

40-43

一种新的化探异常评价方法

p 632

周乐尧

邱郁双

(浙江省地质矿产研究所·杭州·310007)

介绍了应用系统核和核度理论对化探异常进行评判的过程,初步试验证明,这种方法是有效的。

关键词 化探异常 异常系统 系统核 核度

地球化学勘探

在我国随着 1/20 万(部分地区 1/5 万)化探扫面的结束,发现了大批化探异常,如何有效地筛选和评价异常,就成了突出的问题。

者都有共同的理解,异常下限的选择也没有统一的标准,这样得出的异常强弱,展布形态等过多地加入了人为因素。

1 化探异常评价现状及其存在问题

勘查地球化学家们从实用的角度,先后提出了多种化探异常评价方法,其中主要是根据异常本身的特点,如异常的形态、规模、强度、连续性、梯度、元素组合、元素对的比值和异常的分带性等对异常加以评价,对有已知矿床(体)的异常,用判别分析、聚类分析、回归分析等数理统计方法进行评判,这已为多数化探工作者所掌握,也取得了较好的效果。然而笔者在近几年的化探工作中,已经逐渐认识到,单纯地依据化探异常本身的特点或者借助简单的数理统计方法,很难清晰地辨别矿致异常和非矿异常,有些甚至连异常对应的成矿元素也难以确定,这是因为:

1)异常的规模和强度除与引起异常的矿体规模大小有关外,更多地是与矿体的剥蚀程度有关。通俗地讲,大矿会出现大异常,但大异常不一定能找到大矿体。

2)由于元素表生地球化学性质的差异,矿(化)体中的伴生元素(多为指示元素)会出现与成矿主元素异常分离,伴生元素之间也会出现分离情况,给异常评价增加了难度。

3)异常下限的概念并不是所有化探工作

2 化探异常系统

众所周知,化探异常出现,一定存在异常源,矿致异常的异常源就是矿(化)体。笔者近几年研究表明,对于矿(化)体引起的异常,尽管矿体剥蚀强度不同,指示元素在表生地球化学环境迁移能力有差异,成矿主元素和指示元素以及指示元素之间仍保留或部分保留成矿作用过程形成的内在联系,并可利用相关分析刻画出来。因此,将矿(化)体和矿化引起的异常看成一个完整的异常系统,那么矿体(成矿主元素)就是该系统最关键、最核心的主要素,可称之为“异常系统的核”,离开系统核,异常系统不复存在。

3 系统核和核度

许进(1994)提出了系统核和核度理论,对于一个给定的系统,假如去掉这个系统的若干个主要素,则对这个系统破坏性最大,就把这“若干个主要素”叫做这个系统的核,记作 S^* ,原系统记作 X 。衡量核的一个工具叫做核度,记作 $h(x)$,并定义为 $h(x) = X - S^*$, S^* 应满足:

$$h(x) = \max\{X - S^*\} \quad (1)$$

本文 1997 年 4 月收到,9 月改回,王延忠编辑。

* 本文为浙江省自然科学基金资助项目(495007)的部分内容

对于一个化探异常系统 X , 其变量为 $x_1, x_2, \dots, x_n$, 如果在 X 中, x_i 与 x_j 之间有结构关系(相关性), 就用 $x_i x_j$ 表示, 由此可构造一个无向网络图 G , G 的顶点集为 $V(G) = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 边集为 $E(G) = \{x_i x_j | \text{其中 } x_i \text{ 与 } x_j \text{ 在 } X \text{ 中有结构关系}\}$, 则称 G 是系统 X 的网络图。如果 G 有 P 个顶点, 则为 P 阶网络图。

设 G 是一个连通图, $|V(G)| = P \geq 4$, $C(G)$ 表示 G 的全体割集构成的集合, 其核度为:

$$h(G) = \max_{S \in C(G)} |\omega(G-S) - |S||; \quad (2)$$

若 S^* 满足:

$$h(G) = \omega(G-S^*) - |S^*| \quad (3)$$

则称 S^* 为图 G 的核, 其中 $\omega(G)$ 表示图 G 的连通分枝数。因 X 是一个系统, G 是它的无向网络图, G 连通, 则 G 的核就是 X 的核, G 的核度 $h(G)$ 就是系统 X 的核度 $h(x)$ 。

一个给定的系统, 其核度是唯一的, 但核并不一定是唯一的, 核度的取值范围:

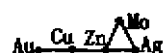
$$-(P-2) \leq h(x) \leq P-2, \\ h(x) \neq -(P-3)$$

系统核度越大, 系统越稳定, 系统核愈突出, 对于化探异常系统来说, 依据上述理论计算得到的核就是成矿主元素(矿体)。当核仅由一个元素组成时, 说明异常所对应的矿体是单一矿种; 当有多个元素组成核时, 异常对应的是多金属矿体; 异常系统无核, 则是非矿异常。

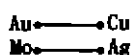
4 应用实例

选择浙江省治岭头金银矿床、王塘坑金矿床、后岸银矿床、徐村银铅钼(锡)异常, 七湾铅锌矿床和绍兴铜异常为评判实例(地质特征见表1), 对异常范围内所测定的元素(不论是否是异常元素)进行相关分析, 当两个元素间的相关系数 ≥ 0.50 时, 认为两元素间有相关结构关系, 用线条将两元素相联结。

将所有具有相关结构关系的元素都用线条联结起来, 就构成了异常系统的无向网络图(连通图), 再由公式(3)计算异常系统的核和核度。以七湾 1/20 万水系沉积物异常为例, 说明具体计算步骤。在异常系统网络图中去掉一个或若干个顶点, 求得异常系统网络图的连通分支数目 $\omega(G-S)$, 去掉的顶点组成割集 S , 使得 $\omega(G-S) - |S|$ 达到最大值。七湾异常系统网络图中去掉 Pb, 获得的子图为:



其 $\omega(G-S) = 1$, 子图仍为连通图。再去掉顶点 Zn, 子图为:



其 $\omega(G-S) = 2$, 子图不连通。系统核为 $S = \{Pb, Zn\}$, 其最大核度

$h(G) = \omega(G-S) - |S| = 2 - 2 = 0$ 。表2给出了6个实例的异常系统网络图、系统核和核度。

治岭头矿区地表原生异常系统最大核度为0, 系统有核, 矿致异常, 系统核为 $\{Au, Ag, Mo\}$, 揭示该区应寻找 $Au-Ag-Mo$ 矿体, 勘探结果表明, 异常评判结果是正确的。虽然地表发育铅锌、黄铁矿化, 但铅锌不能成为异常系统的核, 相反地表未见钼矿化, 钼异常也并不十分强烈, 但评判结果钼却是异常系统核的组成元素之一。矿体下盘晕的核度为1, 系统核为 $\{Mo\}$, 指示深部仍可寻找隐伏钼矿体。治岭头矿区新一轮勘探已在深部找到隐伏的钼矿体。

王塘坑、后岸两矿区异常的评判结果与矿床地质特征吻合。

徐村多金属异常系统核度 $h(X) = 0$, 系统核为 $\{Pb, Zn, Sn\}$, 指示该异常为矿致异常, 可寻找铅锌锡多金属矿体。经1996年异常查证, 已找到长200m和1000m的2条铅锌(含锡)矿化体。

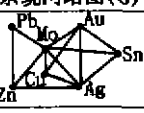
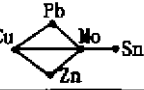
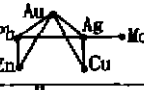
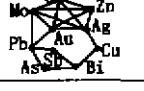
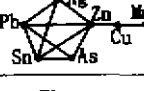
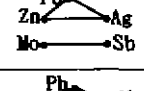
七湾矿区 1/20 万水系沉积物发育 Au, Pb, Zn, Cu, Mo, Ag 异常, 异常系统核度 $h(X) = 0$, 系统核为 $\{Pb, Zn\}$, 应寻找铅锌矿体, 而 Au, Cu, Mo, Ag 则是伴生异常, 这与实际地质特征一致。

绍兴 1/20 万水系沉积物铜异常虽然面积大,强度高,但异常系统无核,判为非矿异常,查证结果证实这一评判结果是正确的。

表 1 化探异常实例地质背景

异常名称	地质背景	矿化特征	异常元素
泊岭头	上覆中生代火山岩,不整合面之下为元古界八都群变质岩。	上部中生代火山岩发育铅锌矿化,不整合面之下产出金(银)矿体,深部钼矿体。	原生异常(1/1000) Pb、Zn、Au、Ag、Cu、Sn、Mo
王塘坑	朝川组(K1C)红色岩层,沿盆地边缘断裂有英安岩、安山玢岩、流纹岩侵入。	金(银)矿化,黄铁矿化,金(银)矿体呈脉状产出。	土壤异常(1/1000) Au、Ag、Cu、Pb、As、Mo
后岸	朝川组(K1C)火山碎屑岩,玄武岩沿火山通道侵入。	上部银矿化,下部银铅(锌)矿化,矿体呈脉状产出。	原生异常(1/500) Ag、Pb、Zn、Au、Hg、Mo、As、Sb
徐村	元古界八都群变质岩,南北向区域断裂通过。	异常查证发现铅锌(含铜)脉状矿化体。	土壤异常(1/5 万) Ag、Pb、Zn、Cu、Mo、Sn
绍兴	中元古界双溪坞群细碧角闪岩。	1/20 万水系沉积物异常,经异常查证未发现矿化迹象。	水系沉积物异常(1/20 万) Cu、Zn、Au、Ag
七湾	陈蔡群大理岩,黑云斜长片麻岩,矿区混合岩化强烈。	铅锌矿化,局部铜矿化,矿体呈似层状、透镜状产出。	水系沉积物异常(1/20 万) Au、Pb、Zn、Cu、Mo、Ag

表 2 化探异常实例的系统结构

异常名称	系统网络图(G)	系统核度	系统核	异常评价
泊岭头		$\max h(x) = 0$	{Au, Ag, Mo}	系统有核,矿致异常,应寻找金银钼矿体
		$\max h(x) = 1$	{Mo}	系统有核,矿致异常,深部可找到钼矿体
王塘坑		$\max h(x) = 1$	{Au, Ag}	系统有核,矿致异常,应寻找金、银矿体。
后岸		$\max h(x) = 1$	{Ag, Pb, Bi}	系统有核,矿致异常,应寻找银铅矿体。
徐村		$\max h(x) = 1$	{Pb, Zn, Sn}	系统有核,矿致异常,应寻找铅锌锡多金属矿体。
绍兴		—	—	系统无核,非矿异常。
七湾		$\max h(x) = 0$	{Pb, Zn}	系统有核,矿致异常,应寻找铅锌矿体。

5 结论

上述实例说明,用系统核和核度理论评价化探异常是有效的,其优越性表现在:

1)根据异常范围内测定的元素地球化学变量参数,就可以快速判断异常是矿致异常还是非矿异常,这对于基础地质薄弱地区尤

其实用。

2)能确定异常系统的核,直接指明异常对应的矿体。

3)避免异常评价过程的人为因素。

4)对深部隐伏矿体有良好的指示作用,因为组成异常系统核的元素,并不一定是高值异常元素,而是构成矿体的成矿元素。

值得指出的是,应用系统核和核度理论评价异常时,所采用的地球化学数据是原始测量数据,水系沉积物异常的地球化学数据应来自一级和二级水系的样品(水系分级采用 Stratler, 1957 年提出的分类),这样才能保

持异常范围内元素间仍能体现成矿过程中形成的相互结构关系。

参考文献

- 1 阮天健,朱有光.地球化学找矿.北京:地质出版社,1985
- 2 许进.系统核与核度理论及其应用.西安:西安电子科技大学出版社,1994

A NEW METHOD FOR EVALUATING GEOCHEMICAL ANOMALIES

Zhou Leyao, Qiu Yushuang

The geochemical anomalies are divided into the one related to mineralization and the other not related to mineralization. The origin of anomalies related to mineralization is orebodies. Orebody and its anomaly consist of anomaly system. The core of anomaly system is the orebody, and the system does not exist without the core. The method for evaluating geochemical anomalies by aid of the theory of core of system is introduced, which was proved to be effective by practice.

Key words geochemical anomaly, anomaly system, core of system



第一作者简介:

周乐尧 男,1961年生。1985年毕业于中国地质大学(武汉)地质系地球化学专业,1988年在中国地质大学(武汉)研究生院获硕士学位。现任浙江省地质矿产研究所高级工程师。主要从事矿床地球化学和成矿预测研究。

通讯地址:浙江省杭州市体育场路498号 浙江省地质矿产研究所地质矿产研究室
邮政编码:310007

(上接第36页)

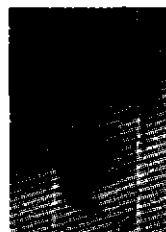
- 2 H. J. 勒斯勒, H. 朗格. 地球化学表. 卢焕章、徐仲伦译. 北京:科学出版社, 1995. 175 ~ 180
- 3 C. Frick, et al. The use of Cl, Br and F in detecting a buried Cu-Zn ore body along the Zinc-line in the Murchison Range South African. J. Geochemical exploration, 1989, 34(1): 83 ~ 102
- 4 A. E. Boudreen. Cl as an exploration guide for the platinum-group elements in layered intrusions. J. Geochemical Exploration, 1989, 48(1): 21 ~ 37
- 5 Trefimov N. N. et al. Increasing the depth of geochemical prospecting. Razved. Okhr. Nedr., 1994, (5): 14 ~ 15
- 6 罗先榕. 多种新方法寻找隐伏矿的研究及效果. 地质与勘探, 1995, 31(1): 44 ~ 49

ON HALOGEN ELEMENT GEOCHEMISTRY OF THE BANPO ANTIMONY DEPOSIT

Pan Jiyong, Zhang Qian, Shao Shuxun and Zhang Zhong

It is unique for hydrothermal deposits that Br and I contents of ores and altered rocks from the Banpo antimony deposit are very high, correspondent to $n \times 10$ to $n \times 100$ times of clark value. Cl, Br, and I contents intend to increase from wall rocks to altered rocks and finally to ores. F is mainly enriched in altered rocks. The enrichment of F, Cl, Br and I indicates that they are likely to be the indicator elements of hunting buried antimony deposits.

Key words halogens, geochemistry, Banpo Sb deposit



第一作者简介:

潘家永 男,1967年生。1988年毕业于中国地质大学地球化学系,1991年在中国地质科学院获硕士学位,现任中国科学院地球化学研究所副研究员。主要从事矿床地球化学研究工作。

通讯地址:贵州省贵阳市观水路73号 中国科学院地球化学研究所 邮政编码:550002