

区域成矿学研究问题

翟裕生*

(中国地质大学, 北京)

提 要: 现代矿床学认为矿床尤其是大矿和矿集区都是区域尺度地质作用的产物, 并重视对区域成矿学的系统研究。区域成矿学的主要任务是研究成矿的宏观时空背景, 包括壳幔相互作用和区域构造格局、多种控矿因素的耦合、含矿建造的形成和分布、区域地球化学与成矿、矿床成矿系列、区域成矿系统的形成和演化, 编制区域成矿的综合图件、建立区域成矿信息库, 总结区域成矿规律。区域成矿学的研究思路是以唯物辩证法、系统论和历史观为指导, 以构造-成岩-成矿为主线, 以成矿背景、成矿系统和成矿演化为核心内容, 以边界成矿、转换成矿、耦合成矿和叠加成矿为理论基础, 综合研究区域成矿的时空结构和矿床的分布规律, 为矿产预测和普查找矿服务。

关键词: 区域成矿学 构造-成岩-成矿 成矿系统 矿床分布规律

1 区域成矿学研究的重要意义

现代社会生产和科学技术的迅猛发展, 促进人们加速对矿产资源的勘查和利用。随着矿床的勘探开发, 积累了丰富的矿床地质资料, 加之整个地球科学的发展和现代科技方法的运用, 促进了矿床学研究的深入和提高。矿床学这门比较传统又不断更新的学科自100多年前开始奠基, 到现今大体经历了由矿床地质学→矿床成因论→区域成矿学的3个阶段, 即由对单个矿床的地质特征、成因机制研究向着区域成矿背景、成矿环境、成矿时空演化的方向, 逐步拓宽研究领域。可以认为, 目前已达到矿床地质、矿床成因和区域成矿三者紧密地结合, 并肩前进的时期。这个时期的一个重要趋势是将对矿床的研究与区域岩石圈特征和演化历史联系起来, 将成矿作用视为岩石圈演化过程的特定事件, 是岩石圈物质运动的一种独特形式。而且随着整个地球科学的进步和区域成矿学的拓宽和系统化, 现代矿床学有向全球成矿学发展的可能性, 这将是矿床学发展的第四个阶段, 也是它将达到的顶峰, 即矿床学不再只是一个局限性的分支学科, 而且也是全球性地学学科的一员。

现有的大量研究成果表明, 矿床尤其是大矿和矿集区的产生不仅仅是矿床和矿田尺度的地质作用的结果, 而首先是区域尺度地质作用的结果。只有认识区域成矿的整体, 才能对每个单个矿床的地质特点和形成过程有更深入的理解。反之, 对每个矿床深入解剖, 又是认识区域成矿的基础。点面体的有机结合研究是地质成矿学的一个基本要求。

区域成矿规律研究涉及广阔的时间、空间领域和多种地质的、地球化学的、地球物理的

* 翟裕生, 男, 63岁, 教授, 长期从事矿床学教学和研究工作, 在矿床和矿田构造研究方面知名度较高。

邮政编码: 100083

和地质生物的因素和作用。它不局限于对单个矿床、矿田的研究，而是宏观微观结合，重在宏观；整体和局部结合，重在整体。它是更大尺度和更高层次的成矿学研究，涉及更广阔的直接间接控矿因素，也即更多的学科领域。它与地史学、大地构造学等学科有相似处，是一门综合性强，带有横断学科性质的，以广阔的地球科学为根基的综合性学科。由于它是区域矿产预测和普查找矿的理论基础，它的应用基础学科的性质也是明显的。区域成矿学不仅能为矿产预测和找矿勘探提供科学依据，还可为一个国家或地区的可持续发展提供有关矿产资源的系统信息，对矿业开发与环境保护的协调发展规划提出科学建议。为了深入研究区域成矿学，有必要对它的基本任务和研究内容、学术观念和研究思路作进一步研讨，以下是笔者的一些初步认识，供研究参考。

2 区域成矿学研究的基本内容

区域成矿学的研究内容涉及方面很多，而且因不同区域特点侧重点不同，它的基本研究内容如下：

(1) 研究区域中矿床形成和分布的地质构造背景和环境，包括区域壳幔结构、主要地层、岩石和构造单元、区域地质发展史、主要的地质成矿事件等。研究和认识上述成矿的宏观时空背景，是进行区域成矿分析的基础和前提。

(2) 研究区域的控矿条件和因素，它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、物理化学等作用及其制约因素。要说明的是，矿床地质研究尺度也都涉及这些研究内容，在区域成矿学研究中，要着重从区域尺度，即从宏观和整体上研究这些因素的控矿作用，包括这些因素间的耦合对成矿的控制。例如，对成矿流体的研究，就要从整个含矿盆地或造山带范围，研究流体的区域尺度的运移和作用特点及其演化路径，而限于在单个矿床内的流体活动特征。

(3) 含矿岩石建造的形成和分布特征：大多数矿床都产在一定的岩石建造中，而成矿系列则“是与同一岩石建造有成因联系的所有矿床类型的四维整体”（翟裕生等，1997）。含矿岩石建造包括沉积岩的、火山岩的、侵入岩浆岩的和变质岩的以及复合的，如含钨锡铋钨矿床的花岗岩类建造（如南岭区域）、含铅锌银铜金矿床的沉积（热水沉积）岩建造（如南秦岭区域）。一定的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衍生于其中的矿床类型，是区域成矿学的核心内容之一。

(4) 研究区域地球化学特征：区域地球化学研究区域壳幔各层圈的化学组成、化学作用、化学演化和区域岩石圈系统中化学元素（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，可以获得上述信息，结合对构造、岩石、流体等作用的研究，可阐明壳幔各圈层、各构造层、各含矿建造中的成矿元素组合、含量及分布状况，以探索提供成矿物质的源区，查明区域中是否存在特定的地球化学场，及其结构、组成和演化等，以便从宏观上了解区域成矿物质的来源场地。

(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模式和产出模式等。这些信息可以通过已有的地质文献获得，但要加以检查核实和充实，也可以有重点地直接做些

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, 对矿床类型的归属比较合理。这样就为从已知到未知进行区域成矿分析打下扎实的基础。

(6) 研究区内各矿种、各矿床类型之间的相互关联, 包括其成因的、时间的、空间的联系; 划分区域成矿时代和期次, 查明成矿的空间分带(三维的), 建立起区域的矿床系列(成矿系列或成矿序列)。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《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构造环境和成矿因素耦合作用下, 成矿物质由分散到富集形成矿床的作用过程及相关产物组成的整体。成矿系统有多个层次, 区域成矿系统处在最关键的位置, 它发生在一定的地质成矿事件中, 具有特定的结构、功能、空间展布和时间演化特征。成矿系统概念能将成矿的环境、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。一个地质结构复杂的区域内存在多个成矿系统, 还要研究它们之间的相互关系, 以便认识区域成矿的整体特征和演化过程。

(8) 对区域内主要的成矿系统进行非线性动力学分析、实验模拟和数学模拟, 对模拟结果进行地质分析, 并在此基础上建立以成矿系统为基础的区域矿产信息库, 编制区域成矿规律图(系列图)。

(9) 研究和总结区域成矿规律, 包括区域成矿的时空结构和演化, 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它区域作对比, 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)前提和标志。

(10) 对区域矿产资源潜力和前景作出基本评估, 提出区域矿产资源量增长的途径, 提出区域矿产预测和普查找矿的方向、原则和基本方法; 以及在必要和可能时, 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。这些研究内容都服务于一个整体目标, 即对区域成矿规律系统、历史的认识。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, 逐步地逼近、逼近、再逼近。

3 区域成矿学的几个观点

区域成矿学作为一门综合分支学科, 具有区域性、综合性、基础性和应用性等特点, 这些特点对于研究工作的思路有明显影响。在多年的学习和研究实践中, 逐步形成了一些认识, 笔者认为以下观点可以考虑作为区域成矿研究的思路。

(1) 从全球构造演化来认识成矿作用的观点: 矿床是有用物质高度浓集的结果, 是地球在漫长演化历史中的特定产物。成矿作用是地球动力作用的一种表现形式, 各类成矿系统是地球物质系统的一个组成部分。因此, 在矿床学包括区域成矿学研究中, 要从整体的地质构造宏观背景来认识局部成矿作用, 要从整个地球(或大区域)的演化历史来了解特定的成矿时段, 要从整个地球的物质-热-化学运动来探索成矿物质在一定时空域中的富集机制。将矿床形成、成矿区带的形成与全球地质背景和演化历史有机地联系起来, 是区域成矿学的一项基本观念。

(2) 构造-成岩-成矿作用的观点: 构造运动是地球物质运动的一种基本的主导形式。大型构造促使地球物质作大尺度的运动和分异, 形成各类岩石建造(组合)。岩石建造形成过程中或形成后所发生的次级构造运动和化学运动又使成岩成矿物质进一步分异, 成矿物质类聚而形成矿床。因而构造-成岩-成矿作用是一个完整的自然作用体系, 因地质环境和成岩作用的明显差别, 可表现为构造-岩浆(岩)-成矿带及成矿系统、构造-沉积(岩)-成矿带及成矿系统、构造-变质(岩)-成矿带及成矿系统等。对于产于各类岩石中, 对围岩无明显选择性的大量热液矿床而言, 构造-流体-成矿体系或构造-流体-蚀变-成矿体系则是研究的基本内容。区域构造-成岩-成矿体系的思路是区域成矿学的核心内容, 它体现了物质和运动, 成岩和成矿的谐和与统一。

(3) 区域成矿系统的观点: 运用系统思想研究成矿作用, 逐步形成了成矿系统概念, 并开始广为运用。如前面所述, 成矿系统是指在一定时空域中和一定的构造背景下, 控制矿床形成和保存的全部地质因素和作用过程, 以及所形成的矿床、矿点和相关异常的总合。

以成矿系统为中心环节, 分析它形成的宏观地质构造背景, 研究成矿系统的组成要素及它们的相互关联, 追踪成矿系统的发生和作用过程及其演化轨迹, 以及直到后来的矿床保存和分布状态, 可以历史地认识区域成矿的基本过程。因此, 研究区域成矿系统的形成和演化是区域成矿学的一项基础内容。

区域成矿系统是区域岩石系统的一个组成部分, 它包括成矿物质的发生、运移、浓集和堆积成矿的全过程, 也是不同类型、不同规模矿床及相关地、物、化、遥的综合异常共同构成的统一整体。成矿系统的核心内容是成矿物质的浓集和演化, 即成矿元素由分散→预富集→再富集, 以及成矿后的再循环的整个过程。成矿系统概念体现了矿床形成和成矿后的保存变化一系列纵向地质演化历史和矿床形成、演化、分布的时空统一整体性。

(4) 边界、转换、耦合、叠加成矿的观点: 在区域成矿过程中, 导致成矿物质由分散态到浓集态的因素和作用形式多种多样, 因具体地质环境、成矿系统类型的不同而有差别。概括起来, 基本的成矿动力型式有边界成矿(包括边缘成矿、界面成矿)、转换成矿(温压转换、岩相转换、构造应力转换力、各类物理化学参量的转换, 尤其是这些转换的急变或突变部位)、多场耦合成矿(矿源场、流体场、热场、应力场、空间场、时间域等)和叠加-改造成矿(叠加成矿、复合成矿、多期成矿、改造成矿等)。这些基本成矿动力型式的耦合是形成大矿、富矿和矿集区的基本条件(详见笔者的另一篇论文)。

这些边界、转换、耦合的成矿动力型式是促使成矿物质由分散、到富集、到堆积成矿的基本因素, 它们既包括宏观形式, 如不同板块的边界, 也包括微观形式, 如不同晶体的边缘。目前, 关于边界成矿、转换成矿和耦合成矿的原因和动力机制及其保持持续稳定的因素等都正在研究中, 其规律性尚不清楚。

区域成矿是一个复杂的巨系统, 涉及多个层次、多个要素和复杂的动态变化过程。为探索 and 解决这些问题, 要学习和运用唯物辩证法、系统论、整体观、自组织、临界性等观念来观察和分析研究, 以深入认识成矿动力学机制和定量地分析成矿作用。

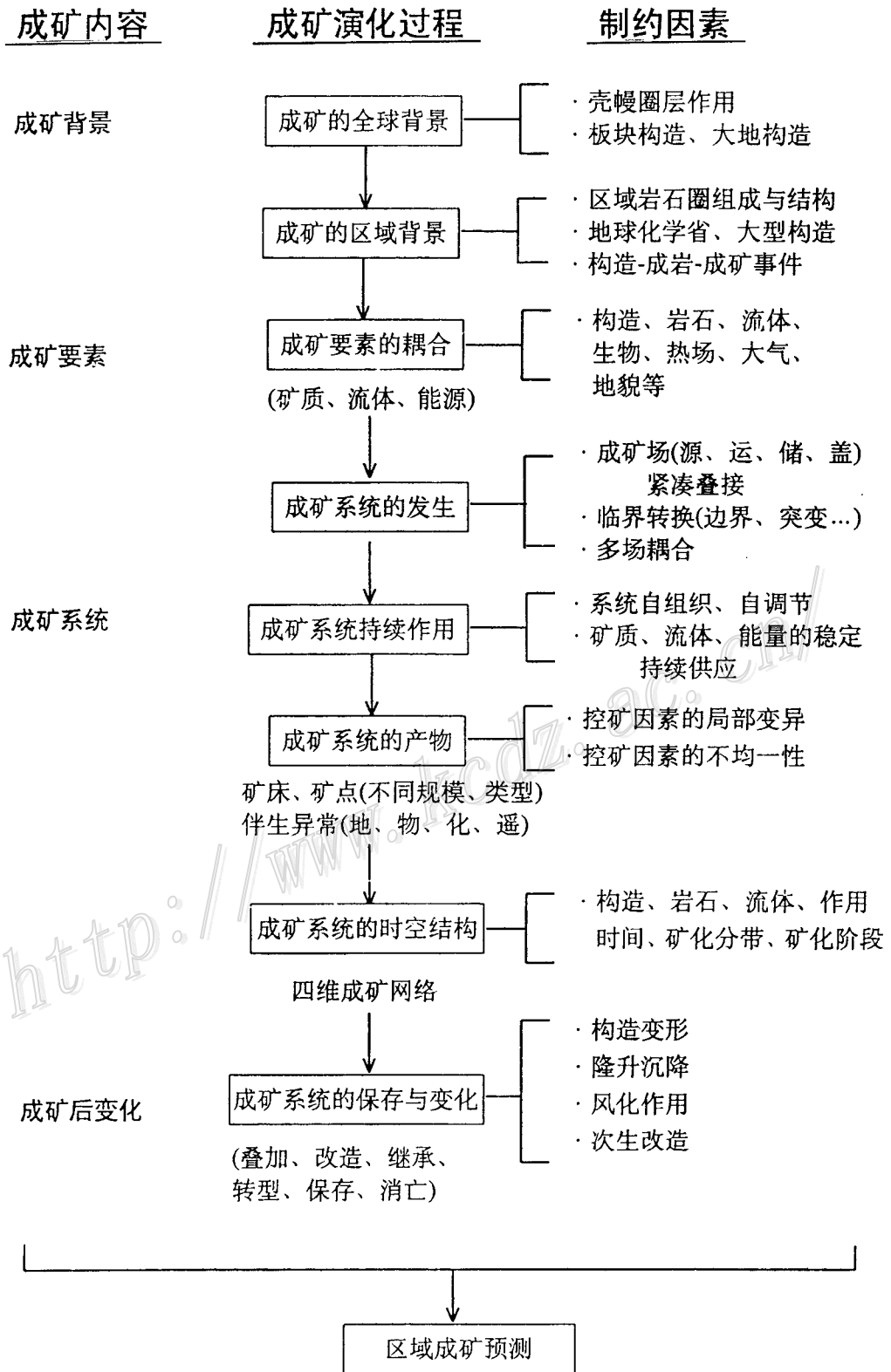


图1 区域成矿学框架图

4 区域成矿学的学科框架和研究思路

综合上述, 作者认为, 可以区域成矿构造背景、成矿系统和成矿演化三者作为区域成矿学的三根支柱, 以它们为基础有机地联系各种控矿因素、成矿过程和成矿产物, 再进一步构筑起区域成矿学科的基本理论框架。而区域成矿学的研究思路可概括为图 1。

以唯物辩证法、系统论和历史观为指导, 以区域构造-成岩-成矿为主线, 以成矿构造背景、成矿系统和成矿演化为基本内容, 以边界成矿、转换成矿、耦合成矿和叠加成矿等为理论基础, 研究区域成矿的时空结构和矿床的形成和分布规律, 为矿产预测和普查找矿提供科学依据。

区域成矿学的基本理论框架和研究思路可表现如图。

参 考 文 献

- 1 郭文魁. 中国内生金属成矿图 (1:400 万) 说明书. 北京: 地图出版社, 1987, 43~57.
- 2 翟裕生、秦长兴. 关于成矿系列和成矿模式. 见: 刘云从主编. 矿床学参考书, 下册. 北京: 地质出版社. 1987, 214~227.
- 3 翟裕生、张湖、宋鸿林等. 大型构造与超大型矿床. 北京: 地质出版社, 1996, 144~151.
- 4 翟裕生、姚书振、崔彬等. 成矿系列研究. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996, 1~192.
- 5 翟裕生. 古大陆边缘构造演化和成矿系统. 见: 北京大学地质学系编. 北京大学国际地质科学学术研讨会论文集. 北京: 地震出版社, 1998, 769~778.