

山东寺庄金品位参数统计 和分形特征及其对矿化信息的指示

陈宏毅, 钱建平

(桂林理工大学地球科学学院, 广西 桂林 541004)

摘要:采集寺庄金矿区82个钻孔的金品位数据4 597个,按照100 m的标度分析其在垂向上的均值、标准差、变异系数和大于工业品位的矿石所占比例等统计参数,对比其在垂向上的分形分维值特征,发现如下规律:寺庄金矿区深部矿体明显优于浅部矿体,以-700~-800 m区间为矿化中心,垂直分布至少500 m以上;通过围岩蚀变分带特征、矿石组合特征、井下脉体相互穿插关系和金品位分形分维值研究,说明该区金成矿时间上至少经历了3次地质成矿作用的叠加,其中显著成矿作用发生在后2次,在空间上深部(-1 000 m以下)具有较大的找矿潜力;金品位分形分维特征能较好地划分成矿阶段,在同一个成矿阶段,分维值越小,矿化作用越好,在同一个成矿区间,分维值越大,成矿作用越好。

关键词:金品位;统计参数;分形;分维值;寺庄金矿;山东省

中图分类号:P628

文献标识码:A

元素含量参数统计和分形特征在地球化学找矿勘探领域取得了广泛的应用,但大多数地质工作者注重于对不同微量元素在同一矿区或矿带的统计描述,很少有人对同一种成矿元素在矿体的不同标高上进行统计学研究。该文立足于金品位数据在不同标高上的参数统计和分形分维值研究,选取山东寺庄金矿作为实验对象,取得了较好的效果,对于矿化在垂向上的分布和深部成矿预测有积极的作用。

寺庄金矿位于胶东著名的焦家断裂带南端,近年来,矿区深部找矿取得重大突破^[1,2],在已知矿体深部发现第二矿化富集带,引起业内广泛关注^[3,4]。寺庄金矿具有深部成矿条件好、施工钻孔数量多、钻孔深度大(最深孔超过1 000 m)、金品位取样数据系统等特点,是进行统计学和分形几何学研究的理想对象。

1 矿床地质概况

矿区地层主要为第四系全新统和新太古界胶东岩群。构造形式主要表现为断裂构造,焦家断裂寺

庄部分走向NE,倾向NW,倾角30°~45°。岩浆岩主要为燕山期二长花岗岩^[5,6]。

矿床主要产于焦家断裂带下盘,大部分矿体与主断裂带平行或者近于平行,矿体的规模、产状、形态及品位受控于主断裂及其派生次级裂隙构造。矿体在垂向上具有分段富集规律,分为浅部第一富集带和深部第二富集带,钻孔控制深度1 011 m,矿体向下尚未尖灭。第一富集带包括I号和II号矿体,第二富集带主要为III号矿体群,包括163个小矿体(图1)。

III号矿体群赋存于主裂面之下的黄铁绢英岩化花岗岩和黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩中,受主断裂带底板产状的控制,沿走向及倾向具有舒缓波状、分枝复合、膨胀收缩、尖灭再现的特征。矿体走向345°~36°,平均14.5°,倾向SW或NW,倾角26.5°~45.1°,平均35.1°。

围岩蚀变从矿体中心到两侧一般为金矿体→黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩→黄铁绢英岩化花岗岩→绢英岩化花岗岩→钾长石化花岗岩→二长花岗岩。

* 收稿日期:2011-04-01;修订日期:2011-04-23;编辑:曹丽丽

基金项目:山东黄金矿业股份有限公司焦家金矿项目;中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室开放基金(200913);有色及贵金属隐伏矿床勘查教育部工程研究中心和广西地质工程中心重点实验室基金项目资助。

作者简介:陈宏毅(1980—),男,山西长治人,助理工程师,主要从事高校教学与科研工作;E-mail:hongyi@glite.edu.cn。

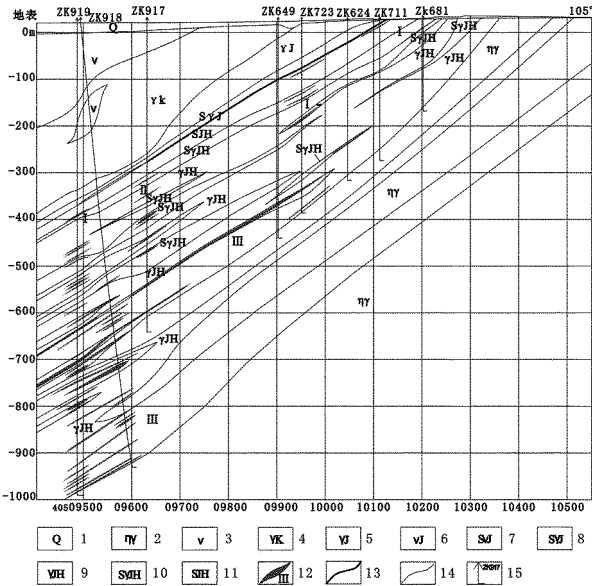


图1 寺庄金矿296号勘探线地质剖面图

1—腐殖土及砂质粘土;2—二长花岗岩;3—变辉长岩;4—钾化花岗岩;5—绢英岩化花岗岩;6—绢英岩化变辉长岩;7—绢英岩化变辉长岩质碎裂岩;8—绢英岩化花岗质碎裂岩;9—黄铁绢英岩化花岗岩;10—黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩;11—黄铁绢英岩化碎裂岩;12—矿体及编号;13—主裂面(断层泥);14—地质界线;15—钻孔及编号

2 金品位垂向统计分布特征

收集寺庄金矿目前所施工的82个钻孔中的金品位数据4597个,垂直标高范围从地表到海拔标高-1000m,纵向从256号到328号勘探线,勘探线之间距离60m,编号256,264,272……328。

以100m为取样间距,共分为10个取样区间。分别求取各取样段金品位数据的平均值(M)、标准差(Std)、变异系数(V)和 $t1$ (大于工业品位的矿石所占总矿石的百分比)(表1)。寺庄矿区金工业品位以 1.0×10^{-6} 计^①。实践证明,以上统计参数是反映金矿化强度变化趋势的有效标志^[7,8]。

表1 金品位垂向统计分布特征参数

取样区间	M	Std	V	$t1(100\%)$	N
地表至-100m	0.035	0.122	3.481	0	55
-100~-200m	0.08	0.194	2.415	1.37	73
-200~-300m	0.249	0.611	2.457	7.78	90
-300~-400m	0.589	1.202	2.039	17.63	329
-400~-500m	1.148	3.35	2.918	24.38	931
-500~-600m	1.137	3.725	3.278	24.32	1250
-600~-700m	1.298	3.732	2.875	27.45	1082
-700~-800m	1.615	4.41	2.731	30.63	493
-800~-900m	1.121	2.42	2.158	27.07	181
-900~-1000m	0.753	1.472	1.954	24.78	113

N —样品个数;金品位单位($\omega(Au)/10^{-6}$)。

根据表1做矿化标志垂向分布特征曲线图(图2),分析表1和图2,可发现如下规律:

(1)金品位平均值(M)、标准差(Std)和 $t1$ 在垂向上变化规律基本一致,均以-700~-800m取样区间值最大,向浅部和深部依次减小,反映了-700~-800m区间为寺庄金矿的矿化中心。

(2)金平均品位在-400~-900m区间均大于 1×10^{-6} (边界品位),反映深部矿体主成矿区间位于-400~-900m,矿体垂直分布厚度最少为500m。

(3)金品位标准差在-300m以下均大于1,-300m以上均小于1,在地质上以-300m为界,可分为矿化体第一富集带和第二富集带,且第二富集带各项统计参数均优于第一富集带。

(4)大于工业品位的矿石所占总矿石的比例($t1$)在-300m以下均大于15%,-300m以上均小于10%,与标准差在垂向上的规律一致。

① 山东省第六地质矿产勘查院,山东省莱州市寺庄矿区深部金矿详查报告,2006年。

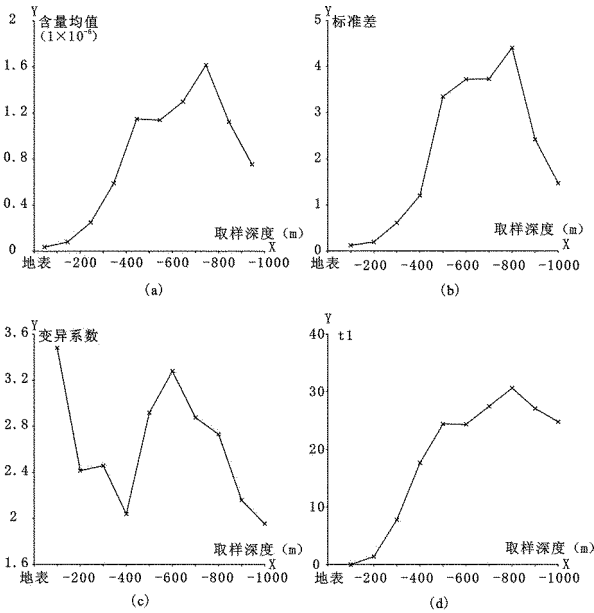


图2 矿化标志垂向分布特征曲线图

a—金平均品位;b—标准差;c—变异系数;d—大于工业品位的矿石占总矿石的百分比(t1)

(5) 变异系数以地表至-100 m 之间最大,其次为-500 ~ -600 m 之间,在其上下均匀减小。显示-100 m 以上矿化的不稳定性,向下矿化趋于稳定,到-500 ~ -600 m 矿化再次分散,向下矿化趋于稳定。

通过金品位各统计参数的分析,认为该区深部矿体(即第二富集带)位于-300 m 以下,以-700 ~ -800 m 区间为矿化中心,在此区间,金品位均值最大,离散程度最大,大于工业品位的矿石占总矿石的比例最大,离散程度相对较大,此区间单矿体厚度明显增厚(图1),深部矿体明显优于浅部矿体。

3 金品位垂向分形特征

分形理论在地质勘探领域中的应用主要体现在线性构造和元素品位数据分形统计 2 个方面,对元素含量的分形统计能够区分不同的成矿阶段,分维值对于预测深部矿体也具有指导意义,因此,国内外学者在此领域开展了广泛的研究工作^[9-13]。

将钻孔中不同标高区间的金品位数据大于某个值的数目 $N(C_i)$ 对某样品金品位数据 C_i 做双对数坐标图,若存在线性关系,则表明存在分形关系。

$$\text{Log}N(C_i) = -D \cdot \text{Log}(C_i) \quad (1)$$

式中: D 为直线的斜率,即为分维值。

根据关系式(1)做金品位垂向区间分形分维值双对数坐标图(图3)。结合金品位垂向统计分布特征(表1,图2),分析图3,可以总结出如下规律:

(1) 主成矿区间(-400 ~ -800 m) 金品位分形主要呈三段式展布;次成矿区间(-200 ~ -400 m 和 -800 ~ -1 000 m) 呈两段式展布;弱成矿(或不成矿) 区间呈多段式展布(地表至-200 m)。说明该区金成矿至少为 3 个地质成矿阶段叠加的产物。

(2) 主成矿区间矿化作用主要发生在第三阶段(D_3),依据为第三阶段金品位大于 1×10^{-6} (边界品位),分维值 D 越小,矿化越好,金平均品位越高(从 -400 ~ -500 m 至 -700 ~ -800 m 区间分维值 D_3 从 2.75 依次降低到 1.82)。

(3) 主成矿区间矿化其次发生在第二阶段(D_2),此阶段金品位小于边界品位,但大于该区成矿围岩——二长花岗岩中金的平均含量 0.0075×10^{-6} ^①。分维值 D 越小,矿化越好,金平均品位越高(从 -400 ~ -500 m 至 -700 ~ -800 m 区间分维值 D_2 从 0.67 依次降低到 0.48)。

(4) 在同一个成矿区间,分维值越大,矿化作用越好。

(5) 在整个成矿区间(-200 ~ -1 000 m),分维值 D_3 以最深部区间(-900 ~ -1 000 m) 为最小,说明寺庄矿区深部找矿潜力较大。

寺庄金矿床是焦家断裂带南部一典型的金矿床,是近年来山东黄金集团勘探开发的重点。在成矿阶段与成因类型上与焦家断裂带上其他金矿床及焦家金矿本身有广泛的一致性^[14-16]。虽然关于成矿阶段的划分,众说纷纭,但多阶段热液成矿是毋庸置疑的。

4 结语

(1) 寺庄金矿区深部矿体明显优于浅部矿体,深部矿体位于-300 m 以下,以-700 ~ -800 m 区间为矿化中心,垂直分布至少 500 m 以上。

(2) 该区金成矿至少经历了 3 次地质成矿作用的叠加,其中显著成矿作用发生在后 2 次。

① 二长花岗岩中金的平均含量 0.0075×10^{-6} 来源于该次研究对矿区围岩 Au 元素含量测试,测试方法为化学光谱法,分析误差 9.8%,样品数 46 件,测试单位:桂林矿产地质研究院。

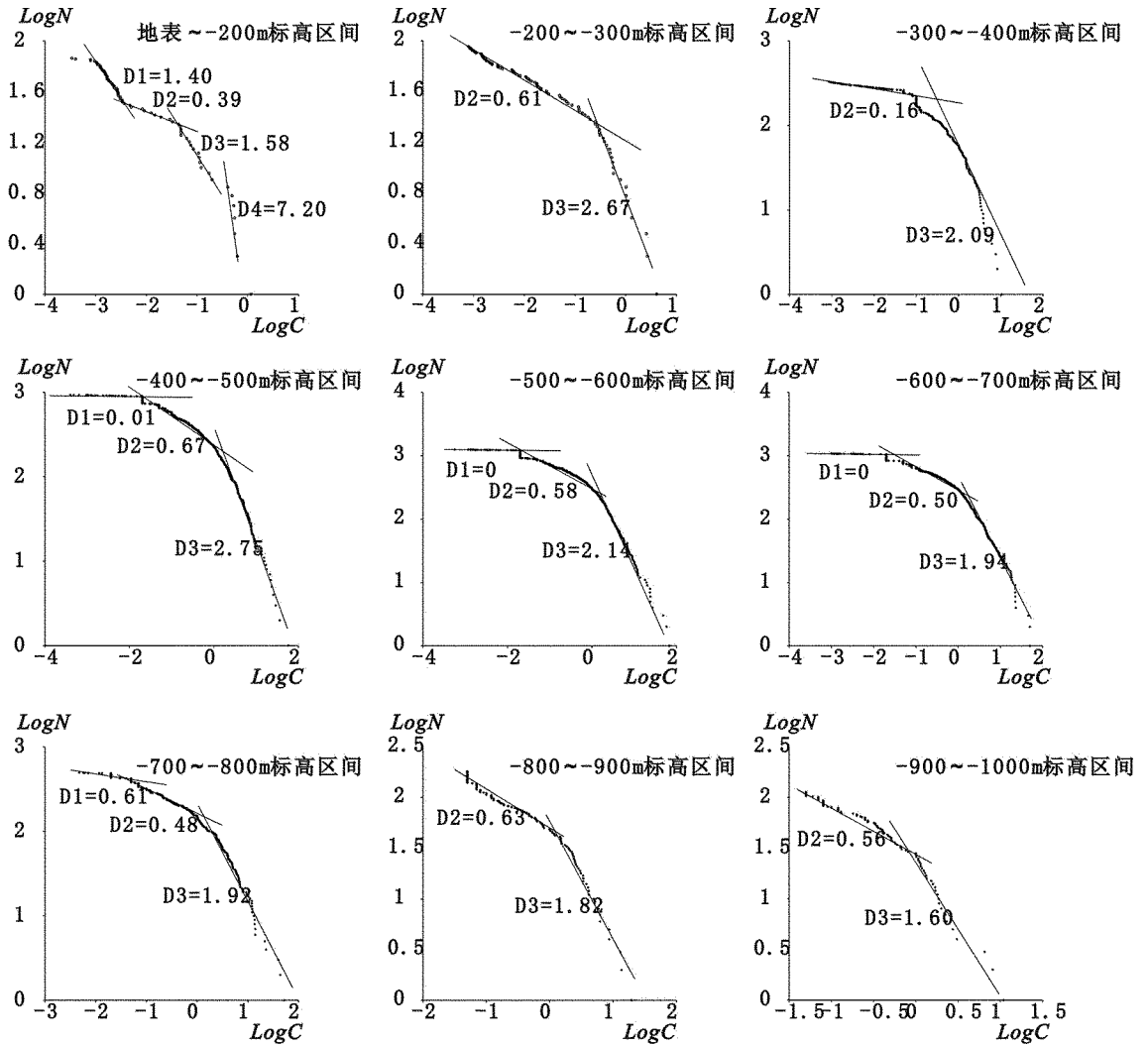


图 3 金品位垂向分形特征

(3) 在第三成矿阶段,分维值 D_3 在最深部 (-900 ~ -1 000 m) 最低,可以预测,该矿区深部 (-1 000 m 以下) 找矿潜力较大。

(4) 金品位分形分维特征能较好的划分成矿阶段,对于分维值的比较要在同一个成矿阶段或者同一成矿区间比较,不然没有意义。

(5) 在同一个成矿阶段,分维值越小,矿化作用越好;在同一个成矿区间,分维值越大,成矿作用越好。

参考文献:

[1] 田雪莲,李国宏,秦幸福. 山东地矿局深部找矿取得重大突破——莱州寺庄发现特大型金矿[J]. 地质勘查导报,2007,(9):1-1.

[2] 袁文花. 深部找矿的重大突破——莱州寺庄镇境内发现特大金矿[J]. 西北地质,2007,40(4):1-11.

[3] 崔书学,袁文花. 莱州市寺庄金矿区第二金矿富集带成矿规律[J]. 地质调查与研究,2008,31(3):186-191.

[4] 宋明春,崔书学,杨之利,姜洪利,杨承海,焦秀美. 山东焦家金矿带深部找矿的重大突破及其意义[J]. 地质与勘探,2008,44(1):1-8.

[5] 苗来成,罗镇宽,关康,等. 玲珑花岗岩中锆石的离子质谱 U-Pb 年龄及其岩石学意义[J]. 岩石学报,1998,14(2):198-206.

[6] 关康,罗镇宽,苗来成,等. 胶东招掖郭家岭型花岗岩锆石 SHRIMP 年代学研究[J]. 地质科学,1998,33(3):318-328.

[7] 庞保成,胡云沪,毛军强,范旭光. 高龙金矿金品位统计分布特征及其对深部矿化信息的指示[J]. 矿产与地质,2005,109(19):294-295,312.

[8] 郭光裕,郭万超. 峪耳崖金矿金品位统计分布特征及其地质意义[J]. 地质找矿论丛,2000,15(2):142-158.

- [9] 张哲儒,毛华海.分形理论与成矿作用[J].地学前缘,2000,7(1):195-204.
- [10] 张均,周乔伟.分形方法在金矿化时空结构分析中的应用[J].现代地质,2000,14(1):56-60.
- [11] 任云生,刘连登,陈国华.铜陵地区伴生金矿中金的叠加成矿—因子分析和金品位分形研究[J].黄金,2006,27(11):14-18.
- [12] 曾庆栋,沈远超,刘铁兵,张启锐,孙秀英,郑晓廷,祝德平.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):43-49.
- [13] Sanderson D J, Roberts S A. . Fractal relationship between vein thickness and gold grade in drill core from La Co-dosera, Spain [J]. Economic Geology, 1994, 89: 168-173.
- [14] 杨之利,张旭,姜洪利.山东省莱州市寺庄金矿床地质特征[J].山东国土资源,2007,23(5):6-10.
- [15] 李厚民,沈远超,毛景文,刘铁兵.焦家式金矿构造 C 流体成矿作用特征[J].大地构造与成矿学,2002,26(4):396-403.
- [16] 赵鹏沅,顾雪祥,邓小.山东焦家金矿矿床成因及成矿模式[J].地质与勘探,2007,43(4):29-35.

Application of Indicating Function of Parameter Statistics and Fractal Characteristic to Mineralization Information in Sizhuang Gold Deposit in Shandong Province

CHEN Hongyi, QIAN Jianping

(College of Earth Science, Guilin University of Technology, Guangxi Guilin 541004, China)

Abstract: Collecting 4597 gold grade parameters from 82 drillings of Sizhuang gold deposit, according to the scaling of 100m, its mean, standard deviation, coefficient of variation in vertical direction, and the proportion which is greater than industrial grade minerals are analyzed. Compared to characteristics of fractal dimension values in vertical direction, some rules have been found as follows: gold ore body in deep part is better than its in shallow part in Sizhuang deposit. Regarding the scope of -700 ~ -800m as the mineralization center, its distribution in vertical direction is at least 500m or more. Through study on rock alteration zoning characteristics, combination characteristics of ore bodies, mutual relations of underground vein, and interspersed fractal dimension values of gold grade, it is showed that the time of gold mineralization in this area has experienced at least 3 times a superposition of geological mineralization, while the later two mineralization are most significant. It has a large exploration potentiality in deep part in space (-1000m or less). Fractal dimensional characteristics of gold grade can reflect forming stage effectively. In the same mineralization stage, the smaller the fractal dimension is, the better the mineralization is.

Key words: Gold grade; parameters statistics; fractal; fractal value; Sizhuang gold deposit; Shandong province