

国外某氧化铜矿选矿工艺研究

魏党生, 韦华祖, 叶从新, 罗新明

(湖南有色金属研究院, 湖南 长沙 410015)

摘要:文章从试样的工艺矿物学研究出发,在查明试样化学成分、矿物组成、粒度特性、赋存状态和嵌镶关系的基础上,依试样性质,通过探索性试验确定试验方案与工艺流程,并进行了大量的条件试验,以确定最佳的工艺参数。尔后开展了全流程闭路试验,取得了良好的分选指标,为合理利用有限的矿产资源,提供了可靠的设计依据。

关键词:有色金属;氧化铜矿;工艺研究;浮选工艺

中图分类号: TD913 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-5540(2008)05-0008-05

随着全球经济一体化的高速发展,世界对有色金属的需求与日俱增,从而刺激了矿业界相关产业的攀升,大幅度提升了金属矿选矿技术。受矿方委托,湖南有色金属研究院就国外某氧化铜矿展开选矿工艺研究,其目的是为选矿厂提供设计依据。选矿工艺研究拟定在对试样开展矿石工艺矿物学研究的基础上,进行选矿工艺流程试验。

1 试验工艺矿物学研究

1.1 试样多元素分析

试样多元素分析结果列于表1。

表1 试样多元素分析结果 %

元素	Cu	Pb	Zn	S	As	SiO ₂	CaO
含量	2.29	0.059	0.06	1.53	0.059	22.06	0.14
元素	TFe	Sb	WO ₃	Ag	Au	MgO	Al ₂ O ₃
含量	37.76	0.01	0.021	7.80	<0.1	1.74	1.92

注: Au、Ag 单位为 g/t。

表3 试样主要矿物组成及相对含量 %

矿物	黄铁矿	方铅矿	闪锌矿	毒砂	黄铜矿	斑铜矿	孔雀石	硅孔雀石	褐铁矿	赤铁矿
含量	1.5	0.07	0.09	0.13	2	0.8	0.67	0.54	3.2	15
矿物	菱铁矿	磁铁矿	硬锰矿	重晶石	石英	白云石	绢云母	长石	其他	
含量	15	0.4	1	0.3	22	0.3	6.2	1	1	

可达 5 mm 以上,部分细粒者不足 0.005 mm。一般在 0.05~0.5 mm 之间。

2. 铜的氧化矿物。铜的氧化矿物主要是孔雀石

从表1的分析结果可知,试样有价成分主要为 SiO₂、Fe 以及 Cu、S、Al₂O₃、MgO 等;有价成分主要为 Cu、Pb、Zn、As、Au、Ag 等含量均较低。

1.2 试样物相分析与主要矿物组成

试样铜物相分析结果列于表2,主要矿物组成列于表3。

表2 试样铜的物相分析结果 %

名称	铜物相					合计
	原生硫化铜	次生硫化铜	硅孔雀石	自由氧化铜	结合氧化铜	
含量	0.67	0.53	0.26	0.34	0.49	2.29
占有率	29.26	23.14	11.35	14.85	21.40	100.00

1.3 主要矿物特征

1. 硫化铜矿物。硫化铜矿物以黄铜矿为主,占绝大多数,其次为铜蓝、斑铜矿,微量辉铜矿、黝铜矿。黄铜矿主要呈它形粒状,多嵌布于石英粒间,也嵌生于黄铁矿粒间,并交代黄铁矿。黄铜矿粗粒者

和蓝铜矿、硅孔雀石,以孔雀石为主。孔雀石常见呈针柱状、毛发状,集合体呈放射状存在于矿石孔隙中,或呈它形粒状集合体充填于石英粒间,或赤铁矿、褐铁矿中。粗粒者可达 2 mm,细粒者在 0.05 mm 以下,多在 0.01~0.03 mm 之间。

作者简介:魏党生(1968-),男,高级工程师,主要从事有色金属选矿工艺研究工作。

3. 黄铁矿。黄铁矿主要呈他形晶粒状结构,偶见部分呈半自形晶粒状,黄铁矿多嵌布于石英粒间,细粒黄铁矿常见包裹于黄铜矿中。嵌布粒度不均匀,粗粒者可达 5 mm 或以上,细粒者不足 0.005 mm,一般 0.03~0.2 mm 之间。

1.4 小 结

1. 试样中结合氧化铜的含量高达 21.40%,这部分 Cu 完全不能通过浮选方法予以回收,湿法酸浸的方法亦难以奏效。

2. 硅孔雀石中的 Cu 含量达 11.35%,从可浮性而言,这部分 Cu 难以通过浮选方法回收,而硅孔雀石不溶于冷酸,所以难以通过湿法浸出回收这部分 Cu。

3. 少部分黄铜矿嵌布粒度在 0.02 mm 以下,且被褐铁矿、赤铁矿包裹,或嵌于石英的集合体中,这部分黄铜矿不利于浮选回收。综上所述试样属难选氧化铜矿。

2 选矿试验研究

试验方案的制定主要取决试样的矿石性质,其中包括目的矿物与非目的矿物之间的嵌镶关系、赋存状态、粒度分布等特征以及目的矿物的氧化程度。针对试样的矿石性质,展开了探索性试验拟确定试验方案。探索性试验主要进行了“先硫后氧”的浮选试验和“浮选+化学选矿”的试验。在此基础上参考众多选矿工作者的研究成果,结合多年从事选矿工艺研究的经验,对该试样宜采用“先硫后氧”的优先浮选并在氧化铜浮选前预先淘洗脱泥试验方案,原则流程如图 1 所示。

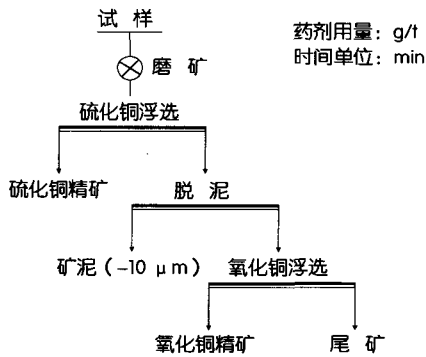


图 1 原则流程

2.1 硫化铜浮选条件试验

2.1.1 磨矿细度试验

磨矿作业的目的是在适宜的磨矿细度条件下,

使目的矿物与非目的矿物充分单体解离,从而实现目的矿物的有效回收。磨矿细度条件试验工艺流程如图 2 所示,磨矿细度为变量,试验结果如图 3 所示。

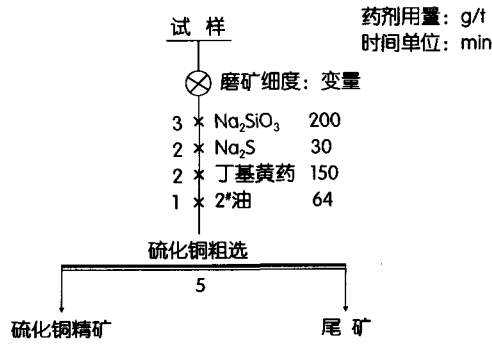


图 2 硫化铜粗选条件试验工艺流程

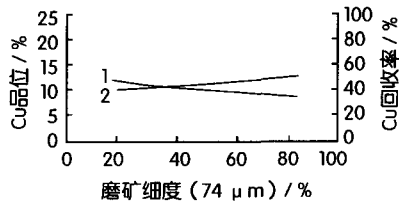


图 3 粗选磨矿细度试验结果
1 - Cu 品位; 2 - Cu 回收率

从图 3 曲线可知,随着磨矿细度的增加,铜粗精矿含铜品位逐步降低,铜回收率有所增加,但增幅不大,适宜的磨矿细度为 74 μm 占 70%。

2.1.2 水玻璃用量条件试验

试验的目的是考查水玻璃对铜矿物浮选的影响,并确定其适宜的用量。工艺流程如图 2 所示,试验固定条件为:Na₂S 30 g/t;丁基黄药 150 g/t;2[#]油 64 g/t;磨矿细度为 74 μm 占 70%,水玻璃用量为变量,试验结果如图 4 所示。

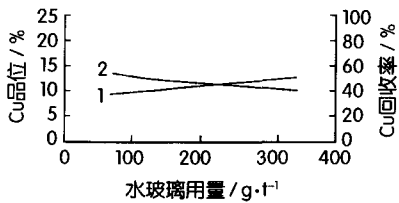


图 4 硫化铜浮选水玻璃用量条件试验结果
1 - Cu 品位; 2 - Cu 回收率

从图 4 曲线可知,随着水玻璃用量的增加,铜粗精矿含铜品位逐渐提高,而铜的回收率会急剧下降,综合考虑,水玻璃用量以 200 g/t 为宜。

2.1.3 硫化钠用量条件试验

适当添加 Na_2S , 对部分氧化的硫化铜矿物的浮选有一定的活化作用。固定水玻璃用量 200 g/t; 丁基黄药 150 g/t; 2[#]油 64 g/t; 磨矿细度为 74 μm 占 70%; Na_2S 用量为变量。工艺流程如图 2 所示, 试验结果如图 5 所示。

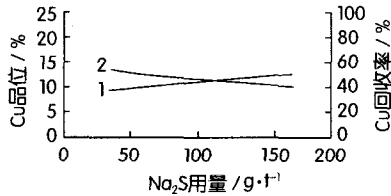


图 5 Na_2S 用量条件试验结果
1 - Cu 品位; 2 - Cu 回收率

从图 5 曲线可知, 随着硫化钠用量的增加, 铜粗精矿含铜品位相应提高, 不加硫化钠时, 铜粗精矿的铜品位与回收率均低于加硫化钠。当硫化钠用量达到 200 g/t 时, 铜粗精矿含铜品位虽有所提高, 但铜回收率急剧下降, 适宜的硫化钠用量为 30 g/t。

2.1.4 捕收剂种类与用量条件试验

试验工艺流程如图 2 所示。固定水玻璃用量为 200 g/t; Na_2S 30 g/t; 磨矿细度为 74 μm 占 70%; 不同捕收剂种类和用量为变量, 试验结果列于表 4。

表 4 不同捕收剂种类和用量试验结果

产品名称	产率 / %	Cu 品位 / %	Cu 回收率 / %	捕收剂与用量 / $\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$
精矿	7.94	13.88	48.13	丁基黄药 150
尾矿	92.06	1.29	51.87	
原矿	100.00	2.29	100.00	
精矿	7.65	14.88	49.45	戊基黄药 120
尾矿	92.35	1.26	50.55	
原矿	100.00	2.30	100.00	
精矿	7.56	14.64	48.33	戊基黄药 + Z-200 80 + 40
尾矿	92.44	1.28	51.67	
原矿	100.00	2.29	100.00	
精矿	8.12	13.49	47.84	Z-200 120
尾矿	91.88	1.30	52.16	
原矿	100.00	2.29	100.00	

表 4 试验结果表明, 采用戊基黄药为硫化铜矿物的浮选捕收剂, 可以获得较好的选别效果, 适宜的戊基黄药用量为 120 g/t。

2.2 氧化铜浮选前脱泥浮选试验

氧化铜矿伴生大量的矿泥, 既有因围岩与脉石

蚀变形成的原生矿泥, 亦有在磨矿过程中产生的次生矿泥, 这些矿泥对氧化铜浮选产生不良影响, 需在氧化铜浮选前脱除。脱泥浮选试验的原则流程如图 6 所示, 固定条件 (g/t): Na_2SiO_3 200; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 500; Na_2S 1 600; 水杨羟肟酸 100; 戊基黄药 400; 2[#]油 75。试验结果列于表 5。

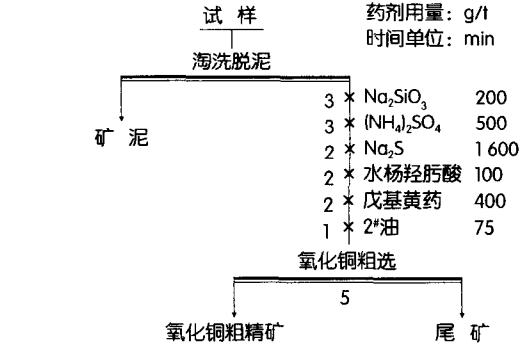


图 6 氧化铜脱泥浮选原则工艺流程

表 5 氧化铜矿脱泥浮选试验结果 %

产品名称	产率	Cu 品位	Cu 回收率	备注
氧化铜粗精矿	15.20	1.87	23.69	不脱泥
尾矿	84.80	1.08	76.31	
给矿	100.00	1.20	100.00	
氧化铜粗精矿	10.11	4.01	33.89	脱泥粒度 (10 μm 以下)
矿泥 (10 μm 以下)	8.23	0.78	5.36	
尾矿	81.66	0.89	60.75	
给矿	100.00	1.20	100.00	

从表 5 的试验结果可知, 硫化铜尾矿不脱泥进行氧化铜浮选时, 粗精矿含铜品位仅为 1.87%, 铜作业回收率为 23.69%; 而脱泥后进行氧化铜浮选, 粗精矿的铜品位与回收率均有较大的幅度提高, 分别为 4.01% 和 33.89%, 说明氧化铜浮选前需预先脱泥。

2.3 氧化铜浮选条件试验

2.3.1 硫化钠用量条件试验

氧化铜矿的硫化浮选法, 关键技术在于控制硫化钠的用量及 pH 值。硫化钠用量不足, 活化不够; 硫化钠过量, pH 值过高, 造成目的矿物被抑制。硫化钠用量条件试验工艺流程与药剂用量如图 6 所示, 硫化钠用量为变量, 试验结果如图 7 所示。

从图 7 曲线可知, 随着硫化钠用量的增加, 粗精矿产率增加, 含铜品位相应下降, 铜回收率相应上升, 适宜的硫化钠用量为 1 200 g/t。

2.3.2 硫酸铵用量条件试验

适宜的 pH 值对氧化铜矿物的硫化起着重要的作

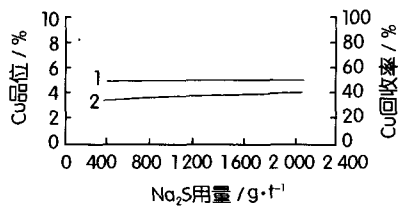


图 7 氧化铜浮选 Na_2S 用量条件试验结果
1 - Cu 品位; 2 - Cu 回收率

2.3.4 戊基黄药用量试验

为简化捕收剂种类,选用戊基黄药作氧化铜的浮选捕收剂。试验工艺流程和药剂用量如图 6 所示,戊基黄药用量为变量,试验结果如图 10 所示。

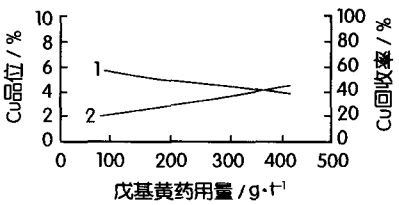


图 10 氧化铜浮选戊基黄药用量条件试验结果
1 - Cu 品位; 2 - Cu 回收率

试验结果表明,氧化铜矿粗选时,戊基黄药用量以 400 g/t 为宜。

2.4 全流程闭路试验

全流程闭路试验是在条件试验所确定的最佳工艺参数的前提下,利用实验室静态的单元试验模拟生产现场动态的过程,从而考察中矿的分配,药剂累计的变化,以及可能获得的最终选别指标。试样磨矿至 74 μm 占 70%,在水玻璃分散矿泥的条件下,进行硫化铜浮选,硫化铜浮选作业采用一粗二精二扫工艺流程;然后硫化铜浮选尾矿先淘洗脱泥,加铵盐与硫化钠预先硫化,加螯合剂水杨羟肟酸配合戊基黄药加强氧化铜捕收,氧化铜浮选作业采用二粗三精二扫的工艺流程。全闭路试验工艺流程和药剂制度如图 11 所示,全流程闭路试验结果列于表 6,全流程闭路试验综合结果列于表 7。

用,硫酸、硫酸锌、硫酸铝、硫酸铵等均可调节矿浆的 pH 值,其中以硫酸铵的效果最好。矿浆中由于硫酸铵的存在,可加速硫化过程,生成较为牢固的硫化铜薄膜。硫酸铵用量条件试验工艺流程与药剂用量如图 6 所示,硫酸铵用量为变量,试验结果如图 8 所示。

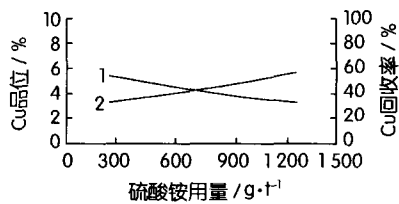


图 8 氧化铜浮选硫酸铵用量条件试验结果
1 - Cu 品位; 2 - Cu 回收率

从图 8 曲线可知,由于添加了硫酸铵,矿浆的 pH 值基本上能控制在 8 左右,适宜的硫酸铵用量为 500 g/t。

2.3.3 水杨羟肟酸用量条件试验

为了提高捕收剂对氧化铜矿物的选择性,进行了水杨羟肟酸用量条件试验,试验工艺流程和药剂用量如图 6 所示,水杨羟肟酸用量为变量,试验结果如图 9 所示。

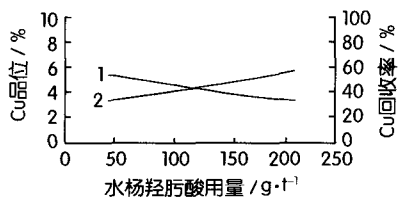


图 9 氧化铜浮选水杨羟肟酸用量条件试验结果
1 - Cu 品位; 2 - Cu 回收率

从图 9 曲线可知,适当添加水杨羟肟酸,对氧化铜的浮选回收率有所改善,适宜的水杨羟肟酸用量为 100 g/t。

表 6 全流程闭路试验结果 %

产品名称	产率	Cu 品位	Cu 回收率
硫化铜精矿	5.76	21.63	52.13
氧化铜精矿	2.02	15.84	13.39
氧化铜尾矿	80.45	0.90	30.29
矿泥(10 μm 以下)	11.77	0.85	4.19
原矿	100.00	2.39	100.00

表 7 全流程闭路试验综合结果 %

产品名称	产率	品位		回收率	
		Cu	Ag	Cu	Ag
铜精矿	7.78	20.13	52.50	65.52	51.33
总尾矿	92.22	0.89	4.20	34.48	48.67
原矿	100.00	2.39	7.96	100.00	100.00

注: Ag 单位为 g/t。

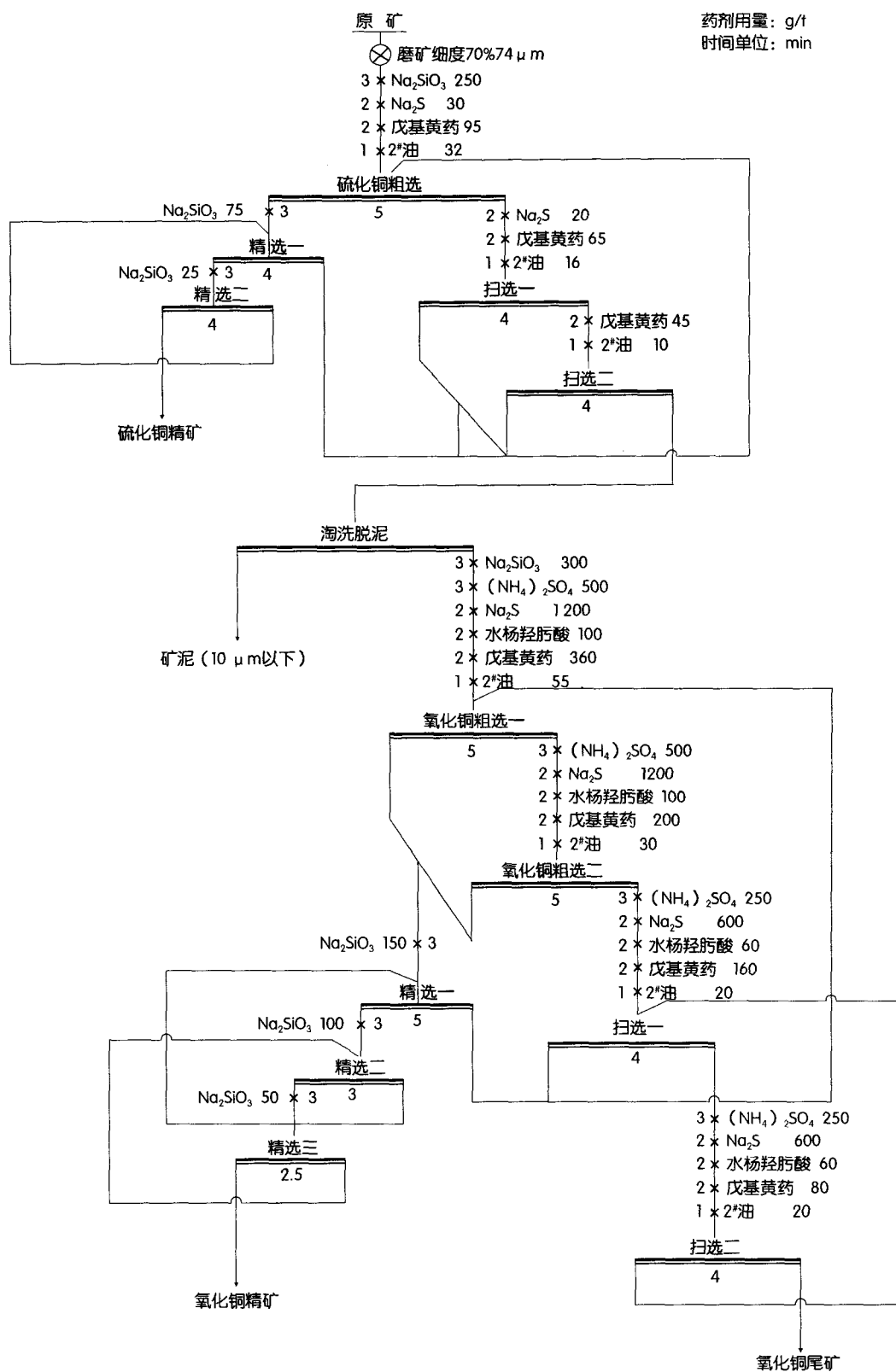


图 11 全闭路浮选试验工艺流程

(下转第 39 页)

The Modification Effects Research of Rare Earth on α - Al and Alloys

ZHOU Kai, QU Huan, SHI Wei, WANG Zheng-jun

(*Jiangsu Suqian College, Suqian 223800, China*)

Abstract: The phases and microstructure of Al - 10Ce master alloy are analyzed by XRD, OM, SEM and EDS, and the modifying result, the lasting modification and the remelting modification effects of Al - 10Ce master alloy in α - Al are investigated. The results indicate that the dosage of the Al - 10Ce master alloy is a key factor for α - Al modification effect. The optimal dosage of the master alloy is about 0.30%. The α - Al will be poorly or over modified if the master alloy addition is less or more than 0.30%. In addition, the modification effect of Al - 10Ce master alloy can hold longer time and better remelting modification stability than that of sodium salt.

Key words: Al - 10Ce master alloy; modification effects; lasting modification effects; remelting modification

(上接第 12 页)

3 结 语

1. 国外某氧化铜矿铜含量为 2.29%, 铜赋存于黄铜矿中比例为 29.26%, 赋存于铜兰、辉铜矿、兰辉铜矿中比例为 23.14%, 矿石中铜的氧化率为 47.60%, 影响选矿铜回收率的主要因素是硅孔雀石含量较高, 其比例为 11.35%, 结合氧化铜的含量比例亦达 21.40%, 这充分说明, 该矿石属于含铜较高的复杂难选氧化铜矿石。

2. 处理该铜矿石的最佳工艺流程为“先硫后氧”的氧化铜预先脱泥优先浮选工艺流程, 所获闭路试验综合指标为铜精矿含铜 20.13%, 含 Ag 52.50 g/t, 铜总回收率为 65.52%, 银总回收率为 51.33%。选

别指标重现性好, 可作为选矿厂建厂的设计依据。

3. 鉴于全社会日益增长的物质文化需要所带来的有色金属供需矛盾, 建议政府有关的决策部门, 在加大有色金属地质、勘探、采矿投入的同时, 增加选矿工艺研究的前期投入, 确保国民经济有色金属的可持续性发展。

参考文献:

- [1] 赵涌泉. 氧化铜矿的处理[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1980.
- [2] 《选矿设计手册》编委会. 选矿设计手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1987.
- [3] 韦华祖. 烃基含氧酸盐捕收剂浮选孔雀石的研究[J]. 湖南有色金属, 1988, 4(1): 38 - 41.
- [4] 韦华祖. 孔雀石硫化焙烧浮选的研究[J]. 湖南有色金属, 1988, 4(4): 31 - 34.

收稿日期: 2008 - 05 - 17

Study on the Flotation Craft of Copper Oxide Ore in Abroad

WEI Dang-sheng, WEI Hua-zu, YE Cong-xin, LUO Xin-min

(*Hunan Research Institute of Nonferrous Metals, Changsha 410015, China*)

Abstract: Learned from the study on mineralogy of the samples, a large amount of condition tests have been carried out on the basis of the chemical component, mineral composition, structure, storing states and mosaic relation of the samples to determine the optimum process and technological parameters. Then, the closed circuit trial have been taken and got a better classification index. It has provided the detailed design basis for making use of the limited mineral resources rationally.

Key words: nonferrous metals; copper oxide ore; the craft study; flotation craft