

东乡铜矿伴生金银的赋存状态及富集规律探讨

艾霞

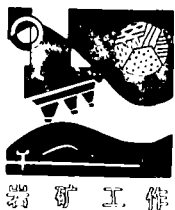
(有色总公司北京矿产地质研究所)

陈增义

(有色总公司东乡铜矿地测科)

东乡铜矿是一个以铜为主, 共(伴)生有铁、钨、金、银、硫的多金属矿床。矿石中伴生的金、银多呈独立矿物存在, 主要嵌布在斑铜矿和石英的晶界上或充填在裂隙中。对伴生金、银的空间分布和富集规律进行了分析, 做到合理配矿, 提高了矿山的经济效益。

关键词 伴生金银赋存状态 分布及富集规律 东乡铜矿



东乡铜矿位于江西省东乡县北东 7km。矿山一直以采铜为主, 综合回收银。矿石中的金含量在 0.05~0.107g/t 之间, 1988 年以前基本没有计价(铜精矿中金品位小于 1g/t)。1987 年开始, 有色金属工业总公司铜镍局(原生产部)为提高矿山的经济效益, 开始重视金、银的综合回收和利用, 责成我们研究“东乡铜矿伴生金银的赋存状态及富集规律”。通过研究, 查清了铜矿石的物质组成、伴生金、银的赋存状态、空间分布及富集规律, 并发现矿体顶板或硅化岩夹层中含金。在采矿过程中合理配矿, 提高了原矿金品位, 使计价金的产量成倍增加, 提高了矿山的经济效益, 达到了预期的目的和要求。

矿床地质概况

东乡铜矿位于赣东北铜多金属成矿带的西南端。赋矿地层为下石炭统梓山组和中上石炭统壶天群。岩石类型主要是一套滨海—湖泊相沉积的凝灰质砂板岩、硅质岩、白云岩, 夹有铁铜硫化物沉积层。

矿区由石炭系组成走向北东 $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$, 倾向南东, 倾角 $30 \sim 40^{\circ}$ 的单斜构造。断裂构造发育, 北东向断层长期多阶段活动, 形成了规模较大的断裂破碎带, 对成矿起着重要的作用。燕山期花岗岩、花岗闪长斑岩小岩株、岩脉, 侵入在石炭系或元古界双桥山群中, 浅成斑岩的侵入对成矿有一定的叠加改造作用。

矿区已圈定出 6 个铜矿体, 1 个硫矿体, 4 个铁矿体, 8 个钨矿体。矿体多呈似层状、透镜状, 少数呈岩筒状、脉状。

主要矿石类型有辉铜斑铜矿型、含铜(胶状)黄铁矿型、钨铁矿型, 另有含金硅化岩矿石等。矿石中有益组份有铜、硫、铁、钨, 伴生有银、金、铋、硒、碲等, 均具综合利用价值, 有害元素砷低于工业指标。

矿石中金属矿物成分复杂, 脉石矿物较简单(表 1)。以网脉状、条带状、角砾状、浸染状构造为主, 其次有块状、斑杂状、胶状(肾状、豆状)、皮壳状、晶洞构造等; 结构有半自形—他形粒状、变晶粒状、固熔体分离的叶片状、乳滴状结构, 并见有压碎、交代熔蚀、变纤状结构等。

本文 1992 年 1 月收到, 1992 年 10 月改回, 范若芬编辑。

表 1 东乡铜矿矿物成分表

类别	主 要	次 要	微 量
金属矿物	斑铜矿、辉铜矿、黄铁矿、胶状黄铁矿、黄铜矿、赤铁矿、水针铁矿、钨铁矿、菱铁矿	硫铋铜矿、硫铜铋矿、白铁矿、铜蓝、孔雀石、磁铁矿、黝铜矿、方铅矿、闪锌矿、钨锰矿、白钨矿、钛铁矿、毒砂、辉铋矿、辉钼矿、辉碲铋矿、碲铅矿、硫铋铅矿、磁黄铁矿等	自然金、银金矿、自然碲、硫铋矿、辉银矿、辉碲银矿、自然银、碲铅矿、硫铋铜铅矿、自然铜、硫铜矿、自然铝等
脉石矿物	石英、方解石、红云母、高岭石	白云石、萤石、重晶石、长石	金红石、锆石、独居石

金银的赋存状态

1. 金银矿物的种类及嵌布特征

经显微镜鉴定和扫描电镜分析，金矿物

主要有自然金、银金矿；银矿物有碲银矿、硫银铋矿、块辉铅铋银矿、辉碲铅银矿、自然银等；部分硫铜铋矿、硫铋铜矿、含碲方铅矿、胶状黄铁矿也含少量银。

(1) 自然金 是主要金矿物之一。反射色为金黄色，反射力>65%，均质。主要嵌布在乳白色石英裂隙间，或包裹在烟灰色细粒石英中，部分产在斑铜矿与脉石矿物的晶界上，金成色为 880~899。

(2) 银金矿 是重要的金矿物。反射色淡金黄色，其色调随金含量的增加而增加，反射力>75%。多嵌布在斑铜矿与石英、硫铜铋矿的晶界上或交代斑铜矿和充填在斑铜矿的裂隙中，常被褐铁矿熔蚀，成色为 584~849。

(3) 碲银矿 是重要的银矿物之一。反射色为带褐灰白色，多呈细小圆粒状嵌布在斑铜矿或包裹在变晶石英的颗粒中（表 2）。

表 2 银矿物电子探针分析（%）结果

样号	矿物名称	S	Bi	Ag	Cu	Te	Se	Pb	Fe
坑一8	碲银矿			57.61		42.39			
56#	碲银矿			60.37		39.63			
4#	硫银铋矿	21.02	60.54	16.07	2.36				
4#	硫银铋矿	20.91	59.92	16.39	2.80				
4#	块硫铋银矿	22.34	67.49	9.56	0.60				
46#	块辉铋铅银矿	15.77	58.20	8.87	0.41			16.75	
钻一1	辉碲铅银矿	73.39		26.05	3.51		20.78	31.74	1.73

(4) 硫银铋矿 是常见的银矿物之一。反射色为灰白色。多呈针状或纤维状集合体充填在脉石矿物的裂隙中，与自然铋、辉碲铋矿、硫铜铋矿共生。

新发现的矿物有块辉铋铅银矿、辉碲铅银矿、自然银等。在脆硫铜铋矿、硫铋铜矿、含碲方铅矿、碲铅矿中也含少量的银（表 3）。

2. 金、银矿物的工艺特性

(1) 金矿物的形态 多呈圆粒状、不规则粒状、薄板状、片状、树枝状等。重砂富

集的金矿物表面多凸凹不平，个别粗颗粒表面具有棕黑色被膜，可能是金矿物在硫酸铁或二氧化锰等强氧化剂存在的酸性介质中，被侵蚀污染所致。

(2) 金、银矿物的粒度特征 经显微镜下测定，金矿物粒度一般为 0.001~0.05mm，约占统计总数的 90%，少数颗粒较粗；银矿物粒度变化较大，碲银矿一般为 0.001~0.01mm，硫银铋矿为 0.05~0.1mm，个别达 1~2mm；晶洞中的自然银为 0.05mm。人工重砂富集的金矿物，据 1829 粒统计，粒度

多在 0.001~0.1437mm, >0.01mm 者、
<0.05mm 的占 91.8%, 占总重量的
92.5%。金、银粒度筛析结果表明, 在-200
目粒级中金银明显富集, 也说明以次显微金
为主, 仅有少量显微金。

3. 金、银在各矿物中的含量及配分

从组合大样中提取黄铁矿、斑铜矿、黄
铜矿、铁氧化物(以褐铁矿为主, 另有赤铁
矿、钨铁矿)、石英等作金、银平衡配分
(表 4)。

表 3 含银矿物电子探针分析结果(%)

样号	矿物名称	Se	S	Bi	Sb	Pb	Zn	Ag	Cu	Fe	合计
钻一1	含铋砷硫 铜 矿		22.15	25.78	8.79		6.13	0.22	30.35	1.47	100
钻一1	含铁砷硫 铜 矿		22.45	24.24	8.23		5.43	0.21	29.61	5.80	99.99
钻一1	含 砷 方 铅 矿	5.96	2.41			90.28		0.47	0.88		100
钻一1	含 砷 方 铅 矿	7.16	2.31			88.87		0.06		1.61	100.01
钻一1	含 砷 方 铅 矿	2.83	3.03			92.41		1.15		0.58	100
坑一4	含 银 砷 铜 矿		20.03	59.89				8.60	11.47		99.99
坑一3	含银砷硫 铜 矿		16.43	48.20				0.80	33.51	1.06	100
坑一3	砷 铅 矿	20.58	0.37			79.05					100
坑一3	含 铜 砷 铅 矿	19.70	0.26			74.82		0.24	4.99		100.01
坑一3	砷 砷 铜 铅 矿 ?	17.19	3.37			62.14		0.06	13.81	3.43	100

表 4 组合大样 Au、Ag 平衡配分结果

矿物名称	矿物量 (%)	含量(g/t)		配分量(g/t)		配分率(%)	
		Au	Ag	Au	Ag	Au	Ag
铁氧化物	7.3	0.2536	39.8	0.019	2.91	4.4	5.9
黄 铁 矿	5.4	0.1052	4.8	0.006	0.26	1.4	0.2
胶状黄铁矿	8.8	0.1301	137.6	0.011	12.11	2.5	25.1
斑 铜 矿	10.4	1.08	140.1	0.112	14.60	25.8	29.1
黄 铜 矿	3.1	0.24	85.95	0.008	2.66	1.8	5.4
石 英	57.7	0.48	28.6	0.277	16.50	63.8	33.5
其他脉石	0.8	0.17	25.0	0.001	0.20	0.2	0.4
合 计	93.5			0.434	49.24	99.9	99.9

从矿物平衡配分结果看, 石英和斑铜矿
是金、银的主要载体矿物。斑铜矿中所含的
金可以进入铜精矿, 但脉石中大量的金
(63.8%)进入尾矿。因此, 铜精矿中金不到
1g/t。斑铜矿中含银高, 每年可从铜精矿

中回收银 3~4t。

金银的空间分布及富集规律

从查定结果看, I 号铜矿体金平均品位
为 0.059g/t, VII 号铜矿体平均品位为

0.514g/t。因Ⅰ号矿体金品位太低，故重点对Ⅶ号铜矿体中金、银的空间分布做了系统的研究。

1. 金、银的空间分布

(1) 金、银在不同地质体中的含量 对富铜矿体(Cu>2%)123个组合样品分析，金含量为0.07~1g/t，平均0.765g/t；银含量为15~120g/t，平均79g/t。富铜矿体位于铁矿体下部，贫铜矿体之上，在富铜矿体顶部77~79线之间金最富集。

对贫铜矿体806个组合样品分析，金含量为0.05~0.5g/t，平均0.123g/t；银含量为10~100g/t，平均16.8g/t。在贫铜矿体中金、银含量低而分散，一般上部比下部富。

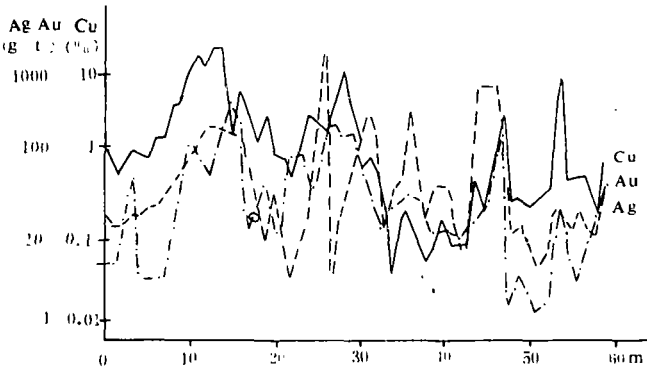
在铜矿体顶板或含铜硅化岩夹层中(铜

含量未达到工业品位)，共组合了407个样品，其金含量为0.07~1g/t，平均0.38g/t，单样最高达7.34g/t；银含量为2~70g/t，平均39.19g/t，单样最高达381.3g/t。(硅化岩组合样全部参加计算)。铜矿体上覆的硅化岩，金、银含量变化比较大，在77~79线之间的富铜矿体顶部凹槽中的硅化岩金、银含量高，而远离铜矿体则低。

(2) 不同矿石类型中金、银的含量 在大量光薄片鉴定的基础上，对其有代表性的矿石类型进行了金、银分析，其结果(表5)表明：辉铜矿斑铜矿矿石含银高，伴生有金；褐铁矿斑铜矿化硅化岩含金高，伴生有银；铁矿石、含铜黄铁矿矿石、黄铁矿化砂页岩、块状硅化岩中金、银均不高。

表5 各类型矿(岩)石金银含量(g/t)表

矿(岩)石类型	样品数	金含量 (平均含量 变化范围)	银含量 (平均含量 变化范围)
块状斑铜矿矿石	6	$\frac{0.571}{0.046 \sim 1.66}$	$\frac{338.03}{88.0 \sim 650.0}$
铁 矿 石	3	$\frac{0.0399}{0.0011 \sim 0.0629}$	$\frac{18.98}{15.25 \sim 26.07}$
含铜黄铁矿矿石	12	$\frac{0.1256}{0.0094 \sim 0.42}$	$\frac{66.86}{4.68 \sim 261.2}$
褐铁矿斑铜矿化硅化岩	19	$\frac{1.93}{0.0495 \sim 15.37}$	$\frac{155.7}{15.02 \sim 778.8}$
硅 化 岩	9	$\frac{0.138}{0.0163 \sim 0.34}$	$\frac{21.05}{5.0 \sim 7.1}$
黄铁矿化砂页岩	2	$\frac{0.026}{0.0042 \sim 0.0478}$	$\frac{6.25}{0.9 \sim 11.6}$



东乡铜矿79副线Cu、Au、Ag含量变化图

$\gamma_{Cu.Au}=0.00009$; $\gamma_{Cu.Ag}=0.56$; $\gamma_{Au.Ag}=0.14$; $n=60$

(3) 金、银与铜的关系 富铜矿体中,铜与银呈正相关,相关系数为 0.59,铜与金相关性不明显,但在高品位铜的边部对应的金也高;贫铜矿体中铜与金、银相关性不明显;蚀变硅化岩中金与银相关,金、银与铜不相关(见图),反映出多期多阶段成矿的特征。金与银的分布是很不均匀的,具有多峰式分布的特征,反映出金、银矿化是受构造裂隙控制的。

2. 金、银的富集规律

从伴生金、银的空间分布来看,东乡铜矿的成矿作用经历了复杂的过程。在原生海底火山喷发沉积阶段形成的似层状、透镜状含铜(胶状)黄铁矿矿体,其金、银含量低且分散;中生代叠加了构造岩浆活动,使围岩破碎并角砾岩化、硅化、绢云母(白云母)化、绿泥石化等热液蚀变使硅质重结晶形成硅化岩,金、银有所富集,并叠加有 W、Bi、Se、Te 矿化,形成铋、碲酸盐银矿物。矿区位于新生代断裂构造盆地边缘的隆起带上,受表生氧化淋滤作用,原生铜矿体在富含氧、二氧化碳的大气降水与表土层的有机质、腐植酸等地下水混合,原生矿体的金属硫化物在含有 SO_4^{2-} 强酸性水介质的作用下,使金属硫化物迅速氧化,铁、硅等化学性质不活泼的元素形成赤铁矿矿体,铁吸附钨形成钨铁矿矿体。从矿体中解离出来的 Cu^+ 、 S^{2-} 、 Au^+ 、 Ag^+ 等在酸性溶液中被搬运,在不同物理化学条件下沉淀,金的化

学活动性较差,在淋滤亚带硅化岩的构造裂隙中沉淀,形成含金硅化岩。银与铜被搬运到次生富集带形成富银铜矿石。深部原生含铜黄铁矿矿体中金、银品位低而分散。

合理配矿,提高矿山经济效益

1986 年前,铜矿石中金的原矿品位是 $0.05\sim 0.107\text{g/t}$,故铜精矿中的金品位很难达到 1g/t (计价)。自从查清金、银赋存状态及空间分布规律后,进行合理配矿,适当增加(5~10%)含金硅化岩,或Ⅶ号铜矿体含金高的富铜矿石(0.514g/t),与Ⅰ号铜矿体矿石,按 1:2 的比例配矿,提高了铜矿石中金的原矿品位。1988 年铜矿石中金品位为 0.157g/t ,铜精矿中达 1.63g/t ,计价金达 14.21kg ;1989 年铜矿石中金品位为 0.23g/t ,铜精矿中达 1.93g/t ,计价金达到 28.6918kg ,年创产值 114 万元。虽因原材料涨价矿山生产成本提高,但回收的金、银逐年增加,利润仍不断提高。

在研究过程中,得到东乡铜矿地测科步正来、邹自昌等同志的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

参考文献

- [1] 王忠玲,矿产与勘查,1990,第 2 期。
- [2] 邵洁涟等,地质找矿论丛,1988,第 1 期。
- [3] 徐国风等,地质科技情报(武汉中国地质大学),1986,第 1 期。

Mode of Occurrence and Enrichment Principle of the Gold and Silver associated with the Dongxiang Copper Deposit

Ai Xia Chen Zengyi

The Dongxiang copper deposit, with copper as the major ore mineral, associates with Fe, W, Au, Ag, and S, is of polymetallic ore type. Gold and silver associated with the ores occur as independent minerals and distribute on the crystal interface of bornite and quartz or fill into the fissures. After an understanding of the spacial distribution feature and richment regularity of the gold and silver associated with the ores, making up a favourable burden with rich and poor ores in a reasonable ratio will bring about more economic benefit for the mine.