

安庆铜矿床伴生金的赋存状态特征

Occurrence State Character of Associated Gold of Anqin Copper Deposit

朱文凤

(桂林矿产地质研究院, 广西 桂林 541004)

Zhu Wenfeng

(Guilin Research Institute of Geology for Mineral Resource, Guilin 541004, Guangxi, China)

摘 要 安庆铜矿床为一隐伏夕卡岩铜矿床, 伴生金的品位较低, 为 0.098×10^{-6} 。矿石中金以矿物态为主, 黄铁矿含金量最高(4.36×10^{-6}), 依次为黄铜矿 (0.60×10^{-6}), 磁黄铁矿 (0.44×10^{-6}), 脉石矿物(0.05×10^{-6}), 磁铁矿(0.002×10^{-6})。金矿物粒度较细, 小于 $50 \mu\text{m}$ 。金矿物全部以包裹金的形式存在。金在各矿物中的分配率: 黄铜矿 18.32%, 磁黄铁矿 12.83%, 黄铁矿 40.79%, 脉石 27.39%, 金主要存在于黄铁矿中, 这种赋存特征对金的回收极为不利。金的理想回收率仅为 18.32%。

关键词 安庆铜矿床 伴生金 赋存状态特征

安庆铜矿床, 为一隐伏接触交代夕卡岩型矿床, 受构造、岩性等复杂因素控制, 两期与多阶段反复矿化, 形成 2 个主矿体, 38 个小矿体。2 个主矿体分别编号为 1、2 号。1 号矿体规模最大, 东西长约 700 m, 南北宽约 400 m, 分布面积 0.28 km^2 , 铜金属量 32.9 万吨, 占全矿的 80%。2 号矿体规模仅次于 1 号矿体, 属第二位, 主要部分长 200 m 左右, 最大长度 419 m, 铜金属量达 6.5 万吨左右, 占全矿区金属量的 16%。

本矿床矿石按自然类型可分为闪长岩型铜矿、夕卡岩型铜矿、磁铁矿型铜矿及夕卡岩型铁矿, 按工业类型可分为铜矿石、铁铜矿石、铁矿石。目前矿山只回收铜精矿、铁精矿。矿山已有一年多未回收到金, 因此查清伴生金的赋存状态, 为矿山进一步综合利用, 提高经济效益有着重要的意义。

1 矿石的成分

1.1 矿石的化学组成

安庆铜矿床大样矿石的多元素分析及化学全分析结果列于表1。观表可知: 安庆铜矿床中可供利用的金属组分有Cu、Fe、Au、Ag, 其品位分别为1.79%、39.67%、 0.098×10^{-6} 、 6.39×10^{-6} , 其它组分因其含量与工业要求相差甚远而不予以考虑, 因而该矿可利用的金属组分相对简单。

1.2 矿石的矿物组成

矿石的主要金属矿物有磁铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿等。非金属矿物主要有透辉石-次透辉石、钙铁石榴石、方柱石、斜长石、蛇纹石、金云母等(表2)。

2 金的赋存状态及工艺性质

2.1 矿石中矿物金与分散金的比例

表1 安庆铜矿床多元素分析及化学全分析结果

分析项目	分析结果 / %	分析项目	分析结果 / %	分析项目	分析结果/ 10^{-6}	分析项目	分析结果 / 10^{-6}
SiO ₂	21.43	MgO	5.52	Sn	12	Mo	2.5
TiO ₂	0.14	K ₂ O	0.13	As	60.7	Au	0.098
Al ₂ O ₃	2.47	Na ₂ O	0.57	Sb	3.78	Ag	6.39
Fe ₂ O ₃	29.19	P ₂ O ₅	0.12	Bi	0.78	Pb	305
FeO	25.81	H ₂ O ⁺	0.81	Ni	180	烧失量	4.33 (%)
MnO	0.21	S	5.85	Zn	410		
CaO	9.73	Cu	1.79	Co	250		

表2 安庆铜矿床矿石的金属矿物组成

分 类	矿物名称	矿物含量/%	主 要 嵌 布 特 征
硫化物	黄铜矿	3.16	多呈浸染状嵌布于磁铁矿或脉石矿物的颗粒之间,有时交代磁铁矿或脉石,少数呈条带状,小团块状。
	磁黄铁矿	3.02	呈他形、半自形粒状集合体,与黄铜矿紧密共生
	黄 铁 矿	0.97	星散分布于磁铁矿中,或被黄铜矿、磁黄铁矿包裹或沿裂隙呈网脉状穿插交代。
	闪 锌 矿	少量	浸染状分布于硫化物中
氧化物	磁铁矿	35.29	主要交代早期矽卡岩矿物呈致密块状和条带状矿石,局部被磁赤铁矿交代或赤铁矿交代呈假象赤铁矿。
自然元素	银 金 矿	微量	偶见于硫化物中,与磁黄铁矿、黄铜矿、辉铋矿、自然铋共生关系密切
	自 然 铋	微量	偶见于硫化物及脉石中,与辉铋矿、自然金共生关系密切
非金属矿物	脉石矿物	56.80	

为了对矿物金同分散金比例有个近乎定量的了解,我们对该矿床最主要的载金矿物——黄铜矿、磁铁矿、黄铁矿作了金溶解率测定。方法是将一定量的黄铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿单矿物样加同一浓度的硝酸溶解,在不同的溶解时间内取溶液样,分析溶液中Au、Cu、Fe含量,从而计算出不同浓度下的金、铜、铁溶解率。根据不同矿物的溶解率分析结果,作出黄铜矿中的铜与金、磁黄铁矿中铜与金、黄铁矿中铁与金的溶解率曲线图(如图 1、2、3)。从图中可看出,3 个单矿物中的铜与金、铁与金溶解率曲线均不一致,在主金属铜和铁溶解时,也有一部分金溶解出来,说明金不完全以矿物态存在,有相当一部分的金以亚显微或类质同像形式存在于载金矿物中,但黄铁矿金的溶解率比黄铜矿、磁黄铁矿稍高,这说明金在这

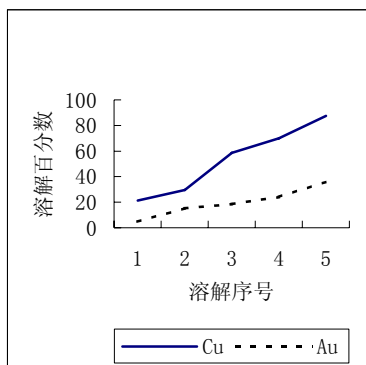


图1 黄铜矿中金、铜溶解率

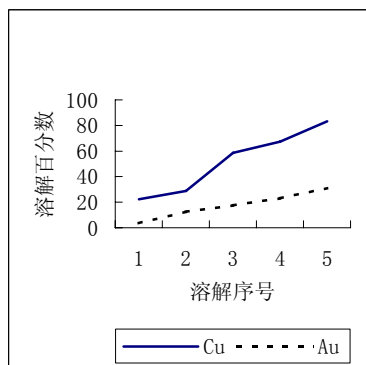


图2 磁黄铁矿中金、铜溶解率

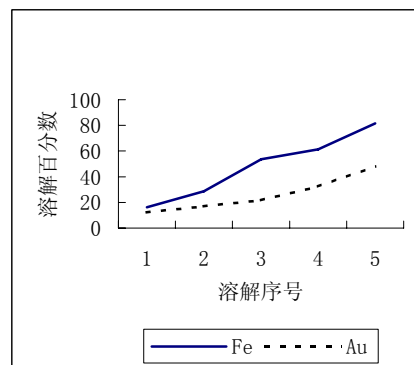


图3 黄铁矿中铁、金溶解率

三种载金矿物中，黄铁矿中的金以亚显微或类质同像形式存在的比黄铜矿和磁黄铁矿的比例要高。而黄铁矿中以类质同像形式存在的金在目前的冶炼技术水平下是难以回收的。

2.2 金矿物的粒度特征

矿石中金的粒度分布是个复杂问题，我们对该矿光片的金颗粒进行了粒度统计，发现该矿床金矿物的粒度偏细，均小于 $20\text{ }\mu\text{m}$ （300目）。我们又取大样中大约2 kg的样品进行溶解脉石、硫化物，再寻找金矿物，

表3 安庆铜矿床光片金矿物粒度分布

粒级/ μm	粒数/个	$w_B/\%$	累计 $w_B/\%$
20~10	4	26.86	26.86
<10	13	77.94	100.00
合 计	17	100.00	

经过我们的努力，仅发现了1粒金矿物。但非常有趣的是，这粒金矿物颗粒远比光片上看到的金矿物大得多（大于 $50\text{ }\mu\text{m}$ ）。因此我们断定，虽然该矿床的金矿物粒度较细，但仍有较大颗粒的金矿物存在。金矿物粒度光片统计列于表3中。从表中可看出，安庆铜矿床金矿物粒度较细，均小于 $20\text{ }\mu\text{m}$ （300目）。在传统的磨矿细度下，金矿物基本未解

离出来。这种赋存特征对金的回收显然不利。

2.3 金矿物的嵌布特征

嵌布特征是指金在矿石中的存在方式、存在位置及其与其他矿物颗粒的关系，一般可分为3类：

（1）裂隙金：自然金沿显微裂隙成单一自然金微脉或自然金与其它矿物微脉产出，连续性较差。

（2）粒间金：自然金位于其它矿物颗粒间，既可以是同种矿物也可以是异种矿物。以上2种金多为充填交代产物，形成时间多较周围矿物为晚。

（3）包裹金：自然金产于其它矿物的颗粒中，其成因多为出溶体或由分散金归并而成。

3类嵌布状态在矿床中的占有率为伴生金综合回收的重要参数之一。通过对本矿床采集的岩石、矿石标本磨制了大量的光片，在反光显微中进行鉴定，鉴定了200多块光片，对观察到的金矿物进行嵌布状态统计表明，该矿中的金矿物全部以包裹金的形式存在，包裹于黄铜矿中的金占67.22%，磁黄铁矿中的金占32.78%。

2.4 金矿物的成色特征

安庆铜矿床光片中的金矿物及人工重砂中的金矿物电子探针分析结果见表4。

从表4可看出，本矿床的金矿物全部为银金矿，金的成色较低（平均金60.30%），最高金含量可达66.57%，最低金含量为57.38%。

2.5 金矿物的载体矿物

安庆铜矿床金品位较低，金只是作为综合回收组分而被收入主金属精矿中，所以矿石中各矿石矿物和脉石矿物的含金量，对金的回收至关重要。工作中，我们测定了该矿单矿物的含金量分别为：黄铜矿为 0.6×10^{-6} ，磁黄铁矿为 0.44×10^{-6} ，黄铁矿为 4.36×10^{-6} ，磁铁矿为 0.002×10^{-6} ，脉石为 0.05×10^{-6} ，单矿物分离先从地质大样中分离出单矿物，然后淘洗排除已单体解离的粒间-裂隙金，这样分离出的单矿物代表性较好。

由上述可知：① 职各矿石矿物中，黄铁矿含金量最高(4.36×10^{-6})，依次为黄铜矿 (0.60×10^{-6})，磁黄铁矿 (0.44×10^{-6})。② 脉石矿物含金量为 0.05×10^{-6} 。③ 磁铁矿含金量为 0.002×10^{-6} 。不同矿物中金的含量不同且存在一定差距，表明各矿物中金分布的不均匀性。

2.6 矿石中金的平衡配分

金的平衡配分即金在矿石各组分（矿物）中的分配率。金的配分测定步骤为：① 测定矿石中各矿物

表4 安庆铜矿床金矿物电子探针分析结果（%）

定 名	Au	Ag	Fe	Cu	合 计
银金矿	59.36	38.91	0.14	0.81	99.22
银金矿	66.57	19.01	1.96	5.50	93.04
银金矿	60.22	33.50	0.52	2.01	96.25
银金矿	58.91	38.31	0.18	0.10	98.00
银金矿	59.38	39.51	0.12	0.06	99.06
银金矿	57.38	39.32	0.42	0.36	97.48
平 均	60.30	34.76	0.56	1.47	

注：有色金属分析测试中心电子探针分析实验室分析,仪器为 EPM-810.

的百分含量；② 测定矿石中各单矿物的含金量，然后通过简单计算即可求得金的配分率和平衡系数。后者的意义是：通过配分计算的矿石金品位和矿石实际金品位之比，用以检验配分的准确程度，安庆铜矿床金的平衡配分如下（表5）。

由表5可知：

表5 安庆铜矿床金的平衡配分

矿物种类	$w_{B\text{矿物}}/\%$	$w_{Au}/10^{-6}$	$w_{\text{金属量}}/10^{-6}$	分配率/%
黄铜矿	3.16	0.60	0.0190	18.32
磁黄铁矿	3.02	0.44	0.0133	12.83
黄铁矿	0.97	4.36	0.0423	40.79
磁铁矿	35.29	0.002	0.0007	0.68
脉石	56.80	0.05	0.0284	27.39
合计	100.00		0.1037	100.01

平衡系数 $K=0.1037/0.098\times 100\%=105.8\%$

（1）该矿矿石矿物中黄铁矿金的分配率最高，占40.79%，其次为脉石、黄铜矿、磁黄铁矿、磁铁矿，分别占27.39%、18.32%、12.83%、0.68%。金主要产在黄铁矿中。这对金的回收非常不利。

（2）目前矿山只回收铜精矿和铁精矿，因此只有包裹于黄铜矿的金才可以回收，金的理想回收率应为18.32%。

从金的平衡配分中可看出，金主要存在于黄铁矿和磁黄铁矿中，从溶解率试验也可看出，分布于黄铁矿和磁黄铁矿中的金有部分呈类质同像形式存在，即使有部分金矿物在黄铁矿和磁黄铁矿中以独立金矿物存在，由于金矿物的粒度小于300目，即使分解出来也因为粒度太小而被泥化掉，因此分布于黄铁矿和

磁黄铁矿中的金是不能回收的。

3 结 论

矿石中金以矿物态为主，但也有部分为分散态；金矿物以银金矿为主，金的成色较低；金矿物粒度较细，小于300目；金矿物全部以包裹金的形式存在；金主要产于黄铁矿中，金在各矿物中的分配率：黄铜矿18.32%，磁黄铁矿12.83%，黄铁矿40.79%，脉石27.39%，这种赋存特征对金的回收极为不利。金的理想回收率仅为18.32%。

参 考 文 献

- Boyle. 1984. 金的地球化学及金矿[M]. 北京：地质出版社.
- 常印佛, 等. 1991. 长江中下游铜铁成矿带[M]. 北京：地质出版社.
- 地质矿产部情报研究所. 1986. 世界金矿及典型矿床[M]. 北京：冶金出版社.
- 丁俊华, 许文渊, 吴厚泽. 1993. 中国伴生金矿床[M]. 北京：地质出版社.
- 王秀章, 等. 1992. 中国改造型金矿床地球化学[M]. 北京：科学出版社.
- 徐树桐. 1987. 安徽省主要构造要素的变形和演化[M]. 北京：海洋出版社.
- 俞广钧. 1991. 金矿床地质学[M]. 重庆：重庆大学出版社.
- 翟裕生等. 1992. 长江中下游地区铁铜（金）成矿规律[M]. 北京：地质出版社.
- 朱文凤, 黄松. 1988. 安徽铜陵狮子山铜矿床伴生金的赋存状态[J]. 桂林工学院学报, 18(4):335~338.
- 朱文凤, 吕俊武. 2001. 铜陵花树坡铜矿床伴生金（银）赋存状态及分布规律[J]. 矿产与地质, (2):116~118.