

胶东乳山金矿黄铁矿形态研究^①

李胜荣 陈光远 邵伟 孙岱生

(中国科学院地球化学研究所·贵阳) (中国地质大学·北京)

提 要 乳山金矿黄铁矿形态十分复杂,经统计共发现6种习性晶36种形态,{210}为优势晶习,其次为{100}、{311}和{111}。

以石英-黄铁矿-菱铁矿组合为特征和以镜铁矿-多金属硫化物-方解石组合为特征的早、晚两个成矿期早阶段{100}习性晶黄铁矿较发育,晚阶段{111}习性晶较发育,主成矿阶段黄铁矿形态最为复杂,以{210}、{311}习性晶为特征。

黄铁矿的形态在矿化地段上部相对富{100},下部相对富{111}。富矿段{210}和{311}习性晶含量较高,而贫矿段{100}含量较高。{111}习性晶在富矿段相对较发育,但相关性不明显。

以 $Y_{PY} = -3C_{(100)} + C_{(210)} + 2C_{(311)}$ 为要素对乳山金矿金青顶矿区Ⅰ号矿体所在矿化地段填图表明,黄铁矿形态可作为石英脉型金矿矿化强度预测的有效工具。

关键词 黄铁矿形态 矿物学填图 乳山金矿 胶东

乳山金矿是胶东牟平-乳山金矿带最重要金矿床之一,由金青顶和双山子两矿区组成。黄铁矿为乳山金矿最主要的载金矿物。本文从黄铁矿形态在不同成矿阶段和不同矿化地段的变化性入手,研究了黄铁矿形态与矿化强度的关系。在此基础上进行了矿物学填图,揭示了黄铁矿形态在金矿化预测中的重要作用。

1 黄铁矿的产状

乳山金矿矿体由以石英-黄铁矿-菱铁矿组合为特征的早成矿期(Ⅰ)和以镜铁矿-多金属硫化物-方解石组合为特征的晚成矿期(Ⅱ)两期物质叠加而成。早期包括黄铁绢英岩化阶段(Ⅰ-1)、黄铁石英阶段(Ⅰ-2)、石英黄铁矿阶段(Ⅰ-3)和石英菱铁矿阶段(Ⅰ-4)四个阶段。晚期也包括四个阶段,即:镜铁石英阶段(Ⅱ-1)、多金属硫化物阶段(Ⅱ-2)、石英绿泥石阶段(Ⅱ-3)和石英方解石阶段(Ⅱ-4)。其中,Ⅰ-3和Ⅱ-2为主成矿阶段。

乳山金矿黄铁矿开始出现于黄铁绢英岩中,随矿化作用结束而消失,在镜铁石英阶段黄铁矿生成作用出现中断,成为早晚两个成矿期的分界点和转折点。

^① 地质矿产部科技司资助项目

黄铁矿的形成过程可分5个阶段,主要产状特点如表1所示。

表1 乳山金矿黄铁矿产状特征
Table 1 Occurance of pyrite in Rushan gold deposit

成矿阶段	矿物组合类型	黄 铁 矿 特 征					
		颜色	主要粒度	特征形态	结 构	构 造	含量(%)
I-1	Q+Ser+Py	淡黄	中-粗粒	{100},{210}	自形	稀疏浸染状	5-10
I-2	Q+Py	淡黄	粗粒	{100},{210}	自形,碎裂	稀疏浸染状	5-10
I-3	Q+Py	铜黄	中细粒	{210},{311}	自形,浑圆,碎裂	稠密浸染状 块状大脉状	60-80
I-4	Q+Sd+(Py)	淡黄	中细粒	{210},{110}	自形	稀疏浸染状	2-3
II-1	Q+Spc+Mt						0
II-2	Q+Cp+Gn+Sph	铜黄	中粒	{210},{100}	自形,碎裂	稠密浸染状 细脉状	20-30
II-3	Q+Chl+Fe-Do	淡黄	中细粒	{111}	自形	稀疏浸染状	<5
II-4	Q+Cc						0

注:Q.石英 Ser.绢云母 Py.黄铁矿 Sd.菱铁矿 Spc.镜铁矿 Mt.磁铁矿 Cp.黄铜矿 Gn.方铅矿 Sph.闪锌矿
Chl.绿泥石 Fe-Do.铁白云石 Cc.方解石

2 黄铁矿形态的时空变化

乳山金矿金青顶矿区黄铁矿晶体形态比较复杂,几乎所有 $m3(3L^24L^33PC)$ 对称型的单形或聚形(三角三八面体除外)都有发现,歪晶、规则和不规则的二连晶、三连晶甚至八连晶也相当常见。具皮壳状凸面的浑圆颗粒和同单形不同晶面指数的聚形亦不乏其例。双山子矿区黄铁绢英岩中207粒黄铁矿统计结果,虽然显示晶体习性比较简单($\{100\}$ 和 $\{210\}$),形态种类也较少(7种),但单形和二、三、四种单形的聚形都有产出,晶面尚有负条纹被发现。因此,乳山金矿是黄铁矿晶体形态研究的宝库。

对2590粒黄铁矿的统计表明,乳山金矿共发育6种习性晶36种形态, $\{210\}$ 为优势晶习,其次为 $\{100\}$ 、 $\{311\}$ 。 $\{111\}$ 在晚期相当发育。

2.1 不同阶段黄铁矿形态特征

由表2可知,早成矿期黄铁矿形态十分复杂,随时间趋于多样化,各阶段差异较明显:

黄铁绢英岩化(I-1)阶段,以 $\{100\}$ 和 $\{210\}$ 构成的聚形为主, $\{210\}$ 习性稍强,其他晶体亦均呈 $\{210\}$ 和 $\{100\}$ 习性。

黄铁石英英(I-2)阶段:具 $\{100\}$ 、 $\{210\}$ 、 $\{111\}$ 和 $\{311\}$ 四种习性,但形态种类较为简单,以 $\{100\}+\{210\}$ 、 $\{100\}$ 最发育,其次为 $\{210\}$ 单形。

石英黄铁矿(I-3)阶段:晶体习性最全、形态种类最复杂,以 $\{311\}$ 习性晶大量出现为特

征。

石英菱铁矿(Ⅰ-4)阶段:晶体习性齐全、形态种类不多,以{210}{110}常见为特征。

晚成矿期黄铁矿形态较简单:多金属硫化物(Ⅱ-2)阶段优势形态为{100}+{210},{210}和{100}习性晶最发育;石英绿泥石(Ⅱ-3)阶段形态种类大幅度减少,以{111}占绝对优势。

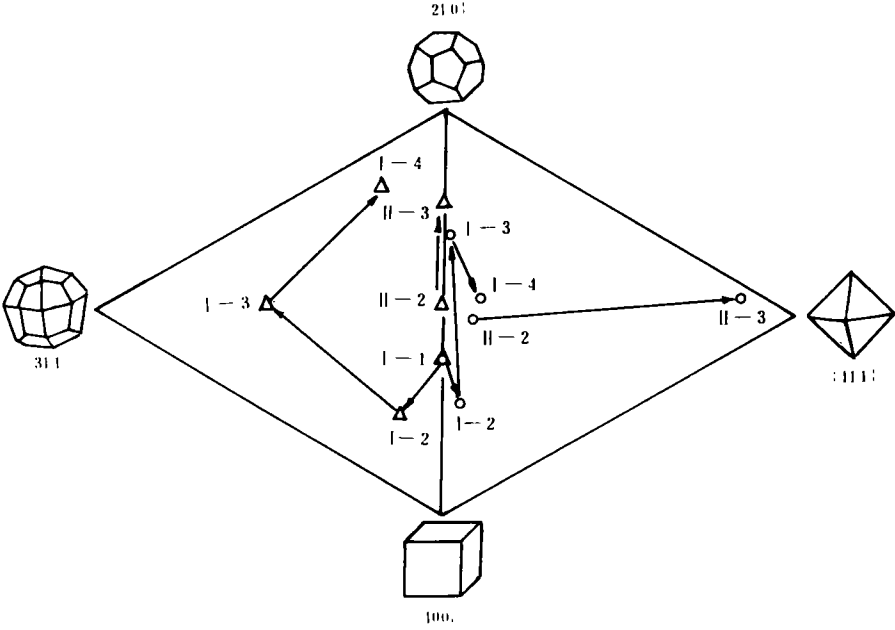
表2 乳山金矿各阶段黄铁矿晶体形态

Table 2 Crystal forms of pyrite with different stages, Rushan deposit

习性	形 态	百 分 比 (粒 数)					
		黄铁绢英岩阶段	黄铁矿石英阶段	石英黄铁矿阶段	石英菱铁矿阶段	多金属硫化物阶段	石英绿泥石阶段
立方体	{100}	8.5(4)	20.0(23)	2.3(8)		5.7(8)	
	{100}+{210}	23.4(11)	38.3(44)	8.5(29)	7.3(3)	36.2(51)	6.5(7)
	{100}+{210}+{111}			2.1(7)		1.4(2)	
	{100}+{111}+{210}			0.9(3)			
	{100}+{111}			1.2(4)		0.7(1)	
	{100}+{311}+{111}+{210}		2.6(3)	0.6(2)			
	{100}+{311}+{210}	2.15(1)	0.9(1)	1.5(5)			
	{100}≈{210}	6.4(3)				0.7(1)	
五角十二面体	合 计	40.4(19)	61.7(71)	17.0(58)	7.3(3)	44.7(63)	6.5(7)
	{210}	4.25(2)	13.9(16)	8.8(30)	41.5(17)	7.8(11)	4.6(5)
	{210}+{100}	46.8(22)	7.0(8)	16.1(55)		12.1(17)	13.9(15)
	{210}+{100}+{111}			0.9(3)		2.1(3)	
	{210}+{111}+{100}			0.6(2)			
	{210}+{111}	4.25(2)		2.3(8)		8.5(12)	
	{210}+{311}			2.3(8)		9.2(13)	
	{210}+{311}+{100}					6.4(9)	
八面体	{210}+{311}+{111}		0.9(1)	0.6(2)			
	{210}+{100}+{311}+{111}	4.25(2)	3.5(4)	3.8(13)			
	合 计	59.6(28)	25.2(29)	35.5(121)	41.5(17)	46.1(65)	18.5(20)
	{111}		3.5(4)	0.3(1)		5.0(7)	75.0(81)
	{111}+{100}					2.1(3)	
	{111}+{210}			0.3(1)		0.7(1)	
	{111}+{110}				9.8(4)		
	{111}+{100}+{210}					1.4(2)	
四角三八面体	合 计	0	3.5(4)	0.6(2)	9.8(4)	9.2(13)	75.0(81)
	{311}		0.9(1)	4.7(16)			
	{311}+{100}			0.6(2)			
	{311}+{111}		0.9(1)	4.1(14)			
	{311}+{211}		6.1(7)	24.3(83)			
	{311}+{210}+{111}				9.8(4)		
	{311}+{211}+{111}			6.5(22)			
	{311}+{211}+{111}+{100}			0.3(1)			
十二菱形面积	{311}+{111}+{100}			0.3(1)			
	{311}+{511}+{100}		1.7(2)				
	合 计	0	9.6(11)	40.8(139)	9.8(4)	0	0
	{110}				26.8(11)		
	{110}+{111}			0.3(1)			
	合 计	0	0	0.3(1)	26.8(11)	0	0
偏十二方复面体	{321}			0.3(1)	4.9(2)		
	{321}+{210}+{100}			2.3(8)			
	{321}+{111}+{210}+{100}			3.8(13)			
	合 计	0	0	6.4(22)	4.9(2)	0	0

粒数:793(含李仕荣511,1990)

不同阶段黄铁矿的晶形演化见简化双三角图解(图1)。由图示可知,早晚两期早阶段{100}习性晶相对较发育,晚阶段{111}相对较发育,主成矿阶段黄铁矿形态最为复杂。从系统



I-1 黄铁绢英岩化阶段 I-2 黄铁石英阶段 I-3 石英黄铁矿阶段
I-4 石英菱铁矿阶段 II-2 多金属硫化物阶段 II-3 石英绿泥石阶段

图1 乳山金矿不同阶段黄铁矿晶习演化图

Fig. 1 Evolution of crystal habit of pyrite with different stages, Rushan gold mines

发生的角度看,这与远东金矿黄铁矿晶形演化系列(Евзикова,1984)是一致的。

2.2 不同标高黄铁矿形态特征

乳山金矿金青顶矿区黄铁矿四种不同习性晶含量随深度的变化以{100}最为明显(表3,图2),表现了与远东金矿不同的逆向分带,即矿化地段上部相对富{100},下部相对富{111}。{100}、{210}和{311}习性晶与金矿化强度有一定关系,例如:—285~335m 富矿段多见{210}习性晶,—155m、—530m 富矿段多见{311}习性晶,{111}习性晶则主要出现于—530m 富矿段,—195m 贫矿段{100}含量较高。值得注意的是,富矿段外缘也可能出现{210}和{311}的高含量(如—610m),这为预测富

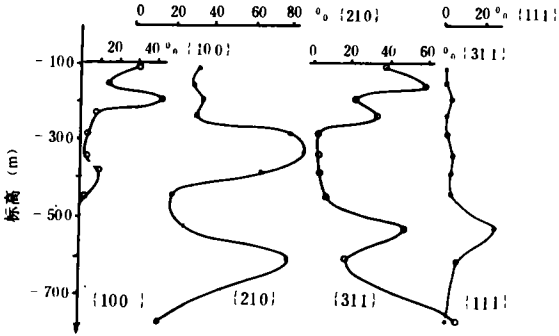


图2 金青顶金矿黄铁矿形态垂向变化曲线

Fig. 2 Vertical variation of pyrite form in Jinqingding Gold Deposit

矿段提供了重要信息。-770m 处出现74.5%的{311}习性晶,可能预示另一富矿段即将出现。

表3 金青顶矿区黄铁矿形态垂向变化

Table 3 Vertical variation of pyrite form in Jinqingding gold mine

标高 (m)	{100}习性		{210}习性		{311}习性		{111}习性		粒数	矿化强度
	粒数	百分数	粒数	百分数	粒数	百分数	粒数	百分数		
-115	17	28.8	19	32.2	23	39.0	0	0	59	较富
-155 *	17	14.0	34	28.1	70	57.9	0	0	122	较富
-195 *	15	41.7	12	33.3	8	22.2	1	2.8	36	较贫
-235	8	6.7	35	29.6	39	33.1	1	0.8	118	较贫
-285	10	3.0	260	78.3	6	1.8	0	0	332	较富
-335	2	0.6	282	86.0	9	2.7	12	3.7	328	较富
-385	43	8.6	314	62.6	16	3.2	15	3.0	501	较贫
-430~-480	2	1.2	29	18.1	11	6.9	3	1.9	160	较贫
-530	0	0	26	24.9	50	48.1	28	26.9	104	较富
-610	0	0	79	77.6	17	16.7	6	5.8	102	较贫
-770	0	0	6	11.8	38	74.5	0	0	51	较贫

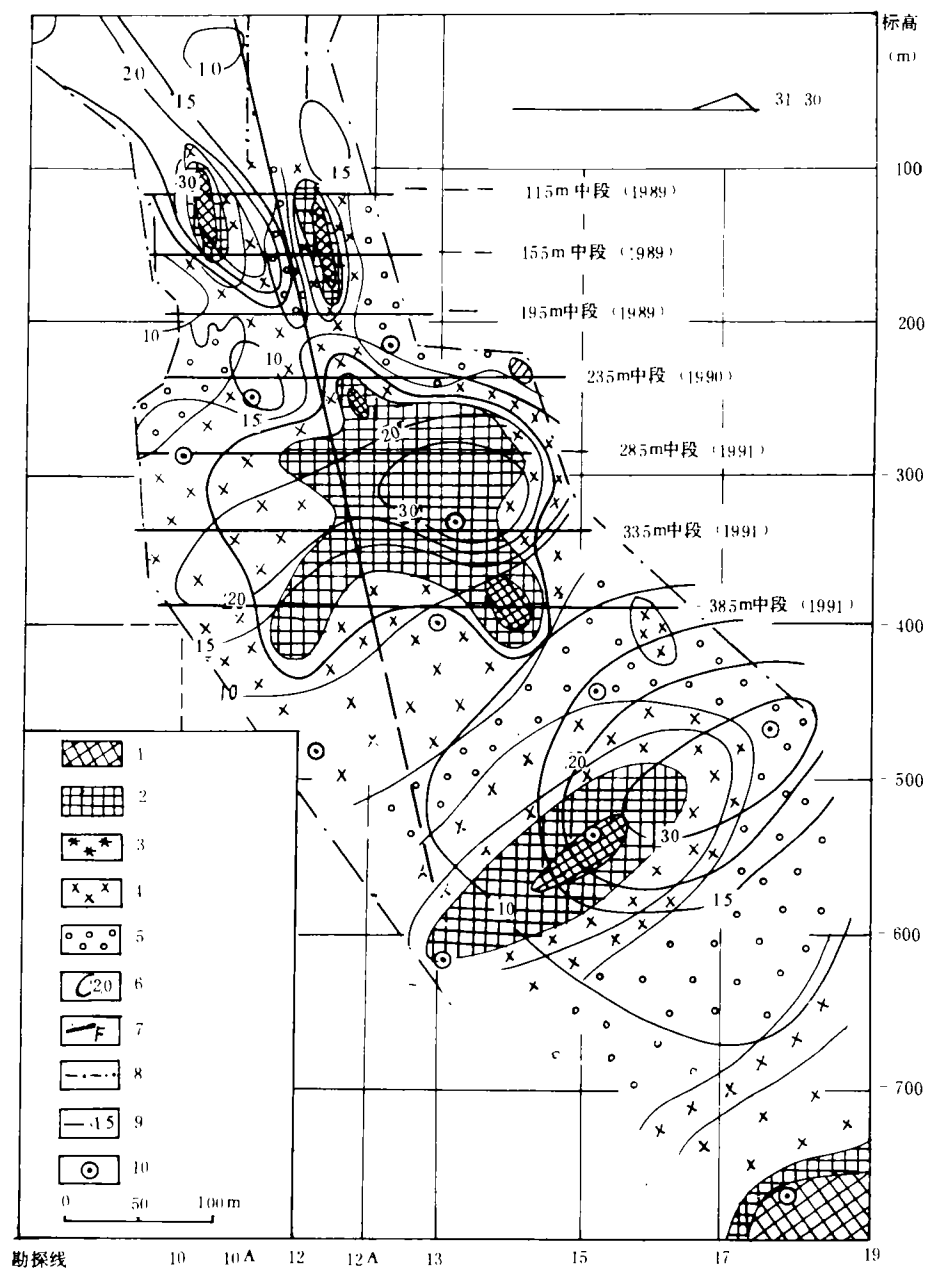
表4 金青顶矿区黄铁矿特征形态及 X_{py}值垂向变化

Table 4 Vertical variation of special forms and Xpy value of pyrite from Jinqingding gold mine

标高(m)	{100}单形	含{100}聚形	含{111}聚形	{111}单形	X _{py}
-115 *	5.1(3)	23.7(14)	0	0	-33.9
-155 *	1.7(2)	12.3(15)	0	0	-15.7
-195 *	5.6(2)	36.1(13)	0	2.8(1)	-41.7
-235	0.8(1)	29.7(35)	0.8(1)	0	-30.5
-285	0	31.0(103)	8.1(27)	0	-22.9
-335	0	11.3(37)	7.0(23)	0	-4.3
-385	0.4(2)	30.9(155)	23.0(115)	0	-8.7
-430~-480	0.6(1)	8.8(14)	15.6(25)	1.9(3)	+9.4
-530	0	5.8(6)	24.0(25)	4.8(5)	+27.8
-610	0	29.4(30)	18.6	2.9(3)	-5.0
-770	0	11.8(6)	5.9(3)	0	-5.9

* 据李仕荣(1990),数据意义:百分比(粒数)

参考 Евзикова(1984)计算黄铁矿形态参数 X_{py}公式: $X_{py}=(2C_v+C_{lv})-(C_l+2C_t)$,对 C_l



1. >120 2. $100\sim200$ 3. $70\sim100$ 4. $50\sim70$ 5. <50 6. 金品位等值线 7. 断层 8. 矿体边界 9. 坑道 10. 钻孔

图3 金青顶矿区Ⅱ号矿体黄铁矿形态 Y_{py} 等值线垂直纵投影图

Fig. 3 Vertical longitudinal isopleth of Y_{py} value reflecting pyrite forms of orebody No. 2, Jinqingding gold mine.

和 C_N 的涵义作适当修正: C_I = 含 $\{100\}$ 的聚形含量(%), C_N = 含 $\{111\}$ 的聚形含量(%), C_I 和 C_N 仍分别为 $\{100\}$ 和 $\{111\}$ 单形含量(%), 求得不同标高 X_{py} 值如表4。从表中也可看出, X_{py} 值

随深度增大有增大之趋势,也反映了矿化地段内黄铁矿形态的逆向分带特征。

3 黄铁矿形态填图

综合本区 $\{100\}$ 、 $\{210\}$ 、 $\{311\}$ 和 $\{111\}$ 四种习性黄铁矿晶体的时空演化特点,给出它们与金矿化关系的评判得分(分别为 -3 、 $+1$ 、 $+2$ 和 0),计算金青顶矿区7个中段11个钻孔各测点的形态填图参数 $Y_{PY} = -3C_{\{100\}} + C_{\{210\}} + 2C_{\{311\}}$ (C 为含量百分数),编制金青顶Ⅱ号矿体所在矿化地段黄铁矿形态 Y_{PY} 等值线纵投影图(图3),其结果反映了如下规律:

(1) $Y_{PY} > 100$ 之高值区形态,明显反映主矿体侧伏向(NNE)和富矿段侧伏向(SSW)两组构造(矿体及富矿段侧伏向与构造的密切关系见李胜荣,1992^①)的控制。其中 -300m 处高值区的两组构造叠加控制特征尤为突出。

(2) $Y_{PY} > 100$ 之高值区在NNE侧伏方向约以等间距重复出现, -100m 以下三个富矿段与三个高值区大体对应。 -700m 以下19线附近出现第四高值区,可能预示另一富矿段即将出现。

(3) Y_{PY} 的本质是四种习性晶体的量化,图3从宏观上、从整体上反映了 $\{311\}$ 和 $\{210\}$ 习性晶与 $\{100\}$ 习性晶黄铁矿在反映金矿化强度方面的反向关系。

参考文献

- 1 邵洁涟. 金属矿物的标型性研究. 见:成因矿物学应用. 武汉:武汉地质学院出版社,1984
- 2 陈光远,孙岱生,殷辉安. 成因矿物学与找矿矿物学. 重庆:重庆出版社,1986
- 3 任英忱,等. 山东招远-掖县地区蚀变岩型金矿评价中用黄铁矿晶体形貌填图的初试. 地质找矿论丛,1986,1(2):61~69
- 4 孙岱生,陈光远. 黄铁矿成因形态学研究. 见:武警黄金指挥部等. 中国金矿床成因矿物学和找矿矿物学论文选集,1987
- 5 徐国风. 金矿找矿矿物学. 地质与勘探,1987,23(1)
- 6 徐国风,邵洁涟. 黄铁矿标型特征及其实际意义. 地质论评,1980,25(6)
- 7 陈光远,邵伟,孙岱生. 胶东金矿成因矿物学与找矿. 重庆:重庆出版社,1989
- 8 地矿部情报所. 金矿区的矿物学填图与方法(文集). 北京:冶金工业出版社,1989
- 9 方耀奎,等. 广西凤山金牙金矿床黄铁矿的标型特征及其实际意义. 矿物学报,1992,12(2)
- 10 Sunagawa I. Variation in crystal habit of pyrite. Rept. Geol. Surv. Japan, 1957, (175)
- 11 Евзикова И. Э. Лоисковая кристалло-морфология. Изд. «Недра» Москва, 1984

① 李胜荣. 山东省乳山县乳山金矿成因矿物学与找矿矿物学. 中国地质大学(北京)博士学位论文,1992

STUDY ON MORPHOLOGY OF PYRITE FROM RUSHAN GOLD MINES, JIAODONG REGION

Li Shengrong

Chen Guangyuan Shao Wei Sun Daisheng

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

(China University of Geosciences, Beijing, 100083)

Absrtact

The morphology of pyrite from Rushan gold mines is quite complicated. A statistics recognizes 6 habit crystals and 36 forms with $\{210\}$ as its dominant habit and subsequently $\{100\}$ and $\{111\}$.

It is known that $\{100\}$ habit crystals are developed in the early stages and $\{111\}$ in the late, whereas more complicated with $\{210\}$ and $\{311\}$ in the major ore-forming stages of the quartz-pyrite-siderite assemblage characterized early metallogenic epoch and the specularite-polymetallic sulphide-calcite assemblage characterized late epoch.

The upper portion of the mineralized zone is relatively rich in $\{100\}$ and the lower in $\{111\}$. The strongly auriferous block contains high $\{210\}$, $\{311\}$ and somewhere $\{111\}$ habit crystals and the barren block contains relatively high $\{100\}$.

Taking $Y_{PY} = -3C_{\{100\}} + C_{\{210\}} + 2C_{\{311\}}$ (here C represents for content) as cartographic unit to map the mineralized zone where orebody No. 2 located in Jinqingding gold mine, some significant results in mineralization intensity predicting are obtained.