维普资讯 http://www.cqvip.com

T－2K捕收剂优先浮选硫化铜矿石的研究

刘广义 钟 宏 王 晖 戴塔根
(中南大学)

摘 要 根据Pearson硬软酸碱理论和前线轨道的研究,设计了一种高捕收能力、高选择性的T－2K捕收剂。经工业试验表明,与黄药混浮－分选工艺相比较,T－2K捕收剂优先浮选硫化铜矿,铜精矿品位提高了0.56个百分点,铜回收率提高了2.31个百分点,铜精矿中金、铜回收率也分别提高7.03个百分点和9.48个百分点。

关键词 T－2K捕收剂 硫化铜 优先浮选

Study on Preferential Flotation of Copper Sulfide Ore With T－2K Collectors

Liu Guangyi Zhong Hong Wang Hui Dai Tagen
(*Central South University*)

Abstract Based on the study of Pearson's theory of hard-soft acids and bases and frontier molecule orbit (FMO), T－2K collector having high collecting ability and high sellectivity was designed. Industrial tests show that, compared to bulk flotation by xanthate followed by separation, the preferential flotation of sulfide copper using T－2K collector can improve the copper concentrate grade and recovery by 0.56 percent point and 2.31 percent points, gold and silver recoveries in copper concentrate by 7.03 percent points and 9.48 percent points respectively.

Keywords T－2K collector, Sulfide copper, Preferential flotation

黄药捕收能力强,是硫化矿浮选的通用捕收剂。但其缺乏选择性,使得铜硫分选需要较高的碱性介质。这不仅消耗大量石灰,增加生产成本,而且在抑制硫铁矿的同时,也抑制少量硫化铜矿的上浮,减少了Cu、Au、Ag的回收。为此,开发高选择性、低碱度优先浮选硫化铜矿石的捕收剂受到人们的广泛关注,硫氮酯、硫氨酯等螯合捕收剂[1~3]被相继研制。低用量时,它们具有较高的选择性,但尚未见工业上用它们做单一捕收剂全浮选硫化铜矿石的报道。在前人所做工作的基础上,根据量子化学指导下的浮选药剂分子设计理论[4],设计了一种高捕收能力、高选择性的T－2K捕收剂,实现了某铜矿山的全优先浮选,降低矿山石灰用量,提高了矿山Cu、Au、Ag的回收率与品位,取得较好的经济效益和社会效益。

1 矿样性质及试验方法

1.1 矿样性质

某铜矿山是以黄铜矿、黄铁矿为主要矿物的铜硫多金属矿床,伴生有Au、Ag等可综合回收的有益元素。矿石中铜矿物主要为黄铜矿,其次为铜蓝、辉铜矿－蓝辉铜矿等;其他铜矿物还有黝铜矿－锑黝铜矿、孔雀石、斑铜矿等。主要金属硫化物有黄铁矿(包括白铁矿)、其它金属硫化物还有闪锌矿、方铅矿、少量辉钼矿、磁黄铁矿等;铁的氧化物有赤铁矿、褐铁矿、磁铁矿等。脉石矿物主要有石英、石榴子石、方解石、石灰石等,其次是透辉石、透闪石、高岭石、水云母、绢云母、白云母、长石、蛇纹石、金红石、绿泥石等。

黄铜矿是最主要的铜矿物,多呈不规则粒状,粒度一般为0.01～0.04 mm,90%左右呈单体状态,其余大部分与脉石连生,小部分与黄铁矿、闪锌矿连生。黄铁矿多呈粒状,绝大多数呈铜矿物的单体,少量连生体,主要与黄铜矿连生,微量与脉石连生。

1.2 试验方法

工业试验在处理量为5 000 t/d的1#系统进行,选铜部分的pH值为8.5,选硫部分pH值在7左右。铜粗选采用CHF－X14.4 m^3浮选机,铜精选用XJK－2.8 m^3浮选机,铜扫选和硫粗选用CHF

刘广义,中南大学化学化工学院,讲师,博士生,410083 湖南省长沙市岳麓山。

维普资讯 http://www.cqvip.com

－X14.4 m^3 浮选机。

2　结果与讨论

2.1　工业试验结果

2001 年进行了 T－2K 全优先浮选工艺的工业应用试验。选矿厂日处理能力为 1 万 t/d，分 1# 系统和 2# 系统，各处理 5 000 t/d，其中 1# 系统采用 T－2K 全优先浮选工艺，2# 系统维持现厂丁黄药－丁铵黑药混浮分选工艺，相应的流程见图 1 和图 2，药剂制度见表 1。

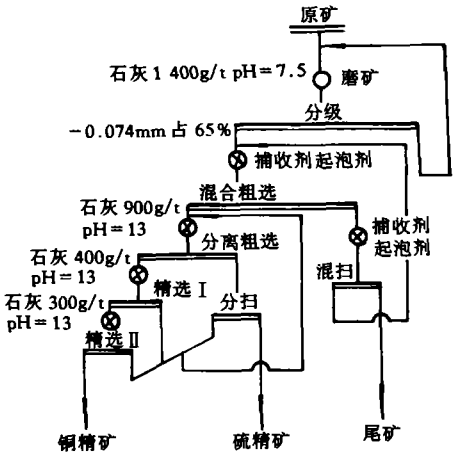


图 1　黄药－丁铵黑药浮选工艺流程

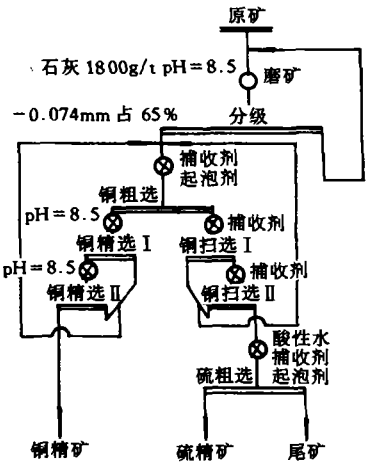


图 2　T－2K 全优先浮选工艺流程

表 1　工业试验药剂用量　/(g·t^{-1})

系统	选别作业	丁黄药	乙黄药	T－2K 捕收剂	JT2000 起泡剂	系统石灰总量
1#	铜粗选			8	5	2 000
	铜扫选	5		4		
	硫粗选	45	25		20	
2#	混　粗	50			20	3 000
	混　扫	20			5	

以选矿厂生产报表为依据，对工业试验系统 1# 和对比系统 2# 的班指标进行了连续 7 d 的统计，并对综合样进行了金银分析。工业试验结果见表 2。

表 2　T－2K 工业试验结果　/%

产品名称		1# 铜精矿	1# 硫精矿	1# 尾矿	1# 原矿	2# 铜精矿	2# 硫精矿	2# 尾矿	2# 原矿
产品	产率	2.45	16.56	81.00	100.00	2.37	18.18	79.45	100.00
	Cu	23.86	0.16	0.066	0.67	23.28	0.23	0.065	0.65
	S	28.65	44.23	3.77	11.08	28.66	42.66	3.26	11.02
品位	Au*	0.60	0.10	0.02	0.047	0.50	0.12	0.02	0.05
	Ag*	167.50	9.26	2.10	7.34	166.40	14.56	2.40	8.50
回收率	Cu	87.91	4.06	8.03	100.00	85.60	6.36	8.04	100.00
	S	6.34	66.10	27.56	100.00	6.17	70.34	23.49	100.00
	Au	30.96	34.90	34.14	100.00	23.93	44.01	32.06	100.00
	Ag	55.91	20.90	23.19	100.00	46.43	31.14	22.43	100.00

注：* 单位为 g/t。

从表 2 可看出，T－2K 全优先浮选工艺系统铜精矿累计铜品位为 23.86%，金、银含量分别为 0.60 g/t 和 167.5 g/t；累计铜回收率 87.91%，金、银回收率分别为 30.96% 和 55.91%；硫精矿品位为 44.23%，硫回收率为 66.10%。对比系统铜精矿累计铜品位为 23.28%，含金 0.50 g/t、含银 166.4 g/t；累计铜回收率 85.60%，金、银回收率分别为 23.93% 和 46.43%；硫精矿品位为 42.66%，硫回收率为 70.34%。与对比系统相比较，T－2K 全优先浮选新工艺的各项指标除硫回收率外均有不同程度的提高。其中，铜精矿品位提高 0.56%，铜回收率提高 2.31%，铜精矿中金银回收率也分别提高 7.03% 和 9.48%。硫精矿品位提高 1.57%，硫回收率降低 4.24%。

2.2　讨　论

2.2.1　试验结果分析

从工业试验选矿指标可发现，1# 系统和 2# 系统尾矿中铜、金、银所占回收率相差不明显，而铜精矿和硫精矿差别显著。与 2# 系统相比，1# 系统铜精矿中铜、金、银所占回收率均有较大幅度的提高，硫精矿中铜、金、银所占回收率明显下降。这可从两方面解释，一方面，2# 系统黄药混浮分选工艺在分选作业时需较高的碱性介质，使得抑制硫铁矿上浮的同时，也部分抑制了铜、金、银；另一方面，T－2K 捕收剂既有强的捕收能力，又有高的选择性，能捕收部分与脉石或黄铁矿连生的铜，且 T－2K 捕收剂对氧化铜矿物也有一定的捕收能力。试验中硫回收率偏低，主要原因是酸性水前期供应不足，后期试验加大酸性水的供给，1# 系统硫精矿中硫的回收率可达 74% 以上。

工业试验的浮选现象与选矿指标表明，T－2K 捕收剂具有优良的浮选性能，对铜矿物具有优异的

维普资讯 http://www.cqvip.com

选择性,能在pH=8～9的弱碱性介质中实现铜的优先浮选,使铜的选别指标得到明显提高;T-2K全优先浮选工艺使部分难选硫化铁矿物的强化浮选成为可能,浮铜尾矿通过酸性水的活化作用可使硫浮选指标得到显著改善,并且酸性水的使用有利于矿山环境保护及后续精矿处理过程;T-2K全优先浮选工艺在弱碱性介质中实现铜的优先浮选,从而降低了原混浮-分选工艺中高石灰用量对金银的抑制作用,提高了铜精矿中金银的回收率。

2.2.2 Pearson硬软酸碱理论

Pearson硬软酸碱理论认为,硬酸与硬碱结合,软酸与软碱结合。矿物易接受电子为酸,捕收剂可提供电子为碱。Glembotskii[5]认为,黄铜矿中的铜为软酸,黄铁矿中的铁为硬酸。用MOPAC程序包中的PM3计算的部分硫化铜矿捕收剂中硫代羰基硫原子的净负电荷见表3。

表3 捕收剂硫代羰基官能团中硫原子的净负电荷

捕收剂	丁黄药	酯105	Z-200	T-2K
净负电荷/ev	-0.526 4	-0.246 0	-0.217 6	-0.127 1

从表3可见,丁黄药硫代羰基官能团中硫原子的净负电荷最大,其次是酯105和Z-200,最小的为T-2K;官能团硫代羰基硫原子的净负电荷反映其碱性的相对强弱,净电荷负值越大,其相应的给电子能力越强,其碱性越大,而T-2K硫代羰基中硫原子的净负电荷最小,其碱性相对最弱。因此T-2K捕收剂易于黄铜矿作用,而难与黄铁矿作用。所以T-2K捕收剂既有好的捕收能力,又有高的选择性。4种捕收剂的选择性顺序为丁黄药≪酯105≈Z-200<T-2K。

2.2.3 前线轨道解释

黄铜矿和黄铁矿[6]与T-2K捕收剂的前线轨道能量见表4。表4表明,T-2K捕收剂最高占据轨道(HOMO)的能量与黄铜矿最低空轨道(LUMO)的能量非常相近,根据能量近似原则,T-2K易于与黄铜矿生成正配键。加上黄铜矿的HOMO主要由铜与铁的d轨道组成,有较强形成反馈π键的能力;而组成T-2K捕收剂的LOMO轨道含π键,因此T-2K也易于与黄铜矿生成反馈π键。黄铁矿的HOMO轨道主要由硫原子的P轨道组成,形成反馈π键的能力较弱;且从能量近似原则出发,黄铁矿与T-2K生成正配键或反馈键的能力都不及黄铜矿。这也说明T-2K捕收剂既有好的捕收能力,又有高的选择性。

表4 前线轨道能量

物质		T-2K	黄铜矿	黄铁矿
前线轨道能量/eV	E_{HOMO}	-9.163 530	-16 389 741	-18.141 258
	E_{LUMO}	-1.062 291	-9.150 406	-8.354 589

3 结 论

(1) T-2K是处理硫化铜矿石或伴生银的硫化铜矿石的优良捕收剂,它具有捕收能力强,选择性高,兼有部分起泡能力的优点。与黄药类药剂相比,可降低矿山石灰用量,提高了综合回收铜、硫、金、银的选矿指标。

(2) T-2K捕收剂硫代羰基官能团中硫原子的净负电荷很小,是一种很软的碱,对黄铁矿的捕收能力极弱,对单体解离较好的铜硫矿石,可实现铜矿石的全优先浮选分离。

参 考 文 献

1 朱玉霜,朱建光.浮选药剂的化学原理.长沙:中南工业大学出版社,1987

2 Ronald Woods, Gregory A Hope. A SERS spectroelectorchemical investigation of the interaction of O-isopropyl-N-ethylthionocarbamate with copper surfaces. Colloids and Surfaces A, 1999, 146:63～74

3 Ackerman P K, Harris G H, Klimpel R R and Aplan F F. Effect of alkyl substituents on performance of thionocarbamates as copper sulphides and pyrite collectors. Reagents in the minerals industry, 1984

4 王淀佐,林 强,蒋玉仁.选矿与冶金药剂分子设计.长沙:中南工业大学出版社,1996

5 Glembotskii A V. Theoretical principles of forecasting and modifying collector properties. Tsvet Metally, 1978,51:86～89

6 蒋玉仁,黄金浮选剂设计与合成及结构性能关系研究:[学位论文].长沙:中南工业大学,1994

(收稿日期 2002-07-18)

·信息苑·

铁矿石海运价上涨势头未减

据市场人士称,巴西-鹿特丹-日本航线好望角型货轮(1995年产)铁矿石运费高达2.03万美元/d。澳大利亚至东亚船运价格也有所上涨,10月底至11月初纽卡斯尔至高雄14万t货轮煤炭运费为6.25美元/t,比前期价格提高约1美元。

东亚至澳大利亚好望角型货轮租往返运费为1.6万美元/d。据报道,船东目前报价为1.7万美元/d。比9月底上涨了0.22万美元/d。 摘自《冶金矿山动态》