

苏联技工学校教学用书
选矿厂浮选工读本

P. 3. 雅古金 著

冶金工业部有色金属工业管理局编译科 译

冶金工业出版社

本書根據蘇聯冶金出版社出版的 P. 3. 雅古金著
「選礦廠浮選工讀本」1955 年版本譯出。

本書闡明了有關有用礦物及其選別方法的主要材料。敘述了浮游選礦廠的操作過程和設備，並列舉了工藝過程調節和設備維護的主要規程。

本書可供選礦廠浮選工作為生產技術學習的教材，本書對中等專業學校選礦專業的学生亦頗為有益。

本書為冶金工業部有色金屬工業管理局技術處編譯
科諸光明（序言、1—4 章、8—10 章、附錄）與苑家良
（5—7 章）翻譯。

P. 3. Ягудин: флотатор обогатительной фабрики
металлургии (москва—1955)

冶金工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯

選礦廠浮選工讀本

編輯：徐敏時 設計：周廣、趙苓 責任校對：楊學

1957 年 5 月第一版 1957 年 5 月北京第一次印刷 2,396 冊

850×1168·1/32·150,000 字·印張 6 $\frac{9}{32}$ ·定價 (10) 1.10 元

冶金工業出版社印刷廠印

新华書店發行

書號 0640

冶金工業出版社出版（地址：北京市灯市口甲 45 号）

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 号

原
书
缺
页

原
书
缺
页

原
书
缺
页

原
书
缺
页

第一章 有用礦物

第一节 概 論

在自然界中所遇到的物質是形形色色，变化無窮的，这些物質按其物理性質和化学性質都互不相同。例如：我們比較鐵、硫、砂、水等的时候，甚至根据其外貌也可以确定它們是完全不同的物質，它們有着不同的物理性質。如通过研究純鐵，可以确信鐵是銀白色，具有金屬光澤，撞击时不易破裂，可以压延成薄片；鐵的比重是 7.87；在溫度 1535°C 时熔化；而通过研究硫可确定这种物質是淡黄色的，具有晶体結構，只要輕輕地撞击就会裂成碎塊；硫的比重是 2.07；在溫度 112.8°C 时熔化。鐵和硫的这些特性就是它們的物理性質。

如果將同样的鐵塊放在露天，其表面就会变成深褐色。产生这种顏色是由於鐵和空气中的氧發生化学作用而氧化的緣故。如果將石灰石塊在溫度 700—800°C 时焙燒，这时就有碳酸气逸出，而石灰石变成氧化鈣（生石灰）。由於在鐵氧化和石灰石焙燒过程中产生了化学反应，結果形成全新的物質，而这些物質的物理性質和化学性質不同於鐵和石灰石的物理和化学性質。

使物質根本起了变化，由一些物質生成另一些物質，这时所产生的現象叫做化学現象，而物質能与其他物質起化学作用的能力叫做它的化学性質。

一切物質都由分子和原子組成。

分子是物質的最小粒子，它能獨立存在，分子若不喪失該物質的基本化学性質，則本身就不能分裂。物質的分子大小虽然有所不同，但总都是很小的。分子大小可以这样來說：如將一千万分子一个紧接一个列成一排，那末这一排的長度將不会大於 10 厘米。

分子是由更小的粒子——原子組成的，原子是不能用化学方

法分裂的粒子。原子也是一个复杂的系统，原子由荷正电的核和繞核運轉的荷負电的粒子即电子組成。电子環繞原子核而運轉，好像行星環繞太陽運轉一般。

具有相同化学性質的一定种类的原子叫做化学元素。

目前科学界已知道有一百种不同的化学元素。自然界的元素分三态：气态（例如：氫、氧、氮），液态（例如汞）；和固态（例如：金、鉄、硫、碳等）。

地壳内分佈最广的元素是：氧（按重量的含量計为49.13%），硅（26%）、鋁（7.45%）、鉄（4.2%）、鈣（3.25%）、鈉（2.4%）鉀、（2.35%）、鎂（2.35%）、氫（1%）。其余的元素約佔2%。在这2%的元素中包括有广泛应用於国民經济部門中的元素，如銅、鋅、鉛、鎳、錫、汞、硫、鉍、鎢、金、銀、磷等。尽管这些元素在地壳内的总含量多么少，但若干元素在地壳个别地方仍能形成足供有效开采的堆积（矿体）。

第二节 矿物及其物理性質

矿物主要是由各种化学元素化合而成的。例如，含金屬的矿物就是由於金屬和硫、氧等化合而形成的。目前在地壳内所發現的各種矿物約有3000多种。

矿物按其物理性質來說是相互不同的。矿物最显著的特性就是硬度、光澤、顏色、条痕顏色、透明度、解理、斷口、比重和磁性。

硬度。矿物按硬度可分为十大类。分类的标准，就是两种矿石相互对划时，后一种矿物可在前一种矿物表面上刻划出显明痕跡。硬度增加順序是由1到10。矿物硬度可用十个标級相应的号碼来表示（表1）。

此硬度表中最軟的矿物是滑石，最硬的是金剛石。因此，金剛石可以在剛玉上刻划出痕跡，剛玉可在黃玉上刻划出痕跡、黃玉可在石英上刻划出痕跡，依此类推，有了上列矿物的标准就可以測定任何矿物的相对硬度。

表 1

矿物硬度表

矿物名称	号码	矿物名称	号码
滑石.....	1	长石.....	6
石膏.....	2	石英.....	7
方解石.....	3	黄玉.....	8
萤石.....	4	刚玉.....	9
磷灰石.....	5	金刚石.....	10

光泽。矿物的光泽各不相同。可分为金属光泽，金刚光泽，脂肪光泽，玻璃光泽、珍珠光泽，絹絲光泽。

金属光泽。这是为金属所特有的强烈的光泽。具有金属光泽的典型矿物有方铅矿，黄铜矿，黄铁矿，辉钼矿等。

金刚光泽。这是为金刚石所特有的光泽。具有金刚光泽的典型矿物有金刚石、赤铜矿、閃鋅矿、白铅矿、辰砂。

脂肪光泽。具有脂肪光泽的矿物看起来好像上面塗抹一層油。作为这种光泽的典型矿物有自然硫等。

玻璃光泽。这种光泽恰似玻璃的光泽，是最常见的。具有玻璃光泽的典型矿物有水晶，黄玉等。

珍珠光泽。具有珍珠光泽的矿物有云母、滑石等。

絹絲光泽。石棉和透石膏具有絹絲光泽。

颜色。採用下列几种常用的颜色名称作为主色，因为許多矿物或多或少都常带有这几种颜色。

- 1) 紫色.....紫水晶
- 2) 藍色.....石膏（藍銅矿）
- 3) 綠色.....孔雀石
- 4) 黃色.....雌黄，黄铁矿
- 5) 橙黃色.....銻鉛矿
- 6) 紅色.....辰砂（粉末）
- 7) 褐色.....多孔狀褐铁矿

- 8) 黃褐色.....赭石狀褐鐵礦
- 9) 錫白色.....毒砂
- 10) 鉛灰石.....輝鉬礦
- 11) 鋼灰色.....暗淡礦石
- 12) 鉄黑色.....磁鉄礦
- 13) 靛藍色.....銅藍
- 14) 紫銅色.....自然銅
- 15) 黃銅色.....黃銅礦
- 16) 金黃色.....金

条痕顏色。許多粉末狀礦物的顏色與原來塊狀礦物的顏色有所不同。例如，塊狀黃鉄礦是黃色，而其粉末几乎是黑色。為鑑定粉末的顏色將礦樣在素燒瓷板（未上釉的瓷板）上擦出条痕。許多礦物在瓷板上顯出其所固有的条痕顏色。

透明度。有些礦物的透明度彼此有所不同。一些礦物竟能如此透明，以致於透過它可以清楚地看見物體，甚至於讀出印刷的鉛字（水晶、石鹽等），而另一些礦物則是半透明或完全不透明（方鉛礦、黃鉄礦、黃銅礦等）。

解理。任何礦物的晶体按一定結晶方向分裂的性質叫做解理，解理後出現的光滑平面，叫做「解理面」。各種礦物的解理是不同的；極完全解理，是礦物很易分裂成葉片和薄片（雲母、石膏）的；完全解理，是礦物較不易分裂且解理面較不光滑的（普通角閃石、長石）；鮮明解理，是礦物分裂時不形成薄片，只不過有些地方可看出不大的光滑面的（磷灰石、純綠寶石），和不完全解理是礦物的解理用肉眼不能發現的。

斷口。礦物分裂時形成平整的表面叫做解理面，形成不平整的表面叫做斷口面。各種礦物的斷口面有光滑的，平整的，不平整的，貝殼狀的，刺狀的，鈎狀的，土狀的。

比重。任何物質的重量與同體積化學純水在 4°C 時的重量之比叫做比重。取在 4°C 時 1 立方厘米重 1 克的水的重量來作為比重的單位。如果說礦物的比重等於 3，這就是說該礦物 1 立方厘

石。

目前各种矿物的数量極多。矿石分为**金屬矿石**和**非金屬矿石**。屬於金屬矿石的有：含金，銀，鉑，銅，鉛，鋅，鉄，錳，鋁，錫，鎢，鎳，鈷，鎂，鋇，汞等矿石。屬於非金屬矿石的有：含磷、氟、砷、硫、金剛石、石棉、石墨、滑石等矿石。

矿石按矿物組成可分为：**自然矿石**，**硫化矿石**，**氧化矿石**和**混合矿石**。凡其中有用的矿物是自然元素的矿石叫做自然矿石，例如：金、銀、鉑、汞、元素硫等。硫化矿石的特点是其中有用的矿物是硫化物，就是說呈硫化物形态，例如：黃銅矿 CuFeS_2 ，方鉛矿 PbS ，輝鉬矿 (MoS_2) 等。氧化矿石中有用的矿物是呈氧化物形态，例如：赤銅矿 Cu_2O ，鉬鉬鈣矿 CaMoO_4 等。混合矿石內兼有硫化矿物和氧化矿物。

矿石按其中有**有用金屬**数量的多少，可分为**簡單矿石**或**單金屬矿石**和**复杂矿石**或**多金屬矿石**。單金屬矿石仅含有一种有用金屬，例如：錫、銅、鋁等。多金屬矿石含有兩種或兩種以上的有用金屬，例如：鉛和鋅，鋁和鎢，銅和鋁，鉛鋅和銅等。

值得注意的是，單金屬矿石在自然界中非常少見，且数量有限。大多数矿石都含有几种金屬。然而並不是所有这些金屬都具有工業意义，因此，根据矿石內的金屬数量进行矿石分类时，我們只談具有工業品位的有用金屬。随着选矿技术的發展，所謂單金屬矿石的种数也随之減少。那些含量甚少，以及过去認為沒有工業意义的金屬現在也可能附帶回收。

根据有用金屬品位的高低，可分为**富矿石**，**貧矿石**和**極貧矿石**。但是这一概念是有某种假定性質的，並對於不同的矿石有不同的意思。例如：含鋁0.3—0.8%的鋁矿石就屬於富矿石，而同样含量的銅矿石却屬於貧矿石，同样含量的鉛矿石則就屬於極貧矿石了。

矿石按有用矿物浸染的大小和性質也是不同的。矿石可分为**極粗粒浸染的**（20毫米以上），**粗粒浸染的**（2—20毫米），**細粒浸染的**（0.2—2毫米），**微粒浸染的**（0.02—0.2毫米）和**極**

微粒浸染的(0.02毫米以下)六種。礦石又可分为浸染礦石和密集礦石，所謂浸染礦石，就是指金屬礦物的單體顆粒散佈在圍岩的非金屬礦物內的礦石，而密集礦石主要是由有用礦物顆粒組成的，含有極少量的脈石礦物。

如果礦床周圍或其中的岩石不含有有用礦物，或含量極低，而不適宜於利用，則這些岩石就叫做脈石。

岩石依其生成條件的不同可分为三類：1) 火成岩，這是通常叫做岩漿的熔融物質在凝固時所生成的岩石；2) 水成岩。這是由於原生岩的破壞與沉積，以及因動物有機體和植物分解而成的殘渣在水域中沉積而生成的岩石；3) 變質岩，這是火成岩和水成岩在溫度、壓力和水的作用下發生變化，逐漸而形成的岩石。

第一章 復習題

1. 什麼叫做礦物？
2. 可以根據那些物理性質區別兩種礦物？
- ✓ 3. 怎樣測定礦物的硬度？
- ✓ 4. 怎樣測定礦物的比重？
- ✓ 5. 什麼叫做有用礦物？
- ✓ 6. 什麼叫做礦石？
- ✓ 7. 什麼叫做脈石？
- ✓ 8. 礦石根據礦物組成來分有那幾種？
- ✓ 9. 硫化礦石和氧化礦石有什麼區別？
- ✓ 10. 多金屬礦石和單金屬礦石有什麼區別？
- ✓ 11. 你知道有那些多金屬礦石？
- ✓ 12. 自然界常見的呈自然形態的金屬有那些？

第二章 选矿的基本概念和方法

第一节 选矿的目的和任务

上面談过了，許多矿石含有極少量有用的矿物或金屬。例如，有些銅、鋁、錫、鎢、錫等矿石所含有的金屬不超过 1%。直接在冶金爐內从这些矿石中提煉金屬在技术上有困难，經濟上也不合算，或者簡直就不可能提煉。为使原矿中有用的矿物和脉石矿物分离，从而取得有用矿物的淨选产品即所謂精矿。几乎所有的矿石都要經過預先选別，使选出的精矿适於提煉金屬或用作国民經濟其他部門的原料。

选矿結果获得两种产品——含有用的矿物的精矿和含脉石的尾矿。

此时精矿內有用的矿物的含量比起原矿的含量要增加几十倍，有时甚至几百倍。这样的产品就可以进行冶煉了。

因此，选別矿石和其他有用矿物的基本任务是：**把有用的矿物和脉石分开，选出有用矿物富集的精矿以供下一步提煉金屬或作为国民經濟其他各部門的原料。**

往往所选別的矿石都含有数种有用的矿物（例如：鉛鋅銅或銅鋁等）。选別这样的矿石时，其任务不仅要使这些矿物和脉石分离，而还要使有用的矿物相互分离，选出單独的富精矿（例如：选为鉛精矿、鋅精矿、銅精矿或銅精矿和鋁精矿等）。

因此，选矿的第二个任务是要使矿石中的有用的矿物相互分离、从而选出單独的優質精矿。

工業对选矿厂选出的精矿質量提出一定的要求：精矿內有用金屬的含量应当最高，而有害雜質的含量应当最低。滿足这些要求也是选矿的主要任务之一。

因而，可以將选矿的总任务說明如下：

選別矿石和其他有用矿物的任务就是分离有用矿物和脉石，並使有用的矿物相互分开，除去有害雜質以及尽可能將每种矿物呈单独的最富的精矿选出。

选矿，特別是有色金屬选矿具有特殊的意义。选矿的採用促進了我國錫、鎢、鉛、鋁、汞及其他工業的發展。

因此，选矿技術的發展大大地擴大了許多材料特別是有色金屬的資源。

採用选矿的結果，裝入冶金爐的產品數量減少到幾十分之一，有時甚至幾百分之一。從而運輸費用也相應地減少，這在長距離運輸原料時尤為重要。所有這些就降低了每噸金屬的成本。例如：從選礦後的矿石內提煉1噸鉛的成本相當於直接熔煉未選矿石所提煉的1噸鉛成本的 $\frac{1}{10}$ 或 $\frac{1}{12}$ 。

目前，选矿尤其是浮選不僅廣泛應用於選別貧矿石，同時還應用於選別比較富的矿石。95%以上的有色金屬矿石都要經過預先選別，而只有不到5%的矿石(富矿石)在冶金爐內直接冶煉。

第二節 選礦方法

矿石和其他有用矿物的選別是根據矿石和其他有用矿物內各種矿物獨特的物理、化學以及矿物的性質來進行的。

最常用的选矿方法如下：

重力选矿法。此法是根據矿物比重的不同以及其在水或空氣中具有不同的沉降速度。濕式重力选矿法應用最為普遍。風力选矿法(即所謂氣力选矿法)很少採用，因為對於選別矿物說來空氣作為介質不如水來得方便。

重力选矿是在跳汰機、淘汰盤、溜槽、重懸浮液內等進行的，重力选矿法廣泛用於選別含錫、鎢、金和其他金屬的矿石，以及用於選別非金屬有用矿物。

重力选矿法通常適於選別有用矿物粗粒浸染的矿石，很少選別細粒浸染的矿石。

浮游选矿法。此法是根據矿物表面物理化學性質的不同。在

有水、浮选剂和气泡的条件下，磨細的有用矿物顆粒附着於气泡上浮向矿漿（水和磨細矿石的混合物）表面，在上面形成矿化泡沫，然后将这些矿化泡沫作为精矿刮出。

浮选法应用極為普遍，可用来选別一切硫化矿石和混合矿石，以及选別含非硫化矿物的矿石。

手选。手选时利用各种矿物的顏色和光澤的不同。手选有时叫做揀选（挑出矿石或揀出脉石）。此法只适用于浸染極粗的有用矿物。在有色冶金方面很少採用手选，若採用也只作为輔助过程，因为大部分有色金屬矿石內的有用矿物都是細粒浸染的（往往用肉眼不能看見）^①。

粒度选矿。粒度选矿是根据有用矿物和脉石的粒度不同。这个过程大都是在篩子上进行的。

电磁选矿。这种选矿法是根据矿石的矿物顆粒导磁系数的不同，有些有用矿物的导磁系数比脉石矿物大。电磁选矿往往应用在有色金屬和稀有金屬选矿的重选精矿加工（提高質量）的作業中。

静电选矿。静电选矿是根据各种矿物导电率的不同。此法也常应用于重选精矿的加工作業中。

此外，还有几种选矿方法，这些方法是根据各种不同矿物的形狀和摩擦力的不同。这些方法常用于选別石棉矿石、頁岩、有时也用来选煤。在有色冶金上不採用这些方法。

联合选矿法。此法是以同时利用两种有时甚至三种上述选矿方法（例如：重力选矿法和浮选法，重力选矿法和电磁选矿法等）为基础的。

第三节 有关浮选厂的若干知識

現代化浮选厂的規模宏大、裝备有許多机器和机械，是复杂的工業企業。大型浮选厂的矿石处理能力每晝夜达几万吨。

浮选不可缺少的条件就是預先將矿石破碎和磨細到有用矿物

① 手选过程就是根据矿塊或脉石的外表特征用手把它分別揀出。

顆粒达到單体分离状态的程度。只有在这种情况下才可能順利地全部地將有用矿物选入精矿。碎矿，磨矿以及分出粒度适於浮选的产品是利用各种碎矿和磨矿的机器（碎矿机、磨矿机），篩子和分級机来完成的。

磨細的矿石在浮选机中进行浮选。浮选过程是在水介質中进行的，所以选出的精矿含有大量水分。从精矿中排除过量的水分就需要利用專門的器械——濃縮机和過濾机。

能完成一定的工艺作業的碎矿机、篩子、磨矿机、分級机、浮选机、濃縮机、過濾机以及其他一些机器都是选矿厂的主要設備。

选矿厂除了主要設備外还有輔助設備。其中有：运输矿石的皮帶运输机、向碎矿机和磨矿机添加矿石的給矿机、揚送选矿产品的砂泵和泥漿泵、向浮选机分配矿漿的矿漿分配器、葯剂調配槽、定量添加浮选剂的給葯机、称量矿石的自动秤、取样壺、檢驗操作过程的自动仪器等。

浮选厂通常由下列几个工段組成：粗碎、中碎和細碎工段、磨矿和分級工段、浮选工段、浮选剂調配室、濃縮、過濾和干燥工段。大型选矿厂的浮选工段可以由几个独立的区段組成，这些区段有时是按着不同的工艺流程操作。

照例，选矿厂应設有原矿矿倉和碎矿矿倉，其中貯放着有一定数量的（定量的）备用矿石，以保証选矿厂正常不间断的生产。当采矿工作或运输工作间断时，特别是在冬季的工作条件下，当暴風雪和积雪給这些工作造成很大的困难时，矿倉內儲备着一定数量的备用矿石是必需的。矿倉內碎塊矿石的儲备量不得少於选矿厂的日处理量。

建造原矿矿倉大小通常以貯放数量可保証选矿厂滿載負荷生产（設計能力）4—3 小时的矿石为淮。

此外，浮选厂应当置有烘干精矿用的干燥爐，成品（精矿）倉庫，尾矿堆置場，机械修配間和生活福利間。

根据选矿厂所在的地址和距离矿山的远近，可採用铁路运