

分形理论在焦家金矿床深部预测中的应用

马田生

(山西鲁能晋北铝业有限责任公司矿业开发部,山西 原平 034100)

摘要:焦家金矿床位于胶东西北部的招掖成矿带内,西临著名的郯庐大断裂。矿体赋存于 NNE - NE 向延伸的断裂破碎蚀变带中,受控于断裂构造,围岩蚀变以钾长石化(红化)、黄铁绢英岩化、硅化、碳酸盐化为特征。本文运用分形理论研究了 I、II、III 号主矿体的品位、厚度、品位厚度乘积的分维值在垂向上的变化特征,根据分维值 D 的规律性变化,提出该矿床深部三个主要矿体仍有较大延伸。

关键词:分形理论;成矿预测;焦家金矿床;山东胶东

中图分类号:P618.51

文献标识码:A

1 区域地质背景

1.1 大地构造位置

招掖金矿带西临著名的郯庐大断裂,是我国著名的黄金产地,带内目前已探明大、中、小型金矿床及金矿化点共数百处,其中分布于莱州市境内的焦家金矿床是该矿带最重要的金矿床之一。焦家金矿床位于招掖金矿带的中西部,在大地构造位置上属中朝准地台胶辽台隆的胶北隆起区,在构造型式上属于新华夏系第二隆起带中段的胶北 - 莱西 - 胶南新华夏系断裂构造带。区内构造类型主要为黄县 - 莱州断裂带,由一系列 NNE - NE 向断裂破碎带组成(图 1)。

1.2 地层

区域上出露地层以太古界胶东群为主,古元古界粉子群和荆山群、新元古界蓬莱群、中生界上侏罗系和白垩系有零星分布,而第四系分布广泛。

1.3 岩浆岩

区内岩浆广布,约占总面积的 60% 以上。主要

有玲珑花岗岩、郭家岭花岗闪长岩、艾山花岗闪长岩。

玲珑花岗岩(γ_s^{2-1}):为复式花岗岩体,岩体空间上与区内金矿床分布有密切关系。据测试资料,锆石 U - Pb 同位素年龄为 12.77 ~ 9.96Ma 和 2.85 ~ 1.63 Ma(山东地质六队,1992)。

郭家岭花岗闪长岩(γ_s^{2-2}):呈近 EW 向分布于北部地区,岩石斑状结构,斑晶为微斜长石。锆石 U - Pb 同位素年龄 1.12 Ma(山东地质六队,1992)。

艾山花岗闪长岩(γ_s^{3-1}):出露于蓬莱地区,与围岩呈侵入接触关系,并穿切郭家岭期花岗闪长岩,岩性为似斑状中粗粒黑云母角闪花岗闪长岩。

1.4 构造

矿区构造以断裂为主,走向为 NNE - NE 向,是区内的主要控矿等构造,包括焦家主干断裂和望儿山分支断裂以及该二断裂之间的更次级的侯家断裂、鲍李断裂等(图 2)。

焦家主干断裂:龙口 - 莱州断裂经朱宋至朱桥地段我们称之为焦家断裂,焦家断裂属矿区 I 级控矿断裂,纵贯全区,矿区内长 1 900 m,宽 100 ~ 200 m,已探明最大延深 925 m。平面形态呈纺锤形,走向 $N10^\circ \sim 30^\circ E$,倾向 NW,倾角较缓,一般 $35^\circ \sim 45^\circ$,局部较陡,近 $60^\circ \sim 70^\circ$ 。

收稿日期:2008 - 07 - 08

作者简介:马田生(1965—),男,地质工程师,多年从事矿山生产及地质勘探管理工作。

望儿山分支断裂:位于焦家矿区东南部,为焦家主干断裂在矿区内的分支断裂,属区内Ⅱ级构造成分,延伸8.8 km,宽3.0~50 m,斜深约800 m;该断裂倾向NW,倾角63°,在剖面方向与主干断裂构成“人”字型。

该断裂的主要特征是塑性变形不明显,构造岩主要为碎粒岩、碎裂岩及断层角砾岩,局部见糜棱

岩。角砾呈现尖角状,常为多金属硫化物或石英脉胶结,石英脉常具梳状结构,且常有晶洞出现,说明该断裂的生成与张应力有关。在构造岩带的上部可见平整的滑动镜面,其上可观察到断层擦痕及阶步。断裂具多期活动特征,断裂带内广泛发育尚未固结的断层泥以及常见多金属硫化物被错碎的现象,反映其成矿后再次活动。

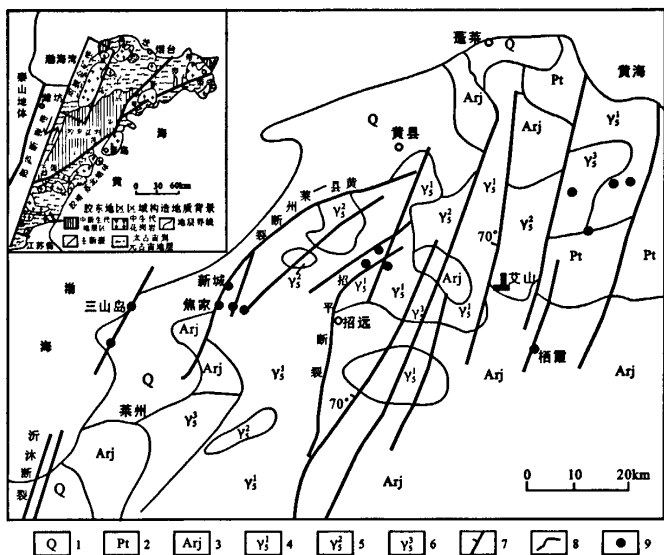


图1 焦家金矿区域地质略图(据山东地质六队)

Fig.1 Regional geological sketch map of Jiaojia gold mine

1. 第四系;2. 元古界变质碎屑岩系;3. 太古界胶东群变质岩;4. 印支期花岗岩;5. 燕山期花岗岩闪长岩;
6. 燕山晚期花岗岩 7. 断层及倾向;8. 地质界限;9. 金矿床

侯家断裂:展布于焦家主干断裂与望儿山分支断裂之间,属矿区Ⅲ级构造。断裂长3 Km±,宽20~40 m,走向40°,倾向NW,倾角35°~45°。主要由碎裂岩组成,无明显构造裂面,破碎程度自NE向SW逐渐减弱。河西断裂是侯家断裂分支,长约1 000 m,宽30~40 m。产状各段不一,东段走向40°~50°,倾向NW,倾角25°~50°。

鲍李断裂:展布于焦家主干断裂与望儿山分支断裂之间,属矿区Ⅲ级构造。断裂长约1 Km,宽20~30 m,最宽达百余米。走向30°~40°,倾向NW,倾角70°±,主要由碎裂岩组成。

焦家金矿床主要由Ⅰ、Ⅱ号矿体与Ⅲ号矿体群组成^①,其中Ⅰ、Ⅱ号矿体与主断裂面产状基本一致,倾向NW,倾角25°~50°,Ⅲ号矿体群共计113个矿体,倾向与主矿体相反(倾向SE),倾角50°~80°(图2、图3)。

2.1 Ⅰ号矿体

Ⅰ号矿体为主矿体,沿走向长20~1 005 m,平均长695 m,水平厚度1~34 m,一般5~25 m,平均厚度14.5 m。其探明储量占焦家金矿床总储量的70%,由210个见矿工程控制(探槽14条,穿脉148条、钻孔48个)。以Ⅰ₋₁号矿体占主要,还包括14

2 主要矿体形态产状特征

^① 山东省地质局第六地质队,焦家金矿床勘探总结地质报告,1992.

条与主矿体产状一致的规模较小的支矿体。

I₁ 矿体:分布于 56~152 线,赋存于主断裂面下盘厚 0~43 m 的黄铁绢英岩质碎裂岩带内,部分延至黄铁绢英岩化花岗岩带中。矿体呈似层状,沿走向及倾向呈舒缓波状延伸,有明显的分支复合、膨缩和尖灭再现,有时出现无矿天窗。产状与

主断裂面基本一致。走向 10°~40°,平均 30°,倾向 NW,倾角 25°~50°。其它支矿体,规模较小,多呈脉状或透镜状,产状与 I₁ 号主矿体一致,分别赋存于 I₁ 主矿体的上、下盘的黄铁绢英岩化斜长角闪岩和黄铁绢英岩化花岗岩带中。

2.2 II 号矿体

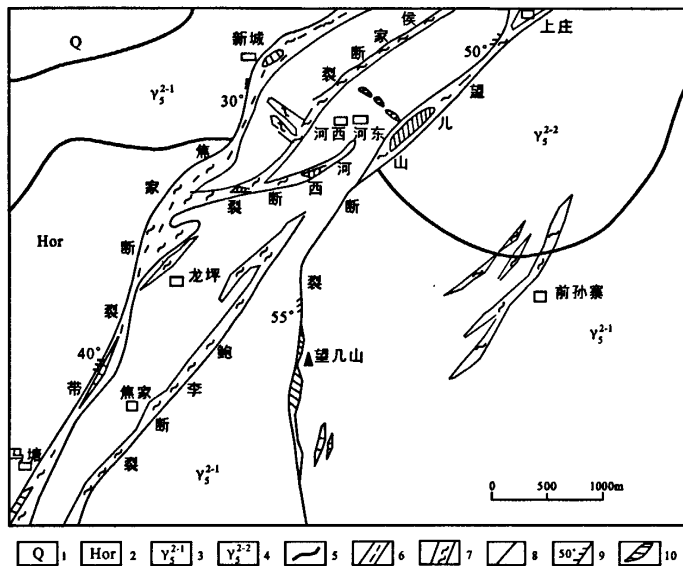


图2 焦家金矿区及附近构造图(据山东地质六队资料修编)

Fig.2 Structural map of the vicinity in Jiaojia gold mine

1. 第四系;2. 混合岩化斜长角闪岩;3. 中粒黑云母花岗岩;4. 花岗闪长岩;5. 地质界线;6. 早期控矿断裂蚀变带;
7. 中期成矿蚀变带;8. 成矿后断裂;9. 断裂产状;10. 金矿床

II 号矿体沿走向延伸 20~1 005 m,水平厚 1~34 m,平均厚度 14.5 m。其平行展布于 I 号矿体的南东侧的黄铁绢英岩化花岗岩质碎裂岩和黄铁绢英岩化花岗岩中,距主断裂面 14~69 m 的 56~128 线间,按其规模和分布,分为 II₁ 号主矿体和其它支矿体。II₁ 号主矿体地表断续长 340 m。总体看矿体呈半隐伏状,上部矿体较小,不连续,在 -150 m 以下矿体规模增大,已探明的最大斜深 400~600 m,呈脉状产出,走向 30°~40°,倾向 NW,倾角 30°。其它分支矿体分布于其上下盘。

2.3 III 号矿体

III 号矿体群沿走向长 30~160 m,最大 198 m,倾斜延伸在 10~100 m 之间,厚度多在 2~10 m 之间。III 号矿体群位于 II 号矿体南东侧的 76~120 线,距主断裂面 60~330 m 的黄铁绢英岩化花岗岩

内,部分在钾化、红化花岗岩带中,少数在黑云母花岗岩中,受张扭性节理裂隙带控制,具有延深、延长粗而短的特点。在中段图上与 I、II 号矿体大致平行,在剖面图上(图 4)与 I、II 号矿体呈人字型有规律的排列。

3 分形理论的应用

3.1 分形理论概述

在数千年的矿产开发实践中,人类早已认识到矿体的分布不是随机的,而是受一定的内在因素制约,其实质是有用矿物(成矿元素)集合体在不同空间尺度上的聚集。1983 年 Mandelbrot 首先将分形理论用于建立矿床空间分布模型^[1]。近年来,分形

理论的应用发展相当迅速,地质学家已经将分形理论引入到地质学的许多领域。在矿床研究方面有许多应用实例,在国外,如 David J Sanderson 等人总结了西班牙 La Codosera 金矿石英脉厚度与品位之间的分形关系^[2];K J W Mc - Caffrey 等人研究了西班牙 Curraghinalt 金矿床的分形分布特征^[3];T Monecke 等人研究了澳大利亚 Hellyer 矿区铅锌矿床的分形分布^[4]。在国内,沈步明等研究了新疆某金矿的分维数特征^[5];王祖伟等运用分形理论研究了位于广东和广西之间的庞西洞 - 金山成矿带银金矿床的分形性^[6]。本文运用分形理论研究焦家金矿 I、II、III 号矿体各中段品位、厚度以及品位厚度乘积的分形特征,并探讨分维值 D 在深部成矿预测中的应用。

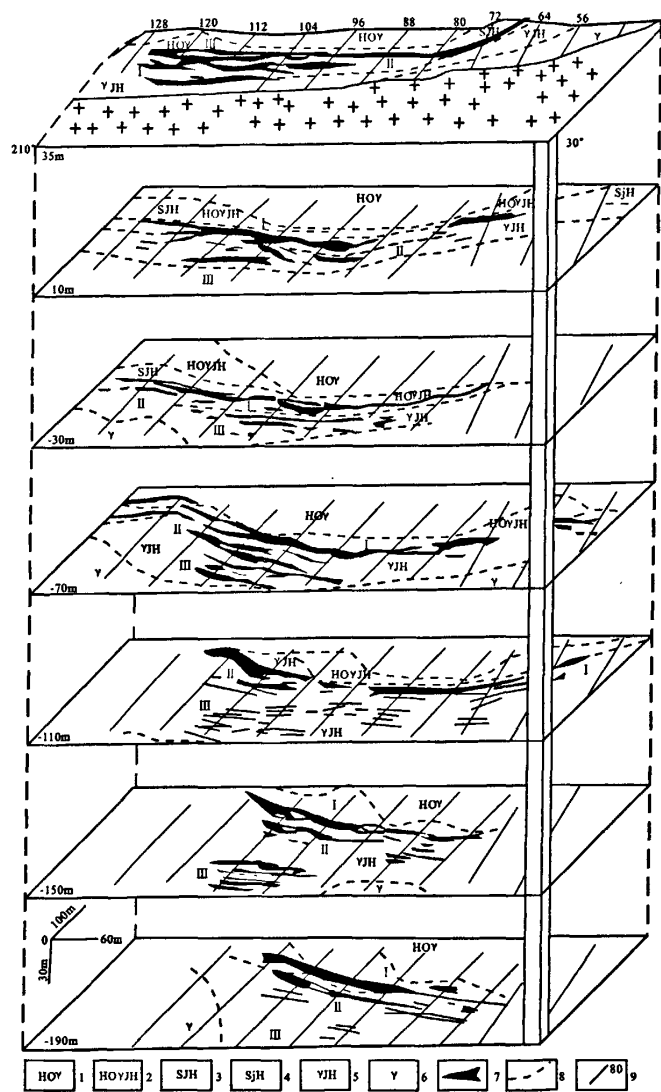


图3 焦家金矿床水平断面联系图

Fig. 3 Section connection map of Jiaojia gold deposit

1. 混合岩化斜长角闪岩;2. 黄铁绢英岩化斜长角闪岩;3. 黄铁绢英岩质碎裂岩;4. 黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩;
5. 黄铁绢英岩化花岗岩;6. 黑云母花岗岩;7. 金矿床;8. 地质界线;9. 勘探线及编号

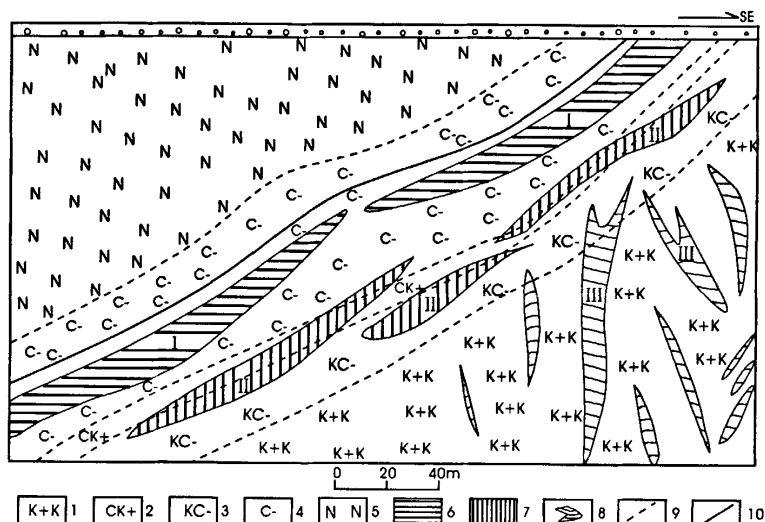


图4 焦家金矿矿体分布特征示意图

Fig.4 Sketch map showing the distribution charactic of ore bodies in Jiaojia gold mine

1. 钾质花岗岩;2. 黄铁绢英岩化钾质花岗岩;3. 钾质黄铁绢英岩;4. 黄铁绢英岩;5. 蚀变斜长角闪岩;
6. I号矿体;7. II号矿体;8. III号矿体;9. 蚀变岩界线;10. 主断层面

3.2 分形方法的原理

分形理论是20世纪70年代由数学家Mandelbrot创立的,它是研究复杂现象和复杂性问题的有效途径。分形理论强调物质和现象在形态上的相似性,认为局部与局部、局部与整体在结构、信息、功能、时间、空间上所具有的统计意义上的相似性,应是自然界物质和现象中广泛存在的基本属性。

在研究自然界广泛存在的不规则形态和复杂集合体的过程中,Mandelbrot发现自然界显示的诸多无序变化决不意味着绝对无规律,其分形具有自相似性。虽然各种地质作用与成矿作用之间的关系不能精确地表征,但通过大量现有的地质数据之间的结构研究表明,表征成矿作用的各种地质数据存在分形结构。沈步明等认为矿石品位与矿化类型之间存在分形特征^[5]。“分形”是组成部分以某种方式与其整体相似的“形”,即事物的局部与整体在形态、结构、信息、功能和时间等方面具有统计意义上的相似性。“分形”理论以分维数、自相似性、统计自相似性、幂函数、时间记录分析等为工具,研究不具有特征标度、极不规则、高度分割但具有自相似性的复杂现象。定量描述这种自相似性的参

数称为分维数,记为D。

计算分维数常采用的方法是幂指数法,本文利用幂函数来表征:

$$N(r) = ar^{-D}$$

$$\text{即: } \lg N(r) = -D \lg r + \lg a \quad (1)$$

式(1)中:r为观测变量的度量值;N(r)表示变量大于r的样品数目(频度);a为常数;D为变量的分维数。

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,如果投影点大致分布在一条直线上,说明变量的分布,具有分形结构,直线斜率的负值即为分维值D。

3.3 I、II、III号矿体各中段金品位分维值D的计算

为了研究焦家金矿床I、II、III号矿体各中段金品位的分形特征计算D值,收集I、II、III号矿体各中段生产巷道、探巷中金品位分析数据用于统计分析。分维值采用幂指数法(金章东,1998),其中:

$$r_k = k(r_{\max} + r_{\min}) / 15 \quad (k=1, 2, \dots, 15) \quad (2)$$

式(2)中:r_{max}、r_{min}分别为品位最大值和最小值。

为了进行对比,每组品位数皆选择15个r值;r_k为通过15个品位值的变换取得N(r)的品位值。

在EXCEL软件中分别计算了I、II、III号矿体

的 r_k 并统计 $N(r)$, 然后利用 GRAFER 软件将 N 大小的规律出现, 反映了矿体向深部仍有一定的延伸, 因此, 可作为深部成矿预测的依据之一^[7], 有关计算结果见表 1。

坐标图)(图 5~图 7)和 D 值。金品位分维值 D 值 3.4 I、II、III号矿体各中段厚度分维值 D 的计算

表 1 焦家金矿主各矿体品位特征值
Table 1 Characteristic value of grade for each orebody

中段 编号	I 矿体				II 矿体				III 矿体			
	D 值	D 均值	品位 均值	品位变化 系数	D 值	D 均值	品位 均值	品位变化 系数	D 值	D 均值	品位 均值	品位变化 系数
+10m	1.44415		6.0565	0.826	1.35226		7.325	0.812	1.25547		7.7775	0.725
-30m	1.46841		5.30947	0.639	1.01218		5.87	1.35	1.56684		6.64745	0.903
-70m	1.86048	1.48949	5.77306	0.525	1.28623	1.22061	8.05259	0.72	1.64478	1.54841	8.13931	1.056
-110m	1.65763		6.51971	0.746	1.25149		4.63556	0.439	1.86259		7.53048	0.941
-150m	1.71339		6.49270	0.658	1.46024		6.44679	0.747	1.41238		7.75164	1.114
-190m	0.792878		7.774	0.616	0.961261		4.96625	0.616				

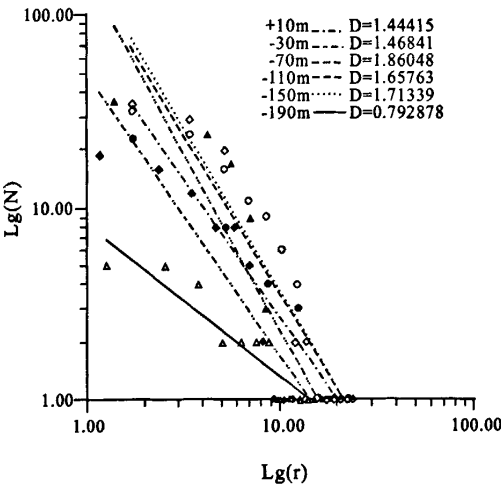


图 5 I 号矿体中段品位 - 频度对数坐标图
Fig. 5 Logarithm coordinate diagram of grade - frequency for midpiece of NO. I

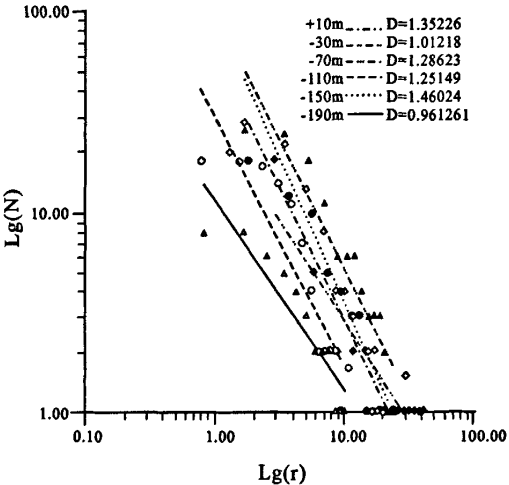


图 6 II 号矿体中段品位 - 频度对数坐标图
Fig. 6 Logarithm coordinate diagram of grade - frequency for midpiece of NO. II

运用前述方法研究 I、II、III 号矿体各中段厚度的分形特征, 根据公式 (1) 计算 D 值, 收集 I、II、III 号矿体各中段生产巷道、勘探巷道中厚度分析数据用于统计分析。用矿体厚度 h 代替公式 (1) 中

的 r , 在 EXCEL 软件中分别计算了 I、II、III 号矿体的 h_k 并统计 $N(h)$, 然后利用 GRAFER 软件将 $N(h)$ 、 h_k 投在双对数坐标中, 利用最小二乘法拟合直线得到 $Lg(N)$ 和 $Lg(h)$ 关系图(厚度 - 频度对

数坐标图)(图 8 ~ 图 10)和 D 值,其计算结果见表 2。

3.5 I、II、III号矿体各中段品位乘厚度分维值 D 的计算

由于矿体品位、厚度变化复杂,仅用其中某一变量的分维值来反映矿体变化性是不够的,故用品位和厚度两个变量乘积(矿化强度)来进一步研究焦家金矿的分维特点。为了进一步了解矿体的变化性,运用前述方法研究 I、II、III 号矿体各中段矿化强度分形特征并计算 D 值,收集 I、II、III 矿体各中段生产巷道、勘探巷道中品位乘厚度分析数据用于统计分析,得到 $Lg(N)$ 与 $Lg(r \times h)$ 关系图(品位厚度乘积 - 频度对数坐标图)(图 11 ~ 图 13),有关计算结果见表 3。

3.6 计算结果的综合解释

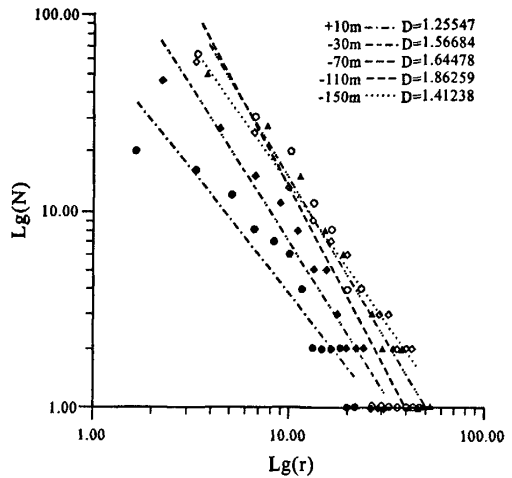


图 7 III号矿体中段品位 - 频度对数坐标图
Fig. 7 Logarithm coordinate diagram of grade - frequency for midpiece of NO. III

表 2 各矿体厚度特征值
Table 2 Characteristic value of thickness for each orebody

中段 编 号	I 矿体				II 矿体				III 矿体			
	D 值	D 均值	厚度 均值	厚度变 化系数	D 值	D 均值	厚度 均值	厚度变 化系数	D 值	D 均值	厚度 均值	厚度变 化系数
+10m	1.22999		5.63087	0.993	0.73404		4.355	0.873	0.990453		5.2225	0.945
-30m	0.647328		3.21263	1.09	1.34618		2.84654	0.99	1.62744		2.74824	0.884
-70m	1.00099	0.9995	5.85111	0.962	1.12703	1.08851	4.10259	1.1179	1.72835	1.52199	2.69139	0.985
-110m	0.963894		4.38662	0.995	1.28761		2.64056	0.841	1.6342		2.58916	0.994
-150m	1.60821		4.14568	0.917	1.28124		3.3925	0.766	1.62949		2.78507	0.83
-190m	0.546506		6.882	0.645	0.754957		3.97125	1.078				

分维值 D 大小的规律出现,反映出矿体向深部仍有一定程度的延伸。D 值越小,样品之间金属品位的差异越大,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富集的可能性越大,但分散且规模小;D 值越大,样品之间金品位的差异越小,即均一程度好,矿体中高出平均品位的样品在局部地段相对富集的可能性小,如果发育富矿体,则规模大^[8]。

3.6.1 品位分维值解释

从 +10m ~ -190m 中段(图 5 ~ 图 7), I、II 号矿体金品位 D 值大小有规律相间出现, I 号矿体

金品位 D 值从 0.792878 ~ 1.86048, 其均值 1.48949; III 号矿体金品位 D 值 1.25547 ~ 1.86259, 其均值 1.54841; II 矿体金品位 D 值从 0.961261 ~ 1.46024, 其均值 1.22061。III 号矿体 D 值大致随着深度的增加逐渐增加, D 值越大, 样品之间金品位的差异越小, 即均一程度好, 矿体中高出平均品位的样品在局部地段相对富集的可能性小, 如果发育富矿体, 则规模大, 随着深度的增加, III 号矿体金品位均一性逐渐提高。II、I、III 号矿体金品位 D 值均值分别为 1.22061、1.48949、1.54841。因此, I、III 号矿体金品位的分布特征能代表 D 值相对较大的

情况,Ⅱ号矿体的金品位的分布特征能代表 D 值相 工程品位变化系数依次减少(分别为 206%、205%、对较小的情况,这与焦家金矿Ⅱ、Ⅰ、Ⅲ号矿体的单 167%,山东地质局第六地质队,1992)相吻合。

表 3 各矿体矿化强度特征值
Table 3 Characteristic value of multiply grade by thickness for each orebody

中 段 编 号	Ⅰ 矿 体				Ⅱ 矿 体				Ⅲ 矿 体			
	D 值	D 均值	矿化强度 均值	矿化强度 变化系数	D 值	D 均值	矿化强度 均值	矿化强度 变化系数	D 值	D 均值	矿化强度 均值	矿化强度 变化系数
+10m	1.06894		38.898	1.214	1.02342		28.6	1.285	0.797405		45.437	1.249
-30m	0.793611		21.199	1.779	1.31294		13.589	1.13	1.20925		20.153	1.303
-70m	1.2498	1.01935	42.575	1.548	0.935177	0.997254	30.066	1.276	1.66024	1.362625	19.957	1.161
-110m	0.981593		32.125	1.421	0.870581		14.1	1.079	1.56977		19.310	1.292
-150m	1.27354		27.866	1.07	1.044		22.294	1.001	1.57646		18.655	1.003
-190m	0.748618		74.750	0.507	0.797405		45.437	1.249				

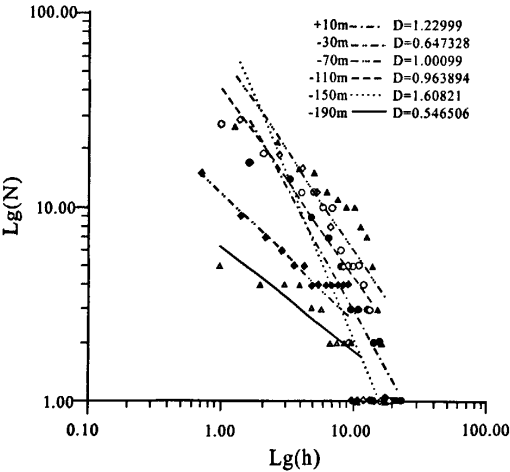


图 8 Ⅰ号矿体中段厚度 - 频度对数坐标图
Fig. 8 Logarithm coordinate diagram of thickness - frequency for midpiece of NO. I

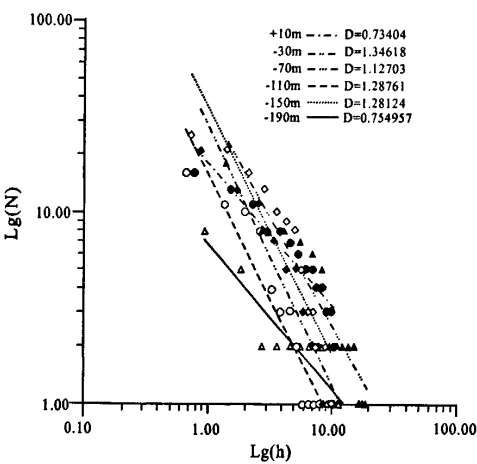


图 9 Ⅱ号矿体中段厚度 - 频度对数坐标图
Fig. 9 Logarithm coordinate diagram of thickness - frequency for midpiece of NO. II

3.6.2 厚度分维值解释

从 +10m ~ -190m 中段(图 8 ~ 图 10),Ⅰ、Ⅱ号矿体厚度 D 值大小有规律相间出现,Ⅰ号矿体厚度 D 值从 0.546506 ~ 1.60821,其均值 0.9995;Ⅱ号矿体厚度 D 值从 0.73404 ~ 1.34618,其均值

1.08851;Ⅲ号矿体厚度 D 值 0.990453 ~ 1.72835,其均值1.52199。Ⅲ号矿体 D 值大致随着深度的增加逐渐增加,D 值越大,样品之间厚度的差异越小,即均一程度好,矿体中高出平均厚度的样品在局部地段相对富集的可能性小,如果发育富矿体,则规

模大。因此,随着深度的增加,Ⅲ号矿体厚度均一性逐渐提高。

3.6.3 品位乘厚度分维值解释

从 +10m ~ -190m 中段(图 11 ~ 图 13), I、II 号矿体品位乘厚度 D 值大小有规律相间出现, I 号矿体品位乘厚度 D 值从 0.748618 ~ 1.27354, 其

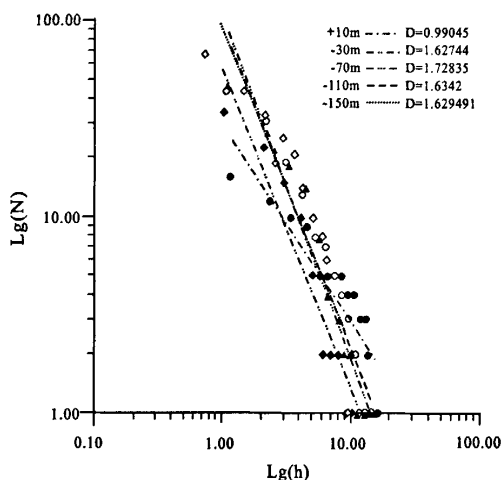


图 10 Ⅲ号矿体中段厚度 - 频度对数坐标图
Fig. 10 Logarithm coordinate diagram of thickness - frequency for midpiece of NO. III

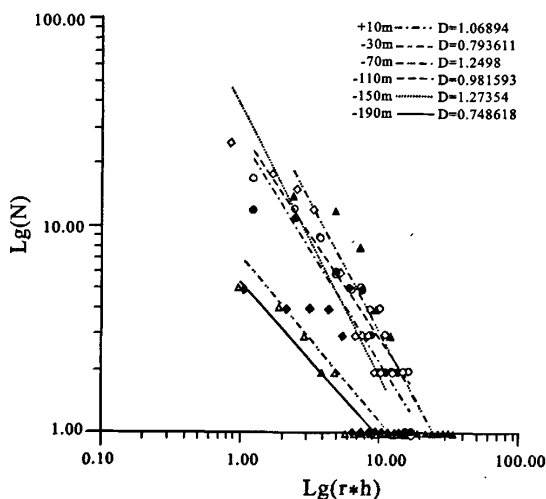


图 11 I 号矿体品位厚度乘积 - 频度对数坐标图
Fig. 11 Logarithm coordinate diagram of grade multiply by thickness - frequency for midpiece of NO. I

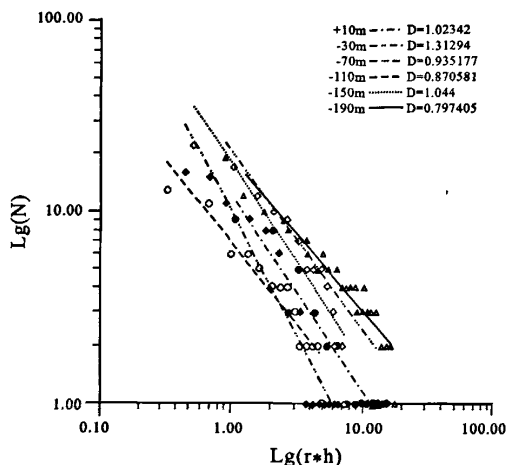


图 12 Ⅱ号矿体品位厚度乘积 - 频度对数坐标图
Fig. 12 Logarithm coordinate diagram of grade multiply by thickness - frequency for midpiece of NO. II

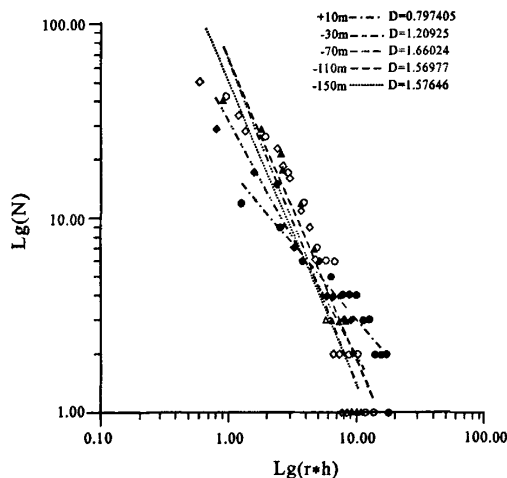


图 13 Ⅲ号矿体品位厚度乘积 - 频度对数坐标图
Fig. 13 Logarithm coordinate diagram of grade multiply by thickness - frequency for midpiece of NO. III

均值 1.01935; II 号矿体品位乘厚度 D 值从 0.797405 ~ 1.31294, 其均值 0.997254, III 号矿体品位乘厚度 D 值 0.797405 ~ 1.66024, 其均值 1.362625; III 号矿体 D 值随着深度的增加逐渐增加, D 值越大。

综上所述,通过焦家金矿 I、II、III号矿体的品位、厚度和矿化强度等分维值综合分析,可以得出如下基本结论:即随着深度的逐渐增加,III号矿体矿化强度(品位与厚度乘积)的 D 值趋于增大,因此III号矿体随着深度的增加,样品之间矿化强度的差异越小,即均一程度好,如果发育富矿体,则规模大。I、II矿体的矿化特点非常接近,向深部仍有很大的延伸,这与焦家金矿的开采实际以及郭涛等^[9]的最新研究成果相吻合。

参考文献:

- [1] 宋保昌,张宝林等. 分形理论在山西金矿成矿预测中的应用[J]. 黄金科学技术,2002,10(5):6—14.
- [2] DAVID J SANDERSON,STEPHEN ROBERTS, A Fractal Relationship between Vein Thickness and Gold Grade in Drill Core from LaCodocera. Spain[J]. Economic Geology,1994,89:168—173.
- [3] K J W MECAFFREY, J D JOHNSTON. Fractal analysis of a mineralized vein deposit: Curraghinalt gold deposit. County Tyrone [J]. Mineral Deposita,1996,31:52—58.
- [4] T MONECKE J, BRUCCGCMMLL JOCHEN MONECKE. Fractal distributions of veins in drill core from the Hellye VHMS deposit, Australia; constraints on the origin and evolution of the mineralizing system[J]. Mineralium Deposita,2001,36:406—415.
- [5] 沈步明,沈远超. 新疆某金矿的分维特征及其地质意义[J]中国科学(B辑),1993,23(3):297—302.
- [6] 王祖伟,周永章,姚东良. 两广庞西洞—金山成矿带银金矿床分形性研究[J]. 矿床地质,1999,18(2):183—188.
- [7] 曾庆栋,沈远超,刘铁兵,等. 山东平邑卓家庄金矿金品位的分形结构特征及意义[J]. 地质与勘探,2000,36(3):42—45.
- [8] 张连昌,曲文学,等. 新疆西滩金矿床金品位分维 D 值及其意义[J]. 西安工程学院学报,1999,21(4):11—13.
- [9] 郭涛,吕古贤. 胶东金矿成矿深度测算与深部第二富集带预测[C]中国金都招远国际金矿地质与勘查学术论坛论文集[A]. 北京:地震出版社,2002.

The Fractal Theory in Metallogenic Prediction at Depth of Jiaojia Gold Deposit, Shandong

MA Tian - sheng

(Lu Neng Aluminum Industry Limited Liability Company Mining Exploitation Department North In Shanxi Province, Yuanping 034100, Shanxi China)

Abstract: Jiaojia Gold Deposit is located in the Zhaoyuan - Yexian gold belt in northwest Shandong Peninsula, which is bordered on the well - known Tancheng - Luzhong fault belt in the west. Gold mineralization was developed in the NNE - and NE - trending altered - fractured zones. The alterations are characterized by K - feldsparization, pyretic - phyllic alteration, silicification, and carbonation.

The fractal theory results calculated describes the vertical variation of grade, thickness and grade multiplication thickness in gold mineralization, from which the extending at depth for the orebodies is inferred.

Key words: Fractal theory, metallogenic prediction, Jiaojia gold deposit. Jiaodong, Shandong.