

# 山东七宝山金矿床地质特征 及成因探讨

王 郁

(冶金工业部天津地质研究所)



本文研究了七宝山金矿的区域及矿区的地质特征,在分析总结野外地质资料的基础上,从矿床地质、矿物岩石的化学成分、稀土元素、矿物流体包裹体、同位素等不同角度阐明了金矿床的地球化学特点,并认为七宝山金矿受古火山机构控制,属于与隐爆角砾岩筒有关的火山热液型金矿床。

产在次火山岩中的七宝山金矿是我国与火山隐爆作用有关的金矿床的典型代表。金矿床严格受火山机构制约。经过几年的地质勘探工作,证实金和铜都具有经济意义,均具中型规模。由于矿床直接赋存于隐爆角砾岩筒内,其形成受中生代火山活动的影响,所以日趋受到人们的重视。山东省冶金地质勘探公司第四勘探队等单位在本区做了大量的工作,从不同角度阐述了矿床的地质特征<sup>[1,2]</sup>,本文旨在从研究矿床的地质地球化学特征入手来探讨金矿床的形成机制。

## 一、区域及矿区地质概况

七宝山金矿床处于胶莱坳陷的西南部,西部紧靠沂沭断裂,东南与胶南隆起毗邻。胶莱坳陷为中生代火山岩盆地。矿区西侧的沂沭断裂为郯庐断裂的一部分。沂沭断裂及其次一级构造对本区的成岩、成矿起着重要的作用。

矿区范围内地层主要的白垩系下统青山组,该组是一套安山质火山岩和火山碎屑沉积岩。七宝山火山-次火山杂岩体产于青山组。本区中生代岩浆活动非常强烈,表现为频繁的火山喷发及次火山岩的形成。七宝山火山杂岩体就是在燕山运动期间由爆发式为主的火山活动形成的。

由于受北东向沂沭断裂活动的影响,特别是由于矿区内的中心式火山喷发作用,本区基底构造呈北北东方向展布,而矿区构造以发育放射状及环状断裂构造为主,这些构造裂隙多被后期岩脉所充填。

七宝山火山穹隆为中心式火山喷发形成的火山机构,金矿化主要与晚期次火山岩有关(图1)。根据火山岩形成的先后顺序可划分出四个阶段:第一阶段是角闪安山玢岩,主要分布在杂岩体的外围;第二阶段为辉石二长岩、闪长岩;第三阶段主要是粗安玢岩;第四阶段为石英闪长玢岩、花岗闪长斑岩等。很明显,岩浆活动的演化序列是由中基性到中酸性及偏碱性。火山岩岩体出露面积约12km<sup>2</sup>,形态为一长轴呈北西向展布的椭圆形。隐爆角砾岩筒位于侵入杂岩体的东南部。从剖面上看,以闪长岩和闪长玢岩为主的角砾岩呈筒状分布。角砾大小不均,大者直径可达十几米,一般为十几厘米至几十厘米。角砾之间无明显位移,多数为原地围岩。这些角砾大多数呈棱角或次棱角状,角砾之间由热液矿物和蚀变矿物充填与交代,金矿化及金属矿物主要在

本文1990年3月收到,5月改回,季国容编辑。

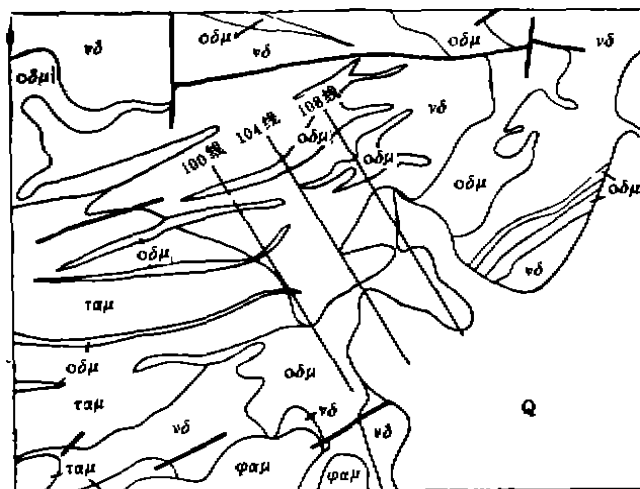


图 1 七宝山金矿区地质简图

(据山东省冶金地质勘探公司第四勘探队)

Fig. 1 Schematic geological map of the Qibaoshan mining district  
(after the Fourth Geological Exploration Team of the Metallurgical Geological Exploration Company, Shandong Province)

Q—第四系; νδ—辉石闪长岩; φαν—角闪安山玢岩; ταμ—粗安玢岩; οδμ—石英闪长玢岩-花岗闪长斑岩  
Q—Quaternary; νδ—augite diorite; φαν—hornblende andesite porphyrite; ταμ—trachyandesite porphyrite; οδμ—quartz diorite porphyrite-granodiorite porphyry

胶结物中发育。经野外地质工作查证,角砾岩筒为七宝山火山机构的火山通道,它是在火山活动后期,随着次火山岩的侵入,大量的火山气液聚集于火山通道的上部,挥发分的积累使内压大于外压,在没有冲破地表盖层的情况下发生隐爆而形成角砾岩筒。

## 二、矿床地质特征

### 1. 围岩特点

七宝山金矿床的围岩为火山活动晚期的次火山岩,主要是辉石闪长岩、石英闪长玢岩、安山玢岩、花岗闪长斑岩和粗安玢岩等。表1和表2分别列出了主要岩石类型的平均化学成分和稀土元素含量及主要特征参数。稀土元素球粒陨石标准化分布模式为一组向右倾斜的曲线,表现出轻稀

表 1 七宝山次火山岩岩石化学分析结果

Table 1 Chemical compositions of subvolcanic rocks in Qibaoshan

岩石名称	样品数	氧 化 物 (%)												
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	CO <sub>2</sub>
辉石闪长岩	4	47.71	10.15	0.72	3.27	4.64	9.63	9.13	0.40	1.21	3.16	0.63	1.62	6.29
闪长玢岩	4	50.16	11.73	0.57	0.97	2.45	7.98	9.64	0.40	1.47	4.49	0.18	1.61	6.02
安山玢岩	5	59.27	13.55	0.50	1.58	2.31	4.97	3.95	0.22	0.26	3.78	1.01	1.79	4.14
花岗闪长斑岩	1	65.18	14.20	0.52	1.18	2.67	2.01	3.07	0.20	0.13	4.02	3.08	1.77	1.30
粗安玢岩	3	56.94	16.65	0.84	2.14	2.97	3.87	3.68	0.58	0.23	5.61	1.26	2.06	0.59

分析者: 冶金工业部天津地质研究院分析室

表 2 七宝山金矿床岩石稀土元素含量 (ppm)  
Table 2 REE contents (ppm) of subvolcanic rocks in Qibaoshan gold deposit

编 号	七-59	七-61	七-64	七-67	七-68
岩 石 名 称	石英闪长玢岩	辉石闪长岩	安山玢岩	花岗闪长斑岩	安山玢岩
La	186.90	153.90	98.93	56.14	84.16
Ce	322.80	272.70	175.90	94.72	156.10
Pr	32.10	28.53	18.76	9.92	18.10
Nd	100.10	93.46	63.69	34.01	68.34
Sm	12.19	12.21	8.83	5.16	11.70
Eu	2.90	2.93	2.38	1.54	3.11
Ga	5.41	5.84	4.94	3.40	7.35
Tb	0.95	0.91	0.63	0.54	0.92
Dy	5.43	5.34	4.16	2.84	5.55
Ho	0.69	0.77	0.65	0.47	0.94
Er	3.11	2.95	2.35	1.63	3.06
Tm	0.27	0.24	0.22	0.13	0.27
Yb <sub>0</sub>	2.04	1.97	1.64	1.29	2.25
Lu	0.49	0.43	0.30	0.35	0.38
ΣREE	675.38	582.18	383.38	212.14	362.23
Eu/Sm	0.24	0.24	0.27	0.30	0.27

分析者: 中国地质科学院岩矿测试技术研究所

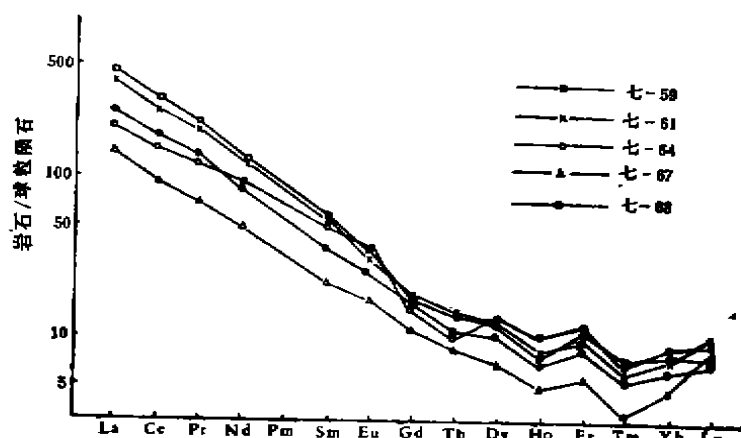


图 2 岩石的球粒陨石标准化稀土配分型式

Fig. 2 Chondrite-normalized REE patterns of the rocks

土相对富集的特征 (图2)。ΣREE从212.14ppm到675.38ppm, 没有出现明显的铈异常。

## 2. 矿体、矿化特征及矿石的结构、构造

金矿化主要发生在角砾岩筒内, 矿体的产出形态与角砾岩筒一致, 平面上近椭圆形, 剖面上金矿体呈筒状 (图3)。从整个角砾岩筒的矿化情况来看, 金矿化主要产在角砾岩筒的中上部, 而下部则以铜矿化为主。据矿脉的穿插关系和矿物共生组合及交代关系可以分为三个成矿阶段: 石英-黄铁矿阶段; 含金石英-菱铁矿-镜铁矿阶段; 硫化物-石英-碳酸盐阶段。金主要生成于第二个成矿阶段。本区围岩蚀变非常发育, 主要有硅化、绢云化、黄铁矿化和碳酸盐化, 围岩蚀变一

般发生在矿化较强的地段。

矿石的结构以自形晶和他形晶结构为主, 还有交代结构、包含结构、压碎结构、乳滴状结构等。矿石构造主要为角砾状构造、脉状构造、浸染状构造等。角砾状构造实际上是岩石角砾被硅质及硫化物等胶结而成。

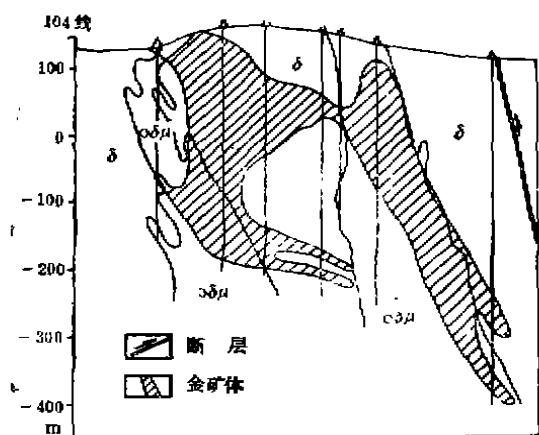


图 3 七宝山矿床金矿体剖面图

Fig. 3 Geological section of the gold body in the Qibaoshan gold deposit

δ—闪长岩; oδμ—石英闪长玢岩-花岗闪长斑岩  
δ—diorite; oδμ—quartz diorite porphyrite-granodiorite porphyry

### 3. 矿石矿物的特征

矿石中的金属矿物主要产在胶结物中, 金属矿物有黄铁矿、黄铜矿、镜铁矿、斑铜矿、方铅矿、辉铜矿、磁黄铁矿等。脉石矿物以石英和菱铁矿为主, 次为白云石、重晶石等。金矿物主要以自然金、银金矿形式产出。

(1) 自然金和银金矿 自然金和银金矿是主要的金矿物, 本区自然金和银金矿的形态比较复杂, 以片状和粒状为主, 还有的呈不规则状及细脉状。自然金的颗粒较粗, 粒度一般为0.02—0.08mm, 少数0.10—0.15mm。自然金的成色为822—899 (表3)。根据显微镜下观察和电子显微镜研究(图4, 5), 自然金和银金矿的赋存状态

有3种: ①自然金、银金矿赋存在镜铁矿或石英的晶隙之间, 这是金矿物的主要存在形式。②呈细小的微粒金包裹在黄铁矿等矿物中。③金矿物充填在其它金属矿物的裂隙里。



图 4 G83-2自然金Au, La X射线象 ×1300

Fig. 4 G83-2Au, La X-ray photograph of native gold ×1300

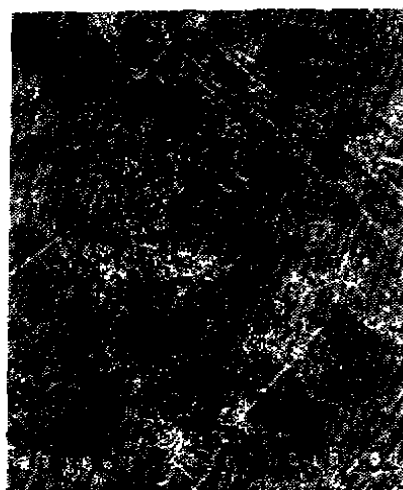


图 5 A5-2自然金背散射电子象 ×860

Fig. 5 A5-2 Back-scattered electron photograph of native gold ×860

(2) 石英 石英是金的主要载体矿物之一, 本区含金石英颜色呈灰色, 一般为他形, 石英粒度差别较大, 有粗粒石英, 也有的含金石英为中细粒。从石英的化学成分上看 (表4), 本区的含金石英以富含结构铝和碱质为特征。

表 3 金矿物及含铋矿物电子探针分析结果  
Table 3 Microprobe analysis of gold and bismuth-bearing minerals

样 号	矿物名称	分 析 结 果 (%)							总 量
		Au	Ag	S	Fe	Cu	Bi	Pb	
A5-1	自然金	80.02	17.36	0.03	2.58	0	—	—	99.99
A5-2	自然金	80.39	17.67	0.05	0.16	0	—	—	98.27
G279	自然金	88.03	9.92	0.32	0.59	0.01	—	—	98.87
G83	银金矿	79.78	15.67	1.06	1.51	0.04	—	—	98.06
G260	针硫铋铅矿	—	0.13	14.99	0.26	10.35	37.58	36.70	100.01
G260	硫铋铜矿	—	1.43	18.56	0	37.83	42.88	0	100.07

分析者: 冶金工业部天津地质研究院分析室

表 4 石英的化学成分 (%)  
Table 4 Chemical compositions (%) of the quartz

样 号	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Li <sub>2</sub> O	Rb <sub>2</sub> O	WO <sub>3</sub>
G13	0.025	0.087	0.42	1.02	0.62	0.010	0.001	0.0045
G23	0.069	0.008	0.35	0.13	0.51	0.014	0.001	0.0052
G72	0.050	0.269	0.38	0.046	0.47	0.004	<0.001	0.0155
G92	0.051	0.104	0.60	0.029	0.25	0.019	0.001	0.0052
G111	0.069	0.148	0.74	0.092	1.00	0.012	0.002	0.0250
G119	0.019	0.061	0.29	0.033	0.46	0.005	0.002	0.0037
G174	0.070	0.020	0.14	0.020	0.24	0.003	0.001	0.0029
G199	0.038	0.120	0.48	0.064	0.44	0.008	0.002	0.0116
G219	0.025	0.092	0.42	0.056	0.32	0.012	<0.001	0.0039
G250	0.062	0.006	0.13	0.006	0.18	0.003	0.002	0.0043

分析者: 冶金工业部天津地质研究院分析室

### 三、矿物包裹体及稳定同位素特征

#### 1. 矿物包裹体

我们做了3件金属矿物镜铁矿、黄铁矿和石英的爆裂温度, 得出的结果分别是 257℃, 252℃和302℃。根据山东冶金地质勘探公司第四勘探队资料, 对矿石矿物中的石英做了均一法测温, 从40件样品测温结果来看(图6), 包裹体的温度主要分布在340—120℃之间, 表明其主要成矿温度应当在320—150℃范围。从成矿温度判断, 七宝山金矿属于中低温热液矿床。

对包裹体成分只测定其气相成分(表5), 从分析结果看到气相成分中最多的是二氧化碳, 一般认为金矿床的矿物包裹体中含较多的二氧化碳, 金矿化与二氧化碳的含量有一定的关系, 本区包裹体中的二氧化碳含量较高也符合这一规律。

#### 2. 稳定同位素特征

(1) 硫同位素 据山东冶金地质勘探公司第四勘探队资料, 对矿石矿物黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等做了硫同位素组成测定(表6),  $\delta^{34}\text{S}$ 值接近陨石值, 并且均为正值。几种硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值范围是0.3—5.1‰, 18件硫化物样品的 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值为3.16‰。在硫同位素组成图上呈塔式分布(图7)。因此硫具有来自地壳深部的特点。

表 5 矿物包裹体气相成分  
Table 5 Gaseous compositions  
of mineral inclusions

样 号	测试矿物	分 析 结 果 (μL/g)					
		CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
七-11	石英	4.8	16.7	6.0	8.3	—	—
七-11	重晶石	3.6	17.2	4.6	3.9	—	—

分析者: 天津冶金工业部地质研究院包裹体研究组

表 6 矿石矿物硫同位素组成  
Table 6 Sulfur isotope values  
of ore minerals

测试矿物	样 品 数	δ <sup>34</sup> S (‰)	
		平 均 值	极 差
黄 铁 矿	9	3.16	2.9
黄 铜 矿	7	3.73	3.1
方 铅 矿	1	0.3	
闪 锌 矿	1	2.0	

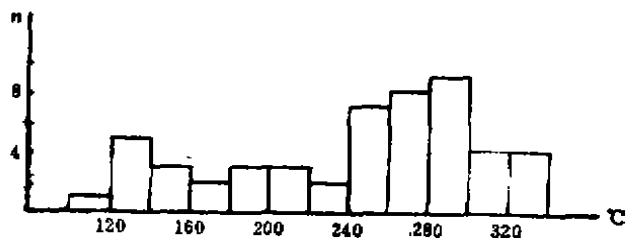


图 6 矿物包裹体均一温度直方图  
Fig. 6 Homogenization temperature  
histogram of mineral inclusions

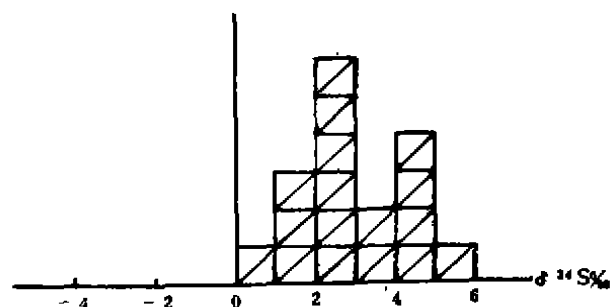


图 7 矿石硫同位素组成图  
Fig. 7 Diagram of sulfur isotope values  
of ore minerals

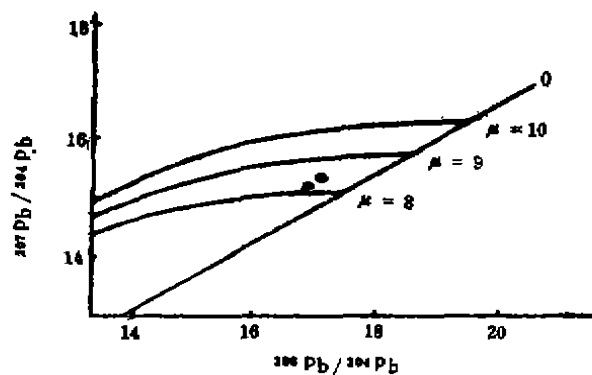


图 8 矿石铅同位素组成图  
Fig. 8 Diagram showing lead isotope compositions of ore minerals

表 7 矿石铅同位素组成  
Table 7 Lead isotopic compositions of ore minerals

样品号	测试矿物	铅同位素组成 (%)				$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	φ 值年龄 (Ma)	μ
		<sup>204</sup> Pb	<sup>206</sup> Pb	<sup>207</sup> Pb	<sup>208</sup> Pb					
七-19	黄铁矿	1.406	24.106	21.715	52.770	17.145 1	15.444 5	37.532 0	705	8.61
七-20	方铅矿	1.423	24.123	21.683	52.769	16.953 6	15.237 5	37.082 9	610	8.26

分析者: 北京铀矿地质研究所

(2) 铅同位素 从矿石中采取2件样品分析铅同位素组成(表7), 由表7中看到本区矿石铅同位素有以下特征: ①两个样品的铅同位素组成均为正常铅<sup>[3]</sup>, 同位素组成比较稳定, 但 $\phi$ 值年龄与成矿年代不符, 可能含铅矿物在定位前被局部混染。②通过计算得到 $\mu$ 值分别为8.61和8.26,  $\mu$ 值较低, 在铅同位素演化图上(图8), 其中一个点投到地幔铅演化曲线附近, 反映了铅具有深部来源的特点。铅同位素的特征显示了成矿物质的源区为下地壳或上地幔。

## 四、矿床成因讨论

### 1. 成矿物质来源

基于对硫、铅稳定同位素的研究, 硫同位素与陨石硫值接近, 铅同位素也具有深源的特点, 从硫、铅两种同位素的特征得出了相似的结论, 即矿床中的金等成矿物质是来自于下地壳或更深部位。另外从成矿地质特征来看, 七宝山金矿产在隐爆角砾岩筒中, 矿化围岩为火山活动晚期的次火山岩。从地表围岩的两个锶同位素样品分析结果来看(表8), 锶同位素比值分别是0.70928和0.70923, 表明次火山岩具有深源的特征。实际上矿化围岩的形成与成矿热液的上升均发生在火山活动晚期的不同阶段, 从下地壳上升到近地表的岩浆物质在火山口周围形成一系列次火山

表 8 七宝山次火山岩锶同位素分析结果

Table 8 Strontium isotopic compositions of subvolcanic rocks

样 号	样品名称	Rb (ppm)	Sr (ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$
七2-3	辉石闪长岩	149.2	1 450.8	0.297 9	0.709 28
七-7	闪长玢岩	155.1	1 776.5	0.252 9	0.709 23

分析者: 北京铀矿地质研究所

岩, 而在最晚期的火山热液活动过程中, 携带金、铜等成矿物质的火山热液从深部到达近地表, 通过一系列物理化学作用而成矿。所以无论是成矿围岩或是成矿物质, 均系来自于下地壳。另外, 从矿石与岩石的稀土元素特征对比来看, 图9是两件矿化蚀变闪长玢岩的稀土元素球粒陨石标准化图, 与岩石稀土元素的分配模式(图2)极为相似, 同样具有富集轻稀土元素的特征, 矿

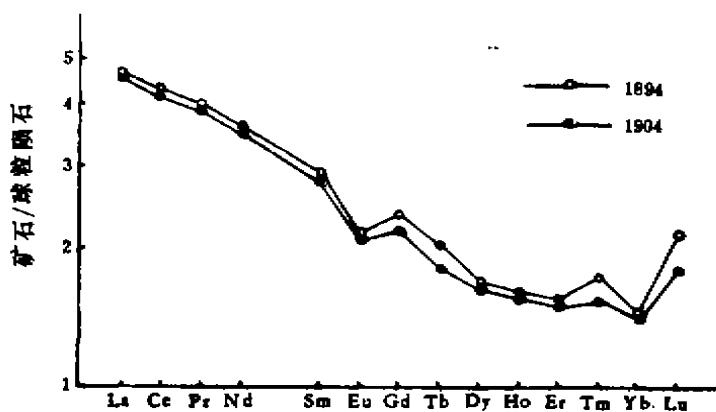


图 9 矿石的球粒陨石标准化稀土配分型式

Fig. 9 Chondrite normalized REE patterns of the ore

石中的稀土总量要低于岩石中的稀土总量。说明矿石中的稀土元素与火山岩中的稀土元素具有一定的继承性。也就是说成矿物质与火山岩岩石是同源的,都来源于地壳深部。

## 2. 成矿时代

成矿时代拟从次火山岩的形成时代来讨论。七宝山次火山杂岩体产于中生代火山岩盆地,为确定其准确的成岩年代,分析了6件岩石钾-氩同位素样品,得到的钾-氩年龄平均为146.7Ma,说明矿化围岩形成于中生代燕山运动期间。如前所述,七宝山火山隐爆作用及火山热液成矿作用与次火山岩的侵入是相继发生的。据李廷栋等人的研究<sup>[4]</sup>,沂沭裂谷系从孕育到成形的演化是从侏罗纪到白垩纪期间,七宝山火山机构的形成是在裂谷系强化阶段的早白垩世。金、铜矿产的形成是火山连续活动的结果,也可以说火山热液活动和金矿床的形成是在火山活动的晚期阶段。因此,成矿时代与成岩时代非常接近,金矿床的形成也是在中生代。

## 结 论

1. 七宝山金矿区位于一个中生代的火山机构上,矿床赋存在隐爆角砾岩筒中,成岩成矿作用与沂沭裂谷的活动关系密切。

2. 金矿体的产状、矿石的结构构造、矿物的共生组合及矿石物质成分说明矿床的形成与火山隐爆作用有关,具有火山热液成矿特点。

3. 矿物包裹体的研究阐明了金矿床的某些成矿物理化学条件。硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 与零值比较接近,并显示塔式分布特征,说明成矿物质来源于地壳深部,铅同位素组成也具有深源特征,表明金及其他成矿元素来自下地壳。

4. 综合七宝山金矿的地质地球化学特点,说明该矿床为一产在隐爆角砾岩筒内的火山热液型金矿床。

参加研究工作的还有张建、杨志达、李晓明等同志。工作中得到山东冶金地质勘探公司第四勘探队的支持和协助,在此一并致谢。

## 参 考 文 献

- [1] 周炳煌, 1986, 山东五莲七宝山金铜矿特征及与隐爆角砾岩筒关系的探讨. 地质找矿论丛, 第3期, 第59—67页。
- [2] 张建, 1987, 山东沂沭裂谷系七宝山金铜矿床地质特征. 地质与勘探, 第6期, 第1—7页。
- [3] 潘曙兰、乔广生译(福尔, G. 著), 1977, 同位素地质学原理. 科学出版社。
- [4] 李廷栋、刘洪滨, 1985, 郑庐断裂中段沂沭裂谷系的古火山构造. 国际交流地质学术论文集, 第89—102页, 地质出版社。

## GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND ORIGIN OF QIBAOSHAN GOLD DEPOSIT IN SHANDONG PROVINCE

Wang Yu

(Tianjin Institute of Geology, Ministry of Metallurgical Industry, Tianjin)

### Abstract

The Qibaoshan gold deposit is located in the southwestern part of the Jiaolai depression, close to the Yishu fault system. Mount Qibao is an ancient volcanic dome and the gold deposit occurs in a cryptoexplosion breccia pipe. The wall rocks



of the ore body are subvolcanic rocks which intruded in the Mesozoic. The form of the ore body is elliptic in cross section and pipe-like in vertical section. The rare earth element (REE) distribution patterns of subvolcanic rocks related to gold mineralization are rightward inclining curves, suggesting a marked enrichment of light REE. By means of studying mineral inclusions the formation temperature and other physico-chemical conditions have been acquired. The  $\delta^{34}\text{S}$  values of sulfide minerals are in the range from 0.3‰ to 5.1‰, with an average of 3.16‰, which are close to those of chondrite. The characteristics of sulfur and lead isotopes show that gold and other ore-forming substances were derived lower crust. The author holds that the Qibaoshan gold deposit is a volcanogenic-hydrothermal deposit related to the explosion breccia pipe.

#### 作者简介

王郁, 生于1947年12月, 籍贯河北省, 1975年毕业于长春地质学院地勘系, 1984年于东北工学院地质系获硕士学位。现任冶金工业部天津地质研究院工程师, 从事矿床学研究。通讯地址: 天津市河西区友谊路42号, 邮政编码: 300061。