

地层地球化学研究的思想和方法

唐元骏 殷庆和 於崇文

(武汉地质学院)

地层地球化学是区域地球化学研究的重要组成部分,它可以提供区域地质演化历史、元素在地质历史中的行为以及各时代地层的元素丰度等基础地球化学内容,为研究成矿理论和开展找矿提供重要的地球化学信息。我们将区域内出露的各时代地层作为一个地球化学系统来进行整体研究。

1. 指导思想

地球化学作用就是化学元素在时间上和空间上的运动过程;元素在时间上的演化规律表现为时间结构,在空间上的展布特征反映了空间结构。地球化学作用由时间结构和空间结构构成一个统一体。於崇文在1982年提出了“成矿作用与时、空结构”的理论,尔后进一步完善为“地球化学作用与时、空

结构”的理论体系。

开展地层地球化学研究,需要从下列三方面来开展工作:(1)将区域内各时代的地层组成一个地球化学系统,研究该系统中的物质特征;(2)研究沉积作用为主体的地球化学作用中化学元素的迁移与集散规律;(3)研究沉积地球化学过程。至于化学元素的空间结构—地球化学场,主要由区域地球化学研究来完成。

2. 研究方法

(1)研究地球化学系统的物质:将区域内的全部沉积地层看作为一个地球化学系统,研究其物质特征。由于在所研究的区域内,各时代的地层分布和出露是不均匀的,因而,通常从两方面来研究。即纵向研究:

(线度8.31km)与主要成矿元素的平均变程(8.55km)十分接近,足见上述论断能够成立,也证实了成矿远景预测具有系统科学的理论依据。

上述研究分析得出:(1)粤北韶关地区是一个发展、演化着的宏大动力学体系,是地质历史进程中形成而又不断变迁的地质一成矿作用与其时一空结构三者的统一体。

(2)地球化学系统对系统内外扰动的动力学响应及其稳定性是系统发生自组织过程和

形成有序时空结构(耗散结构)的根源。研究表明,韶关地区总体上是一个处于非平衡状态的开放性物理化学系统。(3)成矿作用的核心是“成矿作用的发生”,其中心问题是“矿化向成矿的转化”。耗散结构的多阶性或相继分支决定了地球化学作用的演化,动态的地球化学过程阐明了成矿作用的动态演变与时间韵律。成矿远景区形成与发展的原因、机制及其动力学空间模式,可以作为成矿远景区划的理论与方法的基础。

以时间为座标轴，将区域内反映各时代沉积特征的典型地层剖面，按年代的先后，组成一个区域地层柱，研究其沉积地球化学作用的演化规律；横向研究则是以同一时代地层的空间分布为主线，研究同一时代不同空间位置的沉积特征，研究各时代地层的化学元素丰度特征。根据研究程度与研究目的，可以将各时代地层划分到阶、组（段），按最小的地层单位计算化学元素的丰度。

（2）丰度计算的新概念：研究表明，只取某个地层中的化学元素含量的算术平均值作为它的化学元素的丰度值是不恰当的。为此，於崇文提出了化学元素丰度的新概念。他认为，化学元素的丰度应指该地质体形成时元素的初始平均含量，而不包括后期地质作用叠加造成的元素增益或亏损。单一的地球化学过程中元素的含量（包括地质体中元素的初始含量）服从正态分布，而后期地质、地球化学过程叠加后的混合分布则为正偏。为此，应用柯尔莫各洛夫—斯米尔诺夫的正态检验方法，能够排除后期地质作用所叠加的影响，取最后的正态分布的数学期望值为化学元素在该地层中的丰度，方差为化学元素的含量分布偏离期望值的程度。我们在韶关、个旧的区域地球化学研究中，应用了这个丰度的计算方法，取得了满意的效果。

丰度可以从最小的地层单位按不同的岩石类型分别计算。然后，取样品数为权，进行加权算术平均计算，求得各基础地层单位丰度值，依次求得统、系、界以及区域上部地壳的化学元素丰度值。

需要指出的是，纵向与横向研究所得的元素丰度是有差异的。前者仅考虑了时间的因素，后者顾及了空间的特征，应用时宜根据不同的研究要求决定取舍。

与地壳克拉克值及相应的岩石类型的地壳丰度对比，求得浓度克拉克值，以研究本

区各时代地层和上部地壳中元素富集、贫化的程度以及集散规律。

运用多元统计分析、矿物晶体化学的研究方法，可以探讨研究区内各时代地层及上部地壳中化学元素的共生组合特征。

对某一地层，用上述丰度计算方法求得元素的丰度（A），来反映地层中元素的原始含量；再用传统的算术平均值的方法获得元素的平均含量（M），M实际上包括有后期地质作用叠加的影响，则：

$$\text{后期作用叠加强度系数}(K) = \frac{M}{A}$$

K反映了地层遭受后期作用叠加的程度。对成矿元素，K值反映了后期矿化作用叠加的强度，揭示了作为成矿介质的地层接受矿化与进一步富集成矿的程度。K值还可以用来指示各种成矿元素可能的赋矿层位，进行地层含矿性评价。

（3）研究地球化学作用：沉积作用的地球化学主要研究沉积过程中元素的迁移及富集规律、元素及化合物的搬运和沉淀的物理化学条件等，即地球化学机制及其影响因素。通常用反序的方法将今论古，用过程的产物来研究过程的本身。通常的方法有：①用岩石学、矿物学方法，研究组成地层的沉积岩类型及其主要的矿物成分与组合。②沉积地球化学相分析。③用微量元素的地球化学指标判断海相、陆相沉积环境。④稳定同位素的研究。

（4）研究地球化学过程：地球化学过程既受各种外界因素的控制，又具有一定的内部结构。沉积作用过程是一个随机过程，可以用马尔科夫过程理论来研究其概率规律。

对区域地层柱按一定的厚度由老到新的顺序，系统地采集样品，并进行化学分析，化学元素含量构成了一个实测多元时间序列，此序列可看作是马尔科夫过程的实现。应

该说明的是,简单的单变量时间序列通常不足以描述一个真实的随机过程基本特征,因而体系的状态往往要用多个变量加以刻画,必须挑选变量,要求变量参加时间序列后,过程具马尔科夫性质。正常的地层剖面中,选取一定的地层真厚度作为一个样品点,一系列的样品组成一个离散的多元空间序列,可近似地看作为离散的多元时间序列。我们应用这个方法研究了韶关地区的沉积地球化学过程。该区自震旦系至下第三系实测地层真厚度为12800m,取样1280个,选11个元素构成多元时间序列,进行马尔科夫概型分析,其第一趋势因子曲线基本反映了该区沉积作用的地球化学演化与时间结构。

成矿作用、沉积作用和岩浆作用实质上就是物质运动的过程，均属随机过程中的马尔科夫过程。在一个具体的研究区内，可以将三大作用看作为一个地球化学系统，用时间座标将其有机地联系起来，以沉积作用随

时间的演化为主线,按时间顺序列入相应的成矿与岩浆作用,构成一个综合性的时间序列,运用马尔科夫概型方法进行分析,其趋势因子曲线综合反映研究区内沉积物、侵入体、矿体的体系状态、物质来源、作用的环境以及机制随地质历史的演化规律。与元素含量时间序列结合一道分析,能深刻地揭示研究区三大作用的地球化学演化规律与时间结构。

通过上面的讨论认识到，沉积作用与时间结构、空间结构构成了一个统一体。运用“地球化学作用与时、空结构”理论体系研究地层地球化学，能够深刻揭示沉积作用的实质；同时，成岩、成矿元素在沉积作用过程中的时、空结构分别反映了沉积环境、岩相古地理特征及地层的赋矿特性。因而，这一课题无论对沉积地球化学作用的基础理论研究，还是对找矿实践都有重大的意义。

(上接第123页)

表 1 流体熔融包裹体中流体相的某些性质

体积%	重量%	初 熔 温度℃	盐 度 wt%	密度	备注
40~50	22	—49.0	7.3	0.75	Tanco伟晶未
10	4.5	未测	未测	岩测	西藏火山岩
100*		—56.5	0	0.92—0.93	南极罗斯岛 玄武岩

* 仅对流体包裹中流体而言。

(平均盐度为41%),但其与低盐度的气体包裹体共存,并且是同一流体因沸腾而分开的。如果恢复沸腾前的情况,估计其盐度仅20%左右。这种流体见于花岗岩、斑岩、伟晶岩和流纹岩的流体熔融包裹体中。

(2) CO_2 流体 (有时含 5 % 左右的 H_2O)，见于玄武岩和月岩及地幔岩中。

(3) 硫化物球滴，见于超基性岩中。

流体熔融包裹体是一种新类型的包裹体。通过对它的研究可以探讨原始岩浆水的性质和成分,阐明从岩浆演化到热液的过程,以及这种原始岩浆水与成矿流体的关系,因而不仅从理论上,而且在实践上也有重要的地质意义。