

大冶铜绿山坑采难选矿石选铜试验研究

龙仲胜¹ 张 芹² 孙志勇² 张兴旺²

(1. 中南大学; 2. 武汉科技大学)

摘 要 为改善大冶铜绿山坑采难选矿石的选铜指标,进行了较详细的实验室浮选试验。结果表明:混合捕收剂有利于提高铜的回收率;添加调整剂 SB-1 可较好地解决云母类脉石对铜浮选的干扰问题;将异丁黄药与丁铵黑药按 2:1 比例混合作为混合捕收剂,采用添加 SB-1 的中矿再磨闭路流程,可获得精矿铜品位 20.51%、铜回收率 93.37%、金品位 12.48 g/t、金回收率 73.60% 的较好选铜指标。

关键词 坑采难选矿石 选铜 混合捕收剂 调整剂 SB-1 中矿再磨

Experimental Study on Copper Separation from Refractory Ore of Lushankeng Open-Pit Mine of Daye Non-Ferrous Metal Co.

Long Zhongsheng¹ Zhang Qin² Sun Zhiyong² Zhang Xingwang²

(1. Central South University; 2. Wuhan University of Science and Technology)

Abstract In order to improve the copper beneficiation performance of the refractory ore from Daye Co. & Tonglushan Open-Pit Mine, detailed laboratory flotation test was made. The results show that mixed collector can be beneficial to the improvement of copper recovery, addition of SB-1 regulator can well solve the interference of mica type gangues to the copper flotation. The application of the collector mixed by isobutyl xanthate and butylammonium aerofloat in 2:1 ratio and SB-1 in the flowsheet including closed-circuit middling regrinding obtained rather good copper separation indexes. The concentrate has a copper grade of 20.51%, copper recovery of 93.37%, gold grade of 12.48 g/t and gold recovery of 73.60%.

Keywords Refractory ore from open-pit mining, Copper separation, Mixed collector, Regulator SB-1, Middling regrinding

铜绿山矿床是典型的岩浆期后接触交代型高中温热液矿床,即矽卡岩型矿床。矿床在岩体中和接触带附近的大理岩中均有显著的蚀变,主要有 4 种蚀变类型:一是碱质交代,出现在矽卡岩两侧的岩浆岩中,又分为钠质交代和钾质交代;二是钙质交代,在矽卡岩内侧内接触带产生,分为透辉石化和基性斜长石化;三是矽卡岩化,主要交代以碳酸盐岩为主,与铜铁矿体密切共生,矽卡岩即是赋存矿体的主要岩石;四是热液蚀变,主要有金云母化、绿泥石化、蛇纹石化、碳酸盐化和硅化等。矿床中矿石类型较复杂,有铁矿石、铜铁矿石、铜矿石、铜硫矿石、钼矿石等。其中,铜铁矿石是主要的矿石类型,铜储量占全区铜总储量的 76.7%,铁储量占全区铁总储量的 85.2%,原生铜铁矿石含铜 0.49%~8.08%,含铁 27.89%~54.17%;其次是铜矿石,铜储量占全区铜储量的 23.30%,原生铜矿石含铜 0.60%~6.59%。

目前选厂选别的原矿按矿石类型可分为氧化矿

和硫化矿,精矿产品主要为铜精矿和铁精矿。由于矿石性质变化较大,坑采的部分矿石(现场称坑采难选矿)选铜指标起伏很大,一直未能得到很好的解决。本研究对现场提供的坑采难选矿石样品进行详细的实验室选铜试验。

1 矿样性质

矿样的化学多元素分析结果见表 1。

表 1 矿样化学多元素分析结果 %

成分	Cu	TFe	FeO	Fe ₂ O ₃	Co	S	SiO ₂	Al ₂ O ₃
含量	1.16	32.48	16.72	27.51	0.010	1.28	16.50	4.32
成分	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	Au [*]	Ag [*]	
含量	14.49	4.19	0.27	0.09	0.75	0.88	7.52	

* Au、Ag 的含量单位为 g/t。

对采集的标本进行显微镜下鉴定、X 射线衍射分析和电子探针分析,可知矿石的组成矿物种类极

龙仲胜(1965—),男,中南大学资源加工与生物工程学院,硕士研究生,410083 湖南省长沙市。

其复杂。金属矿物主要是磁铁矿、半假象-假象赤铁矿、褐铁矿、斑铜矿和孔雀石,其次是铜蓝、辉铜矿、黄铁矿、菱铁矿,偶见自然铜、赤铁矿、自然金、白铁矿、闪锌矿和方铅矿的零星分布;脉石矿物主要为方解石、白云石、石英、金云母和高岭石,其次是阳起石、透闪石、石榴石、透辉石、铁白云石和绢云母等;副矿物有锆石、独居石、磷灰石、金红石、萤石和绿帘石等。脉石矿物中透明矿物含量高,手标本中尤以金云母含量高。金云母呈鳞片状,颜色为褐黄色-绿色,解理面显珍珠光泽,粒度大小不均匀。偏光显微镜下金云母呈褐色,片状,解理发育,粒径从 5 mm 到 0.05 mm 不等。

2 条件试验

2.1 磨矿细度试验

试验流程及条件见图 1,试验结果见图 2。

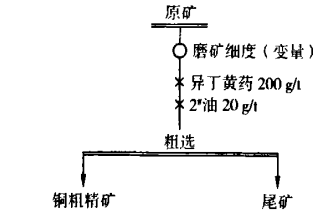


图 1 磨矿细度试验流程及条件

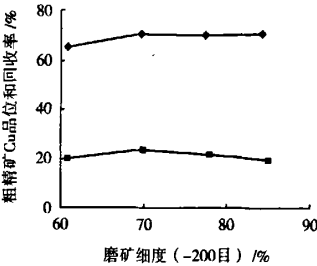


图 2 磨矿细度试验结果

■ - Cu 品位; ◆ - Cu 回收率

从图 2 中可以看出,磨矿细度低于 -200 目 70% 时,铜回收率随磨矿细度的提高而逐渐上升,超过这一细度后铜回收率基本稳定,但铜品位趋于降低,因此磨矿细度以 -200 目 70% 为宜。

2.2 捕收剂试验

在磨矿细度为 -200 目 70%、2#油用量为 20 g/t 条件下,以丁黄药、乙硫氮、异丁黄药和 Z-200 为捕收剂(用量 200 g/t)进行粗选试验,结果均不理想,突出的问题是铜回收偏低,故将上述捕收剂分别与丁胺黑药按 2:1 的比例混合,按与单一捕收剂试验相同的条件进行混合捕收剂试验,试图提高铜的回收率。试验结果见表 2。

表 2 不同混合捕收剂的粗选结果 %

与丁胺黑药配合药剂	产 品	产 率	铜品位	铜回收率
异丁黄药	粗精矿	4.32	19.71	76.71
	尾矿	95.68	0.27	23.29
	原矿	100.00	1.11	100.00
Z-200	粗精矿	4.01	19.89	72.51
	尾矿	95.99	0.32	27.49
	原矿	100.00	1.1	100.00
丁黄药	粗精矿	3.49	21.92	70.18
	尾矿	96.51	0.34	29.82
	原矿	100.00	1.09	100.00
乙硫氮	粗精矿	3.49	21.64	70.13
	尾矿	96.51	0.34	29.87
	原矿	100.00	1.08	100.00

由表 2 可以看出,将异丁黄药与丁胺黑药混合使用时铜回收率最高,故确定以异丁黄药与丁胺黑药按 2:1 比例混合的混合药剂作为捕收剂,进行了捕收剂粗选用量试验(试验其它条件同上),结果见表 3。由表 3 可知,混合捕收剂粗选用量应为 200 g/t。

表 3 混合捕收剂粗选用量试验结果 %

捕收剂用量 / (g/t)	产 品	产 率	铜品位	铜回收率
100	粗精矿	3.59	21.31	65.95
	尾矿	96.41	0.41	34.05
	原矿	100.00	1.16	100.00
150	粗精矿	4.57	19.20	75.64
	尾矿	95.43	0.30	24.36
	原矿	100.00	1.16	100.00
200	粗精矿	4.58	19.40	76.60
	尾矿	95.42	0.28	23.40
	原矿	100.00	1.16	100.00
220	粗精矿	4.91	18.03	76.32
	尾矿	95.09	0.29	23.68
	原矿	100.00	1.16	100.00
250	粗精矿	5.27	16.98	77.14
	尾矿	94.73	0.28	22.86
	原矿	100.00	1.16	100.00

3 闭路流程试验

根据条件试验结果,结合现场生产工艺,进行了多种开路流程试验,在此基础上,进行了粗扫选精矿合并闭路流程(流程 I)试验和中矿再磨闭路流程(流程 II)试验。试验流程及条件分别见图 3、图 4,试验结果见表 4。

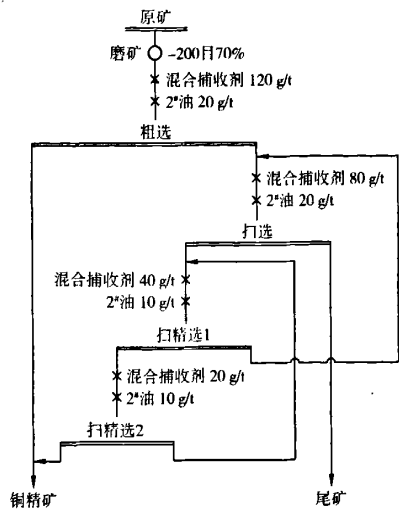


图3 粗扫选精矿合并闭路试验流程(流程I)及条件

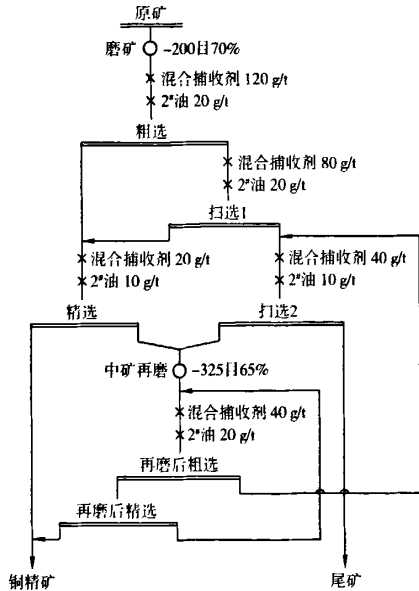


图4 中矿再磨闭路试验流程(流程II)及条件

表4 闭路流程试验结果 %

流程	产品	产率	品位		回收率	
			Cu	Au*	Cu	Au
I	铜精矿	5.44	19.06	11.63	91.76	71.89
	尾矿	94.56	0.098	0.26	8.24	28.11
	原矿	100.00	1.13	0.88	100.00	100.00
II	铜精矿	6.17	17.16	10.13	92.07	71.03
	尾矿	93.83	0.097	0.27	7.93	28.97
	原矿	100.00	1.15	0.88	100.00	100.00

* Au品位的单位为g/t。

表4结果表明,两个流程的试验指标均不够理想,其中中矿再磨流程的铜回收率虽比粗扫选精矿

合并流程略有提高,但精矿铜品位下降近2个百分点。对两流程的尾矿进行显微镜下观察,发现其中铜的连生体都很少。由此可以推断,影响选别指标的原因不是矿物单体解离不够。根据试验现象进行分析,认为该坑采难选矿石中大部分铜矿物较易浮,所以粗选指标较易控制,但矿石中云母含量较高,在闭路流程中,随着中矿的循环,云母对少部分可浮性较差的铜矿物形成干扰,影响了铜矿物的选择性浮选,导致最终精矿指标不够理想;中矿再磨后,随着矿石粒度下降,云母的干扰越发明显。因此,消除云母等脉石矿物的干扰是改善该坑采难选矿石最终选铜指标的关键。

为解决上述问题,进行了大量的调整剂种类和用量试验,发现添加少量调整剂SB-1可以大大改善浮选指标,浮选过程也变得易于控制。表5是添加调整剂SB-1的粗扫选精矿合并闭路流程(流程III)和添加调整剂SB-1的中矿再磨闭路流程(流程IV)的试验结果。试验中两个流程的流程结构、磨矿细度及混合捕收剂和2#油的药剂制度分别与流程I、流程II完全相同,只是流程III在流程I的基础上分别对扫精选1和扫精选2作业增添了200和50 g/t SB-1,流程IV在流程II的基础上分别对扫选1和再磨后粗选作业增添了200和80 g/t SB-1。

表5 添加调整剂闭路流程试验结果 %

流程	产品	产率	品位		回收率	
			Cu	Au*	Cu	Au
III	铜精矿	5.53	19.05	11.46	93.23	72.02
	尾矿	94.47	0.081	0.26	6.77	27.98
	原矿	100.00	1.13	0.88	100.00	100.00
IV	铜精矿	5.19	20.51	12.48	93.37	73.60
	尾矿	94.81	0.08	0.25	6.63	26.40
	原矿	100.00	1.14	0.88	100.00	100.00

* Au品位的单位为g/t。

比较表4和表5结果可以看出,添加调整剂SB-1后,粗扫选精矿合并流程在精矿铜品位和金回收率基本相同的情况下,铜回收率提高了1.47个百分点;中矿再磨流程精矿铜品位提高了3.35个百分点,金品位提高了2.35 g/t,铜回收率提高了1.30个百分点,金回收率提高了2.03个百分点。

添加调整剂SB-1的中矿再磨流程获得了铜精矿铜品位20.51%、金品位12.48 g/t、铜回收率93.37%、金回收率73.60%的较好指标,且所有指标在4个流程中均为最高,表明大冶铜绿山坑采难选矿石宜采用添加调整剂SB-1的中矿再磨流程选铜。

(下转第110页)

品保存为一定的格式,以便能在 Internet、Adobe Acrobat、Power Point、Director 里发布。下面以上述摇床作品为例进行说明。

选择主菜单中的 File→Save Internet file 命令,打开 Save Cult 3D Internet file 对话框,在文件名旁边的文本框中取名(如“摇床调坡仿真控制 1. co”),然后单击保存按钮,打开 Save settings 对话框。选择 Object motions 标签并单击 Select all 按钮,选中所有的对象,在 Compression(压缩)选项下的列表中选择压缩为 Wavelet,接着按一下 Assign(指派)按钮,将压缩方式赋给所有的对象(如图 8 所示)。

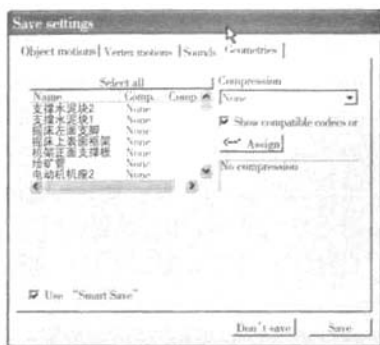


图 8 Save settings 对话框(Object motions)

选择 Geometries(压缩)标签,单击 Select all 按钮选中所有的对象,在 Compression(压缩)选项下的列表中选择压缩为 Mesh Level 2(如图 9 所示)。单击 Save(保存)按钮进行保存,最终文件的后缀是.co。这个文件可以直接用 Internet Explorer 浏览器或其它网络浏览器观看并进行相应的控制操作,只需在其文件名上单击右键再选择打开方式即可(参见图 10)。

5 结 语

三维动画交互性仿真控制技术不仅能非常直观形象地展现机械产品的工作过程及动态效果,而且



图 9 Save settings 对话框(Geometries)



图 10 在 IE 浏览器中浏览的效果

还能实现对机械产品的模拟控制性操作,因此不但要利用它来进行机械产品的广告宣传、性能演示,还应对其进行进一步的开发、完善,使其在机械产品的研发设计、实验仿真、生产应用、自动控制等方面发挥更重要的作用。

参 考 文 献

- [1] 王 飞. 虚拟现实仿真决策的理论与应用研究[D]. 北京:北京航空航天大学,2000.
- [2] 李正浩,金城元,朴光宇. 三维魔术——Cult 3D & 3Ds MAX [M]. 北京:电子工业出版社,2002.
- [3] Harrison A. Belt conveyor research 1980—2002[J]. Bulk Solids Handling, 2001, 21(2): 159-165.
- [4] 李 畅,左正兴,黄心渊. 实用虚拟现实系统中动画的实现[J]. 计算机仿真, 2002, 19(6): 25-26.

(收稿日期 2007-10-25)

(上接第 63 页)

4 结 论

(1)使用混合捕收剂比单一捕收剂更有利于提高铜绿山坑采难选矿石的选铜回收率。

(2)铜绿山坑采难选矿石中含较多金云母,在闭路流程中会随中矿循环恶化选铜指标,但这一现象在开路试验时并不明显。

(3)添加调整剂 SB-1 可较好地解决云母类脉石的干扰问题,明显改善选铜指标。

(4)将异丁黄药与丁铵黑药按 2:1 比例混合作为混合捕收剂,采用添加调整剂 SB-1 的中矿再磨浮选流程处理铜绿山坑采难选矿石,可获得铜品位 20.51%、铜回收率 93.37%、金品位 12.48 g/t、金回收率 73.60% 的铜精矿。(收稿日期 2007-10-20)

作者：[龙仲胜](#)，[张芹](#)，[孙志勇](#)，[张兴旺](#)，[Long Zhongsheng](#)，[Zhang Qin](#)，[Sun Zhiyong](#)，[Zhang Xingwang](#)

作者单位：[龙仲胜, Long Zhongsheng \(中南大学\)](#)，[张芹, 孙志勇, 张兴旺, Zhang Qin, Sun Zhiyong, Zhang Xingwang \(武汉科技大学\)](#)

刊名：[金属矿山](#) 

英文刊名：[METAL MINE](#)

年，卷(期)：2007 (12)

被引用次数：1次

引证文献(1条)

1. [杨丙乔](#), [邓冰](#), [左倩](#), [王飞](#), [张芹](#) [铜绿山铜铁矿深部矿石中铜的可选性研究](#)[期刊论文]-[金属矿山](#) 2010 (8)

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jsks200712015.aspx