

筛分破碎及脱水设备

张恩广 主编

TD 921/2-278

cc. 6. 17

高等学校教学用书

筛分破碎及脱水设备

张恩广主编

煤炭工业出版社

739245

内 容 提 要

本书阐述选煤厂筛分、破碎及脱水设备的类型、构造、工作原理、技术特征及主要参数计算,并对设备的使用维护、工艺过程的有关理论及国内外最新成就作了简要介绍。全书包括振动筛、振动概率筛、等厚筛、旋转概率筛、弛张筛、破碎机、粉磨机、离心脱水机、真空过滤机、压滤机、浓缩机及干燥机等设备,共三篇十六章。

本书是高校选矿工程专业通用教材,也可供选煤专业科研、设计和生产有关工程技术人员以及其它有关专业人员阅读参考。

责任编辑: 黄 维

高等学校教学用书 筛分破碎及脱水设备

张 恩 广 主编

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 $787 \times 1092\text{mm}^1/16$ 印张 $22^{2/3}$

字数538千字 印数1—3,165

1991年3月第1版 1991年3月第1次印刷

ISBN 7-5020-0507-2/TD·463

书号 3284

定价 5.90元

前 言

选煤是在选煤厂内将煤按需要分成不同质量、规格产品的加工过程。因此，选煤厂煤的加工设备可分为三种，即：改变煤的灰分状态（重选、浮选）、改变煤的粒度状态（筛分、破碎）和改变产品水分状态（脱水）的设备。由于重选和浮选设备一般都在重选及浮选课程中结合工艺部分进行讲述，所以本书只阐述另两种加工设备——筛分、破碎及脱水设备。

选煤厂的筛分、破碎及脱水设备种类众多，在选煤厂中占有很大比例。本书主要介绍我国目前生产中使用的设备，重点论述其基本原理、基本结构，并对几种典型设备进行分析。对一些新型先进设备也适当予以介绍。

参加本书编写的有：张恩广（第二、三、四、五、六、七、十一、十三章）、王振国（第一、十四、十五、十六章）、尹守仁（第八、九、十章）、贾长龄（第十二章），张恩广为主编。在编写过程中承蒙淮南矿业学院、黑龙江矿业学院、山西矿业学院及中国矿业大学等单位大力支持，责任编辑黄维也给予很大帮助，在此谨致谢意！

由于编者水平所限，书中难免存在缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

1989年10月

目 录

第一篇 筛 分 设 备

第一章 筛分总论	1
第一节 概述	1
第二节 物料粒度特性和筛分分析	6
第三节 筛分的基本理论	16
第四节 筛分效果的评定	22
第五节 筛分过程动力学	27
第六节 影响筛分过程的因素	30
第七节 筛面	35
第八节 筛分设备的类型	41
第二章 振动筛	43
第一节 圆振动筛	43
第二节 直线振动筛	52
第三节 椭圆振动筛	63
第四节 共振筛	67
第三章 振动筛及筛上物料的运动学	71
第一节 筛上物料的运动分析	71
第二节 振动筛运动学参数的选择	87
第四章 振动筛动力学及某些零件的计算	89
第一节 振动筛动力学分析	89
第二节 振动筛动力学参数的计算	94
第三节 振动筛零件的计算	96
第五章 振动概率筛、等厚筛、概率等厚筛和旋转概率筛	103
第一节 振动概率筛	103
第二节 等厚筛	116
第三节 概率等厚筛	123
第四节 旋转概率筛	125
第六章 其它筛分设备	133
第一节 弧形筛和旋流筛	133
第二节 弛张筛和立式圆筒离心筛	142
第三节 其它新型筛分机	152
第七章 筛分机的使用	158
第一节 筛分机处理能力的确定	158
第二节 振动筛的安装、调试与试运转	160
第三节 振动筛的操作、维护和检修	161

第四节 振动筛的异常振动及常见故障	161
第五节 振动筛的安全技术	163

第二篇 破 碎 设 备

第八章 破碎总论	165
第一节 破碎的基本概念	165
第二节 破碎的功耗学说	169
第三节 破碎效果的评定	172
第四节 破碎设备的类型	174
第九章 破碎机	176
第一节 辊式破碎机	176
第二节 颚式破碎机	185
第三节 锤式破碎机	192
第四节 反击式破碎机	197
第五节 滚筒筛选机	202
第六节 破碎机的使用	207
第十章 粉磨机	209
第一节 球磨机	209
第二节 其它粉磨机简介	219

第三篇 脱 水 设 备

第十一章 脱水总论	226
第一节 概述	226
第二节 脱水的基本原理	229
第十二章 离心脱水机	239
第一节 过滤式刮刀卸料离心脱水机	239
第二节 过滤式振动卸料离心脱水机	245
第三节 沉降式离心脱水机和沉降过滤式离心脱水机	273
第四节 离心脱水机的使用及工艺效果的评定	284
第十三章 真空过滤机	292
第一节 圆盘式真空过滤机	292
第二节 圆筒式真空过滤机	298
第三节 水平带式真空过滤机	304
第四节 过滤系统	306
第五节 真空过滤机的使用	308
第十四章 压滤机	310
第一节 箱式压滤机	310
第二节 带式压滤机	318
第十五章 浓缩机	324
第一节 耙式浓缩机	324
第二节 深锥浓缩机	337
第三节 浓缩机工艺效果的评定	339

第十六章	干燥机	344
第一节	概述	344
第二节	滚筒干燥机	345
第三节	沸腾床层干燥机	347
第四节	干燥系统和干燥流程	350
参考文献		354

晚
上
升
用
学

第一篇 筛分设备

第一章 筛分总论

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，它广泛地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。就煤炭加工而言，筛分技术和分选技术处于同等重要地位。

我国生产的原煤一半以上是动力煤，不同用户对动力煤的粒度要求是不同的，尤其是化工、发电等部门，对煤炭产品粒级的要求很严格，如果超过规定限度，不但直接影响这些部门的正常生产，还会造成不小的浪费。例如，在煤炭气化生产中，若使用粉煤含量过高的块煤，不仅影响炉内气流畅通，降低造气量，严重时还导致气化炉堵塞；机车和船舶由于锅炉通风强、烟筒短，如燃用含有较多粉煤的块煤时，粉煤不仅燃烧不完全而且还随烟气飞走，造成浪费和环境污染；大型火力发电厂，绝大部分使用煤粉锅炉，若供应原煤和块煤，显然是不经济的。总之，将原煤筛选成多种粒级的产品，对路供应给各类用户，对合理利用煤炭资源是十分必要的。

筛分可以为其它选煤方法创造条件。目前的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，分别进行跳汰选或重介选。重介选煤对入料中的煤泥含量很敏感，它直接影响到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，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；也可使跳汰机洗水粘度降低，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，筛分还能起到分选的作用。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，使得某个粒级的灰分或硫分降低。

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

总之，在煤炭的加工中，筛分作业不仅关系着动力煤产品对路供应，关系着动力煤、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. 分级和筛分

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，往往需要按要求将它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、风力分级和筛分三种方法。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。

1) 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。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。常见设备有角锥沉淀池、沉淀塔、斗子捞坑、浓缩机和厂外沉淀池。

2) 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。它用来处理小于0.5mm的煤尘或矿尘。选煤厂的集尘作业实质上便是风力分级。

3) 筛分

物料通过筛面按粒度分成不同粒级的作业，称为筛分。物料中粒度小于筛孔尺寸的颗粒穿过筛面落到筛下，称筛下物；粒度大于筛孔尺寸的颗粒留在筛上，称筛上物，用于完成筛分作业的设备称为筛分机，或者简称筛子。一般适用于筛分较粗的物料，即大于0.5mm或0.25mm物料。

2. 筛序、筛比和粒度

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。

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、50、25、12.5、6.25mm时，其筛比是2。在实际应用中，对于粗、中粒级的筛分，筛比要求也并不太严格。如选煤厂入厂原煤的筛分资料，一般所用筛序是100、50、25、13、6、3、1、0.5mm各个筛孔，可见它的筛比也并不都是2。但实验室专供作小筛分试验的标准套筛，它的筛比是有严格规定的。

若筛下物中最大粒度为 d ，筛上物中最大粒度也为 d ，并假定都等于所用筛面的筛孔尺寸 L ，即 $d=L$ 。那么，作为整个筛上物或筛下物来说，其颗粒的大小是在一定的粒度范围内，这个一定粒度的范围称粒度。因此，可用 $-d$ 或 $-L$ 表示筛下物粒度，用 $+d$ 或 $+L$ 表示筛上物粒度。此时， d mm即是筛下物的粒度中最大粒度，也是筛上物粒度中最小的粒度。故把 d mm的粒度，叫做筛下物的粒度上限，筛上物的粒度下限。

对于透过筛孔为 L_1 的筛面而留在筛孔为 L_2 的筛面上的物料（ $L_1 > L_2$ ），其筛分粒级的表示方法为 $L_2 \sim L_1$ 或 $d_2 \sim d_1$ 。注意：在筛分粒度中，最大块物料的粒度 d_1 总是要小于筛孔尺寸 L_1 ，最小块物料的粒度 d_2 总是要大于筛孔尺寸 L_2 。因此， $d_2 \sim d_1$ 表示粒度，只是说明物料是依次在筛孔尺寸为 $d_1 = L_1$ 和 $d_2 = L_2$ 两个筛面上进行筛分时，所获得的筛分粒度（筛分级别）。

根据国家规定，粒度的表示方法，也可采取 $L_1 \sim L_2$ 或 $d_1 \sim d_2$ 。例如，100~50mm，50~25mm等。

三、筛分作业

(一) 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担负着重要的任务，按它在不同工艺环节中起的作用不同，筛分作业可分为如下几种：

1) 准备筛分

在选煤厂，按破碎作业和分选作业的要求，将原料煤分成不同的粒级，为煤炭的进一步加工做准备。

对破碎作业，准备筛分是为了从物料中分出已经合格的粒级。目的是避免物料过度粉碎，增加破碎设备的生产能力和减少动力消耗。

对分选作业，不同的选煤方法，都要求一定的入选粒级，否则将严重影响分选效果。各种选煤方法入选煤的粒级见表1-1。

表 1-1 各种选煤方法入选煤粒级

选 煤 方 法	粒 级, mm	
	粒 度 上 限	粒 度 下 限
跳 汰 选	100	0.5
块 煤 重 介 选	300	6
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) 检查筛分

从破碎作业的产物中，将粒度不合格的大块用筛子分出来，称为检查筛分。目的是保证产物的粒级要求。

图1-1是原煤准备的工艺流程，从中可看出准备筛分和检查筛分在流程中所执行的任务。

3) 最终筛分

主要是指筛选厂生产粒级商品煤的筛分。

最终筛分的粒级，要根据煤质、煤的粒度组成和用户的要求，按国家现行《煤炭粒度分级》来确定。最终筛分的产物，供动力用煤的粒级见表1-2。

4) 脱水筛分

将带有水的煤或其它物料进行筛分称为脱水筛分，目的是脱除伴随而来的水。在选煤厂用于产品脱水作业的筛子称脱水筛。

5) 脱泥筛分

重介质选煤时，为了减轻煤泥（ -0.5mm ）对介质系统的污染，在煤进入重介分选机

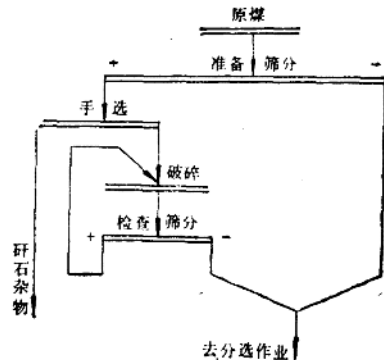


图 1-1 原煤准备工艺流程

表 1-2 煤 炭 粒 度 分 级

粒 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
粒 煤	L	6~13
粉 煤	F	<6

注：上表中<13mm的煤如不再分级、称为末煤。用符号M表示。

前，采用脱泥筛分。跳汰机入选原煤如先用筛分的办法脱泥，可降低洗水粘度，有利于细粒煤的分选，从而提高跳汰机的选煤效率。再有，重选产品精煤，为了减少高灰分细泥对它的污染，在进行脱水筛分的同时，在筛面上加强力喷水冲洗，也是不可缺少的脱泥筛分。

6) 脱介筛分

重介选煤的产品，在筛分机上采用喷加强力清水的办法，使产品与加重质分离，达到选后产品脱除介质的目的称脱介筛分。

7) 选择性筛分

选择性筛分是指在筛分过程中，煤炭不仅按粒度分级，而且也按质量分级的筛分。例如，在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。又如，某些矿区，其末煤灰分较低而大块煤的灰分较高，通过筛分分出大块，可使末煤质量提高1~2级。反之，有些矿区的末煤灰分比大块煤还高，筛分则可提高块煤质量。再如，煤和矸石硬度差别较大时，用滚筒碎选机破碎筛分，也能实现按质量的分级。

(二) 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。筛分顺序有以下三种：

1. 由粗到细的筛分（重叠法）

见图1-2a。特点：将筛面按筛孔尺寸大小，自上而下重叠排列。筛分时，粗粒先于细粒被筛出。

这种顺序的优点是：粗粒级在筛分过程中先被筛出，因而不易受到破碎；细孔筛面上物料数量少，故细粒级筛分效率较高，细孔筛面磨损得慢；由于筛面重叠，所以筛分装置的布置比较紧凑。缺点是：筛面清理和更换麻烦；产物运输较困难；在厂房中给料高度大。

2. 由细到粗筛分（序列法）

见图1-2b。这种顺序的优点是：易于检查和更换筛面；筛下便于设仓，运输方便；设备所占高度小。缺点是：全部物料都要经过细孔筛面，物料易相互擦碎，细孔筛面磨损快；筛分效率低。这类筛分顺序用得较少。

3. 混合筛分（联合法）

见图1-2c，这种顺序的特点是从中间粒级开始筛分，出现两个系统，使筛分过程简便

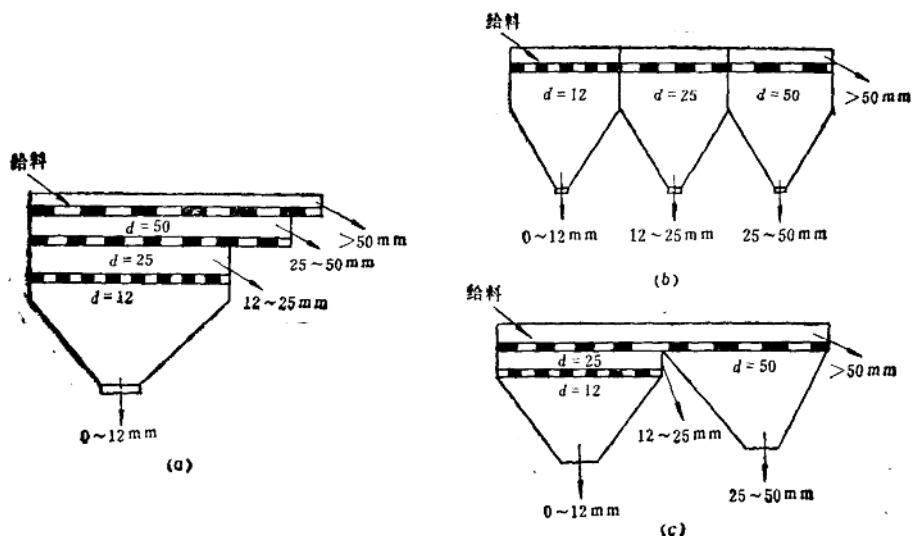


图 1-2 筛分顺序

迅速,兼有上述两种的优点和缺点。

以上三种筛分顺序比较,以混合筛分顺序为好。由细到粗的筛分,碎石厂用得较多。由粗到细的筛分,适用于筛选厂或选煤厂的准备筛分,有的选矿厂也使用。

四、筛分理论与筛分机械的发展概况

由大小不同颗粒所构成的散碎物料用筛子按粒度进行分离,已有悠久的历史。从英国煤炭工业的文献记载,在1589年提到煤的筛分。但是,由于市场的需要,为了提供各种粒级的商品煤,对煤进行广泛的粒度分级,是到19世纪下半叶才盛行起来。

煤按粒度分级最早的办法是在矿井工作面上,使用耙子回收大块,细粒煤则弃置于地下。煤运到地面后,倒在固定的铸钢筛板上,存留在筛面上的大块矸石用手拣出用锤子打碎,使其达到一定的粒度级别。所以说,固定筛是所有筛分设备中资历最老的筛子。与此同时,有的固定筛的筛面是由若干根棒条所构成,也叫棒条筛。后来出现了有传动机构的棒条筛,这就是沿用至今的滚轴筛。

随着工业生产的发展,也促进了筛分机械和筛分工艺的进步。在生产实践的基础上,对筛分过程的理论研究也逐步深入。如圆筒筛,摇动筛和振动筛等各种类型的机动筛为了适应各种工业的需要而先后问世。

至今,在国民经济的许多部门(冶金、煤炭、建材、食品加工和化工等),筛分作业成了重要的生产环节,对筛分设备的要求也愈来愈高。要求筛分机械不但具有结构简单、制造容易、安装维修方便等良好的机械性能,而且还要求它有更大的生产能力,更高的筛分效率和脱水、脱介、脱泥的效果以及更低的动力消耗。因此,在目前煤用筛分机中,由于滚轴筛、圆筒筛和摇动筛性能较差,使用上受到限制,便逐渐被工艺效果好,结构简单和维修方便的振动筛所替代。

我国煤用筛分设备,除各种类型固定筛外,大量使用的是振动筛和部分共振筛。

国内外筛分机械发展的方向，同所有选煤机械一样，为适应大型选煤厂建设的需要，积极开展了大型设备的研制。例如，我国设计制造的 30m^2 共振筛，已投入使用。1978年又设计制造了工作面积为 16m^2 的直线振动筛。苏联研制 21m^2 振动筛，联邦德国曾制造了筛宽 5.5m 筛面约 50m^2 的振动筛。

另一方面，随着人们对筛分过程认识的深入，冲破了传统方法的框框，提出了新的筛分原理。例如，1951年瑞典人弗雷德里克·摩根生用统计学的方法分析研究了物料在筛面上进行筛分的过程，致使摩根生筛分机（概率筛）问世。这种新型的筛分机具有单位筛面面积处理能力大、体积小、重量轻和筛孔不易堵塞等优点。

1965年法国人E.布尔斯特莱首先提出HCC筛分法（递增或层高不变的筛分法）。我国称之为“等厚筛分法”。在使用常规筛分设备对中、细粒物料利用了等厚筛分法进行分级的基础上，我国已研制了等厚筛分机。

联邦德国的施布雷斯研究细粉物料的筛分，提出了“薄层筛分法”。也就是筛面上物料层的厚度与分离粒度的比值不超过 $1:1\sim 2:1$ 的范围。随之出现了用电磁激振器直接激振筛面的细筛筛分机。

在处理中、细粒高水分或粘土性物料时，筛孔易被物料堵塞，严重影响了筛分机生产能力和筛分效率。为了解决这个问题。某些国家在筛分机的结构和筛面上进行了创新和改进。例如，“振动筛面筛”就是一种除筛框振动外，筛面还进行第二次振动的筛分机械。

“冲击网眼筛”是把筛面安装在一个塑料框架上，在塑料框架与传动框架相对运动的过程中，周期性的接受传动框架对它的冲击振动。该筛子在处理 $30\sim 0\text{mm}$ 湿的原煤时，处理能力可达 275t/h ，整个筛分过程未发现堵塞筛孔的现象。再有一种“弛张筛”，它是利用弹性橡胶材质的特性，制成一种以 $500\sim 800\text{ l/min}$ 的频率进行反复弯曲及张紧的筛面，消除了湿的难筛物料对筛面的粘结，保证了筛分过程正常进行。

我国近年来除了继续研制大面积筛面的常规振动筛外，还研制了振动概率筛、旋转概率筛、等厚筛、弛张筛、螺旋筛及变幅筛等。

从以上关于筛分设备和工艺的简况可知，大型、新结构、高效能的筛分机，是今后国内外研制筛分机的主导方向，而且突出的侧重点是细粒粘湿物料的筛分。

第二节 物料粒度特性和筛分分析

一、物料粒度组成及粒度分析

1. 粒度表示法

选煤厂或选矿厂加工处理的物料，都是由形状不规则，大小不一的众多颗粒所组成。其中最大颗粒有的可达几百毫米，最小颗粒有的不到一微米。要较为确切的描述某一颗粒的大小，有时需用几个尺寸。这在实践中往往是既复杂又不实用。为了简便和实用，规定不论对任何形状的物块，都采用一个尺寸来表示，这个尺寸称为颗粒的“直径”。

对于呈球形的颗粒，表示其粒度是球的直径。如果颗粒形状呈立方体，物块的直径就是立方体的边长。但是，煤或其它物料，多数是形状不规则的物料，就需要将它的三个主要尺寸长度 l ，宽度 b 和厚度（高度） h ，直接量出，然后用这三个尺寸来计算物块的直径。

形状不规则的颗粒，其直径的计算方法很多，选矿专业习惯采用算术平均值的办法。

测定大块物料时,可用下式求平均直径 d ;

$$d = \frac{l + b + h}{3} \quad (1-1)$$

式中 l ——煤块长度 (最长的量度);

b ——煤块宽度 (次长的量度);

h ——煤块厚度 (最短的量度)。

对于极细 (小于 $50\mu\text{m}$) 物料,可用显微镜测量。这时只能得到长 l ,宽 b 两个尺寸,其颗粒直径可用下式计算:

$$d = \frac{l + b}{2} \quad (1-2)$$

另外,根据需要也可用几何平均值来表示单个颗粒的粒度。已知长 l 、宽 b 和高 h 三个尺寸中的两个或三个尺寸时,颗粒直径的几何平均值,可用以下两式计算:

$$d = \sqrt{l \cdot b} \quad (1-3)$$

或

$$d = \sqrt[3]{l \cdot b \cdot h} \quad (1-4)$$

形状不规则的颗粒具有特异的尺寸,其粒度通常以球体直径表示,但是这个球体一定要在若干规定的特性方面与该颗粒等值。因此,使用这种方法所表示的颗粒大小称“等值直径”。由于所规定的特性不同,等值直径有许多种。例如:

等表面直径 d_s ——具有与颗粒表面积相同值的球体的直径;

等体积直径 d_v ——具有与颗粒体积相同值的球体的直径;

等投影面直径 d_a ——在垂直于静止面的方向,具有与颗粒投影面积相同值的球体的直径;

等投影圆周直径 d_p ——在垂直于静止面的方向,具有与颗粒投影圆周相同值的球体的直径;

等阻力直径 d_d ——在粘度相同的流体中,当速度相同时,具有与颗粒运动阻力相同值的球体的直径;

等自由沉降直径 d_i ——在密度和粘度相同的流体中,具有与颗粒密度和自由沉降速度相同值的球体的直径;

斯托克直径 d_{st} ——在雷诺准数 $Re = 0.2$ 的层流中的自由沉降直径, $d_{st} = (d_v^3/d_d)^{\frac{1}{2}}$;

等体积表面积比直径 d_{vs} ——具有与颗粒体积表面积比相同值的球体的直径, $d_{vs} = d_v^3/d_s^2$ 。

由此可见,对不规则形状的颗粒而言,其被测粒度通常取决于测量方法。例如,用沉降分析可以测得自由沉降直径 d_i 和斯托克直径 d_{st} ;用显微镜可测得表面积直径 d_s 、投影面积直径 d_a 和投影圆周直径 d_p 。用筛分试验可得到常规的筛分直径 d 。

在选煤和选矿工作中,研究破碎和筛分等问题采用常规的筛分直径 d ;研究重力选煤有时用等体积直径 d_v 和等自由沉降直径 d_i 及斯托克直径 d_{st} 。

2. 粒度组成

粒度大小不同的碎散物料,借用某种方法按其粒度范围分成若干粒度级别,这些级别称粒级。然后,用称量法称出各级别物料的重量,并算出它们的重量百分数,从而说明该批物料是由含量各为多少的那些粒级组成。因而,所得的资料就是物料的粒级组成。

粒度组成是说明物料中不同粒度颗粒的重量分布。但是,对于成批大量碎散物料,其不同粒度颗粒的重量分布数据资料是无法获得也是没有实用价值的。

在名词术语使用习惯中,往往将粒级组成称作粒度组成。因此,在选煤工艺中所遇到的“粒度组成”,要理解为物料的粒级组成,或将术语中的“粒度”理解为一个粒级的平均粒度。

研究原料的粒度组成,可以看出各粒级物料在原料中的分布情况,在确定选煤工艺流程和选择选煤设备时,作为需要考虑的重要因素之一。研究产品的粒度组成,才能更确切地评价作业效果和分析生产过程。所以,对原料和产品进行粒度组成的测定是选煤中经常遇到的一项重要工作。

3. 粒度分析

粒度组成的测定工作是通过一定的试验手段来完成的。将测定物料粒度组成的试验及试验结果的整理称之为粒度分析。

对物料进行粒度分析,可根据物料大小不同,采用下列几种方法。

1) 筛分试验

筛分试验是利用筛孔大小不同的一套筛子进行粒度分级。对于粒度大于0.5mm的物料一般都采用筛分试验法测定其粒度组成。对于粒度小于0.5mm的物料也可用筛分试验测定其粒度组成,在选煤工艺中称做“小筛分”或称“筛析”。

用筛分试验方法测定物料的粒度组成,优点是设备简单、易于操作。缺点是受颗粒形状的影响较大。

2) 水力沉降分析

在试验室对极细物料,利用水力分级的办法,测定物料的粒度组成,称为水力沉降分析,亦称“水析”。它不同于筛析法,前者测得的是几何尺寸,而后者测得的是具有相同沉降速度的当量直径。水析法适用于1~75 μ m粒级的测定。

3) 显微镜分析

显微镜分析主要用来分析微细物料,可直接测量及观察它的大小和形状,将它分成更窄的粒级。此法常用于检查选别产品或校正水析的结果,以及研究颗粒的构造和结构。适用于0.1~50 μ m的物料,最佳测量范围是0.5~20 μ m之间。

在选煤厂生产和选煤试验研究工作中,应用得最广泛的是筛分试验方法。

二、筛分分析

1. 筛分试验筛子

筛分试验用的筛子有两种:

一是大于0.5mm物料所使用的筛子。对于选煤来说,筛孔大小一般为150、100、50、25、13、6、3和0.5mm。它可以人工手筛,也可用机械摇动或振动筛。

另一是筛分小于0.5mm(或1mm)以下细粒物料的标准套筛。所谓标准套筛是一套筛孔大小具有一定筛比的,筛孔宽度和筛丝直径都按标准制造的筛子。上层筛孔大、下层筛孔小。并且有一个上盖(防止试样在筛析时损失)和筛底(用以接纳最底层筛子的筛下产物)。有的标准筛还有一个作为基准的筛子,叫基筛。各国各有各的标准套筛,如:

1) 泰勒标准筛

泰勒标准筛应用较为广泛。它是利用筛网上每一英寸长度上所占有筛孔数目作为筛

子的号码名称。一英寸长度中筛孔数目称为网目，简称目。

泰勒筛制有两个序列：一是基本序列，其筛比是 $\sqrt{2} = 1.414$ ；另一是附加序列，其筛比是 $\sqrt[4]{2} = 1.189$ 。基筛为200网目的筛子，其筛孔尺寸是0.074mm。

以200网目的基筛为起点，对基本筛序来说，比200目粗一级的筛子，其筛孔为 $0.074 \times \sqrt{2} = 0.104\text{mm}$ ，即150目；比200目细一级的筛孔尺寸为 $0.074/\sqrt{2} = 0.053\text{mm}$ ，即270目。如果要求得到更窄的级别时，可插入附加筛序。

2) 国际标准筛

国际标准筛的基本筛比是 $\sqrt[10]{2} = 1.259$ ；附加筛比 $(\sqrt[10]{2})^2$ 和 $(\sqrt[10]{2})^3$ 。

还有苏联标准筛、德国标准筛、英国B.S系列标准筛。

我国目前还没有规定的标准筛，常用的上海标准筛类似泰勒筛。但MT58—81《煤粉筛分试验方法》中规定，应以公制尺寸（用mm表示）为准，为了照顾习惯用法，在筛网规格上同时标上英制网目（目/英寸）。

各种标准筛见表1-3。

2. 筛分分析

筛分试验是为了测定物料的粒度组成。并根据试验的目的和需要，可对各粒级的质量进行某些项目（如煤的水分、灰分、硫分、挥发分及发热量等）的测定。

1) 煤炭筛分试验方法

国家标准《GB477—87煤炭筛分试验方法》适用于测定褐煤、烟煤和无烟煤等煤样各粒级的产率和质量。

由于往往不可能对所有物料都进行筛分试验，因此，在试验前应按GB481—64规定采取筛分试样，试样重量要符合标准的规定。

一般将煤样由大到小通过下列筛孔：100、50、25、13、6、3和0.5mm筛分成不同粒级。根据煤炭加工利用的需要可增加（或减少）某一级别或某些级别。如煤样中大粒度含量不多，可先用13mm或25mm筛孔的筛子筛分，然后对其筛上物和筛下物，分别从大的筛孔向小的筛孔逐级进行筛分。

大于50mm各粒级应手选分为煤、矸石、夹矸煤和硫铁矿四种产品。

试验过程中的损失量不得超过筛分前总重量的2%，否则该次试验无效。

测定各粒级和各手选产品的产率和质量，将试验结果填在筛分试验报告表中，见表1-4。

2) 煤粉筛分试验方法

煤炭工业部部颁标准《MT58—81煤粉筛分试验方法》适用于测定粒度小于0.5mm煤样各粒级的产率和质量。

煤粉筛分试验通常称作“小筛分”。该试验应用标准筛进行筛分，筛分粒级可分为：大于0.500、0.500~0.250、0.250~0.125、0.125~0.075、0.075~0.045、小于0.045mm。

将煤样在温度不高于75℃的恒温箱内烘干，取出冷却至空气干燥状态后，缩分称取200g。

本试验为湿干筛分法。即该次筛分中孔径最小的筛子采用湿法筛分。然后，将筛上物、筛下物分别过滤、放入温度不高于75℃的恒温箱内烘干。烘干的筛上物再放入筛孔由

表 1-3 常 见 标 准 筛 制

泰 勒 筛		国际筛	上 海 筛		苏 联 筛		英国筛(B.S)		德 国 筛	
网 目 (孔/ 英寸)	孔 (mm)	孔 (mm)	网 目 (孔/ 英寸)	孔 (mm)	筛孔尺寸 (mm)	筛丝直径 (mm)	网 目 (孔/ 英寸)	孔 (mm)	网 目 (孔/cm)	孔 (mm)
2.5	7.925	8								
3	6.68	6.3								
3.5	5.691									
4	4.699	5	4	5						
5	3.962	4	5	4			5	3.34		
6	3.327	3.35	6	3.52			6	2.81		
7	2.794	2.8					7	2.41		
8	2.262	2.36	8	2.616	2.5	0.5	8	2.05		
9	1.981	2			2.0	0.5				
10	1.651	1.6	10	1.98	1.6	0.45	10	1.67	4	1.5
12	1.397	1.4	12	1.66	1.25	0.40	12	1.40	5	1.2
14	1.168	1.18	14	1.43	1.00	0.35	14	1.20	6	1.02
16	0.991	1	16	1.27	0.900	0.35	16	1.00		
20	0.833	0.8	20	0.995	0.800	0.30	18	0.85		
24	0.701	0.71	24	0.823	0.700	0.30	22	0.70	8	0.75
28	0.589	0.6	28	0.674	0.630	0.25	25	0.60	10	0.6
32	0.495	0.5	32	0.56	0.560	0.23	30	0.50	11	0.54
35	0.417	0.4	34	0.533	0.500	0.22	36	0.42	12	0.49
42	0.351	0.355	42	0.452	0.450	0.18	44	0.35	14	0.43
48	0.295	0.30	48	0.376	0.355	0.15	52	0.30	16	0.385
60	0.246	0.25	60	0.295	0.250	0.13	60	0.252	20	0.30
65	0.208	0.20	70	0.251	0.200	0.13	72	0.211	24	0.25
80	0.175	0.18	80	0.20	0.180	0.13	85	0.177	30	0.20
100	0.147	0.15	110	0.139	0.140	0.09	100	0.152	40	0.15
115	0.124	0.125	120	0.13	0.125	0.09	120	0.125	50	0.12
150	0.104	0.1	160	0.097	0.100	0.07	150	0.105	60	0.10
170	0.088	0.09	180	0.09	0.090	0.07	170	0.088	70	0.088
200	0.074	0.075	200	0.077	0.071	0.055	200	0.073	80	0.075
230	0.062	0.063	230	0.063	0.063	0.045	240	0.065	100	0.06
270	0.053	0.05	280	0.056	0.056	0.04				
325	0.043	0.04	320	0.05	0.04	0.03	300	0.053		
400	0.038									

大到小的次序排列好的套筛中干法筛分。

筛完后，逐级称重。筛分前煤样重量与筛分后各粒级产物重量之和的差值，不得超过筛分前煤样重量的2.5%，否则该次试验无效。

根据试验结果填写煤粉筛分试验结果表。煤粉筛分试验结果表见表1-5。

三、粒度特性曲线和粒度特性方程

1. 粒度特性曲线

为了便于依据筛分试验结果分析问题，常将表1-4中的数据绘成曲线，称粒度特性曲线。它反映了被筛分物料中的任何粒级与产率之间的关系——即物料的粒度组成。

由于用途的不同，粒度特性曲线也有多种不同的绘制方法，一般是以产率或累积产率