

47-49

159

多尺度分形与地球化学场分解

孟宪伟

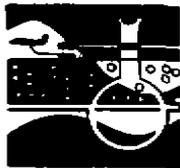
张晓华

(中国科学院地球化学研究所·贵阳·550002)

(中国地质科学院区划室·北京·100037)

A 在地球化学叠加场内,不同时期、不同规模的地质作用形成的地球化学景观具有不同的分形标度区间和分维。利用多尺度分形方法把黑龙江省团结沟金矿外围的叠加地球化学场分解成了分别与北东向和北西向构造相对应的地球化学正常场和异常场,并在此基础上,讨论了地球化学场的演化。

关键词 多尺度分形, 自相似, 地球化学场分解, 演化



勘探与地球

1 引言

在矿田域的地球化学场内,多种地质作用相互叠加,使地球化学场表现为复杂的叠加场。为了有效地圈定地球化学异常,应把叠加的地球化学场分解为正常场和异常场。

对地球化学场分解理论和方法报道较少。单变量因子克立格方法被认为是较合理的方法,原理是地质作用的叠加导致地球化学变量的变差函数具多级套合结构,即:

$$Y(r) = Y_0(r) + Y_1(r) + Y_2(r) \quad (1)$$

这种套合结构具有双变程 a_1 和 a_2 。地球化学场的分解就是把代表成矿作用的结构(姑且认为小结构 a_1)分离出来,然后在以小结构代表的成分编制地球化学图,它实际上就是地球化学异常图。变差函数的套合结构只有在实验变差函数经过分段拟合,才能把代表不同地质作用的变程 a_1 、 a_2 及 c_1 和 c_2 确定出来(c_1 、 c_2 为基台值)。

把变差函数进行对数变换,具套合结构变程的协方差函数以不同的折线形式表现,折线的转折点就是变程 a_1 和 a_2 的分界,所

对应标度区间就是 a_1 和 a_2 范围。这种对数变换就是求解地球化学景观的多尺度分形。

2 地球化学场的分形与多尺度分形

分形理论指出,如果某一随机过程可以用各种等级的空间尺度等几率去刻划,那么由该过程形成的物体或产生的现象往往具有分形特征。可以认为地球化学场是由这种随机过程形成的复杂景观。因此,用分形几何方法刻划地球化学景观的特征是可行的。

地球化学场的自相似与自相关之间存在着某种必然联系,因此变差函数分析成为处理地质数据统计分形常用的方法。该方法直接取用原始测量数据,以母体的统计分布是正态分布为前提,对数函数的表达式为:

$$2\gamma(h) = \frac{1}{n} \sum_i [g(x_i) - g(x_i + h)]^2 \quad (2)$$

n 是所有可能的、间隔为 h 的样品对数目, $g(x)$ 是某元素在 x 点处的观测值。如果元素丰度的统计分布为对数正态分布,需计算对数实验变差函数。对于具有分形特征的地质场,变差函数满足下列方程(Mandelbort, 1983, Feder, 1988):

$$\gamma(h) = (h/\lambda)^{2H} \quad (3)$$

本文 1995 年 5 月收到,张启芳编辑。

h 与变差函数式中的 h 意义相同, λ 是常数, H 是 Hurst 指数, 它与分维 D_A 之间存在如下关系:

$$H = 3 - D_A \quad (4)$$

对方程(2)取对数, 做 $\log \gamma(h) - \log h$ 散点图。根据该双对数图分析地球化学场是否存在分形特征。若在某一空间范围内, 散点的分布可用一条直线拟合, 则说明所研究的地球化学景观具分形特征, 直线的斜率为 $2H$ 。然后根据(4)式可求出分维值 D_A 。 D_A 的大小反映了地球化学场的复杂程度。

在采样密度大时, 其 $\log \gamma(h) - \log h$ 散点图常常不能用一条直线很好地拟合, 而需要两条或两条以上的折线段来拟合。每一条折线段都对应着一定的空间标度范围, 具有各自的分维(斜率不同)。这种地球化学景观具伪分形, 也称多标度分形。在多标度分形中, 不同的分维分别指示了形成地球化学景观不同的自相似机制。因此, 地球化学景观分维随空间尺度的变化在某种程度上反映了地质地球化学作用的叠加和演化。结合区域地质构造分析, 可对不同的分维值赋予不同的地质意义。这是用多标度分形方法实现地球化学场分解的基本原理。

3 团结沟金矿外围地球化学场分解

从图 1 可以看出, 1/1 万土壤地球化学测量的金元素丰度服从对数正态分布, 因而需要对金元素丰度实行对数变换, 形成新的数据集, 计算 4 个方向(0° 、 45° 、 90° 和 135°) 的对数实验变差函数(图 2)。地球化学场具有各向同性特征, 因此可利用平均实验变差函数表征金元素的空间场结构。在平均实验变差函数的基础上, 分析地球化学景观的分形特征。

根据 $\log \gamma(h) - \log h$ 散点图分析 1/1 万地球化学场分形场分形特征(图 3)。在 $0 \sim 1.2$ ($0 \sim 1580\text{m}$) 范围内散点分布表现为单调上升, 但需两条直线才能较好地拟合。

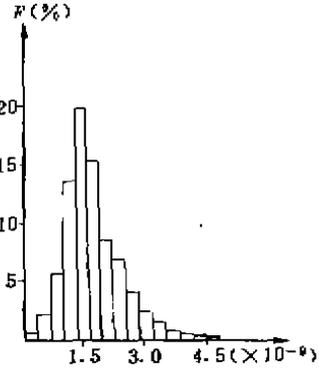


图 1 金丰度统计直方图

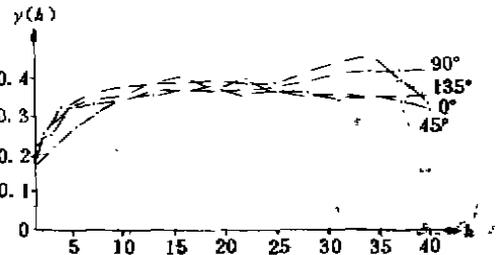


图 2 金丰度 4 个方向对数实验变差函数图
两条直线为渐变过渡, 各自对应的空间标度范围为 $0 \sim 0.8$ ($0 \sim 630\text{m}$) 和 $0.8 \sim 1.2$ ($630 \sim 1580\text{m}$), 其斜率为 0.54 和 0.84。根据(4)式可算出分维值为 2.73 和 2.58。这种结果与用单变量因子克立格方法求得变程 $a_1 = 600\text{m}$, $a_2 = 1300\text{m}$ 大致相同^[2]。由此说明用多标度分形实现地球化学场的分解直观、简单, 而且非常可靠。

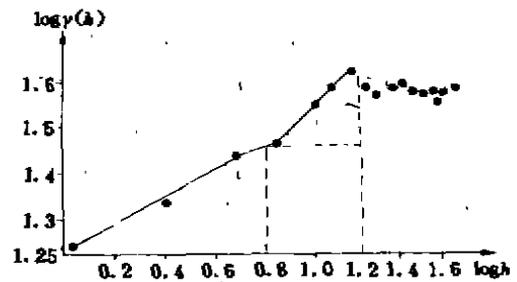


图 3 $\log \gamma(h) - \log h$ 散点图

对团结沟金矿外围矿田构造分析表明, 区内构造格架以东北向和北西向为主, 北东

向构造规模较大,形成于古生代或中生代早期,属于控岩构造;北西向构造规模小,形成于中生代晚,叠加在北东向构造之上,属于直接导矿构造。如果把北东向构造和北西向构造分别理解为两种不同的地球化学景观自相似的形成机制,那么北东向构造和北西向构造形成的地球化学景观的自相似特征分别与图3中的I段和II段相对应。

4 地球化学场的演化

在同一研究区内,利用1/5万地球化学测量(采样密度为40点/km²,采样介质为水系沉积物)做金丰度散点图(图4)。

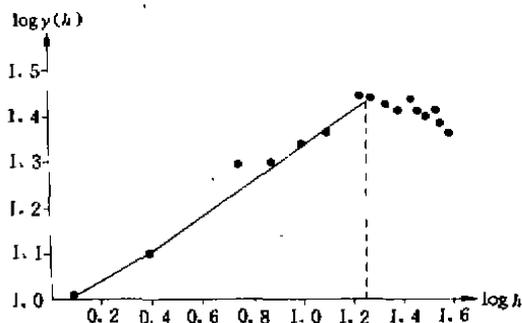


图4 金丰度 $\log \gamma(h) - \log h$ 散点图

在0.1~1.2(630~7900m)范围内的散点分布可以用一条直线较好地拟合,直线的斜率 $2H=0.82$,分维 D_A 为2.59。

对比两种观测尺度地球化学景观的分维和相应的空间标度范围,得出结论:

(1)比例尺小,地球化学景观具简单的分形,比例尺大,具有多标度分形。前者反映了地球化学景观分形的总体轮廓,后者则刻画了分形细节;

(2)两种尺度的分形空间标度范围发生相互重叠,其范围为630~1580m。在重叠域,两者的分维值基本相等(分别为2.58和2.59),说明小尺度所观测的地球化学景观分形特征是对大尺度分形的继承(I段)和叠加(II段),进而说明地球化学场的叠加;

(3)叠加场的分维值(2.73)大于继承场的分维值(2.58),反映了叠加场中金丰度值的变化大于继承场中金丰度的变化;

(4)图3中,两拟合线段(I和II)渐变过渡关系说明继承和叠加是个连续过程。

结合矿田构造分析,可以认为1/5万观测尺度地球化学景观体现了北东向构造对金元素迁移和富集的制约。地球化学景观的分维值较小,说明金丰度变化不大,金在北东向构造的制约下,没有发生明显的迁移和富集。北西向构造受北东向构造的制约,金元素的迁移和富集是连续的过程,因而在1/1万比例尺所观测的地球化学景观的分形中,两条拟合线段II和I之间呈渐变过渡。但前者的分维值大于后者,说明了北西向构造叠加促使金元素发生了大规模的迁移和富集。

根据单变量因子克立格方法分解的地球化学异常场中,金异常总体上向北展布,但单个异常的浓集中心却呈北西向雁行排列。这进一步证明了上述分析是合理的。

参考文献

- 1 王仁铎等. 线性地质统计学. 北京:地质出版社,1987.
- 2 孟宪伟. 单变量因子克立格法实现地球化学场的分解. 地质与勘探,1993,(7):47~50.
- 3 BBólvikén, PR et al. The fractal nature of geochemical landscapes. J. Geochem. Explor., 1992,43:91~109.

MULTIFRACTION AND DISPERSION OF GEOCHEMICAL FIELD

Meng Xianwei, Zhang Xiaohua

In the complex geochemical field, geochemical landscapes may possess multifractal nature, each fractal scale or dimension corresponds with the different geochemical process. In the present paper, the multifractal spectrum are used to disperse the geochemical field in the periphery of Tuanjiogou gold deposit, and on the basis of which, the evolution of geochemical field is discussed.

Key words multifraction, self-similarity, geochemical field dispersion, evolution