

江苏伏牛山铜矿床伴生金的 赋存状态研究

胡 涛

(广东有色地勘局932队, 韶关市 512026)

关键词 金 伴生金 赋存状态

提 要 伏牛山矿床是一个含伴生金的砂卡岩型铜矿床, 伴生金的平均品位为0.36g/t, 伴生银的平均品位为12.45g/t。本文通过多种分析测试(如: 相关分析, 配分计算, 矿相显微镜观察, 透射电镜研究, 分步溶解, 物相分析等), 对伴生金的赋存状态做了较为详细的研究。结果表明: 金的存在与黄铜矿关系密切, 金的存在形式主要为显微金、次显微金及少量晶格金, 其中显微金主要存在于黄铜矿中, 次显微金及晶格金主要存在于黄铁矿中。

1 地质概况

伏牛山铜矿床位于淮阳山字形构造前弧东翼、宁镇反射弧内缘西端汤仑复背斜北翼倒转最强烈的部位。由于地层倒转, 出现了一系列叠瓦状断层。区内出露地层主要为志留系到二叠系; 主要岩性为砂岩、页岩、灰岩等, 夹一些硅质、泥质和碳质岩等。与成矿关系密切的是P₁栖霞组灰岩、C₂黄龙组灰岩、D₃五通组砂岩,

与硫化物(黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿)有关的矿化蚀变主要是碳酸盐化、绿帘石化、绢云母化等。后期热液蚀变为硅化、碳酸盐化、绿泥石化, 与晚期金、银矿化关系密切。

该矿床物质成分复杂, 主要金属矿物有黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿、磁铁矿、斑铜矿等, 次要金属矿物有辉铜矿、黝铜矿、褐铁矿等。脉石矿物以石榴子石为主, 次为透辉石, 再次为石英、方解石、绢云母等。其中, 黄铁矿的生成有早、晚两期。矿床所含伴生金的平均品位为0.36g/t, 银的平均品位为12.45g/t。

2 金的相关分析及配分计算

2.1 金的相关分析

为了解该矿床中金与哪些元素关系密切, 笔者采用数理统计方法对134个金银矿石样品作了简单相关分析计算, 发现Au与Cu关系最为密切(表1)。另外, 笔者据9个矿石样品中的As分析数据作了Au-As相关计算, 得出相关系数为0.82, 亦为正相关。

表 1 元素相关分析数据
Table 1 Correlation analyses of some elements

相关系数 (Y)			平均值 (\bar{X})				标准方差				变化系数			
Au-Ag	Au-Cu	Au-S	Au	Ag	Cu	S	Au	Ag	Cu	S	Au	Ag	Cu	S
0.570	0.714	0.534	0.36	11.72	1.07	10.57	0.508	13.09	1.35	5.79	1.41	1.18	1.26	0.55

注: 矿产地质研究院陈德松亦作过此工作

2.2 金的配分计算

经单矿物分析, 发现金的主要载体矿物为黄铜矿及黄铁矿。为查明金在各相中的占有量及配分率, 笔者作了矿石中金的配分计算。计算结果 (表 2) 表明, 93% 的金赋存于黄铜矿与黄铁矿中。

表 2 金的配分平衡表
Table 2 Calculation of gold partition in ores

矿物组份	矿物量 (%)	金品位 (g/t)	占有量 (g/t)	配分率 (%)
黄铜矿	2.68	3.111	0.08337	22.917
黄铁矿	11.0	2.333	0.25663	70.543
闪锌矿	1.0	0.168	0.00168	0.462
脉石矿物	85.32	0.0259	0.02211	6.078
总量	100.00		0.36379	100.00
原矿中金品位 (g/t)			0.36	
平衡系数			100.22	

3 显微金的研究

经矿相显微镜观察, 发现金的主要嵌布类型为包体金及粒间金, 均属于微粒金及极微粒金。

包体金: 绝大部分产于黄铜矿中, 呈角粒状、浑圆粒状、乳浊状、片状、不规则状等。

表 3 金、银系列矿物分类表⁽¹⁾
Table 3 Classification for System of Au-Ag minerals

成因类型	金矿物名称	Au-Ag (%)	
		Au	Ag
高温系列	自然金	>95	<5
高中温系列	含银自然金	95—85	5—15
	银金矿	85—50	15—50
中低温系列	金银矿	50—15	50—85
	含金自然银	15—5	85—95
	自然银	<5	>95

大小为 2.4×3.2 — $7.1 \times 12.7 \mu\text{m}$ 。在89块光片中共发现显微金45颗,其中包体金为28颗,占62.2%。

粒间金:主要产于黄铜矿与闪锌矿及黄铜矿与矽卡岩矿物的晶隙中,呈糖粒状、不规则状等,颗粒相对小一些,大小为 1.2×1.9 — $1.9 \times 3.8 \mu\text{m}$ 。粒间金颗粒数目为17颗,占显微金的37.8%。

至于金的成色,经扫描电镜能谱测定及电子探针分析,得出其平均值为780。根据张振儒教授的金银矿物系列分类(表3)^[1],本矿床中的金矿物有三种类型:自然金、含银自然金、银金矿。其中以银金矿为主,占68.75%。

4 次显微金的研究

从金的配分可知,黄铁矿中金的占有率达70%,但在59块光片上的黄铁矿中几乎未发现金矿物,这是取样及切片的机遇性所不能解释的。为了解释这一矛盾,笔者作了主要载金矿物黄铜矿及黄铁矿中次显微金的透射电镜研究。

经H-800透射电镜观察发现,黄铁矿中次显微金不均匀分布于黄铁矿的晶面及微裂隙中。其粒度大小不一,一般为 0.005 — $0.15 \mu\text{m}$,大者可达 $0.22 \mu\text{m}$ 。经数个微粒的能谱分析,具有金的特征峰 $\text{Au}_{L\alpha}=9.712\text{keV}$, $\text{Au}_{L\beta}=11.44\text{keV}$,证实为自然金(见图版)。至于黄铜矿,3个样品中均未发现次显微金颗粒。

5 分步溶解试验

众所周知,伴生金的分散态和独立矿物态的比例大小是决定回收效果的重要因素,但某些矿床中分散金主要是分布在有利回收的矿物中,这就有利于金的回收。笔者选用该矿床中高纯度的黄铜矿和黄铁矿单矿物样品作了分步溶解试验,方法是:先用稀硝酸溶解,测定溶液中的含金量,过滤后的残渣再用王水溶解,测定溶液中的含金量。结果发现,黄铁矿中稀硝酸溶解金占5.556%,残渣金占94.444%,而黄铜矿中稀硝酸溶解金低于检测极限(检测方法为等离子光谱法),残渣金占100%。稀硝酸溶解的那部分金可能即为离子金,亦即晶格金。对于晶格金,已有不少研究者认为它是存在的^[1]。

6 金的物相分析

金的物相分析是测定在一定磨矿粒度下样品中的游离自然金、连生金、包体金的含量和所占百分比。对于生产实际而言,必须了解一定磨矿粒度下金的解离度,因为这决定着工艺流程的选择和金的回收率。表4为地质大样缩分出来的样品的物相分析结果。从表中数据看,磨矿细度还不够。

表 4 金的物相分析
Table 4 Phase analyses of gold in ores

金的分布状态	裸露金	硫化物中金	硅酸盐中金	碳酸盐中金	总 金
品位 (g/t)	0.23	0.07	0.04	0.02	0.36
占有率 (%)	63.89	19.44	11.11	5.56	100.00

注: 磨矿细度 80% 小于 200 目, 据陈德松, 1991.

7 结论

综上所述, 该矿床中伴生金存在形式主要是独立矿物相, 少量为晶格金。具体特点如下:

- (1) 该矿床中绝大部分金存在于黄铁矿及黄铜矿中;
- (2) 金矿物主要为银金矿, 平均成色 780;
- (3) 金矿物粒度细小, 属微粒、极微粒金;
- (4) 金矿物的主要嵌布类型为包体金, 其次为粒间金;
- (5) 金在黄铜矿及黄铁矿中主要呈独立矿物相存在;
- (6) 黄铁矿中的金主要为次显微金, 少量为晶格金。

参 考 文 献

- 1 张振儒等, 金矿研究, 长沙: 中南工业大学出版社, 1990, 29—65.

The Mode of Occurrence of Associated Gold in the Funiushan Copper Deposit, Jiangsu Province

Hu Tao

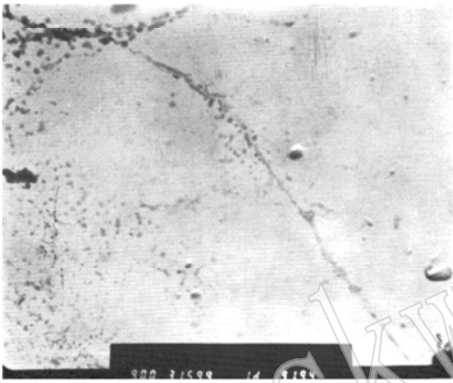
(No. 932 Geological Party, Guangdong Bureau of Nonferrous Geological Exploration, Shaoguan 512026)

Key words: gold; associated gold; mode of occurrence

Abstract

The Funiushan ore deposit is a gold-bearing skarn type copper deposit with the average grade of associated gold being 0.36 g/t and that of associated silver being 12.45 g/t. Fairly detailed studies have been made on the mode of occurrence of associated gold by using various analytical methods such as correlation analysis, partition calculation, ore microscopic observation, transmission electron microscopy, separate dissolution and phase analysis. The results show that the presence of gold is closely related to chalcopyrite, and that gold occurs in three forms, i. e. microscopic gold, submicroscopic gold and a small amount of lattice gold, with the last two forms mainly existent in pyrite.

胡 涛：江苏伏牛山铜矿床伴生金的赋存状态研究



照片 1 黄铁矿中的次显微金 透射电镜 $\times 9000$ 测试单位：中南工业大学测试中心电镜室

www.yyskw.ac.cn