

· 勘查技术 ·

模糊模式在金矿成矿预测中的应用

江 涛 牛如宝
(山东省物化探勘查院)

摘要 通过对焦家金矿田地球化学异常的分析,并以此为基础设计隶属函数,进而建立了模糊模式。根据隶属函数计算的各个元素信息变量的模糊数,把它作为模糊判别指标,然后用贴近度的度量方法与预测区内待识别的模糊判别指标进行识别。应用此方法对水系沉积物中Au、Ag、Cu、Pb四种元素进行模糊模式识别与处理,并在胶东7800km²范围内进行了金矿预测,其中有些贴近度(T)异常已经得到验证,获得了较好的效果。

关键词 隶属函数 模糊数 贴近度 模糊模式识别 水系沉积物异常 成矿预测

1 引言

模糊数学是研究和处理模糊现象的应用数学,地学领域中大量的模糊问题可应用模糊模式得到解决。例如在成矿预测时,需要对地质、地球物理、地球化学,以及不同深度层次的各种信息进行综合分析,以便得出较准确的判断,而这些判断准则本身则具模糊性和外延性,这就需要建立模糊模式,并应用模糊判别指标进行判别与处理。笔者在《胶东破碎带蚀变岩型金矿地质—地球物理—地球化学找矿模型评价指标研究及预测》项目的研究中,应用模糊模式探索出了一套处理化探资料的新方法,通过对胶东西北部地区水系沉积物测量中获得的各种元素的不同信息进行模糊模式处理,给出一个量化的指标,从而有效地进行了金矿成矿预测。

2 建立模糊模式的理论依据

2.1 建立隶属函数

隶属函数是按隶属原则直接决定其归属,这是建立模糊模式和应用模式识别与处理的直接过程^[1]。为成矿预测而建立隶属函数,其关键是确定反映有利于成矿的地质信息变量,同时根据研究对象的不同,划分不同的参考单元,即划分矿田、矿床,然后分别设计合

本文1997年11月收到,1998年8月改回,游文澄编辑。

理的隶属函数, 通过隶属函数计算出各个地质信息变量的模糊数, 把它作为已知判别指标, 给出一确定的判定结果, 根据判定结果决定其归属^[2]。

在一定地质条件下, 金矿指示元素含量数值的大小, 以及元素分带和元素组合等特征均能反映金矿成矿的有利程度。通过对胶东地区典型金矿床焦家金矿及矿田内圈出的 Au、Ag、Cu、Pb 化探异常特征的分析研究, 并经多次计算和反复试验, 建立隶属函数如下:

$$S_{(x_i)} = \begin{cases} 0.0 & U - a < 0 \text{ 时} \\ |Q \times \sin [\frac{\pi}{2B_0} (U - a)]| & U - a < B \text{ 时} \\ 1.0 & U - a > B \text{ 时} \end{cases} \quad (1)$$

式中: U (模糊集) = $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$;

x_i = 某一元素的含量数值 (其中 $i = 1, 2, 3, 4$, 分别表示 Au、Ag、Cu、Pb 四元素);

$$a = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n x_i(j)$$

这里 $x_i(j) = \frac{x_i - x_{imin}}{x_{imax} - x_{imin}}$ (其中 $i = 1, 2, 3, 4, j = 1, 2, \dots, m$, x_{imax}, x_{imin} 分别表示预测区内某元素的内带下限和最小值);

$$B_0 = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

这里 $\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_i$;

$$B = \frac{1}{2 + 50 + B_0}$$

$$Q = \frac{1}{1.0 + A}$$

这里 $A = \frac{1}{x_{imax} - x_{imin} + B_0}$ 。

A、Q、B 是通过多次试验而设计的控制因子。

2.2 模糊模式判别指标的确定

选取焦家金矿田为标准单元, 将其与 1:5 万水系沉积物化探平面图相对照, 分别挑选出 Au、Ag、Cu、Pb 四元素的实测数据, 输入计算机, 取以 10 为底的对数和绝对值后, 代入隶属函数, 计算出标准区内 Au、Ag、Cu、Pb 四元素的模糊数, 分别取其平均值, 把这些模糊数平均值组成的集合, 作为已知模糊模式判别指标。

通过以上计算, 得到焦家金矿田标准单元的模糊模式判别指标如下:

$$E = (0.560/Au, 0.320/Ag, 0.146/Cu, 0.098/Pb)$$

上述各元素的值即该元素的有效指示程度值。各元素贴近度的权是按 $\eta = E_i / \sum_{i=1}^4 E_i$ 进行计算的 (式中 η 为 i 元素的权, E_i 为 i 元素的指示值), 其结果如下:

元素	Au	Ag	Cu	Pb
η	0.498	0.285	0.129	0.087

3 贴近度的度量方法

贴近度是模糊模式判别的直接指标,它通过隶属函数将每个点上的观测数据转换成对应的模糊数,组成模糊集合,成为待识别的模糊模式判别指标。然后,用贴近度的度量方法,将已知焦家金矿田标准单元的模糊模式判别指标与预测区内化探异常中待识别的模糊模式判别指标进行类比,以确定预测对象接近成矿的程度。

3.1 贴近度计算公式

本文引用以下贴近度(T)计算公式^[2]:

$$T = A \odot B + (1 - A \odot B) \quad (2)$$

式中: \odot 为交集运算, $+$ 为并集运算;

A 表示已知焦家金矿田标准单元的模糊模式判别指标;

B 表示待识别的模糊模式判别指标。

Au、Ag、Cu、Pb 四种元素是寻找金矿的有效指示元素,采用公式(2)可以求出其中任一种元素的贴近度。然而,金矿的生成则反映为各元素的综合效应,因此必须求出指示金矿存在程度的总贴近度参数。又由于各元素的贴近度权系数是按 $\eta = E_i / \sum_{i=1}^4 E_i$ 进行计算的,因此总贴近度计算公式为:

$$T = \sum_{i=1}^4 \eta T_i \quad (3)$$

式中: η 为 i 元素的权系数;

T_i 为 i 元素的贴近度。

3.2 贴近度的物理意义

贴近度(T)包含了 Au、Ag、Cu、Pb 元素量值及其组合的相似性,也代表了各元素模糊信息量所指示的金矿存在的程度。

贴近度(T)的大小(从 0.0 到 1.0)用来衡量未知区与已知金矿田上 Au、Ag、Cu、Pb 四元素各自特征的贴近程度,即未知地质单元待识别的模糊模式判别指标与已知地质单元的模糊模式判别指标相贴近的程度,亦即未知地质单元中金成矿的可靠性大小。T 越大,贴近程度越高,成矿的希望越大,反之则越小。

4 成矿预测区贴近度(T)异常分布特征及应用效果

水系沉积物测量 Au、Ag、Cu、Pb 四元素贴近度(T)异常(图 1),集中分布于胶东西北部的焦家—玲珑,官道,道头—夏甸及郭家店—大田一带。

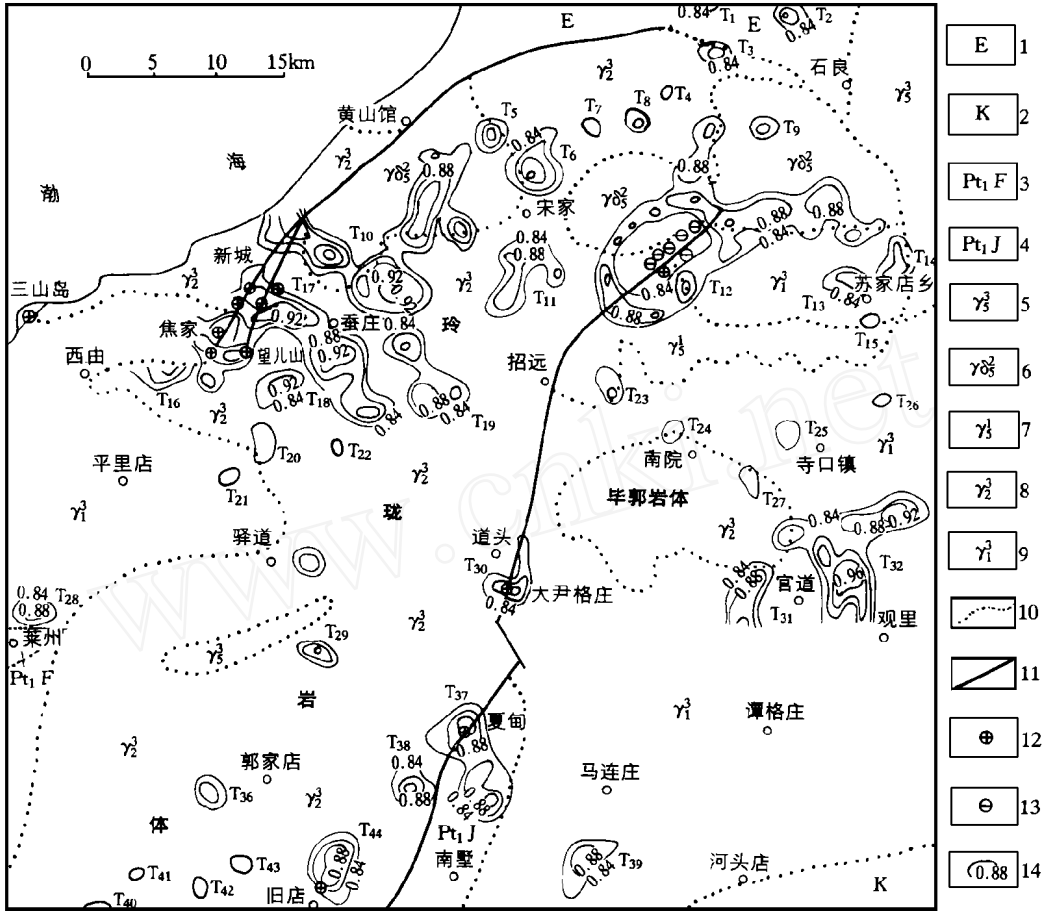


图 1 胶东西北部水系沉积物测量 Au、Ag、Cu、Pb 贴近期(T)异常图

Fig. 1 Sketch showing "closing degree (T)" abnormality of Au, Ag, Cu and Pb from stream sediments survey in northwest of Jiaodong (east of Shandong)

- 1—下第三系; 2—白垩系; 3—粉子山群; 4—荆山群; 5—燕山晚期花岗岩; 6—燕山早期花岗岩; 7—印支期花岗岩;
- 8—晚元古代花岗岩; 9—晚太古代花岗岩; 10—地质界线; 11—断裂构造; 12—蚀变岩型金矿; 13—石英脉型金矿;
- 14—贴近期(T)等值线及异常编号

焦家附近是金矿的集中地,也是 T 异常的集中区,有 T₁₇、T₁₈、T₁₉、T₁₀ 四个异常分布。四个异常幅值均在 0.92 以上,其中找矿前景最大的为 T₁₀ 异常。该异常不但范围大,而且各分异常中心明显,幅值最高达 0.96 以上。同时,灵山沟断裂、望儿山支断裂及焦家断裂均在本区通过,有的在本区交汇,因此本区具有很好的找矿前景。

玲珑附近 T 异常呈环形,幅值稍低,在 0.88 以上,分异常分散不集中,玲珑矿田分布

于环形异常内。由于该异常完整,范围大,浓缩中心较好,因此玲珑矿田深部具有与焦家矿田一样的成矿地质背景。

需要指出的是:位于招平断裂带内的大尹格庄大型金矿床,由于隐伏深度在150~200m以上,故在Au元素地球化学图上仅分布微弱外带异常,其他各元素亦没有异常反映;但其贴适度异常 T_{30} 却反映明显(图1),幅值达0.94以上。这说明在地球化学元素弱异常区内,反映隐伏矿区的贴适度异常未必也是弱异常。可见,贴适度能综合各类地质成矿信息,突出化探微弱异常,提高寻找隐伏矿床的效果。

现将具有良好找矿前景的 T_{10} 、 T_{31} 、 T_{32} 和对应大尹格庄矿的 T_{30} 异常列于表1,其他贴适度异常不再赘述。

表1 预测区内主要的贴适度(T)异常找矿前景评价

Table 1 Evaluation on major "closing degree (T)" abnormalities in prospecting

贴适度异常编号	贴适度异常特征	金及其他元素异常特征	找矿前景评价
T_{10}	位于新城—蚕庄以北,其范围大,呈V字型展布,走向由NW转为NE,有6处异常极值区,幅值最高达0.96以上	Au6、Au7异常位于T异常范围内,外、中、内带发育,最高值达 110×10^{-9} 。有Cu8异常分布,达外带标准,Pb异常亦达外带标准,其他元素异常不明显	焦家断裂、望儿山支断裂、灵山沟断裂通过T异常区。由于T异常与郭家岭花岗闪长岩展布方向一致,故几处极值点区找矿希望极大。最近,该区已发现新的矿床
T_{32}	位于毕郭岩体东端,异常呈“T”型,范围大,幅值高,最高0.98,异常区内的东、南、西部各有一极值区	Au20异常与南部高值区吻合,外、中、内带异常发育,最高值 58×10^{-9} 。Ag、Cu为外带异常,无铅异常。东端T异常与Au21异常(幅值 12.3×10^{-9})吻合,其他元素无异常显示	T异常的南部极值达0.98,异常位于 \mathfrak{M} 与胶东群的接触带,故存在隐伏金矿的可能性很大,具找矿前景
T_{31}	位于官道西,T值最高达0.94,异常南部未封闭,但较规则,呈SN向展布,北端又转为NE向,与毕郭岩体展布方向一致	T异常范围内有Au19、Au22、Au23号异常,呈NE向展布,浓度分带为外带,峰值达 10×10^{-9} 。Pb、Sb、Bi、Cu异常较发育,Cu异常浓度属中带	Au异常虽为弱异常,但其他元素异常明显,T幅值达0.94,又处于 \mathfrak{M} 与 \mathfrak{M} 的接触带上,故成矿条件良好。可望找到隐伏的“焦家式”金矿
T_{30}	位于道头南,对应大尹格庄矿区,T异常沿招平断裂带展布,呈弧形或不规则圆形,幅值达0.94,异常中心明显	区内仅有金弱异常分布,异常呈圆形,最大值 12.9×10^{-9} ,浓度分带为外带,其他元素无异常显示	在只有金弱异常,且无其他元素异常的情况下,T异常中心明显,幅值大,对深部隐伏矿床具明显的指示作用

5 应用探讨

应用模糊模式进行成矿预测,可把大量的地质找矿信息快速、准确地进行定量化分析处理,从而获得对预测区找矿远景的综合评价。

应用模糊模式进行判别,可以舍弃某些条件下人为因素的影响,这对容易被忽略的弱

异常及单元异常来说,无疑是一种比较客观的评价方法,因而能获得较好的找矿效果,尤其是对深部隐伏矿床,其效果更为明显。

应用模糊模式进行成矿预测的效果是否明显,关键在于确立的隶属函数是否客观合理,这就需要对预测对象及相关的地质信息变量进行深入的分析。只有经过多次计算和试验,才能客观地确立隶属函数,并据此建立模糊模式。

随着地质科学研究程度的提高和对资料的积累,模糊模式也需要不断修改和完善,只有这样,成矿预测的精度才能更高,效果才能更好。

成文过程中得到龚兴兴、顾留成、杨茂森、段林祥、万国普等高级工程师的大力支持和帮助,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 肖位枢. 模糊数学基础及应用. 北京: 航空工业出版社, 1992
[2] 张俊福, 邓本让等. 应用模糊数学. 北京: 地质出版社, 1988

APPL ICATION OF FUZZY MODEL TO THE PRED ICATION OF GOLD M INERAL IZATION

Jiang Tao and Niu Rubao

(*Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute*)

Abstract

By analyzing the geochemical abnormalities of Jiaojia gold field, and regarding it as the base to design subordinate function, fuzzy model is established According to the fuzzy figures of each elements information variable which are calculated by fuzzy model, and regarding it as fuzzy differentiated index, using the measurement method of "closing degree (T)", the awaiting identifying fuzzy differentiated index in the predicating areas can be distinguished. The figures of Ag, Au, Cu and Pb which are from stream sediments were distinguished and processed, and predication of gold mineralization within the scope of 7800km² in Jiaodong (east of Shandong) has been done and some "closing degree (T)" abnormalities proved.

Key words: Subordinate function, fuzzy figure, closing degree, fuzzy model differentiation, stream sediments abnormality, predication of gold mineralization.