

# 提高云南普朗斑岩铜矿石中贵金属回收率的研究

杨玉珠, 张杰, 郭宇, 张曙光

(昆明冶金研究院选矿研究部, 云南, 昆明, 650031)

**摘要:**斑岩铜矿一般铜品位较低,需要综合回收其他伴生金属,以提高经济效益。为提高云南普朗斑岩铜矿贵金属的回收率,本文进行了多种捕收剂组合使用的选矿试验研究,得到了比使用单一捕收剂优良的结果,并在半工业试验中予以证实。

**关键词:**斑岩铜矿; 捕收剂组合; 贵金属回收率

**中图分类号:**TD982 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2009)06-0025-04

## 1 前言

铜矿石中常常伴生有金,其品位高低不一,赋存状态也各不相同。一般情况下,大部分金能和硫化铜矿物一同浮起而进入铜精矿,达到综合回收的目的。但金的回收率总是比铜低,因此提高伴生金的回收率,是许多企业努力的方向。

提高伴生金的回收率,实际上是既要提高硫化铜矿物的回收率,也要提高含金比较多的其他矿物的回收率。这些矿物在可浮性上显然有强弱不同的差异,要使它们一同浮游,一是采用较强的捕收剂,促使可浮性稍差的含金矿物上浮;二是将不同性能的捕收剂组合使用,以适应可浮性不同的矿物的需要。

国内不少企业和研究单位,对捕收剂进行过大量的研究。捕收剂的混合使用,已成为浮选药剂研究的重要方向,其中对硫化铜矿石捕收剂的研究,多集中在提高铜和贵金属的综合回收指标上<sup>[1,2]</sup>。如德兴铜矿与中南大学采用 Mac-12 和少量丁黄药作捕收剂,使铜的回收率提高 1%,金的回收率提高了 7%<sup>[3]</sup>;冬瓜山铜矿采用 TLF-201 捕收剂代替 Y-89,提高了选择性和金银回收率<sup>[4]</sup>。国内一些大型铜选厂,也常将两种以上的捕收剂一同使用,以保证取得较好的浮选结果<sup>[1,5]</sup>。

笔者在进行普朗铜矿选矿工艺设计的过程中,也对此进行了研究,并根据业主要求,采用市场上已生产供应的捕收剂进行组合,取得了良好的结果。

## Technological Tests for Separating a Low-grade Weak-magnetic Oxidized Iron Ore

CHEN Jian<sup>1</sup>, LI Xiao-bo<sup>2</sup>, XIONG Shu-hua<sup>2</sup>

(1. SLon Magnetic Separator Ltd., Ganzhou, Jiangxi, China;

2. Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou, Jiangxi, China)

**Abstract:** The treatment of low-grade weak-magnetic oxidized iron ores often is a difficult problem in the field of mineral processing. Directed at the characteristics of the low-grade weak-magnetic oxidized iron ore - the grade of the raw ore is only 28.34%, and using experience of processing Anshan-type red iron ores for reference, a combined flowsheet of low intensity magnetic separation - high intensity magnetic separation - stage grinding - reverse flotation is adopted. The final iron concentrate of 64.95% Fe with a recovery of 72.17% is obtained.

**Key words:** Oxidized iron ore; High intensity magnetic separation; Revers flotation

收稿日期:2009-03-17

作者简介:杨玉珠(1963-),女,高级工程师,主要从事选矿工艺技术研究。

## 2 矿石性质

普朗铜矿矿床属斑岩型硫化铜矿石,铜、金、银的品位均比较低,而且由于矿床处于深切割地带,铜的氧化率相对较高。

该矿石的化学组成见表1,铜的物相分析见表2。

工艺矿物学研究表明,矿石中主要金属矿物为黄铜矿、磁赤铁矿、黄铁矿,脉石矿物有石英、斜长石、微斜长石、白云母、高岭石、钙铁辉石、白磷石。

黄铜矿为主要含铜矿物,产出粒度相对较粗,在

表1 矿石化学多元素分析结果/%

Cu	Mo	Fe	S	Pb	Zn	As	Na	Sn	Ni
0.79	0.006	3.67	1.29	<0.05	0.035	<0.1	1.35	<0.01	0.0023
Se	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Au*	Ag*	Pt*	Pd*	
0.00042	4.35	2.81	11.96	65.60	0.2	2.6	<0.1	<0.1	

\*含量单位为g/t。

表2 铜物相分析结果

相别	自由氧化铜中的铜	结合氧化铜中的铜	次生硫化铜中的铜	原生硫化铜中的铜	总铜
含量/%	0.043	0.0078	0.012	0.73	0.79
分布率/%	5.44	0.98	1.53	92.05	100.00

0.15~0.074mm之间,已有56%单体解离,其他多与石英、长石共生;矿石中的黄铁矿不多,含量约为0.6%,只有少数与黄铜矿连生,而且在黄铁矿中没有发现以类质同象存在的晶格金;矿石中的金主要以独立的自然元素矿物—含银自然金、银金矿、含金自然银的形式存在,产出粒度极细,76%小于37μ,有30%左右小于10μ,多呈被其他矿物包裹的状态存在,根据统计计算,被石英、长石包裹的约占54%,这对于金的回收很不利。

## 3 试验研究

### 3.1 原设计试验流程及指标

普朗斑岩铜矿石原设计试验流程如图1所示,2t/d规模的连续浮选试验结果见表3。

从表3可知,采用粗磨粗选—粗精矿再磨精选的工艺流程,铜的选别指标令人满意,且流程结构合理,药剂条件简单,但在贵金属的综合回收方面,仍有改善的空间。业主希望:(1)不变动已有的工艺流程;(2)完全采用市场上大批量供应的浮选药剂,来研究改进综合回收贵金属的途径。并重新采取矿样,开展这方面的研究。

### 3.2 组合捕收剂闭路试验对比

针对矿石性质的特点以及业主要求,笔者认为:(1)需要进一步强化对硫化铜矿物的捕收能力,

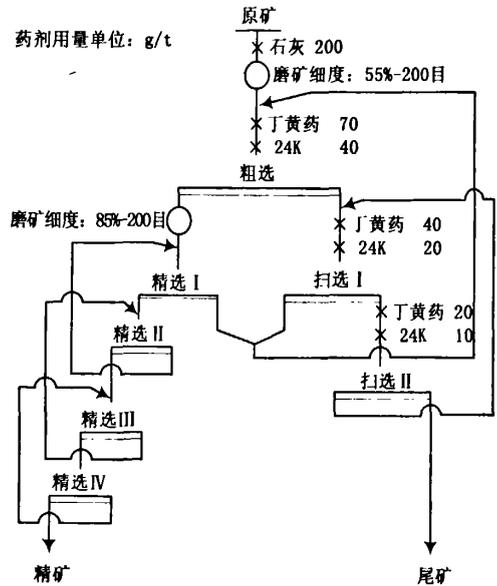


图1 原设计试验流程

表3 原设计流程连续浮选试验指标

项目	原矿 Cu 品位 /%	铜精矿/%			尾矿 Cu 品位 /%
		产率	品位	回收率	
九个班综合平均	0.64	2.358	24.59	90.59	0.063
流程查定结果	0.63	2.300	24.78	90.47	0.062

使包裹在硫化物内的金、银最大限度地回收回来,在不降低铜精矿品位的前提下,提高铜的回收率;(2)需要寻找比单一的丁黄药更强的捕收剂,把包裹有金但可浮性稍差的其他矿物(或者是包裹有金,但在磨细后能裸露出少量金的脉石矿物)也回收得到铜

精矿中来。从这两点出发,将研究集中在捕收剂组合使用上。

为实现“只能采用市场上大批量供应的药剂”这一要求,笔者从几个国内知名的浮选药剂厂家—青岛澳通选矿药剂厂、青岛栖霞选矿药剂厂、昆明澳通选矿药剂公司及德兴铜矿选矿药剂厂的生产品种中,挑选了以下几种药剂:

丁基黄药、丁基铵黑药、Y-89(异构黄药类)、AP、AT-420、AT-380、AT-680(以上三种均属异构黄药类)、AT-2200(硫氨基酯类)、ATXD370(混合异构黄原酸盐)、高效复合捕收剂。

根据过去的研究成果,参照国内一些选厂已有的经验,笔者将几组不同的捕收剂组合进行了闭路浮选试验,并与单一丁黄药进行了对比,其结果见表4。

表4 不同捕收剂组合闭路试验结果

浮选药剂 /g·t <sup>-1</sup>	铜精矿 产率 /%	精矿品位		回收率/%	
		Cu /%	Au /g·t <sup>-1</sup>	Cu	Ag
丁黄药 70 24K	2.75	23.07	4.30	89.94	56.76
AP+丁黄药 30+30 111	3.74	18.17	4.20	88.80	77.71
AP+丁黄药 35+35 24K	2.62	22.43	4.60	88.30	57.42
AP+丁黄药 23+47 24K	2.72	22.10	4.90	88.52	63.48
Y89+丁铵黑药 40+30 24K	2.76	22.53	4.80	89.62	60.00
AT420+AT380 40+30 24K	2.69	22.66	4.80	85.85	61.48
AT680+丁铵黑药 50+20 24K	2.69	23.88	4.60	90.52	59.67
AT2200+高效复合捕收剂 35+35 24K	4.02	18.29	3.50	92.18	65.76
ATXD370 80 24K	2.94	22.19	4.70	88.88	69.95
AT420+丁黄药+AT370 20+25+25 24K	2.76	22.20	4.70	90.91	61.81

从表4可以看到,所有的捕收剂组合,其金的回收率均比单一采用丁黄药高,但是出乎意料的是铜的回收率却不是每一种捕收剂组合都能比丁黄药好,说明有些捕收剂组合只是对含金的脉石矿物有效。

在保证铜精矿品位在22%以上的条件下,能同时使铜和金的回收率都能提高的捕收剂组合有以下两种:AT420+丁黄药+ATXD370和AT680+丁铵黑药。值得注意的是另有两种捕收剂组合:AP+丁黄药+起泡剂111和AT2200+高效复合捕收剂+起泡剂24K,虽然其铜精矿品位下降到18%左右,但金的回收率却提高了10%~20%,这在一些允许适当降低铜精矿品位的场合是有应用价值的。

### 3.3 半工业试验

按15t/d规模进行了半工业试验,连续运转7d。半工业试验采用的捕收剂组合,并不是小型闭路试验得出的最佳组合,而是根据业主的意见以及当时已得到的捕收剂的数量能否适应半工业试验的需要确定的。最终选择的药剂组合为AP+丁黄药+24K,获得的指标与小型闭路试验的对比见表5。

从表5可以看出,半工业试验的指标与小型闭路试验是吻合的,证明小型闭路试验得出的规律是正确的。

对半工业试验的尾矿,采用与原矿工艺矿物学研究相同的手段,对金的赋存状态进行了研究,在大量的矿粒中,仅发现一颗含金的硫化物,其他都是脉石矿物包裹金,经计算其分布状态为硫化物含金占8%,脉石矿物含金占92%,证明采用组合捕收剂后,硫化物含金已经得到充分回收。

## 4 结 语

由于该铜矿石中金的赋存多呈被其他矿物包裹

表5 半工业试验与小型闭路试验的指标对比

项目	产品名称	产率 /%	品位/%				回收率/%			
			Cu	Mo	Au	Ag	Cu	Mo	Au	Ag
小型闭路	精矿	2.72	22.10	0.13	4.90	56.50	88.52	59.21	63.48	59.36
半工业试验	精矿	2.52	25.37	0.16	4.36	70.8	87.58	57.60	61.01	59.87

的状态,因此对金的综合回收率将产生不利影响。

针对普朗铜矿的具体情况,研究证实,采用几种捕收剂组合使用,可适应不同赋存状态、有不同可浮

性的含金矿物的浮游,与单一采用丁黄药作捕收剂相比,可以提高铜与金的综合回收指标。对于包裹金较多的矿石,适当降低铜精矿品位,将有助于大幅



## 某氧化铅锌矿石工艺矿物学研究

杨磊, 刘飞燕, 陈晓青, 杨进忠

(中国地质科学院矿产综合利用研究所, 四川 成都 610041)

**摘要:**某氧化铅锌矿石中, 锌矿物有闪锌矿、菱锌矿、红锌矿、异极矿, 铅矿物有方铅矿、白铅矿、铅矾、铅铁矾、磷氯铅矿。目前条件下, 矿石中可回收的矿物为闪锌矿、菱锌矿、方铅矿、白铅矿。闪锌矿、方铅矿粒度细小, 嵌布复杂, 应适度细磨。矿石中含有铅矾、铅铁矾、磷氯铅矿等易泥化矿物, 磨矿后应首先考虑脱泥。脱泥后优先浮选回收闪锌矿、方铅矿, 浮选尾矿中的菱锌矿、白铅矿可使用硫化钠等药剂使其表面硫化, 然后通过浮选回收, 或利用其与脉石矿物的密度差异采用重选回收菱锌矿、白铅矿。

**关键词:**氧化矿石; 菱锌矿; 白铅矿; 铅矾; 脱泥; 重选

**中图分类号:**P616.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2009)06-0028-04

铅锌矿床表层往往存在大量的氧化铅锌矿石, 目前这部分矿石的回收利用多存在问题, 回收率普遍偏低, 有的甚至作为废石剥离, 资源浪费较大。如何有效地利用这部分资源是多数铅锌矿山企业亟待解决的问题。本文从工艺矿物学角度, 通过对矿石

性质的研究, 探讨了某氧化铅锌矿石高效合理的利用途径, 目的是为该类矿石有效利用途径的选择提供参考。

### 1 矿石基本性质

度提高金的回收率。

#### 参考文献:

- [1] 孙传尧. 当代世界的矿物加工技术与装备—第十届选矿年评[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [2] 朱建光. 2007年浮选药剂的进展[J]. 国外金属矿选矿, 2008(4): 1~11.

- [3] 刘广义, 钟宏. 用 Mac-12 提高德兴铜矿铜金钼回收率的研究[J]. 金属矿山, 2005(10): 33~36.
- [4] 叶志中. 新型捕收剂 TCF201 对冬瓜山铜矿的浮选研究[J]. 矿产保护与利用, 2004(4): 36~38.
- [5] 朱建光. 2006年浮选药剂的进展[J]. 国外金属矿选矿, 2007(2): 4~10.

## Study on Increasing Recovery of Precious Metals from Porphyry Copper Ore in Pulang Copper Mine Yunnan

YANG Yu-zhu, ZHANG Jie, GUO Yu, ZHANG Shu-guang  
(Kunming Metallurgy Research Institute, Kunming, Yunnan, China)

**Abstract:** The grade of copper in porphyry copper ores is generally lower, so, the associated metals should be recovered as far as possible to enhance enterprise's economic benefite. In order for increasing the recovery of precious metals from pulang porphyry copper ore in Yunnan, an experimental research on separarion efficiency of many kinds of combined collectors was carried out. Compared with using single collector, better results were obtained by use of combined collectors. This result has also been successfully confirmed by the semi-industrial scale trial.

**Key words:** Porphyry copper ore; Combined collector; Recovery of precious metals

收稿日期: 2009-02-19

作者简介: 杨磊(1964-), 男, 高级工程师, 主要从事工艺矿物学研究。