

文章编号:1008-0244(2001)03-0215-06

一种确定地球化学异常下限的简便方法

龚庆杰, 张德会, 韩东昱

(中国地质大学, 北京 100083)

摘 要:本文从地球化学场元素的分布形式出发,探讨了理论分布形式的频率与含量双对数坐标图示特征,从而提出了一种确定地球化学异常下限的简便方法。将该方法应用于湖南柿竹园钨多金属矿区,效果显著。

关键词:地球化学场;异常下限;分形;柿竹园

中图分类号:P632

文献标识码:A

1 传统地球化学异常下限的确定方法

地球化学异常下限的确定是勘查地球化学的一个基本问题,也是勘查地球化学应用于矿产勘查时决定成败的一个关键性环节。20世纪50年代以来,地球化学家基本认为元素在地球化学场中的分布接近正态分布或对数正态分布。因此,传统地球化学异常下限的确定方法是统计勘查地球化学数据,检验其是否符合正态分布或对数正态分布,如果不符合,则剔除部分异常数据,通常是元素的高含量数据,直到数据符合正态分布或对数正态分布为止。对于符合正态分布或对数正态分布的数据,计算得到其平均值(\bar{C})和标准离差(σ),然后对全部数据进行异常筛选和评价。一般是以平均值与2倍标准离差之和作为地球化学异常下限($\bar{C} + 2\sigma$),根据具体情况也有采用 $\bar{C} + 1.5\sigma$ 或 $\bar{C} + 3\sigma$ 作为异常下限值的。我国目前使用的地球化学勘查标准中规定的异常下限是 $\bar{C} + 2\sigma$ ^[1]。

上述传统地球化学异常下限的确定方法以元素含量数据服从正态分布或对数正态分布为前提,但新的研究表明元素的地球化学分布并不局限于正态分布或对数正态分布^[1,2]。此外,异常下限的确定具有一定的可变性,即可采用平均值(\bar{C})与1.52或3倍标准离差(σ)作为异常下限。

本文介绍的地球化学异常下限的确定方法并不局限于数据符合正态分布或对数正态分布,因此不需要对数据进行分布检验及剔除部分数据等繁琐的操作,且异常下限的确定比较明确。

2 地球化学场元素的分布形式

为了引出确定地球化学异常下限的新方法及对比传统方法与新方法的差别,我们有必要对地球化学场元素的分布形式进行简要分析。

20世纪50年代以来,许多地球化学资料表明:①地球化学场中常量元素含量数据服从正态分布,而微量元素含量数据服从对数正态分布;②由多次地球化学作用叠加而形成的含量数据符合正态分布,而由单一地球化学作用形成的含量数据服从对数正态分布^[3]。这类资料将地球化学场元素的分布形式确定为正态分布和对数正态分布。

20世纪80年代以来,随着分形科学的发展,许多地球化学家认为地球化学场的元素分布具有标度不变性,即服从分形分布^[4]。同时也意识到传统地球化学异常下限确定方法的局限性,并提出了许多利用分形确定地球化学异常下限的方法^[1,2,5,6]。地球化学场元素含量分形分布的机制也得到了深入的研究^[7,8]。这类资料将地球化学场元素的分布形式确定为分形或多重分形分布。

Allegre^[2]对地球化学场元素的分布形式进行了系统的分析,将地球化学场元素的分布划分为两大类和四个亚类:正态和多模式分布,分形和多重分形分布,并对其形成机制进行了详细的研究,指出正态和多模式分布对应于混合作用占主导地位的地球化学过程,而分形和多重分形分布对应

收稿日期:2001-05-28

基金项目:国家自然科学基金(49633120);国土资源大调查项目(20002010803056);国土资源部项目(2000401)。

第一作者简介:龚庆杰(1972-),男,博士,主要从事地球化学动力学方向的研究。

于分异作用占主导地位地球化学过程。

通过上述分析可以发现,地球化学场元素分布形式的不同是由不同的数据分析和表现形式造成的。正态分布、对数正态分布及多模式分布通常采用频率(f)与含量区间($C \pm 1/2$ 间距)的直方图形式进行数据分析和表示,而分形分布及多重分形分布通常采用双对数坐标图形来表示数据分析结果。为了使数据分析和图示形式一致,本文将正态分布、对数正态分布及多模式分布采用频率(f)与含量($\geq C$)的双对数坐标图形来进行分析和表示,从而发现了一种简便的确定地球化学异常下限的方法。

3 频率与含量的理论分布模式及异常下限的确定

本节从频率与含量在双对数坐标中的表现

图形来认识正态分布、对数正态分布及多模式分布,进而在上述分布中加入若干异常高含量值,从而确定一种新的划分地球化学异常下限的方法。

图 1 中 a0 是由 100 个介于 0 到 1 间(0.03~0.96)的模拟元素含量数据组成的正态分布直方图,其平均值 $\bar{C}=0.5$,标准离差 $\sigma=0.2$ 。图 1 a1 是采用频率与含量在双对数坐标中的表现形式。其具体计算方法是:将含量数据从最小值(0.03)到最大值(0.96)按 e 为底的指数等分为若干值,分别统计大于或等于某一含量(\bar{C})的数据在总数据中的频率($f\%$)。图 1 a1 中横坐标为含量(C),纵坐标为频率(f)。图 1 a2 为图 1 a0 中 100 个数据另加 5 个高含量异常值(1.35~1.76)共计 105 个数据的频率与含量在双对数坐标中的表现形式

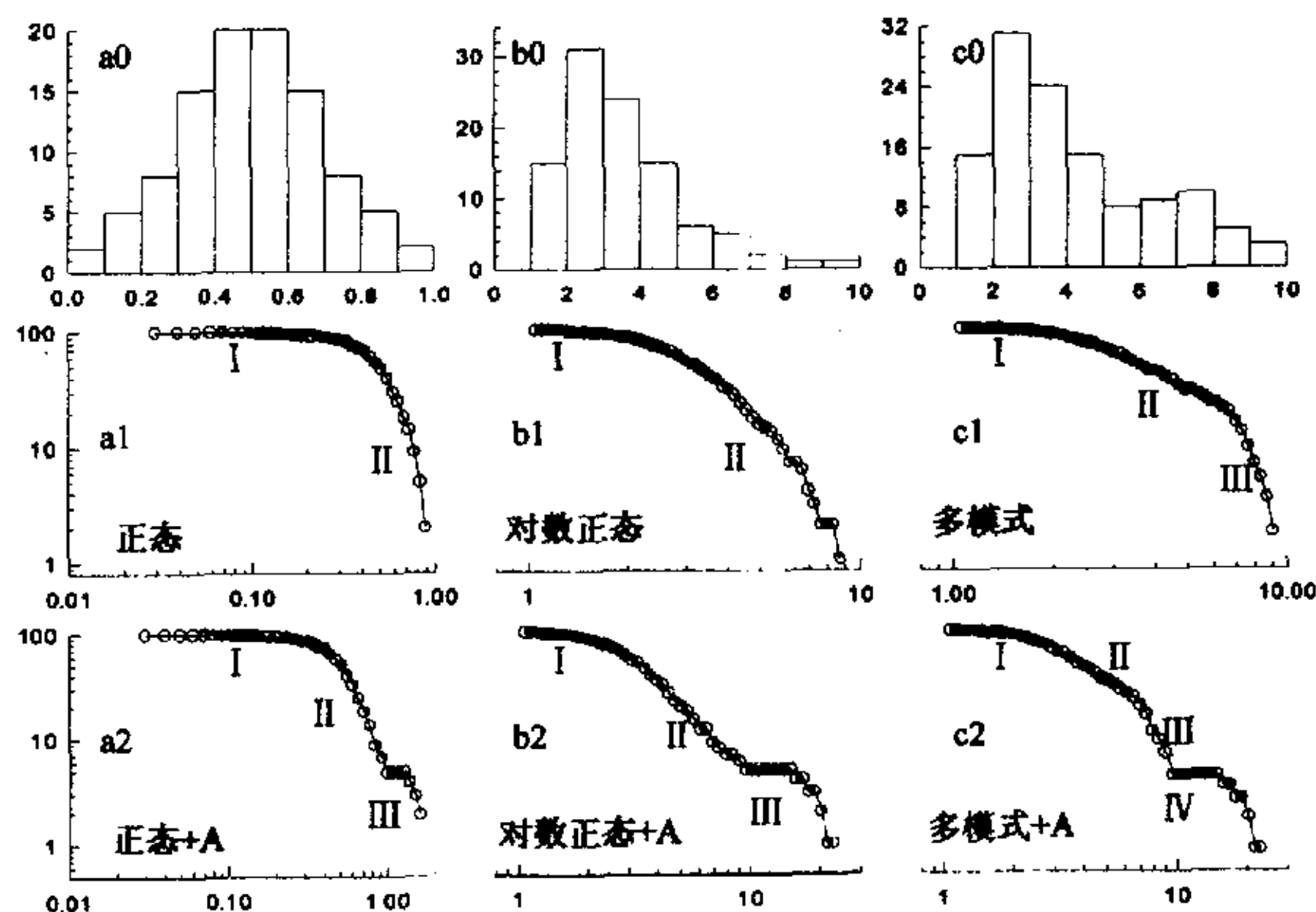


图 1 元素分布类型的直方图与双对数坐标图示关系。

Fig. 1. Histogram of element distribution types in relation with lg-lg plots.

图 1 中 b0 是由 100 个介于 0 到 10 间(1.07~9.12)的模拟元素含量数据组成的对数正态分布直方图,若将这 100 个含量数据取对数后作直方图则正是图 1 a0。其对数平均值 $C=0.5$ 所对应的含量为 3.16,对数标准离差 $\sigma=0.2$ 对应反对数为 1.58。图 1 b1 是采用频率与含量在双对数坐标中的表现形式。图 1 b1 中横坐标为含量(C),纵坐标为频率(f)。图 1 b2 为图 1 b0 中 100 个数据另加 5 个高含量异常值(15.4~24.5)

共计 105 个数据的频率与含量在双对数坐标中的表现形式。

图 1 中 c0 是由图 1 b0 中 100 个数据叠加介于 5.25~9.54 间服从正态分布的 20 个数据($\bar{C}=7.51, \sigma=1.11$),共计 120 个数据的直方图,即以对数正态分布为主导叠加一次要正态分布的多模式分布。图 1 c1 是采用频率与含量在双对数坐标中的表现形式,其横坐标为含量(C),纵坐标为频率(f)。图 1 c2 为图 1 b0 中 120 个数据另加 5

个高含量异常值(15.4~24.5)共计125个数据的频率与含量在双对数坐标中的表现形式。

从图1 a1中可以看出,在频率与含量双对数坐标中,具正态分布模式的曲线存在一个明显的拐点,可以将曲线划分为两段,第Ⅰ段近似为一水平直线,第Ⅱ段亦近似为一曲线。两直线间过渡明显。如果正态分布中存在高异常数值时,整个曲线可明显划分为三段,如图1 a2所示,其中第Ⅲ段即代表异常,因此异常下限可确定在第Ⅱ段与第Ⅲ段的分界点处。该异常下限较传统方法确定的异常下限较大。

从图1 b1中可以看出,在频率与含量双对数坐标中,具对数正态分布模式的曲线也存在一个拐点,但其位置不太明显。根据拐点也可以将曲线划分为两段,第Ⅰ段稍偏离水平直线,第Ⅱ段与第Ⅰ段之间为渐变过渡关系。如果对数正态分布中存在高异常数值时,整个曲线可明显划分为三段,如图1 b2所示,其中第Ⅲ段可与第Ⅱ段明显区分开,第Ⅲ段即代表异常,因此异常下限可确定在第Ⅱ段与第Ⅲ段的分界点处。该异常下限也较传统方法确定的异常下限较大。

从图1 c1中可以看出,在频率与含量双对数坐标中,以对数正态分布为主导叠加一次要正态分布的多模式分布的曲线也可近似划分为三段,第Ⅰ、Ⅱ段即代表对数正态分布,类似于图1 b1。第Ⅲ段与第Ⅱ段划分明显,且第Ⅲ段代表高值部分,主要反映所叠加正态分布的特征,可以将第Ⅲ段与第Ⅱ段的分界点视为弱异常下限。该弱异常下限也较传统方法确定的异常下限大。如果多模式分布中存在高异常数值时,整个曲线可明显划分为四段,如图1 c2所示,其中第Ⅲ段可与第Ⅳ段明显区分开,第Ⅳ段即代表异常,因此异常下限可确定在第Ⅳ段与第Ⅲ段的分界点处。该异常下限也较传统方法确定的异常下限大。

综上所述,在频率与含量双对数坐标中,①当不存在异常时,正态分布与对数正态分布模式的曲线可划分为两段,二者以拐点是否明显以及两段间的过渡关系相区分。多模式分布以三段为特征,它与对数正态分布加异常的区分在于其第Ⅰ、Ⅱ段较平缓。②当存在异常时,第Ⅱ段与第Ⅲ段的分界点即可视为异常下限,当曲线可划分为三段以上时(可能对应于多模式分布),为提高异常下限,应将第Ⅲ段与第Ⅳ段的分界点确定为异常下限。

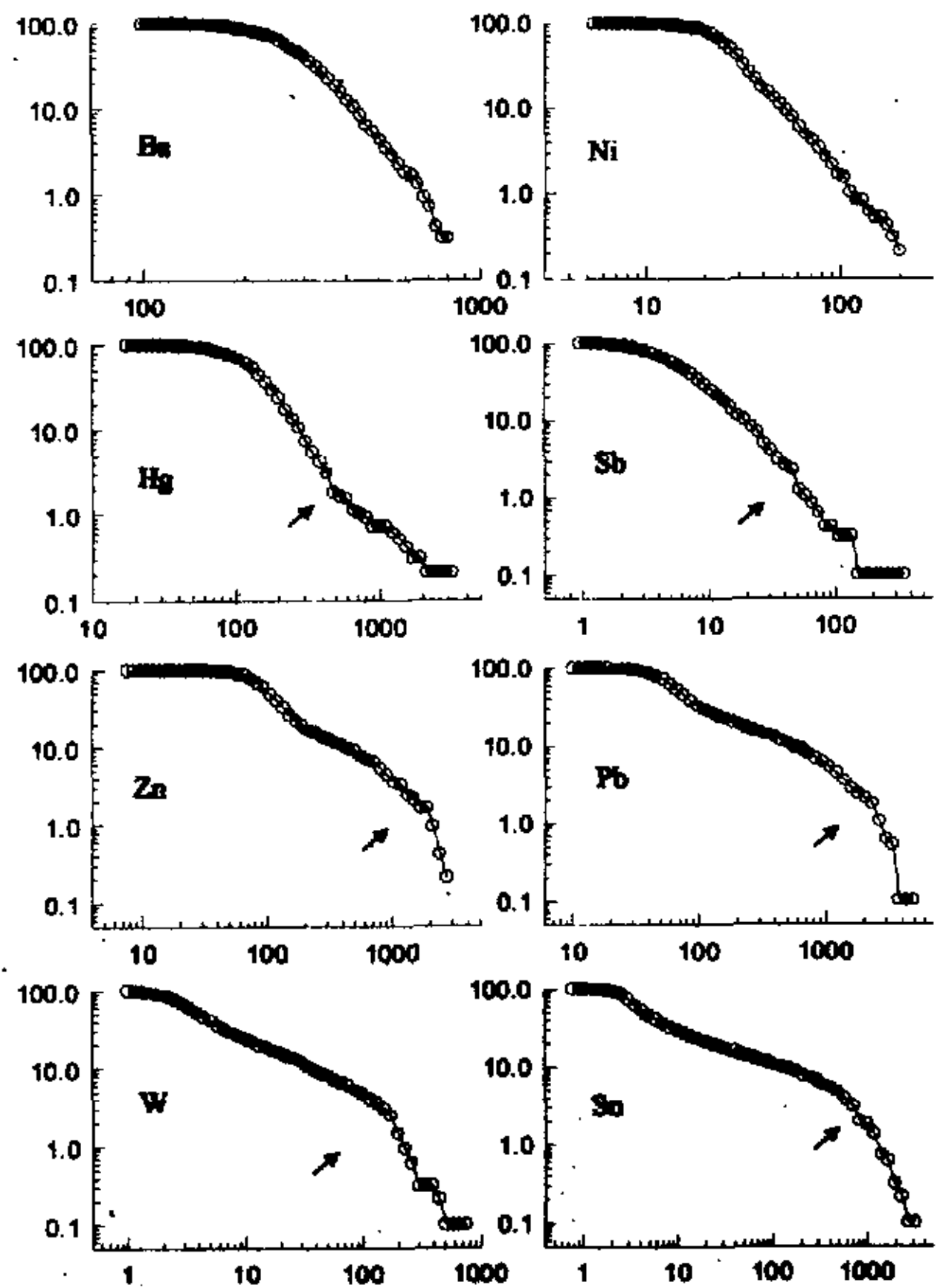


图2 湘南柿竹园地区元素分布形式

Fig.2. Element distribution patterns in the Shizhuyuan area, southern Hunan.

4 实例应用

本文以湘南柿竹园钨多金属矿床及其外围900km²的水系沉积物化探数据为例,运用上述方法来确定该区元素异常下限,以检验上述方法的实用性。元素异常下限的确定如图2所示。其中Ba、Ni为该非成矿元素,Hg、Sb为成矿指示元素或弱成矿(矿化)元素,W、Sn、Pb、Zn为典型的成矿元素。

从图2的频率与含量双对数坐标分布曲线可以看出:①Ba、Ni的分布曲线对应于正态分布,在该区不具有实质意义的异常存在。②Hg的分布曲线对应于正态分布加异常。其异常下限可确定为 450×10^{-6} ;③Sb的分布曲线对应于对数正态分布加异常,其异常下限可确定为 50×10^{-6} ;④Zn、Pb、Sn、W的分布曲线对应于多模式分布加异常,其异常下限分别可确定为 1800×10^{-6} 、

$2\ 200 \times 10^{-6}$ 、 700×10^{-6} 和 150×10^{-6} ,如果放宽 750 和 900×10^{-6} 。
Zn、Pb 的异常下限,则其异常下限分别可确定为

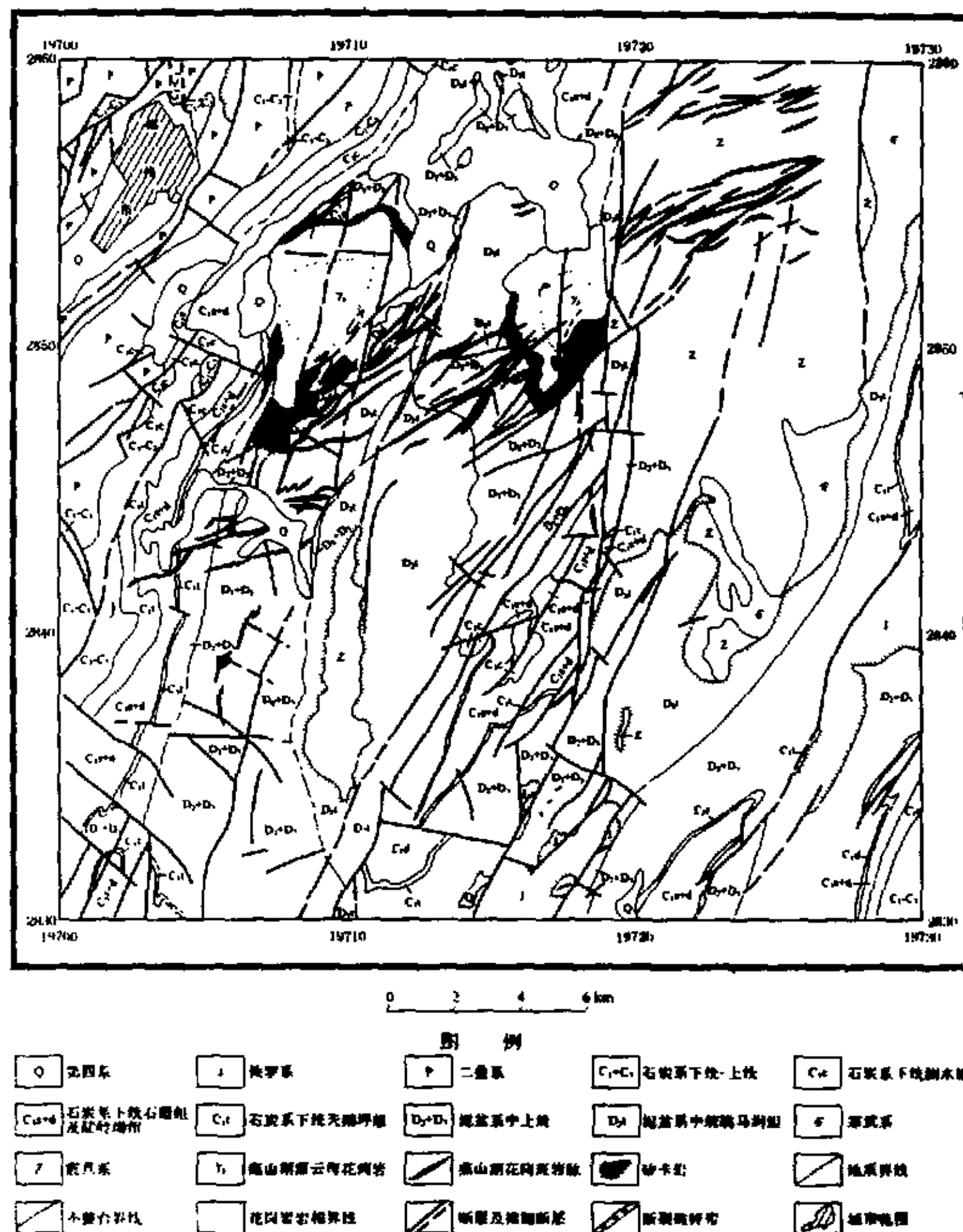
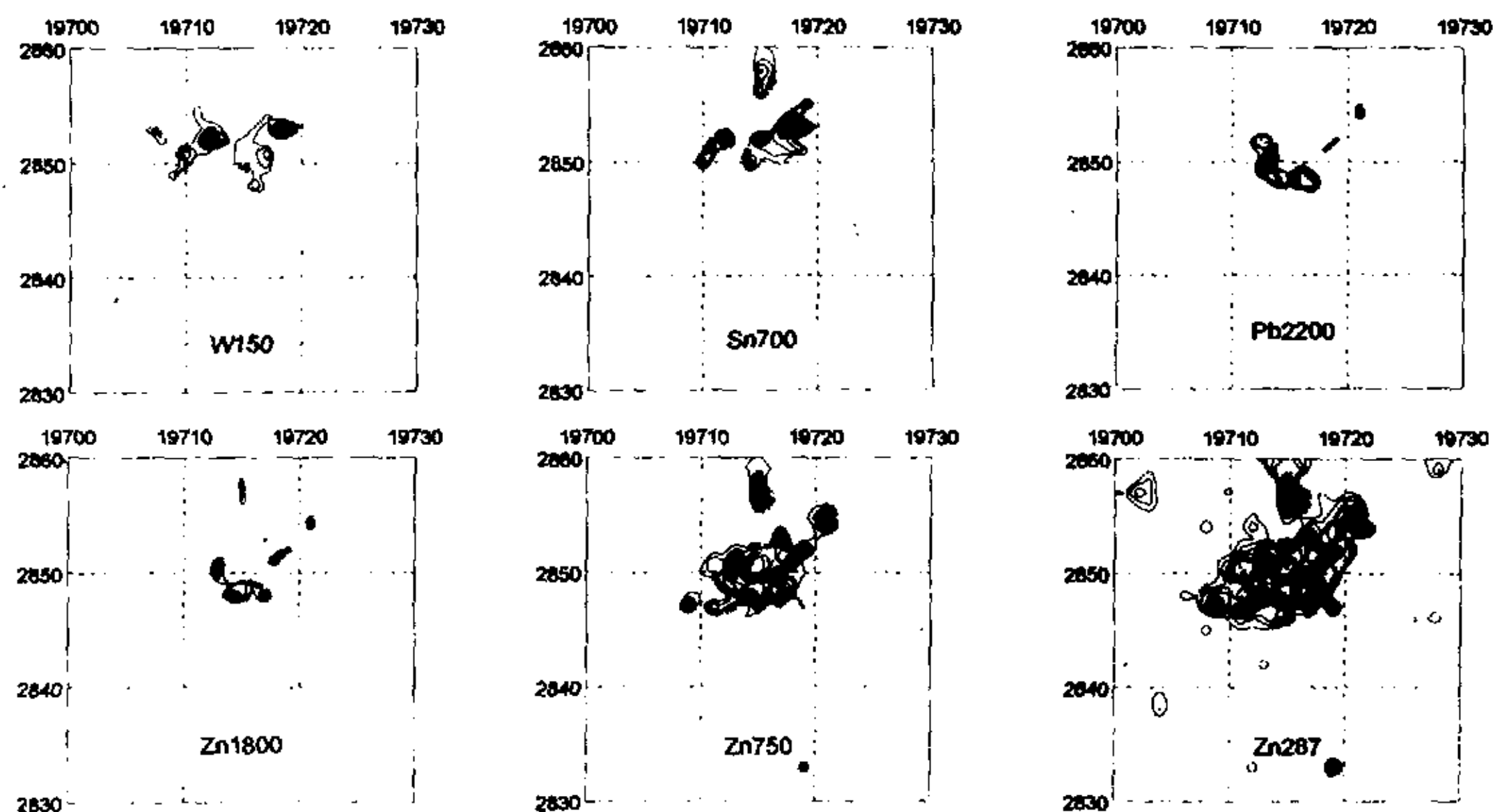


图 3 柿竹园地区地质略图及元素地球化学异常图

Fig. 3. Geological sketch map of the Shizhuyuan area and diagrams of element geochemical anomalies.

按照本文介绍的异常下限的确定方法,图3表示了该区区域地质图和W、Sn、Pb、Zn的地球化学异常图,其中Zn的异常下限分别采用 $1\ 800 \times 10^{-6}$ 和 750×10^{-6} 以及用传统方法确定的异常下限 287×10^{-6} (按对数正态分布,原961个数据,剔除后剩余870个数据,对数平均值和标准离差分别为2.012和0.223,按平均值和2倍标准离差之和确定的异常下限为 287×10^{-6})以进行对比。

从图3可以看出,该区北东部发育有燕山期千里山花岗岩体,北西部发育有印支期王仙岭花岗岩体,在两岩体中部发育有燕山期天字号和玛瑙山小型花岗闪长岩体^[9]。W异常分布在千里山花岗岩体和两个小型岩体的外围,在王仙岭岩体的内部断裂发育处也存在有W异常。Sn异常与W异常基本相似,围绕千里山岩体展布,不同之处表现在千里山岩体的南部存在有Sn异常。Pb与Zn异常分布在W与Sn异常的外围。这种异常分布与该区的成矿特征相当吻合。被誉为世界有色金属博物馆的柿竹园钨多金属矿床正位于千里山岩体的东南端凹陷部位,多金属矿化分带现象明显,自岩体向外依次为W、Sn、Mo、Bi矿化带→Pb、Zn矿化带→Ag、Hg、Sb矿化带^[10,11]。千里山岩体北东部外围的Pb、Zn异常从西向东北依次与蛇形坪、百步窿、横山岭、柴山、野鸡尾矿床相吻合。千里山岩体南部的Sn、Zn异常正是红旗岭锡(伴生铅、锌)矿床所在的位置^[11]。

如果将Zn异常下限确定在 750×10^{-6} ,则异常带将包含柿竹园矿床的整个矿化带,有利于迅速确定矿化所在区域,但不利于揭示矿床所在位置。因此该异常下限代表了较弱的异常区域,可以认为是局部区域的高背景。按传统方法确定的Zn

异常下限为 287×10^{-6} ,其异常分布范围则更大。

综上所述,采用频率与含量的双对数坐标图所示法所确定的异常下限在柿竹园地区实用、可靠。该方法所确定的异常下限较传统方法确定的异常下限偏高,可以缩小异常查证和评价的范围,但又不会漏掉实质性的异常,且计算方法简便,异常下限明确,因此该方法具有一定的使用价值,值得进一步验证和研究。

5 讨 论

本文介绍的确定异常下限的方法实质上是一种分形与多重分形的表示方法,用该方法确定异常下限是具有一定理论根据的。於崇文院士指出地质系统在混沌边缘分形生长及大型矿床和成矿区(带)在混沌边缘,体系处于自组织临界状态^[7,8]。该理论表明地球化学场背景的形成和矿致异常的形成均是一种自组织临界过程,服从幂律分布。因地球化学场背景和异常的形成机制不同,故将具有不同的分形标度,是多重分形,因此可以利用分形标度的不同来确定地球化学场元素的异常下限。

本文介绍的确定异常下限的方法与传统方法相似,二者均不考虑地球化学场元素的空间分布特征,而实质上地球化学场元素的分布具有明显的空间变化特征。Qiuming Cheng^[5,6]、李长江^[1]、施俊法^[12]等提出了考虑元素空间分布特征的含量-面积、周长-面积、含量-距离等相关分形模式用来确定异常下限,且取得了较好的效果。本文提出的方法不考虑元素的空间分布特征,这是一个遗憾,但该方法的优点在于计算方法简单,又优于传统方法,因此也具有一定的实用性。

参 考 文 献

- [1] 李长江,麻士华. 矿产勘查中的分形、混沌与ANN[M]. 北京:地质出版社,1999. 1~140.
- [2] Allegre C J, Lewin E. Scaling laws and geochemical distributions [J]. *Earth and Planetary Letters*, 1995, 132:1~13.
- [3] 阮天健,朱有光. 地球化学找矿[M]. 北京:地质出版社,1990. 1~286.
- [4] Turcotte D L. A fractal approach to the relationship between ore grade and tonnage [J]. *Economic Geology*, 1986, 81: 1528~1532.
- [5] Qiuming Cheng, Agterberg F P, Ballantyne S B. The separation of geochemical anomalies from background by fractal methods [J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 1994, 51:109~130.
- [6] Qiuming Cheng. The perimeter-area fractal model and its application to Geology [J]. *Mathematical Geology*, 1995, 27: 69~82.
- [7] 於崇文. 大型矿床和成矿区(带)在混沌边缘[J]. 地学前缘,1999,(1):85~102;(2):195~230.

- [8] 於崇文. 地质作用的自组织临界过程动力学—地质系统在混沌边缘分形生长[J]. 地学前缘, 2000, (1): 13–42; (2): 555–586.
- [9] 童潜明, 伍任和, 彭季来, 等. 郴桂地区钨锡铅锌金银矿床成矿规律[M]. 北京: 地质出版社, 1995. 1–98.
- [10] 毛景文, 李红艳, 宋学信, 等. 湖南柿竹园钨锡钼铋多金属矿床地质与地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1998. 1–215.
- [11] 龚庆杰. 超临界地质流体及其成矿作用实验研究—以柿竹园钨多金属矿床为例[D]. 北京: 中国地质大学, 2000, 1–59.
- [12] 施俊法. 地球化学异常的空间分形结构: 理论与应用[D]. 北京: 中国地质大学 2000, 1–66.

A SIMPLE METHOD TO DETERMINE THE LOWER LIMIT OF ELEMENT GEOCHEMICAL ANOMALIES

Gong Qingjie, Zhang Dehui, Han Dongyu
(China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract

This paper discusses the theoretical distributions of elements in the geochemical field and their characteristics in lg-lg plots for element concentration-frequency relationship and then proposes a simple method to determine the lower limit of element geochemical anomalies. The method was applied to the Shizhuyuan tungsten-polymetallic ore district in Hunan Province, and has been proved effective by the coincidence between the zones of anomalies and the locations of deposits.

Key words: geochemical field; lower limit of anomalies; fractal; Shizhuyuan