



成矿系统论



翟裕生 等著

地质出版社



成矿系统论

翟裕生 邓 军 彭润民 王建平 著



地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书以作者多年的矿床研究为基础,运用系统科学思维对成矿系统的理论与方法作了全面探讨。书中阐明了以“源-运-储-变-保”为核心的成矿系统理论基础,建立了成矿系统的五个基本类型,提出了若干新的观点:地球系统-成矿系统-勘查系统相结合的研究理念;“多因耦合、临界转换”的基本成矿机制;矿化网络及其时-空和物质结构特征;成矿系统的资源-环境双重效应;古陆边缘成矿系统 10 要素等,还针对中国地质成矿特征建立了有普遍意义的成矿系统叠加模型。

本书的特色是在整体构建成矿系统理论框架的基础上:①针对深部找矿和新区找矿的需要,强调成矿系统发生的地质环境和深部背景,详细阐述了地质构造控矿作用;②主张系统观与历史观相结合,全面研究矿床的形成-变化-保存全过程,并阐明研究方法,以利于正确评价矿床;③坚持研究为找矿服务,全书中渗透着成矿系统分析如何运用于找矿的思路和方法,总结了运用成矿系统指导找矿的经验与体会。

本书对从事矿床学、区域成矿学、矿产勘查学、矿山地质学等领域的地质勘查、教学、科研和有关管理人员有重要参考价值,也适合用作地球科学和地质矿产类专业本科生和研究生的参考教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

成矿系统论 / 翟裕生等著. —北京:地质出版社,
2010. 12

ISBN 978 - 7 - 116 - 07087 - 5

I. ①成… II. ①翟… III. ①矿床成因论 IV.

①P611

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 262673 号

CHENGGUANG XITONG LUN

组稿编辑:王大军 白 铁

责任编辑:白 铁 李 华

责任校对:张 冬

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京市海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话:(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:北京天成印务有限责任公司

开 本:787mm × 1092mm¹/₁₆

印 张:20.5

字 数:600 千字

版 次:2010 年 12 月北京第 1 版

印 次:2010 年 12 月北京第 1 次印刷

定 价:100.00 元

书 号:ISBN 978 - 7 - 116 - 07087 - 5

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

进入 21 世纪以来,作为矿产资源勘查理论基础的矿床学科正面临良好机遇和新的任务。第一,现有的矿业基地和传统的矿产资源日益减少,急需探寻深部、隐伏矿床,开发新型矿产资源,以保证矿产资源的持续供应,因此需要扩展视野,用系统化、定量化与立体化的思维深入研究成矿规律。第二,保护生态环境日益成为全人类的根本利益和迫切需求,如何防治矿业活动对生态环境的污染,实现矿业-环保双赢,已经成为重大的科技任务。从矿床研究角度看,要运用系统和辩证观点,全面认识矿床中的有益和有害物质,以实现“兴利避害”。第三,地球系统科学的兴起,为矿床学研究提供了更新更广阔的基础平台,需要将矿床研究纳入整个地球系统科学之中,进而从根本上提高矿床研究水平。

为实现上述目标,要义之一是运用当代科学方法论改善矿床研究思维,其中的一个重点是加强对成矿系统的研究。

成矿系统作为地球系统中的一个特殊子系统,它凸显出地球中的有用物质从分散到浓集成矿的机制、过程和产物。它是现代矿床学中日益受到重视和应用的一个基本理念。

我个人对成矿系统的研究和认识有一个过程。先是从 1955 年起研究河北大庙铁-钛-钼矿床,提出成岩成矿三阶段模式;继而研究矿田构造,建立侵入接触构造控矿体系;再到研究长江中下游、南岭等区域成矿规律,发现大量矿床共生现象,于 1979 年在《矿床学》教材中提出矿床系列概念,并说明其对发展成矿理论和扩展找矿思路的意义。1987 年提出成矿系列结构模型,1995 年合作出版《成矿系列研究》专著,进而研究、讲授和主笔出版《区域成矿学》(1999)。在研究中注意运用整体观和历史观分析问题,屡见成效。这得益于中华民族传统文化中的整体全局理念,也借鉴了西方系统科学的观点方法。近年来钱学森先生倡导的研究复杂巨系统的方法论,也使我深受教益,坚信在矿床研究中运用系统科学将会显著提高研究水平。这样,既有新的科学方法论的指导,又有我在成矿系列方面的多年研究积累,再前进一步,从成矿系统分析入手探索成矿规律,已是顺理成章的事。因此,近十多年来,我和研究集体一道对成矿系统的理论与方法作了较全面的探索。

我们以长江中下游、南岭、华北陆块北缘和胶东等成矿区带为研究基地,通过承担科研项目、指导研究生和矿区现场咨询等方式,运用成矿系统的思路与方法,研究了矿床形成机理和区域成矿规律。注意将研究成果和思路及时用于指导深部及外围找

矿（夏甸金矿、大尹格庄金矿、冷水坑银-多金属矿等），并取得成效。经过这样的理论与实践结合，反复研讨和思辨，逐步形成了对成矿系统的整体认识，经多次写作，反复修改，写成本书。

本书的特色和着重点有：①针对深部找矿和新区找矿的需要，强调成矿系统发生的地质环境和深部背景，对于控矿地质构造有较多的论述；②主张系统观与历史观相结合，强调研究成矿系统“来龙去脉”的发生-演变过程，也即矿床系列的历史和现状，以利于正确评价矿床；③坚持研究为找矿服务，除有一章专门讨论找矿应用外，在大部分章节中都渗透着成矿系统分析如何运用于找矿的思路与方法，期望能会对实际找矿工作有所帮助。

本书中提出了一些新论点，主要有：

1) 地球系统-成矿系统-勘查系统三个系统的结合：即成矿系统研究要建立在地球系统科学基础之上，又要主动为矿产勘查系统服务。这三者是基础研究-应用研究-开发研究的良性循环，是现代成矿学研究的依托和目的。

2) 提出矿床产出的“源-运-储-变-保”演化过程及矿床形成-变化-保存“来龙去脉”模式，将传统的矿床形成的源-运-储三阶段过程扩展为源-运-储-变-保五阶段过程，是系统论与发展观相结合研究矿床的一个进步。

3) “多因耦合、临界转换”的基本成矿机制：是试图将复杂多样的成矿方式高度概括为成矿机理简要模式，作为研究成矿动力学的一个尝试。

4) 提出矿化网络及其结构特征（时间结构、空间结构、物质结构），是运用现代网络思维将矿床及其异常集成统一，以拓宽按异常找矿的思路。

5) 成矿系统叠加复合是形成多成因矿床和多组分矿石的重要机制，这是基于中国区域成矿特色提出并具有普遍意义的成矿观念。

6) 成矿系统的资源-环境双重效应：全面研究矿床中有益和有害物质，为综合评价、综合利用、变废为宝奠定科学基础，从而开拓资源-环境结合研究的矿床学新领域。

本书主要内容是我们多年研究工作的积累。此外，还参用了陈从喜、蔡克勤教授关于辽东裂谷镁-硼成矿系统，柳振江博士关于胶东金矿剥蚀程度的研究成果；还引用了一些单位和专家的有关地质文献，对他们的帮助和支持，深表谢意。

在本书写作过程中，曾与蔡克勤、姚书振教授等研讨书稿内容，获得多方启发；柳振江博士整理加工书稿并绘制全部插图；谨对他们表示衷心谢意。

本书的部分素材源于我们主持并直接参加的科研项目，主要有：国土资源部重点项目“古大陆边缘成矿系统与成矿构造动力学研究”（编号9501107）、国家自然科学基金重点项目“大陆演化过程中成矿系统的形成与保存——典型矿集区剖析”（编号40234051）、中国地质调查局科技项目“区域成矿学研究方法指南”（编号

200110100069), 以及中国地质大学“985”优势学科创新平台项目“成矿系统与资源预测”。笔者在此感谢参加这些项目的专家、教授们的合作与支持。

需要说明的是, 成矿系统研究的广度和深度均较大, 成矿机理需要深入探索, 定量研究更需加强。近年来兴起的复杂性科学理论将引导成矿系统研究的深入, 地球系统科学的发展也为成矿系统研究提供广阔平台, 正在广泛开展的深部和边远地区找矿工作将会有重要发现和突破, 这些都会给成矿系统的全面深入研究带来新的机遇。

希望本书的问世能对矿床成因和成矿规律的深入研究提供有益的借鉴, 也能对蓬勃发展的矿产勘查工作有实际的帮助。

最后, 对关心此项研究工作的专家学者、中国地质大学矿床学科的同仁, 以及为本书出版付出辛勤劳动的白铁、王大军等同志, 一并致以诚挚感谢。

翟裕生

2010年7月1日

目 录

前 言

第一章 绪 论	(1)
第一节 21 世纪矿床学研究任务	(1)
一、深入研究成矿理论,提高矿产资源勘查成效	(1)
二、深入研究矿床特征,合理开发利用资源	(2)
三、研究开发新型矿产资源,扩大资源领域	(2)
四、评价矿床环境质量、改善矿区生态环境	(2)
第二节 矿床研究实践与成矿系统观的建立	(3)
一、从整体观点研究矿床	(4)
二、矿床系列的提出	(4)
三、“成矿系列结构”的建立	(6)
四、将成矿系列研究扩展为成矿系统研究	(6)
第三节 成矿系统研究的思路与要点	(7)
一、地球系统、成矿系统和勘查系统	(7)
二、成矿系统的概念与内涵	(12)
三、成矿系统研究要点	(14)
四、成矿系统研究意义	(19)
第二章 成矿系统的构造环境与控制因素	(22)
第一节 成矿环境与深部背景	(22)
一、壳幔作用与物质再循环	(22)
二、岩石圈演化与构造-岩浆-成矿作用	(23)
三、深部过程、浅表环境与成矿系统	(24)
第二节 区域地球化学与成矿	(25)
一、地球化学块体与成矿	(25)
二、地质体中成矿元素的赋存状态及可活化度	(26)
三、区域地质-地球化学作用与成矿	(27)
第三节 区域构造与成矿	(29)
一、构造的控矿作用	(29)
二、大型构造特征及控矿意义	(30)
三、大型构造类型与成矿	(32)
四、构造动力体制转换与成矿	(33)

五、构造成矿实例：胶东西北部剪切带构造与成矿	(35)
六、构造成矿研究问题	(39)
第四节 岩浆活动与成矿	(41)
一、岩浆活动的成矿意义	(41)
二、岩浆岩与成矿研究问题	(43)
第五节 地质流体与成矿	(46)
一、成矿流体来源和基本类型	(46)
二、岩浆热液与成矿	(47)
三、变质热液与成矿	(47)
四、热卤水与成矿	(48)
五、地幔流体与成矿	(48)
六、有机质流体与成矿	(49)
第三章 成矿系统的要素与作用过程	(51)
第一节 成矿物质来源与供应	(51)
一、成矿物质来源	(51)
二、矿质来源的时空演变趋势	(54)
三、矿源场的结构、组成和类型	(55)
四、矿源体中成矿物质的析离	(59)
第二节 成矿流体的运输	(60)
一、成矿流体运移的动力	(61)
二、成矿流体运移的路径	(64)
三、水-岩反应及蚀变-矿化网络	(68)
第三节 成矿物质的富集与储存	(72)
一、多因耦合、临界转换的成矿机制	(72)
二、流体中矿质沉淀的原因和方式	(73)
三、矿质的储集	(76)
四、成矿过程中的变化	(79)
五、成矿过程持续与成矿结束	(81)
第四章 成矿系统的产物及结构	(85)
第一节 成矿系统的产物——矿床系列和异常系列	(85)
一、矿床和矿床系列	(85)
二、矿点和矿化点	(85)
三、异常和异常系列	(88)
第二节 成矿系统的结构	(90)
一、成矿系统的物质结构	(91)
二、成矿系统的空间结构	(93)
三、成矿系统的时间结构	(96)

第三节	成矿系统结构的实例：长江中下游成矿带	(100)
一、	区域矿床类型	(100)
二、	与花岗岩类有关的成矿系统	(102)
三、	与花岗岩类有关成矿系统的结构特征	(108)
第五章	成矿系统中矿床的变化与保存	(112)
第一节	矿床变化与保存研究概述	(112)
一、	研究意义	(112)
二、	研究简史	(113)
第二节	矿床的变化过程和控制因素	(115)
一、	矿床形成-变化过程	(115)
二、	矿床变化控制因素	(115)
三、	矿床所处环境的变化	(118)
第三节	矿床经受的变化和改造	(120)
一、	矿床形态、产状的变化	(120)
二、	矿床质量的变化	(122)
三、	矿化异常的变化	(123)
第四节	矿床变化的结果	(124)
一、	矿床的保存	(124)
二、	矿床的部分保存	(126)
三、	矿床类型的变化	(129)
四、	矿床的消失	(131)
第五节	不同类型和不同时代矿床的变化和改造	(132)
一、	不同类型矿床的变化和改造	(132)
二、	不同时代矿床的变化和保存	(133)
三、	区域成矿系统的变化与保存	(133)
第六节	矿床变化保存的研究思路和方法	(134)
一、	矿床变化与保存研究的思路	(134)
二、	矿床变化与保存的研究方法	(135)
第七节	矿床剥蚀程度研究——以胶东金矿为例	(137)
一、	区域地质概况	(137)
二、	样品采集与实验方法	(138)
三、	实验结果分析	(138)
四、	金矿形成后变化改造过程	(140)
五、	找矿潜力分析	(145)
第六章	成矿系统的基本类型	(147)
第一节	概述	(147)
第二节	岩浆及岩浆-热液成矿系统	(150)

一、慢源岩浆成矿系统	(150)
二、岩浆-热液成矿系统	(152)
第三节 海底热水成矿系统	(158)
第四节 沉积成矿系统	(164)
一、沉积建造与成矿作用	(165)
二、化学沉积和生物化学沉积成矿系统	(165)
三、沉积成岩过程中的成矿作用	(168)
第五节 生物成矿系统	(169)
一、成油气系统的基本要素	(170)
二、成油气系统的结构	(171)
第六节 改造成矿系统	(173)
一、剪切带型金成矿系统	(174)
二、剪切带金成矿系统形成机制	(175)
第七章 成矿区域与成矿系统	(180)
第一节 成矿区域划分	(180)
一、成矿区域划分依据	(180)
二、成矿区域的分级	(181)
第二节 全球成矿区域	(182)
一、全球主要金属矿床分布	(183)
二、全球成矿区域划分	(183)
第三节 中国成矿区域	(186)
第四节 古陆边缘构造与成矿系统	(190)
一、不同类型古陆边缘的构造-成矿系统	(191)
二、古陆边缘成矿要素及成矿动力学分析	(194)
第五节 古陆边缘成矿系统研究实例	
——辽东古元古代镁质碳酸盐岩建造镁-硼成矿系统	(205)
一、成矿地质背景	(205)
二、含矿建造	(208)
三、控矿构造	(211)
四、成矿流体	(211)
五、成矿系统分析	(212)
第八章 成矿演化与成矿系统	(221)
第一节 全球地质历史演化与成矿系统	(221)
一、全球成矿演化趋势	(221)
二、主要成矿时期及成矿系统	(223)
三、成矿演化的制约因素	(225)
第二节 中国大地构造演化与成矿系统	(227)

一、前寒武纪构造演化与成矿	(227)
二、加里东期构造演化与成矿	(230)
三、华力西-印支期构造演化与成矿	(231)
四、燕山-喜马拉雅期构造演化与成矿	(232)
五、中国地质构造与成矿研究问题	(234)
第三节 华北陆块构造演化与成矿系统	(235)
一、太古宙—古元古代基底构造演化与成矿系统	(235)
二、中-新元古代构造演化与成矿系统	(236)
三、古生代构造演化与成矿系统	(257)
四、中-新生代构造演化与成矿系统	(240)
第九章 成矿系统叠加与多成因矿床	(241)
第一节 不同时代成矿系统间的关联	(241)
一、继承转化关系(继承性)	(241)
二、裂解关系(离散性)	(241)
三、叠加关系(叠加性)	(242)
第二节 叠加成矿研究概述	(242)
第三节 叠加成矿实例	(243)
一、长江中下游成矿带的叠加成矿	(243)
二、云南老厂多金属矿的叠加成矿	(251)
第四节 叠加成矿的机理和控制因素	(256)
第五节 叠加成矿效应	(257)
第六节 叠加成矿系统类型及时空分布	(259)
第七节 叠加成矿——中国区域成矿的一个特色	(260)
第十章 成矿系统优化与超大型矿床	(262)
第一节 超大型矿床的形成时代与构造背景	(262)
一、超大型矿床的形成时代	(262)
二、全球构造演化与超大型矿床形成	(265)
第二节 大型构造与超大型矿床	(267)
一、大型构造是形成超大型矿床的有利因素	(267)
二、控制超大型矿床形成的大型构造特点	(268)
三、大型构造的局部异常控制超大型矿床的就位	(269)
四、主要成矿系统及其构造控制	(270)
第三节 超大型矿床的成因观点	(272)
一、成矿因素的最佳匹配	(272)
二、多重分异富集成矿	(272)
三、成矿系统的复合与叠加	(273)
四、特定的地球化学省	(274)

五、全球背景说和全球事件说	(274)
第四节 超大型矿床形成的基本条件	(275)
一、超大型矿床形成的基本条件	(275)
二、成矿因素最佳匹配的实例——海底热水沉积矿床	(276)
第五节 成矿系统优化与超大型矿床形成	(279)
一、成矿系统中产出超大型矿床的特定因素	(279)
二、大型、超大型矿床在成矿系统中的位置	(280)
三、湖南柿竹园矿床实例解剖	(281)
四、成矿系统优化过程	(282)
第六节 超大型矿床研究问题	(283)
第十一章 成矿系统与矿产勘查	(285)
第一节 从成矿系统到勘查系统	(285)
第二节 成矿系统论的找矿应用	(288)
第三节 深部找矿的成矿系统分析	(291)
一、深部找矿的重要性和艰巨性	(291)
二、深部找矿和深部矿床的有关概念	(292)
三、深部找矿的成矿系统分析	(295)
参考文献	(301)

第一章 绪 论

矿产是人类社会经济发展的重要生产资料。在 20 世纪的百年里，随着工业化进程的发展，人类对矿产资源的开发利用达到了空前的广度和深度。据统计，20 世纪初叶被人类利用的非金属矿产不到 60 种，而 20 世纪 80 年代中期已发展到近 200 种。现今，人类每年消耗各类矿物资源总量约达 500 亿吨。正是由于矿产资源的大量开发与利用，社会生产力不断发展，人民大众的生活水平才得以改善与提高。

矿产资源的勘查、开发与利用，需要矿床学的理论指导；同时，在生产过程中，也发现了矿产地质方面的丰富信息，促进了矿床学研究的全面深入展开与提高，逐步使矿床学成为地质学科中一门重要的分支学科。

现在正当 21 世纪初叶，分析矿床学面临的机遇和挑战，展望它的未来趋势，以便制定合适的学科发展目标，开拓新的研究领域，以充分发挥其指导矿产勘查、开发的功能，为经济社会的可持续发展服务。

第一节 21 世纪矿床学研究任务

进入 21 世纪以后，作为指导矿产资源勘查开发的矿床学科正面临严峻挑战和难得机遇。第一，现有的矿业基地和传统的矿产资源日益减少，急需探寻深部隐伏矿床，开拓新的矿业基地，开发新型矿产资源，以保证矿产资源的持续供应，因此需要扩展视野，从系统化、量化与全球化的角度深入成矿理论研究。

第二，保护生态环境日益成为全人类的根本利益和迫切要求，如何尽量减少和避免矿业活动对环境造成的各种损害，实现矿业开发和环境保护的协调发展，已经成为迫切的重大科技、经济社会问题。

第三，地球系统科学的兴起，为矿床学研究提供了更新更高更广阔的基础和平台，十分有利于将矿床学的研究纳入整个地球系统之中，进而从根本上提高矿床研究的水平。

预计以上这三种趋势将在相当长时期内制约着矿床学的发展方向和研究任务，促进矿床研究的深入与提高。

基于上述分析，预估 21 世纪初叶矿床学的主要任务有四个方面：

一、深入研究成矿理论，提高矿产资源勘查成效

当前国际上成矿学研究的主要趋势是基于地球动力学、流体地质学、非线性科学和计算机科学等新思路和新技术，探索巨量金属堆积的机理，发展寻找大矿和矿集区的新理论和新方法。同时，全球成矿图的编制和全球成矿规律探索也日益引起人们的关注。我国成矿学研究既有与之相同的一面，也有自己独特的一面。如对国际关注的超大型矿床的形成与产出问题，我国近年来也做了大量的研究工作，并凝练了成矿研究中的一些重要问题，

如中国东部中生代、西北部古生代，以及西南部的中-新生代的区域性大规模成矿问题，其形成机制用现有成矿理论难以解释，需要立足于中国大陆演化的特点，从地球动力发展过程来探索其时空分布规律。再有，通过研究大规模成矿的地质背景和形成过程，建立典型区域成矿系统的四维模型，探索和创立符合中国区域特点的大陆成矿理论；并发展新一代的成矿预测方法，为寻找中国现有矿产基地的接替资源和发现新的资源基地提供科学依据。

要实现上述目标，就需要对区域成矿学、成矿年代学、成矿系统及成矿动力学、流体成矿、生物成矿、矿床形成与壳幔演化、大陆与海洋的成矿对比等领域开展深入系统的研究，特别是将这些基础研究与矿床模型研究相结合，以便作为矿产预测的理论基础，在资源勘查中发挥重要作用。

二、深入研究矿床特征，合理开发利用资源

针对我国普遍存在的对矿产资源的粗放开发和矿床有用组分利用率低的现状，要坚持绿色矿业的道路，合理开发、利用、节约和保护资源，提高资源利用率。为实现这一目标，要在矿床开采和矿石选冶过程中，大力加强矿山地质研究，加强对矿床物质组成、构造、结构、产出状态，以及采、选、冶科技研究，以便作到对矿产资源的合理开发、综合利用，实现物尽其用。特别是由于我国大陆具有复合-活动大陆特征，大地构造具有多旋回性，不少地区的构造-岩浆活动多期次叠加，这就造成复杂成分矿石、难选冶矿石占有较大比例，这可能是我国金属成矿的一个特点。针对这一自然资源禀赋，综合勘查、综合开发、综合利用更应成为我国的一项基本技术国策，应该长期坚持不懈，而精细的矿床学研究主要是矿石物质成分与结构研究将为此提供重要的基础科学资料。

三、研究开发新型矿产资源，扩大资源领域

在 21 世纪，矿床学研究除了要创新其理论以便指导常规矿产资源的勘查外，还要预测和发现新的非常规矿产资源（新矿种、新类型、新性能、新用途……），这也是保证矿产资源可持续供应的一个重要途径。为此矿床学研究要与相关学科密切结合，研究和发掘多种矿物、岩石和地质体的有用性，为开发新型矿产资源做好基础工作，包括研究新的成矿作用、新矿床类型、新成矿环境、新矿种、新性能，以及矿床组成物质的综合利用等。在研究开发新型矿产资源时，低碳、低能耗和无（少）污染的矿产资源新类型将受到特别关注，它们有极其广阔的应用前景。为解决这些问题，矿石学、矿石岩石学、非金属矿床学、矿物物理学、矿石工艺学、岩矿材料科学和选冶科学等将发挥重要作用。

四、评价矿床环境质量、改善矿区生态环境

实现社会的可持续发展需要良好的生态环境，这就要求尽量减少和避免矿业活动对环境造成的损害，发展“绿色矿业”，使资源合理利用与环境保护并重，实现“金山银山”与“绿水青山”的共存。为了达到这一目标，矿床学家要开拓新的研究领域，加强与矿山废物综合利用、采选冶方法革新和矿床环境质量评价有关的矿床学基础研究，并积极寻找发现经济价值高、环境效益好的新类型矿床。为实现矿业开发和环境保护一体化，矿产资源科学、环境科学之间的交叉渗透并出现新型交叉学科和研究领域将是必然趋势。

还应指出的是，21 世纪地球科学各学科之间将更加紧密地合作与融通；奠基于各地质基础学科之上的综合性学科——矿床学的研究成果，也将能广泛地应用到其他有关学科中去，促进整个地球科学的发展，也即矿床学对整个地球科学的“反哺”功能。矿床学基础知识也将丰富科普工作内容，为提高广大人民的文化科学水平服务，并促使全民族自觉地保护和合理利用矿产资源，这就是矿床学的“科普”功能。

因此，总起来看，21 世纪矿床学的功能可概括为四个方面：①为矿产勘查开发、合理利用资源服务；②为矿区环境保护服务；③为普及地学知识服务；④为发展地球科学服务。这一观点可概括为矿床学功能大树图（图 1-1）。

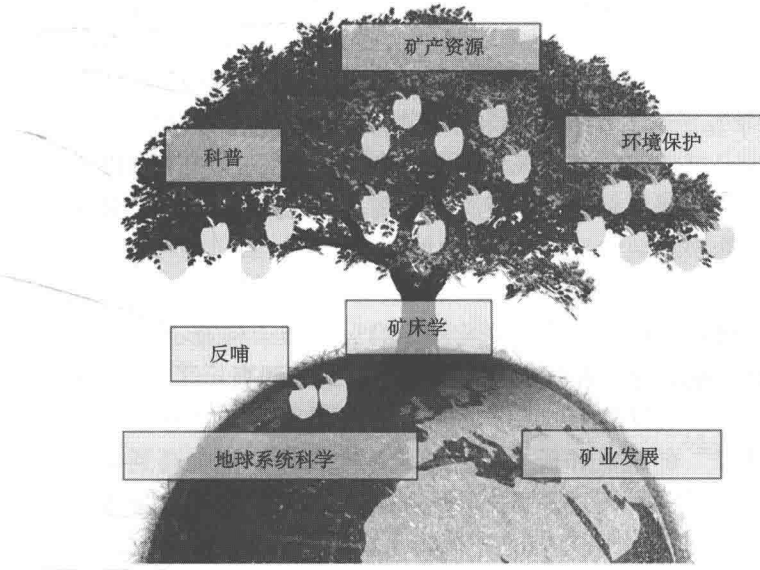


图 1-1 矿床学功能大树图

总之，展望 21 世纪初期的矿床学研究将可能出现以下进展：

- 1) 矿床地质学→区域成矿学→全球成矿学；
- 2) 常规与非常规矿产资源研究相结合，以及固态、液态、气态矿产资源间的综合研究→大地质资源学；
- 3) 矿业开发与环境保护并重的多学科研究→矿产资源与环境地质学；
- 4) 充分利用高新技术→信息时代的新矿床学。

为了实现上述进步，需要运用系统科学观念来全面深入地研究矿床学，其中成矿系统的理论与方法将发挥重要的作用。

第二节 矿床研究实践与成矿系统观的建立

在世纪之交，科学技术包括地球科学发展迅速，矿床学正面临着新的机遇和挑战，矿床学家既要努力理解、熟悉和运用地学各分支学科的新成果，使自己的研究立足于现代地学的进步，又要善于运用科学思想与方法总结极为丰富的矿床资料，以便使成矿理论研究

提到一个新的高度，更好地指导新世纪的矿产资源勘查和开发利用。这个任务十分艰巨，这中间的一个重要方面是加强对成矿系统的综合研究。这里简要回顾本书主要作者在矿床研究过程中认识到成矿系统分析的关键作用，叙述了他的矿床学学术思想形成过程。

王鸿祯指出，“（20世纪）50年代的地质学革命使地球科学进入一个新的阶段，使各地质学科从分科研究和独立研究转变为综合研究和交叉融合”。正是在这样的时代背景下，翟裕生开始了对矿床学的学习和探索。自1950年夏季调研黑龙江省鹤岗煤田地质构造以来，直到今天，他对矿床学科经历了一个由点到面、由浅入深、由局部到整体的实践和认识过程。

一、从整体观点研究矿床

20世纪50年代中期，他在长春地质学院读研究生时，较系统地研究了河北大庙钒-钛-磁铁矿矿床，对罕见的含矿斜长岩类和不同类型矿石作了深入观测，阐明了成岩成矿序列及岩石、矿体的分带特征，并从深源基性岩浆的化学组成变化说明Fe、V、Ti的逐步浓集过程，建立了岩浆成岩成矿的三阶段演化模式。这项研究成果是他对成矿的物质、时间、空间关系进行综合研究的初步尝试。

20世纪60年代初期，笔者开始从事矿田构造的教学和研究工作，重点调研了安徽铜官山矽卡岩型铜矿，将控矿构造与物质变化相结合，开展了构造-地球化学研究，认识到控矿侵入岩接触带构造的多变性和复杂性，并在此基础上调查长江中下游地区的多个矽卡岩矿床，扩展到研究矽卡岩型矿床的控矿接触带构造系统，通过综合研究，提出了“侵入接触带构造控矿体系”的观点和模式，从对矿床的个体认识提高到对一类矿床的共性认识，初步摸索到建立成矿模式的途径。该侵入接触带构造控矿模式曾被广泛运用并取得找矿成效。

在20世纪70年代前5年中，作者与同行专家合作研究火山岩盆地中的铁矿床，通过对马鞍山地区凹山矿田及整个宁芜火山岩盆地Fe-S矿床的综合研究，共同建立了玢岩铁矿模式，认识到浅成-超浅成火山作用环境内中基性岩浆-热液成矿特征及所形成的铁（硫）矿床组合，进一步体会到运用综合观点和整体观点研究成矿环境和成矿系列的有效性。

在研究和讲授矿田构造学这一分支学科时，笔者的研究没有局限在构造变形对成矿的控制，而是从地质构造整体上认识其控矿作用。也即，矿田构造既包括变形构造，也包括各种地质体的组构关系及不同成因的容矿空间等（如不整合面、岩溶等）；因此，形成了矿田地质构造学研究的广阔思路。通过多年实践，将矿田构造研究由侧重几何分析，发展为研究构造与成矿的动态耦合关系，建立了“构造研究与矿床成因研究相结合、单个构造与构造体系研究相结合、矿田构造与区域构造相结合、构造发展阶段与空间分带研究相结合”的学科体系框架，开拓了矿田构造研究的新领域，主编了《矿田构造学》教材，主要论文被日本教授译成了日文在日本地质同行中交流。

二、矿床系列的提出

在上述解剖典型矿床、研究矿田构造的同时，也逐步扩展到区域成矿研究。先是在张炳熹教授领导下，与北京地质学院矿产勘探系的师生们一起，在1958~1960年间对湘、

赣、闽、浙四省内生金属成矿规律做了综合研究，注重不同时代的构造-岩浆-成矿带的时空关联，共同提出了南岭纬向 W-Sn 成矿带和新华夏 NE—NNE 向 Pb-Zn-Ag-Cu 成矿带两者叠加复合的观点。20 世纪 60 年代以来，笔者又长期研究了长江中下游和南岭两个成矿区带，调查研究的矿床在百个以上，重点是岩浆-热液型矿床和海相热水沉积型矿床的矿床系列及其时-空结构。

在对众多矿床实地考察和综合分析的基础上，日益认识到矿床系列、矿床组合的观念在矿床研究和找矿工作中的重要性，因而在与袁见齐、朱上庆教授共同主编高校《矿床学》教材（1979）时，在由作者执笔的该书“第十七章 成矿控制和成矿规律”中，比较全面地阐述了研究矿床系列矿床类型共生的意义（该书 425 ~ 428 页）。现重点引述如下（均为原文）：

1) 过去的矿床研究工作，的确是比较偏重于孤立地研究个别矿床，单纯地把成矿过程当作一种金属（或非金属）、一个物理化学过程或一种成矿作用的产物。比较地忽视了与其他元素，其他矿床类型之间可能存在的多种联系。

2) 当前，矿床地质研究工作逐步深入，大量实际资料说明，矿床的形成往往是经历了一个比较长期的复杂的过程，在多种有利地质环境和成矿条件的配合下，在时间上和空间上往往有一系列矿种和矿床有机地联系在一起，经常表现为一定矿种的共生和一定矿床类型的共生，研究这些共生的规律性对于综合找矿、评价和综合利用有很大的指导意义。

3) 矿床类型共生是指在一个矿床或矿区范围内，由于有多种成矿条件和环境的配合，因而有一系列不同成因类型的矿床紧密地共生在一起。这种矿床共生情况，也称矿床组合或矿床系列。

4) 20 世纪 50 年代末期，我们在研究赣东北有色金属矿床分布规律时，发现铜厂斑岩型铜钼矿与德兴银山铅锌矿都与燕山期晚期中酸性火山-侵入岩组合有成因联系。当时曾作出区域矿化剖面图，说明它们之间的内在联系。近年来当地地质工作者查明德兴银山铅锌矿与次火山角砾岩筒有关，且在深部发现了铜矿化，证实了铜、铅、锌、银矿化之间，斑岩型、次火山岩型、脉型和不整合面型矿化之间有密切的成因联系。

5) 20 世纪 70 年代中期，我国地质工作者在研究宁芜盆地陆相火山型铁矿时，发现过去分别命名的凹山式、向山式、南山式、大东山式等铁硫矿床，原来是与辉长闪长玢岩有成因联系的，具有统一形成过程的一组共生矿床。在统一的地质和成矿作用下，随具体地质条件的差异而产出不同的矿化类型。参加研究工作的同志用“玢岩铁矿”一词来概括这一类矿床的特点（类似黑矿、斑岩铜矿等概念），并提出这类矿床的理想模式。

6) “一切客观事物本来是互相联系和具有内部规律的”，矿床共生关系的发现和引起重视与学习辩证唯物主义的思想方法有关，更是找矿采矿生产迅速发展的结果。过去采矿规模较小，又只着重采富矿，采矿深度也小，因此就限制了对矿床类型的全面认识。近年来由于对矿产资源的急需，勘探深度增加了，贫矿富矿都受到重视了，就矿找矿工作也加强了。所有这些都为大量发现矿床共生现象提供了基本前提和条件，是生产实践推动矿床学研究工作的一个体现。

7) 矿床类型共生的概念在某种意义上可与构造体系相比。运用这个概念就可以从各种类型矿床的关系中间把握住成矿作用的总体和其发生发展过程，根据已知的一种或少数矿床推测可能存在但尚未被发现的相关的其他矿床类型，可以扩大思路，明确找矿方向。