

doi:10.3969/j.issn.1671-9492.2019.06.005

西藏某铜钼混合精矿分离试验研究

张红英,张 军,刘建国,徐少华,林恬盛

(广东省资源综合利用研究所 稀有金属分离与综合利用国家重点实验室

广东省矿产资源开发和综合利用重点实验室,广州 510650)

摘 要:西藏某铜钼矿是以铜为主伴生钼的低品位铜钼矿,针对该铜钼混合精矿的性质特点,通过试验确定了铜钼分离的合适的工艺参数,经过一次粗选一次扫选四次精选的闭路试验,获得含 Cu 19.05%、含 Mo 0.293%,Cu 作业回收率 99.82%的铜精矿,含 Mo 48.24%、含 Cu 1.13%,Mo 作业回收率 83.20%的钼精矿,铜钼得到了有效分离。

关键词:铜钼混合精矿;分离;铜精矿;钼精矿

中图分类号:TD952.1;TD954;TD923

文献标志码:A

文章编号:1671-9492(2019)06-0023-04

Selective Flotation of a Copper-molybdenum Bulk Concentrate from Tibet

ZHANG Hongying, ZHANG Jun, LIU Jianguo, XU Shaohua, LIN Tiansheng

(Guangdong Institute of Resources Comprehensive Utilization, State Key Laboratories of Rare

Metals Separation and Comprehensive Utilization, Guangdong Key Laboratory of

Development & Comprehensive Utilization of Mineral Resources, Guangzhou 510650, China)

Abstract: A copper-molybdenum ore in Tibet is low grade copper companied with molybdenum. According to the characteristics of the copper-molybdenum bulk concentrate, the appropriate technological parameters for separation of copper and molybdenum has been confirmed. Then the closed circuit test is conducted with once rougher flotation, once scavenger flotation and four times of cleaner flotation, and the copper concentrates containing 19.05% Cu, 0.293% Mo with Cu recovery of 99.82%, the molybdenum concentrates containing 48.24% Mo and 1.13% Cu with Mo recovery of 83.20% are obtained, the selective separation of copper and molybdenum is achieved successfully.

Key words: copper-molybdenum bulk concentrate; separation; copper concentrate; molybdenum concentrate

目前铜钼矿选矿工艺主要采用铜钼混合浮选—铜钼分离工艺,在混合浮选阶段为提高铜钼的回收率,多采用捕收能力强的药剂,从而造成铜钼混合精矿矿浆中残余大量药剂,由此弱化了铜钼之间的可浮性差异,并影响后续铜钼分离^[1-2]。同时受伴生矿物氧化程度、嵌布粒度、矿物可浮性相近等因素影响,铜、钼矿物的有效分离回收通常比较困难^[3]。

西藏某铜钼矿是以铜为主伴生钼的低品位铜钼矿,该矿铜、钼含量均较低,原矿铜氧化率 35%。根据铜、钼矿物的可浮性差异,常见的铜钼矿选矿流程有“优先浮选”、“等浮浮选”与“混合浮选”三种方案^[4]。本文以混合浮选的铜钼混合精矿为研究对

象,进行了工艺矿物学研究和选矿试验研究,确定了合理的工艺流程和药剂制度,得到了铜钼分离的良好指标。

1 试样性质分析

混合精矿原样矿石中金属矿物主要有黄铜矿、辉铜矿、孔雀石、铜蓝、辉钼矿,少量的黄铁矿、褐铁矿、蓝铜矿等,微量方铅矿、闪锌矿、黑钨矿、白钨矿等。本矿石成矿母岩为花岗岩,黄铜矿呈填隙结构,主要呈脉状、串珠状充填于岩石缝隙中。孔雀石和蓝铜矿是本矿中的主要氧化铜矿,孔雀石和蓝铜矿主要产出于氧化矿石中,偶见孔雀石沿矿石碎裂缝

基金项目:广东省科学院院属骨干科研机构创新能力建设专项项目(2017GDASCX-0109);广东省科学技术厅公益研究与能力建设项目(2017A070701020)

收稿日期:2019-06-21

修回日期:2019-10-08

作者简介:张红英(1975—),女,湖南炎陵人,硕士,工程师,从事有色金属、稀有金属及非金属选矿、废水处理工艺等科研工作。

充填交代,呈不规则粒状分布。辉钼矿是本矿的主要钼矿物,大部分辉钼矿呈片状、叠片状嵌布于石英脉中,少量辉钼矿呈微细片状包含于石英中多呈片状单体或与脉石连生。本次试验试样为铜钼混合浮

选得到的混合精矿,粒度为-38 μm 占 74.48%。原矿和铜钼混合精矿的多组分分析结果见表 1 和表 2。原矿铜、钼物相分析结果见表 3。

表 1 原矿多组分分析结果

Table 1	Multi-composition analysis results of run-of-mine ore																	/%
组分	Cu	Mo	Fe	S	Zn	Pb	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	As	WO ₃	Au ¹⁾	Ag ¹⁾	Re ¹⁾
含量	0.29	0.0305	1.20	0.43	0.018	0.016	0.39	70.18	14.51	0.39	0.53	4.50	2.92	0.021	0.013	0.10	3.43	0.086

1)单位为 g/t,下同。

表 2 铜钼混合精矿多组分分析结果

Table 2	Multi-composition analysis results of copper-molybdenum bulk concentrate										/%
组分	Cu	Mo	S	Fe	SiO ₂	Pb	MgO	Al ₂ O ₃	Au ¹⁾	Re ¹⁾	Ag ¹⁾
含量	18.52	1.71	28.35	6.25	9.88	0.59	0.28	1.76	1.44	15.24	200.35

表 3 铜、钼物相分析结果

Table 3		Analysis results of copper and molybdenum phase							/%
相别	原生硫化铜	次生硫化铜	自由氧化铜	结合氧化铜	水溶铜	总铜	硫化钼	氧化钼	总钼
含量	0.17	0.016	0.086	0.016	0.000 16	0.285 16	0.026 3	0.004 2	0.030 5
占有率	58.79	5.51	30.13	5.51	0.06	100.0	86.31	13.69	100.0

从表 1~3 可知,原矿铜、钼含量均较低。铜、钼物相中分析结果可见,氧化铜占 35.64%,氧化钼占 13.69%。采用优先浮选的方式需先对铜矿物进行抑制,由于存在氧化矿,部分难选的铜矿物受到抑制将难以活化,进而影响到铜的回收,故采用铜钼混选的工艺流程。为提高铜、钼粗选作业回收率,需采用捕收能力强的捕收剂,这对铜钼混合精矿的分离造成了一定的困难。

2 试验结果及讨论

本次铜钼分离试验采用“抑铜浮钼”的工艺流程,分别进行了脱药试验、磨矿细度、调整剂及捕收剂用量、钼浮选时间等,确定了铜钼分离的最佳工艺参数。条件试验流程见图 1。

2.1 铜钼分离脱药试验

通过混合浮选得到的铜钼混合精矿常带有大量的黄原酸类捕收剂,在进行铜钼分离之前,对铜钼混合精矿进行预处理,其目的是最大限度地脱除矿浆中残留的捕收剂及硫化铜矿物表面吸附捕收剂,降低硫化铜矿物在分离浮选时的可浮性,为铜钼分离提供条件^[5]。本矿原矿含氧化铜和氧化钼,混合浮选所用的捕收剂为高级黄药,铜钼混合精矿脱药的预处理更为必要。常用的脱药方式包括硫化钠搅拌脱药和活性炭直接脱药。为考察上述两种脱药方式对铜钼分离的影响,进行了硫化钠与活性炭脱药的对比试验,试验流程见图 1,试验结果见表 4。

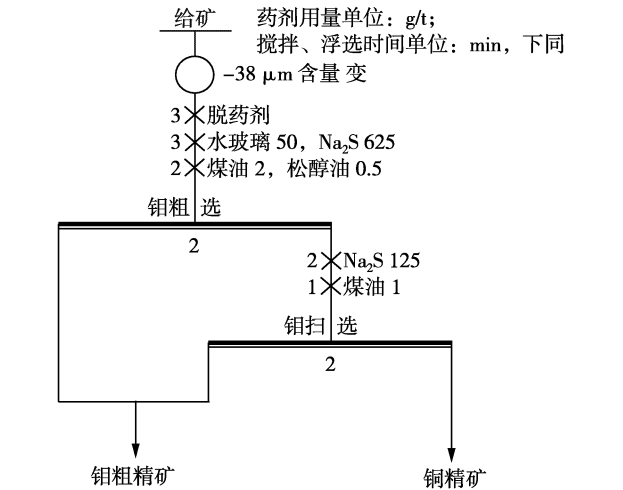


图 1 铜钼分离条件试验流程图

Fig. 1 Flowsheet of copper-molybdenum separation condition test

表 4 不同脱药方式试验结果

Table 4		Test results of different de-reagent method					/%
脱药 方式	产品 名称	产率	品位		回收率		
			Cu	Mo	Cu	Mo	
不脱药	钼粗精矿	40.56	20.65	3.96	44.88	93.11	
	铜精矿	59.44	17.31	0.20	55.12	6.89	
	给矿	100.0	18.66	1.73	100.0	100.0	
硫化钠 1 000 g/t	钼粗精矿	26.24	19.05	6.02	26.74	90.68	
	铜精矿	73.76	18.57	0.22	73.26	9.32	
	给矿	100.0	18.70	1.74	100.0	100.0	
活性炭 100 g/t	钼粗精矿	16.87	20.53	9.54	18.69	92.81	
	铜精矿	83.13	18.12	0.15	81.31	7.19	
	给矿	100.0	18.53	1.73	100.0	100.0	

表4结果表明,不脱药铜钼分离效果差,采用最佳用量的硫化钠与活性炭脱药对比,活性炭效果明显,所得的钼粗精矿的钼品位和回收率均更高,且活性炭脱药不需要脱水,操作简便,活性炭合适用量为100 g/t。

2.2 铜钼分离再磨细度试验

通常来说,粗精矿再磨可提高辉钼矿的单体解离度,同时,再磨也有利于铜矿物脱药,起到清洁矿物表面的作用^[6]。混合粗精矿细度为 $-38\ \mu\text{m}$ 占74.48%,在活性炭用量100 g/t,水玻璃用量为50 g/t、硫化钠用量为625 g/t、煤油2 g/t及松醇油0.5 g/t的条件下,进行再磨细度试验,试验结果见图2。

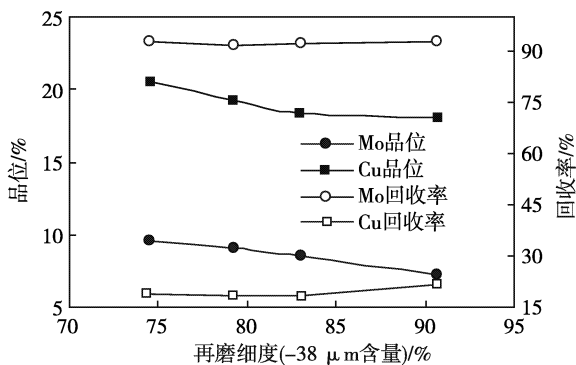


图2 再磨细度试验结果

Fig. 2 Test results of re-grinding fineness

由图2可知,给矿再磨增加磨矿细度,钼粗精矿中钼的回收率变化不大,铜钼分离指标没有明显改善,同时钼粗精矿中铜的损失率增加,且粗精矿中钼品位明显降低,因此铜钼混合精矿分离不宜再磨。

2.3 铜钼分离 Na_2S 用量试验

迄今为止,硫化钠是目前铜钼分离使用最多的铜抑制剂。硫化钠除了可以竞争吸附矿物表面的疏水薄膜,还可以作为还原剂,使吸附在硫化铜矿石表面的疏水膜还原解吸,达到脱药的目的,从而实现铜钼分离。混合粗精矿细度为 $-38\ \mu\text{m}$ 占74.48%,在活性炭用量100 g/t,水玻璃用量为50 g/t、煤油2 g/t及松醇油0.5 g/t的条件下,进行 Na_2S 用量试验,试验结果见图3。

由图3可知, Na_2S 用量的增加,钼粗精矿中钼品位上升,铜占有率下降, Na_2S 用量增加到625 g/t之后,钼粗精矿钼品位和回收率趋于稳定,铜钼分离粗选 Na_2S 用量以625 g/t为宜。

2.4 铜钼分离水玻璃用量试验

该铜钼矿脉石矿物为硅酸盐矿物,水玻璃作为硅酸盐脉石矿物的抑制剂和分散剂,在水溶液中能

吸在脉石矿物表面形成稳定的负电荷,增加其亲水性,是铜钼分离很好的抑制剂^[7]。图4为水玻璃用量试验。从图4可以看出,随着水玻璃用量的增加,钼粗精矿中钼的品位及回收率上升,铜损失率下降,水玻璃用量增加到50 g/t时,钼粗精矿铜、钼品位趋于稳定,铜、钼分离粗选水玻璃用量以50 g/t为宜。

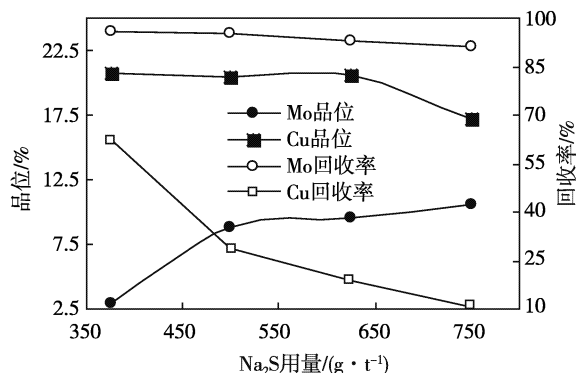


图3 Na_2S 用量试验

Fig. 3 Test results of Na_2S dosage

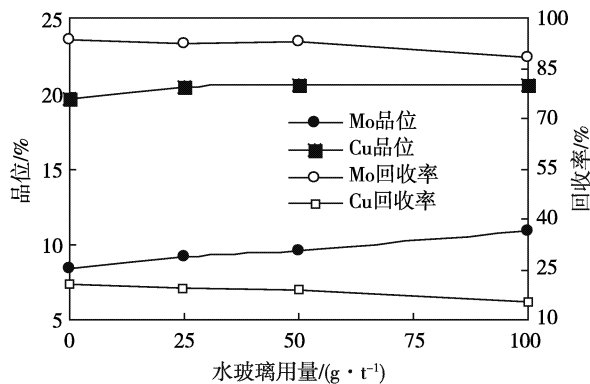


图4 水玻璃用量试验结果

Fig. 4 Test results of water glass dosage

2.5 钼浮选时间试验

铜钼分离试验钼粗选作业,浮选时间增加到一定程度时,铜的上浮量会快速增加,为确定合适的钼浮选时间,进行了钼浮选时间试验,由试验结果作出钼粗精矿中累计铜钼回收率和品位与浮选时间关系曲线见图5。

由图5结果可见,前期钼回收率快速上升,在前2 min内钼矿物上浮速度较快,精矿钼品位较高,此时钼回收率达到83.25%;浮选时间2 min以后,泡沫产品钼品位快速下降,铜品位及回收率快速上升,因此钼粗选浮选时间定为2 min;浮选总时间达4 min时,钼粗精矿中钼回收率达到93.31%。因此,钼扫选时间定为2 min。

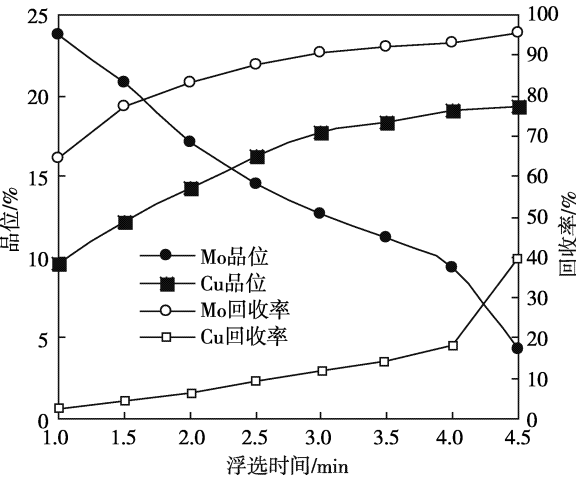


图5 浮选时间试验结果

Fig. 5 Test results of flotation time

2.6 铜钼分离闭路试验

在上述条件试验的基础上进行闭路试验,闭路试验流程见图6,闭路试验结果见表5。

表5 闭路试验结果

Table 5 Test results of closed-circuit test /%

产品名称	产率	品位		回收率	
		Cu	Mo	Cu	Mo
钼精矿	2.95	1.13	48.24	0.18	83.20
铜精矿	97.05	19.05	0.296	99.82	16.80
给矿	100.0	18.52	1.71	100.0	100.0

表5结果表明,在最佳浮选条件下,最终得到了Mo品位48.24%、Mo回收率83.20%的钼精矿和Cu品位19.05%、Cu回收率99.82%的铜精矿,铜钼得到了有效分离。

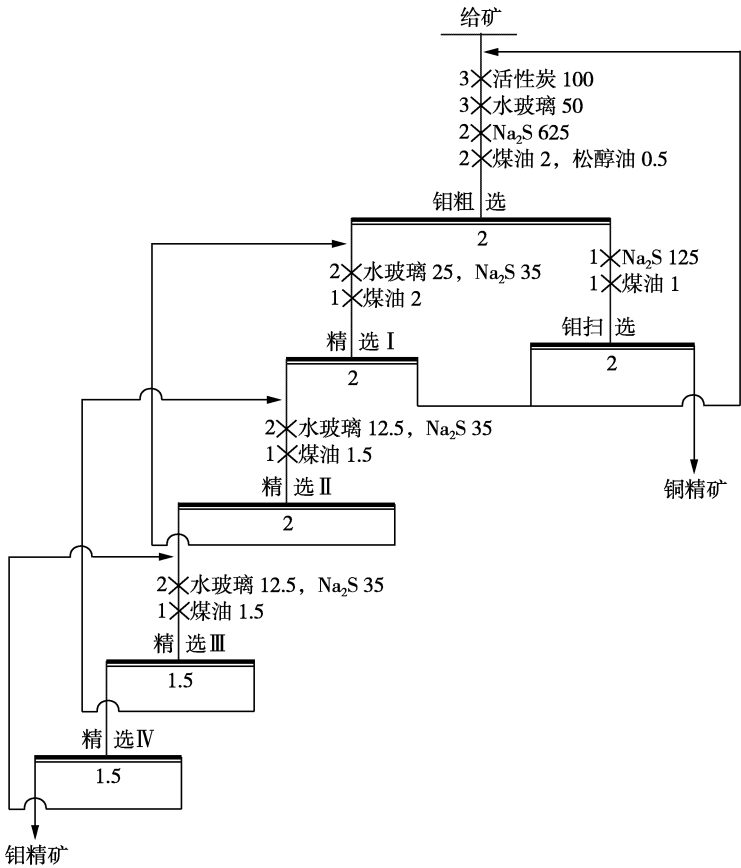


图6 闭路试验流程图

Fig. 6 Flowsheet of closed-circuit test

3 结论

1)铜钼分离的关键和难点是根据所处理矿物的特性,选择合适的工艺流程和筛选有效的浮选分离的药剂制度,达到铜钼的高效分离。该难选铜钼精

矿中有价金属矿物铜矿物主要为黄铜矿、黝铜矿、辉铜矿、孔雀石、蓝铜矿等,钼矿物以辉钼矿为主,脉石矿物以长石、石英为主。铜钼物相分析结果表明,该矿样中氧化铜占35.64%,氧化钼占13.69%。由于
(下转第49页)

的应用实例。我国存在大量“贫、细、杂”矿产资源,且部分贫杂难选矿石如粗粒嵌布的黑钨矿、锡矿和含金硫化矿等,有用矿物与脉石矿物存在较大的比重差,在碎矿作业中部分脉石容易单体解离。因此,开发推广适用于贫杂难选矿石抛废的重介质分选技术是极具现实意义的。

3)钨作为一种重要的不可再生资源,被我国列为战略性金属品种。但目前我国钨资源消耗过快,储采比明显低于全球平均水平。因此“走出去”战略的实施是势在必行的,哈萨克斯坦是“一带一路”国家中最大的投资目的国,该国钨矿资源丰富,可有效提升我国战略资源的储备量。本文可为矿业企业开发哈萨克斯坦类似钨矿提供一定的借鉴。

参考文献

- [1]唐萍芝,王京,周园园. 钨矿资源现状分析及开发对策研究[J]. 中国矿业,2016,25(增刊1):9-12.
- [2]张洪川,高辉,王建国等. 全球钨资源供需格局分析及对策建议[J]. 中国矿业,2015,24(增刊1):1-5.
- [3]王健. 哈萨克斯坦矿产资源与开发现状[J]. 现代矿业,2013,29(10):83-84.
- [4]岳萍(编译). 哈萨克斯坦矿产资源开发状况[J]. 中亚信息,2007(2):9-14.
- [5]R·B·布哈普,孔令炜,张覃,等. 重介质分选评述[J]. 国外金属矿选矿,2005,42(5):12-17.
- [6]陈文岳,韩跃新,陈晓龙. X射线辐射分选的原理及其应用[J]. 现代矿业,2013,29(4):88-91.

(上接第26页)

铜氧化率较高,钼也含有一定的氧化钼,粗选作业采用铜钼混选的工艺流程,为提高铜、钼粗选作业回收率,采用捕收能力强的捕收剂,这对铜钼混合精矿的分离造成了一定的困难。

2)本次试验研究铜钼分离的关键是采用活性炭脱药的预处理,在此基础上铜钼分离采用轻压轻拉的方式,既达到铜钼有效分离的效果,又能减少药剂的用量。分离药剂制度简单,药剂成本低,药剂用量为活性炭 100 g/t,硫化钠 870 g/t,水玻璃 95 g/t,煤油 8 g/t 和松醇油 0.5 g/t。

3)在最佳浮选条件下,最终得到了 Mo 品位 48.24%、Mo 回收率 83.20%的钼精矿和 Cu 品位 19.05%、Cu 回收率 99.82%的铜精矿,铜钼得到了有效分离。

参考文献

- [1]张宝元. 铜钼矿石的浮选及铜钼分离工艺[J]. 化工技术与开发,2010(5):36-39.
- [2]郭键柄,陈国宝,杨洪英,等. 内蒙古某铜钼混合精矿分离浮选试验研究[J]. 有色金属(选矿部分),2015(2):15-19.
- [3]彭丽萍,孔瑞娥,方晓红,等. 铜钼矿石的浮选和分离工艺试验研究[J]. 内蒙古科技与经济,2014(5):91-92.
- [4]杨凤,张磊,刘强,等. 铜钼混合精矿分离浮选试验研究[J]. 黄金,2011(7):48-51.
- [5]刘子龙,杨洪英,佟琳琳. 内蒙古大型铜钼矿铜钼分离试验研究[J]. 矿产综合利用,2013(2):30-33.
- [6]俞娟,杨洪英,方钊,等. 某难分离铜钼混合精矿的分离研究[J]. 稀有金属,2014(5):494-501.