

doi: 10.11720/wtyht.2015.4.02

龚晶晶 李方林 张爽 等.基于多重分形理论的地球化学场分解与元素组合研究——以铜山岭—祥霖铺地区为例[J].物探与化探,2015,39(4):665-672.http://doi.org/10.11720/wtyht.2015.4.02

Gong J J, Li F L, Zhang S, et al. The application of multifractal theory to the decomposition of geochemical fields and the study of element association: A case study of Tongshanling-Xianglinpu area[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 2015, 39(4): 665-672. http://doi.org/10.11720/wtyht.2015.4.02

基于多重分形理论的地球化学场分解与元素组合研究 ——以铜山岭—祥霖铺地区为例

龚晶晶^{1,2}, 李方林², 张爽³, 崔放⁴

(1. 中国地质科学院 地球物理地球化学勘查研究所, 河北 廊坊 065000; 2. 中国地质大学 地球科学学院, 湖北 武汉 430074; 3. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 4. 武汉地质调查中心, 湖北 武汉 430205)

摘要: 铜山岭—祥霖铺地区位于湖南省西南部, 南岭成矿带的中部, 已发现多处钨锡、铜多金属矿床, 具有较大的成矿潜力。笔者应用多重分形理论——奇异性指数模型对研究区 1:5 万地球化学测量数据进行地球化学场分解, 选取具有代表性的 Sn、Ag 进行详细分析, 取得了较好的应用效果: 奇异性指数有效降低了岩体高背景、系统背景差异的影响, 并且强化了低背景区的弱异常; 分形密度有效压制了数据噪声的影响, 使异常更为清晰可靠。应用奇异性指数对元素组合特征进行了初步讨论, 指出在元素组合特征分析中可结合元素原始值与奇异性指数各自的优势进行综合分析。

关键词: 多重分形; 铜山岭—祥霖铺; 奇异性指数; 分形密度; 元素组合

中图分类号: P632 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2015)04-0665-08

地球化学数据处理是勘查地球化学工作中不可或缺的一步。对于受成矿、成岩、环境等各类因素影响而地质背景复杂的区域, 其地球化学背景往往呈现出区域性的变化趋势, 形成较为复杂的地球化学背景场^[1-7]; 同时, 地球化学数据还可能受到自然环境因素以及采样误差、预处理误差和分析误差的影响, 由此会引发地球化学数据的随机波动(噪声)^[8-10]; 此外, 单元素地球化学场的复杂性也会对地球化学异常结构模式或者元素组合特征等多元素的综合分析带来困难。因此, 对地球化学数据进行分析处理, 进而抑制或消除各种误差, 区分背景, 突出异常, 提取找矿信息, 是最终有效地圈定和评价矿致异常的关键^[2, 11]。针对这些问题, 前人已经提出了不少解决方法, 其中多重分形方法是近年来提出并发展迅速的一种效果较为突出的分析方法^[12-16]。该方法基于地球化学场的多重分形特征, 不仅考虑了场值的空间相关和变化性, 而且能够度量场值的

局部奇异性^[17], 能够更为细致准确地分解地球化学场, 并提取异常。

铜山岭—祥霖铺地区位于湖南省西南部, 南岭地区中部, 主要为九嶷山锡矿田区域^[18]。该区矿产资源丰富, 主要分布有铜山岭多金属矿床、螃蟹木岩体处的大坳钨锡矿、挂沟冲钨锡矿、凉亭坳锡矿等矿床^[18], 以及近年发现的祥霖铺魏家钨矿^[19]。本次研究搜集了该区 1:5 万地球化学测量数据, 研究了多重分形方法对复杂地球化学场的分解作用, 继而结合奇异性指数对元素组合特征进行了初步讨论。

1 多重分形方法

成矿过程通常在较短的时间或空间间隔内产生巨大能量释放或物质的超常富集和堆积, 即具有非线性特征, 所形成的地球化学场则具有奇异性、自相似性、自组织临界性, 并可采用分形与多重分形模型进行度量和研究^[20-21]。由成秋明^[12, 22]提出的多重

收稿日期: 2014-09-25

基金项目: 中国地质调查局“南岭地区钨锡多金属矿深部矿地球化学找矿方法试验”项目(1212091013014)

分形方法可以对地球化学的多重分形特征进行描述,同时考虑了场值的空间相关性和奇异性,能够保持和突出场值的局部空间结构和奇异性信息。具有多重分形特征的地球化学场遵循如下奇异性密度—面积的幂律关系^[14]:

$$V(A) = c(\sqrt{A})^{-\alpha} \quad (1)$$

式中: $V(A)$ 为元素平均密度; A 为窗体面积; α 为奇异性指数; c 为分形密度。对原始点地球化学数据或是插值网格数据进行求取,步骤如下^[14]: ① 对于图上任意给定位置,定义一系列具有不同窗体尺度的滑动窗体(正方形、圆形等), $r_{\min} = r_1 < r_2 < \dots < r_n = r_{\max}$, 可将窗体定义为 $A(r)$; ② 计算每个窗体尺度内的元素平均含量值 $V(r_i)$; ③ 在双对数坐标系统中,以 $\lg r$ 为横轴, $\lg V(r)$ 为纵轴,对 $[r_i, V(r_i)] (i=1, \dots, n)$ 投点绘图, $\lg V(r)$ 随 $\lg r$ 呈线性趋势,线性关系的斜率可以认为是对 α 的估计; ④ 对所有位置进行此类方法处理,可得到全区各处的奇异性指数以及分形密度。

若奇异性指数 $\alpha > 0$, 则表示此处局部场具有奇异性且含量相对富集; $\alpha < 0$, 则表示此处含量相对贫

化; $\alpha = 0$, 则表示此处为非奇异的背景场^[20]。

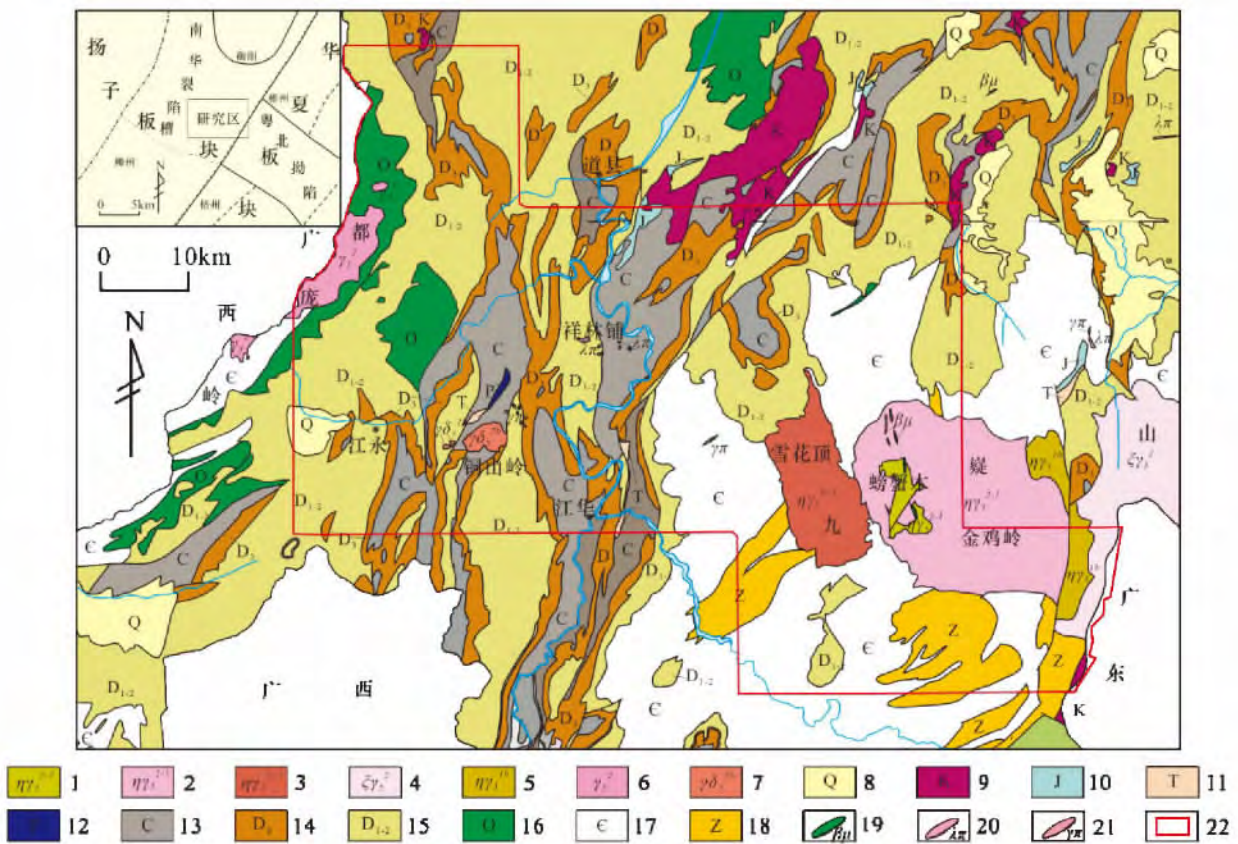
对于式(1),当 r 为单位半径(1 km)时, A 即为单位面积(1 km²),此时式(1)可变换为:

$$V(1) = c(\sqrt{1})^{-\alpha} = c(1)^{-\alpha} = c \quad (2)$$

可见分形密度 c 为依据局部地球化学场奇异性特征对单位面积内元素含量均值的估计值,表明分形密度 c 与局部的地球化学场分布特征相关,而与场值的绝对大小的相关性较小。因而针对受自然环境、采样误差等因素影响而产生的数据噪点,分形密度通过其场值的局部奇异性分布特征对其进行估计,从而获取相对稳健的估计值,能够降低地球化学场中数据噪点的影响。

2 地质概况

研究区(图1)处于扬子板块(I级)南华裂陷槽(II级)湘南桂东北拗陷(III级)与华夏板块(I级)粤北拗陷(II、III级)的拼接部位,属南华裂陷槽之湘南桂东北拗陷,即南岭中段。区内地层较发育,除志留系、古近系、新近系缺失外,从震旦系至第四系均有出露,分布面积约占总面积的95%。震旦系



1—螃蟹木岩体; 2—金鸡岭岩体; 3—雪花顶岩体; 4—西山岩体; 5—沙子岭岩体; 6—都庞岭岩体; 7—铜山岭岩体; 8—第四系; 9—白垩系; 10—侏罗系; 11—三叠系; 12—二叠系; 13—石炭系; 14—上泥盆统; 15—下—中泥盆统; 16—奥陶系; 17—寒武系; 18—震旦系; 19—辉绿岩脉; 20—石英斑岩脉; 21—花岗岩斑岩脉; 22—样点分布范围

图1 铜山岭—祥霖铺地区地质简图^[25]

主要岩性有石英砂岩和硅质岩; 寒武—奥陶系以一套浅海相碎屑岩为主, 次为火山碎屑岩、硅质岩及不纯碳酸盐岩沉积, 普遍浅变质; 泥盆系出露广泛, 主要分布在都庞岭隆起东部拗陷区的广大地区, 岩性以浅海相碳酸盐岩为主, 次为滨海或海陆交互相碎屑岩和煤系地层; 石炭系为一套以碳酸盐为主间夹陆屑的沉积建造, 其中石磴子组与岩(脉)体接触处赋存钨锡、铅锌矿; 侏罗—白垩系为一套红色陆相碎屑岩; 第四系以冲积物为主, 次为残、坡积物, 为区内砂锡矿的赋存层位^[23]。

区内岩浆岩较发育, 时代以中侏罗世为主, 其次为晚侏罗世和白垩纪。都庞岭复式花岗杂岩体和铜山岭花岗闪长岩体与九嶷山复式花岗杂岩体构成了东西向花岗杂岩带, 区域上属南岭花岗杂岩中带, 控制了区内锡多金属矿的展布。研究区内的钨锡资源丰富, 已知矿点主要分布于铜山岭岩体、祥霖铺斑岩脉群和螃蟹木岩体^[18-24]。研究区经历了加里东、印支、燕山等多期复杂的构造运动, 这些构造运动均属于区域性造山运动, 伴随有强烈的岩浆活动。

3 数据来源

本次试验样品为笔者收集的来自不同单位的共计 15 580 件土壤样品, 采用的数据为土壤样品中 12 种元素 (W、Sn、Mo、Bi、Cu、Pb、Zn、Au、Ag、As、Sb、F) 的测试结果, 其分布范围见图 1 (由于样点较多, 仅标注其总体范围), 覆盖面积约 3 895 km²。笔者仅着重介绍本研究区产出丰富的钨锡矿的主成矿元素之一——Sn 的奇异性分布, 以及具有显著分布特点

表 1 铜山岭—祥霖铺地区不同地质单元 Sn 和 Ag 均值对比

地质单元	样品数	Sn 均值/10 ⁻⁶	Ag 均值/10 ⁻⁶
全区	15 580	17.8	4.0
第四系	93	9.8	0.2
白垩系	89	3.1	0.8
三叠系	24	8.7	0.2
石炭系	2 008	10.5	0.5
上泥盆统	1 812	13.8	0.4
下中泥盆统	4 671	14.2	2.1
奥陶系	671	16.8	37.0
寒武系	2 912	9.1	0.6
震旦系	843	9.3	0.3
金鸡岭岩体	1 139	57.2	0.8
都庞岭岩体	197	71.9	112.1
螃蟹木岩体	97	147.5	0.4
铜山岭岩体	48	31.6	1.3
雪花顶岩体	581	16.4	0.2
沙子岭岩体	108	9.4	0.2
西山岩体	118	10.5	0.2
全国均值 ^[26]		2.6	0.097

的 Ag 的奇异性分布, 而其他成矿元素, 如 W、Cu、Pb 等, 也具有多重分形特征, 由于篇幅限制不再详细介绍。

根据上述数据来源及研究区地质背景介绍, 可以作如下推断: ① 整体数据为收集自不同单位的分块数据组合而成, 而不同单位的采样、分析测试过程及标准不尽相同, 导致各自的系统误差、背景含量可能存在一定的差异; ② 数据覆盖面积较大, 区内地质背景较为复杂, 地质单元种类丰富, 据表 1 可知, 各个地质单元的元素含量平均值差异较大, 存在明显的背景不均一现象。所以针对该区复杂的地球化学场, 常规方法难以准确识别异常信息, 故在该区进行多重分形方法的应用。

4 结果讨论

4.1 Sn、Ag 奇异性分析

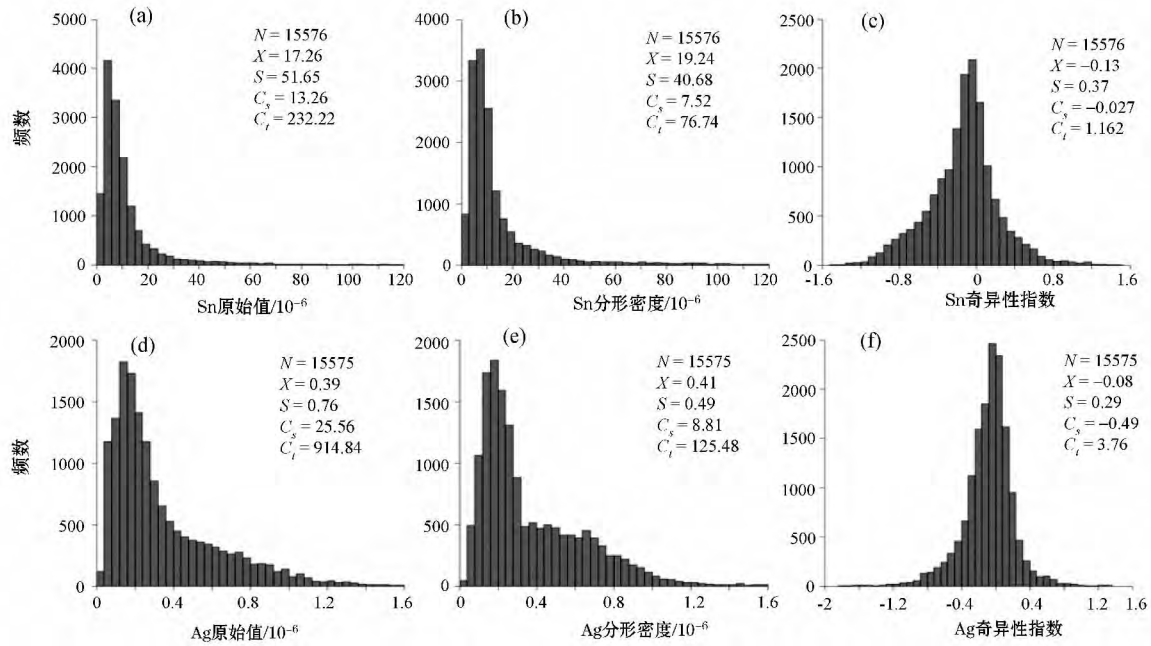
基于多重分形理论, 笔者计算了研究区各样点处的奇异性指数与分形密度, 其中半径序列: 1.5、2、2.5、…、7 km, 窗体形状: 圆形。首先了解 Sn、Ag 原始值与分形密度、奇异性指数的分布型式。由图 2a、图 2b、图 2d、图 2e 可知, Sn、Ag 的分型密度和原始值的分布形态非常相似, 呈正偏态分布, 其中 Ag 的分布型式与 Sn 存在一定差异, 在分型密度中体现更为明显。所以可以使用传统迭代法确定分型密度的异常下限 (表 2), 用 $C_0 + 2.5 \times S$ (C_0 为均值, S 为标准差) 作为剔除界线, 信度系数为 2。而 Sn、Ag 奇异性指数均非常近似的服从正态分布 (图 2c、图 2f), 且均值均接近于 0。这与奇异性指数的理论意义相一致, 其大于 0 即表示相对富集, 小于 0 即表示相对亏损。

表 2 Sn、Ag 原始值、分形密度统计结果

参数	Sn		Ag	
	原始值	分形密度	原始值	分形密度
最大值	1536	769.72	37.5	10.41
最小值	0.4	1.39	0.0001	0.02
均值	17.26	19.24	0.39	0.41
标准偏差	51.65	40.68	0.76	0.49
偏度系数	13.26	7.52	25.56	8.81
峰度系数	232.22	76.74	914.84	125.48
异常下限	23.94	21.94	0.65	0.71

注: Sn、Ag 含量单位为 10⁻⁶

使用泛克立格法网格化数据, 并在 MapGIS 中完成数据成图 (图 3~图 6)。为突出奇异性较高的区域, 仅圈定奇异性指数大于 0.3 的区域, 分形密度的下限采用常规异常下限的计算方法。通过对比 Sn、Ag 的原始值异常范围与奇异性指数、分形密度



注: N—有效数据个数; X—平均值; S—标准差; C_s—偏度系数; C_t—峰度系数

图2 铜山岭—祥霖铺地区土壤 Sn、Ag 原始值、分形密度、奇异性指数频数直方分布

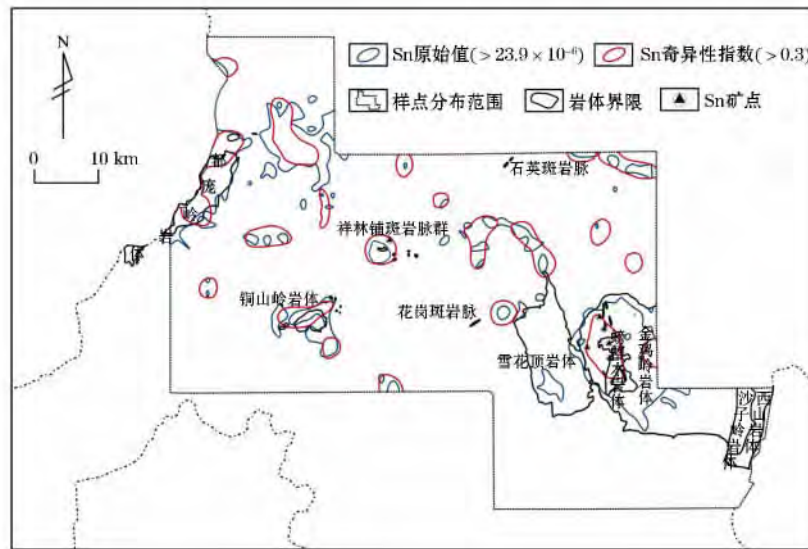


图3 铜山岭—祥霖铺地区土壤 Sn 原始值与奇异性指数分布

的异常范围可知,三者在异常范围的总体分布规律方面存在明显差异。

Sn 原始值异常主要出现在各岩体以及图幅西北部的泥盆系中,异常区呈大面积不规则状、小面积点状出现。由于铜山岭、都庞岭、螃蟹木等岩体的 Sn 背景值较高(表 1),异常界线与岩体边界非常一致,因此在矿化点比较集中的螃蟹木岩体处,原始值异常未能抑制岩体的高背景,仅圈出岩体范围而并未准确圈定岩体中矿体的位置。同时,在背景较低的祥霖铺斑岩脉群处异常范围较小,而在该区域的 Sn 矿点处并未形成异常。Sn 的奇异性指数则有效地抑制了高背景区(铜山岭、都庞岭、螃蟹木等岩体

处)异常,其中,位于螃蟹木岩体处的异常范围准确圈定了该岩体范围内的 Sn 矿点,并在祥霖铺斑岩脉群处增强了低背景异常,有效圈定了该区域的钨矿点。而 Sn 的分形密度则较为准确地反映了 Sn 背景值的高低变化,同时过滤掉了由少数异常点形成的小面积点状原始值异常。

Ag 原始值异常呈现明显的分区现象,在研究区北部出现大面积异常,而南部异常范围则相对较小,这可能是数据来源不一致导致的。因此原始值异常并不能准确反映 Ag 的富集状况。Ag 奇异性指数则有效抑制了研究区北部的高背景影响,仅在祥霖铺斑岩脉群及东北部石英岩脉处形成异常。同时,研

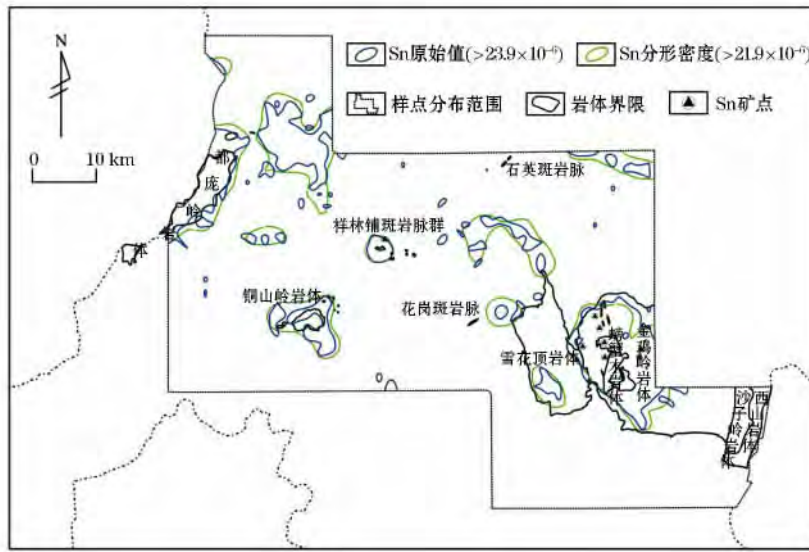


图 4 铜山岭—祥霖铺地区土壤 Sn 原始值与分型密度分布

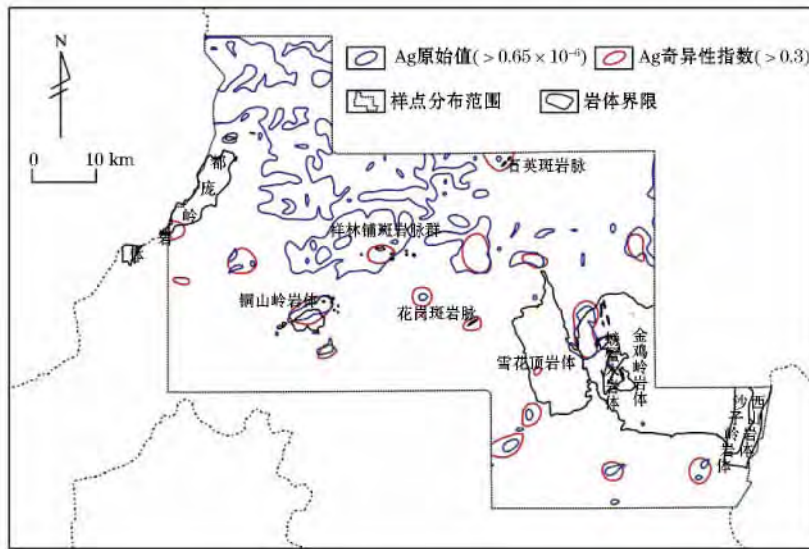


图 5 铜山岭—祥霖铺地区土壤 Ag 原始值与奇异性指数分布

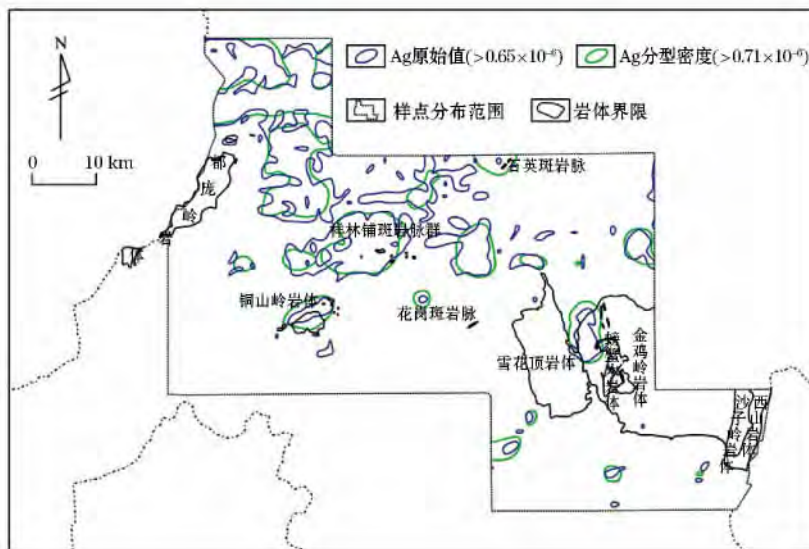


图 6 铜山岭—祥霖铺地区土壤 Ag 原始值与分形密度分布

究区南部的异常范围并未发生明显改变。与 Sn 相似, Ag 分形密度圈定的异常区为背景较高的区域, 并过滤掉了零散分布的小面积点状异常。

通过对比分析, 可以得出以下认识: ①在背景较高的区域, 原始值形成大面积的面状异常, 奇异性指数形成的异常则出现在异常衬度较高的强异常处, 并与已知矿体、岩体对应; ②在背景较低的区域, 原始值形成弱异常或者不显示异常, 奇异性指数在元素相对富集程度较高的区域形成异常, 即相对原始值形成新的或更突出的异常; ③由于存在各种随机误差的影响, 原始值存在较多单点或少数点形成的小面积点状异常, 分形密度的分布更为接近数据的真实分布; ④相对原始值异常, Sn、Ag 的奇异性指数出现了一些新的现有资料尚无法准确解释的异常, 这些异常大多出现在低背景区中富集程度相对较高的区域。针对这些区域, 可以结合其他地质资料作进一步的研究工作。

4.2 奇异性指数在元素组合分析中的应用

作为表征各元素综合分布信息的重要指标, 元

素组合特征通常是能指示成矿作用的关键信息。但复杂的地球化学场不仅会对单元素异常信息的提取带来困难, 还会影响元素组合特征的分析。基于多重分形的奇异性指数模式能够很好地对复杂地球化学场进行分解, 因此不妨使用元素的奇异性指数进行元素组合特征的分析。

研究区内不同岩体对应的成矿类型存在差异 (图 3), 如铜山岭岩体主要对应铜多金属矿床, 螃蟹木岩体主要对应钨锡矿床。所以以研究区内不同岩体为对象, 统计了不同岩体内的元素衬值, 进而研究不同岩体对应的元素组合特征。图 7~图 9 为各岩体内不同元素的衬值对比 (元素衬值为岩体内元素的均值与全区均值的比值), 总体上, 对应于不同成矿类型的岩体, 其元素组合特征存在非常显著的差异, 但部分元素 (如 Ag) 的特征不够清晰。

图 10~图 12 为各岩体中元素奇异性指数均值的分布, 从图中可以看出, W、Sn、Mo、Bi 组合奇异性指数与原始值在各岩体中的分布比较相似, 在铜山岭岩体与螃蟹木岩体中出现富集, 但因为螃蟹木岩

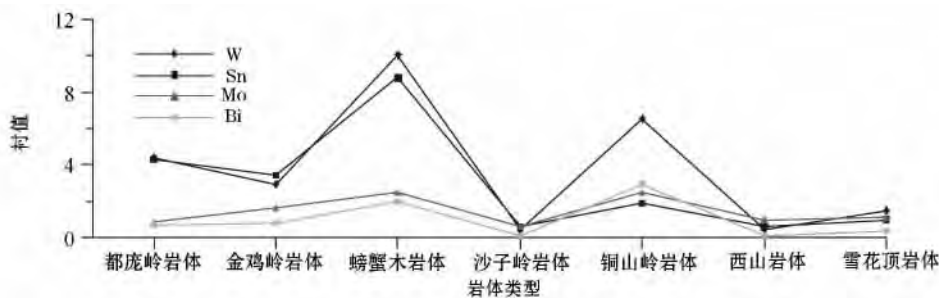


图 7 铜山岭—祥霖铺地区各岩体内 W、Sn、Mo、Bi 衬值对比

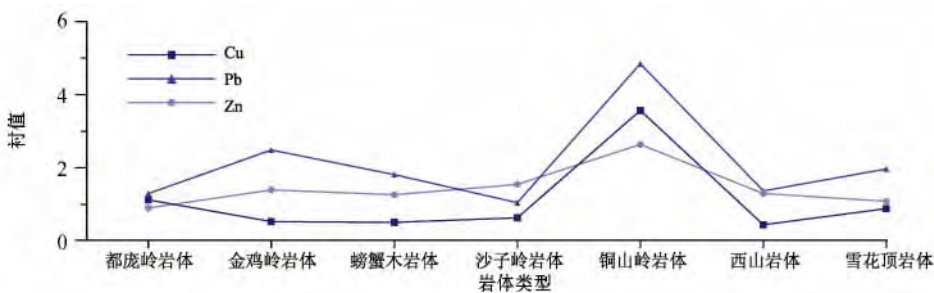


图 8 铜山岭—祥霖铺地区各岩体内 Cu、Pb、Zn 衬值对比

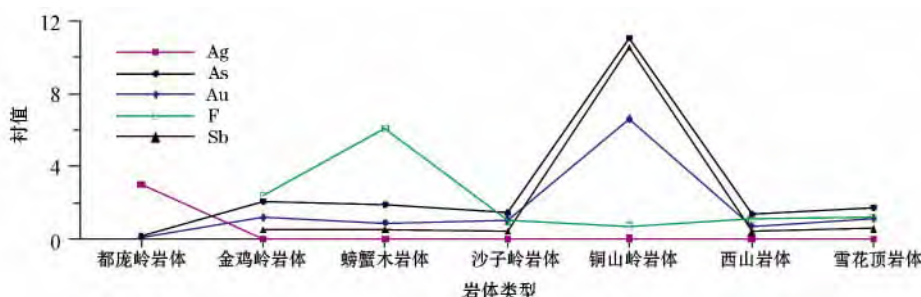


图 9 铜山岭—祥霖铺地区各岩体内 Ag、Au、As、Sb、F 衬值对比

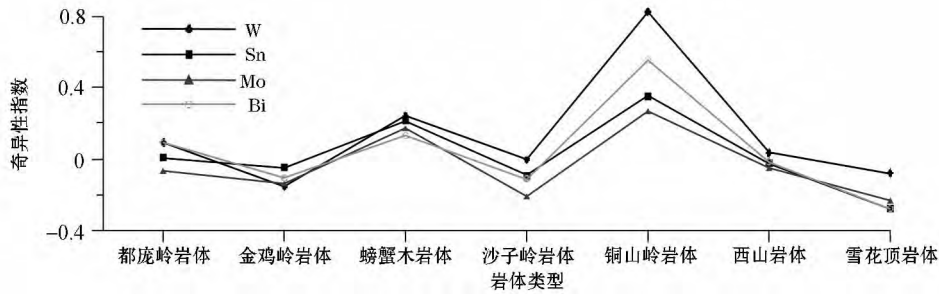


图 10 铜山岭—祥霖铺地区各岩体内 W、Sn、Mo、Bi 奇异性指数对比

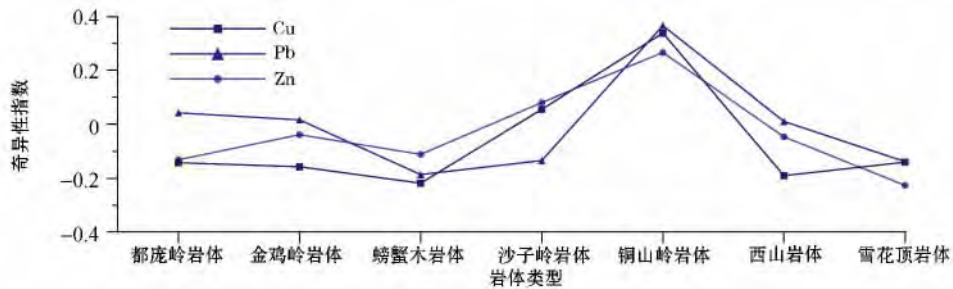


图 11 铜山岭—祥霖铺地区各岩体内 Cu、Pb、Zn 奇异性指数对比

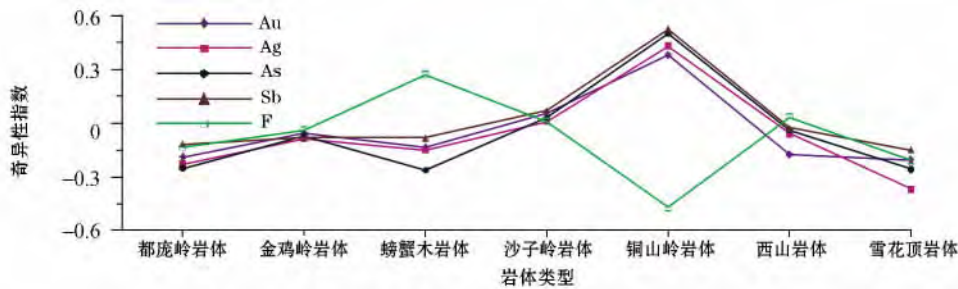


图 12 铜山岭—祥霖铺地区各岩体内 Ag、Au、As、Sb、F 奇异性指数对比

体位于金鸡岭岩体中,其元素相对富集程度相比原始值有所降低; Cu、Pb、Zn 组合和 As、Sb、Au 组合的奇异性指数与原始值在各岩体中的分布差异较小; Ag、F 奇异性指数与原始值的分布差异非常显著,其中 Ag 奇异性指数降低了背景差异的影响,显示出了与 As、Sb、Au 一致的分布特征,在铜山岭岩体处出现高富集,而 F 奇异性指数的分布也更为清晰准确,在螃蟹木岩体中形成富集,在铜山岭岩体处形成较大的贫化。对于背景场变化较小且复杂程度较小的元素,奇异性指数与原始值得出的结果差异较小;但对于奇异性分布特征突出的元素,奇异性指数的指示更为明确、清晰。所以可以结合原始值与奇异性指数进行元素组合特征的综合分析。综合研究区元素原始值与奇异性指数的分析结果得出:①螃蟹木钨锡矿床对应 W、Sn、Mo、Bi、F 组合的高富集,而其他元素富集现象不明显;②铜山岭铜多金属矿床对应 Cu、Pb、Zn、Au、Ag、As、Sb 的高富集,而 F 出现相对亏损;③其他未发现与矿床有密切关系的岩体,未发现特征性的元素组合特征。

5 认识与结论

(1) 基于多重分形理论的奇异性指数模型能够细致地刻画地球化学场的局部空间结构与奇异性特征,而分形密度具有降低地球化学数据随机波动(噪声)的作用,并近似反映地球化学场的原始分布。采用奇异性指数模型对湖南省铜山岭—祥霖铺地区的地球化学异常进行提取,取得了较好的应用效果:奇异性指数有效降低了岩体高背景、系统背景差异的影响,并且强化了低背景区的弱异常;分形密度有效压制了数据噪声的影响,使异常更为清晰可靠。

(2) 由于地球化学场的复杂性,采用原始含量对元素组合特征进行总结往往受到一定影响,而奇异性指数模型能够对复杂地球化学进行有效分解,所以可尝试用奇异性指数进行元素组合特征的分析。研究发现,针对背景场变化较小且复杂程度较小的元素,奇异性指数与原始值得出的元素组合差异较小;但对于奇异性分布特征突出的元素,奇异性

指数的指示更为明确、清晰。然而,奇异性指数反映的是单元素地球化学场的自相似性,所以其不再具有绝对大小意义,这样在使用奇异性指数进行元素组合分析时并不能反映元素之间的比例关系,如不同剥蚀程度的同类型矿床,其各元素的比例关系显然存在差异,但奇异性指数并不能反映这种关系。所以在进行元素组合特征研究时,应结合元素原始值与奇异性指数各自的优势综合讨论。

参考文献:

- [1] 程志中,谢学锦. 岩石中元素背景值变化对地球化学成矿预测的影响[J]. 中国地质, 2006, 33(2): 411-417.
- [2] 鲍征宇,李方林. 地球化学场时空结构分析的方法体系[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 1999, 24(3): 282-286.
- [3] 李方林,鲍征宇,裴韬. 地球化学空间数据处理原理及软件系统[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 1999, 24(3): 306-319.
- [4] 姜德波,肖克炎,左仁广. 分形滤波技术在新疆黄山—镜儿泉镍铜成矿带中的应用[J]. 地球学报, 2012, 33(1): 83-90.
- [5] 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): 250-257.
- [6] 周蒂. 分区背景校正法及其对化探异常圈定的意义[J]. 物探与化探, 1986, 10(5): 263-273.
- [7] 李宾,李随民,韩腾飞. 趋势面方法圈定龙关地区化探异常及应用效果评价[J]. 物探与化探, 2012, 33(2): 202-207.
- [8] 胡以铿. 地球化学中的多元统计分析[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989.
- [9] 裴韬,鲍征宇. 地球化学数据去噪方法研究[J]. 地质地球化学, 1998, 26(4): 86-90.
- [10] 吴越,张均,胡鹏. 剩余异常分量因子得分法在西秦岭凤—太矿集区西段化探找矿靶区优选中的应用[J]. 物探与化探, 2010, 34(3): 343-347.
- [11] Zuo R G, Cheng Q M, Agterberg F P, et al. Application of singularity mapping technique to identify local anomalies using stream sediment geochemical data, a case study from Gangdese, Tibet, western China[J]. Journal of Geochemical Exploration, 2009, 101(3): 225-235.
- [12] Cheng Q M. Multifractality and spatial statistics[J]. Computers & Geosciences, 1999, 25(9): 949-961.
- [13] Cheng Q M, Agterberg F P. Singularity analysis of ore-mineral and toxic trace elements in stream sediments[J]. Computers & Geosciences, 2009, 35(2): 234-244.
- [14] 成秋明. 空间模式的广义自相似性分析与矿产资源评价[J]. 地球科学, 2004, 29(6): 733-743.
- [15] 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: 中国地质大学学报, 2000, 25(3): 311-318.
- [16] 疏志明,彭省临,王雄军. 多重分形在个旧花岗岩凹陷带地球化学数据分析中的应用[J]. 物探与化探, 2009, 33(3): 327-330.
- [17] 张焱,周永章,姚凌青. 多重分形与地质统计学方法在粤北刘家山地区矿化指示中的应用[J]. 地质前缘, 2012, 19(4): 151-158.
- [18] 魏志芳,潘仲芳,金光富. 南岭锡矿调查评价主要进展及找矿前景分析[J]. 华南地质与矿产, 2005(2): 2-11.
- [19] 李福顺,康如华,胡绪云. 南岭魏家钨矿床地质特征及找矿前景分析[J]. 中国地质, 2012, 39(2): 445-457.
- [20] Cheng Q M. Mapping singularities with stream sediment geochemical data for prediction of undiscovered mineral deposits in Gejiu, Yunnan Province, China[J]. Ore Geology Reviews, 2007, 32(1/2): 314-324.
- [21] 成秋明. 地质异常的奇异性度量与隐伏源致矿异常识别[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2011, 36(2): 307-316.
- [22] 成秋明. 多重分形与地质统计学方法用于勘查地球化学异常空间结构和奇异性分析[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2001, 26(2): 161-166.
- [23] 欧智德,李方林,龚晶晶. 基于 MAPGIS 数字高程模型背景校正法的应用——以湖南省铜山岭—祥霖铺地区为例[J]. 地质与勘探, 2013, 49(04): 703-712.
- [24] 龚述清. 浅析湖南九疑山矿田锡矿类型及找矿方向[J]. 中国矿业, 2007, 16(1): 90-93.
- [25] 许康友,刘树生,谢颜竹. 湖南省铜山岭—祥霖铺地区区域地质图,湖南省地质矿产开发局四一八队, 2009.
- [26] 迟清华,鄢明才. 应用地球化学元素丰度数据手册[M]. 北京: 地质出版社, 2007.

The application of multifractal theory to the decomposition of geochemical fields and the study of element association: A case study of Tongshanling-Xianglinpu area

GONG Jing-Jing^{1,2}, LI Fang-Lin², ZHANG Shuang³, CUI Fang⁴

(1. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Chinese Academy of Geological Sciences, Langfang 065000, China; 2. School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 3. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China; 4. Wuhan Center of Geological Survey, Wuhan 430205, China)

Abstract: Located in southwest Hunan Province and at the center of Nanling metallogenic belt, the Tongshanling-Xianglinpu area, in which several W-Sn and Cu-polymetallic deposits have been found, has great potential for the prospecting. In this paper, the multifractal theory, i.e., the model of singularity, was applied to the decomposition of geochemical fields, on the basis of the data of 1:50 000 geochemical survey obtained in the study area. The representative elements Sn and Ag were analyzed in detail, with good results achieved: the singularity reduced the influence of the high background value of rock mass and the variety background levels and intensified the anomalies in low-value background zone; the fractal density reduced the influence of the data noise effectively, and the anomalies became more clear. This paper discussed the characteristics of element association preliminarily, and pointed out that it's better to make a comprehensive analysis in combination with the respective advantages of original data and singularity.

Key words: multifractal; Tongshanling-Xianglinpu; singularity; fractal density; element association

作者简介: 龚晶晶(1989-) 男, 硕士, 主要从事勘查地球化学研究工作。Email: gongjingjing@igge.cn