

高等学校試用教材

矿床工业类型

上册

金属矿床

(修訂本)

长春地质学院矿床教研室編

只限学校內部使用



中国工业出版社

高等学校試用教材



矿床工业类型

上册

金属矿床

(修訂本)

长春地质学院矿床教研室編

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：結合矿床实例专门論述金属矿床（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試用教材，对从事地质工作的一般技术人员也有参考意义。

矿床工业类型

上册

金属矿床

（修訂本）

长春地质学院矿床教研室編

*

地质部地质书刊編輯部編輯（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）

北京市书刊出版业营业許可証出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ ·印张 $13 \frac{1}{2}$ ·字数304,000

1961年11月北京第一版

1965年1月北京第二版·1965年1月北京第三次印刷

印数7,157—10,776·定价（科五）1.60元

*

統一书号：K 15165·1103（地质-71）

修訂本序言

“矿床工业类型”是由长春地质学院矿床教研室的部分教师集体編写的。根据教育部和地质部的指示，本书可作为全国各高等院校地质专业的試用教材。本书的第一版是在1961年5、6月份集中編写的，在一年来的試用过程中，发现了若干缺点及錯誤之处，因而，在再版以前，于1962年9月—12月間进行了修改。

本书第一版的編写是以选輯为主，只有部分章节是重新編写的。編写本书时，金属矿床部分主要依据1959年长春地质学院矿床教研室編写的“金属矿床工业类型講义”及1959年北京地质学院矿床教研室編写的“金属矿床”講义；非金属矿床部分主要依据1960年长春地质学院矿床教研室編写的“非金属矿床工业类型講义”及1959年北京地质学院矿床教研室編写的“非金属矿床工业类型講义”。参加編写的教师共有五名，分工如下：章午生（緒論、8—18章、20、21章），宫书堂（1、2章），苑清揚（3—7章、19章），馮本智（22—25章、27—30章、36—38章、40—44章），姚凤良（26章、31—35章、39章）。此外，部分同学参加了绘图和抄写工作。

本书再版时的修改工作是在教学工作的同时进行的，由于時間及条件的限制，着重在內容和文字的精炼及修正錯誤方面，也补充了部分新資料。参加修改工作的共有八名教师，分工如下：章午生（緒論、10章、14—18章、20章），宫书堂（1、2章、19章、21章），赵寅震（3—7章、11章），赵希澂（8、9、12、13章），馮本智（23、24章、30、36、38、41章），赵东甫（22、27—29章、32、37、40章），姚凤良（26、33—35章、39章），尹大昌（25、31、42—44章）；最后的整編工作，金属矿床部分由章午生完成，非金属矿床部分由馮本智完成。

除了上述所依据的教材以外，本书在編写和修改过程中，基本的参考书有：H. Г. 馬加克揚著的“金属矿床”（1955）、B. A. 別列捷里也夫著的“金属矿床工业类型”（1957）以及 A. Г. 別捷赫金等著的矿床学第三篇“非金属矿床”（1954）。

本书可作为高等院校地质測量找矿专业和矿产地質勘探专业的試用教材，另外，对中等地质专业学校、野外地质人員及有关的科学研究人員也有参考意义。

本书在編写和修改过程中，一直受到喻德淵院长、郭思敬副院长的关怀和指导，在此次修改过程中，承蒙胡伟同教授、馬振图教授等的审閱，并提出了宝贵意見，我們表示十分感謝。

由于編者业务水平有限，本书不論在內容或文字方面都存在着很多缺点，另外，由于時間和人力的限制，在此次修改过程中，本书未能做更大的变动，某些新資料来不及补充，某些插图未能更換，所有这些問題，均有待于下一版中来完成。編者誠懇地希望讀者的批評、指正。

編者

1962. 12. 长春

目 录

修訂本序言

緒論	1
第一章 鐵	8
一 概論	8
二 鐵的地球化学	10
三 矿床的工业类型	10
四 国内外分布概况	33
第二章 錳	35
一 概論	35
二 錳的地球化学	37
三 矿床的工业类型	38
四 国内外分布概况	48
第三章 鉻	50
一 概論	50
二 鉻的地球化学	51
三 矿床的工业类型	51
四 国内外分布概况	54
第四章 鈦	55
一 概論	55
二 鈦的地球化学	56
三 矿床的工业类型	57
四 国外分布概况	59
第五章 鈮	60
一 概論	60
二 鈮的地球化学	61
三 矿床的工业类型	62
四 国外分布概况	64
第六章 鎳	64
一 概論	64
二 鎳的地球化学	66
三 矿床的工业类型	67
四 国内外分布概况	72
第七章 鈷	74
一 概論	74
二 鈷的地球化学	75
三 矿床的工业类型	76
四 国内外分布概况	78
第八章 鎢	79
一 概論	79
二 鎢的地球化学	80
三 矿床的工业类型	81
四 国内外分布概况	87
第九章 鉬	88
一 概論	88
二 鉬的地球化学	89
三 矿床的工业类型	90
四 国内外分布概况	95
第十章 銅	96
一 概論	96
二 銅的地球化学	98
三 矿床的工业类型	100
四 国内外分布概况	114

第十一章 鉛、鋅、銀	116
一 概論	116
二 鉛、鋅、銀的地球化学	118
三 矿床的工业类型	119
四 国内外分布概况	128
第十二章 錫	130
一 概論	130
二 錫的地球化学	131
三 矿床的工业类型	132
四 国内外分布概况	140
第十三章 鉍	141
一 概論	141
二 鉍的地球化学	142
三 矿床的工业类型	142
四 国内外分布概况	144
第十四章 砷	145
一 概論	145
二 砷的地球化学	146
三 矿床的工业类型	146
四 国内外分布概况	149
第十五章 汞	149
一 概論	149
二 汞的地球化学	150
三 矿床的工业类型	151
四 国内外分布概况	156
第十六章 銻	158
一 概論	158
二 銻的地球化学	159
三 矿床的工业类型	160
四 国内外分布概况	162
第十七章 鋁	164
一 概論	164
二 鋁的地球化学	166
三 矿床的工业类型	166
四 国内外分布概况	172
第十八章 金	173
一 概論	173
二 金的地球化学	175
三 矿床的工业类型	175
四 国内外分布概况	181
第十九章 鉑及鉑族金屬	183
一 概論	183
二 地球化学	183
三 矿床的工业类型	184
四 国外分布概况	186
第二十章 鈾和鈾	186
一 概論	186
二 鈾和鈾的地球化学	188
三 鈾矿床的类型	189
四 鈾矿床的类型	199
第二十一章 稀有及分散金屬	202
一 概論	202
二 稀有及分散元素的矿床类型	205

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组成部分，是在矿床成因理論基础上发展起来的一門分支学科。

矿床工业类型一詞是1932年在苏联提出，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）一书中，也包括有矿床类型描述部分。美国地质学家 A. M. 貝特曼所著“矿床学”（1942年）一书中，共分为三篇：（一）原理与作用；（二）金属矿床；（三）非金属矿床。其中的（二）和（三）即系金属和非金属矿床的前身。1938年苏联学者 B. M. 克列特爾提出了矿床工业类型分类，此后，矿床工业类型逐渐发展为一門分支学科。

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，不能滿足实际工作的需要，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，其余的成因类型只有很小的工业价值。例如，鉄矿床的成因类型很多，从正岩浆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鉄矿床（即含鉄石英岩型），30%产自海相沉积型鉄矿床，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 $\frac{2}{3}$ 是来自海相沉积型錳矿床， $\frac{1}{3}$ 是来自风化壳型錳矿床，其他类型，价值很小。世界銅矿中50—60%的銅产自細脉浸染型銅矿床。世界鎳矿中，85—95%的鎳产自岩浆型銅鎳硫化物矿床，如此等等。由以上的統計数字中可見，每一种矿产的各种成因类型，其工业意义是很不相同的；显然，矿床的分类必須反映出这些差別来，只有这样对实际工作才有指导意义。另一方面，現有的成因分类过于概括，对于某些矿种來說，同一个成因类型可以包括有很多个地质及矿床特点差別很大的矿床类型，这样一来，分类对实际工作，特别是找矿勘探工作就失去意义。因为矿床的地质特点、矿体的形态、产状及延伸情况、矿石結構构造及組成都是找矿勘探工作的依据。地质特点和矿床特点不同的矿床，其找矿前提和标志、找矿勘探的方法、矿石的质量、矿石的技术加工过程以及矿床評价的标志都不相同，而分类也必須反映出这些差別来对实际工作才有指导意义。

以上概略地說明了划分矿床工业类型的必要性。

苏联地质学家 B. И. 斯米尔諾夫給予矿床工业类型以如下的定义：矿床工业类型是指那些表明自己是为工业提供某种矿物原料的主要供应者的矿床类型。斯米尔諾夫的这一定义基本上反映和表达了矿床工业类型的含义。为了更易于理解起見，我們对矿床工业类型的定义做如下的文字修改：所謂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

济中起主要作用的矿床类型。

显然，并不是所有的矿床类型都可列入矿床工业类型，而只是其中的一部分——在世界经济中起主要作用的矿床类型才能划归工业类型的范畴。至于矿床工业类型和非工业类型之间的具体界线何在，按照 B.M. 克列特尔的意见，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，也只被认为是自己国家的类型。克列特尔所规定的数字可供参考，我们应当体会它的精神，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。我国幅员广大，具备着各种地质条件，结合我国当前社会主义建设的需要，在划分矿床工业类型时，必须适应我国现阶段的具体情况，结合具体矿床的地质特点，来制定矿床工业类型。

应当指出，矿床工业类型的概念本身是具有相对性的，这种相对性一方面表现为：矿床工业类型的划分，以及每一个类型的经济意义都不是固定不变的，目前所分出的工业类型只是暂时的，随着国民经济的发展和采矿、选矿、冶炼技术水平的提高，愈来愈需要更多的矿产资源，而且也有可能更多的利用质量较差的矿石；因此，某些过去不能利用的矿床类型可上升为矿床工业类型，而某些类型过去经济意义较差，现在可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。类似的例子不胜枚举。矿床工业类型概念的相对性另一方面也表现为新的类型不断在增加着。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—赤铁矿矿床是在我国解放后才探明的，砂铝矿床在 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。总之，在理解矿床工业类型的概念时，必须具有发展的观点，否则对实际工作将会带来不良的影响。

二 矿床工业类型的研究任务

“矿床工业类型”作为一门学科来说，它所研究和解决的主要是以下四个问题：

(一) 各种矿产的基本工业要求，包括矿石的质量和矿床的规模要求。这些工业要求指标的本身就是矿石与非矿石、矿床与非矿床的界线。

(二) 各种矿产有那些工业类型？

(三) 对每一种矿产来说，其工业类型的相对意义如何？为什么具有这样的相对意义？在解释相对意义时不仅要从小矿床本身的特点出发，而且要涉及到现阶段矿石的技术加工水平、国家的国民经济发展计划等问题。

(四) 每一个工业类型的特征，包括一般的地质特征、矿床特征、矿体内部构造特征、矿石的工艺特征等等方面，以及该类型矿床的形成条件、成矿规律。

此外，为了深入研究和解决上述问题，对某些理论问题也要进行研究，如：元素的地球化学、某些类型矿床的成因等问题。对非金属矿产来说，矿物的结晶学及结晶化学也是研究内容之一。为了更好的指导找矿工作，对矿产分布规律以及国内外分布概况也要做一

定程度的闡明。

三 研究矿床工业类型的实际意义

从上述研究任务中可以看出，“矿床工业类型”基本上是属于应用科学范畴，着重于实际资料的研究及实际问题的解决。因此，阐明研究矿床工业类型的实际意义，显得突出重要。

矿床工业类型的实际意义，主要表现在以下三方面：

- (一) 指导找矿勘探及矿床评价工作；
- (二) 为采矿、选矿、冶炼工作提供参考资料；
- (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。矿床工业类型知识贯穿在找矿勘探工作的整个过程中，其中，不仅是对找矿勘探工作方法有意义，更重要的是在矿床评价方面。例如，在初步找矿阶段的区域矿产远景评价，在详细找矿阶段的矿床地质评价等，都离不开工业类型知识。

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矿床的评价。在勘探工作中，对于勘探手段，勘探网密度的选择，同样需要采取对比的方法，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，应以钻探为主要手段，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。

在国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。

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，少数浸染状贫矿石则可用磁法选矿；海相沉积型铁矿、湖相沉积型铁矿及热液型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，經濟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；矿山工业部門的經濟人員也必須参考該矿床的工业类型来提出开发矿山的設備和經費计划。

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識指导实际工作时，决不能机械地运用，必須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識，另一方面又决不要被工业类型知識所束縛。因为矿床工业类型本身是代表一个“类型”，是反映矿床的一般規律，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現大型的矿床。另一方面，具体矿床有时也可以具有某些独特之处。

四 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) 围岩性质；(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别，一派是以成因类型作为主要划分标志，如 И.Г. 馬加克揚等；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、鎳等矿床則存在問題；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。本书金属矿床部分，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，其中某些矿种可能还存在一些問題。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。

五 评价矿床的因素

在资本主义国家里，矿产也象其他生产资料一样是属于私人所有，因此对矿床评价所考虑的唯一因素就是使资本家获得最大限度的利润。

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财富，巩固社会主义国防，提高人民的物质和文化生活水平。因此，对矿产的利用是有计划按比例发展的，而对具体矿床的评价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：包括储量、品位、综合利用组分、产状、地理位置、开采和选矿冶炼的技术特性等。其中，对金属矿床来说，矿床的储量及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，还必须注意到以下问题：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及岩石本身，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的。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。在非金属矿产中同一种矿种，因质量不同可应用于不同的工业部门。例如萤石，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，也必须充分体现。例如，由党中央所提出的，以农业为基础、以工业为主导的发展国民经济的总方针，体现在矿床评价方面，要求对那些与农业直接有关的矿产应特别重视，应当根据需要的情况适当地提高它们的地位和适当地降低工业要求的某些指标；而在工业方面，对那些目前迫切需要同时十分缺乏的矿产（如富铁矿、富铜矿、铬、金刚石、压电石英、光学原料等）进行矿床评价时也要相应地考虑。

(三)矿区的经济因素：包括动力资源、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、国家总的发展情况而改变着。

六 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. 輕金属

Al、Mg。

4. 貴重金属

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、Tl、Ga、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) 絕緣材料——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) 精密仪器及裝飾用材料——紅宝石、蓝宝石、金刚石、冰洲石、水晶、綠宝石等。

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、菱鎂矿、石墨、螢石、石灰岩、白云岩等。

4. 国防工业原料类

压电石英、云母、石棉、硼等。

5. 建筑石料

(1) 玻璃原料——石英砂、脉石英、石英砂岩。

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

(3) 胶凝石料——石灰岩、泥灰岩、凝灰岩、白榴石火山岩等。

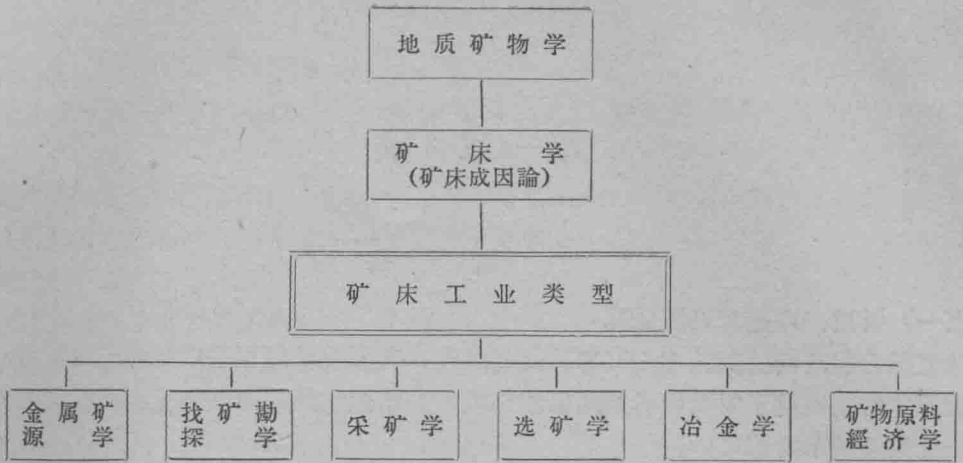
(4) 烧料石料——橄欖岩、玄武岩、輝綠岩、暗色岩、輝长岩等。

(5) 隔音隔热原料——浮石、硅藻土、珍珠岩、凝灰岩。

(6) 天然建筑石材——花崗岩、玄武岩、大理岩、石英岩、板岩、砂岩。

七 “矿床工业类型”和其他学科的关系

根据 B.A. 別列捷里也夫的意見，“矿床工业类型”在其他邻近課程中的地位如下图所示：



第一章 鐵

一 概 論

(一) 性质、用途及經濟概况

远在紀元前八世紀到五世紀（春秋战国时代）我国就已經相当广泛地应用着鐵，紀元前一世紀左右就出現了同現代高炉相似的煉鐵炉，熔煉生鐵；而欧洲直到十四世紀中叶才有第一批极为简单的煉鐵炉。

鐵在自然界均以各种化合物形态存在。游离状态的鐵只在隕石中发现。純鐵是銀白色有光泽有韌性的金属，比重 7.87，熔点 1535°C 。鐵中增加碳会大大降低鐵的熔点，如含碳 4.3% 的鐵在 1150° 时就熔化。鐵原子之間具有很大的結合力，因此它有很高的熔点、沸点，很大的展性和坚固性。鐵的这些技术性质随着含碳量不同，也有所改变。熟鐵（含碳 0.04—0.2%）富有延展性，鋼（含碳 0.2—1.5%）具有很大的韌性和坚固性，生鐵（含碳 2.5—4%）性脆。鋼质生鐵（含碳 1.5—2.5%）的性质則介于鋼与生鐵之間。生鐵中的碳或全部与鐵成化合状态（三鐵化碳 Fe_3C ）存在（煉鋼生鐵），或部分成化合状态部分成石墨游离状态存在（鑄造生鐵）^①。鋼分普通鋼和特种鋼两类。特种鋼是普通鋼加入錳、鉻、鎳、鈷、鈾、鎢、鉬等元素在石墨坩堝或电炉中熔煉而成。

按重量計算鐵占有被利用金属的 90% 以上。鐵是黑色冶金工业的基本原料。一切現代工业部門都需要用鐵，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、交通运输、电力工业以及国防工业等。一般生活用具大部分也是用鐵制造的。

鐵矿石的世界儲量估計为 1,500 亿吨，如果将含鐵 20—40% 的含鐵石英岩計算在內，則儲量达 30,000 亿吨。苏联鐵矿儲量居世界首位，其儲量数字約等于整个資本主义国家儲量的总和。我国鐵矿儲量仅次于苏联（1958 年）。

世界鐵矿石年产量約为 3 亿吨，每年提炼的生鐵約为 1.5—1.8 亿吨。主要产鐵国家有：苏联、中国、美国、法国、瑞典、巴西、印度、古巴等。

(二) 工业矿物、矿石类型及工艺特点

自然界中已知含鐵矿物有 300 余种，但工业矿物仅有以下五种：

磁鐵矿—— $\text{Fe} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_4$ ，含鐵 72.4%。磁鐵矿氧化后可以生成假象赤鐵矿（赤鐵矿的磁鐵矿假象）。

赤鐵矿—— Fe_2O_3 ，含鐵 70%，結晶的赤鐵矿具有金属光泽的叫鏡鐵矿，結晶体呈細鱗片状者叫云母状的赤鐵矿。赤鐵矿在氧的作用减弱的还原条件下可生成六方磁鐵矿（磁鐵矿的赤鐵矿假象）。

鐵的氢氧化物——有褐鐵矿（ $\text{HFeO}_2 \cdot \text{aq}$ ）、針鐵矿（ HFeO_2 ）及水赤鐵矿（为一种混合

① 世界所煉制的生鐵，大約 90% 是属于煉鋼生鐵。它沒有直接的用途，只用来再煉制鋼和熟鐵。

物), 含鉄 48—63%。

菱鉄矿—— FeCO_3 , 含鉄 48.3%。

含鉄綠泥石——包括鮞綠泥石、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;

含鈦磁鉄矿矿石;

菱鉄矿矿石。

鉄矿石的最低工业品位一般应不低于 25—30%, 不同类型矿石要求稍有不同。矿石在高炉中熔炼的产品有鑄造生鉄、炼鋼生鉄和各种鉄的合金。其对矿石的要求最低平均含鉄量不少于下列数字 (按苏联 E. Ф. 卡薩特金的資料):

磁鉄矿矿石.....	56—60%
赤鉄矿和假象赤鉄矿矿石.....	54—58%
褐鉄矿矿石.....	45—50%
鈦磁鉄矿矿石.....	40—45%
菱鉄矿矿石.....	30—35%

对自熔矿石^①來說, 鉄的含量在 35% 以上即可; 个别情况下还可以降低到 25—30%。

不适合上述要求的鉄矿石需預先經過选矿才能送去冶炼。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。

鉄矿石中有害杂质有磷、硫、砷、鉛、鋅等。这些杂质在炼鉄尤其是炼鋼时能破坏鋼的机械性质, 使鋼具有冷脆性或热脆性。因此工业上对其含量都有严格地限制。磷和硫是鉄矿石中最多最有害的杂质。不同的炼鋼方法对磷的要求也不同。酸性轉炉法 (貝氏法) 不超过 0.005—0.006%, 碱性轉炉法 (托馬氏法) 可达 1.5—2%, 平炉法 (馬丁氏法) 一般不大于 0.02% (酸性炉底的平炉法) 和 0.2% (碱性炉底的平炉法)。因此, 酸性轉炉法适于熔炼含磷低的生鉄, 碱性轉炉法适于熔炼含磷高的生鉄, 平炉法則适于处理含磷不定的生鉄。平炉炼鋼約占世界鋼产量的 75—80%, 是在技术上最通用、經濟上最有利的炼鋼法。熔炼难熔的特种鋼可采用电冶炼。电冶炼能够炼出碱性較强的炉渣, 因此也可以大量除磷。矿石中硫的含量应不超过 0.3%, 如大于此限时, 須預先焙烧除硫, 再将其燒結熔炼。

① 凡矿石中 $\text{CaO} + \text{MgO} / \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$ 大于或等于 0.8 者都属自熔矿石。

此外，矿石中砷的含量限度为 0.07%，铅为 0.1%，锌为 0.2%，锡为 0.07—0.08%。

锰、铬、钒、镍、钴、钨、钼等都是铁矿石中的有益杂质。这些元素在冶炼时都可以完全进入生铁而后进入钢中，它们有利于钢的机械性能的提高。

二 鉄的地球化学

鉄的克拉克值为 5.10%（据 A. П. 維諾格拉多夫，以后同），在地壳中平均含量仅次于氧、硅、铝而居第四位。

按元素的地球化学分类，鉄属鉄族元素。鉄族元素包括 Ti、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni 等。它们在周期表上适于第四周期的中部，具有亲铜元素和亲石元素之间的过渡性质。在鉄族元素中，鉄又居于中间位置，具有鉄族元素的典型特性，是鉄族元素的代表。

鉄具有較小的原子容积，随地球各岩石圈深度的增加鉄的含量相应增高。因此，在基性和超基性岩石中鉄的含量远较中性和酸性岩石为高。如玄武岩含鉄达 8.71%，而花岗岩只有 2.42%。基性玄武岩浆富含鉄质的这种地球化学特性，决定了鉄矿的成矿专属性。根据 Ю. А. 庫茲涅佐夫的意見，絕大多數的內生鉄矿是与玄武岩系成因的侵入体（部分为噴出岩）有成因联系，如輝长岩、輝綠岩、鹼性正长岩、鹼性花岗岩，以及鹼性熔岩等。

鉄既具有亲石性也具有亲硫性，因此自然界既可見到鉄的氧化物、含氧盐，又可見到硫化物。它们在內生外生条件的各个阶段，都可以大量的积聚，但并非都能形成工业矿床。在岩浆結晶阶段，鉄在分凝作用中以磁鉄矿（个别以自然鉄）形式在基性岩內造成不大的富集；而在熔离作用中以硫化物形式可以大量积聚，但作为鉄矿来说是沒有工业价值的。由于晚期岩浆阶段揮发性成分的作用，鉄呈磁鉄矿大量集中于鹼性岩和基性岩（与鈦鉄矿一起）內。在岩浆期后阶段，当侵入岩与碳酸盐岩石接触时，与玄武岩浆有成因联系的基性和鹼性侵入体能够造成大的接触交代磁鉄矿床；与花岗岩浆有成因联系的中酸性侵入体所形成的接触交代磁鉄矿床，总的看来，鉄的积聚要小些。热液阶段，鉄以硫化物形式大量积聚，只是在氧化环境才能形成有工业价值的磁鉄矿、赤鉄矿的高、中温热液矿床。

按离子构造类型，鉄属过渡型离子（內电子层未填满的离子），因此它具有易变的电价。不同电价的离子其化学性质也截然不同，例如二价鉄具較强的鹼性，易溶于天然水中；三价鉄具弱鹼性，在天然水中几乎是不溶解的。这一点对于鉄在表生作用带中的轉移和集中，以及在变质作用过程中的进一步富集，都有重大的意义。富含鉄的岩石和原生矿床遭到风化破坏后，二价鉄呈可溶性化合物（重碳酸盐等）轉移。但在氧的作用下，二价鉄极易变成三价鉄，水解后成氢氧化物沉淀析出，形成风化残余矿床。在适宜的条件下，鉄经过搬运、沉淀，可以形成有很大工业意义的沉积矿床。在区域变质的条件下，由于变质作用特别是变质交代作用，可以促使沉积鉄矿床中的鉄进一步轉移，造成局部富集。

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是很多的，实际上包括了所有的成因类型。

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）密切相关，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。致密状矿石含铁及钛一般均较高。主要矿石矿物为磁铁矿和钛铁矿；钛铁矿一般都与磁铁矿成连晶。

矿石中铁的含量通常较高（50—60%）， TiO_2 含量可达到20%， V_2O_5 含量0.5—1%，含磷少而硫较多。矿石中除钛外，常含有钒、钼，均可以综合利用。

属于此类型矿床有苏联的库萨矿床，别尔沃乌拉尔斯克矿床；美国的爱仑蒙顿矿床；南非的布什维尔矿床；坦噶尼喀的尼奥姆别矿床；中国河北某铁矿床等。

此类型矿床的规模一般是中型，个别矿床为大型。

矿床实例

1. 苏联库萨铁矿床

矿床位于南乌拉尔兹拉托乌斯特城以北十八公里处。

区域由不大的角闪石化辉长岩体组成，岩体南北向延伸达数公里长，平均宽1公里，岩体之东和前寒武纪花岗岩片麻岩相接触，其西和古生代石灰岩相毗连（图1）。

矿体产在辉长岩体中，呈矿巢、浸染矿石带及似脉状矿体，后者产于逆掩断层式的裂隙中，并具有较大的价值。

似脉状矿体组成三个互相平行的带，大体上呈南北向延展，倾向南东，倾角 45° 。西边的两个带各延长2.5公里，东带断续延长达1公里。矿体厚度较小，在1米到10米之间。据物探资料矿体向下延伸达到800米之深。

矿体脉壁有绿泥石和石榴石发育。

矿石主要矿物为磁铁矿（60—70%）和钛铁矿（20—30%），含有数量不多的斑铜矿、黄铜矿、绿泥石、辉石、黄铁矿和赤铁矿，有些地方含有铬铁矿和磷灰石。磁铁矿晶体发育的很好，在晶体之间有稍晚的钛铁矿结晶，后者也有部分见于磁铁矿颗粒内，构成固溶体分解结构。

矿石含铁50—57%，含 TiO_2 10—20%，含 Cr_2O_3 1—2%，含硫0.12%，也含有一定数量的钒。钒和磁铁矿有关，并以类质同象混入物出现，部分可能成为钒磁铁矿出现，其成分为 $Fe(Fe, V)_2O_4$ 。

库萨矿床的矿石进行磁选后可以获得两种精矿：磁铁矿精矿（用于冶炼优质的钒钢）和钛磁铁矿精矿（用于生产金属钛和钛白）。

矿床是晚期岩浆矿床，它是由辉长岩浆在后期结晶阶段分出富含铁、钛、钒的含矿熔体形成。似脉状矿体的形成是在侵入体已结晶的上部裂隙中，含矿岩浆受到外动力的

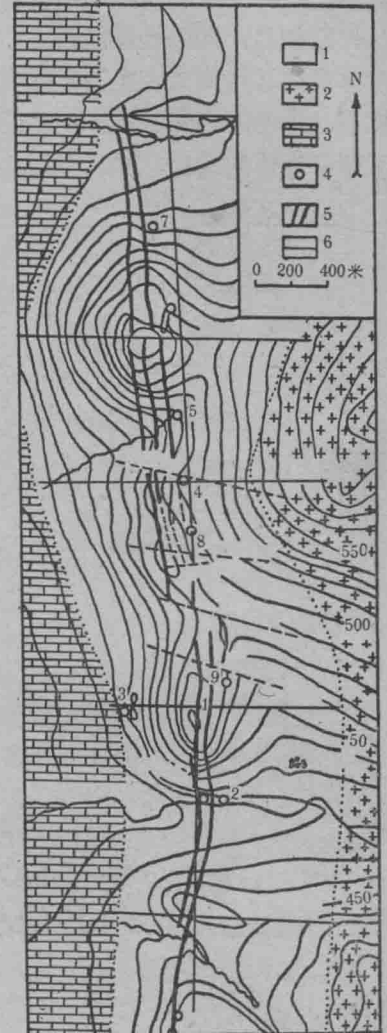


图1 苏联库萨矿区地质图

1—辉长岩和角闪岩；2—花岗岩片麻岩；3—石灰岩；4—钻孔；5—矿体；6—断层

作用发生顆粒間挤压所致。

2. 河北某地鉄矿床

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、超基性岩体侵入上述地层中。基性岩体沿东西向断裂带成带状分布，以斜长岩、輝长岩为主。其次，基性岩墙也很发育。

矿体产于北北东方向的构造裂隙中，由若干个大小不等的矿体，組成三个平行的矿化带（图2）。主要矿体产于斜长岩裂隙中，或在斜长岩与矿染輝长岩的接触带中。矿体成脉状、凸鏡状，与围岩界綫清楚，产状陡立，向下延伸数百米，最后在斜长岩中尖灭。这些矿体内部結構均匀，主要由致密状矿石組成。其主要矿物为磁鉄矿、鈦鉄矿、赤鉄矿、金紅石、綠泥石、黄鉄矿。矿体附近围岩常有綠泥石化和綠帘石化現象。另有一部分矿体产于輝长岩体的边部，多成似层状，产状与岩体原生条带状构造一致，向深部在輝长岩中

逐漸尖灭。这种矿石主要为浸染状构造，隕石状結構也常見。除磁鉄矿、鈦鉄矿外，矿石常含有多量的斜长石、輝石、纖閃石、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—磁鉄矿矿床

矿床在空間上及成因上与正长岩及正长閃长岩有密切的关系。磁鉄矿与磷灰石共生，并含有赤鉄矿、云母、螢石等。揮发性組分氟及磷起着矿化剂的作用，促进鉄从岩浆中分离，而最后形成氟磷灰石。

矿体成脉状及凸鏡状。矿石中鉄和磷的含量都很高，一般鉄含量为55—70%，磷2—4%以上。矿石因含磷較高，仅适于托馬氏炉冶炼，其炉渣是一种用于农业上的富含磷的貴重肥料。

此类型矿床占世界鉄矿开采量的5%。

瑞典北部的矿床可作为此类型的典型代表，其規模巨大，矿石儲量达50亿吨。此外，苏联烏拉尔的列

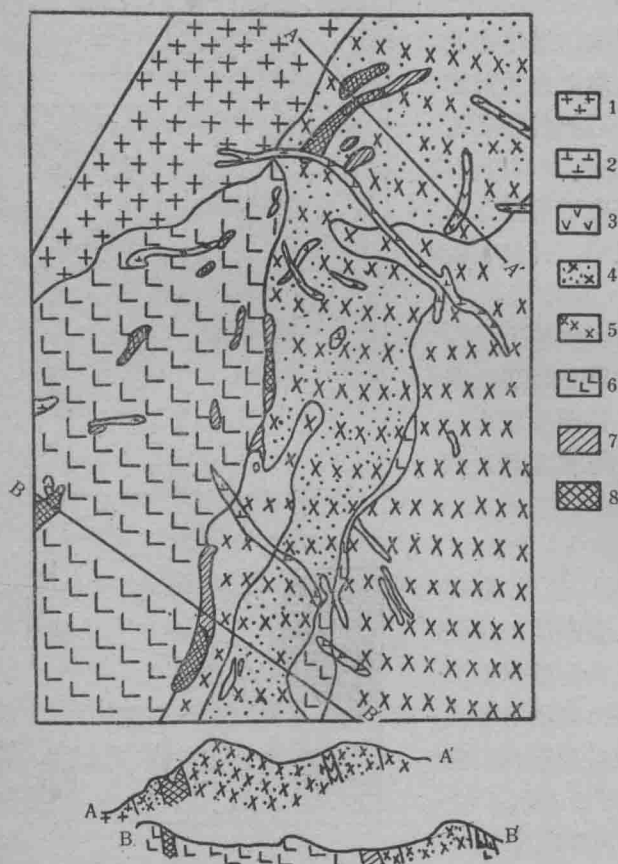


图2 河北某地鉄矿床地质略图

1—細粒花崗岩；2—中性岩脉；3—細粒輝长岩；4—矿染輝长岩；5—綠泥石化輝长岩；6—斜长岩；7—浸染状矿石矿体；8—致密状矿石矿体

比亚仁矿床亦属此类型，但規模較小。中国在甘肃发现有此类矿床。

矿床实例

瑞典基魯納矿床