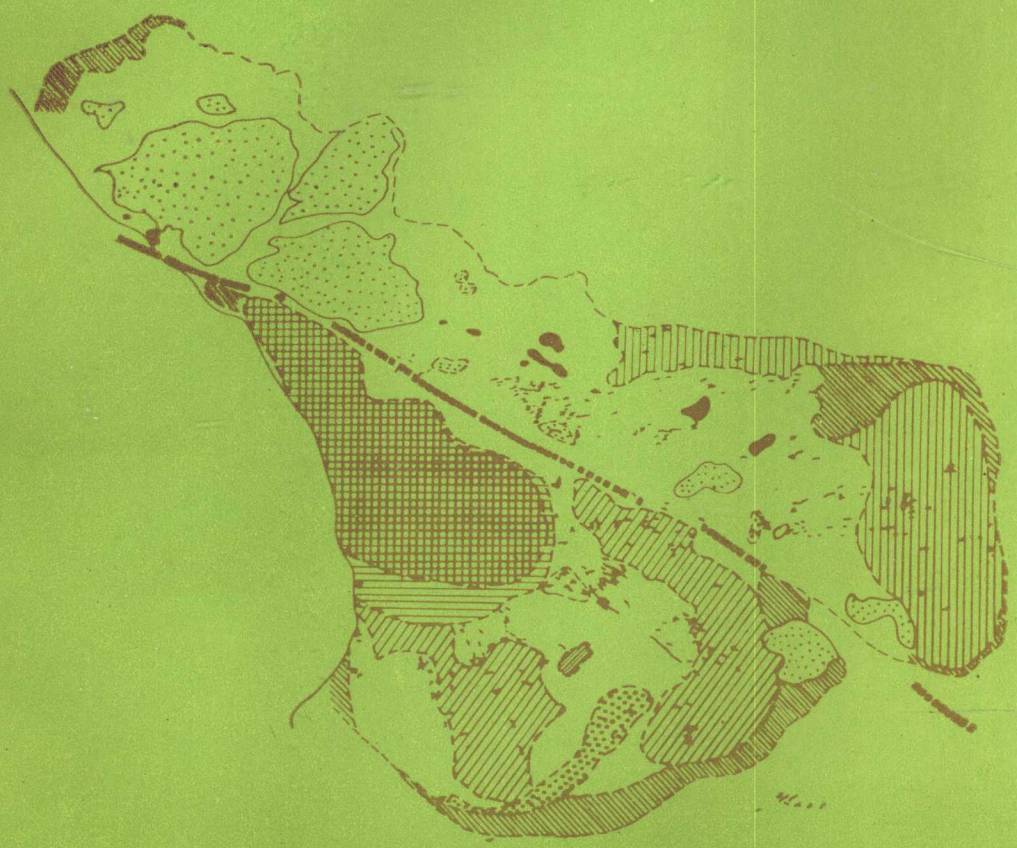
551

高等学校教学参考书

矿床学参考书

上　册

《矿床学参考书》编辑组



地质出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

高等学校教学参考书

矿床学参考书

上　册

矿床学教学参考书编辑组：刘云从　王俊发　朱上庆　冯钟燕

主　编：刘云从

地质出版社

本书由矿床学编审委员会参考书编辑组审编并经地质矿产部矿床学教材编审委员会于1984年4月在合肥召开的第四次全体会议审稿，同意作为高等学校教学参考书出版。

* * *

矿床学参考书

上　册

矿床学教学参考书编辑组

责任编辑：熊曾熙　陈　磊

地质出版社出版

（北京西四）

妙峰山印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本：787×1092 1/16　印张：18 3/4　字数：446,000

1985年10月北京第一版·1985年10月北京第一次印刷

印数：1—3,180册　　定价：3.70元

统一书号：13038·教231

序

随着我国社会主义建设的发展，矿产资源在国民经济中的地位也日趋重要。特别是根据我国实现四个现代化的需要，工业、农业、国防建设以及尖端技术等都需要充足而完备的矿产资源保证。矿床学的发展也就首当其冲，矿床学是矿产资源开发利用的关键环节之一。

《矿床学参考书》是根据第一次高等院校地质教材会议（温江会议）的决议着手组织起来的。该书的目的是配合和补充《矿床学》而使用的，作为《矿床学》的补充读物，充实教材中的不足，开扩视野，适应矿床学的最新发展。

《矿床学参考书上册》是以《矿床学》前半部分：矿床学概论及内生矿床等部分为重要内容而征辑的，但仍以矿床学的基本理论和基本技能为论述对象，其中还介绍了有关国外教材情况。

《矿床学参考书》上册是在作者和编辑组的同志共同努力下完成的。他们都有自身繁忙的教学和科研工作，但是他们为了提高矿床学的教学质量，不辞辛苦，很好地完成了参考书上册的撰写和编辑任务。我们谨向他们致以崇高敬意。

朱上庆　冯钟燕

1984年10月于北京

目 录

矿床学中一些传统内容和概念及其演化的评述……祁思敬（1）
一 矿床学发展到五十年代前后的基本情况……（1）
二 现代矿床学的基本内容和理论概念的发展变化……（2）
三 近期矿床学的主要特点及发展趋势……（5）
四 教与学中应注意的问题……（10）
论矿床学进展……郑明华（12）
一 矿产资源的利用和发现范围的日益扩大……（12）
二 矿产的综合开发和矿产补充资源的研究和利用已引起重视……（13）
三 六十年代以前占主导地位的成矿理论受到巨大冲击……（15）
四 深入研究解剖典型矿床和建立成矿地质环境及成矿过程的矿床成因模型…（18）
五 航天研究和遥感技术在勘查矿产资源方面的成功应用……（20）
六 同位素地质在矿床研究中的成功应用……（21）
七 气液包裹体研究在提供重要数据和指导找矿方面已成为不可缺少的手段…（23）
八 数学理论和电子计算机的应用……（26）
九 对矿床物质组成的研究进入了一个新阶段……（27）
十 成矿成岩实验……（28）
元素的地球化学分类及其在矿床学中的应用……胡受奚（30）
某些岩浆矿床成矿理论问题的初步探讨……于耀光（41）
一 岩浆的成分和结构及其在岩浆成矿作用中的意义……（41）
二 火成堆积作用……（45）
三 氧化物熔离作用……（50）
四 氧逸度和硫逸度及其在成矿作用中的意义……（52）
中、酸性岩浆成矿物理化学条件及岩浆成矿的流体动力条件……程 鑫（59）
一 中、酸性岩浆成矿物理化学条件……（59）
二 岩浆成矿的流体动力条件……（62）
碳酸岩矿床……冯钟燕（69）
一 碳酸岩……（69）
二 碳酸岩矿床……（76）
三 成因……（83）
热液矿床成矿机理……程 鑫（85）
一 有关热液成矿作用的几个问题……（85）
二 热液矿床成矿机理……（95）
交代作用问题……艾永富、江培谟（99）
一 交代过程的热力学……（101）

需要全本请访问 www.ertongbook.com

二　交代分带性的理论模拟……(112)
三　交代作用过程溶液酸碱演化与成矿的多阶段性……(117)
矽卡岩矿床……瞿裕生(124)
一　矽卡岩矿床的若干基本概念……(124)
二　矽卡岩矿床形成的地质构造环境与火成岩组合……(126)
三　矽卡岩矿床的形成过程……(129)
四　矽卡岩化和金属矿化的内在联系……(134)
五　矽卡岩矿床的多成因性及与其有关的复合型矿床……(135)
各类斑岩矿床的分布、特征、成因及它们之间的联系
……胡受奚　周顺之　孙明志　邵厥年　叶瑛　徐士进　吴澄宇(142)
一　关于斑岩铜矿的成因问题……(143)
二　关于斑岩钼矿的成因问题……(146)
三　关于斑岩锡矿的成因问题……(147)
四　关于斑岩钨矿的成因问题……(149)
五　成矿元素的地球化学性质与成矿的关系……(151)
中-酸性、酸性岩类与成矿的关系……程　鑫(155)
一　中-酸性岩类与成矿的关系……(155)
二　酸性岩(花岗岩)类与成矿的关系……(161)
三　不同成因花岗岩类的地质、地球化学特征……(177)
关于多源成矿与复成矿床……郑明华(181)
一　“多源成矿论”的提出……(181)
二　成矿物质的可能来源……(183)
三　复成矿床及其成矿机制……(198)
应用氢氧同位素判别成矿溶液的成因……刘孝善(206)
一　氢、氧同位素地球化学的某些原理……(206)
二　天然水同位素组成的测定……(209)
三　水的成因类型……(209)
四　主要成因类型水的同位素特征……(209)
五　热液流体的成因……(212)
六　斑岩铜-钼矿床……(214)
七　其它浅成带的矿床……(217)
八　海底火山成因矿床……(218)
九　不同成因的热液流体……(220)
包裹体研究及其在成矿热液系统演化上的应用……刘孝善　吴澄宇(221)
一　包裹体的基本知识……(221)
二　包裹体研究的一些基本方法……(224)
三　包裹体研究在成矿热液演化上的应用……(230)
铅同位素在矿床地质学中的应用……芦武长(237)
一　铅同位素演化……(238)

二　铅同位素在矿床地质研究中的应用……(247)
三　结束语……(252)
热力学在矿床研究中的应用……栾世伟(254)
一　概述……(254)
二　热力学在矿床研究中应用的计算方法与步骤……(255)
三　热力学在矿床研究中的应用实例……(261)
四　结束语……(284)
附：关于欧美矿床学书刊介绍……冯钟燕(286)
一　矿床学教科书和参考书……(286)
二　矿床学期刊杂志……(289)
三　矿床学文献目录索引……(293)

矿床学中一些传统内容和概念及其演化的评述

河北地质学院　祁思敬

一　矿床学发展到五十年代前后的基本情况

矿床学是一门既古老又有强大生命力的学科。人们在从事探采金属和其它矿物原料的过程中积累了有关矿产分布和性状的知识，并逐渐出现了对矿床成因的种种解释。各个有古老文化的民族差不多都有记载宝石和金属矿产地和记载某种萌芽的矿床成因思想的文献。早期的矿床成因理论大约在十五世纪中开始出现，随后在欧州中部某些靠近采矿业中心的学院里作为矿物学和地质学的一部分充实和发展起来，到十九世纪中后期，才有比较系统的矿床学著作问世。但矿床学(在有些国家中称为经济地质学)真正得到迅速发展还是这个世纪以来的事情。矿床学成为地质科学的一个重要分支，主要内容是研究矿床的组成、产状、分布及其形成的原理。通过研究已知矿床来探索控制矿床形成的某些普遍性规律，是矿床学的一个基本思想。

矿床学发展到五十年代前后的情况是：①结束了几个世纪以来企图以某种简单而又普遍适用的假说解释矿床成因的争论，认识到无论是水成论还是火成论都不能概括所有矿床的形成原因，确立了成矿作用多样性的正确结论，并且逐步形成包括内生、外生、变质三大成矿作用的体系，爱孟司、尼格利和史乃德洪的矿床分类都不同程度地体现了这种思想，而别杰赫金(1945)的矿床分类在形式上更趋完善；②岩浆热液学说，即认为大多数原生金属矿床与岩浆活动有成因联系的观点得到了广泛承认。成矿物质来源于岩浆，在岩浆阶段和岩浆期后阶段通过分异、分馏及从气水溶液中反应沉淀成矿的认识进一步系统化，并开始应用物理化学原理进行了一定的论证。在这方面，除林格仑、格雷顿、芬涅尔开创性的研究工作外，尼格利、费尔斯曼、查瓦里茨基和别杰赫金的研究都具有重要影响；③分凝和熔离、充填和交代、围岩蚀变、矿化分带、矿化构造控制、次生富集等方面的理论和实际材料汇集起来成为矿床学基本理论的重要组成部分，例如，以冶金过程与岩浆成矿作用对比研究的材料，美洲西部矿床交代作用和氧化带次生变化研究的材料被引入教材。纽豪斯、柯尔仁斯基、C.C.斯米尔诺夫等人有关专著中的思想观点在教材中被介绍；④研究了相当数量具有世界意义的典型矿床，并有可能在此基础上进行某些重要矿产成矿时代和成矿区域的概括，贝特曼矿床学中最先按地史时期中主要造山旋回划分成矿时代，并描述了各大洲的许多重要成矿区域。塔塔林诺夫书中增加了苏联学者C.C.斯米尔诺夫、毕利宾关于全球性成矿带的研究材料；⑤对各种金属和非金属矿产有工业意义的矿床类型进行了归纳。煤和石油矿床学迅速发展成为独立的学科。别杰赫金和贝特曼的矿床学都包括有专门描述各种金属和非金属矿产典型矿床的部分，苏联地质学家后来进一步发展了矿床工业类型的概念。

尽管矿床学有了这许多重要进展，但与其它基础科学学科相比，则可以看到它还没有形成一个比较稳定和成熟的学科体系。刚刚系统起来的岩浆热液理论很快又被新的认识所突破，规模日益扩大的矿产勘查工作不断提供的新情况，基础地质学科领域取得的巨大进展，现代测试技术广泛应用，都促使矿床学在近二一三十年中发生着前所未有的深刻变化。

二　现代矿床学基本内容和理论概念的发展变化

七十年代以来，有不少矿床学家致力于写出能够反映现代研究水平的矿床学教材，从这些著作中我们可以看到近二一三十年内矿床学这个学科基本内容和理论概念变化的广度和深度。这一时期具有广泛影响的矿床学教材主要有以下几种：斯坦顿（1972）的“矿石岩石学”是公认的标志近代矿床学发展的一本著作，从书的第一部分可以明显看出作者在把矿床学基本理论置于近代基础科学原理之上所作的努力；书的第二部分根据“矿石也是岩石”的思想按照与矿床共生的岩石组合阐述了有关的矿床成因系列，本书的最后部分明确地提出了成矿作用随时间、随地壳发展演化的思想。两三年后，帕克（1975）的矿床学第三版则仍保持着以岩浆热液理论为中心的传统，把成矿物质在成矿流体中迁移和沉积的机理作为成矿的主要问题；本书主要应用了世界范围内典型矿床的材料阐明从岩浆成矿作用到沉积成矿作用形成的各类矿床的地质特点，这些材料都是近期的又是比较成熟的；我们可以从这本书中获得对矿床学中许多问题历史和现状的正确理解；在本书最近这一版中，作者也增补了成矿时代与成矿区域一章。一年以后出版的詹森和贝特曼（1976）的“矿床学”是贝特曼矿床学的新版，但很容易看出，这一版与原有内容相比更新的幅度是很大的。成矿作用原理部分中充分反映了有关问题的现代概念和现代研究方法，本书的更多篇幅是对各组金属和非金属矿床的叙述，有丰富的矿床经济材料是其重要特色。В.И.斯米尔诺夫（1976）的“矿床地质学”是集中反映了苏联当代矿床学研究水平的一本书，体现了他们从区域构造背景及与各类岩石建造的联系中研究成矿作用的思想，矿床分类有了新的补充，而且对各个类型的研究也比较平衡；在各种类型矿床的分述中列举的大量苏联矿床实例都具有较高的研究程度；书的最后一部分有苏联境内成矿区域的综合。立见辰雄（1977）的“现代矿床学基础”，这本书的原理部分表现了作者考虑到研究成矿作用需要认识地球科学一些更基础的问题，同位素地质学在本书中占有特别突出的地位；本书的后半部分结合日本情况叙述了若干重要矿床类型的基本问题。最近的一本书是伊万斯（1980）的“矿床学导论”，分原理、重要矿床类型和矿床的时空分布三部分。第一部分着重基本概念和方法的介绍，矿床分类采用了与斯坦顿相同的原则，矿床区域分布研究更多地与板块构造结合了起来。本书的取材从教学需要作了很好的选择，我们可以从这本书中对当前各类矿床研究的主要进展和存在问题获得明晰的概念。

下面我们就这些著作中对矿床学基本理论所作的阐述作一些分析。很明显，不同作者在这个问题上的着重点是有所不同的，大体有几种情况：①从矿石物质组成和组构阐明矿床生成的基本条件。较早的矿床学曾经引述过原子紧密堆积，元素的亲氧性和亲硫性倾向

等基本的化学规律。尼格利（1948）在“岩石和矿床”一书中较系统地阐述了矿物形成的晶体化学原理，矿物聚集生成的组构形象以及支配矿物和矿床形成的物理化学原理。近期矿床学著作中继承和发展这种思想的代表是斯坦顿。在其“矿石岩石学”书的原理部分中详细叙述的是组成矿石的主要矿物族及其结构形式；氧化物、硫化物和硅酸盐熔融体系结晶和分熔作用相平衡及温度、压力和成分的控制；热液体系矿物生成的原理；Eh、pH和逸度的影响；在开阔空间和在多晶质集合体中的生长结构、变形结构及退火结构。作者把这些内容作为矿床学的原理是基于这样一种思想：认为矿石也是一种岩石，其生成和岩石一样都服从于一些基本的晶体化学和物理化学规律；②阐述含矿流体的起源、迁移和矿石如何从其中沉淀的问题。很明显，这些问题正是岩浆热液理论最核心的内容。帕克(1976)的矿床学可以看作是最好的代表。但是，他所指的含矿流体已包括了岩浆、岩浆来源的气液、天水和热泉等，它们的迁移包括深部的和地壳浅处的。属于这个体系的教材还讲述与此有关的围岩蚀变、矿物共生和分带等问题。近期的教材还大大扩展了测温测压问题，讲述各种近代实验测试方法的应用，如包裹体研究、稳定同位素和硫化物体系的实验研究等；③具体研究诸种成矿地质作用和成矿地质构造环境：詹森和特贝曼（1977）指出矿物和矿床的形成一般是元素从活动状态向固相状态的转变，这种转变可以以多种地质作用方式发生，他们列举了岩浆堆积、升华、接触交代、热液作用（空隙充填和交代）、沉积作用、细菌作用、海底喷发、蒸发、残积和机械堆积、氧化和表生富集以及变质等十一种成矿作用。成矿理论不外就是对这些作用发生的条件和机理的认识。由于成矿地质作用的发生和发展是受地质构造环境制约的，近期矿床学进而重视了成矿地质环境的研究。可以认为，矿床及与之伴生的一定类型的岩浆岩、沉积建造和变质组合都是地壳中某种构造单元在一定发展阶段的产物。В.И.斯米尔诺夫（1976）书中首先把矿床分为地槽矿床、地台矿床和大洋矿床，它们的矿床类型是有所不同的。立见辰雄（1977）书中按照在板块构造中的位置进行了矿床的划分，指出了前寒武纪矿床形成环境的特殊性，还介绍了矿床与不同花岗岩系列的成因联系的近期研究成果。

矿床分类是矿床学中另一个重要课题。早期的矿床分类着重矿床的形态和矿物成分，近代的分类则是随着矿床成因理论的发展而发展起来的。五十年代前后较流行的分类反映了岩浆热液矿床研究的成果，主要有林格仑的深度-温度分类，尼格利的火山—深成分类与史奈德洪的矿石组合分类，别杰赫金—塔塔林诺夫的三大体系分类在我国有过广泛影响。近期矿床学著作中对待矿床分类问题有不同的态度；一些人认为原来的成因分类体系只需作一些补充和修改（Park；Jensen和Bateman）；另一些人则在尝试拟定新的分类方案，一种最值得重视的倾向是基于五十年代以来对层状矿床的研究而提出的环境分类，例如卜内纳（1963）的分类方案把许多重要矿床类型放在体现环境的岩石组合和成矿作用演化的坐标上并且表示了它们之间的联系（表1）；此外，按照成矿物质来源和生成位置分类的意见在我国也得到了重视和发展，有人强调成矿物质来源是最重要的因素。当然，以单一成矿作用进行分类现在看来确实有不够完善的地方，但多数人认为只有把成矿物质来源、成矿作用和成矿环境统一起来才是认识矿床形成这种复杂的事物运动形式的正确途径。可以看出，不论强调何种分类原则把矿床分成岩浆及热液的、沉积的、变质的这些基本类型是大多数人能够接受的，В.И.斯米尔诺夫提出这是矿床的三个基本系列。关于次一级类型的温度深度分类方案仍然有人使用，但更多的人倾向于按照矿床形成的典型环境

表 1 矿床成因环境分类简表

分类与成因	A 在火山管内或邻近火山管的位置	B 火山组合	C 沉积组合	D 变形的（再移动的）	E 更生的
背景	(1)柯地莱拉式火山 (2)大陆断裂中的碱性火山 (3)基性火山活动	岛弧火山和地槽	海岸线和盆地	构造的与变质的（A．B或C类的变相）	花岗岩化及岩浆侵入
类型	(1)斑状铜矿 (2)碳酸盐岩等等 (3)基性火山和熔岩流	块状硫化矿床 (1)黄铁矿的 (2)Pb、Zn、Cu呈条带状 (3)以磁黄铁矿和黄铁矿为主，不呈条带状 (4)铁及锰矿床	(1)砾岩 (2)铜带类型（北罗得西亚） (3)灰岩含Pb Zn (4) 混杂型	原为A、B或C类 再移动的	原为A.B.C或D类转化为脉状矿床
例子	(a)秘鲁的托奎帕拉(Toquepala) (b)南非的帕拉博腊(Palabora) (c)科罗拉多州的克里普累—克雷克(Cripple Creek)	(a)西班牙的里乌—廷土 (b)塔斯马尼亚的罗塞贝里(Rosebery) (c)加拿大的新不伦瑞克 (b)腊姆梅耳斯布尔格(Rammelsburg)	芒特—艾萨Pb、Zn矿—(a) 芒特—艾萨Cu矿 (a)维特瓦特尔斯兰(兰特)和布来恩德—里弗 (d)铜带(北罗得西亚) (c)摩洛哥的泽耳利德贾(Zellidia)和爱尔兰的提纳格赫(Tynagh)	(b)莱伊尔山（塔斯马尼亚） (c)澳洲的布罗肯—希耳 (d)澳洲的马里—卡恩累恩(Mary Kathleen) (e)印度的辛布胡姆(Singbhum) Cu、U。	(a)坦噶尼喀的卡腊格韦(Karagwe)锡矿 (b)玻利维亚锡矿床Cu.Pb.Zn.Sn.W.U.等等脉状矿床的无数例子，例如南罗得西亚的加图马(Gatooma)金矿床
附注		(d)阿尔果马 铁矿石		(f)北卡罗利纳的克诺布矿(Ore Knob) (g)印度的扎瓦尔(Zawar)	

附注：为了简便起见，象金伯利金刚石管状矿床，沉积矿床，（为循环雨水再分布的）、残积矿床、砂矿床等等没有包括在本表内，本表不拟作全面的分类。（引自矿床同生说译文集）

划分，例如，在岩浆成因矿床系列中分出岩浆矿床、伟晶岩矿床、矽卡岩矿床、碳酸岩矿床、钠长岩—云英岩矿床、热液矿床以及黄铁矿型矿床，认为这些都是在特定环境下有特殊成因特点的独立的矿床成因类型。在伊万斯的书中还把斑岩型矿床和层状与层控矿床也列为独立的类型。矿床类型是人们对一定数量具有相似特征的矿床的概括说法，而具体研究典型矿床是形成矿床类型认识的基础。因此，关于矿床类型和典型矿床的研究是矿床学最基本的内容。在这方面，新的矿床时有发现，很多典型矿床的研究不断深入，而且成为

需要全本请访问 www.ertongbook.com

新的成矿理论概念产生的源泉。

成矿时代和成矿区域也是本世纪初就已提出的概念，但开始只是按几次主要造山旋回作简单的综合。五十年代，苏联地质学家把区域成矿作用与大地构造研究联系起来发展了地槽区，地台区成矿规律的研究，受到了普遍的重视。六十年代板块理论的出现为区域成矿规律研究开辟了新的方向。人们首先注意到的是各种类型板块边缘地带的成矿作用，包括洋脊裂各系和贝尼奥夫带有关的成矿作用，稍后大陆内裂谷系及与上升地幔热柱有关的三叉裂谷系及在其演化中出现的裂堑的成矿作用也作了研究。在伊万斯的书中引述了把板块构造和地槽结合起来的观点—按照各种类型地槽即不同板块构造环境，分别说明它们的成矿特点。对成矿作用在地史时期的分布也有了新的认识，特别是对占地质历史六分之五的前寒武纪的成矿作用，已经在研究早期地球演化的基础上，对几个主要阶段的成矿特点有了一些基本的了解。

三　近期矿床学的主要特点及发展趋势

关于这个问题我们认为以下几点是值得注意的。

首先，以前的矿床学对成矿作用（元素经迁移而富集成矿）的本质虽然已经作了正确的阐明，但对矿床形成过程的认识过于简单化。目前根据各种直接和间接资料，认识到矿床的形成都经历了长期演化的历史，其形成过程一般都是较为复杂的。В.И.斯米尔诺夫在论述各类矿床形成长期性问题时，引用了很多具体材料。早期的矿床学曾经按照矿床与容矿岩石形成的时间关系，把矿床简单地划分为同生的和后生的。近代测试方法提供的资料证明有些矿床成矿组分可以是不同来源的，同一矿床中可以有同生的部分也有后生的部分。过去在研究热液脉状矿床的时候，主要强调了矿床的后生性质，认为矿床和围岩之间只是偶然的关系。近年来对层状矿床的深入研究使人们认识到，很多矿床与容矿岩石是同一环境下的产物，应该看作是其固有的组成部分。已经可以肯定某些热液矿床成矿金属并不是上升热液带来的外来物，而是来自矿床附近的岩石。同时有一部分矿床可能是原来只有成矿组分的初步富集形成了矿胎，后来在附加的有利条件影响下再经过迁移进一步富集形成矿床。此外，所有经沉积形成的成矿物质都要经历成岩变化，很多矿床还经过后生作用以至变质作用的改造。因此，多数矿床不是单一成矿作用的产物，而具有复合成因的性质。矿床资料的综合对比也已表明：矿床类型象很多岩石类型一样是在地球发展历史的一定阶段中才开始出现，而在条件改变后即不能再生成或为其它新的类型所代替，例如，沉积形成的铁矿和铜矿的一些类型就有这种情况。因此，矿床不仅是物质变化的产物，而且是从属于地质历史发展的现象，具有时代的特征。另外，各种成矿作用一般不是孤立的，往往是若干有关的成矿作用在一定时间和空间范围内有规律地相伴出现的。研究这种现象所形成的矿床系列的概念在近年来也受到越来越多的重视。

其次，矿床形成条件的研究迅速向精确化发展。五十年代以前，人们虽然应用了林格仑的温度和压力分类，但由于当时方法技术的限制，取得可靠的温压数据还是不太容易的。现代矿床学研究已经广泛应用了包裹体研究和根据热力学原理确定的各种矿物测温计和测压计，积累了大量精确数据。与此同时，人们还测定了pH、fo_2等其它环境条件的数据（M.L.Jensen，等1979），（图1）。各种稳定同位素（S、Pb、H、O、C、Sr）研究

的发展，为了解矿床形成的时间关系，判断成矿物质来源和矿床形成的环境条件提供了极为有用的资料（Stanton, 1972; Jessen 1976; 立见辰雄1977）。实验矿床学和热力学在矿床学中的应用也有了很大发展。五十年代前后的矿床学中，只在研究硅酸盐熔浆中水的聚积和分出、蒸发盐类矿物沉淀顺序等问题上引用少量实验资料。近代矿床学中，这方面的材料则有明显增加，如简单和复杂溶体化学平衡关系，流动系统的化学反应现象、痕量元素在液相和固相间的分配、水—岩石相互作用、氧化反应和硫化反应等课题的研究都已用来阐述有关的成矿理论问题。矿床学中一些重要问题如金属硫化物或氧化物在硅酸盐岩浆中的不混溶，金属在溶液中以络合物形式迁移并控制矿化分带机理等已经获得基本解决。另一方面，现代成矿作用的研究同样也对矿床理论向精确化发展发生越来越大的影响。近期矿床学书籍中普遍介绍了索尔顿和红海等地现代成矿现象的详细研究材料，东太平洋隆起热液喷出口的发现和观察更加引起人们的兴趣。活动地热系统的成矿理论就是在现代成矿作用研究的基础上发展起来的。现代成矿作用研究的特殊意义在于：可以直接了解成矿作用的某些过程、矿床沉积的原始状态、成矿作用的构造背景，获得环境条件的准确数据，使完全依靠推理产生的成矿理论得到一定程度的验证。

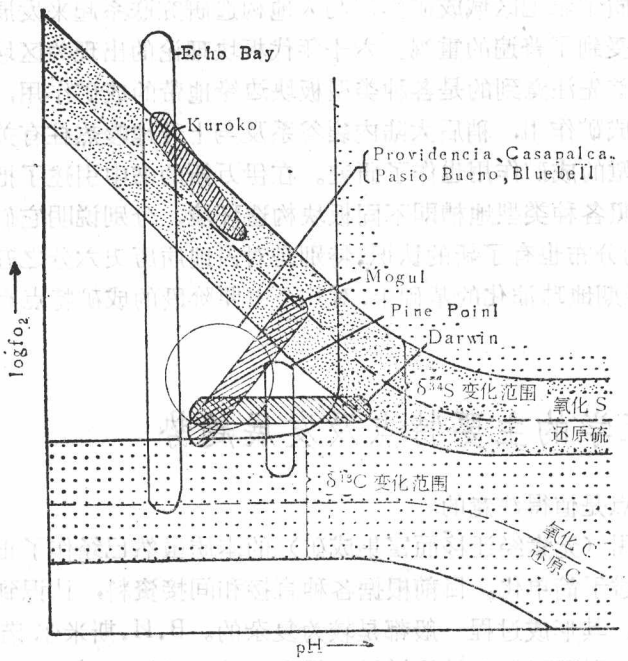


图 1　表示九个热液矿床恢复其沉积环境的pH—f_{O_2}图解
（引自Jensen and Bateman 1979）
断线划分氧化碳和还原碳与氧化硫和还原硫分别居支配地位的环境；画点的带表示碳酸盐和硫化物中碳和硫同位素受pH和f_{O_2}的改变强烈影响的环境；圈起来的范围表示矿石沉积的环境

另外，现代矿床学出现了把矿床形成作用放在全球构造和地史演化的背景上研究的趋势。早期矿床学一般只从局部环境研究矿床形成的地质条件。本世纪前期，开始重视了成矿作用与成岩作用的联系。在以热液矿床为主要研究对象的时候，人们把岩浆作用看作是首要的条件。苏联地质学家创造和发展了建造学说，认为在地壳中不同构造单元的不同发展时期中形成一定的岩浆建造和沉积建造，同时也形成与之伴生的一定矿床类型。他们从地槽阶段性发展的观点阐明了一些地区矿床有规律分布的事实。斯坦顿从矿石岩石学观点出发认为矿床是特定环境中的典型部分，从地壳发展过程中各种典型事件的发生，揭示了若干矿床类型在地质历史中分布的规律性。板块构造理论的发展开辟了成矿作用研究的一个崭新阶段。这个理论发展的早期，矿床还只被作为大陆漂移的一种证据，但没有多久，把成矿作用与板块构造机理结合起来的思想就迅速发展起来了，不同性质的板块边缘上出

现一定的成矿作用类型。大量这类材料的综合形成了如下的基本认识：在洋脊裂谷系从地幔带出成矿金属，随着海底扩张洋壳中的矿床和洋底沉积物被移置或带入消减带而受到部分熔融，从而引起岩浆作用和矿化作用。随后又作出了斑岩铜矿、块状硫化物矿床和与花岗岩共生的钨锡萤石矿床受消减带倾斜角度和速度控制的解释。另外，对大陆内部的矿床也提出了地幔热柱上升引起围岩隆起发生裂谷作用及与之伴随的成矿作用的解释。板块构造概念也为根据金属矿床年代关系和成矿省的资料探讨金属的最初来源问题提供了可能。由于板块构造理论能够概括区域地质发展的大多数地质过程，因此，许多典型成矿区的构造背景和成矿史得到了相当深入的解释。在矿床与板块构造关系方面，米切尔和加森不久前作了一个新的全面的综合(表2)。

表2 板块构造和矿床

构造位置	典型组合	主要矿床类型
1.大陆内热点、裂谷和裂堑		
(1)热点和热点轨道上	铝和碱过饱和花岗岩	岩浆水和天水热液型Sn、Nb；U
	火成碳酸岩	岩浆—交代型磷灰石磁铁矿蛭石烧绿石
	玄武岩类	蓝宝石红宝石
(2)大陆内裂谷和裂堑中	火成碳酸岩	岩浆—交代型磷灰石＋蛭石；Cu—U斜锆石
		烧绿石；稀土±菱锶矿
	碱性杂岩	岩浆型磷灰石
	金伯利岩伴有火成碳酸岩	岩浆型金刚石
	基性—超基性侵入岩	岩浆型Cr—Ni—Pt—Cu
	黑云母花岗岩	斑岩型Mo
	页岩，通常为钙质和沥青质页岩	成岩或早期后生，天水热液层控型Cu；层控型Ag—Pb—Zn
	陆源碎屑	成岩或后生，层控砂岩型U
	镁质碳酸盐	蒸发岩
	湖相卤水和蒸发岩	Na和K盐；菱镁矿和磷酸盐
	黑色页岩、花岗岩、基底岩石、断裂和线型构造中的脉	天水、岩浆水、原生水热液型Pb—Zn脉，萤石脉，Ag—Co—Ni砷化物脉，Mo—石英脉
2.被动大陆边缘和大陆内盆地		
(1)被动大陆边缘	海进层序中镁质碳酸盐，黑色页岩—燧石—白云岩	蒸发岩；磷酸盐
	深海沉积	富金属黑色页岩
	海进层序中浅海碎屑沉积，燧石—浅海碎屑	鲕状铁岩；层状铁建造
	浅海砂层	钛铁矿、金红石、锆石 砂矿
	大陆架碳酸盐岩层(埋藏较深)	天水或原生水热液后生(及同生)碳酸盐岩层中的Pb—Zn矿；Ba和F矿床

续表

构造位置	典型组合	主要矿床类型
(2)成因未定的陆内盆地	元古代不整合面上陆源沉积和变质沉积岩	表生成岩，后生热液，变质活化，U
	正砾岩，常在不整合面上	冲积部分后生，砾岩型U—Au
3.大洋中		
(1)洋中脊和大洋盆地	深海红色粘土和玄武岩	水成沉积，热液喷发沉积Mn、Ni、Co、Cu氧化物和氢氧化物结核和结壳；Mn、Fe氧化物和氢氧化物结核和结壳
	洋脊玄武岩	海水热液喷发沉积Cu、Fe、Zn硫化物
	远洋碳质沉积物	富金属页岩
	地幔最上部方辉橄榄岩中的纯橄岩；橄榄岩和蛇纹岩	岩浆型豆荚状铬铁矿；岩浆—热液交代Ni、Fe、Ti、Au、Pt及石棉、滑石、菱镁矿
(2)洋内转换断层	扇状沉积、高Ba玄武岩、Mn	海水热液喷发沉积Ba
	洋壳火成岩	海水热液沉积Fe Mn氧化物和氢氧化物
(3)洋内线状岛屿和海岭链	碱不饱和侵入体	火成碳酸岩？
4.俯冲带		
(1)外弧	仰冲蛇绿岩	海底喷发沉积塞浦路斯型层状Cu Fe硫化物；豆荚状铬铁矿
	花岗岩	Sn、W、U
	花岗闪长岩	斑岩型Cu
	复理石沉积	浅成原生水热液Au—石英
	镁质碳酸盐，复理石—石英碳酸盐	浅成热液Hg、Sb
(2)岩浆弧	I型云英闪长岩质深成岩，橄榄粗安岩	岩浆水天水热液斑岩型Cu—Au；斑岩型Cu—Mo；斑岩型Au
	海底流纹质火山碎屑岩	海底喷发黑矿型Zn、Pb、Cu硫化物矿床
	S型铝过饱和花岗岩	岩浆水、天水热液Sn、W
	安山岩质破火山口	Au碲化物，含金硫化物
	安山岩、云英闪长岩、闪长岩	岩浆水、天水热液型含金石英脉
	硅质火山岩	岩浆喷发磁铁矿赤铁矿磷灰石
	基性火山岩、安山粗面质火山岩	海底喷发热液、岩浆水热液Sb、W、Hg、Hg（辰砂）、雄黄、雌黄、蛋白石
(3)外弧海槽	河流沉积、三角洲沉积	砂Au，半沥青质煤

续表

构造位置	典型组合	主要矿床类型
（4）弧后逆掩带	S型铝过饱和花岗岩质深成岩和火山岩；石英二长岩质深成岩	岩浆水、天水热液Sn W；Mo、W、Sn
	石英斑岩	热液Cu、Au、Ag
	河相碳质砂岩	天水热液U
	河流沉积	砂金
（5）弧后压性克拉通盆地	碎屑沉积为主	化学沉积钾矿床
	三角洲沉积	沥青煤
（6）弧后张性克拉通盆地	火山岩	天水（岩浆水）低温热液Au、Ag脉
	河相和浅海相沉积	砂Sn
（7）弧后边缘盆地和弧间海槽	方辉橄榄岩和枕状玄武岩	豆荚状铬铁矿
	枕状玄武岩	热液喷发沉积Cu、Fe、Zn硫化物
5.大陆碰撞带		
（1）残余盆地	黑色页岩	磷块岩
（2）缝合带	仰冲的蛇绿岩	海底喷发沉积层状Cu、Fe硫化物；岩浆型豆荚状铬铁矿
	变质岩浆岩	硬玉软玉
（3）内陆边缘	区域变质作用，伟晶岩或霞石正长岩	交代型宝石矿床
（4）前陆逆掩带	构造侵位的大陆架岩石	大陆架矿床
	S型铝过饱和花岗岩，S型淡色花岗岩	岩浆水、天水热液Sn W；U
（5）前陆盆地	磨拉石沉积	成岩或后生层控砂岩型U(Cu V)；蒸发岩
（6）山间海槽	陆源碎屑	浅成低温天水热液U、Cu
	湖相沉积	蒸发岩
6.陆壳中转换断层		
（1）大陆边缘和岛弧中与俯冲有关的转换断层	方解石—石英脉	原生水热液Sb
	火成碳酸岩	碱性火成杂岩体
	金伯利岩	金刚石
（2）延伸到大陆边缘的洋脊—洋脊转换断层	基性—超基性侵入岩	岩浆型Cu、Ni、Pt、Au、Ti
	卤水盆和玄武岩	海底喷发含金属沉积物
	伟晶岩	岩浆热液型Sn、Li

（据Mitchell和Garson 1981）

七十年代以来地球早期演化研究方面的进展对成矿作用的认识也有很大的促进。地质历史中的成矿作用与地壳形成演化特点的联系已经逐渐为人们所认识。早太古代的成矿作

用是在热的软弱活动洋壳上发生的，主要是直接来自地幔的稳定元素形成富集。从晚太古代以后，成矿作用即在逐渐形成的稳定构造单元和在活动带同时发展着，沉积成矿作用从此时开始出现，活动元素也才开始富集形成矿床。这些时期中新的成矿作用既与地幔岩浆注入有关，也与分散于地壳中的金属再循环有关。与地幔产生的部分熔融物上升有关的这部分成矿作用在各个时期中变化不大明显，而在沉积过程中出现的成矿作用则由于受到地表环境和生物演化的影响，随时代演进而具有明显的变化。近年来，已经对大多数矿床类型随时间演化的情况进行了综合（Venzer,1979；Lambert等，1981）。

四　教与学中应注意的问题

在矿床学教学中，需要正确阐述和理解许多理论概念，由于上面谈到的现阶段矿床学发展的特点，我们认为注意以下一些问题是很有必要的。

矿床学中包括有各种理论概念，这是在长时期内积累起来的，我们必须历史地看待这些问题，了解它们是在什么样的情况下提出又在应用中有了什么发展，这样才比较容易把握住问题的实质。例如：早期矿床学中就有过同生矿床和后生矿床的概念，在以研究岩浆热液矿床为主的时候，好象已成为一个简单过时的概念，但到了五十年代前后，因较多地研究了层状金属硫化物矿床，矿床同生说又重新的崛起。应用近代测试方法可以进一步研究成矿物质和容矿岩石物质成分的来源和时间关系，从而使同生和后生有了更确切的含义，还发展了叠生的新概念。又如层控这个概念现在大家已经讨论得很多了，我们认为也不应该只是从词义上去寻求解释，而是应该从四十一五十年代中大量开展层状矿床研究这个历史背景去理解。我们认为把这类矿床从的岩浆热液成因的概念中解放出来，强调金属也可以在近地表沉积环境中形成富集这才是问题的核心。正如二十一三十年代探采岩浆热液矿床积累了大量矿化受构造控制的认识，以后发展了矿床矿田构造研究一样，在四十一五十年代大量研究产在地壳上部沉积岩和火山岩中并或多或少具同生性质的层状矿床的实践中，提出层控概念并得到很快发展是很自然的事情。当然，在一定时期内，人们根据后来积累起来的事实充实或修正某一概念并赋于某些新的含义也是常有的。例如，层控矿床的改造现在被突出强调就是这样。

学习矿床学的同学常常感到矿床学的理论问题争论太多，能肯定的太少。确实，矿床学中很多问题在短时期内不易作出肯定或否定的结论，这是因为矿床的形成是一个非常复杂的过程，受多方面因素的影响，而且人们目前研究矿床的方法还不是十分有效，因而，矿床学中一些理论长期存在争论，甚至认识上出现多次反复是常有的现象。在矿床学发展史上有不少这样的事例，例如侧分泌说，是早在十八世纪就为不少人提倡过的一种成因观点，但在岩浆热液占统治地位的时期几乎完全为人们所忘却，但在近一个时期内，对某些矿床研究中已证明热液确实从围岩中获得成矿物质，侧分泌作用不失为矿床形成的重要方式之一。贝特曼早就指出过：大多数矿床理论是在前一代基础上发展起来的，现在只不过是加以改进或者扩大了早先的概念。火成论者和水成论者、侧分泌论者和上升溶液论者、岩浆论者和变质论者之间的一次又一次的争论几乎贯穿整个矿床学发展历史。矿床学中不同假说的争论随着地质找矿工作不断地发展，新矿床的不断发现，使研究者对矿床能作出更全面的观察，从而使认识逐渐接近客观实际，这大约就是矿床学发展的规律。了

需要全本请访问 www.ertongbook.com