于编者水平有限,书中错误或不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2015年5月

绪论	1
第一章 筛分及筛分设备	4
第一节 概述	4
第二节 筛分理论	9
第三节 筛分设备	25
第二章 破碎及破碎设备	49
第一节 概述	49
第二节 破碎理论	54
第三节 破碎设备	59
第三章 磨矿及磨矿设备	90
第一节 磨矿理论	90
第二节 磨矿设备	93
第四章 带式输送机	102
第一节 概述	102
第二节 通用带式输送机的结构	104
第三节 带式输送机摩擦传动理论	120
第四节 带式输送机的选型计算	124
第五节 带式输送机的选型设计	146
第六节 其他形式的带式输送机	152
第七节 带式输送机的操作、维护和安装	154
第五章 刮板输送机	159
第一节 概述	159
第二节 XGZ 系列刮板输送机	160
第三节 圆环链刮板输送机的选型计算	167
第六章 斗式提升机	173
第一节 斗式提升机的构造与分类	173
第二节 斗式提升机的设计计算	182

第三节 脱水斗式提升机的构造及设计计算	185
第七章 煤仓及闸门	208
第一节 贮煤设施的用途及分类	208
第二节 煤仓的几何形状	210
第三节 煤仓的阻塞现象及消除方法	211
第四节 煤仓的设计计算	215
第五节 闸门	228
第八章 给料机	230
参考文献	236

绪 论

一、选矿设备在矿物加工中的重要性

大家知道,人类在地球上生存,要从自然界获取大量的资源,其中包括金属矿产资源与煤炭资源。这种对资源的利用,是弃其糟粕,取其精华,有选择地吸收。对矿物,利用其物理或物理化学性质的差异,提高矿物品位与剔除无用矿用脉石的过程,称为选矿。对于煤炭,提高煤炭品位与剔除无用矿物矸石的过程,则称为选煤。

选矿生产的主要特点是生产过程实现了机械化。在生产中,如果一台设备出现故障,就可能造成整个生产的停顿;对设备的维护、保养不够,或者对设备的操作、调节不正确,造成设备非正常运转,可能导致设备工作效率降低、处理能力下降或者产品质量达不到规定要求。因此,系统掌握选矿生产过程中所用到的各种类型选矿设备的工作原理、结构特点及设备的操作、维护、保养和调节方法,对提高设备的工作效率、保证生产任务的达标达产、提高矿物的利用价值、顺利完成选矿生产的各项技术经济指标、使选矿企业获得最佳的经济效益都具有积极的现实意义。

选矿设备的发展与选矿工艺技术的发展是同步的,设备的技术水平不仅是工艺水平的最好体现,其生产技术状态也直接影响着生产过程、产品的质量和数量以及综合经济效益。因此,当前国内外选矿业都非常重视选矿设备的开发和应用。随着科学技术的发展、各学科间的互相渗透和各行业间的技术交流,在选矿中广泛采用新结构、新材质、新技术和新加工工艺,更加注重机电一体化和自动控制技术的应用,可促进高效节能选矿设备的大力发展。

二、选矿设备的发展现状

选矿设备是用于完成选矿分选这一过程的重要机械设备。选矿设备根据选矿基本流程分为筛分设备、破碎设备、磨矿设备、分选设备及脱水设备。

1. 破碎设备

破碎设备主要有颚式破碎机和圆锥破碎机,颚式破碎机和圆锥破碎机适合于破碎非常坚硬的岩石块(抗压强度在150~250 MPa)。在实际选用时,还应该根据具体情况考虑下列因素:物料的物理性质,如易碎性、黏性、水分和泥沙含量、最大给料尺寸等;成品的总生产量和级配要求,据此选择破碎机类型和生产能力;技术经济指标做到既合乎质量、数量的要求,操作方便,工作可靠,又最大限度地节省费用。

2. 筛分和分级设备

在矿产资源的开发利用过程中,选矿厂的分级作业也是矿物分离极其重要的生产环节。随着矿山开采和选别难度的增加,对筛分效率和分级效率的要求越来越高。因此,高效的筛分和分级设备是必然的选择。目前国内筛机产品种类有圆振动筛、直线振动筛、椭

圆振动筛、高频振动筛、弧形筛、等厚筛、概率筛、冷矿筛、热矿筛、节肢筛等。另外，还有旋振筛和各种振动给料机。

3. 磨矿设备

磨矿设备是矿物加工（选矿）过程中的准备作业——磨矿工艺的关键设备。目前市场上比较受欢迎的高效节能球磨机主要有中心传动球磨机、静动压轴承球磨机、圆锥形球磨机、超临速球磨机、细磨和超细磨设备等。中心传动球磨机的传动是通过电动机带动行星齿轮减速器直接驱动筒体，电动机、减速器传动系统和筒体位于同一中心轴线上，筒体由调心滚子轴承支承，磨机中空轴径与主轴承间为滚动摩擦，阻力小，实现了节能。静动压轴承球磨机采用静动压轴承，启动时采用高压液压系统润滑，用高压油将球磨机筒体顶起，启动后采用低压液压系统润滑，保证球磨机中空轴径能够处于良好的润滑状态，减小摩擦阻力，降低设备的磨矿功耗。圆锥形球磨机的主轴承为调心滚子轴承，摩擦阻力小，降低了能耗。

4. 磁选设备

磁选是物料分离处理技术中的一种，已在许多工业领域内得到了广泛应用。在矿物加工领域，磁选技术也有很大进展。而磁选设备也由于永磁材料的研制、永磁材料性能的改进和永磁体磁能积的逐渐增大，得到了飞跃式发展。磁选设备的结构多种多样，分类方法也比较多，如根据磁场强度分为弱磁场磁选机、中磁场磁选机、强磁场磁选机；根据分选介质分为干式磁选机、湿式磁选机；根据磁源分为永磁磁选机、电磁磁选机。

5. 浮选设备

浮选是矿物选别的重要方法之一。随着选矿厂处理量的增大，单槽容积大于 100 m^3 的浮选设备已经大量进入工业领域。目前世界上最大规格的浮选机容积达 300 m^3 ，最大规格的浮选柱容积达 220 m^3 ，国内最大规格的浮选机容积达 200 m^3 。同时，粗粒、细粒浮选设备得到快速发展，复合力场的引入大大增强了浮选机对不同可浮性矿物浮选的适应性。另外，自动化控制程度越来越高，如矿浆停留时间短、矿化速度快、波动速度敏感等。目前代表国际上浮选设备研究开发和应用水平的有芬兰的 Outokumpu 公司，美国的 Dorr-OliverEmico 公司，瑞典的 Metso 公司，俄罗斯的国立有色金属研究院，我国的北京矿冶研究总院（BGRIMM）等。

6. 过滤设备

过滤设备总体分为真空和加压两类：真空类常用的有转筒、圆盘、水平带型等；加压类常用的有压滤、压力容器、压榨、动态过滤和旋转型等。在金属矿选矿工业中，主要推广应用盘式过滤机、压滤机和陶瓷过滤机。对于其未来的发展趋势，只有突破设备产能，才能充分体现过滤技术优越性。在过滤设备大型化基础上，必须考虑如何用最小能耗获得最干滤饼，同时要考虑后续工艺设备的节能降耗。

三、选矿设备的发展方向

1. 节能节电

我国曾在“十一五”规划中提出，要充分落实资源节约型、环境友好型社会的基本国策，建立低消耗、少排放、高产出的可持续发展的国民经济体系。因此，对于选矿设备，在引进先进技术的基础上，以高效、节能、环保为基本标准，研发出一系列具备高科

技含量的大型选矿设备。

2. 提高选矿设备的科技含量, 提高设备适应性

在选矿设备的设计过程中, 要注重结合国内外先进技术, 通过优化设备设计使设备平稳运行, 实现精确加工、简化操作、降低噪声、减小磨损等目标。扩大选矿设备加工范围, 提高设备的适应性, 从而满足更加复杂的选矿需求。

3. 选矿设备大型化

为了充分适应大型选矿厂对选矿设备大型化的要求, 应进一步推动大型选矿设备的研发。大型选矿设备具备良好的发展前景, 无论是破碎设备, 还是磨矿设备都逐步趋于大型化。选矿设备的大型化可以大幅度提高我国选矿设备的技术水平, 例如, 为了提高真空过滤机的处理能力, 减少占地面积, 鞍钢矿山研究所积极开展大型盘式过滤机的研发工作; 广州重机厂研制的大型尾矿离泵、佛山水泵厂研发的 2YK 大型真空泵等辅助选矿设备也逐步向大型化方向发展。

总之, 随着国家节能减排工作的推进, 我们要积极引进先进技术, 努力研制高科技水平的选矿设备, 促进选矿设备朝着节能型超细碎且大型化方向发展。为加强选矿设备大型化发展, 我们要加强选矿设备大型化研究工作, 充分利用新材料、新技术和科学的加工工艺, 注重机电一体化和自动控制技术的应用, 促进高效节能选矿设备的大力发展。我国矿产资源丰富, 但是对矿石进行加工的机械设备尚不完善。因此依据我国矿石的特点, 开发出制造水平高, 耐用、低耗的大型选矿设备将是我国选矿设备的发展方向。

思考题

1. 选矿设备在矿物加工中的作用是什么?
2. 选矿设备的发展方向是什么?

第一章 筛分及筛分设备

第一节 概 述

一、筛分作业在煤炭加工中的重要作用

筛分作业是煤炭加工的重要环节，它广泛应用于筛选厂和选煤厂，对煤炭进行粒度分级、脱水、脱泥和脱介。对煤炭加工而言，筛分技术和分选技术处于同等重要地位。

筛分可以为其他选煤方法创造条件。目前各种选煤方法和分选设备往往都受粒度的限制。不同的选煤方法都有一定的入选粒度，过粗的大块不能分选，而粒度过细也难以回收。在选煤厂主要是将原煤分成块煤和末煤两种粒级，分别进行跳汰选煤或重介选煤。重介选煤对入料中的煤泥含量很敏感，它直接影响介质系统的正常工作和重介分选的效果。通过筛分脱除细泥，可减少煤泥对介质系统的污染，以及高灰细泥对精煤产品的污染；也可使跳汰机洗水黏度降低，有利于细粒煤的分选，从而提高分选效率。

通过筛分可使重介分选产品与重介质的加重质分离，以回收加重质。通过筛分还可脱除和降低选煤产品的水分，提高煤炭质量和价格，减少运输量以及高寒地区冬季装卸车的困难。此外，在某些情况下，筛分还能起到分选作用。由于煤炭中的灰分及硫分等杂质在不同粒级中的分布不同，通过筛分，在按粒度分级的同时可降低某个粒级煤炭的灰分或硫分。

在动力煤选煤厂中，通常将小于6 mm的干粒粉煤供应给发电厂或其他用户，而大于6 mm的煤送入跳汰机分选，这也是依靠筛分作业来完成的。

总之，在煤炭加工中，筛分作业不仅关系到动力煤产品对路供应，以及动力煤、炼焦煤洗选产品质量的提高，也关系到煤炭资源的合理利用、环境保护和生产部门的经济效益。

二、筛分的基本概念

1. 分级

井下和露天开采出的煤称为毛煤，它是由大小不同、形状各异的颗粒混杂在一起所组成的松散物料。在使用或分选前，往往需要按要求将毛煤分成颗粒大小比较相近的几个级别。这种把物料按颗粒大小（粒度范围）分成若干粒级的作业称为分级。分级有水力分级、风力分级和筛分3种方法。具体采用哪种分级方法，决定于被分级物料的粒度（颗粒大小）状况和作业条件。

2. 水力分级

在水介质中，不同粒度的物料，按其沉降速度的不同分成若干粒级的作业称为水力分

级。水力分级多用于细粒带水物料，例如选煤厂中煤泥的分级，煤泥的浓缩与澄清。常见的水力分级设备有角锥沉淀池、沉淀塔、斗子捞坑、浓缩机和厂外沉淀池。

3. 风力分级

使用空气作为分级介质的分级作业称为风力分级。它用来处理粒度小于 0.5 mm 的煤尘或矿尘。选煤厂的集尘作业实质上就是风力分级。

4. 筛分

碎散物料通过一层或数层筛面被分成不同粒度级别的过程，称为筛分。在实验室或试验场地为完成粒度分析而进行的筛分称为试验筛分，在工厂或矿场为完成生产任务而进行的筛分称为工业筛分。进入筛分过程的物料称为筛分原料；从筛面上排出的物料称为筛上物；透过筛孔排出的物料称为筛下物；用于完成筛分作业的设备称为筛分机（或筛子），一般适用于筛分较粗的物料，即大于 0.5 mm 或大于 0.25 mm 的物料。

5. 筛序

筛分作业是在一个筛面上进行，获得筛上物和筛下物两种产品。如果一台筛子在 n 个筛面上进行筛分，则可得到 $n+1$ 个产物。进行筛分作业所用的若干筛面，按其筛孔尺寸的不同，从大到小依次排列所形成的序列称为筛序。

6. 筛比

在同一筛序的若干筛面中，每相邻两层筛面的上层筛面的筛孔尺寸与下层筛面的筛孔尺寸之比称为该筛序的筛比。筛比一般是常数。例如在同一筛序中，筛面的筛孔分别为 100 mm、50 mm、25 mm、12.5 mm、6.25 mm 时，其筛比是 2。在实际应用中，对于粗、中粒级的筛分，筛比要求并不太严格。如选煤厂入厂原煤的筛分资料，一般使用筛序为 100 mm、50 mm、25 mm、13 mm、1 mm、0.5 mm 的各个筛孔，可见它的筛比也并不都是 2。但实验室专供小筛分试验用的标准套筛，其筛比有严格规定。

三、筛分作业

1. 筛分作业的分类

在选煤厂和筛选厂中，筛分在整个工艺过程中担负着重要任务，按它在不同工艺环节中所起的作用不同，筛分作业可分为如下几种。

1) 准备筛分

当筛分是为分选作业提供不同粒级的入选矿物时，称为准备筛分，如重选及磁选前的矿物筛分。对于煤炭工业，各种选煤设备都应供给适宜粒级的原煤。过粗的大块不能分选，过细的微粒难以回收。另外，原煤粒度对分选效果也有很大影响，各种选煤方法的分选粒度见表 1-1。

表 1-1 各种选煤方法的分选粒度

选煤方法	粒度/mm	
	粒度上限	粒度下限
跳汰选	100	0.5
块煤重介选	300	6

表 1-1 (续)

选煤方法	粒度/mm	
	粒度上限	粒度下限
末煤重介选	25	0.5
摇床选	13	0.2
块煤槽选	100	6
浮选	0.5	0

2) 预先筛分与检查筛分

当筛分作业和破碎作业配合进行时称为辅助筛分。若用在破碎前把合格粒级预先筛出叫作预先筛分,若用在破碎后以控制破碎产品的粒度则叫作检查筛分。预先筛分有时也称为准备筛分。许多情况下,一个筛分作业能同时起到预先筛分和检查筛分的作用,如图 1-1 所示。

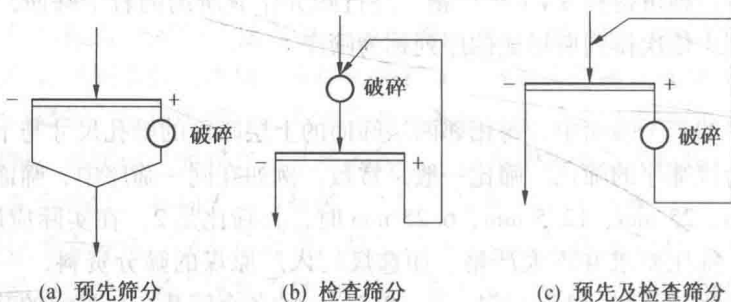


图 1-1 筛子与破碎机的配合

预先筛分的目的是为了ev避免物料被过度破碎,从而提高破碎设备的生产能力和减少动力消耗;检查筛分的目的是从破碎设备的产物中将粒度不合格的大块筛出,以保证产品不超过要求的粒度上限。

3) 独立筛分

当筛分产品作为最终产品供给用户使用称为独立筛分,如煤、铁矿石和建筑石料的筛分。对于煤炭工业,独立筛分主要是指筛选厂生产不同粒级商品煤的筛分。商品煤的粒级要根据煤质、煤的粒度组成和用户要求,按国家有关煤炭粒度分级(表 1-2)的规定来确定。

表 1-2 煤炭粒度分级

名称	粒级符号	粒级/mm
特大块	T	> 100
大块	D	50 ~ 100
中块	Z	25 ~ 50
小块	X	13 ~ 25

表 1-2 (续)

名称	粒级符号	粒级/mm
粒煤	L	6-13
粉煤	F	<6

注：小于 13 mm 的煤如不再分级称为末煤，用符号 M 表示。

4) 脱水筛分

将伴有大量水的碎散物料（如渣浆、泥浆、矿浆等）作为筛分原料，以脱除其中液相为目的的筛分称为脱水筛分。例如，湿法选矿或选煤生产都需要在水介质中进行，精矿、尾矿（煤）中含有大量的水，脱水筛分一方面可以提高产品质量，便于储存和运输，减少运输量及解决高寒地区冬季装卸车的困难，另一方面可以回收水，以便循环使用。

5) 脱泥筛分与脱介筛分

为达到一定的工艺目的，将碎散物料或伴有水的碎散物料作为筛分原料，脱除其中细粒的筛分，称为脱泥筛分或脱介筛分。例如，在重介质选煤时，为了减轻煤泥（ $<0.5\text{ mm}$ ）对介质系统的污染，在煤进入重介质分选机前所进行的脱泥筛分；在跳汰选煤时，为了降低洗水黏度，提高细粒煤的分选效率，在煤进入跳汰机前的脱泥筛分；为了减少高灰细泥对重介质或跳汰精煤的污染所进行的脱泥筛分；在重介质选煤时，为了回收细粒状的重介质（ <200 网目）而进行的脱介筛分。在很多情况下，脱水、脱泥和脱介筛分的工艺作用是兼而有之的，而筛分作业却只有一个。为了使筛分更加充分，应经常向筛面上施加喷淋水冲洗。用于脱水、脱泥、脱介的筛分机，在工艺上常称为脱水筛、脱泥筛、脱介筛。

6) 选择性筛分

通常，筛分是将碎散物料按几何尺寸（粒度）进行分离的，但在某些情况下筛分还可将碎散物料按质量分级，如选矿或选煤生产中按品位或灰分分离，这种筛分称为选择性筛分。例如，一些铁精矿再磨循环中的细粒筛分就有选择性筛分的作用，通过细筛能提高铁精矿品位；在以含黄铁矿为主的高硫煤中，硫分大部分集中在大块煤内，通过筛分可将硫分除去；在某些煤矿，块煤灰分与末煤灰分不同，通过筛分可降低某一筛分产品的灰分；很多种煤块的脆性比混杂其中的矸石块脆性大，用滚筒碎选机边破碎边筛分，就能使低灰分的筛下物和高灰分的筛上物分离。

2. 筛分顺序

最终筛分和准备筛分有时要把物料筛分成两种粒级以上的产物，这就出现了筛分顺序的问题。筛分顺序有以下 3 种。

1) 由粗到细的筛分（重叠法）

在这个筛分流程中，筛面一个个地重叠起来，上层筛面的筛孔较大，以下各层筛面的筛孔逐渐减小（图 1-2a）。

这种流程的优点是：①筛面的磨损较小，虽然全部物料及其中的最大块加到筛孔最大的筛面上，但这个筛面往往由钢棒组成，不易磨损，并可保护下面的细孔筛网；②细级别的物料筛分效率较高，因为加到细孔筛面上的物料数量较少；③粗级别的物料在筛分过程中的破碎现象较少，因为粗级别的物料很快地从筛分过程中分出，这一点对煤的筛分具有

重要意义；④由于筛面是多层重叠的，所以筛分装置的布置比较紧凑。

这种流程的缺点是：观察下层筛面工作情况时很不方便，更换筛面困难，筛面布置过于密集，只能从筛子的一端排出各级别的物料。

按图 1-2b 所示流程布置的筛面，各级别物料排出的地点可以分开，上层筛面的底部装有筛底，能够把物料加到下层筛面的头部，可提高下层筛的筛分效率。

2) 由细到粗的筛分（序列法）

在由细到粗的筛分流程中，筛面顺次地按照筛孔增加的顺序排列（图 1-2c）。这种顺序的优点是：①易于检查和更换筛面；②筛下便于设仓，运输方便；③设备所占高度小。

但是，这种流程的缺点是十分严重的：①筛面的磨损很快，筛分效率较低（因为全部物料都加到筛孔最小的筛面上）；②脆性物料的大块可能在筛面上破碎。

3) 混合筛分（联合法）

在联合流程中，一部分筛面由粗到细排列，另一部分筛面由细到粗排列（图 1-2d）。在生产实践中，通常使用由粗到细或联合的筛分流程。

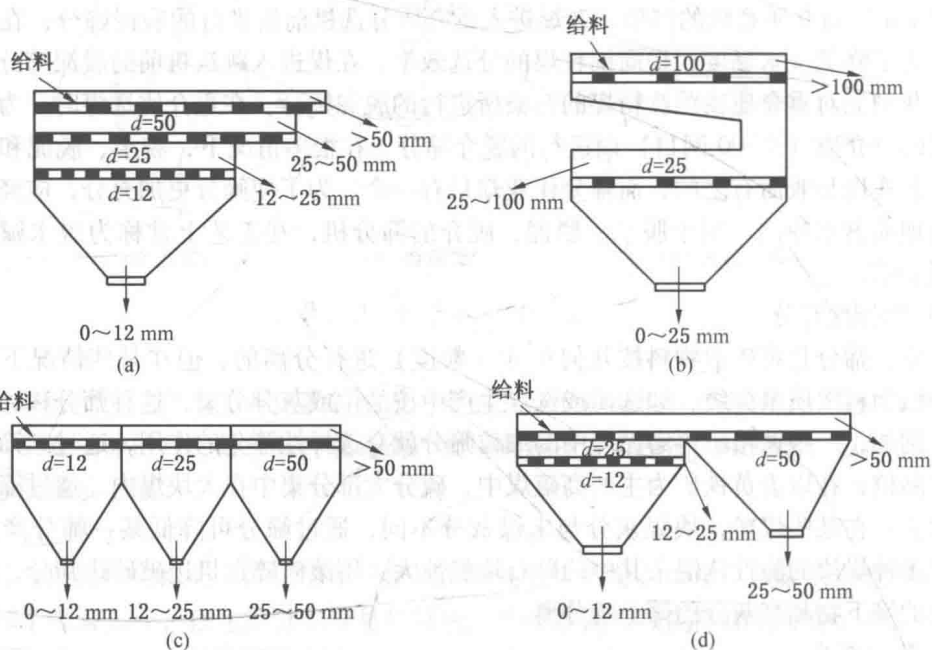


图 1-2 筛分顺序

四、筛分理论与筛分设备的发展概况

16 世纪，英国首先开始了筛分设备的研究，并诞生了世界上第一台用于煤炭工业的固定筛。到了 18 世纪欧洲工业革命时期，筛分设备发展迅速。19 世纪初，一些矿山企业开始使用圆筒筛、摇动筛，有的地方出现了一些简单的振动筛分机。近些年来，随着社会发展对能源和矿产的急剧需求，筛分设备得到迅速发展。

目前，国外知名企业利用计算机辅助设计技术及先进的制造工艺，不但生产出适用于

多种行业、多种规格的振动筛，而且生产出了可靠性高、性能好的大型和特大型振动筛。这些振动筛分设备具有世界领先的技术，代表目前行业的发展趋势。如德国 Haver & Socke公司 2003 年为加拿大 Syn_crude 制油公司制造了世界上最大规格的振动筛（R-TE4 × 10.5 m），该振动筛工作面积为 42 m²，重 115 t，最大处理能力为 10000 t/h，总功率为 264 kW。瑞典 Svedala 集团制造了当时世界上最大的双层直线振动筛，该设备用于印度尼西亚 IrianJaya 的 Grasberg 露天铜金矿，该设备重 33 t，尺寸为 7.3 m × 3.6 m，最大处理能力为 5000 t/h。美国 Derrick 公司的高频振动细筛具有 3 种高技术专利筛网：Urethane 聚氨酯筛网寿命可达 7000 h 以上，开孔率为 35% ~ 45%，孔径最小达 0.10 mm；Pyramid 三维筛网可以处理 0.038 mm 的细粒物料；Sandwich 夹层金属筛网由 3 层筛网组成，上两层筛网起筛分作用，最下层筛网起支撑作用，多层结构提高了筛网强度，延长了筛网寿命，防止了筛孔堵塞。

我国筛分设备研究起步较晚，但由于我国煤炭行业的高速发展，促进了煤炭筛分设备的快速发展。如中国矿业大学等为东滩煤矿研制了据称是国内筛面宽度尺寸最大的 ZDS2460 型自同步等厚筛，其筛面宽度为 2400 mm，筛分能力为 1000 t/h。该设备筛面分为两段，筛分效率达到 90% 以上。鞍山重型矿山机器股份有限公司与沈阳理工大学联合研制出世界上最大大型香蕉筛，该筛面工作面积为 39.56 m²，高 5 m，重 40 t，最大处理能力为 2500 t/h，年可筛分上千万吨，产品性能、筛分面积、工作效率在世界同类产品中居于前列。该产品不但替代了进口产品，而且打破了国外垄断该大型设备的历史。新乡威猛集团将 12 台 2 m × 3 m 的节肢筛组合在一起，组成了目前国内面积最大的 72 m² 节肢筛，用于选煤系统的分级和脱水、脱介，效果很好。

目前，全国筛分设备制造企业已达 300 余家，能够制造 50 多个系列近 1000 种规格产品，逐渐缩短了与国外企业的差距，甚至部分产品已经超越国外企业，达到国际先进水平。

在振动理论的研究上，东北大学的闻邦椿院士提出了系统的研究理论。在振动筛分设备设计与制造方面，洛阳矿山机械研究院王峰高工提出了实际的解决方案。在筛分理论上，中国矿业大学赵跃民教授提出了细粒难筛物料筛分机械的筛分机理和解决途径。这些理论与实践的成功研究为我国振动筛分设备的研制与开发奠定了坚实的理论基础。

综合国内外筛分设备状况可以看出：大型、高效、低耗的筛分机及新型筛面仍将是筛分作业发展的主导方向。

第二节 筛分理论

一、筛分分析

1. 筛分工具

1) 标准筛

标准筛是一套筛孔尺寸大小有一定比例的、筛孔边长及筛丝直径均按有关标准制造的筛子。使用时将各个筛子按筛孔大小从上至下顺序叠放，上层筛孔大，下层筛孔小。各筛子所处的层位次序称为筛序。每两个相邻筛子筛孔尺寸的比值称为筛比。有的标准筛确定

一系列筛子中的某个筛子作为基准筛，简称基筛。标准筛都有筛底和筛盖，分别用于收集筛下产品和防止物料溅失。

由于各国采用的标准不同，所以有各种各样的标准筛，按筛比不同可大致将它们分为两类：一类筛比是 $\sqrt{2}$ ，美国、英国、加拿大等国采用；另一类筛比是 $\sqrt[10]{10}$ ，法国、苏联等采用。 $\sqrt{2}$ 与 $\sqrt[10]{10}$ 称为基本筛比。为了得到粒度范围更窄的级别，还规定了辅助筛比，如 $\sqrt[4]{2}$ 、 $(\sqrt[10]{10})^6$ 等。

单位长度的筛面上所具有的筛孔数称为网目数，简称网目。有的标准筛的网目是指每英寸长度上的筛孔数，有的标准筛的网目是指每厘米长度上的筛孔数。我国目前还没有国家规定的标准筛，以前沿用上海筛和美国泰勒筛，二者相近，目前正在推广应用国际筛。

表1-3列出了常见的6种标准筛。

表1-3 常见标准筛

泰勒筛		国际筛		上海筛		苏联筛		英国筛		德国筛	
网目	孔径/mm	孔径/mm	网目	孔径/mm	筛孔尺寸/mm	筛丝直径/mm	网目	孔径/mm	网目	孔径/mm	
2.5	7.925	8									
3	6.68	6.3									
3.5	5.691										
4	4.699	5	4	5				5			
5	3.962	4	5	4				6	3.34		
6	3.327	3.35	6	3.52				7	2.81		
7	2.794	2.8			2.50			8	2.41		
8	2.262	2.36	8	2.616	2.00	0.50		2.05	4	1.5	
9	1.981	2			1.60	0.50		10		5	1.2
10	1.651	1.6	10	1.98	1.25	0.45		12	1.67	6	1.02
12	1.397	1.4	12	1.66	1.00	0.40		14	1.40		
14	1.168	1.18	14	1.43	0.900	0.35		16	1.20		
16	0.991	1	16	1.27	0.800	0.35		18	1.00	8	0.75
20	0.833	0.8	20	0.995	0.700	0.30		22	0.85	10	0.6
24	0.701	0.71	24	0.823	0.630	0.30		25	0.70	11	0.54
28	0.589	0.6	28	0.674	0.560	0.25		30	0.60	12	0.49
32	0.495	0.5	32	0.56	0.500	0.23		36	0.50	14	0.43
35	0.417	0.4	34	0.533	0.450	0.22		44	0.42	16	0.385
42	0.351	0.355	42	0.452	0.355	0.18		52	0.35	20	0.30
48	0.295	0.3	48	0.376	0.250	0.15		60	0.30	24	0.25
60	0.246	0.25	60	0.295	0.200	0.13		72	0.252	30	0.20
65	0.208	0.2	70	0.251	0.180	0.13		85	0.211	40	0.15
80	0.175	0.18	80	0.2	0.140	0.13		100	0.177	50	0.12
100	0.147	0.15	110	0.139	0.125	0.09		120	0.152	60	0.10