

西藏古堆—隆子地区 Sb, Pb, Zn 化探元素的分形研究及其地质意义

任冲, 董富权, 李宇杰, 张建国, 朱振华, 杨斌, 廖驾, 吕晓春

(中国人民武装警察部队黄金第11支队, 湖南 宁乡 410600)

摘要: 文章根据西藏古堆—隆子地区 Sb, Pb, Zn 化探元素品位分析结果, 结合区域地质资料, 基于分形几何学的理论基础, 对研究区 Sb, Pb, Zn 的分布规律进行了定量研究。结果表明, 4 个研究区 Sb, Pb 都具有多重分维的性质, 且与矿化有关的分维值 $D_{2II} > D_{2III}$, 同一研究区同一元素的不同分维值差距较大, III 区和 IV 区的 Zn 只有一个维数值, 说明典型矿床发育的地区成矿元素具有多重分维结构和低分维值 D_2 , 基于此理论成功验证了恰嘎研究区具有寻找锑矿前景。通过研究 Sb, Pb, Zn 的分形特征, 揭示出化探元素的分维结构和分维值的大小与矿化程度有关, 并为找矿勘查工作提供一定的地质依据。

关键词: 古堆—隆子地区; 水系沉积物; 分形; Sb, Pb, Zn 化探元素; 西藏自治区

中图分类号: P632; O184 **文献标识码:** A

0 引言

分形理论于 20 世纪 70 年代由法国数学家 Mandelbrot 提出, 是一种研究系统相似性与不规则性的理论^[1], 为非线性理论的分支^[2]。随着分形理论研究的深入, 其在地质领域得以广泛应用, 尤其在地质灾害^[3]、成矿预测^[4]、大地构造分析^[5-6]、成矿动力学^[7]、地球化学^[8]等方面。分形理论在矿床地球化学研究方面, 将分维值作为评价化探元素品位空间分布复杂程度的指标具明显的优越性。本文依据西藏古堆—隆子地区 1:5 万水系沉积物测量 Sb, Pb, Zn 品位的分析结果, 结合该区 ETM 遥感影像解译断裂构造及该区的地质特征, 利用分形几何学方法, 研究了该区 Sb, Pb, Zn 品位, 探讨了化探元素分形特征及其地质意义。

1 分形理论与化探元素品位分维值

分形理论的主体内容是研究系统的自相似性, 即组成部分与其整体具某种自相似性。如果把 Sb, Pb, Zn 品位空间的分布视为分形体, 按分形几何学的方法可求得 Sb, Pb, Zn 品位空间分布的分维值。分维值 D 的大小反映了化探元素展布结构的复杂程度: D 值越小, 样品间元素含量的差异性越大, 其展布结构越复杂; D 值越大, 样品间元素含量的差异性越小, 其展布结构越简单, 即元素含量分布较均匀^[9]。因此, 可通过研究化探元素分形维数值与成矿之间的关系来指导找矿工作, 如: 李以科等运用 Au 品位分维结构的规律进行了深部预测^[10]; 徐明钻等通过对北山地区水系沉积物 Ba 数据的分形研究^[11], 探讨了运用多重分形模型确定贫化元素异常上限的可行性。

描述分形特征和计算分维值常用的模型为分维统计模型:

$$M(r) = Cr^{\pm D} \quad r > 0 \quad (1)$$

收稿日期: 2014-07-31; 改回日期: 2015-04-27; 责任编辑: 赵庆

作者简介: 任冲(1989—), 男, 助理工程师, 主要从事矿产勘查研究。通信地址: 湖南省长沙宁乡县武警黄金第十一支队; 邮政编码: 410600; E-mail: 632791402@qq.com

式中, r 为特征尺度; C 为比例常数 ($C > 0$); D 为分维值 ($D > 0$); $M(r)$ 为尺度大于或等于 r 的数目 (当分维值 D 前面的符号取负号时, 记为 $M(\geq r)$), 或尺度小于等于 r 的数目; 当分维值 D 前面的符号取正号时, 记为 $M(\leq r)$ [12]。

当 r 表示化探元素的品位, $M(\geq r)$ 表示品位大于等于 r 的样品数目, 且 r 与 $M(r)$ 满足 (1) 式, 那么 D 值即为化探元素品位分形结构的分维值 D 。利用 (2) 式求得 D 值, 即:

$$D = -\frac{\lg M(r)}{\lg(r)} \quad (2)$$

2 研究区的地质背景及其分类

研究区位于特提斯喜马拉雅构造带东段, 雅鲁藏布江蛇绿岩带之南和高喜马拉雅构造带之北, 为连接冈底斯—念青唐古拉板片—高喜马拉雅的关键部位 [13]。该区夹于藏南隆子县至措美县的古堆乡的大片区域, 区内出露地层由老到新主要有: 上寒武统绿片岩相二云母级的浅变质岩系、三叠纪变质砂岩夹板岩、侏罗纪粉砂岩及页岩夹灰岩、白垩纪长石石英砂岩; 火山岩较为发育, 中基性脉岩广泛出露; 断裂构造发育。由于研究区受印度板块与欧亚大陆多期次碰撞对接的影响, 区内各时代地层出露广泛, 构造形迹复杂, 岩浆岩发育, 金属矿床 (点) 星罗棋布, 为青藏高原有特色的重要的金—锑成矿带 [14]。

笔者根据参与西藏古堆地区金锑多金属矿产远景调查项目取得的认识及前人研究成果, 综合考虑地质、遥感、地球化学和已有矿床分布情况, 将研究区分为 4 类: I 为全区, II 为典型矿床区, III 为成矿低概率区, IV 为异常检查区 (图 1)。共搜集了 34 692 个样品, 均来自西藏古堆地区金锑多金属矿产远景调查项目区域化探报告, 选择 Sb, Pb, Zn 进行分形研究。

3 研究区 1:5 万水系沉积物 Sb, Pb, Zn 的分形

3.1 Sb 的分形

用 r 表示 1:5 万水系沉积物 Sb 化探数据品位, $M(\geq r)$ 表示样品中 Sb 品位大于 r 的数目, 且 $M(\geq r)$ 和 r 满足 (1) 式, 那么 D 即为 Sb 分形结构的分维值, 取 $r = 0.4 \times 10^{-6}$, 将 1:5 万水系沉积物化



图 1 古堆—隆子地区断裂构造遥感解译图及研究区分布
Fig. 1 Interpretation map of faults in Gudui-Longzi area and location of the study area

探数据进行离散分解, 再依次取 $r = 0.6 \times 10^{-6}, 1.2 \times 10^{-6}, 1.6 \times 10^{-6}, 3.2 \times 10^{-6}, 6.4 \times 10^{-6}, 12.8 \times 10^{-6}, 24.8 \times 10^{-6}, 51.2 \times 10^{-6}, 102.4 \times 10^{-6}, 204.8 \times 10^{-6}$, 统计出样品含量大于等于 r 样品的数目 $M(r)$ 。其中, r 为特征尺度, 在分析中可作出 $M(r)/r$ 的双对数图解, 其斜率即为 D 值。得到 4 类研究区 Sb 分形参数统计表 (表 1)。

表 1 可见, 随着 Sb 元素品位 r 从小到大, 构造的盒子数 $M(r)$ 呈几何倍数递减。根据盒维数计算法, 以 $\log r$ 为横坐标, $\log M(r)$ 为纵坐标, 在双对数坐标中用最小二乘法, 对统计数据进行分析 (图 2), 可以得到:

(1) 各研究区相关系数 R^2 均 > 0.9 , 表明 $\log r$ 与 $\log M(r)$ 线性关系明显, $\log r$ 与 $\log M(r)$ 回归直线斜率的绝对值即为 Sb 品位的分维值 D , I 区 $D_1 = 0.149, D_2 = 1.275$; II 区 $D_1 = 0.353, D_2 = 1.462$; III 区 $D_1 = 0.366, D_2 = 2.482$; IV 区 $D_1 = 0.242, D_2 = 1.654$ 。

(2) 4 个研究区 Sb 品位的空间分布呈双重分维结构, 具有差别很大的一大一小分维值, D_2 值越小, Sb 平均品位越高, 越容易出现矿化富集, 这与李以科等人的研究结果一致 [10]。

(3) D_1 反映区域背景 Sb 的分维结构, D_2 反映了成矿作用 (构造作用、热液、变质作用等) 形成的 Sb 的分维结构, 与矿化有关的分维值记为 D_2 , 则 $D_{2II}/D_{2III} = 0.59$ 。

3.2 Pb 的分形

用 r 表示 1:5 万水系沉积物 Pb 化探数据品位, $M(\geq r)$ 表示样品中 Pb 品位大于 r 的数目, 且 $M(\geq r)$ 和 r 满足 (1) 式, 那么 D 即为 Pb 分形结构的分维值, 取 $r = 4 \times 10^{-6}$, 将 1:5 万水系沉积物化探数据进行离散分解, 再依次取 $r = 6 \times 10^{-6}, 12 \times$

表 1 西藏古堆地区 1:5 万水系沉积物测量 Sb 分形参数统计表

Table 1 Statistics of fractal parameter of Sb from data of river sediment survey in Gudui area Tibet at scale 1:50 000

I (11564)				II (171)				III (163)				IV (196)			
r	$M(r)$	$\log r$	$\log M(r)$	r	$M(r)$	$\log r$	$\log M(r)$	r	$M(r)$	$\log r$	$\log M(r)$	r	$M(r)$	$\log r$	$\log M(r)$
0.4	11 269	-0.4	4.1	0.4	171	-0.40	2.23	0.4	195	-0.40	2.29	0.4	162	-0.4	2.2
0.6	10 904	-0.2	4.0	0.6	170	-0.22	2.23	0.6	195	-0.22	2.29	0.6	162	-0.2	2.2
0.8	10 662	-0.1	4.0	0.8	169	-0.10	2.23	0.8	191	-0.10	2.28	0.8	162	-0.1	2.2
1.6	9 068	0.2	4.0	1.2	168	0.08	2.23	1.2	179	0.08	2.25	1.2	152	0.1	2.2
2.4	6 786	0.4	3.8	1.6	168	0.20	2.23	1.6	170	0.20	2.23	1.6	138	0.2	2.1
3.2	4 973	0.5	3.7	2.4	154	0.38	2.19	2.4	149	0.38	2.17	2.4	120	0.4	2.1
4.8	2 885	0.7	3.5	3.2	140	0.51	2.15	3.2	128	0.51	2.11	3.2	96	0.5	2.0
6.4	1 853	0.8	3.3	4.8	112	0.68	2.05	4.8	94	0.68	1.97	4.8	81	0.7	1.9
9.6	1 064	1.0	3.0	6.4	107	0.81	2.03	6.4	59	0.81	1.77	6.4	23	0.8	1.4
12.8	734	1.1	2.9	9.6	95	0.98	1.98	9.6	35	0.98	1.54	9.6	6	1.0	0.8
19.2	445	1.3	2.6	12.8	75	1.11	1.88	12.8	24	1.11	1.38	12.8	4	1.1	0.6
25.6	294	1.4	2.5	19.2	41	1.28	1.61	19.2	10	1.28	1.00	19.2	2	1.3	0.3
38.4	176	1.6	2.2	25.6	23	1.41	1.36	38.4	3	1.58	0.48	25.6	1	1.4	0.0
51.2	123	1.7	2.1	38.4	12	1.58	1.08	—	—	—	—	—	—	—	—
76.8	60	1.9	1.8	51.2	9	1.71	0.95	—	—	—	—	—	—	—	—
102.4	37	2.0	1.6	76.8	7	1.89	0.85	—	—	—	—	—	—	—	—
153.6	24	2.2	1.4	102.4	3	2.01	0.48	—	—	—	—	—	—	—	—
204.8	15	2.3	1.2	153.6	2	2.19	0.30	—	—	—	—	—	—	—	—
409.6	7	2.6	0.8	204.8	1	2.31	0.00	—	—	—	—	—	—	—	—

表 2 西藏古堆地区 1:5 万水系沉积物测量 Pb 分形参数统计表

Table 2 Statistics of fractal parameter of Pb from data of river sediment survey in Gudui area Tibet at scale 1:50000

I (11564)				II (118)				III (181)				IV (171)			
r	$M(r)$	$\log r$	$\log M(r)$	r	$M(r)$	$\log r$	$\log M(r)$	r	$M(r)$	$\log r$	$\log M(r)$	r	$M(r)$	$\log r$	$\log M(r)$
4	11 563	0.602 1	4.063 1	8	171	0.903 1	2.233	16	180	1.204 1	2.255 3	16	195	1.204 1	2.29
6	11 554	0.778 2	4.062 7	12	161	1.079 2	2.206 8	20	178	1.301	2.250 4	20	194	1.301	2.287 8
8	11 527	0.903 1	4.061 7	16	156	1.204 1	2.193 1	24	172	1.380 2	2.235 5	24	190	1.380 2	2.278 8
12	11 355	1.079 2	4.055 2	24	138	1.380 2	2.139 9	28	144	1.447 2	2.158 4	28	170	1.447 2	2.230 4
16	11 128	1.204 1	4.046 4	32	126	1.505 1	2.100 4	32	65	1.505 1	1.812 9	32	133	1.505 1	2.123 9
24	9 810	1.380 2	3.991 7	48	117	1.681 2	2.068 2	40	12	1.602 1	1.079 2	48	34	1.681 2	1.531 5
32	4 656	1.505 1	3.668	64	116	1.806 2	2.064 5	48	7	1.681 2	0.845 1	64	16	1.806 2	1.204 1
48	985	1.681 2	2.993 4	96	97	1.982 3	1.986 8	80	4	1.903 1	0.602 1	96	8	1.982 3	0.903 1
64	458	1.806 2	2.660 9	128	86	2.107 2	1.934 5	96	3	1.982 3	0.477 1	128	4	2.107 2	0.602 1
96	252	1.982 3	2.401 4	192	59	2.283 3	1.770 9	—	—	—	—	192	2	2.283 3	0.301
128	204	2.107 2	2.309 6	256	31	2.408 2	1.491 4	—	—	—	—	256	1	2.408 2	0
192	125	2.283 3	2.096 9	394	14	2.595 5	1.146 1	—	—	—	—	—	—	—	—
256	71	2.408 2	1.851 3	512	5	2.709 3	0.699	—	—	—	—	—	—	—	—
394	33	2.595 5	1.518 5	788	1	2.896 5	0	—	—	—	—	—	—	—	—
512	16	2.709 3	1.204 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
788	8	2.896 5	0.903 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1 024	5	3.010 3	0.699	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1 576	4	3.197 6	0.602 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2 048	3	3.311 3	0.477 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4 096	3	3.612 4	0.477 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9 192	1	3.963 4	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

10^{-6} , 16×10^{-6} , 32×10^{-6} , 64×10^{-6} , 128×10^{-6} , 248×10^{-6} , 512×10^{-6} , $1 024 \times 10^{-6}$, $2 048 \times 10^{-6}$, 统计出样品含量大于等于 r 样品的数目 $M(r)$ 。其中, r 为特征尺度, 在分析中可作出 $M(r)/r$ 的双对

数图解, 其斜率即为 D 值。4 类研究区 Pb 分形参数见表 2。

表 2 可见, 随着 Pb 品位 r 从小到大变化, 构造的盒子数 $M(r)$ 呈几何倍数递减。根据盒维数计算

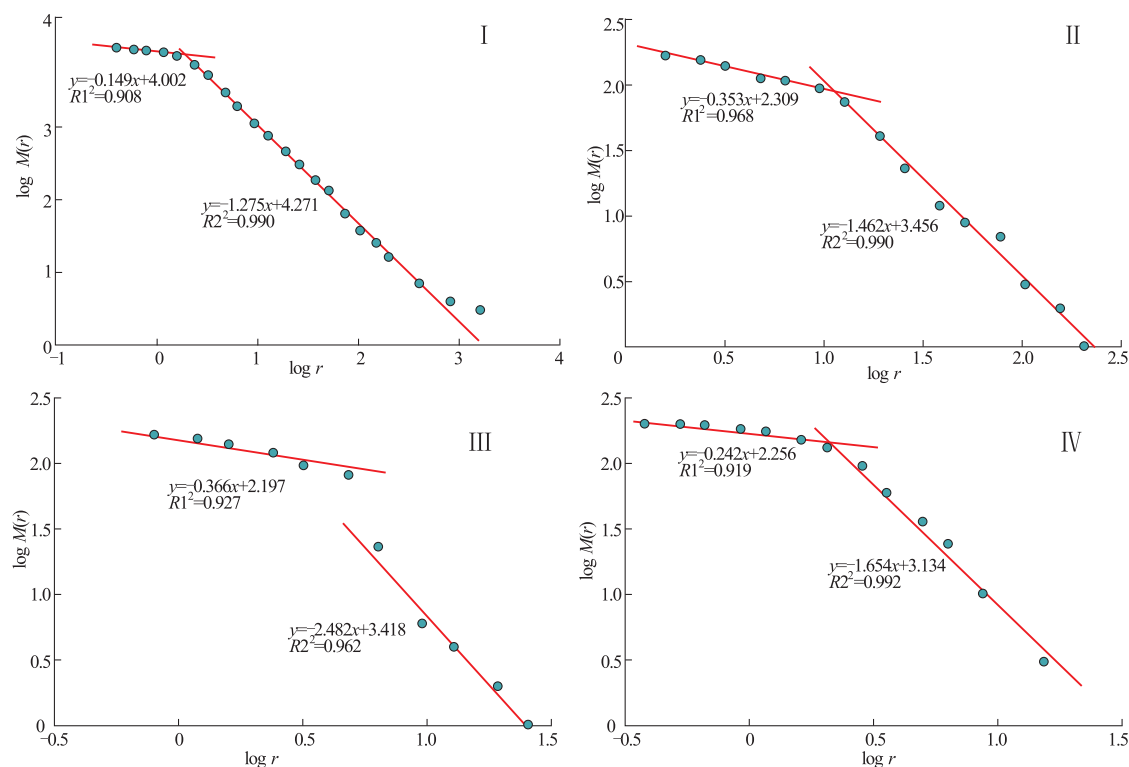


图2 西藏古堆—隆子地区 1:5 万水系沉积物 Sb 品位分维结构图

Fig. 2 Diagram showing structure of fractal dimension for Sb concentration from river sediment survey at scale 1:50000 in Gudui-Longzi area tibet

法,以 $\log r$ 为横坐标, $\log M(r)$ 为纵坐标,在双对数坐标中用最小二乘法,对统计数据进行分析(图3),可以得到:

(1)各研究区相关系数 R^2 均大于或等于 0.8,表明 $\log r$ 与 $\log M(r)$ 线性关系明显, $\log r$ 与 $\log M(r)$ 回归直线斜率的绝对值即为 Pb 品位的分维值 D , I 区 $D_1 = 0.026$, $D_2 = 1.527$; II 区 $D_1 = 0.224$, $D_2 = 2.441$; III 区 $D_1 = 0.109$, $D_2 = 2.898$; IV 区 $D_1 = 0.062$, $D_2 = 2.298$ 。

(2)4 个研究区 Pb 品位空间分布呈双重分维结构,具有差别很大的一大一小分维值。

(3) D_1 反映区域背景 Pb 品位空间分布的复杂程度, D_2 反映了由于成矿作用(构造作用、热液、变质作用等)形成的 Pb 品位空间分布的复杂程度,与矿化有关的分维值记为 D_2 ,则 $D_{2\text{II}}/D_{2\text{III}} = 0.84$ 。

3.3 Zn 的分形

用 r 表示 1:5 万水系沉积物 Zn 化探数据品位, $M(\geq r)$ 表示样品中 Zn 品位大于 r 的数目,且 $M(\geq r)$ 和 r 满足(1)式,那么 D 即为 Zn 分形结构的分维值,然后取 $r = 16 \times 10^{-6}$,将 1:5 万水系沉积物化探数据进行离散分解,再依次取 $r = 24 \times 10^{-6}$,

32×10^{-6} , 48×10^{-6} , 64×10^{-6} , 96×10^{-6} , 128×10^{-6} , 192×10^{-6} , 256×10^{-6} , 384×10^{-6} , 512×10^{-6} , 768×10^{-6} , 1024×10^{-6} , 1536×10^{-6} , 2048×10^{-6} , 3072×10^{-6} , 4096×10^{-6} , 6144×10^{-6} , 8192×10^{-6} ,统计出样品含量大于等于 r 样品的数目 $M(r)$ 。其中, r 为特征尺度,在实际分析中作出 $M(r)/r$ 的双对数图解,其斜率即为 D 值。得到 4 类研究区 Zn 分形参数统计表(表3)。

表3可见,随着 Zn 品位 r 从小到大变化,构造的盒子数 $M(r)$ 呈几何倍数递减。根据盒维数算法,以 $\log r$ 为横坐标, $\log M(r)$ 为纵坐标,在双对数坐标中用最小二乘法,对统计数据进行分析(图3),可以得到:

(1)各研究区相关系数 R^2 均大于 0.9,表明 $\log r$ 与 $\log M(r)$ 线性关系明显, $\log r$ 与 $\log M(r)$ 回归直线斜率的绝对值即为 Zn 品位的分维值 D , I 区 $D_1 = 0.029$, $D_2 = 3.94$, $D_3 = 0.866$; II 区 $D_1 = 0.033$, $D_2 = 2.134$; III 区 $D_1 = 8.041$; IV 区 $D_1 = 5.399$ 。

(2)对于 4 个研究区 I, II, III 和 IV 区, I 区和 II 区的 $\log r$ 与 $\log M(r)$ 为多重分维结构,具有差别

表 3 西藏古堆地区 1:5 万水系沉积物测量 Zn 分形参数统计

Table 3 Statistics of fractal parameter of Zn from data of river sediment survey in Gudui area, Tibet at scale 1:50000

I (11564)				II (172)				III (174)				IV (196)			
r	$M(r)$	$\log r$	$\log M(r)$	r	$M(r)$	$\log r$	$\log M(r)$	r	$M(r)$	$\log r$	$\log M(r)$	r	$M(r)$	$\log r$	$\log M(r)$
16	11 559	1.204	4.063	40	172	1.602	2.236	100	173	2	2.238	80	195	1.903	2.29
24	11 527	1.38	4.062	60	170	1.778	2.23	120	154	2.079	2.188	100	150	2	2.176
32	11 429	1.505	4.058	80	168	1.903	2.225	140	50	2.146	1.699	120	77	2.079	1.886
48	11 245	1.681	4.051	120	135	2.079	2.13	160	7	2.204	0.845	140	31	2.146	1.491
64	11 107	1.806	4.046	160	116	2.204	2.064	180	3	2.255	0.477	160	11	2.204	1.041
96	10 070	1.982	4.003	240	61	2.38	1.785	200	1	2.301	0	180	3	2.255	0.477
128	5 014	2.107	3.7	320	18	2.505	1.255	—	—	—	—	200	2	2.301	0.301
192	335	2.283	2.525	480	7	2.681	0.845	—	—	—	—	—	—	—	—
256	146	2.408	2.164	640	4	2.806	0.602	—	—	—	—	—	—	—	—
384	32	2.584	1.505	960	3	2.982	0.477	—	—	—	—	—	—	—	—
512	21	2.709	1.322	1 280	1	3.107	0	—	—	—	—	—	—	—	—
768	10	2.885	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1 024	8	3.01	0.903	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1 536	6	3.186	0.778	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2 048	3	3.311	0.477	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3 072	3	3.487	0.477	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4 096	3	3.612	0.477	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6 144	2	3.788	0.301	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8192	1	3.913	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

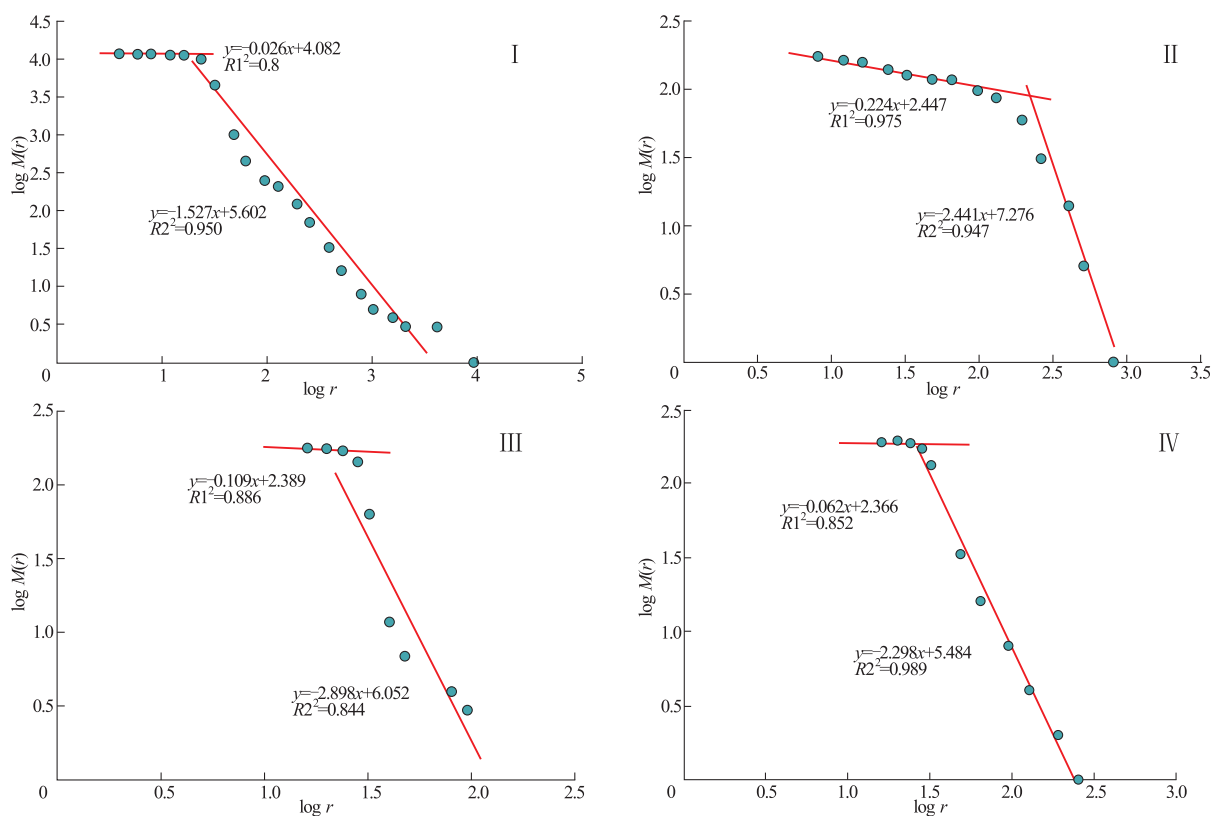


图 3 西藏古堆—隆子地区 1:5 万水系沉积物 Pb 品位分维结构图

Fig. 3 Diagram showing structure of fractal dimension for Sb concentration of river sediment survey at scale 1:50000 in Gudui-Longzi area, Tibet

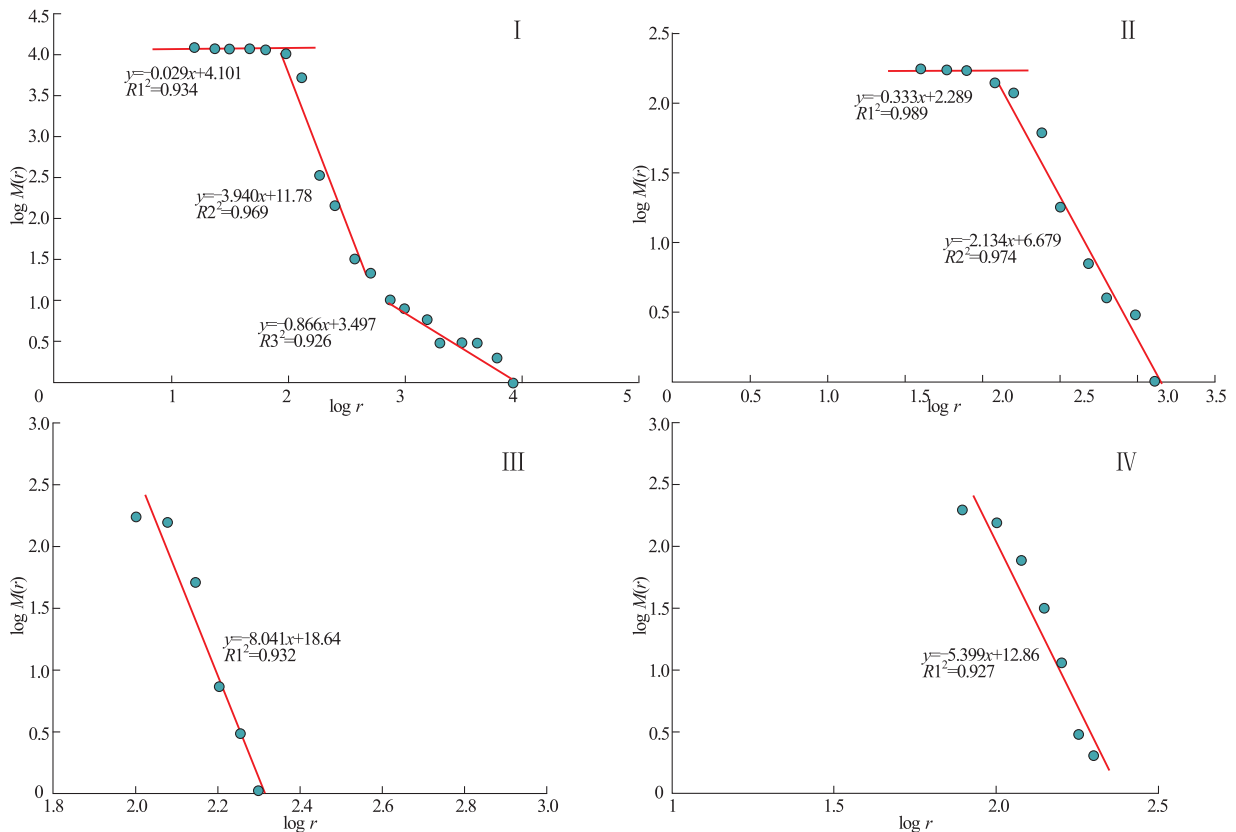


图4 西藏古堆—隆子地区 1:5 万水系沉积物 Zn 品位分维结构图

Fig. 4 Diagram showing structure of fractal dimension for Zn concentration of river sediment survey at scale 1 : 50 000 in Gudui-Longzi area, Tibet

很大的一大一小分维值,Ⅲ区和Ⅳ区 Zn 品位空间分布呈一维分维结构,Ⅲ区分维值为 8.041,Ⅳ区分维值为 5.399。

(3)D1 反映区域背景 Zn 品位空间分布的复杂程度,D2 反映由于成矿作用(构造作用、热液、变质作用等)形成的 Zn 品位空间分布的复杂程度,与矿化有关的分维值记为 $D2_{II}$,则 $D2_{II} = 2.134 < D1_{IV} < D_{III}$ 。

4 Sb,Pb,Zn 分形的地质意义

上述分析得知,隆子—古堆地区水系沉积物 Sb,Pb,Zn 品位的空间分布在一定程度上具有标度不变性,即分形分布,且 4 个研究区 Sb,Pb 都具有多重分维的特点,各组分维值差距较大,Ⅲ和Ⅳ区 Zn 具有一维分维的特点。多重分维结构反映了扎西康地区 Sb,Pb,Zn 至少遭受了 2 次以上不同的富集过程,而王艺云等人的研究结果表明,扎西康锑多金属矿可分为 3 个成矿期次,即沉积成岩期、中低温

热液成矿期和表生氧化期^[15],进一步说明分维结构一定程度上可反演与矿化有关的地质过程,而多维分形结构可用于描述与矿化有关的微量元素在水系沉积物中的空间分布和富集规律^[16]。

通过西藏古堆—隆子地区 1:5 万区域地质矿产远景调查项目,发现与矿化有关的 Sb,Pb,Zn 分维值 $D2$ 较低的研究区,断裂较为发育,并分布有大量的中基性脉岩,如闪长岩、辉绿岩、辉长岩和煌斑岩,地层变形强烈、层序复杂,地球化学异常明显,由此认为 $D2$ 可作为地球化学勘查的参数。

Sanderson 等人的研究表明低品位石英脉具有简单的分形和较高的分维值,而高品位的矿脉具有多重分维结构和较低的分维值^[17],与本文实验结果十分吻合。为验证该理论在研究区的可行性,选择Ⅳ区作为异常检查区。该区断裂发育,脉岩大量出露,地层变形强烈,对于成矿有利元素 Sb,其 $D2_{IV} = 1.13$,与 $D2_{II}$ 相近,通过进一步的工作,项目组在该区发现一条出露约 10 cm 的锑矿化带,通过工程揭露发现该矿点具有一定的找矿前景,很好地验证了水系沉积物 Sb,Pb,Zn 品位分维值对于在隆子—古

堆地区地质找矿的指导意义。

参考文献:

- [1] 易顺民,唐辉明. 活动断裂的分形结构特征[J]. 地球科学:中国地质大学学报,1995,20(1):58-62.
- [2] 张建. 分形理论在东天山金矿预测中的应用[D]. 乌鲁木齐:新疆大学,2006.
- [3] 朱晓华,闫国年. 地质灾害中的分形研究进展[J]. 中国地质灾害与防治学报,2000,11(1):11-14.
- [4] 成秋明,赵鹏大,陈建国,等. 奇异性理论在个旧锡铜矿产资源预测中的应用:成矿弱信息提取和复合信息分解[J]. 地球科学:中国地质大学学报,2009,34(2):233-241.
- [5] 连长云,苏小四,朴寿成,等. 中国大陆深断裂系的分形特征[J]. 世界地质,1995,14(3):34-38.
- [6] 谭凯旋,郝新才,戴塔根. 中国断裂构造的分形特征及其大地构造意义[J]. 大地构造与成矿学,1998,22(1):17-20.
- [7] 谢焱石,谭凯旋. 断裂构造的分形研究及其地质应用[J]. 地质地球化学,2002,30(1):71-77.
- [8] 张焱,成秋明,周永章. 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.
- [9] 程先富,付金沐. 新疆北部金、银、铜化探元素的分形研究及其找矿意义[J]. 安徽师范大学学报:自然科学版,1999,22(2):148-151.
- [10] 李以科,王高尚,曹殿华,等. 赣东北金山金矿床金品位分维结构及深部预测[J]. 黄金,2009,30(9):11-15.
- [11] 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.
- [12] 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:中国地质大学学报,2004,29(6):733-744.
- [13] 聂凤军,胡朋,江思宏,等. 藏南邛多江地区二长花岗岩⁴⁰Ar-³⁹Ar同位素年龄及其地质意义[J]. 岩石学报,2006,22(11):2704-2710.
- [14] 杜觉树,杜光树,冯喜良,等. 西藏金矿地质[M]. 成都:西南交通大学出版社,1993:1-177.
- [15] 王艺云,唐菊兴,郑文宝,等. 西藏隆子县扎西康锌多金属矿床矿石组构研究及成因探讨[J]. 地球学报,2012,33(4):681-692.
- [16] 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.
- [17] Sanderson D J, Roberts S A. Fractal relationship between vein thickness and gold grade in drill core from Lacodosera, Spain[J]. Economic Geology, 1994, 89:168-173.

Fractal study of Sb, Pb, Zn from Gudui-Longzi area, Tibet and the geological significance

REN Chong; DONG Fuquan, LI Yujie, ZHANG Jianguo, ZHU Zhenhua,
YANG Bin, LIAO Jia, LYU Xiaochun

(No. 11 Gold Geological Part CAPF, Ningxiang 410600, Hunan, China)

Abstract: Combined with the regional data distribution regularity of geochemical analysis of Sb, Pb, Zn from the study area is quantitatively studied on basis of fractal geometry theory. The result shows that Sb, Pb of the four study areas are characterized by multi-fractal feature and fractal dimension value $D_{2II} > D_{2III}$ is correlated to mineralization showing bigger difference of fractal dimension value of the same element for each groups in the same study area. Zn has only one fractal dimension value of study area III and IV. All this indicates that the area where typical ore deposit occurs is characterized by multi-fractal feature and low fractal dimension value D_2 . According to the theory Qiaga study area is checked potential for prospecting Sb ore. Fractal feature of Sb, Pb, Zn shows that structure of the fractal dimension and its value are related to degree of the mineralization thus provide geological basis for prospecting works.

Key Words: Gudui-Longzi area; river sediment; fractal; the geochemical element of Sb, Pb, Zn; Tibet