

构造成矿规律及非线性成矿动力学机制

张湘炳

(中国科学院长沙大地构造研究所, 长沙 410013)

构造成矿学研究, 是把构造活动与成矿物质运动紧密结合起来, 以地球动力学、地球化学过程动力学及其它基础学科为基础, 将构造活动及与其紧密相关的岩浆活动、变质作用、沉积作用和成矿作用融合为一个统一的热动力构造-物理化学系统的综合研究。显然, 它与传统的成矿研究不同, 不再把构造活动与各种不同成因的成矿作用人为地分割开来; 不再把成矿作用放在一个封闭的体系里加以研究; 不再是仅仅依据地表矿点或矿化点的多少来确定成矿远景。它特别强调大地构造演化发展对成矿系列演化过程的作用; 强调构造地球物理场、构造地球化学场和构造应力场(简称“三场”) 对矿产形成的综合控制和改造作用。

从构造成矿角度看, 地质构造不仅仅是一种控矿因素, 构造动力作用, 还可以激发成矿元素的活化, 驱动含矿溶液运移, 也还可以改变成矿物质析出的物理化学条件, 直接“造矿”, 即直接促使矿体、矿床、矿带和成矿区(或成矿省) 的形成。

由此可见, 构造成矿学的研究方向与成矿构造学的研究方向既有联系又有区别。构造成矿学属成矿学范畴; 成矿构造学属构造地质学范畴, 是两门相互不同的新兴边缘学科(张湘炳, 1980, 1985, 1989, 1992)。

1 构造成矿规律

关于大地构造成矿规律, 陈国达教授在他创立的地洼学说成矿理论中, 作过详细的阐述(陈国达, 1975, 1978, 1986, 1989)。近年来, 作者对地壳演化与成岩成矿元素演化的一体性、顺序性、周期性和方向性进行了研究(张湘炳, 1989); 并以岩金矿成矿为例, 对岩金矿的大地构造成矿方式、构造成矿类型、构造成矿模式等问题, 进行了较系统的研究(张湘炳等, 1994)。杜方权等(1991) 曾以香花岭至千里山一带及其邻侧地区锡、贵金属矿床的构造成矿作用为例, 对大地构造、深部构造应力场及空间轴对称成矿; 岩浆岩的构造成矿作用、微构造成矿作用及构造成矿过程、成矿系列等问题, 进行了较系统的研究和论述。李德威(1993) 系统地论述了构造背景与成矿; 构造形式与成矿; 构造边界与成矿; 构造演化与成矿; 构造动力与成矿等问题。

作者在最近的著作中(张湘炳, 1992), 对构造成矿的对称性、等距性、递变性和侧向迁聚性曾作过论述。构造成矿的对称性是指在构造成矿作用的发生和发展过程中, 在统一的构造动力学机制下, 使成矿元素活化、并按其本身的物理化学性质迁移、富集而形成的成矿区、成矿带、矿田、矿床和矿脉(或矿体), 在空间展布上呈对称或似对称的分布规律。根据构造成矿对称性的特征和形成的动力机制, 可划分三种主要类型: ①轴对称型; ②中心式放射-幅射对称型; ③复合对称型。

构造成矿带(区)、矿床和矿脉在空间展布上的等距性, 是构造成矿对称性在空间分布上的一种重要形式。根据其空间展布的不同方式和形成机制, 可划分: ①平行式; ②斜列式; ③环形或弧形式。有人认为, 这种等距性是一种偶然现象, 不是一种规律。近年来的研究结果表明: 矿体(或矿脉)、矿床、构造成矿带(区) 在空间上的展布不仅具有等距离的特

征, 而且其分布的距离, 在数值上服从太极序列分布规律[●] (魏俊浩等, 1994)。

构造成矿的递变性, 系指构造成矿演化的递进叠加和逐渐过渡的特征。构造成矿过渡性特征, 首先是成矿空间上的过渡。由于不同大地构造单元和地质体边缘部位, “三场”存在着明显的差异, 不同来源介质混合, 进行能量和物质交换, 逐步由不平衡状态趋于平衡, 而成为有利的成矿空间。成矿空间上的过渡性还表现在同一空间所形成矿产种类、组合 (或系列) 呈有规律叠加过渡展布。例如, 湖南铜山岭矿田由矿化花岗闪长斑岩→接触矽卡岩型矿床→石英硫化物脉型矿床→外接触带层状矽卡岩型矿床, 构成一个完整的成矿组合 (或称成矿系列), 在空间上互相穿插, 呈明显的过渡关系。

构造成矿的侧向迁聚性, 是指成矿元素, 在构造热动力条件下, 按元素本身的地球化学性质, 沿断裂的一侧或从大地构造单元中心向旁侧定向迁聚而成矿的规律。作者在研究中国东部某些铜-多金属矿田构造成矿作用时, 曾指出: 铜山岭矿田各类型矿床在空间分布上具有明显的侧向分带。在铜山岭岩体东侧以 Cu、Pb、Zn、Ag 等成矿元素组合为特征, 含矿性好; 而岩体西侧则以硫、铅、锌成矿元素组合为特征。各类矿床在岩体东西两侧展布方向与区域构造线方向基本一致。随后, 我们在研究湖南东部金矿形成条件及分布规律时, 进一步阐明了这一规律 (张湘炳, 1983, 1986, 1988)。近年来, 我们在北疆阿尔泰地区的构造成矿规律中发现: 该区铜多金属矿床 (点) 和矿带在空间上主要分布在东北和阿巴官两条断裂带的南侧或分布在额尔齐斯深大断裂北侧。铜-金矿床 (点) 主要分布在额尔齐斯深大断裂带的南侧和乌伦古深大断裂带的北侧。

2 非线性成矿动力学机制

作者曾指出, 构造成矿的动力学机制, 主要包括 (张湘炳, 1989):

(1) 构造动力作用, 对成矿元素活化的影响; 构造活动为成矿元素活化、成矿溶液迁移所提供的动力能和热能。

(2) 不同的构造型相和构造部位, 所处的物理化学系统 (开放系统或半开放系统) 不同; 同时, 由于构造活动的影响, 不断改变成矿的温度、压力和其它物理化学环境。因而, 形成了有规律的成矿组合即成矿系列。

(3) 地幔蠕动-应力效应及由此导致的成矿物质的运动规律; 应力的波动传播方式所引起的应力-感应和波动规则; 构造变形效应和构造物理效应等, 造成了矿体、矿床、成矿带在空间定位上的若干规律。

(4) 构造成矿过程, 是构造运动 (包括大地构造运动和中、小构造活动) 和成矿物质运动的全过程; 是构造物理效应、构造应力效应和构造化学效应的综合结果。

本文所指的非线性成矿动力学机制, 是以耗散结构理论为基础, 来研究开放或半开放系统中成矿过程的动力机制, 揭示成矿作用在时间上和空间上的内在联系与规律。这是构造成矿学的一个重要研究领域。

●太极序列是意大利学者F. Mosetti根据一些自然现象的周期归纳总结出的一个序列, $P_k = \sqrt{2}^k$ ($k = \dots, -1, 0, 2, 3, \dots$), P_k 为周期值