

高龙金矿区高分辨率遥感线性构造定量分析 Quantitative Analysis with High Resolution Remote Sensing Lineament in Gaolong Gold Deposit

余 勇, 袁爱平

Yu Yong, Yuan Aiping

(桂林工学院资源与环境工程系, 广西桂林 541004)

(Dept. of Resource and Environmental Engi., Guilin Univ. of Tech., Guilin, Guangxi, 541004, China)

摘要: 采用 QuickBird-2 高分辨率卫星遥感数据, 通过分形几何学的盒计维数法, 定量研究广西高龙金矿区遥感线性构造。结果显示, 在 2.000~0.125km 标度范围内高龙金矿区的分维值 $D = 1.660$, 回归直线的相关系数 $R = 0.999$, 鸡公岩、金龙山和龙爱矿段均落在分维高值区。在子区分维的 5 次和 6 次趋势图上, 分维的高值带与该矿区南部深大断裂相吻合。可以尝试将高分辨率遥感线性构造作为成矿区预测和深部构造解译的重要参数。

关键词: 线性构造 高分辨率遥感 分维 定量分析 高龙金矿

中图法分类号: TP751 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2005)03-0200-03

Abstract: Applied the data of QuickBird-2—the highest resolution remote sensing (HRRS), and based on the theory and methodology of fractal geometry, we have quantitatively studied remote sensing lineations in Gaolong gold deposit of Guangxi. The results indicate that the fractal dimension (FD) for the remote sensing lineations on the 2.000~0.125km range of scale is 1.660, and the correlation coefficient of the regression line (R) is 0.999 in Gaolong gold deposit, the ore blockes of Jigongyan, Jinlongshan and Longai are all in the area of high FD . The high FD zones match the deep fault in south area on the five and six step tendency maps of the FD . It is therefore considered that the FD for the HRRS lineations can be used as an important element for deposit targeting and deep structure interpretation.

Key words: lineations, HRRS, fractal dimension, quantitative analysis, Gaolong gold deposit

随着航空航天技术的飞速发展, 遥感技术越来越多地应用到气象、管理、规划和探寻资源等领域中来, 并显示了其宏观、准确、快速等特点。近年来, 随着遥感与地质领域的不断结合, 以找矿预测和成矿作用为目的的线性构造解译和研究已成为构造、遥感和成矿作用共同关注的热点。线性构造对金属矿床空间分布的控制及其找矿意义的研究是矿床地质学家关心的课题。特别是一些世界级的超大型矿床, 如澳大利亚奥林匹克坝(Olympic Dam) Cu-Au-U 矿床就是在线性构造解译的基础上进行了成功的靶区预测而发现的^[1]。自法裔美籍科学家曼德布罗特(Mandelbrot,

B. B., 1977) 于 20 世纪 70 年代中期创立分形理论以来^[2], 分形几何学已作为一门研究自然界不规则物理现象及其内在规律的学科在地球科学领域得到广泛应用, 更为我们研究遥感线性构造提供了科学而实用的新方法。本文选择目前全球分辨率最高的商业成像卫星——QuickBird-2 卫星(可提供 0.61m 分辨率全色影像和 2.44m 分辨率多光谱影像)数据(北京超图公司。应用前景广阔的高分辨率遥感卫星 QuickBird(快鸟)影像数据. 简讯, 2002. 3.), 对广西高龙金矿及其外围地区进行线性构造解译, 分析线性构造的一般特征及分形特征、线性构造异常及其与矿区金矿段空间分布上的耦合关系, 讨论线性构造的控矿特征, 并结合其它地质资料, 进行综合分析和找矿预测。

收稿日期: 2004-12-28

作者简介: 余 勇(1978-), 男, 河南潢川县人, 硕士研究生, 主要从事地质构造与遥感研究。

1 研究区地质特征

广西高龙金矿区位于西林—百色断褶带西段南西侧的高龙穹窿核部附近,面积约 49km²,是桂西北典型的微细浸染型(又称卡林型)金矿。矿床严格受环状断裂带控制,以环状展布于高龙穹窿周边,自东边开始顺时针方向依次为鸡公岩矿段、龙爱矿段、金龙山矿段。

由于受右江大断裂和田林—巴马隐伏深断裂的影响,矿区内褶皱、断裂构造均较发育,以断裂为主。褶皱以高龙穹窿最为典型。断裂可大致分为北西西向和近南北向,其中北西西向断裂与区域深大断裂走向大致平行,为矿区主要的导矿构造,而构成高龙穹窿的环状断裂及与其相交的近南北向的次级断裂是矿区内次级的导矿构造和主要的容矿构造。目前发现的矿体均产出于环状断裂的硅化构造破碎带及其旁侧的近南北向的次级断裂带中。

矿区出露地层由老到新,由石炭系到三叠系。其中,石炭、二叠系为一套灰岩、生物灰岩,位于穹窿核部。三叠系为一套碎屑岩,位于穹窿翼部。矿区内未见有岩浆岩出露。

在穹窿构造东西两侧二叠系灰岩与三叠系砂泥岩界面发育铲式剥离断层,并依次出现灰岩、构造石英岩、构造角砾岩、硅化砂泥岩、砂泥岩的构造蚀变分带序列,金矿化主要产于构造角砾岩和硅化砂泥岩中。

2 资料来源和研究方法

2.1 资料来源

以 QuickBird-2 卫星遥感影像资料为基础,并参阅高龙金矿区地形地质图(谢家盈,刘泉,黄军,等.广西田林县高龙金矿区地形地质图.广西壮族自治区第二地质队,1990.)资料对该区遥感线性构造进行了细致的解译和专题研究,编制了 1:10000 高龙金矿 QuickBird-2 遥感影像地质解译图(图 1)。本文利用的遥感线性构造即以此图为基础。

2.2 线性构造分维的研究方法

采用盒计维数法^[3]。研究线性构造分维,具体做法为:(1)选用边长为 L 的正方形初始网格覆盖在遥感资料解译图上,在此基础上,分别选取 $r = L/2, L/4, L/8, L/16, L/32$ 的网格分别求出相应标度下含有线性构造的网格数 $N(r)$;(2)在 $\lg(r) - \lg N(r)$ 坐标系中作图,用计算机回归求解技术求得最后回归直线斜率的绝对值即为分维值 D ,同时可求得相关系数 R 。

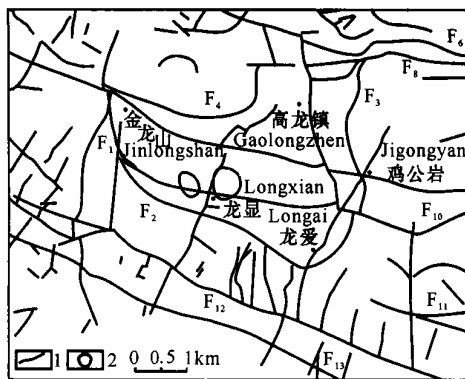


图 1 高龙金矿 QuickBird-2 遥感影像地质解译(简图)

Fig. 1 Geologic deciphered of QuickBird-2 remote sensing photo in gaolong gold deposit(sketch)

1. 线性构造; 2. 硅化带。1. Lineations, 2. Silicidation zone.

遥感线性构造进行分形统计所采用的标度为 2 000~0.125km,所得的分维值与其它地区进行对比,以了解研究区的线性构造分形特征。由于一部分线性构造的发育和展布受到深部构造的影响和控制,它们能够间接地反映来自地壳深部的构造信息^[4],我们还对研究区的各子区分维进一步进行趋势分析,以揭示线性构造所蕴含的深部构造信息。

3 研究结果和定量分析

3.1 研究结果

经过统计计算(表 1),求得研究区的分维值 $D = 1.660$,相关系数 $R = 0.999$, $\lg N(r)$ 与 $\lg(r)$ 具有极好的相关性。表明研究区线性构造具有分形特征,其分形结构具有很好的统计自相似性。

表 1 分形统计结果

Table 1 Result of fractal statistic

标度 Scale(km)	格子数(个) Grid number
2 000	16
1 000	54
0 500	185
0 250	509
0 125	1624

3.2 线性构造的定量分析

3.2.1 线性构造的分形特征

从表 2 可知:(1)高龙金矿区的分维值高于华南地区线性构造、川滇西北断裂构造、柴达木盆地北缘断裂的分维值,而与广西区断裂、日本岛弧断裂、德兴斑岩铜矿区断裂分维值相近。表明研究区的断裂分形结构偏于复杂,活动性偏强。(2)从整个矿区看,NWW 向线性构造的分维值大于近 SN 向线性构造的分维值,说明研究区内 NWW 向的线性构造比近 SN

向线性构造更为发育,其结构的复杂性和强度要前者大于后者。

图2结果显示,线性构造分维的高值区($D \geq 1.10$)主要出现在高龙穹隆的周边,特别是硅化蚀变带及其附近。而低值区($D \leq 0.90$)主要出现在高龙穹隆的外围及穹隆近核部位置。这种结果表明不同的构造环境下线性构造的发育程度存在明显的不同。在各子区分维做等值线图,将各子区等值线图与矿区已知矿段点进行对比,可见高龙金矿区三个大的已知矿段(鸡公岩矿段、金龙山矿段和龙爱矿段)均位于线性构造分维的高值区中,由此可推知,线性构造分维值高的区域更有利于成矿,可以作为指示找矿的重要参数。

表2 研究区与其它地区线性构造分形特征比较

Table 2 Fractal characteristics of lineations in study and other area

区域 Area	分维值 FD	资料来源 Source of data
研究区线性构造 Lineations in study area	1.660	本次研究 This study
研究区 NWW 向线性构造 The NWW lineations in study area	1.316	本次研究 This study
研究区近 SN 向线性构造 The near SN lineations in study area	1.217	本次研究 This study
华南地区线性构造 Lineations in south China	1.35	文献 [5] Literature [5]
日本岛弧线性构造 Lineations in Japan island Arc	< 1.6	文献 [6] Literature [6]
川滇西北断裂构造 Lineations in Northwest of Sichuan and Yunnan	< 1.5	文献 [7] Literature [7]
德兴斑岩铜矿矿田断裂 Lineations in the Dexing porphyry copper orefield	1.596	文献 [8] Literature [8]
广西区断裂 Lineations in Guangxi	1.62	文献 [9] Literature [9]
柴达木盆地北缘断裂 Lineations in north margin of the Qaidamu basin	1.23	文献 [10] Literature [10]

3.2.2 线性构造的分维趋势特征

对各子区分维进行趋势分析的结果显示,较高次趋势分析的结果与深部构造关系密切。

(1)子区分维趋势的高值区大致呈近东西向和近南北向两个条带状展布(图3),但近东西向趋势更强,尤其在6次趋势(图4)上表现的更直观,几乎没有近南北向趋势,这进一步表明研究区内近EW向的线性构造比近SN向线性构造更为发育,其结构的复

杂性和强度均为前者大于后者。

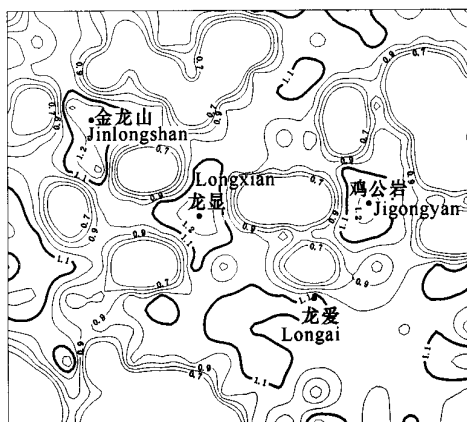


图2 研究区遥感线性构造分维等值线

Fig. 2 Isogram map of the fractal dimension for the lineations in study area

1. 等值线及分维值, 2. 矿段。
1. Isogram and value of FD, 2. Ore block.

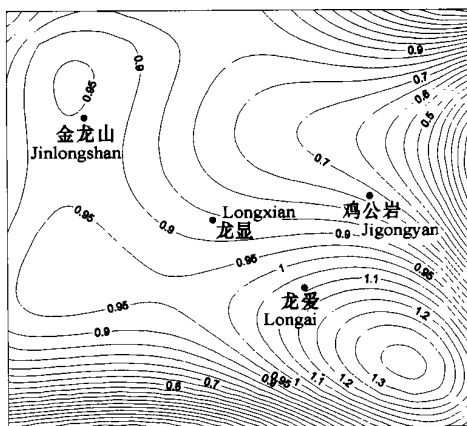


图3 研究区遥感线性构造分维5次趋势

Fig. 3 The five-step tendency map of the FD for the lineations in study area

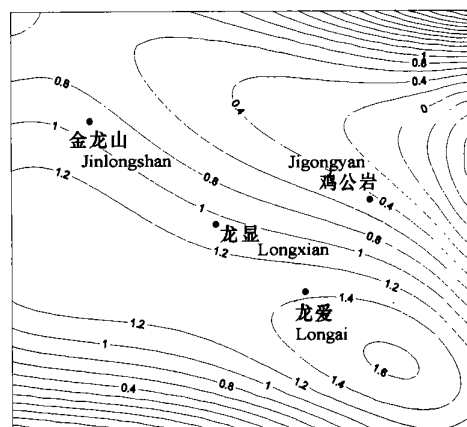


图4 研究区遥感线性构造分维6次趋势

Fig. 4 The six-step tendency map of the FD for the lineations in study area

(2)将子区分维6次趋势(图4)与研究区 Quick-Bird-2 遥感影像(图5)进行对照分析可知,6次(下转第207页 Continue on page 207)

ment of disease[J] . Science, 1995, 267: 1456-1462.

- [5] Huang G W, Mo W N, Kuang G Q, et al. Expression of p16 nm23-H1, E-cadherin, and CD44 gene products and their significance in nasopharyngeal carcinoma [J] . Laryngoscope, 2001, 111: 1465-1471.
- [6] Gold R, Schimed M, Giegerich G, et al. Differentiation between cellular apoptosis and necrosis by combined use of in situ tailing and nick translation techniques[J] . Lab Invest, 1994, 71: 219-225.
- [7] Lu J J, Chen C L, Hsu T Y, et al. Expression of Epstein-Barr virus latent membrane protein 1 and B-cell leukemia-lymphoma 2 gene in nasopharyngeal carcinoma tissues[J] . J Microbiol Immunol Infect, 2002, 35: 136-140.
- [8] Zhao X R, Gu H H, Weng X X, et al. The primary study on expression and function of D-type cyclin in nasopharyngeal carcinoma cell lines[J] . Acta Biochimica et Biophysica Sinica,

2000, 32: 192-196.

- [9] Li Z, Fu M F, Zong Y S. Nasopharyngeal carcinoma (NPC) cell apoptosis in nude mice transplants[J] . Ai Zheng (Cancer), 1999, 18: 172-175.
- [10] Nicholls J, Krenmer E, Meseda C A, et al. Comparative analysis of the expression of the Epstein-Barr virus (EBV) anti-apoptotic gene BHRF1 in nasopharyngeal carcinoma and EBV-related lymphoid disease[J] . J Med Virol, 2001, 65: 105-113.
- [11] Baliga B C, Kumar S. Role of Bcl-2 family of proteins in malignancy[J] . Hemato Oncol, 2002, 20: 63-74.
- [12] Soengas M S, Capodiceci P, Polsky D, et al. Inactivation of the apoptosis effector Apaf-1 in malignant melanoma[J] . Nature, 2001, 409: 207-211.

(责任编辑: 蒋汉明 邓大玉)

(上接第 202 页 Continue from page 202)

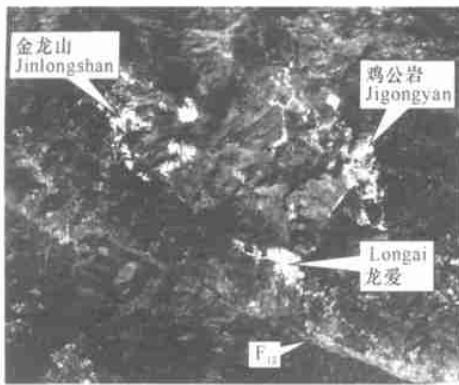


图 5 研究区 QuickBird-2 遥感影像

Fig. 5 The QuickBird-2 photo of remote sensing in study area

趋势的高值区与研究区南部的深大断裂(F₁₂)的位置十分吻合。因此, 可以尝试将高分辨率遥感线性构造作为深部构造解译的重要参数。

4 结论

(1)应用盒计维数法, 在 2 000~0. 125km 的标度范围内, 经过统计计算求得高龙金矿及其外围的分维值 $D = 1. 660$, 相关系数 $R = 0. 999$, 表明研究区线性构造具有分形特征, 其分形结构具有很好的统计自相似性。

(2)研究区内已知的 3 个矿段均处于分维高值区内, 说明分维值越高, 成矿的可能性越大。

(3)就整个矿区而言, NWW 向线性构造的分维值大于近 SN 向线性构造的分维值, 说明研究区内 NWW 向的线性构造较近 SN 向线性构造更为发育。

(4)遥感线性构造的分维能够反映地壳深部的构

造信息, 而深部构造又是矿区成矿的重要因素, 因此可以尝试将高分辨率遥感线性构造作为成矿区预测和深部构造解译的重要参数。

致谢

在对 QuickBird-2 高分辨率遥感资料进行解译的过程中得到桂林工学院吴虹研究员的热心指导, 在此深表谢意。

参考文献:

- [1] 肖 龙, 王方正, Hayward Nick, 等. 新疆伊犁吐拉苏地区的线性构造及控矿特征[J] . 地球科学——中国地质大学学报, 2003, 28(2): 191-195.
- [2] Mandelbrot B B. Fractal: Foms Chance, and Dimension[M] . New York: WHFreeman, 1977.
- [3] 韩喜彬. 云开隆起西、北缘断裂构造与金矿关系分形研究[D] . [硕士论文] . 桂林: 桂林工学院, 2003.
- [4] 冯佐海, 梁金城, 康志强, 等. 广西平桂地区构造线定量分析[J] . 广西科学, 2002, 9(2): 115-118.
- [5] 孔凡臣, 丁国瑜, 等. 线性构造分维值的含义[J] . 地震, 1991, 5: 33-37.
- [6] Hirata T. Fractal dimension of fault systems in Japan: Fractal structure in rock fracture geometry at various scales[J] . Pure and Appl Geophys, 1989, 131: 157-170.
- [7] 夏玉成, 樊怀仁, 胡明星, 等. 霍州矿区断层构造的分形特征[J] . 西安矿业学院学报, 1997, 17(1): 22-24, 43.
- [8] 金章东, 卢新卫, 张传林. 江西德兴斑岩铜矿田断裂分形研究[J] . 地质评论, 1998, 44(11): 57-61.
- [9] 郭纯青, 李文兴, 王 刚, 等. 岩溶含水介质与地下水系统理论研究[M] . 桂林: 广西师范大学出版社, 1996. 57-60.
- [10] 曾联波, 金之均, 李京昌, 等. 柴达木盆地北缘断裂构造分形特征与油气分布关系研究[J] . 地质科学, 2001, 66(2): 241-247.

(责任编辑: 邓大玉)