

● 高等学校主干课程教材

基础矿床学

JICHUKUANGCHUANGXUE

薛春纪 祁思敬 隗合明等 编著

地质出版社

高等学校主干课程教材

基础矿床学

薛春纪 祁思敬 隗合明等 编著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

《基础矿床学》是一部主要针对高等学校地质学和资源勘查工程各专业的教材。从矿床形成和保存的基本地质环境出发,本书突出对主要(固体)矿产实际常见矿床类型的讲述,内容包括:矿产和矿床相关概念、矿产经济和矿床形成的地质作用;基性、超基性岩浆环境中的岩浆矿床;酸性、碱性岩浆环境中的岩浆-热液矿床;岩浆-构造环境中的热液矿床;盆地沉积环境中的热水成因矿床;表生环境中的风化、沉积矿床;矿床的变质和变质矿床;非金属矿产类型和矿床成矿系列;主要有机能源矿床。同时,本书对区域成矿研究、现代矿床研究中某些问题以及矿床预测、评价等方面进行了简要介绍。本书以中国矿床为主,同时,也包括一些具有典型意义的国外矿床;每个矿床类型大体按基本问题、矿床类型和典型矿床、成矿作用、矿床勘查评价要点4个方面讲述。

本书适合地质学、资源勘查工程各专业教学使用,也可供相关学科、专业的本科生、研究生和从事矿床学与矿产勘查的同行们参考。

图书在版编目(CIP)数据

基础矿床学/薛春纪等编著. —北京:地质出版社,2006.2

ISBN 7-116-04724-7

I. 基… II. 薛… III. 矿床-高等学校-教材 IV. P61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 003479 号

组稿编辑:王大军

责任编辑:白 铁 郝梓园

责任校对:黄苏晔

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083

电 话:(010)82324508(邮购部);(010)82324579(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm × 960 mm $1/_{16}$

印 张:23

字 数:450 千字

印 数:1—1500 册

版 次:2006 年 2 月北京第一版·第一次印刷

定 价:40.00 元

ISBN 7-116-04724-7/P·2648

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)

序

矿产资源是人类社会赖以生存和发展的重要物质基础,为了寻找、发现、开发和利用矿产资源,逐步发展起来一门地学的分支学科——矿床学或称矿床地质学。矿床学的任务是研究矿床地质特征、形成条件和过程以及矿床的分布规律。矿床学研究的这些知识应用于矿产勘查、开发和利用的全过程,因此,是一门重要的应用基础科学。当前,矿产资源供需矛盾日趋严峻,国家能源、资源安全问题备受关注,党和政府高度重视矿产资源的持续供应,正在大力加强勘查工作。为了培养新一代矿产勘查人才,需要努力做好矿床学的教学工作,摆在我们面前的《基础矿床学》就是适应这一需要而出版问世的。

三年前我参与审定了这部教材的编写提纲,近日,又通读了书稿全文,总的印象是这部教材有特色,有新意,简明通顺,理论联系实际,是一部地质资源类专业的适用教材。

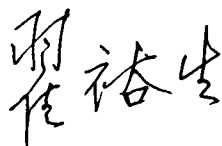
现代矿床学研究比以前任何时候都更加重视矿床形成和保存的地质环境,将矿床研究与矿床产出的区域地质环境和岩石圈演化联系起来是现代矿床学的鲜明趋势。国内外传统矿床学教科书多以成矿作用为基本框架,《基础矿床学》在对此加以继承的同时,一改传统作法,从矿床形成和保存的地质环境出发,分基性-超基性岩浆环境中的岩浆矿床、酸性-碱性岩浆环境中的岩浆-热液矿床、岩浆-构造环境中的热液矿床、盆地沉积环境中的热水成因矿床、表生环境中风化-沉积矿床等分别论述,将宏观背景和矿床形成有机结合,颇具新意。

以往的矿床学教材,常包括“矿床学原理”(成因部分)和“矿床工业类型”(类型部分)两部分,内容偏多,体系庞杂,学生难以掌握。针对这一情况,《基础矿床学》突出主要的矿床类型,并以矿床类型为主体,有机地将矿床特征、成因和勘查评价三方面的知识结合起来。对每一矿床类型首先介绍重要而典型的矿床实例,使学生有感性、基础知识;再在此基础上,分析成矿作用,即矿床形成条件与过程,将感性认识上升到理性认识;最后,阐明该类矿床的勘查评价要点,密切了理论与应用的联系。

《基础矿床学》的另一特点是突出“三基”(基本概念、基本原理、基本技能),贯彻少而精原则。围绕“三基”组织了丰富的实际资料,信息量大,论述简明,文字生动,逻辑性强,既是课堂教学的基础,又便于学生自学,有利于在教学中发挥学生的主体作用、教师的引导作用和实现教学互动。

本书作者长期从事矿床学和矿产勘查的教学与研究,具有厚实的理论基础和丰富的实践经验。在统一思想指导下,集体完成的《基础矿床学》既尊重传统,又富有特色;既内容丰富,又贯彻少而精原则;既突出“三基”,又具有开放性,是一部富有活力的好教材。不仅可供地质学、地球化学和资源勘查工程等专业学生学习,也可对相关学科研究生和从事矿床勘查与研究的同志们参考。

我衷心祝贺《基础矿床学》的出版,相信它将在教学实践中发挥重要作用,为培养人才做出应有的贡献。

A handwritten signature in black ink, reading '徐裕生' (Xu Yusheng) from right to left.

2005 年 11 月 5 日

前 言

这本《基础矿床学》主要是为解决地质学和资源勘查工程各专业矿床学教学需要编写的。

编写组在总结本课程教学工作和研讨以前所用教材的基础上,对这次编写工作提出了三个层次的要求:①突出“三基”,控制份量,适于教学。②内容作必要的更新,要基本能反映本学科现状。③一些部分有自己的特色或创新,要体现学科发展方向。到现在我们只能说向着这些目标作了一定努力。

在内容取舍和叙述形式方面我们有以下几点考虑:①在对矿床形成作用有了基本了解后,讲述的基点是主要矿产实际常见的矿床类型,而不是矿床成因概念分类体系。②以中国矿床为主体,同时也包括一些特别重要并具典型意义的国外矿床。③每类矿床按基本问题概述、矿床类型和典型矿床、矿床成因研究及矿床勘查评价要点四个方面讲述,既要基本统一,又有不同侧重(对非金属矿产、煤、石油和天然气矿产的讲述,因其特殊性及本书侧重金属矿产的性质而与其他内容有别)。④参考文献集中列在书后,选择编入的既是编写时作为主要资料来源和依据的,又是推荐给学生学习时参看研读的。本书的基本读者对象是前述有关专业的本科生,也可以供准备考研和从事矿床勘查与研究工作的有关人员参考。

本书编写提纲经过多次集体讨论,参加各章节编写工作的是:第一、二章祁思敬、薛春纪、李英,第三、四、五章薛春纪、祁思敬、隗合明、张振飞、姬金生、杨兴科,第六章祁思敬、薛春纪、李英,第七、八、九、十章隗合明、曾章仁,第十一章祁思敬、李英、薛春纪,第十二章薛春纪、李英、隗合明、祁思敬,第十三章张振飞、薛春纪。由于本书用于集中审改和统编的时间比较仓促,并且也还没有经过在教学实践中使用,所以一定存在我们尚未发现改正的缺点及问题。我们热切期待使用本书的老师、同学们、从事矿床勘查和研究的同志们提出宝贵的意见

和建议。

教材编写过程中得到学校领导和教务部门的指导和支持,编写提纲请翟裕生院士和陈毓川院士审定,初稿写出后,郑明华教授和赫英教授等进行了评阅与审定。教材出版工作得到地质出版社的大力帮助,责任编辑王大军同志、白铁同志和郝梓国同志付出了辛勤劳动。编写组对以上部门和同志表示最诚挚的感谢。

作 者

2004年11月8日

目 录

前 言

第一章 概 论	(1)
第一节 矿产、矿业经济、我国矿产资源.....	(1)
第二节 矿床、矿体、矿石和有关概念.....	(4)
第三节 矿床学研究内容和方法.....	(7)
第四节 矿床学研究发展概况.....	(11)
第二章 成矿作用和矿床成因分类	(16)
第一节 元素的富集和成矿.....	(16)
第二节 成矿物质的聚集方式和来源.....	(18)
第三节 矿床形成的地质环境与背景.....	(20)
第四节 矿床成因分类.....	(22)
第三章 基性、超基性岩浆环境中的岩浆矿床	(28)
第一节 岩浆结晶分异矿床.....	(29)
第二节 岩浆熔离分异矿床.....	(41)
第三节 同火山环境金伯利岩和碳酸岩中的岩浆矿床.....	(52)
第四章 酸性、碱性岩浆环境中的岩浆-热液矿床	(63)
第一节 伟晶岩矿床.....	(63)
第二节 钠长岩-云英岩型矿床	(71)
第三节 碱性-中性岩浆演化末期的玢岩型矿床	(79)
第五章 岩浆-构造环境中的热液矿床	(89)
第一节 矽卡岩型矿床.....	(89)
第二节 斑岩型矿床.....	(110)
第三节 脉状矿床.....	(122)
第六章 盆地沉积环境中的热水成因矿床	(135)
第一节 火山块状硫化物 (VMS) 矿床	(135)
第二节 喷流-沉积 (Sedex) 型矿床	(145)
第三节 砂页岩型 (SST) (铜) 矿床	(156)

第四节 黑色页岩中的金属矿床	(171)
第五节 密西西比河谷型 (MVT) 矿床	(181)
第六节 微细浸染型 (金) 矿床	(194)
第七节 现代海底热水沉积成矿	(213)
第七章 表生环境中的风化、沉积矿床	(224)
第一节 风化矿床的形成和主要类型	(224)
第二节 矿床的表生变化	(231)
第三节 机械沉积砂矿床	(234)
第四节 胶体化学沉积铁、锰、铝矿床	(243)
第五节 蒸发沉积盐类矿床	(259)
第六节 生物化学沉积磷块岩矿床	(268)
第八章 矿床的变质和变质矿床	(273)
第一节 概述	(273)
第二节 重要类型和矿床	(275)
第三节 成矿作用和条件	(283)
第四节 勘查评价要点	(286)
第九章 非金属矿产类型和矿床成矿系列	(289)
第一节 概述	(289)
第二节 非金属矿产类型	(290)
第三节 非金属矿床特征和成矿系列	(301)
第四节 非金属矿产利用的发展趋势和勘查评价	(304)
第十章 煤、石油和天然气矿床	(308)
第一节 煤矿床	(308)
第二节 石油和天然气矿床	(312)
第十一章 区域成矿研究	(318)
第一节 区域成矿研究的发展	(318)
第二节 成矿时代和地质历史中成矿作用的演化	(319)
第三节 成矿区及有利成矿构造背景	(321)
第四节 中国境内成矿域和重要成矿区带	(326)
第十二章 现代矿床研究中的某些问题	(330)
第一节 成矿流体	(330)
第二节 矿床成矿系列和成矿系统	(332)
第三节 矿床多成因问题	(333)

第四节	改造成矿作用	(334)
第五节	元素的超常富集	(335)
第六节	非传统矿产问题	(336)
第十三章	矿床预测和勘查评价	(338)
第一节	矿产预测	(338)
第二节	矿床勘查与评价	(342)
参考文献		(350)

第一章 概 论

第一节 矿产、矿业经济、我国矿产资源

矿产是人类社会赖以生存和发展的一种重要物质基础。人类很早就已开发利用天然矿物资源。早期社会以石器时代、青铜器时代、铁器时代划分,正是反映了矿产利用对社会生产力发展的决定作用。随着生产力的发展和社会生活的进步,人们对矿产开发的规模不断扩大,对矿产利用的程度不断提高。近代的工业化也可以说是以矿产资源为基础发展起来的,表现在欧美主要工业国家的工业革命大多是在拥有煤、铁的地区建立起一批钢铁工业和机械制造业从而带动了整个工业经济的成长。随后,又是有丰富石油资源的一些国家进入了工业化国家的行列。工业现代化极大地加速了矿产的消费,带动了对矿产的更大需求。一个统计说明,从 1812 年~1912 年,即大致为工业革命头 100 年间,在人口增长三倍的情况下,铜消耗增长 80 倍,铁消耗量增长 100 倍,突破了在此以前矿产消耗与人口成比例增长的规律(朱训等,1999)。还有人估算,近半个世纪以来的几十年间,矿产开采量已经超过了人类历史几千年中开采量的总和。20 世纪 60~70 年代矿产勘查仍蓬勃发展,但进入 80 年代以来出现了矿业投入降低,矿业经济萎缩的趋势。不过,要看到在广大的发展中国家,尤其是新兴工业化国家,矿产的消耗量则仍保持迅速增长,例如,亚太地区这一时期内铜的消耗量年均增长 2.2%,钢的消耗量年均增长 8.4%。另据 31 届国际地质大会资料,认为到 2050 年世界对金属矿产的需求量估计仍将会有成倍增长(陈毓川,1999)。

人类利用矿产的种类是逐渐扩大的,从金属的利用看,1850 年前只应用了 Fe、Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Sn、Hg 等为数不多的十来种,到 20 世纪初 Mn、Ni、Al、W、Mg 开始较大量地为工业利用,在前 50 年内又增加了包括 Ti、Cr、Co、U 等十几种,而稀有分散金属、稀土金属是 60 年代以来逐渐得到应用的。同样,传统的非金属矿产只有硫、磷、石棉、云母等少数几种,随着现代工业的发展,人们应用在冶金辅助材料、化工及化肥原料、光学原料、陶瓷及玻璃工业原料、建筑及水泥原料、宝石及工艺美术材料等方面约近百种工业矿物与岩石。而像矽线石、蓝晶石、红柱石等高铝矿物,沸石、硅灰石、透辉石、钠质膨润土、海泡石粘土、凹凸棒石粘土等矿物又都是随着科学进步及新的需求成为新的非金属矿产的。

矿产主要产于地下,是一种地下资源。因此,开发矿业首先是要找到产出地点。然后进行必要的地质勘查工作。其目的是提高对地下矿产分布的控制程度,并取得能够合理回收的肯定评价。经过勘查,使潜在的资源变为现实的可供开发利用的矿石储量。矿产开发进一步的工作包括采矿、选矿等生产环节的矿山建设和相关的冶炼加工企业的建设。矿业开发在国民经济建设中居基础产业地位,这是因为它担负着为工业、农业和其他产业部门提供所需的矿产品及其初级加工制品等原材料的任务。对一个国家和地区来说,矿产资源状况是决定其经济建设方针、布局、规模的重要条件,对其经济发展的速度也有重要影响。从世界来看,矿产的利用已达到很高的水平,1962年世界原矿生产产值为2350亿美元,1973年为4300亿美元,1983年为9890亿美元,而1989年已达到11250亿美元,即在20多年中增长了近5倍(朱训等,1999)。一个国家矿产资源开发利用是形成其综合国力的重要组成部分,是生产力水平和社会发展水平的体现。现今发达国家人均矿产消耗量已达到1015吨,目前世界上已形成西欧、北美和亚太地区三大矿产消费中心。亚太地区近20年来矿产消费增长很快,但矿产耗用强度和人均矿产消费量仍比较低。我国50多年来矿产人均消耗量已从不到一吨增长到今天的五吨。我国目前及可预见的未来一段时间,95%的能源和75%的工业原料还是要取自矿产资源,经济建设的持续快速发展必然要求矿产资源量的更大增长来保证建设的需求。

开发矿业是一项具有其自身特点的经济活动,其中涉及到价值、成本、长期投资、矿业权、矿产的国际流通等问题。矿产品的价值除与金属或非金属矿本身的价值高低、采掘、加工、运输的成本有关外,还必然受到市场供需关系和价格变动的影响。矿山建设主要根据矿床的储量及分布确定生产规模与生产年限、制定采矿方案、配置基础设施,由此而确定首期和长期的资金投入。然而由于受地质条件、采掘、选矿、冶炼效率、运输成本等诸多方面因素的影响,矿业经济效率总是具有相当的不确定性。矿石的短缺是常常会出现的问题,尤其到一个矿床开采后期要及时进行补充勘查,以期有新的矿体发现,延长矿山的寿命。为此,有的地区在开采期间,即按其收益的一定比例预留下来这项资金。现在,人们也已普遍认识到由于矿产开发会带来各种环境问题。因而,在矿业开发的投入中必须考虑地面勘探、开采、选矿、冶炼中所需的环境保护措施与治理费用。矿业权包括探矿权和采矿权,是经济转轨中的一个核心问题,在我国矿业开发领域里,国有矿山企业为主体,同时,也有多种经济成分并存,正确处理好矿业权管理中的关系,对于改善投资环境、吸收外资、完善市场运行机制、实现矿业资产合理流转、促进矿产勘查和开发工作良性循环是非常重要的。有些矿产显著局限在世界少数地区,因此,各国资源的互相补充也是世界经济发展的一个重要条件。国际间矿产品贸易增长迅速,1963年贸易额为400亿美元,1987年增长到4423

亿美元,29年间增长了约11倍(朱训等,1999)。在世界经济一体化的潮流中,国际间矿产品的贸易及矿产勘查开发中各种形式的国际合作必将更快的发展起来。

中国是世界上少数几个矿产资源较为丰富、种类较为齐全的国家之一。截止2002年底,我国现已发现171种,其中158种都已有了探明储量(陈毓川,2005)。有多种矿产的探明储量在世界矿产总储量中占重要位置。据1991年估算,我国矿产资源总值可能居世界第三位,但人均资源占有量则远低于世界平均水平,位居世界第53位。

在主要金属、非金属矿产中,我国拥有储量居世界前列或具相当优势的有:钨、锡、钼、锑、稀土、钽、铌、铍、锂、芒硝、菱镁矿、重晶石、膨润土、耐火粘土、石棉、萤石、滑石、石膏、石墨、煤,其中锑、锡储量和产量长期居于世界之首,稀土储量占世界储量的五分之四,滑石、石膏产量占世界一、二位。菱镁矿是最大资源国和生产出口国。煤矿探明储量及1990年原煤产量居世界之首。我国较丰富的矿产还有铁、铝、铅、锌、汞、硫、硼、高岭土、珍珠岩、磷。但铜、铬铁矿、钴、铂族、金刚石、钾盐、石油和天然气一直是短缺的矿产。

50多年来,我国矿产资源勘查工作基本保证了国民经济建设各个时期对矿产的需求,但随着经济建设规模的不断扩大,人民生活水平的显著提高,矿产资源的消耗量迅速增加,一些重要矿产供需矛盾已日趋突出。例如目前铁矿石和锰矿石自给率为80%左右,铜精矿为38%,铬铁矿为14%,钾盐为6%,相应矿产品进口数字明显提高,并形成较大的进出口贸易逆差。

据中国地质科学院对21世纪初期我国矿产资源需求和增长潜力所作的研究认为:五种传统大宗金属矿产绝对需求量仍不断增加,富铁、铜的供需缺口将加大。铝的前景不确定。冶金用的合金元素、非常用有色金属、稀有稀土金属、贵金属需求量加大,其中铬明显短缺,金、银、锰、镍也有不足。绝大部分非金属矿产需求旺盛;磷、钾需求增长更快,钾盐资源不足;金刚石、石墨、重晶石、高岭土、膨润土需求量快速上升,除金刚石资源不足外,其他供应形势尚好。能源矿产中,煤、天然气供需关系趋向好转,石油储量、产量增长将低于需求量的增长。

我们要正确认识我国矿产资源的形势,既看到矿产资源的优势和潜力,也要看到当前供需矛盾加大的严峻形势。合理的加大地质矿产勘查工作的投入,争取勘查工作有新的突破。同时,要做到开源与节流并重,保护矿产资源,合理节约地使用矿产,改进管理,革新技术,解决矿产开发过程中资源浪费问题,实现可持续发展。其次,还要执行好立足国内为主,国外为辅,利用国内外两种资源的方针,通过与亚太和世界主要矿产生产国家矿产品的贸易和其他形式的国际合作,努力改善在进出口贸易中的地位。

第二节 矿床、矿体、矿石和有关概念

人们一般把矿产出的地方就叫做矿床。在矿床地质学中是指地壳中由地质作用形成的所含金属或其他有用物质在当前经济技术条件下能被开采利用的综合地质体。这个定义中一方面说明矿床是地质作用的产物,它的形成及所具特征是由所处的地质环境和条件决定的;另一方面,也说明是否能作为矿床还与经济技术条件的发展有关。作为矿床来开采,必须在技术上是可行的,在经济上是有利润的。

矿床中金属或其他有用物质富集的地质体叫做矿体。矿体总是产在某种类型的岩石中,矿体与周围岩石之间有些是有自然边界,例如矿脉以裂隙壁为边界,有些则没有自然边界,例如金属矿物在岩石中散漫分布,其边界是靠系统采样分析,根据含量数据圈定的。

一个矿床多数情况下有几个矿体、十几个至几十个矿体,矿体的形态是多种多样的,简单的如脉状、层状、板状,复杂一些的如复脉、网脉带等。按照在空间三个坐标上发育的情况,矿体可分为在两个方向上作较大延伸的,如层状、脉状;在一个方向上显著延伸的,如柱状、筒状;或者在三个方向上发育均等的,如囊状。矿体的形态及其产状一般是对矿床进行了一定的勘查工作才查明的。

矿体产状是有重要实际意义的一个概念。研究矿体产状包括说明矿体的空间定位、矿体形态、分布、与周围岩石和构造的关系以及矿体埋藏的深浅等。对于层状、板状矿体可以像确定层状沉积地层的产状一样,确定其在水平方向上和向下的最大延伸,即用走向、倾向和倾角来确定它们的空间位置。对于筒状、柱状等这类矿体,要确定它们向深部作最大延伸的方向需要引入两个新的产状要素概念(图 1-1)。一个是侧伏角,即矿体最大延伸方向上的轴线(在矿体平面内)与走向之间的夹角,这个角包含在含有轴线和走向线的倾斜平面内;另一个是倾伏角,是矿体最大延伸方向与其水平投影线之间的夹角,这个角包含在直立平面内。在判断这类矿体产状时,有必要了解这两个要素的含义。对于三个方向上发育程度相近或没有明显规则的矿体一般只能靠勘探工程加以控制。矿体的形态、产状变化常常受含矿围岩的层面或断裂裂隙等构造界面控制。例如一个矿床内的若干矿体沿同一花岗岩体的接触面分布,或十几条矿脉沿同一方向的裂隙组发育成为平行脉组,或沿两种方向的裂隙组形成网格状脉组,或一个或数个矿体沿同一褶皱内的弯曲层面分布成鞍状矿体等,又如很多柱状矿体常常是沿两组断裂裂隙相交处形成的。最后矿体的埋藏情况主要与矿体形成的深度及形成后受剥蚀程度有关,除地表出露的矿体外,还有隐伏在地下的矿体,即盲矿体。

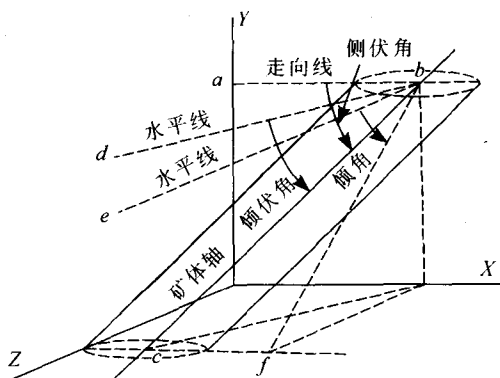


图 1-1 矿体产状要素示意图

倾向角($\angle dbc$)为矿体轴 bc 和其水平投影 db 之间的夹角

侧伏角($\angle abc$)为矿体轴 bc 和矿体走向 ab 之间的夹角

与矿床有关的岩石:矿体周围的岩石一般叫做围岩,围岩尤指矿体产于其中或与矿体直接邻接的岩石,不同类型的矿床有不同的围岩,而且与围岩有不同的关系。早期矿床学研究中,曾把产有金属矿床的岩浆岩称为母岩,后来知道不少矿床虽产在岩体中,但并不能肯定它们来自这个岩体。根据矿体与围岩的关系很早就提出了同生矿床和后生矿床的概念,同生矿床是指矿床与围岩在同一地质过程中形成,同时或基本同时,如岩浆岩中的矿床在岩浆期内形成;沉积岩中的矿床在沉积-成岩期内形成。后生矿床是指形成时间晚于围岩的矿床,例如金属矿脉是在含矿围岩早已固结并破裂产生的裂隙空隙中有含矿溶液进入才形成的。许多金属矿床、矿体附近的岩石常常发生某种成分、结构及颜色等的改变而引起岩石外貌的变化,这样的岩石叫做蚀变围岩,对于识别矿床成因和找寻矿体都有重要意义。

近期矿床研究中又提出了描述矿体与围岩关系的一些新概念。主岩也叫容矿岩石,着重在说明矿体产在该种类型岩石中的客观事实,例如,许多铅锌矿产于石灰岩中,石灰岩就是铅锌矿石的主岩。常见一些容矿岩石中含有的成矿元素较为分散或其含量未达到工业品位要求,认为是成矿元素的初步富集。这种矿化岩石如果经后来的热液作用或表生作用进一步富集即可形成矿床,因此叫做矿胚。另外,还有一个源岩或来源岩石的概念,这是指有一定依据可以说明是提供成矿物质的岩石。不仅是岩浆岩,而且可以是沉积岩、火山岩,它们多为层状产出,所以最初叫做矿源层。源岩岩可以是含矿岩石本身,也可以是在含矿岩石下部甚至某些基底岩石。

矿石的组成和组构:矿石是组成矿体的含有金属或其他有用矿物的岩石,是开采矿体得到的最初产品,所以叫原矿或毛矿,经过选矿可以得到精矿。矿石一

般也是一种矿物集合体,其组成包括矿石矿物和脉石矿物两部分。矿石矿物在金属矿床中多指被利用的金属矿物,如铬铁矿矿石中的铬尖晶石类矿物,铜矿石中的黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿等。脉石矿物是指矿石中不能被利用的矿物,其大部分在选矿时与金属矿物分离丢弃,如铬铁矿矿石中的橄榄石、蛇纹石,铜矿石中的石英、绢云母、绿泥石等。在研究矿石的矿物组成时,要研究矿物的交生关系,经常规律共生的一些矿物构成矿物共生组合,它们是在同一时期相同条件下形成的产物,如果是偶然出现在一起的几种矿物叫做伴生矿物,它们可以是不同条件不同时间先后形成的。有些矿石成分较简单,只有一种有用组分,或是单一矿种,如某些铁矿石、锰矿石。有些矿石则成分较复杂,同时含有几种有用金属矿物,最好的例子如铅锌矿石,除主要矿物方铅矿、闪锌矿外,经常还有银矿物,有时还有铜矿物及砷、锑矿物以及多种分散金属,所以常常叫做多金属矿石。共生金属能够被综合利用的叫做综合矿石。

矿石中矿物结晶形态、大小、分布和相互关系比一般岩石更为复杂多样。矿床学家把矿石组构划分为矿石构造和矿石结构。矿石构造是指组成矿石的矿物集合体的分布与相互关系,而矿石结构是描述矿物颗粒的大小、形态和相互关系。矿石组构也可区分为宏观的和微观的。宏观的是指在露头、坑道壁、标本上观察到的,而微观组构是指把矿石磨制成光片、薄片在显微镜下观察到的。一般来说,宏观矿石组构多反映矿石构造特点,而微观组构多反映矿石结构特点,但这两者不应是截然分开的。矿石组构是成矿作用方式、条件和过程的记录。不同成因的矿石中常有其较为特征的构造和结构类型,根据矿石的结构和构造特点可以划分成矿阶段和期次,根据矿石的结构特点可以判断矿物生成的先后。矿石构造主要是根据其形态特点命名的,常用的有块状、浸染状、条带状、细脉状、角砾状、网格状、胶状、土状等。重要的矿石结构是根据形态和成因命名的,常见的类型有等粒、不等粒、片状、纤维状、环带状、定向结晶、紧密连晶、边缘交代、破碎胶结、球粒、碎屑等结构。

矿石品位是指矿石中有用成分含量的多少,金属矿物一般用金属的质量分数表示。少数金属以其氧化物的质量分数表示,如铬矿石以 Cr_2O_3 含量、钨矿石以 WO_3 含量表示。贵金属矿石用 g/t 表示,即百万分之几。非金属矿石情况各有不同,除以有用组分质量分数表示以外,还用一定体积内所含有用物质质量表示的,如 kg/m^3 , mg/m^3 等。矿石品位是衡量矿石品质的最重要依据。根据矿石品位的高低,可以分出资矿和富矿。此外,矿石伴生的有益组分(如铅锌矿石中的银)和有害组分(如铁矿石中的硫、磷)也影响着矿石的价值。在实际工作中,有两种品位是要知道的,一是边界品位,它是划分矿与非矿的界限,低于这个含量的矿石就不能划入矿体中。二是工业品位,它是指可供开采的矿体、矿段以边界品位确定出来后达到的平均含量。这一平均含量决定着这个矿体或矿段内的

矿石能否计入工业储量。例如铜的边界品位为 0.2% ~ 0.3%, 工业品位为 0.4% ~ 0.5%; 钼的边界品位为 0.02% ~ 0.04%, 其工业品位为 0.04% ~ 0.06%。

矿床规模指的是一个矿床中探明的矿石储量或金属储量的多少, 在欧美也叫做吨位。矿床的规模一般可划分为小型、中型和大型。各种矿床规模级别的标准差别是很大的, 表 1-1 引用弗·依·斯米尔诺夫的一个材料, 可建立起各类金属矿床规模级别的大致概念。

表 1-1 原生金属矿床的最低工业指标(品位、吨位)

金属	典型代表	最低储量	金属最低含量/%	大型矿床储量/t
黑色	铁、锰	几十万吨	20~25	几十亿
有色	铜、铅、锌、镍	几千吨~几万吨	0.1~1	几千万
稀有	钨、钼、锡、汞	几十吨~几百吨	0.1~0.2	几百万
放射性	铀、钍	几十吨~几百吨	0.05~0.1	几十万
贵金属	金、铂	几千克	0.0001	几万

最近十多年来, 矿床工作者对世界一些规模特大的矿床, 给予了极大的关注, 提出了超大型矿床的概念。这类矿床是世界上为数不多的一些特殊例子, 其储量规模远大于已知大型矿床, 而且常常是非单一矿种的矿床。超大型矿床的出现, 被认为是在地壳的这个部位金属发生了超常富集。发现一个这样的矿床就可以使所在地区或国家的资源地位发生很大的改观。

第三节 矿床学研究内容和方法

矿床学研究内容通常可概括为研究矿床的特征及其形成条件、形成作用与过程时空分布及其控制因素。前者即阐明矿床的成因, 后者即查明矿床的分布规律。矿床学正是围绕着这些问题的提出和解决不断发展起来的。

现代矿床学已包括以下一些相对独立而又互有联系的研究领域。成因矿床学或称矿床地质学讨论矿床成因和分布的基本理论问题。金属矿床学研究各种金属富集成矿条件及矿床类型。非金属矿床学研究各类非金属矿产形成条件和矿床类型。矿相学在显微镜下研究金属矿石的矿物组成和微观组构。区域成矿学主要是通过分析区域成矿背景, 阐释成矿作用演化和矿床分布规律。还有矿床地球化学是矿床学与地球化学的边缘学科, 从 20 世纪 30~40 年代开始把地球化学理论和方法应用到矿床研究以来, 显著地扩展了矿床研究的广度和深度。

矿床研究工作一般是结合着矿床的发现、勘查与开采过程而进行的。研究一个具体矿床的工作内容大体包括以下方面: ①区域地质特征, 矿床在区域地质构造分区中的位置, 该地区的沉积作用、岩浆作用, 构造发展和成矿的有利背景。