

地球化学异常区域模式分析初探

沙 丁 茂

(陕西省地矿局物化探队)

文中阐述了地球化学异常区域模式分析的含义,论述了较大范围内各种地球化学异常区带和特殊区域异常型式存在的必然性、可认识性及主要地质内涵,提出了进行地球化学异常区域模式分析方案。

关键词: 地球化学异常; 区域; 模式; 分析

随着地质找矿工作的日益深入,区域地球化学资料分析对潜在矿产评价和基础地质研究具有重要意义。但勘查地球化学是一门年轻的学科,属于这一学科的区域化探则更为年轻。地球化学资料评价,特别是区域地球化学资料评价,在很大程度上还是经验描述性的。区域化探的发展敦促区域地球化学异常评价现状的改善,而目前意义上的区域地球化学工作还不能满足这种要求。因此,一种颇有新意、颇具规模的区域地质—地球化学分析方法应运而生。本文仅就地球化学异常区域模式分析方法作初步探讨,为建立新的区域地质—地球化学分析系统和方法作一尝试。

概 念

地球化学异常区域模式分析这一概念是需要讨论的。地球化学分散模式是指地球化学分散过程中元素所形成的具有各种特点的分布模型、图形、花样和样式(地质辞典)。谢学锦在《区域化探》一书中指出:地壳中化学元素含量在空间上变化的模式称为地球化学模式。欧阳宗圻和刘泉清在“地球化学模型”(1931)一文中认为,所谓地球化学模型是对研究对象化学诸特征的典型概括。在分别掌握各个具体模型的基础上,进而对模型的形成过程与矿的关系有较深入的了解之

后,即可形成地球化学模式。翟裕生在谈到成矿模式研究时(1982)指出:成矿模式是概括成矿作用本质的一种手段,它反映的主要是共性的东西。同时认为一个正确的模式只是代表了对某一地区某一类矿床的综合研究成果,它反映了人们现阶段的认识水平,是认识发展史上的一个阶段,不是固定的、僵化的,是可以发展变化的。

看来,在地学领域引入和使用模式的概念,是人们力图摆脱纯描述性走向完全理论概括这种努力中的一种表现。模式高于纯描述而又未达到完全理论概括,而且,在不同的研究领域、不同的研究阶段上,人们赋予模式的目前含义也还有高低之别。例如,从上面所引各种关于模式的说法中可以看出,在目前,就单个矿床研究、单个矿床原生晕研究和区域地球化学异常研究这三个领域而言,其研究程度是递减的,模式给定含义的高低亦如此。这反映着它们是分别处在各自的不同发展阶段。

一般说来,模式的给定含义太低,无异于纯描述,对认识本质帮助不大;给定含义太高,在现阶段的工作程度和技术水平条件下,无从总结,则更加无益。笔者认为,一方面鉴于我国区域化探,特别是它的异常评价还在年轻期,目前在这一领域内进行模式分析就如同雪中送炭,不可苛求;另一方

面, 引进模式分析的思想和方法, 以摆脱基本上还是经验描述的现状, 这对于区域化探又是迫在眉睫, 势在必行的。在此前提下, 区域化探或者区域地球化学领域模式的含义, 应当主要是指区域异常自身规律性的总结。可以预期, 在全球性区域化探完成, 且在相应范围内地质矿产研究有较高的水平之后, 经高度概括抽象的地球化学异常区域模式是可以系统建立起来的。但在现阶段, 甚至在今后一段时间内, 地球化学异常的区域模式研究只能是逐步提高的。

关于区域的概念。《区域化探》一书中指出: 地球化学异常模式或地球化学异常, 可以按其规模大小与含量水平高低分为地球化学省、区域性异常及局部异常。本文所提的地球化学异常区域模式, 就其所涉面积而言, 在大多数情况下可与地球化学省相比拟, 也包括反映某些巨型成矿带, 或某种大地构造型式涉及的更大范围的地球化学异常型式。

关于分析的概念。这里是指一种工作方法。地球化学异常区域模式分析是对区域地质—地球化学作用过程系统的、本质的揭露示和认识, 是一项具有高度综合性和理论性的研究工作。它至少有三个方面的内容: ①区域异常特征的研究; ②对应区域上地质—成矿作用的研究; ③成矿—成晕机理的研究。

概言之, 地球化学异常区域模式分析是, 在较大范围内, 对地球化学异常特征及相应地质—地球化学作用过程进行系统深入研究, 并作出评价的工作。

理论依据

在一份涉及面积为数万、数十万平方公里以至更大范围的区域地球化学资料中, 宏观之下杂乱无章的众多异常, 其区域分布是否为客观规律支配? 可否一般地认为, 那些成区成带出现的异常聚积部分可能

与一系列矿产资源相关? 可否设想, 地球历史上的万千沧桑也可由此管窥其略? 回答是肯定的。这是因为:

1. 元素寓于地质体, 元素的迁移寄于地质作用。一切地质体的存在, 各种地质作用的发生, 都在有关化学元素的分布、分配中表现出来。一份大区域多元素地球化学资料中, 存在着丰富的地质成矿信息和地球沧海桑田的历史记录。

2. 矿床在地壳中的分布是不均衡的, 一些重要矿床往往集中出现在不大的范围内, 形成矿带或矿化集中区。地球化学异常聚积区带的形成, 在大多数情况下与此相适应。

区域成矿规律研究表明, 矿带或矿化集中区的出现往往与成矿省、成矿系列、层控矿床群及某种含矿建造等区域性成矿控矿单元的存在有关。成矿省的特征是在地壳的一个块段上存在非同寻常数量的矿床, 这意味着成矿作用在一个或多个地史时期内地壳这一部分一直是很活跃的。许多成矿省是地球化学省的产儿。地球化学省表现为在地壳的一部分内, 某些或所有岩组岩系, 或特定岩类中一种或多种元素的含量达到异常丰度。成矿系列是指一种或相关的一组元素, 以多种成因类型在同一地质构造体系、大致相近的时间间隔中形成的一系列矿床, 不同成因类型的矿床受统一的地质成矿作用过程支配。所谓层控矿床, 较为一致的意见是有同一沉积矿源层存在, 在后期叠加作用下成矿。这些矿床大都经历了由矿源层→金属元素在热液影响下活化转移→在有利构造岩性中堆积成矿的形成过程。因此, 层控矿床可以说是一种基本上同源的多成因矿床。含矿建造是包含着一系列矿床的特殊地质组合。一种含矿建造中常常存在着特定的成矿系列。

区域成矿控矿单元的特征表明: 矿床在区域上集中出现不是一种偶然现象; 存在着

区域成矿的专属性和继承性。可见成矿是有条件有规律的，因而是可以认识的。对区域化探而言，其重要之点在于，在同一区带上出现的矿床，具有大体固定的元素组份，元素的共生组合、含量变化受特定规律支配。

除了与区域成矿有关成区成带产出的区域异常模式外，还存在着各种型式的构造地球化学异常模式。地层、侵入体的分布对元素区域分布有着首要的决定作用，它们常常是作为各种矿致异常、构造异常衬托的背景因素的载体。

目前，勘查地球化学已对单个矿床的原生地球化学异常的规律性作了较深入的研究，认为几乎所有矿床都能形成地球化学异常，其异常范围通常要比矿床本身大许多倍，形成异常的元素要比成矿元素多。成矿元素、伴生元素、重要的矿化剂元素及主要蚀变元素都可以是找矿指示元素。在大多数情况下矿床地球化学异常在空间上具分带性，热液矿床有通用的分带序列。这些属性在区域成矿的异常模式中多数也是存在的。例如，有人已注意到原生晕的局部分带和区域分带性大致相同。显然，在区域异常模式分析中应当充分运用单个矿床原生晕研究的成果。但是，如同需要重视由单个矿床研究到区域成矿分析在矿床学中引起的飞跃一样，必须足够重视由典型矿床原生晕研究到区域异常研究在勘查地球化学中引起的飞跃。

考虑到元素在反映地质客体和地质作用方面特有的准确性和高灵敏度，可以认为，区域成矿模式以及各种构造，地质单元模式在区域地球化学异常模式中都会有全面的、准确的、定量化的体现。地球化学异常区域模式的分析采用反序的历史的工作方法，由异常模式追溯地质模式其可行性是显而易见的。而且，随着分析测试技术的不断提高和数学方法、电算技术的广泛应用，可以利用众多元素定量分析结果，从宏观分布和微观

分配方面深入研究元素的时空变化和内在本质，因而地球化学异常模式分析比基本上是宏观目估的基础地质研究和区域成矿分析等方法能更全面、更深入的认识某些隐蔽规律这一点也是显而易见的。

综上所述，地球化学异常区域模式分析的方法是有其理论依据的和可行的。基础地质研究和区域成矿分析是基本前提，地球化学理论的应用是必要条件，典型矿床原生晕研究成果可作重要借鉴，数学方法、电算技术是主要工具之一。

基本方法

地球化学异常区域模式分析的基本方法是：在区域地球化学研究与区域地质研究结合中认识区域地质—地球化学本质，达到区域异常评价的目的。为此，要尽可能多地选择参与研究的元素，研究各元素在全域内的基本地球化学行为。对全域局部异常进行系统归类评序，识辨各种区域异常类型，对重要区域异常类型深入剖析，建立异常模式并提出异常评价准则。工作中应注意宏观目估与数学分析相结合，充分发挥电算在揭示内在联系方面的优势，重视区域成矿分析方面提出的新见解和基础地质研究成果。全面利用勘查地球化学已经获的经验。下面提供一个具体方案，供有关工作者参考和检验。

(一) 全面了解各元素在研究区内的基本地球化学行为并编制综合异常图 我国区域化探第二代扫面分析报出元素近40个，其分析质量大都能满足进行数理统计的要求。全面了解各元素在研究区内的基本地球化学行为，对正确选择指示元素、确定主成矿元素、区分异常因素与背景因素以及进行多方面解释推断具有根本的意义。

1. 对原始数据进行多元统计分析，了解全域和不同地质单元内各元素的共生组合关系，区分背景因素与异常因素，找出主要成矿因子。可按全域、不同地质单元和重要

异常区带分别进行。主要使用因子分析, 辅以回归、R型聚类等。

2. 从各元素的分布型式和统计参数了解元素的时空分布规律, 以对可能存在的区域性矿源体和成矿元素作出估计。

3. 进行全域各元素致矿系数排序, 确定成矿元素。元素致矿系数 (Z_x 或 Z'_x) * 按下式计算。

$$Z_x = V_1 + 10V_2 + 100n/N + \gamma_1 + C \quad (1)$$
$$\text{或 } Z'_x = (V_1 + 10V_2 + 100n/N + \gamma_1) \cdot C \quad (2)$$

式中: Z_x ——致矿系数; V_1 ——总变化系数; V_2 ——变化系数; N ——统计样本数; n ——剔除样数; γ_1 ——总偏度; C ——浓集克拉克值。

4. 选择指示元素并制作综合异常图。根据上述各步得到的认识和结论, 按照不同目的和需要 (解决找矿问题或作基础地质研究等) 选择不同指示元素并分组成综合异常图。以解决找矿为目的的综合异常图, 以主成矿元素为主, 配以该矿种必须的指示元素成图; 以研究某种基础地质问题为目的的图件, 一般是以某些常量元素和特定的标型元素为指示元素成图。

(二) 局部异常系统类比 对研究区圈定的各类局部综合异常进行系统归类和评序, 了解全域异常的相互关系、成因类型和排序。

1. 地质—地球化学分类。主要依据宏观目估的异常与地质背景关系对异常进行分类, 可对区内异常成因类型作出初步估计。

2. 多元统计分析分类。进一步从元素间的相互关系出发, 解决局部异常相互关系及其与地质背景对应的问题。主要用对应分析, 辅以Q型聚类。

3. 局部异常评序。可用多元素、多参数的计算机处理, 列出异常评序序列。

(三) 区域异常类型辨识 前已论及成矿省、成矿系列等都以特定元素组合的地球

化学异常区带表现出来, 特殊构造型式也会表现为相应的地球化学异常型式。在综合异常图上利用局部异常系统类比资料分辨区域异常类型并不困难。例如, 一个成矿省内的局部异常, 在对应分析平面图上常常是存在于同一群类之中, 并以特定元素组合为表征。如果将这些局部异常以同一颜色在综合异常图上着色, 即可直观地看出该省异常的空间分布范围和内部结构。

对比研究区内不同区域异常类型的空间展布, 元素组份、浓度和分带特征及地质背景等方面的情况, 即可对全域各种区域地质—地球化学作用有所认识。

(四) 重要区域异常类型剖析 对已经确认的重要区域异常作深入研究, 是地球化学异常区域模式分析最重要的内容。不同类型区域异常剖析的目的、内容和方法是不尽相同的。例如构造异常与成矿区带异常的剖析不同, 岩浆成矿区与层控矿带剖析不同。各种类型区域异常带中成矿区带异常的研究占首位。现以矿带异常为例简要说明区域异常剖析的内容和方法。

1. 首先对前述各步研究积累的关于该异常带地质—地球化学作用类型、主要成矿因素、局部异常性质等方面的资料加以归纳。

2. 用该带范围内的原始数据进行主因子分析, 并制作以地质矿产图为底图的因子得分平面图, 分析控矿地质条件, 确立主要成矿作用和其他影响因素。

3. 利用异常剖析图、结构分带图、累加晕图等对带内主要局部异常进行评价。推断其成矿可能性、矿床类型及剥蚀深度等。

4. 综合地质、物化探、重砂等资料, 并视需要另获取包体测温、同位素组成等资料, 进一步研究矿床成因、物质来源等问题。

* 公式另有专文论述。

5. 同时进行几个成矿区带研究时, 相互对比往往可以使认识深化和明确。

(五) 建立模式提出评价准则 区域地球化学模式在空间上应是多级别的, 在内容上应是多层次的。我们的主要目的是认识成矿区带异常, 对其中的局部异常成矿性作出可靠评价, 因而模式的重点应放在异常区带一级, 其内容应揭示异常区带产出, 在时间、空间、物质来源、作用方式等方面的客观规律性。模式表达应力求形象生动、丰富充实、文图兼备、反映本质。异常评价准则要严密、准确、实用, 尽可能量化。

模式及评价准则应反映以下内容:

1. 研究区全域主要地质作用模型。
2. 全区和重要地质单元主要元素的分布型式和统计参数。包括含量概率曲线图或频率分布直方图、偏度峰度、区域丰度值、浓集克拉克值、离差及变化系数等。

3. 各个异常区带及特殊区域异常型式内有关元素的分布型式和统计参数。

4. 各异常区带范围内指示元素致矿系数序列、主成矿元素、各矿种的指示元素, 该区带主要因子模型及对背景诸因素、成矿及其他作用的地质—地球化学分析。

5. 全域局部异常地质—地球化学分类; 不同区带及特殊型式内的异常类型特点。

6. 全域局部异常评序结果及典型局部异常的全面评价意见。

7. 不同区域异常类型(成矿区带、区域构造等)对比分析。

8. 各个区域异常的面积、局部异常空间展布特点, 元素组合及相关性, 浓度和结构分带, 异常物质来源, 形成方式、成因等。

Regional Geochemical Anomaly Pattern

Analysis: A Preliminary Study

Sha Dingmao

The implication of the regional geochemical anomaly pattern analysis is discussed in this paper. Taking a view of theory there exist an inexorable law and a recognizable geological intension between various regional geochemical anomaly zones within a large area and a special regional anomaly pattern. A basic working method and a specific programme for carrying out regional geochemical anomaly pattern analysis are put forward.

