

矿石学

西安冶金建筑学院
江西大吉山钨矿《矿石学》编写组编

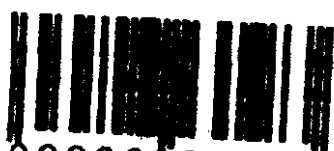
人民地质出版社

1894

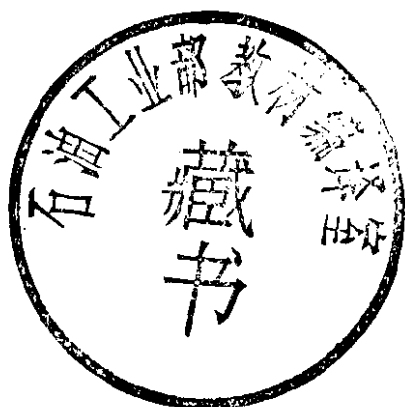
矿 石 学

西安冶金建筑学院
江西大吉山钨矿《矿石学》编写组编

5108/33



00266093



200392663

人民教育出版社

矿 石 学

西安冶金建筑学院《矿石学》编写组编
江西大吉山钨矿

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

1976年4月第1版 1976年12月第1次印刷

书号 15012·015 定价 0.88 元

列宁语录

“学校应当成为无产阶级专政的工具”。

学习、教育和训练如果只限于学校以内，而与沸腾的实际生活脱离，那我们是不
会信赖的。

无论是脱离生产劳动的教学和教育，或是没有同时进行教学和教育的生产劳动，都不能达到现代技术水平和科学知识现状所要求的高度。

毛主席语录

教育必须为无产阶级政治服务,必须同生产劳动相结合。

“教材要彻底改革”。

开发矿业。

马克思主义的哲学认为十分重要的问题,不在于懂得了客观世界的规律性,因而能够解释世界,而在于拿了这种对于客观规律性的认识去能动地改造世界。

前 言

在毛主席无产阶级革命路线的指引下，在党的“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”总路线的光辉照耀下，我国社会主义革命和社会主义建设事业蓬勃发展。遵照伟大领袖毛主席“教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合”的伟大教导，无产阶级文化大革命以来，教育战线广大师生以阶级斗争为纲，深入批判资产阶级，批判修正主义教育路线，在三大革命实践中，接受工人阶级、贫下中农的再教育，实行开门办学，使教育战线发生了深刻变化，取得了很大成就。几年来，我们同工农兵学员一道，沿着“教育要革命”、“教材要彻底改革”的方向，深入现场，与工人、技术人员三结合，针对三大革命运动和选矿专业教学的实际需要，按照辩证唯物主义的认识论组织教学，并在反复实践的基础上，对旧的课程体系进行了改革，编写了这门《矿石学》新教材。

在改革教材的过程中，我们对以下几方面作了一些初步尝试：

一、初步摆脱选矿专业按传统的地质学课系统组织教材的旧课程体系，努力总结、反映生产实践中矿石性质与选矿生产客观的内在联系，力图按照“矿石组合”（矿石中 useful 矿物与脉石的共生组合）与“选矿分离”（选矿生产中有用矿物与脉石的有效分离）的客观矛盾运动来建立课程的新体系，将文化大革命前的《矿物学》、《岩石学》、《矿床学》、《岩相学和矿相学》四门课合并，改编为现在的《矿石学》；

二、坚持辩证唯物主义的观点，按照由浅入深、由表及里的认

识规律和理论与实践紧密联系的原则,以矿石为中心,以矿石的物质组成——矿物及矿石的性质——矿石的形成——矿石的工业类型及综合利用——矿石及选矿产品的显微镜分析为主线,组织新的课程内容和教材体系;

三、破除旧教材中人为分割矿物、岩石、矿床成因的现象,按照事物发展的客观规律,把它们的成因有机地合并在一起。此外,把与选矿方法密切相关的矿物及矿石的性质也合并一起介绍;

四、按照“少而精”的原则,大力去掉旧教材中重复烦琐的内容。在文字上力求通俗易懂,便于工农兵学员自学。

本书可供高等院校金属选矿专业工农兵学员学习,也可供从事金属选矿的工人、技术人员参考。

本书由西安冶金建筑学院选矿专业及江西大吉山钨矿共同编写,在编写过程中得到有关领导及同志们的大力支持及帮助,给我们提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢!

由于我们路线觉悟不高,业务水平和实践经验有限,在教材体系和内容安排上可能尚有不当之处,希望广大读者批评、指正。我们决心在今后的实践中,沿着“教材要彻底改革”的方向继续前进!

西安冶金建筑学院
江西大吉山钨矿《矿石学》编写组

一九七六年四月

目 录

第一章 矿石的物质组成概述.....	1
第一节 矿石的化学组成.....	1
一、矿石中化学组成的查定.....	3
二、矿石中有益、有害元素的赋存状态	6
第二节 矿石的矿物组成.....	10
一、矿石中矿物组成的分析.....	10
二、矿物的形态.....	11
第三节 矿石的结构、构造.....	25
一、矿石的结构.....	26
二、矿石的构造.....	27
第二章 矿物及矿石的性质	30
第一节 光学性质	32
一、颜色.....	32
二、条痕色.....	33
三、光泽.....	33
四、透明度.....	35
五、发光性.....	35
第二节 力学性质	36
一、硬度.....	36
二、解理与断口.....	38
三、比重及体重.....	40
四、韧性.....	44
第三节 电学性质	45
一、导电性.....	45
二、荷电性.....	47
第四节 磁学性质	47
一、强磁性矿物.....	48

二、中磁性矿物	48
三、弱磁性矿物	48
四、非磁性矿物	48
第五节 其它性质	49
一、矿物的润湿性	49
二、矿石的氧化	51
三、矿石的泥化程度	53
四、可溶性	53
第三章 矿物的鉴定和分类	57
第一节 矿物的鉴定方法	57
一、肉眼认识矿物的方法	57
二、常用的鉴定方法	58
第二节 矿物的分类及命名	60
一、矿物的分类	60
二、矿物的命名	63
第三节 矿物分述	63
一、钢铁工业矿物	63
二、有色工业矿物	67
三、稀有及贵重金属矿物	74
四、其它矿物	75
第四章 矿石的形成	84
第一节 成矿的地质作用及矿石的成因分类	84
一、成矿的地质作用	84
二、岩石、矿床及其矿石的成因分类	85
第二节 岩浆岩与内生矿床及其矿石	86
一、岩浆的概念	86
二、岩浆活动及其产物	87
三、主要岩浆岩	88
四、内生矿床及其矿石	90
第三节 沉积岩与外生矿床及其矿石	98
一、沉积岩与外生矿床的形成过程	98
二、主要沉积岩	100
三、主要外生矿床及其矿石	102

第四节 变质岩与变质矿床及其矿石	107
一、概述	107
二、常见的变质岩	108
三、主要变质矿床及其矿石	109
第五章 矿石类型及综合利用	111
第一节 评价矿床的工业指标	111
一、品位、储量的概念	111
二、评价矿床的工业指标	112
第二节 矿石类型	114
一、矿石类型的分类	114
二、主要矿种的矿石工业类型简述	118
第三节 矿石的综合利用	132
一、矿石综合利用的目的、意义和可能性	132
二、选矿工作者在矿石综合利用中应注意的问题	135
第六章 反光显微镜及金属矿物的镜下特征	136
第一节 显微镜的类型及用途	136
一、实体显微镜	136
二、偏光显微镜	139
三、反光显微镜	139
第二节 反光显微镜的构造、调节和保养	139
一、反光显微镜的构造	139
二、反光显微镜的调节	145
三、显微镜的保养	149
第三节 矿物反光性质的观察	150
一、自然光和单偏光镜下的观察	152
二、正交偏光镜下的观察	158
第四节 矿物其它性质的镜下观测	160
一、矿物硬度的观测	160
二、矿物韧性的观测	163
三、矿物磁性的观测	163
第五节 矿物在显微镜下的系统鉴定	164
一、观察步骤	164
二、矿物镜下系统鉴定表	164

第七章 原矿的显微镜分析175

第一节 原矿中矿物的镜下鉴定175

一、原矿中矿物鉴定的目的175

二、原矿中矿物鉴定的方法176

第二节 原矿组成定量的方法177

一、原矿中矿物含量的测定方法177

二、原矿中 有用组分的含量计算183

第三节 原矿中矿物粒度的分析方法184

一、原矿粒度分析的意义184

二、粒度分析方法186

第四节 矿石中矿物的嵌布特征和连生特征192

一、有用矿物的嵌布特征及其对选矿的影响192

二、有用矿物的连生特性、矿石结构特征及其对选矿的影响195

第八章 选矿产品的显微镜分析198

第一节 选矿产品显微镜分析的内容198

一、产品中 有用矿物的单体解离度和连生体的连生特性199

二、各种选矿产品显微镜分析的具体要求201

第二节 选矿产品的显微镜分析方法202

一、筛水析样品的分析方法202

二、全样分析方法208

三、显微镜分析的精确度212

附 录 矿石取样和磨片方法215

一、取样215

二、磨片219

第一章 矿石的物质组成概述

在选矿生产实践中，我们看到用不同的选矿方法分选不同的矿石。如用浮选法分选铜矿石，用磁选法分选由磁铁矿组成的铁矿石，用重选法分选锡矿石等等。同时也看到用同一选矿方法可以分选不同的矿石，如铜、铅、锌、钼等的矿石均采用浮选法。有时同一矿山或同一矿床又采用不同的选矿方法。如在鞍山铁矿既有磁选，又有焙烧磁选，还有浮选。所有这些都是因为矿石性质不同的缘故。矿石一般是指符合工业要求的矿物集合体，由一种或多种有用矿物与脉石组成，具有一定的结构构造。因此，矿石的性质又是由其物质组成及结构构造所决定。我们研究矿石的物质组成，不仅可以了解矿石的质量特性，还可得到矿石技术加工工艺方面的原始数据。

矿石物质组成的研究内容主要包括矿石的化学组成、矿物组成及结构构造关系等。现以陕西某钼矿两种不同类型的矿石为例，说明其物质组成的情况，见表 1-1。

从此表不难看出，不同类型的矿石，其化学组成、矿物组成及结构构造均有差异。只有了解了这些，才能进一步弄清矿石的性质，为确定选矿工艺打下基础。下面就这些内容分别加以介绍。

第一节 矿石的化学组成

选矿工人、技术人员了解矿石的化学组成，其目的不仅要了解矿石中有些什么元素，而且要弄清哪些是有益的？哪些是有害

的？它们的含量如何？各呈什么状态存在？为此必须对各种化学成分进行查定，以便在选矿过程中采取有效的手段分选它们。

从上例可以看出，在矿石的化学组成中，除一些是元素外，还

表 1-1 某钼矿两种不同类型的矿石的物质组成

组 成	含 量 %	类 型 及 构 造	
		变质安山岩型矿石	花岗斑岩型矿石
		浸染状、脉状条带状	浸 染 状
化 学 组 成	SiO ₂	55.18	73.38
	Al ₂ O ₃	12.17	10.46
	MgO	3.06	0.17
	CaO	3.14	1.04
	MnO	0.24	0.074
	S	3.44	4.29
	Fe	7.91	4.65
	Cu	0.033	0.0091
	Mo	0.124	0.133
	Co	0.0045	0.0027
	TiO ₂	0.99	0.125
	BeO	0.022	0.0011
	Ga ₂ O ₅	0.015	0.002
	Zn	0.002	0.18
矿 物 组 成	金属矿物	辉钼矿、黄铁矿、闪锌矿、磁铁矿、钛铁矿、磁黄铁矿、褐铁矿、黄铜矿、软锰矿	
		方铅矿、辉铜矿、锡石	无
	脉石矿物	石英、长石、黑云母、白云母、绢云母、萤石、绿帘石、高岭石、楣石	
		方解石、铁锂云母、柘榴石、霞石	无

有很多是氧化物，这是因为这些氧化物在矿石中可以作为一种组分加以分析利用。在各种矿石与岩石(除单一的外)中，都有一些比较普遍存在的基本氧化物，它们主要是 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 Na_2O 、 K_2O 等。因此，在对矿石的化学成分进行查定时，常常用元素或元素与基本氧化物来表示矿石中化学组成的情况。不同矿种或同一矿种不同的矿石类型(如表 1-1)，其基本氧化物及元素的含量是不相同的，其中主要有益、有害元素也有差异，这都要靠查定来解决。

一、矿石中化学组成的查定

在进行矿石化学成分的查定时，一般先做光谱分析，测定矿石中有哪些有益、有害组分及其大致的含量，以便了解矿石的化学成分，不致将某些少量元素或稀有元素遗漏。在此基础上再对其中某些主要元素进行化学分析，以查明它们的精确含量。有时还需要进行物相分析，以查明某些组分的赋存状态。

今以某变质铁矿矿石为例，说明其化学成分查定工作的程序及其结果的分析。

(一) 光谱分析

光谱分析是利用元素受热后能够发出一定波长的光波的原理，来测定矿石中所含的化学成分。由于光谱分析所需的试样少(几毫克到几十毫克)，灵敏度高，可同时测定许多元素而不需要事先分离样品，具有操作迅速、简便等优点，因而在矿石化学组成查定工作中得到广泛应用。但是光谱分析也有一定的局限性，它不能测定惰性气体(He 、 Ne 、 Ar 、 Kr 、 Xe 、 Rn)、卤素(F 、 Cl 、 Br 、 I)、普通气体(H 、 CO_2 、 N 、 O)以及 S 、 Ra 、 Ac 、 Po 等。对测定微量的 B 、 As 、 Hg 、 P 、 K 、 Na 等，也需要特殊处理或采用特殊装置。对不同的元素，光谱分析的灵敏度有所不同，一般是百分之几到千分之

几。目前，大多数有色、稀有金属和分散元素均可作定量光谱分析。如 Cu、Al、Pb、Zn、Sn、Ti、Mo、Nb、Ta、Zr、Li、Be、Rb、Cs、Ge、In、Cd、Tl、Sc 等。定量分析的相对误差随被测元素含量的不同，平均为 8~15%。

在进行矿石化学成分普查时，一般作定性或半定量分析。表 1-2 所示，为某矿三个样品的光谱分析结果。

表 1-2 光谱定性分析结果

含 量 元 素	样 品 号					
	№ 1		№ 2		№ 3	
Fe	主	要	主	要	主	要
Si	多	量	多	量	多	量
Al	少	量	少	量	少	量
Ti	少	量	少	量	少	量
Mn	少	量	少	量	少	量
Mg	少	量	少	量	少	量
Ni	微	量	微	量	微	量
Ca	微	量	微	量	微	量
Sn	微	量	微	量	微	量
Ba	微	量	微	量	微	量
V	微	量	微	量	微	量

这是一种定性分析。有时也作半定量分析。其含量范围有 >10%、10~1%、1~0.1%、0.1~0.01%、0.01~0.001%、<0.001% 等。但其相对误差较大，约为 30~50%。

一般在光谱定性或定量分析的基础上，才能正确地拟定多元素或全分析的项目，以便精确测定有益、有害组分的含量，从而确定哪些元素可以综合回收，及其回收指标；哪些元素是有害组分，应设法分选，变害为益，综合利用。例如上表三个矿样，经光谱分析得知：主要元素均为铁，多量硅，少量铝等。据此，可以初步判断，三个样品可能为铁矿石。这时，应按铁矿石的要求拟定主要元

素的化学分析项目。

(二) 化学分析

化学分析是将拟分析的物质与试剂在溶液中作用，产生有色反应或沉淀，从而测定元素的种类与数量。它的适用范围很广，多用于硅酸盐定量分析，以及多金属、稀有元素、分散元素的定量测定，精确度较高。缺点是需用时间长，同时要 1~5 克或更多的试样。

目前常采用定量微量化学分析法，只需要 30 毫克或稍多的样品，精度不亚于一般的定量分析。下表是某铁矿的化学分析资料。

表 1-3 主要化学成分分析结果

样品号	元 素								
	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	TiO ₂	P	S
№ 1	30.37	46.38	4.34	0.06	1.06	0.435	0.311	0.0189	0.05
№ 2	24.28	52.35	4.215	0.37	1.72	2.328	0.374	0.0397	0.38
№ 3	21.36	57.29	3.06	0.66	2.26	2.221	0.25	0.0359	0.207

通过上述两个查定方法所得的数据，可以初步判定该矿石具有以下性质：

1. 该矿石为含铁矿石。含 Fe 品位最低为 21.36%、最高 30.37%，三个样品的算术平均值为 25.40%，属于贫铁矿石。因此，必须进行选矿富集，才能作为炼铁原料，并需查明铁的赋存状态，方能采取有效的分选方法。

2. 矿石的 SiO₂ 含量很高。平均含量在 50% 以上，在选矿富集过程中将作为尾矿废弃。它的存在影响了矿石的硬度，增加磨矿困难。此外，根据分析得知 MgO + CaO 与 SiO₂ + Al₂O₃ 的比值远小于 0.5，故属于酸性矿石。冶炼时必须加入一定量的石灰，方能顺利造渣。

3. 根据国家规定*, 三个样品中有害杂质 P 的含量均偏高, 不符合工业要求, 因冶炼中一般不易排除 P, 故应查明 P 的赋存状态, 以便选矿时排除。

有害杂质 S 的含量, 在 № 1 中较低, 在 № 2 与 № 3 中则偏高。如经过选矿, 矿石中铁的品位能提高到 50%, 而 S 的总量又不能除去时, 则二、三号样品的矿石中硫的含量也会相应提高到 0.7 % 和 0.4 % 左右, 这便大大超过了工业允许值。因此, 必须进一步查明 S 的赋存状态, 以便采取措施分选或排除。

4. Mn 和 Ti 在铁矿石中是有益组分, 但含量少, 未达到综合利用的价值。可以综合利用的其它元素也未发现。

根据上述分析, 该矿石尚应做某些组分的物相分析, 以查明它们的赋存状态。物相分析对 Cu、Pb、Zn、W、Mo、Co、Ni、Sn、Mn、Fe 等类矿石, 都是分析矿石化学组成的一种较好的手段。

从上面的实例可以看出, 矿石化学成分的查定工作对于了解矿石质量、研究矿石的选冶工艺都有重要的意义。

二、矿石中主要有益、有害元素的赋存状态

矿石中有益、有害元素的赋存方式, 是拟定选矿方法、工艺流程和回收指标的一个重要依据。研究矿石中有益、有害元素的赋存状态, 对矿产综合利用、选冶试验都具有重要的现实意义。

从目前生产实践及研究资料来看, 有益、有害元素在矿石中的赋存状态, 可分为独立矿物、类质同象、吸附三种主要形式。查明元素在矿石中的赋存状态, 很大程度上也就了解了矿物的化学组成。因此, 这里结合矿石的化学组成对元素赋存状态介绍如下。

* 根据国家计委 1972 年编《矿产工业要求参考手册》中规定: 磁铁矿矿石高炉富矿中 S 的最高允许平均含量为 0.3%, P 为 0.25%; 平炉富矿中 S 为 0.15%, P 为 0.15%。