维普资讯 http://www.cqvip.com

·地质与矿业工程·

基于分形算法的粤北地区铀元素异常划分①

闫志伟，刘光萍，苏敏文
（东华理工大学数学与信息科学学院，江西 抚州 344000）

摘 要：地球化学背景及异常的圈定是勘查地球化学应用于矿产勘查的一个重要手段。人们已经论证了地壳中元素含量在空间分布上是分形的。因此，异于以样本数据呈正态分布为假设前提的经典统计学方法，以MapGIS为平台，利用其中的“空间分析”模块，对形成了区文件的等值线图，统计不同含量的属性值，得到一个含量与面积的数据文件，运用分形理论中的含量—面积关系算法，确定地球化学元素的异常下限，进而圈定出铀矿异常区域。与传统方法相比较，其预测效果更佳。

关键词：分形理论；算法；粤北地区；等值线图；MapGIS（地理信息系统）；铀元素异常
中图分类号：P619.14 **文献标识码**：A **文章编号**：1004—5716(2008)05—0072—03

长期以来，人们主要运用经典的统计学方法，以样品数据呈正态分布为假设前提，通过计算数据的统计学参数对异常进行筛选和评价。然而，地球化学含量数据最显著的特征是它的空间属性，即元素含量是依采样点的不同而变化的。传统统计学算法仅强调了元素含量值的频率分布，忽视了元素含量分布的空间信息。因此，数十年来，人们一直在探寻一种既能考虑地球化学含量值频率分布，又能体现地球化学数据的空间属性，同时又符合地球化学非线性特性的异常评价方法。

分形理论作为非线性科学的一个分支，是研究自然界空间结构复杂性的一门学科。分形学的出现，导致了人们应用分形统计学的方法对地球化学元素含量的异常确定进行了探索。在本文中，我们对粤北地区铀元素的“含量—面积”分形结构进行确认，并由此圈定铀异常区域。

1 分形理论及算法简介

1.1 分形理论

分形理论是关于复杂系统自相似性（或标度不变性）的一般概念，是描述混乱无序、不规则、不光滑却具有相似结构的复杂现象的有效工具。分形理论创立于20世纪70年代中期，20世纪80年代末开始引入地质学领域[1]。所谓分形，是指局部与总体具有某种相似性的形状，或者说在不同尺度上看起来基本相似的形状，即具有自相似性。简而言之，自相似性就是局部与整体在形态、功能和信息等方面具有统计意义上的相似性。适当地放大或缩小分形对象的几何尺寸，整个结构并不改变，这叫标度不变性。这种标度不变性，既非完全规则，也非完全随机，而是规律性与随机性的结合。由随机过程产生的现象，如果各种尺度的控制因素均对其施加影响，则这种现象极有可能成为分形。

分维即分形维数，是描述分形结构的一种参数，有自相似维数，豪斯道夫维数与盒维数。在实际应用中，经常应用的维数是盒维数，对于形形色色的研究对象，采用的具体做法也是各种各样的。就逼近地球化学异常的分形方法而言，有元素含量—面积算法，元素含量—距离算法，以及面积—周长算法。

1.2 算法模型

据Qiuming Chen和Agterberg等(1994)的观点认为地球化学背景值和异常值具有各自独立的幂函数关系，由此导致了一种多重分形分布。在此基础上Qiuming Chen和Agterberg等(1994)提出了确定地球化学异常的含量—面积分形方法[2]。

分形算法模型可设为：

$$N(r)=C\cdot r^{\pm D},r>0 \qquad (1)$$

这里r指特征尺度，C>0为比例常数，D>0称为分维数，N(r)表示尺度大于等于r的数目[当分维数D前面的符号取负号，记为$N(\geqslant r)$]或尺度小于等于r的数目[当分维数D前面的符号取正号，记为$N(\leqslant r)$]。由于Mapgis是一个矢量型的GIS软件，所以运用其中的“空间分析”模块，对形成了区文件的等值线图，统计不同含量的属性值，得到一个含量与面积的数据文件，代入(1)式，然后两边取对数，式(1)化为线性回归模型：

① 基金项目：核工业地质勘查基金项目。

维普资讯 http://www.cqvip.com

$$\lg N(r)=\pm D\lg r+\lg C \quad (2)$$

用最小二乘法求出斜率 D 的估计量，即为分维数[4]。如果元素含量显示出多个幂函数关系，即具有多重分形的特征，说明存在分形结构，并且在该区域内，元素含量在空间上至少存在两个不同层次的分布。将空间尺度 $r<r_i$ 的范围定义为元素含量的背景分布，把尺度 $r>r_i$ 的范围称为元素含量的异常分布，并定义与 r_i 对应的元素含量为分布的异常下限，从而将多个幂函数关系的交界点所对应的元素含量作为划分地球化学异常的依据。

2　粤北某地区铀元素异常的划分

2.1　区域地质背景

粤北某地区位于广东省与江西省两省相毗邻的地区[3]，矿田面积 407km²，是中国最早发现的花岗岩型铀矿田，也是中国铀矿重要资源基地之一。该地区位于贵东岩体东段，为其组成部分。此岩体属纬向南岭花岗岩带组成之一，位于九疑山—大东山—州花岗岩带的西段近中部。本区在区域构造上处于华夏古陆西缘，闽赣后加里东隆起的西南缘与湘桂粤北海西印支拗陷交接部位(图 1)。

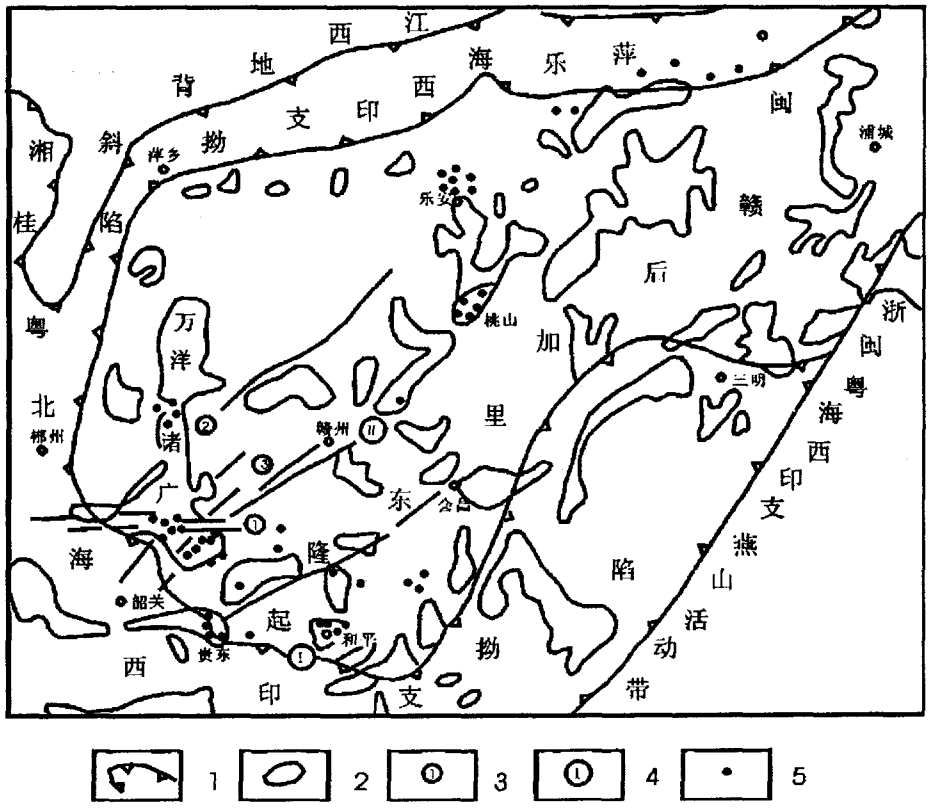


图 1　贵东岩体大地构造位置图

1—大地构造单元界线；2—花岗岩；3—隆起带及编号(①九峰—内良隆起；②万洋—诸广隆起；③万长山隆起)；4—铀成矿带及编号(Ⅰ闽赣后加里东隆起边缘成矿带；Ⅱ桃山—诸广成矿带)；5—铀矿床

2.2　异常区域划分

本次研究数据选用的是 1∶25 万粤北地区贵东岩体航放铀含量等值线平面图。假设研究区的测量数据服从对数正态分布，根据研究区数据的分布特征确定数据的异常界限，划定异常区域。但后续工作证实该异常区域不能很好地指示异常。笔者认为其原因主要在于所选用公式 $T_L=\bar{x}+k\sigma$ 中的系数 k 取 2 是凭经验从而缺少客观性，以及以假设研究区铀元素化探数据服从对数正态分布为前提。

因此，本次研究拟采用分形算法对研究区进行异常圈定。按照 1.2 中的方法，利用 MapGIS 软件对研究区的化探数据的元素品位(对应于等值线)和对应的面积进行统计得到表(1)的数据，然后利用元素含量—面积分形算法对研究区的铀元素进行分形分析，得出图 2 的结果。由图 2 的分析结果可知铀元素的品位与所对应的面积显示出两个幂函数关系，说明研究区铀元素含量

维普资讯 http://www.cqvip.com

在空间上的自相似性存在局域特征，即多重分形特征。

运用上面的模型得交界点(0.9031,3.9241)对应的 $r_i=8.0$，从而对应于粤北地区该岩体航放铀含量等值线平面图铀元素的异常下限为 8.0(单位：$\times10^{-6}$)。据此在该等值线平面图上，借助 Mapgis 软件删除含量值低于 8.0 的背景区域，得出对应的铀元素异常区域划分图。

表 1 研究区化探数据的元素品位(对应于等值线)和对应面积统计表

序号	面积累计 N	含量 r ($\times10^{-6}$)	lgr	lgN
1	2152.54	1.5	0.176091	3.332951
2	15525.07	3	0.477121	4.191034
3	5545.3	4.5	0.653213	3.743925
4	4066.86	5	0.69897	3.609259
5	5699.85	7	0.845098	3.755863
6	8397.13	8	0.90309	3.924131
7	800.21	10	1	2.903204
8	327.36	12	1.079181	2.515026
9	46.87	14	1.146128	1.670895
10	18.07	16	1.20412	1.256958
11	2.72	18	1.255273	0.434569
12	0.44	20	1.30103	−0.35655

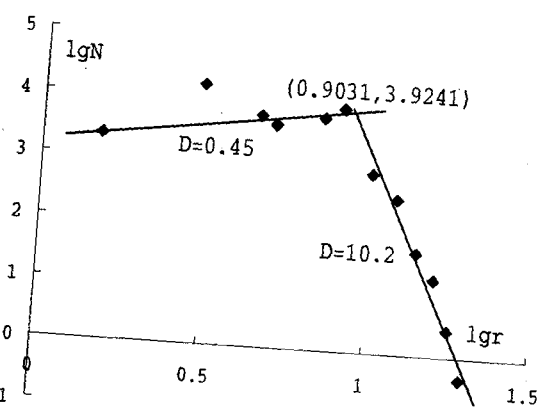


图 2 研究区铀元素品位 r 与等值线面积累计 N 的双对数关系(其中 D 为分维数)

论与建议

)根据该区已知地质特征与成矿地质条件，结合做工作进行分析，该算法所得预测结果与实际情得较好。

)由于分形算法既考虑了地球化学含量值频率分现了地球化学数据的空间属性，故用分形算法的异常下限较传统算法得出的异常下限能在更大程度上反映真实的异常范围；

(3)当然，只用某一种分形算法圈定地球化学元素异常还存在一定的不足，这会影响分形方法在指导确定实际找矿靶区工作中的精确性，必须加以进一步的探讨与改进。比如，分形算法有多种形式，除了本文中运用的含量—面积关系外，还有含量—距离关系以及面积—周长关系等。建议在对某一区域进行预测时，可采取多种预测方法，进行综合信息成矿预测，以提高预测的可靠性及精度。另外，分形算法理论本身也尚待进一步的完善，比如需进一步探索矿床储量分维数 D 值与成矿作用过程之间的内在联系的动力学机制，地球化学数据信息压缩问题，分形插值问题。

参考文献：

[1] 赵鹏大. 定量地学方法及应用[M]. 北京：地质出版社，2004.

[2] 李长江，麻土华，等. 分形、混沌与 ANN[M]. 北京：地质出版社，1999.

[3] 李社，曾太阳，等. 基于 RS 与分形的下庄矿田线性构造空间特征分析[J]. 遥感学报，2007,11(4)：493-499.

[4] 刘二永，郭科，唐菊兴，等. 分形技术用于查证化探异常[J]. 成都理工学院学报，2002,29(4)：444-447.

Algorithm Based on Fractal for Separating off U Anomalies in Yuebei Region

YAN Zhi-wei, LIU Guang-ping, SU Min-wen

(East China Institute Of Techenology, College of Methematics and Information Science, Fuzhou Jiangxi 344000, China)

Abstract: The determination of geochemistry background and unusual has been an important method for investigation geochemistry to apply to investigate in the minerals. The spatial fractal distribution of the earth's crust element content has been proved. So, in this paper, different from the classical statistics method whose supposition premise is the normal distribution of the sample data, the authors take MAPGIS as the platform, use the " spatial analysis module which statistics the attributing value of the different content from the area isogram's map and gets a content - area relations data file of the area, and utilize the content - area relation algorithm in the fractal theory to determine the unusual lower limit of the geochemistry element, then, select the unusual regions of the U mine. Compares with the traditional method, its forecast effect is better.

Key words: fractal theory; algorithm; Yuebei area; isogram; MAPGIS(Geographic Information System); element uranium exception