

关联度分析在控矿因素研究中的应用^①

魏君奇

(宜昌地质矿产研究所, 宜昌 443003)

提 要 较详细地介绍了灰色系统中关联度分析的基本原理及计算方法。并以胶东金矿为例, 论证了关联度分析在控矿因素研究中的重要意义。最后, 给出了关联度运算的 BASIC 程序。

关键词 关联度 控矿因素

1 前 言

灰色系统理论自 1982 年创立以来, 发展很快, 并跨出控制论领域渗透到社会、经济的各个方面。尤其在农业、经济、社会、水利、生态等领域, 应用关联度分析、灰色预测、灰色决策等方法, 取得了辉煌的成就^[1]。但灰色系统理论在地质学研究中的应用还很薄弱。目前, 仅有少数研究者用岩石化学、微量元素等数据作为参数, 通过计算矿体的围岩、相关岩体与矿石之间的关联度, 对比分析各种控矿因素与成矿作用关系程度的大小, 从而查明主导控矿因素及次要控矿因素, 并在找矿远景区预测等方面取得了满意的效果。本文选取了几个能够指示成矿物质来源的稀土元素特征参数作为参数, 以研究程度较高的招远金矿为研究对象, 应用关联度对比分析的方法, 进行控矿因素研究方面的尝试, 意在为灰色系统理论在地质学研究中的应用提供一条思路, 探索一种方法。

2 关联度分析方法

现有系统分析的量化方法, 大都采用数理统计法, 如回归分析、方差分析、因子分析等。而灰色系统中的关联度分析法是根据各因素之间发展态势的相似或相异的程度, 来衡量因素间的关联程度。因此, 同上述方法相比, 具有如下几方面的优点:

- (1) 对样本量的多少没有过分要求;
- (2) 不要求典型的分布规律;
- (3) 计算量相对较少。

^① 收稿日期 1996-09-17

这非常适用于矿床普查勘探初期,有利于控矿因素的查明,促进科研与生产的同步发展。现就关联度分析的基本方法简述如下:根据研究目的,分别选取母序列 $X_i(k)$ 和子序列 $Y_j(k)$ 。

$X_i(k) = \{X_i(1), X_i(2), \dots, X_i(p)\}, i=1, 2, \dots, m$ 为母序列单元数;

$Y_j(k) = \{Y_j(1), Y_j(2), \dots, Y_j(p)\}, j=1, 2, \dots, n$ 。为子序列单元数;

$k=1, 2, \dots, p$, 为参数个数。并对各序列元素进行无量纲化处理,得到新的母序列 $X_i(k)$ 和新的子序列为 $Y_j(k)$, 以子序列各单元与母序列各单元整体的相似程度来确定子序列各单元相对关联度的大小。

$$\text{关联度 } r_{ij} = \frac{1}{p} \sum_{k=1}^p \xi_{ij}(k)$$

$$\xi_{ij}(k) = \frac{\min_i \min_j |X_i(k) - Y_j(k)| + \beta \cdot \max_i \cdot \max_j |X_i(k) - Y_j(k)|}{|X_i(k) - Y_j(k)| + \beta \cdot \max_i \max_j |X_i(k) - Y_j(k)|}$$

β 为分辨系数, $0 < \beta \leq 1$ (本文选用 $\beta = 0.5$)

$\min_i \min_j |X_i(k) - Y_j(k)|$ 为两极最小差

$\max_i \max_j |X_i(k) - Y_j(k)|$ 为两极最大差

$0 \leq r_{ij} \leq 1$, r_{ij} 值越大, 关联程度越高。

最后全部所算出的关联度 r_{ij} 的值, 构成一个“ $m \times n$ ”矩阵, 关联度矩阵中, 每一行元素的值表示子序列各单元对母序列某单元的关联度; 每一列元素的值对应子序列某单元对母序列各单元的关联度。将全部所求的关联度值进行分级统计, 分级间隔大小视具体情况选择, 再按级统计频数, 然后以频数为纵坐标, 分级数值为横坐标作频数变化曲线, 并要求呈近似正态分布, 则该曲线上大于第一个拐点的所有 r_{ij} 值, 即为优势因素; 也可以通过关联度矩阵中各行元素、各列元素间的对比, 或各行元素平均值、各列元素平均值间的对比, 区分出优势因素和非优势因素, 以及优势程度的大小。

3 关联度分析应用实例

3.1 已取得的研究成果

位于胶东半岛西北部的招远县, 素有“金城天府”之美称, 其黄金储量和产量均居全国之冠。这里分布着破碎带蚀变岩型和含金石英脉型大型、特大型金矿及一些中小型金矿床。从解放初期至 90 年代, 先后有众多地质工作者从不同角度对招远金矿做过深入研究, 取得了丰富的科研成果, 其研究水平在国内外也是领先的, 大多数专家、学者认同, 地层、构造、岩浆岩是本区金矿成矿的三大基本要素, 起不同程度的控制作用。现将近年来基础地质、地球化学特别是矿床稀土元素地球化学方面的研究成果, 概括如下:

(1) 胶东群变质岩内均含有一定量的金, 一般都高于地壳金平均含量的 4~5 倍, 个别高于

地壳金平均含量的 20 倍,是较原始的矿源岩,系提供金来源的主体^[2]。

(2)胶东群变质岩经混合岩化作用所形成的玲珑和郭家岭等壳源重熔型花岗岩,其岩浆期后热液活化并萃取了原岩中的成矿物质,与壳下热液流体和部分大气降水混合,形成金矿成矿的混合热液流体,是金矿的中间矿源岩^①。

(3)胶东地区金矿床分布在胶东群变质岩发育地区,并与中生代花岗岩紧密共生,矿床与围岩的稀土分配模式、同位素地球化学特征相似,表明成岩与成矿关系密切^[2]。

(4)热液流体携带成矿物质,对围岩和构造岩进行交代,在构造有利部位形成金的富集体,由于成矿期构造的脉动,导致了矿化及蚀变的多阶段演化,形成了相应的矿化及蚀变产物,由中心向两侧依次为绢英岩化、硅化和钾化,其中绢英岩与矿化关系最为密切^②。

(5)矿床中主要矿石矿物是黄铁矿,主要脉石矿物是石英,金主要沉淀于含金黄铁矿-石英阶段(第Ⅱ成矿阶段)^[2]。焦家、玲珑两种矿化类型中黄铁矿、石英的 ΣREE 、 $\Sigma\text{Ce}/\Sigma\text{Y}$ 、 La/Yb 与 Au 呈明显的正相关。因此,稀土元素的一部分参数可以作为富矿体和矿化规模及强度的一种判别标志^③。

综上所述,胶东群变质岩含金量高,形成了金的高背景值区,被视为金的原始主体矿源层,是主导控矿因素;由胶东群变质岩形成的壳源深熔花岗岩,对金矿成矿物质起活化转移和萃取作用,是金矿的中间矿源岩;矿体围岩普遍发生绢英岩化、硅化和钾化,其中绢英岩与矿化关系最为密切。因此,我们选取主成矿期的主要含金矿物构成母序列;选取胶东群变质岩、壳源深熔型花岗岩和蚀变围岩构成子序列,以稀土元素的部分参数为参数,通过关联度的计算与分析,探讨各种控矿因素的主次关系及强度的大小。

3.2 关联度分析

依据已取得的研究成果,选取适当的变量及参数,列于表 1。

经计算,得出关联度矩阵 r_{ij} :

$$r_{ij} = \begin{vmatrix} 0.618 & 0.782 & 0.786 & 0.812 & 0.828 & 0.827 & 0.810 \\ 0.708 & 0.780 & 0.809 & 0.782 & 0.797 & 0.817 & 0.823 \\ 0.752 & 0.819 & 0.828 & 0.795 & 0.808 & 0.821 & 0.829 \\ 0.758 & 0.816 & 0.826 & 0.793 & 0.808 & 0.821 & 0.832 \end{vmatrix}$$

并求出每列的平均值 $\bar{r}_j, \bar{r}_j = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 r_{ij}$

$$\bar{r}_j = [0.709 \quad 0.799 \quad 0.812 \quad 0.796 \quad 0.810 \quad 0.822 \quad 0.824]$$

运用以上关联度数值做如下对比分析:

(1) $\bar{r}_7 \geq \bar{r}_j$, 说明胶东群变质岩为金矿的主体矿源岩,是主导控矿因素;

(2) $\bar{r}_1 < (\bar{r}_4 < \bar{r}_5 < \bar{r}_6) < \bar{r}_7$, 说明壳源重熔花岗岩,尤其是受构造运动叠加的塑变花岗岩,为金矿的中间矿源岩,是必要的控矿因素;

① 孔庆幸. 玲珑金矿田地质. 招远黄金地质, 1989

② 林吉田, 栾久春. 北截金矿区矿床地质特征. 招远黄金地质, 1989.

③ 官润潭. 招远县金矿地质总论. 招远黄金地质, 1989

(3) $r_{i3}>(r_{i2}>r_{i1})$,说明蚀变带中,绢英岩与成矿作用的关系最为密切,而硅化、钾化带则次之。

以上结论,与前人的研究成果基本吻合,从而验证了关联度分析方法的准确性。

表 1 招掖金矿带主要矿物、岩石稀土特征参数表*

Table 1 Parameter of REE features of major minerals and rocks in Zhaoye gold mineralizing zone

序 列	变 量	参 数 数 值	La/Yb	$\Sigma Ce/\Sigma Y$	ΣREE	δEu
		矿物 岩石				
母 序 列	X ₁	黄铁矿(Ⅱ)	51.60	9.60	4.75	0.66
	X ₂	黄铁矿(Ⅳ)	7.60	2.06	2.23	3.65
	X ₃	黄铁矿(罗山)	7.67	3.57	1.43	1.22
	X ₄	石英(Ⅰ)	13.70	2.90	2.81	0.71
子 序 列	Y ₁	钾长石化花岗岩	11.11	2.86	9.28	2.02
	Y ₂	硅化花岗岩	19.11	4.42	45.79	0.77
	Y ₃	绢英岩	10.76	3.21	68.90	1.39
	Y ₄	上庄似斑状花岗岩	95.76	14.97	131.290	1.03
	Y ₅	玲珑塑变花岗岩	67.2	11.1	150.5	0.74
	Y ₆	北截塑变花岗岩	108.5	15.3	480.6	0.95
	Y ₇	胶东群变质岩	8.8	2.61	150.78	0.96

* 据宫润潭,招远县金矿地质总论,《招远黄金地质》,1989,Ⅱ、Ⅳ为矿化阶段

4 问题与讨论

灰色系统在地质学研究中的应用才刚刚起步,运用关联度分析法解决地质问题的先例也相当少,这里谈一点自己的学习心得,希望能对灰色系统在地质学中的应用有所裨益。

(1)如果在已知矿区,选择与成矿作用关系密切的各种地质单元作母序列,将预测区的各种地质单元作子序列,进行关联度的计算与分析,得出与已知矿区最相似的优势地区,即可圈定为找矿远景区。

(2)关联度运算中,有两种两极最大值和两极最小值的计算方法。一种是子序列各单元与母序列某单元之差绝对值中,各自的最大和最小值;另一种是子序列所有单元与母序列某单元之差绝对值中的最大和最小值。本文采用了前一种算法,因为后一种算法会缩小子序列各单元之间,对同一母序列关联程度的差异,而前一种算法能真实地反映这种差异,有利于关联度的对比分析。

(3)对于多期多阶段成因的矿床来说,如果占主导地位的控矿因素发生了期次性改变,那

么其关联度也随之改变,则不会出现某列元素均比同行其他列元素大的优势单元。所以,对控制因素发生改变的各期次成矿作用,应分别对待,以免发生混乱。如果将不同控制因素控制的不同期次的矿石参数加权平均,合并为一个母序列单元,则会得出错误的结论。

(4)关联度计算中使用了绝对值,因而关联度没有负数,对于某些负的相关因素,回归分析能很好地表示出来,关联度分析似乎无能为力,此种情况可先用回归分析剔除负的相关因素。

(5)关联度运算中,参数的量纲最好是相同的,如果不同,要化为无量纲数列。此外,还要求所有数列有公共交点,因此,计算前要将数列作初始值化处理。本文用每一单元数列中的第一个元素 $X_i(1)$ 除其他元素 $X_i(k)$,这样既可使数列化为无量纲,又可得到公共交点。

5 关联度运算的 BASIC 程序

程序中 10~90 句分别对母序列和子序列原始数据做初始化处理;100~280 句为单元关联度运算及关联度矩阵打印的程序。

```

10 INPUT P,M,N{参数个数,母序列单元数,子序列单元数}
20 DIM X(M,P), Y(N,P), A(M,N,P), B(M,N), C(M,N,P), D(M,N)
30 MAT READ X, Y
40 FOR I=1 TO M: FOR J=1 TO P
50 X(I,J)=X(I,J)/X(I,1)
60 NEXT J: NEXT I
70 FOR I=1 TO N: FOR J=1 TO P
80 Y(I,J)=Y(I, J)/Y(Y,1)
90 NEXT J: NEXT I
100 FOR K=1 TO M
110 FOR I=1 TO N: FOR J=1 TO P
120 A(K,I,J)=ABS(Y(I,J)-X(K,J))
130 NEXT J: NEXT I: NEXT K
140 FOR K=1 TO M: FOR I=1 TO N: B(K,I)=A(K,I,1): FOR J=1 TO P
150 IF A(K,I,J)≤B(K,I) THEN 170
160 B(K,I)=A(K,I,J)
170 NEXT J: NEXT I: NEXT K
180 INPUT W {分辨系数}
190 FOR K=1 TO M: FOR I=1 TO N: FOR J=1 TO P
200 C(K,I,J)=B(K,I) * W/(A(K,I,J)+B(K,I) * W)
210 NEXT J: NEXT I: NEXT K
220 FOR K=1 TO M: FOR I=1 TO N: FOR J=1 TO P
230 D(K,I)=D(K,I)+C(K,I,J): NEXT J: D(K,I)=D(K,I)/P

```

```
240 NEXT I: NEXT K
250 MAT LPRINT D
260 DATA X(M,P)
270 DATA Y(N,P)
280 END
```

参考文献

- 1 邓聚龙. 灰色系统基本方法. 华中工学院出版社, 1987
- 2 李兆龙, 杨敏之, 等. 胶东金矿床地质地球化学. 天津科学技术出版社, 1993

APPLICATION OF ASSOCIATION ANALYSIS TO STUDY ON ORE-CONTROLLING FACTORS

Wei Junqi

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS)

Abstract

The fundamental principle and calculating method of the association analysis in grey system is introduced. Taking for an example the Qiaodong gold deposit, the author has discussed the significance of association analysis to the study on ore-controlling factors. The calculating process has also been programmed.

Key words: association degree, ore-control ling factors