

文章编号:1672-4461(2007)04-0033-03

# 低品位铜钼矿石铜钼分离选矿工艺试验研究

郭海宁

(西北矿冶研究院矿物工程研究所,甘肃 白银 730900)

**摘 要:**新疆富蕴县索尔库都克铜钼矿原矿主金属钼的含量很低,在工业利用品位边缘,钼矿物嵌布粒度细,部分与黄铜矿、黄铁矿密切共生,铜钼分离较为困难。经过对该铜钼矿不同磨矿结构流程的对比试验和铜钼浮选工艺流程结构优化,制定出原矿粗磨混合浮选、粗精矿再磨再精选再分离的选矿工艺,同时研发出铜钼分离高效无氰铜抑制剂 $T_{17}$ ,较好地实现了低品位铜钼的有效分离,取得了先进的选别指标。

**关键词:**低品位铜钼矿;混合浮选;再磨再精选再分离;抑铜浮钼; $A_1$ ;水玻璃; $T_{17}$

**中图分类号:**TD92;TD953 **文献标识码:**A

以铜为主伴生有钼的铜钼矿床常以斑岩铜矿型存在,因其储量大,是目前世界提取铜的重要资源,同时也是钼的重要来源。由于本类矿床具有原矿品位低、嵌布粒度细的性质特点,并且辉钼矿具有层状结构,有良好的天然可浮性,常与黄铜矿、黄铁矿密切共生,所以铜钼分离较为困难。新疆富蕴县索尔库都克铜钼矿具有我国伴生钼的斑岩铜矿的共性,研究其适宜的铜钼选矿工艺,从企业经济上和成功技术的应用推广上都具有很重要的意义。本次试验研究主要针对该矿石主金属含量低,铜钼矿物嵌布粒度粗细、不均匀,钼矿物与铜矿物及脉石矿物共生密切的特点,采用阶段磨矿、阶段选别的浮选工艺和混合浮选方法,从铜钼混浮粗选作业和铜钼分离作业进行浮选药剂的择优对比及研发,制定出该矿适宜的选矿工艺流程和药剂制度,取得了较好的试验指标。

## 1 矿石性质

矿石中金属矿物以黄铁矿、黄铜矿为主,其次有辉钼矿、闪锌矿、斑铜矿、辉铜矿、磁黄铁矿等;脉石矿物主要有石英、长石、方解石、白云石、绿泥石、透辉石、石榴石等。矿石结构有它形粒状结构、半自形粒状结构、自形粒状结构、包含结构、蠕虫状结构、固溶体分离结构等。矿石构造以斑状构造为主,其次有斑杂状构造、浸染状构造、脉状构造等。矿石中铜钼品位分别为0.55%、0.021%,属低品位铜钼矿。

### 1.1 矿石化学成分及矿物组成

原矿多元素化学分析结果见表1,其中金银含量单位为g/t;主元素铜钼的化学物相分析结果见表2;矿石矿物种类及含量见表3。

表1 原矿多元素化学分析结果(%)

元素	Cu	Pb	Zn	Mo	Fe	S	As	P
含量	0.55	微量	微量	0.021	4.92	0.86	<0.01	0.13
元素	Co	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Au	Ag	Σ
含量	0.004	45.09	15.80	14.32	2.57	0.30	6.60	84.276

表2 铜钼化学物相分析结果(%)

相别	原生硫化物中	次生硫化物中	氧化物中	总量	
Cu	含量	0.52	0.03	未检出	0.55
	占有率	94.55	5.45	-	100.00
Mo	含量	0.019	0.002	0.021	0.021
	占有率	90.48	9.52	100.00	

表3 矿石矿物种类及含量(%)

矿物名称	含量
黄铁矿、磁黄铁矿	1.7
黄铜矿	1.5
斑铜矿、辉铜矿	0.1
辉钼矿	0.04
方解石、白云石等碳酸盐矿物	15.0
石英及长石、绿泥石、辉石等硅酸盐矿物	81.66
合计	100.0

### 1.2 矿石中主金属矿物的嵌布特征

黄铜矿:黄铜矿主要呈不规则粒状集合体嵌布于脉石中,集合体中常有脉石包裹体,偶有黄铁矿包裹体嵌布。集合体粒度一般在0.3~0.02mm之间,边缘不规则。部分黄铜矿呈粒度大小不等的不规则粒状、蠕虫状嵌布于脉石中,粒度一般在0.03~0.01mm之间,边界规则平滑。少量黄铜矿呈星点状、细小粒状嵌布于脉石中,或呈乳滴状嵌布于闪锌矿中构成固溶分离结构,或呈不规则细小包裹体嵌布于黄铁矿中构成包含结构。这部分黄铜矿一般粒度细小,多小于0.01mm,有些粒度稍粗但结构复杂,单体解离比较困难。

辉钼矿:为本矿石主要钼矿物,含量少、粒度细小,但分布广泛。主要以自形、半自形粒状、板状嵌布于脉石中,一般粒度小于0.03 mm,很少有粒度大于0.05 mm的。结晶程度较高,边界规则平直,以嵌布于金属硫化物附近的脉石中为多,远离金属硫化物的脉石中较少,偶见与黄铜矿、黄铁矿毗连连生或包裹于其中。部分辉钼矿呈星点状、不规则粒状嵌布于脉石中,一般边界清楚平滑。

2 小型试验工艺和试验结果

2.1 选矿工艺流程和药剂制度

本次试验方案针对该矿石主金属含量低、铜钼矿物嵌布粒度粗细不均匀、钼矿物与铜矿物及脉石矿物共生密切的特点,进行了多方案的探索试验。并在此基础上,考虑到该矿石难磨,进行了两种不同磨矿流程结构的对比试验。经试验对比后确定的原则流程为原矿粗磨、混合粗精再磨方案,即原矿磨至70% - 200 目后,进行铜钼混合浮选,粗精矿再磨至82% - 325 目后经二次精选得到铜钼混合精矿,铜钼混合精矿经脱药后进行铜钼分离,分离尾矿为铜精矿,钼粗精矿经5次精选得合格钼精矿。采用的药剂为:石灰、水玻璃、硫酸铜、丁基黄药、 $A_1$ 、硫化钠、 $T_{17}$ 、变压器油、煤油。闭路试验工艺流程及药剂条件见图1。

2.2 闭路试验

闭路试验结果见表4。

表4 铜钼混合浮选闭路试验结果(%)

方案	产品名称	产率	品位		回收率	
			Cu	Mo	Cu	Mo
	铜精矿	2.29	22.46	0.073	92.91	7.31
B方案	钼精矿	0.04	0.43	45.632	0.03	79.86
铜钼分离	尾矿	97.67	0.04	0.003	7.06	12.83
	原矿	100.00	0.55	0.023	100.00	100.00

3 工艺的主要特点及分析

(1)采用混合浮选工艺,简化了选别流程结构和降低了铜钼分离难度。铜钼矿的浮选方法一般有优先浮选、部分混合浮选和混合浮选 - 再分离等3种方案。由于优先浮选最大的缺点是铜矿物(抑铜浮钼)或钼矿物(抑钼浮铜)被抑制后,几乎不能重新活化,而且流程较为复杂、工艺成本较高。部分混合浮选主要针对原矿含钼品位较高时而采用的浮选方法,其工艺方案的特点可降低铜钼分离难度。鉴于该原矿钼品位很低的特点,本试验主要采用混合浮选 - 再分离方案,同时探索了优先浮选、部分混合浮选方案的可行性。结果表明这两种方案浮选操作难

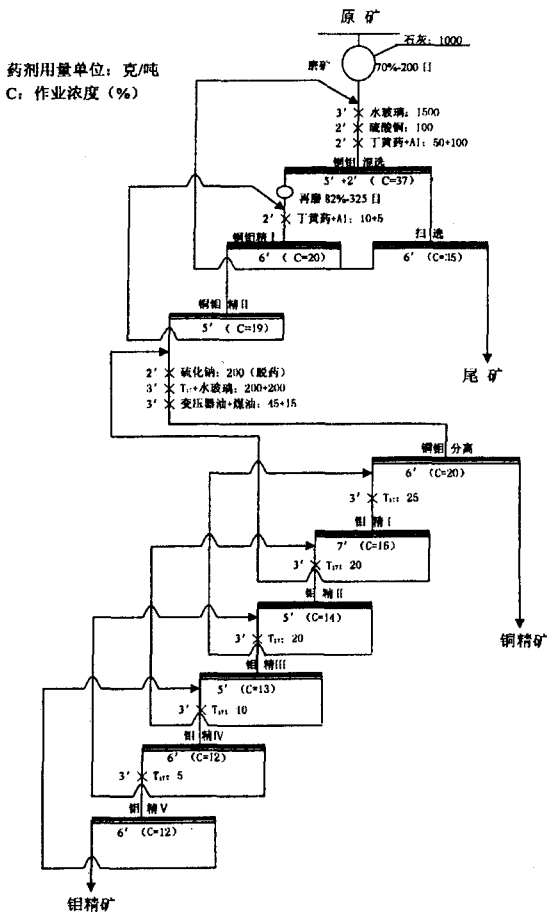


图1 铜钼分离闭路试验工艺流程及条件

度大,浮选泡沫层薄、浮选现象差,铜钼精矿互含高,产品质量低。经过3种流程结构方案的对比试验,确定适宜的该铜钼矿选别工艺为混合浮选 - 再分离工艺,其特点:磨矿成本低,中矿循环量少,过程易于操作和控制,现场容易实施,能有效地降低工艺成本和提高铜钼的分离效果。

(2)铜钼混合粗选添加脉石抑制剂水玻璃和铜钼选择性捕收剂  $A_1$ ,较大程度上提高了混粗品位,为后序混合精选和分离作业降低了负担。原矿中脉石矿物主要以硅酸盐类矿物为主,本次试验在铜钼混合粗选添加水玻璃效果良好,水玻璃不仅对脉石有较好的抑制作用,并对钼矿物有一定的活化作用。在铜钼混合粗选捕收剂探索试验过程中发现常规捕收剂如黄药、黑药、煤油等作为捕收剂或辅助捕收剂,对铜钼矿物尤其是对钼矿物的捕收能力差,浮选泡沫虚或泡沫层薄,状态不好。经过大量的铜钼捕收剂对比试验和新型药剂研发,开发出新型铜钼捕收剂  $A_1$ ,该种捕收剂捕收力强、选择性较好,兼有一定的起泡性能。在确定了适宜的药剂种类和用量基础上,混合粗精矿铜品位达到10.04%、钼0.392%,回收率铜96.57%、钼84.61%,粗选铜和钼的富集比都在18以上,可减少后序混合精选次数和降低分

离作业负担。

(3)铜钼分离作业采用抑铜浮钼工艺,添加高效无氰铜抑制剂 $T_{17}$ ,实现了铜钼的有效分离。目前国内外铜钼分离常用的方法是抑铜浮钼,主要有氰化物法、硫化物法、硫代硫酸盐+硫酸盐法、诺克斯法等。由于氰化物有剧毒,容易污染环境和危害人的生命安全,不宜采用。本试验仅对其它3种分离方法和在硫化物法基础上开发出了新型铜抑制剂 $T_{17}$ 进行铜钼分离探索试验。试验结果表明,添加铜新型抑制剂 $T_{17}$ 和诺克斯法均能获得较好的铜钼分离指标,但诺克斯法在现场不易制备和储存,成本较高,而 $T_{17}$ 属无机盐类药剂、对铜矿物抑制力强、无毒、成本低。部分代表性铜钼分离铜抑制剂探索试验结果见表5。

### 4 结语

(1)该矿石有价元素为铜钼矿物,原矿主金属品位低,矿石共生密切,矿物嵌布粒度不均匀,铜矿物嵌布粒度较粗,钼矿物嵌布粒度较细。属较难选矿石。

(2)试验结果表明,采用原矿粗磨进行铜钼混合浮选、粗精矿再磨再精选再分离的选矿工艺,实现了铜钼的有效分离,取得了较好试验指标,是较为先进的铜钼选别工艺。该工艺已作为新疆富蕴县索尔库都克铜钼2400 t/d选厂建厂设计的依据,也可成为

其它铜钼矿选矿技术参考依据。

表5 铜钼分离铜抑制剂探索试验结果(%)

抑制剂用量 (g/t)	产品名称	产率	品位		回收率	
			Cu	Mo	Cu	Mo
硫化钠:400	钼粗精矿	8.13	11.46	6.490	4.66	73.98
	铜精矿	91.87	20.76	0.202	95.34	26.02
	给矿	100.00	20.00	0.713	100.00	100.00
$T_{17}$ :400	钼粗精矿	3.36	9.78	15.789	1.62	81.70
	铜精矿	96.64	20.70	0.123	98.38	18.30
	给矿	100.00	20.33	0.649	100.00	100.00
磷诺克斯:100	钼粗精矿	4.33	12.97	11.640	2.81	81.83
	铜精矿	95.67	20.27	0.117	97.19	18.17
	给矿	100.00	19.95	0.616	100.00	100.00
硫代硫酸钠+	钼粗精矿	2.67	6.81	15.877	0.90	61.98
硫酸锌:400	铜精矿	97.33	20.65	0.167	99.10	38.02
(1:1)	给矿	100.00	20.28	0.684	100.00	100.00

(3)根据该矿石的性质特点,开发出了铜钼混浮粗选作业特效捕收起泡剂 $A_1$ 和铜钼分离铜特效抑制剂 $T_{17}$ ,该 $A_1$ 具有较好的选择性和较强的捕收力兼较强的起泡性能,这两种新药剂皆无毒、添加方便,具有较大的环保和低成本价值。

收稿日期:2007-06-11

作者简介:郭海宁(1972-),男,选矿工程师,1995年7月毕业于中南大学院校矿床专业。现从事研究方向或专业。

(上接第32页)

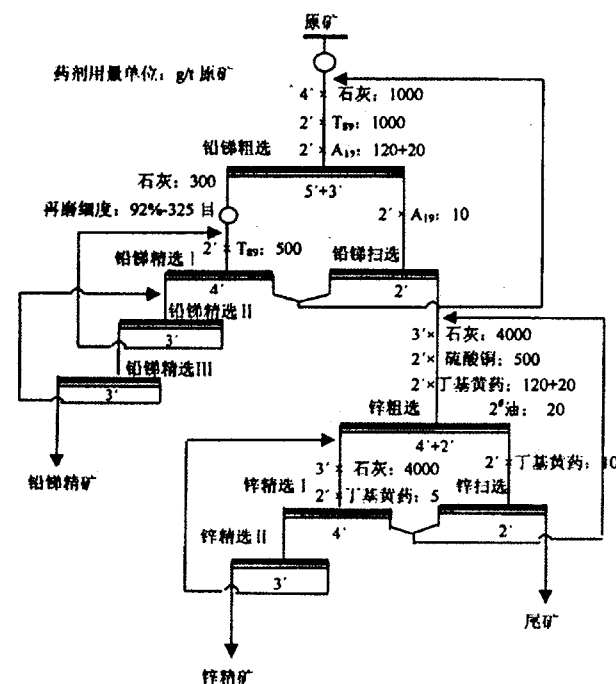


图1 闭路试验工艺流程及条件

(2)在原矿性质研究和大量探索试验研究的基础上,最终确定采用先浮选铅钨,铅钨粗精矿再磨,再选锌的原则工艺流程。闭路试验取得了铅钨精矿中铅回收率76.77%,钨回收率54.14%,银回收率75.53%,锌精矿中锌回收率86.66%的较好指标。

(3)调整剂 $T_{89}$ 可增加铅钨矿物与锌矿物的可浮性差异,强化分选效果,并对锌矿物和砷矿物具有较强的抑制作用,捕收起泡剂 $A_{19}$ 对铅钨矿物及银矿物有较好的捕收作用,对砷矿物捕收能力较弱,为铅钨与锌分离创造了良好的条件。

(4)由于闭路尾矿铅钨品位较高,对尾矿进行了重选-磁选-脱硫-重选等探索试验,效果不明显。如有时间,建议对此做进一步试验研究。

(5)该工艺流程结构简单,适应性强,便于操作,现场易实施,可作为建厂和生产指导依据。

收稿日期:2007-06-06

作者简介:孙运礼(1974-),男,工程师,1998年7月毕业于昆明理工大学矿物工程专业。