

## 某铜银矿浮选试验研究

徐冰<sup>1</sup>, 赵通林<sup>1</sup>, 杨春<sup>2</sup>, 辛思奇<sup>1</sup>

(1. 辽宁科技大学矿业工程学院, 辽宁鞍山 114051;

2. 鞍钢集团矿业公司弓长岭选矿厂, 辽宁辽阳 111000)

**摘要:** 某铜银矿矿石中 useful 组分铜含量低, 伴生贵金属银含量较高, 矿石成分较复杂, 金属分布不均匀, 含泥较高, 氧化铜嵌布粒度较细, 属难选氧化铜矿。试验研究了不同磨矿细度、药剂用量和工艺流程条件下的分选效果, 结果表明: 硫化矿、氧化矿混合浮选铜银矿药剂简单而且指标良好; 当原矿磨矿细度达到  $-0.075\text{ mm}$  占  $90.77\%$  时, 相对入选原矿量, 在调整剂水玻璃用量  $500\text{ g/t}$ 、石灰用量  $500\text{ g/t}$ 、硫化剂硫化钠用量  $300\text{ g/t}$ 、捕收剂 Y89 黄药用量  $100\text{ g/t}$ 、戊基黄药用量  $100\text{ g/t}$ 、丁铵黑药用量  $80\text{ g/t}$ 、Z-200 用量  $20\text{ g/t}$  的条件下, 采用“硫氧混浮—粗三扫三精”浮选流程, 闭路试验得到的铜精矿品位为  $26.89\%$ , 铜回收率为  $89.39\%$ ; 银精矿品位为  $2\ 320.30\text{ g/t}$ , 银回收率为  $88.35\%$ 。

**关键词:** 铜银矿; 浮选; 混合浮选; 药剂制度

**中图分类号:** TD923 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-4051(2019)05-0097-07

### Experimental study on flotation of a copper-silver mine

XU Bing<sup>1</sup>, ZHAO Tonglin<sup>1</sup>, YANG Chun<sup>2</sup>, XIN Siqi<sup>1</sup>

(1. School of Mining Engineering, University of Science and Technology Liaoning, Anshan 114051, China;

2. Gongchangling Concentrator of Ansteel Mining, Liaoyang 111000, China)

**Abstract:** For a copper-silver mine, the useful components in the ore are low in copper content, associated with precious metal silver of high content. The ore composition is more complicated, the metal distribution is uneven, the mud content is high, and the copper oxide inlay is finer in size, which is a difficult copper oxide ore. The experiment researches on fineness of grinding, the dosage of reagents and mineral processing. The test results show that the flotation reagents system of sulphide ore and oxidized ore mixed flotation is simple and it has a good flotation index. When the  $-0.075\text{ mm}$  fineness of grinding is  $90.77\%$ , for raw ore the adjusting agent water glass dosage is  $500\text{ g/t}$  and lime dosage is  $500\text{ g/t}$ , vulcanizing agent sodium sulfide dosage is  $300\text{ g/t}$ , collector Y89 xanthate dosage is  $100\text{ g/t}$ , amyl xanthate dosage is  $100\text{ g/t}$ , ammonium dibutyl dithiophosphate dosage is  $80\text{ g/t}$  and Z-200 dosage is  $20\text{ g/t}$ , the flotation mineral process of “sulfur-oxygen mixed float one rough and three scavenger and three stages of cleaning” is adopted to carry out the sulfur-oxygen mixed flotation copper-silver ore and obtained the concentrate grade of copper is  $26.89\%$ , and the recovery rate is  $89.39\%$ , the obtained the concentrate grade of silver is  $2\ 320.30\text{ g/t}$ , and the recovery rate is  $88.35\%$ .

**Keywords:** copper-silver ore; flotation; bulk flotation; flotation reagents system

难选铜矿的利用常用浮选工艺和化学选矿工艺, 其中硫化铜矿多采用浮选方式处理, 并综合回

收其中有伴生金属。罗仙平等<sup>[1]</sup>研究了西藏玉龙硫化铜矿, 采用铜优先浮选工艺处理该矿石, 以

收稿日期: 2018-11-26 责任编辑: 刘硕

第一作者简介: 徐冰(1991—), 女, 硕士研究生, 研究方向为浮选药剂研究应用, E-mail: iceicex0913@sina.com。

通讯作者简介: 赵通林(1970—), 男, 教授, 硕士生导师, 主要从事浮选方面教学以及磁选设备研究与应用的工作, E-mail: 870134580@qq.com。

引用格式: 徐冰, 赵通林, 杨春, 等. 某铜银矿浮选试验研究[J]. 中国矿业, 2019, 28(5): 97-103. doi:10.12075/j.issn.1004-4051.2019.05.016

BK-404 作铜矿物的捕收剂, 石灰作黄铁矿的抑制剂, 在矿浆低碱条件下分步粗选两次, 精选三次。闭路试验获得含铜 20.63%、铜回收率 82.24% 的铜精矿。曹扬等<sup>[2]</sup>研究了东川某铜锌矿, 矿石磨至 -0.075 mm 占 60%, 采用“一粗一扫二精”流程选别锌精矿, 锌尾矿再磨至 -0.075 mm 占 94.00%, 以硫化钠+硫酸铵为活化剂, 异丁基黄药为捕收剂, 采用“一粗一扫三精”流程选别铜精矿, 最终选别指标为铜精矿品位 35.21%、铜回收率为 81.42%, 锌精矿品位为 40.02%、锌回收率为 80.37%, 其中矿的循环量低。陈经华等<sup>[3]</sup>研究了同步浮选和异步浮选在氧化铜选矿中的应用, 提出了硫化-氧化铜同步浮选工艺和异步浮选工艺, 采用同步浮选或异步浮选由工艺流程和浮选药剂制度等因素共同决定, 常规药剂与高效浮选药剂的联合使用对难选氧化铜的回收效果较好。丁淑芳等<sup>[4]</sup>对某含金、银氧化铜矿进行研究, 以丁基黄药、丁基黄药和丁铵黑药组合分别为捕收剂选别铜精矿, 丁基黄药和丁铵黑药组合为捕收剂时获得的浮选指标优于单一使用丁基黄药时获得的浮选指标, 铜精矿回收率提高了 1.43%。章国权<sup>[5]</sup>对某极难选氧化铜尾矿回收进行研究, 发现戊基黄药具有良好的捕收性, 随着药剂用量增加, 捕收效果增强; 丁基黄药、Y89 黄药和 Z-200 三种捕收剂组合使用时, 组合药剂浮选指标优于单一用药浮选指标。王伟福<sup>[6]</sup>对宋家坡铜银矿进行浮选试验研究, 黑药类捕收剂对银的捕收能力较强, 以苯胺黑药和丁铵黑药与丁基黄药、乙基黄药一同作为组合捕收剂使用, 得到精矿铜品位 27.775%, 铜回收率 90.40%; 精矿银品位 797.00 g/t, 银回收率 90.07% 的选别指标, 与原药剂制度相比, 银精矿回收率提高了 3%。药剂按照一定的规律组合使用, 药剂之间发生协同效应, 组合药剂获得的浮选指标通常优于

单一药剂作用时所获得的浮选指标。

某铜银矿, 铜矿物以氧化铜为主, 研究在混合浮选工艺条件下, 磨矿细度、药剂组合及用量对铜矿物及伴生银回收的影响, 对捕收剂组合进行了优化, 得到了更适合处理此种矿石的浮选药剂制度, 实现了对此种铜银矿石的高效回收。

## 1 试验设备、药剂及研究方法

### 1.1 矿石性质

原矿 X 荧光衍射仪化学多元素分析, 结果见表 1。化学法铜物相分析, 结果见表 2。化学法银物相分析, 结果见表 3。辉铜矿、孔雀石和蓝铜矿的嵌布粒度分布, 结果见表 4。

表 1 原矿多元素分析结果

Table 1 Chemical composition of the raw ore

元素名称	Cu	Ag	Au	Pb	Zn	Fe	S	P
含量/%	1.94	169.40	0.05	0.08	0.02	3.43	0.55	0.005
元素名称	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	MnO	CO <sub>2</sub>
含量/%	57.44	0.23	0.067	0.022	5.4	3.82	0.12	6.6
元素名称	As	Sb	Bi	Cd	Ge	Hg	烧失	
含量/%	0.12	0.02	0.005	0.004	0.003	0.002	9.93	

注: Ag 和 Au 含量单位为 g/t

表 2 矿石中铜的物相分析

Table 2 The copper phase analysis results of raw ore

铜物相	原生	次生	自由	结合	合计
	硫化铜	硫化铜	氧化铜	氧化铜	
Cu 含量/%	0.13	0.09	1.46	0.26	1.94
Cu 分布率/%	6.70	4.64	75.26	13.40	100.00

表 3 矿石中银的物相分析结果

Table 3 The silver phase analysis results of raw ore

银物相	自然银	硫化银	氯化银	铁锰矿物 中银	脉石 中银	合计
	Ag 含量/(g/t)	16.20	139.98	3.88	8.84	
Ag 分布率/%	9.56	82.63	2.29	5.22	0.30	100.00

表 4 辉铜矿、孔雀石和蓝铜矿的嵌布粒度分布

Table 4 Inlay particle size distribution of chalcocite and malachite and chesylite

粒级/mm	辉铜矿嵌布粒度		孔雀石嵌布粒度		蓝铜矿嵌布粒度	
	分布律/%	累积分布律/%	分布律/%	累积分布律/%	分布律/%	累积分布律/%
>1.000	0.1	0.1	3.2	3.2	3.1	3.1
1.000~0.500	3.6	3.7	12.4	15.6	4.5	7.6
0.500~0.294	1.5	5.2	11.5	27.1	4.9	12.5
0.294~0.152	1.7	6.9	9.7	36.8	5.4	17.9
0.152~0.074	15.6	22.5	17.4	54.2	7.6	25.5
0.074~0.037	39.3	61.8	19.1	73.3	8.4	33.9
0.037~0.019	18.6	77.4	7.6	80.9	42.2	76.1
0.019~0.010	9.1	86.5	8.6	89.5	23.1	99.2
<0.010	13.5	100.0	10.5	100.0	0.8	100.0

由表1~3可知,矿石中可利用的组分元素为铜和银,含量分别为1.94%和169.40 g/t。矿石中不能利用的元素主要以 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$ 和 $\text{K}_2\text{O}$ 等氧化物形式存在。铜矿物主要以自由氧化铜形式存在,原生硫化铜、次生硫化铜含量较低,其含量分别为75.26%、6.70%、4.64%,合计为86.60%。矿石中银以独立硫化银和自然银为主,占92.19%,氯化银、铁锰矿物中银及脉石中银仅占7.81%。

由表4和图1可知,铜矿物主要为孔雀石、辉铜矿、黄铜矿和蓝铜矿,它们嵌布粒度比较细而且部分被非金属矿包裹;矿石中存在独立的银矿物有自然银和辉银矿,其他含银的矿物为辉铜矿和黄铜矿。脉石矿物有方解石、石英、斜长石及黏土矿物等,部分斜长石黏土化蚀变。且该矿样含泥较高、氧化铜嵌布粒度比较细,综合化学成分特点,该矿石属难选氧化铜矿石。

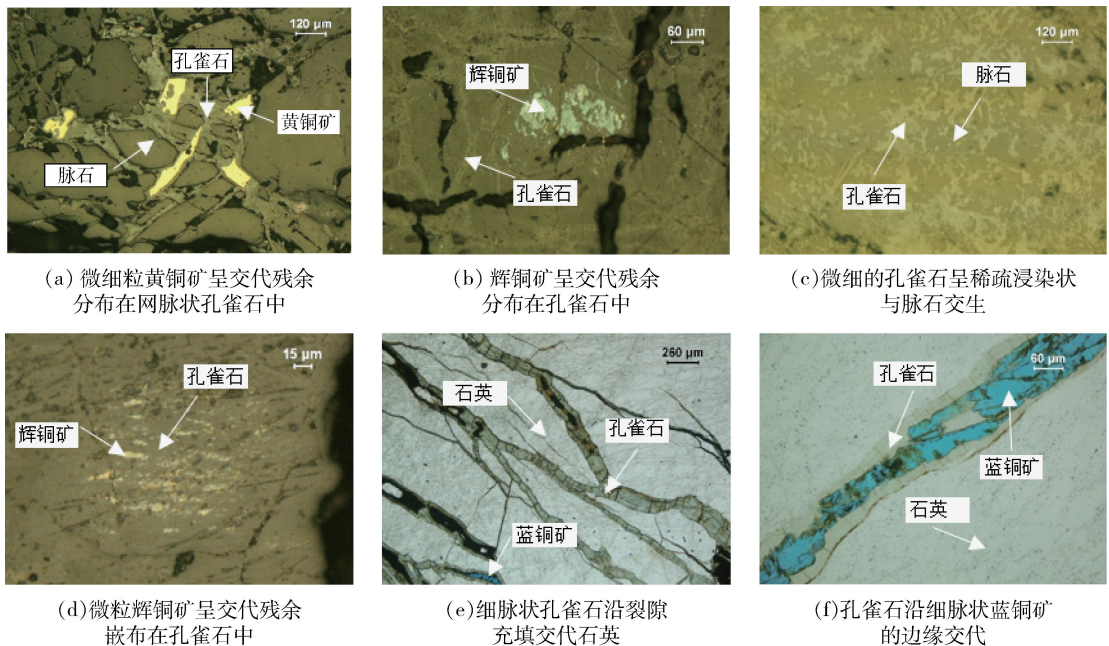


图1 偏光显微镜形貌分析

Fig. 1 Morphology analysis of polarizing microscope

## 1.2 试验设备与仪器

试验所用的设备与仪器主要为:XQM型球磨机( $\Phi 290\text{ mm} \times 240\text{ mm}$ )、XFD-63型浮选机(0.5 L、1 L、1.5 L)、MS- $\Phi 450\text{ mm}$ 矿浆分配器、粒度检查筛、DHG-9247A型干燥箱、YP1102型电子天平、给药器。

## 1.3 试验药剂

试验所用的主要药剂见表5。

表5 试验药剂表

Table 5 Reagents used in the experiment

药剂名称	纯度	生产厂家
水玻璃	工业纯	兰州水玻璃厂
石灰	工业纯	天津市大茂化学试剂厂
丁基黄药	工业纯	株洲选矿药剂厂
戊基黄药	工业纯	株洲选矿药剂厂
Y89黄药	工业纯	株洲选矿药剂厂
2#油	工业纯	株洲选矿药剂厂
丁铵黑药	工业纯	株洲选矿药剂厂
硫化钠	工业纯	甘肃张掖片碱厂

## 1.4 研究方法

通过多元素分析、化学物相分析、矿物嵌布粒度分析等手段对矿石性质进行分析,然后固定药剂制度,改变磨矿细度分别进行浮选试验,确定最佳磨矿细度;在此条件下,进行浮选工艺流程试验,确定采用硫氧混合浮选流程;为进一步制定最佳浮选药剂制度,进行了浮选条件试验,分别进行捕收剂组合方式试验、捕收剂用量试验、硫化钠用量试验、水玻璃用量试验及石灰用量试验。根据条件试验得到的药剂制度,进行开路试验和闭路试验,得到最终浮选指标,验证优化后的药剂制度能够提高浮选效率和指标。

## 2 试验结果及分析

### 2.1 磨矿细度试验

确定磨矿细度是使选别流程顺利选别出有用矿物的关键<sup>[7]</sup>。为了考察磨矿细度对浮选精矿品位和金属回收率的影响,对不同磨矿细度的原矿进行了混合浮选试验。磨矿后采用“一粗一扫”流程,相对

入选原矿量, 药剂制度为粗选加入水玻璃用量 500 g/t, 硫化钠用量 300 g/t, Z-200 用量 20 g/t, Y89 黄药用量 50 g/t, 戊基黄药用量 50 g/t, 丁铵黑药用量 50 g/t, 2<sup>#</sup>油用量 20 g/t; 扫选加入硫化钠用量 500 g/t, Z-200 用量 10 g/t, Y89 黄药用量 75 g/t, 戊基黄药用量 75 g/t, 丁铵黑药用量 50 g/t。改变磨矿细度, 根据所得试验结果, 确定最佳磨矿细度。试验结果见表 6。

表 6 磨矿细度试验结果

Table 6 The results of grinding fineness test

磨矿细度 (-0.074 mm)/%	产率/ %	品位		回收率	
		Cu/%	Ag/(g/t)	Cu/%	Ag/%
57.66	19.23	6.87	649.10	68.10	73.69
74.28	23.08	6.57	589.20	78.17	80.28
85.37	25.56	6.69	572.90	88.17	86.44
90.77	25.89	6.72	583.80	90.05	89.22
95.46	26.03	6.72	580.50	90.10	89.20

由表 6 可知, 随着磨矿细度的不断增加, 铜精矿品位变化幅度不大, 银含量略有降低, 但铜和银的回收率均呈提高趋势。磨矿细度达 -0.075 mm 占 90.77% 及更细, 铜和银的回收率增加幅度很小。所以, 选择磨矿细度为 -0.075 mm 占 90.77% 较为合适。

2.2 浮选工艺流程试验

根据对原矿工艺矿物学性质的研究分析可知, 由于原矿中铜矿物主要以氧化铜的形式存在, 硫化铜含量相对较少, 优先进行硫化铜矿浮选再进行氧化铜矿浮选, 浮选工艺复杂, 且浮选效率低。处理此类混合矿, 多采用混合浮选工艺。对此流程进行探索试验, 流程见图 2。

试验获得的选别指标为铜回收率 83.29%, 银回收率 83.83%, 尾矿铜回收率 10.49%, 尾矿银回收率 10.25%。浮选指标良好, 采用混合浮铜浮选流程作为药剂制度试验方案。

2.3 药剂制度试验

2.3.1 捕收剂组合方式试验

浮选铜矿的常用捕收剂为黄药和黑药。黑药类

捕收剂对银的捕收能力较强, 硫胺脂类捕收剂用量少、效果好。所以选择丁铵黑药和 Z-200 作为强化回收铜及伴生银的辅助捕收剂。为了浮选作业能够较好地回收铜和银, 寻找到合适的组合捕收剂, 可以最大限度地满足选矿工艺的要求, 能够充分发挥药剂之间的协同效应, 所以进行了丁基黄药、戊基黄药、Y89 黄药与丁铵黑药和 Z-200 组合使用的探索试验。

在水玻璃用量 500 g/t、硫化钠用量 300 g/t、石灰用量 500 g/t、2<sup>#</sup>油用量 20 g/t 的条件下, 改变捕收剂组合方式, 进行了捕收剂组合方式试验, 试验结果见表 7。

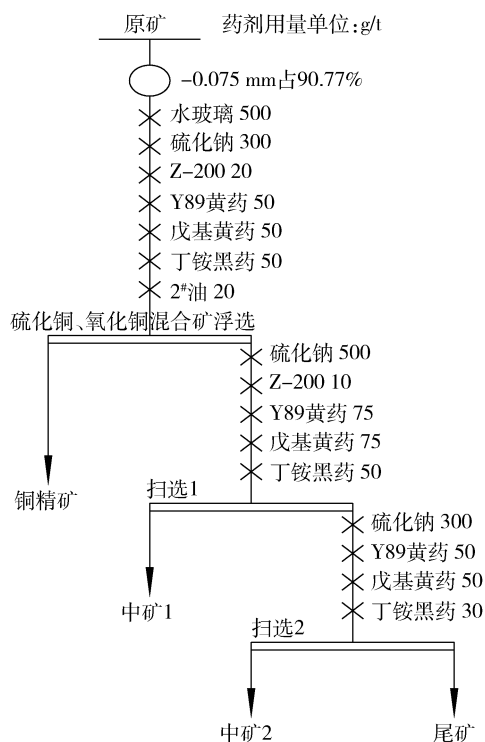


图 2 混合浮选工艺流程图

Fig. 2 Flowsheet of copper sulfide and copper oxide mixed flotation

表 7 捕收剂种类对 Cu 精矿和 Ag 精矿选别指标的影响

Table 7 The effect of the kinds of collector on the selection index of copper concentrate and silver concentrate

药剂种类	药剂用量/(g/t)	品位		回收率	
		Cu/%	Ag/(g/t)	Cu/%	Ag/%
丁基黄药+丁铵黑药+Z-200	200+80+20	6.89	607.60	82.57	83.39
戊基黄药+丁铵黑药+Z-200	200+80+20	6.91	610.70	82.92	83.95
Y89 黄药+丁铵黑药+Z-200	200+80+20	6.96	611.69	83.46	84.23
丁基黄药+戊基黄药+丁铵黑药+Z-200	100+100+80+20	7.03	616.10	84.73	85.07
戊基黄药+Y89 黄药+丁铵黑药+Z-200	100+100+80+20	7.05	613.00	86.30	85.98



由表 7 可知,捕收剂组合方式对 Cu 和 Ag 的指标影响较大。固定辅助捕收剂为丁铵黑药和 Z-200 的情况下, Y89 黄药、戊基黄药与丁基黄药相比, Y89 黄药和戊基黄药对 Cu 和 Ag 的品位和回收率影响较大,浮选效果优于丁基黄药。戊基黄药、Y89 黄药、丁铵黑药、Z-200 组合使用时的浮选效果明显优于其他两种捕收剂组合的浮选效果。

经过探索试验,选定捕收剂为 Y89 黄药、戊基黄药、丁铵黑药和 Z-200,调整剂为硫化钠、水玻璃、石灰,起泡剂为 2<sup>#</sup>油。

### 2.3.2 捕收剂用量试验

在水玻璃用量 500 g/t、硫化钠用量 300 g/t、石灰用量 500 g/t、2<sup>#</sup>油用量 20 g/t 的条件下,改变组合捕收剂用量,进行了捕收剂用量试验,捕收剂为 Y89 黄药、戊基黄药、丁铵黑药、Z-200 组合药剂,图中横坐标为四种药剂组合用量,试验结果见表 8。

表 8 捕收剂用量对 Cu 精矿和 Ag 精矿选别指标的影响  
Table 8 The effect of collector dosage on the selection index of copper concentrate and silver concentrate

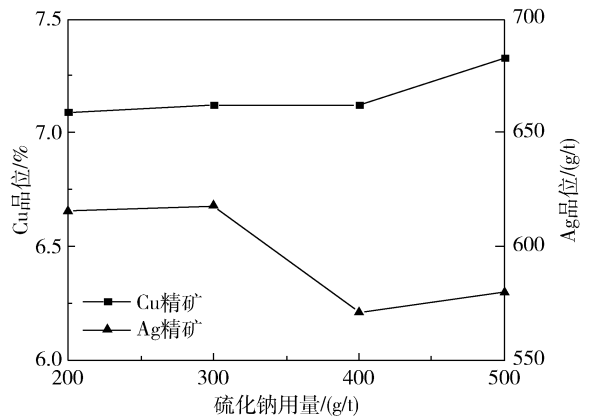
Y89 黄药+戊基黄药+ 丁铵黑药+Z-200 用量/ (g/t)	品位		回收率	
	Cu/%	Ag/(g/t)	Cu/%	Ag/%
75+75+70+15	7.15	621.40	83.94	83.53
100+100+80+20	7.05	613.00	86.30	85.98
125+125+90+25	6.69	584.20	85.83	85.84

由表 8 可知,捕收剂用量对 Cu 和 Ag 的指标影响较大。随着捕收剂药剂用量的改变,Cu 品位和 Ag 品位总体呈下降趋势,Z-200 捕收剂对 Cu 和 Ag 的回收率影响较大。综合考虑,选择 Y89 黄药、戊基黄药、丁铵黑药、Z-200 的用量分别为 100 g/t、100 g/t、80 g/t、20 g/t 较为合适。

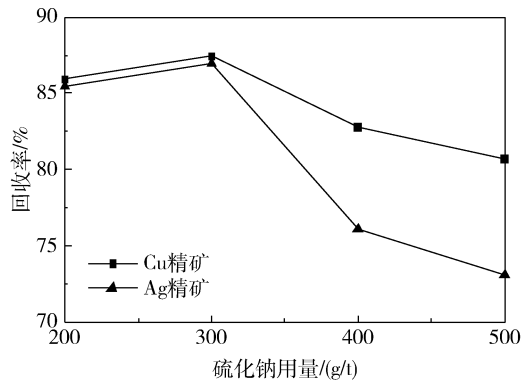
### 2.3.3 硫化钠用量试验

在 Y89 黄药、戊基黄药、丁铵黑药、Z-200 的用量分别为 100 g/t、100 g/t、80 g/t、20 g/t、水玻璃用量 500 g/t、石灰用量 500 g/t、2<sup>#</sup>油用量 20 g/t 的条件下,改变硫化钠用量,进行硫化钠用量试验,结果见图 3。

由图 3 可知,硫化钠用量对 Cu 品位和 Ag 品位及 Cu 和 Ag 的回收率影响显著。随着硫化钠用量的增加,Cu 品位变化不大,但 Ag 品位略有下降,Cu 和 Ag 的回收率均呈先上升后下降趋势,可见小剂量硫化钠活化氧化铜对提高 Cu 和 Ag 的回收率作用明显,但大剂量硫化钠对伴生银有抑制作用。综合考虑,选择硫化钠的用量为 300 g/t 较为合适。



(a) 硫化钠用量与精矿中Cu和Ag品位关系



(b) 硫化钠用量与精矿中Cu和Ag回收率关系

图 3 硫化钠用量对 Cu 精矿和 Ag 精矿选别指标的影响  
Fig. 3 The effect of sodium sulfide dosage on the selection index of copper concentrate and silver concentrate

### 2.3.4 水玻璃用量试验

在 Y89 黄药、戊基黄药、丁铵黑药、Z-200 的用量分别为 100 g/t、100 g/t、80 g/t、20 g/t、硫化钠用量 300 g/t、石灰用量 500 g/t、2<sup>#</sup>油用量 20 g/t 的条件下,改变水玻璃用量,进行水玻璃用量试验,结果见图 4。

由图 4 可知,水玻璃用量对 Cu 和 Ag 品位及 Cu 和 Ag 的回收率影响明显。随着水玻璃用量的增加,Cu 和 Ag 品位均有所上升,但 Cu 回收率呈先上升后下降趋势,Ag 回收率略有上升后趋于平稳。综合考虑,选择水玻璃的用量为 500 g/t 较为合适。

### 2.3.5 石灰用量试验

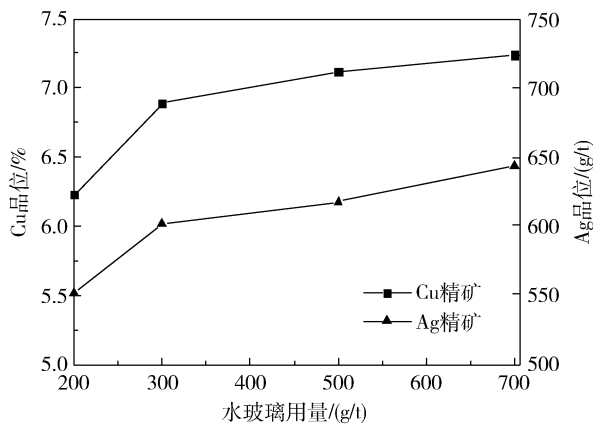
在 Y89 黄药、戊基黄药、丁铵黑药、Z-200 的用量分别为 100 g/t、100 g/t、80 g/t、20 g/t、硫化钠用量 300 g/t、水玻璃用量 500 g/t、2<sup>#</sup>油用量 20 g/t 的条件下,改变石灰用量,进行石灰用量试验,结果见图 5。

由图 5 可知,石灰作为 pH 值调整剂,用量对 Cu 和 Ag 品位影响明显。随着石灰用量的增加,Cu

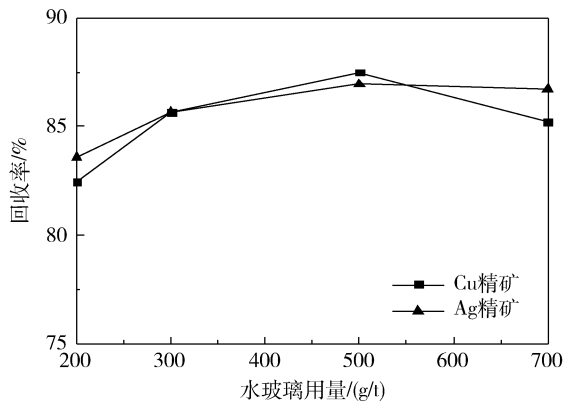
和 Ag 品位也有所提高,但 Cu 和 Ag 的回收率均为先上升后缓慢下降趋势。综合考虑,选择石灰的用量为 500 g/t 较为合适。

## 2.4 闭路试验结果

为了验证工艺的合理性,确保铜和银的回收效果,进行闭路流程试验,流程采用一次磨矿、一次粗选、三次精选、三次扫选工艺,药剂制度与试验流程见图 6,试验结果见表 9。



(a) 水玻璃用量与精矿中Cu和Ag品位关系



(b) 水玻璃用量与精矿中Cu和Ag回收率关系

图 4 水玻璃用量对 Cu 精矿和 Ag 精矿选别指标的影响

Fig. 4 The effect of water glass dosage on the selection index of copper concentrate and silver concentrate

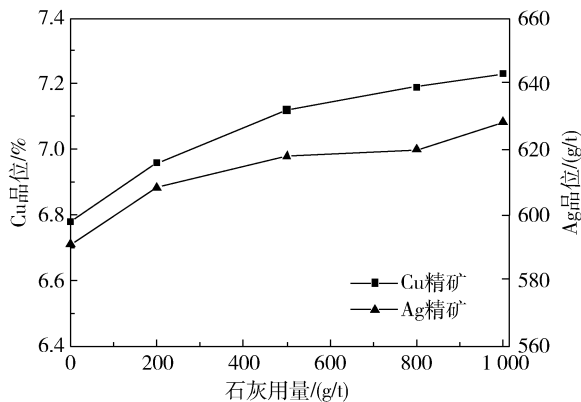
表 9 闭路试验结果

Table 9 Results of closed-circuit test

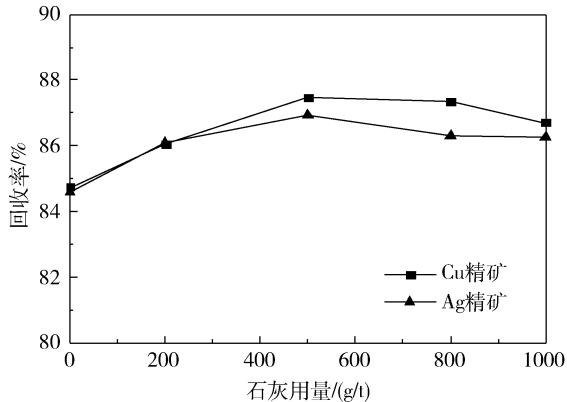
产品名称	产率/%	品位		回收率	
		Cu/%	Ag/(g/t)	Cu/%	Ag/%
铜精矿	6.45	26.89	2 320.30	89.39	88.35
尾矿	93.55	0.22	21.10	10.61	11.65
原矿	100.00	1.94	169.40	100.00	100.00

从表 9 可知,采用简单混合浮选工艺,以石灰和水玻璃为调整剂,以硫化钠为硫化剂,以 Y89 黄药、戊基黄药、丁铵黑药、Z-200 为捕收剂,所得到的铜精矿铜品位为 26.89%,铜回收率为 89.39%;铜精

矿中银品位为 2 320.30 g/t,银回收率为 88.35%。原矿中铜及伴生银等有价元素均能取得较好的选矿回收效果。



(a) 石灰用量与精矿中Cu和Ag品位关系



(b) 石灰用量与精矿中Cu和Ag回收率关系

图 5 石灰用量对 Cu 精矿和 Ag 精矿选别指标的影响

Fig. 5 The effect of lime dosage on the selection index of copper concentrate and silver concentrate

## 3 结论

1) 该铜银多金属矿主要可利用矿物为铜和银,铜品位为 1.94%,银品位为 169.40 g/t;铜矿物主要以氧化铜形式存在,占 75.26%,硫化铜仅占 11.34%。

2) 在磨矿细度 $-0.075$  mm 占 90.77%时,以石灰和水玻璃为调整剂,以硫化钠为硫化剂,以 Y89 黄药、戊基黄药、丁铵黑药、Z-200 为捕收剂。采用氧化铜、硫化铜混合浮选工艺流程,进行“一粗三精三扫”闭路浮选试验,获得的铜精矿中铜品位为 26.89%,铜回收率为 89.39%;银品位为 2 320.30 g/t,银回收率为 88.35%。

3) 试验表明混合浮选工艺分选混合类型铜矿石工艺简单,可从低品位矿石中获得合格铜精矿,伴生银也得到有效回收。

4) 该矿样中铜矿物和黏土矿物是银的主要载体矿物,但在适当细磨的条件下,合理用药,可取得合格的铜精矿(富含银)产品。但闭路流程试验的尾

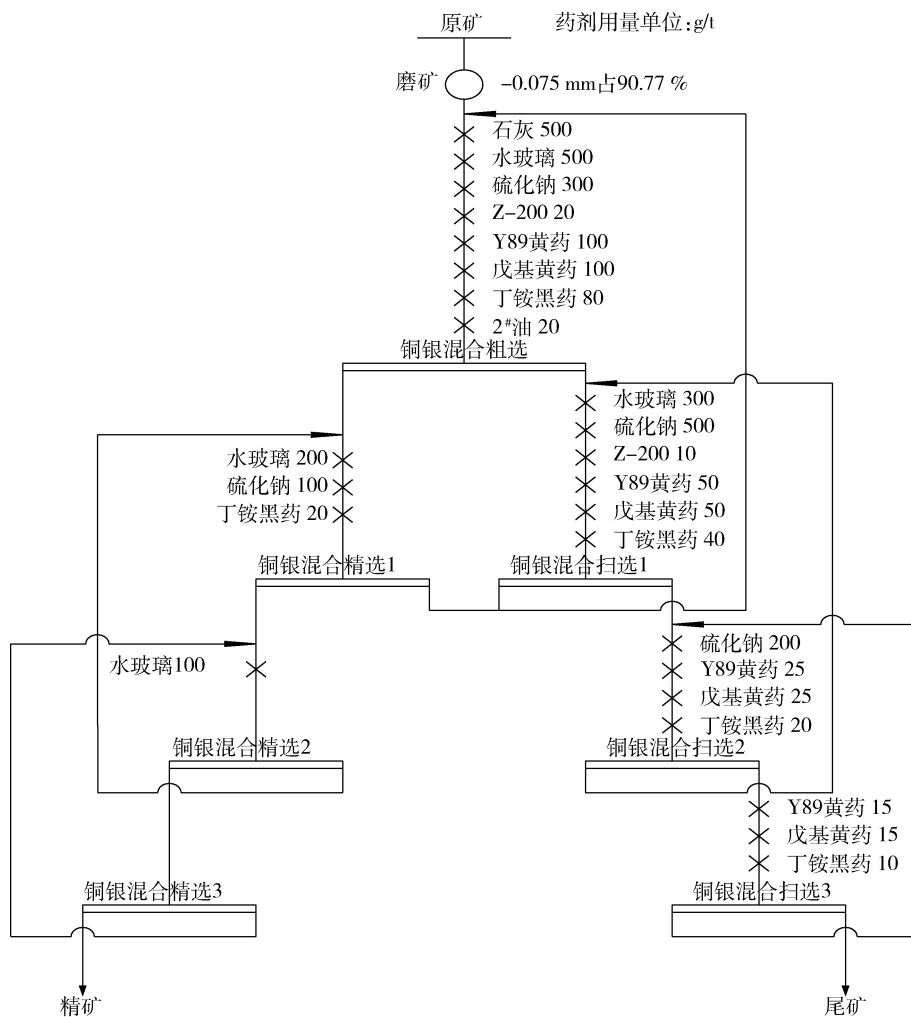


图 6 闭路试验工艺流程图  
Fig. 6 Flowsheet of closed-circuit test

矿中银品位为 21.10 g/t,需采用选冶联合的方式进行后续试验研究。

参考文献

[ 1 ] 罗仙平,王鹏程,曹志明.西藏玉龙铜矿硫化铜矿石选矿试验研究[J].有色金属工程,2016,6(6):58-61.  
LUO Xianping, WANG Pengcheng, CAO Zhiming. Experiment study on the beneficiation of sulfide copper ore from Yulong mine in Tibet[J]. Nonferrous Metals Engineering, 2016, 6(6): 58-61.

[ 2 ] 曹扬,刘三军,岳琦,等.东川某铜锌多金属矿石浮选试验[J].金属矿山,2017(1):77-81.  
CAO Yang, LIU Sanjun, YUE Qi, et al. Study on the flotation of a copper-zinc poly-metallic ore in Dongchuan [J]. Metal Mine, 2017(1): 77-81.

[ 3 ] 陈经华,孙志健,叶岳华.同步浮选和异步浮选在氧化铜矿选中的应用研究[J].有色金属:选矿部分,2013(S1):67-69.  
CHEN Jinghua, SUN Zhijian, YE Yuehua. Application of synchronous flotation and asynchronous flotation in copper oxide ore dressing [J]. Nonferrous Metals: Mineral Processing Section, 2013(S1): 67-69.

[ 4 ] 丁淑芳,牛艳萍,张鸿波,等.某含金、银氧化铜矿选矿试验研究[J].资源开发与市场,2014,30(8):899-901.  
DING Shufang, NIU Yanping, ZHANG Hongbo, et al. Experimental study on mineral processing of the oxide copper ore with gold and silver [J]. Resource Development and Market, 2014, 30(8): 899-901.

[ 5 ] 章国权.智利北部某极难选氧化铜尾矿回收工艺研究[J].现代矿业,2018,34(5):60-63,68.  
ZHANG Guoquan. Study on recovery technology of a very difficult copper oxide tailings in northern Chile [J]. Modern Mining, 2018, 34(5): 60-63, 68.

[ 6 ] 王伟福.提高宋家坡铜矿银回收率选矿试验研究[J].有色金属:选矿部分,2015(4):21-23,28.  
WANG Weifu. Experimental study on improving the silver recovery rate of Songjiapo copper mine [J]. Nonferrous Metals: Mineral Processing Section, 2015(4): 21-23, 28.

[ 7 ] 肖庆飞,沈传刚,康怀斌.优化大山选矿厂磨矿粒度组成提高铜浮选指标[J].有色金属:选矿部分,2016(4):21-23,32.  
XIAO Qingfei, SHEN Chuangang, KANG Huaibin. Improving flotation indicator of copper by enhancing size composition of Dashan ore-dressing plant [J]. Nonferrous Metals: Mineral Processing Section, 2016(4): 21-23, 32.