

## 山东平邑卓家庄金矿金品位的分形结构特征及意义

曾庆栋<sup>1</sup>, 沈远超<sup>1</sup>, 刘铁兵<sup>1</sup>, 张启锐<sup>1</sup>, 孙秀英<sup>1</sup>, 郑晓廷<sup>2</sup>, 祝德平<sup>2</sup>

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029; 2. 山东平邑归平庄金矿, 平邑 273306)

[摘 要] 卓家庄金矿为隐爆角砾岩型金矿床, 主要矿石类型可分为 4 种: 矿浆胶结隐爆角砾岩矿石、热液胶结隐爆角砾岩矿石、熔浆胶结隐爆角砾岩矿石、凝灰质胶结隐爆角砾岩矿石。金品位分形结构研究表明, 该矿床具有多次分形结构及规律性变化特点, 反映了多次矿化叠加的特点, 并预示了深部矿化的存在。

[关键词] 金品位 分数维 隐爆角砾岩 卓家庄金矿

[中图分类号] P618.51 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2000)03-0043-04

### 1 金矿地质概况

卓家庄金矿位于山东平邑铜石杂岩体西北部, 铜石杂岩体产于 NWW 向燕甘断裂与一系列 NW 向断裂交汇部位, 杂岩体是由闪长玢岩、二长斑岩等组成的次火山杂岩体。

矿区地层为寒武纪馒头组浅灰色—灰黄色条带状灰岩、疙瘩状灰岩夹黄色钙质砂岩; 毛庄组紫红色—暗紫色含云母质砂岩夹黄绿色、土黄色薄层泥质灰岩等。

矿区侵入岩主要为闪长玢岩, 同位素年龄为  $189.8 \text{ Ma}^{[1]}$ , 该岩体中发育晚期正长(二长)斑岩脉, 总体呈 NW 向和近 EW 向展布, 倾向南, 倾角  $50^\circ \sim 70^\circ$ , 宽度  $0.2 \text{ m} \sim 25 \text{ m}$ 。该期正长斑岩与金矿关系密切。矿体产出受两组交汇的正长斑岩脉控制。矿区内脆性断裂构造极为发育, 多为正长斑岩脉充填。主体构造为 NW 向断裂, 走向  $300^\circ$ , 倾向南西, 倾角  $70^\circ \sim 75^\circ$ , 发生了多期活动, 控制了隐爆角砾岩筒及其矿体的形成及产出(图 1)。

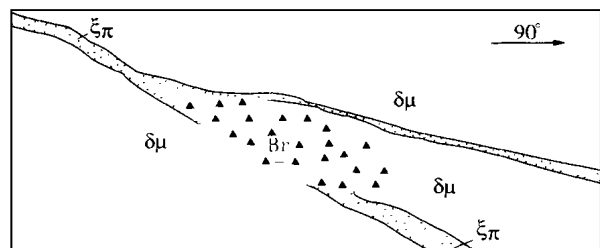


图 1 卓家庄金矿 90 m 中段水平地质图

ξπ—正长斑岩; δμ—闪长斑岩; Br—隐爆角砾岩

矿体为隐爆角砾岩型矿体, 主要呈角砾岩筒形式产出, 平面形态为不规则的棒锤状, 一般长度为  $10 \text{ m} \times 15 \text{ m}$ , 宽度为  $5 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ , 向 NW 方向变窄, 矿化为全筒式矿化。其中在 90 m 中段矿体长度最大, 达 50 m 左右, 目前矿山已开采至 170 m 深, 矿体仍未尖灭。矿体总体产状: 矿体上部(90 m 中段以上)产状为  $135^\circ \sim 45^\circ$ , 矿体下部(90 m ~ 170 m 中段)为  $149^\circ \sim 50^\circ$ 。隐爆角砾岩成分取决于与角砾岩体相接触的围岩的成分, 矿区内角砾岩胶结物的成分差别较大。矿床成矿阶段包括(1)石英—黄铁矿阶段, 主要矿物组合为黄铁矿和石英, 伴生有萤石, 形成矿浆胶结角砾岩, 是金矿主要成矿阶段之一, 形成特高金品位矿石; (2)石英—多金属硫化物阶段, 主要矿物组合为石英、黄铁矿、辉锑矿、方铅矿、萤石等, 该阶段为金的主成矿阶段之一, 形成高品位金矿石; (3)石英—冰长石阶段, 形成矿物以石英、冰长石为主, 并有萤石及少量金属矿物伴生; (4)碳酸盐阶段, 矿物组合为方解石、少量萤石和黄铁矿。

### 2 矿石类型

矿石类型主要由隐爆角砾岩型矿石组成, 少数为震碎角砾岩及碎裂岩型矿石, 分布于隐爆角砾岩矿石外侧。根据隐爆角砾岩中胶结物的成分及含量将矿区隐爆角砾岩矿石类型大致分为四种主要矿石类型。

#### 2.1 矿浆胶结角砾岩矿石

该类矿石为角砾状构造、块状构造, 角砾成分以闪长玢岩、正长(二长)斑岩为主, 极少量灰岩成分角

[收稿日期] 1999-01-20; [修定日期] 1999-10-05; [责任编辑] 张启芳

[基金项目] 中国科学院黄金九五重大项目(编号: KZ95-A1-404-02-02)、创新工程项目(KZCX1-Y-03-01)和山东省平邑归来庄金矿联合资助。

砾。角砾大小不等,以中、细砾为主,一般为  $10\text{ cm} \times 5\text{ cm} \sim 1\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 。角砾形态复杂,为棱角状、次棱角状、次浑园状,含量为  $70\% \sim 90\%$ ;胶结物主要为金属硫化物如辉锑矿、黄铁矿、方铅矿等,含量  $10\% \sim 30\%$ 。胶结物含量增多,金品位迅速增高。矿石中无孔隙,为紧密胶结。矿化表现为辉锑矿化、黄铁矿化、方铅矿化、硅化、萤石化等。角砾中长石斑晶多已发生萤石化及细粒浸染状黄铁矿化,角闪石斑晶则发生绿泥石化。该类矿石是金矿最富的矿石,金品位多在  $1000 \times 10^{-6}$  以上,最高可达  $2728 \times 10^{-6}$ ,主要分布于地表以下  $80\text{ m} \sim 114\text{ m}$  之间范围内。

## 2.2 热液胶结隐爆角砾岩矿石

金矿主要矿石类型之一,矿石为角砾状构造、块状构造、孔洞构造,角砾成分主要为闪长玢岩、正长斑岩、灰岩及少量片麻状花岗岩。多为复成分角砾岩,局部地段为单成分角砾岩,如  $90\text{ m}$  中段,由于角砾岩筒产生于灰岩捕虏体附近(边部),因此出现灰岩角砾岩型矿石。角砾大小混杂,以中砾( $10\text{ cm} \sim 2\text{ mm}$ )、细粒( $1\text{ mm} \sim 2\text{ mm}$ )为主,少量粗砾( $>10\text{ cm}$ ),无分选、定向,形态各异,有棱角状、次棱角状、次浑园状等,角砾含量在  $60\% \sim 80\%$ 。

## 2.3 熔浆胶结隐爆角砾岩矿石

该类矿石为角砾状构造,角砾成分复杂,主要为闪长玢岩、正长斑岩、灰岩、片麻状花岗岩等。角砾大小以中、细砾为主,角砾形态以次棱角状、次浑园状为主。角砾含量在  $60\% \sim 70\%$ ;胶结物主要为正长斑岩质熔浆物质,含量在  $30\% \sim 40\%$ 。矿化主要为浸染状、稀疏浸染状细粒黄铁矿化。角砾中亦发育星点状黄铁矿化。这类矿石品位一般较低,多在  $1 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$ ,少数大于  $5 \times 10^{-6}$ 。在平面上,该类矿石分布于角砾岩筒 NW 边部、两构造交汇部位;在垂向上,向深部  $150\text{ m}$  中段以下增多。

## 2.4 凝灰质胶结隐爆角砾岩矿石

该类矿石角砾状构造、块状构造,角砾成分复杂,主要为闪长玢岩、正长斑岩、灰岩、片麻状花岗岩等。以中、细砾为主,大小混杂,无分选、定向,角砾形态为棱角状、次棱角状、次浑园状,含量在  $50\% \sim 70\%$ ;胶结物为火山凝灰质,胶结疏松,矿石易碎裂,胶结物含量为  $30\% \sim 50\%$ 。该类矿石矿化较弱,主要为稀疏浸染状黄铁矿化及萤石化。矿石品位一般较低,多在  $0.5 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-6}$ ,主要出现于  $150\text{ m} \sim 160\text{ m}$  中段。除上述几种主要矿石类型外,还存在各种类型之间的过渡型矿石类型。

## 3 分形结构特征

众所周知,金矿金品位变化很大,分布极不均匀,不服从正态分布,因此,一些学者提出了利用分形学进行研究,即用分数的维数  $D$  表示金的分布偏离正态分布的程度,利用分数的维数来表征有色金属品位的分布特征已引起众多学者的关注<sup>[2]</sup>。

分数维最基本的定义是:利用粗视化的程度  $r$  和在此时被观测的个数  $N(r)$ ,通过下式定义:

$$D = -\lg N(r) / \lg r$$

如果把  $r$  和  $N(r)$  标绘在双对数图上,各点大致分布在一条直线上,利用直线的斜率可以求出  $D$  值。利用不同标高的采矿分析金品位数据,进行了金品位分形结构特征研究,在此,  $r$  表示金品位,  $N(r)$  表示金品位大于  $r$  的样品数,  $D$  为分形的维数。若金品位各点大致在一条线上分布,反映了金品位之间具有自相似性。

为了研究卓家庄金矿金品位的分形结构特征,对不同深度矿石的分析数据进行了分形研究,图 2(a) 是卓家庄金矿金的频率分布的直方图(234 个数据),图 2(a) 表明,该矿金品位不服从正态分布,具有明显的拖尾现象,其金品位对数分布与金品位分布相似(图 2(b))。

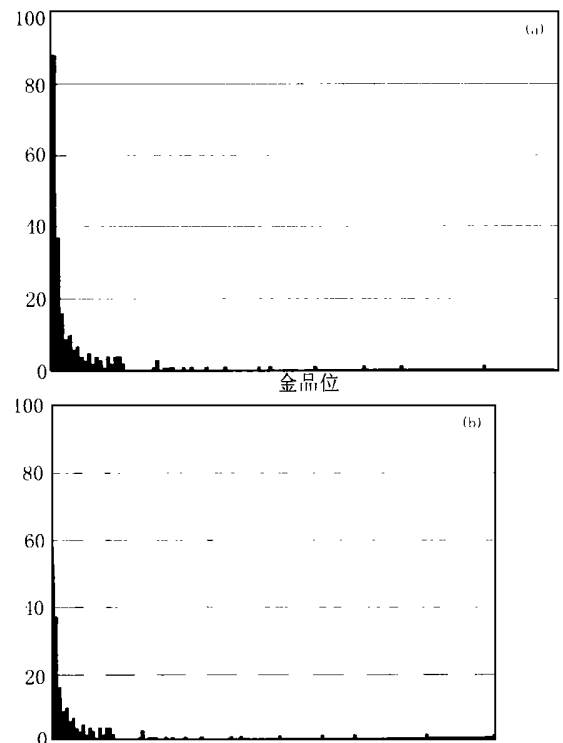


图 2 卓家庄金矿金品位频率分布直方图  
(a) — 金品位频率直方图; (b) — 金品位对数的频率直方图

在双对数坐标图(图 3)上,各样品点分布总体上呈一较为圆滑的曲线,反映了该金矿形成主要为一个成矿期,即在一主隐爆期形成。但是可以进一步划分为四个直线段,并利用直线的斜率求出分形维数的  $D$  值, $D$  值分别为  $D_1 = 0.12, D_2 = 0.67, D_3 = 1.6, D_4 = 4.01$ ,四个维值与该金矿主要矿石类型或隐爆角砾岩中主要胶结物类型相一致。

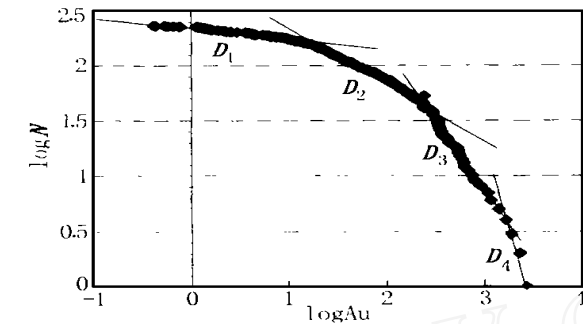


图 3 卓家庄金矿金品位双对数坐标图

在垂向上,该金矿金品位分形特点具有明显的变化规律:从近地表浅部至地下 160 m 深处,维值由简单到复杂。在 60 m ~ 70 m 中段金品位双对数坐标图上(图 4(a)),各点分布大致在一条直线上,有一个维值;在 70 m ~ 80 m 中段金品位双对数坐标图上(图 4(b)),各点分布沿两条直线分布,存在两个维值;在 90 m ~ 100 m、100 m ~ 114 m 中段金品位双对数坐标图上(图 4(c、d)),各点分布沿 3 条直线分布,存在 3 个维值;在 114 m ~ 125 m、125 m ~ 136 m、136 m ~ 150 m 中段金品位双对数坐标图上(图 5(a、b、c)),各点主要沿三条直线分布,存在三个维值;其中,90 m ~ 100 m 中段金品位分布具有上、下过渡特征;150 m ~ 161 m 中段金品位双对数坐标图上(图 5(d)),存在 4 个维值。

4 金矿金品位分形维数  $D$  值的地质意义

- (1) 分数维  $D$  值反映了金矿的空间变化规律,4 个维值代表了 4 种主要的矿石类型;相对小的  $D$  值代表了热液胶结为主的隐爆角砾岩型矿石;
- (2)  $D$  值大小的规律出现,反映了矿体向深部

仍有一定程度的延伸,因此可以作为深部成矿预测的依据之一;

(3) 多分数维  $D$  值反映了金矿多次矿化事件的叠加,一个分数维  $D$  值代表了一次矿化(成矿阶段)。

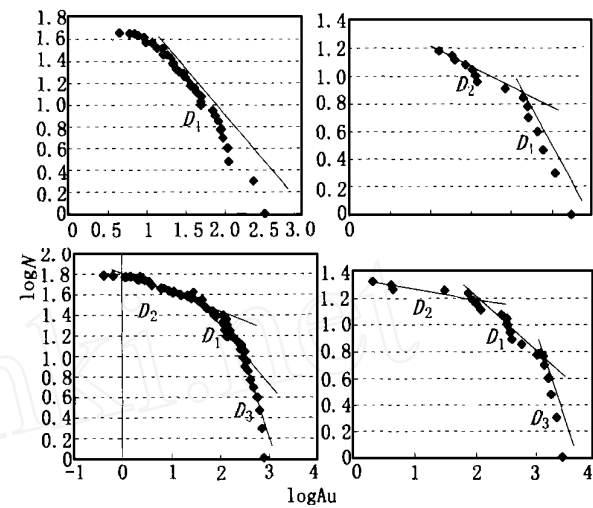


图 4 卓家庄金矿金品位双对数坐标图

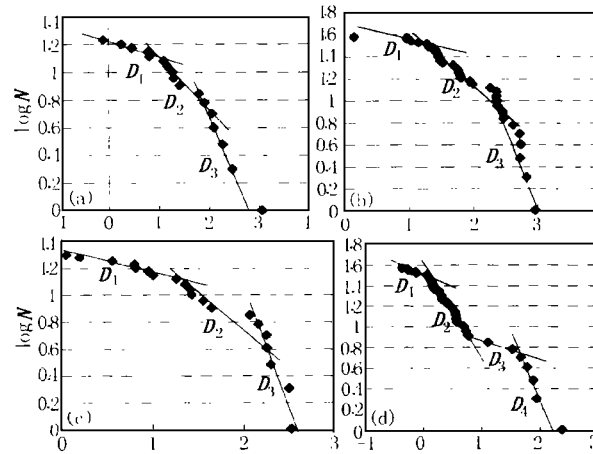


图 5 卓家庄金矿金品位双对数坐标图

[参考文献]

[1] 林景仟,谭东娟,于学峰,等. 鲁西归来庄金矿成因[M]. 济南: 山东科学技术出版社,1997. 1 ~ 45.

[2] 沈步明,沈远超. 金属矿山地质数据库与地质统计学[M], 北京: 科学出版社,1994. 0 ~ 42.

FEATURES AND IMPLICATION OF FRACTAL TEXTURE OF GOLD TENOR OF ORES  
IN ZHUOJIAZHANG GOLD DEPOSIT, PINGYI, SHANDONG PROVINCE

ZENG Qing - dong, SHEN Yuan - chao, LIU Tie - bing, ZHANG Qi - rui, SUN Xiu - ying, ZHEN Xiao - ding, ZHU De - ping

**Abstract:** Zhuojiazhuang gold deposit is a type of hydrothermal breccia pipe deposit, the main ores can be divided into four types: breccia ore cemented with ore liquid, cemented with ore - bearing hydrothermal, cemented with Syenite - porphyry magma, and tuffaceous materials. Fractal texture studies of gold tenors suggest that Zhuojiazhuang gold deposit is characterized by molystage fractal texture and regular change of the fractal dimension. These features show that molystage mineralizations took place in ore area and further suggest the deep (under 170m level) still have gold mineralization.

(下转第 47 页)

2)当  $A \leq (S_2, S_4) \leq B, B < (S_1, S_3) \leq C$  时,非独立增量为:

$$\Delta G_1 = \left[ \left( (S_2 - R_2 / K_1) - B \right) K_1 + \left( B - (S_1 - R_1 / K_2) \right) K_2 \right] - \left( (S_3 - R_3 / K_2) - (S_1 - R_1 / K_2) \right) K_2 \cdot (T_2 - T_1) / (T_3 - T_1)$$
$$\Delta G_2 = \left[ \left( (S_3 - R_3 / K_2) - B \right) K_2 + \left( B - (S_2 - R_2 / K_1) \right) K_1 \right] - \left( (S_4 - R_4 / K_1) - (S_2 - R_2 / K_1) \right) K_1 \cdot (T_2 - T_1) / (T_4 - T_2)$$

独立增量计算:

$$\Delta G_2 = \left( \left| \Delta G_1 \right| + \left| \Delta G_2 \right| \right) / 2$$

以上公式中的各参量物理意义为:

A、B、C—重力仪格值分段的初值、界线值、终值。

$K_1、K_2$ —重力仪在 AB、BC 段的格值。

$S_1、T_1、R_1$ —在 1 号点上的重力仪第一次观测值、观测时间、固体潮值。

$S_2、T_2、R_2$ —在 2 号点上的重力仪第一次观测值、观测时间、固体潮值。

$S_3、T_3、R_3$ —在 1 号点上的重力仪第二次观测值、观测时间、固体潮值。

$S_4、T_4、R_4$ —在 2 号点上的重力仪第二次观测值、观测时间、固体潮值。

A METHOD FOR CALCULATION OF GRAVITY SINGLE RANGE OBSERVATION  
AND THREE RANGE CIRCULATION OBSERVATION BY SECTIONAL SCALE VALUE

FAN Xiang - fa

**Abstract :**The eight formulas have been obtained for calculation of gravity single range observation and three range circulation observation when the sectional scale value of the large range gravimeter changes more than 1/ 1400.

**Key words :**single range observation , three range circulation observation , formula



第一作者简介:

范祥发(1955 年 - ),男。1978 年毕业于成都地质学院物探系,高级工程师。现任贵州地勘局地球物理地球化学勘查院重力分队长,主持 1 20 万区域重力工作。

通讯地址:贵州省贵阳市金竹镇 贵州省地质矿产局地球物理地球化学勘查院 邮政编码:55000

(上接第 42 页)



第一作者简介:

刘素红 女,1967 年 3 月生。1988 年毕业于西南交通大学计算机软件及应用专业,1991 年在江汉石油学院物探系获硕士学位。现为中国科学院遥感应用研究所在读遥感地质博士。进行中国金矿遥感数据库信息系统的建立研究。

通讯地址:北京 9718 信箱 中国科学院遥感应用研究所固体室 邮政编码:100101

(上接第 45 页)

**Key Words :**gold tenor , fractal dimension , hydrothermal breccia , Zhuojiazhuang gold deposit



第一作者简介:

曾庆栋(1964 年 - ),男,1986 年毕业于长春地质学院地质系,1989 年、1997 年先后获得构造地质学专业硕士学位、矿床学专业博士学位。1997 年—1999 年为中国科学院地质研究所博士后,现为该所助理研究员,主要从事金矿成矿预测科研工作。

通讯地址:北京市朝阳区祁家豁子 中国科学院地质与地球物理研究所六室 邮政编码:100029