银山西区铜金铅锌矿床 微量元素地球化学特征[®]

周 刚 韩东南

(中国有色金属工业总公司北京矿产地质研究所,北京,100012)

提 要 对矿床微量元素的研究表明,矿区双桥山群地层和英安斑岩中,主要成矿元素 Cu、Au、 Pb、Zn 等丰度很高,具有明显的富集,可以为矿床的形成提供足够的矿质来源。矿床的铜金矿化与铅锌矿化系不同的成矿阶段形成的,并存在矿化分带现象。在矿体中不同类型矿化伴生的微量元素存在着明显的差异,可以作为相应矿体的近矿指示元素。

关键词 微量元素 铜金铅锌矿床 江西银山西区

1 矿床地质概况

银山矿区位于江南台隆东南缘、赣东北深大断裂带西北侧银山背斜-断裂带中。矿区出露 地层主要为前震旦系双桥山群浅变质火山-沉积岩系和侏罗系上统鹅湖岭组陆相火山岩建造。 区内岩浆岩除了年代较老的变质石英闪长岩外,主要是燕山早期火山喷发和侵入作用形成的 火山碎屑岩、火山熔岩、次火山岩及其伴生的爆破角砾岩。

银山矿区存在一个比较复杂的火山机构,它由一个小型的复合破火山口(西山火山口)、以 及周边的火山碎屑岩、熔岩、次火山岩体组成。火山机构的演化具有阶段性,可分为三个喷发-侵入旋回。第一旋回为酸性喷发-侵入活动,形成了流纹质集块岩、角闪流纹岩以及4"、5"、 10*、13*为代表的石英斑岩体。第二旋回为中酸性喷发-侵入活动,形成了英安质角砾岩、角砾 熔岩以及1*、2*、3*、8*、9*等英安斑岩体。第三旋回为中性喷发-侵入活动,仅形成了小规模 的安山玢岩(图1)。

西区铜金矿床位于西山火山口东南侧的1号英安斑岩体内弧接触带外侧的双桥山群千枚 岩中,部分产在岩体边部的爆破角砾岩中。矿体北、西、南三端均被1"英安斑岩体限制,顶端也 为1"岩体及其火山熔岩覆盖,全部属于盲矿体。矿体类型分两种:一种主要由硫化物大脉及旁

① 收稿日期:1997-05-04 改回日期:1997-08-05



1. 千枚质角砾岩 2. 流纹质集块岩 3. 角闪流纹岩 4. 英安质角砾岩、角砾熔岩 5. 安山玢岩 6. 爆破角砾岩 7. 英安斑岩 8. 石英斑岩 9. 双桥山群千枚岩 10. 变质石英闪长岩 11. 矿脉 12. 断裂

图 1 银山矿田构造地质简图

Fig.1 Structural and geologic sketch map of Yinshan orefield 侧的硫化物羽状细脉或浸染构成;另一种由硫化物细脉及其交织而成的网脉充填爆破角砾岩的角砾间隙、千枚岩层理或其它细小的裂隙构成。

矿石类型有铜金矿石、硫矿石、铜铅锌矿石和铅锌矿石,并以前两类矿石为主。金属矿物主要有黄铁矿、黄铜矿;次有砷黝铜矿、黝铜矿、方铅矿和闪锌矿等,脉石矿物有石英、绢云母、绿 泥石以及菱铁矿、绿帘石、黑云母和斜长石等。

矿床的矿化分带具有一定的规律性。石英-黄铁矿组合分布在岩体中深部接触带内外;石 英绢云母-黄铁矿黄铜矿组合分布在岩体接触带外中深部千枚岩中;碳酸盐绿泥石-方铅矿闪 锌矿组合分布在矿床的上部和外侧。与成矿有关的围岩蚀变主要有黄铁矿化、绢云母化、硅化、 绿泥石化和碳酸盐化等。

2 岩石化学成分特征

矿区双桥山群千枚岩和1号英安斑岩平均化学成分列于表1。由表1可知,矿区双桥山群 千枚岩与克拉克值相比,SiO₂ 明显偏高,Al₂O₃、K₂O、TiO₂ 值偏高,而 Na₂O、CaO 值远远低于克 拉克值,而且千枚岩的 FeO/Fe₂O₃>1,与克拉克值的 FeO/Fe₂O₃<1 相反。这种岩石化学成分 的差异,主要由两个方面的原因引起:一是双桥山群地层作为浅变质的火山沉积岩系,千枚岩 中可能含有较多英安质的古老火山物质(主要为火山灰);二是千枚岩浅变质过程中,原生长石 和暗色矿物的分解以及绢云母、绿泥石等的形成引起的化学组成的带进和带出。

表 1 银山西区矿床岩石化学成分平均值(%)

¢ 1

. .

	Table	I AV	erage va	lues of	cnemica	ai comp	onents :	for rock	in Yin	shan Xi	qu depo	sit	
岩石类型	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Fe2O3	MnO	CaO	MgO	K2O	Na ₂ O	P2O5	LOSS	总量
千枚岩(5)	61.12	0.82	16.64	4.43	3.16	0.19	0.22	1.46	4.40	0. 22	0.17	6.63	99.46
英安斑岩(5)	61.78	0.41	15.15	2.63	2.44	0.5	2.7	1.24	5.04	1.15	0.26	6.32	99.62
世界粘土岩 *	58.1	0.65	15.4	2.45	4.02		3.11	2.44	3. 24	1.30	0.17	9.12	100
中国英安岩 *	65.7	0.65	15.24	1.56	2.88	0.1	4.0	1.57	2-83	3.13	0.16	2.18	100

测试单位:冶金部第一地勘局中心实验室,括号内数字为样品数。

*分别据F.克拉克(1924)和黎彤等(1963)

r.l.l. 1

矿区英安斑岩化学成分平均值与中国相应岩石化学成分平均值相比,SiO₂、K₂O、Na₂O、 CaO 变化最显著。其中 SiO₂ 低于中国英安岩平均值,岩石略偏中性,K₂O 明显高于中国英安岩 平均值,而 Na₂O、CaO 远低于平均值。K₂O 的偏高除了与绢云母化过程有关外,可能还与原岩 的固有特征属性有关。CaO、Na₂O 的变低主要是与斜长石的绢云母化有关。另外,英安斑岩的 FeO/Fe₂O₃>1 也与中国英安岩的 FeO/Fe₂O₃<1 相反。矿区英安斑岩的里特曼指数 σ<4,属 钙碱性系列岩石,岩石的碱度率 AR 在 1.82~2.88 之间,在硅-碱图上也属亚碱性岩中的钙碱 性岩系列。

3 微量元素地球化学特征

3.1 双桥山群地层的微量元素特征

双桥山群地层主要由千枚岩组成,可以细分为绢云母千枚岩、砂质千枚岩和凝灰质千枚 岩,各类千枚岩中微量元素丰度有以下特征(表 2)。

成矿元素 Cu、Au、Pb、Zn 以及 Ag 和 S 的丰度大大高于维氏页岩+粘土岩的丰度,其中 Cu 的浓集克拉克值分别为 8.0,22.8 和 8.8,Au 的浓集克拉克值分别为 222、72.6 和 152.4, 其它成矿元素的浓集克拉克值也在几~几十之间,而区域上前震旦系地层的这些元素的丰度 则与维氏值相近或略低。

表 2 矿区双桥山群地层微量元素含量和浓集克拉克值表

Table 2 Minor element contents and concentration clarke in Shuangqiaoshan Group

	微量	 記素含量(10	-6)		浓集克拉克值		页岩+粘土
元素	绢云母 千枚岩	凝灰质 千枚岩	砂质 千枚岩	绢云母	凝灰质	砂质	岩平均值 (维氏 1962)
	(18)	(2)	(6)	十枚石	十枚石	一十枚石	(SHE DC, 11302)
As	313.4	155.4	179.2	47.4	25.6	27.2	6.6
Sb	3.18	12.97	3.11	1.6	6.5	1.6	2
Ge	2.64	2.22	2.4	1.3	1.1	1.2	2
Tl	2.48	1.81	1.54	2.5	1.8	1.5	1
Sn	8.5	6. 79	5.75	0.9	0.7	0.6	10
Ga	46.75	6.0	12.25	. 1.6	0. 2	0.4	3 0
Bi	15.99	16.41	18.68	1595	1641	1868	0. 01
In	0.99	0.49	0. 67	19.8	/ 9.8	13.4	0.05
Cd	2.12	0. 74	1.12	7.1	2.5	3.7	0.3
Ag	3.14	2.49	1.14	31.4	24. 9	11.4	0.1
Zn	677	172	326	0.5	2.2	4.1	80
Pb	365	481	160	18.3	24.1	8.0	· 20
Cr	87.8	75.2	62.95	0.9	0.8	0.6	100
Mn	1886	335	1206	2.8	0.5	1.8	670
Ni	47.68	31. 5	35. 7	0.5	0.3	0.4	95
Ba	932	441	852	1.2	0.6	1.1	800
Mo	2.1	1.48	2. 77	1.1	0.7	1.4	2
v	88.68	74.4	132.5	0.7	0 . 6	1.0	130
Ti	3918	5330	4265	0.9	1.2	0.9	4500
Co	11.95	15.82	19.75	0.6	0.8	1.0	20
Sr	3.75	5.6	3. 83	0.008	0.012	0.009	450
Au	222. 1	72.6	152.42	222	72.6	152.4	1
Cu	453	1300	502	8.0	22.8	8.8	57
s	34700	47300	27500	11.6	15.8	9.2	3000

测试单位:冶金部第一地勘局中心实验室

其余元素中,亲铜元素 As、Bi、In、Cd、Tl、Sb 极为富集,其中尤以 Bi 的浓集克拉克值最高。 而亲铁元素 Co、Ni、Mo 等的丰度较维氏平均值基本上偏低,亲石元素 Sr、Ba、Cr、Ti、V 等丰度 偏低,特别是 Sr 浓集克拉克值仅为 0.008~0.012,反映了该地层在浅变质过程中亲铁元素和 亲石元素均表现为一定的带出。

从矿区双桥山群地层微量元素丰度的特征来看,主要成矿元素大大高于维氏平均值,当地 下水渗透时溶滤出的部分成矿物质与深源岩浆含矿热液汇合时,可以为矿床的成矿过程提供 足够的矿质。

3.2 英安斑岩的微量元素特征

英安斑岩微量元素丰度具有以下特征(表 3)。

表 3 矿区英安斑岩微量元素含量表(10-6)

样号	D11	¥18	701	519	301	418	平均值	大陆地壳 丰度值 *
As	69.9	86.5	25.2	41.4	31.5	22.4	46.1	1.7
Sb	6.66	7.70	1.78	1.66	2:42	2.30	3.75	0.5
Ge	1.47	4.10	1.92	2.12	1.50	1.28	2.07	1.4
Tl	5.57	3.48	3.14	1.61	0.50	1.11	2.57	1.0
Sn	4.07	5.23	1.90	4.33	- 2.15	2.14	3. 30	2.5
Ga	5.07	82.67	9.05	2.74	8. 93	9. 53	19.67	19
Bi	4.37	5.60	49.3	135.3	6.29	3.47	34.05	0.009
In	0.57	18.53	0.59	0.65	0.68	1.54	3.76	0.25
Cd	0.73	1.53	0.88	1.17	1.12	0.76	1.03	0.13
Ag	4.61	3.82	0.43	1. 78	0.87	0.61	2.02	0.07
Zn	187.7	1715	851	501	477	1165	816	83
Pb	840	310	58.5	130.5	555	89.1	330. 5	16
Cr	21.2	28.5	26.1	40.5	31.9	46.7	32.5	83
Mn	1022	8355	19570	3940	292 00	14490	13012	1,000
Ni	4.78	17.46	9.58	11.51	57	12.7	18.84	5 8
Ba	4550	787	1967	859	3670	836	2112	6 50
Mo	0.9	2.32	0.88	0.83	4.89	3. 21	2.17	1.1
v	78.9	111.9	57 . 9	100.3	95.3	107.7	92	90
Ti	2890	3405	4280	3430	2860	3010	3315	4500
Co	7.19	11.93	9.15	9.36	10.87	8.47	9.5	18
Sr	5.44	2.11	2.94	1.78	6.91	6.22	4.23	340
Au	0.11	0.09	0.018	0.025	0.0086	0.016	0.044	0.0043
Cu	290	290	420	660	320	330	385	47
s	8800	15000	2500	9800	2500	2500	6850	470

Table 3 Minor element contents in dacite-porphyry of mining area

测试单位:冶金部第一地勘局中心实验室

* 据维诺格拉多夫(1962)

Cu、Au 等主要成矿元素具有很高的丰度,其中 Cu 的丰度在 290×10⁻⁶~660×10⁻⁶,平均 385×10⁻⁶,高出地壳平均值近 8 倍;Au 在 0.0086×10⁻⁶~0.11×10⁻⁶,平均 0.044×10⁻⁶,高 出地壳平均值近 10 倍。Pb、Zn、Ag 和 S 的丰度均在地壳平均值 10 倍以上,反映了成矿元素在 英安斑岩中存在富集现象。除上述成矿元素外,亲铜元素的丰度均显著高于地壳平均值。

英安斑岩中亲铁元素和亲石元素绝大多数低于地壳平均值,表现为明显的负向异常,造成 这种现象的原因,既与上述元素的主要寄生矿物长石、黑云母的强烈蚀变和分解有关,也与岩 浆熔融过程中元素特有的分异特征有关。至于其中 Mn 丰度的反常增高,可能与广泛发育的锰 菱铁矿化及其伴随的成矿作用有内在联系。

3.3 矿体的微量元素特征

矿床中不同类型矿体的微量元素含量见表 4。Au 在铜金矿体和铜铅锌矿体中含量都明显 偏高,说明了 Au 与 Cu 关系密切。S 在铜金矿体和硫矿体中含量高,与这类矿体中黄铁矿含量 高有关,而在 Pb、Zn 矿体中 S 含量相对较低。As、Bi 在有铜矿化的矿体中含量很高,而在铅锌 矿体中含量很低,属铜矿化的近矿指示元素。而 Sb、In、Cd、Ag、Mn、Ba 等元素在有铅锌矿化的 后两类矿体中明显高于前两类矿体,说明上述元素是与 Pb、Zn 矿化关系密切的近矿指示元 素。另外,Co、Ni、Cr、V、Ge 等一类的亲铁元素或亲石元素,在前两类矿体中丰度要高于后两类 矿体。

矿体	类型	样数	As	Sb	Ge	TÌ	Sn	Ga	Bi	In	Cd	Ag		
铜金石	矿体	8	2420	198	16.6	0.97	44.07	30. 93	184	0.32	2.42	1.3		
硫矿体		2 2302		81	3.3	1.14	6.39	14.83	66	0.15	2.28	0.68		
铜铅锌矿体		3	5167	249	166.1	1.45	235	304	· 544 ·	9.1	169.9	19.3		
铅锌矿	矿体	3	335	285	16.5	0.54	30.26	88. 2	61	1.2	264	47.2		
Zn	Pb	Cr	Mn	Ni	Ba	Мо	v	Ti	Co	Au	Cu	S*		
76.12	318.4	46.3	116	7.1	51	2.64	16.75	633	8.32	1.85	42100	34.3		
9.23	147.6	2.74	150	4.3	29	2.58	1. 98	175	10. 71	0.26	4300	41.8		
6178	18000	6.98	446	7.1	147	2.35	6.24	386	6.56	1.90	64900	23.8		
4416	3 7500	2.0	3 85	3.8	96	1.45	4.83	458	3.05	0.07	2800	14.6		

表 4 不同类型矿体微量元素含量(10⁻⁶)

Table 4 Minor element contents of different kinds of orebody

测试单位:冶金部第一地勘局中心实验室

*S为%

4 微量元素的数理统计分析

为了定量准确地了解矿床微量元素的内在关系和组合特征,笔者对矿床的微量元素分析 结果进行相关系数,因子分析和聚类分析方面的计算。

4.1 相关系数

矿床岩石和矿石微量元素的相关矩阵见表 5、表 6 和表 7。

表 5 双桥山群地层微量元素相关矩阵

Table 5 Correlation matrix of minor element in Shuangqiaoshan Group

	Cu	As	Sb	Sn	Bi	In	Cď	Ag	Zn	РЬ	Cr	Mn	Мо	Au	s
Cu	1	•													
As	0.58	1													
Sb	-0.05	0.07	1												
Sn	0.14	0.09	0.01	1											
Bi	0.55	0.36	-0.04	0.31	1							ŀ			
In	-0.10	0.10	0. 04	0.39	- 0. 01	1									
Cd	-0.10	0.16	0. 04	0. 23	0.00	0.91	1								
Ag	-0.10	-0.10	- 0. 2	0.47	0.07	0.31	0.20	1							
Zn	-0.18	0.12	-0.04	0.21	- 0. 07	0.73	0.90	0.31	1						
РЬ	-0.18	-0.05	-0.03	0.20	- 0. 07	0.48	0.60	0.42	0.71	1					
Cr	-0.12	-0.15	- 0. 07	0.08	-0.07	-0.09	- 0. 06	-0.02	-0.08	-0.07	1				
Mn	- 0. 2 2	-0.14	- 0. 09	0.11	-0.05	0. 01	-0.11	0.57	-0.04	0.08	-0.06	1			
Мо	-0.07	0.10	-0.01	-0.16	-0.14	-0.13	- 0. 06	-0.14	0.01	0.02	- 0. 08	-0.10	1		
Au	0.50	0.50	-0.04	0.04	0.55	-0.14	-0.12	- 0. 06	- 0.16	-0.11	-0.10	-0.12	-0.07	1	
S	0.59	0.70	0.11	0.04	0.38	0.08	0.16	-0.14	0.08	0.01	-0.11	-0.19	- 0. 00	0.30	1

样品数=50 当置信水平 α=0.05 时, 7α=0.28

表 6 英安斑岩微量元素相关矩阵

	Cu	As	Sb	Sn	Bi	In	Cd	Ag	Zn	РЪ	Cr	Mn	Мо	Au	s
Cu	1														
As	0.35	1													
Sb	0.06	0.02	1									Ì			
Sn	0.65	0.80	0. 33	1											
Bi	0.78	0.03	-0.17	0.36	1]	
In	-0.13	-0.10	-0.00	-0.01	- 0. 21	1									
Cd	0.45	0.04	0.13	0.18	0. 29	0.35	1								
Ag	0.12	-0.04	0.83	0.39	- 0. 04	0. 03	0.15	1				:			
Zn	0. 29	-0.16-	0.28	0.08	0.12	0.51	0.94	0.24	1						
РЬ	0. 22	-0.15	0.75	0.32	0.04	0. 03	0.34	0.96	0.38	1					
Cr	- 0. 05	0.04	- 0. 05	-0.01	-0.10	0.36	0.78	0.03	0.77	0.16	1				· 、
Mn	- 0.45	- 0. 35	-0.30	-0.43	-0.09	0.32	0.67	- 0. 27	0.66	0. 05	0.71	1			,
Мо	-0.09	0.12	0.10	-0.10	-0.21	0.41	0.81	0.16	0.84	0.31	0.95	0.79	1		
Au	0.91	0.04	-0.02	0.40	0.72	0.06	0.49	0.01	0.35	0.15	0. 10	0.04	- 0. 08	1	
S	0.29	0.96	-0.11	0.80	0.08	-0.04	-0.13	-0.04	- 0. 26	-0.15	0.00	-0.39	-0.18	0.02	1

Table 6 Correlation matrix of minor element in dacite-porphry

样品数=11 当置信水平 α=0.05 时, γα=0.60

	As	Sb	Sn	Ga	Bi	ln	Cd	Ag	Zn	РЬ	Cr	Mn	Ni	Ba	Mo	Co	Au	Cu	s
As	1															1		1	
Sb	0. 22	1									[]	1					
Sn	0.26	0.67	1									1		ļ					
Ga	0.17	0.35	0.34	1															
Bi	0.45	0.44	0.67	0. 59	1													ł]
ln	0.22	- 0. 01	0.09	0.75	0.54	1						1	·]			
Cd	0.02	0.54	0.29	0.60	0.37	0.36	1							ł					
Ag	0.04	0.53	0.38	0.70	0.46	0.47	0.96	1		i i	[1	
Zn	0.39	0.55	0.50	0.25	0.62	0.17	0.50	0. 42	1										ĺ
РЬ	0. 07	0.42	0.24	0.63	0.29	0.41	0.95	0.97	0.26	1	1		F						
Cr	-0.3	0. 22	- 0. 16	-0.11	-0.13	-0.03	- 0. 10	- 0. 11	- 0. 10	- 0. 09	1					1			
Mn	0.15	- 1)- 06	0.11	- 0. 09	0.19	-0.01	- 0. 04	0.01	0.13	- 0. 04	- 0. 02	1							
Ni	-0.34	- 0. 25	- 0. 23	-0.18	- 0. 31	- 0. 06	- 0. 14	- 0, 16	- 0. lu	0. 12	0.51	- 0. 05	1						
Ва	-0.20	- 0. 15	-0.01	-0.15	-0.11	- 0. 04	-0.06	0.07	0.13	0. 08	0.33	-0.02	0.65	Т					
Mo	-012	0.07	0.37	0.06	0.1	-0.13	- 0. 09	0. 05	-0.06	- 0. 06	-0.12	-0.15	0.22	0.34	1				
Co	- 0. 05	- 0. 33	- 0. 34	0. 95	0. 21	- 0. 04	-0.2	~ 0. 21	-0.20	-0.16	0. 22	-0.04	0.57	0.07	0.24	1			
Au	U. 39	- 0. 04	~ 0. 05	- 0. 01	0.16	- 0. 03	0. 10	-0.08	-0.02	-0.11	-0.20	- 0. 15	- 0. 30	- 0. 32	- 0. 01	0.11	1		
Cu	Q. 48	0.33	0.61	0.15	0.58	0.14	0.09	0.11	0.36	0. 02	-0.16	0.15	- 0. 38	- 0. 13	0.10	- 0. 41	0.35	1	
s	- 0. 03	-0.05	-0.05	-0.08	0.05	-0.03	0.08	-0.06	0.17	-0.04	-0.06	- 0. 07	-0.10	- 0. 11	0.04	-0.13	ó. 08	0.28	1

表 7 矿体微量元素相关矩阵

Table 7 Correlation matrix of minor element in orebody

样品数=38 当置信水平 e=0.05 时.Ye=0.32

双桥山群地层中,主要成矿元素 Cu、Au 与 S、As、Bi 呈显著的正相关,Cu 与 Au 之间也呈显著的正相关性, $\gamma_{Cu-Au}=0.5$ 。Pb、Zn、Ag、Cd、In 和 Mn 之间存在较显著的正相关性。Cu、Au 与 Pb、Zn、Ag 等元素相关性不显著,并且呈一定的负相关性。

英安斑岩中,主要成矿元素 Cu、Au 与 Bi、Sn 具有显著的正相关性,Cu 与 Au 相关系数高达 0.91。其它元素如 S、As 与 Sn 之间有显著的正相关性,Cu 与 S、As 具一定的正相关性,而 Au 与 As、S 的相关系数接近于零。元素 Sb、Pb、Ag 之间具显著相关,其中 γ_{Ag-Pb}高达 0.96,元素 Cd、In、Zn、Mo、Cr、Mn 之间具有显著的正相关,Cu、Au 与上述两组元素不具有相关性。

矿体中,主要成矿元素 Cu 与 Sn、Bi、Zn、As 和 Sb 呈显著的正相关性,与 Ni、Co 呈显著的 负相关性。Au 主要与 As 具显著的正相关。Cu 与 Au 相关系数为 0.35,说明它们也具显著的 正相关性。成矿元素 Pb 主要与 Ag、Cd、Ga、Sb、In 呈显著正相关性,Zn 除与 Cu 外,还与 Sb、 Sn、Bi、Cd、Ag、As 具正相关性。

根据以上结果,我们可以看出,无论在地层、岩体还是矿体中,Cu 与 Au 关系密切,导致银 山西区矿床的形成以铜金矿化为主。岩体中各微量元素的相关性主要与其内生地球化学性质 相似有关,而千枚岩中各元素的相关性与成矿作用有关。铜金矿化与铅锌矿化关系不密切,反 映了它们系不同成矿阶段形成的,在矿床中,铜金矿化与铅锌矿化在上部往往共生,在深部铅 锌矿化减弱而铜金矿化有增强的趋势。

4.2 **聚类分析**

通过对千枚岩和矿体中微量元素进行 R 型聚类分析,可以直观清楚地了解微量元素之间 相互关系和分类(图 2,图 3)

从千枚岩 18 种微量元素 R 型聚类谱系图上可以看出,在 α=0.2 水平上,元素大致可分为 3 类。第一类包括元素 Pb、Zn、Ag、In、Cd、Mn、Sn,反映了与铅锌矿化有关的一组元素。第二类 包括 Cu、Au、As、Bi、S,反映 了与铜金矿化有关的一组元 素。上述两组元素在千枚岩 中的存在相互独立。第三类 元素主要是亲石元素和亲铁 元素,包括 Ti、Cr、Ni、Mo、 Ba 等,该类元素随地层中成 矿元素的富集,其丰度明显 地降低。

从矿体的 25 种微量元 素 R 型聚类谱系图上看,在 $\alpha = 0.4$ 的水平上,元素大致 可分为4类,第1类包括了 与铜矿化与铅锌矿化有关的 元素,进一步又分为铜矿化 和铅银矿化,分别包括 Cu、 As、Bi、Zn、Sn、Ge、Sb 和 Pb、 Ag、Cd、Ga、In 等元素。第2



类元素有 Tl、Mo、Mn,它们似与上述元素具有不显著的正相关性。第3 类元素包括 Au、S、Te, 说明矿体中 Au 矿化和硫矿化可能出现独立成矿体的现象。第4 类元素主要为亲铁元素和亲 石元素。

根据以上结果,大致可以得出以下结论。在银山矿床千枚岩中,与铜金矿化和铅锌矿化有 关的元素相互关系不密切,因而矿床中这两类矿化成矿过程相互独立,系多成矿阶段形成。而 在西区矿床中,铅锌矿体与铜金矿体共生现象显著,主要反映在既有铜金矿体和铅锌矿体,也 有铜铅锌矿体,还有硫金矿体的存在。但在浅部和外带多以铅锌矿体为主,而作为矿床主体的 铜金矿体主要分布在中深部位。

4.3 因子分析

我们对双桥山群千枚岩的 18 种微量元素进行了因子分析,取 8 个主因子,占变量总方差 累计的 82%,其正交因子解见表 8。

从表中可以看出,第二因子为主要成矿因子,即 Cu-Au-Bi-As-S 组合,第一因子为铅锌成 矿因子,为 Zn-Pb-Cd-In 组合。上面的两个因子反映了两类不同成矿的元素组合特征。

第三、六、八因子主要为远矿元素组合,第七因子 Sb 为铜金矿化的近矿指示元素。而第四 因子 Mn-Ag-Sn 组合则是铅锌矿化的近矿指示元素。第五因子 Ni-Au 组合,反映了部分 Au 可 能与千枚岩中所夹的古老的火山岩有关。



图 3 银山西区矿体微量元素 R 型聚类谱系图

Fig. 3 R-mode cluster analysis of minor elements

in orebody of Yinshan Xiqu

5 结论

综上所述,我们可以得 出以下的结论。

(1)矿区双桥山群地层 由于可能含有较多的古老火 山物质和变质作用,与相应 岩石的克拉克值存在化学成 分上的差异。SiO₂、K₂O、 Al₂O₃等增高而CaO、Na₂O 则明显降低。矿区英安斑岩 比中国英安岩平均值略低, 也存在K₂O 增高和CaO、 Na₂O 降低的特点。

(2)矿区内无论双桥山 群地层还是次火山岩-英安 斑岩,其主要成矿元素 Cu、 Au、Zn、Pb、Ag 等丰度明显 高于相应岩石或地壳平均 值,具有富集现象,可以为矿

床的形成提供足够的矿质来源。岩石中与成矿有关的亲铜元素也往往存在富集现象,而亲石元 素和亲铁元素则由于浅变质或蚀变过程中长石和黑云母等矿物的蚀变和分解或岩浆分异演化 趋势等缘故均相应地降低。

(3) 矿床中铜矿化与金矿化关系密切,从而导致了西区矿床的形成以铜金矿化为主。而铅 锌矿化与铜金矿化系不同的成矿阶段形成的,虽然有时共生在一起,但具有一定的矿化分带, 铅锌矿化往往分布在浅部和外侧,而铜金矿化主要分布在中、深部和中心部位。

(4)矿床中不同类型的矿化伴生有相应的微量元素,它们之间存在着明显的差别。其中铜 金矿化往往伴生有较高的 As、Bi 等元素,而铅锌矿化伴生有较高的 Cd、In、Ga、Mn 等元素。这 些伴生的微量元素可以做为相应矿体的近矿指示元素。

表 8 双桥山群地层微量元素正交因子解

Table 8 The orthogonal factor interpretation of minor elements in Shuangqiaoshan Group

元素	F1	F2	F3	F4	F 5	F6	F7	F8
· Cu	-0.178	0.967	0.037	-0.135	-0.087	0.049	-0.057	0.036
As	0.119	0.871	0.388	- 0. 077	-0.070	0.027	0.136	-0.218
Sb	-0.040	0.000	-0.010	-0.038	-0.015	0.045	0.997	0. 021
Sn	0.395	0. 426	-0.605	0.413	-0.226	-0.259	0.064	0.058
Bi	-0.041	0.945	-0.187	0.093	- 0. 009	0.052	-0.124	0. 211
In	0 . 9 77	0.027	- 0 . 026	0.055	-0.121	0.032	-0.021	0.145
Cd .	0.987	0.028	0.112	- 0. 081	-0.060	0.002	-0.021	0.055
Ag	0. 339	0.008	-0.121	0. 926	0.022	-0.082	0.033	0.063
Zn	0 .98 9 ·	-0.059	0.122	0. 039	-0.006	0.015	-0.009	- 0. 053
Pb	0.941	-0.105	-0.062	0. 262	0.107	0 . 056	0.012	-0.127
Cr	-0.074	-0.106	-0.047	-0.044	0.024	-0.987	-0.048	0.05 3
Mn	-0.108	-0.184	0.001	0.963	0.029	0.131	- 0. 084	0.043
Ni	-0.023	-0.135	-0.027	0.041	0.982	-0.039	-0.002	-0.112
Мо	-0.036	-0.046	0.054	-0.082	0.080	0.055	-0.023	0.989
Ti	-0.260	-0.407	-0.845	0.046	0.075	-0.208	- 0. 001	0.033
Au	-0.142	0.773	0.117	-0.037	0.578	0.076	-0.073	0.149
Ba	-0.031	-0.131	- 0 . 9 85	0. 012	-0.010	0 . 10 9	0.007	0.029
S	0.116	0.829	0. 423	-0.148	-0.216	0.006	0.200	-0.105
特征值	3.67	3.54	2.01	1.39	1.18	1.07	0.94	0.90
累计百分比	0.20	0.40	0.51	0.59	0.65	0.71	0.77	0.82
主成分 元素组合	Zn-Cd- ln-Pb	Cu-Bi- As-S-Au	Ba-Ti -Sn	Mn-Ag -Sn	Ni-Au	Cr	Sb	Мо
				L	1			L

参考文献

- 1. 南京大学地质学系,地球化学,北京:科学出版社,1979
- 2. 邱家骧,等. 岩石化学. 北京:地质出版社,1991
- 3. 江西地质勘查局,江西银山铜铅锌金银矿床,北京;地质出版社,1996
- 4. 李昌年,等,火成岩微量元素岩石学,北京:中国地质大学出版社,1992

STUDY ON MINOR ELEMENTS OF YINSHAN XIQU Cu-Au-Pb-Zn DEPOSIT, JIANGXI

Zhou Gang Han Dongnan

(Beijing Institute of geology for Mineral Resources, CNNC, Beijing 100012)

Abstract

Study on minor elements in deposit indicates that main ore-forming elements are high in Shuangqiaoshan Group stratum and dacite-porphyry and show enrichment indicating that they can provide enough ore materials during mineralizing process. The depoist is characterized by Cu-Au, Pb-Zn mineralizations and ore zonation. The mineralizations were formed in different stages and varied in minor elements which can be regarded as markers for the correspondant ore bodies.

Key words minor element Cu-Au-Pb-Zn deposit Jiangxi Yinshan Xiqu