

## 甘肃省礼县某金矿选矿试验研究

周涛, 黄国贤

(西北矿冶研究院, 甘肃 白银 730900)

**摘要:**甘肃省礼县某金矿石含金 5.67 g/t、银 3.1 g/t、含硫 2.67%, 矿石性质研究结果表明, 矿石中金矿物嵌布粒度细, 裸露半裸露金可浮性较差是影响金回收的主要原因。试验通过对金矿物活化剂和捕收起泡剂研究, 确定了碳酸钠作调整剂、T31 作活化剂, 丁基黄药作捕收剂, A25 作捕收起泡剂的药剂制度, 小型试验和工业试验均取得了良好的技术指标。

**关键词:**低硫金矿石; 浮选; 活化剂 T31; 捕收起泡剂 A25

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2016.02.009

中图分类号:TD952 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2016)02-0042-04

我国细粒浸染型金矿资源丰富, 分布较广, 但因矿石难选而利用率不高。研究出对此类矿石切实有效的选矿工艺, 对充分利用资源有着十分重要的意义<sup>[1]</sup>。本文针对甘肃省某低硫金矿石的性质, 采用自主研发的 T31 为活化剂, A25 为捕收起泡剂, 进行浮选试验研究, 最终取得的试验指标为金精矿品位 79.3%, 金回收率 89.45%, 后期工业试验指标为金精矿品位 78.8 g/t, 金回收率 89.83%。

### 1 矿石性质

#### 1.1 原矿性质

该金矿矿床为贫硫金矿石, 属于中温热液裂隙充填交代, 破碎带蚀变岩型金矿床。矿石矿物主要为黄铁矿、银金矿, 其次是黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、褐铁矿、磁黄铁矿、少量黝铜矿和铜蓝。脉石矿物以石英为主, 少量方解石、长石、绿泥石、金红石、楣石等。

#### 1.2 矿石化学组成

表1 矿石多元素化学分析结果/%

Table 1 Chemical analysis of the ore

| Au*  | Ag*   | Cu    | Pb                             | Zn    | Mo               | TFe   |
|------|-------|-------|--------------------------------|-------|------------------|-------|
| 5.67 | 3.1   | 0.019 | 0.034                          | 0.072 | 0.0032           | 5.75  |
| S    | As    | CaO   | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO   | SiO <sub>2</sub> | 合计    |
| 2.67 | <0.05 | 1.74  | 0.23                           | 1.44  | 87.87            | 99.88 |

\* 单位为 g/t。

矿石多元素分析结果见表1。由表1可以看出矿石中仅金可作为选矿回收的对象, 其他金属元素含量较低, 不具备综合回收利用价值。

#### 1.3 金的赋存状态及嵌布特征

该金矿石中金以细粒、微细粒浸染状赋存于石英和黄铁矿中, 粒度多小于 0.01 mm, 可浮性较差, 主要为包裹金、裂隙金和粒间金。脉石中自然金占主要部分, 多赋存在脉石粒间, 或沿脉石裂隙成串珠状、脉状分布; 黄铁矿中自然金产状丰富, 仅次于脉石中自然金, 呈不规则粒状、脉状、凸镜状和成群赋存在黄铁矿中及裂隙或者边部; 其他金属硫化物和自然金关系不太密切, 只是偶而见到。金矿物嵌布粒度统计结果见表2。

表2 金矿物嵌布粒度统计结果

Table 2 Statistical results of gold mineral's disseminated grain-sizes

| 粒级/mm  | 0.074 ~ 0.01 | <0.01 | 合计     |
|--------|--------------|-------|--------|
| 金分布率/% | 34.00        | 66.00 | 100.00 |

### 2 选矿试验研究

研究结果表明, 该矿石中金矿物嵌布粒度较细, 大部分呈超显微状态, 金的主要载体矿物黄铁矿大多呈粗细极不均匀分布, 造成金矿物及载金矿物难

收稿日期:2015-07-10; 改回日期:2015-08-02

作者简介:周涛(1974-), 男, 选矿高级工程师, 主要从事选矿技术研究工作。

于解离,同时矿石中裸露半裸露金可浮性较差,造成金矿物易损失于尾矿中。因此合理的磨矿细度和浮选药剂制度是获得良好浮选指标的关键。

## 2.1 药剂探索试验

### 2.1.1 活化剂种类和用量试验

由于矿石中的裸露半裸露金可浮性较差,在浮选过程中添加活化剂,对其进行活化,提高金的可浮性<sup>[2]</sup>。活化剂探索试验分别考察了硫酸铵、硫酸铜、T31 等无机类活化剂对浮选效果影响,试验流程见图1,试验结果见表3。

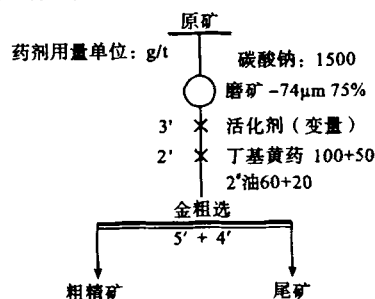


图1 活化剂种类探索试验流程

Fig. 1 Flowsheet of activator kind tests

表3 活化剂种类试验结果

Table 3 Test results of the activator categories

| 药剂条件<br>/(g·t <sup>-1</sup> ) | 产品名称 | 产率<br>/% | 金品位<br>/(g·t <sup>-1</sup> ) | 金回收率<br>/% |
|-------------------------------|------|----------|------------------------------|------------|
| 硫酸铜:200                       | 金粗精矿 | 10.64    | 45.10                        | 84.70      |
|                               | 尾矿   | 89.36    | 0.97                         | 15.30      |
|                               | 原矿   | 100.00   | 5.67                         | 100.00     |
| 硫酸铵:1000                      | 金粗精矿 | 14.66    | 33.00                        | 85.52      |
|                               | 尾矿   | 85.34    | 0.96                         | 14.48      |
|                               | 原矿   | 100.00   | 5.66                         | 100.00     |
| 硫酸铜:200<br>硫酸铵:800            | 金粗精矿 | 12.38    | 39.60                        | 86.68      |
|                               | 尾矿   | 87.62    | 0.86                         | 13.32      |
|                               | 原矿   | 100.00   | 5.66                         | 100.00     |
| T31:1000                      | 金粗精矿 | 10.42    | 47.90                        | 88.00      |
|                               | 尾矿   | 89.58    | 0.76                         | 12.00      |
|                               | 原矿   | 100.00   | 5.67                         | 100.00     |

由表3可以看出,T31 对载体矿物的活化作用较强,相比较于硫酸铜和硫酸铵等活化剂,金的品位和回收率都有所提升,故选择 T31 作为该矿石的活化剂,并进行其用量试验。固定磨矿细度为-74 μm 75%,碳酸钠用量为2000 g/t,丁基黄药用量为150 (100+50)g/t,A25 用量为180 (120+60)g/t,试验结果见图2。

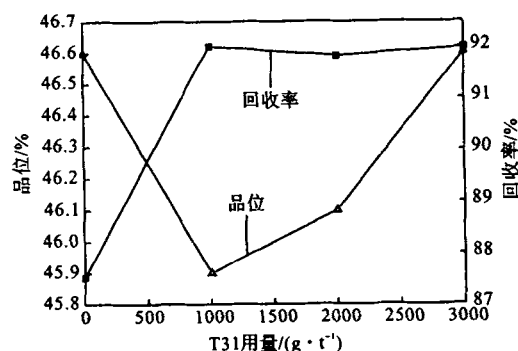


图2 T31 用量试验结果

Fig. 2 Test results of T31 dosages

由图2可知,T31 的添加有助于提高金回收率,当 T31 用量大于1000 g/t 时,随着 T31 用量增加,金粗精矿品位增加,回收率变化不明显,故金粗选 T31 用量以1000 g/t 为宜。

### 2.1.2 捕收(起泡)剂种类和用量试验

对于性质复杂、难选的金矿石,单一捕收剂药剂制度往往难以取得理想指标,因此常采用混合药剂制度提高浮选指标<sup>[3]</sup>。固定磨矿细度为-74 μm 75%,碳酸钠用量1500 g/t,T31 用量1000 g/t,进行捕收(起泡)剂探索试验,试验结果见表4。

表4 捕收起泡剂种类试验结果

Table 4 Results of the collecting and foaming agent categories tests

| 药剂用量<br>/(g·t <sup>-1</sup> ) | 产品名称 | 产率<br>/% | 金品位<br>/(g·t <sup>-1</sup> ) | 金回收率<br>/% |
|-------------------------------|------|----------|------------------------------|------------|
| 丁基黄药:<br>100+50               | 金粗精矿 | 10.28    | 48.60                        | 88.27      |
|                               | 尾矿   | 89.72    | 0.74                         | 11.73      |
|                               | 原矿   | 100.00   | 5.66                         | 100.00     |
| 2号油:60+20                     | 金粗精矿 | 11.56    | 43.10                        | 87.84      |
|                               | 尾矿   | 88.44    | 0.78                         | 12.16      |
|                               | 原矿   | 100.00   | 5.67                         | 100.00     |
| 25#黑药:<br>150+50              | 金粗精矿 | 13.25    | 38.20                        | 89.42      |
|                               | 尾矿   | 86.75    | 0.69                         | 10.58      |
|                               | 原矿   | 100.00   | 5.66                         | 100.00     |
| 丁基黄药:100+50<br>丁胺黑药:120+60    | 金粗精矿 | 11.42    | 45.50                        | 91.57      |
|                               | 尾矿   | 88.58    | 0.54                         | 8.43       |
|                               | 原矿   | 100.00   | 5.67                         | 100.00     |

由表4可以看出,丁基黄药对该矿石的捕收作用较强,丁基黄药与丁胺黑药、A25 配合使用能够取得更优指标,其中捕收起泡剂 A25 对该矿石具有良好的选择性和捕收能力,丁基黄药+A25 方案相比较于丁基黄药+丁胺黑药方案,金粗精矿产率降低1.83%,金品位提高7.3%,回收率提高2.15%。故

选择丁基黄药+A25 作为该矿石的捕收(起泡)剂。固定磨矿细度为 $-74\ \mu\text{m}\ 75\%$ ,碳酸钠用量 $2000\ \text{g/t}$ ,T31 用量 $1000\ \text{g/t}$ ,丁基黄药用量 $150(100+50)\ \text{g/t}$ ,进行 A25 用量试验,试验结果见图 3。

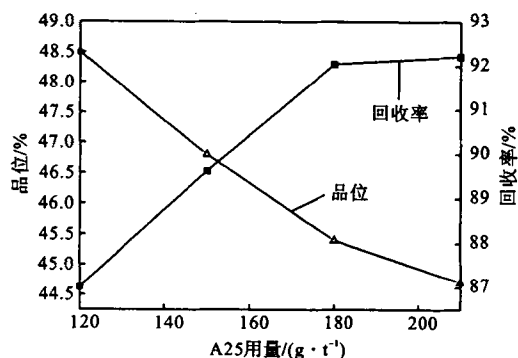


图 3 金粗选 A25 用量试验结果

Fig. 3 Results of A25 dosage tests in gold roughing

由图 3 可知,随着 A25 用量的增加,金粗精矿金品位呈降低趋势,金回收率呈升高趋势,当其用量达到 $180(120+60)\ \text{g/t}$ 时,金回收率基本保持不变。综合考虑,金粗选捕收起泡剂 A25 用量 $180(120+60)\ \text{g/t}$ 为宜。

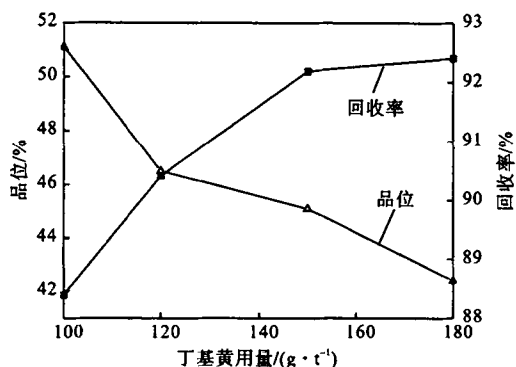


图 4 金粗选丁基黄药用量试验结果

Fig. 4 Results of butyl xanthate dosage tests in gold roughing

固定磨矿细度为 $-74\ \mu\text{m}\ 75\%$ ,碳酸钠用量为 $2000\ \text{g/t}$ ,T31 用量为 $1000\ \text{g/t}$ ,A25 用量为 $180(120+60)\ \text{g/t}$ 进行金粗选捕收剂丁基黄药用量试验,试验结果见图 4。

由图 4 可知,随着捕收剂丁基黄药用量的增加,金粗精矿品位呈降低趋势,金回收率呈上升趋势,当丁基黄药用量超过 $150\ \text{g/t}$ 时,金粗选回收率变化不明显,综合考虑,金粗选捕收剂丁基黄药用量定为

$150(100+50)\ \text{g/t}$ 。

## 2.2 闭路试验

在条件试验和开路试验的基础上进行闭路试验研究,试验流程见图 5,试验结果见表 5。

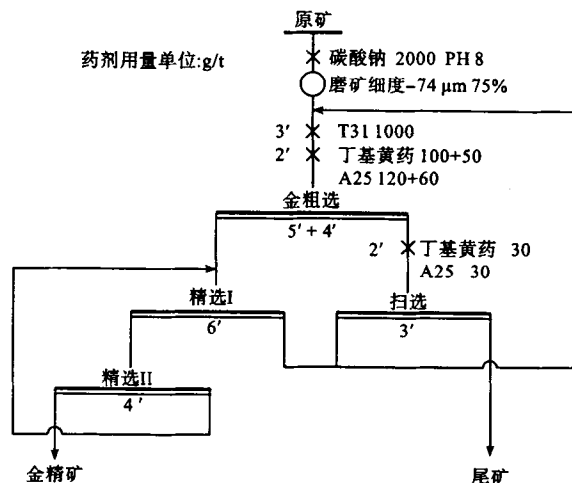


图 5 闭路试验流程及条件

Fig. 5 Process and conditions of closed-circuit tests

表 5 闭路试验结果

Table 5 Results of closed-circuit tests

| 产品名称 | 产率/%   | 品位/( $\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$ ) | 回收率/%  |
|------|--------|---------------------------------------|--------|
| 金精矿  | 6.41   | 79.3                                  | 89.45  |
| 尾矿   | 93.59  | 0.64                                  | 10.55  |
| 原矿   | 100.00 | 5.67                                  | 100.00 |

## 2.3 工业试验

在前期小型试验基础上,现场进行了工业试验,工业试验累计指标见表 6。从试验结果可以看出,工业试验与小试相比较,金精矿金品位略有降低,但金精矿产率增大,金回收率比小试略有提高,试验指标良好。

表 6 工业试验累计指标

Table 6 Cumulative indexes of industrial tests

| 产品名称 | 产率/%   | 品位/( $\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$ ) | 回收率/%  |
|------|--------|---------------------------------------|--------|
| 金精矿  | 6.5    | 78.80                                 | 89.83  |
| 尾矿   | 93.5   | 0.62                                  | 10.17  |
| 原矿   | 100.00 | 5.70                                  | 100.00 |

## 3 结 论

(1) 该金矿含金 $5.67\ \text{g/t}$ 、银 $3.1\ \text{g/t}$ 、含硫 $2.67\%$ ,矿石类型为贫硫金矿石,属于中温热液裂隙充填交代,破碎带型金矿床。金矿中的金主要以细粒、微细粒状态赋存于石英和黄铁矿中。

(2) 针对该矿石性质特点,进行了系统的选别

试验,最终确定采用两粗一扫两精的工艺流程,药剂制度采用碳酸钠为调整剂,T31 为活化剂,丁基黄药为捕收剂,A25 为捕收起泡剂。该流程闭路试验可获得含金 79.3 g/t,回收率 89.45% 的金精矿,工业试验累计指标为金精矿品位 78.8 g/t,金回收率 89.83%,比小型试验指标略有提升。

(3)与硫酸铜,硫酸铵等传统药剂相比较,T31 作为新型金矿物活化剂,能够更好的活化裸露、半裸露金及金的载体矿物,从而提高金的回收率。A25 对细粒,微细粒级金矿物具有较好的选择性和捕收能力,且起泡性能稳定,与丁基黄药共同捕收该金

矿,能够获得良好的选矿技术指标。

### 参考文献:

- [1]彭贵熊,李国栋,廖雪珍,等.某微细粒难选金矿石选矿工艺研究[J].金属矿山,2011(12):70-73.
- [2]罗小沛,王宇赋,谢建宏,等.甘肃省某低品位难选金矿浮选试验[J].矿山机械,2014(12):105-109.
- [3]余胜利,王毓华,张英,等.某难选低品位金矿的选矿试验研究[J].有色金属:选矿部分,2013,66(2):17-25.
- [4]胡为柏主编.浮选[M].北京:冶金工业出版社,1983.
- [5]胡熙庚.有色金属硫化矿选矿[M].北京:冶金工业出版社,1987.

## Investigation on Mineral Processing of a Gold Ore from Lixian County of Gansu Province

Zhou Tao, Huang Guoxian

(Northwest Research Institute of Mining and Metallurgy, Baiyin, Gansu, China)

**Abstract:** In this paper, the author studied a gold ore from Gansu which owns gold 5.67g/t, silver 3.1g/t and pyrite 2.67%. According to the study of the ore properties, fine disseminated gold particles and poor flotability of the bare and half bare gold ore are the main reasons reducing the recovery of the gold. By doing experiments about the gold activators and collecting and foaming agents, the author finally adopt the sodium carbonate as adjusting agent, T31 as activator, butyl xanthate as collector and A25 as collecting and foaming agent. And finally excellent technical indexes are achieved at both of experimental researches and industrial tests.

**Keywords:** Gold ore with low-grade pyrite; Flotation; Activator T31; Collecting and foaming agent A25

(上接 36 页)

## Experimental Research on Mineral Processing of an Antimony Sulphide Ore in Rongjiang of Guizhou

Zhang Xinhai, Shan Zhiqiang, Ma Rongkai, Yuan Jiang tao

(China Nonferrous Metal Guilin Research Institute of Geology for Mineral Resources, Guilin, Guangxi, China)

**Abstract:** The mineral type of Ganhegou antimony sulfide ore in Rongjiang county of Guizhou province is single, of which the main recovery object is antimony, which mainly exists in the form of antimony sulfide stibnite, accounting for 77.82% of the total phase. In an addition, small amount of antimony oxide (14.9%) and Antimonates (7.28%) also exists. According to the characteristics of the antimony sulfide ore, through the detailed condition test, when the grinding fineness is -0.074 mm 88.13% and the process of one roughing one cleaning was adopted, the antimony concentrate with the grade of 45.02% and the recovery of 87.16% was obtained. The harmful elements of lead and arsenic are 0.023% and 0.05% respectively. The beneficiation effect is good, which reaches the second grade standard of antimony concentrate powder. The results show that the antimony ore has good beneficiability, the recommended process is simple, the quality of the antimony concentrate is good, the recovery rate is high, the content of harmful impurities is low, the mineral processing cost is low, and it has high economic value.

**Keywords:** Antimony sulfide; Galena; Arsenic; Flotation