

新型捕收剂在青海某混合铅锌矿分选中的应用^{*}

聂琪¹, 武俊杰^{2,3}

(1. 昆明冶金高等专科学校 矿业学院, 云南 昆明 650033; 2. 陕西省地质矿产实验研究所有限公司, 陕西 西安 710000; 3. 昆明理工大学 国土资源工程学院, 云南 昆明 650038)

摘 要:对青海某硫氧混合铅锌矿进行了工艺流程及药剂制度试验研究。根据矿石特点,采用先浮铅后浮锌的优先浮选工艺进行试验,选锌工艺采用同时捕收硫化锌矿物和氧化锌矿物的新型捕收剂 TY,最终获得了铅精矿铅品位 66.39%、回收率 97.13%、锌含量 0.54%,锌精矿锌品位 53.11%、回收率 89.23%、铅含量 0.65% 的浮选指标。该研究为混合铅锌矿的浮选分离提供了一定的借鉴参考意义。

关键词:方铅矿;闪锌矿;浮选;捕收剂;氧化锌

中图分类号:TD952.2;TD952.3 文献标识码:A 文章编号:1001-0076(2019)01-0069-04
DOI:10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2019.01.014

Experimental Research on Mineral Processing of Lead - zinc Ore in Qinghai Province

NIE Qi¹, WU Junjie^{2,3}

(1. Kunming Metallurgy College, Faculty of Mining Engineering, Kunming 650033, China; 2. Shaanxi Institute of Geology and Mineral Resources Experiment, Xi'an 710000, China; 3. Kunming University of Science and Technology, Faculty of Land Resource Engineering, Kunming 650038, China)

Abstract: The process flowsheet and the reagent system test were carried out for a mixed lead - zinc ore in Qinghai. Aiming at the characteristics of easy muddying of dolomite and illite in the gangue minerals of the sulfide - Oxidized Pb - Zn mixed ores, the process flowsheet of lead and zinc preferential flotation and a new collector TY that can simultaneously collecting Zinc sulfide minerals and Zinc oxidized minerals was adopted. A lead concentrate contenting Pb 66.39% (Zn 0.54%) with recovery is 97.13% and a zinc concentrate contenting Zn 53.11% (Pb 0.65%) with the recovery is 89.23% can be obtained.

Key words: gellenite; sphalerite; flotation; researching; zinc oxide

引言

我国硫氧混合型铅锌矿资源普遍存在着矿物种类繁多、矿石性质多变、铅、锌矿物与脉石矿物共生、嵌布关系复杂等特点,增大了铅锌浮选及分离的难度^[1]。随着我国高品位、易采选的铅锌矿资源开发殆尽,低品位、难处理的铅锌矿资源的开发愈发引起矿业工作者的重视^[2-4]。目前,我国对混合铅锌矿的分选富集技术研究较少,铅锌精矿互含现象较为严重,品位波动也较大,因此,加强对混合铅锌矿的

选矿新技术、新工艺的研究非常有必要^[5]。青海某混合铅锌矿的矿物组成复杂,且有部分氧化,导致选矿回收难度加大。本研究针对该混合铅锌矿的矿石特性,采用简单的工艺流程及可同时捕收氧化锌和硫化锌矿物的新型捕收剂 TY,重点考察混合铅锌矿浮选药剂和工艺对浮选指标的影响。

1 矿石性质

原矿矿物组成比较复杂,矿石中 useful 矿物主要以方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、菱锌矿为主,其次为少量

* 收稿日期:2018-12-21

基金项目:昆明冶金高等专科学校(2017xjzk02)

作者简介:聂琪(1984-),女,陕西富平人,硕士,讲师,主要从事选矿理论与工艺研究,E-mail:158961326@qq.com。

碳酸铅、黄铜矿、硅锌矿。脉石矿物主要以石英、白云石、高岭土和伊利石为主。原矿多元素化学分析结果见表 1。原矿铅、锌物相分析结果见表 2、表 3。

表 1 原矿化学多元素分析结果 /%

Table 1 Multi - elements analysis results of raw ores

项目	Pb	Zn	Cu	S	TFe	TiO ₂	Al ₂ O ₃	As
含量	6.30	2.15	0.006	4.91	3.17	0.004	2.11	0.001

项目	SiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Au	Ag	-
含量	75.17	0.054	0.23	0.04	0.32	0.18	105.0	-

注: Au、Ag 单位为 g/t。

表 2 原矿铅的物相分析结果 /%

Table 2 Analysis results of chemical phase of Pb in raw ore

相别	氧化铅	硫化铅	碳酸铅	硫酸铅	总铅
品位	0.47	5.27	0.11	0.45	6.30
分布率	7.46	83.65	1.75	7.14	100.00

表 3 原矿锌的物相分析结果 /%

Table 3 Analysis results of chemical phase of Zn in raw ore

相别	氧化锌	硫化锌	硫酸锌	硅酸锌	总锌
品位	0.60	1.524	0.005	0.021	2.15
分布率	27.91	70.88	0.23	0.98	100.00

由表 1 分析结果可以看出,矿石中可回收的主要有用组分为铅和锌,其品位分别为 6.30% 和 2.15%,金银可作为伴生资源进行综合回收;表 2 和表 3 物相分析结果表明,铅的氧化率 9.21%,锌的氧化率为 27.91%,为典型的混合铅锌矿,其脉石矿物中白云石、伊利石等性脆易泥化,增加了选别难度。

2 选矿试验研究

2.1 试验方案的确定

我国铅锌矿选矿工艺已由早期的重选工艺逐渐转变为优先浮选或混合浮选工艺^[6-7]。在对青海某混合铅锌矿矿石性质研究和可选性探索试验的基础上,拟定了“磨矿—抑锌浮铅—再浮锌”的优先浮选的工艺流程^[8-9]。

2.2 磨矿细度试验

针对脉石矿物中白云石、伊利石等易泥化的特点,在磨矿过程中必须控制好磨矿细度,否则会导致磨矿产品粒度分布不均匀,产生大量的矿泥,从而影响选别效果。磨矿细度试验采用 Φ240×90 锥形球磨机,给矿量 1 000 g,磨矿浓度 50%,磨矿时间 12 min,固定浮选条件为硫酸锌 1 000 g/t,水玻璃 800 g/t,乙硫氮 60 g/t。2#油 10 g/t。磨矿细度试验流

程见图 1,试验结果见图 2。

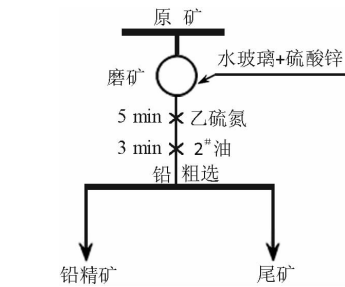


图 1 磨矿细度试验流程
Fig. 1 The flowsheet of grinding fineness

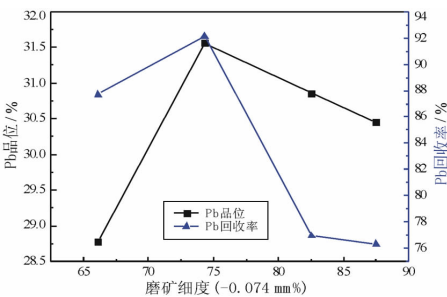


图 2 磨矿细度试验结果
Fig. 2 The test results of grinding fineness

由图 2 可以看出,随着磨矿细度的增加,铅精矿铅品位和回收率均先升后降。当磨矿细度为 -0.074 mm 占 74.32% 时,铅精矿铅品位和回收率分别为 31.56% 和 92.12%,此时,易泥化脉石矿物对选别指标的影响较小,试验指标较为理想。因此,综合考虑磨矿成本、脉石矿物泥化等因素对选别的影响,选择磨矿细度 -0.074 mm 占 74.32% 为宜。

2.3 选铅试验

优先选铅作业以水玻璃为调整剂、硫酸锌为锌矿物抑制剂,乙硫氮为捕收剂。

2.3.1 调整剂水玻璃用量试验

由于矿石中含有白云石、伊利石、高岭土等易泥化脉石,因此选铅作业中采用矿浆调整剂水玻璃,其具有分散矿泥的作用。试验固定条件为磨矿细度 -0.074 mm 占 74.32%,硫酸锌 1 000 g/t,乙硫氮 60 g/t,2#油 10 g/t,水玻璃用量为变量。试验流程见图 1,试验结果见图 3。

由图 3 可以看出,随着水玻璃用量的增加,铅精矿的品位及回收率均先升后降。当水玻璃用量为 1 000 g/t 时,铅精矿铅品位为 35.16%,回收率为 93.15%,分选指标最好。因此,调整剂水玻璃的用量选择 1 000 g/t 为宜。

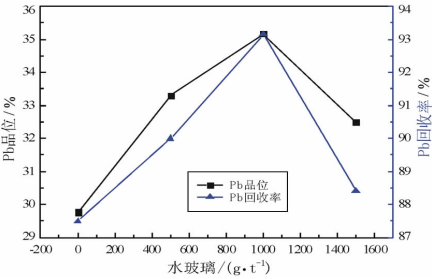


图 3 水玻璃用量对浮选指标的影响
Fig. 3 The test results of sodium silicate dosage

2.3.2 抑制剂硫酸锌用量试验

硫酸锌是锌矿物的常用抑制剂^[10],其用量试验条件为:磨矿细度 -0.074 mm 占 74.32%,水玻璃 1 000 g/t,乙硫氮 60 g/t,2#油 10 g/t,硫酸锌用量为变量。硫酸锌用量试验流程见图 1,试验结果见图 4。

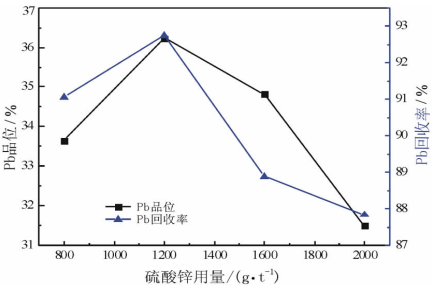


图 4 硫酸锌用量对浮选指标的影响
Fig. 4 The test results of ZnSO4 dosage

由图 4 可知,随着硫酸锌用量的增加,铅精矿的品位及回收率均先升后降。当硫酸锌用量为 1 200 g/t 时分选指标最佳,获得的铅精矿铅品位为 36.24%,回收率为 92.75%。因此,抑制剂硫酸锌用量选择 1 200 g/t 为宜。

2.3.3 捕收剂乙硫氮用量试验

乙硫氮作为选铅的捕收剂,试验条件为:磨矿细度 -0.074 mm 占 74.32%,硫酸锌 1 200 g/t,水玻璃 1 000 g/t,2#油 10 g/t,乙硫氮用量为变量。试验流程见图 1,试验结果见图 5。

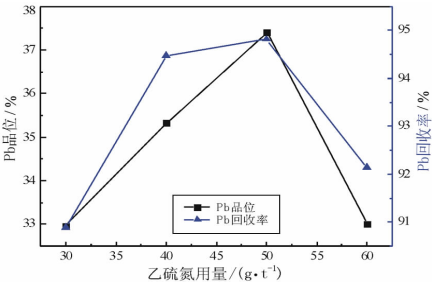


图 5 乙硫氮用量对浮选指标的影响
Fig. 5 The test results of ethyl sulfide dosage

由图 5 表明,随着乙硫氮用量的增加,铅品位和回收率均先升后降。当乙硫氮用量为 50 g/t 时,铅精矿铅品位和回收率分别为 37.41% 和 94.82%,指标相对较好,所以选择乙硫氮用量 50 g/t 为宜。

根据以上条件试验可确定最佳的选铅条件为:粗选 -0.074 mm 占 74.32%,硫酸锌 1 200 g/t,水玻璃 1 000 g/t,乙硫氮 50 g/t,2#油 10 g/t。

2.4 选锌试验

2.4.1 活化剂硫化钠用量试验

选用硫化钠作为被抑制的锌矿物的活化剂^[11]。硫化钠用量试验条件:TY100 g/t,2#油 40 g/t,铅粗选试验条件不变。试验流程见图 6,试验结果见图 7。

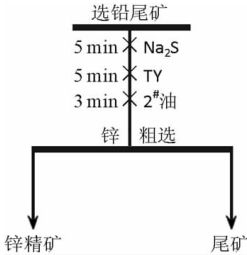


图 6 选锌试验流程
Fig. 6 The flowsheet of Zn flotation

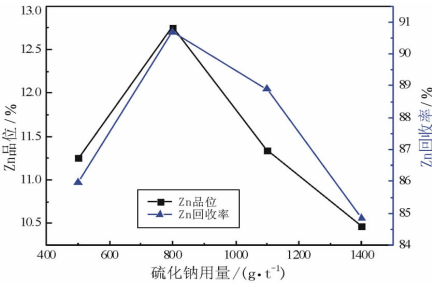


图 7 硫化钠用量对浮选指标的影响
Fig. 7 The test results of Na2S dosage

由图 7 可以看出,随着硫化钠用量增加,锌精矿品位和回收率呈现先升后降趋势,当硫化钠用量为 800 g/t 时,锌精矿锌品位和回收率分别为 12.76%、90.68%,锌精矿中含铅 0.67%,分选指标较好。故锌粗选硫化钠用量 800 g/t 为宜。

2.4.2 捕收剂条件试验

常规的选别流程中,一般对氧化矿先进行硫化处理,然后再进行选别,本研究所选用的新型捕收剂 TY 可同时捕收硫化锌和氧化锌矿,捕收能力强,可大大简化工艺流程。该捕收剂是根据不同捕收剂组合产生协同效应的原理而合成的复配药剂,通过拼

合、共吸附机理从而可同时吸附在氧化锌及硫化锌矿物表面,捕收效果良好。其用量试验条件为:硫化钠用量为 800 g/t,2#油 40 g/t,TY 捕收剂用量为变量,铅粗选试验条件不变。试验流程见图 6,试验结果见图 8。

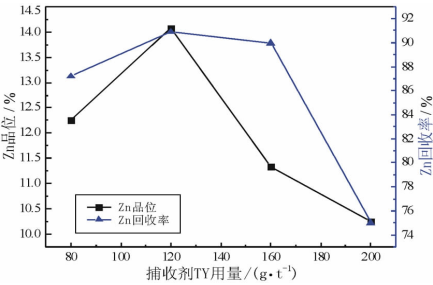


图 8 TY 用量对浮选指标的影响
Fig. 8 The test results of TY dosage

由图 8 发现,随着 TY 用量的增加,锌精矿品位和回收率均先升高后降,当 TY 用量为 120 g/t 时,锌精矿锌品位和回收率分别为 14.08% 和 90.89%,锌精矿中含铅 0.64%,浮选指标相对较好,故 TY 用量选择 120 g/t 为宜。

为了验证 TY 捕收剂的作用效果,进行了“先用硫化钠硫化氧化锌矿再采用十八胺进行捕收”的试验。试验条件为:硫化钠用量 1 500 g/t,十八胺用量 200 g/t,2#油 40 g/t。铅粗选试验条件不变。试验流程见图 6。最终获得锌精矿锌品位和回收率分别为 12.06% 和 89.80%,锌精矿中含铅 0.79% 的浮选指标。

通过与“先硫化再捕收”的常规流程及药剂制度对比发现,使用高性能捕收剂 TY 同时捕收硫化锌矿和氧化锌矿的工艺比“先用硫化钠硫化氧化锌矿再采用十八胺进行捕收”的选别流程所获得的指标更加良好,且药剂用量明显减小,大大简化了浮选流程。

2.5 全流程闭路试验

通过上述条件试验,确定了最佳的药剂制度,为了进一步提高铅和锌的品位及回收率,在开路流程中增加了铅精选、铅扫选以及锌精选和锌扫选,并在此基础上进行了全流程闭路试验。全流程闭路试验流程及药剂制度见图 9。全流程闭路试验结果见表 4。

3 结论

(1) 青海某硫氧混合铅锌矿中的有用矿物主要

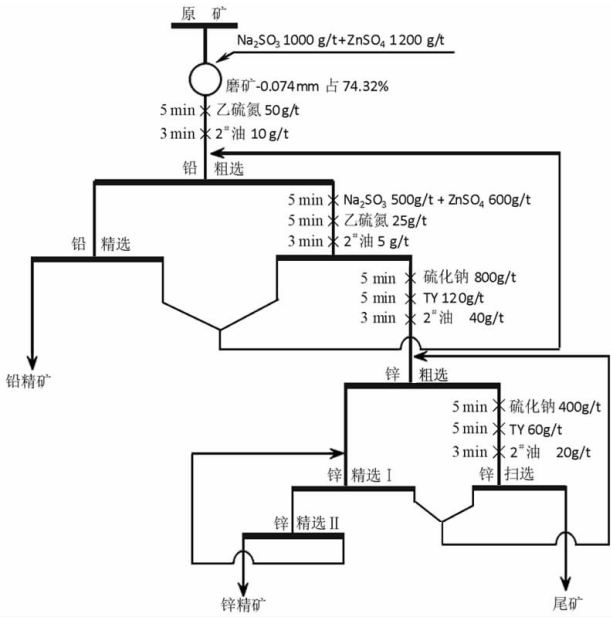


图 9 闭路试验流程
Fig. 9 Flowsheet of closed - circuit test

表 4 闭路试验结果
Table 4 Results of closed - circuit test

产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
		Pb	Zn	Pb	Zn
铅精矿	9.20	66.39	0.54	97.13	2.30
锌精矿	3.63	0.65	53.11	0.38	89.23
尾矿	87.17	0.18	0.21	2.50	8.47
原矿	100.00	6.29	2.16	100.00	100.00

以方铅矿、闪锌矿、菱锌矿、黄铁矿为主。脉石矿物主要以石英、白云石、高岭土和伊利石为主。其中,白云石、伊利石易泥化,影响磨矿及选别效果,增加了选别难度。

(2) 针对该硫氧混合铅锌矿特点,采用浮选新工艺:磨矿—抑锌浮铅(一次粗选、一次精选、一次扫选)—再浮锌(一次粗选、一次扫选、二次精选),获得了铅精矿铅品位和回收率分别为 66.39%、97.13%,锌精矿锌品位和回收率分别为 53.11%、89.23% 的选别指标。

(3) 锌浮选工艺采用新型捕收剂 TY,该药剂可同时捕收硫化锌和氧化锌矿,浮选指标良好,为复杂混合铅锌矿的浮选提供了一定的借鉴意义。

参考文献:

[1] 刘杰,纪军,孙体昌,等. 某复杂难选铅锌多金属硫化矿选矿试验研究[J]. 有色金属(选矿部分),2010(2): 13-16,34.

- H_2O at 323 K[J]. Journal of chemical & engineering data, 2016, 61(7):2419–2425.
- [11] Yin Q, Mu P, Tan Q, et al. Phase equilibria for the aqueous reciprocal quaternary system $\text{Rb}^+, \text{Mg}^{2+} // \text{Cl}^-$, borate – H_2O at 348 K[J]. Journal of chemical & engineering data, 2014, 59(7):2235–2241.
- [12] Li H, Liu L, Yu X, et al. The phase diagram and physico-chemical properties of the quaternary system $\text{Li}^+, \text{Rb}^+, \text{Mg}^{2+} // \text{borate} - \text{H}_2\text{O}$ at 348 K[J]. Russian journal of physical chemistry A, 2015, 89(9):1572–1577.
- [13] Yan F, Yu X, Yin Q, et al. The solubilities and physico-chemical properties of the aqueous quaternary system $\text{Li}^+, \text{K}^+, \text{Rb}^+ // \text{borate} - \text{H}_2\text{O}$ at 348 K[J]. Journal of chemical & engineering data, 2013, 59(59):110–115.
- [14] Duan X, Zeng Y, Luo J, et al. Stable phase equilibrium of aqueous quaternary system $\text{Li}^+, \text{Rb}^+, \text{Mg}^{2+} // \text{borate} - \text{H}_2\text{O}$ at 298.2 K[J]. Journal of chemical engineering of Japan, 2017, 50(7):470–475.
- [15] Yu X, Zeng Y, Guo S, et al. Stable phase equilibrium and phase diagram of the quinary system $\text{Li}^+, \text{K}^+, \text{Rb}^+, \text{Mg}^{2+} // \text{borate} - \text{H}_2\text{O}$ at $T = 348.15 \text{ K}$ [J]. Journal of chemical & engineering data, 2016, 61(3):1246–1253.
- [16] F. Wang and B. Hu. Solubility prediction of $\text{RbCl} - \text{Rb}_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ system at 25 °C using pitzer ion – interaction model[J]. Russ. j. inorg. chem., 2010, 55(3):441–443.
- [17] Kalinkin A M, Vasin S K, Antropova O V. Solubility diagram of (lithium sulfate + sodium sulfate + rubidium sulfate)_(aq) at the temperature 298.15 K[J]. J. chem. thermodyn., 1994, 26(1):91–100.
- [18] Wang F Y. Thermodynamic simulation on $\text{Rb}_2\text{SO}_4 - \text{CS}_2\text{SO}_4 - \text{MgSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ system at 25 °C [J]. Asian j. chem., 2013, 25(13):7631–7632.
- [19] 宋彭生. 湿渣法在水盐体系相平衡研究中的应用[J]. 盐湖研究, 1991(1):15–23.
- [20] 中国科学院青海盐湖研究所分析室. 卤水和盐的分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [21] 房春晖. 一个预测盐湖卤水密度的新的理论模型: 盐湖化学基础理论研究之一[J]. 盐湖研究, 1990(2):15–20.

引用格式: 陈瑜, 孙洪波, 曾英, 等. 三元体系 $\text{Rb}^+, \text{Mg}^{2+} // \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ 298 K 稳定相平衡研究[J]. 矿产保护与利用, 2019, 39(1):73–77.

CHEN Yu, SUN Hongbo, ZENG Ying, et al. Stable phase equilibrium in the ternary system $\text{Rb}^+, \text{Mg}^{2+} // \text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{O}$ at 298 K [J]. Conservation and utilization of mineral resources, 2019, 39(1):73–77.

投稿网址: <http://kcbh.cbpt.cnki.net>

E-mail: kcbh@chinajournal.net.cn

(上接第72页)

- [2] 罗仙平, 邱延省, 胡玖林, 等. 某复杂铅锌硫化矿选矿工艺试验研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2003(4):1–3, 27.
- [3] 肖巧斌. 某难选复杂铅锌矿石选矿工艺研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2010(3):26–28, 32.
- [4] 赵福刚. 我国铅锌矿选矿技术现状[J]. 有色矿冶, 2007(6):20–25.
- [5] 杨进忠, 陈晓青, 毛益林, 等. 复杂难选硫化—氧化混合铅锌矿选矿分离技术[J]. 矿产综合利用, 2012(5):11–14.
- [6] 尤腾胜, 文书明, 胡天喜, 等. 某低品位铅锌矿的选矿工艺试验研究[J]. 矿产保护与利用, 2008(1):26–29.
- [7] 陈锦全, 魏宗武, 陈晔. 越南某难选铅锌矿石浮选分离试验研究[J]. 矿业研究与开发, 2008, 28(6):44–46.
- [8] 喻连香. 低品位铅锌矿选矿工艺的研究[J]. 广东有色金属学报, 2003(1):13–17.
- [9] 江冠男, 孙体昌, 纪军. 复杂多金属银铅锌矿渣选矿研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2007(1):20–23.
- [10] 罗仙平, 严群, 谢明辉, 等. 某氧化铅锌矿浮选工艺试验研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2005(1):7–10, 6.
- [11] 周强. 云南某铅锌矿选矿工艺试验研究[J]. 矿冶工程, 2005(6):41–44.

引用格式: 聂琪, 武俊杰. 新型捕收剂在青海某混合铅锌矿分选中的应用[J]. 矿产保护与利用, 2019, 39(1):69–72, 77.

NIE Qi, WU Junjie. Experimental research on mineral processing of lead – zinc ore in Qinghai Province[J]. Conservation and utilization of mineral resources, 2019, 39(1):69–72, 77.

投稿网址: <http://kcbh.cbpt.cnki.net>

E-mail: kcbh@chinajournal.net.cn