

重力选矿工

王豫新 編著



冶金工业出版社

工 礦 選 重 力

王豫新 編著 楊增璋 校閱

冶 金 工 業 出 版 社

重力选矿工

王秉新 編著 杨增璋 校閱

編輯：彭蘊璉 設計：宣照堯 校對：馬泰

——*——

冶金工业出版社出版（北京市灯市口大街）

北京市書刊出版業營業許可証出字第 028 号

冶金工业出版社印刷厂印 新华书店

——*——

1959年4月第一版

1959年4月北京第一次印刷

印数 4,600 册

开本 850×1168·1/32·100,000字·印张 4 $\frac{26}{32}$

——*——

統一書号15062·1517 定价 0.60 元

出版者的話

我国人民在經濟战綫、政治战綫和思想战綫上的社会主义革命已基本上获得胜利之后，党中央和毛主席向全党和全国人民提出了技术革命与文化革命的伟大号召。在这个伟大号召的鼓舞下，全国各地无论是城市农村、厂矿、合作社或是机关、学校，都在大鬧技术革命和文化革命，广大工人、农民、机关干部、学生群众表现了敢想、敢做的伟大共产主义风格，他們在这个轰轰烈烈的运动中，創造了许多动人的事迹。随着这一运动的开展，他們迫切要求提高自己的文化技术水平，以便在工作中做出更大的贡献。但是到目前为止，还缺乏适应我国具体情况的冶金工人讀物，这样就在一定程度上影响了他們的技术水平的进一步提高。有鉴于此，我們准备出版一套冶金工人技术丛书，以适应广大讀者的需要。

我們在編写这本书时，文字力求通俗，易懂，凡是具有高小程度的工人都能看懂。本书可以做为工人技术学校或訓練班的教材，未参加技术学校学习的工人和冶金工业中的工作人員亦可以用来自学。由于我們还缺乏經驗，書中不当之处在所难免，希望讀者多提意見，以便再版时加以修正。

这本书是以有色金属重力选矿为主的技术通俗讀物。内容主要講述重力选矿的基本原理和操作知識以及某些选矿厂的生产实践和国内外的先进經驗等。

本书除分別詳述各种重选設備的原理和操作外，同时也介紹了有关的选矿准备作业、选矿流程的研究、測定和計算等方面的知識，以使讀者对选矿厂能有較全面的学习和了解。

对国内新近广泛采用的螺旋选矿机、自动溜槽、水力旋流器，也有比較詳細的介紹，以便配合全面推广工作中的需要。

本书可以用作重力选矿工的技术讀物；也可供重力选矿厂有关人員参考。

目 录

第一章 一般介绍	1
1. 矿石和矿石性质	1
2. 重力选矿的简单原理	2
3. 重力选矿的应用和分类	5
第二章 重力选矿前的准备作业	7
1. 准备作业的目的和重要性	7
2. 洗矿作业和设备	7
3. 碎矿作业和设备	10
4. 磨矿作业和设备	21
5. 筛分、水力分级、脱泥作业和设备	29
第三章 重力选矿的设备和操作	51
1. 跳汰机选矿	51
2. 摇床选矿	66
3. 溜槽选矿	78
4. 螺旋选矿机选矿	86
5. 重介质选矿	94
第四章 重力选矿的流程	102
1. 选择流程的原则	102
2. 脉矿和砂矿选矿流程的介绍	103

第五章 重力选矿过程的测定和计算	115
1. 取样和试样加工.....	115
2. 筛分分析、沉降分析和化学分析.....	121
3. 浓度的测定和计算.....	131
4. 选矿指标的計算.....	136
附录一 常用化学元素表	142
附录二 常见矿物表	143
参考文献	149

第一章 一般介紹

1. 礦石和礦石性質

礦床是指有用礦物在地殼上自然形成的一个富集體。有些是一條條的脈礦——脈礦；有些是不規則的礦塊——囊礦，有時又是含有金屬礦物的砂層——砂礦。

原礦石是從礦床開采出的礦石原料。假使從脈礦采出的礦石——出窿原礦，直接送給選礦廠時，它本身就是入廠原礦。要是在選廠前還有手選階段，那麼出窿原礦選出廢石後才是入廠原礦。

從礦床里開采出來的礦石，通常都含有好幾種礦物。有些礦物是有經濟價值的，而且可以回收利用，此種礦物叫作有用礦物，例如含鎢的黑鎢礦、白鎢礦、含錫的錫石等。有時，礦石中除了含有主要的有用礦物外，還含有少量其他種類的有用礦物——共生礦物，也是大多數都有回收價值的。除此以外，還有些不準備回收的礦物，叫脈石礦物，如石英、片岩、輝石等。

礦石或選礦產品中所含金屬，或它的化合物的含量（一般用百分率表示），叫作品位（含率）。當開采窄的脈礦時，往往把脈礦兩邊的圍岩一起開采出來。圍岩一般是不含有用礦物的，因此就會使礦石的品位貧化，原礦石里圍岩的含有率，就叫作貧化率。

礦石性質是選礦上應該首先注意的問題，主要分以下幾方面。

(1) 礦物組成是指礦石里有哪些種類的礦物，以及它們的含量多少。

(2) 存在狀態和礦粒大小砂礦里的有用礦物，有呈单体存在的，也有呈連生體的——一般是連生體含得較多。從脈礦采出

的矿石，多半是有用矿物和其他矿物的集合体。有用矿物的单体在5毫米以上的，叫作块状嵌布，5毫米以下到1毫米的叫粗粒嵌布，1—0.2毫米时叫细粒嵌布，细到0.2毫米以下的，就属于微粒嵌布。

(3) 矿物相互间的结构和分布主要是指矿物的形态，哪些矿物经常生长在一起，它们之间互结生长的情况等。矿石中的有用矿物，如果散布得比较均匀，就叫作均匀嵌布。嵌布粒度大小都有，并且分布得又不规则，叫不均匀嵌布。

(4) 矿石的硬度、含泥量和氧化程度等性质研究矿石性质，对选矿方法和设备的选择以及最终达到的选矿指标，起着重大的作用。

2. 重力选矿的简单原理

重力选矿是利用矿石里的矿物比重和粒度的不同，使不同矿物彼此分离的一种选矿方法。

重力选矿的最终目的，是把重的矿物和轻的矿物尽力分开。重矿物产品里的轻矿物，应该尽可能达到最少或者是没有；同时轻矿物产品里也要使重矿物含得越少越好。重力选矿的最终产品叫作精矿，剩下的另一种，就是尾矿。例如在选锡矿石时，是把重的锡砂叫作精矿；但在选煤时，轻产物——精煤才是所需要的产品。

分辨各种物质轻重的尺度是比重。大家都知道，锡砂比石英砂重，但是一大块石英就会比一小块锡砂要重得多。因此，要比较物质的轻重，就得先有个条件，这就是要在体积大小相同时来比较。

为了方便起见，常拿各种物质的单位体积的重量来比较。例如1厘米³（立方厘米）的木块是0.7克，1厘米³的石英是2.7克，1厘米³的黑锡是7.4克等等，这样它们的轻重就非常明显了。因此，我们给它一个名词——比重，也就是用1立方厘米

(体积)这种物质的克数(重量)来表示该种物质的比重,列个算式就是:

$$\text{比重} = \frac{\text{重量}}{\text{体积}}$$

比重的单位应该是克/厘米³,也就是每立方厘米有多少克重。

1厘米³的纯水,在4℃时是1克重,所以水的比重是1克/厘米³。凡是比重比水小的(小于1)物质,就会浮在水面,比重比水大的(大于1)的,就会沉在水底。

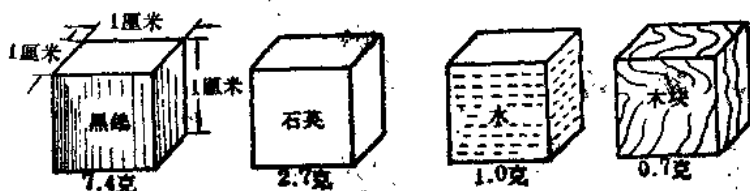


图 1 各种同体积物质的重量比

根据这种特性,我们就可以把某些不同的物体顺利地分开,譬如有一堆混合的木屑和石英砂,如果要把它们分开,可以取一盆水来,把木屑和石英一起倒进盆里面,然后一搅动,木屑就会浮在水面上,被刮出来,而石英砂已沉在水底。这样就完成了一个简单的重力选矿工作。

怎样从理论上解释这个问题呢?那就是因为木屑的比重小于水,所以被浮在水面,而石英砂的比重大于水,沉在水的下面,因此它们就很容易地分开了。

介质一般在重力选矿过程里,除了要利用两种矿物的不同比重差别外,还要应用一种介质来辅助选别作用的进行。上面的例子,水就是介质,它也是最经济而又常用的介质。另外我们也有时用空气,用比重大的溶液,或者用某些物料配成比重大的矿浆作为介质来进行重力选矿。

沉降速度 水的比重是1,而磁砂和石英比重都大于1,所以它们都在水中下沉,但是同样大的磁砂和石英在水中下沉的速度

却是不一样的，并且颗粒大小不同的錳砂，其沉降速度也不同，这些不同的因素就成为重力选别的有利条件。

在平静的清水中，石英和黑錳的沉降速度如图 2 所示。

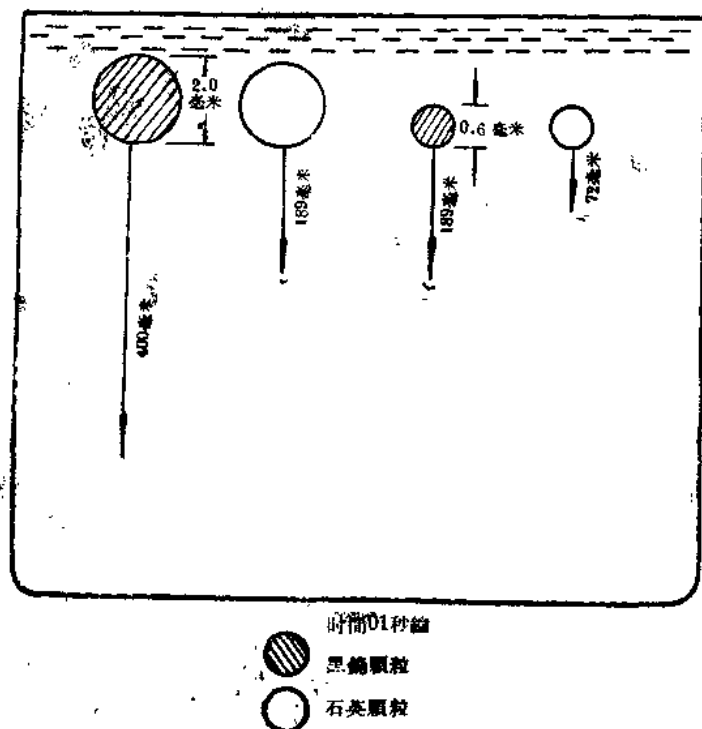


图 2 黑錳和石英在靜水中的沉降情况

我們很多重力选矿設備，都主要是利用这个原理来分选的。其中有些設備还配合离心力、摩擦力的作用来选别，并显得更加有效。

比重比 两种要被分离的物質，其比重間的比例叫作比重比，如石英砂和木屑的比重比是：

$$\frac{2.7}{0.7} = 3.86..$$

而錳砂和石英的比重比是：

$$\frac{7.4}{2.7} = 2.74,$$

介質內的比重比 假使將錫砂和石英都放在水里來稱重，那時每立方厘米的錫砂就要減少一克（1立方厘米水的重量），而是：

$$7.4\text{克} - 1\text{克} = 6.4\text{克},$$

一立方公分的石英在水中也是減少一克，而只有1.7克，這時它們在介質內的比重比是：

$$\frac{7.4-1}{2.7-1} = \frac{6.4}{1.7} = 3.76,$$

假使我們把它放在比重為1.8的液硫酸液體中，那麼它們在介質內的比重比又不同了，而是：

$$\frac{7.4-1.8}{2.7-1.8} = \frac{5.6}{0.9} = 6.22.$$

從重力選礦觀點來說，介質內的比重比，相差越大，就越能獲得明顯分離的結果。照前面的例子說，石英和錫砂在硫酸里選別的結果，就會比水里更好些。

3. 重力選礦的應用和分類

重力選礦的應用很廣泛，許多比重較大的有色金屬（如錫、錫、鉛、汞、金、白金等）和稀有金屬（鈮、鉭、銻、釷等）礦物都是用它回收的。此外，黑色金屬礦石（鐵、錳、鉻）、煤和非金屬礦物的加工，也常採用重力選礦。

礦物的比重相差越大，也就越容易選別。近來，在選別比重相差較小（差0.1）的礦物時，也常採用重力選礦法。但是，比重相同的礦物，從理論上說，是不能採用重力選礦來分選的。

重力選礦的粒級範圍 重力選礦的礦粒一般最大可達50毫米。對於過大的礦石，如果有用礦物已經单体分離，那麼採用手選就更方便經濟些。採用重介質選礦時，粒度範圍還可大到100

毫米以上。用重力选矿法处理微細顆粒的原料，一般都比较困难。就现有的技术水平来讲，对比重在6~7.5之間的矿物，細到0.01毫米、即10微米（1厘米=1000微米）时，就不易选别了。

我們常常针对不同粒級的矿石，来选择对它最有效的选矿設備和流程。

重力选矿法的分类 目前最常用的重力选矿方法有：

- (1) 跳汰机选矿；
- (2) 搖床选矿；
- (3) 溜槽选矿；
- (4) 离心力作用下的螺旋选矿机选矿；
- (5) 重介質选矿；
- (6) 风力选矿等。

依据矿石的不同情况和要求，可选用一种或几种联合的方法来处理。

第二章 重力选矿前的准备作业

1. 准备作业的目的和重要性

重力选矿前的准备作业一般包括有洗矿、破碎、筛分、磨矿、水力分级、脱泥及浓缩等。其目的是为重力选矿事先创造好条件，使得作业能顺利进行和效果更好一些。

处理含泥（一般是粘土黄泥一类的东西）多的矿石，事先不作好洗矿工作的话，那就会使选厂碰到一系列的问题和困难。例如矿石粘附着相当多的矿泥，会使矿仓下面给矿不均或堵塞、筛分效率低、泥团里粘附大量细粒金属矿物等。又假如我们不把金属矿物和脉石（生在一起的矿石通过破碎和磨矿分离开来，也就不可能选出合格的精矿。筛分效率不好，就会影响跳汰机的选别成绩，使得尾矿品位升高。水力分级机的分级指标不高，摇床的作业就会变坏。这些例子都说明了准备作业的重要性。

作为一个重力选矿工，应当非常重视并且了解和熟悉这些设备和作业，提出对它的要求和改进意见。因为合理地改进这些作业条件之后，往往就会使得选矿效率大大提高。

2. 洗矿作业和设备

洗矿的任务是：（1）把矿石上粘附的泥尽量洗净；（2）分散和破碎泥团；（3）把含泥的溢流和矿石分开。

洗矿作业中应该用最少量的水，洗出最多的泥，并获得含泥最少的矿砂或矿石。

洗矿大多应用在砂矿（冲积矿床）和氧化带矿石（经过局部风化的）处理作业中。

我们常根据原料中的含泥量和粘附程度，采用各种不同的洗

矿设备。

在含泥不多、泥的粘結程度不大的情况下，往往可以应用一些篩分和水力分級的設備，来同时进行洗矿。这些設備将在后面篩分和分級部分叙述。

对于处理含泥多并且粘結程度大的矿石，洗矿作业就显得更为重要了。专门供洗矿作业用的新型設備，已有很多种应用到实际生产上，如具有擦洗作用的洗桶、斜槽搅拌式洗矿机、筒篩耙式联合洗矿机、塔式洗矿机以及水力洗矿床等。这些洗矿設備中有許多目前在國內尚未采用。现仅介绍常用的一些。

洗矿設備，一般的洗矿机应包括以下几个作业：（1）潤湿，（2）研磨，（3）搅拌，（4）冲洗，（5）清洗，（6）矿石与含泥的溢流分离。

① 水力洗矿床（图3）。

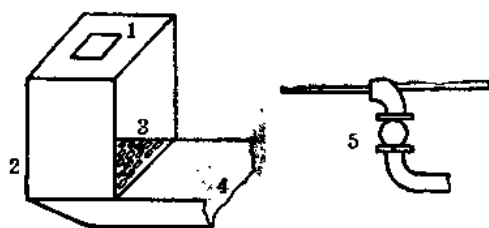


图3 水力洗矿床

1—給矿斗；2—排矿口；3—篩底板；4—溢流槽；5—高压水枪

它本身像一个缺前挡板的方匣，左右后三面都是鋼板，上面有一个給矿斗，前面是敞开的，底板用6~10毫米的篩板作成。前面对准方匣装有一架高压水枪。它的容量大小是依据处理量来确定。

作业是間断进行的。把原料倒进水力洗矿床后，就用水枪噴射。泥砂和矿浆透过下部篩孔經送矿槽流出。在粗矿石基本洗净后，打开后面的鋼板，用水枪把粗矿石从后面射出，或把底部篩板前面升高，使洗过的粗矿石从后面滑出。

水力洗矿床应同时設立两个，以便不停地用水枪来交换使

用。

操作时水枪压力要大（7~10 公斤/平方厘米），水枪射点要有秩序，要勤变动。此外，要能适当地决定冲洗时间，以免耗水过多。

这种设备可以达到满意的洗矿指标，但缺点是耗水量大，所得的矿浆浓度不均或过稀。

② 圆筒洗矿机 它是一种简单而很合理的洗矿机械，也是最常用的洗矿工具。

封闭式的圆筒洗矿机，筒身是用钢板作的。筒外腰部有两道钢圈，由四个分开的托轮承支。筒身中央装有一个齿轮，由副轴和小齿轮传动使它廻轉。筒的给矿端垂直壁是有筛板，可以排出溢流矿浆。筒的内壁固定有斜装的角铁。用它把矿石带得高些并兼有搅拌机疏松的作用。接近矿石排出端设有穿孔的勺子。筒身廻轉时就用它把矿石送在排矿槽内。洗矿水是自排矿端透进的。它的构造示于图

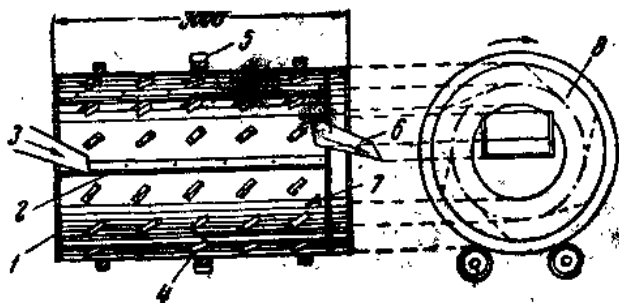


图 4 封闭式圆筒洗矿机

- 1—筒壁周围排出矿泥和水的筛孔；2—角铁；3—给矿槽；4—角铁斜片；
5—齿轮；6—排矿槽；7—盆水箱；8—有孔斗

筒的廻轉次数应按它的内径来决定 $\frac{28}{\sqrt{\text{内径(米)}}}$ 。如 1 米直径的洗筒应为 28 轉。

圆筒洗矿机可以連續運轉，常用它处理难洗的原料。因为它具有逆流洗滌和溶化搅拌的作用，所以可使矿石洗得干净，排出的矿浆浓度大并且均匀，有利于下一工序的处理。水的消耗定额也

少，这些都是它的优点。

③ 洗矿槽 洗矿槽是由半圆底的斜槽组成的，它的长度是2.6~7.8米，宽度是0.8~2.1米，底部的深度达2.1米(如图5)。

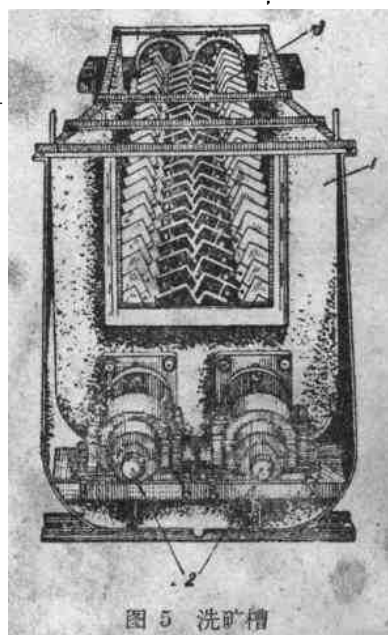


图 5 洗矿槽

这种洗矿槽对非常粘的粘土矿石有着松散的作用，同时可以达到物料分级和脱泥目的。给矿应该不大于75~50毫米。沿洗矿槽的纵轴，装有一到二个带有金属叶片的轴2，金属片的安装角度最好是 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ ，槽的倾斜角平均为 5° ，搅拌器直径是0.6~0.75米，廻轉数每分钟8~20轉。如果有两个搅拌器，那么轴上的叶片就应该相互交错地安装，这样就可以更好地除去矿块上的粘土。洗选用的水从槽上部压进，用水量是2~3立方米/吨。

洗出的矿泥从槽下端的溢流带走。

洗矿槽的处理量取决于矿石的性质。对于容易洗的矿石，槽的倾斜度要小些，轴的廻轉数可以快些；对于难洗的矿石，则要求轉得慢些。如果增加槽的宽度，就可以加大处理量，而增加槽的长度，则可提高洗选质量。这种洗矿槽多用于处理粘性大和含泥多的原料。

3. 碎礦作業和設備

碎矿的任务是要把矿石里共生在一起的有用矿物和脉石解离开来，成为单体的矿物，为以后重力选矿创造条件。

碎矿的要求是要使破碎产品的粒度均匀，并符合原来要求的大小。

一段碎矿和多段碎矿 一段碎矿是用某种碎矿机将矿石一次破碎到我们所要求的大小，多段碎矿是将几个相同或不同的碎矿机组合起来，一次一次地逐渐将矿石碎小，最后达到要求的粒度。现代的重力选矿厂多采用多段碎矿。

碎矿比是指破碎前后矿块最大粒度的比例。如某一碎矿机给矿最大粒度为150毫米，排矿中最大粒度是30毫米，那么：

$$\text{碎矿比} = \frac{\text{给矿最大粒度}}{\text{排矿最大粒度}} = \frac{150}{30} = 5。$$

采用较小的碎矿比，可以获得粒度比较均匀的产品。

碎矿阶段 为了便于选择碎矿机械，我们把碎矿和磨矿大致分成以下几个阶段：

- ① 粗碎 (矿石大小由 1500—150 碎到 300—40 毫米)
- ② 中碎 (矿石大小由 300—40 碎到 70—10 毫米)
- ③ 细碎 (矿石大小由 70—10 碎到 15—3 毫米)
- ④ 粗磨 (矿石大小由 15—3 磨到 1.0—0.2 毫米)
- ⑤ 细磨 (矿石大小由 1.0—0.2 磨到 0.071 毫米)

开路碎矿和闭路碎矿 开路碎矿是矿石经过碎矿机破碎后不再返回到这部机器的破碎作业。闭路碎矿是经过破碎后，还要把产品筛分一次，大于要求粒级的筛上物，再重新和给矿一起送回原碎矿机进行破碎的破碎作业。因此，闭路碎矿可以满足对碎矿产品的粒级要求。

碎矿流程 碎矿流程对重力选矿结果有着很大的影响，尤其是对像黑钨、白钨和锡石等容易粉碎的矿物，只有采用合理的多段闭路的碎矿流程才能使这种过粉碎的现象减少。采用闭路碎矿，由于碎矿粒度均匀，可使重选作业正常进行，选别效果提高。

现在介绍一些常用的碎矿流程：

破碎工段最好有富裕的处理能力，每天只开1~2班，这样才有空余的时间来作检修和更换配品的工作，以保证机械安全运转，满足选矿要求。