

文章编号:1673-9981(2014)01-0057-05

用高效捕收剂 PZO 实现铜金硫多金属矿 浮选分离的研究

汪 泰,胡 真,李汉文,王成行,宋宝旭

广东省工业技术研究院(广州有色金属研究院),广东 广州 510650

摘 要:为实现西南某铜金硫多金属矿在低碱环境下的浮选分离,对硫化铜矿捕收剂 PZO 的性能进行了研究.结果表明,PZO 的起泡性能不仅优于 2 号油和 MIBC,而且对硫化铜矿和自然金的选择捕收效果优于丁铵黑药和丁基黄药.在原矿铜品位 1.23%、金品位 1.98 g/t、银品位 26.15 g/t、硫品位 12.68% 时,采用组合药剂丁基黄药+PZO 作捕收剂,铜硫分离时将石灰用量从丁基黄药+2 号油组合时的 6000 g/t(pH=11.2)降至 3000 g/t(pH=9.8),最终可获得铜品位 23.02%、回收率 92.65%、金品位 20.32 g/t、回收率 50.88%、银品位 267.35 g/t、回收率 56.50% 的铜精矿,以及品位 41.52% 硫精矿的良好指标.

关键词:金;铜硫分离;高效捕收剂 PZO;浮选

中图分类号:TD952

文献标识码:A

铜广泛应用于电气、国防、计算机、机械制造等行业,其消费量仅次于钢铁和铝^[1].我国是一个铜消费大国,据统计,2012 年我国精炼铜消耗量为 785 万吨,但是精炼铜产量却只有 500 万吨,并且 65% 的铜矿石依赖进口,对外依存度逐年增加^[2],供需矛盾十分突出.目前,我国多数铜选厂仍采用“高碱石灰工艺”,尤其是矿石中存在大量的黄铁矿和“易浮”的磁黄铁铁矿时,铜硫分离中石灰用量高达 5000~15000 g/t^[3] (pH>11),即通过高碱石灰调浆抑制硫铁矿.由于该工艺注重“强压强拉”,容易造成精矿泡沫发粘,铜的回收率低,尤其对金、银等回收十分不利.有研究表明,自然金在 pH9~10 的弱碱性环境中^[4],可浮性最佳.因此,研究低碱环境下的铜硫分离显得尤为重要.

近年来,科研工作者致力研究开发新型的高效硫化铜矿捕收剂,与此同时,捕收剂合理搭配、组合使用,也成为捕收剂研究方向之一^[5].李崇德等人^[6]研究的新型捕收剂 PAC,属于硫氨基类药剂,对黄铜矿具有明显的选择捕收性.刘广义等人^[7]研究发现,乙氧基羰基硫逐氨基甲酸酯(ECTC)是铜硫分

离的良好捕收剂.李崇德^[8]针对永平铜矿,采用对铜有选择性捕收的丁铵黑药与乙基黄药、丁基黄药混用,工业试验获得成功.钟宏等人^[9]研发的 T-2K 新型油性捕收剂,与少量丁基黄药组合使用对铜的选别具有较大的优越性,与单一使用黄药相比,指标得到明显提高.

广州有色金属研究院研制的捕收剂 PZO 是一种对硫化铜矿以及金、银、铂、钯等贵金属选择性高,兼具一定起泡性的酯类捕收剂.由于其良好的选择性能,在金山低品位铂钯矿、卡房铜钼铋钨多金属矿等矿石的浮选分离过程中得到应用,并取得了良好指标.本研究以西南某铜金硫多金属矿为研究对象,着重对 PZO 在铜硫分离过程中的捕收性、选择性、起泡性进行了研究,探讨其在低碱环境中实现铜金硫多金属矿分离的可能性.

1 矿石性质

1.1 原矿多元素化学分析

试样取自我国西南某铜金硫多金属硫化矿,化

收稿日期:2013-10-17

作者简介:汪泰(1986-),男,湖南桃江人,助理工程师,硕士.

学多元素分析结果列于表 1.由表 1 可知,该矿石中主要金属元素为铜和金,其次为硫和银.

表 1 原矿化学多元素分析
Table 1 Analysis of chemical composition in ore

元素	Cu	Pb	Zn	S	Fe	MgO
含量 $w/\%$	1.23	0.36	0.056	12.68	31.92	1.71
元素	Al ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	SiO ₂	Au ¹⁾	Ag ¹⁾
含量 $w/\%$	2.49	4.16	2.44	20.87	1.98	26.15

注:1)单位为 g/t

1.2 铜物相分析

铜物相分析结果列于表 2,由表 2 可知,铜矿物主要是以硫化铜的形式存在,占总铜的 97.73%.

表 2 铜的物相分析
Table 2 Phase analysis of copper

铜物相	含量 $w/\%$	占有率 $w/\%$
硫化铜	1.203	97.73
氧化铜	0.028	2.27
总 铜	1.231	100.00

1.3 矿物组成测定

采用广州有色金属研究院的矿物自动检测系统 MLA 对试样的矿物组成进行查定,分析列于表 3.由表 3 可知,黄铜矿的矿物量为 4.04%,是主要的铜矿物;硫铁矿主要以黄铁矿形式存在,另有部分磁黄铁矿和白铁矿;此外,硫化矿物中还有少量毒砂、砷黝铜矿和方铅矿.铁矿物主要为磁铁矿和菱铁矿.脉石矿物主要为石英、云母和黑云母等.

表 3 原矿矿物组成分析
Table 3 Mineral composition of ore

矿物名称	含量 $w/\%$	矿物名称	含量 $w/\%$	矿物名称	含量 $w/\%$
黄铜矿	4.04	毒砂	0.11	绿泥石	1.27
孔雀石	0.01	磁铁矿	12.12	蛇纹石	0.25
方铅矿	0.16	菱铁矿	17.47	长石	2.90
黄铁矿	22.12	石英	13.92	黑云母	7.76
白铁矿	0.27	云母	8.57	萤石	1.49
磁黄铁矿	3.23	钙铁榴石	4.17	其它	0.14

1.4 主要矿物的赋存及嵌布状态

矿石中的铜矿物主要以黄铜矿形式存在,黄铜矿的嵌布粒度细,主要为 0.010~0.20 mm.硫铁矿主要为黄铁矿,另外有一部分可浮性较好的磁黄铁

矿.金主要以自然金存在,占总金的 50.08%,自然金的嵌布粒度极微细,一0.020mm 占 71.84%;此外,以自然金的微细包裹体赋存于黄铜矿中的金占 8.09%,包裹于硫铁矿中的金占 29.77%,磁铁矿中的金占 8.34%,其它矿物中金占 3.72%.因此,铜精矿中金的理论回收率为 58% 左右.

2 试验结果与分析

根据矿石性质,采用“铜硫混浮—铜硫分离”的工艺流程回收矿石中的铜、金、硫,为保证金能富集在铜矿物中,并实现铜、金、硫的高效分离,低碱环境和高选择性捕收剂是关键因素.试验原则流程如图 1 所示.

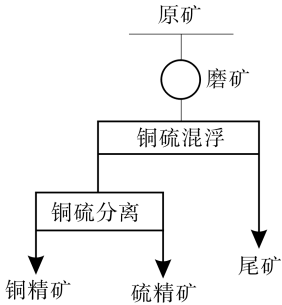


图 1 原则流程图

Fig.1 Flow sheet of the main process

2.1 捕收剂组合使用对比试验

PZO 是一种对硫化铜以及金、银、铂、钯等贵金属选择性高的捕收剂,并兼具一定的起泡性.为提高“铜硫混浮”的粗选浮选指标,进行了捕收剂+PZO 组合捕收剂试验,并与捕收剂+2 号油进行对比.试验中捕收剂乙基黄药、丁基黄药、Y-89 黄药及丁铵黑药的用量均为 80 g/t,PZO 和 2 号油的用量均为 40g/t,试验流程为一粗一扫,试验结果列于表 4.

表 4 粗选捕收剂种类试验
Table 4 Results of kind of collectors with roughing

捕收剂种类	铜精矿品位 $\%$		铜精矿回收率 $\%$	
	Cu	Au ¹⁾	Cu	Au
乙基黄药+2 号油	4.20	6.38	89.35	76.50
丁基黄药+2 号油	3.56	5.53	92.75	82.86
乙基黄药+PZO	4.47	7.12	90.32	77.53
丁铵黑药+PZO	3.90	6.20	93.83	81.00
Y-89 黄药+PZO	4.03	6.24	93.65	83.60
丁基黄药+PZO	3.80	6.02	94.92	83.76

注:1)单位 g/t.

由表 4 可知,采用单一捕收剂(捕收剂+2 号油)获得的铜精矿的铜回收率、尤其是金的回收率明显低于组合捕收剂(捕收剂+PZO)。这表明捕收剂 PZO 不仅起到了起泡剂的作用,同时也能实现对贵金属的高效回收。此外,从组合捕收剂种类对比可知,采用乙基黄药+PZO 获得的铜精矿的铜、金品位最高,但回收率低,说明该组合药剂的对铜、金的选择性好,但是捕收能力相对较差;丁胺黑药+PZO 组合也具有好的选择性,但是对铜、金的捕收效果仍不如 Y-89 黄药+PZO 和丁基黄药+PZO 组合;用丁基黄药+PZO 组合获得的铜、金品位略低于 Y-89 黄药+PZO,但是其回收率最高。由此可得出,采用丁基黄药与 PZO 组合,能实现对铜和金的高效回收。因此,采用丁基黄药+PZO 为“铜硫混浮”的粗选捕收剂。

2.2 PZO 起泡性能对比试验

为考察 PZO 的起泡性,在“铜硫混浮”中进行了 PZO 与其它起泡剂的对比试验。试验中分别选择 2 号油、MIBC 和 PZO 作起泡剂,用量均为 40 g/t,丁基黄药作捕收剂,用量为 80 g/t,试验流程为一粗一扫,试验结果列于表 5。从表 5 可知,用 PZO 作起泡剂时,铜精矿回收率比用 2 号油和 MIBC 高出 1~2 个百分点。这表明 PZO 能加固捕收剂在目的矿物表面的吸附,形成稳定的泡沫层,具有良好的起泡效果。

表 5 起泡剂对比试验结果

Table 5 Comparison of foaming agent

起泡剂	铜精矿品位/%		铜精矿回收率/%	
	Cu	Au ¹⁾	Cu	Au
2 号油	3.75	5.90	92.90	83.02
MIBC	3.95	6.53	93.00	82.23
PZO	3.80	6.02	94.92	83.76

注:1)单位 g/t。

2.3 PZO 选择性对比试验

捕收剂的选择性高是铜硫浮选分离的关键因素之一。实践发现,PZO 对黄铜矿具有良好的捕收性能,而对于黄铁矿的捕收性能相对较弱。为此,在“铜硫分离”作业中进行了捕收剂选择性对比试验。铜硫分离试验中分别选用丁基黄药、丁胺黑药、Z200 和 PZO 作为铜硫分离的捕收剂,捕收剂用量为 30 g/t·给矿,试

验流程为一粗一精,试验结果列于表 6。

表 6 捕收剂选择性对比试验结果

Table 6 Comparison of collectors

捕收剂	铜精矿品位/%		铜精矿回收率/%	
	Cu	Au ¹⁾	Cu	Au
丁基黄药	17.57	18.98	85.07	68.05
丁胺黑药	17.90	19.35	84.33	67.87
Z200	22.31	20.54	82.05	66.11
PZO	22.23	21.02	83.50	66.39

注:1)单位 g/t。

由表 6 可知,丁基黄药和丁胺黑药对黄铜矿的捕收能力较强,获得铜、金回收率较高,但是精矿品位明显不如 PZO 和 Z200,表明 PZO 与 Z200 对硫化铜矿的选择性明显高于丁基黄药和丁胺黑药,尤其是 PZO 对金矿物的捕收选择效果更为明显。因此,选择 PZO 作为铜硫分离的捕收剂。

2.4 铜硫分离石灰用量试验

金、银等贵金属在高碱环境中容易受到抑制,从而导致回收率较低。基于 PZO 对贵金属的高选择性,如果能实现低碱度下铜硫分离,对于提高贵金属的回收率将十分有益。为此,对“铜硫分离”作业的石灰用量进行了试验,试验流程为一粗一精,试验结果列于表 7。

图 7 铜硫分离中石灰用量试验结果

Table 7 Experimental results of CaO dosage with Cu-S separation

药剂组合	石灰用量 /(g·t ⁻¹)	铜精矿品位/%		铜精矿回收率/%	
		Cu	Au ¹⁾	Cu	Au
	3000(pH=9.8)	17.25	17.02	90.34	67.14
丁基黄药	6000(pH=11.5)	20.57	20.25	89.50	65.59
+2 号油	9000(pH=12.2)	21.30	15.26	81.34	42.76
	12000(pH=13.0)	22.18	14.63	76.31	35.33
	1000(pH=9.0)	18.57	18.98	92.30	68.80
丁基黄药	3000(pH=9.8)	22.90	21.07	89.47	64.00
+PZO	5000(pH=10.8)	23.30	14.56	81.98	40.47
	7000(pH=11.5)	23.55	13.63	76.57	32.72

注:1)单位 g/t。

由表 7 可知,丁基黄药无论与 2 号油组合还是与 PZO 组合,随着石灰用量增加(矿浆 pH 增加),铜、金回收率下降得十分明显,表明高碱环境中容易对金产生强烈的抑制作用。此外,丁基黄药+2 号组合要获得与丁基黄药+PZO 组合相同的浮选效果,石灰用量明显要加大。值得注意的是,丁基黄药与

PZO 组合使用,当石灰用量为 3000g/t · 给矿时 (pH=9.8),获得的铜精矿铜、金品位分别为 22.90% 和 21.07g/t,回收率分别为 89.47% 和 64.00%,与传统工艺相比,石灰用量明显降低,在较低 pH 环境下实现了铜、金的有效回收.

2.5 铜硫分离闭路试验

为了进一步验证 PZO 在铜硫分离过程中的高选择性,以及考查该药剂的稳定性和可靠性,进行了实验室浮选小型闭路试验.试验流程如图 2 所示,试验结果见表 8.

由表 8 可知,在“铜硫混浮—铜硫分离”的浮选工艺中,采用丁基黄药+PZO 作捕收剂,浮选介质 pH=9.8,可获得铜精矿铜品位 23.02%、回收率 92.65%,金品位 20.32 g/t、回收率 50.88% 的试验

指标.小型闭路试验结果表明,在低碱条件下 PZO 能够使铜—硫有效分离,并可保证金的有效回收.同时,也证明了 PZO 在铜硫分离中的高选择性,以及该药剂的稳定性和可靠性.

表 8 闭路试验结果
Table 8 Experimental results of closed circuit

产品名称	产率/%	品位/%			回收率/%		
		Cu	Au ¹⁾	Ag ¹⁾	Cu	Au	Ag
铜精矿	4.88	23.02	20.32	267.35	92.65	50.88	56.50
硫精矿	20.41	0.29	2.86	25.32	4.88	29.95	22.38
尾矿	74.71	0.041	0.50	6.53	2.46	19.17	21.13
原矿	100.00	1.21	1.95	23.09	100.00	100.00	100.00

注:1)单位 g/t.

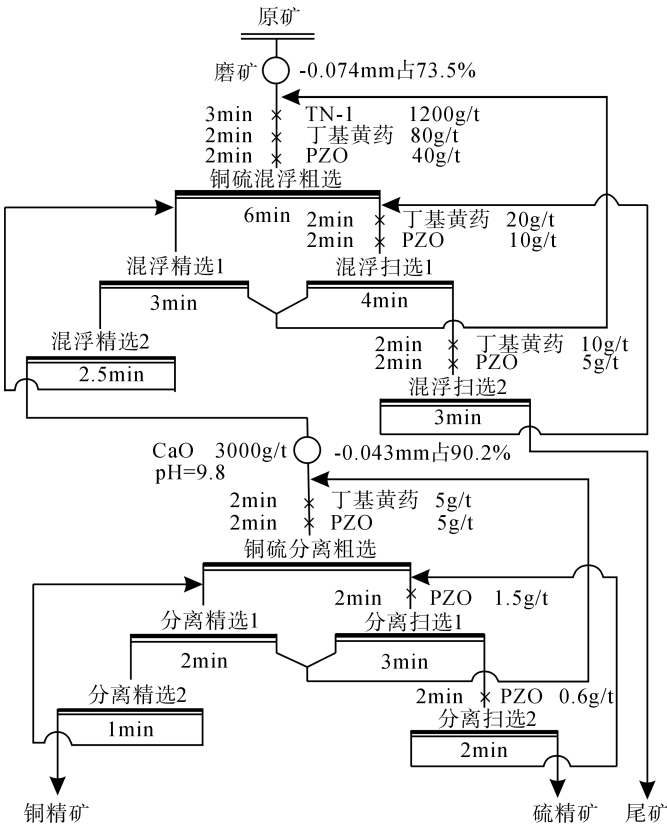


图 2 闭路试验流程

Fig.2 Flow sheet of closed circuit

3 结 论

(1)PZO 具有良好的起泡性能,效果优于 2 号

油和 MIBC ;PZO 对硫化铜矿和自然金具有良好的选择性,选别效果优于丁铵黑药和丁基黄药.在铜硫分离时,采用组合药剂丁基黄药+PZO 作捕收剂,在 pH=9.8 低碱环境下,就可以实现铜硫有效分

离,也为自然金、银等贵金属的回收创造了有利条件。

(2)在铜硫分离中 PZO 具有良好的高选择性、稳定性和可靠性。在原矿铜品位 1.23%、金品位 1.98 g/t、银品位 26.15 g/t、硫品位 12.68% 时,采用组合药剂丁基黄药+PZO,将石灰用量从丁基黄药+2 号油组合时的 6000 g/t (pH=11.2)降至 3000 g/t (pH=9.8),可获得铜品位 23.02%、回收率 92.65%,金品位 20.32 g/t、回收率 50.88%,银品位 267.35 g/t、回收率 56.50% 的铜精矿,以及品位 41.52% 硫精矿的良好指标。

参考文献:

- [1] 王全明.我国铜矿勘查程度及资源潜力预测[D].北京:中国地质大学,2005:23-27.
- [2] Q.布罗德本特,邓彤,雨田.黄铜矿与黄铁矿的优先浮选及矿石类型的影响[J].国外金属选矿,2001(1):33.
- [3] 胡熙庚.有色金属硫化矿选矿[M].北京:冶金工业出版社,1987:124.
- [4] 周东琴,代淑娟,李宏伟,等.新疆某原生金矿选矿试验研究[J].有色矿冶,2009(4):15-18.
- [5] 朱建光.浮选药剂[M].北京:冶金工业出版社,1992:205.
- [6] 李崇德,孙传尧.用 PAC 作捕收剂时黄铜矿和黄铁矿的浮游性研究[J].有色金属:选矿部分,2002(6):33-36.
- [7] 刘广义,钟宏,戴塔根.乙氧羰基硫代氨基甲酸酯弱碱性条件下优先选铜[J].中国有色金属学报,2006(6):43-47.
- [8] 李崇德.永平铜矿Ⅶ矿带高氧化率混合矿的浮选实践[J].有色金属:选矿部分,1998(4):8-10.
- [9] 钟宏,刘广义,王晖.新型捕收剂 T-2K 在铜矿山中的应用[J].有色金属:选矿部分,2005(1):41-43.

Study on multi-metal sulfide mineral flotation separation with the efficiency collector PZO

WANG Tai, HU Zhen, LI Hanwen, WANG Chenghang, SONG Baoxu

Guangdong General Research Institute for Industrial Technology (Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals), Guangzhou 510650, China

Abstract: In order to recover copper sulphides in weak alkaline solution, the floatation performance of gold-bearing minerals and the collector PZO have been studied. The result shows that PZO has better foam ability than 2# oil and MIBC, and also has better selectivity to copper and gold minerals than both ammonium dibutyl dithiophosphate and butyl xanthate. When the raw ore contained 1.23% Cu, 1.98g/t Au, 26.15g/t Ag and 12.68% S, the flow sheet of "Cu-S bulk flotation- Cu-S separation" was adopted by using combined collector of butyl xanthate and PZO, the lime dosage could reduce from 6000g/t (pH=11.2) to 3000g/t (pH=9.8), which creates conditions for improving gold floatation performance. a copper concentrate assaying 23.02% Cu with a recovery of 92.65%, assaying 20.32g/t Au with a recovery of 50.88%, assaying 267.35g/t with a recovery of 56.50% could be obtained, and a sulfur concentrate assaying 41.52% could also be obtained during the Cu-S separation process.

Key words: gold; copper-sulfide separation; efficiency collector PZO; flotation