

某混合铜矿选矿试验研究

王显强,戈保梁,伏彦雄,张晋禄,杨春刚
(昆明理工大学,云南 昆明 650093)

摘要:四川某铜矿含Cu 0.77%,Ag 8.2 g/t,铜矿物以辉铜矿等硫化铜为主,氧化铜矿物主要为孔雀石,氧化率为16.88%,其中结合氧化铜占10.39%,属于低品位混合铜矿。针对矿石性质,确定了优先浮选硫化矿再浮选氧化矿的浮选工艺。在适宜的磨矿细度和药剂制度下,采用一段磨矿,两次粗选,一次精选,一次扫选的闭路试验流程,最终取得了铜精矿品位为25.76%,回收率为85.74%,含Ag 258.21 g/t的指标。

关键词:混合铜矿;优先浮选;工艺流程;药剂制度

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2016.04.007

中图分类号:TD952 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2016)04-0031-05

硫氧混合铜矿在我国储量丰富,是我国铜资源的重要组成部分,我国大部分硫化矿床都有氧化带,有的矿床还被深度氧化成为大中型的氧化矿床^[1]。随着国民经济的发展,铜矿资源不断被开发利用,铜矿床贫、细、杂化加剧,对低品位混合铜矿的研究与开发有着十分重要的意义^[2-3]。四川某铜矿由于矿石发生变化,原有的选别工艺指标变差,本文对该选

矿厂的铜矿石进行了选矿试验研究工作,为该选矿厂的流程改造方案提供依据。

1 矿石性质

1.1 原矿多元素分析及铜物相分析

原矿石多元素分析结果见表1,铜物相分析结果见表2。

表1 原矿多元素分析结果/%

Table 1 Analysis results of multi-elements of the ore

Cu	Pb	Zn	Sn	Co	Ni	Au*	TFe	In*	Ga*
0.77	0.01	0.1	0.003	0.009	0.007	<0.1	9.04	<2.0	<2.0
Ag*	Ge*	Bi	As	Mo	S	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃
8.2	13	0.01	0.002	0.009	0.35	58.89	8.28	4.82	4.32

*单位为g/t。

表1结果表明,矿石中可供回收利用的元素为Cu和Ag,品位为Cu 0.77%、Ag 8.2 g/t。Pb、Zn、Sn等元素含量较低,无回收利用价值。脉石矿物以石英为主,Ca、Al、Mg矿物次之。

表2结果表明,矿石中铜元素的赋存状态以硫化铜为主,占83.12%(包括原生硫化铜和次生硫化铜),氧化铜矿占16.88%,其中含有10.39%的结合氧化铜。因此,该矿为低品位混合铜矿。

表2 原矿铜物相分析结果

Table 2 Analysis results of copper phase

项目	原生硫化铜	次生硫化铜	游离氧化铜	结合氧化铜	总铜
含量/%	0.03	0.61	0.05	0.08	0.77
分配率/%	3.90	79.22	6.49	10.39	100.00

1.2 原矿矿物组成及嵌布特征

研究表明,该矿石中的铜矿物主要为辉铜矿,其次为黄铜矿、斑铜矿、孔雀石等;主要脉石矿物为石

收稿日期:2015-07-09;改回日期:2015-09-29

作者简介:王显强(1990-),男,在读研究生,主要从事矿物加工工程浮选理论与工艺研究。

英、长石、方解石、白云石、褐铁矿、绿泥石等。矿石中辉铜矿为次生硫化矿,微晶结构,多呈它形粒状和致密集合体,常与石英、白云石等矿物连生,是矿石中主要的目的回收矿物;斑铜矿为次生硫化物,多呈它形粒状,常和白云石等共生,呈致密块状或角砾状,属于较次要的铜矿物;黄铜矿为较次要的铜矿物,呈不规则粒状或致密块状集合体,局部有氧化铁薄膜;孔雀石主要由原矿石中的原生硫化铜和次生硫化铜矿物蚀变形成,呈隐晶质结构的块体,有的与褐铁矿相互浸染,常与石英、白云石和方解石等矿物连生。铜矿物单体粒度一般在 0.05 ~ 0.2 mm 左右,最小为 0.01 mm 左右,最大为 0.6 mm。

2 结果与讨论

根据矿石性质特点和各种矿物的可浮性,相关研究表明^[4-5],宜采先浮选硫化矿后浮选氧化矿的优先浮选工艺流程进行选矿试验,试验流程见图 1。

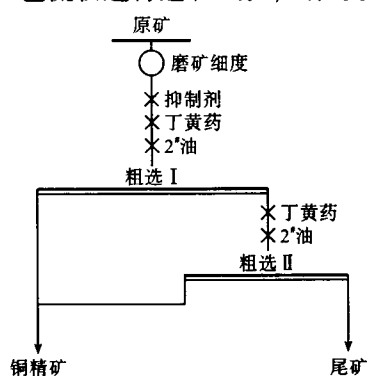


图 1 浮选试验流程

Fig. 1 The flowsheet of condition test

2.1 磨矿细度试验

磨矿细度决定了有用矿物与脉石矿物是否充分解离,对铜精矿的质量和回收率有重要的影响。为探究较佳磨矿细度,在改变磨矿细度的条件下进行探索试验,粗选 I 采用丁基黄药 80 g/t, 2#油 20 g/t, 粗选 II 采用丁基黄药 40 g/t, 2#油 10 g/t。其试验流程见图 1, 试验结果见图 2。

图 2 结果表明,铜精矿的品位和回收率随磨矿细度的增加而增加。原因是部分铜矿物共生关系复杂、嵌布粒度较细。当磨矿细度为 -0.074 mm 70% 时,铜精矿品位和回收率分别为 17.85%、83.31%。继续增加磨矿时间,对提高浮选指标影响不大。

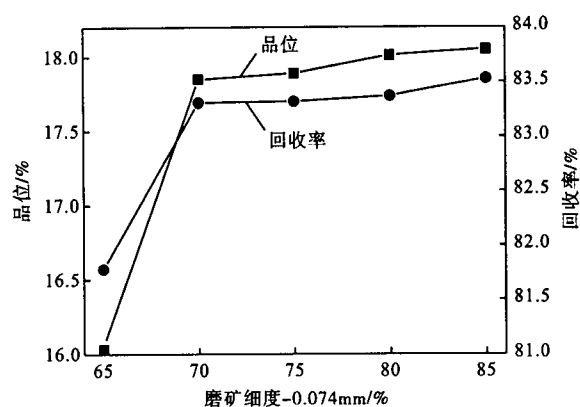


图 2 磨矿细度试验结果

Fig. 2 Test results of grinding fineness

2.2 抑制剂用量试验

由工艺矿物学研究可知,矿石中的主要脉石矿物为石英、白云石、方解石等。浮选过程中,为抑制脉石矿物,分别选用水玻璃、六偏磷酸钠及其组合药剂作为抑制剂进行试验。水玻璃和六偏磷酸钠总量为 3000 g/t, 分别按 1 : 0、2 : 1、1 : 1、1 : 2、0 : 1 比例进行试验,结果表明水玻璃与六偏磷酸钠按比例 1 : 1 添加抑制效果最好。因此,本次试验组合抑制剂用量比为 1 : 1, 对组合抑制剂用量进行了研究,试验结果见图 3。

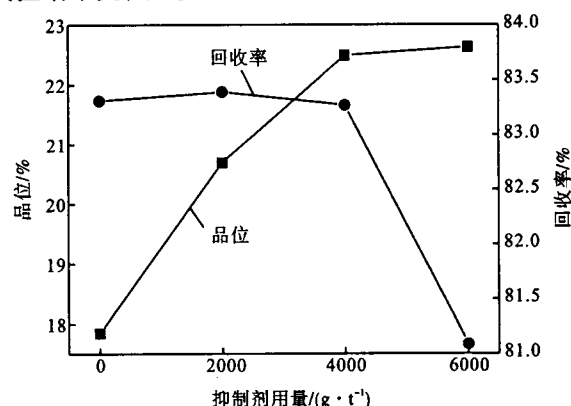


图 3 抑制剂用量试验结果

Fig. 3 Test results of depressant dosage

图 3 结果表明,随着组合抑制剂用量的增加,铜精矿的品位不断提高。当组合抑制剂添加到 4000 g/t 时,品位比不添加时提升 4.85 个百分点,而回收率略有降低,说明组合抑制剂对石英、长石等脉石矿物抑制效果较好。继续增加抑制剂的用量,品位略有提高,但铜精矿的回收率降低较为明显,抑制剂抑制脉石的同时也抑制了相当一部分含铜连生体。

2.3 捕收剂种类的选择

目前,我国大部分氧硫混合铜矿选矿厂多采用巯基类捕收剂。因此我们考察了丁胺黑药、25[#]黑药、乙硫氨酯、丁基黄药、异戊基黄药五种捕收剂对浮选结果的影响,并进行了五种捕收剂组合试验(其用量比为1:1:1:1:1),以考察这些捕收剂的协同作用及提高浮选指标的可能性。试验结果见表3。

表3 捕收剂种类对比试验结果

Table 3 Test results of different types of collectors

捕收剂种类	产品名称	产率/%	品位/%	回收率/%
丁胺黑药	铜精矿	2.64	22.29	78.06
25 [#] 黑药	铜精矿	2.66	22.36	79.03
乙硫氨酯	铜精矿	2.65	22.67	79.15
丁基黄药	铜精矿	2.80	22.49	83.27
异戊基黄药	铜精矿	3.01	21.06	83.36
组合捕收剂	铜精矿	2.73	22.17	80.31

试验结果表明,单独使用丁基黄药做捕收剂时,铜精矿的品位及回收率均较高;异戊基黄药的捕收能力较丁基黄药强,铜精矿的回收率较高,但品位较低;25[#]黑药以及丁胺黑药的捕收能力比丁基黄药差,浮选指标较差;乙硫氨酯具有较好的选择性,可以获得品位较高的铜精矿,但由于其捕收能力较弱,导致精矿回收率偏低;采用组合捕收剂不仅增加了药剂成本,而且获得的铜精矿品位及回收率均较差。综合对比,选用丁基黄药作为捕收剂。

2.4 丁基黄药用量试验

试验条件:磨矿细度-0.074 mm 70%、粗选 I 组合抑制剂用 4000 g/t(用量比为 1:1),改变丁基黄药用量,2[#]油用量 20 g/t,粗选 II 丁基黄药用量 40 g/t,2[#]油用量 10 g/t,试验结果见图 4。

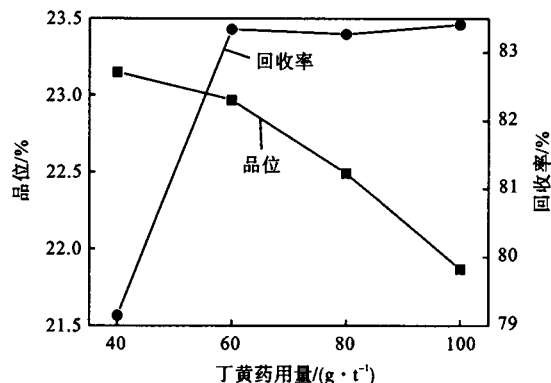


图4 丁基黄药用量试验结果

Fig. 4 Test results of butyl xanthate dosage

试验结果表明,随着丁基黄药用量的增加,铜精矿中铜的回收率逐渐增加,而铜的品位升高后又降低,当捕收剂的用量为 60 g/t 时,铜精矿品位和回收率分别为 22.97%、83.34%。继续增加捕收剂的用量,部分脉石矿物进入精矿中,导致精矿品位降低。

2.5 硫化钠用量试验

硫化钠是氧化铜矿物有效的活化剂,其用量试验流程见图 5,试验结果见图 6。

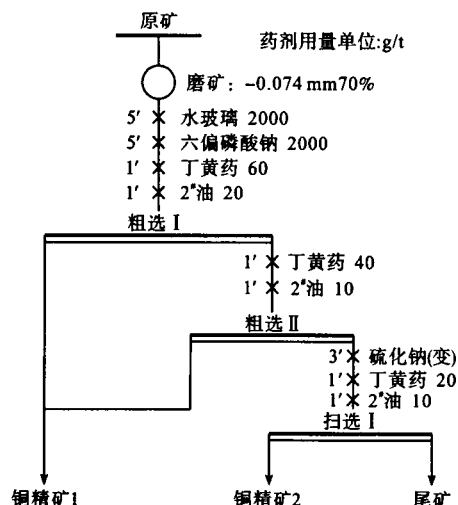


图5 硫化钠用量试验流程

Fig. 5 The flowsheet of sodium sulfide dosage

试验结果表明,随着硫化钠用量的增加,铜精矿 2 的品位和回收率先增加后又降低。可能是硫化剂用量增大时,矿浆中 HS^- 离子在矿物表面和黄药阴离子间进行竞争,导致铜矿物表面捕收剂吸附量减少,不利于矿物浮选。当硫化钠用量为 500 g/t 时,虽然铜精矿 2 的品位及回收率分别为 2.42% 和 5.03%,表明该矿中的氧化铜矿物较难回收。

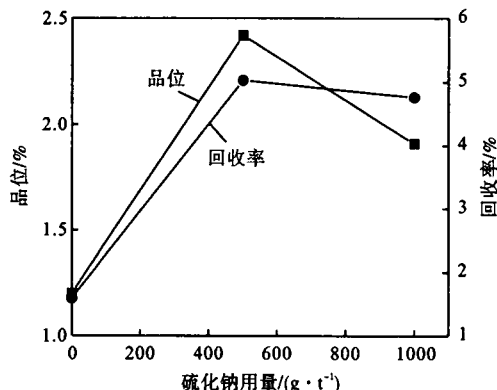


图6 硫化钠用量试验结果

Fig. 6 Test results of sodium sulfide dosage

2.6 开路试验

根据以上条件试验结果确定的磨矿细度和较佳的药剂制度,进行了两次粗选,一次精选,两次扫选的开路试验。其选别流程见图 7,试验结果见表 4。

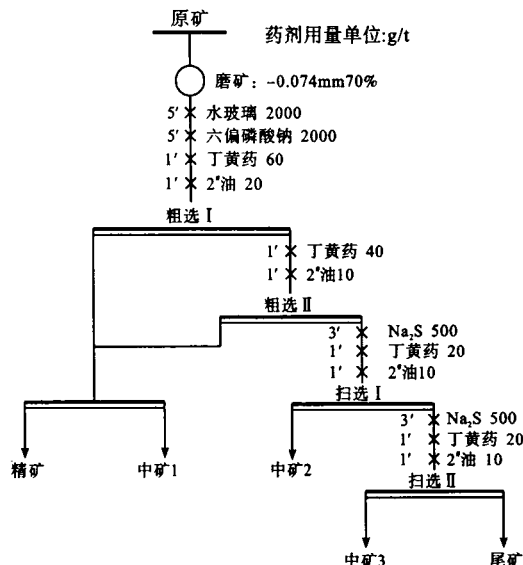


图 7 开路试验流程

Fig. 7 The flowsheet of open-circuit test

表 4 开路试验结果

Table 4 Result of open-circuit test

产品名称	产率/%	品位/%	回收率/%
铜精矿	2.40	26.38	81.64
中矿 1	0.41	3.08	1.63
中矿 2	1.60	2.42	4.99
中矿 3	1.30	0.11	0.18
尾矿	94.29	0.10	11.55
原矿	100.00	0.77	100.00

开路试验结果表明,采用两次粗选,两次扫选,一次精选的试验流程,可得到铜精矿品位为 26.38%,回收率为 81.64%,尾矿含铜 0.10% 的浮选指标。第二次扫选所获得中矿 3 的品位为 0.11%、回收率为 0.18%,说明可选铜矿物已基本被回收,结合生产成本以及经济效益,最终确定采用两次粗选、一次扫选、一次精选的工艺流程。

2.7 闭路试验

为了检查和校核所拟定的开路浮选流程,考察中矿循环所带来的药剂用量的变化及矿泥的积累对浮选结果的影响,确定可能达到的浮选指标,参照条件试验和开路试验结果,进行了全流程闭路试验。试验流程分别见图 8,试验结果见表 5。

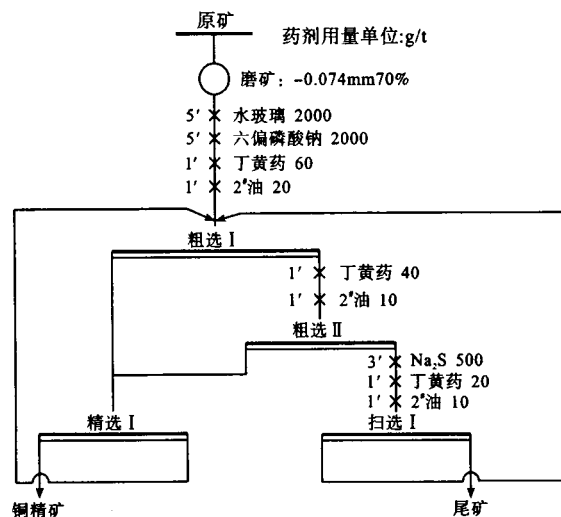


图 8 闭路试验流程

Fig. 8 The flowsheet of closed-circuit test

表 5 闭路试验结果

Table 5 Results of closed-circuit test

产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
		Cu	Ag*	Cu	Ag
铜精矿	2.57	25.76	258.21	85.74	80.83
尾矿	97.43	0.11	1.62	14.26	19.17
原矿	100.00	0.77	8.21	100.00	100.00

* 单位为 g/t。

从表 5 可以看出,采用二次粗选、一次扫选、一次精选的闭路试验,最终可获得铜品位为 25.76%、回收率为 85.74%,铜精矿含银 258.21 g/t、银回收率 80.83%,其浮选指标较好。

3 结 论

(1) 矿石中有用矿物以辉铜矿为主,其次含有黄铜矿、斑铜矿、孔雀石等;脉石矿物主要由石英、长石、方解石、白云石、褐铁矿、绿泥石等矿物组成。原矿铜品位为 0.77%,氧化率为 16.88%,其中游离氧化铜含量为 6.49%,结合氧化铜含量为 10.39%,属于氧硫混合型铜矿。

(2) 在原矿铜品位为 0.77% 的条件下,经过两次粗选、一次扫选、一次精选,可获得铜精矿铜品位为 25.76%,回收率为 85.74%,含银 258.21 g/t,银回收率为 80.83% 的浮选指标。

(3) 在现场生产过程中,若对精矿品位要求不高,可以不添加抑制剂,同时灵活增加或减少精选次数,甚至可在粗选的前 1~2 槽直接产出精矿。

(下转 20 页)

球磨机的电耗一般占到选矿厂总电耗的一半以上,因此提高球磨机的效率以减低电耗一直是我国选矿界研究的重点课题。由于自动加球设备在提高球磨机运行效率方面效果明显,近年来愈加受到选矿界的重视,并且逐渐在选矿厂得到了广泛的应用。随着高性能自动加球设备的不断推出,以及选矿企业对自动加球设备认识的不断深入,自动加球设备必将成为选矿厂不可或缺的重要设备,在选矿厂节能降耗方面发挥重要的作用。

参考文献:

- [1] 郝金朝. 滚筒自动加球机[P]. 中国:201020655682. 7, 2010-12-13.
[2] 马士强. 转盘式自动加球机[P]. 中国:201020559361. 7,

2010-10-13.

- [3] 许江文. 一种球磨机用吸盘式自动加球机[P]. 中国:201420132792. 3, 2014-03-19.
[4] 王兴刚. 自动加球机[P]. 中国:201420064068. 1, 2014-02-13.
[5] 崔万钧. 一种自动加球机刀片式球爪[P]. 中国:201220419855. 4, 2012-08-23.
[6] 贾永红. 球磨机新型自动加球机的研制与应用[J]. 金属矿山, 2005(12): 54-56.
[7] 黄宋魏. 工业过程控制系统及工程应用[M]. 北京:化学工业出版社, 2015.
[8] 钟志勇. 新型自动加球机的研制及应用[J]. 矿冶工程, 2003, 23(6): 35-37.

A Survey of Automatic Ball-adding Equipment in China

Zhang Yuanyuan, Huang Songwei, He Lifang, Si Xu, Hao Pengyu

(Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China)

Abstract: The automatic ball-adding device is an important equipment to improve the efficiency of ball mill. In this paper, the structure, principle, characteristics and shortcomings of several automatic ball adding devices are introduced, the development direction of the automatic ball-adding device is pointed out, and an important reference for the development and application of the automatic ball-adding device are provided.

Keywords: Automatic ball adding device; System structure; Working principle; Performance characteristic; Development direction

(上接 34 页)

参考文献:

- [1] 周延熙, 徐晓军. 有色金属矿产资源的开发及加工技术: 选矿部分[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2000.
[2] 周晓四, 王少东, 李志章, 等. 云南某难选铜矿的选矿工艺研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2012(6): 11-15.
[3] 陆智, 魏宗武. 提高云南某铜矿回收率的浮选试验研究[J]. 中国矿业, 2009, 18(增): 215-218.
[4] 胡为柏. 浮选[M]. 北京: 冶金出版社, 1982.
[5] 谢贤, 童雄, 张汉平, 等. 云南某铜矿选矿试验研究[J]. 云南冶金, 2008(6): 24-26.

Experimental Research on the Beneficiation Technology for a Mixed Copper Ore

Wang Xianqiang, Ge Baoliang, Fu Yanxiong, Zhang Jinlu, Yang Chungang

(Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China)

Abstract: The grade of Cu taken from Sichuan mixed copper ore is 0.77% and that of Ag is 8.2g/t. The copper minerals mainly contain copper sulfide, such as chalcocite. The main copper oxide mineral is mainly malachite, the oxidation rate of the copper is 16.88% and the combined copper oxide accounts for 10.39%, belonging to the low-grade mixed copper ore. According to the characteristics of the ore, the article conducts the copper sulfide flotation first, then the copper oxide flotation. On the conditions of appropriate grinding fineness and reagent system, the closed-circuit test process of is one-stage grinding, two roughing, one cleaning, and one scavenging was adopted. A copper concentrate containing 25.76% of Cu with recovery rate of 85.74%, including 258.21g/t of Ag, was finally obtained.

Keywords: Mixed copper ore; Preferential flotation; Technical process; Reagent system