

高等学校教学用书

选 矿 概 论

中南矿冶学院 编
东北工学院 合编



373

中国工业出版社



前 言

本书是根据冶金工业部教育司1959年制訂的指导性教育計劃“选矿学基础”教学大綱，并在总结几年来教育革命积累的經的基础上編写而成。在編写过程中，充分利用了中南矿冶学院教研組現有的“选矿学”讲义，并貫徹了“少而精”的原
尽量結合了我国生产实践。

本书系以矿冶学校选矿专业用教材內容为主，并兼顧了采矿冶金专业开设“选矿概論”課程的特点写成的。可作为36~42时的教材使用。

必須指出，不同专业使用本教材时，教学方式——課堂教学現場（包括實驗室）教学——应有所側重。对于选矿专业現場学所占学时的比例数可比其它专业大些，这样有利于学生掌握課程的內容，对于采矿、冶金等专业根据各个学校的条件可采以課堂教学为主或課堂教学与現場教学相結合的方式；其次，选矿专业來說，为了不致造成学生負担过重，机械部份則可少一些。

參加編写的有中南矿冶学院李隆峰（緒論，第三、五章）廖鈞（第四、七、八、九、十章）和东北工学院王增图（第一、六章）等同志。由于水平有限，遺漏及錯誤難免，希讀者提意見，以便改进。

中南矿冶学院
东北工学院

选矿教研組

1961年4月

目 录

前言	3
緒論	7
§ 1. 有用矿物在国民經济中的意义	7
§ 2. 矿物、矿石、岩石的概念	7
§ 3. 选矿的目的和任务	8
§ 4. 选矿方法	9
§ 5. 选矿产品及指标	10
§ 6. 我国选矿事业的发展概况	14
第一篇 选矿前的准备作业	16
第一章 破碎筛分	16
§ 1. 矿石的物质組成及其结构分析	16
§ 2. 矿石的粒度組成及其測量方法	21
§ 3. 破碎的理論基础	25
§ 4. 破碎机	27
§ 5. 筛分	42
§ 6. 破碎筛分流程	51
第二章 磨矿与分級	53
§ 1. 磨矿的一般概念	53
§ 2. 磨矿机	54
§ 3. 磨矿的理論基础和影响磨矿过程的主要因素	59
§ 4. 机械分級机	62
§ 5. 磨矿分級流程	67
第二篇 选矿方法	70
第三章 重选法	70
§ 1. 重选的理論基础	70
§ 2. 水力分級及离心分級	75
§ 3. 跳汰选矿法	81
§ 4. 搖床选矿法	92
§ 5. 斜槽选矿法	99

§ 6. 重介质选矿法	106
§ 7. 洗矿	110
§ 8. 风力选矿法	113
§ 9. 重选流程	116
第四章 浮选法	119
§ 1. 浮选过程的特点	119
§ 2. 浮选过程的物理化学基础	121
§ 3. 浮选药剂	128
§ 4. 浮选机械	131
§ 5. 浮选工艺	139
第五章 磁选及电选法	147
§ 1. 磁选法	147
§ 2. 电选法	158
第六章 化学处理及其它选矿方法	160
§ 1. 化学处理	160
§ 2. 其它选矿方法	163
第三篇 选矿过程的辅助作业	168
第七章 脱水集尘	168
§ 1. 浓缩	169
§ 2. 过滤	172
§ 3. 干燥	177
§ 4. 集尘	179
第八章 选矿厂运输及供水供电	182
§ 1. 选矿厂运输	182
§ 2. 选矿厂的供水和供电	187
第四篇 选矿厂	190
第九章 选矿过程的取样和检查	190
§ 1. 概述	190
§ 2. 取样	191
§ 3. 选矿工艺过程的检查	197
§ 4. 金属平衡表和选矿技术经济指标	200
第十章 选矿厂的构成与工作组织	204

§ 1. 选矿厂的构成	204
§ 2. 选矿厂厂址的选择	205
§ 3. 计划預修組織	208
§ 4. 尾矿設施和尾矿场	209
主要参考书	212

緒 論

§ 1. 有用矿物在国民經济中的意义

被人們利用的矿物、矿石和岩石通称为有用矿物。任何一个国民經济部門都要利用有用矿物或由有用矿物加工而成的产品。因此，有用矿物在国民經济中具有重大的意义。

从有用矿物中提取出来的各种金属是发展机械制造业、电器工业、造船、铁路运输、航空以及其它工业的原料。

与发展农业有密切关系的矿物肥料，是化学工业利用矿物原料（磷矿石等）来生产的。化学工业原料大部份是矿物原料。矿物燃料（煤、石油）及其加工产品是能量的主要来源，也是基本的化工原料。

在基本建設中，建筑业也广泛地利用有用矿物（例如石灰岩、高岭土、石棉等）来作建筑材料。

§ 2. 矿物、矿石、岩石的概念

地壳中只有极少数的元素（金、铂、銀、銅、硫和碳等）以自然元素的形态存在，而絕大部分則与其他元素化合生成天然化合物。在地壳中的自然元素或化合物就称为矿物。

矿物的化学組成是多种多样的，即使是同一种矿物，其化学成份因产地不同也往往是不同的。根据矿物的化学成份的不同，可将矿物分为：1) 自然元素；2) 各种金属与硫、硒、碲、錳和鉍的化合物；3) 含水氧化物和无水氧化物；4) 氢卤酸的盐类；5) 含氧酸的盐类；6) 硅酸盐类；7) 有机矿物。

矿物不仅在化学成份上有差别，同时还有一系列的互不相同的物理性质：硬度、顏色、光泽、比重、导磁性、导电性等。矿物的化学成分和物理性质，对选矿具有很重要的意义。

岩石是由各种矿物組成的，凡是能用工业方法从其中提取金

屬及其化合物的岩石則称为矿石。因此，矿石的定义是有条件的，它不但取决于現代的技术条件，而且还要根据一个国家的具體资源情况和国民經济的需要而定。在矿石中，除了有用矿物外，几乎总是含有工业上沒有价值的矿物，这些矿物称为脉石矿物。

在矿石中只含有一种有用矿物或金属的称为单一矿石（如鉛矿石、鉄矿石、銅矿石等）；含有两种以上的矿物或金属的矿石則称为綜合矿石（如鉛-鋅矿石、銅-鋇-鎳矿石等）从选矿的观点看来，处理前一种矿石要比后一种矿石简单得多。

根据矿石中有价值成份的存在形态，矿石分为：硫化矿和氧化矿。在硫化矿中，有价值成份与硫化合，并以硫化物形态存在；在氧化矿中則与氧化合成氧化物等存在。

§ 3. 选矿的目的和任务

从地壳中开采出来的矿石，只有极少数能直接利用的，而絕大多数都要进一步的加工处理之后，才能利用。

現代的冶金工业無論是对用来提取金属的原料，或是对燃料都提出很高的要求。冶金工业对原料的要求是，一方面要求提高矿石中金属的含量；另一方面是要求除去原料中对冶金过程有害的杂质。

冶金工业对于某些金属在矿石中的含量提出了以下的要求：

鉄矿石

褐鉄矿	不少于45~50%鉄；
磁鉄矿	不少于55~60%鉄；
銅矿石	不少于3~5%銅；
鉛矿石	不少于20~30%鉛；
鋅矿石	不少于30%鋅；
錫矿石	不少于45~50%錫。

然而在自然界中，金属的含量这样高的矿石是很少有的，例如，許多銅矿石含1~2%銅或更低，砂錫矿含不多于1%錫，

鉄矿石往往是只含20~30%鉄，許多稀有金属在矿石中的含量就更低，甚至低至十万分之几的都有。由此可見，矿石中的金属含量是很低的，其中絕大部分都是脉石，将脉石除去就能提高金属的含量，滿足冶金工业的要求。这一任务就必须由选矿来完成。

矿石中除了主要金属外，常常含有对该金属冶炼有害的杂质。有害杂质在冶金过程中，有的进入金属影响金属的质量，有的則会使冶金过程复杂化或无法进行。例如，在銅和鉛的矿石中的有害杂质是鋅，鋅矿石的是鉄，而鉄矿石的是硫，磷等。又如，用于冶金的焦炭中，最有害的杂质是硫、磷。所有上述各种有害杂质都必须事先用选矿的办法予以除去，以利于下一步冶炼工作的进行。

在复合矿石中，往往含有多种有价成份，为了綜合利用资源，滿足社会主义建設的需要，必須尽可能将它们分別回收，这一工作往往是在冶金前进行的。

任何有用矿物开采出来后，在它未进入冶金工厂、化学生产或直接使用之前的所有机械加工作业的总体称为有用矿物的机械加工或有用矿物的选矿。

选矿过程中，一般的說是不改变有用矿物的化学組成的，因此是机械加工的过程。近年来，由于工业的迅速发展，要求更加扩大原料基地，这样就使得选矿越来越多的处理貧矿石和成份复杂的矿石。因此就要求寻找更适合处理这些矿石的选矿方法，水治和其他一些化学处理的方法，已經开始应用于选矿过程。实践证明，采用机械加工和化学处理的联合流程，比单独采用机械加工，选矿指标有显著的提高，化学处理的应用，使那些不能用机械选矿方法选别的矿石得以应用，大大地扩大了原料基地。

§4. 选矿方法

选矿的基础是矿物的物理性质和物理化学性质：粒度、形状、顏色、光泽、比重、摩擦系数、导磁性、导电性、潤湿性等。根据不同的性质，可以选择不同的选矿方法，将它们加以分

选。

最常用的选矿方法有：重选法、浮选法、磁选法、电选法等；此外还有手选，摩擦选，按粒度形状选矿以及近年来才应用在选择上的化学处理等方法。随着科学技术的进步，不但会使原有的选矿方法日趋完善，同时会出现更多的新的有效的选矿方法。

重选法是最古老的选矿方法之一，它是根据矿粒的比重差别来分选矿粒的选矿方法。这个方法广泛地用来选别铁矿石、锰矿石、有色金属矿石、稀有金属矿石以至非金属矿石。

浮选法是以矿物表面的物理化学性质的差异为基础的选矿方法。浮选法目前应用得很广泛，它特别适合于处理细粒浸染的矿石。浮选法可选别绝大多数矿石。

磁选法是利用矿物的导磁性不同来进行选别的选矿方法。它主要用来选别黑色金属矿石和稀有金属矿石。

电选法是以矿物的导电性不同来进行选别的选矿方法。它可以用来选金属和非金属矿石。

手选是根据矿物的颜色和光泽来选别的。应用矿物的摩擦系数不同则可采用摩擦选。根据矿粒的形状和粒度则可采用按形状和按粒度选矿。

当矿石的组成很复杂，用机械加工方法难于进行选别时，实践证明，用化学处理的方法，往往能得到很好的效果。化学处理的结果，则可得到某种金属的化合物或金属。

每一种方法应用的可能性，不仅仅取决于矿物性质的差别，而且与矿物的包裹体的大小有关。例如，矿石中矿物的包裹体尺寸很小时，即使其颜色和光泽与脉石差别很大，也无法进行手选。同样细粒浸染的铅矿石，虽然其中铅矿物与脉石的比重差别很大，但仍然不能用重选法选别。

§ 5. 选矿产品及指标

矿石从采矿场采出来以后，要在选矿厂中经过一系列作业程

序(图1), 才能得到适合于冶金要求的精矿产品。

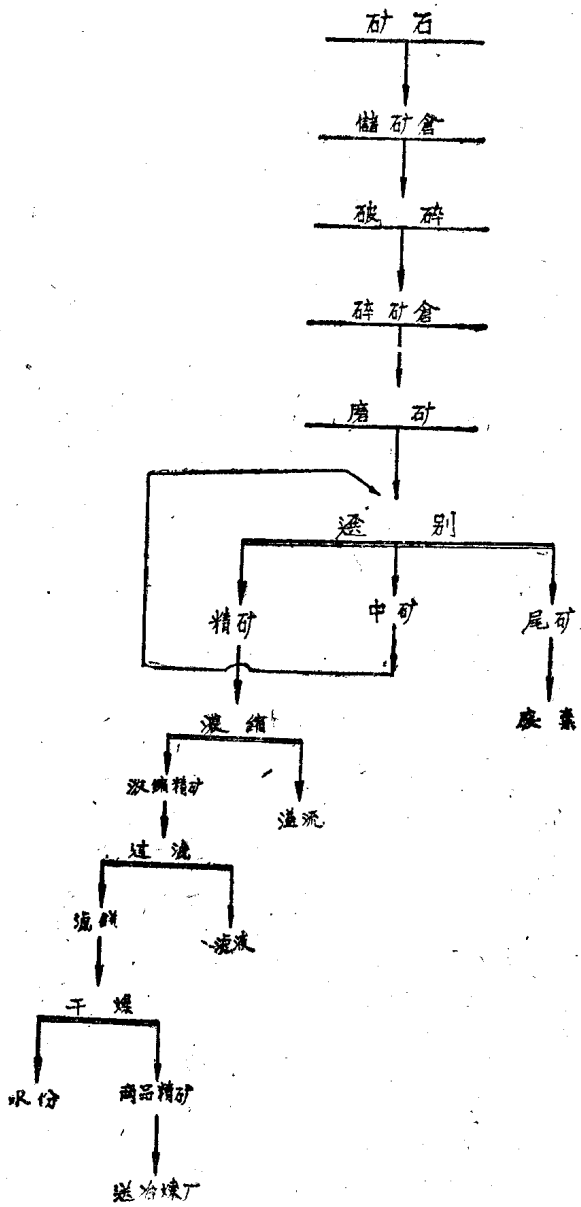


图1 选矿流程示意图

矿石經過选別以后，可以得到几种产品：精矿、尾矿和中矿。

精矿是原矿經选別后所得到的最終产品，其中所含的有用矿物、金属或元素要比原矿富得多。

如果选別时只是去除有害杂质，那么精矿中的有害杂质的含量要比原物料中低得多。

精矿中有价金属及有害杂质的含量，每个国家根据其具体情况都用統一的标准来加以規定。

尾矿是原矿經选別后所得到的最終产品，其中所含有用矿物、金属或元素要比原矿少得多。尾矿中有价金属的含量，应当少到再处理它时，無論技术上还是經济上都没有利的程度。

中矿是原矿經选別后得到的中間产品，其中所含的有用矿物、金属或元素要比尾矿富，但比精矿貧。

为了評定选矿过程的结果的好坏，就采用一些指标来表示选矿的结果。

某一选矿产品的重量对原矿重量之比的百分数称为該产品的产率，并用符号 r 来表示。

設 α 、 β 和 ϑ 分別表示原矿、精矿和尾矿中金属含量的百分数，則金属在原矿中的数量将等于它在精矿及尾矿中的数量的总和，即

$$100\alpha = r_{\kappa}\beta + (100 - r_{\kappa})\vartheta \quad (1)$$

于是精矿的产率等于：

$$r_{\kappa} = \frac{\alpha - \vartheta}{\beta - \vartheta} 100 \quad (2)$$

这个指标只仅仅表示了精矿的数量，还不能根据它来評定选矿过程中金属被回收的数量。

精矿中金属（元素或矿物）的数量对原矿中金属（元素或矿物）的数量之比的百分数称为回收率，并用符号 ε 来表示。回收率是評定选矿过程好坏的主要指标。回收率愈高，則金属（元素或矿物）被回收的越多，損失就愈小。回收率的計算公式为：

$$\varepsilon = \frac{r_x \beta}{\alpha} \quad (3)$$

在现场生产实践中，往往无法测定精矿的产率，而只能根据化学分析测定原矿、精矿及尾矿中的金属含量，在这种情况下，用公式3则无法计算，将公式2的 r_x 代入公式3则可得：

$$\varepsilon = \frac{\beta (\alpha - \beta)}{\alpha (\beta - \beta)} 100 \quad (4)$$

精矿中金属（元素或矿物）的含量对原矿中金属（元素或矿物）的含量之比称为富矿比，并用符号K来表示，即

$$K = \frac{\beta}{\alpha} \quad (5)$$

回收率和富矿比愈高，则表示选矿过程的效率愈高。

原矿重量Q对精矿重量q之比称为选矿比，用符号R来表示。

$$R = \frac{Q}{q} \quad (6)$$

下面举一实例来计算选别过程的指标。有一铜矿选矿厂其原矿、精矿及尾矿根据化学分析的结果，原矿含2%铜，精矿含25%铜和尾矿含0.15%铜。

精矿产率等于：

$$r_x = \frac{\alpha - \beta}{\beta - \beta} 100 = \frac{2 - 0.15}{25 - 0.15} 100 = 7.4\%$$

铜在精矿中的回收率等于：

$$\varepsilon = \frac{r_x \beta}{\alpha} = \frac{7.4 \times 25}{2} = 92.5\%$$

尾矿产率和铜在尾矿中的损失，用100减去上列数字后，则分别为92.6%和7.5%。

富矿比等于：

$$K = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{25}{2} = 12.5$$

选矿过程是由三个主要作业组成的：1) 矿石选别前的准备作业，包括破碎、筛分、磨矿和分级等；2) 选别作业，即是分出选矿产品的作业；3) 辅助作业，包括精矿加工（脱水）、集尘、厂内运输业务及供水供电等。

§ 6. 我国选矿事业的发展概况

在我国很早就已经开始应用重选法淘洗砂金、铁砂和锡砂，并应用分级原理制成了分离谷物中夹杂物的风车、陶瓷工业中也应用了水力分级的原理进行水澄。

由于我国长期处在落后的半封建半殖民地社会，工业得不到发展，一直到解放前夕我国的选矿事业还极为落后。我国钨矿储量占世界第一位，但在当时根本就没有建立机选厂，帝国主义掠夺我国资源，只采富矿，不采贫矿，祖国资源惨遭破坏。其他金属的选矿同样很落后，如铜、铅、锌、钼的浮选厂只有几个，日处理能力最多只能达到500吨左右，并且设备陈旧，流程简单、效率不高、技术经济指标落后，根本谈不上原料的综合利用。

中华人民共和国成立后，在国民经济恢复时期，对旧有的选矿厂进行了恢复，改建和扩建，此外，还建立了许多新的选矿厂。1953年大规模的经济建设开始以后，由于贯彻了党的优先发展重工业的方针，选矿事业也得到了飞跃的发展。以浮选厂为例，若以1952年处理的矿石量为1，则到1958年铁、铜、铅、钨、钼、锡等矿石的处理量为2~20倍。

在大跃进的年代里，在党的鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义的总路线的光辉照耀下，我国的选矿事业也实现了全面的跃进，呈现出一片欣欣向荣的局面。由于贯彻了党的“两条腿走路”的方针，各地出现了许多中、小型选矿厂。

现在我国建立了许多日处理量高达几万吨的选矿厂。在选矿工艺流程方面，正在日趋完善和合理，如浮选——水冶联合流

程、磁选—重选联合流程、磁选—浮选联合流程等的采用，大大提高了选矿指标。

原料综合利用方面，根据党提出的综合利用资源的指示，几年来取得了显著的成績。例如有的銅矿选矿厂，綜合回收了輝鉬矿；在一些錫、錫选矿厂中，用粒浮（包括台浮）泡沫浮选等方法，綜合回收了黃銅矿、方鉛矿、輝鉬矿、輝鉬矿、独居石、綠柱石、鈷英石等稀貴矿物。

在选矿技术經濟指标方面，也得到了巨大的提高和发展。由于选矿厂中，开展了高产优质的群众运动，选矿的四大指标——精矿品位、回收率、球磨机利用系数、設備运轉率都得到了大大的提高。

选矿设备的制造，在我国是从无到有。現在我国已能制造大型和重型的选矿机械，如 3200×3100 毫米球磨机，7 A大型浮选机，給矿口寬度为1200毫米的旋迴碎矿机等。現在正在研究高效率的新型选矿机械。

現在我国已能生产各种浮选葯剂，如黃葯、黑葯、二号浮选油、大豆油硫酸代皂，水玻璃等等，并試制成功了許多新型的浮选剂。

随着文教事业的大跃进，成批的选矿工程技术人員走向了建設祖國的崗位。选矿的科学研究工作，也大力的开展起来了，并取得了很大的成就。

随着科学技术的发展，选矿的理論和实践将会更加充实和完善起来。随着祖国社会主义建設事业的大跃进，我国的选矿科学将会以更大的速度繼續向前跃进。

第一篇 选矿前的准备作业

第一章 破碎筛分

§1. 矿石的物质组成及其结构分析

各种不同类型的矿石，主要由有用矿物和脉石两部分所组成。例如铁矿石，其中所包含的有用矿物主要有赤铁矿、磁铁矿、褐铁矿等，而脉石则有石英、角闪石、绿帘石等。每一种矿物都具有一定的化学成分和结晶形态。在自然界中纯粹由一种元素所组成的矿物是很少的，绝大多数都是由几种元素共同组成。而矿石是由矿物组成的，它们之间常以共生状态存在，共生愈细则组织愈致密。例如我国大部分的铁矿石往往是由铁矿物与石英组成很致密的结构组织，浸染粒度很细。选别这种细粒浸染的矿石时，事先需要破碎得很细，才能使铁矿物与石英颗粒形成单体分离状态。

依据近代固体结构的观念，各种矿物大都具有一定的结晶形态。在晶格间有各种类型的力在互相作用，这些力主要是由各种价键所引起的，而且多半具有电的性质。根据固体物质晶格间的结构，可以将它们分成如图2所示的四种不同的类型：原子型结构、分子型结构、离子型结构和金属型结构。

原子型结构的物体通常具有高的熔点和大的硬度，这是由于联结于原子间的共价键是很牢固的。金刚石可以作为具有这种结构的典型实例。分子型结构的特点在于晶格间是以分子间力（又