

# 区域成矿研究法

QU YU CHENG KUANG YAN JIU FA

● 翟裕生 彭润民 向运川 等著

中国大地出版社

中国地质调查局项目成果  
(编号: 200110100069)  
国家自然科学基金委资助  
(重点项目编号: 40234051)

# 区域成矿研究法

翟裕生 彭润民 向运川 王建平 邓 军 著

中国大地出版社  
· 北 京 ·

# 前 言

进入新的世纪,随着我国经济建设的快速发展,矿产资源供应形势日趋紧张,已经成为制约我国经济社会可持续发展的一个瓶颈。为了加强矿产资源勘查,找到更多的接替资源,需要加强区域成矿规律研究,以便为区域找矿和资源潜力评价提供理论支撑。笔者等于1999年出版的《区域成矿学》和一些专家学者的有关区域成矿学的著述,对我国正在开展的重点成矿区(带)研究起到了及时的参考作用。但同时,广大的地矿工作者也希望更多地了解和掌握区域成矿的研究方法,以便进一步提高调研工作的成效。本书就是在这样的背景下问世的。

## 一、任务来源

中国地质调查局于2001年委托中国地质大学(北京)承担《区域成矿学研究方法指南》项目(编号:200110100069)。其任务是:从理论和实际应用相结合的角度全面总结区域成矿学研究工作的内容、总体思路、工作方法和程序,为全国重要成矿带的区域成矿学研究编写方法指南,以提高区域成矿规律和找矿方向研究工作的科技水平。

编写一份带有指导性的研究方法指南是一项新的科研任务,具有重要的意义。由于区域成矿学研究尚处在初建阶段,其研究方法也在探索中,作为指南尚无先例可作借鉴,要采用学习、调研、编写相结合的方法,尽力提交一份具有科学性、先进性(新颖性)和实用性的研究成果。

## 二、写作过程

首先,通过以下途径,作者进行了深入的调研和研讨:①先后到河北、内蒙古、云南等省(区)向当地的地调院同志调研,并试讲基本内容,征求意见;②在中国地质大学(北京)博士研究生班上,通过试讲和研讨,征求对区域成矿学基本内容的意见,并就课程目的、任务和基本概念、方法等组织深入的讨论;③在中国地质调查局组织的多次成矿区(带)工作会议上,讲授区域成矿学内容要点,交流成果,征求意见,了解各成矿区(带)研究中遇到的问题并借鉴吸收相关工作经验;④广泛参阅国内外有关区域成矿的新近著述。这些调研十分有益,开阔了思路,增长了见识,尤其是如何做到理论与实际结合,得到很多启发。

与此同时,作者还承担了国家和部委级的区域成矿研究项目,对华北古陆边缘、长江中下游和闽中南等成矿区(带)的成矿规律做了较系统的研究,试用了多种研究方法,有了比较深切的实际体会。

在上述工作的基础上,经过系统的研究和紧张有序的编写工作,于2003年4月提交报告,经过有关专家评审,又加以修改补充,正式以专著形式完成项目规定的任务。

## 三、本书要点

本书的主要内容和观点包括:

(1)系统论述了区域成矿学的目的、任务、研究内容和研究思路。强调以系统研究区域地质、矿产、地化、地物、遥感等综合信息为基础,以成矿地质环境、成矿系统和成矿演化为基本内容,以边界成矿、转换成矿、耦合成矿和叠加改造成矿为理论基础,研究区域成矿时-空结构和矿床的形成分布规律,为矿产资源调查评价提供地质依据和指明方向。

(2)全面介绍了区域成矿学的研究现状、动向。说明区域成矿研究工作已开始从板块构造观点为主向地球系统科学和地球动力学(包括各层圈作用动力学和大陆动力学)深入扩展;从二维分析向三维、四维结构探索;从代表性成矿区(带)研究发展到成矿系统的形成与演化研究;以

及研究重大地质事件与大规模成矿的关系等。

(3) 深入阐明了区域成矿学的基本观点和应用价值。以区域成矿系统为核心, 综合研究区域成矿背景、成矿要素与条件、成矿作用过程及其动力学, 成矿作用产物、成矿后变化、改造与保存等。着重论述了成矿系统研究的找矿评价意义: ①举一反三, 从已知到未知; ②缩小靶区, 从矿化网络到逼近矿体; ③全方位分析成矿过程, 以发现新类型矿床; ④历史地认识矿床形成——变化——保存的全过程, 达到对矿产资源潜力的科学评价。

(4) 从9个方面论述了区域成矿学研究的主要内容。采用研究要点与研究思路方法相结合的论述方式, 尽可能使内容具可操作性; 融入了多年来作者研究成矿学的经验与体会, 很多实例都是作者实地研究的成果; 也吸收了其他学者的一些行之有效的做法。

(5) 区域成矿学的研究方法。包括两个方面, 一是宏观性的, 如研究工作思路、研究工作要点、研究工作程序、每个阶段每个步骤的目的要求等。另一方面是对某一专门问题的研究和专门图件的编制, 如对构造成矿、流体成矿、岩浆成矿、沉积成矿的专题研究方法以及成矿模式图、成矿规律图等编制方法。有关第一方面侧重宏观的整体的研究思路与方法, 主要在第一章、第二章中讨论, 专门问题具体的工作方法则在第三章、第四章中加以说明。

(6) 区域成矿研究实例。考虑到热液矿床和海底热水喷流矿床在我国矿床类型中的重要地位, 列举了长江中下游、狼山两个成矿区(带)的部分研究成果, 叙述内容各有侧重, 有助于读者从实例的比较中把握研究方法要点。

#### 四、问题说明

(1) 区域成矿预测本是区域成矿学的研究内容之一或是延伸内容。考虑到中国地质调查局已组织有关专家专门编写成矿预测方法指南, 故本书不再加以重点研讨, 但书中所述区域成矿条件的思路与方法对从事成矿预测是有参考意义的。

(2) 区域矿产数据库和矿产资源的计算机研究等已有中国地质调查局研究与发展中心的专家专门研究与编著方法指南, 故本书中从略。

(3) 区域成矿研究涉及方方面面, 有关基础地质研究方法已有区调工作手册(指南), 有关矿床地质研究已有矿床学等。为了简明适用, 本书在一些地质观测方法细节上未完全展开, 有关专题的具体研究方法请参阅有关著述。

(4) 本书的姊妹篇《区域成矿学》已于1999年出版, 书已售完, 虽多方需要但暂时无条件再版, 本书的问世可在一定程度上弥补这一憾事。

#### 五、编写分工

本书由翟裕生、彭润民负责, 向运川、王建平、邓军参加共同完成。编写的分工是: 第一章——翟裕生、第二章——翟裕生、王建平; 第三章——翟裕生、王建平、邓军、向运川; 第四章——向运川、翟裕生、彭润民、王建平; 第五章——彭润民、翟裕生。王建平在汇总中做了大量工作, 报告由翟裕生定稿。游振东教授对第三章中“区域变质作用与成矿”一节作了详细审阅并补充撰写了部分内容; 戚开静同志协助完成了大量的打字绘图和编辑任务; 博士生王银宏参加了部分的文献整理工作。

#### 六、致谢

本书是在中国地质调查局资源评价部、科技外事部和中国地质大学(北京)地调院的组织和支持下写作完成的。王瑞江、陈仁义、彭齐鸣、姚玉鹏、顾德林、韩东昱等同志为研究工作提供了方便条件和热情的帮助; 书中还引用了朱裕生、徐志刚同志有关成矿区(带)划分的资料以及其他许多专家学者的研究文献。作者谨对以上有关单位和同志表示诚挚的感谢。

本书初稿完成后, 经常印佛、陈毓川、裴荣富、叶天竺、张洪涛、黄崇轲等专家审阅并提出补充修改意见。编者认真研究和吸纳了专家们的宝贵意见, 又做了补充加工, 谨对各位专家致以

衷心谢意。

对项目资助单位：中国地质调查局（编号 200110100069）、国家自然科学基金委员会（重点项目编号 40234051）谨表深深的敬意和感激之情。

希望本书的出版能对区域成矿研究有实际的帮助，也盼请大家提供改进的意见，以便有机会再版时能改善质量，前进一步。

# 目 录

## 前 言

<b>第一章 区域成矿学的目的、任务、历史、现状和研究思路</b> .....	(1)
<b>第一节 区域成矿学的目的和任务</b> .....	(1)
一、区域成矿学研究对象 .....	(1)
二、区域成矿学研究任务 .....	(1)
三、区域成矿学研究意义 .....	(2)
四、区域成矿学研究特点 .....	(3)
<b>第二节 区域成矿学研究简史</b> .....	(3)
一、初始阶段(20世纪前半叶) .....	(3)
二、奠基阶段(20世纪50年代至70年代) .....	(4)
三、发展阶段(20世纪70年代至90年代) .....	(5)
四、小结 .....	(8)
<b>第三节 中国区域成矿研究现状和问题</b> .....	(9)
一、区域成矿研究的主要进展 .....	(9)
二、区域成矿研究中的问题 .....	(10)
<b>第四节 区域成矿学的基本观点和研究思路</b> .....	(10)
一、基本观点 .....	(10)
二、研究思路 .....	(13)
<b>第二章 成矿系统及演化</b> .....	(14)
<b>第一节 概述</b> .....	(14)
一、成矿系统的定义 .....	(14)
二、成矿系统与成矿系列、成矿区(带) .....	(15)
<b>第二节 成矿系统的结构、要素、作用过程和产物</b> .....	(15)
一、成矿系统的结构 .....	(15)
二、成矿要素 .....	(16)
三、成矿动力作用过程 .....	(18)
四、成矿系统作用产物 .....	(19)
<b>第三节 成矿系统理论研究要点</b> .....	(20)
一、按构造动力体制划分成矿系统大类 .....	(20)
二、多因耦合、临界转换的成矿作用机制 .....	(21)
三、矿床系列、异常系列构成的矿化网络 .....	(23)
四、矿床形成——变化——保存的全过程 .....	(25)
<b>第四节 成矿系统研究与新类型矿床的发现</b> .....	(25)
一、整体分析：由已知到未知 .....	(25)
二、空间结构分析：向深处和外围找寻 .....	(26)
三、时间结构分析：查找成矿链条中的缺失环节 .....	(27)

第五节 成矿系统研究意义 .....	(27)
一、成矿系统研究的找矿意义 .....	(27)
二、成矿系统研究的环保意义 .....	(28)
三、成矿系统研究的理论意义 .....	(29)
<b>第三章 区域成矿学研究内容 .....</b>	<b>(31)</b>
<b>第一节 区域岩石圈组成、结构、演化与成矿 .....</b>	<b>(31)</b>
一、岩石圈的组成和结构 .....	(31)
二、岩石圈热状态和热结构 .....	(33)
三、壳幔作用与物质再循环 .....	(34)
四、岩石圈演化与构造-岩浆-成矿作用 .....	(35)
<b>第二节 区域地球化学与成矿 .....</b>	<b>(36)</b>
一、区域地壳和上地幔的元素丰度及其成矿意义 .....	(36)
二、地球化学块体与成矿 .....	(39)
三、地质体中成矿元素的赋存状态及可活化度 .....	(39)
四、区域地质-地球化学作用域成矿 .....	(40)
<b>第三节 区域构造与成矿 .....</b>	<b>(42)</b>
一、构造的控矿作用 .....	(42)
二、大型构造特征及控矿意义 .....	(42)
三、大型构造类型与成矿 .....	(45)
四、构造体动力学体制转换与成矿 .....	(46)
五、构造成矿研究思路与问题 .....	(47)
<b>第四节 区域沉积作用与成矿 .....</b>	<b>(48)</b>
一、沉积成岩过程中的成矿作用 .....	(48)
二、沉积建造的成矿控制 .....	(49)
三、典型沉积矿产的建造类型 .....	(51)
<b>第五节 区域岩浆活动与成矿 .....</b>	<b>(53)</b>
一、主要岩浆岩系列 .....	(53)
二、岩浆活动的成矿控制 .....	(53)
三、中国的构造-岩浆活动与成矿 .....	(56)
四、岩浆岩与成矿研究问题 .....	(56)
<b>第六节 区域变质作用与成矿 .....</b>	<b>(60)</b>
一、变质作用概述 .....	(60)
二、区域变质作用的主要类型和特征 .....	(61)
三、变质作用矿床控制条件 .....	(62)
四、变质作用矿床的基本类型 .....	(64)
五、变质作用旋回与变质作用矿床的成矿时代 .....	(66)
六、区域变质成矿研究问题 .....	(66)
<b>第七节 区域地质流体与成矿 .....</b>	<b>(73)</b>
一、成矿流体来源和基本类型 .....	(73)
二、成矿流体的运移 .....	(76)
三、流体中成矿物质的沉淀富集 .....	(79)
<b>第八节 矿床形成后的变化与保存 .....</b>	<b>(80)</b>

一、矿床形成后变化与保存的基本过程 .....	(81)
二、矿床变化与保存的研究内容 .....	(81)
三、矿床变化与保存的研究方法 .....	(84)
四、矿床变化与保存的研究思路 .....	(85)
第九节 成矿时代、成矿区域与区域成矿谱系 .....	(86)
一、成矿时代 .....	(86)
二、成矿区域 .....	(88)
三、区域成矿谱系 .....	(96)
第四章 区域成矿学研究方法 .....	(100)
第一节 区域成矿研究基本程序 .....	(100)
第二节 区域成矿地质条件分析 .....	(101)
一、岩石建造的历史分析 .....	(101)
二、岩石建造的空间分析 .....	(102)
三、控矿因素分析 .....	(103)
第三节 区域成矿的地球化学信息研究 .....	(104)
一、区域地球化学异常特点 .....	(104)
二、地球化学数据处理方法 .....	(105)
三、区域成矿背景的地球化学研究 .....	(105)
四、区域地球化学异常分析与评价 .....	(107)
五、地球化学块体成矿预测 .....	(111)
六、区域地球化学勘查新技术 .....	(113)
第四节 区域成矿的地球物理信息研究 .....	(115)
一、地球物理场的特点 .....	(115)
二、区域地球物理信息处理的常用方法 .....	(116)
三、区域地质填图和成矿背景研究的地球物理方法 .....	(118)
四、成矿区(带)地球物理异常解释与查证 .....	(120)
第五节 区域成矿的遥感信息研究 .....	(121)
一、遥感信息特点和地质解译原则 .....	(121)
二、遥感信息的重点研究内容 .....	(121)
三、遥感信息与区域成矿预测 .....	(124)
四、研究中应注意问题 .....	(125)
第六节 成矿系统结构分析法 .....	(126)
一、成矿系统的物质结构 .....	(126)
二、成矿系统的空间结构 .....	(127)
三、成矿系统的时间结构 .....	(130)
第七节 成矿区(带)地质、地球物理、地球化学模型的建立 .....	(134)
一、区域成矿模式的建立 .....	(135)
二、成矿区(带)地球物理模型建立方法 .....	(137)
三、成矿区(带)地球化学模型建立方法 .....	(139)
第八节 区域矿产图、成矿规律图和区域成矿预测 .....	(140)
一、区域矿产图的编制 .....	(141)
二、区域成矿规律图的编制 .....	(142)



三、基于 GIS 的地质、地球物理、地球化学综合成矿预测 .....	(143)
<b>第五章 区域成矿研究实例</b> .....	(146)
<b>第一节 长江中下游 Fe、Cu、Au、S、Pb、Zn 成矿带</b> .....	(146)
一、区域地质构造特征及矿床类型 .....	(146)
二、与“I 型”花岗岩类有关的成矿系列 .....	(150)
三、沉积成矿系列和风化成矿系列 .....	(155)
四、燕山期“I 型”花岗岩有关成矿系列的内部结构 .....	(155)
五、长江中下游成矿带在环太平洋成矿带中的位置、特色和成矿模式 .....	(159)
<b>第二节 狼山—渣尔泰山元古宙 Pb、Zn、Cu、Fe、S、Au 成矿带</b> .....	(161)
一、区域成矿构造格架及构造演化 .....	(161)
二、狼山—渣尔泰山裂陷槽含矿建造分析 .....	(163)
三、狼山—渣尔泰山热水喷流-沉积成矿带的代表性矿床 .....	(164)
四、狼山—渣尔泰山热水喷流-沉积成矿带控矿因素分析 .....	(170)
五、渣尔泰山—狼山成矿带的成矿过程 .....	(172)
六、有利成矿远景区 .....	(173)
七、待深入研究的问题 .....	(173)
<b>第三节 对中国区域成矿特征的初步认识及研究中应注意的问题</b> .....	(173)
一、中国区域成矿若干特征 .....	(173)
三、中国区域成矿研究中几个重要问题 .....	(174)
<b>参考文献</b> .....	(179)

# 第一章 区域成矿学的目的、任务、历史、现状和研究思路

## 第一节 区域成矿学的目的和任务

### 一、区域成矿学研究对象

区域成矿学 (Metallogeny; Regional Metallogeny) 是研究一定区域中的矿床类型、成矿环境、成矿条件、成矿过程和成矿演化, 以阐明矿床时-空分布规律的一门地学分支学科。它是进行区域矿产预测、普查找矿和资源潜力评价的理论基础, 也是地球系统科学的重要组成部分。

区域成矿学的目的是深入认识区域成矿规律, 提高普查找矿和矿产资源评价的科技水平与工作成效。

### 二、区域成矿学研究任务

区域成矿学以成矿背景、成矿系统和成矿演化为基本内容, 运用地质学、矿床学、区域地质学、区域地球物理、区域地球化学以及遥感地质等, 来研究阐明区域中矿床的时-空分布规律, 提供找矿评价工作的方向和思路。其基本研究内容有:

(1) 区域中矿床形成和分布的地质构造背景和环境, 包括区域岩石圈组成与结构、主要地层和构造单元、区域地质发展史和主要的地质成矿事件。这些都涉及到研究区域所在的大地构造背景和演化历史、深部作用和各圈层相互作用。这些成矿的宏观时-空背景, 能帮助我们认识区域成矿特点的根源。

(2) 区域的控矿条件和因素, 包括地质学乃至整个地学的各个方面, 有构造、沉积、火山、岩浆、变质、流体、生物、地貌、气候、水文、地球化学、地球物理等因素及其控矿作用。需要说明的是, 矿床地质研究工作也都涉及这些控矿因素。而在区域成矿学研究中, 要着重从区域尺度, 从宏观和整体上研究这些因素的控矿作用, 即它们对成矿区(带)、矿田、矿集区的形成和分布的控制。例如, 对区域成矿流体的研究, 就要从整个含矿大型盆地或造山带的范围研究流体的运移和成矿作用特点, 而不只限于在单个矿床(田)内的流体活动特征。

(3) 含矿岩石建造的形成和分布特征。大多数矿石都产在一定的岩石建造中, 含矿岩石建造包括沉积岩、火山岩、侵入岩、蚀变岩和变质岩等, 如含钨锡铋钼矿床的花岗岩类建造(如南岭区域)、含铅锌银金矿床的热液沉积岩建造(如南秦岭区域)。一定岩石建造都产在一定的构造环境中, 因此, 以构造-成岩-成矿的思路研究一定构造环境中的含矿建造及其中的矿床类型, 是区域成矿学的重要内容之一。

(4) 区域地球化学特征。包括区域壳幔各层圈的化学组成和区域岩石圈各系统中化学元素(含成矿元素及其化合物)的再分配、再循环和集中、分散等内容。通过区域化探和专门的区域地球化学研究、能逐步获得上述信息, 结合对构造、岩石、流体等作用的研究, 可阐明各构造层和各含矿建造中的成矿元素组合、含量及其分布状况, 以探索区域矿床形成的物质基础。

(5) 区域内已知的矿种和矿床类型。对有代表性的矿床, 要全面分析它们的地质-地球化学

特征、控矿构造类型、成矿阶段和成矿作用机理以及矿床的成因类型和经济价值等。这些信息可以通过地质文献获得,但要加以检查核实,也应该对区内主要矿床有重点地直接做些研究工作。不管哪一种途径,都力求对矿床地质—成因特征有比较准确的认识,以便为区域成矿分析打下坚实的基础。

(6) 研究区内各矿种、各矿床类型之间的相互关联,包括其成因、时间、空间的联系;划分区域成矿时代和阶段,查明成矿的空间分带(三维的),建立起区域成矿系列。成矿系列可按岩浆、沉积、变质、热水、风化等成岩成矿作用来划分,其详细研究内容详见专著《成矿系列研究》(翟裕生等,1996)。

(7) 研究和建立区域成矿系统。成矿系统是指在一定地质时-空域中控制矿床形成、变化和保存的全部地质因素和作用动力过程以及所形成的矿床系列、矿化异常系列构成的整体。成矿系统有几个层次,包括区域成矿系统、矿田成矿系统等,其中区域成矿系统处在最关键的位置。成矿系统能将成矿的环境、条件、作用过程、产物、演化等多种要素统一在一起,是研究成矿规律的有效途径。

(8) 建立区域矿产信息库,编制区域成矿规律图及有关图件(系列图)。综合研究和阶段性总结区域成矿规律,即矿床的时-空分布规律。将研究区的地质成矿特征与有类似地质结构和演化史的其他区域作对比,以深入理解研究区的成矿特征,明确区域的优势矿种和主要矿床类型以及找寻它们的地质(广义的)前提和区域性标志。

(9) 在上述工作基础上,对区域矿产资源的潜力和前景做出基本评估,提出区域矿产预测和普查找矿的方向和远景区段,以及提出有关区域矿业开发和环境保护协调发展的建议等。

总的认为,区域成矿学的研究内容既广阔又具体,更需要深入和综合。这些研究内容都围绕一个中心目的,即对区域成矿规律有系统的历史的认识,为区域矿产的勘查提供科学依据。由于地质成矿的复杂性,要达到这个目标有很大的难度,需要在实践——认识——再实践——再认识的过程中,逐步地加深理解。

### 三、区域成矿学研究意义

由上述区域成矿学的研究内容可见,这门学科有着重要的理论意义和实用价值:

(1) 提供矿产预测和普查找矿和评价的科学依据,指导发现新矿床。区域成矿学研究获得的理性认识和矿化信息,为成矿预测和找矿勘探提供了正确的思路 and 方向。合理判断成矿有利环境与条件,制定针对性强的方法技术手段,将理论找矿与信息找矿有机结合起来,可以减少找矿的风险,提高找矿工作的成效。已有的经验说明,无论是在研究程度较高的区域找矿,还是在新区找矿,无论是找隐伏矿、露头矿,还是难识别矿,都要依靠对区域成矿规律的正确认识。

(2) 评价区域矿产的资源潜力。一个国家和地区的中长期发展规划要对本国和本区的矿产资源的种类、数量、质量、产状和分布等有全面的认识。而区域成矿学进行的区域成矿规律、矿产资源潜力评估等,可对上述需要提出系统的资料和信息,还可以对矿产资源开发与环境保护协调发展提出科学的建议和咨询。

(3) 作为地球系统科学的一个组成部分,区域成矿学专门研究在一定区域中化学元素及其组成物高度富集的地质作用,它的研究成果能丰富和充实整个地球科学的理论体系,是整个地球科学链条中的重要一环。一定的地质构造环境产出一定的矿床类型,如斑岩型矿床、SEDEX型矿床等。反之,一定的矿床类型也可作为认识构造环境演化的一种标志。一定的成矿区(带)是地球或大区域长期地质历史演化的产物,对成矿区(带)及其中成矿系统的深入剖析(地质、地球化学、地球物理),能提供该区域岩石圈结构、组成和演化历史等方面十分重要的信息。因此,区域成矿学不仅有明显的实用价值,而且有其不容忽视的理论意义。

总之，区域成矿学研究是一项综合性、基础性和战略性的研究工作，它有多方向的服务功能。在 21 世纪中，它将为国家和区域发展提供有关矿产资源的系统信息，为找矿勘探提供正确思路 and 方向，还可为整个地球科学的发展提出新的问题、观点和丰富的信息。

#### 四、区域成矿学研究特点

作为地球系统科学的一门分支学科，区域成矿学因其特定的研究对象和研究内容，而具有自己的学科特点。

**区域性：**矿床在地壳中是少见的，分布很不均匀；即使在矿床富集区，其矿种和矿床类型也具有明显的地区差异性。矿床是区域地质演化的产物，从区域尺度研究成矿特征是本学科的特色。区域具有整体性特点，区域内的岩石、构造、地层等单元具有紧密的相互依存关系，并以其特定的地质构造和地质历史而与其他区域相区别。

**综合性：**区域成矿规律研究涉及多种多样的地质控制因素和地球物理、地球化学和地质生物作用。它不局限于对单个矿床地质的深入研究，而是宏观与微观结合，重在宏观；整体与局部结合，重在整体。它是更高层次和更大尺度的成矿学研究，涉及更广阔的直接、间接控矿因素。它与地史学、区域地质学、大地构造学等有相似之处，是一门综合性很强，带有横断性质，以广阔的地球科学知识为根基的综合性学科。

**实践性：**区域成矿学是适应区域找矿和资源评价的需要而产生的。区域成矿学研究获得的成矿规律性认识对矿产预测、普查找矿有直接的和全面的指导意义，它是进行预测和找矿的理论基础。同时，找矿勘探和矿山开采获得的对成矿条件、矿化分带、成矿阶段等的丰富实际资料，又是区域成矿学得以形成和发展的基础之一。与一般地学基础学科不同，区域成矿学以其对普查找矿的宏观指导作用而具有应用基础学科的属性。

区域成矿学与其他相关学科的关系见图 1-1。

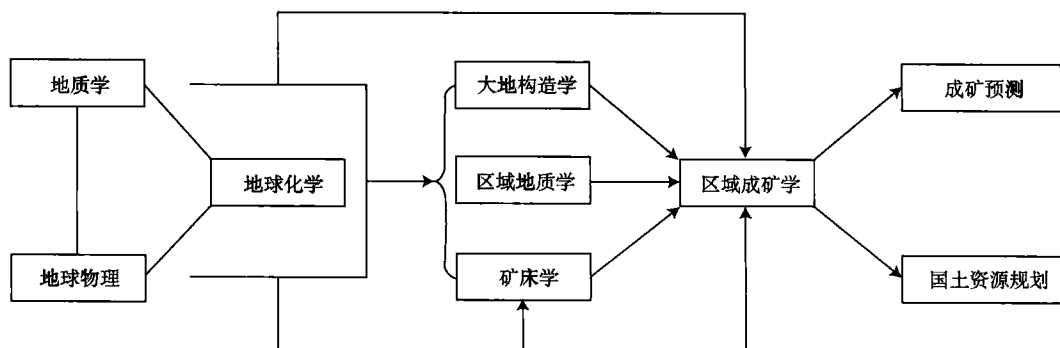


图 1-1 区域成矿学与其他相关学科的关系

## 第二节 区域成矿学研究简史

区域成矿学建立在区域地质调查研究和矿产勘查开发及矿床研究的基础之上。它随着地质科学和矿业的发展而产生和逐步提高。它已经有近百年历史，可分为几个阶段。

### 一、初始阶段（20 世纪前半叶）

20 世纪初，一些地质学家认识到矿床在区域中分布的某些规律，开始归纳和分析有关地质资料，提出了区域成矿的概念。法国地质学者 L.de Launay 在 1905 年提出金属矿床成因或广义

地理解为成矿规律的“*metallogeny*”概念，意指研究整个区域的矿床成因。1913年他提出一个重要观点：“每个成矿省都有一定的区域矿床类型，受地质构造的控制，在一定程度上可以根据构造来预测矿床。”美国地质学家 H.W. Emmons 根据区域中矿化分带明显的现象，提出了围绕花岗岩基的矿床地热分带模式。

W. Lindgren (1909, 1933) 初步总结了关于成矿时代和成矿省的认识。北美的 R.H. Rastall 研究了岩浆演化的成矿专属性，对成矿带作了论述 (1923)。法国地质学家 F. Blondel (1936) 较早探讨了矿床及金属省与主要构造带的关系。原苏联矿床学家 С.С. Смирнов 于 1934 年发表了《外贝加尔东部地区多金属矿床的成矿规律》，将该区划出 3 个矿带，即多金属矿带、钨-锡矿带、钼-金矿带，提出了区域矿床分类方案，探讨了金属矿床成因。

中国学者翁文灏于 1920 年发表《中国矿产区域论》，指出了中国南方的金属矿床呈带状分布，划分出 4 个矿带，即锡带、锌-铅-铜带、锑带和汞带。他还提出不同岩浆活动生成不同矿产的观点：华南以花岗岩为主，多锡、钨、钼矿；长江中下游以石英闪长岩和花岗闪长岩为主，多铁矿和铜矿。谢家荣于 1923 年，以当时中国已知资料为基础，提出了《中国的矿产区域和矿产时代》论文，这是对中国区域成矿的首次较全面论述，是一篇有影响的代表作。1935 年，以谢家荣为主，发表了《扬子江下游铁矿志》，是中国早期研究单矿种区域分布规律的专著。

总的看来，在这一阶段，区域成矿学研究以成矿区域和成矿时代为主线，初步探讨一定区域中矿床在时间和空间分布的规律，以现象归纳为主，且多限于矿产较丰富的局部地域，基本上是积累资料和初步探讨阶段。

## 二、奠基阶段（20 世纪 50 年代至 70 年代）

20 世纪中叶以来，全球矿业已有了相当发展，经济发达地区的找矿难度加大，促使人们加强区域成矿规律研究，以提高找矿预测的成效。同时，矿业发展本身为矿床学研究积累了丰富的资料。广大地区的区域地质调查（含制图）和基础研究包括对区域地层、沉积岩、岩浆岩、构造、变质作用等的研究也有了系统成果。这些因素对区域成矿学的建立起了重要作用。

从 40 年代中至 50 年代初，原苏联学者对区域成矿做了多方面研究，发表了系统论述，主要是把西方原有的金属成矿时代和金属成矿区概念与地槽地台理论结合起来，以阐明矿床的分布规律。这些研究者以毕力宾 (Ю.А. Вилибин) 为代表，他在 1955 年以讲课内容出版了他的名著《成矿区及成矿时代》。他试图解决矿产时间分布和矿产空间分布分别研究的局限性，采取以地槽发展阶段及各阶段产物空间分布为主线，运用建造分析的方法，总结了原苏联乌拉尔地槽的成矿规律。毕力宾将显生宙地槽-褶皱带成矿划分为 5 个成矿阶段，每个阶段中都有特定的构造型式、岩相建造和矿床类型，即划分出构造-岩相-成矿带。毕力宾的思路是把矿床的时-空演化融合到地槽学说中去，开始了区域成矿研究与大地构造结合新的阶段，他的学术思想对原苏联和有关国家的地质界有深刻影响。后来的有关地台成矿、地台活化区成矿等都是这一学术思想的拓展。

1958 年，Ю.А. Старинский 总结了地台区矿产分布规律，陈国达 (1958, 1960) 和 А.Д. Щеглов (1968) 提出和论述了地洼区或地台活化区的概念并总结了它的成矿规律。60 年代中，Cartney 和 Potter 将 Ю.А. Вилибин 地槽成矿观点应用到北美洲阿巴拉契亚地槽区。В.И. Смирнов (1968) 研究了天山、高加索地槽，发现与乌拉尔区有差异，又提出几种不同类型地槽的成矿规律。

在原苏联，从 50 年代到 70 年代，地质学家们重视研究成矿规律，召开了多次学术会议。С.С. Смирнов (1945) 还提出环太平洋成矿带的概念，根据成矿构造环境和金属矿床组合，将环太平洋成矿带分为外带和内带，内带以铜、金矿床为主，外带为钨、锡、铁等矿床。他的这些理论，对以后的区域成矿研究有一定影响。

需要指出的是,原苏联在50年代成矿规律和成矿预测图的编制中,编图学术思想曾有过争论。一种是从Вилибин的观点出发,按岩浆建造、沉积建造和矿石建造来编图,这在理论上是可取的。另一种是按Сатбаев(萨特巴也夫)的观点,按控矿地质条件、找矿标志来编图,强调找矿应用。后一种观点在地质勘查工作中得到了广泛应用,在中国也曾采用这一方法。

1956年和1960年分别在墨西哥和丹麦召开的第20届和第21届国际地质大会上,区域矿床成因论和金属矿床分布规律是重点内容之一,展示了一些国家、地区编制的金属成矿图,探讨了编制成矿图的原则和方法。与会学者强调要充分重视矿产分布与地质构造之间的成因关系,并提出构造是控制矿床形成和分布的重要因素。

在中国,程裕淇曾多次总结了中国的铁矿床类型及其分布规律,促进了一些铁矿的发现和远景扩大。徐克勤、涂光炽等深入研究了华南不同时代花岗岩的形成演化与钨锡等矿床形成的关系,使中国的花岗岩类成矿研究水平居世界前列。郭文魁指导和领导了对中国金属矿床区域成矿规律的综合研究,先后指导编制和主编了1:300万中国有色金属成矿规律略图、1:100万中国成矿规律图等,他把中国的金属成矿作用划分为三大成矿域和三大成矿旋回,并对长江中下游等区的区域成矿规律进行了深入研究。叶连俊对中国的沉积矿床,主要是锰、铁、磷、铝矿床的成矿环境、时-空演化和成矿机理进行了系统研究,提出了陆源汲取成矿论。张炳熹及其学科组对华南湘、赣、闽、浙四省内生金属成矿规律进行了全面研究,对中国东部滨太平洋成矿带的成矿特征作了系统对比。70年代初,我国学者开始关注火山岩区成矿研究。1974年在昆明的全国火山岩铁铜矿床学术会议上提出宁芜玢岩铁矿成矿模式,并于1976年对外发表,这是我国在国际上提出的第一个区域成矿模式。这些都是60~70年代区域成矿研究的代表性成果。

总之,在这个时期,区域成矿研究受到广泛重视。这一阶段的主要标志是,区域成矿分析与大地构造紧密结合,物质运动与时间、空间统一研究,构造-成岩(建造、岩相)-成矿相结合。这说明区域成矿研究已从矿床分布的现象归纳转入全面探讨区域成矿规律,标志着区域成矿学这个分支学科的基本确立。

### 三、发展阶段(20世纪70年代至90年代)

60~70年代是地质科学发生显著变革的年代,也给区域成矿学的发展提供了契机。60年代中期板块构造学说问世不久,一些学者开始尝试运用板块间的相互运动来解释某些矿床类型的形成环境。R.H.Sillitoe(1970、1972)、P.W.Guild(1970)注意到块状硫化物矿床和斑岩铜、钼矿床的形成机制、同位素组成特征与板块边界类型的关系。A.H.G.Mitchell等(1972)对环太平洋地区的斑岩铜矿和锡矿,C.F.Park(Jr.)(1972)对太平洋盆地的铁矿,F.S.Sawkins(1972)对广泛分布的块状硫化物矿床,都用板块碰撞带深部熔融产生的岩浆作用提供成矿物质来解释上述矿床类型的成因。P.Guild自1973年起联系全球板块构造阐述区域成矿规律。

英国的A.M.Evans(1980)将板块构造观点与地槽观点结合起来,解释不同构造环境中矿床的形成与分布。R.W.Hutchinson(1980)则将贱金属硫化物矿床作为认识构造环境和构造演化的一种标志,Guilbert(1981)持类似的观点,指出“要用矿床的基础地质去解释板块构造,而不仅仅是相反”。1980年在巴黎召开的第26届国际地质大会上,已有了“板块构造与成矿”、“矿床在空间与时间上的分布”等专题讨论。

80年代以来,运用板块构造理论来解释矿床产出环境的文献日益增多,其中,代表性的著述有A.G.Mitchell和M.S.Garson(1983)的《矿床与全球构造》和F.J.Sawkins(1984)的《金属矿床与板块构造》。两本专著全面论述板块构造、岩石组合与矿床类型之间的联系,从全球构造尺度阐述了主要矿床类型的生成和分布规律。

在中国,李春昱(1981)、郭令智(1981)等结合中国地质构造特点,阐述了板块构造与成

矿的关系,为区域成矿研究提出了新的研究方向。

在区域成矿研究中,还有一个不容忽视的研究领域和学术方向,即巨型断裂构造与成矿的关系。原苏联学者 M.A. 法沃尔斯卡娅(1956, 1969)、美国学者 J. Kutina(1969)等先后提出聚矿构造、线性构造、穿透性构造等概念并系统研究了它们的控矿作用。E.S. 奥德里斯科尔对澳大利亚基底断裂系统的深入研究对发现奥林匹克坝矿床起了重要作用, J. Kutina(1995)还利用幔根构造观点来解释北美大陆金属矿床富集区的深部原因。

近年来,很多学者重视研究裂谷构造与成矿的关系,因为很多矿床如 SEDEX 型矿床、VMS 型矿床、金刚石矿床、含矿碳酸岩等大都产生在裂谷环境。伸展构造体制下矿床的形成和演化已受到普遍重视。对区域大型剪切带构造与金矿带的关系、古大陆边缘与成矿作用等已有较系统的研究成果。

在这个阶段中除了用槽台学说主要是板块构造学说来解释矿床时空分布外,西欧的地质学家如 P. Routhier 强调地球化学省对成矿的作用,以原始地壳不均一性来解释各大区域中金属成矿的差异(《全球成矿规律研究》,1981)。美国的 J.A. Noble(1970, 1974)也持类似观点,他研究了美国西部的金属成矿省。一些地球化学家也支持他们的观点并尝试用地球原始组成物质的不均一性来解释区域成矿明显差异性的根源,即超越(穿切)构造单元的金属省成矿概念。

80 年代以来,一些国家开展了大面积区域化探工作,提供了极为丰富的区域地球化学信息,使区域成矿学研究有可能建立在更多的对区域地球化学背景的认识之上,并逐步形成了以区域构造和区域地球化学二者结合为背景的区域成矿学研究思路。

70~80 年代,成矿时代研究受到重视,一些学者利用地质学方法和同位素年代学方法积累了大量岩矿年代资料,用以总结全球不同地质时代的成矿特点,并将其与地球演化阶段联系起来。C. Meyer(1981)在纪念《经济地质》出版 75 周年的论文集中,发表了《地质历史上的成矿作用》一文,较系统地阐述了地史上金属成矿的演化趋势,划分出 3 个大的成矿类型转变期(自 3800Ma 以来):①太古宙与元古宙转变期(2500Ma 左右);②古元古代与中元古代转变期(1800Ma 左右);③元古宙与古生代转变期(600Ma 左右)。他认为,第一和第三个转变期与地球的大地构造型式变化相吻合,而第二个转变期则与地球大气中  $O_2$  含量的突然增长相关联;在每一大的成矿时期中都有特定的成矿环境和产生相应的矿床类型。他还指出,随着地球表面环境化学多样性的增加,以及构造多样性的增强,有利成矿的环境随时间的增长而增加;而且随大陆的不断堆积和剥蚀,成矿作用的复杂性也在增加。J. Veizer(1976)根据地史上地壳、生物圈、沉积岩及矿石等的成分变化趋向,以古陆扩大、生物活动从海洋迁上陆地标志,又以 400Ma 左右为界,将显生宙成矿期分为两个阶段,即早古生代和晚古生代—中生代两个阶段。

M.E. Barley(1992)依据各成矿时代中生成的矿产的储量统计资料,联系古大陆聚散的背景,研究了主要金属成矿的时间分布特征,提出地史上存在着 3 个大陆成矿高峰期,分别是距今 2000~1800Ma、1000~800Ma 和 400~300Ma,它们分别相当于古大陆聚合末期到裂解初期这个转变期。

70 年代以来,随着全球科学深钻、地学大断面、地幔填图和大洋探测等深部探测和研究的加强,积累了一些关于地球深部组成和结构的新资料,壳幔相互作用、岩石圈和软流圈相互作用、地幔柱运动等问题受到重视,并开始探索成矿物源、成矿作用与深层物质运动的关系,从宏观角度研究区域成矿的地球动力学机制。这是当前和今后一个时期区域成矿研究的一个重要领域。

80 年代以来,巨型矿床(特大型、超大型)成矿规律的研究受到重视,并已获得一定进展。例如,已明确元古宙是全球大型、巨型矿床的重要成矿期,古大陆边缘构造带是巨型、大型矿床较为集中的地域等。这项研究工作方兴未艾。

区域成矿研究中,区域规模的地质流体运移和演化对区域成矿的控制也已引起专家的重视,如对北美密西西比河谷型铅锌矿床成矿规律的研究等,这也是区域成矿学研究中的新课题。

成矿区(带)中矿床成矿系列(简称成矿系列)研究是中国地质学家总结20世纪50年代以来矿产勘查和矿床研究的一项重要成果(程裕淇、陈毓川等,1978,1998;翟裕生等,1979,1996),它将矿床类型共生与一定区域的地质构造环境联系在一起,以阐明各矿床类型间的时空和成因关系。这一观点对区域成矿预测和指导找矿有实际意义。近年来,为探讨成矿系列的成因和动力学机制,又开展了对成矿系统的研究(李人澍,1996;翟裕生,1997)。

以上简要介绍了70~90年代区域成矿学发展的趋势。总的特点是在全球构造演化和层圈相互作用的基础上,从地球动力学机理来研究区域成矿规律。

在中国,从大地构造和区域构造入手研究成矿规律历来受到重视。李四光创立地质力学;黄汲清提出并发展多旋回构造运动学说;张文佑(1983)提出断块构造学说;陈国达提出地洼学说;张伯声(1982)发表《地壳波浪与镶嵌构造研究》。他们都对中国的大地构造特征有系统分析,形成了创新理论,对区域地质找矿有指导意义。王鸿祯等(1981,1990,1996)关于大地构造活动论和构造演化阶段论的学说,对中国大地构造分区和古陆边缘构造演化的系统研究;马杏垣等(1987)对中国华北前寒武纪地质和中国大陆动力学特征以及地学大断面的研究等,对区域成矿研究均有指导作用。杨遵仪、程裕淇、王鸿祯合著的《中国地质学》(1989)及程裕淇主编的《中国区域地质概论》(1994),系统地论述了中国的地质演化史和地质构造特征,是研究中国区域成矿的基础性文献。

我国的区域成矿研究是有组织有计划的,地矿部在1979~1983年、1992~1995先后两轮在全国开展成矿区域规划研究,组织进行了较系统的区域成矿规律研究及中、小比例尺成矿预测,对推动全国区域矿产勘查起了重要作用。

在成矿区(带)的研究工作中,运用地质学、地球化学、地球物理学和遥感地质的新技术、新方法和新理论,比较重要的有:地质矿产部现国土资源部、中国科学院、国家自然科学基金委员会及有关地质行业组织的对秦巴地区、南岭、长江中下游、华北地台北缘、“三江”等地的区域成矿规律研究,并取得巨大成果;新疆维吾尔自治区“305”项目取得重要进展,编制了全自治区及邻区成矿规律图及说明书,对阿尔泰、天山等区域的地质演化与成矿特征有了突飞猛进的认识;中国大多数省(区、市)地质矿产局都编著有相应的区域地质志和成矿规律图,完成了各自的区域矿产总结以及本省(区、市)的矿床成矿系列研究。这些工作使对中国区域成矿的认识提高到一个新的水平。有关成矿规律的研究论文反映在各类地质矿床期刊中。完成了一批区域成矿研究的著述和图集,全国性的包括:《中国内生金属成矿图及说明书》(1:400万,郭文魁等,1987)、《中国矿产资源图及说明书》(1:500万,宋叔和主编,1992)、《中国黑色有色金属矿产图集》(刘兰笙等,1996)等。区域性的例如:《华北陆块北缘及其邻区有色金属矿床地质》(芮宗瑶等,1994)、《新疆北部固体地球科学新进展》(涂光炽等,1993)、《中国新疆古生代地壳演化及成矿》(何国琦等,1994)、《西北海相火山岩地区块状硫化物矿床》(邬介人等,1994);《秦巴岩石圈构造及成矿规律地球化学研究》(张本仁等,1994)、《秦岭泥盆系铅锌成矿带》(祁思敬等,1993)、《秦巴金属矿床成矿概论》(耿树方等,1994);《胶东绿岩带金矿地质地球化学》(杨敏之等,1996)、《中国东部金矿地质学及地球化学》(胡受奚等,1998);《长江中下游铜铁成矿带》(常印佛等,1991)、《长江中下游地区铁铜(金)成矿规律》(翟裕生等,1992)、《南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色及稀有金属矿床地质》(陈毓川等,1989)、《华南元古宙基底演化和成矿》(涂光炽等,1993)、《滇西特提斯的演化及主要金属矿床成矿作用》(罗君烈等,1994)及《华夏地块韧性剪切带金矿地质》(王鹤年等,1992)等等。

中国自新中国成立以来积累的矿床地质资料极为丰富。1:100万全国地质调查已基本完成,



第一轮 1:20 万区调除西藏等部分边远地区外全国已经完成。全国性及大区域的地质图、地球物理图（包括中国海域地球物理图）、不同类型岩石分布图以及金属和非金属矿产分布图等都已编制出版。这些成果为进一步研究中国的区域成矿特征和矿产分布规律打下了坚实基础。

#### 四、小 结

从上面简要的叙述中可以看出以下几点。

(1) 区域成矿学是在现代地质科学的基础上，有了系统的区域地质调查和大量矿产勘查开发和矿床研究积累的丰富资料，为适应区域普查找矿的需要而逐步形成和发展起来的。

(2) 区域成矿学是一门综合性、区域性学科，需要多学科的相互渗透与综合，因此要努力运用系统科学的理论和方法、发展演化观点和四维的思维方式加以研究，同时要充分利用计算机技术和 3S 技术。

(3) 区域成矿研究涉及全球地质构造背景，需要加强国际间交流与合作。要善于将国内某些成矿区（带）的地质矿化特征与国外类似区带作对比研究，并从中概括出规律性的认识，从而更深刻地认识本国的区域成矿特征，发展成矿理论并指导成矿预测和勘查工作。

(4) 区域成矿学在近百年的发展过程中，逐步形成了若干学术观点或学说，这些观点和学说主要是：

①大地构造运动对区域成矿起了主导的宏观控制作用，包括槽台说、板块构造说和深断裂构造控矿说等在内的各种学说，都强调大地构造或大型构造对成矿时-空分布的控制，构造成矿控矿已成为区域成矿学研究的一个基本内容。

板块构造理论是迄今最有影响的全球构造学说，它可从宏观上指导区域成矿研究，但也有其局限性。当前，已开始探索运用地球系统科学理论，从地球各层圈的相互作用和物质运动来探索区域成矿规律，已有地幔柱（羽）与成矿等观点。

②地球化学省（块体）的存在反映了地壳乃至岩石圈中成矿元素分布的不均匀性，为了探求矿质来源，区域地球化学已成为区域成矿学的一项基本研究内容。而构造地球化学（主要指区域构造地球化学）则是将区域成矿的两个主要支柱——构造和地球化学结合研究的重要领域。

③矿床成矿系列研究将区域中各矿种、各矿床类型的时、空和成因联系起来作为一个整体来研究（程裕淇、陈毓川等，1979，1998），已显示出其在区域成矿学中的重要作用。

④成矿系统分析是矿床学研究的一个趋势。翟裕生等（1997，1999，2002）在概括前人研究的基础上，全面提出了成矿系统及其演化的学术观点，运用系统论和历史观，从成矿动力学层次上研究和阐明区域成矿规律，作为区域成矿学的核心内容，已在成矿区（带）研究中广为应用。

⑤区域中矿床（化）在空间上的分布常表现为（区域矿化）分带性，区域中矿床（化）在时间上的分布常表现为阶段性。各矿带之间和各成矿阶段之间又有过渡、渐变、突变、叠加等各种复杂关系，这就构成了区域成矿复杂的时-空结构（网络）。

⑥区域成矿具有演化性质，它是一个不可逆的螺旋式前进的地质历史进程。成矿演化是整个地球历史演化的一个组成部分和一种表现形式。运用自然历史唯物主义的观点对成矿演化加以研究是必要的。一些学者从成矿谱系的角度来研究区域成矿的演化过程。

当今，随着地球系统科学的提出和地球动力学研究的开展，区域成矿学研究面临新的任务和课题，它们包括：壳幔作用对区域成矿的控制；成矿动力学的深入研究；地质历史上成矿的时-空演化以及区域成矿系统的形成和演化，还有地质突发事件与大规模成矿的关系等。对这几个方面的深入研究，将能促使区域成矿学达到一个新的高度。