

## 采用捕收剂 KYY-1 提高钼的浮选回收率

魏霞<sup>1</sup>, 杨玉珠<sup>2,3</sup>, 张晶<sup>2,3</sup>, 吴迪<sup>2,3</sup>

(1. 云南冶金集团股份有限公司, 云南 昆明 650224; 2. 昆明冶金研究院, 云南 昆明 650031;  
3. 云南省选冶新技术重点实验室, 云南 昆明 650031)

**摘要:**云南迪庆某铜钼矿石原矿含铜 0.52%, 含钼 0.11%, 属典型的斑岩型铜钼矿, 铜矿物主要是黄铜矿, 钼矿物主要是辉钼矿。矿石性质研究表明, 该铜钼矿中黄铜矿可浮性良好, 而辉钼矿在细磨后精选过程中极易脱落进入中矿, 导致用常规药剂浮选时, 钼的回收率偏低的问题, 通过对多种捕收剂的研究, 采用捕收剂 KYY-1, 提高了钼的回收率, 达到了 88%, 为该矿产资源的综合利用提供了技术依据。

**关键词:**斑岩铜钼矿石; 钼矿物; 可浮性; 捕收剂; 回收率

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2014.02.005

中图分类号:TD952 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2014)02-0025-04

斑岩铜钼硫化矿石, 国内外多采用粗磨混合浮选, 然后细磨铜钼分离的工艺流程<sup>[1-2,5]</sup>, 一些知名矿山例如 Bagdad 铜钼矿、Morenci 铜钼矿以及我国江西德兴铜矿<sup>[1-3]</sup>、内蒙乌山铜钼矿<sup>[6]</sup>等, 都采用混合浮选—细磨分离的流程。混合浮选的捕收剂多为黄药类, 分离浮选则主要是利用辉钼矿的可浮性优于黄铜矿的特点, 采用抑铜浮钼<sup>[3-4]</sup>的工艺流程。例如智利铜公司所属的铜钼矿, 采用戊基黄药加柴油, 江西铜业公司则是戊基黄药加煤油作混合浮选捕收剂, 由于采用了强力的捕收剂, 常给后续的分选浮选带来困难, 需要强力抑制, 以致钼回收率受影响, 钼的回收率只有 60% ~ 70%。云南迪庆某斑岩铜钼矿石的选矿试验中, 遇到钼矿物可浮性不够理想, 在精选时容易从泡沫中脱落而进入槽内产品, 多次循环后造成钼的回收率不高。常规的浮选药剂制度不能解决这一问题。通过大量研究对比工作, 找到捕收剂 KYY-1, 有效地克服了这一困难, 使钼的回收率提高到了 85% 以上, 为该矿的开发利用提供了有力的支持。

### 1 矿石性质

#### 1.1 矿石化学组成分析

矿石化学组成分析结果见表 1。

表 1 原矿主要化学成分分析结果/%

Table 1 Analysis results of main chemical composition of the raw ore

Cu	Mo	Fe	S	Au*	Pb	Zn
0.52	0.011	3.51	0.93	0.1	<0.05	0.018
Sn	As	Ag*	Na	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<0.02	0.011	1.28	1.72	1.85	2.08	13.03
Pt*	SiO <sub>2</sub>	Ni	Ge	Ga	Pd*	
<0.5	63.23	0.0051	<0.005	0.00044	<0.5	

\* 单位为 g/t。

从表 1 可以看出, 该矿可回收的主要有价金属以铜为主, 并伴生有钼及少量金、银等贵金属。

#### 1.2 原矿矿物组成及含量

本矿石中主要铜矿物为黄铜矿, 微量斑铜矿和砷黝铜矿; 钼矿物主要为辉钼矿, 未见氧化钼矿物; 脉石矿物主要为长石, 其次为石英、黑云母、白云母、绿泥石、角闪石、绿泥石、方解石、磷灰石等。原矿矿物定量检测结果见表 2。

收稿日期:2013-05-28; 改回时间:2013-07-15

作者简介:魏霞(1961-), 女, 副研究员, 主要从事有色金属矿选矿工艺技术研究工作。

表2 矿物组成及含量

Table 2 Composition and content of the ore

矿物	含量/%	矿物	含量/%
辉钼矿	0.024	石英	27.508
黄铜矿	1.540	长石	47.456
斑铜矿	0.001	角闪石	2.146
砷黝铜矿	0.002	白云母	2.749
黄铁矿	0.912	黑云母	8.847
磁黄铁矿	0.019	符山石	0.086
毒砂	0.008	铁铝榴石	0.015
闪锌矿	0.004	绿帘石	1.419
磁铁矿	0.184	钽石	0.003
褐铁矿	0.145	锆石	0.031
磷灰石	0.92	菱铁矿	0.042
钛铁矿	0.008	金红石	0.229
褐帘石	0.027	方解石	1.556
蓝柱石	0.299	铁白云石	0.286
滑石	0.002	磷铝锶石	0.017
绿泥石	3.019	萤石	0.001
楣石	0.396	其他	0.092
刚玉	0.003	合计	100.000

### 1.3 铜、钼的赋存状态

#### 1.3.1 铜的赋存状态及分配率

显微镜下观察,矿石中Cu的含量有0.52%,铜主要以独立矿物的形式赋存在黄铜矿、孔雀石中,铜在主要矿物中的分配率见表3。

表3 铜在主要矿物中的分配率

Table 3 Distribution rate of Cu in main minerals

矿物	重量 /%	铜含量 /%	铜的分配 量/%	铜在各矿物 中的分配比/%
黄铜矿	1.446	34.56	0.50	96.15
孔雀石	0.035	57.48	0.02	3.85
合计	1.481	/	0.52	100.00

#### 1.3.2 钼的赋存状态及分配率

矿石中Mo的含量有0.011%,钼主要以独立矿物的形式赋存在辉钼矿中。钼的分配率见表4。

表4 钼在主要矿物中的分配率

Table 4 Distribution rate of Mo in main minerals

矿物	矿物重量 /%	钼含量 /%	钼的分配 量/%	钼在各矿物中 的分配比/%
辉钼矿	0.018	59.94	0.011	100.00

### 1.4 铜、钼的嵌布特征

#### 1.4.1 黄铜矿嵌布特征

镜下观察,多数为它形粒状晶体,常沿矿石裂隙间分布,或沿裂隙两侧浸染状分布;少量呈稀疏浸染状、尘点状不规则分布于矿石中;极少数可包裹于黄铁矿、黑云母中。黄铜矿多数与石英、长石等矿物连

生;少数包裹少量黄铁矿、闪锌矿、石英、长石等矿物,或与黄铁矿、辉钼矿等矿物连生。粒度在0.005~1mm之间。

#### 1.4.2 辉钼矿嵌布特征

镜下观察,多为半自形-它形粒状,少数片状。常沿矿石裂隙中分布,部分与黄铜矿连生,部分分布于脉石矿物中;辉钼矿中可包裹有极少量黄铜矿,亦有极少量辉钼矿包裹于黄铜矿中。粒度在0.025~0.15mm之间。

### 1.5 工艺矿物学的研究结果

通过工艺矿物学的研究可以看出,该斑岩铜矿石中,除铜之外,钼也有一定的回收价值。

铜矿物为黄铜矿(1.446%)、孔雀石(0.035%),多数黄铜矿嵌布特征对铜的回收较为有利,少量细粒(粒径<0.02mm)黄铜矿稀疏浸染状分布于矿石中,对铜的回收有一定影响。孔雀石由于含量极低,预计难于回收。

钼矿物为辉钼矿(0.018%),部分分布于矿石裂隙中,粒度在0.1~0.15mm之间,有利于综合回收利用;部分分布于脉石矿物中,粒度在0.025~0.1mm之间,其中有少量粒度仅为0.025~0.03mm,对钼的回收有一定影响。

## 2 选矿试验研究

### 2.1 矿石的可选性研究

对矿样按常规的铜钼选矿方法,研究了它的可选性。通过药剂的优化选择,最终确定的流程和药剂条件见图1,试验结果见表5。

表5 常规药剂开路指标

Table 5 Open-circuit test indexes of the usual reagents

产品名称	产率 /%	品位/%		回收率/%	
		Cu	Mo	Cu	Mo
精矿	1.08	21.75	0.24	46.40	25.77
中矿1	0.25	18.3	0.65	8.88	15.87
中矿2	0.40	15.05	0.43	11.93	17.15
中矿3	0.94	5.67	0.17	10.55	15.92
中矿4	4.51	1.36	0.031	12.09	13.87
中矿5	1.39	0.76	0.013	2.08	1.79
中矿6	0.78	0.37	0.0083	0.57	0.64
尾矿	90.65	0.042	0.001	7.51	8.99
原矿	100.00	0.51	0.010	100.00	100.00

对该矿采用常规选矿方法进行浮选,出现了钼

矿物可浮性不佳的现象,只要细磨将钼矿物与铜矿物解离之后,精选时钼就大量进入槽内产品,在精选时补加一些捕收剂进行开路试验,仍然不能使钼充分浮起。并且虽然开路浮选、混合浮选时钼在粗、扫选的回收率已达 90% 以上,但整个流程闭路浮选,最终钼精矿中钼的回收率只有 53%,由于精选时钼上浮不好,反复循环之后,钼就损失在铜精矿和尾矿之中。这就要求我们寻找一种能有效提高钼回收率的捕收剂。

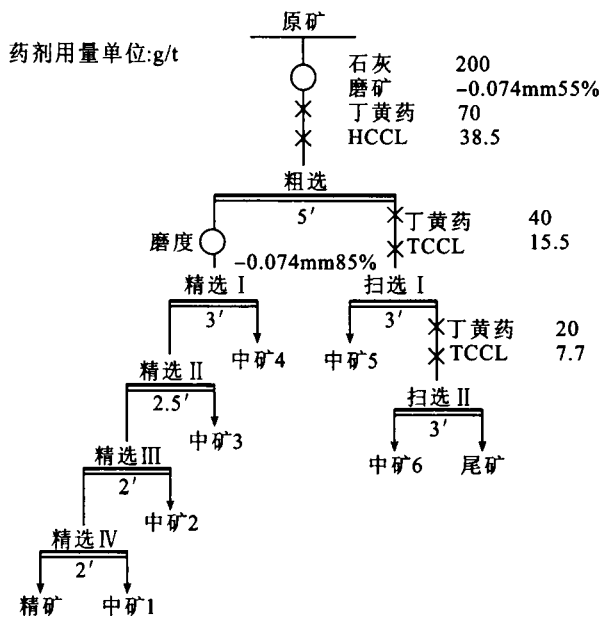


图 1 常规药剂开路试验流程

Fig. 1 Open-circuit test flowsheet by using the usual reagents

2.2 新型捕收剂—KYY-1 的浮选试验研究

国内的一些铜钼矿山,采用混选工艺流程的时候,捕收剂除了丁黄药之外,还采用过 AP、Y89(德兴铜矿采用)等,还有一些捕收能力比丁黄药强的异构黄药(AT-420、AT-680、AT-690等)。通过对许多种捕收剂(包括 AP、Y89、丁铵黑药、AT-420、AT-680、AT-690、AT-2200、异戊基黄药、540、KYY-1)进行对比试验后,找到了一种可以防止钼矿物在精选时掉入中矿的有效捕收剂—KYY-1。该药剂是从国外进口的一种捕收剂,它是一种非极性烃油类捕收剂,分子式:  $C_xH_yS_aO_b$ , 是一种烃油的混合物,粘度不大,微溶于水,可以像添加一般油类捕收剂一样地添加。

2.2.1 不同捕收剂的对比试验

在相同的流程与作业条件下(粗选),几种捕收

剂的对比试验结果见表 6。

表 6 几种捕收剂的试验结果对比

Table 6 Contrast of several collectors

捕收剂种类	产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
			Cu	Mo	Cu	Mo
丁黄药	精矿	9.81	3.85	0.089	84.30	84.32
	尾矿	90.19	0.078	0.0018	15.70	15.68
	原矿	100.00	0.45	0.010	100.00	100.00
Ap	精矿	4.68	8.66	0.18	78.01	81.56
	尾矿	95.32	0.12	0.0020	21.99	18.44
	原矿	100.00	0.52	0.010	100.00	100.00
Y89	精矿	10.55	4.53	0.077	87.69	86.64
	尾矿	89.45	0.075	0.0014	12.31	13.36
	原矿	100.00	0.54	0.0094	100.00	100.00
丁铵黑药	精矿	7.92	5.30	0.11	82.91	82.56
	尾矿	92.08	0.094	0.0020	17.09	17.44
	原矿	100.00	0.51	0.011	100.00	100.00
异戊基黄药	精矿	9.04	5.19	0.10	84.59	83.95
	尾矿	90.96	0.094	0.0019	15.41	16.05
	原矿	100.00	0.55	0.011	100.00	100.00
540	精矿	9.35	3.88	0.11	80.01	83.14
	尾矿	90.65	0.10	0.0023	19.99	16.86
	原矿	100.00	0.45	0.012	100.0	100.0
KYY-1	精矿	4.32	9.00	0.24	87.32	87.84
	尾矿	95.68	0.059	0.0015	12.68	12.16
	原矿	100.00	0.45	0.012	100.00	100.00

2.2.2 新型捕收到开路试验

捕收剂 KYY-1 的开路试验流程见图 2,试验结果见表 7。

表 7 开路试验结果

Table 7 Open-circuit test results by using the new-type collector

产品名称	产率/%	品位/%		回收率/%	
		Cu	Mo	Cu	Mo
精矿	1.11	28.61	0.96	64.08	76.22
中矿 1	0.10	16.86	0.37	3.41	2.65
中矿 2	0.13	11.5	0.22	2.98	2.02
中矿 3	0.29	2.27	0.12	1.35	2.53
中矿 4	3.16	2.3	0.031	14.71	7.03
尾矿	95.21	0.070	0.0014	13.47	9.55
原矿	100.00	0.49	0.014	100.00	100.00

可以看出,几种药剂在粗、扫选时的浮选指标是差不多的,但磨细后精选,使用 KYY-1 作捕收剂,钼就能很好地上浮,明显优于其他药剂。

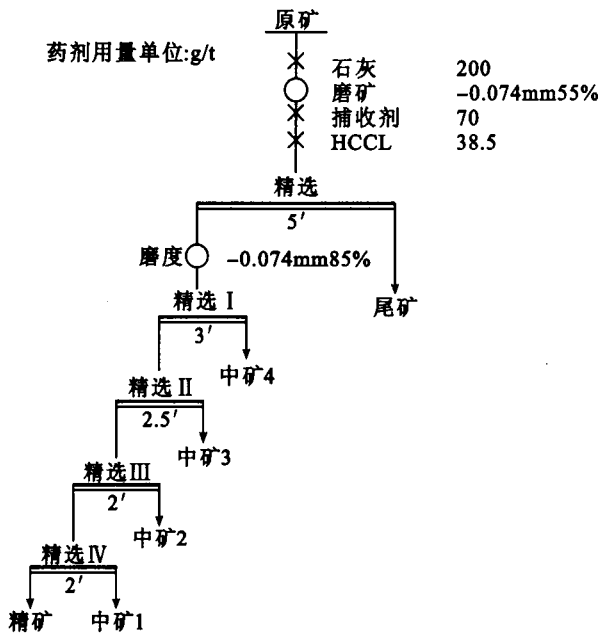


图 2 新型捕收剂开路试验流程

Fig. 2 Open-circuit test flowsheet by using the new-type collector

2.2.3 闭路试验

表 8 闭路试验结果

Table 8 Closed circuit test results

捕收剂	产品名称	产率 /%	品位 /%		回收率 /%	
			Cu	Mo	Cu	Mo
KYY-1	钼精矿	0.022	0.52	44.90	0.02	88.78
	铜精矿	1.848	25.83	0.022	89.66	3.68
	尾矿	98.13	0.056	0.00085	10.32	7.54
	原矿	100.00	0.53	0.011	100.00	100.00
K 丁黄药	钼精矿	0.01	1.79	40.32	0.05	53.69
	铜精矿	1.93	24.20	0.10	89.44	19.12
	尾矿	98.06	0.056	0.0028	10.51	27.19
	原矿	100.00	0.52	0.010	100.00	100.00

采用 KYY-1 作捕收剂的全流程闭路试验(混选流程为一粗两扫二精,铜钼精矿分离浮选流程为一粗一扫五精)以及采用丁黄药作捕收剂的全流程闭路试验(混选流程为一粗两扫四精,铜钼精矿分离浮选流程为一粗一扫五精)指标见表 8。采用 KYY-1 作捕收剂与用丁黄药作捕收剂的结果比较,钼的回收率提高了 35%,说明该捕收剂对钼的浮选是非常有效的。

3 结 论

(1) 该斑岩铜矿含钼 0.011%, 主要以辉钼矿的形式存在, 具有回收价值。但是该矿石中的铜矿可浮性良好, 而辉钼矿在细磨后精选的过程之中极易脱落进入中矿, 导致用常规药剂浮选时, 钼的回收率偏低。

(2) KYY-1 是一种有效的选钼捕收剂, 采用它浮选该钼矿, 使钼的回收率提高了 35%, 为综合利用钼创造了良好条件。

参考文献:

- [1] 张文钰. 钼选矿学技术发展现状与展望[J]. 中国铝业, 2011(1):1-6.
- [2] 李琳, 吕宪俊, 栗鹏. 钼选矿工艺发展现状[J]. 中国矿业, 2012(2):99-103.
- [3] 张宝元. 铜钼矿的浮选及铜钼分离工艺[J]. 化工技术与开发, 2010(5):36-38.
- [4] 雷贵春. 德兴铜矿铜钼分离研究现状及研究方向[J]. 中国铝业, 1998(4):53-56.
- [5] 邱丽娜, 戴慧新. 钼的浮选工艺及药剂现状[J]. 现代矿业, 2009(7):22-23.
- [6] 谷志君, 王越, 苏凯, 等. 某大型铜钼矿可浮性研究[J]. 有色金属:选矿部分, 2009, (2):1-4

Improvement of Flotation Recovery of Molybdenum by Using the Collector KYY-1

Wei Xia<sup>1</sup>, Yang Yuzhu<sup>2,3</sup>, Zhang Jing<sup>2,3</sup>, Wu Di<sup>2,3</sup>

(1. Yunnan Metallurgy Group Co., Ltd., Kunming, Yunnan, China;

2. Kunming Metallurgical Research Institute, Kunming, Yunnan, China;

3. Yunnan Key Laboratory for Beneficiation-Metallurgy New Technology, Kunming, Yunnan, China)

**Abstract:** A copper molybdenum ore in Yunnan Diqing containing containing 0.52% of copper and 0.11% of molybdenum, is a typical porphyry copper molybdenum ore. Copper minerals are mainly pyrite and molybdenum minerals are molybdenite. Research on ore properties showed that the floatability of chalcopyrite in the copper molybdenum ore is good, but the molybdenite after fine grinding is very easy to fall off into the middling during the selection process, which leads to that the recovery of molybdenum is low when the usual reagent was used. Through research on a variety of collectors, it was found that the molybdenum recovery can be improved to 88% the collector of KYY-1 was adopted, which provides the technical basis for the comprehensive utilization of the mineral resources

**Keywords:** Porphyry copper-molybdenum ore; Molybdenum ore; Floatability; Collector; Recovery