

滇黔桂地区金矿空间分布的分形特征^①

陈赶良

杨柏林

(西南有色地质研究所,昆明,650216)

(中科院地球化学研究所,贵阳,550002)

提 要 应用分形理论对滇黔桂“金三角”地区金矿的空间分布特征进行了研究,结果表明,金矿的空间分布具有自相似的分形特征,分维可用以定量描述金矿的分布规律;对不同区块用数盒子法(counting-box)计算了金矿空间分布的分维值,结果显示,盒子数与尺度有很好的相关性,其相关系数均达 0.99 以上;初步探讨了分维值的地质意义。

关键词 分形 空间分布 金矿 滇黔桂地区

近年来,分形理论在矿床研究中的应用受到人们的广泛关注,一些学者开始利用分形理论研究矿床中的某些自相似性以及矿体中金属品位分布的分形特征,并试图解决有关矿床的某些理论问题和实际问题^[1,2,3]。本文应用数盒子法对滇黔桂地区金矿展布图作检查,研究其是否具有分形特征,在用分维描述了金矿空间展布特征后,将探讨分维的地质意义。

1 分维的计算

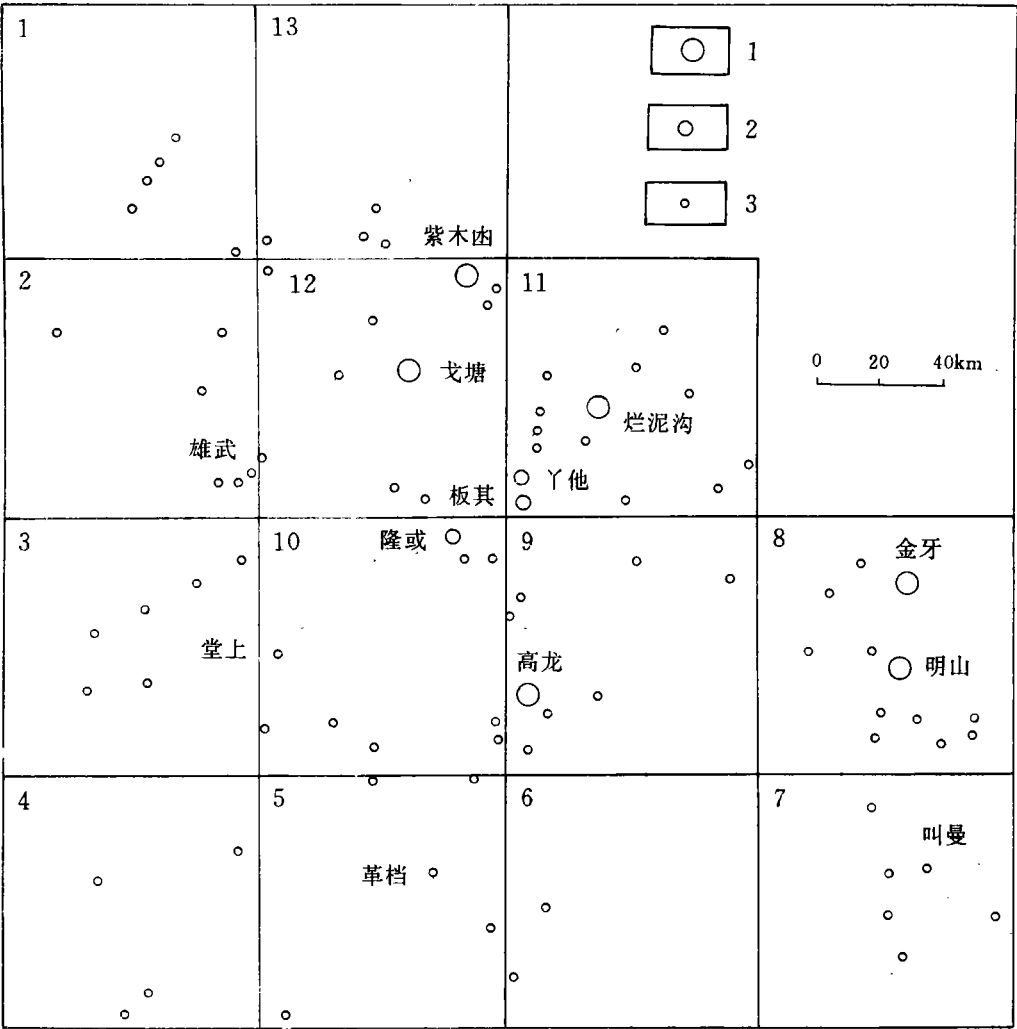
法国数学家 B. Mandelbrot 70 年代提出和发展的分形理论,可用分维对具有复杂形状的客体进行定量描述,滇黔桂地区金矿的空间分布,如天上的星星,或聚或散,十分复杂,故可用分形理论进行研究。

将研究区用不同边长(r)的正方形网格去覆盖,分别数出包含金矿的盒子数 $N(r)$,将 r 、 $N(r)$ 取 $\ln r$ 、 $\ln N(r)$ 并投在 $\ln N(r)$ - $\ln r$ 图上,若大致成一条直线,则说明其具分形特征,这条直线可用最小二乘法拟合:

$$\ln N(r) = B - D \ln r \quad (1)$$

D 为分维, B 为常数。这种计算分维的方法就是数盒子法(Counting-box)。

^① 收稿日期:1996.4.15



1. 大型金矿 2. 中型金矿 3. 小型金矿或矿点

图1 滇黔桂地区金矿分布图

Fig. 1 Distribution of gold deposits in Dian Qiangui region

2 金矿分布的分形特征

滇黔桂地区金矿分布如图1所示,所选取的初始网格以尽量少且能覆盖所有金矿点为原

则,实际研究中选取的正方形网格为4cm(约80km),如图1,对初始盒子进行编号,为1~13。在初始网格基础上,再分别用不同边长的小正方形网格去覆盖,数出盒子数,由(1)式求取分维值。

对图1,分别用4、2、1、0.5、0.25、0.1cm的网格覆盖,统计全区各个尺度 r 下包含有金矿的盒子数 $N(r)$,将这些数据取对数作图,如图2所示,可以看出,2~0.1cm尺度内,基本成一条直线,而4cm尺度的点与其偏离很大,说明在2~0.1cm尺度范围内,滇黔桂地区金矿空间分布具自相似的分形结构特征。由2~0.1cm五个点用最小二乘法拟合的直线方程为: $\ln N(r) = 4.182 - 0.717 \ln r$
分维值 $D = 0.717$,相关系数 $R = 0.998$

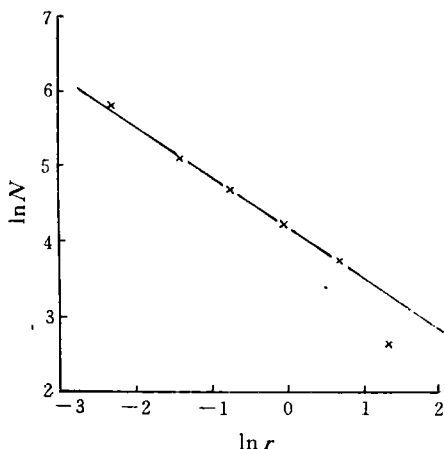


图2 滇黔桂地区金矿空间分布的 $\ln N(r) - \ln r$ 关系曲线

Fig. 2 The $\ln N(r) - \ln r$ relationship of spatial distribution of gold deposits in DianQianGui Region

4cm尺度点外,其余点大致成一条直线,说明各区块金矿空间分布的无标度区间为2~0.1cm,用最小二乘法求得I、II、III区的金矿空间分布的分维 D 分别为0.532、0.800和0.821,相关系数分别为0.991、0.997和0.999,各区的拟合直线及其分维值为:

I区(滇): $\ln N(r) = 3.179 - 0.532 \ln r$

$D = 0.532 \quad R = 0.991$

II区(桂): $\ln N(r) = 3.135 - 0.800 \ln r$

$D = 0.800 \quad R = 0.997$

III区(黔): $\ln N(r) = 2.899 - 0.821 \ln r$

$D = 0.821 \quad R = 0.999$

显然,分维值黔西南>桂西北>滇东南。

图4是1~13盒子的分维及拟合直线,说明不论每一小方块(盒子),还是全区的金矿分布都具有分形分布特征,并且分维总体上有从北东向南西降低的趋势。

从上述计算结果不难看出,滇黔桂地区金矿空间分布的分形特征存在的无标度区间是2~0.1cm(40~2km),超出此范围,则其不具分形特征。

3 分维的地质意义初探

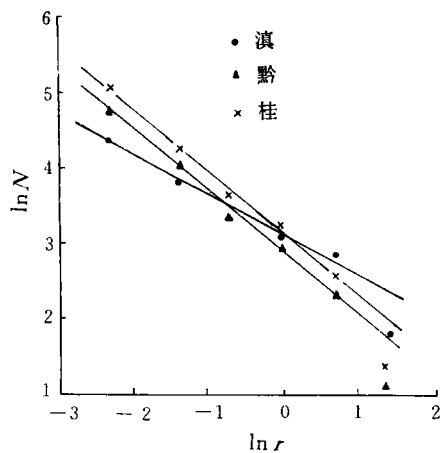


图3 I (滇)、II (桂)、III (黔)区的 $\ln N(r) - \ln r$ 拟合直线
Fig. 3 $\ln N(r) - \ln r$ fit Lines in regions I、II and III

一般而言,单位面积内金矿点越多的区域,其分维值也越大,笔者统计了 I、II、III 区的金矿点数(大型金矿视为4个矿点,中型金矿视为2个矿点处理),并求出各区单位面积($4 \times 4 \text{cm}^2$)内的金矿点数,其与分维的对应关系如表1所示。从表1可知,III 区单位面积内的矿点数为12.67个为最多,其分维值为0.821也最大,I 区矿点数最少,分维值也最低。可见分维反映了金矿点的密集程度。为了进一步阐述矿点数与分维的关系,对1~13方块分别统计其中的矿点数(N),由图4中所求出的分维值,作 D 与 N 的关系图(图5),对 D 与 N 用最小二乘法进行

回归分析,得如下回归方程:

$$D = 0.419 + 0.027N$$

相关系数为0.890,说明 D 与 N 相关性很好,如图5中实线所示,上述分析结果表明,分维 D 反映了金矿空间的分布的密集程度,分维 D 越大,则金矿空间分布的个数越多。

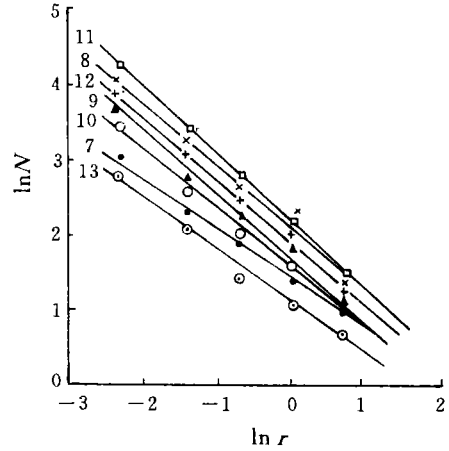
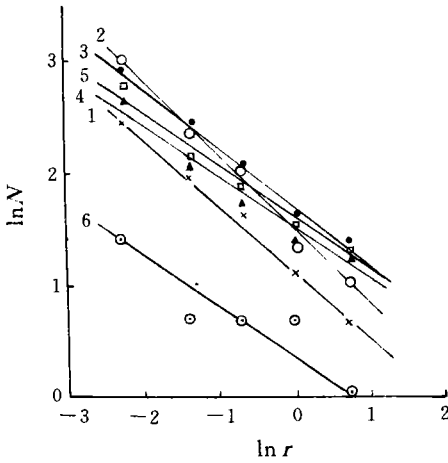
表1 金矿点数与分维对比

Table 1 Contrast between numbers of gold deposit and their fractal dimensions

区域	金矿点数	分维	相关系数
I (滇)	4.67	0.532	0.841
II (桂)	11.25	0.800	0.876
III (黔)	12.67	0.821	0.984

另一方面,金矿点空间分布的均匀程度也影响着分维值的大小,对于图1中的第2、3、7方块,其中的金矿点都是6个,但从图1可以看出,第3和第7方块均匀程度相近且较第2方块为高,故第3、7两方块的分维相近,分别0.650和0.655,均高于第2方块的0.621,即金矿点分布越均匀,其分维值越高。

此外,从图1和图4可知,大中型金矿都产于矿点较密集的高分维值区域内。笔者曾研究过黔桂地区线性构造的分维值与金矿的关系^[4],发现绝大多数金矿都分布在线性构造的高分维



1. $D=0.575$ $R=0.997$ 2. $D=0.621$ $R=0.991$ 3. $D=0.650$ $R=0.991$
 4. $D=0.424$ $R=0.942$ 5. $D=0.462$ $R=0.974$ 6. $D=0.380$ $R=0.906$
 7. $D=0.655$ $R=0.995$ 8. $D=0.864$ $R=0.993$ 9. $D=0.838$ $R=0.992$
 10. $D=0.765$ $R=0.999$ 11. $D=0.904$ $R=0.998$ 12. $D=0.781$ $R=0.998$
 13. $D=0.617$ $R=0.990$

图4 1~13盒子的 $\ln N(r)$ 与 $\ln r$ 拟合曲线及分维

Fig. 4 The $\ln N(r) - \ln r$ fit lines and fractal dimensions from box 1 to box 13

值区域,说明线性构造越发育,越有利于金矿化,因此可以推测,金矿分布密集的高分维值区,也就是线性构造密集区,从而为研究线性构造提供了间接的途径。分维值的高低也可能与金矿的成因有某种联系,如桂西北金矿可能与岩体有某种成因联系,这有待进一步的研究。

4 结论

滇黔桂地区金矿具有分形分布特征,分维是定量描述这种分布的有效参数,用数盒子法求得金矿展布的分维在0.532~0.821之间,总体分维值为0.717,分维值具有从北东南西降低的总体变化趋势,反映出金矿在北东部的分布较密集,南西部较稀疏的特点,滇黔桂三省区金矿空间分布的分维值大小为:黔西南(0.821)>桂西北(0.800)>滇东南(0.532)。分维与单位面积内金矿点数呈正比,其相关系数为0.890。

金矿点分布的均匀程度也影响其分维值的大小,分布越均匀,分维值越高。

本文的研究表明,滇黔桂“金三角”地区金矿空间分布的分形特征存在的无标度区间是2~0.1cm,盒子数与尺度具很好的相关关系,其相关系数达0.99,说明分形特征存在。

大中型金矿都分布于高分维值区域,且矿点较密集,即在矿点较密集的高分维值区内找到大中型金矿的可能性比分维值小的区域要大,因此,矿点分布的分维值为进一步的找矿工作提供了有益的参考。

此外,滇黔桂地区金矿空间分布的分形特征也为该区的断层和裂隙的空间分布规律的研究提供了新途径。

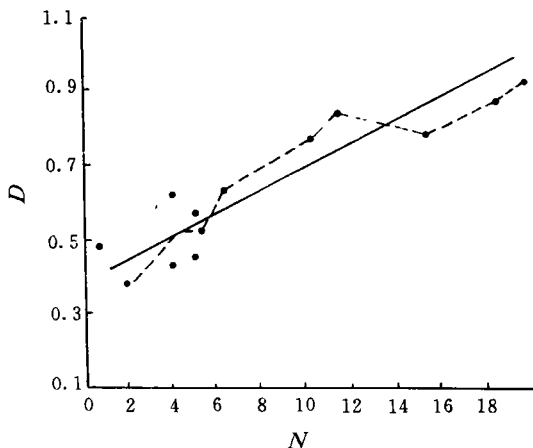


图5 分维与金矿点数的关系

Fig. 5 The relationship between fractal dimensions and numbers of gold deposit

参考文献

- 1 秦长兴,翟裕生. 矿床学中若干自相似现象及其意义. 矿床地质, 1992, 11(3): 261~265
- 2 沈步明, 沈远超. 新疆某金矿的分数维特征及其地质意义. 中国科学(B辑), 1993, 23(3): 297~302
- 3 特科特著, (陈顺, 等译). 分形与混沌—在地质学和地球物理学中的应用. 北京: 地震出版社, 1993
- 4 陈赶良, 杨柏林. 黔桂微细浸染型金矿区遥感线性体的统计特征及其与金矿的关系. 黄金科学技术, 1995, 3(4): 46~

FRACTAL FEATURES OF SPATIAL DISTRIBUTION OF GOLD DEPOSITS IN DIAN-QIAN-GUI REGION

Chen GanLiang

(Geological Institute of Southwest Nonferrous Metal, Kunming, 650216)

Yang Bailin

(Institute of Geochemistry, Academia Sinica, Guiyang, 550002)

Abstract

In this paper, fractal theory is utilized to study spatial distribution features of gold deposits in Dian-Qian-Gui region. The results are ①the spatial distribution of gold deposits has self-similarity and the distributional regularity of gold deposits can be quantitatively described with fractal demension; ②through use of counting-box method, the fractal demension of spatial distribution of gold deposits are calculated in different regions and box number correlates well to the sizes with a correlation coefficient of more than 0.99. Geological significance of fractal dimension is further explored.