

西秦岭寨上金矿床稀土元素和微量元素特征

吕喜旺¹, 刘新会², 于 岚³, 刘建春¹

(1. 武警黄金第二总队, 河北廊坊 065000; 2. 武警黄金第五支队, 西安 710100; 3. 西北大学, 西安 710100)

摘要: 寨上金矿的金矿石稀土元素特征与容矿岩石相似, 与侵入岩(二长花岗岩)的差别较明显, 说明寨上金矿床成矿与地层建造具有成因联系。矿化带中明显富集 Au, Hg, As, Sb, Pb, Zn; 黄铁矿中 Co/Ni 平均值为 0.27~1.5, 矿体的 Co/Ni 平均值为 0.33~0.40, 说明成矿温度不高。从赋矿岩石到金矿体 Co, Ni 值有增加的趋势, 说明从沉积成岩到成矿, 成矿元素及微量元素有进一步的富集。

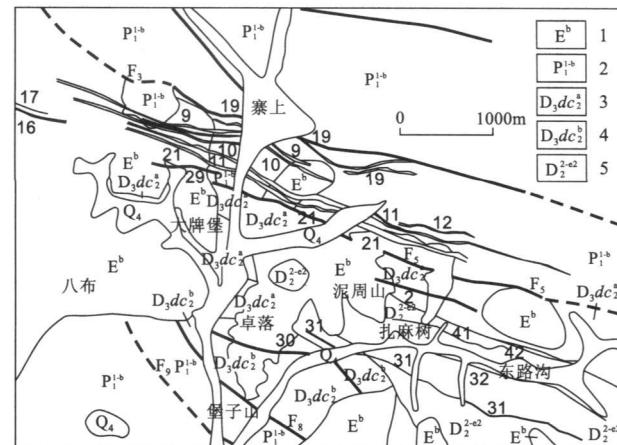
关键词: 稀土元素; 微量元素; 寨上金矿; 甘肃省

中图分类号: P611; P618.51 文献标识码: A 文章编号: 1004-1412(2007)03-0201-05

1 地质概况

寨上金矿床位于西秦岭岷礼盆地中, 是西秦岭地区重要的金矿集中区^[1]。目前已获金资源量(333+334)50余t, 达特大型规模, 而且还在继续扩大, 具有巨大的经济价值。自 20 世纪 70 年代以来, 先后发现了李坝、金山、马泉、马坞、鹿儿坝等金矿床^[2~6]。2003 年以来, 对寨上金矿床的矿床地质地球化学、成矿物质来源、成矿流体性质、成矿物理化学条件等方面研究取得重大进展^[1]。本文通过矿石中的稀土元素、微量元素组成特征探讨寨上金矿床的成矿物质来源。

寨上金矿主要受控于 NW 向断裂及国营牛场—卓洛村复背斜(图 1)。主要赋矿层位为中泥盆统一下二叠统(亦有人称下石炭统巴都组)。为近岸—泄湖相粉砂质板岩、泥质板岩、碳质板岩等。主要矿体 21 号、9 号、10 号、11 号、19 号脉赋存于顺层断裂中。成矿作用可划分为: 沉积预富集期, 中泥盆统至下二叠统为矿源层; 剪切构造与低温热液改造期, 为工业矿体形成的主要时期; 表生氧化期, 金矿体次生富集形成富矿体。原生矿石中可见到细—微细粒结构的团块状(细脉状)黄铁矿、零星分布



2 样品采集及处理方法

通过收集前人^[1-9]稀土元素分析资料,并在寨上金矿从卓洛村到寨上村实测剖面(P6),采集赋矿层位的岩石样品:粉砂质板岩、泥质板岩、碳质板岩等46件;选择191、11-1、2号矿脉进行研究,采集不同类型矿石样品6件;送交实验室进行化验分析微量元素,对所有资料进行统计分析。

3 分析结果及讨论

3.1 稀土元素特征

从表1、表2可以看出,金矿石的稀土元素特征与容矿岩石很相似,而与侵入岩(二长花岗岩)差别较为明显(表2)。从图2可以看出,金矿石及容矿岩石稀土配分曲线分布呈现向右中低倾斜趋势。表现为轻稀土元素富集(20×10^{-6} ~ 60×10^{-6})、重稀土元素平坦($< 15 \times 10^{-6}$)的特征。

表1 寨上金矿床含矿岩石及矿石稀土元素组成

Table 1 REE composition of the host rock and the ore of Zhaishang gold deposit $w_B / 10^{-6}$

岩性	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
黄铁矿型金矿石	24.16	6.08	15.49	11.77	7.33	3.95	4.83	4.01	3.76	3.62	3.76	3.7	3.88	3.61
铜-金矿石	10.03	8.18	5.656	4.533	3.54	8.71	3.2	2.53	2.73	2.37	2.43	2.47	2.63	2.41
板岩	17.45	10.8	10.41	7.867	4.56	2.99	2.86	2.53	2.64	2.65	3.14	3.4	3.83	3.92
方解石脉	10.9	18.2	24.18	29.88	42.7	44.1	33.3	27.2	22.4	18.4	15.9	12.7	10.9	8.73

表2 寨上金矿床含矿岩石及矿石稀土元素特征参数

Table 2 REE characteristic parameters of the host rock and ore in Zhaishang gold deposit $w_B / 10^{-6}$

岩性	矿石		围岩			二长花岗岩(中川岩体)*				
	黄铁矿型 金矿石	铜-金 矿石	均值	含碳泥质 板岩	方解石脉**	似斑状黑云母 二长花岗岩	含斑黑云母 二长花岗岩	中细粒黑云母 二长花岗岩	均值	
Σ REE	99.95	61.42	80.68	79.01	319.40	166.29	121.67	155.05	147.67	
Σ HREE	31.17	20.78	25.98	24.96	149.50					
Σ LREE	68.78	40.65	54.72	50.05	169.90					
Σ L/ Σ H	2.21	1.96	2.09	2.01	1.14	5.72	5.32	7.05	6.03	
(La/Yb) _N	6.23	3.81	5.02	4.56	0.99	16.35	16.11	23.54	18.67	
(Sm/Nd) _N	0.62	0.78	0.70	0.58	1.43					
Gd/Yb	1.24	1.30	1.27	0.84	3.06					
La/Sm	3.30	2.83	3.07	3.83	0.26	3.85	3.28	3.29		
δ (Eu)	0.65	2.58	1.62	0.81	1.16	0.63	0.43	0.58		
δ (Ce)	0.31	1.04	0.68	0.77	1.04					

注: * 据高兆坤等, 2001; ** 据于岗, 2004。

容矿岩石与金矿石配分形式相似,为一组缓密集平行的右倾斜线,表明金矿石对容矿岩石稀土来源的继承性。金矿石(La/Yb)_N和分别为3.81和6.23,亦显示出壳源特征。金矿石和围岩的稀土元素总量接近,分别为 80.68×10^{-6} 和 79.01×10^{-6} ,而区域二长

花岗岩的稀土元素总量较高(147.67×10^{-6}),说明金矿床与地层建造的成因联系更为密切。金矿石和围岩的轻、重稀土元素分馏程度不一致,轻稀土元素较富集,La/Sm分别为3.07和3.83,重稀土元素则比较平坦,Gd/Yb分别为1.27和0.84。

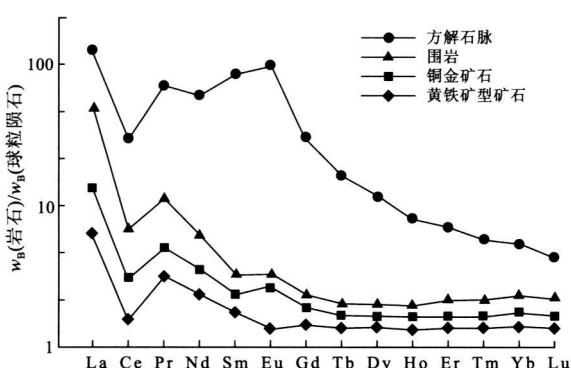


图2 塞上金矿床不同岩石稀土元素球粒陨石标准化模式图

Fig. 2 Chondrite normalized REE patterns of rocks in the Zhaishang gold deposit

3.2 微量元素特征

从表3和图3可以看出, 矿(化)体中的Hg, As, Sb, Pb, Zn等微量元素值明显高于上地壳及区域岩石。矿化带中明显富集Au, Hg, As, Sb, Pb, Zn。从这些元素地球化学异常和共生组合规律看, 具有明显的3级浓度异常(图3)。Au, Sb, Hg, As始终保持密切的地球化学关系, 说明砷的金属硫化物是引起本区Au-As化探异常的重要原因。

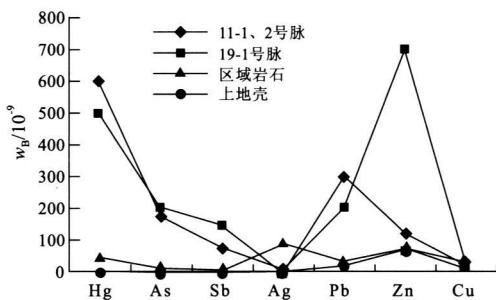


图3 塞上金矿矿体与含矿岩系微量元素特征对比图

Fig. 3 The comparison plot of trace element features of ore body and the host rock sequence

根据元素的R型聚类分析(图4)可见, Au与Pb, Sb, As元素组合与成矿关系最为密切。与Au共生的成矿元素均为挥发性低温元素, As, Sb, Hg可作为地质化探找矿的重要指示元素。

从表4和图5可以看出, 塞上金矿床矿体中Pb, Zn, W, Mo, La, Ce, Li, Ba的富集系数均大于2(富集系数为某元素在矿体中的平均含量与大陆上部地壳

平均含量的比值^[7]), 为强富集元素; Cr, Co, V, Y, Yb, Sc, Ga, Mn, Ti的富集系数为1~2, 为中等富集元素; Cu, Sn, Sr的富集系数<1, 为贫化元素。

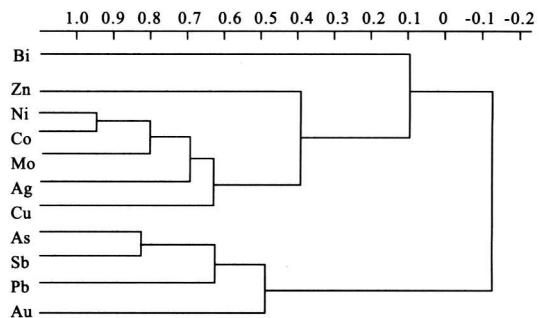


图4 塞上金矿R型聚类分析谱系图

(据姜海平, 2003)

Fig. 4 R-cluster analyses pedigree diagram of Zhaishang gold deposit

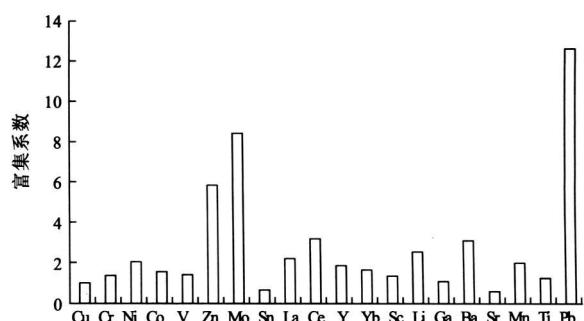


图5 塞上金矿矿化体中微量元素富集系数图

Fig. 5 Plot showing trace element enrichment coefficient of mineralized bodies

表4列出了寨上金矿床中矿化体、围岩、载金矿物黄铁矿、赋矿岩石的微量元素平均值及元素比值, 证明寨上金矿床中成矿元素与赋矿岩石、区域地层有密切的关系, 与前人(张复新、于嵒, 2004)从其他方面得出的结论是一致的。

矿物中所含的微量元素在一定程度上反映了矿石的形成条件, 可作为成因的指示剂。黄铁矿中的杂质元素Co, Ni等呈类质同象取代Fe, 而Co在周期表中的位置离Fe更近, 故Co较Ni更易进入黄铁矿晶格, 因而黄铁矿中的Co/Ni比值对成矿条件具指示意义。一般来说, Co/Ni比值越大, 矿物的形成温度越高^[7]。寨上金矿黄铁矿中的Co/Ni平均值为0.27~1.5, 说明成矿温度为中低温。

表 3 塞上金矿区微量元素特征

Table 3 The characteristic of trace element of rocks and ores in Zhaishang gold deposit

名称	$w(\text{Au}) / 10^{-6}$	$w_B / 10^{-6}$						备注
		Hg	As	Sb	Ag	Pb	Zn	
1#-1, 2 号脉	2.3	600	170	70	3	300	120	25
19-1 号脉	1.24	500	200	150	2	200	700	20
区域岩石	4.4(10^{-9})	50	10.2	3.4	90	32.3	75.9	39.9
上地壳	1.8(10^{-9})	0.08	1.5	0.2	0.05	20	71	25

表 4 塞上金矿矿体、黄铁矿和赋矿岩石中的微量元素质量分数及特征值

Table 4 Content and characteristic value of trace element of ore-body, pyrite and host rock $w_B / 10^{-6}$

元素	金矿体		富集系数	黄铁矿			赋矿层位 (P ₁ -D ₂)	赋矿岩石		
	19-1	11-1, 2		上地壳	微细黄铁矿内核	黄铁矿聚晶外环		粉砂质板岩	泥质板岩	碳质板岩
Cu	20	25	25	0.90			16.24	19.15	14.28	15.28
Cr	40	50	35	1.29			32.05	31.20	32.43	32.51
Ni	30	50	20		5500	700	400	17.57	16.79	18.16
Co	10	20	10	1.50	1500	600	600	8.17	8.71	7.97
V	12	150	60	1.35						
As	200	170			5100			48.05	80.89	32.62
Sb	150	70			1900			10.45	16.48	7.68
Ag	2	3			1100			0.22	0.34	0.16
B	200	100								
Pb	200	300	20	12.50			28.96	38.06	24.73	24.08
Zn	700	120	71	71			64.33	74.81	56.43	61.74
W	300	350	2	162.50			2.70	2.75	2.67	2.69
Mo	10	15	1.5	8.33			0.87	0.97	0.82	0.81
Sn	5	2	5.5	0.64			2.79	2.82	2.75	2.79
La	80	50	30	2.17						
Ce	200	< 200	64	3.13						
Y	40	40	22	1.82						
Yb	3	4	2.2	1.59						
Sc	12	17	11	1.32						
Zr	250	150								
Li	30	70	20	2.50						
Be	8	3								
Nb	12	10								
Ga	20	15	17	1.03						
Ba	900	2500	550	3.09						
Sr	150	200	350	0.50						
Mn	800	1500	600	1.92			457.11	430.25	482.11	458.98
Ti	3000	4000	3000	117						
P	1000	< 1000								
Zr/Nb	20.83	15								
Sr/Ba	0.17	0.08								
Co/Ni	0.33	0.4		0.27	0.86	1.50	0.46	0.52	0.44	0.44

对塞上金矿黄铁矿的 Co/Ni 进行比较。具有增生环带的黄铁矿其内核落在图 6 的岩浆成因分布区, 与张复新(2003)研究认为黄铁矿内核是沉积成因的结论有所不同。而外核落在沉积成因与热液成

因区之间, 说明是在沉积环境下热液作用形成的; 而不规则粒状黄铁矿落在热液成因分布区, 与前人结论(张复新, 2003; 刘新会, 2005)相一致。由此认为, 塞上金矿主要的载金矿物黄铁矿在成矿初期有岩浆

成因的和沉积成因的, 在成矿中各种成因的黄铁矿经过热液作用形成增生体, 或形成不规则粒状黄铁矿, 它们共同组成金的主要载体。

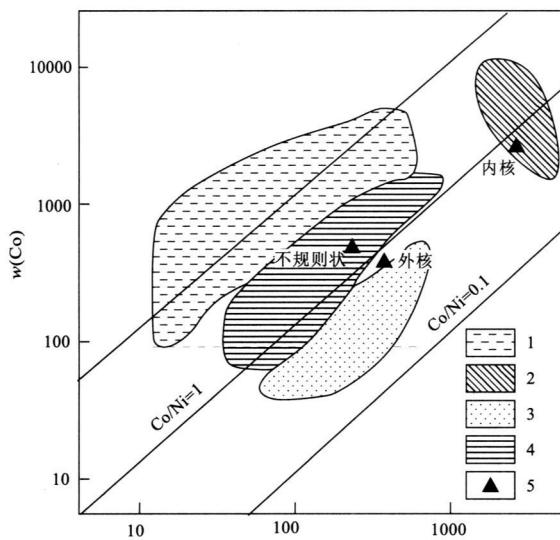


图 6 寨上金矿床黄铁矿的 Co/Ni 分布图
(据 Baiwah et al., 1987; Brill, 1989)

Fig. 6 Plot showing Co/Ni distribution of pyrite in Zhaishang gold deposit

1. 火山成因 2. 岩浆成因 3. 沉积成因 4. 热液成因 5. 黄铁矿

寨上金矿赋矿的粉砂质板岩、泥质板岩、碳质板岩及赋矿层位中泥盆统至下二叠统中的 Co, Ni 值都比较低, Co/Ni 比值 0.44~0.52, 低于矿体, 显示矿化过程 Co, Ni 有一个富集迁移过程。

寨上金矿矿体分别落在热液成因及沉积成因的左下方。并且在 Co, Ni 含量较低的部位。相对而言, Co 含量变化不大, 而 Ni 含量变化较大; Co, Ni 总体含量都较小。从赋矿岩石到金矿体, 尤其是热液期的黄铁矿 Co, Ni 值有增大的趋势, 说明寨上金矿从沉积成岩到蚀变矿化, 元素有进一步富集的特征。

4 结论

(1) 金矿石的稀土元素特征与容矿岩石很相似,

而与区域岩体(二长花岗岩)差别较明显。容矿岩石与金矿石配分形式相似, 为一组缓密集平行的右倾斜线, 表明金矿石对容矿岩石稀土来源的继承性。

(2) 利用黄铁矿中 Co/Ni 比值判断黄铁矿的成因, 显示寨上金矿为中低温矿床; 从赋矿岩石到金矿体 Co, Ni 值有增加的趋势, 说明寨上金矿从沉积成岩到蚀变矿化, 成矿元素及微量元素有进一步富集的特征。

(3) 与金成矿关系密切的稀土元素和微量元素特征可以推断寨上金矿床的成矿物质来源于区域地层(有岩浆成分参与)。从赋矿岩石到金矿体, 成矿元素及微量元素进一步富集, 形成金矿体。

参考文献:

- [1] 张复新, 魏宽义. 南秦岭微细浸染型金矿床地质与找矿 [M]. 西安: 西北大学出版社, 1997. 103~138.
- [2] 张复新, 肖丽, 齐亚林. 卡林型-类卡林型金矿床勘查与研究回顾及展望 [J]. 中国地质, 2004, 34(4): 406~411.
- [3] 张复新, 张旺定, 张正兵. 秦岭造山带金矿床类型与构造背景 [J]. 黄金地质, 2000, 6(4): 8~12.
- [4] 张复新. 南秦岭沉积岩型金矿成矿潜力与找矿前景分析 [J]. 西北地质, 1997, 18(3): 12~17.
- [5] 刘新会, 于嵒. 甘肃岷县寨上金矿床地质特征及成因初探 [J]. 西北地质, 2005, 38(4): 45~53.
- [6] 王志刚, 郭子琪, 马超飞. 多覆盖地区花岗岩接触带及其控矿特征的遥感研究 [J]. 国土资源遥感, 1998, 2(36): 35~40.
- [7] 毛光周, 华仁民, 高剑峰, 等. 江西金山矿床含金黄铁矿的稀土元素和微量元素特征 [J]. 矿床地质, 25(4): 412~426.
- [8] 姜海平, 陆志平, 赵志龙, 等. 甘肃寨上金矿区地球物理和地球化学特征 [J]. 黄金地质, 2003, 9(2): 53.
- [9] 于嵒. 甘肃岷县寨上金矿床地质地球化学特征与成因探讨 [D]. 西安: 西北大学地质系, 2004.

(下转第 223 页)

CHARACTER OF NON-CARBONATE RESERVOIR OF THE BURIED HILL —A CASE OF THE MESOZOIC ERATHEM IN JIYANG DEPRESSION

ZHANG Qing-lin¹, REN Jian-ye²

(1. School of Ocean and Earth Science, Tongji University, Shanghai 200092, China;

2. Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

Abstract: Based on statistical analysis of oil wells in buried hills and anatomic research of typical reservoirs in Mesozoic Erathem of Jiyang depression, the Mesozoic reservoirs are divided into two types (structural reservoir and stratigraphic reservoir) and nine subtypes. Furtherly, according to structural positions and related reservoir types, hydrocarbon accumulation models can be divided into five types, including the main uplift body, the uplift steep slope, the uplift gentle slope, the inter(intro)-sag highland and thrust-fold belt type.

Key Words: Jiyang depression; Mesozoic Erathem; buried hill; reservoir type; hydrocarbon accumulation model

(上接第 205 页)

REE COMPOSITION AND TRACE ELEMENT FEATURES OF ZHAISHANG GOLD DEPOSIT, WEST QINLING

LÜ Xi-wang¹, LIU Xin-hui², YU Lan³, LIU Jian-chung²

(1. The 2nd brigade of forced police army, Langfang 065000, China;

2. The No. 5 Gold Geological Party of CAPF, Xian 710100, China;

3. Department of geology, Northwest University, Xian 710069 China)

Abstract: REE characteristics of gold ore of Zhaishang gold deposit are similar to the sedimentary host rock, but differ from the intrusive rock (granite) nearby indicating that the ore is genetically related to the sedimentary stratum. Au, Hg, As, Sb, Pb, Zn concentrated in the mineralization zones and the average Co/Ni ratio 0.27-1.5 of pyrite and Co/Ni ratio 0.33-0.40 of orebody imply low metallogenic temperature and rising trend of the ratio from the host rock to the ore imply enrichment of the ore elements and trace elements from diagenesis to the ore formation.

Key Words: REE; trace element; Zhaishang gold deposit; Gansu province

(上接第 209 页)

Abstract: Bei Gangou gold deposit is a quartz vein type gold deposit in ductile shear zone. The ductile shear zone is characterized by the development of mylonite and schistosity zones. Strain and retrograde metamorphism are gradually strengthened from the borders of the ductile shear zone to the center and sheath fold is developed. The ductile shearing tectonite is zoned. Quartz vein is the main gold-bearing vein occurring in the center of the ductile shear zoning. Morphology, stages of the tectonic activities and zoning of the ductile shearing tectonite control strongly the gold ore.

Key Words: ductile shear zone; mylonite; gold-bearing quartz vein; Bei Gangou gold deposit; Beijing