

内生金属矿床与油气资源

成矿规律与构造物理化学研究

吕古贤 李晓波

(中国地质科学院地质力学研究所)

以地球动力学分析入手探索矿床形成和分布的规律业已成为成矿学发展的必然趋势 (Abramovich, 1990) 虽然板块构造理论为宏观尺度上揭示成矿区带的演化背景提供了先进的地球动力学分析方法,但对区域和局部尺度的成矿规律尚未形成有力的研究方法 (李晓波, 1993) 而对于全球构造的系统化分析,对于中小尺度的成矿地球动力学研究,地质力学理论和方法有着其优势之处,特别是把地质力学与岩石学、矿物学、地球化学结合起来的构造-岩相型式研究和构造物理化学方法,可以在探讨矿田和矿床的区域分布规律方面发挥其特有的作用,从而为建立不同尺度的成矿地球动力学分析方法作出贡献。

然而,由于在一段时间里,缺乏对全球板块构造与矿产规律方面所取得的地质、地球物理和地球化学资料的深入了解和综合分析研究,我们在把这些资料归入到统一的地球动力学体系中,因而能够提供新的层次上的成矿规律研究理论和方法方面,存在着相当大的困难和挑战。下面我们从宏观到微观对成矿构造研究中的若干重要问题作一简单讨论。

1. 矿化密集区带的地球动力学背景研究

在现代板块构造体制中,裂谷带、俯冲带、碰撞带和板内伸展、挤压和走滑带是地壳层圈边界地带。这些地带也往往是壳幔以及层圈交换作用最强烈,因而演化至今形成地球化学高度异常聚集的上地壳区带。对于造山带和盆地这些强烈结构和物质交换的层圈边界带,过去 10 年对其主要活动细节和演化的详细过程做了大量的基础工作 (Laznicka, 1989) 地球动力学分析不仅要查明这些地区内的矿化聚集的部位、形式和主要的地质背景过程,还要从特定的地质时代和环境中,以及它们在全球动力学体制中的位置出发研究这些位置所带来的成矿规律的差别 (李四光, 1973; Kutina, 1991)。换句话说,现在应该再重复问一下李四光在几十年前提出的问题——“为什么在某一地区,某一地质时期,按一定的轮廓和规律,发生了沉降运动,而在同一时期,在某些地区和地带,又发生了某种形式的隆起运动?” (李四光, 1964),应该进行这些地壳层圈边界活动带的全球构造位置及其地球动力学性质的深入对比和研究,促进成矿规律的深入探讨。

2. 矿源岩系和序列的研究与建立

对于内生金属矿床来说,有人把 90 年代誉为源岩研究的 10 年。地球物理学 (Doe, 1991) 和一些深部地球化学 (欧阳自远, 1995; 高山, 1995) 工作业已揭示出下地壳和上地幔的强烈不均一性。这些不均一性在某些特别的成矿元素组合上表现为一个一个的地球化学块 (blocks),

其中那些富集某些金属并容易被析出的地球化学块(通常是古老岩系)有可能成为某些大型矿床和矿集区矿化的源岩。而这些古老岩石的变形变质、演化以至转化为新的年轻的地表岩石过程,往往形成经济矿床,我国地壳运动长期不稳定,特别是中、新生代强烈构造岩浆活化区(陈国达,1978),尤其是这样

Hutchinson(1987),郭文魁(1991)和吕古贤(1989)等人对于金矿的多阶段、多过程的复杂成矿作用研究后提出矿源岩系和序列的概念,矿源岩系是成矿物质随着其载体岩石形成、相变和形变而断续分散运移、富集和重新分配,直至形成矿床这一演变过程和体现这一过程的岩石组合。在大地构造背景下并针对具体元素及组合的矿床来说,根其形成时间和空间上与工业矿床形成作用的亲疏远近,将它们划分为初始矿源岩、中间矿源岩和直接矿源岩系(序列)。

3. 区域成矿构造—岩相型式研究

李四光曾针对构造体系的研究问题指出,先抓中生代以来,这些有比较确切地质依据的内容(马宗晋,1991)。这是一种唯物辩证的科研战略思考

从构造层的思路出发,结合其成矿期构造和岩相的宏观研究(张洪涛,聂凤军,1994),研究区域构造岩相型式(吕古贤,1989),为从中、新生代向更老时代研究推进创造丰富的实际资料。

构造岩相型式是指有一定形态及展布且具地质构造成生联系的构造变形岩带和构造变形地域的组合,包括其中受构造影响的沉积岩相、岩浆岩相和变质岩相建造以及反映它们形成发展的地质环境和物理化学条件(吕古贤,1991)。诸如对胶东玲珑—焦家式金矿,即产于前寒武变质岩系内中生代花岗岩中的含金剪切带黄铁石英脉—黄铁绢英岩型金矿(花岗岩交代重熔的基体为前寒武变质岩系),我们开展初始矿源岩的构造—沉积岩相型式限制金矿化集中区的范围,中间矿源岩构造—变质岩相型式制约金矿带展布特征,直接矿源岩构造—花岗岩相型式控制金矿田空间分布以及矿化岩石断裂构造—蚀变矿化岩带型式与金矿床赋存部位的多层次研究,对于该区不同层次成矿规律的研究提出了新鲜的思路

4. 构造岩相成矿系列研究与厘定—构造地球化学或构造带岩矿地球化学特征研究

在成矿期直接矿源岩系的构造岩相型式研究基础上,矿田内矿床的构造岩相成矿系列研究是更细或更大比例尺的成矿规律研究

构造地质学家和矿床地质学家的通力合作,探讨构造形态控制因素和成矿岩石矿物地球化学元素分布状态控制因素密切共生,迈向有机联系的认识逐步为地学各个领域所注重(王嘉荫,1978; Jones, 1981; 杨开庆, 1982; 刘瑞, 1988)。

明确提出研究构造带地球化学特征(李四光,1965),开展构造动力成岩成矿研究(杨开庆,1982),在该领域多年处于领先地位。但是,对于沉积再造及“改造型”成岩成矿作用(涂光炽,1988)的重要认识,成矿系列的广泛研究成果(陈毓川,毛景文,1994),开展深部地壳的结构和成分研究的地学进展(科兹洛夫斯基,1984; 欧阳自远,杜乐天等,1995)等等,都给我们的研究提出了更深层次的启迪。

从地质力学的观点出发,开展构造地球化学研究有重要的优势,即研究构造的力学性质问题。那就是在同样地质及成矿作用背景条件下,构造带变形不同部位的岩石矿物地球化学等的组成成分是有相应差别的,相应的矿体形态、规模产状、矿化形式和矿石自然类型等方面是明显不同的。在相同的地质成矿作用背景下,不同类别的矿床、矿脉、矿体依一定的构造配位组合关系能有规律地重复出现。这种构造配位组合制使矿化不仅有水平分带,而且有垂直分带性质(吕古贤,孔庆存,1993)。同一成因类型不同矿床类别的产生原因,构造是主导,岩相为基础,

因而是一共生序列,可称为一种构造-岩相成矿系列(程裕淇等,1979;陈毓川,1989)。

这方面工作的基础不在实验室,而在野外地质。选择构造-岩相形迹开展研究性填图是最基础的工作。

5. 成矿构造物理化学场研究—构造体制与流体耦合成矿作用

形成矿床任何化学元素的聚集都需要一个化学运移,特别是流体运移阶段来完成。如果能够证实这种流体运移又受到构造动力的驱动,甚至这种水岩体系的物理化学条件都与构造作用有关,我们将会深入到构造物理化学的领域(吕古贤,1991;李晓波,1993),开展构造体制与流体耦合成矿作用的研究,将会大大增加我们认识矿床形成全过程研究和区域中矿床位置的预测能力。

构造物理化学是通过物理的方法来研究地球化学变化过程的一个途径。为建立成矿构造物理化学场,即矿床构造物理化学场、近矿构造物理化学场和远矿构造物理化学场系统,必须解决以下科学问题和技术方法。

(1) 主要的基础理论问题 ① 构造作用力影响静水压力问题;② 构造作用力影响温度问题;③ 构造附加的温度、压力改变相平衡参数问题;④ 构造作用力对流体运移的控制问题;⑤ 构造对流体迁移扩散的影响,矿化剂对矿源岩浸出金属元素的意义和作用问题(黄国君等,1994);⑥ 成矿构造体制—物理化学条件—化学动力学的理论和实验模型的建立(於崇文,1993;张荣华,1994)。

(2) 具体技术方法问题 ① 成矿动力学环境的重建包括成矿构造应力场重建、成矿压力的构造校正、受构造扰动的成矿温度场恢复以及其它物理化学条件受构造影响控制的分布晕级的建立;② 成矿流体活动踪迹的实测,成矿流体的生成标记大区域尺度的圈定,成矿流体的运移标记圈定,成矿流体的定位标记追索,实测成矿流体构造物理化学界面等。

(3) 最佳成矿构造物理化学场建立问题 寻找最佳成矿物理化学界面,即是一个理论问题,也是一个实际方法问题。在粤东地区,对于锡多金属矿床几个具体成矿阶段的物理化学参数实测和计算结果研究矿物溶解度与温度、总硫浓度和 pH 值的关系,寻找最佳成矿物理化学条件分布区间,并应用于实际找矿预测取得一些成果。

通过胶东金矿不同矿床亚类动力学体制重建和成矿综合流体测算,拟合出构造强烈挤压作用带和构造较弱扭张作用带的成矿 $f\omega$ -pH 值不同分布空间域。这对于寻找该类矿床不同成矿亚类的隐伏矿化建立成矿构造物理化学场作出了有益探索。笔者通过多年的研究和探讨,初步建立了构造物理化学场综合信息找矿研究框架,因本文篇幅所限,容另文讨论。