第 27 卷 第 4 期
2012 年 12 月:528-532

地 质 找 矿 论 丛
Contributions to Geology and Mineral Resources Research

Vol. 27 No. 4
Sep. 2012:528-532

doi:10.6053/j.issn.1001－1412.2012.04.020

河北某氧化石英脉型金矿石全泥氰化浸出试验研究

刘国英,郭文军,安 海
(中钢集团天津地质研究院,天津 300181)

摘要: 河北省某金矿为氧化石英脉型金矿石,矿石中的金粒微细,平均粒径为 0.011 3 mm,包裹于黄铁矿、褐铁矿、石英中的金占 64.68%,有一部分呈微细粒包裹在土状褐铁矿中,对这种细粒分散的含金氧化矿石采用全泥氰化浸金工艺。将原矿磨矿细度确定为－200 目含量占 85%,加入石灰对金矿石进行碱预处理,再加入氰化钠浸金,取得了浸出率为 96.89%,吸附率为 99.55%的试验结果。

关键词: 金矿石;氰化;预处理;浸出率;氧化石英脉型金矿;河北省
中图分类号: TD913;P618.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2012)04-0528-05

0 引言

河北省某金矿为氧化石英脉型金矿石[1]。矿石的金属矿物以褐铁矿为主,次为黄铁矿,含有少量黄铜矿等;脉石矿物以石英为主,次为绢云母、绿泥石等。该矿石可回收利用的矿物只有自然金和伴生银矿物,原矿石的品位 $w(Au)=11.24\times10^{-6}$,$w(Ag)=51.70\times10^{-6}$;自然金粒度微细,平均粒径为 0.011 3 m,黄铁矿、褐铁矿、石英是金的主要载体矿物。全泥氰化浸出提金方法适用于细粒－微细粒、分散的、氧化的石英脉型金矿石,并且矿石程度较深,这种方法具有回收率高、对矿石针对性强、能就地产金的优点,故本试验流程选择全泥氰化－炭浆法工艺流程[2]。

1 矿石性质研究

(1)矿石的矿物成分。矿石的金属矿物以褐铁矿为主,次为黄铁矿,少量的黄铜矿,微量闪锌矿、方铅矿、磁铁矿、磁黄铁矿、孔雀石、自然金、碲银矿、辉银矿、自然银、深红银矿等;脉石矿物以石英为主,次为绢云母、绿泥石、白云石、微量石榴石、帘石、透辉石、透闪石、磷灰石(表 1)。

(2)原矿光谱半定量分析(表 2)。

表 1 矿石的主要矿物组分

Table 1 Main minerals of the Au ore

矿物名称	金属矿物			脉石矿物			合计
	硫化物	氧化物	金银矿物	石英	白云石	其他	
φ_B/%	1.99	21.28	0.04	25.88	14.60	36.21	100.00
w_B/%	3.11	25.41	0.12	21.27	12.91	37.18	100.00

收稿日期: 2012-07-10; **改回日期:** 2012-11-21; **责任编辑:** 余和勇

作者简介: 刘国英(1982-),女,工程师,学士,2006 年毕业于武汉科技大学资源与环境学院,从事金属矿选矿工作。通信地址:天津市河东区友爱东道平房 4 号,中钢集团天津地质研究院;邮政编码:300181;E-mail:lgy121888@163.com

表 2　原矿光谱半定量分析结果

Table 2　Semi-quantitative spectral analysis of the raw ore

组分	Si	Ca	Ti	B	Mo
w_B/%	>10	2～20	0.3～3	0.003～0.03	0.0003～0.03
组分	V	Bi	Sn	Ag	Cu
wB/%	0.003～0.03	0.0001～0.001	0.0003～0.03	0.001～0.01	0.01～0.1

(3)原矿多元素分析。从表 3 中可以看到,该金矿床中除了伴生银达到综合回收的指标外,其他伴生组分均没有达到综合回收的要求。

表 3　原矿多元素分析结果

Table 3　Multi-element analysis of the raw ore

组分	TFe	FeO	Na_2O	K_2O	MnO	SiO_2
w_B/%	10.41	1.42	0.12	2.93	0.11	51.33
组分	MgO	Al_2O_3	TiO_2	P_2O_5	As	S
wB/%	4.12	9.53	1.95	0.28	0.01	0.99
组分	Cu	Zn	Pb	Au	Ag	烧失
w_B/%	0.14	0.104	0.012	11.24	51.7	8.75

量的单位:w(Au)/10^{-6},其他组分 w_B/%。

(4)原矿铁物相分析(表 4)。

表 4　原矿铁矿物分析结果

Table 4　Analysis of Fe-minerals in the raw ore

相别	黄铁矿中铁	褐铁矿中铁	难溶硅酸铁中铁	全铁
w_B/%	1.45	8.01	1.08	10.54
分布率/%	13.76	76.00	10.24	100.00

(5)原矿单矿物分析。从表 5 可以看到,原矿中的金和银主要集中在黄铁矿和褐铁矿中。

表 5　原矿单矿物分析结果

Table 5　Analysis of mono-mineral of the raw ore

矿物名称	黄铁矿	褐铁矿	白云石	绢云母+绿泥石	石英
w(Au)/10^{-6}	73.19	25.71	0.35	0.81	2.31
w(Ag)/10^{-6}	632.27	706.65	—	—	—

(6)原矿粒级分析(表 6)。

(7)金银矿物的特征。①自然金粒度分布:从表 7 可以看出,自然金为细粒－微细粒,粒度大部分为 0.074～0.01 mm,尚见粒径<0.000 1 mm 的次显微金,多见群金出现,嵌于碲银矿中的自然金呈细脉状、线状穿插碲银矿;②金的产出形态(表 8):自然金的形态以粒状、麦粒状为主,占 80.14%;③自然金的嵌布特征(表 9):自然金有 3 种嵌布形态(包裹金、裂隙金、粒间金),其中包裹金占 64.68%;④银矿物:矿石中银品位 w(Ag)=51.70×10^{-6},银矿物含量很少,以碲银矿为主,次为辉银矿、自然银,尚可见深红银矿;主要嵌于黄铁矿、石英中,次嵌于褐铁矿中;粒径一般 0.01～0.2 mm,最小 0.005 mm。

表 6　原矿粒级分析结果

Table 6　Grain size analysis of the raw ore

粒级/mm	产率/%	w(Au)/10^{-6}	分布率/%
0.995	8.42	8.79	6.62
0.44	45.10	7.30	29.43
0.272	12.14	8.79	9.57
0.196	6.72	12.04	7.25
0.152	5.34	15.23	7.25
0.101	3.98	14.72	5.28
0.074	2.81	16.94	4.29
－0.074	15.49	21.91	30.31
	100.00	11.18	100.00

表 7　自然金粒度分布情况

Table 7　Grain size distribution of native gold

粒级/mm	0.074～0.05	0.05～0.03	0.03～0.01	0.01～0.005
分布率/%	31.91	21.65	32.83	10.72
累计/%	31.91	53.56	86.39	97.11
粒级/mm	0.005～0.003	<0.005	合计	
分布率/%	2.28	0.61	100.00	
累计/%	99.39	100.00		

表 8　自然金产出形态

Table 8　Morphological distribution of native gold

形态	粒状	麦粒状	叶片状、线状	细脉状、线状	合计
延展率/%	1～1.5	1.5～3	3～5	>5	
分布率/%	65.24	14.90	6.76	13.10	100.00

2　氰化浸金试验

从该矿石的矿物组成可知,矿石中可回收利用的矿物只有自然金及伴生的银矿物,金粒微细,平均粒径为 0.011 3 mm,金与褐铁矿、黄铁矿、石英关系密切,包裹于黄铁矿、褐铁矿、石英中的金占 64.68%,有一部分呈微细粒包裹在土状褐铁矿中。

对这种细粒分散的含金氧化矿石采用氰化浸金工艺是可行的，所以对该矿采用全泥氰化－炭浆工艺流程。

表 9 自然金嵌布特征

Table 9 Mosaic chavarteristics of native gold

嵌布形态		分布率/%	
裂隙金	黄铁矿	39.34	26.08
	褐铁矿	57.01	
	石英	3.03	
	其他	4.62	
	小计	100.00	
包裹金	黄铁矿	31.54	64.68
	褐铁矿	13.62	
	石英	54.38	
	其他	0.46	
	小计	100.00	
粒间金	黄铁矿－石英	32.38	9.24
	褐铁矿－石英	5.55	
	石英	62.07	
	小计	100.00	

2.1 磨矿细度条件试验

试验条件如下：磨矿细度为变量；矿浆中矿质成分占 33%，矿浆中氧化钙 $w(CaO)=6\ 000\times10^{-6}$，氰化钠 $w(NaCN)=2\ 000\times10^{-6}$，浸出时间分别为 8 h，16 h，32 h，40 h 和 48h。

磨矿细度对金浸出率的影响曲线见图 1。

从磨矿细度条件试验的结果可知，磨矿细度－200 目为 85%时金的浸出效果较好，因此确定磨矿细度为－200 目为 85%较为合适。

2.2 氰化钠用量试验

试验条件：氰化钠用量为变量；磨矿细度为 85%(－200 目)；矿浆中矿质成分占 33%；矿浆中氧化钙 $w(CaO)=6\ 000\times10^{-6}$；预处理 2 h；浸出时间分别为 8 h，16 h，32 h，40 h 和 48 h。

氰化钠含量变化对金浸出率的影响曲线见图 2。

当氰化钠 $w(NaCN)$达到 $1\ 000\times10^{-6}$时，金的浸出率达到 96%，再加大到 $2\ 000\times10^{-6}$后，金的浸出率为 97.81%，金的浸出率没有明显的提高，因此确定浸金氰化钠的质量分数为 $1\ 000\times10^{-6}\sim1\ 500\times10^{-6}$是合适的。同时还可以看出，此次试验在氰化前对矿浆进行了碱预处理，这样浸出率要比没有经过预处理时提高 2%～3%。

2.3 矿浆中矿质成分的质量分数试验

试验条件：矿浆中矿质成分的质量分数为变量；磨矿细度为－200 目占 85%；氧化钙 $w(CaO)=6\ 000\times10^{-6}$；氰化钠 $w(NaCN)=1\ 500\times10^{-6}$，预处理 2 h，浸出时间：8h，16h，32h 和 40h 和 48h。

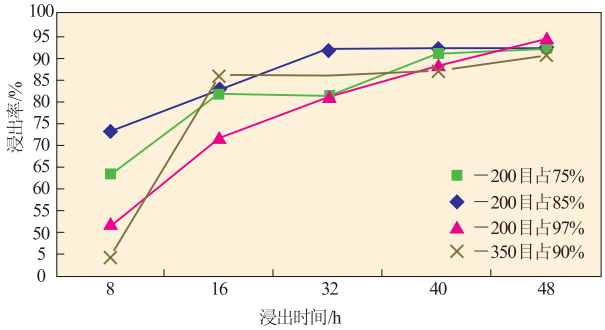

图 1 磨矿细度对金浸出率的影响曲线

Fig. 1 Grinding fineness vs leaching-out rate curve

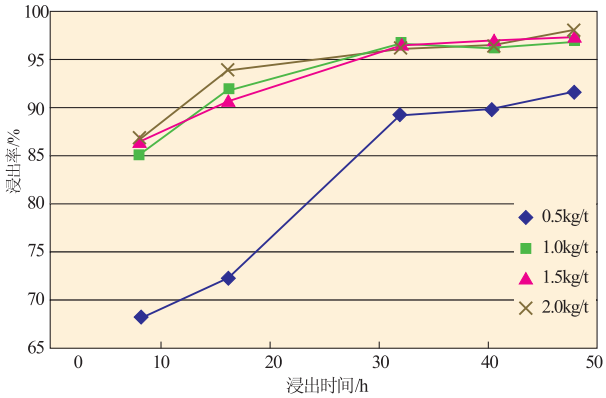

图 2 氰化钠含量对金浸出率的影响曲线

Fig. 2 Content of sodium syanide vs leaching-out rate curve

矿浆中矿质成分的质量分数对金浸出率的影响曲线见图 3。

从矿质成分质量分数试验可知，矿浆中矿质成分质量分数从 33%～45%的变化对金的浸出指标影响不大，故选择 33%。

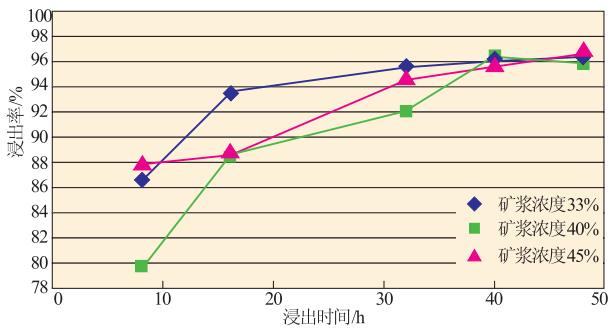

图 3 矿浆浓度对金浸出率的影响曲线

Fig. 3 Concentration of pulp vs leaching-out rate curve

表 10　综合条件试验结果

Table 10　Result of comprehensive test

氰化钠/10^{-6}	浸出时间/h					浸出时间/h				
	8	16	32	40	48	8	16	32	40	48
	浸渣 w(Au)/10^{-6}					浸出率/%				
1000	1.7	0.95	0.45	0.45	0.35	84.88	91.55	96.00	96.00	96.89
1500	1.85	1.00	0.48	0.45	0.30	83.54	91.11	95.88	96.00	97.33

2.4　综合条件试验

磨矿细度－200 目为 85%,矿浆浓度 33%,加入石灰,w(CaO)=6 000×10^{-6},矿浆 pH 值调整为 11,预处理 2 小时后,加入氰化钠进行浸出试验,综合条件试验结果见表 10,流程如图 4。

从综合条件试验结果可知,氰化钠 w(NaCN)=1 000×10^{-6}时,金的浸出率可达到 96.89%的浸出率,浸出效果很好。浸渣中 w(Ag)=22.06×10^{-6},浸出率为 57.33%。

2.5　活性炭吸附试验

经氰化浸出得到的贵液需要进一步处理,这里选择炭浆法进行吸附。炭浆法提金工艺是将活性炭加入矿浆中进行多段连续逆流吸附的提金工艺[2]。

(1)炭的预处理。将国产杏核炭(6～16 目)预先进行水处理,其目的是清洗活性炭表面的炭粉及磨棱,避免在吸附系统中破损流失。预处理液固比为 4∶1,处理时间为 2 h,损失率为 17.60%。

(2)国产杏核炭分段吸附试验。将 4 段炭密度摆成一定的梯度,后一段的炭密度为前段的几倍,其目的一是可以得到不同载金量的炭,二是较高炭密度的后一段可以起到把关作用,保证必要的吸附率。4 段逆流炭吸附试验结果见表 11,6 次循环后逆流试验结果见表 12。从炭吸附试验结果来看,金的吸附率达 99.55%,吸附效果较好。

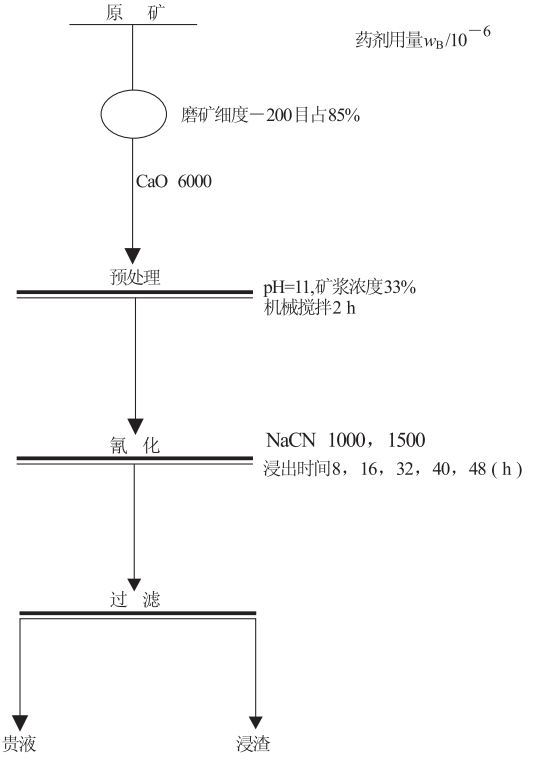

图 4　综合条件试验流程

Fig. 4　Flow path of the comprehensive test

表 11　四段逆流炭吸附试验结果

Table 11　Result of 4-stage countercurrent carbon absorption test

试验次数	时间/h	矿浆浓度/%	矿浆液固比	W/M	溶液中的 w(Au)/10^{-6}	吸附率/%	炭上 w(Au)/10^{-6}
1	0	33	2∶1	1600	6.04	0	4123.95
	4				3.25	46.19	
	8				2.78	53.97	
	12				2.61	56.79	
2	0	33	2∶1	800	6.04	0	2279.79
	4				1.72	71.53	
	8				1.35	77.65	
	12				1.25	79.30	
3	0	33	2∶1	400	6.04	0	1700.68
	4				0.91	84.93	
	8				0.72	88.08	
	12				0.65	89.24	
4	0	33	2∶1	100	6.04	0	458.66
	4				0.11	98.18	
	8				0.07	98.84	
	12				0.08	98.68	

表 12 6 次循环后逆流试验结果

Table 12 Result of post-6 cycle countercurrent test

炭种类	吸附段数	吸附时间/h	炭密度/(g/L)	原液 $w(Au)/10^{-6}$	贫液 $w(Au)/10^{-6}$	吸附率/%
杏核炭	4	4	8	6.04	0.027	99.55

2.6 氰化废水的处理

氰化后废水中矿质的质量分数为 33%，pH 值为 11，氰根量 150×10^{-6}，加入 $6\ 000\times10^{-6}$ 的漂白粉进行处理，处理 2 h 后，污水含氰根量为 0.10×10^{-6}。

3 结语

(1)氧化石英脉型金矿的矿石中可回收利用的矿物只有自然金及伴生的银矿物，金粒微细，对这种矿石采用全泥氰化－炭浆提金流程进行处理是适用的选别工艺。

(2)氰化前在矿浆中加石灰进行碱预处理很有必要：没进行碱预处理时，浸出率仅 92%～94%；用碱预处理后，浸出率可提高 2%～3%，达到 96%左右。

(3)原矿银品位 $w(Ag)=51.76\times10^{-6}$，浸渣中银品位 $w(Ag)=22.06\times10^{-6}$，浸出率为 57.33%。

参考文献：

[1] 矿产资源综合利用手册编辑委员会编. 矿产资源综合利用手册[M]. 北京：科学出版社，2000：366-373.

[2] 孙戬. 金银冶金[M]. 北京：冶金工业出版社，2003：129-130，222-241.

All slime syanidation leaching-out test study on gold ore from a oxidized quartz vein type gold deposit in Hebei province

LIU Guo-ying, GUO Wen-jun, AN Hai

(*Sinosteel Tianjin Geological Academy, Tianjin* 300181, *China*)

Abstract: Gold in the oxidized quartz vein type gold deposit occurs in micro-grain. The grain size is averagely 0.0113 mm. The gold enclosed in pyrite, limonite and quartz is about 64.68%, and some in earthy limonite. All slime syanidation leaching-out method is used to treat the gold ore. The raw ore is milled to fineness of −200 mesh 85%. The ore is pre-treated by adding lime into the ore then sodium syanide is put to leach out the gold with leach-out rate of 96.89% and absorption rate of 99.55%.

Key Words: gold ore; syaidation; pre-treat; leach-out rate; the oxidized quartz vein type gold deposit; Hebei province