

石峡微细浸染型金矿金的赋存状态及其回收预测

湖南地质实验室 谭延松

早在六十年代,湘东石峡矿区在评价汞、砷矿床的同时,发现矿石含金,且富集成工业矿体。长期以来,由于金的赋存状态不清,金的回收问题一直未得解决。近年,我们针对矿石中金“不可见”的特点,进行了系统的显微镜鉴定、粒度分析、电子显微镜、电子探针等微区分析,初步查明该金矿是一个微细浸染型金矿。

此类矿床在我国系首次发现。本文着重讨论该金矿金的赋存状态和回收预测。

金矿床特征简述

矿区位于湘东华夏褶断带。区内构造以北北东向紧密的背向斜及走向断层为主。矿区次一级褶皱及断裂构造发育。区内出露前震旦系板溪群、泥盆系、石炭系、第四系等地层。

矿体主要产在泥盆系上统余田桥组灰岩、硅化灰岩、泥质灰岩、灰岩接触带。矿体形态和分布严格受硅化灰岩控制。后者受力易于破碎,形成大量裂隙和孔隙。矿化沿裂隙和孔隙呈脉状、星点状充填分布,矿液沿岩层下部聚积富集。硅化灰岩和泥质灰岩分别成为矿液的容矿层和遮挡层。矿液沿层间破碎带顺层选择交代,形成金、汞似层状矿体和浸染状矿石。此外,受断裂控制的矿化还发生在灰岩裂隙内,呈小而富的囊状、扁豆状矿体和角砾状矿石产出。

矿体围岩普遍遭受硅化、褐铁矿化和不同程度的粘土化、方解石化。硅化和矿化关系密切,是找矿的主要标志。褐铁矿化、粘土化,对微细金的选择吸附和聚集也有利。

矿石中金、汞共生,并伴生多种有用元素,组成Au—Hg—As—Sb序列。

矿石多项分析结果(%)如下:

SiO₂—52.95, CaO—21.79, Hg—0.003, Ni—0.001, Fe₂O₃—2.88, Na₂O—0.20, K₂O—0.38, TiO₂—0.15, Sb—0.011, Al₂O₃—3.38, Mg—0.10, As—0.021, Cu—0.005, Au—0.0005。

除自然金和辰砂外,其他矿物还有雌黄、雄黄、黄铁矿、辉锑矿、铁的氧化物,

以及少量方铅矿、闪锌矿、黄铜矿等;非金属矿物有石英、方解石、白云石、碳酸盐矿物等;粘土矿物有伊利水云母、埃洛石、高岭石等,矿物颗粒普遍微细,除部分褐铁矿、雌黄粒径可大于74微米外,其他均小于1微米。

微细金赋存状态

自然界金的赋存状态通常有:金的元素矿物状态和金的化合物状态,前者又以“可见”的自然金为最主要(粒度大于0.2微米,肉眼或显微镜下可分辨);“不可见”自然金则是极少量(粒度小于0.2微米,镜下不能分辨)。石峡矿区的情况恰恰相反:“可见”自然金极少,“不可见”金却占90%以上。金的赋存状态,依据金的化学性质和颗粒大小分三种情况:①次显微胶体金:金溶于单酸和稀酸,粒径小于0.2微米;②自然金矿物:不溶于单酸和稀酸,粒径大于0.2微米;③金离子(络阴离子):溶于水 and 酸且渗透离子交换隔膜。不同赋存状态的金及其含量配分见表1。

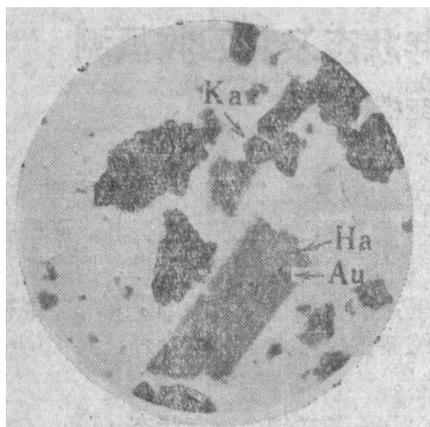
(一)次显微胶体金:是浸染型金矿最主要的赋存形式,占矿石含金量90%以上。矿石中的胶体金是以单体聚合和选择吸附形式存在的。吸附金的物质有粘土和二氧化硅,碳和有机物以及褐铁矿。

1.粘土和二氧化硅:被粘土和二氧化硅吸附的胶体金,是根据电子显微镜(国产DXA4—10型)分析,对矿石中高浓度金的球体鉴定,以及圈定范围的电子绕射加以证实的*。

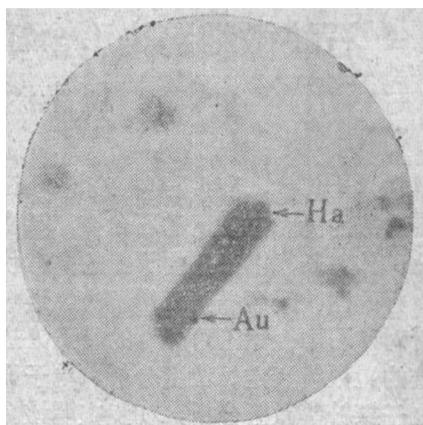
表1

金赋存状态		样重 (克)	品位 (克/吨)	占有率 (%)	合计 (%)
次显微 胶体金	粘土和二氧化硅	98	5.52	90.71	93.08
	碳和有机物	0.01	4.33	0.67	
	褐铁矿矿物	0.5	14	1.71	
金离子(络阴离子)		1.25	0.325	2.50	2.54
自然金矿物				4.42	4.42

* 由中南矿冶学院完成。



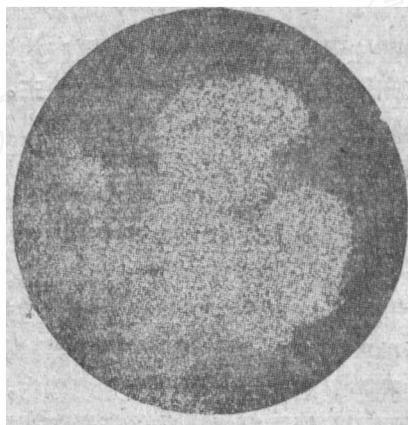
照片1 电子显微照片。金(Au)被吸附在埃洛石(Ha)表面。Ka—高岭石。放大10000倍



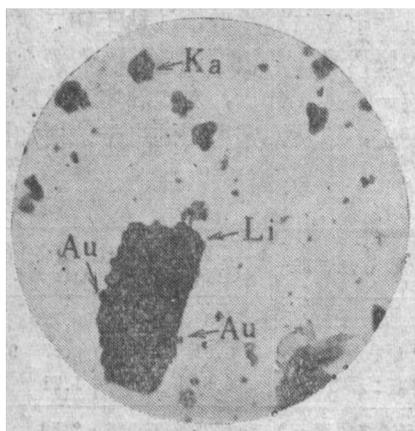
照片4 电子显微照片。金(Au)被吸附在空心棒状埃洛石(Ha)表面。放大38000倍



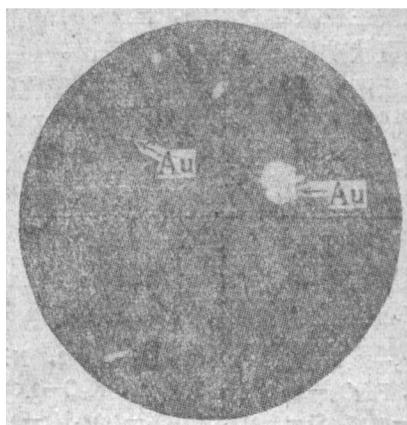
照片2 电子显微照片。金(Au)被吸附在水云母(T)、针铁矿(Go)边缘。放大15000倍



照片5 电子探针照片, 自然金成分图象。放大600倍



照片3 电子显微照片。金(Au)被吸附在褐铁矿(Li)边缘。放大14000倍



照片6 显微照片。微粒自然金集合体。放大400倍

X射线粉晶分析和电子显微分析查明,主要粘土矿物是伊利水云母、埃洛石、高岭石等(照片1~4)。埃洛石呈自然晶的空心针状或棒状晶体。高岭石呈次显微六角形片状单体。水云母呈显微鳞片集合体、不规则粒状,一般粒度0.2~2微米,最大5~10微米。

粘土矿物对次显微胶体金的吸附及聚集起了十分重要的作用。他们具有较强的吸附能力,不仅能吸附某些分散元素,而且对金也有极强的吸附能力。电子显微镜观察发现,胶体金以规则的小圆球质点的单体和集合体被吸附于伊利水云母、埃洛石、高岭石等的表面和边缘,而以水云母最明显(照片1~4)。胶体金的大小可见范围为0.16~0.066微米,小于0.066微米的胶体金,因受仪器性能限制未进一步查明。

2.碳和有机物:矿石中碳和有机物含量极微。经人工富集后获得的有机物样品,含金433克/吨,是原矿品位(7克/吨)的60多倍。有机物的主要成分是碳质、腐植质夹粘土、二氧化硅等矿物。微粒状和片状的金粒偶见于有机物和粘土、褐铁矿中。有机物中的金主要是“不可见”的吸附金。由于有机物具有松散、吸收性大、含水量多的特点,故能大量吸附与它电荷相反的胶体金或金络阴离子,并形成化合物。

3.褐铁矿:褐铁矿含量约0.5~2%,呈他形、半自形粒状、胶状、假象黄铁矿产出,星点浸染状分布,与粘土、二氧化硅伴生。褐铁矿含金13~21克/吨,显著高于原矿。褐铁矿中的金主要以吸附金形式存在(照片2、3),金以小圆球质点被褐铁矿和针铁矿的表面和边缘所吸附。另外还有自然金被褐铁矿包裹的情况。这是因为,矿区氧化的含金黄铁矿广泛分布,金的质点可呈机械混入物存在于黄铁矿中,氧化后残留于褐铁矿中。

(二)自然金矿物:自然金在矿石中所占的含金量约5%,由于粒细、分散,难以发现和富集。在人工重砂和有机样品中,自然金最大粒径几十微米,一般1~10微米,个别0.5微米。石峡金矿自然金的纯度高达99~99.5%。自然金呈小圆球状、粒状和不规则状,与一般的自然金无明显差异(照片5)。

(三)金离子(络阴离子):金的化学性

质十分稳定,呈离子及离子化合物存在的可能性很小。为证实这一点,我们对矿样进行了水浸浸出和电渗析试验。

水浸浸出试验结果表明,矿样中的部分金能被水溶解,在pH=7,温度为20°C的条件下,分别浸取2小时、48小时、96小时和144小时,金的浸出率分别为2.80、5.04、5.59和8.35%。

金能够溶解的原因,可能是胶体金可直接转变成水溶液;矿样中存在易溶于水的硫和卤化物。

电渗析试验是在水浸浸出的基础上进行,采用交联度3%和5%的阴离子交换膜分别作为两极室的渗透隔膜。试验结果表明,电渗析析出的金含量为0.01克/吨。这一部分溶液中的金显然是离子金,因为只有离子才能通过离子交换隔膜。尽管电渗析析出的金离子含量极少,但足以说明本矿区存在着离子状态的金。

微细金的回收预测

为了探索行之有效的选别和回收微细金的方法,我们进行了系统的粒度分析及有关方法的回收试验。

(一)粒度分析:采用的方法包括筛析、水析、离心、沉降等方法(表2)。

表2

产品级别	水析分级		离心分级		沉降分级	
	品位(%)	占有率(%)	品位(%)	占有率(%)	品位(%)	占有率(%)
-74+40	4.4	4.99	5.33	17.72		
-40+10	4.5	32.37	13.33	14.56	6.0	7.29
-10	12.8	62.48	31.23	68.02	14.0	2.77
-5					44.3	89.93

结果表明,矿样级别越小,金的占有率越多;矿样越细,金的含量越高。在各种分级中金的最小级别占有率高达60~80%以上,但由于粒细而难以选别,所以重选、浮选等机械选矿方法,均不能解决微细金的回收问题。

(二)化学浸出试验:采用氢氟酸及稀酸溶解。

1.氢氟酸溶解:氢氟酸溶解以一定的液固比加入矿样,然后置于白金坩埚加热溶解,溶去大量石英和其他矿物。溶液和溶

渣分别做化学分析。溶液含金量占90%以上，溶渣含金量约占5%。推测被氢氟酸溶解的可能是细分散的胶体金，未溶的则为自然金，这与粒度分析结果吻合。

另外还用氰化钾浸取矿石中的金，效果也很好，浸出率为92.18%。

以上两试剂因剧毒而不能用于生产。

2. 稀盐酸浸出：采用1:1稀盐酸，分取浸取未灼烧和灼烧后的矿样。试验表明，灼烧后的矿样用稀盐酸浸取，可大大提高金的

浸出率(95~97%)。推测样品灼烧后，其中的碳和有机物变成灰分，砷、汞、铋等硫化物被分解，粘土矿物脱水，从而使金被解离出来，并转入溶液。未灼烧的样品浸出率偏低(54.5%)，尤其是冷浸取(10℃)，浸出率更低(0.023%)。

石峡微细浸染型金矿和美国卡林型金矿(详见《地质与勘探》，1980年第8期)极为相似，它在我国的首次发现，将进一步推动此类矿床的找矿工作。

(上接封三)

师分析，形成埃克索提卡矿床的铜来源是丘基卡马塔铜矿。他们认为，第三纪时，丘基卡马塔铜矿形成之后，矿体中的铜矿物在一定pH值条件下可以被溶解，这种富含铜的溶液随着地形的变化由高处(丘基卡马塔)向低处(埃克索提卡)流动，沿着不整合面(呈水面状态)或构造破碎带(呈垂直状态)渗透并在合适的条件下沉淀，形成了现在所见到的埃克索提卡氧化矿。这种绿色的氧化矿带并不象典型的斑岩铜矿床那样，赋存在斑岩铜矿体的顶部，而发育在与斑岩铜矿体有一定距离的具有合适的地质地貌条件的有利地区。鉴于这个特殊情况，在寻找原生的斑岩铜矿体时，对绿色的氧化矿带既要倍加注意又要作具体的分析。

次生富集带主要由辉铜矿、铜蓝等矿物组成，是斑岩铜矿中最富的也是最有经济价

值的一个带。矿石含铜大多在1%以上，最高可达3%以上。矿体厚度一般在几十米，但在构造裂隙发育的有利部位，最厚可达几百米。矿体形态往往呈平伏状、板状或不规则，平面上其范围和原生硫化物矿体相一致。它同上部的氧化矿带和下部原生硫化物矿带均为过渡关系。一般铜矿体的厚度越大，次生富集带的厚度也相应大一些。目前，这两个国家的矿山，大多是开采这个带的富矿石，矿石入选品位都大于1%。

最下部的原生硫化物矿带是斑岩铜矿床的主体。主要矿物有黄铜矿、黄铁矿、斑铜矿、辉钼矿及铜的硫砷化物。矿石含铜在1%以下，平均含铜为0.5~0.8%，对铜矿资源非常丰富的这两个国家而言，显然不是目前主要的开采对象。但从长远看，处于深部的原生硫化物矿带仍将是十分重要的铜矿资源。

