

矿产工业利用手册

中国地质信息中心

矿产工业利用手册

董智虞 编

中国地质信息中心

前 言

矿产资源是自然赋予人类的宝贵财富。国家的强盛，人民的富裕，在很大程度上有赖于矿产资源的充分合理利用。矿产的利用是现代科学技术的重要门类之一，它对于我国的四化和改革，涉及到开放搞活、经济建设和脱贫致富，都有密切的关系。

关于矿产工业利用，在当今形势下，越来越引起人们的兴趣和重视，但是由于我国过去的基础比较差，文化水平低，科学技术落后，虽然解放近四十年来，在各方面都有很大的发展，矿产的工业利用也著有成绩，可是与先进国家相比，仍有很大差距，还有待于奋起直追，迎头赶上，其根底在于学习和掌握科学技术知识和本领。当今有关矿产工业利用的书籍和资料，比较全面、系统的较少，使用起来，感到欠缺。对于矿产，从始到终都是围绕利用和为了利用，其利用中就有互相联系、不可分割的环节。本手册试图从矿产工业生产利用内在有序的联系，编成比较全面和系统的实用材料，力求内容精要，便于了解和掌握，给读者的工作上带来方便，对提高科学技术水平和加强业务本领，也有所裨益。

本手册内容分两篇：第一篇“矿产工业利用总则”，主要是概述矿产工业利用的一般原则和基本方法；第二篇“分类矿产的工业利用”，包括黑色金属、有色金属、贵金属、稀有金属、非金属（含化工）和燃料等门类主要矿产的主元

素性质、用途、矿物及矿石、选矿方法和提取冶金（化工）方法。凡从事矿产的地质勘查、采矿、选矿、冶金、化工、建材、轻工、技术经济、物资工作的人员均适合使用，又可作为高、中等院校有关矿产各专业教学和学习的参考。

本手册的内容多、涉及面广，其原始材料不可能出于一人之手，而是从大量的资料中经收集、整理、取其精华，编写而成，其中也辑入编者自己的实践经验和著作。

编者采用了大量资料，作为参考或直接摘用，在此谨向有关资料的著者、编者、译者致以谢意。

本手册的编写，由于水平所限，难免有错误之处，请指正。

编 者

一九八九年一月

目 录

第一篇 矿产工业利用总则.....	(1)
第一章 绪论.....	(1)
第一节 矿产、矿物、矿石、岩石的概念.....	(1)
第二节 矿产工业利用的主要环节和原则要求.....	(2)
第二章 矿物及矿石的性质与选矿的关系.....	(4)
第一节 矿物及矿石的性质.....	(4)
第二节 矿物的性质与选矿关系.....	(13)
第三章 拟定选矿工艺流程的基本原则与选矿参考指标.....	(15)
第一节 拟定选矿工艺流程的基本原则.....	(15)
第二节 选矿参考指标.....	(18)
第四章 选矿前的准备.....	(19)
第一节 破碎与筛分.....	(19)
第二节 磨矿与分级.....	(23)
第五章 选矿.....	(28)
第一节 选矿中的常用名词.....	(28)
第二节 重力选矿法.....	(32)
第三节 磁力选矿法.....	(38)
第四节 浮游选矿法.....	(44)
第五节 电力选矿法.....	(50)
第六章 提取冶金.....	(55)

第一节	冶金工业和化学工业的相互关系	(57)
第二节	冶金方法的分类	(57)
第三节	火法冶金	(58)
第四节	湿法冶金	(75)
第七章	矿产勘查阶段矿石选冶试验程度	(96)
第一节	矿石选冶试验在矿产勘查工作中的重要性	(96)
第二节	矿石选冶试验程度的分类	(98)
第三节	矿产勘查各阶段矿石选冶试验程度的基本要求	(103)
第四节	矿产勘查阶段对冶金试验的运用	(107)
第五节	矿石伴生有用元素或组份的综合评价	(108)
第六节	选冶试验程度的法规	(110)
第二篇	分类矿产的工业利用	(113)
第八章	铁矿	(113)
第一节	铁的性质	(113)
第二节	铁的用途	(113)
第三节	铁矿物及矿石	(115)
第四节	铁矿的选矿	(120)
第五节	铁的冶炼	(136)
第九章	锰矿	(177)
第一节	锰的性质	(177)
第二节	锰的用途	(178)
第三节	锰矿物及矿石	(179)
第四节	锰矿的选矿	(184)

第五节	锰的冶炼	(188)
第十章	铬矿	(201)
第一节	铬的性质	(201)
第二节	铬的用途	(202)
第三节	铬矿物及矿石	(202)
第四节	铬矿的选矿	(204)
第五节	铬的冶炼	(208)
第十一章	钛矿	(212)
第一节	钛的性质	(212)
第二节	钛的用途	(213)
第三节	钛矿物及矿石	(215)
第四节	钛矿的选矿	(216)
第五节	钛的冶炼	(222)
第十二章	钒矿	(237)
第一节	钒的性质	(237)
第二节	钒的用途	(238)
第三节	钒矿物及矿石	(238)
第四节	钒矿的选矿	(239)
第五节	钒的冶炼	(241)
第十三章	铜矿	(246)
第一节	铜的性质	(246)
第二节	铜的用途	(246)
第三节	铜矿物及矿石	(247)
第四节	铜矿的选矿	(249)
第五节	铜的冶炼	(257)
第十四章	铅矿	(266)
第一节	铅的性质	(266)

第二节	铅的用途	(268)
第三节	铅矿物及矿石	(268)
第四节	铅矿的选矿	(270)
第五节	铅的冶炼	(280)
第十五章	锌矿	(307)
第一节	锌的性质	(307)
第二节	锌的用途	(308)
第三节	锌矿物及矿石	(309)
第四节	锌矿的选矿	(310)
第五节	锌的冶炼	(311)
第十六章	铝矿	(319)
第一节	铝的性质	(319)
第二节	铝的用途	(320)
第三节	铝矿物及矿石	(320)
第四节	铝矿的选矿	(325)
第五节	铝的冶炼	(328)
第十七章	镁矿	(346)
第一节	镁的性质	(346)
第二节	镁的用途	(346)
第三节	镁矿物及矿石	(347)
第四节	镁矿的选矿	(350)
第五节	镁的冶炼	(352)
第十八章	镍矿	(356)
第一节	镍的性质	(356)
第二节	镍的用途	(357)
第三节	镍矿物及矿石	(358)
第四节	镍矿的选矿	(360)

第五节	镍的冶炼	(376)
第十九章	钴矿	(395)
第一节	钴的性质	(395)
第二节	钴的用途	(396)
第三节	钴矿物及矿石	(397)
第四节	钴矿的选矿	(399)
第五节	钴的冶炼	(412)
第二十章	钨矿	(420)
第一节	钨的性质	(420)
第二节	钨的用途	(421)
第三节	钨矿物及矿石	(422)
第四节	钨矿的选矿	(425)
第五节	钨的冶炼	(437)
第二十一章	锡矿	(447)
第一节	锡的性质	(447)
第二节	锡的用途	(448)
第三节	锡矿物及矿石	(448)
第四节	锡矿的选矿	(450)
第五节	锡的冶炼	(459)
第二十二章	钼矿	(466)
第一节	钼的性质	(466)
第二节	钼的用途	(467)
第三节	钼矿物及矿石	(468)
第四节	钼矿的选矿	(470)
第五节	钼的冶炼	(477)
第二十三章	汞矿	(491)
第一节	汞的性质	(491)

第二节	汞的用途.....	(493)
第三节	汞矿物及矿石.....	(493)
第四节	汞矿的选矿.....	(495)
第五节	汞的冶炼.....	(496)
第二十四章	锑矿.....	(505)
第一节	锑的性质.....	(505)
第二节	锑的用途.....	(506)
第三节	锑矿物及矿石.....	(507)
第四节	锑矿的选矿.....	(508)
第五节	锑的冶炼.....	(512)
第二十五章	金矿.....	(519)
第一节	金的性质.....	(519)
第二节	金的用途.....	(520)
第三节	金矿物及矿石.....	(520)
第四节	金矿的选矿.....	(521)
第五节	金的冶炼.....	(526)
第二十六章	银矿.....	(563)
第一节	银的性质.....	(563)
第二节	银的用途.....	(563)
第三节	银矿物及矿石.....	(564)
第四节	银矿的选矿.....	(565)
第五节	银的冶炼.....	(568)
第二十七章	锂矿.....	(573)
第一节	锂的性质.....	(573)
第二节	锂的用途.....	(573)
第三节	锂矿物及矿石.....	(574)
第四节	锂矿的选矿.....	(575)

第五节	锂的冶炼.....	(577)
第二十八章	铍矿.....	(581)
第一节	铍的性质.....	(581)
第二节	铍的用途.....	(582)
第三节	铍矿物及矿石.....	(583)
第四节	铍矿的选矿.....	(584)
第五节	铍的冶炼.....	(598)
第二十九章	钽铌矿.....	(603)
第一节	钽、铌的性质.....	(603)
第二节	钽、铌的用途.....	(605)
第三节	钽、铌矿物及矿石.....	(606)
第四节	钽、铌矿的选矿.....	(608)
第五节	钽、铌的冶炼.....	(616)
第三十章	锆铪矿.....	(632)
第一节	锆、铪的性质.....	(632)
第二节	锆、铪的用途.....	(633)
第三节	锆铪矿物及矿石.....	(635)
第四节	锆铪矿的选矿.....	(636)
第五节	锆、铪的冶炼.....	(638)
第三十一章	稀土矿.....	(655)
第一节	稀土的性质.....	(656)
第二节	稀土的用途.....	(658)
第三节	稀土矿物及矿石.....	(660)
第四节	稀土矿的选矿.....	(662)
第五节	稀土的冶炼.....	(668)
第三十二章	磷矿.....	(677)
第一节	磷的性质.....	(677)

第二节	磷的用途.....	(677)
第三节	磷矿物及矿石.....	(678)
第四节	磷矿的选矿.....	(682)
第五节	磷产品的生产.....	(693)
第三十三章	硫铁矿.....	(706)
第一节	硫的性质.....	(706)
第二节	硫的用途.....	(707)
第三节	硫铁矿物及矿石.....	(708)
第四节	硫铁矿的选矿.....	(712)
第五节	硫产品的生产.....	(714)
第三十四章	硼矿.....	(721)
第一节	硼的性质.....	(721)
第二节	硼的用途.....	(722)
第三节	硼矿物及矿石.....	(723)
第四节	硼矿的选矿.....	(726)
第五节	硼产品的生产.....	(729)
第三十五章	重晶石、毒重石.....	(737)
第一节	重晶石、毒重石的性质.....	(737)
第二节	重晶石、毒重石的用途.....	(738)
第三节	重晶石、毒重石的质量要求.....	(738)
第四节	重晶石、毒重石的选矿.....	(740)
第五节	钡产品的生产.....	(745)
第三十六章	石墨矿.....	(747)
第一节	石墨的性质.....	(747)
第二节	石墨的用途.....	(747)
第三节	石墨矿物及矿石.....	(748)
第四节	石墨矿的选矿.....	(749)

第五节	石墨产品的生产.....	(753)
第三十七章	煤.....	(756)
第一节	煤的分类和分级.....	(757)
第二节	煤的性质.....	(764)
第三节	煤的用途.....	(768)
第四节	煤的质量要求.....	(768)
第五节	选煤.....	(775)

第一篇 矿产工业 利用总则

第一章 绪 论

第一节 矿产、矿物、矿石、岩石的概念

一、矿产 凡是由地质作用所形成的，而且能为人们的生产和生活所利用的天然产物，统称为矿产。矿产资源是国家从事建设的重要物质基础和保证，丰富的矿产资源是国家实力的优势。

二、矿物 矿物是指由地质作用所形成的天然单质或化合物，它们具有相对固定的化学组成，固态者还具有确定的内部结构；它们有一定的物理化学性质。目前已发现的矿物总数约有3300多种，各自都有确定的化学组成，但在一定的小范围内可有变异。矿物绝大多数是固态的无机物，如金刚石C、黄铁矿 FeS_2 、方解石 CaCO_3 等等；液态矿物如自然汞等，有机矿物如琥珀 $\text{C}_{20}\text{H}_{32}\text{O}_2$ 等。但后两者为数仅有几十种。在固体矿物中，绝大部分又都是晶体，属于所谓的晶质矿物，即内部质点（原子或离子）呈规则排列而具有一定结构的固态矿物。晶质矿物在其生长过程中，如果不受空间限制，都能自发地成长为具有规则几何外形的结晶多面体。另有很少部分固态矿物属于非晶质矿物，即内部结构中质点不成规则排列的凝固矿物。

矿物不是固定不变的。相对于形成时的条件而言，当所

处的地质环境改变到一定程度时，已形成的矿物便将发生相应的变化，改组成能在新的物理化学条件下稳定的矿物。

三、矿石 矿石是指在地壳中从有用矿物较集中的地方开采出来的固体物质。一般由有用的矿物和无用的矿物组成。矿石必须具有在当前技术和经济条件下，能从其中提取一种或数种有工业价值的元素。

四、岩石 岩石是指由一种或几种矿物比较均匀组成的集合体。而其用途不是从中提取一种或数种有工业价值的元素，而是用其整个集合体。岩石也是具有一定的化学成分和矿物成分、结构和构造。一般指性质坚硬的种类，但广义的岩石也包括自然产生的松散的砂泥和火山碎屑等。按成因可分为火成岩、沉积岩和变质岩三大类。

第二节 矿产 工业利用的主要环节和原则要求

矿产在工业上的利用，系根据矿石的种类，物质组成，物理、化学性质，以及产品方案和质量要求等，来确定其技术加工处理的方法和途径。

矿石在工业利用的技术加工处理的环节，对于开采出来的矿石在主要有用元素或组份的品位以及有害和无用杂质的含量，均能满足冶金化工矿物原料质量的要求时，就直接应用于冶金化工等工业的生产，但是能够直接利用的矿石总是少数，加以矿石开发利用的时间已久，数量也愈来愈多，富矿、单一的矿越用越少，则不得不利用贫矿、杂矿。贫、杂矿石的主要有用元素或组份的品位低而有害杂质含量高，如果直接利用除了给生产技术造成麻烦和困难之外，还必然会

增高生产成本，降低经济效益，甚至只亏不盈。仅以铁矿石的Fe品位来说，如果Fe品位增加1%，则焦比将降低2%而产量将增加3%，其他矿石的品位也不同程度地影响到利用的技术经济问题。除特殊的要求外，当然也不是说对贫矿必需想方设法富集到最高品位，越高越好。由于富集至最高品位，则工艺复杂，程序太多，各方面的消耗也较大，必然是增高成本，降低经济效益，是不可不考虑的。所以在工业生产上要求的是具经济品位，在此原则下，则要求最佳的经济品位。这是从技术上和经济上两个方面同时去考虑问题，才能符合生产的需要。

从提高矿石的有用元素或组份的品位，以及降低矿石有害和无用杂质的含量，使之达到符合工业生产利用原料质量要求的基点出发，将矿石中有用元素或组份的矿物进行富集回收，相对地也是将矿石中的有害或无用的杂质予以降低、清除，其产品仍呈矿物形态。采用机械和物理作用处理矿石，使矿物分选的过程，就是选矿。

分选富集出来的有用矿物达到工业生产利用的质量（主要是主要有用元素或组份的品位以及有害和无用杂质的含量）进一步提供冶金、化工工业利用。但是难选矿石或品位过低而选矿费用很高的矿石，则在技术上可行、经济上合理的条件下，采用适宜的提取冶金、化工方法直接处理矿石。

冶炼是指利用矿物的热力性质和化学性质，使之发生本质的变化，生产出能为建设和生活上利用的金属、化工原材料。

选矿与冶炼（冶金、化工）是矿石工业利用的两个主要环节，选矿是为了冶炼，冶炼是选矿的继续。总的目的是，最终要求生产出质量合格，成本低廉的产品。

第二章 矿物及矿石的性质与选矿的关系

第一节 矿物及矿石的性质

一、光学性质

矿物或矿石的光学性质，是它们对光线折射和反射时所表现的特性，有颜色、条痕色、透明度和光泽等。这些性质是彼此相互关联的。

（一）颜色

矿物或矿石的颜色，是由于它们对自然光中不同波长的光波吸收程度不同的结果。如果对各种波长的光波普遍而又均匀地吸收，则随吸收程度不同而呈现黑（几乎全吸收）、灰、白色；如果只吸收其中某些波长的光，则呈现出另一部分波长光的混合色。

矿石的颜色是组成该矿石的矿物颜色的总和，在一定范围内反映矿石的物质成分。

（二）条痕色

矿物在未上釉的瓷板（条痕板）上擦划时，所显示的粉末颜色。

在磨矿车间，从球磨机或分级机排矿口所看到的溢流颜色，为矿石的粉末色，它近似条痕色。根据这种颜色可以判断矿石贫、富或品位高低的变化。

在浮选中，精选槽里的泡沫颜色也在很大程度上反映了该精矿的条痕色，如辉钼矿的泡沫为黑灰色，黄铜矿的泡沫