

青海两兰地区化探异常筛选评价的新方法研究

杨利民¹, 杨自安¹, 罗铁良², 邹林¹, 付和²

(1. 有色金属矿产地质调查中心, 北京 100012; 2. 河北中色测绘中心, 三河 065201)

[摘要]评价化探异常时,通常主要是依据异常本身的特点或者借助于数理统计方法,但是往往很难清晰地辨别矿致异常和非矿异常,有时甚至连异常所对应的成矿元素也不易确定。针对此问题,本文在筛选评价青海省乌兰—都兰地区的化探异常时,应用系统核和核度理论,对其技术方法进行了充分的分析研究,取得了良好的应用效果,为进一步的异常检查和找矿勘查提供了科学依据。

[关键词]系统核和核度 化探异常 筛选评价 青海两兰地区

[中图分类号]P632 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2007)05-0077-05

长期的实践及大量资料表明,地球化学探矿方法是一种效率高、效果显著的找矿方法。而如何科学有效地提取化探找矿异常信息,并从大量异常中进行快速准确地筛选评价,以确定进一步找矿的靶区,提高见矿率,则是决定这项工作找矿效果和经济效益的关键,也是化探工作者长期研究的热点和前沿课题^[1]。

目前国内外化探异常筛选评价的现状,大致形成了两种着眼点不同的评价思路:一种是以传统地质理论为指导,强调成矿地质条件的思路,认为凡是与地质成矿理论推断的找矿靶区一致的异常是最好的异常;另一种是以异常的强弱、规模大小和元素组合为基础,强调化探异常特征的思路,按所谓的“高、大、全”的准则对异常的找矿前景进行评序。这两种思路在实践中均取得过一定的成效,但都遇到了不少问题,影响了找矿效果。由于化探异常的复杂性,且随着找矿重点逐渐由地表矿转向寻找隐伏矿、半隐伏矿和难识别矿的方向发展,近些年来一些新的化探异常筛选评价思路和方法不断涌现,其特点是,在原有传统找矿思路、方法的基础上,更加重视对成矿地球化学环境、景观地球化学条件和控矿因素的研究,选择有一定地质依据、针对性强的地球化学指标建立找矿地球化学模型,进而结合其他找矿方法来筛选评价化探异常。任天祥等(1998)通过对全国142个特大型、大中型铜多金属矿田

(床)进行了以水系沉积物测量资料为主的区域地球化学异常特征研究,建立了我国铜多金属矿床的4种区域地球化学找矿模式^[2];许进(1994)提出了系统核和核度理论,在进行化探异常的筛选评价时,可以快速地判别矿致异常与非矿异常,减少人为因素影响,并能直接指明异常所对应的矿体,这对于基础地质薄弱地区尤为实用。

综上所述,为了充分研究青海省乌兰—都兰地区(简称两兰地区)主要成矿元素的分布趋势及富集规律,本文在对其化探综合异常进行筛选评价时,应用了系统核和核度理论,从而探索化探异常评价的新思路和新方法。

1 研究区概况

青海省两兰地区地处青藏高原北部的高寒山地,为中等—剧烈切割的高原干旱地带,植被稀少,多为裸岩地区。研究区西起安固泉,东抵巴硬格莉山,北自包尔·浩日阿嘎,南至英得尔种,面积3900km²。

1.1 区域大地构造背景

根据相关研究资料^[3,4]表明,本区大地构造位置处于柴北缘火山弧裂陷构造带、东昆仑北构造带及鄂拉山构造带三者交汇部位,构造活动强烈、类型多样。该区也属于柴北缘铅锌银金多金属成矿带东段,成矿地质条件良好,是一个极具找矿潜力的成矿

[收稿日期]2007-06-04; **[修订日期]**2007-06-18。

[基金项目]科技部“十五”科技攻关项目(编号:2003BA612A-04)资助。

[第一作者简介]杨利民(1960年—),男,1982年毕业于中南大学,获学士学位,高级工程师,现主要从事测绘、数据处理、土地利用动态遥感监测等工作。

远景区。(图1)

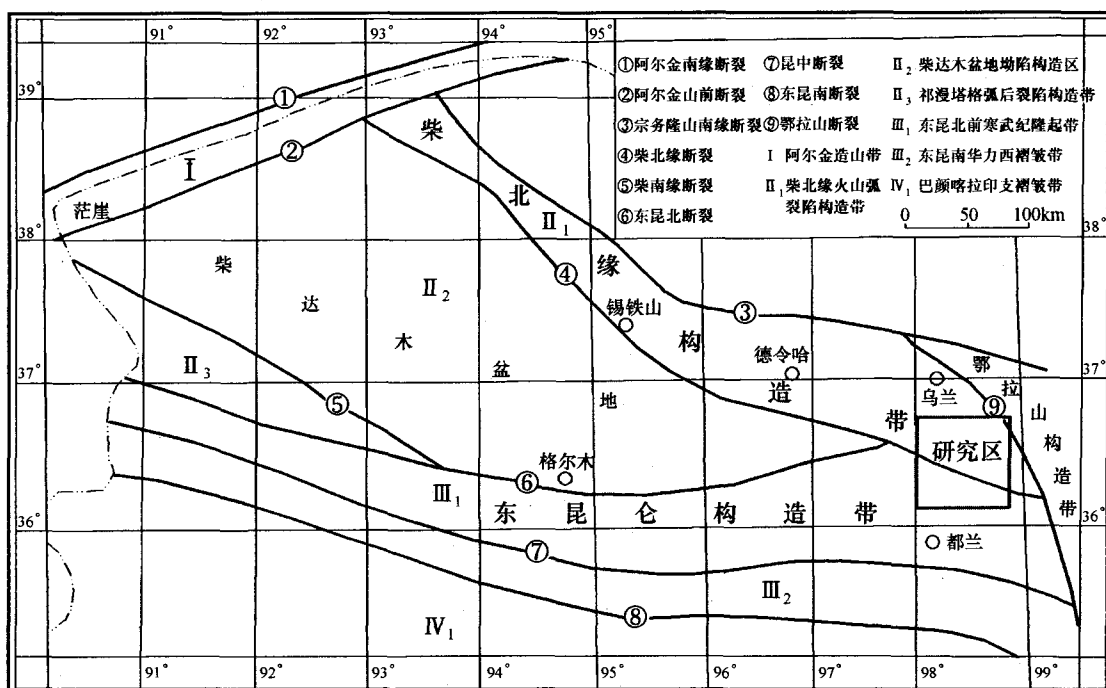


图1 研究区大地构造位置图

1.2 区域地质概况

区内出露地层主要有下元古界达肯大坂群(Pt₁dk)中深变质岩系和上奥陶统滩涧山群(O₃tn)绿色岩系,这是多金属矿产的主要含矿层位。另外还有上泥盆统牦牛山组(D₃m)、下石炭统、二叠系、三叠系、第三系和第四系等地层。

本区属不同期次、不同构造活动的复合迭加区。它由北部阿哈火洼构造—岩浆岩带、中部阿尔茨托山—巴音山晚元古界隆起的EW向构造带、南部柯柯赛构造—岩浆岩带、东部哈莉哈德山—巴硬格莉山构造—岩浆岩带等四个构造块体组成。目前发现的多金属矿产主要产在阿尔茨托山—巴音山块体上,其次见于柯柯赛块体中。

岩浆岩分布广泛,活动期次多,岩石类型复杂。金属矿产以(银)铜铅锌多金属矿为主,其次有铬、铁、钴、锰等黑色金属矿,矿产成因均以岩浆热液成矿作用为主,与海相火山岩有关的块状硫化物型及喷流沉积改造型铜铅锌多金属矿分布广泛。

2 系统核和核度

通常,对化探异常的评价,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、元素对比值和异常的分带性等特点,用判别分析、聚类分析、回归分析等数理统计方法进行评

判。然而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,有时甚至连异常对应的成矿元素也不易确定,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,更多的是与矿体的剥蚀程度有关。通俗地讲,大的矿(化)体会出现大异常,但大异常不一定能找到大的矿(化)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 异常下限的概念对于实际工作者没有共同的理解,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。

2.1 系统核度理论及其计算方法

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。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划出来。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”,离开了系统核,异常系统就不复存在^[5]。

许进(1994)提出了系统核和核度理论,即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:

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

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 $E(G) = \{X_i X_j \mid \text{其中 } X_i \text{ 与 } X_j \text{ 在 } X \text{ 中有结构关系}\}$,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:

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

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 的连通分支数。

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,核度的取值范围为:

$$\begin{aligned} -P-2 &\leq h(x) \leq P-2, \\ h(x) &\neq -(P-3) \end{aligned}$$

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。

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,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。

系统核和核度理论评价化探异常优越性表现在:

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 避免和减少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。

2.2 系统核和核度的获取

1) 相关性分析: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 $\geq$ 相关度检验(点位少时,常取0.5)时,认为两元素间有相关结构关系,用线条将两元素相联结。

2) 网络图: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)。

3) 系统核和核度计算:由公式(3)计算异常系统的核和核度。

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。 S^* 即为系统核元素, $\omega(G - S^*) - |S^*|$ 为系统的核度。在求系统核及核度时,既要保证系统的核度最大,又要使系统核最多。

2.3 系统核选取的原则

1) 先找顶点去掉后系统会分解成两个或多个分支的元素,因为分支数越多,系统的核度会越大。如E3-2异常,如果去掉Zn,系统会分为两个分支;

2) 如果没有这样的顶点,则先找连通路最多的元素,因为连通路多,表示与其相关的元素多,去掉该元素也有可能打破系统;

3) 如果存在多个连通路相同的顶点,则先找破坏系统连通的元素,尽量能使系统产生更多的分支。

3 综合异常的筛选评价

应用系统核和核度理论对研究区的22个化探综合异常(图2)进行筛选评价,下面以阿尔茨托山-巴音山分区的E3-2异常为例,说明其具体过程。

① 将异常范围内的点位单独切出,分析8个元素的相关关系,如表1所示,E3-2异常由4个点位组成,由相关系数检验表(表1),按 $n-2=5\%$,相

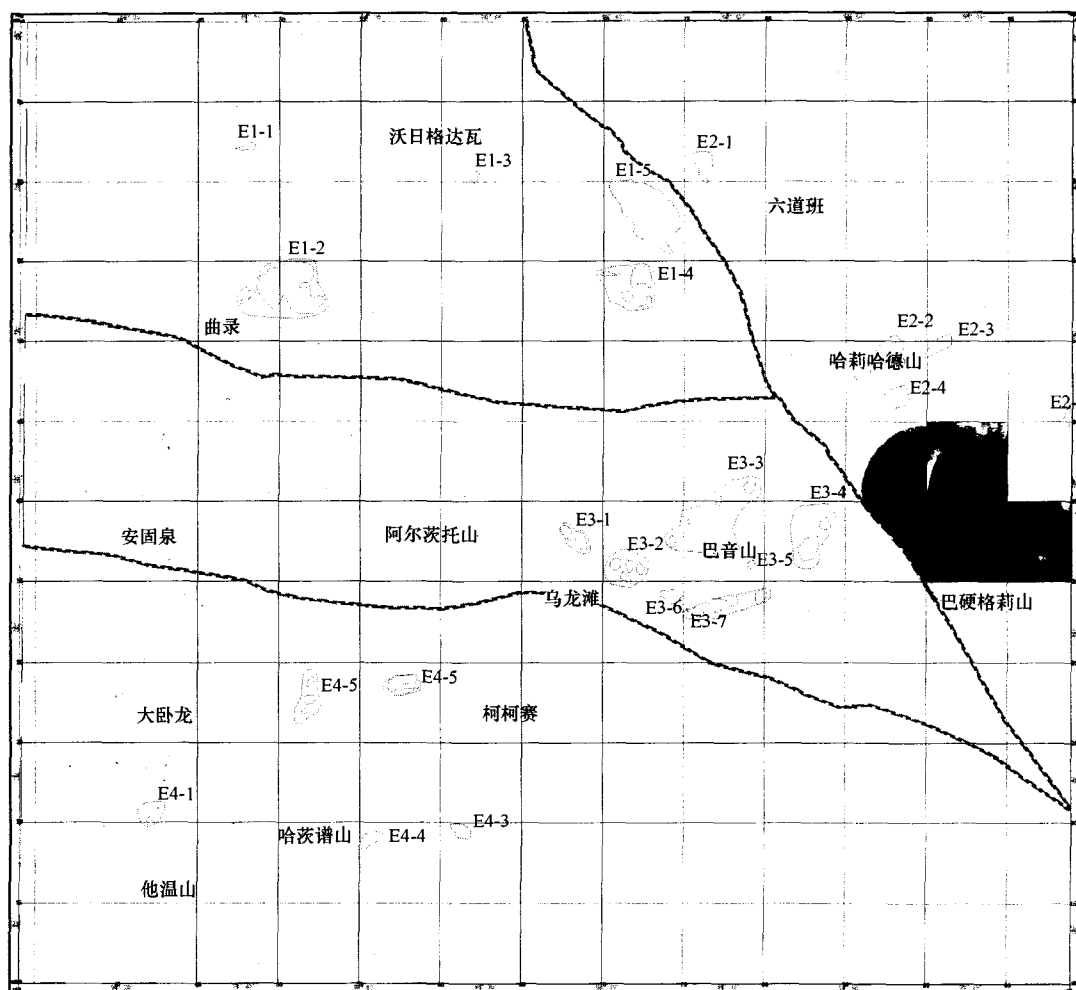


图2 研究区主要成矿元素的化探综合异常图
(红线为地球化学分区界线)

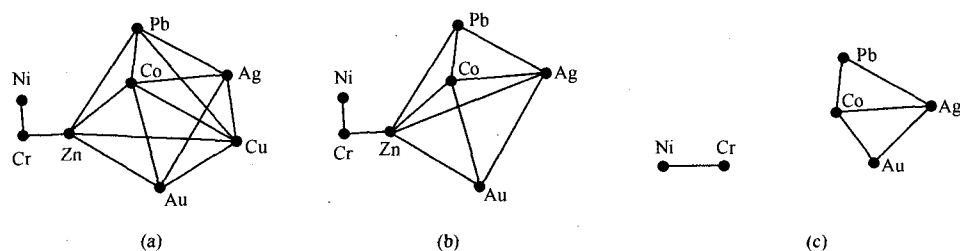


图3 E3-2 异常系统网络图

关系系数应大于0.8 为相关,将相关系数 > 相关度检查(0.8)的元素用线联起,形成异常系统网络图(图3-a)。

② 若去掉顶点 Cu,则网络图变为图3-b,其 $\omega(G-S)=1$,子图仍为连通图。

③ 如果再去掉顶点 Zn,网络图变为图3-c,其 $\omega(G-S)=2$,子图不连通。系统统核为 $S=\{Zn, Cu\}$,其最大核度为 $h(G)=\omega(G-S)-|S|=2-2=0$ 。

表1 研究区 E3-2 综合异常元素相关关系表

E3-2	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	Cr	Ni	Co	Cu
1.00									
Pb	0.93	1.00							
Zn	0.96	0.84	1.00						
Au	0.94	0.80	0.88	1.00					
Ag	0.91	0.98	0.78	0.83	1.00				
Cr	0.61	0.42	0.80	0.47	0.29	1.00			
Ni	0.60	0.30	0.77	0.58	0.21	0.92	1.00		
Co	0.97	0.98	0.88	0.91	0.98	0.43	0.39	1.00	

当然,第 2 步中可以先去掉 Co、Pb、Ag、Au 也会有同样的结果,即系统的核度为最大核度为 0,而 Zn 则是十分重要的,对核度大小起关键作用。因此,该异常是以 Zn 为核的 Cu、Pb、Ag、Co 多金属综合异

常,其主导矿种为 Zn。
④ 按照上述方法,对研究区的 22 处综合异常进行筛选与评价,共 12 处为矿致异常,其结果具体见表 2。

表 2 研究区综合异常筛选评价结果表

异常 编号	采样 点数	系统核度 Max(h(x))	系统核 S*	评价结果
E1-2	34	1	Cu	该异常规模大、强度高,是以 Cu 为核的矿致异常
E1-5	47	1	Zn	异常规模大、强度高,系统核度大而稳定,核元素突出,只有 Zn,可能是矿致异常
E2-2	16	0	Co	点位含量 Cr、Ni 高,分为 Cr-Ni-Co 和 Cu-Pb-Zn-Ag 组合,异常规模大,强度高,有钴矿点产出,为矿致异常
E2-3	6	1	Pb、Zn、Ni、Cr	Cr、Ni 含量高,水系上游有钴、锰矿,是一以 Cr、Ni 为核的多金属矿致异常
E3-2	4	0	Zn	有多金属矿床,是以 Zn 为核的多金属矿致异常
E3-3	8	0	Cu、Zn	多 Cu、Zn 高含量点,是以 Cu、Zn 为主的多金属矿致异常
E3-4	5	0	Pb、Zn、Ag(Co、Ni)	Cu、Zn 高含量点多,系统明显分两部分,一部分以 Pb、Zn、Ag 为主,一部分以 Co、Ni 为核,有铅锌矿点,是一以 Pb、Zn、Ag 为主的多金属矿致异常
E3-5	3	0	Pb、Zn(Cu、Co)	Cu、Zn 高含量点多,系统明显分两个部分,一部分以 Cu、Co 为主,一部分心 Pb、Zn 为核,是一以 Pb、Zn、Cu 为主的多金属矿致异常
E3-6	3	0	Co、Ag	有基性侵入岩分布,是一以 Co、Ag 为核的矿致异常
E3-7	8	0	Co、Ag	多 Cu、Zn、Pb 高含量点,有铅锌多金属矿点,为矿致异常
E4-3	5	2	Co(Pb、Zn)	Pb、Zn 含量高,核度大,有铅锌矿点产出,是以 Co、Pb、Zn 为主的矿致异常
E4-4	5	1	Cr、Au	Au 高值多,是以 Au 为核的异常,核度大、核明显,可能是矿致异常

4 结语

为了检验结果的有效性,本文在对系统核和核度理论及其方法研究的同时,也采用了常规的多参数法来对研究区的 22 个综合异常进行筛选评价。通过多参数法的筛选评价结果可得知:除曲录-沃日格达瓦分区的异常外,筛选出的 10 个矿致异常均与上述结果相一致,且与已发现的矿床(点)相吻合;曲录-沃日格达瓦分区的异常多分布在基性和超基性侵入岩分布区,是寻找与超基性—基性侵入岩有关矿床的有利地段。

综上所述,应用系统核和核度理论筛选评价化探异常,不仅可以快速地判别矿致异常与非矿异常,

并能直接指明异常所对应的矿体,这是一种有效的、可行的技术方法。本文所研究的成果,为在该研究区开展进一步的化探异常检查和勘查工作部署,提供了科学依据,指明了方向。

[参考文献]

[1] 吴锡生.化探数据处理方法[M].北京:地质出版社,1992.

[2] 任天祥,伍宗华,羌荣生.区域化探异常筛选与查证的方法技术[M].北京:地质出版社,1998,9:22-90.

[3] 西北有色地勘局物化探总队.青海省乌兰南部山区地球化学普查找矿及异常查证工作报告[R],1999.12.

[4] 西北有色地勘局物化探总队.青海省两兰地区地球化学普查找矿及异常查证工作报告[R],2000.12.

[5] 周乐尧,邱郁双.一种新的化探异常评价方法[J].地质与勘探,1998,34(6):40-43.

NEW METHOD OF GEOCHEMICAL ANOMALY SCREENING AND APPRAISING IN THE WULAN - DULAN AREA, QINGHAI PROVINCE

YANG Li - min¹, YANG Zi - an¹, LUO Tie - liang², ZOU lin¹, FU He²

(1. China Non - ferrous Metals Resource Geological Survey, Beijing 100012;

2. Hebei CNNC Center of Surveying and Mapping, Sanhe 065201)

Abstract: Geochemical anomaly appraisal is mainly on the basis of own character or by means of mathematical statistics method. Frequently, it is difficult to clearly distinguish anomalies related to mineralization and non - ore anomalies. Sometimes, ore - forming elements corresponding to anomaly are also uncertain. Aiming at the problem, theory of system core and core - degree is applied for screening and appraising geochemical anomalies in Wulan - Dulan area, Qinghai province. Good application results are obtained, and can provide scientific reference for next anomaly optimization and ore prospecting.

Key words: core and core - degree of a system, geochemical anomaly, sieving and appraising, Wulan - Dulan area, Qinghai province