

冶金生产技术丛书

YEJIN SHENGCHAN JISHU CONGSHU

选矿知识



冶金工业出版社

74.4
164

冶金生产技术丛书

选矿知识

东北工学院选矿教研室 编

21558/06

冶金工业出版社

冶金生产技术丛书

选矿知识

东北工学院选矿教研室 编

*

冶金工业出版社出版

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

开本大32 印张 4 7/8 字数 120 千字

1974年4月第一版 1974年4月第一次印刷

印数00,001~16,700册

统一书号: 15062·3093 定价(科二) 0.43 元

出 版 说 明

在党的十大精神鼓舞下，我们冶金战线广大职工，认真学习十大文件，贯彻十大精神，继续贯彻执行鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义的总路线，贯彻执行“鞍钢宪法”，坚持独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国的方针，坚持无产阶级政治挂帅，大搞群众运动，充分发挥广大群众的干劲、智慧和创造性，坚定地沿着毛主席的无产阶级革命路线，抓革命、促生产，夺取革命与生产的新胜利。

为了适应冶金工业发展的需要，根据广大冶金工人学习生产技术知识的迫切要求，我们组织编写了一套《冶金生产技术丛书》，介绍冶金工业采矿、选矿、有色金属冶炼和加工，炼铁、炼钢、轧钢、金属材料等有关生产技术操作和基本知识，供冶金工人阅读，并给从事于冶金工业的干部和技术人员参考。

《选矿知识》是这套丛书之一。书中扼要地介绍了选矿的基本知识，包括矿物、矿石的一般概念，矿石的分类、破碎、磨矿和筛分等。还介绍了选矿厂常用的一些选矿方法，如：重力选矿、浮游选矿、磁选、电选等，同时引用了一些选矿厂的生产实例。

欢迎广大读者对书中的缺点或错误，提出批评和指正。

毛主席语录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

人民，只有人民，才是创造世界历史的动力。

一个粮食、一个钢铁，有了这两个东西就什么都好办了。

入门既不难，深造也是办得到的，只要有心，只要善于学习罢了。

目 录

出版说明

第一章 绪论	1
第一节 矿物、矿石的概念	1
一、矿物、矿石的概念	1
二、矿石的分类	1
第二节 选矿的目的和任务	3
第三节 选矿方法和选矿过程	4
一、选矿方法	4
二、选矿过程	5
第四节 选矿的工艺指标	5
一、品位	5
二、产率	6
三、选矿比	6
四、富矿比	6
五、回收率	7
第二章 矿石的破碎与磨碎	8
第一节 概述	8
一、破碎和磨碎的目的	8
二、破碎和磨碎阶段	8
三、破碎比	9
第二节 矿石的破碎	10
一、颚式破碎机（老虎口）	10
二、圆锥破碎机	11
三、辊式破碎机	15
四、冲击式破碎机	16
第三节 矿石的磨碎	16
一、磨矿机的工作原理	16

二、磨矿机的类型	18
三、影响磨矿机生产率的主要因素	24
第四节 筛分和分级	27
一、筛分	27
二、分级	30
三、筛析	32
第五节 破碎、磨碎流程	33
一、破碎筛分流程	33
二、磨矿分级流程	34
第六节 集尘	35
一、集尘的目的和意义	35
二、集尘装置和设备	35
第三章 重力选矿	37
第一节 概述	37
第二节 水力分级和洗矿	39
一、水力分级	39
二、洗矿	41
第三节 重介质选矿	42
一、概念	42
二、应用条件	42
三、种类	43
四、影响选分效果的因素	43
五、重介质选矿机	44
第四节 跳汰选矿	45
一、隔膜跳汰机	45
二、梯型跳汰机	47
三、影响跳汰选分过程的因素	47
第五节 溜槽选矿	50
一、扇形溜槽（或叫尖缩溜槽）	51
二、离心选矿机	52
三、螺旋选矿机	54

第六节 摇床选矿	55
第七节 风力选矿	58
第八节 重选厂实例	58
一、钨矿选矿厂	58
二、弱磁性铁矿石重选厂	60
第四章 浮游选矿	63
第一节 概述	63
一、浮选过程	63
二、矿物表面的润湿性	64
三、矿粒向气泡上的附着	66
第二节 浮选药剂	66
一、捕收剂	67
二、起泡剂	70
三、调整剂	72
四、新试制的几种浮选药剂	75
第三节 浮选设备	76
一、浮选机	76
二、调整槽	80
三、给药机	80
第四节 浮选工艺	82
一、磨矿粒度	82
二、矿浆浓度	82
三、药剂制度	83
四、充气和搅拌	83
五、浮选时间	84
六、水的质量和矿浆温度	84
七、浮选流程	85
第五节 各种矿石的浮选	88
一、铜矿石的浮选	88
二、多金属矿石的浮选	89
三、钼矿石的浮选	95

四、铁矿石的浮选	95
第五章 磁选	98
第一节 磁选基本原理	98
一、磁选过程	98
二、磁铁和磁场	98
三、磁化	100
四、矿物的磁性	101
第二节 磁选设备	102
一、磁选机的分类	102
二、磁选机的磁源和磁场	102
三、弱磁场磁选机	103
四、强磁场磁选机	109
五、预磁器和脱磁器	112
第三节 铁矿石的磁化焙烧	113
一、磁化焙烧的目的	113
二、分类	113
三、鞍山式竖炉	114
四、沸腾焙烧炉	115
第四节 磁选生产实例	116
一、铁矿石的磁选	116
二、锰矿石的磁选	119
三、稀有金属矿石的磁选	119
第六章 电力选矿及其它选矿法	121
第一节 电力选矿	121
一、概述	121
二、矿物的带电	121
三、电选机	122
第二节 其它选矿法	124
一、手选与光电选矿	124
二、摩擦选矿	125
三、化学选矿	126

第七章 选矿产品处理	132
第一节 概述	132
第二节 浓缩	133
一、中心传动式浓缩机	133
二、周边传动式浓缩机	133
三、倾斜浓密箱	135
第三节 过滤	135
一、外滤式真空圆筒过滤机	136
二、内滤式真空过滤机	137
三、圆盘式真空过滤机	137
四、过滤机的生产操作	139
第四节 干燥	139
第五节 尾矿的储存	140
第八章 选矿过程的取样和检查	142
第一节 概述	142
第二节 取样	142
第三节 选矿工艺过程的检查	143
一、矿石和精矿重量的测定	143
二、矿浆浓度的检查	143
三、矿浆酸碱度的检查	144
四、化学组成的检查	144
五、给药的检查	144
六、水分含量(湿度)的测定	145
第四节 选矿厂的金属平衡	145

第一章 绪 论

第一节 矿物、矿石的概念

一、矿物、矿石的概念

地球的外壳是由岩石组成的，岩石是由矿物组成的。矿物就是地壳中具有固定化学组成和物理性质的天然化合物或自然元素。

能够为人类利用的矿物，叫做有用矿物。含有有用矿物的矿物集合体，如其中有用成分的量在现代技术经济条件下能够回收加以利用时，这个矿物集合体叫做矿石。矿石的概念是发展的，随着工业技术的不断发展和国民经济日益增长的需要，过去由于有用成分含量低而被认为是废石的，现在可以有效地当做矿石进行处理。这在工业上是常见的。

有用矿物在地壳中的分布是不均匀的，由于地质作用，它们可富集在一起，形成巨大的矿石堆积。在地壳内或地表上矿石大量积聚具有开采价值的区域叫做矿床。

在矿石中，除了有用矿物外，几乎总是含有目前工业上尚不能利用的一些矿物，这些矿物称为脉石矿物。在矿石的利用上，首先要通过选矿把有用矿物和脉石矿物分开。

二、矿石的分类

矿石的种类很多，除了金属矿石和非金属矿石之分外，在金属矿石中还按金属存在的化学状态分成自然矿石、硫化矿石、氧化矿石和混合矿石。有用矿物是自然元素的矿石叫做自然矿石，例如：金、银、铂、元素硫等。硫化矿石的特点是其中有用矿物为硫化物，例如：黄铜矿（ CuFeS_2 ）、方铅矿（ PbS ）等。氧化矿

石中有用矿物是氧化物，例如：磁铁矿(Fe_3O_4)、赤铁矿(Fe_2O_3)等。混合矿石内既有硫化矿物，又有氧化矿物。对于有色金属矿石来说，所谓氧化矿石、混合矿石和硫化矿石是根据矿石氧化率（如铜矿石中氧化铜的铜含量占矿石中总的铜含量的百分数）进行划分的。例如：氧化率在30%以上的叫氧化铜矿石，氧化率在10~30%为混合矿石，氧化率在10%以下的叫硫化铜矿石。

当矿石中只含有一种有用金属时，称为单金属矿石；含有两种以上金属时，称为多金属矿石。

矿石的品位是用它里面含有有用成分的数量（一般用百分数）来表示（习惯上用希腊字母的 α 表示）。例如品位1%的铜矿石，意思就是矿石中金属铜的重量为矿石重量的百分之一。对于贵金属和稀有金属等（金、银、铂等），由于它们的含量一般都很低，所以其矿石品位常以每吨矿石中含有的克数来表示。

由于矿石的品位不同，工业上处理的方法也不同。所以习惯上根据矿石中有用成分的含量的差别，又分为富矿石和贫矿石。以铁矿石为例，其质量的评价，主要根据矿石品位和杂质（硫、磷）的含量，一般含铁20%以上都可看作是工业矿石，通常应用的标准见表1-1。

铁矿石品位的一般划分标准

表 1-1

矿 石 类 型	高 炉 富 矿 石		贫矿石的边界品位
	平均品位 (%)	最低品位 (%)	(即矿石的最低品位)(%)
磁铁矿矿石	50	45	20
赤铁矿矿石	48~50	45	30
褐铁矿矿石	48~50	40	30
菱铁矿矿石	30~35	30	25

对磁铁矿矿石而言：矿石品位大于45%就叫富矿，小于45%就叫贫矿；品位小于20%就被看做是废石，不当做铁矿石开采。富矿，一般不进行选矿，直接送去炼铁。贫矿，就必须经过选矿，提高其品位后，再进行炼铁。

第二节 选矿的目的和任务

从矿山开采出来的矿石，一般品位都比较低。例如很多铁矿石含铁只有20~30%，铜矿石含铜只有0.5~1%。这样的矿石直接进行冶炼不但技术上有困难，经济上也不合算。而且有一些矿石当其品位很低时，几乎不能进行冶炼。为了满足下一步处理的要求，对于品位低的贫矿石，在冶炼之前就需要用选矿的方法，将矿石中的脉石和有用矿物分开，使金属品位提高，得出适合于冶炼或其它部门要求的原料。

矿石中往往都含有几种有用成分（如铜、铅、锌，或铜锌，铜铁等），为了最充分的利用国家矿产资源，满足社会主义建设的需要，必须尽可能的将它们分别回收，选出符合要求的单独精矿。这样，只有经过选矿以后，才有可能合理地利用复杂的多金属矿石中的各种有用成分。

此外，矿石中除了主要有用成分外，常常含有对该成分处理的有害杂质。在冶炼中，有害杂质进入金属中则将影响金属的质量，有时会使冶炼过程复杂化甚至难以进行。例如：在铜和铅矿石中有害杂质为锌；锌矿石中的有害杂质为铁；铁矿石的有害杂质为硫、磷等。这些有害杂质必须在冶炼前用选矿的办法除去。

由此可知，选矿的任务就是分离有用矿物和脉石，把共生的有用矿物尽可能的相互分离成为单独的精矿，除去有害杂质，充分的、经济的、最合理的利用国家矿产资源。

冶炼前对矿石进行选矿，不仅在技术上是必须的，在经济上也是非常重要的。例如，若铜矿石中含铜1%（黄铜矿含3%），如不先进行选矿直接进行冶炼就很不经济。这时冶炼的原料中97%都是脉石（如石英、长石、云母等），火法冶炼过程中97%的脉石全部都要熔化，这就消耗了大量的燃料。在运输时，除3%的黄铜矿外，还要将97%的脉石运到冶炼厂，经过冶炼后97%的脉石变成炉渣，再从冶炼厂运出去。这样运输费用和加工费用都很

大。因此，如不先经选矿，那末这类矿床就被认为是没有利用价值的。经过选矿后，可从这样的矿石中得到品位不低于20%的铜精矿，铜精矿冶炼时，铜的回收率还会提高。

生产实践表明：铁精矿的品位对炼铁的影响是很大的，品位提高1%，则高炉的生铁产量可以提高2.5%，焦比下降1.5%。

从地壳内矿床的储量上来说，富矿量较少，贫矿较多。随着工业的发展，富矿远不能满足需要，必须大量利用贫矿。因此，大量的矿石需要选矿处理。例如美国，1957年经过选矿处理的铁矿石占整个入炉量的60%，而1962年便上升到84.6%；苏联1940年占9.2%，1965年增加到86%。

选矿是冶金工业必不可少的极其重要的一环。选矿技术的发展，大大地扩大了工业原料基地，从而使那些以前因为品位太低或成分复杂而不能在工业上应用的矿床变为有用的矿床。

第三节 选矿方法和选矿过程

选矿是根据矿石中各种矿物的物理性质和物理化学性质的不同而采用不同的方法将它们彼此分开，例如：粒度、形状、颜色、光泽、比重、摩擦系数、导磁性、导电性、矿物表面的润湿性等。根据这些不同的性质，选择不同的方法，以达到分选的目的。

一、选矿方法

最常用的选矿方法如下：

重力选矿法（或叫重选法）是根据矿物比重的不同及其在介质（水、空气或其它比重较大的介质）中具有不同的沉降速度进行分选的方法。重选法广泛地用来选别锡、钨、金和其它金属（如铁、锰等）的矿石，有色金属矿石、稀有金属矿石和非金属矿石的选别也常采用重选法。

磁选法是根据矿物的导磁性的不同来进行选矿的方法。主要用来处理黑色金属矿石和稀有金属矿石。

浮游选矿法（或叫浮选法）是根据矿物表面的润湿性的不同选分矿物的方法。浮选法应用的极为普遍，可用来处理绝大多数的矿石。

除上述三种主要方法外，还有电选法、光电选、手选、摩擦选等。这些选矿方法是使有用矿物与脉石进行机械的分离，因为用这些方法选矿的结果并不改变矿物本身的物理性质和化学性质，因此习惯上叫做机械选矿法。为了处理成分复杂的难选矿石，近来经常采用机械选矿法和化学处理方法的联合流程。例如：细菌浸出、化学药剂浸出、离析（焙烧）、浮选等方法。

二、选矿过程

为了把矿石中的有用矿物和脉石矿物相互分开，首先必须使矿石破碎到有用矿物单体解离的程度，这种程度叫做单体分离度。只有在有用矿物从矿石中单体解离出来的情况下，才能应用不同的选矿方法，把它选出来。为此，进入选矿厂的矿石（习惯上叫做原矿），通常都要经过破碎、磨碎等准备作业。经过选分后可得到有用矿物含量较高适合于冶炼加工的最终产品，叫做精矿。精矿分出后留下的产品，其中有用矿物含量很低，不需要进一步处理的或技术经济上不适于进一步处理的产品叫做尾矿。选分过程中，有时分出一部分半成品，需要进一步处理的产品，叫做中矿。

选分结果所得的精矿往往需要（如果是湿法选矿的话）脱水，在个别情况下脱水后的精矿还需要进行干燥。

因此，整个选矿过程通常由以下几个环节组成：破碎、磨碎、选分、产品脱水等。

第四节 选矿的工艺指标

为了评定选矿过程的效果，通常采用一些指标来表示。

一、品位

产品中金属的品位，是产品中该金属的重量对于产品重量之

比。品位用化学分析（或其它方法）确定，以百分数表示。例如：铜精矿品位为15%，就是说，一百吨干的精矿中含有十五吨金属铜。

产品的品位通常用希腊字母表示。 α （读阿尔法）表示原矿品位； β （读贝他）表示精矿品位； δ （读西他）表示尾矿品位。

二、产率

产品重量对原矿重量之比叫做该产品的产率。产率常以百分数表示。用希腊字母 γ （读伽玛）表示。例如：在选矿厂中每昼夜处理五百吨原矿石，获得三十吨精矿，精矿产率即为：

$$\begin{aligned}\gamma_{\text{精矿}} &= \frac{\text{精矿重量}}{\text{原矿重量}} \times 100\% = \frac{Q_{\text{精矿}}}{Q_{\text{原矿}}} \times 100\% \\ &= \frac{30}{500} \times 100\% = 6\%\end{aligned}$$

尾矿产率为：

$$\begin{aligned}\gamma_{\text{尾矿}} &= \frac{\text{原矿重量} - \text{精矿重量}}{\text{原矿重量}} \times 100\% = \frac{Q_{\text{原矿}} - Q_{\text{精矿}}}{Q_{\text{原矿}}} \times 100\% \\ &= \frac{500 - 30}{500} \times 100\% = 94\%\end{aligned}$$

或 $\gamma_{\text{尾矿}} = 100\% - \gamma_{\text{精矿}}$

三、选矿比

原矿重量对精矿重量之比值叫做选矿比。用它可决定获得一吨精矿所需处理原矿石的吨数。如上例的选矿比为：

$$\text{选矿比} = \frac{\text{原矿重量(吨)}}{\text{精矿重量(吨)}} = \frac{500}{30} = 16.7$$

四、富矿比

精矿中有用成分含量百分数（ β ）和原矿中有用成分含量百分数（ α ）之比值叫富矿比（或叫富集比）。这个比值表示精矿中有用成分的含量比在原矿中有用成分的含量增加多少倍。如硫

化铜矿，原矿中铜品位为1%，精矿中铜品位为25%，其富矿比为：

$$\text{富矿比} = \frac{\text{精矿品位}(\%)}{\text{原矿品位}(\%)} = \frac{\beta}{\alpha} = \frac{25}{1} = 25$$

五、回收率

选矿作业的目的是把原矿中的金属选入精矿，这个选分过程的完全程度用精矿中金属的重量对原矿中该金属重量的比来评定。这个比值叫做金属回收率。常用希腊字母 ε （读艾皮西龙）代表，用百分数表示。回收率的计算方法将在以后详细述及。

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，最合理最充分的利用矿产资源方面，成为一个不可缺少的工业部门。

解放前，我国长期处在落后的半封建半殖民地社会，在帝国主义、封建主义和官僚资本主义这三座大山的压榨下，使得我国的选矿工业同其它工业一样处于非常落后的状态。解放后，在党中央和毛主席的英明领导下，选矿工业得到飞速地发展。特别是无产阶级文化大革命以来，冶金工业战线在“鞍钢宪法”的光辉照耀下，广大工人、干部、技术人员大打矿山之仗，狠抓矿石原料的生产，选矿工业呈现出一派欣欣向荣的景象。一大批大、中、小型选矿厂如雨后春笋般相继建立，如大型液压破碎机、自磨机、永磁磁选机、强磁场磁选机、离心选矿机、振动溜槽、浮选柱等新工艺、新设备、新产品大量出现，选矿工艺指标不断提高。

目前国内外选矿技术的发展趋势是：提高选矿机械的效率；利用各种手段强化选矿过程；发展和应用各种组合的联合流程，包括选矿方法的各种组合以及选矿方法和热力、化学方法的组合，提高金属回收率和精矿质量；利用各种方法处理难选矿石、贫矿以及冶炼渣；加强研究新技术在选矿过程中的应用等。