

# 某金矿生物浮选可行性实验研究

祖述宇, 郭文军, 伍敬东

(中钢集团天津地质研究院, 天津 300181)

**摘要:** 某金矿生物选矿采用重选+浮选流程进行。生物重选试验表明,金精矿回收率从常规重选的 55.9% 提高到 65.3%。重选尾矿生物浮选时,对常规浮选试剂丁基黄药做了补加生物试剂,或部分替换,以及全部替换试验。实验室上述试验结果证明,生物选矿对金矿是可行的,并具无污染、安全、降低成本的应用前景。

**关键词:** 金矿石;生物重选;生物浮选;生物试剂

**中图分类号:** TD923.1;TD925.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2012)03-0387-04

## 0 引言

生物浮选就是将微生物技术与传统的浮选工艺结合起来处理矿石的一种方法,即利用微生物及其派生物(代谢物)作为药剂,使矿物选择性分选分离的过程,是矿物工程领域一门新兴的工业技术。

目前,对生物浮选的研究与应用虽然还不普遍,但已经引起关注,并在一些领域取得成功。研究方向有:①用细菌改变矿物表面性质(如润湿性),增加矿物之间的可浮性差异;②利用生物浮选对煤进行脱硫的研究与应用;③利用微生物作为浮选捕收剂和调整剂;④生物絮凝及其在选矿上的应用;⑤利用微生物或其代谢产物处理(改性)传统的浮选药剂,提高药剂的性能<sup>[1]</sup>。

本实验在常规浮选流程取得试验指标<sup>[2]</sup>后,针对该金矿进行生物浮选,采用重选加浮选流程进行。生物重选试验表明,金精矿回收率从常规重选的

55.9% 提高到 65.3%。重选尾矿生物浮选时,对常规浮选试剂丁基黄药做了补加生物试剂的试验、用生物试剂部分替换及全部替换丁基黄药的试验。

## 1 矿石性质

### 1.1 原矿矿物组成

该矿石中的主要金属矿物为黄铁矿、褐铁矿,少量的方铅矿、黄铜矿和自然金。金属矿物种类简单,含量较低。脉石矿物主要为石英、长石,次为绢云母、绿泥石及方解石等碳酸盐矿物,少量的黏土矿物。

### 1.2 原矿多元素分析

原矿多元素分析见表 1。

### 1.3 矿物各粒级金含量

原矿(粒径 < 2 mm)矿物各粒级金含量结果见表 2。

表 1 原矿多元素分析结果

Table 1 Multi-element analysis of the raw ore

元素	Au	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	MnO	TiO <sub>2</sub>	Fe	C	S	As	LOI
质量分数	15.90	92.66	1.30	0.59	0.092	0.26	0.20	0.018	0.01	0.84	0.14	1.52	<0.001	1.45

量的单位:  $w_B/\%$ , 其中  $w(\text{Au})/10^{-6}$ 。

收稿日期: 2012-07-05; 改回日期: 2012-08-25; 责任编辑: 余和勇

作者简介: 祖述宇(1982-),男,工程师,学士,2005年毕业于东北大学,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:zushuyu\_995@163.com

表2 矿物各粒级金含量结果  
Table 2 Au content of different grain-sized minerals

粒级/mm	产率/%	品位 $w(\text{Au})/10^{-6}$	金分布率/%	
			个别	累计
1.0~2.0	14.33	8.10	8.02	8.02
0.6~1.0	35.46	12.30	30.14	38.16
0.3~0.6	30.20	16.00	33.39	71.55
0.2~0.3	2.45	19.00	3.22	74.77
0.1~0.2	9.10	15.90	10.00	84.77
0.074~0.1	1.81	15.40	1.92	86.69
0.043~0.074	3.81	21.60	5.69	92.38
<0.043	2.83	39.00	7.62	100.00
合计	100.00	14.47	100.00	

从表2可以看到,样品粒级主要为粗粒级(0.6~1 mm,0.3~0.6 mm),金主要集中在粗粒级中(占70%以上),少量分布在细粒级中。

#### 1.4 矿石粒级矿物成分

矿石的矿物成分是按粒级分别在双目镜下进行鉴定并根据化学成分计算的,经过了X射线、差热分析、光谱分析和光谱视读器验证。

金矿石中矿物的粒级分布见表3。

表3 金矿石中矿物的粒级分布

Table 3 Grain-size distribution of minerals in the gold ore

矿物名称	粒级/mm						占比/%
	>1.0	0.6~1.0	0.3~0.6	0.2~0.3	0.1~0.2	0.074~0.1	
石英	87.5	91.1	92.7	90.9	82.0	55.7	89.5
黄铁矿	1.3	2.3	1.5	3.4	9.0	31.0	3.0
白云母,绢云母	1.3	0.9	0.8	0.7	3.0	3.8	1.2
绿泥石	0.7	0.4	0.5	0.7	2.4	2.5	0.7
铁氢氧化物	0.8	0.2	0.5	0.3	1.8	1.9	0.6
方解石,白云石	1.6	1.4	1.5	1.7	1.8	5.1	1.6
普通角闪石	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1
连生体	2.5	3.2	1.8	1.7	0.0	0.0	2.2
岩屑	4.3	0.7	0.5	0.7	0.0	0.0	1.1
合计	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

#### 1.5 自然金的赋存状态

该矿石中金的赋存状态以包裹金、粒间金和裂隙金3种形式存在。其中裂隙金所占比例较大,主要赋存于黄铁矿裂隙和石英裂隙中;粒间金主要赋存于黄铁矿、脉石矿物及其他金属矿物的粒间,粒间金和裂隙金在磨矿过程中比较容易单体解离或暴露;而在黄铁矿和脉石中的包裹金则较难回收。测定结果见表4。

表4 自然金赋存状态测定结果

Table 4 Occurrence distribution of native gold

赋存类别	赋存状态	相对含量/%	合计
矿物粒间金	脉石粒间金	11.55	100.00
	金属矿物粒间金	17.38	
矿物裂隙金	脉石裂隙金	16.10	100.00
	黄铁矿裂隙金	27.16	
矿物包裹金	黄铁矿包裹金	7.96	100.00
	脉石包裹金	19.85	

表 5 金矿石生物重选结果

Table 5 Biological gravity beneficiation result of gold ore

顺序号	试剂条件及试剂耗量/ $10^{-6}$	产品名称	产率/%	$w(\text{Au})/10^{-6}$	回收率/%
1	无生物试剂	精矿	9.1	92.3	55.9
		尾矿	90.9	7.3	44.1
		原矿石	100.00	15.03	100.00
2	生物试剂=100	精矿	14.3	56.5	65.3
		尾矿	85.7	5.0	34.7
		原矿石	100.00	12.36	100.00

## 2 金矿石生物选矿试验

### 2.1 硫化物金矿石生物重选

原矿首先经重选分离出粗粒金,在流程进行中,加入生物试剂(即生物重选)。结果表明,生物重选金回收率可从常规重选的 55.9% 提高到 65.3%。

试验流程见图 1,试验结果见表 5。

### 2.2 硫化物金矿石生物浮选

重选分离出粗粒金后,将尾矿进行浮选,并对比生物浮选效果。原矿重选采用 2 种加工方法。

(1)方法 1。将原矿石采用 0.315 mm 筛子进行预先筛分,再经阶段磨矿到 $<0.315$  mm 粒级,这时所获重选精矿含量  $92.3 \times 10^{-6}$ ,尾矿  $7.3 \times 10^{-6}$ ;摇床尾矿再磨到-200 目( $<0.074$  mm)含量占 95% 的粒级。

试验条件为磨矿细度 $<0.074$  mm 占 95%,重选尾矿浮选,粗选加入矿浆 pH 值调整剂  $w(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 1\ 500 \times 10^{-6}$ ,活化剂  $w(\text{CuSO}_4) = 100 \times 10^{-6}$ ,按照图 2 的流程及条件进行试验,分别加入不同的捕收剂。其中,1 号常规浮选试剂:丁黄药( $100 \times 10^{-6}$ ),2 号常规浮选试剂中加生物试剂:丁黄药( $100 \times 10^{-6}$ ),生物试剂( $40 \times 10^{-6}$ ),3 号常规浮选试剂中生物试剂部分替换常规试剂:丁黄药( $40 \times 10^{-6}$ ),生物试剂( $70 \times 10^{-6}$ ),4 号常规浮选试剂

中生物试剂全部替换常规试剂:生物试剂( $100 \times 10^{-6}$ ),试验流程见图 2,对粗精矿回收率的影响结果见图 3。

试验结果表明,生物试剂与黄药同时加入时,金回收率可从不加生物试剂(1 号)的 40.87%,提高到(2 号)42.24%。

生物试剂部分和全部替换黄药试剂的浮选结果,说明生物选矿是可行的,即前者(3 号)金回收率提高到 40.40%,后者(4 号)达到 39.17%。

(2)方法 2。将原矿石采用 0.074 mm 筛子进行预先筛分,筛上矿物再经阶段磨矿到 $<0.074$  mm 粒级。然后经重选后,重选尾矿进行生物浮选,浮选条件同方法 1,试验流程见图 2,对粗精矿的回收率的影响结果见图 4。

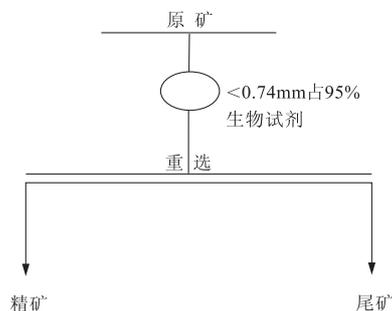


图 1 金矿石生物重选流程

Fig. 1 Flow sheet of biological gravity beneficiation of gold ore

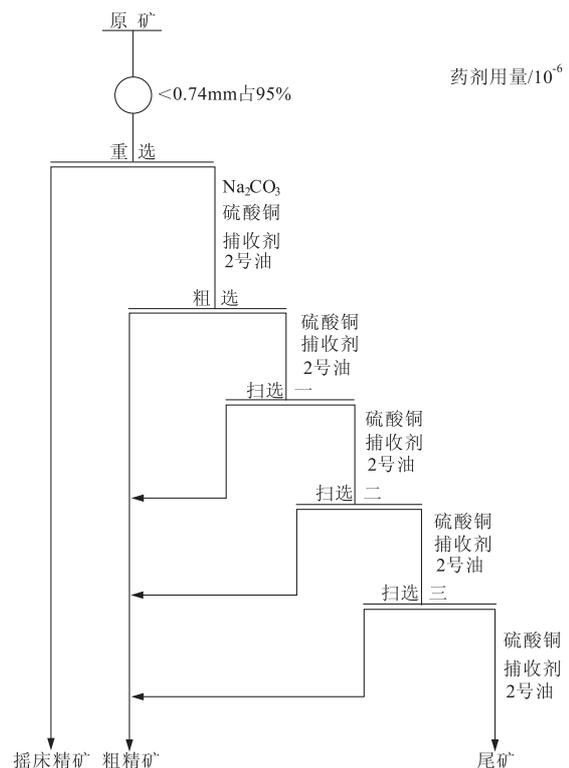


图 2 生物浮选流程

Fig. 2 Flow sheet of biological floatation beneficiation

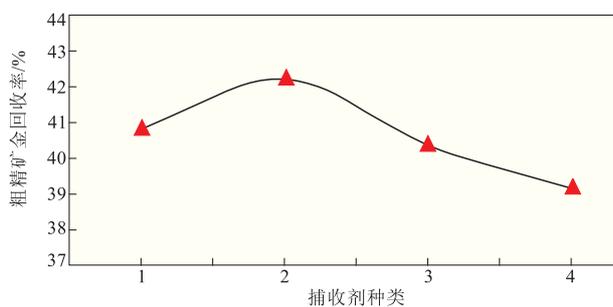


图3 捕收剂种类试验结果(方法1)

Fig. 3 Test result of different collectors for method I

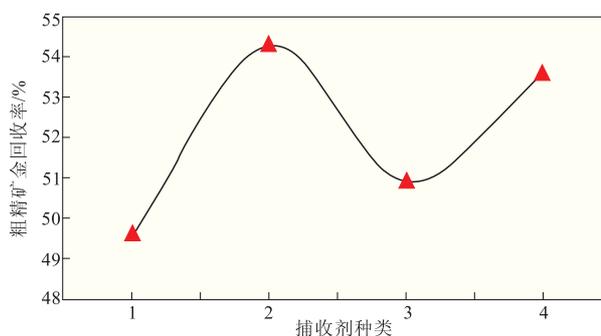


图4 捕收剂种类试验结果(方法2)

Fig. 4 Test result of different collectors for method II

试验结果表明,生物试剂与黄药同时加入时,金回收率可从不加生物试剂(1号)的40.87%,提高到(2号)42.24%。

生物试剂部分和全部替换黄药试剂的浮选结果,说明生物选矿是可行的,即前者(3号)金回收率提高到40.40%,后者(4号)达到39.17%。

### 3 结语

生物试剂全部替换丁基黄药结果证明,硫化物

矿石选矿,利用生物浮选具有现实意义。

考虑生物试剂区别于丁基黄药的环保和安全性,同时成本也可节省一半,故用生物试剂替代黄药是合适的。

#### 参考文献:

- [1] 张泾生. 矿用药剂[M]. 北京:冶金工业出版社,2008:750.
- [2] 刘国英,刘江,祖述宇,等. 甘肃某石英脉型难选金矿石选矿试验研究[J]. 地质找矿论丛,2011,26(3):354-358.

## Feasibility study of biological beneficiation for a gold mine

ZU Shu-yu, GUO Wen-jun, WU Jing-dong

(Sinosteel Tianjin Geological Academy, Tianjin 300181, China)

**Abstract:** In a gold mine biological beneficiation is adopted and recovery of native gold increases to 65.3% from 55.9% of the traditional gravity beneficiation. During biological floatation of the gravity-beneficiated tailing some biological reagent was added to substitute for butyl-xanthate and only biological reagent added to replace the butyl-xanthate. The result shows that biological beneficiation is feasible to gold ore with safety, low cost and without pollution.

**Key Words:** gold ore; biological rebeneficiation; biological floatation; biological reagent