

矿冶工业类型

金 属 矿 山

.....

.....

201135

高等学校教材试用本

矿床工业类型

上册

金属矿床

长春地质学院编

只限学校内部使用



中国工业出版社

矿床工业类型一书分上下册出版，本书为上册，其内容：結合矿床实例专门论述金属矿床（包括稀有分散及放射性元素）的工业类型，地球化学特征及某些技术要求等。

本书可作为高等院校地质专业试用教材，对从事地质工作的一般技术人员也有参考价值。

矿床工业类型

上册

金属矿床

长春地质学院編

*

地质部地质書刊編輯部編輯（北京西四羊市大街地质部院内）

中国工业出版社出版（北京佟麟閣路丙10号）

（北京市書刊出版事业許可証出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华書店北京发行所发行·各地新华書店經售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张12·字数278,000

1961年11月北京第一版·1961年11月北京第一次印刷

印数0001—3543·定价（10—6）1.45元

*

統一書号：15165·1103（地质—71）

序 言

为进一步提高“矿床工业类型”的教学质量，在国内現有教材的基础上，吸取1958年貫徹执行党的教育方針以来的教学經驗，补充野外生产所获得的新資料，編写一本結合我国具体实际的“矿床工业类型”教材是很必要的。为此，受地质部的委托，在地质部教育司和长春地质学院党委的直接领导下，于1961年5、6月份我們編写了这本教材。本書是作为高等院校地质測量找矿专业和矿产地質勘探专业本科的試用教科書。同时也适当考虑了野外地质勘探工作及有关科学研究部門的需要，对具有大学或中等专业学校水平的地质工作者可作为参考。

編写是以选、修为主，只有少数章节是重新編写的。这是因为已有教科書（講义）的某些材料比較陈旧，而生产中又积累了許多新資料，其中有些已被实践所驗證。

本課程着重研究的是存在于自然界的那些适合当前經济技术条件又为工业所利用的各种金屬及非金属矿床的規律，也討論了与这些矿床有关的工业技术問題（主要是选矿、冶金对矿物原料的經济技术要求、矿石或矿物原料的工艺，及其有关的其它工业知識等）。应该指出，在本書中对元素的地球化学做了較多的闡述，也概括地描述了我国及其它国家一些最主要的矿床。

限于資料少時間短，特別是編者的学术水平的，編者誠懇地希望和感謝讀者的批評、指正

編者1961年5月长春

目 录

序言	
緒論	5
第一章 鉄	11
一 概論	11
二 鉄の地球化学	13
三 矿床の工业类型	13
四 国内外分布概況	35
第二章 錳	36
一 概論	36
二 錳の地球化学	38
三 矿床の工业类型	38
四 国内外分布概況	48
第三章 鉻	49
一 概論	49
二 鉻の地球化学	50
三 矿床の工业类型	50
四 国外的分布概況	53
第四章 鈦	54
一 概論	54
二 鈦の地球化学	55
三 矿床の工业类型	56
四 国内外的分布概況	57
第五章 釩	58
一 概論	58
二 釩の地球化学	59
三 矿床の工业类型	60
四 国内外分布概況	62
第六章 鎳	62
一 概論	62
二 鎳の地球化学	64
三 矿床の工业类型	64
四 国内外分布概況	69
第七章 鈷	70
一 概論	70
二 鈷の地球化学	71
三 矿床の工业类型	72
四 国内外分布概況	75
第八章 鎢	75
一 概論	75
二 鎢の地球化学	77
三 矿床の工业类型	77
四 国内外分布概況	83
第九章 鉬	84
一 概論	84
二 鉬の地球化学	85
三 矿床の工业类型	85
四 国内外分布概況	90
第十章 銅	90
一 概論	90
二 銅の地球化学	93
三 矿床の工业类型	94
四 国内外分布概況	110

第十一章 鉛、鋅、銀	111
一 概論	111
二 鉛、鋅、銀の地球化学	113
三 矿床の工业类型	114
四 国内外分布概況	123
第十二章 錫	124
一 概論	124
二 錫の地球化学	126
三 矿床の工业类型	126
四 国内外分布概況	133
第十三章 銻	133
一 概論	133
二 銻の地球化学	133
三 矿床の工业类型	135
四 国内外分布概況	136
第十四章 砷	137
一 概論	137
二 砷の地球化学	138
三 矿床の工业类型	139
四 国内外分布概況	142
第十五章 汞	142
一 概論	142
二 汞の地球化学	143
三 矿床の工业类型	144
四 国内外分布概況	147
第十六章 銻	148
一 概論	148
二 銻の地球化学	149
三 矿床の工业类型	150
四 国内外分布概況	152
第十七章 鋁	152
一 概論	152
二 鋁の地球化学	153
三 矿床の工业类型	154
四 国内外分布概況	159
第十八章 金	161
一 概論	161
二 金の地球化学	162
三 矿床の工业类型	162
四 国内外分布概況	168
第十九章 鉑及鉑族金属	169
一 概論	169
二 地球化学特点	170
三 矿床の工业类型	170
四 国外分布概況	172
第二十章 鈾和鈾	173
一 概論	173
二 鈾和鈾の地球化学	174
三 鈾矿床的类型	175
四 鈾矿床的类型	183
第二十一章 稀有及分散金属	185
一 概論	185
二 稀有及分散元素的矿床类型	189

緒 論

一 矿床工业类型的概念

矿床工业类型是矿床学的一个組成部份，是在矿床成因理論基础上发展起来的一門分支学科。由于矿床工业类型的划分，使得矿床理論和实际工作之間有了直接的联系。

矿床工业类型一詞是1932年首先在苏联提出，但是远在1932年以前，在欧美国家矿床学中即曾分出“各論部分”，如美国地质学家林格崙所著的矿床学1913年中，也包括有矿床类型描述部份。美国地质学家A.M.貝特曼所著“矿床学”（1942年）一書中，共分为三篇：（一）原理与作用；（二）金屬矿床；（三）非金屬矿床。其中的（二）和（三）即系金屬和非金屬矿床的前身。1938年苏联学者B.M.克列特尔提出了第一个矿床工业类型分类，此后，矿床工业类型逐渐发展为一門独立的学科。

矿床工业类型是在矿床成因分类的基础上逐渐发展起来的。由于現有的成因分类本身，不能反映矿床的相对工业意义，不能满足实际工作的需要，因而，有必要結合矿床工业价值提出新的分类，这就是矿床工业类型划分的前提。实际上，对任何矿种來說，尽管成因类型很多，但在世界經濟生活中起重要作用，往往只是其中一部分的成因类型，另一部分成因类型也起相当作用，其余只有很小的工业价值。例如，鉄矿床的成因类型很多，从正岩漿作用到变质作用均可形成鉄矿床。但是，不同成因类型的工业意义差別很大，在世界鉄矿中，60%的鉄矿石是产自沉积变质型矿床（即含鉄石英岩型），30%产自海相沉积鉄矿床，其他类型价值很小。錳矿床成因类型有砂卡岩型、热液型、风化残积坡积型、风化残余型、沉积型、受变质型和变质型矿床，但是，世界錳矿中2/3是来自海相沉积錳矿床，1/3是来自风化壳型錳矿，其他类型，价值很小。世界銅矿床中50—60%的銅产自細脉浸染型銅矿床。世界鎳矿中，85—95%的鎳产自岩漿型銅鎳硫化物矿床。十分明显，必須結合矿床工业价值提出新的分类，只有这样，对实际工作才有指导意义。

根据以上的闡述，可以給予工业类型作如下的定义：矿床工业类型是指那些作为某种矿产主要来源而在世界經濟中起主要作用的矿床类型。至于矿床工业类型和非工业类型之間的具体界綫，按照B.M.克列特尔的意見，只有产量占世界产量1%以上的那些矿床类型，才能被算做工业类型。产量占0.3—0.8%的类型，也只被認為是自己国家的类型。克列特尔所規定的数字可供参考，我們应当体会它的精神，而不应当被数字所限制。每一个国家应当根据本国的需要，用“自己的类型”去补充世界上的各种主要类型。我国幅員广大，具备着各种地质条件，結合我国当前社会主义建設的需要，对于中型小型矿床要特別重視，因此，在划分矿床工业类型时，必須适应我国現阶段的具体情况，結合具体矿床的地质特点，来制定矿床工业类型。

应当提出，矿床工业类型的概念本身是具有相对性的，这种相对性表现为：（1）矿床工业类型的划分，以及每一个类型的經濟意义都不是固定不变的；目前所分出的工业类型只是相对的，暫时的，随着国民經济的发展和采矿、选矿、冶炼技术水平的提高，愈来愈需要更多的矿产資源，而且也有可能更多的利用质量較差的矿石；因此，某些过去不能

利用的矿床类型也上升为矿床工业类型，而某些类型过去经济意义较差，现在也成为主要的工业类型。例如，细脉浸染型铜矿由于品位低在30年以前还不能利用，而目前已成为最重要的铜矿床类型；产在正长岩中的岩浆型磷灰石—磁铁矿床，由于矿石中含磷较高长期不能使用，直到1878年，T. 托马斯成功地发明了碱性转炉以后，才成为工业类型；铝土矿在1890年以前还不能作为铝矿石，只是在1890年以后，由于解决了提取金属铝的完备方法，铝土矿床就成为唯一的铝矿床工业类型；伟晶岩型铀矿床一直是重要类型，只是在近几年来，发现了外生铀矿床后，伟晶岩铀矿床就变为很次要的类型。类似的例子不胜枚举。

(二) 由于找矿勘探工作的发展，将不断发现新的矿床类型，如砂岩或碳酸盐岩石中的层状铜矿床，实际上是1926年以后才发现并肯定其工业意义的，高温热液含稀土元素磁铁矿赤铁矿床是在我国解放后才探明的，砂铅矿床在1959年才被肯定下来等等。所有这些例子都充分说明矿床工业类型是在不断的发展，不断的扩大。

二 研究矿床工业类型的实际意义

矿床工业类型的实际意义，主要表现在以下三方面：

- (一) 指导找矿勘探工作；
- (二) 指导采矿、选矿、冶炼工作；
- (三) 为经济计划工作提供参考资料。

其中最主要的是在第(一)方面。

在找矿勘探工作中，特别是在对一个矿床开始进行工作而需要作出矿床评价时（即大致上相当于详细找矿阶段），矿床工业类型知识更显得突出的重要。因为正是在这个阶段里，工作做的少，资料掌握的不多，对深部情况了解的不够，因此需要以对比的方法，参照矿床工业类型知识来进行的矿床评价。在勘探工作中，对于勘探手段，勘探网密度的选择，同样需采取对比的原则，也就是把研究对象与已经详细工作过的同类型矿床对比，吸取已有经验，采取正确的勘探方法。以铜矿床为例，铜矿床的工业类型至少有八种，其中最有价值的是细脉浸染型铜矿床，在找矿阶段中根据该类型的一般标志，如中酸性斑岩侵入体，强烈的围岩蚀变（绢云母化、石英化），细脉状及浸染状铜矿石构造，伴生有辉钼矿等特点，可以初步定出矿床的工业类型，并作为矿床评价的最重要依据。根据矿体的特点一般为大面积的矿化整体，矿化均匀分布，在勘探过程中，应以鑽探为主要手段，采取勘探网的方式；按照一般规律，该类矿床属于第一类或第二类勘探类型，因此，勘探网密度也应采取相应的数值。甚至取样方法、样品间隔也都可以参照类型的特征，采取一定方法。

在内外的矿床研究历史中都存在着由于缺乏工业类型知识而影响矿床经济评价的例子。例如我国某地一个黄铁矿矿床即是一个典型。该矿床的开发历史简述如下：

公元前586年采金银；

1940年经过调查，根据地表的铁帽认为是铁矿床，并确定为“变质水成铁矿床”，实际上，这正是黄铁矿型矿床的地表标志。

1942年，由于开发铁矿发现铜矿化，见到胆矾等次生铜矿物，但是被认为是无价值，因见黄铁矿较多，故主要开采黄铁矿。

1945年，经过进一步的工作和观察研究并与世界上典型黄铁矿型矿床西班牙里奥廷托

銅矿对比，发现某些类似之处，如变质火山岩系、强烈围岩蚀变、黄铁矿化发育以及次生分带等特点，肯定为黄铁矿型铜矿，这样才确定了矿床的巨大工业价值。

由该例可知，正是由于对铜矿床工业类型知识的不足，使得找矿工作走了弯路，一个巨大的铜矿床迟迟不能得出评价，甚至有被否定的危险。类似的例子还有很多，不再叙述。

在采矿、选矿、冶金工作方面，矿床工业类型都提供了一些基本资料。根据不同的类型而采取不同的方法和不同的工艺流程。以铁矿为例，在采矿方面，矽卡岩型及各种热液型铁矿床，因矿体形状较复杂，产状较陡，垂直延伸距离较大，一般均以地下开采为主；含铁石英岩型铁矿、海相沉积铁矿的矿体为层状，规模巨大，延伸稳定，一般进行地下开采，在适当的条件下也可露天开采；铁帽型铁矿、红土型铁矿由于产状平缓、近地表大面积分布，应以露天开采为经济。在选矿方面，各种岩浆型铁矿、矽卡岩型铁矿及各种热液型铁矿由于矿石品位较富，以致密块状构造为主，一般是不需选矿而直接投入冶炼，少数浸染状贫矿石也可以磁法选矿；海相沉积铁矿、湖相沉积铁矿及热液菱铁矿一般均需经过焙烧磁化然后进行磁选。在冶炼方面，各种热液型铁矿及矽卡岩型铁矿因伴生有硫化物，含硫较高，需在硷性平炉中冶炼，而岩浆型磷灰石—磁铁矿矿石，因含磷量高，只有在托马斯炉中才能冶炼。

通过矿床工业类型的划分，经济计划工作者可以对某一地区的矿产远景做出估价，并作为计划的依据之一；矿山工业部门的经济人员也必须参考该矿床的工业类型来提出开发矿山的设备和经费计划。

以上极其概略地阐述了矿床工业类型的实际意义。

应当指出，在运用矿床工业类型知识指导实际工作时，决不能机械地运用，必须针对具体矿床的具体情况，具体的对待。一方面要很好地学习工业类型知识，另一方面又决不要被工业类型知识所束缚。因为矿床工业类型本身是代表一个“类型”，是反映矿床的一般规律，表现了矛盾的普遍性，而具体的矿床既具有普遍性也具有一定的特殊性。因此，在大矿床类型中可以有一些小型矿床，而在小矿床类型中也可能出现大型的矿床。另一方面，具体矿床有时也可以具有某些独特之处。我国某地的热液脉状铅锌矿床可作为一个生动的例子。热液脉状铅锌矿一般规模较小，工业意义不大，本着这种思想认识，该区地质人员在勘探过程中一直信心不大，经过1954—1955两年的工作，最后得出的结论是：储量很小，矿床远景不大，因而停顿工作两年。但是，在1958年经过进一步工作后，发现该矿床具有一系列平行矿脉，而单个的矿脉向深部也有扩大、变富的趋势，因而，对该矿床有了不同的结论，不仅有价值，且属于中型或大型矿床。另一例子为我国某地的铬铁矿床。该矿床属于岩浆矿床，经过地表初步观察后，确定其工业类型为晚期岩浆铬铁矿床，一般都认为远景较大，但是经过进一步揭露后，发现矿体均很小，一般长数米，最长者十五米，宽数米到数十厘米，且数量不多，因此最后还是得出否定的结论。以上两例都表明在运用工业类型知识时决不能当做公式来套用。确定一个矿床的工业类型是评价的重要依据，但是必须把这种依据和实际资料结合起来才能得出正确的评价。这一事实并不表明矿床工业类型失去意义，而正是说明了矿床的工业类型和具体矿床之间的辩证关系。因为，热液脉状铅锌矿床规模之所以较小主要是因为单个矿脉的规模不大，但是，当矿脉的数量很多时，矿床规模也就很大了。晚期岩浆铬铁矿床之所以价值较大，是因为超基性岩体分

昇較好，矿体規模較大，矿石較富。但是当矿体数量很少而規模又不大时，矿床也可能不具工业价值。

三 矿床工业类型的划分原則

截至目前为止，已被利用的金属与非金属矿床，按照矿床的特点及工业意义都已划分成許多工业类型。但是，对划分工业类型的依据，認識是不一致的，某些学者強調这一方面的因素，另一些学者強調另一方面因素。由于观点的不一致，不同学者对同一矿种提出了不同的划分方案。如鉛鋅矿就国内外已发表的就有十种以上的划分方案。分类的不統一給实际工作带来了不少困难。

綜合已有各家的观点，在划分矿床工业类型的标志方面不外乎以下几方面因素：

(1) 成因类型；(2) 矿石建造；(3) 围岩；(4) 矿体形状大小；(5) 其他因素，包括构造、主要矿物、金属組合、品位、儲量等。在这些因素中，不同观点的学者各強調了某一方面或某几方面因素。但是归納起来，基本上可以分为两个派別，一派是以成因类型作为主要划分标志，如И.Г.馬加克揚、В.И.斯米尔諾夫等；另一派是以围岩及矿体形状等作为主要标志，如В.М.克列特爾，Г.М.斯拉斯杜申斯基等。我們認為，这两种学派強調某一方面的因素都有一定的理論和实际根据，但是，也都存在着一定的缺陷，一定程度的片面性。例如以成因类型为主要标志，在划分鉄矿床和一些非金属矿床工业类型时比較适合，而对鉛鋅、汞、銻等矿床則存在問題；以围岩及矿体形状为主要标志在划分鉛鋅矿床工业类型时比較合适，对其他矿种也存在一定困难。因此，划分矿床工业类型必須从实际出发，不同的矿种不同的对待。我們認為，金属元素的地球化学特性是决定元素富集規律的內在因素，而元素的富集規律又决定了工业矿床的形成。因此，应当根据金属元素的地球化学特性来考虑工业类型划分标志。那些地球化学性质相近的金属元素，它們的矿床工业类型主要划分标志是一致的；另一些金属元素有另一种主要标志。只有这样，才比較符合于客观实际。至于非金属矿床，已有的工业类型基本上都是以成因类型为主要标志，在这方面爭論較少。

有关矿床工业类型划分标志的具体問題还需要进一步探討。本書金属矿床部分，基本上按照上述的“分別对待”原則来进行类型划分和命名。但是，由于研究的不够，其中某些矿种可能还存在一些問題，需要在今后进一步提高。非金属矿床部分均以成因类型为主要标志，我們感到也还存在一定的問題，今后应当結合元素的地球化学和非金属矿物的結晶化学进一步研究。

四 社会主义国家評價矿床的因素

在資本主义国家里，矿产也象其他生产資料一样是属于私人所有，因此对矿床評價所考虑的唯一因素就是使資本家获得最大限度的利潤。

社会主义国家的矿产是属于全民所有。矿产主要用于增长社会財富，巩固社会主义国防，提高人民的物质和文化生活水平。因此，对矿产的利用是有計劃按比例发展的，而对具体矿床的評價永远是全面考虑所有因素。主要包括以下三个方面：

(一) 矿床的特有因素：包括儲量、品位、綜合利用組分产状、地理位置、开采和选矿冶鍊的技术条件等。其中，对金属矿床來說，矿床的儲量矿石的品位是最重要的因素；对

非金属矿床来说，除上述各方面因素外，还必须注意到以下两点：

1. 与金属矿产不同，非金属矿产绝大部分是利用矿石中矿物或矿石、岩石本身，因而对非金属矿床的评价不仅要注意矿床的储量品位，而且要注意有用矿物物理性质、化学性质、工业技术特点，有时后一方面的因素还是主要因素。以云母矿床为例，云母分布很广泛，在各种云母片岩中云母均有较高的含量，但不一定都具有工业价值，只有当云母晶片面积大于4平方厘米时才具有工业价值。又如对压电石英矿床的要求，其根本问题在于晶体的透明度较高以及没有双晶存在。

2. 同一种矿种，因质量不同可应用于不同的工业部门。例如螢石，质量好者（成分极纯，无色或浅色，不含暗影或包裹物，没有裂隙和解理的痕迹，并要求能切出1厘米以上直径的块）可应用于光学仪器，质量差的可为熔剂而应用于冶金工业。因此评价时要注意，在一个矿床中可以分别评价同一矿体的各个部分；如果矿石不适合于这一方面要求，但可能适合于另一种用途的要求。

（二）一般的国民经济因素：主要包括以下内容，各工业部门发展国民经济的计划，一定时期内对该矿产需要的数量，该种原料的差额情况，工业的地理分布，该地区发展的远景计划等。所有这些都表明，矿床的评价必须结合本国在一定历史时期内的具体情况和具体要求，也就是要符合党和国家发展国民经济的方针政策。就我国现阶段的情况看来，根据党的建设社会主义总路线的精神和经济建设的具体方针政策，在矿床评价方面，至少以下几点必须充分体现：

1. 体现在矿山工业上必须采取中央和地方并举、大、中、小并举、土洋结合等方针。因此，地质工作者对待那些规模较小但投资较少很快可以开发的矿床，在评价时要予以特别重视，应当提高到一定的位置，甚至可以适当地降低要求。因为正是这些矿床对发展地方工业具有重要意义。

2. 根据以农业为基础、大办农业大办粮食方针，要求对那些与农业直接有关的矿产，特别是农业肥料矿产（磷、硫、钾盐等）要特别重视，在矿床评价时要提高到首要地位，同样地可以降低要求。特别是在缺乏肥料资源的地区（华北、东北）内，任何新发现的矿床都应另眼看待。此外对那些可作为农药的矿产（如砷、铜等）也要注意。

3. 按照国家合理的工业布局方针和计划，对于分布在不同地区的矿床，其评价条件应当有所差别。例如，在工业基础较差，计划建立工业基地的地区内，新发现的任何矿床都显得十分重要。

4. 在以钢为纲的工业建设方针指导下，矿物原料资源方面也应力求做到成龙配套，以满足工业需要，表现在：

第一，主要矿种之间的平衡和配套，根据建设要求，那些矿产不足，就努力加强这种矿产的普查勘探工作，使它在最短期间迎头赶上；

第二，主要矿物原料和辅助原料之间的配套，在进行主要矿物原料勘探时，就应当就近寻找辅助原料，成套的提供设计依据。

对矿产资源的成龙配套要求，体现在矿床评价方面，应当是：

（1）按照我国目前的矿物原料差额情况，不同矿种的矿床评价条件也应有所差别。某些矿产在我国十分丰富，如钨、锡、钼、锑等，而另一些矿产目前仍十分缺乏，远不能满足工业需要，对待这两种不同情况，进行矿床评价时必须分别考虑，对于前者可以要求

更高，而后者则应适当地降低要求。

(2) 围绕着已建成的钢铁基地的周围，或者是在主要矿物原料大矿床的附近，辅助原料矿床的评价应十分重视。

总之，为了更好的为工农业建设服务，要求地质部门努力做到按时间、按地区、按企业的需要提供矿产资源。“三按”方针的精神，在矿床评价中必须充分体现，应当作为现阶段评价矿床的国民经济因素的重要之点。

(三) 矿区的经济因素——包括动力资料、水文条件、交通条件、建筑场地和建筑材料、人口、劳动力、粮食供应情况等。

以上三方面因素，永远要全面考虑。其中有些因素是固定不变的，如储量、品位、地理位置、产状、形状、水文等；其他因素则随着时间、技术进步、需要的扩大、国家总的发展而改变着。

五 矿产的工业分类

(一) 金属的工业分类：分为六大类

1. 黑色金属及其合金金属

Fe、Mn、Cr、Ti、V、Ni、Co、Mo、W。

2. 有色金属

Cu、Pb、Zn、Sn、Bi、As、Sb、Hg。

3. 轻金属

Al、Mg。

4. 贵重金属

Au、Ag、Pt及Pt族金属。

5. 放射性金属

U、Th、Ra。

6. 稀有及分散金属

Li、Be、Zr、Nb、Ta、Cs、Y、稀土元素、Cd、Se、Te、Sc、Ge、Ti、La、Th、Rb、Hf、Re等。

(二) 非金属矿产工业分类：分为五大类

1. 矿物原料类

(1) 研磨材料——金刚石、刚玉、磨砂等。

(2) 绝缘材料——云母、石棉、大理岩等。

(3) 填料与涂料——滑石、重晶石、高岭土。

(4) 过滤与漂白原料——活性粘土与漂白土等。

(5) 耐酸耐热材料——石棉。

(6) 精密仪器及装饰用材料——红宝石、蓝宝石、金刚石、冰洲石、水晶、绿宝石等。

2. 化工及肥料原料类

(1) 化工原料——盐类矿床、硫、硼等。

(2) 肥料原料——磷。

3. 冶金輔助原料与陶瓷类

耐火粘土、高岭土、菱錳矿、石墨、螢石等。

4. 国防工业原料类

压电石英、云母、石棉、硼等。

5. 工业用石料与建筑石料

(1) 冶金輔助原料——石灰岩、白云岩、螢石、菱錳矿等。

(2) 玻璃原料——石英砂、脉石英、石英砂岩。

(3) 耐酸原料——石英岩、普通角閃石岩、粗面安山熔岩、粗面流紋岩、霏細岩等。

(4) 胶凝石料——石灰岩、泥灰岩、凝灰岩、白榴石火山岩等。

(5) 烧料石料——橄欖岩、玄武岩、輝綠岩、暗色岩、輝长岩等。

(6) 隔音隔热原料——浮石、硅藻土、珍珠岩、凝灰岩。

(7) 天然建筑石材——花崗岩、玄武岩、大理岩、石英岩、板岩、砂岩。

第一章 鉄

一 概 論

(一) 性质和用途

早在有史以前人类就認識了鉄。五千年前鉄就被用来制造生产工具和武器。远在战国时代，中国就由銅器时代进入了鉄器时代。紀元前一世紀左右，中国就出現了同現代高爐相似的炼鉄爐，而欧洲直到十四世紀中叶才有第一座极为简单的炼鉄爐。

現代工业所用的鉄主要是鋼及鉄合金，其中鋼又分为普通鋼（或称碳素鋼）及特种鋼两类。鉄合金是鉄与其他元素构成的一种混晶，其构造上属于一种原子类质同象化合物。随着含碳量的不同，鉄的技术性质也发生变化，含碳 0.04—0.2% 称做熟鉄，含碳 0.2—1.5% 称做鋼，含碳 1.5—2.5% 称做鋼质生鉄，含碳 2.5—4% 称做生鉄（或鑄鉄）。特种鋼是碳素鋼加入錳、鉻、鈮、鎳、鈷、鉬、鎢等元素在石墨坩堝或电爐中冶炼而成。

鉄是黑色冶金工业的基本原料。鉄的用途极为广泛，几乎沒有一个工业部門不利用鋼鉄，其中主要的是：机械制造工业（制造汽車、拖拉机、機車、各种車床、动力設備等）、建筑工程、水利工程、交通運輸、电力工业以及国防工业等。在日常生活方面也离不开鉄，一般生活用品（如床、鍋、刀、叉、釘子、錘、針等）大部分是用鉄制造的。

总之，鉄的用途极为广泛，是生产和生活中不可缺少的重要原料。

(二) 鉄矿产的經濟概況

鉄矿石的世界儲量估計为 1,500 亿吨，如果将含鉄 20—40% 的含鉄石英岩全計算在內，則儲量达 30,000 亿吨。苏联鉄矿儲量居世界首位，其儲量数字約等于整个資本主义国家儲量的总和。中国鉄矿儲量仅次于苏联。

世界鉄矿石年产量約为 3 亿吨，每年提炼的生鉄約为 1.5—1.8 亿吨。世界上主要产鉄国家有：苏联、中国、美国、法国、瑞典、巴西、印度、古巴等。

(三) 鉄矿石的矿物成分、矿石类型、工业要求及矿石的工艺特点

自然界中已知含鉄矿物有300余种，但工业矿物仅有以下五种：

1. 磁鉄矿—— Fe_3O_4 或 $\text{Fe} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ，含鉄72.4%。磁鉄矿氧化后可以生成假象赤鉄矿和半假象赤鉄矿。

2. 赤鉄矿—— Fe_2O_3 ，含鉄70%，結晶的赤鉄矿叫鏡鉄矿，結晶体呈細鱗片状者叫鉄云母。

3. 鉄的氢氧化物——有褐鉄矿 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 或 ($\text{HFeO}_2 \cdot a\text{H}_2\text{O}$) 針鉄矿 ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 或 HFeO_2) 及含水赤鉄矿的混合物，含鉄48—63%。

4. 菱鉄矿—— FeCO_3 ，含鉄48.3%。

5. 含鉄綠泥石——包括鱗綠泥石、鱗綠泥石及其他复杂的含水鋁硅酸盐，含鉄27—38%。

鉄的硫化物虽然分布很广，但不能直接用来冶炼鉄，不能看做鉄的工业矿物。

鉄矿石按照矿物成分可以分为以下五种矿石类型：

磁鉄矿矿石；

赤鉄矿及假象赤鉄矿矿石；

褐鉄矿矿石；

含鉄磁鉄矿矿石；

菱鉄矿矿石。

对不同类型鉄矿石的工业要求有所不同，一般对磁鉄矿石、赤鉄矿石要求稍高，而对褐鉄矿石、菱鉄矿石要求稍低。鉄矿石的最低工业平均品位为25—30%，含鉄45%以上的磁鉄矿石、赤鉄矿石均可看作富矿，而含鉄30—35%的菱鉄矿石也可作为富矿。

鉄矿石中主要有害杂质是：硫、磷、砷、鉛、鋅、錫等，这些杂质主要是对鋼有影响，使鋼的性质变脆，在不同程度上降低鋼的强度。因此，工业上对有害杂质的含量有着一定严格要求。

鉄矿石中的錳、鎳、鈷、鈾、鉻、鉬、錫等都是有益杂质，它們完全或几乎完全在冶炼时进入生鉄而后进入鋼中。这些元素的存在可以提高鋼的机械性能，因而是有利的元素。

不适合冶炼要求的鉄矿石需預先經過选矿。鉄矿石选矿有下列几种方法：手选、磁化焙烧的电磁选、不需焙烧的电磁选、重力选和浮选。磁选是鉄矿石的主要选矿方法；处理粗粒矿石用干磁选，細粒矿石用湿磁选；赤鉄矿和褐鉄矿石需先經磁化焙烧后再进行磁选。重力选矿包括洗选、淘汰选、淘汰盘精选和重悬浮液选矿等方法。重力选主要用于分选赤鉄矿石，也用于分选磁鉄矿石。浮选法用于分选貧的細粒浸染矿石，此法对磁鉄矿、赤鉄矿和菱鉄矿石效果較好，对褐鉄矿石效果較差。矿石中鉄矿物及其集合体顆粒在20—200毫米之間时，可以用手选。

鉄矿的冶炼可以分为生鉄冶炼和鋼冶炼两种。生鉄是在高爐中冶炼的，因此称为高爐炼鉄法。高爐冶炼的产品有：鑄造生鉄、炼鋼生鉄和各种鉄合金。

生鉄熔炼成鋼最常用的方法有四种：酸性轉爐法、碱性轉爐法、平爐法和电冶炼法。酸性轉爐法也称貝氏爐法，是在有酸性爐衬的轉爐中进行熔炼的，此法仅适用于熔炼含磷、硫低的生鉄，因此，目前使用的不普遍。碱性轉爐法也称托馬氏爐法，是在碱性爐衬的轉爐中吹炼，以石灰石作为造渣組份，适于处理含磷的生鉄。平爐法也称馬丁爐法，适

合于熔炼含硅和磷量不定的各种生铁。平爐有酸性爐底和碱性爐底两种，分別称为酸性法和碱性法，酸性法不能除磷，且熔炼过程緩慢，因此，使用不广泛。平爐炼鋼占世界鋼产量的75—80%，它是一种比較經濟、技术上比較簡單的炼鋼法。电冶炼能达到极高的温度，用来熔炼难熔的特种鋼，但成本較高，每炼一吨鋼需消耗电能700—800瓩小时。

二 鉄的地球化学

鉄是地壳中分布最广的元素之一，克拉克值为5.10%，仅次于氧、鋁、硅而居第四位。

鉄是鉄族元素的典型代表，鉄族元素包括：Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni七个元素。在周期表上鉄族元素居于一个周期的中部，左面为亲石族元素，右面为亲銅族元素，因此，鉄族元素具有亲石和亲銅之間的过渡性质。在鉄族元素中，鉄适居于中間位置，因而，鉄具有鉄族元素的典型特征，其中有重要地球化学意义的是以下几点：

1. 鉄元素本身既具有亲氧性质也具有亲硫性质，因此，在自然界中既可見到鉄的氧化物、含氧盐，又可見到硫化物。一方面由于亲硫，鉄可以在热液阶段富集，另一方面由于亲石，可以在正岩浆阶段和外生阶段富集。

2. 鉄原子具有較小的原子容积，因此，在地球的深部，鉄的分布較多，与此有关，在基性超基性岩中鉄的含量也較高。

3. 具有框状原子构造，与此有关，鉄离子具有多种多样的呈色性和电价易变性，这一特性决定了鉄在沉积矿床中可以形成沉积分带現象，在变质作用过程中可以进一步富集。

以上的特性直接地影响了鉄的富集。

在地质作用各阶段中鉄的富集規律如下：

岩浆結晶阶段的早期，鉄以 FeCr_2O_4 、 Fe_3O_4 等形式而集中于基性岩和超基性岩內，但不能造成鉄的工业堆积。岩浆結晶阶段的晚期，鉄以 Fe_3O_4 形式与鈦鉄矿一起富集于基性岩中，或者与磷灰石一起集中于碱性岩中，在适合的条件下可达到工业堆积。

岩浆期后阶段，当中、酸性侵入岩与碳酸盐岩石接触时，根据A.E.費尔斯曼的意見，将改变接触带的氢离子浓度，从而促使鉄质从岩浆中分离、沉淀，形成接触交代矿床。

热液阶段，鉄与亲銅族元素一起以硫化物或碳酸盐形式从热液中沉淀出，而在氧化环境中，也可以形成磁鉄矿、赤鉄矿的热液矿床。

在地表的条件下，含鉄岩石或原生矿床遭到破坏后，鉄的进一步轉移是决定于介质条件。当地表水溶液保持碱性时，大部鉄是呈氢氧化鉄形式沉淀下来，形成风化残余鉄矿床。当溶液具有弱酸性、酸性性质时，鉄可以重碳酸盐或硫酸盐形式被搬运，最后以胶体溶液形式搬运到湖海盆地中沉淀，形成各种类型的沉积矿床。

古老地质时期（一般是前震旦紀）沉积的鉄矿床，由于原始的矿石成分不同，以及经历了长期的、多次的地壳运动，在区域变质作用的条件下，矿石的矿物成分、結構构造均发生了变化，矿石中鉄的含量相对地提高，从而形成有巨大工业价值的含鉄石英型矿床。

由上述可見，鉄的富集条件是多种多样的，因而鉄矿床的工业类型也較多。

三 矿床的工业类型

（一）晚期岩浆型鈦鉄矿—磁鉄矿矿床

此类型矿床与基性侵入岩(輝长岩、苏长岩、斜长岩)密切有关,常产在岩体内。

矿体成似层状、脉状及透鏡状,沿走向延长可达到1000—2000米,厚数米至数十米。

矿石具有致密块状、条带状及浸染状构造。致密状矿石含鉄及鈦一般均較高。主要矿石矿物为磁鉄矿和鈦鉄矿;鈦鉄矿一般都与磁鉄矿成連晶。

矿石中鉄的含量通常較高(50—60%), TiO_2 含量可达到20%, V_2O_5 含量0.5—1%,含磷少而硫較多。矿石中除鈦、鈳外,常含有鉬,均可以綜合利用。

属于此类型矿床有苏联的庫薩矿床,別尔沃烏拉斯克矿床;美国的爱仑蒙頓矿床;南非的布什維尔德矿床;坦葛尼喀的尼奥姆別矿床;中国河北某地矿床等。

此类型矿床的規模一般是中型鉄矿床,个别矿床为大型。

矿床实例

1. 苏联庫薩矿床

矿床位于南烏拉尔茲拉托烏斯特城以北十八公里处。

区域由不大的角閃石化輝长岩体組成,岩体南北向延伸达数公里长,平均寬1公里,岩体之东和前寒武紀花崗片麻岩相接触,其西和古生代石灰岩相毗連(图1)。

矿体产在輝长岩体中,呈矿巢、浸染矿石的矿带及似脉状矿体,后者产于逆掩断层式的裂隙中,并具有較大的价值。

似脉状矿体組成三个互相平行的带,大体上呈南北向延展,傾向南东,傾角 45° 。西边的两个带各延长2.5公里,东带断續延长达1公里。矿体厚度較小,在1米到10米之間。据物探資料矿体向下延伸达到800米之深。

矿体脉壁有綠泥石和柘榴石发育。

矿石主要矿物为磁鉄矿(60—70%)和鈦鉄矿(20—30%),含有数量不多的斑銅矿、黃銅矿、綠泥石、輝石、黃鉄矿和赤鉄矿,有些地方含有鉬鉄矿和磷灰石。磁鉄矿晶体发育的很好,在晶体之間有稍晚的鈦鉄矿結晶,后者也有部分見于磁鉄矿顆粒內,构成固溶体分解結構。

矿石含鉄50—57%,含 TiO_2 10—20%,含 Cr_2O_3 1—2%,含硫0.12%,也含有一定数量的鈳。鈳和磁鉄矿有关,并以类质同象混入物出現,部分可能成为鈳磁鉄矿出現,其成分为 $\text{Fe}(\text{Fe},\text{V})_2\text{O}_4$ 。

庫薩矿床的矿石进行磁选后可以获得两种精矿:磁鉄矿精矿(用于冶炼优质的鈳鋼)和鈴磁鉄矿精矿(用于生产金属鈴和鈴白)。

2. 中国河北某地矿床

区域内地层由前震旦紀片麻岩和大理岩組成。花崗岩和基性、超基性岩体侵入于上述

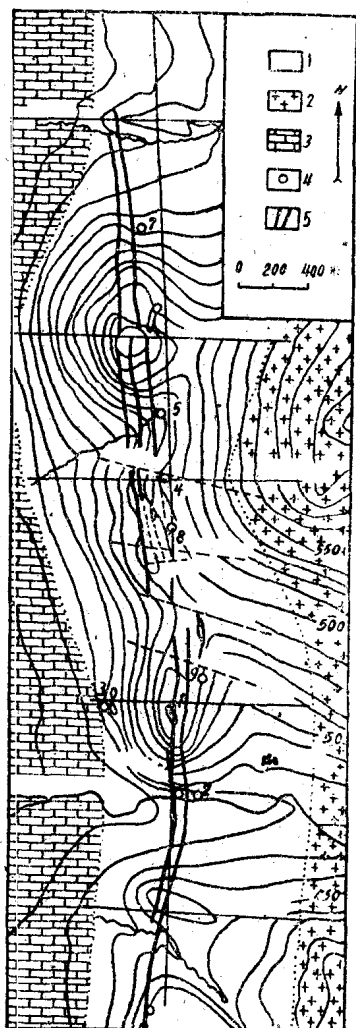


图1 庫薩矿区地质图(据И.Г.馬加克揚)

1—輝长岩和角閃岩; 2—花崗片麻岩;
3—石灰岩; 4—钻孔; 5—矿体。

地层中。基性岩体沿东西向断裂带成带状分布，以斜长岩、苏长—辉长岩为主，其基性岩墙也很发育。

矿体产于北北东方向的构造裂隙中，由数十个大小不等的矿体，组成三个平行的矿化带（图2）。主要矿体产于斜长岩裂隙中或在斜长岩与苏长—辉长岩的接触带中。矿体成脉状、透镜状，与围岩界线清楚，产状陡立，向下延伸数百米，最后在斜长岩中尖灭。矿体内部结构均匀，主要由致密状矿石组成。矿石的主要矿物为磁铁矿、钛铁矿、赤铁矿、金红石、绿泥石、黄铁矿。矿体附近围岩常有绿泥石化和绿帘石化现象。有一部分矿体产于苏长—辉长岩体的边部，多成似层状，产状与岩体原生条带状构造一致，向深部在苏长岩中逐渐尖灭。矿石主要为浸染状构造，陨石状结构也常见。矿石矿物除磁铁矿、钛铁矿外，常含有多量的斜长石、辉石、绿帘石、阳起石和磷灰石等。

矿床属于晚期岩浆矿床。

（二）晚期岩浆型磷灰石—磁铁矿矿床

矿床在空间上与成因上与正长岩及正长闪长岩有密切的关系。磁铁矿与磷灰石共生，并含有赤铁矿、云母、萤石等。挥发性组分氟及磷起着矿化剂的作用，促进铁从岩浆中分离，而最后形成氟磷灰石。

矿体成脉状及透镜状。矿石中铁和磷的含量都很高，一般铁含量为55—70%，磷2—4%以上。矿石因含磷较高，仅适于托马氏炉冶炼，但磷可以从炉渣中回收。

此类型矿床占世界铁矿开采量的5%。

瑞典北部的矿床可作为此类型的典型代表，其规模巨大，矿石储量达50亿吨。此外，苏联乌拉尔的列比亚仁矿床亦属此类型，但规模较小。中国目前也发现有此类矿床。

矿床实例

瑞典北部矿床：

矿床位于瑞典北部的诺尔博登区，该区是一个巨大铁矿成矿区域，包括30个铁矿床，其中重要的矿区有：基鲁纳瓦拉、留奥萨瓦拉和耶利瓦拉。

基鲁纳瓦拉矿区：区内地层有太古界砾岩，其上有厚层的绿石岩层复盖，绿石岩层之上为正长斑岩、石英斑岩所复盖，再上面为元古代的千枚岩、砂岩、石英岩成角度不整合超复着（图3）。

矿区地势平坦，被冰川夷平并具有残余冰碛和冰川湖。平原上隆起着南北向的山岭，

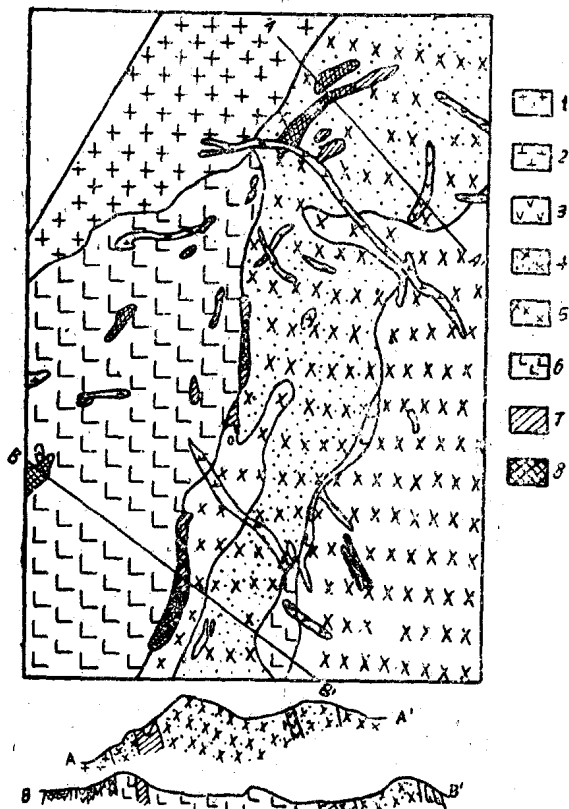


图2 中国河北某地矿床地质略图

1—细粒花岗岩；2—中性岩脉；3—细粒辉长岩；4—矿染辉长岩；5—绿泥石化辉长岩；6—斜长岩；7—矿体

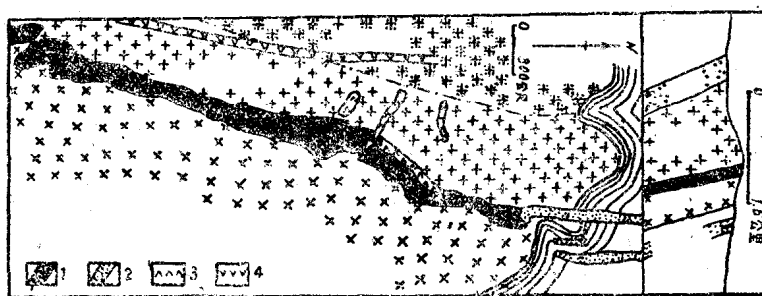


图3 瑞典基鲁纳铁地质图及综合剖面图（据隆德博莫、彼捷尔松及盖耶尔）

1—矿石；2—浮土下的矿石；3—细晶岩墙；4—石英斑岩。

相对高度为250公尺，叫做“矿石岭”。山岭系由产在正长斑岩（矿体下盘）与石英斑岩（矿体上盘）接触处的块状磁铁矿石组成。

正长斑岩、石英斑岩是一些喷出岩，但在矿区里也见到正长斑岩向侵入的正长岩逐渐过渡的现象。

矿体成脉状，几乎是正南北走向，向东急倾，倾角为 55° 。矿体沿走向延长达4400米，根据物探资料，矿体沿湖底还继续延伸了1200米。矿体厚度变化很大，34米至152米不等，平均为90米；经钻探证明矿体延深达1公里，但据物探资料矿体延伸到2140米的深处。

主矿体在上盘（在石英斑岩中）分出矿枝；在下盘（在正长斑岩中）见有角砾岩化地段，在这里可见到正长斑岩碎块为铁矿所胶结。在很多地方可以见到矿体被长英岩、正长岩、花岗岩及伟晶岩岩脉所穿切。

矿石以致密块状构造为主，具有贝壳状断口，偶尔有流纹状和角砾状构造。矿石主要由磁铁矿组成，其中混有显著数量的氟磷灰石（含量12—15%）和少量的赤铁矿、辉石、角闪石、电气石、锆英石、黑云母、方解石和石英。磁铁矿和磷灰石的相互关系密切，说明这两种矿物几乎同时晶出。矿石中磷灰石含量是不均匀的，沿矿体走向含量有变化并随深度而减少。

在矿体两侧的围岩中，有的地方发育着阳起石—方柱石矽卡岩，而在富含磷灰石的矿体围岩中，见有絹云母化、硅化和碳酸盐化蚀变。

基鲁纳矿石含铁58—70%，含磷0.01—2.5%，矿石被分为从A级到G级的七个工业品级；其中最好的是A级，含铁达69—70%，含磷是0.025—0.05%；最差的是G级，它含铁58%，含磷4%或更多些。

绝大部分储量是含铁高（64—68%）和含磷相当多的（2%）矿石，因而主要是托马氏矿。矿石中含硫量低，一般不超过0.05%，含锰0.7%，含 TiO_2 0.3%，含钒0.13—0.18%。

矿床属于晚期岩浆矿床。瑞典地质学家彼尔格叶尔认为，富含铁和挥发分的含矿熔体是由正长岩岩浆在深处分异出，沿正长斑岩和石英斑岩接触处贯入形成。

（三）矽卡岩型铁矿床

矿床与中酸性的花岗岩类有关，主要是花岗闪长岩、石英闪长岩、二长岩等。有些矿床是与正长岩有关。

矿床往往是沿花岗岩类与碳酸盐岩石的接触带分布，碳酸盐岩石经常是石灰岩或白云