



高等专科学校教学用书

GAODENG
ZHUANKE
XUEXIAO
JIAOXUE
YONGSHU

矿床学

冶金工业出版社

P61
Z-512

高等专科学校教学用书

矿床学

长春地质高等专科学校

周明宝 主编

冶金工业出版社

758563-7

前 言

社会经济的发展，离不开对矿产资源的开发和利用，人类进化的历史已证实了这点。在宇航时代的今天，尽管世界范围的科学技术，已迈开了征服宇宙的步伐，现代工业亦已生产出多种性能优异的人工材料，然而蕴藏于地下的天然矿产资源，依然是人类赖以生存和进步必不可少的物质基础。作为综合研究各种矿产成因、过程与基本特征的专门学科——矿床学，其重要地位显然是无可替代的。

为了满足冶金、有色与黄金系统培养高等专科学校人材的要求，由长春地质高等专科学校、沈阳黄金学院和长沙工业高等专科学校组织了三校矿床学教师共同编写本教材——《矿床学》。在编写中，突出了如下几方面的特点：

(1) 在矿种上，以金属矿产为重点，适当加强金矿地质的内容；

(2) 努力体现理论联系实际的原则，加强重点矿种典型矿床实例等实践性内容的论述；

(3) 重视教材内容的新颖性，对近代国内外有关矿床学科的先进理论、新学说与新学术观点进行较为广泛的介绍，如增添了第十四章近代矿床学中若干问题简介等；

(4) 为培养学生独立工作与研究的能力，教材中对矿床的研究方法也作了较系统的阐述。本教材为高等专科学校教学用书，亦可供其它高等院校师生及地质勘探部门工程技术人员参考。

本书由长春地质高等专科学校周明宝担任主编，全书分14章，其中第一、六两章由周明宝编写，第二至五章由长春地质高等专科学校王宝珠编写，第七、九、十二章由沈阳黄金学院李力编写，第十、十一章由沈阳黄金学院郑超编写，第八、十三、十四章由长沙工业高等专科学校周吉昌编写。初稿完成后由长春黄金研究所朱奉三教授、长春地质学院姚凤良教授及长春地质高等专科学校徐光荣副教授三位专家组成的评审组进行审查。评审组提出了宝贵的建设性意见，编者又作了修改与补充。

参加编写本书的三个学校的地质系、教材科、绘图室等单位对本书给予了大力的支持，对初稿提供了宝贵的资料、信息和建议，在此谨向上述单位的领导与同行致以衷心的感谢。

限于编者的水平，教材中不足之处在所难免，敬请读者不吝批评指正。

编 者

1991年7月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 矿产在国民经济发展中的意义与作用.....	1
第二节 矿产的工业分类.....	1
第三节 矿床学的研究任务及其与其他学科的关系.....	3
第四节 矿床学的发展简史及现状.....	3
第二章 有关矿床的基本概念	6
第一节 矿床的概念.....	6
第二节 矿体的概念.....	7
第三节 矿石与脉石的概念.....	10
第四节 矿床成因类型和工业类型的概念.....	13
第五节 决定矿床工业价值的因素.....	13
第三章 成矿作用概述及矿床成因分类	16
第一节 地球的内部构造及物理化学状态概述.....	16
第二节 元素在地壳和上地幔中的平均含量及其找矿意义.....	19
第三节 元素的地球化学分类及元素的共生规律.....	21
第四节 元素在地壳中的迁移富集.....	26
第五节 成矿作用概述.....	29
第六节 矿床的成因分类.....	30
第四章 岩浆矿床	34
第一节 概述.....	34
第二节 岩浆矿床的成矿作用.....	35
第三节 岩浆矿床的成因类型及其特征.....	40
第四节 岩浆矿床实例.....	42
第五节 岩浆矿床的形成条件.....	50
第五章 伟晶岩矿床	53
第一节 概述.....	53
第二节 伟晶岩矿床的地质特征.....	54
第三节 伟晶岩矿床的成因.....	58
第四节 伟晶岩矿床类型.....	61
第五节 伟晶岩矿床实例.....	65
第六节 伟晶岩矿床的形成条件.....	67
第六章 气化-热液矿床概述	71
第一节 气化-热液矿床的概念和特点.....	71
第二节 含矿气水溶液的来源.....	74

第三节	含矿气水溶液的成分和性质	77
第四节	气水溶液作用过程中成矿物质的活化、转移和沉淀	80
第五节	气水溶液的成矿方式	84
第六节	围岩蚀变及主要类型	88
第七节	气化-热液矿床的成矿期、成矿阶段和矿物生成顺序	93
第八节	气化-热液矿床的带状分布	94
第七章	接触交代矿床	99
第一节	概述	99
第二节	接触交代矿床形成的条件	102
第三节	矽卡岩矿床的成矿作用和成矿过程	109
第四节	主要矿床类型及实例	112
第八章	热液矿床	121
第一节	热液矿床形成的地质条件	121
第二节	热液矿床的成因类型和实例	126
第九章	火山成因矿床	145
第一节	概述	145
第二节	火山成因矿床形成的地质条件	146
第三节	火山成因矿床的类型及实例	151
第十章	风化矿床	168
第一节	概念、地质特征及工业意义	168
第二节	风化矿床的形成条件	168
第三节	风化成矿作用及风化矿床分类	170
第四节	风化矿床的类型	172
第五节	金属硫化物矿床的表生变化及次生富集作用	183
第十一章	沉积矿床	195
第一节	概述	195
第二节	机械沉积矿床	198
第三节	蒸发沉积矿床	210
第四节	胶体化学沉积矿床	216
第五节	生物-化学沉积矿床	231
第六节	我国沉积矿床的分布规律	241
第十二章	变质矿床	245
第一节	概述	245
第二节	变质成矿作用的影响因素和变质成矿作用的类型	248
第三节	变质矿床的类型及实例	251
第十三章	矿床学的研究方法	264
第一节	矿床学的一般研究方法	264
第二节	同位素研究在矿床学中的应用	266
第三节	矿物中气液包裹体的研究	278

第四节	微量元素的研究.....	285
第五节	稀土元素的研究.....	289
第十四章	近代矿床学中若干问题简介.....	295
第一节	成矿的基本问题——矿源问题.....	295
第二节	层控矿床.....	301
第三节	矿化集中区与成矿系列.....	306
第四节	成矿模式.....	309
第五节	板块构造与成矿.....	314
主要参考文献		319

第一章 绪 论

第一节 矿产在国民经济发展中的意义与作用

矿产或叫有用矿产 (Useful Mineral)，系泛指一切赋存于地壳之中，或埋藏于地下，或出露于地表，可供人类利用的天然矿物资源。它是人类社会赖以生存和发展的基本物质基础和最主要的生产资料之一。

矿物资源和生物资源有很大的区别，前者一般是不能再生的。随着几千年来人类对矿产资源的开发和利用，特别是近百年来现代化工业的大规模生产，消耗了巨量的矿产，使有的矿产发生了全球性的短缺，不少矿产出现了地区性的资源枯竭。尤其是在领土面积小，矿产资源有限的国家和地区中，生产与生活需要和矿产资源供求方面的矛盾日趋尖锐，影响了当地社会经济的发展；而有的国家，凭借开发其优异丰富的矿产，迅速地改变了原有经济落后的状况，而跻身于工业技术发达国家的行列。在国际科技界，不少有识之士曾富有远见地预测：在本世纪末到下世纪初，有多种矿产将消耗殆尽而面临资源匮乏的严峻形势。有人警告：如果矿产资源严重不足，现代工业和农业的发展将是一句空话，国民生计也将出现危机。26届国际地质大会曾指出，矿产资源（包括能源），将是未来几十年内世界性的中心研究课题……。这些精辟的论断，决非危言耸听，而是必须认真对待的现实问题，同时，这也说明了矿产对人类社会的生存和国民经济的发展有着重要意义和举足轻重的作用。

我国地域辽阔，矿产资源种类较为齐全，世界上已知的160多种矿产在我国都已发现，其中已探明储量的矿产达136种。钨、锑、锌、钒、钛、锂、稀土等金属的探明储量居世界首位。其中钨矿无论在储量、产量、出口量方面均占世界第一位。钨矿的储量是国外储量的三倍多，稀土金属仅内蒙白云鄂博矿即为世界其他地区总储量的三倍。锡、钼、汞、铌、钽居世界第二位至第三位，其中锡矿储量仅次于马来西亚，接近于世界总储量的一半。过去认为，中国缺少战略资源——镍，自从在甘肃金川发现了一个居世界第二位的特大型硫化镍矿以来，我国目前探明的镍矿储量已居世界第四至第五位。我国铁矿储量居世界第四位，还有一些金属矿产和非金属矿产资源亦名列前茅。虽然我国矿产资源较为丰富，但因人口众多，地域广大，矿产资源结构不尽理想，故仍不能满足现代化建设的需要，这就要求广大地质工作者尽快地探明更多更好的矿产资源。当前应注重寻找富铁、富铜、铬、铂、钾盐、金刚石、金、铝等固体矿产以及石油、天然气等能量资源。还要注意新矿物原料及非金属矿的开发利用和研究，不断提交各种矿产尤其是重点矿产的工业储量，以满足国民经济日益发展的要求。

第二节 矿产的工业分类

目前世界上已利用的矿产有160余种，按照矿产的性质及工业用途可分为金属、非金

属和燃料矿产。

一、金属矿产

从中可提取金属原料的有用矿物资源。按其工业用途可分为：

1. 黑色金属矿产：铁、锰、铬、钛、钒等。
2. 有色金属矿产：铜、铅、锌、铝、镁、镍、钴、钨、锡、钼、铋、锑、汞等。
3. 贵金属矿产：金、银及铂族元素铂、钯、钌、铑、钇、铈等。
4. 放射性金属矿产：铀、钍、镭等。
5. 稀有、稀土和分散金属矿产：

(1) 稀有金属矿产：铌、钽、锂、铍、锆、铯、铷等。

(2) 稀土金属矿产：包括原子序数57~71（镧系）及89（钇）共16种元素，按其地球化学性质和共生关系，可分为如下两类：

1) 轻稀土金属矿产（镧族元素）：包括镧、铈、镨、铈、钷（人造元素）、钆、铈七种元素，其原子量均小于钇族元素的原子量，故称轻稀土金属元素。

2) 重稀土金属矿产（钇族元素）：包括钇、钆、铽、镝、铈、铈、铈、镱、镱九种元素。

(3) 分散元素金属矿产：锗、镓、铟、铊、铋、镉、镉、钨、钨、碲等。一般不形成独立矿物，常以类质同象，混合物的形式分散在其他矿物中，在开采其它矿产时可作为综合利用的元素加以回收。

二、非金属矿产

从中可提取非金属元素及其化合物，或可直接利用的非金属矿物及其集合体的矿产。该类矿产大多数是直接利用它的物理性质、化学性质及工艺性能。例如金刚石除部分晶形良好、色泽绚丽者可供作钻石外，在工业上主要是利用它的特殊高硬度；云母的透明度和绝缘性使它成为良好的天然绝缘材料；水晶则因其光学性质和压电性能而被利用。许多岩石则是重要的化工原料或建筑石料。现按其工业用途可分为：

1. 矿物原料矿产：如金刚石、石墨、石棉、云母、刚玉、水晶、冰洲石、光学萤石等。
2. 化工及肥料原料矿产：如磷灰石、磷块岩、黄铁矿、钾盐、岩盐、明矾石等。
3. 冶金辅助原料矿产：如菱镁矿、耐火粘土、白云石、萤石、石灰岩等。
4. 陶瓷与玻璃原料矿产：如长石、高岭土、粘土、石英砂、石英岩等。
5. 水泥与建筑材料矿产：如石灰岩、硅藻土、珍珠岩、大理岩、花岗岩、砂石、砾石等。
6. 宝石与工艺美术原料矿产：如硬玉、软玉、玛瑙、琥珀、叶蜡石、蛇纹石、孔雀石、绿柱石等。

三、燃料矿产（即能源矿产）

指用作燃料的矿产，也是最重要、最普遍的能源。按其物理状态，可分为以下三类：

1. 固体燃料矿产：如煤、泥炭、油页岩、地蜡及沥青等。
2. 液体燃料矿产：如石油。
3. 气体燃料矿产：如天然气。
4. 地下水和热泉、地下热水。

第三节 矿床学的研究任务及其与其他学科的关系

矿床学或称经济地质学，是地质学中专门以矿床为研究对象的分支学科。它的基本任务是研究矿床的特点、形成条件、成因和分布规律以及技术经济评价等；为矿产的成矿预测和找矿勘探工作提供理论基础和地质依据。它的具体任务是：

(1) 研究矿石的物质组成、结构构造及其在空间和时间上的变化规律。这方面的研究可用于成矿作用特点的剖析，确定矿产的质量和矿石的工艺特征，为矿石的选矿、冶炼提供矿物学依据。

(2) 研究矿体的产状形态及矿体在时间和空间上的变化特点与成矿规律，同时还可用以查明矿体的延展趋向及矿体的开采条件并进行隐伏矿体的找矿预测。

(3) 研究矿床与地层、构造、围岩以及岩浆活动、沉积作用、变质作用、气候、地貌等的关系，进而研究矿床的形成条件和控矿因素等。

(4) 研究成矿物质的来源，成矿的物理化学条件，矿床的形成过程，以阐明矿床的成因。

(5) 研究矿床产出地区的大地构造和区域地质背景，地球化学场和地球物理场特征及其对矿床、矿田以及成矿带分布的控制作用，为进行区域成矿预测，指导找矿勘探工作提供科学依据。

综上所述，矿床学是一门理论性和实践性很强的综合性地质学科。综合性是指它需要综合运用矿物学、岩石学、地层学、构造地质学以及地球物理、地球化学等多学科的科学知识；实践性是指它的研究成果要直接为找矿、勘探、采矿、选矿和冶炼服务，因此它和其他学科有很密切的联系。研究矿床首先必须运用许多基础学科知识和原理，如数学、物理、化学、生物学等。对矿床的深入研究更需要地球物理、地球化学、物理化学、无机及有机化学等各方面的知识。研究矿床的物质成分必须运用矿物学、岩石学等基础地质知识。研究矿床的成矿地质条件则必须以动力地质学、构造学、地史学、古生物学、大地构造学等学科的知识为依据。研究矿床成因还要结合同位素地质学、全球构造、实验地质、海洋地质、深部地质等边缘学科的最新科研成果。由于矿床学是为找矿、勘探、采矿和冶炼提供理论基础和各种实测与测试数据资料的，显然，它和这些应用学科也有密切的关系。

第四节 矿床学的发展简史及现状

矿床学是一门既古老而又新颖的学科，它随着社会生产特别是矿业生产的发展而产生，同时又随着近代科学理论与技术的发展尤其是矿业生产技术的进步而充实更新，形成了一门技术经济与地质学相结合的综合性学科。在西方通常称之为“经济地质学(Economic Geology)”。

矿床学是地质和矿业工作者在长期的找矿勘探和开采生产中的经验积累和理论概括。矿床知识的萌芽，可以说在人类出现的初期就出现了。早在旧石器时代，人类在争取生存的活动中，就已经认识和利用了某些矿物和岩石的性质。如距今50万年以前的北京猿人就已开始利用石料制作生产和生活用的工具，采集利用了石英、燧石、板岩等。在距今4000年到2500年以前的殷周奴隶社会里，我国已进入青铜时期，开始大量寻找和开采铜、锡等金属矿产并制作使用了铜器。在战国至秦朝时，我国进入铁器时期，这时除铜、锡之外又广泛

发现和开发了多种铁矿，在冶炼铸造铁器方面在当时已有了相当高的水平。关于有用矿物的特征描述、有关找矿标志和矿物共生组合等矿床知识也有了科学的总结。早在公元前20~19世纪《禹贡》、《易经》、《山海经》、《管子》等古书中，就已有这方面的记载。例如在先秦著作《山海经》中曾记载了600多个矿产地的80多种矿物、岩石和矿物的类别和特点，同时还对矿床的产出环境进行了初步的分类。如指出有的矿产生于山，有的矿产生于水，有的矿则产于谷，并且把矿产分为金、玉、石、土四大类。又如管子的《地数篇》中所记载的矿床分带性和某些矿种的找矿标志，如“上有丹砂者，下有黄金；上有慈石者，下有铜金”，“山上有赭者，其下有铁；上有铅者，其下有银”，……这样的地质认识，迄今仍有其科学意义。明朝李时珍的名著《本草纲目》中描述了160种矿物的产地、产状、物理性质和在医疗及工业上的用途。明末宋应星的《天工开物》一书中曾相当详尽地对矿床进行了分类，并对矿体以及矿床风化后的迹象作过精确的描述。这些都说明了我国人民在古代矿床学方面的认识在世界上是领先的，并且为近代矿床学的形成作出了巨大的贡献。

近代科学的矿床学系萌芽于16世纪中叶。当时正处在资本主义生产方式的雏形阶段。由于采矿冶金工业的发展，在找矿实践中逐渐积累了关于矿床学的丰富知识，因而有些学者能进行初步的归纳和总结，进而提出早期的成矿理论。自18世纪以来，对矿床成因解释最有代表性的是水成论和火成论两种学术观点的争论。水成论学派的代表人物是德国的魏尔纳(1755年)。他根据自然界中客观存在的水的沉积作用（如古埃及尼罗河泛滥所显示的水的巨大威力），以及化学家发现的盐从溶液中结晶和沉淀的现象，主张矿脉是由于原始（地球）海洋的下降渗透水所形成的。这一学派认为不只是沉积物，所有的火成岩和变质岩都可以从海洋中沉淀出来，并认为成矿的水是从上面下降到裂隙中由于化学沉淀作用而沉积成矿脉物质的。水成论者完全否认地球内营力在地球发展演化中的作用，甚至把火山活动解释为是石炭和硫黄在地表下不深处燃烧的结果。他们认为地球从形成现有形态后就没有发生过任何变化。这符合圣经中对世界起源的解释，因而得到当时的宗教势力的支持。从18世纪末到19世纪，在地质界水成论一直占有统治地位。

火成论学派的代表人物是英国地质学家郝屯（1726~1797年）。他通过对苏格兰地区的矿床和火成岩的研究，提出了与水成论针锋相对的观点。例如在《地球理论》（1788年）一书中，他指出花岗岩、玄武岩和其他类似的岩石都是“火”成的。他完全否定水在脉状矿床形成中的作用，把所有的矿脉都归入熔融贯入体。火成论与水成论的激烈论战长达30多年。随着19世纪头一、二十年中人们对火山现象的观察和研究，推动了火成论思想的传播，沉重地打击了水成论派，到19世纪30年代中期，水成论在西欧和俄国逐渐为人们所抛弃，火成论则得到越来越多的人的支持。这场“水火之争”尽管在两派的学术观点上都有事实根据，却又有认识上的片面性，这场论战在矿床学发展初期促使人们收集大量矿床实际资料，推动了人们对矿石、岩石的成因研究，因而在一定程度上促进了矿床学的发展，对矿床学理论的建立起了很大的作用。

系统的矿床学理论基础是在19世纪中叶到20世纪初期奠定的。这时期资本主义的大规模生产为地质学积累了大量实际资料，也对矿床学提出了矿产资源的进一步寻找和利用问题，如钢铁工业的发展需要大量铁、锰和炼焦煤；合金钢的生产需要钒、铬、镍、钴、钼、钨等多种金属；电气、汽车和飞机等工业的广泛发展还要求提供各种有色金属；化学

工业则离不开盐类矿产和许多其他非金属矿；汽车和飞机工业还需要大量特种合金钢。此外，整个现代化工业的发展和社会生活消费水平的提高，没有充分的能源矿产（如石油、煤炭、天然气等）也是不可能实现的。故在现代工业飞速发展的形势下，矿产的寻找和勘探成为燃眉之急，系统的矿床学理论研究就是在这种历史背景下蓬勃发展起来的。在这个时期，不少矿床学家从不同的角度比较系统地提出了矿床成因的理论体系，使矿床学开始成为一门新颖而独立的学科。由于工业上所利用的大多数金属矿产均属内生矿床，因而19世纪下半叶以来，内生金属矿床的理论发展较为迅速。以美国地质学家W.林格仑·贝特曼、艾孟斯等人为代表，建立了“岩浆-热液”观点成矿为主导的学派。他们认为金属矿床大多都是岩浆-热液成因的。这种派生自火成论的观点影响了现代矿床学达半个世纪之久，使当时的一些水成论观点长期受到排斥。尽管如此，当时的水成论派也积累了一些矿床实际资料，并形成新的“侧分泌”成矿观点。他们认为，产于石英岩中的压电水晶脉是由于天水下降溶解石英岩后再沉淀形成的。矿脉的成分是从其周围的石英岩中淋滤出来的，故称之为“侧分泌说”。这种观点提出后长期未受重视。直至二次世界大战以来，新技术的出现扩大了研究领域，人们才认识到单一的“岩浆-热液”观点已不能解释许多矿床的成因，人们开始注意到许多层状矿床是受其周围地层控制的，因而“侧分泌”观点在更新内容的情况下逐渐又有所兴起，并进而形成了“层控”新观点。这种新观点认为，许多层状与层控矿床是同生沉积而又受到以后地质成矿作用的改造而成的。其代表人物为许多澳洲、非洲地质学家，部分欧洲的学者也接受了这种观点。但当时的北美学者仍大多坚持层状金属矿床是岩浆-热液形成的。

近20多年来，工业发展迅速。找矿、勘探、采矿、选矿和冶炼等各种技术与手段不断提高，所需矿床的种类和数量也不断增加。随着区域调查资料的积累，对矿床的研究也日益深入。由于现代科学技术突飞猛进，地质科学现有的研究领域也迅速扩大。大陆上广泛开展的地质调查，迅猛发展的海洋地质研究，地球物理探矿以及深部地球物理工作，都逐步丰富了全球性的地质资料，因而使矿床学的研究能够建立在全球构造的认识基础上。各种大地构造观点如板块学说、地质力学、槽台学说、裂谷学说等对矿床的生成和分布的控制作用，地球深部构造对矿床分布的控制等都成为矿床学重要的研究课题。在矿床成因理论方面，由于稳定同位素地质学和矿物气液包体等新学科的出现，近代成岩成矿实验新技术、地球化学以及地球物理的找矿方法、手段的新进展加上新兴的遥感技术突飞猛进，使人们对成矿作用有了更广泛而又深入的认识。对许多金属矿床特别是大型、巨型矿床来说，其成矿物质来源通常不是单纯来自岩浆，而是多源的。它可来自深部岩浆，也可来自宇宙和火山喷发；成矿作用是多期、多阶段的，并可迭加成矿，此外，关于前寒武纪的成矿规律，火山成矿作用，变质成矿作用，卤水成矿作用、生物成矿作用，混合岩化、花岗岩化成矿，层控成矿等方面都有新的认识。总之，矿床学的理论研究正呈现出一个前所未有的欣欣向荣的局面。

复 习 题

1. 试述矿产及其工业分类。
2. 试述矿床学的研究任务及其与其他学科的关系。
3. 试述矿床学的发展简史。

第二章 有关矿床的基本概念

第一节 矿床的概念

一、矿床

地壳中由地质作用形成的综合地质体，其质量、规模和产出情况符合当前的技术、经济条件，开采后能获得一定的经济效益者，则称为矿床。

由上可知，矿床的概念包括地质和技术经济两个方面的涵义。就其地质涵义而论，矿床是由特殊地质作用——成矿作用形成于地壳中的地质体，矿床的形成服从于地质发展规律；就经济技术含义而论，矿床的开采在技术上是可能的，它在开采后是可以获利的，因而矿床的开发应符合技术经济观点。

二、母岩、围岩和矿源层

1. 母岩

供给成矿物质的岩浆岩或岩体称为母岩。例如，在形成纯橄橄榄岩过程中可分异出铬铁矿，在形成某些辉长岩的过程中可析出钽钛磁铁矿。这样形成的纯橄橄榄岩和辉长岩就分别称为该铬铁矿矿体和钽钛磁铁矿矿体的母岩。又如蛇纹岩经长期风化形成镍硅酸盐风化矿床，蛇纹岩也是该镍矿的母岩。

2. 围岩

围岩有两重涵义，一是指侵入体周围的岩石，二是指矿体周围的岩石。矿床学中所指的围岩通常是指后者。围岩本身有时就是矿体的母岩，但在多数情况下两者不同，矿体常产在母岩以外的岩石中。矿体与围岩的界线通常是清楚的，例如由块状矿石组成的矿体及其围岩之间便有明显的界面。但是，也有一些矿体与围岩间没有明显的界面，例如浸染状矿石组成的矿体便是逐渐过渡到围岩的。在这种情况下，只能依靠取样和化学分析的数据，按工业指标的要求来圈定矿体的边界。

3. 矿源层或矿源岩

据研究，有不少矿床是受一定的地层和岩性控制的。在这些地层和岩石中往往相对富集了某些成矿物质组分，但尚未达到工业要求（如著名的华南钨矿大多受寒武纪地层控制，寒武纪地层中的岩石往往含钨量较高。又如炭质页岩中Cu、Pb、Zn的含量可较一般岩石高数十至数百倍）。当后来有热液在这些岩层（石）中活动时，可使成矿组分发生活化和转移，并在附近有利的岩层（石）和裂隙构造中富集成矿。这些能为后期热液活动提供成矿物质的岩层（石）称为矿源层（岩）。

三、同生矿床、后生矿床、叠生矿床、再生矿床

1. 同生矿床

矿体与围岩基本上是在同一地质作用过程中同时或近于同时形成的矿床称为同生矿床。如在沉积作用中形成的沉积矿床，岩浆结晶分异作用过程中形成的岩浆分结矿床等均属同生矿床。

2. 后生矿床

矿体与围岩在不同的地质作用过程中形成，且矿体的形成晚于围岩的矿床称为后生矿床。气水热液矿床是典型的后生矿床。例如切穿沉积岩或变质岩的黑钨矿-石英脉即是在沉积岩或变质岩形成后，在其裂隙中由后来的含矿热液活动所形成的。

3. 叠生矿床

叠生矿床是一种在早期形成的矿床（或矿体）中又叠加了后期形成的后生矿床的复合型（多种成因）矿床。此种矿床显然是在不同的地质作用和成矿过程中形成的。据贵阳地球化学研究所的研究，白云鄂博稀土-铁矿床便是在中元古代（约 15×10^8 a前）的沉积型含稀土的贫铁矿床的基础上，又叠加了海西期（约 3×10^8 a前）与花岗岩有关的热液型稀土-铈矿化的叠生矿床。

4. 再生矿床

一般认为，凡是原来的沉积、变质或热液成因的矿床或成矿物质初步富集的岩石（矿源岩），在混合岩化、花岗岩化或各种成因的热液作用下，使成矿物质及其周围一定范围内的围岩发生较彻底的改造，成矿物质在新的物理化学条件下以新的形式重新富集而形成的新的矿床，均可称为再生矿床。如含硼白云岩经混合岩化作用使硼活化转移而形成的混合岩化热液硼矿床即属此类。

第二节 矿体的概念

一、矿体

矿体是矿床的主体和核心部分，是占有一定的空间位置，具有一定形状、产状和大小并主要由矿石聚集而成的地质体。一个矿床可以由一个矿体组成，也可由大小不同的几个或几十个甚至上百个矿体组成。例如，一个黑钨矿-石英脉矿床，可由几条矿脉至几十条矿脉组成。

矿体内部的矿物组成或矿石成分，通常是不均匀的，沿矿体的走向和倾向往往有不同程度的变化。在局部地段有益组分可相对集中，品位增高，因而形成富矿段或富矿体。

二、矿体的形状

矿体在空间产出的形态，称为矿体的形状。矿体的形状主要决定于矿床的成因、控矿构造、围岩特征及矿液性质等，不同矿种和不同成因类型的矿床，其矿体的形状往往有很大的差别。此外，在同一矿体的不同部位，矿体形状也可有多种变化。按矿体在空间三个方向延长的情况，大体上可将矿体分为以下三种基本形态类型。

1. 等轴状矿体

在空间三个方向大致均衡发展的矿体，称为等轴状矿体。其中，直径达数10米以上者称矿瘤；直径只有几米者称矿巢；中等大小（10~20m左右）者称矿囊或矿袋（图2-1）。

2. 板状矿体

在空间向两个方向延伸而在第三个方向很不发育的矿体，称为板状矿体。其主要代表是矿脉和矿层。

（1）矿脉 沿岩石各种裂隙或有利层间空隙，由充填或交代成矿作用而形成的板状矿体（属后生矿床），称为矿脉（图2-2）。矿脉的大小不等，大者在地表延长可达千米以上，一般在几十米至几百米之间；厚度大者可达几十米，一般为几十厘米至几米；延深可

达千米以上，一般为几十米到几百米。矿脉多数呈倾斜状，倾斜矿脉上部的围岩称为上盘，下面的围岩称为下盘。按矿脉与围岩的产状关系，又可分为整合矿脉和非整合矿脉（或切割矿脉）两类。前者是与层状岩石的层理相一致的矿脉，后者是产在块状岩石中（或切割层状岩石）的矿脉。单个矿脉的形状有规则、不规则和极不规则之分。不规则和极不规则的矿脉沿走向和倾向常有膨胀、收缩、分枝、复合、尖灭和再现等变化（图2-3）。

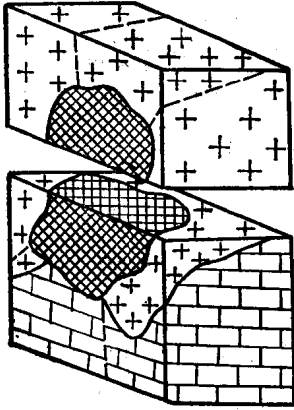


图 2-1 矿囊

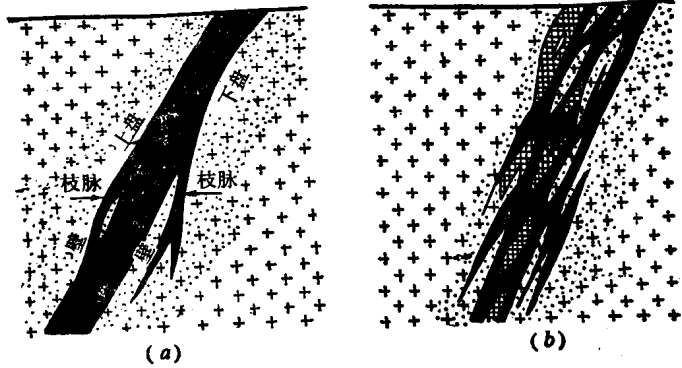


图 2-2 矿脉

(a) 简单矿脉；(b) 复杂矿脉，带点处表示矿脉旁蚀变的围岩

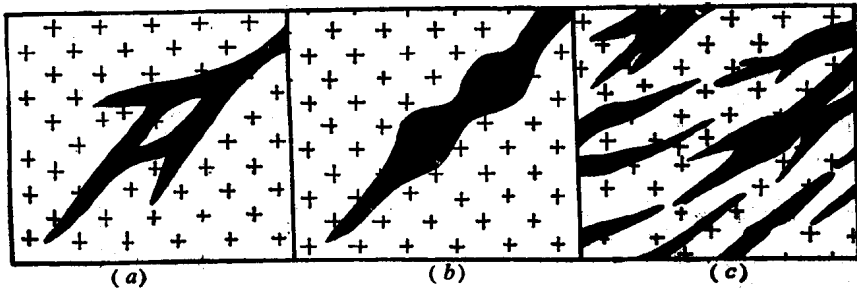


图 2-3 矿脉形状的各种变化

(a) 矿脉分枝复合；(b) 矿脉膨胀和收缩；(c) 矿脉尖灭和再现

矿脉常成群出现，其组合形式有：平行状矿脉，雁行状矿脉、网状矿脉、梯状矿脉，马尾丝状矿脉，羽状矿脉及须根状矿脉等（图2-4至图2-8）。

(2) 矿层 由沉积作用形成的板状矿体称为矿层（图2-9）。矿层与围岩产状一致，一般为同生矿床。近年来，有人把产于层状侵入体由分异作用而形成的板状或似层状矿体也称为矿层。矿层一般厚度比较稳定，延展较远。

(3) 透镜状或扁豆状矿体 这是介于等轴状和板状间的一种矿体形状（图2-10、2-11）。矿脉或矿层在两个方向尖灭时，就形成透镜状矿体。

3. 柱状矿体

在一个方向（通常是延深）延伸很大而在另外两个方向延展较小的矿体，称为柱状、筒状或管状矿体。南非的含金刚石的金伯利岩岩筒（图2-12）即为大型柱状矿体，其直径可达数百米，延伸很大。一般金属矿床的柱状矿体，其横断面直径通常为几米至十几米。

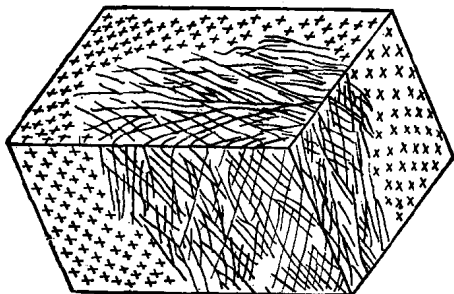


图 2-4 网状矿脉

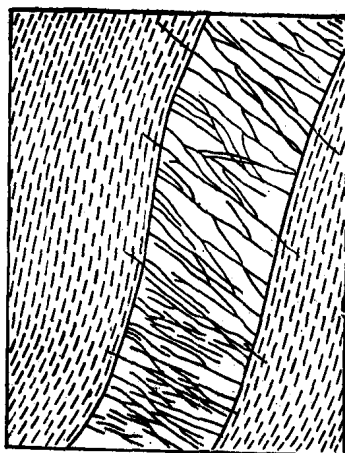


图 2-5 梯状矿脉



图 2-6 马尾丝状矿脉



图 2-7 羽状矿脉



图 2-8 须根状矿脉

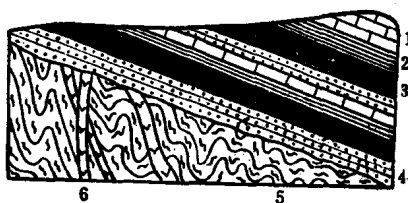


图 2-9 矿层

1—石灰岩；2—页岩；3—铁矿层；4—砂岩；5—变质岩；6—岩脉

三、矿体的产状

矿体的产状是指矿体产出的空间位置和地质环境，包括以下各个方面的内容。

1. 矿体的空间位置

矿体的空间位置一般是由矿体的走向、倾向和倾角，即矿体的产状要素来确定的。对透镜状及柱状矿体等，除测量其走向、倾向和倾角外，还要测量其侧伏角和倾伏角，以便准确地判定矿体的空间位置。如图2-13所示，侧伏角是矿体最大延伸方向（即矿体轴线）与走向之间的夹角，倾伏角是矿体最大延伸方向与其水平投影线之间的夹角。确定矿

体的产状要素以及柱状矿体等的侧伏角和倾伏角，对矿床的勘探和开采都有重要的指导意义。

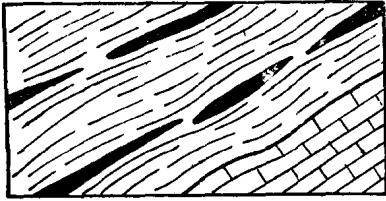


图 2-10 透视镜状矿体

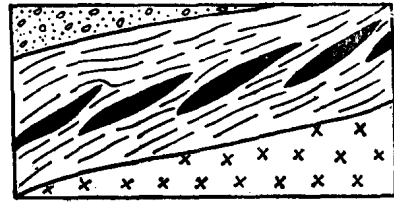


图 2-11 呈雁行排列的透视镜状矿体

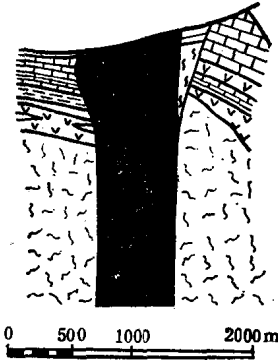


图 2-12 含金刚石的金伯利岩筒 (南非)

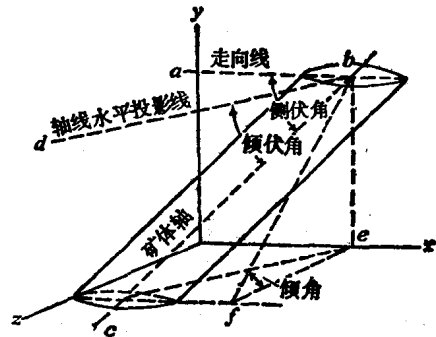


图 2-13 矿体产状示意图

2. 矿体的埋藏情况

矿体的埋藏情况是指矿体出露地表还是隐伏地下以及矿体埋藏深度如何等。矿体大部分出露地表的，称为露头矿体；完全隐伏的，称为隐伏矿体或盲矿体。

3. 矿体与侵入体的空间位置关系

矿体与侵入体的空间位置关系是指矿体产于侵入体内还是产于接触带或侵入体的围岩之中。

4. 矿体与围岩层理、片理的关系

矿体与围岩层理、片理的关系是指矿体沿层理、片理呈整合产出还是穿切层理或片理呈不整合产出。

5. 矿体与地质构造的空间关系

矿体与地质构造的空间关系指的是矿体产于构造中的什么部位，矿体与褶皱或断裂在空间上的联系等。

影响矿体形态和产状的地质因素很多，其中矿床的成因、围岩性质以及构造条件具有决定性意义。

第三节 矿石与脉石的概念

一、矿石与脉石

1. 矿石

矿石是指矿体中的主要组成部分，是从中可提取有用组分（元素、化合物或矿物）的

矿物集合体。

矿石由矿石矿物和脉石矿物两部分组成。矿石矿物是指可被利用的金属或非金属矿物，也称为有用矿物，如铬矿石中的铬铁矿、铜矿石中的黄铜矿、斑铜矿和孔雀石等、石棉矿石中的石棉等；脉石矿物是指矿石中在现阶段不能利用的矿物，如铬矿石中的橄榄石和辉石，铜矿石中的石英、绢云母或绿泥石等，石棉矿石中的碳酸盐或硅酸盐矿物等。脉石矿物主要是非金属矿物，但也包括一些金属矿物。例如，铁矿石、铜矿石或金矿石中的黄铁矿以及其它少量金属矿物，因无综合利用价值，也可视为脉石矿物。矿石矿物和脉石矿物的划分是相对的。某些目前尚无利用价值的脉石矿物，随着人类对矿物原料需求的增长以及工艺技术的发展，将来有可能成为矿石矿物。在历史上，砂金矿中的铂矿物就曾长期被视为有害的脉石矿物而加以淘汰。直至十九世纪中叶，由于探明了铂的性质并发明了干冶炼制取铂的方法，铂矿物便一跃而为工业上极其重要的矿石矿物。

2. 脉石

脉石一般是指矿体中不能利用的物质，包括混夹于矿体中的围岩碎块和脉石矿物。它们通常在开采和选矿过程中被弃掉。

3. 夹石

夹石是指矿体内部不符合工业要求的岩石。夹石的厚度超过工业技术指标的范围时，不应计入矿石储量内而需在计算时剔除掉。但在开采时，由于技术条件与手段的限制，使采下来的矿石中混有这类夹石时，则矿石的品位将相对降低。这种情况，称为矿石的贫化。

二、矿石的品位和品级

1. 矿石的品位

(1) 矿石品位 矿石中 useful 组分的含量称为矿石的品位，是衡量矿石质量的主要技术经济指标。矿种不同，矿石品位的表示方法也不同。大多数金属矿石是以其中所含金属元素的重量百分比来表示，如某铁矿石的品位为48%时，即指每100t矿石中含铁量为48t。有些金属矿石的品位是以其所含金属氧化物的重量百分比来表示的，如某铝土矿的品位为50%时，即指每100t矿石中 Al_2O_3 的含量为50t。Au、Pt等贵金属矿石的品位常以克每吨(g/t)来表示。金刚石矿的矿石品位常以克每吨或克拉每吨(c/t)来表示(1c=0.2g)。

(2) 边界品位 人们在划分矿体与非矿体界限时所确定的矿石最低品位，称为边界品位。它是在圈定矿体时对单个矿样中 useful 组分所规定的最低品位数值。

(3) 工业品位(最低工业品位或最低平均品位) 在当前技术经济条件下能供工业上开采和利用的矿段或矿体的最低平均品位称为工业品位。在勘探矿床时，矿体(按矿段、矿块或整个矿床计算)的平均品位必须要达到和超过最低工业品位。只有达到最低工业品位的矿体或矿段，才能计算工业储量。

2. 矿石的品级(或称技术品级)

矿石的品级，实质上是一种矿石的综合质量等级，主要由矿石品位及有益和有害组分的含量、矿石的物理性能以及不同用途来确定。例如，铁矿石可分为平炉富矿石、高炉富矿石、富硫矿石、贫硫矿石等。某些非金属矿石如云母、石棉等，则主要根据矿石或矿物的工艺技术特性、用途和加工方法等而将矿石分为一级品、二级品等。矿石品级的划分，同样是随着选矿、加工等的工艺技术发展而变化的。在矿床勘探工作中，查明不同品级矿石