

DOI: 10.3969/j.issn.1672-0636.2012.01.008

# 子区中位数衬值滤波法 在地球化学异常识别中的应用

赵宁博<sup>1</sup>, 傅锦<sup>1</sup>, 张川<sup>1</sup>, 刘欢<sup>2</sup>

(1.核工业北京地质研究院, 遥感信息与图像分析技术国家级重点实验室, 北京 100029;  
2. 中国地质大学(北京), 北京 100083)

[摘要] 传统化探方法可能漏掉强度不大但可能致矿的异常, 而子区中位数衬值滤波法可以有效地避免地质背景对异常圈定的影响, 解决了低背景区和高背景区弱小异常的识别问题, 消除了全区统一划分异常下限对化探异常识别的影响。采用该方法在江西某地区发现了多个新的化探铀异常区, 并在其中的一些异常区内发现了铀矿点, 显示出较好的应用效果。

[关键词] 衬值滤波; 铀矿; 化探异常

[中图分类号] P622<sup>+</sup>.3 [文献标志码] A [文章编号] 1672-0636(2012)01-0047-05

## Application of subinterval area median contrast filtering method in the recognizing of geochemical anomalies

ZHAO Ning-bo<sup>1</sup>, FU Jin<sup>1</sup>, ZHANG Chuan<sup>1</sup>, LIU Huan<sup>2</sup>

(1. National Key Laboratory of Remote Sensing Information and Image Analysis Technology,  
Beijing Research Institute of Uranium Geology, Beijing 100029, China;  
2. China University of Geoscience (Beijing), Beijing 100083, China)

**Abstract:** Traditional geochemical processing method sometimes maybe loses some weak anomalies related to mineralization, the authors can avoid the influence of geology background and can solve the problem of recognizing weak anomalies in the low-background and high-background area with the subinterval area median contrast filtering method. In an area of Jiangxi Province, several new anomalies are identified by this method and uranium mineralized prospects are found among them.

**Key words:** contrast filtering method; uranium deposit; geochemical anomaly

勘查地球化学诞生以来, 化探异常的识别和解释一直是研究的重中之重<sup>[1]</sup>。近年来, 越来越多的数理统计方法被运用到化探的数据处理和分类当中, 不过当前化探异常的筛选和评价依然存在着较多问题, 尤其是随着近地表矿产的日益减少, 寻找深部隐伏矿产

成为矿产勘查的新方向, 这为化探异常的评价工作带来了更大的困难。传统方法确定化探异常下限(样本均值与 1~3 倍均方差之和)存在着一定的局限性, 为了更大程度地发挥化探数据在铀矿找矿工作中的实用价值, 笔者采用子区中位数衬值滤波法对研究区的化

[收稿日期] 2011-09-04; [修回日期] 2011-10-10

[作者简介] 赵宁博(1985—), 男, 河南郑州人, 助理工程师, 主要从事 3S 技术应用研究。

探异常进行重新分析和筛选。

### 1 区域地质概况

研究区位于江西省九江市某地区，在大地构造上处于扬子陆块区江南古岛弧带，断裂构造发育，成矿条件有利，是我国南方震旦系—寒武系中重要的碳硅泥岩型铀成矿区。区内地层从前寒武系至白垩系均有出露，铀矿赋矿层位主要位于上震旦统和下寒武统地层<sup>[2]</sup>。本区经历了晋宁期、加里东期、海西期—印支期和燕山期—喜马拉雅期构造旋回，晋宁期发育紧密线性东西轴向褶皱，酸性和基性岩浆活动均较强烈。加里东期属于槽台过渡活动，主要是上升运动，产生 NEE 向断层，岩浆活动弱。海西期—印支期有弱褶皱作用，岩浆活动不强烈。燕山期—喜马拉雅期中酸性岩浆岩活动强烈，NNE 向断裂发育(图 1)。

### 2 方法原理

#### 2.1 常规方法简介<sup>[1]</sup>

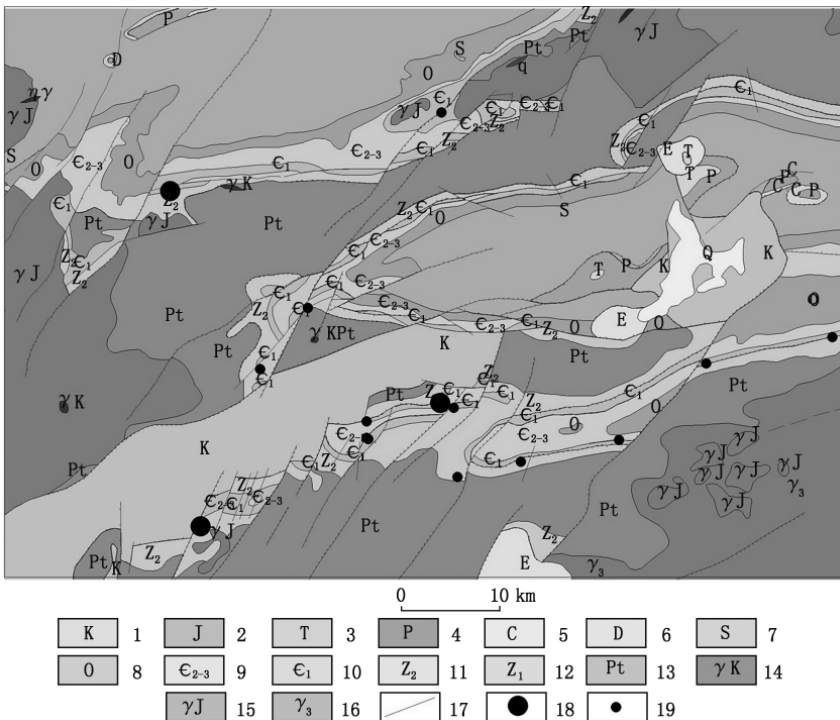
传统的地球化学理论认为地质体中各种元素的含量服从正态分布或对数正态分布，一般认为常量元素服从正态分布，微量元素服从对数正态分布，地球化学背景值和异常值的确定就是以此为前提的。

化探数据如果服从正态分布，则可以直接计算其背景值和异常下限。异常下限一般是样本平均值( $\bar{X}$ )与 1~3 倍均方差( $S$ )之和，目前采用比较多的是平均值与 2 倍均方差之和作为异常下限。如果数据服从对数正态分布，则需要将原始数据换算成对数之后再计算平均值和标准离差，最终再换算成真数。

对于不服从正态或对数正态分布的数据，需要剔除极高和极低值。首先将原始数据进行对数变换，以便为标准剔除极高和极低值，然后重新检验数据的分布形态，直到数据服从标准分布。

#### 2.2 子区中位数衬值滤波法简介<sup>[3-4]</sup>

子区中位数衬值滤波法是在 EDA(勘查数据分析)技术和滤波技术的基础上开发出来的化探数据处理方法。建立在经典统计学基础



1——白垩系；2——侏罗系；3——三叠系；4——二叠系；5——石炭系；6——泥盆系；7——志留系；8——奥陶系；9——中、上寒武统；10——下寒武统；11——上震旦统；12——下震旦统；13——元古代；14——燕山晚期花岗岩；15——燕山早期花岗岩；16——元古代花岗岩；17——断裂；18——铀矿床；19——铀矿点。

图 1 研究区地质略图

Fig. 1 Sketch geologic map of the study area

上的滤波技术采用低通滤波器(LPF)、高通滤波器(HPF)、框形滤波器(PFF)和柯尔莫哥夫—斯米尔诺夫滤波器(KSF)。低通滤波器本质上相当于移动平均方法。高通滤波器相当于移动平均的剩余图。框形滤波器是将中心图元的值与其周围有效半径为  $r$  处的方形图元环带作对比, 如果中心图元的值超过环带的平均值加 2 倍标准差, 则该图元可视为异常。柯尔莫哥夫—斯米尔诺夫滤波器是将方形环带数据的累积频率分布与内部中心图元块段或图元数据的累积频率分布进行对比, 检验准则是两组累积阶梯函数在所研究方向上的可观测差最大, 但是其前提是在中心和环带内所取数值的总体无显著差异。对 4 种滤波器的结果进行对比后, Howarth 认为用  $3 \times 3$  中心图元块段窗口的 KSF 最好, 其次是 PFF。

EDA 技术以稳健统计学为基础, 不需要设定假设条件, 也无需对原始数据作任何处理, 而是根据数据本身的特点来提取异常。EDA 方法的统计参数包括中位数、2 个极值点和上、下 4 分点。它的处理算法如下:

$$F_u = Q_u + 1.5 S_h \quad (1)$$

$$F_l = Q_l + 1.5 S_h \quad (2)$$

式中:  $F_u$  表示异常点下限,  $F_l$  表示异常点上限,  $Q_u$  表示上 4 分点,  $Q_l$  表示下 4 分点,  $S_h$  表示内散度, 其意义与均方差类似。EDA 方法认为, 数据集中有 25% 的数据是无效的, 这些数据对整个数据集的统计参数(中位数和上、下 4 分点)不产生影响, 异常点临界值只受内散度影响而不受异常点的影响。与稳健统计量相反, 只要有一个极值点就会给常规经典统计学中的算术平均值和标准离差带来很大的影响, 进而给建立在常规经典统计学上的由算术平均值和标准离差确定的异常下限带来很大的影响。因此 EDA 方法与传统经典统计学相比可以有效抵抗干扰。

子区中位数衬值滤波法是在上述 KSF、PFF 和 EDA 技术的基础上开发形成的, 它采用子区模拟背景场的空间变异, 以 EDA 技术计算异常临界值, 用衬值为基准度量场值的起伏变化。具体实现过程是: 在 1:20 万化探扫描面中, 以  $3 \times 3$  个格子( $36 \text{ km}^2$ )作为小窗口,

取其中位数作为小窗口中心格子的趋势值( $CW_m$ )。以  $9 \times 9$  个格子( $324 \text{ km}^2$ )作为大窗口, 取其中位数作为背景值, 用 EDA 的算法  $F_u = Q_u + 1.5 S_h$  计算  $F_u$ , 然后计算  $CW_m$  与  $F_u$  的比值  $C_F$ ,  $C_F$  即为衬值, 如果  $C_F > 1$ , 则代表正异常, 据此, 就可以用衬值来进行地球化学元素异常的识别。

子区中位数衬值滤波法用窗口代替子区, 以小窗口为局部异常, 以大窗口为局部背景, 逐点移动, 使得每一点或子区的背景不同, 把地球化学背景面看成一个连续起伏变化的曲面。即在该方法处理过程中, 自动把一个大区域划分成很多个小子区, 每个小子区均具有自己的地球化学背景值和异常下限值, 这就从理论上解决了低背景区和高背景区弱小异常的识别问题, 克服了采用全区统一异常下限给异常识别带来的困难。

### 3 研究区化探异常提取

#### 3.1 元素数据分布形态分析

对包括 Ag、As、Au、B、Be 和 Bi 等 24 种元素的研究区 1:20 万水系沉积物数据进行因子分析, 得出在研究区内 Mo、Ag、V、Zn 和 U 的成矿可能有较为密切的关系。主要采用主成矿元素 U 和与 U 相关性较高的 Mo 两种元素进行研究, 探讨子区中位数衬值滤波法在提取化探异常中的优势。

从 U 和 Mo 元素的对数正态 Q—Q 图中可以看出, 两种元素的原始数据均不符合对数正态分布, 以  $(\bar{X} \pm 3S)$  为标准多次剔除极高和极低值后, 重新绘制的对数正态 Q—Q 图如图 2 和图 3, 发现剔除极值后数据分布的分位数

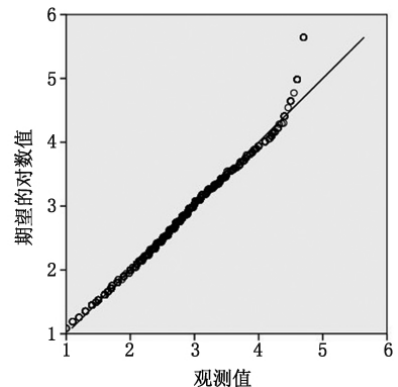


图 2 U 元素对数正态 Q—Q 图

Fig. 2 Lognormal Q—Q plot of U

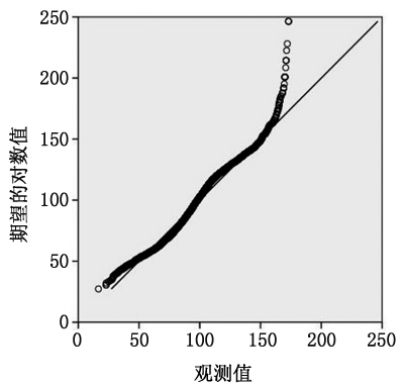


图 3 Mo 元素对数正态 Q—Q 图

Fig. 3 Lognormal Q—Q plot of Mo

和指定分位数的关系基本上呈一条直线，但还是有一定程度的分离，从严格意义上讲，认为它并不服从对数正态分布，只是近似服从对数正态分布。

采用传统方法只能以数据服从对数正态分布为前提来进行计算，而采用子区中位数

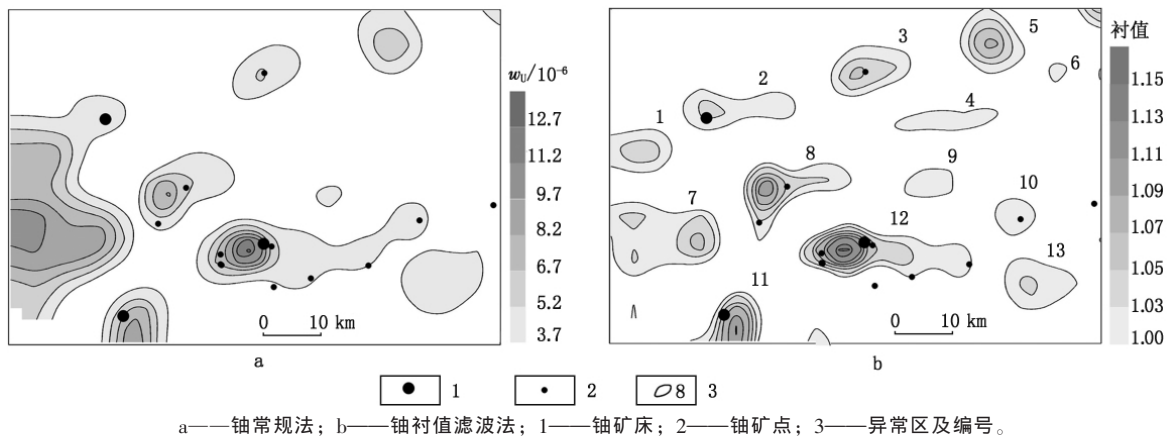
衬值滤波法并不需要考虑数据的分布形态，也不用剔除极值。

### 3.2 研究区化探异常提取应用效果

分别采用子区中位数衬值滤波法和传统方法对铀和钼两种元素进行异常的提取，图 4 为铀元素化探异常图(图 4a 为铀常规法，图 4b 为铀衬值滤波法)，图 5 为钼元素化探异常图(图 5a 为钼常规法，图 5b 为钼衬值滤波法)。

图 4 和 5 可以看出，两种方法提取的铀和钼元素异常均对区内铀矿的产出具有指示作用，但是两种方法的提取效果存在较明显的差别，相比来讲子区中位数衬值滤波法具有如下优势：

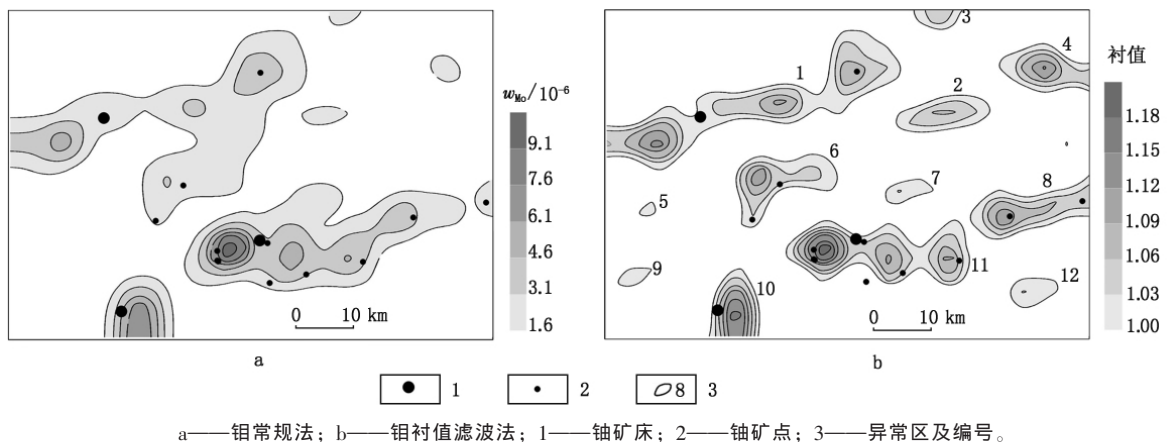
(1) 保留了强矿致异常。图 4a 和图 5a 中多数强矿致异常在图 4b 和图 5b 中仍为高异常，例如图 4b 中的 11 号和 12 号异常，以及图 5b 中的 10 号和 11 号异常，这些异常区域



a——铀常规法；b——铀衬值滤波法；1——铀矿床；2——铀矿点；3——异常区及编号。

图 4 研究区铀元素地球化学异常图

Fig. 4 Geochemical anomaly of uranium in the study area



a——钼常规法；b——钼衬值滤波法；1——钼矿床；2——钼矿点；3——异常区及编号。

图 5 研究区钼元素地球化学异常及铀矿点分布图

Fig. 5 Geochemical anomaly of molybdenum in the study area

内均有铀矿床产出。

(2) 增强了低背景场内的弱、小异常。图 4b 中 2 号异常内的铀矿床在图 4a 中只位于一片大范围强异常区的边缘部位, 用常规方法很容易被漏掉, 而衬值滤波法则在该铀矿床处形成了一片独立的异常区, 另外 3、5、8 号异常也得到了增强。图 5b 中的 1、2、4、6 号异常均得到了增强, 这些异常与研究区内上震旦统和下寒武统地层的展布较吻合, 并且有多处存在铀矿化现象, 有较好的铀成矿潜力。

(3) 削弱了高背景场内的非矿致异常。常规方法统一划分的背景场和异常场, 容易强化某些高背景场内的非矿致异常, 子区中位数衬值滤波法能较好地抑制这种弊端。图 4b 中的 7 号异常是一个低强度的异常区, 而在图 4a 中该区域异常强度很高, 而且范围更大, 该区域为燕山早期花岗岩地层, 没有发现铀矿化, 但是具有较高的铀背景值, 可能在铀成矿早期提供了部分铀源。

(4) 发现了新的铀异常。图 4b 中的 4 号异常是采用衬值滤波法圈出的铀异常, 虽然异常强度不高, 但其位于研究区内铀矿成矿的有利地层——下寒武统, 而且异常区内存在多处  $\gamma$  异常点, 地表揭露见有表外矿化, 有一定成矿前景。

此外, 采用子区中位数衬值滤波法对 Ag、V、Mo 和 Zn 等元素也进行了研究, 同样取得了较好的效果, 说明了该方法的有效性, 同时也表明 U-Mo-Ag-V-Zn 元素组合对研究区铀矿有较好的指示作用。

## 4 结 论

(1) 子区中位数衬值滤波法将地球化学背景面看成一个连续变化的曲面, 以小窗口

为局部异常, 大窗口为局部背景来模拟背景场的变化, 从而增强了低背景区内的弱小异常, 对于寻找隐伏矿产具有积极作用; 同时削弱了高背景区的非矿致异常, 可以有效缩小找矿靶区。能够较客观地展现矿化异常的展布形态, 便于和多源地学信息进行综合分析。

(2) 在实际工作中, 首先采用因子分析方法得到与铀成矿关系密切的元素组合, 然后采用子区中位数衬值滤波法对这些元素进行处理, 取得了较好的应用效果, 得到的化探异常区与铀矿床和铀矿点具有较好的吻合性, 异常形态良好, 表明了该方法的有效性。同时该方法在计算机上运算快速、便捷, 可在不同地区、不同地球化学景观区进行推广应用。

(3) 常规方法在计算时需要考虑数据的分布形态, 如果数据不服从指定的分布形态, 需要不断剔除极值直到符合要求的分布形态, 而子区中位数衬值滤波法不需要考虑原始数据的分布形态, 因而提高了使用的便捷程度。

## [参考文献]

- [1] 任天祥, 伍宗华, 羌荣生, 等. 区域化探异常筛选与查证的方法技术 [M]. 北京: 地质出版社, 1998.
- [2] 张待时. 修水地区碳硅泥岩型金(铀)矿成矿条件 [M]. 北京: 原子能出版社, 1993.
- [3] 史长义, 张金华, 黄笑梅. 子区中位数衬值滤波法及弱小异常识别 [J]. 物探与化探, 1999, 23 (4): 251-256.
- [4] 史长义. 勘查数据分析(EDA)技术的应用 [J]. 地质与勘探, 1993, 39(11): 52-58.
- [5] 胡以铿. 地球化学中的多元分析 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1991.