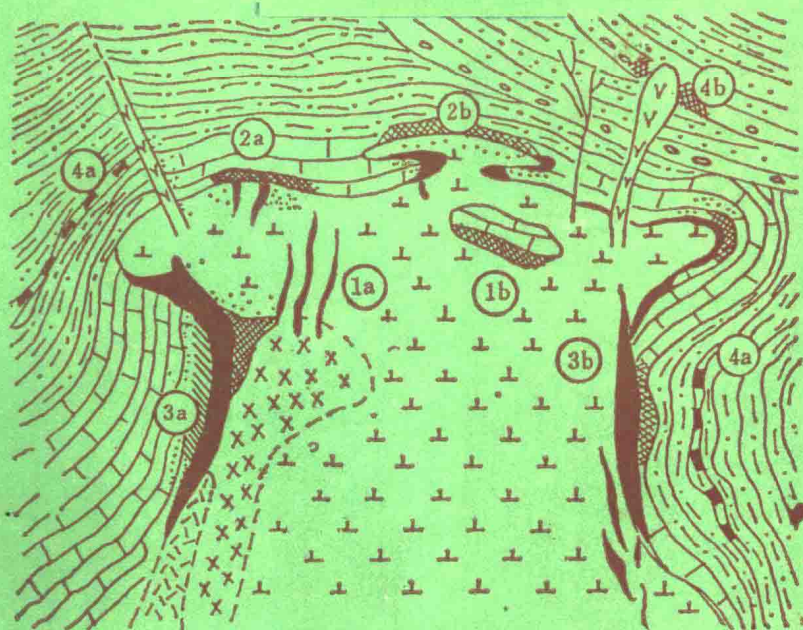


高等学校教学参考书

矿床学参考书

下 册

《矿床学参考书》编辑组



地质出版社

高等学校教学参考书

矿床学参考书

下 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。

※

※

※

高等学校教学参考书

矿床学参考书

下 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)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本: 787×1092¹/₁₆ 印张: 17¹/₂ 插页: 1 页字数: 416,000

1987年10月北京第一版·1987年10月北京第一次印刷

印数: 1—2,700册 定价: 3.00元

ISBN 7-116-00054-2/P·045

统一书号: 13038·教291

目 录

学海泛舟与深山探宝——漫谈矿床学特点及其学习方法	袁见齐 (1)
研究沉积矿床的重要意义及当前对沉积成矿作用的若干新认识	郑明华 (7)
一、碳酸盐岩与成矿	(7)
二、油积岩与成矿	(8)
三、成岩阶段的成矿作用和自生矿物的形成	(9)
四、沉积矿床有机地球化学研究的进展	(10)
五、碎屑岩和机械沉积成矿作用	(10)
六、沉积成矿作用的演化	(11)
七、某些化学沉积矿床形成概念的发展	(12)
八、关于附生岩	(13)
九、确定沉积岩相古地理和沉积建造对研究沉积矿床的意义	(14)
十、突变事件对沉积作用的影响	(16)
十一、关于海底的矿产资源	(17)
十二、某些新技术、新方法在沉积矿床研究中的应用	(18)
论沉积矿床的形成过程、沉积菱铁矿床和沉积锰矿的成矿模式	邱柱国 (20)
一、绪言	(20)
二、沉积矿床的形成过程及矿化阶段	(20)
三、沉积矿床按矿化阶段划分的成因类型	(24)
四、沉积矿床中矿石和矿物的主要标型特征	(26)
五、沉积菱铁矿和鲕绿泥石的成因	(30)
六、沉积铁矿床的相变与成矿模式	(38)
七、结论	(43)
风化壳矿床及其研究问题	杨廷栋 (50)
一、形成风化壳矿床的控制因素	(50)
二、风化过程中元素的迁移和富集机制	(52)
三、风化作用的阶段性和分带性	(54)
四、关于风化淋滤型富铁矿床	(55)
氧化亚铁硫杆菌在铜矿床次生富集过程中的作用——兼论高品位铜矿带的地质特征和成因	石铁铮 (60)
一、矿区自然地理及地质概况	(60)
二、矿体氧化带特征	(63)
三、高品位铜矿带地质特征及其成因	(63)
四、结论	(66)

层控矿床研究现状及其成因和分类	
问题胡受美、周顺之、陈泽铭、富士谷、叶瑛、胡志宏、刘聪	(69)
一、层控矿床的意义.....	(69)
二、层控矿床在生产实践上的意义.....	(70)
三、层控矿床的分类.....	(71)
四、层控矿床的某些控制因素和定位机制.....	(77)
层控矿床的概念和成因模式祁思敬	(89)
一、对层控矿床概念的基本认识.....	(89)
二、层控矿床成因模式的研究.....	(91)
矽卡岩型白钨矿床的层控特征及其形成条件的讨论叶瑛	(96)
一、钙铝矽卡岩顺层发育的原因.....	(96)
二、矽卡岩对矿体定位的控制.....	(99)
三、矿源层及钨的初始富集.....	(101)
四、几点结论.....	(102)
早前寒武纪成矿作用张秋生、王安建	(105)
一、早前寒武纪地壳及其演化.....	(105)
二、早前寒武纪杂岩区的矿床类型及其分布.....	(125)
三、早前寒武纪矿床的形成与转变.....	(130)
四、结束语.....	(152)
前寒武纪条带状铁矿及伴生的锰矿床刘经深	(154)
一、前寒武纪条带状铁矿的主要特征.....	(154)
二、前寒武纪条带状铁矿的沉积相.....	(156)
三、条带状铁矿的变质效应.....	(156)
四、关于条带状铁矿的某些成因问题.....	(158)
五、关于条带状铁矿与板块构造的关系.....	(160)
六、与前寒武纪条带状铁矿伴生的锰矿床.....	(161)
七、结束语.....	(163)
论金属硫化物矿床的受变质作用邱柱国	(164)
一、绪言.....	(164)
二、金属硫化物矿床遭受变质作用后的矿床特征.....	(164)
三、变质矿床的形成作用.....	(168)
四、受变质矿床中矿物的标型特征.....	(176)
五、原矿床成因类型的恢复.....	(177)
蛇绿岩地质及其成矿作用张秋生、任洪茂	(181)
一、蛇绿岩与蛇绿岩套.....	(181)
二、蛇绿岩的层序.....	(181)
三、蛇绿岩的岩石学及岩石化学.....	(185)
四、蛇绿岩的地球化学及其各种岩石的成因演化.....	(193)
五、蛇绿岩的变质作用.....	(201)

六、蛇绿岩的成矿作用·····	(204)
七、蛇绿岩的形成·····	(208)
八、结束语·····	(212)
关于成矿系列和成矿模式问题·····	翟裕生、秦长兴 (214)
一、成矿系列·····	(214)
二、成矿模式·····	(219)
三、成矿系列和成矿模式研究举例·····	(221)
关于成矿模式·····	岳松 (228)
一、概述·····	(228)
二、成矿模式的内容与表达·····	(228)
三、成矿模式的研究方法和步骤·····	(234)
四、结束语·····	(234)
地洼演化与成矿·····	戴瑞榕、刘成刚 (236)
一、概述·····	(236)
二、地洼区成矿特征·····	(238)
三、运用地洼学说指导找矿·····	(242)
四、结束语·····	(246)
板块构造与成矿·····	于耀先 (248)
一、板块边缘的成矿作用·····	(248)
二、板块内部的成矿作用·····	(265)
地史中的成矿作用·····	冯钟燕 (269)
一、成矿作用在演化·····	(269)
二、三个较大的转变时期·····	(269)
三、各地质时代的主要成矿作用·····	(270)
四、矿床类型演化和地质环境演化之间的关系·····	(272)

学海泛舟与深山探宝

——漫谈矿床学特点及其学习方法

袁 见 齐

“书山有路勤为径，学海无涯苦作舟”，作为一种勤学苦读的精神，是还有提倡的必要的。但放眼今日的世界，书籍刊物浩如烟海，人们常常形容为“信息爆炸”。如何读书？这实在是一个不易回答的问题。矿床学教材编审委员会组织编写了这本矿床学参考书，编著者披沙拣金将现代矿床学的新理论、新材料、新方法和新的发展方向汇编成册。他们的实际行动对矿床学的教与学是大有裨益的。我过去在矿床学教学过程中，虽然也考虑过如何帮助青年地质工作者更好地学习矿床学的问题，现在应冯钟燕同志之约，要把过去一些零星星的想法笔之于书，深感纡短汲深，难于胜任。只好作为“漫谈”发点议论。

一、“为有源头活水来”

许多从事矿床学教学的同志都深感只有一本通用教材是不够的。各院校早有编写有关参考书的设想，现在得以实现，将为矿床学教学改革创造有利条件。参考书和教材的内容不同，使用方法也有不同。教材要求全面地系统地阐述本门学科的基本内容，份量不能过多，只能少而精，学习时要求通读、精读，以求融汇贯通。参考书则内容比较丰富，虽不一定面面俱到，但要求有一定的深度和新的内容，其中也包括有一些不完全或不成熟的新资料和新理论，有比较强烈的时代感，能较快地反映矿床学现代发展信息。学习时既可以一般性浏览，也可以重点深入。总之，参考书是教材的延伸，内涵的扩大。编好参考书和使用好参考书，是当前教学中值得深入探索的一个问题。一本好的参考书，教、学双方都会开卷有益；使用得当，则配合教学将会收到珠联璧合之效。

由于几十年来强调了教材的使用，教学过程中缺乏必要的参考书籍，教与学双方都受到一定的限制。过去有些能力较强的学生，不满足于课堂上的教学内容，主动查阅有关文献资料，但往往既费时费力，又因选材不精而成效不大。现在我们一方面提倡这种主动的学习精神，另一方面又组编选材精当的参考书，这就可以收到更大的效益。

教学改革的方向是实现“三个面向”，是要培养开创性人材。如何达到这个目的？在学校教学中首先是如何做好知识的继承和交流，也就是读书的问题。开创性人材必须先会开创性地读书，改变死记硬背、一味依赖于教材的弊端，不妨在教学过程中穿插运用这本参考书的有关内容，组织学生举行读书报告会，以求巩固教材内容，提高学习质量和扩大知识面，同时又可促进读书方法的改进。“为有源头活水来”。这本参考书选择了现代矿床学发展中的各个方面，既有新的材料和内容，又有新的理论和假说。矿床学上这些新的认识和理论，必然会打破以往教学中的沉闷局面，调动“教”和“学”两方面的积极性，做到教学

相长。这是编著者的愿望，也是从事矿床学教学的教师的愿望。

二、矿床学的实践性

矿床学的研究对象是矿床。矿床学是地质科学中直接为生产服务的一门重要学科。矿床必须是在一定经济技术条件下能被开采利用的，因此矿床学研究对象又必须随着生产力的发展而发展，矿床学的内容也就必须随着社会经济技术水平而改变。

矿床学的任务是研究矿床在地壳中的形成条件、成因和分布规律，是研究成矿理论的学科，它是建立在矿物学、岩石学、地球化学、地球物理学、地史学、构造地质学等基础地质理论的基础上的，同时它又是指导找矿、勘探、矿床评价和开发利用的理论基础。因此，它是理科性地质学科的上层建筑，又是工程性地质学科的理论基础。矿床学本身的任务仍然是认识自然，但认识的目的是为找矿、开采利用矿产资源服务的。

矿床学的实践性是易于理解的。成矿理论和矿床的实际资料构成了矿床学的基本内容。后者是人类在生产实践中获得的实际资料，前者是从矿床实际资料中总结出来的理论（规律），而又能反过来指导进一步实践。矿床学教学中必须把握好这两方面的内容，而学习的质量，包括理解水平和运用能力则决定于能否把这两方面紧密结合起来。首先矿床学的教学内容都是理论和实际资料相结合的，但学习时领悟的多少和深浅，则与学习方法有关。矿床资料是描绘性的内容，平铺直叙，需要记忆而难于记忆；成因理论的探索，饶有兴趣而易于空泛。如能把两者结合起来，带着理论问题学习矿区资料，则资料都是互相联系、互为因果，因而也是易于记忆的；根据矿床的实际资料去讨论成矿理论，则理论都是具体的必然的结论，因而也易于理解。这就是理解和记忆的互相促进，既提高认识水平也增进应用能力。这种方法用之于应当精读的内容时，在第一遍浏览（或是听课）之后，再潜心精读可以提高学习效率。在阅读参考书时，还可根据各人的不足之处，有目的地补充矿床资料或理论探讨，以引向深入和提高。

矿床学和有关文献里都有一定数量的图表，教学中也是应予重视的。图和表都是反映实际资料的，而资料的选择和表示的方式必然会反映出编制人的认识。所以从精心编制的图表里可以读出文章中没有叙述的内容，反过来从理论的高度来研究图表的内容和表示方式，也往往可以从中发现矛盾，从而提出问题，促进研究工作的深入。

关于矿床学实习课的作用问题，过去比较强调实习对学习内容的加深和巩固作用。从培养开创性人才的要求来看，还应加强观察和发现问题的能力的培养，启发深入钻研的精神。对实习课内所使用的图表、模型、标本等，提倡认真观察和总结讨论，以引导人们在理论与实践相结合上步步深入。

我们的教学安排还不能把室内书本学习和野外实地观察完好地结合起来，这曾对矿床学的教学和发展带来某些不好的影响。所以在矿床学的学习过程中，一定要找机会到一个矿山做比较系统的野外和井下的实地观察，只有这样才能真正理解成矿理论来自地质实践，又反过来为地质找矿勘探服务的道理，也能收到课堂教学所不能达到的效果。

矿床学和有关参考书的学习和使用如能注意和矿床学学习过程中各种实践性环节相结合，将会在培养和提高自学能力和学研究能力方面，起潜移默化的深远影响。

三、矿床学的综合性

矿床学的研究对象既是大自然的产物，又是具有经济意义的地质体，这个“两重性”决定了矿床学内容的综合性。在讨论矿床成因时离不开矿物学、岩石学、构造地质学、地史学、地球化学、地球物理学等基础学科，研究和进行矿床远景评价时，又必须联系到开采和加工的技术经济条件。因此，学习矿床学必须自觉地运用各种有关学科来解决矿床学问题。然而事情远不这样简单，各种地质学科都是从地球（地壳）的客观存在中抽出某一方面的问题来研究的，学科的分立本来就是分析的结果，而矿床作为一个地质体，它含有各地质基础学科所研究的对象，体现各地质基础学科所研究的客观规律，也要采用各地质学科使用的方法。矿床学就要在各学科的理论和方法中，选择并运用适合于矿床学问题的理论和方法。例如矿物学结合矿床学研究发展成为矿床矿物学、成因矿物学、蚀变矿物学……等，构造地质学结合矿床学研究又有构造成矿学，其中包括成矿区域、矿田和矿床构造等内容。人们不可能也不需要研究一个或一种矿床过程中，使用各种地质学科的全部理论和方法。如何选择和运用适当的理论和方法，以解决矿床学上的问题，也是体现开创性地学习矿床学的一个方面。另一方面，矿床学是找矿勘探的理论基础。找矿的方向和方法是从成矿地质条件和找矿标志入手的。勘探的方法是按照矿体的产状（地质环境）和矿石的特点而确定的。所有这些又都是矿床的形成过程和改造过程（建造和改造）所决定的。

综合和分析是科学研究工作中相反相成的两种方法。一百多年来矿床学的发展先从矿体形状的描述到产状的分类（注意到围岩的关系），再进一步到形成的地质环境和成矿的物理化学条件。林格仑的矿床成因分类就是以成矿的温度、压力和深度为标志，更多地运用分析的方法，把各种矿床进行分类。但实践表明这样的分类并不准确。热液矿床从三类到五类，还是不能解决问题，有人提出要用物质来源进行分类，也没有得到广泛的同意。而多源、多次、多成因……这“几多”的观点则逐渐得到了事实依据，于是提出了成矿模式和成矿系列。成矿模式是整个矿床形成过程及其时空关系的综合反映，比较简明地反映了矿床的物质来源、形成作用和形成条件。成矿系列则按照矿床形成的作用和条件，把有一定时空关系的矿床联系起来去认识。这两种都是更多地运用综合的方法，把矿床学研究向前推进了一步。又如在盐类矿床方面，最近在苏联讨论的分类，是以建造为划分的原则：先以含盐的沉积建造划分大类，最后按矿石建造分成类型。沉积建造是综合反映了当时的古地理、古气候、古构造（也包括岩浆活动）条件，而矿石建造则综合反映了盐类物质来源、迁移富集以至沉积成岩的全部过程，归根结蒂，也是以综合的方法为主。

然而综合的方法也不总是优越的。近代矿床学的发展，表面上看来是综合的方法起了明显的作用。但它也是在一百多年对许多矿床深入分析研究的基础上取得的。就科学发展的趋势，总是要兼用分析和综合两种方法，特别是运用它们相反相成的辩证关系来不断提高的。自觉地运用辩证唯物主义的认识论和方法论，是一切科学发展的必由之路，也是矿床学的学习和研究过程中应遵循的思维规律。

四、矿床的地区性

矿床是地壳包括上地幔物质分异富集而成的，它具有明显的地区性。因此矿床学者更应注意个别和一般的关系，才能正确地学习和运用矿床学的知识。教材中主要表达了一般性的内容——即侧重于基本知识、基本方法、基本理论，教学上以传授和掌握“三基”为主，而参考书就有可能比较详细地阐述某些矿床的特殊情况。这是参考书的一个特点，也是一个优点。教材和参考书的结合，就便于了解个别和一般的关系。例如沉积变质铁矿床是世界上分布广、规模大、最重要的铁矿床类型。我国鞍山式铁矿中富矿体规模一般都不大，这是一个特点，其成因曾是研究的主要问题。这些特殊情况在参考书中才有可能提供较详细的资料。

矿床的形成是地壳长期演化发展的结果，各地区有其自己的特点，反映在矿床上就成为矿床的特殊性。了解了特殊性发生的原因，就能比较正确地运用矿床学上的普遍性原则，避免生搬硬套，以致给工作带来失误。研究和学习矿床学时，需要从矿区的地质环境出发，有选择地学习和运用参考书，以提高我们的认识，促进我们的工作。

矿床的地区性反映在国际学术交流上更应注意。近年来国外矿床资料和矿床学理论发展很快，我们积极学习和研究是必要的，它山之石可以攻玉。但如不注意他们的资料是有地区性的，从中总结出来的理论也不同程度的带有某些区域性（或称之为片面性、局限性），引用时要慎重，要结合我们的实际资料来衡量它的适用范围和程度。例如盐类矿床是蒸发沉积形成的，近二十年来苏联出版了一些书籍和论文，提出了内生成因的观点。我们根据我国的资料，认为不能同意内生成因的观点，但赞同确有一部分盐类物质是来源于地壳内部，有些甚至可能和岩浆作用有关。又如钾盐矿床形成的干盐湖说，国外早已提出，但没有广泛讨论，根据我国的资料，在理论和实践上都证明是正确的，我们正在研究、补充和完善这个理论观点。

外国矿床研究中的文字图表资料，多数是第二和第三手资料，它虽来自实践，但不免也反映了作者的认识，其中有时有意无意地突出和忽略某些具体内容。在盐类矿床方面，一些图件上往往忽略了喷出岩的层位，或者略去了断裂对蒸发岩的控制和破坏。因为他们一直认为这些地质现象与盐类矿床的形成无关，因而忽略了这些事实。特别是经过翻译和转载的资料，并不完全反映客观实际，多少掺杂有作者的观点，这是从书本上学习时应予注意的。

五、矿床学的科学性

地质学作为一门基础科学，它的科学性是没有疑义的。由于地质学中有些观点争论已久仍无结论，或者有些问题只能做出定性的结论，因而被认为地质学缺少像数理化学等基础学科的严格性。在矿床学方面，情况也很明显。有些矿床的成因问题，往往议论纷纷，莫衷一是；有的矿床已经采完，其成因还在争论。因而有人觉得矿床学上许多问题没有明显的是非界线，而是“公说公有理婆说婆有理”。同时在矿床学很少使用精确的数据。林格仑的矿床分类，虽试图用成矿的温度、压力和深度来划分热液矿床，但也定不出精确的数

字，特别是实际工作中有些误差似乎也无关大局。这样的认识影响了学习矿床学的严肃态度和运用矿床学知识来指导找矿勘探的严格要求。为了弄清矿床学的科学性，就要弄清上述这些现象产生的原因。

矿床是地壳（包括上地幔）中的物质在漫长的地质时代中经复杂的地质作用形成的，成矿地质条件十分复杂。尽管人们可以对某些现代成矿作用进行观察研究，但不可能准确地模拟地质历史上的复杂成矿条件去做成矿实验。而只能像“管中窥豹”和“瞎子摸象”那样开始了解我们的研究对象，在这些实际资料的基础上综合提高，逐步建立矿床学的基础。这样取得的资料是局限的，得出的结论也不全面，不同观点的争论就在所难免。随着地质工作的深入，取得资料的深度和广度不断增加，综合分析的思维能力不断提高，矿床学才能逐步发展起来。最初是基础地质学科的发展，开始把矿床作为一个地质体来了解，运用物理、化学知识来说明矿床的形成，从而确立了矿床学的基础。显微镜的使用和物理化学的引入，使矿床学在十九世纪末期进入一个新的发展时期。二十世纪中期以后，地球物理、地球化学为矿床学提供了研究理论和方法，明显地改变了矿床学的面貌。近年来各种学科的交叉渗透，数学地质等的发展又把矿床学的发展推向定量的方向。实际上自然科学的发展都是在这样的过程中不断前进的，只是由于学科的特点和所处的发展阶段不尽相同，因而表现出各学科之间有明显的差异。数理化等基础自然科学是分别研究自然界物质运动的某种形式的规律，而地质学则以地球为研究对象。所以地质学的研究内容更加广泛而复杂，因而它的发展必然略后于数理化等基础自然科学；矿床学在地球科学中又是建筑在矿物学、岩石学、地球化学、地球物理学、构造地质学等基础地质学科之上的，它的发展又较这些基础地质学科晚些。从这样的认识来看矿床学，它和数理化学科的严格要求和精确程度上的差异就不足为奇了。正因为矿床学比较年青，不够完善而有待发展，我们矿床学者的任务就是要学习它，并在运用它的过程中，积极提高它。任何科学工作者都有学习、使用和发展他所从事的学科的任务。只不过因为矿床学比较年青，问题更多一些，如此而已。

现代矿床学的内容基本上是正确反映了自然界的客观规律的，矿床学正是从矿床的寻找、勘探、开采整个过程中，通过实践—理论—再实践的反复过程，而逐渐接近于客观规律的认识。从世界各地各种矿床成因的认识基础上，经过综合研究，提出矿床成因的基本理论、正是按照普遍性即存在于特殊性之中的原则，对矿床成因和成矿理论作进一步的提高和发展的正确方法。矿床学的内容和发展史里都体现着辩证唯物主义认识论和方法论，这就是矿床学科学性的体现。在矿床学的学习和运用过程中能够自觉地贯彻辩证唯物主义，就能造就开创性的矿床学人才。这也是矿床学的科学性本身对我们的要求。

六、矿床学的发展趋势

我们正处在新的技术革命时代。科学技术的发展速度是空前的，矿床学的特点使它对生产技术和科学知识的发展更加敏感。在这篇短文里我不可能也没有能力对矿床学的发展趋势作出评估，但是了解矿床学的发展趋势，对学习矿床学是有益的。

首先矿床学的研究对象正在迅速发展。能源、资源的需求量不断增加，一些稀有、分散元素、微量元素，以及一些具有特殊性能的矿物资源使用渐广，矿床种类在不断增加。总的情况将是非金属矿物原料相对增加，矿床学的内容也将随之有所改变。在成矿理论方

面,金属矿床的研究内容总是继续探索成矿金属元素的来源、含矿溶液迁移富集和成矿的控制因素等,而非金属矿床则着重于研究矿石质量的物理、化学及工艺性质和决定这些特性的形成条件;为了进行矿床评价,需要对矿石的要求有较多的了解。

矿床学的研究方法也将有迅速的发展。实验研究和现代成矿作用的观察研究是近代矿床学发展的两个重要支柱,今后还会有长足的发展。实验研究将更接近于成矿的实际情况,因而对矿床的形成过程的了解将进一步深入。地球物理和地球化学的发展还将在矿床学上继续发挥作用,近年来地壳结构和地壳元素的同位素研究对矿床学起了很大的推动作用。现代测试技术、遥感遥测、数学地质和大量矿床信息的电子计算机处理方法的引入等,将为矿床学的发展开辟新的途径。然而矿床学作为一种自然科学,其基本问题仍在于正确处理学科中的基本矛盾,首先表现为水成论和火成论之争。而地质学中基本问题的解决,如地壳运动的活动论和固定论、地史学上的均变论和灾变论,也都会赋予矿床学的发展以重要的影响。

科学的发展正在促使自然科学和社会科学互相渗透。矿床学本身就是地质学和经济学的结合点(又称为经济地质学是很正确的),因而它有可能成为地质科学中较早接受技术革命的影响而进行变革的地质学科之一。与矿床学结合的一系列边缘学科的萌生和发展,也是可以预期的。

最后还应提到电脑在科学工作中已成为不可缺少的手段。矿床学上,今后大量地质资料的数据化必将日益发展,不仅电算技术的使用会更普遍,而且由于电脑的改进,人工智能的模拟已取得很大的进展,矿床学中逻辑推理的工作将可交由电脑来担任。反过来,电脑化将要求矿床学资料的标准化和数据化,这也是矿床学内容的发展方向。

矿床学发展的方向虽不是参考书要讨论的问题。但因参考书内容比较广泛,其中有关矿床学发展的内容要比教材多,如能在阅读时对其中与矿床学发展有关的问题加以注意,也将是有益的。

七、知之、好之、乐之

科技人员对它们的专业的爱好,往往与他们掌握专业知识的水平相互促进,矿床学专业也不能例外。首先要对学科有一个正确的了解,在这个基础上下定决心,不畏艰苦,克服困难,通过勤学苦读,窥矿床学的门径,这是学习的第一步。初步了解矿床学的丰富多彩的内容,和它在人类与自然斗争中的意义,从而激发进一步深入钻研的勇气,登堂入室,知之愈多则感情愈深,艰苦的学习成为个人的爱好,这是学习的第二步。随着知识的积累看到矿床学的奇景宏伟,树立攀登科学高峰的宏愿,发奋忘食,乐此不疲,以献身于科学事业为最大幸福,这样就能始终保持旺盛之斗志和高度乐观精神,这样就能以苦为乐,孜孜不倦地为矿床学的发展贡献出毕生精力,成为真正的矿床学者。孔子说:“知之者不如好之者,好之者不如乐之者。”马克思说:“科学上没有平坦的道路,只有不畏艰险才能攀登光辉的顶点”。这些是世界上的思想家总结出来的探索客观真理的必由之路,矿床学者也不例外;必须下定决心不畏艰险,循知之好之乐之的道路前进。“路漫漫而修远兮,吾将上下而求索。”愿与中青年矿床学者共勉之。

研究沉积矿床的重要意义及当前对 沉积成矿作用的若干新认识

成都地质学院

郑 明 华

自六十年代以后,沉积岩石学和沉积矿床学已进入了一个新的时期,也鉴于新技术、新方法广泛应用于矿床地质研究,以及新的地质基础理论(如板块构造说等)的问世,使沉积学和沉积矿床学发生了质的变化。新的思潮和概念不断涌现;定量的统计规律和对矿床成因本质的研究,正代替描述性和定性的研究。

一些研究者提出,“沉积矿床乃是一种特殊的沉积相”(叶连俊)。沉积相是出现于一定时空条件下的沉积模式中的一个组成部分,即沉积矿床并非孤立存在和偶然出现。不同种类和型式的沉积矿床具有不同的岩相建造特点、不同的含矿岩系、不同的岩类组合以及不同的岩性系列和序列。在矿产资源需求量急剧增长的今天,成层分布、范围广泛和储量巨大的沉积型矿床,其重要性日趋明显。因此,开展沉积矿床的成矿机制的研究,已成为国内外十分活跃的研究课题之一。已取得的许多成果,对促进沉积矿床学的发展和指导找矿勘探工作,将起到重大的作用。现将主要成果分述于下。

一、碳酸盐岩与成矿

碳酸盐岩层与金属、非金属矿床之间的密切关系早为人知,但作为众多矿床围岩的碳酸岩,其成因及其所显示出的某些基本特征,人们对其认识则经历了漫长的时期。早年人们把碳酸盐岩视为单一的化学沉积物。以后,在对碳酸岩的碎屑和基质进行深入研究之后,发现碳酸盐岩主要是生物碎屑沉积,那些在碎屑岩中特有的斜层理、波痕、干裂、流痕、波状纹层理等,在碳酸盐岩层中也都普遍发育。近年来,利用电镜研究碳酸盐基质(微晶)发现基质多数由超微化石(nannofossil)组成。于是根据碎屑-微晶比值(反映波浪和水流的作用)和能量指数(反映环境的定量指标)对碳酸盐岩进行了新的分类。

碳酸盐岩研究的重大突破,势必影响与其有密切关系的许多金属矿床成矿机制的重新认识。例如,人们早就注意到磷灰岩、铝质岩、铁质岩、锰质岩等具有与碳酸盐岩极为相似的结构特征。由于碳酸盐岩研究的新成果,对上述矿床的形成也取得了新的认识。

近年来,通过对巴哈马、波斯湾、大盐湖等处现代碳酸盐岩沉积的观察和研究,打破了那种“灰岩比页岩深、页岩比砂岩深”的传统观念。实际上碳酸盐是在化学作用、生物化学作用和机械作用的共同影响下形成的,它们与典型的碎屑岩并无本质上的差别。例如碳酸盐岩主要结构类型的粒屑结构,即与陆源碎屑结构相类似。关于碳酸岩与碎屑岩并无实质性差别的概念,在Folk的《石灰岩的实用岩石学分类》一文中有较完整的反映。诚然,也不

可忽视碳酸盐岩自身的特殊性，如碳酸岩的矿物颗粒组分的成因就与陆源碎屑不同。在碳酸盐岩的基质中，最常见的是一种称为颗石藻（coccolith是一种超微远洋浮游生物，繁盛于K₃→N）的超微化石。据统计，在某些现代深海沉积物中，颗石藻的含量高达68%，即使是一些渐新世的深海沉积物中亦达58%（Seibold, 1964）。在欧洲地区的一些白垩系中，颗石藻的含量局部意达72%（Munzberger, 1958）。

因此，对碳酸盐沉积环境的认识，也随之发生了重要的变化：由深海而浅海；由浅海而滨海；由滨海而潮上。过去认为的深海环境，现在认为有些属浅海环境；过去认为的浅海环境，现在认为有些属滨海环境；过去认为的滨海环境，现在认为有些属潮上带环境等等，并由此出现了相应的相模型。由于对碳酸盐岩层形成机制的新认识，促使对有关矿床形成机制的认识有了长足的进步。

二、浊积岩与成矿

长期以来，人们一直认为深海地区的环境是十分宁静的，因而深海沉积物只是各类远洋软泥；陆源碎屑沉积物只能堆集在滨海和浅海区，而不会被带到深海。近年来的海洋考察表明，在海底存在着一种密度很大、混合有大量泥砂的底流，称之为浊流。浊流理论的提出和研究对沉积作用的理论和发展具有重要意义。

浊流概念提出，是在十九世纪末和二十世纪初，但真正为人们所接受，则是在五十年代以后。以海洋地质学家库恩（Kuenen）为代表的北欧学者，在现代沉积和模拟实验的基础上，阐明了浊流的沉积机制和地质特征。他指出，浊流是与斜坡有关的、固含大量悬浮物质而十分混浊的高密度水流。现已表明，浊流及其沉积作用具有重要的和普遍的意义，巨厚的复理石沉积就是深海环境下形成的浊积岩，其特征是岩石富含杂质，不稳定的组分含量高，并具递变层理，与深海粘土岩共生。1962年，鲍玛（Bouma）在研究阿尔卑斯山的复理石沉积时，总结了浊积岩纵向序列的一般模式，称为鲍玛序列。一般来说，巨厚的复理石沉积需要大规模的稳定斜坡带——大陆坡提供物质，因而是深海沉积的标志。但浅海内的局部斜坡也能形成厚度不大的浊积岩。浊积岩不仅广泛分布于碎屑岩中，而且在碳酸盐岩、甚至在蒸发岩中也能形成。至此，历史上长期认为尚未发现深海沉积的疑案终于得到解决。

研究结果还表明，海洋中现代的浊流作用规模巨大，其分布范围从海盆边缘开始直至远洋底部，可长达数百公里至数千公里。对浊流沉积作用和深海浊积物的研究，大大地冲击甚至彻底动摇了旧有的成矿机械分异作用和模式，并为重新认识某些复理石和类复理石的成因，以及认识海洋和大陆的变迁史，提供了新的重要事实。

由于浊流运动的动力条件与一般河流的搬运条件不同（浊流的流速与浊流的密度平方成正比），因此浊流下部一般密度大，流速也大。于是，颗粒大的和比重大的成分，多集中于浊流的底部前锋，并首先到达适宜的部位沉积下来。浊流的上部，则多是小的和轻的颗粒，流速较慢，沉积下来的时间也较迟。当大多数粗颗粒下沉之后，浊流的流速显著变慢了，但并不停止，沿着水流方向悬浮物仍依自身的重量关系逐次沉淀下来。因此，无论是

由底部到顶部,抑或沿浊流的流向方向,都会看到浊流沉积物的粒级变化。

鉴于浊流底部和前锋的密度较大、流速也大,因而侵蚀作用很强,其结果是在粒级层的底板上,往往可见到各类底面构造(包括槽模、沟模、刷模等印模)。这些印模从底板上突出来,呈椭圆状、长矛状和雪鱼状,其长轴平行水流,向上游的一端变窄。槽模可以单独出现或成群出现(大致平行)。槽模的长度约10~15cm。斯普茨、威塞等人在研究加利福尼亚中新统浊积岩时,描述了许多底面构造,并划分出七种类型的擦痕:沟型、线型、锥型、刷型、槽型、凿型和矛型等。

种种迹象表明,浊流沉积与成矿有一定的关系。在浊积岩中已发现贮存有可观的石油和天然气,在印度发现浊积岩中赋存有铁矿等。因此,今后在浊流沉积物和浊积岩中实施矿床普查工作,无疑是极为重要的,它为找矿工作开辟了一个新的途径。

三、成岩阶段的成矿作用和自生矿物的形成

通过直接观察和模拟实验证实,那些传统认为只有在变质作用过程或高温热液条件下才可能形成的一些矿物,如长石、云母、沸石、纤铁闪石、绿帘石、黝帘石、电气石、石榴石、石棉、砂线石、金红石、板钛矿、闪锌矿、黄铜矿、斑铜矿等等,在沉积作用的热力学条件下亦可形成。这对于了解成岩作用的实质具有十分重要的意义。

一般来说,由各种方式沉淀出来的矿质,大都是不稳定的,只能在沉积物的上层保留很短的时间。但下层饱含水分和细菌的碎屑及软泥,在海底的热力学条件下,往往由不稳定的和不等重的原生沉积物向压固岩石转变,从而达到新的物理化学平衡。此一过程即称之为成岩作用。近年来人们特别强调成岩作用对成矿物质的聚积和自生矿物生成的控制作用。

成岩作用过程中自生矿物的确定,使得传统应用重矿物进行地层对比和恢复蚀源区的旧有观念受到了巨大冲击。业经查明,煤系地层中的准稳定矿物,如绿帘石、角闪石等的消失和变化,即主要与成岩作用的变化有关。通过实验还证明,稳定的石榴石在有机酸的作用下,也可被溶解而消失。

成岩作用的初期,沉积物上部的氧化矿物,由于淤泥水吸收游离氧,从而产生了铁、锰等的氢氧化物质点和结核。随后,沉积物下沉在较深地带,此处繁殖有大量的厌氧菌,使有机物质腐烂、分解成 CO_2 、 NH_3 、 H_2S 等,淤泥中失去了氧和硫酸根离子,从而使氧化环境转变为还原环境。在还原介质条件下,水溶液的碱质储备剧增。一些变价元素如Fe、Mn、V、U等可由难溶的高价氧化物转变为易溶的低价氧化物,从而使已沉淀的化合物重新溶解,也使淤泥水中的成矿物质发生聚集并达到饱和状态。饱和溶液可以进行迁移,并在碱性还原环境中呈稳定的自生矿物再沉淀。 Al_2O_3 和 SiO_2 可结合成为含水的铝硅酸盐类矿物;Fe、Mn、Cu、Pb、Zn等元素则与 CO_2 或 H_2S 等化合,形成为碳酸盐类矿物和各种硫化物,如此等等。

成岩作用的研究近年来取得了很大进展,其趋势是将成矿作用与成岩作用结合起来进行研究,研究各成岩阶段的物质运动规律,并阐明海洋的化学史。成岩作用的范围极其广泛,当前以碳酸盐岩的成岩作用和有机质的成岩作用变化最引人注目。成岩因素和成岩物理化学条件的研究进展很大,盐筛作用理论的提出和应用,对阐明碎屑岩的胶结作用有相

当大的意义。

特别值得指出的是，成岩阶段的成矿作用已日益为研究者们所重视，许多重要矿床如沉积型铀矿床、沉积型硫化物金属矿床、磷块岩矿床、沉积铁锰矿床等的成矿原理中，沉积成岩阶段的成矿观点已占上风。但从总的来看，成岩作用的研究尚处于资料积累阶段，许多问题尚待研究，更大的突破将在日后。

四、沉积矿床有机地球化学研究的进展

沉积矿床有机地球化学的研究进展迅速。当前石油成因的新概念，就是建立在有机演化理论基础之上的。当有机体死亡和埋藏于沉积物内之后，经历了生物化学变化和热降解、聚合变化等阶段。首先是来源于生物大分子的有机物的逐步改造，产生某些新的有机化合物，到后来则完全演化为无机碳化物，如甲烷、二氧化碳、石墨及水。

固体矿产形成时有机质的影响，C. M. 曼斯卡娅和T. B. 德罗兹多娃曾在《有机质地球化学》一书中作过系统的论述，特别论述了沉积岩有机质对铀、钒、铜、锰、钴、镍、金、银、钻、锌、铍等金属的聚集作用。虽然在固体矿产方面所取得的进展，与石油成因的研究所取得的进展相比，显得十分缓慢，但仍出现了值得注意的新动向。

众所周知，在风化、迁移和沉积过程中，有机质的主要存在形式是腐殖酸和腐殖质。一些研究者曾采用穆斯堡尔谱仪来探讨 Fe^{3+} 在腐殖质中的结合位；采用模拟效应实验和对沉积物孔隙水的研究，证实了可溶腐殖酸的高分子量部分最易迁移Fe、Cu、Ni、Co、Zn……等。例如在层控铅锌矿床（位于碳酸盐地层中者）的成因方面所开展的模拟实验表明，颗石藻物质可以从水体中浓缩Cu、Pb、Zn等多种元素。这一实验是在一个专门设计的沉积作用实验罐中模拟表生作用环境，用富含Pb、Zn、绿藻的高盐度厌氧状态卤水作实验。实验结果生成的碳酸盐（含有机质和铁）中，含Pb 0.15%，Zn 1.0%，富集因子为200~300，非常接近于形成层控铅锌矿床所必需的金属浓度。这些铅锌物质不是呈硫化物矿物形式，而是以分散状态存在于沉积物和有机物质中。只有在成岩过程中，随着有机质的破坏，原始分散的铅、锌等才能逐步转化为硫化物，进而富集生成矿床。J. D. 萨克斯比(1973)曾作过金属胱氨酸络合物的成岩实验：当温度达200℃时，很容易从这些络合物中生成金属硫化物，这时的气体可达到总产物的35%，可溶油状物约25%，而大部分不溶组份则是金属硫化物。密西西比式铅锌矿床的矿物气液包裹体中找到了烃类物质，还在伴生的萤石中发现微量的脂肪酸。这些足以证明此类矿床的形成环境与高盐度的还原性环境的油田卤水有关。

五、碎屑岩和机械沉积成矿作用

如前所述，碳酸盐岩成因的研究已取得重大进展，反过来它又促进了陆源碎屑岩的研究。根据比较岩石学的原则，可以利用碳酸盐的研究的现代成就，解决碎屑岩研究中存在的若干问题。这些问题的解决，对阐明赋存于碎屑岩中的许多金属和非金属矿质的富集（如砂页岩中的Cu、Pb、Zn等）具有重要意义。

在碎屑沉积物的研究中，粒度分析法的发展是迅速的。概率累积曲线、OM图、判别

系数分析等方法已广为应用。由于电子显微镜的应用,颗粒表面的结构有可能成为一种有用的成因标志。

陆源沉积物的物源分析,其趋势是更多地注重于轻矿物组合。但由于搬运过程中不稳定组分的淘汰,稳定组分相对集中,岩石的物质组成已不能如实地反映母岩的矿物组合面貌,加之多旋迴沉积物鉴别的困难,问题无疑是复杂的。至于重矿物在物源分析中和岩石地层学中研究的意义究竟有多长,尚在争论之中。早在本世纪初,人们就开始用重矿物进行物源分析和地层对比。裴蒂庄(1941)提出层间溶解作用解释新老地层中重矿物的差异,认为老地层中的重矿物组合简单,新地层中的重矿物组合较为复杂,乃是层间溶解作用的结果。1969年,巴尔蒂(Balitt)等研究美国得克萨斯海滨平原第三纪砂页岩中的重矿物时发现,地下水活动较强的砂岩中,重矿物少于相邻的页岩层,矿物的次生变化亦较强烈,证明了层间溶解作用确实存在。

粘土岩的研究进展迟缓。自什维佐夫(1945)把粘土岩单独列为一类以后,一直与碎屑岩和化学岩并列。现有一些研究者提出,粘土岩作为陆源物质分异序列的一个端元,其成因意义与泥晶灰岩相似,应属于陆源碎屑岩的范畴。近年来,粘土岩研究取得明显进步,如粘土矿物的晶体结构和分类,基本上获得了解决。对粘土矿物的形成条件所作的大量实际观察和实验研究,倾向于认为粘土矿物的形成与母岩类型及气候条件关系密切。葛里芬(Griffin, 1968)等研究现代海洋沉积物中粘土矿物的分布与相邻陆地气候条件的关系表明,绿泥石主要分布在高纬度温带和极区海;高岭土是在低纬度区的形成物,大部分分布在热带河流的入海处;伊利石分布于中纬度温带区;蒙脱石被认为与海底火山物质的海解作用有关。

另一特殊类型是火山碎屑岩。此类岩石与各种金属和非金属矿床关系十分密切,近年各国对其研究工作开展广泛。诚然,火山碎屑岩与火山活动的规律密切相关,但其沉积作用则服从于机械沉积规律,即随远离喷发中心,其粒度发生明显的分异,厚度和粒度均相应地减小。

六十年代以来,机械沉积作用的模拟实验也应运而生。例如,开展了水槽实验来研究碎屑沉积物的运动特征和某些沉积构造的成因,所谓“流动体制概念”的提出,就是其重要成果之一。水槽实验还用于研究层理成因与砂波运动的关系,也取得了进展。西门斯和理查德森在科罗拉多大学开展水槽实验后,系统地总结了各种粒度的沉积物在不同速度的水流作用下,与底形发育过程的定量关系。所谓底形(bedform)系指河流底几何形态的基本形式。底形的发育状况与水流速度和沉积物的粒度有关,对于一定粒度的沉积物来说,随着流速的增加,将出现“平底→波纹→砂丘→平底逆向砂丘”这样的底形更迭序列。西门斯等应用“流动体制”(flow regime)这一概念来总结沉积底形与水流速度的依存关系。流动体制系指具有相似底形、相近水流阻抗和沉积物搬运方式的水流强度区间。据认为,这一成果具有很大的理论意义和实际意义,沉积岩的层理实际上就是被埋藏的底形。流动体制概念的提出,使我们有可能定量地研究层理所反映的流动条件。

六、沉积成矿作用的演化

某些特征性沉积物的出现与地史演化的关系十分密切。众所周知,地史中大陆和海洋