① T-2 K捕收剂优先浮选永平铜矿石的研究

刘广义[1]，戴塔根[2]，钟 宏[1]，王 晖[1]
(1. 中南大学 化学化工学院,湖南 长沙 410083;2. 中南大学 地学与环境工程学院，湖南 长沙 410083)

摘 要：将 T-2K 捕收剂用于永平铜矿石优先浮选工艺,进行了开路试验研究,并对丁黄药-丁铵黑药混合浮选工艺及 T-2K 全优先浮选工艺进行了比较,证实了 T-2K 捕收剂对铜矿物具有优异的选择性,能在弱碱性介质中实现铜的优先浮选。用硬软酸碱理论和前线轨道理论解释了 T-2K 的高捕收能力和强选择性。

关键词：浮选;T-2K 捕收剂；永平铜矿；选择性

StudiesonDifferentialFlotationofYongpingCopperOreswithT -2 KCollector

LIUGuang-yi[1],DAITa -gen[2],ZHONGHong[1],WANGHui[1]
(1. *College of Chemistry and Chemical Engineering of Central South University, Changsha* 410083, *Hunan*, *China*;2. *College of Geoscienceand Environment Engineering of Central South University*, *Changsha* 410083, *Hunan*, *China*)

Abstract: AnopencircuittestofdifferentialflotationofYongpingcopperoresiscarriedoutusingT-2Kcollector.Acomparisionismadebetweenbulkflotationuseingbutylxanthateandbutylamineaerofloatanddifferentialflotationusing T-2K.It isshownthatT-2Kcollectorisabletoachievedifferentialflotationofthecopperminerals inweakalkalimediumduetoits optimumselectivityforthecopperminerals.Thehighcollectingstrengthandgoodselectivity ofT-2Kisexplainedusingthe theoryofhard -softacidbaseandthetheoryoffrontiermolecularorbit.

Keywords: flotation;T-2Kcollector;Yongpingcopperores;selectivity

黄药捕收能力强,是硫化矿浮选的通用捕收剂。但其选择性差,需在较高的碱性环境中实现铜硫分离。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,减少了铜、金、银的回收。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]具有较高的选择性,但尚未见用它们做单一捕收剂全优先浮选硫化铜矿石的报道。在前人所做工作的基础上[4],设计了一种高捕收能力、高选择性的捕收剂 T-2K, 实现了永平铜矿山的全优先浮选,降低了选矿石灰用量,提高了矿山铜、金、银的回收率与品位,具有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

永平铜矿山是以黄铜矿、黄铁矿为主要矿物的铜硫多金属矿山,伴生有 Au、Ag 等可综合回收的有益元素,全区矿石平均铜品位为 0.74%, 硫品位为13.85% 。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,其它铜矿物还有黝铜矿-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 + 石灰等,其次是透辉石、透闪石、高岭石、水云母、娟云母、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 ～0.04mm,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

矿样破碎至 -2 mm,混匀后备用。用 XMB ⌀200 mm ×400mm 型球磨机,每次磨矿 1kg, 磨矿浓度为 60%, 磨矿细度为 -0.074mm 粒级占 65% 。粗选用 3lXFD-63 型单槽浮选机,每次浮选矿样 1kg; 分选用 1lXFD-63 型单槽浮选机;精选用 0.5lXFD-63 型单槽浮选机。

2 试验结果及讨论

2.1 开路条件试验

T-2K 捕收剂优先选铜开路试验采用一粗二精一

① 收稿日期: 2002-12-20 第一作者 男 讲师 博士研究生

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

扫流程,主要考察捕收剂用量和石灰用量对选别指标的影响,试验结果见表 1。与石灰用量 1500g /t 相比,石灰用量为 1800g /t 的浮选现象与浮选指标均较好。而当石灰用量增大到 2000g /t 时,尾矿铜品位与石灰用量为 1800g /t 时持平,铜精矿品位略有下降,回收率略微上升,考虑石灰对金银的回收尤其是后续选硫作业的影响,确定石灰用量为 1800g /t, 此时矿浆 pH 值为 8.5 。随捕收剂 T-2K 用量的增加,粗选泡沫和产率增加,铜精矿中铜回收率增大,品位下降,且尾矿铜品位下降较小,确定选铜部分粗选 T-2K 用量为 8 g/t,扫选为 4g /t。丁黄药-丁铵黑药、酯 105、Z-200 等开路对比试验表明,酯 105 和 Z-200 对黄铁矿有一定的捕收能力,不能实现铜硫的全优先浮选分离;丁黄药-丁铵黑药宜用于混浮分选工艺。

表 1　开路条件试验及结果

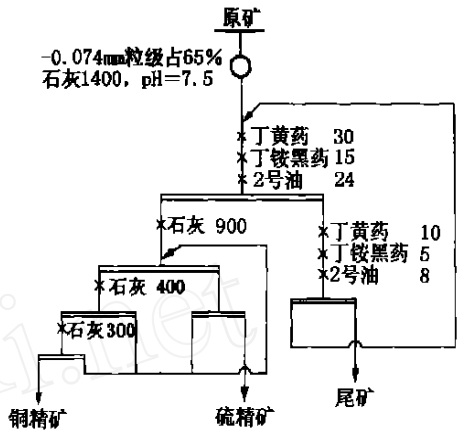
作业名称	药剂用量/(g·t^{-1}) 石灰	T-2 K	产物名称	试验结果/% 产率	铜品位	铜回收率
球磨	1 500		铜精矿	1.40	29.55	68.29
粗选		8	精中 Ⅰ	0.89	6.60	9.70
扫选		4	扫中 Ⅱ	1.18	4.76	9.27
精选 Ⅰ	80		尾矿	96.53	0.08	12.74
精选 Ⅱ	80		给矿	100.00	0.606	100.00
球磨	1 800		铜精矿	1.42	29.60	69.28
粗选		8	精中 Ⅰ	0.90	7.56	11.21
扫选		4	扫中 Ⅱ	1.19	3.86	7.57
精选 Ⅰ	80		尾矿	96.49	0.075	11.94
精选 Ⅱ	80		给矿	100.00	0.607	100.00
球磨	1 800		铜精矿	1.62	27.54	73.51
粗选		12	精中 Ⅰ	1.05	5.40	9.34
扫选		4	扫中 Ⅱ	1.45	2.48	5.93
精选 Ⅰ	80		尾矿	95.88	0.071	11.22
精选 Ⅱ	80		给矿	100.00	0.607	100.00
球磨	2 000		铜精矿	1.49	29.30	71.84
粗选		8	精中 Ⅰ	1.03	5.28	8.95
扫选		4	扫中 Ⅱ	0.99	4.48	7.30
精选 Ⅰ	80		尾矿	96.49	0.075	11.91
精选 Ⅱ	80		给矿	100.00	0.608	100.00

2.2　闭路试验

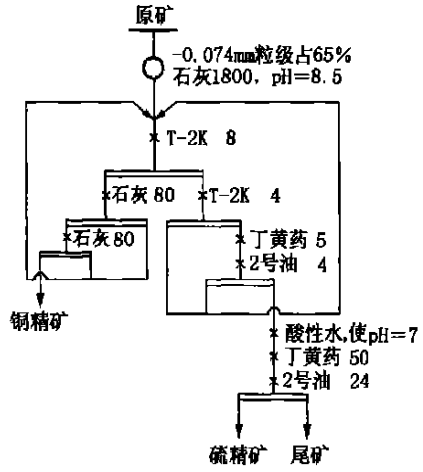
丁黄药-丁铵黑药混浮分选工艺和 T-2K 全优先浮选工艺的小型闭路试验流程及药剂制度如图 1, 结果见表 2。从表 2 可以看出,与丁黄药-丁铵黑药混浮分选工艺相比较,T-2K 全优先浮选新工艺的各项指标均有不同程度的提高。

2.3　讨　论

2.3.1　试验结果分析　从试验结果可知,丁黄药-丁铵黑药混浮分选工艺与 T-2K 全优先浮选工艺相比较,尾矿中铜、金、银的回收率相差不很明显,而铜精矿和硫精矿指标差别显著。与混浮工艺相比,T-2K 全优先浮选工艺铜精矿中铜、金、银的回收率均有较大幅度的提高,硫精矿中铜、金、银的回收率明显下降。这可从两方面解释,一方面,混浮工艺宜在较高的碱性条件下进行,这在抑制硫铁矿的同时,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具有一定的捕收能力。



(a) 黄药-丁铵黑药浮选流程



(b) T-2k全优先浮选流程

图 1　浮选工艺流程

表 2　闭路试验结果

产品名称	产率/%	品位/% Cu	S	Au[1)]	Ag[1)]	回收率/% Cu	S	Au	Ag
黄药-丁胺黑药混浮									
铜精矿	2.09	24.00	28.85	0.50	166.4	85.49	6.68	21.46	42.95
硫精矿	18.66	0.265	42.40	0.12	14.56	8.43	87.62	45.99	33.56
尾矿	79.25	0.045	0.65	0.02	2.40	6.08	5.70	32.55	23.49
原矿	100.00	0.587	9.03	0.0487	8.097	100.00	100.00	100.00	100.00
T-2 K全优浮选									
铜精矿	1.96	26.50	30.70	0.60	167.5	87.44	6.78	25.63	49.03
硫精矿	18.15	0.213	43.25	0.10	9.56	6.51	88.50	39.55	25.91
尾矿	79.89	0.045	0.52	0.02	2.10	6.05	4.72	34.82	25.06
原矿	100.00	0.594	8.87	0.0459	6.696	100.00	100.00	100.00	100.00

1) 单位为 g/t

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

试验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选择性,能在 pH =8～9 的弱碱性条件下实现铜的优先浮选,使铜的选别指标得到明显提高,也降低了原混浮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。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。

2.3.2 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电荷见表 3。表 3 表明,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 捕收剂易与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 种捕收剂的选择性大小为:丁黄药≪酯 105≈Z-200<T-2K 。

表 3 捕收剂硫代羰基官能团中硫原子的净电荷

捕收剂名称	丁黄药	酯 105	Z-200	T-2 K
净电荷	-0 .5264	-0 .2460	-0 .2176	-0 .1271

2.3.3 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轨道主要由铜与铁的 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如黄铜矿。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	前线轨道能量/eV	
	E_{HOMO}	E_{LUMO}
T-2 K	-9 .163530	-1 .062691
黄铜矿	-16 .389741	-9 .150406
黄铁矿	-18 .141258	-8 .354589

3 结 语

1) T-2K 是处理硫化铜矿石或伴生金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,综合提高铜、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,对黄铜矿的捕收能力很强,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] RonaldWoods,GregoryA.HopeASERSspectroelectrochemicalinvestigationoftheinteractionofO -isopropyl-N-ethylthionocarbamatewithcoppersurfaces.ColloidsandSurfacesA,1999 (146) :63～74

[3] AckermanPK,HarrisGH,KlimpelRR, *et al*.Effectofalkylsubstituentsonperformanceofthionocarbamatesascoppersulphidesandpyritecollectors.Reagentsinthemineralsindustry.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] GlembotskiiAV.Theoreticalprinciplesofforecastingandmodifyingcollectorproperties.TsvetMetally,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:[博士学位论文]. 长沙: 中南工业大学,1994

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net