

50-52

分形在紫金山矿床中的应用*

许顺山

吴淦国

(中国地质科学院地质力学研究所·北京·100081) (中国地质大学·北京·100083)

江万 张达 陈柏林 谢艳霞

(中国地质科学院地质力学研究所·北京·100081)

通过分数维研究表明:(1)紫金山矿床铜、金矿床金的成矿作用以一次为主,后期叠加成矿作用较明显,铜矿床后期叠加作用不明显;(2)金成矿作用与断裂活动密切相关;(3)在深部及11线以西有较好的铜成矿远景;(4)各地质体对金、铜成矿的贡献大小不尽相同。

关键词 紫金山矿床 断裂分维 成矿元素分维 成矿预测

铜矿床, 金矿床

分数维数最早由 Hausdorff (1919) 提出, 后来 Mandelbort (1982)^[1] 将分数维数推广形成分形几何学。分形几何学的主要概念是分维即维数可以是分数。分形理论通过相似原理揭示杂乱现象中的精细结构, 通过局部来认识整体, 有限认识无限。自分形理论提出以来, 在多个领域都得到广泛应用, 其被引用于地质研究也取得了相当的成果, 如对圣安德列斯断裂研究 (C. A. Aviles, 1987), 成矿预测研究 (孟宪国, 1991; 程小久, 1994) 等。

紫金山铜金矿床是近年来在我国东南沿海陆相火山岩区发现的新型矿床——高硫浅成中低温次火山热液矿床, 其中金达到中型规模, 而铜已达特大型规模。通过近年来的深入研究, 其成矿规律已得到了充分的认识, 但如何在深部及外围进行有效的成矿预测, 仍是一个未取得突破的研究课题, 本文试图通过成矿元素的分形及断裂分形特征来研究其成矿规律, 以期成矿预测提供科学素材。

1 研究区概况

紫金山铜金矿区位于东南沿海火山活动带之西部亚带, NE 向宜和复式背斜和 NW 向上杭—云霄断裂的交汇部位。宜和复背斜轴向 NE, 核部遭受剥蚀, 由寒武系组成, 北西翼倾角较缓, 南东翼陡, 两翼夹角中等, 总体为一斜歪倾伏背斜。

区域地层主要有寒武系、泥盆系、石炭系及白垩系。岩浆岩为燕山期的紫金山复式岩体, 该复式岩体可分为 5 个脉动期次, 其中 Cu(Au) 矿体主要赋存于第二脉动次的中细粒花岗岩及隐爆角砾岩中, 成矿作用以裂隙充填—交代方式为主, 成矿时代为白

垩纪。

矿体受 NW 向断裂、裂隙密集带控制, 上部是金矿, 下部是铜矿, 含矿裂隙在走向、倾向上都呈右行侧列。金矿化带仅限于北西矿段 650 m 高程以上的氧化带中, 矿化带一般宽 40 m ~ 200 m, 长约 200 m ~ 700 m, 延伸达 150 m ~ 350 m, 平均品位大于 0.5×10^{-6} 。矿体多呈脉状、透镜状; 铜矿体为隐伏矿体, 在 650 m 高程以下, 自上而下分为 4 个矿化带。

金矿矿石矿物以铁的氧化物和氢氧化物为主, 占金属矿物总量的 95% 以上, 主要有褐铁矿、针铁矿和赤铁矿, 脉石矿物以石英为主。铜矿矿石矿物主要有兰辉铜矿、硫砷铜矿、铜兰、黄铁矿等。

矿石结构包括他形—自形晶粒状结构、包含结构、固溶体分离结构、揉皱结构和填隙结构等, 矿石构造有脉状构造、脉状—浸染状构造、角砾状构造、浸染状构造等。

2 分维数的计算

采用幂函数法, 即: $N(\gamma) = a\gamma^{-D} \dots \dots (1)$

其中 γ 表示金或铜品位, $N(\gamma)$ 表示金或铜品位大于 γ 的样品数, a 为常数, D 为分维, 在双对数坐标图中 $\log N(\gamma) - \log \gamma$ 如果为线性关系, 即 $\log N(\gamma) = \log a - D \log \gamma$, 分维值 D 则可以利用直线的斜率求出。

分维数 D 值可以表征某元素品位偏离正态分布(随机分布)的程度, 从式中可以看出, D 值越小样品之间的差异性就越大, 对成矿就越有利, 相反, D 值越大, 样品之间的品位差异性就越小, 则不利于成矿; 若有多个 D 值说明样品之间的差异性更

本文 1998 年 3 月收到, 张启芳编辑。

* 本研究是国家计委科技找矿项目《武夷山西南缘及其外围铜金锡成矿地质条件研究及成矿预测》的部分成果。

大,经历多次的矿化富集事件就有利于成矿作用的进行。

3 金品位及铜品位的分维数值及其意义

3.1 断裂分维值及其与成矿关系

变形和破坏现象涉及到很长的时间尺度和大的空间尺度范围,且由于地质体的非均匀性,常发生在非平衡条件下的非线性过程。随着非线性科学的发展,分形、混沌等理论的引入,使得断裂研究出现了新的生长点。

断裂分维值也使用前述公式计算,其中 $N(\gamma)$ 表示有断裂进入,边长为 γ 的正方形的个数,若断裂系统具有相似性特征,则 $N(\gamma)$ 与 γ 也满足该公式,断裂分维值 D 越大表示断裂系统越复杂,而 D 值大于 1.8 表示断裂系统为断裂初期阶段,活动性较强,小于 1.8 表示断裂系统处于成熟阶段。本文计算 D 值分别采用 γ 值为 4, 2, 1, 0.5, 单位为 cm, 分别在 1/10 万、1/50 万比例尺下进行统计计算得到。由图 1 中可知紫金山地区断裂 D 值大于 1.8, 大于上杭—云霄断裂带的 D 值及闽西南地区的 D 值,表明紫金山地区断裂系统复杂且活动性较强,有利于成矿作用,表 1 中也同样可以看出,区内 NE 向、NW 向断裂的金、铜含量相对较高,表明断裂活动对金、铜成矿起到了相当的促进作用。

表 1 紫金山地区各地质体 Cu、Au 含量表

	Cu	Au
白垩系	31.00	2.40
英安岩	73.64	8.35
各类斑岩脉	36.15	3.70
花岗闪长斑岩	64.00	5.85
花岗闪长岩	133.85	2.93
$\gamma S2-3C1$	37.85	3.99
$\gamma S2-3C2$	46.62	2.67
$\gamma S2-3C3$	38.50	41.42
$\gamma S2-3C4$	45.07	4.89
隐爆角砾岩	72.86	12.83
北东向断层	187.30	18.30
北西向断层	71.30	27.10
东西向断层	142.00	22.00
寒武系	34.10	3.81
泥盆系	29.77	2.60
石炭系	29.65	3.35
才溪岩体	35.90	2.24

Cu 含量单位为 10×10^{-6} , Au 含量单位为 10×10^{-9} 。

3.2 铜品位的分维值

图 2 可知,不同地质体的 D 值特征不同,就铜矿体而言(图 2-a, b),它们只有一个 D 值,表明铜的成矿作用仅有一次,矿体品位垂直方向的 D 值较

小(1.00, 图 2-b), 水平方向变化较大(2.05, 图 2-a), 表明铜成矿作用在水平方向上变化较小, 在垂直方向变化较大。

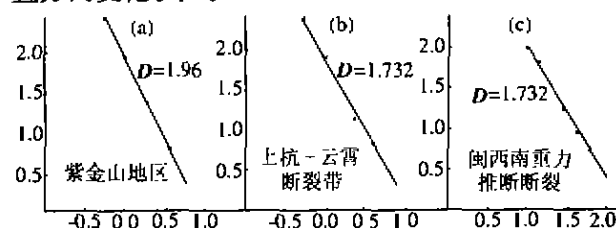


图 1 断裂 $\log N(\gamma) - \log \gamma$ 图

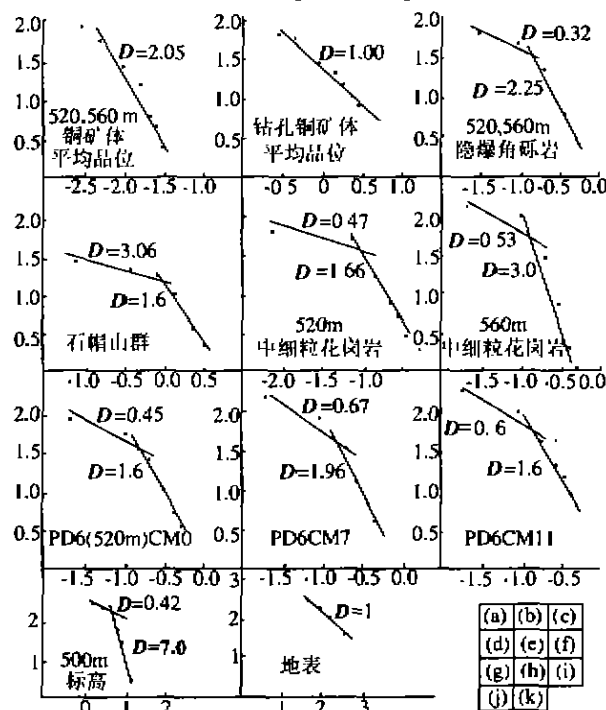


图 2 紫金山矿床 Cu 含量 $\log N(\gamma) - \log \gamma$
(纵坐标为 $\log N(\gamma)$, 横坐标为 $\log \gamma$)

石帽山群隐爆角砾岩及中细粒花岗岩都有两个 D 值(图 3-c-f), 表明这些地质体都发生过铜矿化事件只是强度不一, 从 D 值的最小值来看, 火山岩、次火山岩 D 值更小(图 2-d, e), 更有利于矿化。

从不同水平段来分析, 地表只有一个 D 值(图 3-k), 铜成矿不利。以 500m 标高最小 D 值为 0.42 (图 2-j), 520m 标高的最小 D 值为 0.47, 560m 标高最小值为 0.53, 可见 D 值越往深部越小, 表明铜成矿作用向深部发展有变好的趋势, 因此深部找矿是有可能的, 事实上已经在更深的部位发现了斑岩型 Cu(Mo) 矿。

在同一水平上的变化趋势(以 520 m 水平段为例)总体是在 0 线附近 D 值较小, 往西 D 值增大, 而 11 线 D 值又有变小的趋势, 表明 11 线以西成矿作用并未减弱, 仍有可能找到一定规模的矿体。

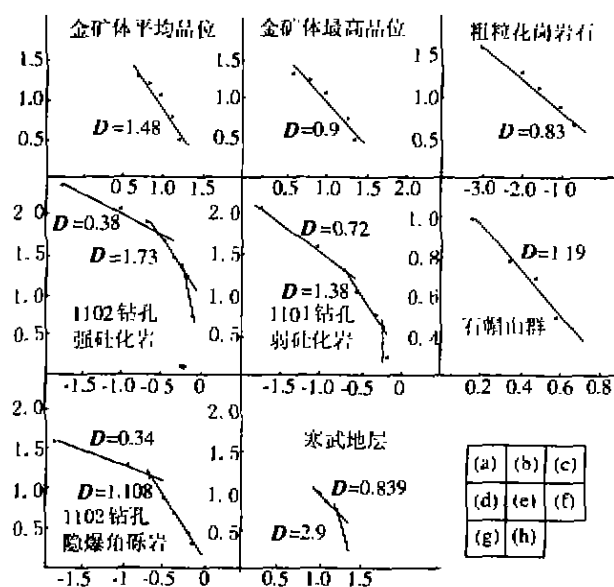


图3 紫金山矿床 Au 含量 $\log N(\gamma)$ — $\log \gamma$ 关系图

(纵坐标为 $\log N(\gamma)$, 横坐标为 $\log \gamma$)

3.3 金品位分维值

金矿体平均品位和最高品位只有一个 D 值,但较小(与铜矿体比较),推测成矿事件以一次为主,叠加有后期成矿作用(较弱);相对而言最高品位 D 值更小,表明其变化更大。

粗粒花岗岩、石帽山群火山岩均只有一个 D 值,其中粗粒花岗岩 D 值较小,显示对成矿有利,可能有后期断裂成矿作用同时。其它地质体都有两个 D 值,表明有金的成矿作用。强硅化、弱硅化岩石比较(图3-d,e),前者最小 D 值更小,表明硅与金

的亲性更强;硅化岩有多个 D 值,表明存在两次以上成矿作用,推测可能有热液成矿期、断裂作用成矿期及后期氧化阶段成矿期。

4 结论

(1)紫金山矿床成矿作用与断裂活动密切相关,断裂的金铜含量相对较高;

(2)Cu 含量分维值有向下减小,向西有先增大后减小的趋势,铜矿在深部及 11 线以西仍有较好的找矿前景;

(3)金矿成矿作用以一期为主,多期成矿作用叠加较明显,推测主要是断裂成矿作用。而铜矿床只有一次主要成矿期,多期成矿作用叠加不明显;

(4)铜成矿与火山岩、次火山岩、花岗岩都有关,而金成矿与火山岩及中粗粒花岗岩关系较小,与断裂、老地层、中细粒花岗岩关系密切;

(5)分维不但能揭示地质现象的复杂程度,且在某种程度反映了地质过程的成因本质;

(6)应用分形理论进行成矿预测是一崭新的研究方向,且显示为一有效、简便的方法。

参考文献

- 1 Mandelbrot BB. The fractal geometry of nature. 1982, San Francisco: Freeman
- 2 董连科. 分形与应用. 沈阳:辽宁科技出版社,1992
- 3 谢和平. 分形—岩石力学导论. 北京:科学出版社,1996
- 4 丁式江. 地层含金性评价的分形维研究——以琼西抱板群为例. 现代地质,1997(1):72~78
- 5 沈步明. 新疆某金矿的分形维特征及其意义. 中国科学 B 辑, 1995,23(3):299~302

STUDING ON FRACTALS OF ZIJINSHAN COPPER - GOLD DEPOSIT

Xu Shunshan, Wu Ganguo, Jiang Wan, Zhang Da, Chen Beilin, Xie Yaxia

The fractal results of gold content, copper content and faults of Zijinshan copper - gold deposit indicate that: (1)there is only one metallogeny of copper, but there are many times metallogeny of gold; (2)faults activity and metallogeny are related; (3)there are prospecting area in lower level and eastern No. 11 line; (4) each geological body contribute to metallogeny is different.

Key words Zijinshan deposit, fault fractal, fractal of metallogenic element, prospecting

第一作者简介:

许顺山 男,1963年生。1985年毕业于武汉地质学院矿产系地质力学专业,1998年在中国地质大学(北京)地质矿产系获博士学位。现在地质力学所矿田构造研究中心工作,副研究员。

通讯地址:北京市海淀区民族学院南路11号 中国地质科学院地质力学所矿田构造研究中心 邮政编码:100081

