

甘肃全鑫金矿矿石难浸原因初探

李映杰

(甘肃有色地质勘查局四队, 甘肃 张掖 734012)

摘要:全鑫金矿为变质碎屑岩型金矿床, 矿化类型可分为含金石英脉和破碎蚀变岩型。通过对矿石的工艺矿物学性质的研究, 矿石的 Au 含量一般在 $1 \times 10^{-6} \sim 4 \times 10^{-6}$ 之间, 并含有 $C_{\text{有机}}$, As, 属 C-As 型金矿石。矿石中金属矿物主要为褐铁矿、赤铁矿及黄钾铁钒, 金矿物以含银自然金为主, 自然金与褐铁矿关系十分密切, 常以包裹体形式嵌布于其中, 粒度一般为 0.002 mm 左右。筛分后, 不同粒级矿样的 Au 含量不同, 在小于 0.037 mm 粒级中, Au 含量达 4.72×10^{-6} , 分布率高达 93.42%。经过小型工业堆浸试验, 呈现出周期较长、浸出率较低的特征。其原因是金的单体解离和暴露不充分, 浸矿液中的氰化物难以与所有的金粒发生作用。同时, 矿石中石墨、 $C_{\text{有机}}$ 及其他一些粘土矿物也促使含 Au 溶液中的 Au 发生沉淀, 造成浸出率降低。

关键词:金矿; 难浸矿石; 甘肃

中图分类号: TD953; P618.51

文献标识码: A 文章编号: 1006-558X (2004) 01-0055-04

十余年来, 在北山金成矿南带^[1]的新金厂和老金厂金矿床的矿山外围相继发现了北金、全鑫和碧东金矿床(点)^[2]。新金厂和老金厂金矿床矿体主要产于辉绿岩、英安岩中, 矿石几乎全部氧化, 多呈疏松块体, 含少量粉矿和粘土矿物, 但无需制团。金矿物以含银自然金为主, 成色高。粒度在 0.002 ~ 0.007 mm 之间, 呈叉状、树枝状, 裂隙金和粒间金在 90% 左右, 包裹体金为 10%。堆浸法浸金生产表明, 矿石浸出率一般在 85% 以上。但是其外围金矿由于赋矿岩层与新金厂和老金厂金矿的不同, 虽然同为氧化矿石, 其堆浸浸出效果并不理想, 尤其是全鑫金矿的矿石属难浸矿石^[3]。

1 地质概况

该区处于塔里木—中朝板块北山陆缘活动带, 俞井子—柳园陆内复式裂谷带中^[4]。

裂谷带南北缘由区域性深大断裂控制, 呈舒缓波状, 总体走向 EW。由于地处板块构造带边缘, 构造发育, 岩浆活动较为强烈。区内出露的地层以陆内裂谷沉积为特征, 奥陶—志留、石炭系似对称状分布于裂谷带两侧, 以海相沉积为主。二叠系出露于裂谷带中部, 以海陆交互沉积为主。各时代地层中均发育火山岩层位。

在柳园金矿田南亚带, 据水系沉积物地球化学测量, 相继发现了 906、小白山金矿化点, 1 号、2 号、碧马金矿点, 全鑫、北金、碧东金矿床, 构成基本连续的 EW 长 50 km 的金矿化带。这些金矿床和金矿(化)点的矿化特征相似。

南亚带主要出露下二叠统哲斯群下岩组, 由 2 个岩段组成。火山岩岩段由英安岩和辉绿岩组成; 碎屑岩岩段由正常碎屑岩和火山碎屑岩组成, 前者以泥板岩、含碳泥板



岩、砂板岩、变砂岩为主，后者以凝灰质砂板岩、含火山结核的凝灰质泥板岩为主。

全鑫金矿产于柳园金矿田南亚带^[2]变质碎屑岩带中，属变质碎屑岩型金矿。该岩带主要是由音凹峡—老金厂复式向斜和多组成对发育的层间高角度正断层形成的构造破碎带组成，为主要的赋矿地质体。

全鑫金矿按含矿地质体的产状可分为 2 组，一组总体走向 SWW，与地层之间的夹角小于 15°，是主要的含矿构造，蚀变以硅化、褐铁矿化为主，黄铁矿多呈针状，大多氧化成褐铁矿；另一组总体走向 NWW，与地层之间的夹角大于 15°，该组构造破碎带含矿性差，蚀变以铁碳酸盐化为主，黄铁矿多为立方体状。矿体严格受成对发育的层间高角度正断层所形成的构造破碎带控制。

NEE 向构造破碎带倾向 S，倾角 68 ~ 78°，呈舒缓波状。矿体在其间膨缩现象明显，呈透镜、扁豆状产出，沿走向间距约 40 m。矿体产于浅变质的碎屑岩中，近矿围岩为砂质、泥质、钙质和碳质板岩。矿体与围岩界线清楚，埋藏浅，氧化程度高。

全鑫金矿的矿化类型可分为含金石英脉和破碎蚀变岩型。

2 矿石特征

2.1 有益、有害组分

全鑫金矿石的化学成分中主要有用元素为 Au，含量一般在 $1 \times 10^{-6} \sim 4 \times 10^{-6}$ 之间，有害元素主要是 C_{有机}，As，属 C-As 型金矿石（表 1），S 含量很少。

表 1 全鑫金矿金矿石的化学成分

$u(B)10^{-6}$		$u(B)\%$										
Au	Ag	Al ₂ O ₃	As	Pb	Zn	Fe	S	C	Cu	SiO ₂	CaO	MgO
3.45	2.00	0.34	0.009 5	0.015	3.26	0.089	0.70	0.005	73.60	2.15	0.15	10.40

注：由北京矿业研究总院分析，2000。

2.2 矿物组成及结构构造

矿石主要有自形—半自形、溶蚀、残余结构，浸染、蜂窝、角砾、脉状、松散状构造。

矿石中金属矿物主要为褐铁矿、赤铁矿及黄钾铁钒，少量黄铁矿、白铁矿和磁铁矿，金矿物以含银自然金为主；非金属矿物主要为石英、长石，其次为绢云母及粘土矿物，尚有方解石、白云石、绿泥石、蛇纹石、辉石、金红石等，碳质由石墨及 C_{有机} 组成，含量虽然不高，但对金的吸附会产生一定的影响。

2.3 自然金特征

自然金常以微细粒包裹体嵌布于褐铁矿中，裂隙金和粒间金少见，其粒度大部分小于 0.005 mm，一般 0.002 mm 左右，偶见以极微细颗粒包裹体嵌布在具黄铁矿假象的褐

铁矿颗粒之中。自然金成色在 970 以上。

筛分小于 0.074 mm 的占有率为 95% 以上的矿样，自然金在各粒级中的分布规律见表 2，除大于 0.074 mm 粒级的以外，磨出粒度愈细，Au 含量越高。在小于 0.037 mm 粒级中，Au 含量达 4.72×10^{-6} ，而在 0.074 ~ 0.045 mm 粒级中，只有 0.77×10^{-6} ，相差 6 倍。自然金绝大部分集中在小于 0.037 mm 的粒级中，分布率高达 93.42%。

表 2 全鑫金矿不同粒级中自然金的分布特征

粒级/mm	产出率/%	$u(Au)10^{-6}$	金属量/mg	分布率/%
大于 0.074	2.77	1.39	3.850 3	1.04
0.074 ~ 0.045	16.27	0.77	12.527 9	3.37
0.045 ~ 0.037	7.40	1.09	8.066 0	2.17
小于 0.037	73.56	4.72	347.203 2	93.42
合 计	100.00		371.647 4	100.00

注：由北京矿业研究总院分析，2000。



2.4 载金矿物特征

褐铁矿和黄铁矿为金的主要载体矿物，自然金常以微细粒包裹体嵌布于其中。褐铁矿是最主要的载金矿物，以不规则、粒、脉及网脉状嵌布在非金属矿物中。褐铁矿又与黄铁矿关系密切，可见黄铁矿呈微细粒不规则状和蠕虫状嵌布在褐铁矿中，属典型的交代结构。褐铁矿绝大部分是由黄铁矿或白铁矿蚀变氧化而成，具有黄铁矿假象，但其粒度比黄铁矿要粗。

用综合方法对将矿石磨细至粒度在小于 0.074 mm 占 95% 以上的矿样进行了测试（表 3），其裸露自然金仅占 44.51%，高达 50.74% 的金仍赋存在褐铁矿及黄铁矿中，非金属矿物中金很少，仅占 4.75%。

综上所述，矿床属微细粒浸染型，矿石属含 C，As 质氧化矿石，为难浸矿石之一。

表 3 全鑫金矿金在各矿物中的分布特征

矿物相	$\mu(\text{Au}) \times 10^{-6}$	分配率/%
裸露自然金	1.50	44.51
褐铁矿、黄铁矿	1.71	50.74
非金属矿物	0.16	4.75
总计		100.00

注：由北京矿业研究总院分析，2000。

3 影响金矿石堆浸浸出率的原因

3.1 堆浸法提金

堆浸法提金就是将开采出来的矿石转运到预先准备好的堆场处破碎筑堆，用氰化浸出液对矿堆进行喷淋或渗滤，经过多次循环反复喷淋，使 Au 充分进入浸出氰化液中，再将含 Au 浸出液（贵液）收集后用活性炭吸附法或金属锌置换法回收金。

一般来说，适宜堆浸的矿石是渗透性好，自然金以裂隙金为最好，其次为粒间金，金呈细粒，C，As，S 等有害元素含量低，微细粒包裹体金一般难以浸出。

3.2 堆浸试验的工艺流程

为了开发利用全鑫金矿资源，进行了小

型工业堆浸试验，采用的主要工艺流程：原矿破碎—筑堆—喷淋浸出—浸出液用活性炭吸附金—载金碳解吸—解吸贵液电积金—金泥烘干—金粉熔铸合质金（图 1）。

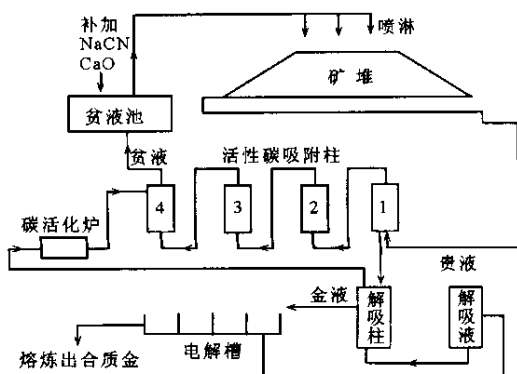


图 1 全鑫金矿矿石堆浸提金工艺流程图

3.3 浸出技术指标

根据多年堆浸浸金的实践，其浸出技术指标确定如下。1) 入堆矿石的粒度，因矿石氧化程度高，结构疏松且裂隙发育，含少量泥质，因此粒度不宜太小，控制在 40 mm 以下即可。2) 浸矿液中氰化钠的浓度控制在 0.02% ~ 0.10%，其中浸出初期为高限，末期为低限，浸出中期保持在 0.04% ~ 0.06%。3) 浸出矿液的 pH 值为 10 ~ 12。4) 浸出作业时间为八九月份，当地气温一般高于 10℃，因对温度没有特别要求。5) 因矿石渗透性一般，喷淋强度控制在 0.05 L/10³ kg·min 左右。6) 喷淋采用间歇方式，一般喷淋 1 h，停喷 1 h，以便矿堆充氧。7) 矿堆筑堆高度一般在 4 m 左右^[5]。

3.4 浸出周期及浸出率

整个堆浸试验过程表明，一般从浸出液开始喷淋约 5 d，贵液 Au 含量可达到最高值 (3 g/m³)，20 d 左右才可浸出矿石中 20% 左右的金，浸出后期 30 d，才仅仅浸出 10% 的金，总浸出率只有 37% 左右（图 2）。浸出速度较慢，浸出率低，周期较长。

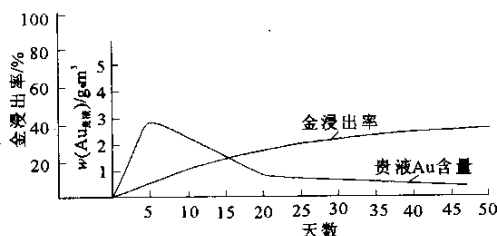


图2 全鑫金矿堆浸浸出率曲线图

3.5 影响浸出率的原因

从小型堆浸试验来看,矿堆渗透性基本均匀,无偏析、沟流等现象,堆浸的技术指标选择合理。结合矿石特征分析,试验结果的低浸出率是由于金的单体解离和暴露不充分,浸矿液中的氰化物难以很好地渗入矿石内部与所有的金粒发生作用,尤其是包裹体金难以与浸矿剂发生化学反应。另外,矿石中除石墨、 $C_{\text{有机}}$ 外,还存在一些粘土矿物,

这些成分都会使含 Au 溶液中的 Au 发生沉淀,也影响了 Au 的浸出率。

综上所述,矿石中 As, C 等组分含量较高,自然金以微细粒包裹体金的形式嵌布于金属矿物中,属难浸矿石,因此矿石的浸出率相对较低。

参考文献:

- [1] 彭启德. 甘肃金矿成矿区带划分及分布规律[J]. 甘肃地质学报, 1999, 8 (增刊): 79-86.
- [2] 司雪峰, 崔银亮, 穆新和. 甘肃北山中带变质碎屑岩型金矿地质特征及找矿前景[J]. 地质与勘探, 2001, 37 (6): 5-8.
- [3] 聂树人, 索有瑞. 难选冶金矿石浸金[M]. 北京: 地质出版社, 1997. 59-151.
- [4] 左国朝, 何国琦. 北山板块构造及成矿规律[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990. 3-5.
- [5] 林国棋, 赵洪克. 堆浸法提金工艺与设计[M]. 辽宁沈阳: 东北大学出版社, 1995. 30-45.

Reason for the difficult leaching of the Quanxin gold deposit , Gansu

LI Ying-jie

(No.4 Nonferrous Geological Investigation Team of Gansu Province , Zhangye 734012 , Gansu , China)

Abstract : The Quanxin gold deposit is metamorphic detrital rock type gold deposit , its mineralized types include auriferous quartz vein type and fractured altered rock type. The study on the technical mineralogy character of ore shows that the Au content is $1 \times 10^{-6} \sim 4 \times 10^{-6}$, and contents organic carbon and As , is the C-As type gold ore. Limonite and pyrite are the main carrier mineral of Au and limonite has closer relation with Au. Gold mineral is mainly Ag-bearing nature gold and always insert in limonite as micro-grained-fine inclusion , the grain size is usually about 0.002 mm. After sizing , different size fraction sample has different Au content and less than 0.037 mm the Au content can reach 4.72×10^{-6} , the distributing ratio is 93.42% . The minor-scale industrial heap-leaching test presents the character of long leaching cycle and low leaching ratio. The reason is the solitary liberation and insufficiency exposure of Au ; this has made the reaction difficult between cyanide (in the leaching fluid) and all gold grain. At the same time , the existence of graphite , organic carbon and other clay mineral are made Au in the auriferous fluid birth into precipitation and the Au leaching ratio declined.

Key words : gold deposit ; hard-leaching ore ; Gansu