

# 钦杭成矿带南段文地幅水系沉积物 地球化学异常识别\*

吕文超, 周永章, 张焱, 陈庆, 安燕飞, 谈昕, 王琨  
(中山大学地球科学系//广东省地质过程与矿产资源探查重点实验室//  
地球环境与地球资源研究中心, 广东 广州 510275)

**摘要:** 基于野外地质调查工作基础上, 应用统计方法和分形方法对文地幅 1:5 万水系沉积物地球化学数据进行异常下限的确定, 并基于不同异常下限结果绘出异常图, 与矿点进行叠合。结果表明, 通过常规统计法确定的 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 异常下限分别为 1.62 ng/g、0.12 ng/g、22.59  $\mu\text{g/g}$ 、104.00  $\mu\text{g/g}$ 、77.73  $\mu\text{g/g}$ , 分形方法确定的异常下限分别为 8 ng/g、0.325 ng/g、220  $\mu\text{g/g}$ 、460  $\mu\text{g/g}$ 、2240  $\mu\text{g/g}$ 。在空间上, 应用分形方法圈定的异常与矿点叠合的更好, 可以更加有效的降低非矿引起的异常范围, 减少徒劳的异常查证, 提高了找矿效率。

**关键词:** 钦杭成矿带南段; 异常下限; 异常识别; 分形

中图分类号: P632 文献标志码: A 文章编号: 0529-6579 (2012) 05-0107-06

## Geochemical Anomaly Identification of Stream Sediments of Wendi Sheet in the South Segment of the Qinzhou-Hangzhou Metallogenic Belt

LV Wenchao, ZHOU Yongzhang, ZHANG Yan, CHEN Qing, AN Yanfei, TAN Xin, WANG Kun  
(Sun Yat-Sen University Department of Earth Science// Guangdong Provincial Key Lab.  
of Geological Process and Mineral Resource Survey//Center for Earth Environment and Resources,  
Guangzhou 510275, Guangdong Guangdong, China)

**Abstract:** 1:50000 regional stream sediment geochemical data contain much information of prospecting. Thus, geochemical anomaly identification of stream sediments is very important. Based on the geological survey in the fields, the anomaly lower limit of 1:50000 regional stream sediment geochemical data of the Wendi Sheet was determined by using statistical methods and fractal methods, then superimposed with the delineation results and mineral occurrence. The research shows that the anomaly lower limits of Au, Ag, Cu, Pb, and Zn are 1.62 ng/g, 0.12 ng/g, 22.59  $\mu\text{g/g}$ , 104.00  $\mu\text{g/g}$ , and 77.73  $\mu\text{g/g}$  respectively by statistical methods, and 8 ng/g, 0.325 ng/g, 220  $\mu\text{g/g}$ , 460  $\mu\text{g/g}$ , and 2240  $\mu\text{g/g}$  respectively by fractal methods. The spatial superposition of the delineation results and mineral occurrence is better by fractal methods. The fractal methods in determining the anomaly lower limit can be more effective in reducing the scope of anomalies caused by non-mineral. It can reduce the useless anomaly inspection and improve the efficiency of prospecting.

**Key words:** the south segment of the Qinzhou-Hangzhou metallogenic belt; anomaly lower limit; anomaly identification; fractal

钦杭成矿带位于扬子板块与华夏古板块的结合带, 南西起自钦州湾、北东至杭州湾, 全长 2 000

\* 收稿日期: 2011-12-01

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目(06202438), 中国地质调查局基金资助项目(资[2010]矿评01-15-33)

作者简介: 吕文超(1986年生), 男, 博士研究生; 通讯作者: 周永章; E-mail: zhouyz@mail.sysu.edu.cn

km, 宽 100 ~ 150 km, 总体呈反 S 状弧型分布<sup>[1]</sup>。钦杭成矿带是我国一条重要的金属成矿带, 但钦杭成矿带南段基于化探数据处理对于指导找矿的研究工作还不够深入。文地标准图幅正位于钦杭成矿带南段, 地处广东省与广西壮族自治区接壤部分。该区有具大的找矿潜力, 已发现多个金属矿床, 如: 金山银金矿、廉江银金矿、澳通铅锌矿、君山铅锌矿、禾寮锌矿等<sup>[2-3]</sup>。本文在实际野外地质调查的基础上, 通过选用传统的统计方法和分形方法确定地球化学异常下限, 对该区水系沉积物进行地球化学异常识别, 分析了地球化学异常与地质要素的耦合情况, 探讨了适合文地幅水系沉积物地球化学异常识别的方法。这将有助于更加清楚的分析文地幅以及整个钦杭成矿带南段水系沉积物地球化学特征, 以达到降低找矿的盲目性和风险性, 提高找矿

效率, 节约找矿成本, 对钦杭成矿带南段的进一步找矿工作具有一定的指导作用<sup>[4-6]</sup>。

## 1 研究区区域地质特征

文地标准图幅位于钦杭成矿带南段, 大地构造位置属于粤西云开隆起区的南缘, 北东向信宜-廉江断褶带南段, 为晚古生代以来的长期隆起区, 该区地质作用强烈, 岩性较复杂。

据前人工作研究<sup>[7-9]</sup>以及实际野外地质调查发现 (图 1): 该区出露地层不全, 只有白垩系和第四系, 上古生界缺失, 白垩系为一套陆相红色碎屑岩建造, 零星分布于图幅北部, 第四系为河流冲积层和洪积、残坡积层, 分布于河流两侧低平地带及沟谷中。

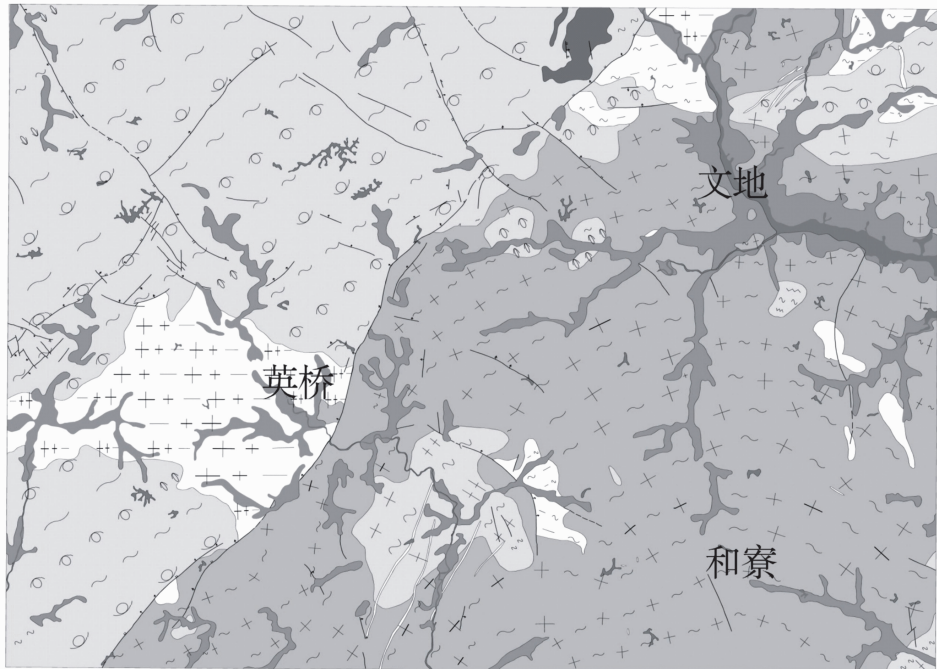


图 1 文地区域地质图

Fig. 1 Regional geological map of Wendi

岩浆岩主要为酸性侵入岩, 包括英桥岩体与茶子窝岩体, 其中英桥岩体与成矿作用关系密切。英桥岩体分布在研究区西部, 组成岩体的岩石种类有斑状黑云母花岗岩、花岗岩及黑云斜长花岗岩三种。按粒度可分为中细粒斑状黑云母花岗岩、中粒

斑状黑云母花岗岩、中细粒黑云斜长花岗岩、中细粒花岗岩、细粒花岗岩、细粒黑云斜长花岗岩等。主体岩性为中细粒斑状黑云母花岗岩及中粒斑状黑云母花岗岩。其余均零星分布于岩体边缘地带, 与主体岩性呈渐变过渡关系。

混合岩在研究区内广泛发育，其构造方向与区域构造方向一致，呈北东-北北东向的带状分布。混合岩化作用受文地背斜构造控制，背斜轴部为混合花岗岩组成，由背斜轴部向两翼混合程度逐渐减弱，依次为均质混合岩、眼球状混合岩，混合质片岩。

本区曾经历加里东、印支、燕山等多次构造运动，褶皱和断裂均很发育，整体构造线为北东向。其中，最主要的两条北东向控矿构造为彭西垌-金坑断裂带和文地背斜，也是该区最大的两条构造线。彭西垌-金坑断裂带位于研究区西侧，北东从径口起向南西经低耕、木桶径、金坑至彭西垌之南东尖灭，于北东延伸出图外。这条断裂带控制了整个区域金银矿床的分布。文地背斜位于研究区中部的文地、禾寮一带，长度约 16 km，宽约 20 km，轴部于文地镇南东侧，两端均延伸出测区外。这条背斜控制了整个区域的铅锌矿分布。

## 2 地球化学异常识别

### 2.1 传统统计方法

在地球化学异常识别过程中，地球化学异常下限的确定是决定异常识别效果好坏至关重要的一步。一直以来，人们应用传统的经典统计方法来确定地球化学异常下限。这种方法最初是由 Hawkes

和 Webb<sup>[10]</sup> 提出，主要是针对呈正态或对数正态分布的数据进行处理的一种统计方法，随后则被地球化学家接受并使用。通常认为地质体中的常量元素服从正态分布的、而微量原素服从对数正态分布。这种方法是先检验各个元素含量的概率分布形式，如果测量数据符合正态分布（或对数正态分布），则直接求出背景值和标准离差计算异常下限，否则对化探数据进行离群点的迭代处理，即是对大于均值加 3 倍离差及小于均值减 3 倍离差的数据进行剔除，直至无离群点可剔除为止，以剔除后的数据为背景数据，用背景值加 2 倍标准离差为异常下限<sup>[11-12]</sup>。

化探数据处理中，用来检验数据是否符合正态或对数正态分布形式的方法主要有偏度、峰度检验法和概率格纸检验法、*Q-Q* 图法等<sup>[13]</sup>。本文采用 *Q-Q* 图法对研究区 1:5 万水系沉积物数据中的 Cu、Au、Ag、Pb、Zn 五种元素进行对数正态分布检验（图 2）。

从图 2 中可以看出，这五种元素都不符合对数正态分布。因此，要用传统的方法求异常下限时，首先要对数据进行特高值剔除，使数据符合对数正态分布，并求出五种元素异常下限分别为 1.62 ng/g、0.12 ng/g、22.59 μg/g、104.00 μg/g、77.73 μg/g。

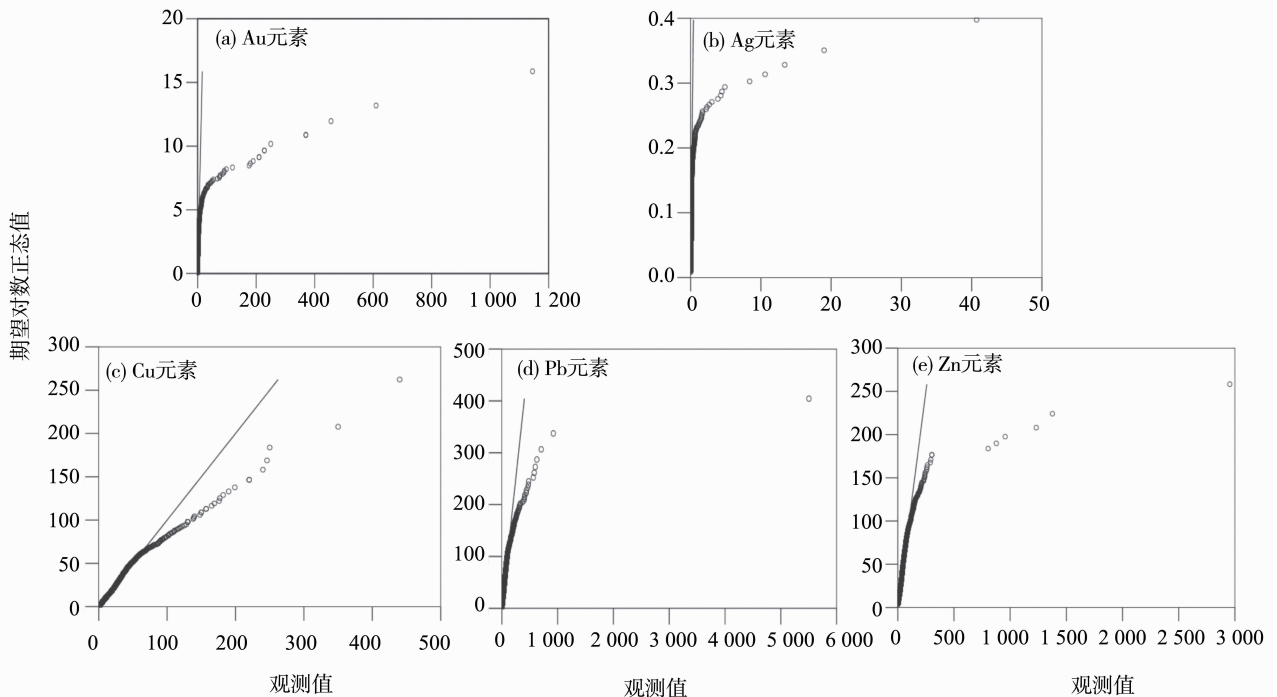


图 2 五种元素 *Q-Q* 图  
Fig. 2 *Q-Q* map of five elements

### 3.2 分形方法

地球化学场是一种非稳定场<sup>[14]</sup>，其背景常服从正态或对数正态分布，而异常值则是服从分形分布<sup>[15-19]</sup>。因此，应用分形方法在区分背景值与异常值时将会得到更好的效果<sup>[20-22]</sup>。

目前利用分形理论进行地球化学异常下限确定方法主要有周长-面积法、含量-面积法、含量-距离法、含量-个数法、求和法等<sup>[23]</sup>。本文采用含量-面积法确定地球化学异常下限<sup>[24-25]</sup>，具体步骤为：

① 将研究区 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 五种元素数据进行等值线绘制。② 统计大于等于设定  $r$  值所圈闭的等值线的面积  $N(r)$ 。如起始值设定为 100，步长增量设定为 20，则  $r$  值分别为 120、140、160...到终止值。③ 对不同的  $r$  值及其对应的面积  $N(r)$  取对数，对所得的对数数据进行分段最小二乘法拟合，分段界线点的选取标准是拟合的直线与原始数据点之间的剩余平方和在二个区间的总和为最小。

通过以上方法得到该区 1:5 万水系沉积物中 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 五种元素拟合的直线方程及异常 (表 1)。

表 1 5 种元素直线方程及异常下限

Table 1 Linear equation and anomaly lower limit of five elements

元素	lgr-lgN(r) 直线方程	异常下限
Au	$\lg N(r) = -1.271751gr + 5.578942, 0.4 \leq r < 8$ $\lg N(r) = -11.91261gr + 36.60223, 8 \leq r < 11.28$	
Ag	$\lg N(r) = -1.405651gr + 3.487761, 0.025 \leq r < 0.325$ $\lg N(r) = -15.0581gr + 23.92857, 0.325 \leq r < 0.4$	0.325
Cu	$\lg N(r) = -2.163181gr + 6.731843, 20 \leq r < 220$ $\lg N(r) = -8.817881gr + 22.18159, 220 \leq r < 320$	220
Pb	$\lg N(r) = -2.587341gr + 8.862826, 20 \leq r < 460$ $\lg N(r) = -14.64521gr + 40.8486, 460 \leq r < 580$	460
Zn	$\lg N(r) = -1.876031gr + 7.357809, 160 \leq r < 2240$ $\lg N(r) = -12.53221gr + 42.92537, 2240 \leq r < 27202$	240

注：Au、Ag 异常下限的单位为 ng/g，Cu、Pb、Zn 异常下限的单位为  $\mu\text{g/g}$

### 4 两种方法确定异常下限的比较

将传统方法与分形方法确定的 5 种元素异常下限进行对比发现，Au、Ag、Cu、Pb、Zn 五种元素的分形方法确定的异常下限均高于传统统计方法确定的异常下限 (表 2)。

表 2 两种方法确定的异常下限

Table 2 Anomaly lower limit of two methods

项目	$w_B / (\text{ng} \cdot \text{g}^{-1})$		$w_B / (\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$		
	Au	Ag	Cu	Pb	Zn
传统方法	1.62	0.12	22.59	104.00	77.73
分形方法	8	0.325	220	460	2240

根据表 2 的数据在 Arcgis 中制作两种方法所确定的五种单元素化学异常图 (图 3-7)，并将该区已知矿点与异常图进行了叠合。

从两种方法多个图件对比中可以发现，Cu、Pb、Zn 元素在应用传统统计方法确定的异常下限进行圈定时，出现了多个异常区，但是与矿点并不吻合，可能多为非矿引起的异常区，而应用分形方法确定的异常下限进行圈定时，并未出现多个异常区。因此，在该区应用分形方法可以筛选掉一些非矿引起的异常，减少了异常查证的工作量。而在对 Au、Ag 元表分析时发现，两种方法圈定的异常区与矿点都吻合的很好，且分形方法圈定的异常面积小，数量少，反映出了更好的与矿点匹配效果，能更好的指导 Au、Ag 找矿。对比分析表明在该区应用分形方法确定的元素异常下限进行圈定异常时，可以更加有效的降低非矿引起的异常范围，减少找矿工作量，增大找矿成功的概率。

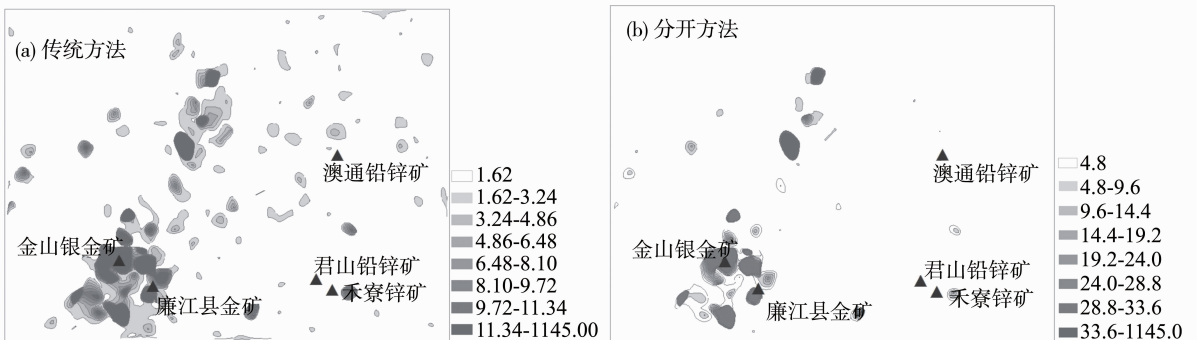


图 3 Au 异常空间分布

Fig. 3 The spatial distribution of Au anomaly

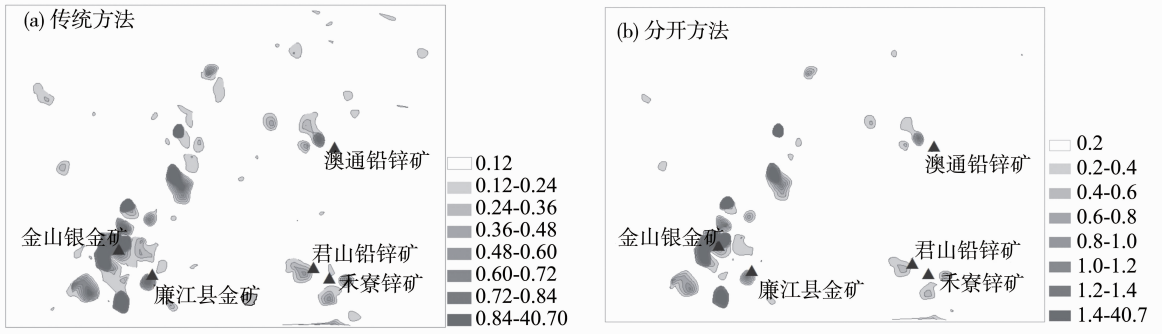


图 4 Ag 异常空间分布

Fig. 4 The spatial distribution of Ag anomaly

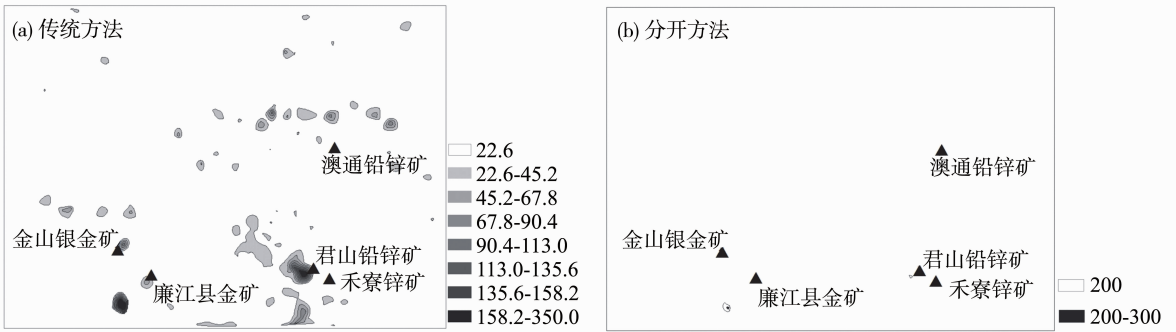


图 5 Cu 异常空间分布

Fig. 5 The spatial distribution of Cu anomaly

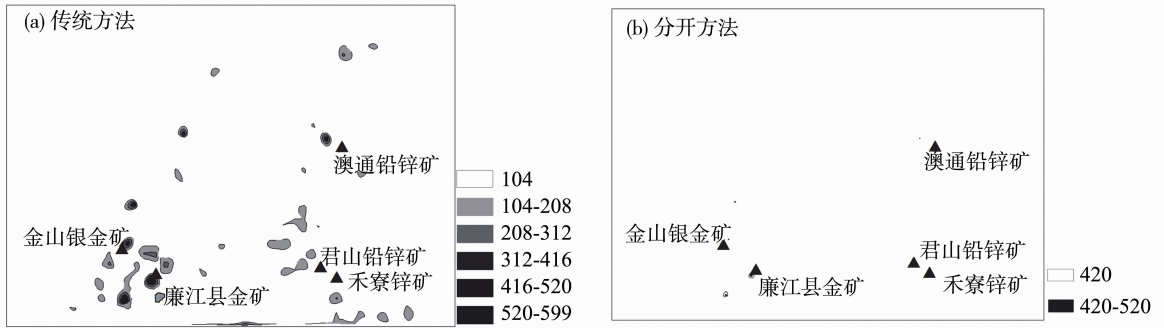


图 6 Pb 异常空间分布

Fig. 6 The spatial distribution of Pb anomaly

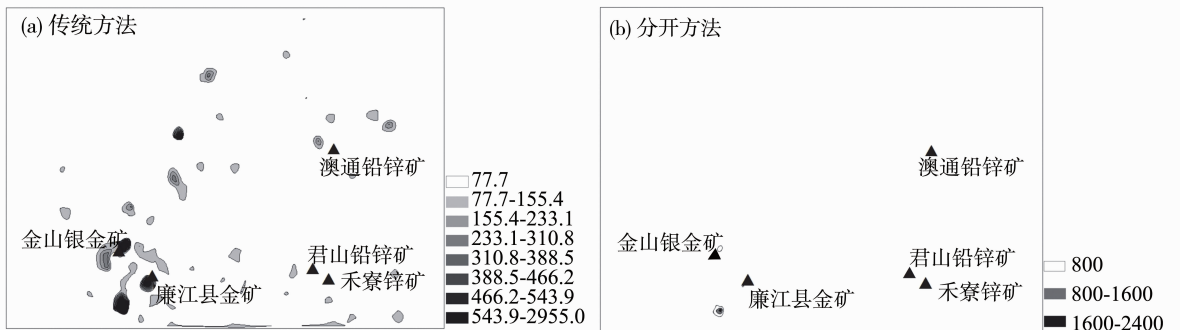


图 7 Zn 异常空间分布

Fig. 7 The spatial distribution of Zn anomaly

为什么 Au、Ag 两种元素与矿点具有相对较好的吻合性,而 Cu、Pb、Zn 的吻合性并不好?通过对研究区的实地考察分析,Au、Ag 异常区出现很多矿化的石英脉,这是引起异常的主要原因,属于矿致异常。而 Cu、Pb、Zn 异常区未见矿化,在地形上属于低洼区,异常应是用河流从其它地方搬运而来的沉积物引起的,并非矿至异常。

## 5 结 论

1) 文地幅化探数据并不符合对数正态分布,在经过特高值剔除后应用常规统计方法求得该区 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 五种元素的异常下限分别为 1.62 ng/g、0.12 ng/g、22.59  $\mu\text{g/g}$ 、104.00  $\mu\text{g/g}$ 、77.73  $\mu\text{g/g}$ 。应用分形方法求得该区 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 五种元素的异常下限分别为 8 ng/g、0.325 ng/g、220  $\mu\text{g/g}$ 、460  $\mu\text{g/g}$ 、2240  $\mu\text{g/g}$ 。

2) Au、Ag 矿地段的 Au、Ag 异常来源多为地表偶见的矿化脉,异常与矿点吻合很好。Cu、Pb、Zn 矿地段的 Cu、Pb、Zn 异常来源并非一些出露地表的矿化脉,异常与矿点吻合效果不好。在该区,应用分形方法圈定的异常可以更加有效的降低非矿引起的异常范围,减少无谓的异常查证,提高找矿效率。

## 参考文献:

- [1] 杨明桂,杨勇文. 钦—杭古板块结合带与成矿带的主要特征[J]. 华南地质与矿产,1997,3:52-59.
- [2] 周永章,曾长育,李红中,等. 钦杭成矿带典型矿种及其矿床分布总体特征[J]. 矿床地质,2010,29(增刊):34.
- [3] 李红中,周永章,曾长育,等. 粤西桂东南庞西垌地区矿产远景初步分析[J]. 矿床地质,2010,29(增刊):11.
- [4] 吕文超,李红中,安燕飞,等. 矿产资源定量预测的研究进展[J]. 矿床地质,2010,29(增刊):755.
- [5] ZHAO P D, Three component mineral resource quantitative prediction and assessment: quantitative mineral resource prediction theory and practice[J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences,2001,27(5):139-148.
- [6] ZHAO P D, Quantitative mineral prediction and deep mineral exploration[J]. Earth Science Frontiers,2007,14(5):1-10.
- [7] 广西壮族自治区地质矿产局. 广西壮族自治区区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1985.
- [8] 广东省地质矿产局. 广东省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1988.
- [9] 广西壮族自治区地质矿产局. 区域地质调查报告(文地幅和石角幅)[M]. 北京:地质出版社,1985.
- [10] HAWKES H E, WEBB J. S.. Geochemistry in Mineral Exploration[M]. New York: Harper and Row, 1962:415.
- [11] 黄瑞. 化探数据处理方法研究——以攀西地区铂族元素为例[D]. 成都:成都理工大学,2005:1-59.
- [12] 李河江. 若尔盖地区地球化学异常数据处理研究[D]. 成都:成都理工大学,2006:1-59.
- [13] 申维. 分形混沌与矿产预测[M]. 北京:地质出版社,2002.
- [14] 於崇文. 固体地球系统的复杂性与自组织临界性[J]. 地学前缘,1998,5(3):159-174.
- [15] CHENG Q M, AGTERBERG F P, BALLANTYNE S B. The separation of geochemical anomalies from background by fractal methods[J]. Geochem Explor, 1994, 51:109-130.
- [16] CHENG Q M. The perimeter-area fractal model and its application to geology [J]. Mathematical Geology, 1995, 27: 69-82.
- [17] 成秋明. 多维分形理论和地球化学元素分布规律[J]. 地球科学,2000,25:311-318.
- [18] 成秋明. 地质异常的奇异性度量与隐伏源致矿异常识别[J]. 地球学报,2011,36(2):307-316.
- [19] 张焱,成秋明,周永章,等. 分形插值在地球化学数据中的应用[J]. 中山大学学报:自然科学版,2011,50(1):133-137.
- [20] CHENG Q M. Multifractal imaging filtering and decomposition methods in space, fourier frequency, and eigen domains[J]. Nonlinear Processes in Geophysics, 2007, 14(3):293-303.
- [21] 郭科. 复杂地质地貌区多尺度地球化学异常识别的非线性研究[D]. 成都:成都理工大学,2005:1-141.
- [22] 徐明钻,朱立新,马生明,等. 多重分形模型在区域地球化学异常分析中的应用探讨[J]. 地球学报,2010,31(4):611-618.
- [23] 张彪. 内蒙古鲁北地区地球化学异常识别与综合评价[D]. 北京:中国地质大学(北京),2008:1-62.
- [24] 韩东昱,龚庆杰,向运川. 区域化探数据处理的几种分形方法[J]. 地质通报,2004,23(7):714-719.
- [25] 李随民,姚书振. 基于 MAPGIS 的分形方法确定化探异常[J]. 地球学报,2005,16(2):187-190.