

# 桂东南地区断裂构造分形特征与金银成矿关系研究\*

## Fractal Features of Fractures and Their Relation to Silver-Gold Mineralization in Southeast Guangxi

韩喜彬 梁金城 冯佐海 张桂林 陈懋弘  
Han Xibin Liang Jincheng Feng Zuohai Zhang Guilin Chen Maohong

(桂林工学院资源与环境工程系 桂林市建干路12号 541004)

(Dept. of Resource and Environmental Engineering, Guilin Institute of Technology, 12 Jianganlu, Guilin, Guangxi, 541004, China)

**摘要** 采用分形理论的盒维数方法,以研究区1:20万区域地质图和1:5万区域矿产图作为研究对象,并到野外进行实地调研作为补充,对桂东南地区北东向和北西向进行分形统计,并用计算机 Surfer 7.0软件对分维值进行趋势分析。结果是:桂东南地区断裂分维值为1.61,鸡笼顶、望天洞等矿区分维值为1.62~1.82,属于断裂结构较复杂、构造活动性偏强地区,且北东向断裂分维值高于北西向断裂。金银矿化均落入分维高值区。矿带受北东向断裂分维梯度带控制,与陆川—岑溪断裂位置相一致,矿化密集区则集中于北西向断裂分维趋势的3个高值区,与北西向断裂叠加有关。桂东南地区断裂带中,南部比东北部对成矿更为有利。

**关键词** 金银成矿 断裂构造 分形

中图法分类号 P618.502

**Abstract** The northeastern and northwestern of southeastern Guangxi are analyzed by the fractal dimension according to the geological map (proportion of 1:200000) and the mineral map (proportion of 1:50000) and the field survey. The fractal tendency is analyzed by the software of Surfer 7.0. It shows that the D value of fractal dimension of fracture in southeastern Guangxi is 1.61, and the D value of Jilongding and Wangtiandong ranges from 1.62 to 1.82. It is characterized by more complex fractures and strong structurally activity, and the D values of the northeastern fractures are bigger than that of the southwestern fractures. The analysis of the fractal tendency shows that nearly all the silver-gold mines are confined to high D value area. The ore zone is controlled by the fractal dimension grade region of the northeastern fracture structures, and is consistent with the position of Luchuang-Cenxi fracture. The dense regions of mineralization center at the three high sections of the fractal tendency of the northwestern fractures. This is related with the northwestern fractures superposed. It is more profited to find mines in the middle part and south part than in the northeastern part in southeastern Guangxi.

**Key words** silver-gold mine, fractal structure, fracture

本研究区主要指广西博白、陆川、北流、容县、岑溪等5个县市范围,区内已发现的金银矿点众多,在我国华南金银矿中属于最有成矿远景的区划之一<sup>[1]</sup>。众多学者在此进行过地质研究,但以往对该区构造研究以定性描述居多<sup>[2~4]</sup>,所反映的构造特征与金银成矿关系尚不够充分直观。本文试图运用分形理论和计算机技术对桂东南地区断裂构造进行定量分析,以便

有效揭示断裂构造与金银成矿之间的关系。

### 1 区域地质概况

桂东南地区大地构造位置属于华南板块与华夏板块结合部的云开地块的北西缘,构造格架呈北东—南西向带状展布(图1)。该区以云开隆起为主体,北邻钦州地块,两者以博白—岑溪断裂带为界。隆起区基底构造以复式线性褶皱为主,岩石普遍变质为变质岩、混合岩和混合花岗岩,盖层为浅变质或不变质的泥盆系及其以上地层。本区岩浆活动频繁而激烈,特

2002-06-11收稿,2002-09-1修回。

\* 原中国有色地质勘查总局项目(00-D-05)及广西自然科学基金项目(桂科自0229055)资助。

别是在深大断裂带附近表现更为突出 (图 2) 加里东期的混合岩化作用使前寒武系各类岩石大部分变成混合岩和混合花岗岩;海西期形成天堂山超单元和黎村超单元;印支早期发生的断裂变质作用,广宁岩体和那蓬岩体控制了罗定盆地,使加里东期的混合岩进一步重熔和交代,形成各种混合花岗岩、微晶状花岗岩等;燕山期主要沿深大断裂带发育深熔侵位花岗岩,其产状以岩株状为主,与金银成矿关系密切,成岩物质主要来自上地壳且有幔源物质的加入<sup>[5,6]</sup>。

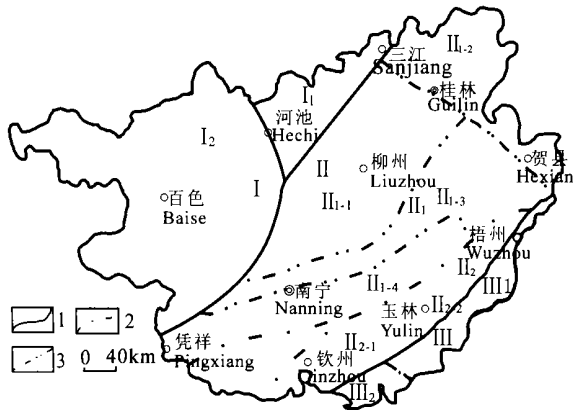


图 1 广西构造分区 (据华南地区物、化、遥广西成果报告)

Fig. 1 Tectonic subarea in Guangxi

1. 一级构造单元界线; 2. 二级构造单元界线; 3. 三级构造单元界线; I 扬子板块; I<sub>1</sub> 九万大山地块; I<sub>2</sub> 桂西地块; II 华南板块; II<sub>1</sub> 桂中—桂东板块; II<sub>1-1</sub> 桂中拗陷区; II<sub>1-2</sub> 桂东北隆起区; II<sub>1-3</sub> 西大明山—大瑶山隆起带; II<sub>1-4</sub> 郁江凹陷带; II<sub>1-5</sub> 十万大山断陷带; II<sub>2</sub> 钦州地块; III 华夏板块; III<sub>1</sub> 云开隆起区; III<sub>2</sub> 北部湾地块

1. First-order tectonic unit boundary; 2. Second-order tectonic unit boundary; 3. Third-order tectonic unit boundary; I Yangzi plate; I<sub>1</sub> Jiuwandashan block mass; I<sub>2</sub> West Guangxi block mass; II South China plate; II<sub>1</sub> Middle Guangxi and East Guangxi plate; II<sub>1-1</sub> Middle Guangxi downward region; II<sub>1-2</sub> Northeast Guangxi uplifted area; II<sub>1-3</sub> Xidamingshan and Dayaoshan uplifted belt; II<sub>1-4</sub> Yujiang hollow zone; II<sub>1-5</sub> Shiwandashan fault depression terrain; II<sub>2</sub> Qinzhou block mass; III Cathaysia plate; III<sub>1</sub> Yunkai uplifted area; III<sub>2</sub> Beibuwan block mass

## 2 分形学简介与分维值求取

过去人们对自然界中物理现象的数学描述都认为是光滑的,处处可微的,这就是通常所说的欧氏几何学<sup>[7]</sup>。但是,自然界中又存在有大量的现象,不论其尺度大小,都包含着剧烈的变化和无限的复杂性,即无处可导。20世纪70年代,法国数学家 B. B. Mandelbrot 从几何形态上系统地研究这些复杂现象后发现,这些众多不规则物体都具有自相似的“层次”结构,即某一现象和过程在不同尺度上表现

出相同特征和在统计意义上具有某种相同的分布。Mandelbrot 把这种广泛存在而又具有某种自相似性的形体称为分形,并定义:其组成部分与整体以某种方式相似的形体称为“分形”<sup>[7]</sup>,可用分维值  $D$  来定量描述分形的复杂程度。分维值越大,物体分形越复杂

自相似性也是地质学中的一种普遍现象。由于地质作用过程的混沌动力学机制及地质环境中非线性过程的相互作用是造成地壳元素含量与矿化的不均匀分布的原因<sup>[8]</sup>,所以控矿要素中,断裂构造的复杂程度与成矿有着密切的联系。断裂构造的复杂程度必然与成矿分布有着必然的某种内在联系

分维值有多种计算方法,其中最常见的是豪斯道夫维数、自相似维数以及盒维数。根据研究对象特征,我们采用盒维数方法研究桂东南断裂的分形特征。

关于盒数维的定义是:用符号  $F(x)$  表示度量空间  $x$  上的全体子集组成的集合,含  $A \in F(x), (x, d)$  为一度量空间,对每一  $W > 0$ ,用  $NW(A)$  表示覆盖  $A$  的半径为  $W > 0$  的闭盒的最少个数,如果

$$\lim_{W \rightarrow 0} \frac{\log NW(A)}{-\log W} \quad (1)$$

存在,则称这个极限值为集  $A$  的盒维数,记为  $\dim A$

具体计算方法是:用边长为  $r$  的正方形网格覆盖所研究的断裂构造图,然后统计包含有断裂的正方形的格子数  $N(r)$ ,逐渐改变正方形格子边长  $r$ ,并统计相应的包含断裂的正方形格子数  $N(r)$ ,以  $\log r$  为横坐标,以  $\log N(r)$  为纵坐标,在双对数坐标中用最小二乘法对统计数据作回归分析,如断裂构造具有分形特征,则  $\log N(r)$  与  $\log r$  之间应满足线性关系,此时该回归直线的斜率即为断裂构造的分维值  $D$ ,即

$$D = -\log N(r) / \log r \quad (2)$$

## 3 桂东南断裂构造分形研究

断裂构造是桂东南地区金银矿的主要控矿构造,其中北东向和北西向断裂最为发育。我们以研究区 1:20 万区域地质图和 1:5 万区域矿产图作为研究对象,并到野外进行实地调研作为补充,对北东向和北西向两组断裂进行分形统计,并进一步用计算机 Surfer 7.0 软件对分维值进行趋势分析。所采用的标度为 40 1.25 km

### 3.1 断裂分维的统计特征

根据所测数据绘制的双对数  $\log N(r) \sim \log r$  图解(图 3)中,其相关系数的平方 ( $R^2$ ) 大于 0.97,说明  $\log N(r)$  与  $\log r$  具有极好的相关性,因此表明桂东南断裂构造具有分形特征。

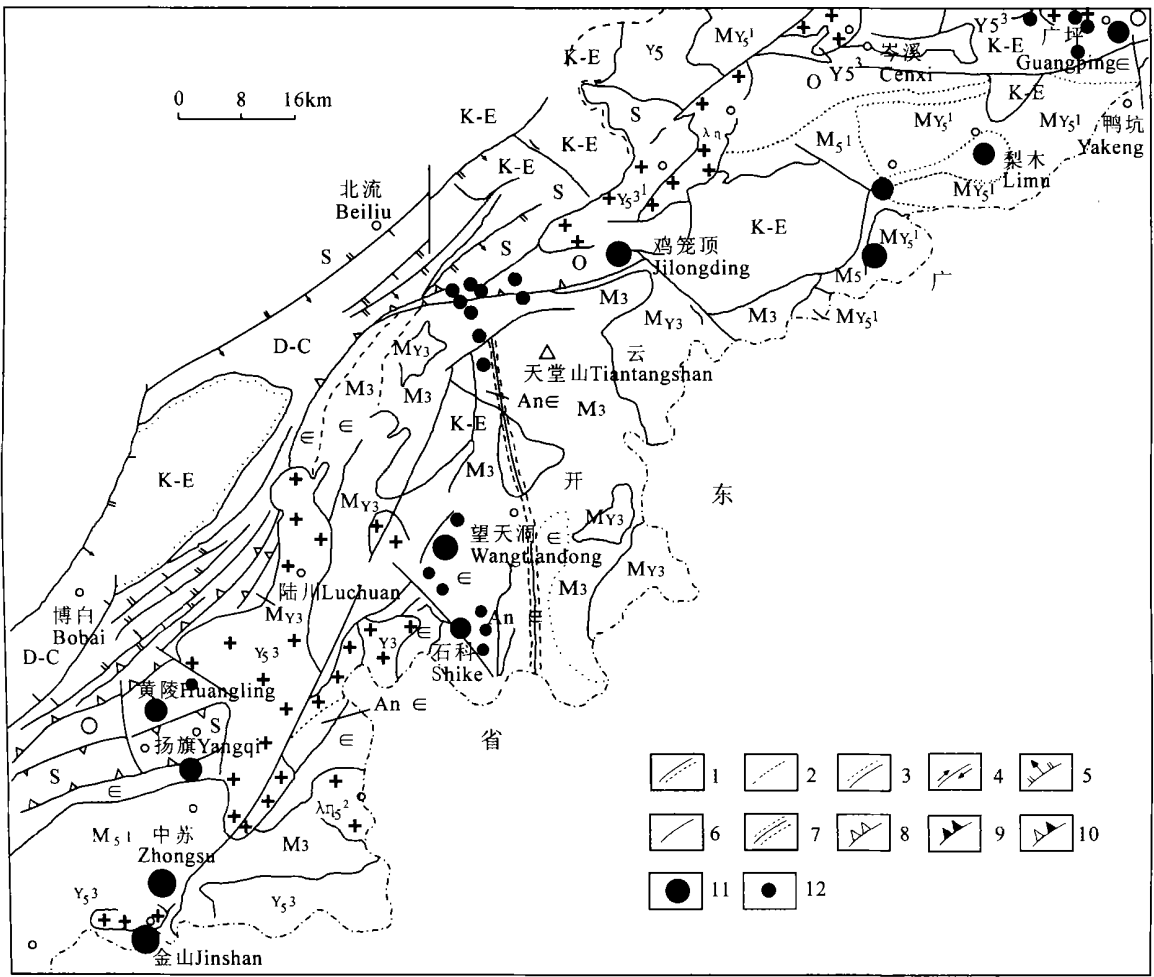


图2 桂东南地质—金银矿(点)分布 (据王正云<sup>[9]</sup>修改, 1995)

Fig. 2 Distribution of silver-gold deposits in south eastern Guangxi

1.地质界线、推测地质界线; 2.混合岩相变界线; 3.不整合界线; 4.脆性平移断层; 5.脆性正断层; 6.性质不明断层; 7.韧性剪切带; 8.上剥离断层; 9.下剥离断层; 10.联合剥离断层; 11.中型金银矿床; 12.小型金银矿床(点)

1. Geological and predicted boundary; 2. Migmatitic change of facies boundary; 3. Unconformity; 4. Brittle displacement fault; 5. Brittle downthrown fault; 6. Determinate fault; 7. Ductile shear belt; 8. Over peel fault; 9. Under peel fault; 10. Combined peel fault; 11. Medium silver-gold mineral deposits; 12. Small silver-gold mineral deposits.

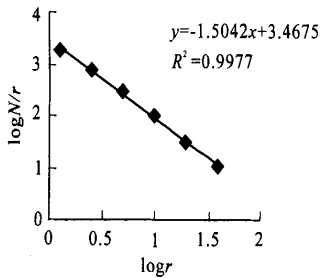


图3 桂东南地区断裂分形分维值

Fig. 3 The fractal D values of the faults in south eastern Guangxi

从表 可以看出: (1) 全区总断裂平均分维值 1.61, 接近于日本岛弧中部地区的 1.5~ 1.6<sup>[10]</sup>, 其中各矿区断裂分维值 1.62~ 1.82 北东向断裂分维值 1.43~ 1.72, 北西向断裂分维值 1.32~ 1.63, 也都与 Yucca山二维断裂系的分维 1.492~ 1.910相近<sup>[11]</sup>, 而

略高于华南地区线性构造的分维值 1.35<sup>[12]</sup>, 属于结构较复杂, 活动性偏强的一个地区。

(2) 从整个区域来看, 北东向断裂分维值大于北西向断裂的分维值, 说明北东向断裂在本区域中占主体地位, 其结构的复杂性和强度均大于北西向断裂, 反映了区域断裂成因及其时空演化关系<sup>[13]</sup>。

(3) 周尽<sup>[14]</sup>认为断裂系的分维与形成的力学环境具有密切的关系, 并且在总结已知活断裂分维与其力学环境的基础上指出, 剪切断裂系有较低的分维, 其典型值为 1.1~ 1.3, 而在张性环境中形成的断裂系则具有较高的分维, 其典型值为 1.5~ 1.6 因此, 可以认为, 本区北西向断裂系偏于剪性, 而北东向断裂系则偏于张剪性, 这与断裂宏观特征是一致的

### 3.2 断裂分维的趋势分析

北东向断裂分维的 2 次趋势分析 (图 4) 显示, 本

表 1 桂东南地区断裂带分形分维值

Table 1 The fractal values of the faults in southeastern Guangxi

地区 Area	总断裂的分维值 D value of the whole fracture	北东向断裂的分维值 D value of northeast fracture	北西向断裂的分维值 D value of northwest fracture
全区 The whole area	1.61	1.50	1.33
金山矿区 Jinshan mining area	1.65	1.43	1.44
黄陵矿区 Huangling mining area	1.77	1.68	1.46
望天洞矿区 Wangtiandong mining area	1.82	1.63	1.61
茶根区 Chagen mining area	1.79	1.72	1.32
鸡笼顶矿区 Jilongding mining area	1.69	1.58	1.30
筋竹圩矿区 Jinzhuxu mining area	1.62	1.35	1.47

区存在一个北东向展布的高值带。两侧则为低值带，这一高值带正好与岑溪—博白断裂带相吻合。图 4 还显示该带南西部分值高，北东部低，南西部高值区宽，北东部高值区窄，呈一个北东向放置的扫帚状。说明北东向断裂在南西部的活动强度与分布区域均大于北东部

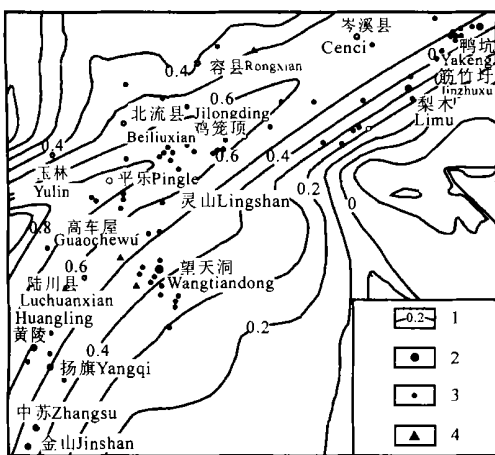


图 4 桂东南地区北东向断裂 2 次分维趋势

Fig. 4 The two-step fractal tendency of northeast fault in southeast Guangxi

- 1. 分维等值线; 2. 中型金矿床; 3. 金矿点; 4. 山峰
- 1. Fractal isoline; 2. Middle-scale gold deposit; 3. Gold deposit; 4. Hill peak

北东向断裂分维的 4 次趋势分析 (图 5) 显示, 北东向的高值带和低值带是由次级的隆起和凹陷构成的, 高值带上的次级隆起和凹陷与低值带上的次级隆起和凹陷对应相互, 这种对应的次级隆起与凹陷呈北西向相间排列。

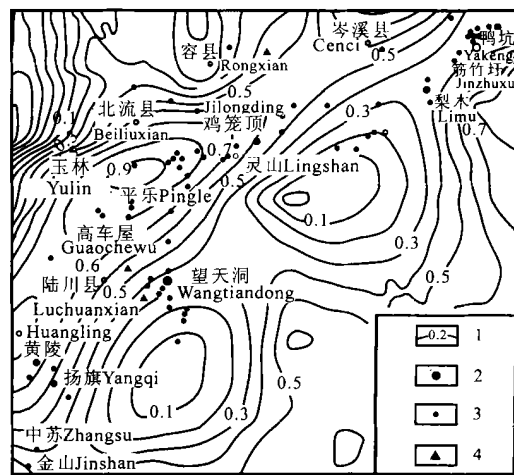


图 5 桂东南地区北东向断裂分维 4 次趋势

Fig. 5 The four-step fractal tendency of northeast fault in southeast Guangxi

- 1. 分维等值线; 2. 中型金矿床; 3. 金矿点; 4. 山峰
- 1. Fractal isoline; 2. Middle-scale gold deposit; 3. Gold deposit; 4. Hill peak

从图 6 看出, 北西向断裂分维的高值区呈不规则的椭圆状, 高值区主要见于高车屋—望天洞附近, 其次则见于北东部的鸭坑—筋竹圩地段及南西部的黄陵—扬旗地段。北西向断裂分维的高值区的延伸连续性差, 说明北西向断裂的连通性、发育范围与规模均弱于北东向断裂

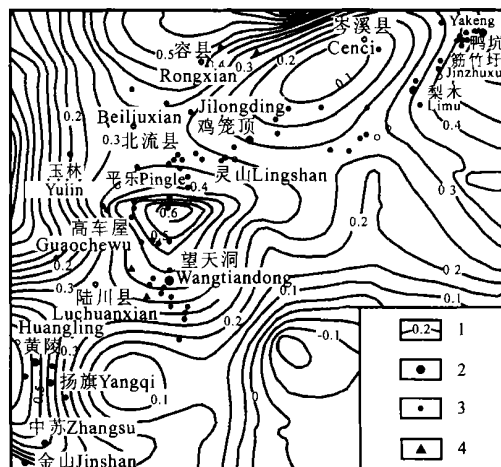


图 6 桂东南地区北西向断裂分维 5 次趋势

Fig. 6 The five-step fractal tendency of northwest fault in southeast Guangxi

- 1. 分维等值线; 2. 中型金矿床; 3. 金矿点; 4. 山峰
- 1. Fractal isoline; 2. Middle-scale gold deposit; 3. Gold deposit; 4. Hill peak

此外, 北西向断裂分维趋势还隐约显示几个高值区断续呈北东向展布, 而且主要分布在北东向断裂高值带南侧的梯度带上, 即相当于岑溪—博白断裂带东南盘一侧, 说明北西向断裂总体上受北东向断裂控制

## 4 断裂分维与金银成矿的关系

在研究区,断裂构造是多尺度成矿系统(矿带、矿田、矿床和矿体)的主导控制因素,断裂构造的复杂程度对成矿有着密切的联系。本区断裂构造以东北向岑溪—博白断裂带为主体,与叠加其上的北西向断裂构造一起组成控岩、控矿的基本构造骨架。

### 4.1 断裂分维与金银矿床及矿点的空间关系

将桂东南地区的金银矿床(点)都落到分维图解上,显示出以下规律:

(1) 金银矿床(点)基本都落在断裂分维等值线图的高值区(图4),大致沿东北向呈带状分布。

(2) 金银矿床(点)基本沿东北向断裂分维高值带的南侧梯度带上展布(图5),而呈东北向展布的金银矿带中心基本与岑溪—博白断裂带中南界的陆川—岑溪断裂是一致的。

(3) 金银矿床(点)在东北向矿带基础上主要集中于3个密集区:一是望天洞—高车屋—鸡笼顶密集区;二是鸭坑—筋竹圩—梨木密集区;三是金山—扬旗—黄凌密集区,这3个密集区还正好与3个北西向断裂分维的高值区一致,详见图6。

### 4.2 断裂分维与金银成矿之间的成因信息

(1) 分形分维分析表明,桂东南金银矿带的总体延伸,主要受控于东北向断裂,特别是岑溪—博白断裂带南界的陆川—岑溪断裂,这个断裂切割深,并具有张剪性特征,是成矿的重要的导矿通道,而且断裂带北盘即博白凹陷的上古生界盖层对成矿溶液起到了一定的屏蔽作用。

(2) 陆川—岑溪断裂南盘,即云开隆起一侧的次级断裂,特别是在其上的北西向断裂是容矿的重要构造。这种构造具有更好的圈闭性,故矿化密集区主要在这些叠加地段上。

(3) 金银矿化主要集中于云开隆起一侧,除了云开地块基底的岩性比博白凹陷盖层的岩性更有利于产生大量裂隙系统之外,还与云开地块上的强烈构造变形、混合岩化和岩浆活动有关,变质流体、混合岩化流体、岩浆期后流体从深部带上和从围岩淬取的丰富的成矿物质,为金银成矿提供了矿源和热源,故金银矿化主要分布于云开地块一侧。

## 5 几点认识

通过对桂东南地区金银矿带的断裂构造分形研究,我们取得以下几点认识:

(1) 金银矿化与断裂构造密切相关是不争的事实,断裂体系的空间分布有很好的统计自相似性,因

此,可以用分形几何的方法和原理来定量研究控矿断裂构造的发育特征和分布规律,进而揭示断裂与金银矿化之间的关系。

(2) 东北向的岑溪—博白断裂带的南界断裂是桂东南金银成矿的重要导矿构造,而其次级断裂和叠加在其上的北西向断裂是金银矿床(点)的容矿构造。

(3) 云开地块是金银矿床(点)成矿的主要物源区和热源区。

(4) 桂东南金银矿带鸡笼顶以南的中部和南部比东北部具有更为有利的成矿前景,并应在东北向断裂和北西向断裂的叠加区上加强找矿工作。

本研究区图框的东南部主要属广东省管辖,由于地域管理体制的原因,对广东境内的相关资料收集不足,这一部分资料有待今后补充。

致谢

在野外及收集资料过程中得到广西地质勘查总院第六勘查院领导和地质人员的支持,在此一并致谢。

### 参考文献

- 1 刘腾飞.广西云开地区金银成矿地质特征及找矿远景.广西地质,1997,10(3): 15~ 22.
- 2 钟增球,周汉文,游振东.云开隆起区剪切带阵列及其与金矿成矿关系.地球科学,1997,22(1): 20~ 26.
- 3 陈树旺.云开地区断裂构造对金矿的控制作用.贵金属地质,1994,3(1): 32~ 37.
- 4 耿文辉,李赋屏.桂东南破碎带蚀变岩型金银矿床成矿规律和找矿标志.矿产与地质,1993,35(7): 183~ 187.
- 5 陈尚迪,曹殿春,李蔚铮.广西云开地区金矿成矿条件与预测.见:沈阳地质矿产研究所.中国东部金矿地质论文集(1).北京:地质出版社,1994. 81~ 112.
- 6 王汉荣,张伟天,黄志强.广西壮族自治区1:50万数字地质图说明书.南宁:广西地质矿产勘查开发局,1999.
- 7 Mandelbrot B B. Fractal Forms, chance and dimension. Sanfrancisco W H Freeman Company, 1997.
- 8 曾文曲.分形理论与分形的计算机模拟.沈阳:东北大学出版社,1993.
- 9 王正云,汪劲草,伊意求等.桂东南金银矿床成矿规律与成矿模式.矿产与地质,1995,48(9): 257~ 263.
- 10 Barton C C, La Pointe P R. Fractals in petroleum geology and earth science processes. New York Plenum Press, 1995.
- 11 Hirata T. Fractal dimension of fault systems in Japan. Fractal structure in rock fracture geometry at various scales. Pure and Appl Geophys, 1989, 131: 157~ 170.
- 12 孔凡臣,丁国瑜等.线性构造分维值的含义.地震,1991(5): 33~ 37.
- 13 连长云,苏小四,朴寿成等.中国大陆深断裂系的分形特征.世界地质,1995,14(3): 35~ 39.
- 14 周 尽.海原断层系的分形研究.西北地震学报,1991,13(3): 78~ 85.

(责任编辑:邓大玉 曾蔚茹)