

湖南某铜矿可选性试验研究

何云广

(广西地质矿产测试研究中心, 广西 南宁 530023)

摘要:本文以湖南某铜矿为研究对象, 针对该矿矿石性质, 采用单一浮选的工艺流程选别该矿石。在条件试验的基础上进行了小型闭路试验, 获得了铜品位为 26.15% 的合格铜精矿, 铜的回收率为 99.75%, 铜精矿含银 89.68 g/t, 达到综合回收的目的, 获得了比较好的选矿指标。

关键词:铜矿; 浮选; 磨矿细度; 正交试验

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2016.03.006

中图分类号: TD952 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532(2016)03-0022-04

自然界中铜分为自然铜、氧化铜和硫化铜, 自然铜及氧化铜的储量相对较少, 大部分的铜都提取于硫化铜中^[1]。本试验研究的目的是根据湖南某矿石性质, 确定合理的选矿工艺流程, 为该矿技术经济评价及矿山开发利用提供初步依据^[2]。

1 矿石性质

1.1 原矿化学分析

原矿化学多元素分析结果见表 1。

表 1 原矿化学多元素分析结果/%

Table 1 Multi-element analysis results of the raw ore

Cu	Pb	Zn	S	As	Au*	Ag*
1.17	0.042	0.33	1.32	0.002	0.02	12.7

* 单位为 g/t。

由表 1 可见, 该原矿中铜品位为 1.17%, 已达到工业利用的品位要求, 为主要回收元素; 锌品位为 0.33%, 银品位为 12.7 g/t, 锌、银达到综合利用品位要求; 其他元素含量均未达到综合利用标准, 锌、银可以在铜精矿中得以富集, 达到综合回收的目的。

1.2 原矿矿物组成

矿石中金属矿物主要为黄铜矿, 其次有斑铜矿、辉铜矿、黄铁矿、蓝辉铜矿、闪锌矿、磁铁矿、方铅矿、钛铁矿。非金属矿物主要有石英、绢云母、绿泥石、方解石, 其次为白云母、水黑云母、长石、电气石、锆石, 微量为金红石、白钛石、石墨。

1.3 矿石中有益元素的赋存状态

铜为矿石中主要的回收金属, 铜主要以黄铜矿

形式存在, 微量赋存于辉铜矿、斑铜矿、蓝辉铜矿、硅孔雀石中。矿石中的黄铜矿呈大小不一的他形粒状, 粒间镶嵌或聚成斑点状、斑团状分布在热液石英粒间和绿泥石鳞片间, 或聚集成微脉穿插在砂岩、板岩中, 还有部分或星散或稀疏浸染分布石英、绢云母、绿泥石等矿物粒间。根据黄铜矿的嵌布情况, 矿石可分为斑点及斑团状矿石、脉状矿石、浸染状矿石三种类型。辉铜矿呈细小他形粒状, 部分与黄铜矿相互嵌布, 部分星散嵌布在石英粒间。斑铜矿呈细微他形粒状, 或与黄铜矿、辉铜矿相互嵌布, 或星散分布在石英、绢云母、绿泥石粒间。

1.4 原矿粒度分析

原矿粒度, 分析结果见表 2。

表 2 原矿筛分分析结果

Table 2 Sieve analysis results of the raw ore

级别/mm	产率/%	铜品位/%	金属分布率/%
+0.5	40.51	0.64	22.53
-0.5+0.3	20.15	1.07	18.74
-0.3+0.15	14.53	1.85	23.35
-0.15+0.074	5.83	2.21	11.20
-0.074+0.045	3.94	2.10	7.19
-0.045	15.04	1.30	16.99
合计	100.00	1.15	100.00

表 2, 铜在粗粒级 (+0.5 mm) 品位相对较低, 小于 1.0%, 其他粒级均大于 1.0%; 粗粒级 (+0.074 mm) 金属分布率较高, 占 75.82%, 说明金属矿物主要分布在较粗粒级, 在进行药剂选择和工艺流程设计时宜重点考虑铜矿物的单体解离度。

2 试验研究

工艺矿物学研究表明,该矿石为硫化铜矿石,根据硫化铜可浮性好的特点,确定采用浮选工艺流程进行试验研究^[3]。

2.1 调整剂试验

使用调整剂是为了改善矿物表面和矿浆的状况,最大限度地提高浮选过程的选择性和选矿的指标^[5]。矿石中目的矿物黄铜矿、辉铜矿等硫化矿为易浮选矿物,但也含有黄铁矿等硫化矿,影响铜的回收。在磨矿细度为-0.074 mm 63.28%、水玻璃 1000 g/t、乙黄药+丁胺黑药=(50+20) g/t、2[#]油 60 g/t 的条件下,选择碳酸钠和石灰两种调整剂进行对比试验,试验流程见图 1,试验结果见表 3。

由调整剂试验可知,石灰作为调整剂的选矿效果比较好,石灰能更好的抑制黄铁矿,精矿品位较高,且石灰易得、价廉。因此,调整剂选用石灰。

表 3 调整剂试验结果

Table 3 The test results of regulator

调整剂	产品名称	产率/%	铜品位/%	回收率/%
碳酸钠	粗精矿	5.29	18.20	91.04
	尾矿	94.71	0.10	8.96
	合计	100.00	1.06	100.00
石灰	粗精矿	5.00	21.53	91.15
	尾矿	95.00	0.11	8.85
	合计	100.00	1.18	100.00

2.2 捕收剂试验

硫化矿捕收剂的特点是分子内部含有硫原子,对硫化矿物有捕收作用,而对脉石矿物没有捕收作用。所以,用这类捕收剂浮选硫化矿石,易将石英和方解石等脉石分离除去^[4]。目前,硫化铜矿物浮选的捕收剂种类很多,为了确定适合本铜矿的捕收剂,选择了黄药类、硫氮类、硫胺酯类进行对比试验。经试验,黄药类分选效果比较好,而乙黄药和丁胺黑药混合使用捕收效果更好,因此,选用乙黄药和丁胺黑药混合使用作为该铜矿物的捕收剂。

2.3 正交试验

经试验,选用石灰作为矿浆的 pH 调整剂,用乙黄药和丁胺黑药混合作为捕收剂。为了考察石灰、水玻璃、乙黄药和丁胺黑药、磨矿细度四因素相互效应及各因素数值,采用四因素三水平进行正交试验,即采用[L9(4³)]正交表,可以满足试验要求^[3]。根据浮选因素确定了表 4 的四因素三水平。试验流程

见图 1 所示,试验结果见表 5。

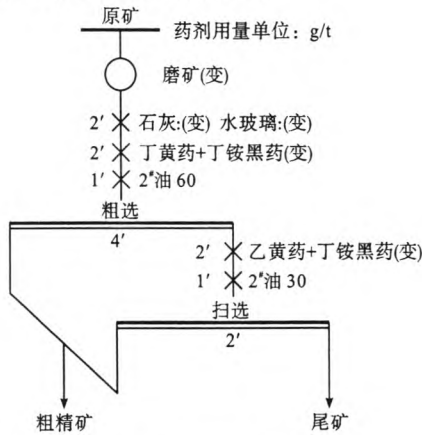


图 1 调整剂试验流程

Fig. 1 Test process of regulator

表 4 四因素三水平正交试验试验表

Table 4 [L9(4³)] orthogonal test condition

水平	-0.074 mm 含量 A/%	石灰 B/(g · t ⁻¹)	水玻璃 C/(g · t ⁻¹)	乙黄药+丁胺 黑药 D/(g · t ⁻¹)
1	55.38	1500	1500	70+40
2	63.28	1000	1000	50+30
3	72.56	500	500	30+20

表 5 四因素三水平正交试验结果

Table 5 [L9(4³)] orthogonal test results

试号	A	B	C	D	试验结果		
					铜品 位/%	回收 率/%	E
①	1	1	3	2	21.78	91.92	1.48
②	2	1	1	1	21.47	89.60	1.46
③	3	1	2	3	20.93	90.42	1.51
④	1	2	2	1	21.14	91.59	1.52
⑤	2	2	3	3	19.75	91.93	1.64
⑥	3	2	1	2	21.89	89.61	1.43
⑦	1	3	1	3	20.75	91.53	1.55
⑧	2	3	2	2	20.68	90.16	1.53
⑨	3	3	3	1	21.48	90.75	1.37
E _I	4.55	4.46	4.44	4.35	A ₂ →D ₃ →B ₂ →C ₂		
E _{II}	4.63	4.59	4.56	4.44			
E _{III}	4.32	4.45	4.49	4.70			
r=E _{max} -E _{min}	0.31	0.13	0.05	0.26			

根据正交试验结果,以综合选矿效率 E 为依据,与铜粗精矿品位及回收率相结合,对各因素分析如下:

A→磨矿细度:从选矿效率 E 来看,A₂水平时目的矿物基本单体解离,A₂水平选矿效率最好,即磨矿细度为-0.074 63.28%时,分选较高较好,故磨矿

细度采用 A_2 水平较好,即磨矿细度 -0.074 mm 63.28%。

B→石灰:从选矿效率 E 来看, B_2 水平选矿效率最好,即石灰用量在 1000 g/t 时,浮选效果较好,故石灰用量 B_2 水平较好,即石灰用量为 1000 g/t 。

C→水玻璃:从选矿效率 E 来看, C_2 水平选矿效率最好,即水玻璃用量在 1000 g/t 时,回收率和选矿效率较好,故水玻璃用量选用 C_2 水平较好,即水玻璃用量取 1000 g/t 。

D→乙黄药+丁铵黑药:从选矿效率 E 及回收率综合分析,粗选捕收剂用量为 D_3 水平比较好,即乙黄药+丁铵黑药用量为 $(30+20)\text{ g/t}$,扫选为 $(20+10)\text{ g/t}$ 。

经正交试验获得最佳浮选条件为: $A_2 \rightarrow D_3 \rightarrow B_2 \rightarrow C_2$,即磨矿细度 -0.074 mm 63.28%、石灰用量 1000 g/t 、水玻璃用量为 1000 g/t 、乙黄药+丁铵黑药用量为 $(30+20)\text{ g/t}$ 。

2.4 验证调优试验

为验证正交试验中较佳条件的可靠性,对正交试验所得的最佳浮选条件结果进行验证及调优试验,试验流程见图 1,验证、调优因素及试验结果见表 6。

表 6 验证调优试验结果

Table 6 Results of the verifying tuning test								
-0.074 mm 含量/%	石灰/ ($\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$)	水玻 璃/ ($\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$)	乙黄药+ 丁铵黑药 ($\text{g} \cdot \text{t}^{-1}$)	分选指标 /%			产率	铜品位
				粗选	精选	回收率		
				4.73	20.84	92.16		
55.38	1000	500	30+20	95.27	0.09	7.84		
				100.00	1.07	100.00		
				5.11	21.29	93.10		
63.28	1000		30+20	94.89	0.08	6.90		
				100.00	1.17	100.00		
				4.86	21.63	94.29		
63.28	1000	500	20+20	95.14	0.07	5.71		
				100.00	1.12	100.00		
				4.96	21.87	93.06		
63.28	1000	500	30+20	95.04	0.08	6.94		
				100.00	1.16	100.00		

从验证调优试验可知,正交试验获得浮选粗选的较佳条件是可靠的,且重复性好。经调优试验,较佳的选矿参数为:磨矿细度为 -0.074 mm 63.28%、石灰 1000 g/t 、水玻璃 1000 g/t 、乙黄药+丁铵黑药 = $(20+20)\text{ g/t}$ 、 $2^\#$ 油 60 g/t 。

2.5 开路试验

在较佳条件试验的基础上进行了开路试验,试验流程及条件见图 2,试验结果见表 7。

表 7 开路试验结果

Table 7 Open-circuit test results			
产品名称	产率/%	铜品位/%	回收率/%
精矿	4.18	24.22	90.78
中矿	1.46	1.16	1.52
尾矿	94.36	0.09	7.71
合计	100.00	1.11	100.00

由开路试验结果可知,精选一次后,开路获得含铜 24.22%,回收率 90.78% 的铜精矿,铜含量达到铜精矿的质量要求。

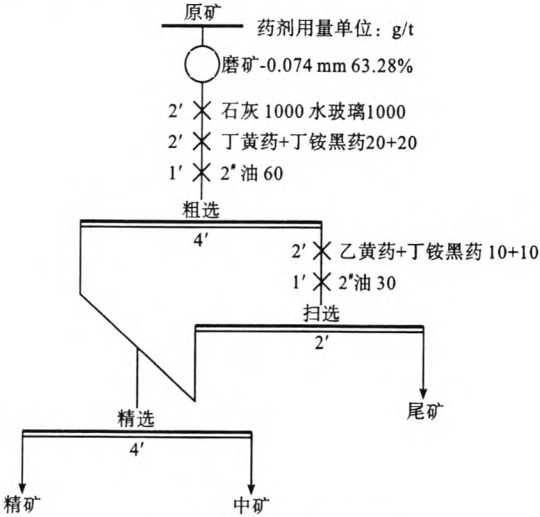


图 2 开路试验流程

Fig. 2 Open-circuit test flowsheet

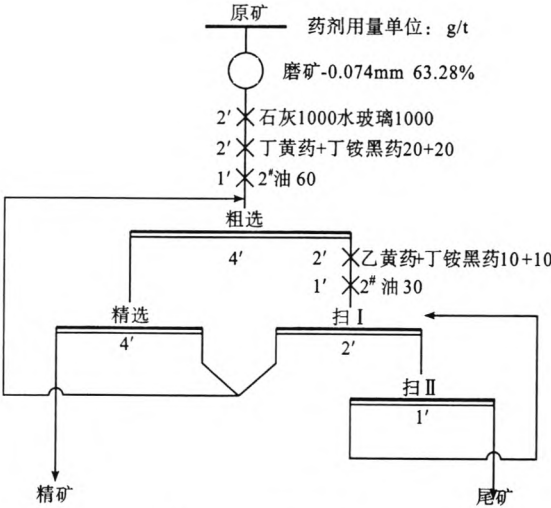


图 3 闭路试验流程

Fig. 3 closed-circuit test flowsheet

2.6 闭路流程试验

在开路试验基础上进行了闭路试验,因闭路中矿返回,浮选环境发生改变,对综合指标有所影响,因此在开路流程的基础上增加一次扫选作业。中矿顺序返回上一作业。试验流程及药剂用量见图3。试验结果见表8。铜精矿多元素分析见表9。

由表8可知,采用浮选的方法,能对该原矿中铜组分进行回收,最终闭路试验获得了产率为3.96%、铜品位为26.15%、回收率为90.75%的铜精矿,铜精矿产品达到了YS/T318-2007质量要求^[6]。

表8 闭路试验结果

Table 8 Results of closed-circuit test

产品名称	产率/%	铜品位/%	回收率/%
精矿	3.96	26.15	90.75
尾矿	96.04	0.11	9.25
合计	100.00	1.14	100.00

表9 铜精矿多元素分析结果/%

Table 9 Multi-element analysis results
of copper concentrate

Cu	Pb	Zn	Mg	As	S	Ag*	Au*
26.15	0.55	0.65	0.47	0.015	28.84	86.80	0.05

* 单位为 g/t。

3 结 语

(1)该铜矿石主要的金属矿物有黄铜矿、斑铜

矿、辉铜矿、黄铁矿,主要的脉石矿物有石英、绢云母、绿泥石。

(2)根据该铜矿的性质,通过正交试验考查石灰、水玻璃、乙黄药和丁铵黑药、磨矿细度四因素之间的相互效应,通过验证调优试验确定浮选较佳参数,最后通过小型闭路试验,获得了含铜品26.15%、回收率为90.75%的铜精矿。为该铜矿的开发利用提供一定的科学依据。

(3)在实际生产时,宜重点考虑铜矿物的单体解离度,建议实际生产采用“一粗二精三扫”的浮选工艺流程,来确保铜精矿品位和铜回收率的实际生产指标。

参考文献:

[1]蒋开喜,李岚. 浅谈中国铜工业现状与西部铜资源开发技术[J]. 矿冶,2002(增刊):23-27.
[2]丁力,刘亮,黄军,等. 江西某铜矿选矿工艺试验研究[J]. 矿产综合利用,2013(10):5.
[3]许时. 矿石可选性研究[M]. 北京:冶金工业出版社,1995.
[4]朱玉霜,朱建光. 浮选药剂的化学原理[M]. 合肥:中国工业大学出版社,1996.
[5]龚明光. 泡沫浮选[M]. 北京:冶金工业出版社,2008.
[6]邵厥年,陶维屏. 矿产资源工业要求手册[M]. 北京:地质出版社,2014.

Experimental Research on Beneficiation for a Copper Ore in Hunan

He Yunguang

(Guangxi Geological Mineral Test Research Center, Nanning, Guangxi, China)

Abstract: A copper ore in Hunan province was taken as the research object. In view of the ore properties, the single flotation process was adopted. On the basis of the condition test, the small closed-circuit experiment was conducted, obtaining the qualified copper concentrate with the copper grade of 26.15% and the copper recovery of 90.75% and containing 89.68 g/t of silver, achieving the goal of comprehensive recovery. Good beneficiation indexes were obtained.

Keywords: Copper ore; Flotation; Grinding fineness; Orthogonal test