

 高等学校规划教材

GAODENG XUEXIAO GUIHUA JIAOCAI

XUANKUANG JIXIE



# 选矿机械

周恩浦 编著



中南大学出版社  
[www.csupress.com.cn](http://www.csupress.com.cn)

# 选矿机械

周恩浦 编著



中南大学出版社  
[www.csupress.com.cn](http://www.csupress.com.cn)

---

图书在版编目(CIP)数据

选矿机械/周恩浦主编. —长沙:中南大学出版社, 2014. 8

ISBN 978 - 7 - 5487 - 1165 - 0

I. 选... II. 周... III. 选矿机械 IV. TD45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 184184 号

---

选矿机械

周恩浦 主编

---

☐责任编辑 刘石年

☐责任印制 易建国

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙印通印刷有限公司

---

☐开 本 787 × 1092 1/16 ☐印张 20.75 ☐字数 513 千字 ☐插页

☐版 次 2014 年 8 月第 1 版 ☐2014 年 8 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978 - 7 - 5487 - 1165 - 0

☐定 价 65.00 元

---

图书出现印装问题,请与经销商调换

# 前 言

本书内容包括破碎机械、筛分机械、磨矿机械、分级机械、选别机械和脱水机械。本书在介绍各类选矿机械设备的工作原理、基本结构和工作特点的基础上，系统地阐述了本学科的基本理论和设备性能参数的分析和计算，以及各类机械的设计方法。本书结合国内生产实际，反映了我国选矿机械方面的新成就，同时对国外选矿机械的发展动向亦作了扼要的介绍。

本书可作为高等学校工程机械、选矿、冶金、建筑材料、道路工程及化工等有关专业的教学参考书，亦可供有关专业的工程技术人员参考。

本书在出版过程中，得到中南大学、中南大学机电工程学院和中国五矿长沙矿冶研究院有限责任公司领导的支持和赞助，在此表示深深的谢意。

本书在编写过程中，得到曹中一教授、张国旺教授级高级工程师、银金光教授、刘排秧教授级高级工程师、曾洪茂教授级高级工程师的支持、关心和照顾，并得到女儿周梅、周澜的鼓励，始能克服年老体衰、两眼昏花的困难，增强信心。本着生命不息、奋斗不止的精神，终于完成多年的心愿。在此，仅以此书向他们表示衷心的感谢。

书中内容虽反复审核，难免存在某些缺点和不足之处，恳切地希望读者批评指正。

周恩浦

2013 年 10 月于中南大学

# 目 录

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 第一章 选矿(选煤)的基本知识 .....           | (1)   |
| 第一节 选矿(选煤)的目的 .....             | (1)   |
| 第二节 选矿的工艺流程 .....               | (2)   |
| 第三节 选煤的工艺流程 .....               | (7)   |
| 第二章 矿石粉碎的基本原理 .....             | (11)  |
| 第一节 矿石的物理力学性质 .....             | (11)  |
| 第二节 矿石粉碎的基本方法 .....             | (14)  |
| 第三节 破碎理论及其应用 .....              | (15)  |
| 第四节 粉碎产品的粒度特性 .....             | (19)  |
| 第五节 粉碎机械的分类及其工作特点 .....         | (26)  |
| 第三章 颚式破碎机 .....                 | (30)  |
| 第一节 概 述 .....                   | (30)  |
| 第二节 颚式破碎机的构造 .....              | (32)  |
| 第三节 颚式破碎机的结构参数和工作参数 .....       | (38)  |
| 第四节 颚式破碎机的运动学和动力学 .....         | (48)  |
| 第五节 颚式破碎机的受力分析及主要零件的计算 .....    | (54)  |
| 第六节 颚式破碎机的质量评定及新机型 .....        | (60)  |
| 第四章 旋回破碎机 .....                 | (66)  |
| 第一节 旋回破碎机的构造 .....              | (66)  |
| 第二节 旋回破碎机的结构参数和工作参数 .....       | (71)  |
| 第三节 旋回破碎机主要零件的强度计算 .....        | (75)  |
| 第五章 圆锥破碎机 .....                 | (81)  |
| 第一节 圆锥破碎机的构造 .....              | (81)  |
| 第二节 圆锥破碎机的结构参数和工作参数的选择与计算 ..... | (89)  |
| 第三节 圆锥破碎机的运动学和动力学 .....         | (93)  |
| 第四节 圆锥破碎机主要零件的计算 .....          | (98)  |
| 第五节 圆锥破碎机的运转可靠性 .....           | (104) |

|                                   |       |
|-----------------------------------|-------|
| 第六章 辊式破碎机 .....                   | (109) |
| 第一节 辊式破碎机的构造 .....                | (109) |
| 第二节 辊式破碎机的结构参数和工作参数 .....         | (116) |
| 第三节 辊式破碎机的零件计算 .....              | (120) |
| 第七章 冲击式破碎机 .....                  | (122) |
| 第一节 概 述 .....                     | (122) |
| 第二节 冲击式破碎机的构造 .....               | (124) |
| 第三节 冲击式破碎机的结构参数和工作参数 .....        | (131) |
| 第四节 冲击式破碎机的动力学 .....              | (136) |
| 第五节 冲击式破碎机主要零件的计算 .....           | (141) |
| 第六节 其他型式的冲击破碎机 .....              | (143) |
| 第八章 筛分机械 .....                    | (148) |
| 第一节 概 述 .....                     | (148) |
| 第二节 惯性振动筛和共振筛的构造 .....            | (161) |
| 第三节 振动筛筛上物料的运动分析 .....            | (169) |
| 第四节 振动筛和共振筛运动学参数的选择和工艺参数的计算 ..... | (176) |
| 第五节 惯性振动筛的动力学分析及动力学参数的计算 .....    | (180) |
| 第六节 共振筛的动力学分析及动力学参数的计算 .....      | (187) |
| 第九章 磨矿机 .....                     | (196) |
| 第一节 概 述 .....                     | (196) |
| 第二节 磨矿机的构造 .....                  | (197) |
| 第三节 磨矿机的结构参数 .....                | (207) |
| 第四节 磨矿机的工作理论和主要参数的计算 .....        | (212) |
| 第五节 磨矿机主要零件的计算 .....              | (229) |
| 第六节 磨矿机筒体衬板的断面形状及设计 .....         | (234) |
| 第十章 辊磨机 .....                     | (243) |
| 第一节 概 述 .....                     | (243) |
| 第二节 辊磨机的构造 .....                  | (244) |
| 第三节 辊磨机的工作参数 .....                | (246) |
| 第十一章 分级机械 .....                   | (250) |
| 第一节 概 述 .....                     | (250) |
| 第二节 螺旋分级机 .....                   | (254) |
| 第三节 水力旋流器 .....                   | (259) |

---

|                   |       |
|-------------------|-------|
| 第十二章 选别机械 .....   | (261) |
| 第一节 概 述 .....     | (261) |
| 第二节 重力选矿机 .....   | (261) |
| 第三节 浮洗机 .....     | (277) |
| 第四节 磁选机和电选机 ..... | (285) |
| 第十三章 脱水机械 .....   | (299) |
| 第一节 概 述 .....     | (299) |
| 第二节 浓缩机 .....     | (299) |
| 第三节 真空过滤机 .....   | (310) |
| 第十四章 移动式选矿厂 ..... | (318) |
| 参考文献 .....        | (324) |

## 第一章 选矿(选煤)的基本知识

### 第一节 选矿(选煤)的目的

从矿山开采出来的矿石称为原矿。原矿通常是由有用矿物和脉石所组成。有用矿物就是含有用成分(如 Fe、Cu)的矿物,如  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、CuS 等。脉石就是矿石中没有使用价值的或不能被利用的部分,如  $\text{SiO}_2$ 。有用矿物和脉石有的组成为紧密的实体,有的则以疏散的混合物状态存在。

矿石一般不是只含有一种金属(有用成分),而是含有多种金属。含一种金属的矿石叫单金属矿石,含两种或多种金属的矿石称为多金属矿石。

从矿山开采出来的矿石多为品位较低的矿石(品位表示矿石中金属的含量,通常用百分数表示)。例如贫铁矿石通常只含铁 20%~30%,铜矿石含铜只有 0.5%~2%。由于现代冶炼技术对矿石的品位有一定的要求,例如在铁矿石中铁的品位应高于 45%~50%,铜矿石中铜的品位应高于 8% 等,所以,为了满足冶炼上的要求,对于品位低的贫矿石在冶炼前必须进行选矿。选矿的主要目的是用物理方法(包括重、磁、电等方面)将矿石中的脉石和有害的杂质尽可能地除掉,提高矿石的品位,达到冶炼产品的要求和提高冶炼产品的质量;此外,选矿还可将几种有用矿物相互分离,使之不因冶炼一种金属而使另一种金属损失掉。

选煤过程也是除去原煤中的有害杂质(灰分和硫分),合理地利用煤炭资源和满足炼焦用煤、化工用煤、动力用煤等的质量要求。

选矿(选煤)还可大量节约矿石的运输费用,特别是对品位较低的矿石。

选矿是采矿和冶金工业的一个中间环节。它在提高矿石品位使之符合冶炼要求以及合理利用国家资源方面,成为国民经济中一个不可缺少的组成部分。

随着采煤机械化程度的不断提高,原煤质量迅速下降,而现代工业对煤的质量要求越来越高,为了适应工业发展的需要,最大限度地提高精煤产率和质量是选煤工业的首要任务。

在选矿(选煤)厂中,生产过程的主要作业,都是借助于选矿(选煤)机械(破碎机、筛分机、磨矿机、分级机、选别机械和脱水机械)来完成。这类机械设备依靠皮带运输机、给料机、砂泵以及其他辅助设备联系起来,使选矿(选煤)的生产过程实现综合机械化。在选矿(选煤)厂中,其中任一主要机器的停止运转,都将引起选矿(选煤)厂的生产停顿。所以,正确地设计和选择选矿(选煤)机械,加强机械设备的保养和维修工作,保证每台设备正常运转,对提高选矿(选煤)过程的技术经济指标有着很大的意义。



## 第二节 选矿的工艺流程

选矿的工艺流程是由选前的准备作业、选别作业和选后的脱水作业等组成。每个作业都起着不同的作用。

### 一、选前的准备作业

有用矿物在矿石中通常呈嵌布状态。嵌布粒度的大小,通常为 0.05 mm 至几毫米。目前,露天矿开采出来的原矿最大块度为 200 ~ 2000 mm,地下矿开采出来的原矿最大块度为 600 ~ 200 mm。因此,为了从矿石中提取有用矿物,必须将矿石破碎,使其中的有用矿物得以单体分离,以便选出矿石中的有用矿物。有用矿物和脉石颗粒解离得越完全,有用矿物选别作业的效果就越好。

对于绝大多数矿石,选前的准备作业可分两个阶段进行。

#### 1. 破碎筛分作业

破碎是指将块状矿石变成粒度大于 1 ~ 5 mm 产品的作业。粗嵌布的矿石(有用矿物的粒度为几毫米),经破碎后即可进行选别。破碎矿石通常是采用各种类型的破碎机。

选矿厂最终破碎粒度是结合磨矿作业来考虑的,最适宜的产品粒度一般为 6 ~ 25 mm,这是为了使破碎与磨矿总成本达到最低。

将矿山开采出来的粒度为 200 ~ 2000 mm 的原矿石破碎到粒度为 10 ~ 25 mm 的产品时,破碎比的范围是:

$$i_{\max} = \frac{D_{\max}}{d_{\min}} = \frac{2000}{10} = 200$$

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

式中:  $i$ ——破碎作业的总破碎比;  $i_{\max}$  为最大值,  $i_{\min}$  为最小值;

$D$ 、 $d$ ——原矿和破碎产品中粒度,  $D_{\max}$ ,  $d_{\max}$  为最大粒度;  $D_{\min}$ ,  $d_{\min}$  为最小粒度(最大粒度是指通过 95% 矿量的方筛孔尺寸)。

在一台破碎机中要达到这样大的破碎比是比较困难的。由于本身机构的特点,破碎机只能在一定限度的破碎比下,才能有效地工作。各种破碎机在不同的工作条件下其破碎比的范围见表 1-1。

表 1-1 各种破碎机在不同工作条件下的破碎比范围

| 破碎段数    | 破碎机类型         | 流程类型 | 破碎比范围 |
|---------|---------------|------|-------|
| 第 I 段   | 颚式破碎机和旋回破碎机   | 开路   | 3 ~ 5 |
| 第 II 段  | 标准型圆锥破碎机      | 开路   | 3 ~ 5 |
| 第 II 段  | 标准型(或中型)圆锥破碎机 | 闭路   | 4 ~ 8 |
| 第 III 段 | 短头型圆锥破碎机      | 开路   | 3 ~ 6 |
| 第 III 段 | 短头型圆锥破碎机      | 闭路   | 4 ~ 8 |

由表1-1可以看出,要把矿石从原矿的粒度破碎到所需的粒度,必须采用几台串联工作的破碎机,实行分段破碎。总破碎比等于各段破碎比的乘积。

筛分就是将颗粒大小不同的混合物料按粒度分成几种级别的分级作业。从矿山开采出来的矿石,其粒度大小很不一致,其中含有一定量的细粒矿石,如其粒度适于下段作业的要求,那么,这些矿石就无需破碎。所以,当矿石进入破碎机之前,应将细粒矿石分出,这样可以增加机器的处理能力和防止矿石的过粉碎。其次,在破碎后的产品中也时常含有粒度过大的矿粒,这也要求将过大的矿粒从混合物料中分出并返回破碎机中继续破碎。为了达到上述目的,必须进行筛分。

在选矿厂中,破碎和筛分组成联合作业。基本破碎筛分流程如图1-1所示。

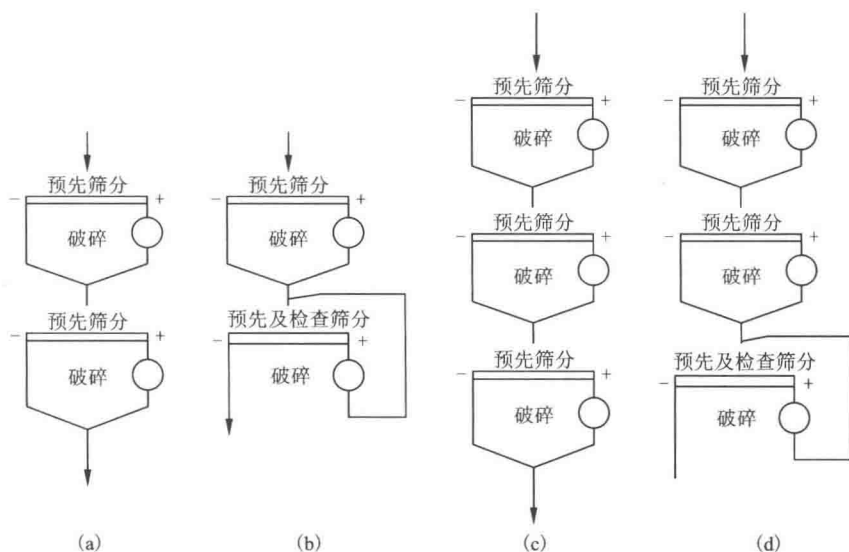


图1-1 基本破碎筛分流程

小型选矿厂常采用二段开路破碎流程[见图1-1(a)],第一段一般可不设预先筛分。中小型选矿厂常用二段一次闭路破碎流程[见图1-1(b)]或三段一次闭路破碎流程[见图1-1(d)]。大型选矿厂常用三段开路破碎流程[见图1-1(c)]或三段一次闭路破碎流程[见图1-1(d)]。在处理含水量较高的泥质矿石及易产生大量石英粉尘的矿石时,以采用开路破碎流程为宜,因采用闭路破碎流程时,易使筛网及破碎机堵塞,或产生很多的有害粉尘。

对于一些非金属矿,如石棉,由于矿石很软,节理比较发达,因此,可以采用破碎比较大的反击式破碎机和锤式破碎机,一次破碎成所需粒度的产品。

破碎筛分流程中所用的主要机械有颚式破碎机、旋回破碎机、圆锥破碎机、反击式破碎机、锤式破碎机、辊式破碎机、固定筛、振动筛和共振筛。

## 2. 磨碎分级作业

有用矿物呈细粒嵌布时,由于粒度比较小( $0.05 \sim 1 \text{ mm}$ ),矿石经几段破碎以后,必须进行磨碎,才能使有用矿物与脉石达到单体分离,以便选出有用矿物而去掉脉石。

为了控制磨矿产品的粒度和防止矿粒的过粉碎或泥化,通常采用分级作业与磨矿作业联

合进行。

图 1-2 表示最基本的磨矿分级流程。

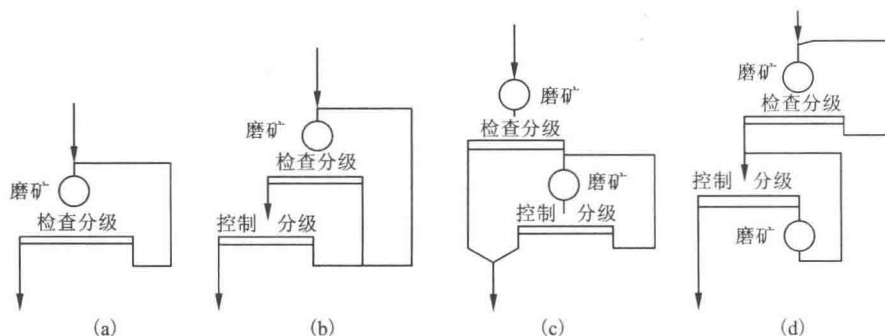


图 1-2 基本磨矿分级流程

由于磨矿机有较大的破碎比，一般磨矿细度大于 0.15 mm 时采用一段磨矿；小于 0.15 mm 时采用两段磨矿。磨矿作业可以分为开路及与分级设备构成闭路两种形式。开路磨矿易造成物料的过粉碎，故仅在以棒磨机代替细碎的情况下或物料泥化对选别效果没有影响时才采用，一般均与分级设备构成闭路。分级设备一般在粗磨时常采用螺旋分级机，细磨时采用螺旋分级机或水力旋流器（或细筛）与磨矿机构成闭路循环。

随着自磨机在选矿厂的应用，使破碎和磨碎流程大为简化，从而减少了基建和设备投资以及维护管理费用，降低了选矿成本。

破碎作业的能耗少，磨碎作业的能耗多。减少磨碎作业能耗的关键是使破碎的粒度尽量减小，即增大破碎比，降低磨矿的给料粒度（多破碎，少磨矿）。为此，国外采用了四段破碎的工艺流程，最终的破碎产品粒度可在 7 mm 以下。

## 二、选别作业

矿石经破碎或磨碎到一定大小的粒度以后，虽然有用矿物呈单体分离状态，但仍与脉石混在一起，所以，必须根据矿石的性质，用适当的方法选出矿石中的有用矿物。最常用的选矿方法有以下几种：

### 1. 重力选矿法

重选是利用矿石中有用矿物和脉石的比重差，在介质（水、空气、重液或悬浮液）中造成不同的运动速度而使它们分离的一种选矿方法。

重选的设备有跳汰机、摇床、溜槽和重介质选矿机等。

### 2. 浮游选矿法

浮选是根据各种矿物表面物理化学性质的差别，而使有用矿物与脉石相互分离的选矿方法。

浮选是在浮选机中进行的。

### 3. 磁力选矿法

磁选是根据有用矿物与脉石的磁性不同，而使它们分离的一种选矿方法。

磁选是在磁选机中进行的。

此外,还有根据矿物的导电性、摩擦系数、颜色和光泽等不同而进行选矿的一些其他选矿方法,如静电选矿法,摩擦选矿法,光电分选法等。目前还出现了一种细菌选矿法,它主要是利用某些细菌及其代谢产物的氧化作用,使矿石中的金属变成硫酸盐形式溶解出来,然后适当处理,回收有用金属。

### 三、选后的脱水作业

绝大多数的选矿产品(如浮游精矿,摇床精矿等)都含有大量的水分,因此,对于运输和冶炼加工都很不方便,所以,在冶炼前,必须将选矿产品中的水分脱除。

脱水通常按以下几个阶段进行:

#### 1. 浓缩

这是利用液体中的固体粒子在重力或离心力的作用下产生沉淀而排出一部分水分的作业。浓缩过程通常是在浓缩机中进行的。

#### 2. 过滤

由于浓缩后的产品还含有一定量的水分,所以,还要进一步脱水。矿泥(浮游精矿等)的脱水是采用过滤的方法在过滤机上进行的。过滤是利用某种多孔材料(如滤布)制成的隔板使固体颗粒与水分离的作业。

#### 3. 干燥

它是脱水过程的最后阶段。干燥是根据加热蒸发的原理以减少物料中水分的作业。干燥机是用于这种作业中的机器。

矿石经过选矿过程以后,可以得到几种产品:精矿、尾矿和中矿。

选矿过程的效率主要用回收率来表示。回收率是以精矿中金属的重量与原矿中金属的重量之比的百分数表示。回收率愈高,则选矿过程的效率愈高。

各种矿石的选矿过程是不同的,它们取决于矿石的性质、选矿厂所在地的自然条件、冶炼要求等一系列因素。图1-3为用主要设备和辅助设备表示的某金属选矿厂矿石流动的机械流程图。

由图1-3可以看出,从矿山开采出来的矿石,在送到冶炼厂之前,要经过一系列工序连续加工处理。

选矿机械是根据选矿流程来选择的。但是,选矿机械结构的改善或新型选矿机械的出现,也会对选矿工艺流程产生影响,甚至会引起工艺流程的重大改变。

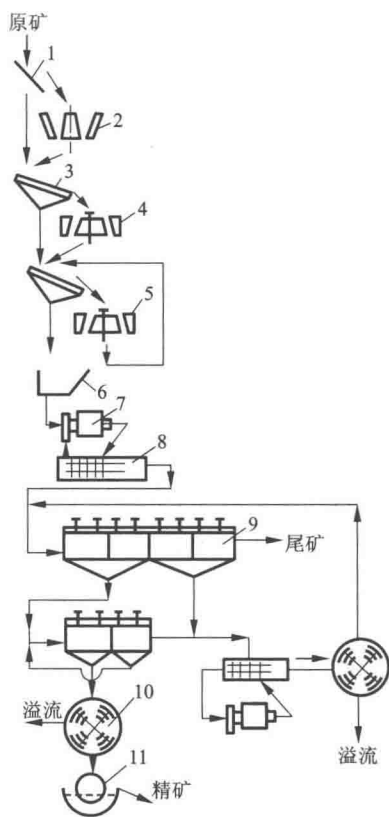


图1-3 机械流程图

- 1—固定格筛; 2—旋回破碎机; 3—振动筛;  
4—标准型圆锥破碎机; 5—短头型圆锥破碎机;  
6—矿仓; 7—球磨机; 8—螺旋分级机;  
9—浮选机; 10—浓缩机; 11—真空过滤机

表 1-2 是选矿厂的基本工艺流程和采用的主要设备。

表 1-2 选矿厂基本工艺流程和主要设备

| 工艺过程   |           |        | 设备名称                                        | 工艺要求和设备特点                                                              |                                         |
|--------|-----------|--------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 选前准备作业 | 破碎与筛分联合作业 | 粗碎     | 颚式破碎机<br>旋回破碎机                              | 采用二段或三段破碎使矿石破碎至粒度为 1 ~ 5 mm 以下                                         | 使有用矿物呈单体分离状态，为分选创造条件                    |
|        |           | 中碎、细碎  | 圆锥破碎机<br>辊式破碎机<br>反击式破碎机                    |                                                                        |                                         |
|        |           | 筛分     | 惯性振动筛<br>共振筛                                |                                                                        |                                         |
|        | 磨矿与分级联合作业 | 磨矿     | 球磨机<br>棒磨机<br>砾磨机<br>自磨机                    | 磨矿的产品粒度为几微米至 1 毫米<br>注：采用自磨机的工艺流程，原矿可一段破碎后或直接进入自磨机                     |                                         |
|        |           | 分级     | 螺旋分级机<br>水力旋流器                              | 控制磨矿产品的粒度并避免较小矿粒的过粉碎                                                   |                                         |
| 选矿作业   | 重力选矿      | 重介质选矿  | 圆锥型重介质分选机<br>圆筒型重介质分选机<br>重介质振动溜槽<br>重介质旋流器 | 用于粗粒级物料的分类                                                             |                                         |
|        |           |        | 跳汰选                                         | 隔膜跳汰机                                                                  |                                         |
|        |           | 溜槽选矿   | 扇形溜槽<br>螺旋选矿机                               | 用于处理细粒级的物料                                                             |                                         |
|        |           | 摇床选矿   | 平面摇床<br>离心摇床                                |                                                                        |                                         |
|        |           | 离心选矿   | 离心选矿机                                       | 处理矿泥的有效设备                                                              |                                         |
|        | 浮选        |        | 机械搅拌式浮选机<br>压气式浮选机<br>混合式浮选机<br>浮选柱         | 应用范围特别广，尤适用于处理细粒浸染、成分复杂的矿物                                             |                                         |
|        | 磁选        | 弱磁场磁选机 | 湿式永磁筒式磁选机<br>干式永磁筒式磁选机<br>永磁脱水槽             | 分选强磁性矿物<br>湿式永磁磁选机可以处理细粒或粗粒物料<br>干式永磁磁选机用于处理粗粒物料<br>永磁脱水槽主要用于脱除细粒脉石和矿泥 | 选黑色金属矿石，尤其是磁铁矿石和锰矿石的主要方法，并广泛用于稀有金属矿石的分选 |
|        |           | 强磁场磁选机 | 湿式电磁强磁选机<br>永磁强磁选机                          | 分选弱磁性矿物                                                                |                                         |
|        | 电选        |        | 高压电选机                                       | 用于稀有金属、有色金属和非金属矿石的分选                                                   |                                         |

续表 1-2

| 工艺过程      |      | 设备名称                              | 工艺要求和设备特点                                                                |
|-----------|------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 选后产品的脱水作业 | 浓缩   | 耙式浓缩机<br>水力旋流器<br>倾斜板浓密箱<br>磁力脱水槽 | 浮选精矿多选用浓缩机，而磁选粗矿多用磁力脱水槽作为第一段脱水作业<br>细粒精矿一般采用浓缩—过滤二段脱水作业。对于浓度较高的精矿可直接进行过滤 |
|           | 真空过滤 | 盘式过滤机                             | 适用于含有矿泥的细粒精矿                                                             |
|           |      | 内滤式筒式过滤机                          | 主要用于粗粒精矿，如磁选铁精矿的脱水                                                       |
|           |      | 外滤式筒式过滤机                          | 主要用于要求水分较低的细粒精矿，如浮选有色金属和非金属精矿                                            |
|           |      | 外滤磁力过滤机<br>永磁筒式内滤机<br>磁选过滤机       | 用于磁选精矿的脱水                                                                |
|           |      | 折带式过滤机                            | 用于含泥多的细粒精矿，尤其是较黏的浮选精矿，如铁矿浮选精矿的脱水                                         |
|           | 干燥   | 圆筒式干燥机等                           | 在寒冷地区的冬季或对产品水分有特殊要求时，才采用精矿的干燥作业                                          |

第三节 选煤的工艺流程

选煤的工艺流程通常是由原煤准备作业(破碎筛分作业)、选前分级及洗选作业、脱水作业、煤泥水处理及干作业组成。

为了控制入选原煤粒度,使精煤和矸石连生体充分解离,物料入洗前(或中煤再洗前)要进行适当破碎。破碎效果直接影响到选煤质量。因此,破碎也是选煤作业中一个重要环节。

送入选煤厂的原煤,是粒度不同的混合物。因此,首先要按照精选作业的要求,采用筛分的方法,把原煤分成粒度比较均一的几种级别的物料。

在破碎之前,为了预先分出小于规定粒度的煤,或是检查破碎产品的粒度是否符合要求,必须进行筛分。

破碎筛分作业有两种系统——开路破碎和闭路破碎(图 1-4)。由于煤是易碎物料,所以在选煤厂中多采用开路破碎系统。

破碎筛分流程中所用的主要机械有颚式破碎机、齿辊式破碎机、锤式破碎机、反击式破碎机、单轴惯性振动筛、双轴惯性振动筛和共振筛。

选煤的主要任务是降低煤的灰分,就是使混杂在煤中的矸石、煤矸共生的夹矸煤与纯净煤,按它们在比重、外形和其他物理性质方面的差别加以分离。

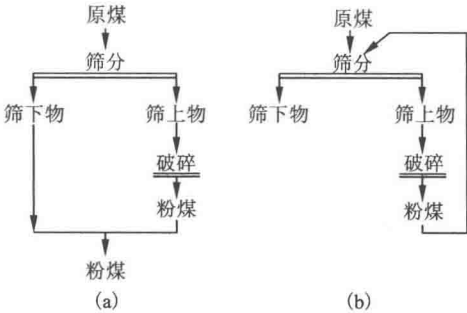


图 1-4 煤的破碎系统

(a) 开路破碎; (b) 闭路破碎

选煤方法一般分为下列几种:

### 一、手选

手选又名人工拣矸,即根据煤块和矸石块在颜色、光泽及外形上的差别来进行分选。在机械化选煤厂中,手选只是主要选煤过程之前的一种准备作业,它的应用范围正在逐渐缩小或被机械化方法(如重介质选矸等)代替。

### 二、重力选煤法

这是依据煤和矸石的不同比重进行的选煤方法。湿法重力选煤有跳汰选、流槽选(槽选)、摇床选、重介质选等。跳汰选在目前是最主要的选煤方法,重介质选煤法是新兴的、有发展前途的重要方法。

### 三、浮游选煤法

这是依据煤粒与矸石颗粒表面润湿性的差别,实现细粒(0.5~1 mm 以下)物料分选的方法。浮选法是精选煤泥的最有效的方法,但由于成本很高,主要用于炼焦煤选煤厂。

### 四、特殊选煤法

如利用煤与矸石的导电率或导磁率的不同而进行的静电选(用于煤尘)、电力拣矸(用于块煤)及磁力选煤;利用放射线对煤和矸石穿透能力不同而实现的放射线同位素选煤和 X 射线选煤;此处,还有利用煤和矸石在摩擦系数、硬度、形状和弹性等方面的差别而设计的各种选煤装置。

以上各种选煤方法中,湿法重力选煤应用最广。

选煤厂的主要产品是精煤。副产品是中煤(是夹矸煤、净煤和矸石组成的混合产品)和煤泥或煤尘。洗后矸石是选煤厂的废物。

近代的选煤厂绝大多数采用湿法选煤工艺,即利用水或水与矿物组成的悬浮液(重介质)选煤。洗选产品都带有大量的水。水分过高的煤将给运输和使用造成浪费和困难。

为了脱除煤中的水分,常用的脱水方法有自然排泄、过滤、离心脱水及热力干燥。常用的脱水机械有:脱水斗式提升机、脱水煤仓、脱水筛、离心脱水机、真空过滤机、压滤机和干燥机。

随着采煤、选煤机械化程度的提高,原煤中细粒级煤量和次生煤泥量大大增加,而且在选煤过程中又额外增加了次生煤泥量。因而在用过的洗水中不免要带有许多煤泥。显然,含有大量煤泥的洗水,由于浓度增高,影响洗选效果,而且难于重复使用,但又不可直接排放出厂。因为大量的煤泥随洗水排至厂外,不仅浪费了资源,增加了选煤成本,还占用大量土地,污染水源、河流和环境,造成严重的公害。由此可见,洗选产品和煤泥的脱水以及循环水的澄清,是选煤厂实现煤泥厂内回收、洗水闭路循环以及控制污染的关键性作业。

煤泥水处理作业的任务,就是使悬浮在水中的煤泥沉降下来,从而得到固体含量极低的澄清水和浓稠的煤泥水。澄清水供洗煤机循环使用,煤泥水可送入精选或脱水作业回收煤泥。

常用的浓缩和澄清设备可分为两类。一类是依靠重力作用使水中的固体颗粒沉降下来,如角锥浓缩池、浓缩漏斗、沉淀塔、耙式浓缩机等;另一类是借助于离心力作用进行浓缩,如水力旋流器。

图1-5是简单的煤泥水处理系统。在这个开路系统中,由精煤中分离出来的煤泥水送入角锥池(或耙式浓缩机、沉淀塔)浓缩和澄清,得到可以循环使用的洗水。经角锥池浓缩后的煤泥水,可用水力旋流器作进一步浓缩,得到浓度达 $400 \sim 600 \text{ g/L}$ 以上的浓稠矿浆。利用筛子筛出粗粒煤泥,然后根据其灰分高低,掺入精煤或中煤里。旋流器的溢流水,在多数情况下不超过 $100 \text{ g/L}$ ,可并入循环洗水中。煤泥筛的筛下水可送去浮选,或排入室外沉淀池。

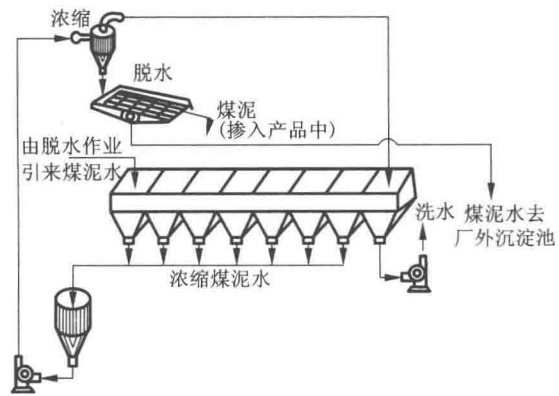


图1-5 煤泥水处理系统

图1-6是选煤厂的机械流程图。原煤由储煤池的漏斗1或翻车机2入厂,用皮带运输机送入准备车间3,经筛分、拣矸和破碎后存入缓冲煤仓4。由此再经皮带运输机和斗式运输机送给跳汰机5。跳汰机是三段的,第一段斗式运输机提出的洗矸送入矸石仓11脱水、装车;第二段斗式运输机提出的中煤经皮带运输机送入煤仓10脱水、装车;第三段的筛下产物可作为中煤,亦可作为循环物料送回跳汰机头部;溢流精煤用振动筛6脱水。这台筛子有两层筛网,由上层筛网得到的筛上块煤经皮带运输机直接装仓,下层筛网筛出的末煤经离心机7脱水装仓,筛下煤泥水用煤泥泵压入浓缩机8浓缩,澄清水则供洗煤机使用。浓缩后的煤泥水经弧形筛13和振动筛9脱水,筛出粗粒煤泥掺入精煤中。筛下水放入室外沉淀池12中,将煤泥沉淀下来。

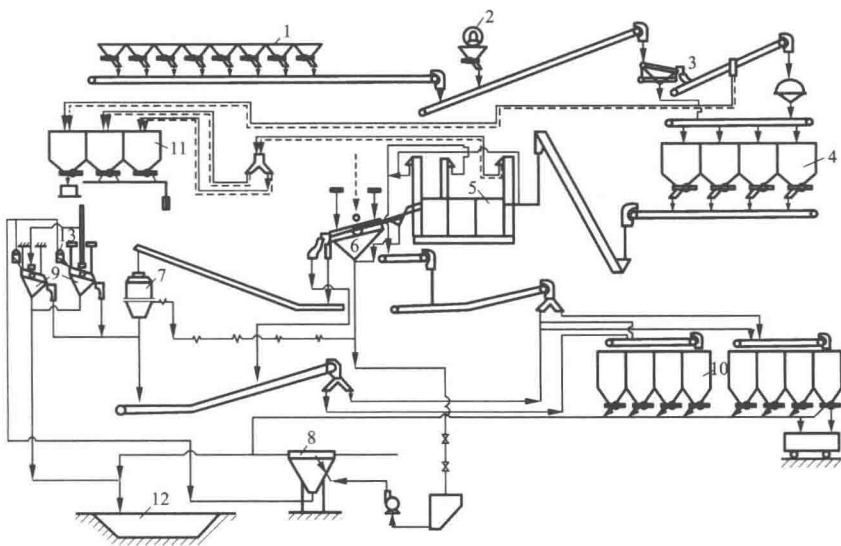


图1-6 选煤厂的机械流程图

- 1—漏斗; 2—翻车机; 3—皮带运输机; 4—煤仓; 5—跳汰机; 6—振动筛; 7—离心机;  
8—浓缩机; 9—振动筛; 10—煤仓; 11—矸石仓; 12—沉淀池; 13—弧形筛



表 1-3 是选煤厂的基本工艺流程和采用的主要设备。

表 1-3 选煤厂基本工艺流程和主要设备

| 工 艺 过 程         |            | 设 备 名 称                                |
|-----------------|------------|----------------------------------------|
| 选前准备作业          | 筛分         | 单轴振动筛<br>共振筛                           |
|                 | 拣矸         | 手选皮带与吸铁器<br>选择性碎选机                     |
|                 | 破碎         | 齿辊式破碎机<br>颚式破碎机<br>锤式破碎机               |
| 块煤、末煤的<br>洗选与脱水 | 跳汰选煤       | 筛侧空气室式跳汰机<br>筛下空气室式跳汰机                 |
|                 | 重介质选煤      | 斜提升轮式分选机<br>立轮式分选机<br>末煤重介质旋流器         |
|                 | 块精煤脱水      | 双轴振动筛-脱水仓                              |
|                 | 末精煤、末中煤的脱水 | 双轴振动筛-卧式振动离心脱水机(螺旋卸料式离心脱水机)            |
|                 | 中煤、矸石的脱水   | 脱水斗式提升机-脱水仓                            |
| 煤泥浮选与尾<br>煤处理   | 煤泥水的浓缩与澄清  | 耙式浓缩机                                  |
|                 | 煤泥浮选       | 机械搅拌式浮选机<br>喷射式旋流浮选机                   |
|                 | 浮选精煤脱水     | 盘式真空过滤机<br>外滤式筒式真空过滤机                  |
|                 | 浮选尾煤脱水     | 浓缩机-卧式沉降离心脱水机<br>浓缩机-折带式真空过滤机-压滤机等组合系统 |