

河北某钼矿选矿工艺试验研究

马晓炜, 张晓平, 武俊杰, 白新悦

(陕西省地质矿产实验研究所 陕西省矿产资源勘查与综合利用重点实验室, 陕西 西安 710001)

摘要:河北某钼矿含 Mo 0.1125%, 含铜仅为 0.0042%, 其他矿物组分含量均较低, 而钼矿物为辉钼矿。针对矿石性质, 进行了工艺流程及药剂条件试验研究, 试验结果表明, 采用一段磨矿——粗三扫三精——二段磨矿——三精——三段磨矿——三精的工艺流程, 可得到钼品位和回收率分别为 48.57% 和 80.31% 的钼精矿, 选别技术指标较好, 为该地区钼资源的开发提供了坚实的技术支撑。

关键词:辉钼矿; 浮选; 阶段磨矿; 阶段选别

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2014.03.011

中图分类号: TD952 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532(2014)03-0046-05

我国钼矿资源丰富, 探明储量居世界前列。辉钼矿作为我国利用钼资源的重要组成部分之一, 储量相当可观, 利用好这部分资源对我国的钼矿产业有极大的现实意义^[1-2]。辉钼矿天然疏水性强, 可浮性好, 新鲜的辉钼矿只用起泡剂就能浮起。但由于各地辉钼矿矿石成矿条件、成矿作用、地质作用以及外部影响的不同, 在可浮性上仍然存在着明显的差别^[3-4]。本文针对河北某地辉钼矿进行了选矿试验研究, 在进行了大量的探索试验后, 最终确定了原矿经一段磨矿后一粗三扫三精, 二段磨矿后三精, 最后三段磨矿后三精的工艺流程, 可获得较好的选别指标。为该地区钼资源的开发提供了有力的技术依据。

1 工艺矿物学研究

1.1 矿石性质

试验所用钼矿矿样中主要有用矿物是辉钼矿、

其次有磁铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿和褐铁矿; 脉石矿物有斜长石、石英、角闪石以及蚀变矿物绿帘石、绿泥石、绢云母和方解石等。

辉钼矿在矿区主要分布于蚀变酸性熔岩、角砾状流纹岩和蚀变花岗斑岩中, 受岩体和蚀变作用控制, 与蚀变酸性岩、角砾状流纹岩和蚀变花岗岩等关系密切。辉钼矿在矿石中呈叶片状、星散状分布或呈细脉状分布, 叶片状大都小于 0.074mm, 约占辉钼矿的 40% 左右, 星散状分布的辉钼矿一般都小于 0.074mm, 呈细脉状分布的辉钼矿, 叶片之间散布有粒状黄铁矿和磁黄铁矿, 三者为共生关系。

1.2 原矿化学成分及筛分结果

原矿多元素化学分析、物相分析和粒度筛析结果分别见表 1~3。

表 1 原矿化学多项分析结果/%

Table 1 Chemical analysis results of multi-elements

Mo	Cu	Pb	Zn	TFe	S	As	Bi	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
0.125	0.0042	0.0044	0.088	1.70	0.36	0.0005	<0.0001	1.15	2.23	11.30	73.81
W	F	Co	Cd	Mn	P	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	Au*	Ag*	Sn*
<0.005	0.15	0.003	0.0004	0.08	0.016	6.84	0.58	0.094	<0.10	<1.0	6.72

* 单位为 g/t。

收稿日期: 2013-06-24, 改回日期: 2013-07-31

作者简介: 马晓炜 (1981-), 男, 助理工程师, 主要从事选矿工艺理论及技术工作。

表2 原矿钼的物相分析结果

相名	硫化钼中钼	氧化钼中钼	钼钨钙中钼	总钼
含量/%	0.112	0.0052	0.011	0.1282
占有率/%	87.36	4.06	8.58	100.00

表3 原矿粒度筛析结果

粒级/mm	产率/%	品位 Mo/%
+1.0	17.20	0.08
-1.0+0.4	40.80	0.08
-0.40+0.154	17.00	0.11
-0.154+0.10	4.80	0.15
-0.10+0.074	2.00	0.34
-0.074	18.20	0.26
合计	100.00	0.128

矿石中可供选矿回收的组分只有钼,其品位为0.12%左右,属于原生硫化钼矿石。钼广泛分布于各粒级,其中-1.0+0.4mm级别产率达40.80%,-0.074 mm级别产率为18.20%,洗矿或筛分并不能提高粗粒级品位,且将导致钼的损失。

2 试验结果与讨论

2.1 条件试验

2.1.1 一段磨矿细度试验

一段磨矿细度试验固定条件为煤油 200g/t,2[#]油 20 g/t,磨矿试验流程见图1,试验结果见图2。

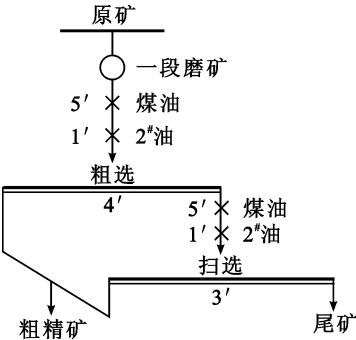


图1 粗选条件试验流程

Fig.1 Condition test process of roughing

由图2可以看出,随着一段磨矿细度的增加,钼品位变化不大,钼回收率不断升高,考虑到生产过程中一段磨矿很难达到很高的磨矿细度,故选择磨矿细度-0.074mm70.05%为宜,此时钼品位和回收率分别为2.83%和86.86%。

2.1.2 氧化钙用量试验

利用药剂“协同效应”添加氧化钙抑制黄铁矿,

磁黄铁矿和褐铁矿等矿物^[5]。试验固定条件为磨矿细度-0.074mm70.05%,煤油 200 g/t,2[#]油 20 g/t,试验结果见图3。

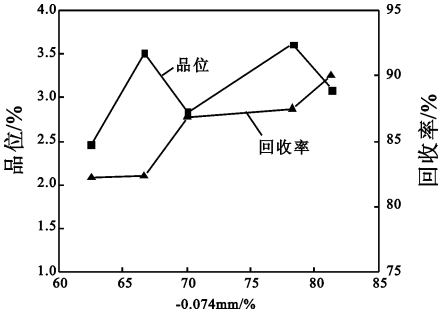


图2 磨矿细度对浮选指标的影响

Fig.2 Effect of grinding fineness on flotation indexes

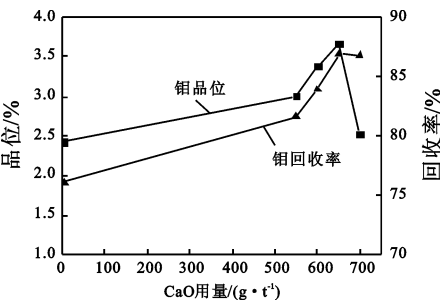


图3 石灰用量对浮选指标的影响

Fig.3 Effect of dosage of lime on flotation indexes

由图3可以看出,随着石灰用量的增加,钼品位和回收率都先升高后降低。当石灰用量为650g/t时,钼精矿品位和回收率分别为3.67%和86.92%,指标相对较好,所以选择石灰用量为650g/t为宜。

2.1.3 煤油用量试验

试验固定条件为-0.074mm70.05%,氧化钙 650 g/t,2[#]油 20 g/t。试验结果见图4。

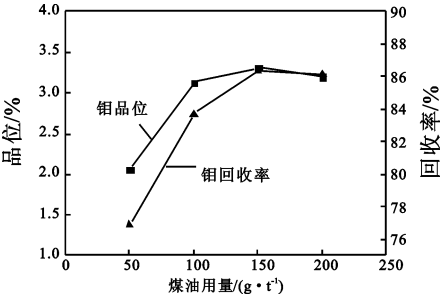


图4 煤油用量对浮选指标的影响

Fig.4 Effect of dosage of kerosene on flotation indexes

由图 4 可以看出,随着煤油用量的增加,钼品位变化不大,钼回收率不断升高。当煤油用量为 150g/t 时,钼精矿品位和回收率分别为 3.31% 和 86.36%,指标相对较好,所以选择煤油用量为 150g/t 为宜。

2.1.3 起泡剂 2[#]油用量试验

试验固定条件为磨矿细度 -0.074mm70.05%,氧化钙 650 g/t,煤油 150 g/t。试验结果见图 5。

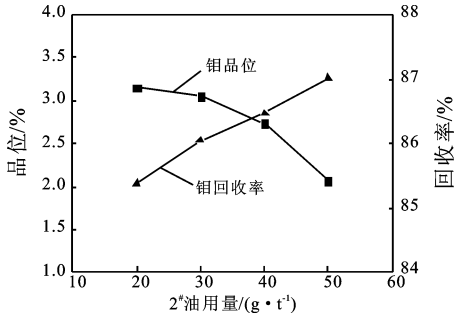


图 5 2[#]油用量对浮选指标的影响

Fig.5 Effect of dosage of 2[#] oil on flotation indexes

从图 5 看出,随着 2[#]油用量增加,钼回收率不断升高,钼品位不断降低,这样将会增加钼的精选次数。因为 2[#]油附着在钼矿物及硫化物(黄铁矿、磁黄铁矿)表面很难脱离,故选择 2[#]油用量 30 g/t,此时钼品位和回收率分别为 3.05% 和 86.05%。

2.1.4 精选中抑制剂种类及用量试验

为了除去杂质要进行精选作业,选择抑制剂种类有硫化物法即采用 Na₂S、NaHS、(NH₄)₂S、巯基乙酸钠抑制铜、锌、铁等硫化物^[6]。对黄铁矿和磁黄铁矿抑制效果最好的是硫化物配氰化钠。因氰化钠有剧毒,在生产上已严禁使用。河北辉钼矿矿样中铜、铅、锌含量非常低,故不考虑用诺克斯,重铬酸盐等。抑制脉石的试剂有碳酸钠、水玻璃,硫酸铝钾,六聚偏磷酸钠,巯基乙酸钠等。因此试验中用硫化物配脉石的抑制剂来进行试验^[7-8]。试验流程见图 6,试验结果见表 4。

从表 4 可看出,使用抑制剂后,三次精选后精矿的品位显著提高。巯基乙酸钠和巯基化钠不稳定,易分解,而硫化钠的成本较低,故选择用硫化钠、硅酸钠、硫酸铝钾作抑制剂为宜。最佳用量为硫化钠 300g/t,硅酸钠 300g/t,硫酸铝钾 200 g/t。

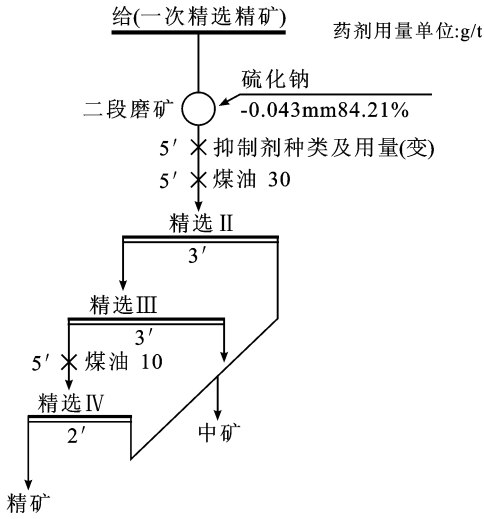


图 6 精选抑制剂种类及用量试验流程

Fig.6 Test process of types and dosage of collectors

表 4 精选中抑制剂种类及其配合试用结果

Table 4 Types of collectors and test results

抑制剂种类 及用量/(g·t ⁻¹)	产品名称	产率 /%	品位 /%	回收率 /%
硫化钠 300	精矿	0.22	27.20	46.51
硅酸钠 300	中矿	5.13	0.98	41.86
硫酸铝钾 200	给矿	5.35	0.11	100.00
硅酸钠 400	精矿	0.19	28.57	42.19
巯基乙酸钠 500	中矿	4.45	1.18	43.75
硅酸钠 400	给矿	4.64	0.11	100.00
硅酸钠 400	精矿	0.20	28.60	44.53
巯基化胺 500	中矿	4.45	1.12	41.41
硫酸铝钾 200	给矿	4.65	0.11	100.00
硫化钠 500	精矿	0.25	24.10	46.15
氧化钙 500	中矿	4.45	1.08	40.00
六聚偏磷酸钠 400	给矿	4.70	0.11	100.00
巯基化钠 500	精矿	0.20	29.56	45.74
硅酸钠 400	中矿	4.72	1.04	41.08
硫酸铝钾 200	给矿	4.92	0.11	100.00

2.1.5 二段磨矿及精选次数试验

为了得到合格的钼精矿,对其进行再磨试验。试验流程见图 7,试验结果见图 8。

从图 8 可以看出,随着再磨细度的增加,钼精矿的品位先增加后降低,精矿回收率不断降低,选择二段磨矿细度 45um 含量 84.21% 为宜,此时,钼精矿品位及回收率分别为 44.28% 和 47.33%。

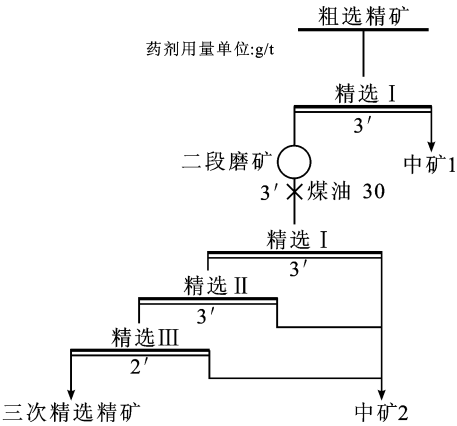


图7 精选再磨及精选次数试验流程

Fig.7 Test process of regrinding and times of cleaning

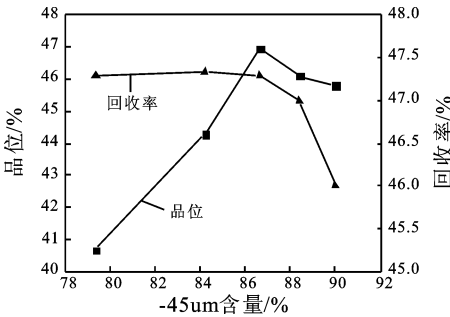


图8 精选再磨及精选次数对浮选指标的影响

Fig.8 Effect of cleaning regrinding and times of cleaning on flotation indexes

2.1.6 三段磨矿细度及精选次数试验

因为由于二段磨矿不能获得质量较好的钼精矿,所以对其精矿进行三段磨矿,同时也起到擦洗的作用。试验流程类似图7,试验结果见图9。

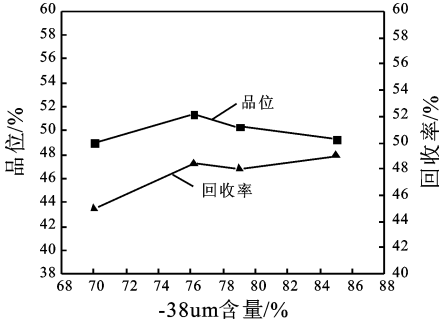


图9 精选二次再磨及精选次数对浮选指标的影响

Fig.9 Effect of secondary regrinding and times of cleaning on flotation indexes

从图9可以看出,随着再磨细度的增加,钼精矿的品位先增加后降低,精矿回收率不断增加,选择三段磨矿细度-38um 含量 76.15% 为宜,此时,钼精矿品位及回收率分别为 51.34% 和 48.44%。

2.2 全流程闭路试验

通过上述开路条件试验,确定了最佳的药剂制度,为了进一步提高钼的品位及回收率,在开路流程的基础上增加了钼扫选以及钼精选,并在精选和扫选中补加了抑制剂和捕收剂。全流程闭路试验流程及药剂制度见图10,全流程闭路试验结果见表5。

表5 闭路试验工艺流程结果

产品名称	产率/%	品位/(g·t ⁻¹)	回收率/%
精矿 ⁺	0.21	48.57	80.31
尾矿 ⁺	99.79	0.026	19.69
原矿 ⁺	100.00	0.127	100.00

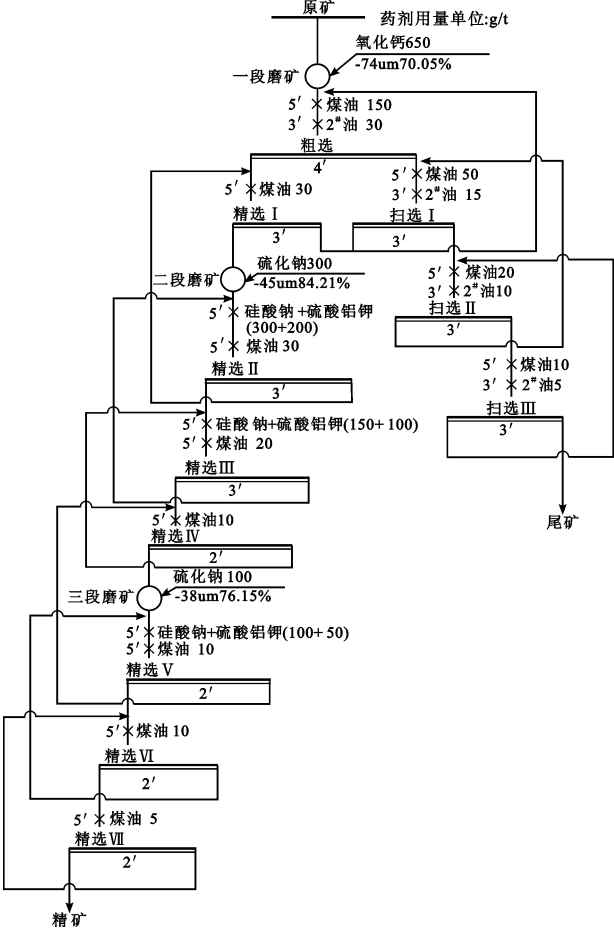


图10 闭路试验工艺流程

Fig.10 Technical process of closed-circuit test

3 结 论

(1) 试验所用矿样矿石中主要有用矿物是辉钼矿、其次有磁铁矿。杂质矿物有黄铁矿、磁黄铁矿和褐铁矿、脉石矿物有斜长石、石英、角闪石以及蚀变矿物绿帘石、绿泥石、绢云母和方解石等。

(2) 辉钼矿在矿石中呈叶片状、星散状分布或呈细脉状分布, 钼广泛分布于各粒级, 洗矿或筛分并不能提高粗粒级品位, 且将导致钼的损失。

(3) 试验最终采用浮选工艺, 确定了最佳的工艺技术条件为: 原矿经一段磨矿后一粗三扫三精, 二段磨矿后三精, 最后三段磨矿后三精的工艺流程, 可得到钼品位和回收率分别为 48.57% 和 80.31% 的钼精矿。

(4) 河北钼矿工艺流程较长, 脉石矿物对钼精矿质量影响较大, 在开路流程中, 钼精矿能够达到 52% ~ 54%, 在连续试验和实际生产中, 由于中矿的影响降低了钼精矿的质量, 要得到较高质量的钼精

矿, 就要在精选过程中增加再磨或擦洗次数, 这样能提高选别效果。

参考文献:

- [1] 许时. 矿石可选性研究[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1995. 23-43.
- [2] 雪问亚. 浮选[M]. 沈阳: 东北工学院, 1983. 17-19.
- [3] 郭朝洪, 皇文俊, 崔养权. 我国钼矿资源及开发. 中国钼业[J]. 1997, 21(3): 40-44.
- [4] 王资. 辉钼矿的浮选[J]. 昆明冶金高等专科学校学报, 1996, 12(1): 11-14.
- [5] 喻连香. 南方某钼矿的选矿试验研究. 中国钼业[J]. 2007, 31(3): 14-16.
- [6] 张树宏. 某钼矿浮选工艺试验研究[J]. 矿产综合利用, 2008(1): 10-14.
- [7] 代淑娟, 刘学胜, 胡志刚, 等. 某钼矿石浮选试验研究[J]. 有色矿冶, 2006, 22(1): 7-20.
- [8] 浮游选矿技术. 王资 <http://www.shangxueba.com/book/1432596.html> [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2007. 22-24.

Experimental Study on Mineral Processing Technology of a Molybdenum Ore in Hebei Province

Ma Xiaowei, Zhang Xiaoping, Wu Junjie, Bai xinyue

(Shaanxi Institute of Geology and Mineral Resources Experiment, Key Laboratory of Exploration and Comprehensive Utilization of Mineral Resources in Shaanxi Province, Xi'an, Shaanxi, China)

Abstract: A molybdenum ore in Hebei contains 0.1125% of Mo and only 0.0042% of copper and the contents of other minerals are relatively low. The main molybdenum ore is molybdenite. In light of ore properties, experimental research on the technical process and the reagent condition was carried on. The test results showed that the molybdenum concentrate with the Mo grade of 48.57% and its recovery of 80.31% could be obtained by adopting the technological flowsheet of one stage grinding-one roughing three scavenging three cleaning-secondary grinding-three cleaning-three stage grinding-three cleaning. The indexes of mineral process technology were relatively good, which It provides a solid technical support for the development of molybdenum resources in the region.

Keywords: Molybdenite; Flotation; Stage grinding; Stage separation