

32-35

铅锌品位分维  $D$  值的意义和计算程序

程小久 卢建杭

(中国地质大学·北京)

宋黎明

(广东凡口铅锌矿地测处)

p618.420.9

A 利用分形理论研讨了凡口铅锌矿铅锌品位分布的分形结构特征。研究表明,铅、锌品位分布具有自相似性,控矿构造及容矿空隙特征是影响品位分维  $D$  值大小的主要因素,在一定程度上分维  $D$  值能为解决矿床地质问题及给矿床勘查评价提供某些定量信息。

关键词 铅锌矿床 分形 容矿构造

品位 分维  $D$  值

近年来,分形理论已广泛应用于地学各个领域。由于分维能定量地描述自然界中自相似系统的复杂性和不规则性,一些学者开始利用分形理论研究矿床中某些问题的自相似性<sup>[1]</sup>以及矿体中金属品位分布的分形结构特征<sup>[2~4]</sup>等,并试图解决某些矿床学理论和实际问题。本文详细研究了广东凡口铅锌矿 7 个典型矿体 Pb、Zn 品位分布的分形特征,并探讨了影响分维  $D$  值大小的主要因素,旨在为解决矿床地质问题和给矿床勘查评价提供某些定量信息。

### 1 计算方法和结果

凡口铅锌矿床赋存于粤北泥盆—石炭纪地层中,主要含矿层位是中泥盆统东岗岭组 ( $D_2d$ )、上泥盆统天子岭组上、中、下亚组 ( $D_3t^a$ 、 $D_3t^b$ 、 $D_3t^c$ ) 和下石炭统 ( $C_1$ )。矿床地质特征类似于密西西比河谷型 (MVT) 矿床。据野外和室内研究,将控制矿体空间展布的容矿构造划分为三种类型,即层间断裂、沉积—成岩期形成并在成矿期继承活动的同生断裂和两者交汇形成的“入”字型构造。矿体形态分别表现为顺层层状和似层状、穿层脉状和囊状等。为研究矿体铅锌品位分布的分形结构特征,笔者选择了 7 个典型矿体进行分析,并收集了大量 Pb、Zn 品位数据(来源

于凡口矿地测处和 932 地质队岩心分析资料,取样间距约 1m)。

分维  $D$  值采用沈步明等(1993)提出的计算方法。计算公式为:  $D = -\log(N(r))/\log r$ , 其中  $r$  表示金属品位;  $N(r)$  表示金属品位大于  $r$  的样品数;  $D$  为分维。通过改变  $r$  的数值,求得  $N(r)$  值,并将  $N(r)$  和  $r$  的数值投在双对数坐标纸上,如果投点大致分布在 1 条直线上,表明金属品位分布具自相似性,即具分形结构,直线的斜率即为分维  $D$  值。由计算公式可知,  $D$  值越小,样品之间金属品位的差异性越大,品位空间分布的均一性程度差,矿体中高出平均品位的样品在局部地段相对集中的趋势亦越大,暗示出矿体中出现富矿柱的可能性大,但分散且规模小。反之,  $D$  值越大,样品之间金属品位的差异性越小,即均一性程度好,矿体中高出平均品位的样品在局部地段相对集中的趋势则越小,暗示出现富矿体的可能性较小,如果出现富矿体,则规模较大。

为便于编写计算机程序,选择了 20 个  $r$  值,  $r$  值分别为  $N \cdot (r_{max} - r_{min}) / 20$ 。其中  $r_{max} - r_{min}$  为 Pb、Zn 品位最大值和最小值之差,  $N$  为 1 ~ 20 的数值。计算机绘图结果表明,除了低品位区的 3 ~ 5 个点偏离较大外,所有矿体的中、高品位区的 15 ~ 17 个点大致分

本文 1994 年 3 月收到,于纯烈编辑。

布在 1 条直线上,表明凡口矿 Pb、Zn 品位分布具分形结构。这与沈步明据研究的新疆某金矿品位的分形是一致的,其差异是 Pb、Zn 品位分维  $D$  值比金大。关于低品位区的点偏离回归直线的原由,沈步明等(1993)认为是

由于矿山对低品位样品取样不充分引起的。也可能在低品位区存在有标度区段。本文计算  $D$  值时,删除了低品位区的 3~5 个点,计算结果见下表。

样品位置、矿体特征和 Pb、Zn 品位分维  $D$  值表

矿体编号	样品数	含矿层位	容矿构造	矿体特征	Pb 品位		Zn 品位	
					$D$ 值	$r$	$D$ 值	$r$
sh215	104	D <sub>2</sub> d	层间断裂	顺层层状	2.483	-0.975	2.519	-0.995
sh216	242	D <sub>3</sub> t <sup>a</sup>	同生断裂	穿层似脉状	3.281	-0.993	3.489	-0.973
sh8	263	D <sub>3</sub> t <sup>b</sup>	层间断裂	顺层层状	2.897	-0.996	3.138	-0.994
sh7	237	D <sub>3</sub> t <sup>b</sup>	同生断裂	穿层似脉状	3.484	-0.983	3.279	-0.961
sh6	428	D <sub>3</sub> t <sup>b</sup>	“入”字型构造	楔状或囊状	3.885	-0.992	3.816	-0.963
sh26	338	D <sub>3</sub> t <sup>c</sup>	层间断裂	顺层似层状	2.934	-0.988	3.131	-0.966
sh27	348	C <sub>1</sub>	层间断裂	顺层似层状	2.957	-0.992	3.042	-0.960

$r$  表示  $\log N(r)$  与  $\log r$  之间的相关系数。

## 2 结果讨论

从表中可得出如下结论和认识:

(1) 不同赋矿层位同类容矿构造中的矿体 Pb、Zn 品位分布的分维  $D$  值大致相等。以层间断裂中的矿体为例,虽然其所属分别是 D<sub>2</sub>d、D<sub>3</sub>t<sup>b</sup>、D<sub>3</sub>t<sup>c</sup> 和 C<sub>1</sub> 的层位,但其 Pb、Zn 品位  $D$  值多分别在 2.9 至 3.1 左右。

(2) 同一赋矿层位不同类型容矿构造中的矿体品位分布的分维  $D$  值差异较大。以上泥盆统天子岭组中亚组(D<sub>3</sub>t<sup>b</sup>)中三类容矿构造控制的矿体为例,从层间断裂、同生断裂至“入”字型构造,其中矿体品位  $D$  值逐渐增大,Pb 品位的  $D$  值分别为 2.897、3.484 和 3.885;Zn 品位  $D$  值分别为 3.138、3.279 和 3.816。

从上述结论可知,凡口铅锌矿体 Pb、Zn 品位分布  $D$  值大小受容矿构造因素影响大,而受地层的影响较小,显示了各时代地层岩性差异小对金属聚散影响不大,也表明构造是控制矿质聚散的主导因素。据野外和室内研究,笔者认为  $D$  值变化是由三类容矿构造所产生的容矿空隙的差异造成的。层间断裂带是在构造应力作用下地层发生顺层剪切作用形成的,所产生的容矿空隙基本上顺层发

育,空隙大小、连续性和相互贯通性在三维空间上,尤其在垂直地层方向上变化较大。野外观察,层间断裂带中的矿石以厚度不一的条带状构造为主,常见一些厚几 mm 到几 cm 的黄铁矿、方铅矿、闪锌矿或其组合呈不连续条带分布,空间上条带状矿石组分变化较大。此外,层间断裂带中远离主断面的地带见有一些厚 20~50cm 的连续分布的薄层状矿层,尽管其内部矿石以块状构造为主,金属矿物分布较均匀,但矿层常平等穿插于未矿化的灰岩层中,形成了整个矿体中金属矿物在空间上分布不均一。因此,层间断裂带中矿体品位间差异性相对较大, $D$  值也较小。同生断裂带是在沉积—成岩期发育形成的,在成矿时期是含矿热液渗透和矿质堆积的场所,因同生断裂几何形态在走向和倾向上均呈波状弯曲,在成矿期区域应力作用下,两盘相对运动使断裂不同部位的应力状态不同,断裂中相对引张区和相对挤压区交替出现。野外观察可知,相对挤压区容矿裂隙常是一些散布于断层构造岩中的微裂隙,矿石以浸染状、团块状构造为主,Pb、Zn 品位也较低,相对引张区则形成一些规模大、连通性好的低压空间,常形成厚度较大、品位高的块状矿石。因此,可认为某些地段应力状态不同造成的容

矿空隙特征的差异,是同生断裂中矿体 Pb、Zn 品位空间分布不均一的主要原因。“入”字型构造是层间断裂和同生断裂交汇成的复合构造,断裂交汇产生的容矿空间巨大,空隙连通性好,成矿方式以充填为主,矿石构造主要为块状,因而 Pb、Zn 品位分布比前两类构造中矿体均匀得多,  $D$  值也相对较大。

### 3 $D$ 值的意义

沈步明等在研究新疆某金矿的分形特征时,指出金品位分布的分维  $D$  值可以定量地描述金矿床的矿化类型、确定勘探网度和评价矿床经济价值的参数。本专题研究表明 Pb、Zn 品位分布的分维  $D$  值同样具有上述 3 个方面的作用,此外,笔者认为  $D$  值还可为解决矿床成因提供某些定量信息。

目前,对凡口铅锌矿成因的认识分歧较大,代表性的观点有同生海底热泉成因<sup>[5]</sup>、成岩阶段热水成因<sup>[6]</sup>和成岩期后改造热液成因<sup>[7]</sup>等。 $D$  值计算结果示出成矿作用可能发生在成岩—成岩期后,而不是沉积期。如果矿床是同生海底热泉(沉积喷流)活动的产物,则野外观察到的受层间断裂控制的似层状矿

体是卤水池中相对稳定的环境下沉淀而成的,从理论上讲,其金属分布较均匀,故  $D$  值也应较大;而同生断裂垂向延伸较大,切割不同时代地层,且断面几何形态和组合样式复杂,各部位的物化条件差异较大,因而矿质堆积体中金属分布均一性较差,故  $D$  值应较小。但本次  $D$  值计算结果与上述假设相反,野外和室内研究获得众多的信息也表明该矿床主体与成岩—成岩期后热液作用有关。

### 4 计算程序

为计算矿体的品位分维  $D$  值编制了 BASIC 程序。编程总体思想是在 dBASE—II 下进行数据入库和排序,然后将数据转成文本文件供 BASIC 调用。程序说明如下:20~100 行读取品位数据,110~150 行在品位区间内均匀选取 20 个  $r$  值,160~220 行统计相应的  $N(r)$  值,230~280 行将  $r$  和  $N(r)$  取对数,290~380 行打印 20 组  $r$  和  $N(r)$ 、 $\log r$  和  $\log N(r)$ ,390~550 行计算  $D$  值和  $\log N(r)$  与  $\log r$  间相关系数,550~900 行绘制  $\log N(r)$  与  $\log r$  回归直线图。

#### 矿体品位分维 $D$ 值 BASIC 程序

```

10 REM Program Calculating Fractal Dimension D
20 INPUT "Sample Number="; NR
30 DIM PW(2,NR), R(2,21), N(2,20), LR(2,20), LN
   (2,20), A(2), B(2)
40 REM Read Data From Database
50 K=1
60 OPEN "APZ.TXT" FOR INPUT AS#1
70 IF EOF(1) THEN CLOSE #1 :GOTO 110
80 INPUT #1, PW(1,K), PW(2,K)
90 K=K+1
100 GOTO 70
110 REM Program Calculating N(r)—R
120 ORF J=1 TO 2
130 FOR K=0 TO 19
140 R(J,(20-K))=(PW(J,1)-PW(J,NR))*(K+1)/
   20
150 NEXT K
160 A=R(J,1); T=1
170 FOR K=1 TO NR
180 IF PW(J,K)>A THEN 220
190 N(J,T)=K-1
200 T=T+1
210 A=R(J,T)
220 NEXT K, J
230 REM Calculating logN(r) and log(r)
240 FOR J=1 TO 2
250 FOR K=0 TO 19
260 LR(J,(20-K))=LOG(N(J,(K+1)))
270 LN(J,(20-K))=LOG(R(J,(K+1)))
280 NEXT K, J
290 REM Calculate Value of D
300 FOR J=1 TO 2
310 FOR K=1 TO 20
320 PRINT TAB(10); R("J"; J; ", "; K; ")="; R(J,K);
330 PRINT TAB(40); "N("; J; ", "; J; K; ")="; N(J,
   K)

```

```

340 NEXT K
350 FOR K=1 TO 20
360 PRINT TAB(10); "LN(" ; J ; ", " ; K ; ")=" ; LN(J,
    K);
370 PRINT TAB(40); "LR(" ; J ; ", " ; K ; ")=" ; LR(J,
    K);
380 NEXT K
390 E=0, F=0, L=0, M=0, R=0
400 FOR K=6 TO 20
410 E=E+LN(J,K)
420 F=F+LR(J,K)
430 L=L+LN(J,K) * LN(J,K)
440 M=M+LR(J,K) * LR(J,K)
450 R=R+LN(J,K) * LR(J,K)
460 NEXT K
470 R2=(15 * R - E * F)/(SQR((15 * L - E * E) * (15
    * M - F * F)))
480 A(J)=(15 * R - E * F)/(15 * M - F * F)
490 B(J)=(E * M - F * R)/(15 * M - F * F)
500 IF J=1 THEN PRINT "FOR Pb"; PRINT "R2=" ;
    R2
510 IF J=2 THEN PRINT "FOR Zn"; PRINT "R2=" ;
    R2
520 PRINT " log(N)=" ; A(J); "log(r)+" ; B(J)
530 PRINT "FRACTAL DIMENSION; D=" ; -A(J)
540 NEXT J
550 STOP
560 REM Draw Graphs
570 SCREEN 1
580 COLOR 0,1; CLS
590 FOR J=1 TO 2
600 X0=5+145 * (J-1)
610 LINE (X0,5)-(X0,110),2
620 LINE (X0,110)-(X0+120,110),2
630 SX=INT(2.5 * (LR(J,20)-LR(J,1)))/10
640 K1=INT(10 * LR(J,1)-.5)/10
650 K2=INT(10 * LR(J,20)+.5)/10
660 FOR K=K1 TO K2 STEP SX
670 X=X0+INT(22.5 * (K-K1)/SX)
680 LINE (X,109)-(X,110),2

```

```

690 NEXT K
700 SY=INT(2 * (LN(J,1)-LN(J,20)))/10
710 K3=INT(10 * LN(J,20)-.5)/10
720 K4=INT(10 * LN(J,20)+.5)/10
730 FOR K=K3 TO K4 STEP SY
740 Y=110-INT(16 * (K-K3)/SY)
750 LINE (X0,Y)-(X0+1,Y),2
760 NEXT K
770 FOR K=1 TO 20
780 X=X0+INT(22.5 * (LR(J,K)-K1)/SX)
790 Y=110-INT(16 * (LN(J,K)-K3)/SY)
800 PSET (X,Y)
810 NEXT K
820 X1=X0+INT(22.5 * (LR(J,1)-K1)/SX)
830 Y=A(J) * LR(J,1)+B(J)
840 Y1=110-INT(16 * (Y-K3)/SY)
850 X2=X0+INT(22.5 * (LR(J,20)-K1)/SX)
860 Y=A(J) * LR(J,20)+B(J)
870 Y2=110-INT(16 * (Y-K3)/SY)
880 LINE(X1,Y1)-(X2,Y2),2
890 NEXT J
900 END

```

本文承蒙翟裕生教授和郭颖副教授审阅  
与热情指导,在此一并致谢。

#### 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):259~266.
- 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 沈步明,王思敬. 一个新的频率分布的特征参数—分形结构因子. 科学通报,1993,38(8):724~727.
- 4 沈步明. 分形结构因子及其在地质学上的应用. 岩石学报,1993,9(3):267~276.
- 5 陈学明. 粤北地区层控矿床的构造演化成矿模式和找矿预测. 北京:地质出版社,1993.15~19.
- 6 赖应箴. 凡口铅—锌矿床的成因. 地质论评,1988,34(3):220~230.
- 7 尹汉辉,喻茨玫,张国新等. 中国沉积—改造铅锌矿床. 中国科学(B辑),1983,2(11):1029~1038.

### Fractal Dimension (*D*) Significance of Pb-Zn Grade and Calculating Program

Cheng Xiaojie, Lu Jianhang, Song Liangming

Using fractal theory, fractal structure characteristics of Fankou lead-zinc grade distribution are studied in this paper. The results indicate that the distribution of lead-zinc grade is of self-resemblance, and fractal dimension (*D*) are mainly influenced by the ore-controlling structures. To a certain extent, fractal dimension (*D*) can provide some quantitative information for the analysis of ore genesis and the appraisalment of ore economics.