

江西仙山岗银金矿床
矿石物质组分及金银赋存状态研究黄小娥¹, 徐志华²

(1. 江西有色地质勘查局, 南昌 330001; 2. 江西省乐平市国土资源局, 乐平 333001)

[摘要]通过分析研究,基本查明了江西仙山岗银金矿床矿石性质、物质组分及金银赋存状态特征如下:矿石中有工业价值的元素为 Au 和 Ag;矿石矿物以褐铁矿为主,脉石矿物以石英为主;矿石的结构构造有利于各矿物的单体解离;金银矿物以独立矿物存在,且主要赋存于矿物粒间;为选矿试验提供必要参数,并为矿床进一步开发提供了可靠依据。

[关键词]金矿床 物质组分 赋存状态 仙山岗 江西

[中图分类号]P618.51 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2006)05-0052-05

1 矿床地质概况

江西省仙山岗银金矿区位于上饶县城南约 20km 处,东经 $117^{\circ}56'40'' \sim 117^{\circ}57'35''$,北纬 $28^{\circ}11'03'' \sim 28^{\circ}19'57''$ 。矿床产于江南地体与华夏地体的衔接部位,位于信江深断裂带上。矿区出露地层主要为晚古生代地层,岩性为一套不纯灰岩、砂岩、含炭页岩及硅质岩等岩石,矿区外围有大面积的中生代陆相火山岩分布^①。

矿床具体定位于二叠纪角砾岩化的硅质岩中,成因类型属于与深成火山或次火山的隐爆或爆破作用有关的中低温-低温热液交代矿床,工业类型为构造蚀变岩型。

角砾岩体为近等轴状地质体,边界不规则,规模大小不一,受东西向主断裂与北北东向、北西向和近南北向等多组断裂交叉点控制。

矿体产于角砾岩体中蚀变和矿化均较强烈的部位,形态较复杂,常呈不规则的透镜体、扁豆体和膨胀明显的脉体产出,总体向南倾斜,倾角 80° 左右。矿体长数十米,宽数米,直接围岩是硅质岩,与围岩的界线宏观上难以判定,往往依靠化学分析圈定。

2 矿石物质组成及含量

2.1 矿石化学成分

矿石物质组分样品的光谱半定量全分析及多元素分析结果(表1,表2)表明,矿石中有工业价值的元素为 Au 和 Ag,其中 Au 品位达 8.9×10^{-6} ,Ag 达 162×10^{-6} ,与采样设计组合品位较吻合,说明样品具有一定的代表性。其他元素由于含量低,目前均无综合利用价值。矿石中有害元素 As、Sb、Mn 和碱金属氧化物的含量不高,对金银的选冶不会有较大的影响。原矿粒度分析见表3。

表1 仙山岗银金矿床矿石光谱全分析结果

 $\omega_B/10^{-6}$

元素	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Bi	Mo	Co	Ni	W	Sn	Nb	Zr	Ti	V	Cr	Mn	Be	Ga	In	Ge	Cd	Li	Yb	Y	Ce	Sr	Ba
含量	<100	>10	>1000	>1000	700	>500	>100	<10	40	20	25	<10	30	<10	<10	>10000	70	100	1500	<10	10	<10	2	<1	10	5	300	<10	20	20

表1—表15:化学测试由中国有色金属工业总公司向塘地质研究所化验室进行,1997;电子探针测试由洪都航空学院进行,1997。

表2 仙山岗银金矿床矿石多元素分析结果

 $\omega_B/\%$

元素								氧化物													
Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	H ₂ O*	失量	
含量	8.9*	162*	0.022	0.24	0.017	0.070	0.12	0.056	91.54	3.06	2.62	1.34	0.05	0.25	0.22	0.02	0.38	0.02	0.02	0.19	

注:*单位为 10^{-6} 。

[收稿日期]2005-10-13;[修订日期]2006-01-09;[责任编辑]韩进国。

①中国有色金属工业总公司江西地质勘探一队.江西省上饶县仙山岗一河潭银金矿勘查基地概查地质报告,1995。

[第一作者简介]黄小娥(1965年—),女,1987年毕业于南京大学,获学士学位,工程师,现主要从事岩矿鉴定和地质矿产管理工作。

2.2 矿石矿物组成及含量

以上的矿物只有4种,其余矿物均属微量或极微量。

矿石中现已查明的矿物有28种,但含量在1%

人工重砂的矿物定量列于表4。

表3 仙山岗银金矿床原矿-2mm筛析水析结果

粒级/mm	产率/%		品位/ 10^{-6}		回收率/%			
	部分	累计	Au	Ag	Au 部分	Au 累计	Ag 部分	Ag 累计
-2+1	21.37	21.37	5.1	113.0	10.17	10.17	15.11	15.11
-1+0.5	14.91	36.28	6.0	113.0	8.35	18.52	10.54	25.65
-0.5+0.25	27.99	64.27	12.4	105.0	32.39	50.91	18.39	44.04
-0.25+0.12	10.73	75.0	8.6	224.0	8.61	59.52	15.04	59.08
-0.12+0.074	5.66	80.66	15.4	232.0	8.13	67.65	8.21	67.29
-0.074+0.045	4.59	85.25	16.0	253.0	6.85	74.5	7.26	74.55
-0.045+0.020	4.72	89.97	25.5	348.0	11.23	85.73	10.28	84.83
-0.020+0.010	3.51	93.48	17.2	271.0	5.63	91.36	5.95	90.78
-0.010	6.52	100.0	14.2	226.0	8.64	100.0	9.22	100.0
原矿	100		10.72	159.8	100		100	

表4 仙山岗银金矿床矿石矿物组成及含量 $\omega_B/\%$

矿物	含量	矿物	含量	矿物	含量	矿物	含量
褐铁矿	2.8526	黄铁矿	0.0057	毒砂	0.0002	绿泥石	2.207
赤铁矿	0.0028	黄铜矿	0.005	辉锑矿	0.0001	叶腊石	0.6556
磁铁矿	0.0001	辉铜矿	0.002	辉银矿	0.0023	绢云母	0.05
菱铁矿	0.0002	斑铜矿	0.0003	自然银		玉髓	5.1737
硬锰矿	0.003	铜蓝	0.0001	自然金		方解石	0.0001
软锰矿	0.001	方铅矿	0.001	银金矿		白云石	0.0001
锐钛矿	0.0004	闪锌矿	0.004	淡红银矿		石英	88.9412

从表4可知,矿石矿物以褐铁矿为主,铁锰矿物总量只占2.8%左右;硫化物矿物种类虽多,但只占0.02%左右。脉石矿物以石英为主,约占89%;次为片状硅酸盐矿物绿泥石、叶腊石、绢云母,约占3%;玉髓实际上是硅质岩屑占5%左右,其余含量极微。

2.3 部分伴生矿物特征

1) 褐铁矿。褐铁矿为主要铁矿物,呈单体或集合体产出,大者达2mm,小者呈粉末状;常呈黄铁矿假象——立方体和五角十二面体晶形,并常含有原生矿物的残晶,表明褐铁矿主要是由黄铁矿等硫化物氧化而成。镜下发现褐铁矿中有较多的包裹金,说明黄铁矿是金的主要载体矿物。部分由黄铜矿氧化的褐铁矿中还见有自然银的包体。探针资料中未发现吸附状态的Au、Ag元素。

2) 锰矿物。锰矿物主要为硬锰矿和软锰矿,多与褐铁矿连生或充填在矿物裂隙和岩石孔洞中,大小不一,粉末状、不规则粒状、皮壳状和胶状。据探针资料(探A=1、2、3),硬锰矿中Mn含量在73%~77%间,Pb含量变化于22%~26%间,属铅硬锰矿。软锰矿的探针资料与硬锰矿有所不同(探A=5、6),其Mn含量变化于75%~90%间,杂质元素为Si、S、K、Cr、As。其中As含量可达4.41%,说明As

元素部分被锰矿物所吸附。锰矿物中未发现金银矿物包体,也未发现吸附状态的Au、Ag元素。

3) 铜矿物。铜矿物见黄铜矿、斑铜矿、铜蓝、辉铜矿,后3种矿物均是黄铜矿的表生产物,往往以上述顺序从内到外依次呈同心环状变晶产出;他形粒状,一般<0.1mm,粒度大者达1mm。铜矿物与银矿物关系密切,见辉银矿包含于铜矿物中并被辉铜矿交代和溶蚀,在由黄铜矿变成的褐铁矿和辉铜矿中均见有自然银的微细包体。部分硫化物矿物探针资料见表5。

表5 仙山岗银金矿床部分硫化物探针分析结果

矿物	元素含量/%					
	Cu	Fe	Ag	Zn	S	Si
黄铁矿		44.63	0.12		55.22	0.03
辉铜矿	74.21		1.26		24.50	0.03
铜锌矿物混体	35.15	3.38	0.92	35.13	24.91	0.51

4) 铅锌矿物。方铅矿和闪锌矿二者往往同时出现并连生,与黄铜矿共生;粒度大小不一,多<0.1mm,他形角粒状。镜下可见铅锌矿物与银矿物关系密切——方铅矿中有辉银矿的微粒包体,方铅矿和闪锌矿的解理中有自然银产出。

5) 毒砂。毒砂呈微粒单体或集合体产出,<0.01mm,半自形-自形,与黄铁矿共生,二者无交代现象。高倍镜下发现毒砂中有银金矿的微粒包体。

6) 辉锑矿。辉锑矿多呈棒状长条形颗粒产出,粒度细小,大部分在-200mm以下粒级出现,未发现金银矿物包体及连生体。

由上可知,伴生矿物中铁、铜、铅锌矿物为金银矿物主要载体,锰、锑矿物几乎不含金银矿物,且未见吸附状态的金和银。

3 矿石的结构构造

宏观上矿石呈不等粒花岗变晶结构,斑杂和角砾斑杂状构造;氧化带还具有晶洞、晶簇构造,土状、蜂窝状构造等;矿石矿物为不均匀稀疏浸染状构造。微观上矿石的结构构造特征列于表6。

表6 仙山岗银金矿床矿石微观结构构造

结构构造	矿石矿物
自形-半自形晶粒结构	毒砂、部分黄铁矿
他形晶粒结构	黄铜矿、辉铜矿、方铅矿、闪锌矿,金银矿物
胶状变胶状结构	褐铁矿和部分锰矿物
环边结构	黄铜矿次生变化为斑铜矿、铜蓝及辉铜矿
固溶体分解结构	闪锌矿中出溶形成黄铜矿等
骸晶结构	原生矿物变为褐铁矿残留的边缘轮廓
星点状浸染构造	金银矿物

综合上述,矿石的结构构造具如下特征:

1) 脉石矿物以不等粒花岗变晶结构或鳞片花岗变晶不紧密镶嵌结构为特征,由于粒度不均匀,晶体间又有铁质及鳞片状矿物充填,导致镶嵌松弛,有利于石英等的单体解离。

2) 矿石矿物由于量少,呈稀疏浸染,故多以自形程度不同的晶粒结构为特征,很少见矿物间的交

代、穿插及互相交象嵌连等结构,有利于各矿物的单体解离。

3) 某些较复杂的结构只局限于个别矿物中,对矿物分选不会造成明显的影响。

4 金银矿物的工艺特征

4.1 金矿物的工艺特征

目前所发现的金矿物有自然金、银金矿两种,属自然金-自然银系列,探针资料表明金矿物中的金为76.72%~80.96%,银为19.04%~23.28%,总体上属于银金矿。

1) 金矿物的形态特征。据金矿物统计表(表7),金矿物形态以边界圆滑者为主,边界棱角明显和边界不规则的金粒总和约占50%。从金矿物延展率看,以 $L/W=1\sim1.5$ 的圆状、角粒状、尖角粒状为主,而延展率在1.5~3的颗粒,如长角粒、叶片状、枝杈状等形状居次,针线状相对较少。

2) 金矿物的嵌布特征。据金矿物的产出状态统计表(表8),矿石中金矿物主要以粒间金形式产出,次为包裹金,而裂隙金相对较少。

表7 仙山岗银金矿床金矿物形态特征

延展率(L/W)	边界圆滑			边界棱角明显			边界不规则			合计	
	形态	粒数	%	形态	粒数	%	形态	粒数	%	粒数	%
1~1.5	浑圆	647	19.88	角粒	486	14.94	尖角粒	360	11.06	1493	45.88
1.5~3	麦粒	405	12.45	长角粒	146	4.49	树枝	400	12.29	951	29.23
3~5	叶片	380	11.68	板片	130	3.99	枝杈	115	3.53	625	19.20
>5	针线	185	5.69							185	5.69
合计		1617	49.69		762	23.42		875	26.89	3254	100

表8 仙山岗银金矿床金矿物嵌布特征

载金矿物	粒间金				包裹金			裂隙金	合计
	石英-石英	石英-褐铁矿	褐铁矿-褐铁矿	其他矿物-石英	石英	褐铁矿	其他矿物	石英	
粒数	481	84	18	32	48	159	22	17	861
单项占有率/%	55.87	9.76	2.09	3.72	5.57	18.47	2.55	1.97	100
总占有率/%			71.44			26.59		1.97	100

3) 金矿物的粒度特征。据统计表(表9),矿石中的金矿物以中细粒金为主,微粒金也占有一定比例,而粗粒金相对较少。

表9 仙山岗银金矿床金矿物粒度统计

粒度区间/mm	颗粒数	体积/ mm^3	质量/mg	粒级相对含量/%	
				部分	累积
粗粒-0.3+0.074	18	0.009425	0.1821	6.95	6.95
中粒-0.074+0.037	764	0.068387	1.3212	50.40	57.35
细粒-0.037+0.01	4589	0.031183	0.6025	22.98	80.33
微粒-0.01	50975	0.026690	0.5157	19.67	100
合计	56346	0.135685	2.6215	100	

4) 金矿物的表面特征。据镜下观察,大部分金矿物表面光亮洁净,少部分金粒表面具有麻点和坑穴,个别金粒表面有锈色,酸洗后变黑,为金矿物中自然银包体氧化所引起。片状金表面多具擦痕,晶面弯曲;个别金粒中有石英和褐铁矿微包体。

4.2 银矿物的工艺特征

目前已发现的银矿物有辉银矿、自然银、淡红银矿3种,其中以辉银矿为主,次为自然银,淡红银矿很少。银的化学物相资料还有 1×10^{-6} 的角银矿,目前尚未发现。

1) 辉银矿。辉银矿呈不规则的粒状和圆饼状产出,钢灰色,低硬度,具良好的延展性。辉银矿的粒度大小不等,大者0.5~1mm,小者<0.01mm,据浮选精矿中辉银矿粒度统计表(表10),辉银矿粒度较大,以>0.074mm颗粒为主。辉银矿中有自然银的微细包体,故探针数据中银量偏高(表11)。镜下观察表明,辉银矿大部分产于褐铁矿与石英的粒间,部分产于褐铁矿中。辉银矿与铜矿物连生或包裹于铜矿物中。

表10 浮选精矿中辉银矿粒度组成(-200目占70%)

粒度区间/mm	粒数	体积/mm ³	质量/g	占有率/%
-3+0.074	1114	5.81425	0.02765	96.848
-0.074+0.037	1187	0.10625	0.00077	2.697
-0.037	2674	0.01817	0.00013	0.455
合计	4975	3.93867	0.02855	100

2) 自然银。自然银呈厚板状、片状、针状和树枝状产出,微细粒的自然银常呈圆粒状和角粒状,颗粒边界较圆滑,银白色,氧化后为铅灰色,低硬度,具良好的延展性。自然银粒度较细,大部分<0.074mm;精矿中有少量粗粒自然银(0.1~0.5mm)。自然银多呈微包体产于辉银矿中,故探针资料中(表11)出现少量的硫。自然银主要产于各矿物的粒间,在铜矿物中和铅锌矿物的解理中均发现有微粒自然银产出。

表11 仙山岗银金矿床银矿物电子探针分析结果

矿物	元素含量/%			合计
	Ag	S	Si	
辉银矿	92.85	6.65	0.50	100
自然银	95.71	3.73	0.56	100
自然银	97.61	1.84	0.55	100

3) 淡红银矿。淡红银矿呈近等轴状、短柱状和不规则角粒状产出,半透明淡玫瑰红色,金刚光泽,

性脆,粉末为红色,粒度细小,一般<0.1mm。在铜矿物及铅锌矿物中见淡红银矿呈微粒包体产出。

4.3 金的赋存状态

1) 金的化学物相资料(表12)表明,在磨矿细度为-200目的条件下有97.87%的金已解离为单体金,而残留在其他各矿物相中的金总量只占2.13%。据镜下观察,在与上述各矿物相有关的矿物中均发现有显微状银金矿包体。另对原矿粒度分析-200目部分矿样的观察发现,尚有少量与石英和褐铁矿连生的金矿物存在,由此可确定矿石中的金基本上是以独立的银金矿形式存在。

表12 仙山岗银金矿床原矿金的化学物相分析结果

矿物相	单体金	硫化物	硅酸盐	碳酸盐	褐铁矿	合计
含量/10 ⁻⁶	9.2	0.05	0.05	0.05	0.05	9.4
占有率/%	97.87	0.532	0.532	0.532	0.532	100

2) 金的赋存状态(表13)说明,在碎矿粒度-200目占70%条件下有30.59%的金已解离为单体金,这是在上述条件下混汞法回收的上限;而单体金和连生金之和占94.57%,这应是在同样条件下氰化法回收金的上限。

表13 仙山岗银金矿床金矿物赋存状态(-200目占70%)

矿样	项目	单体金	连生金	包裹金	合计
精矿21g	品位/10 ⁻⁶	99.0	51.0	0.95	150.95
	金属量/mg	2.079	1.071	0.02	3.17
尾矿2900g	品位/10 ⁻⁶	1.97	5.25	0.47	7.69
	金属量/mg	5.713	15.225	1.363	22.301
精矿+尾矿	金属量/mg	7.792	16.296	1.383	25.471
占有率	%	30.59	63.98	5.43	100

3) 在上述条件下金在主要矿物中的配分情况见表14。

表14 仙山岗银金矿床金在主要矿物中的配分(-200目占70%)

矿物	矿物含量		矿物中金含量/10 ⁻⁶	金在矿物中的分配量/mg	分配率/%	
	质量/g	相对/%			部分	累计
银金矿	9.89×10 ⁻³	3.3×10 ⁻⁶	78.76×10 ⁻⁴	7.792	30.59	30.59
褐铁矿	83.33	2.853	119.3	9.942	39.03	69.62
石英	2777.42	95.08	2.5	6.944	27.26	96.88
其他	60.24	2.06	13.16	0.793	3.11	99.99
总计	2921	100	8.72	25.471	99.99	

注:石英的质量包括玉髓的量在内。

4.4 银的赋存状态

银的化学物相(表15)表明,银以硫化银为主,次为自然银,二者之和占银总量的98.75%。目前已发现的银矿物种类及含量比与物相资料吻合。电

子探针表明,在铜矿物、闪锌矿、黄铁矿等矿物中均有分散状态的银,但量极微,故银的赋存状态也基本上是以独立矿物形式存在。

表 15 仙山岗银金矿床银的化学物相结果

矿物相	角银矿	类质同象	硫化物	自然银	合计
含量/ 10^{-6}	1.0	1.0	126.0	32	160
占有率/%	0.625	0.625	78.75	20.0	100

5 结 论

1) 该矿体矿石类型单一,属少硫化物含金银石英-褐铁矿矿石,属氧化矿。

2) 矿石中有工业意义的元素为金银,其他伴生元素均无综合利用价值;有害元素砷、锑、锰等含量不高。

3) 矿石的矿物组成简单,矿石矿物主要为褐铁矿,脉石矿物主要为石英,金银矿物以独立矿物存

在,分散相极微。

4) 矿石结构单纯,各矿物主要以自形程度不等的晶粒结构产出,矿石矿物主要以单体或集合体星点状、稀疏浸染状嵌布,有利于各矿物的单体解离。

5) 金银矿物为独立矿物包体,嵌布形式均以粒间性质为主,无吸附状态的金和银,有利于金银矿物的单体解离,有利于选矿工艺。

[参考文献]

- [1] 韦龙明. 金矿物统计研究中容易忽略的问题[J]. 地质与勘探, 2000, 36(1): 29-30.
- [2] 冯建忠, 王京彬, 梅友松. 论中国火山次火山岩-斑岩金银矿成矿系列[J]. 地质与勘探, 2000, 36(3): 1-4.
- [3] 侯树桓, 姜建军. 吉林六批叶沟金矿石及金矿物特征研究[J]. 地质与勘探, 2005, 41(1): 43-47

ORE COMPONENT AND OCCURRENCE STATES OF GOLD - SILVER ELEMENTS IN THE XIANSHANGANG SILVER - GOLD DEPOSIT, JIANGXI

HUANG Xiao-e¹, XU Zhi-hua²

(1. Jiangxi Bureau for Nonferrous Metals Geological Exploration, Nanchang 330001;

2. Leping Bureau of Land and Resource, Leping 333001)

Abstract: Ore characters components, matter components and gold-silver occurrences in Xianshangang gold deposit of Jiangxi is discussed. Gold and silver are valuable industrial elements in ores. Limonite is the major ore mineral, and quartz is the main gangue mineral. Ore structures are very suitable for every minerals deforming to monomers. Gold and silver exist as independent minerals, and are mainly hosted in intergranular of other minerals. The results can provide necessary parameters for ore dressing and further ore prospecting.

Key words: gold deposit, ore component, occurrence state, Xianshangang, Jiangxi

中国西部成为有色金属矿业开发的亮点

8月23—25日,由中国有色金属工业协会主办,北京安泰科投资咨询有限公司、中国有色金属工业协会地质矿产分会承办的第四届中国(西部)有色金属矿业开发国际论坛在内蒙古呼和浩特市拉开帷幕,来自中国有色金属工业协会、国家发展与改革委员会、国务院西部办、国土资源部、内蒙古自治区人民政府及内蒙古国土资源厅等单位的350余名代表出席了本次论坛。

围绕优势资源开发,促进西部经济发展,有色金属地勘项目的合作等议题,与会代表展开了热烈的讨论。我国西部地区地域广大,资源丰富。经专家论证,我国已探明的有色金属资源只占预测资源量的三分之一,还有三分之二的有色金属资源有待勘查发现,这些资源大部分分布在西部地区。因此西部已成为全球关注的地质勘查和矿业开发的投资热点。

中国有色金属工业协会常务副会长高德柱在会议中指出,有色金属矿产品的需求和价格的上涨,导致了有色金属行业效益的显著提高。今年上半年,中国有色金属总产量为894.32万t,预计全年将超过1800万t,销售收入、利税增长显著,企业实现利润创历史新高,促进了有色金属矿业公司及地质找矿产权的多元化,从而推动了有色金属矿业的发展。

中国有色矿业集团有限公司董事长罗涛在会议中提到公司实施的“走出去”发展战略,立即引起人们的兴趣,大家都非常关心中国有色矿业集团的下一步战略计划,到底会花落谁家。

会上,加拿大泰科明科等一些知名的国际矿业公司和投资公司还就发展矿业议题作了精彩的报告。