

某低品位白钨矿药剂优化提质实验

徐其红, 梁治安, 孙忠梅, 纪婉颖, 丛颖, 吴维新

(厦门紫金矿冶技术有限公司, 低品位难处理黄金资源综合利用国家重点实验室,
福建 厦门 361101)

摘要: 某白钨矿 WO_3 含量为 0.27%, 现场生产钨精矿品位较低, 为 53.11%, 出售计价系数低。为提高钨精矿品位, 实验针对矿石的性质特点, 优化药剂制度, 常温浮选采用组合捕收剂 MLP, 加温浮选采用辅助抑制剂硫化钠后, 可显著提高钨精矿品位至 66.18%, 回收率基本不变, 且抑制剂水玻璃用量显著降低。优化后技术经济效果显著。

关键词: 白钨矿; 钨精矿品位; 提质; 组合捕收剂; 优化药剂

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2025.01.019

中图分类号: TD952 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2025) 01-0149-05

引用格式: 徐其红, 梁治安, 孙忠梅, 等. 某低品位白钨矿药剂优化提质实验[J]. 矿产综合利用, 2025, 46(1): 149-153.

XU Qihong, LIANG Zhian, SUN Zhongmei, et al. Test for a low-grade scheelite ore with improving the grade of concentrate by optimization of agents[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2025, 46(1): 149-153.

钨是一种战略金属, 在工业生产、国防建设以及高新技术中都发挥着重要作用^[1]。我国钨资源储量约占全球的 41%, 而国内钨资源以白钨矿为主, 共伴生的白钨矿占全部钨资源的 70% 左右, 其中矽卡岩型白钨矿占钨矿总储量的 60% 以上, 是最具有经济价值的矿床。其普遍特点是原矿品位低、组分复杂、嵌布粒度较细、精矿品位与回收率低、开采成本和选矿成本较高。矽卡岩型钨矿石由于白钨矿、方解石和萤石等相似的表面活性质点及表面相互转化, 导致白钨矿与含钙脉石矿物的高效浮选分离是世界性难题, 该类资源的高效综合利用是选矿界急待解决的关键问题之一^[2-3]。

钨矿浮选工艺的发展建立在钨矿浮选药剂的发展之上, 经历了脂肪酸浮选工艺、以螯合剂为主的浮选工艺和金属-有机配合物浮选工艺等几个主要阶段, 白钨矿浮选捕收剂的发展至关重要, 推动了钨矿浮选技术水平的不断提高^[4]。现有的常用氧化石蜡皂白钨矿捕收剂存在以下不足: (1)

该捕收剂的选择性较差, 且脉石中通常含钙, 由于其与白钨矿具有相似的表面物理化学性质, 可浮性相近, 导致单独使用氧化石蜡皂捕收剂时得到的精矿品位较低; (2) 该捕收剂的溶解性较差, 作为氧化矿捕收剂时用量大, 一般需要 300~800 g/t。为解决以上不足, 实验研究开发出了白钨矿的组合捕收剂 MLP, 该组合捕收剂由氧化石蜡皂、环烷酸皂和十二烷基氧肟酸组成, 环烷酸皂是一种极好的乳化剂, 可以使膏状的氧化石蜡皂均匀稳定地分散于水溶液中, 降低体系的表面张力; 而十二烷基氧肟酸对白钨矿的选择性较好, 且具有一定的捕收能力^[5-6]。通过三种药剂的组合协调作用, 该组合捕收剂具有较好的捕收性和选择性, 且溶解性好, 药剂用量低。

1 矿石性质

某钨矿主要元素分析结果见表 1, 钨物相分析见表 2。

收稿日期: 2022-03-08

作者简介: 徐其红 (1985-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要从事矿物加工利用研究工作。

表 1 原矿多元素分析结果/%								
Table 1 Analysis results of multi-elements of the raw ore								
WO ₃	CaF ₂	CaO	P	Fe	CaO	Sn	Mn	Na ₂ O
0.27	0.38	0.98	0.060	5.08	12.17	0.032	0.040	1.08
K ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	S	As	SiO ₂	Cu	Mo	Zn
0.63	1.41	6.65	0.22	0.005	51.99	0.006 4	0.001 8	0.04

表 2 钨物相分析结果				
Table 2 Analysis results of gold phase				
名称	白钨矿之WO ₃	黑钨矿之WO ₃	钨华之WO ₃	总WO ₃
含量/%	0.25	0.001 9	0.002 9	0.263
占有率/%	98.10	0.80	1.10	100.00

该矿属于矽卡岩型钨矿石。矿样中主要有价金属为钨，其他金属含量很低，未达到综合回收要求。钨矿物主要为白钨矿，少量黑钨矿；含有一定的金属硫化矿物；金属氧化矿物含量也很少；脉石矿物主要是透辉石-钙铁辉石、黝帘石、绿帘石、阳起石、黑云母、绿泥石、石榴石等。矿石中方解石、磷灰石和萤石等富钙脉石的矿物量约为白钨矿含量的 5 倍，将影响白钨精选。解离度测定结果表明，矿石中的白钨矿由于大多数充填于矿石裂缝中，嵌布粒度较粗，解离性较好。在磨矿细度为-0.074 mm 55% 时，白钨矿的解离度高于 95%。

2 实验研究

该矽卡岩型钨矿石中方解石、磷灰石和萤石等富钙脉石的矿物含量较多，约为白钨矿含量的 5 倍，严重影响了白钨精选。而常规浮选药剂用量大，成本高，且工艺流程冗长复杂，精选次数多，浮选选择性差，需添加大量抑制剂水玻璃，且难以获得较好的钨精矿指标，影响企业的经济效益^[1]。因此富钙脉石的矽卡岩型钨矿浮选药剂的选择尤为重要。实验主要对抑制剂及捕收剂进行了研究，通过协同捕收作用及硫化钠辅助抑制作用显著提高钨精矿指标。

2.1 常温粗选药剂优化实验

2.1.1 常温粗选捕收剂对比实验

实验采用该新型组合捕收剂 MLP 与 731 进行了对比研究，其中调整剂碳酸钠用量不变，磨矿细度为现场生产细度，实验流程见图 1，实验结果见图 2。

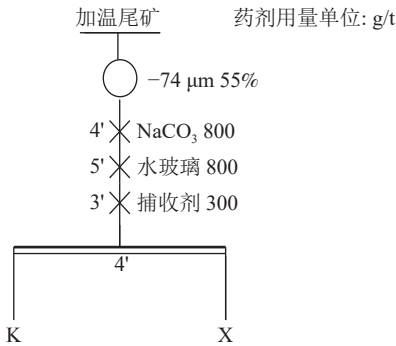


图 1 捕收剂对比工艺流程
Fig.1 Process flow of collector comparison

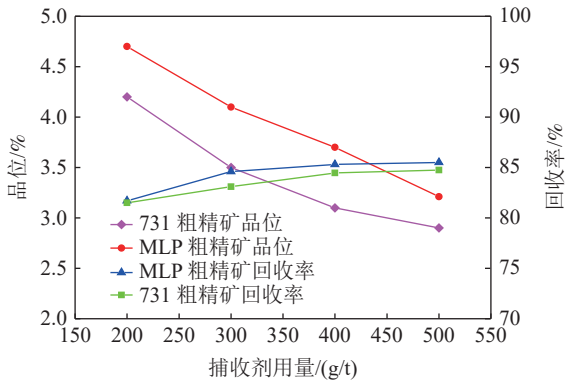


图 2 不同捕收剂种类结果
Fig.2 Test results of types of collectors

实验结果表明，随着捕收剂用量的增加，常温浮选粗精矿回收率逐渐升高，品位逐渐降低。捕收剂 MLP 捕收能力及选择性显著优于捕收剂 731。当用量为 300 g/t 时，粗精矿品位为 4.10%，回收率为 84.68%。

2.1.2 常温粗选水玻璃用量实验

为考查 731、MLP 不同捕收剂条件下，抑制剂水玻璃用量对常温粗选粗精矿的影响，实验进行了不同捕收剂条件下，抑制剂水玻璃用量对浮选的影响。实验流程见图 1，其中捕收剂用量为 300 g/t，抑制剂水玻璃为变量。实验结果见图 3。

实验结果表明，采用 MLP 为捕收剂，水玻璃为 600 g/t 时，获得的粗精矿较好。而当采用 731 为捕收剂，水玻璃为 800 g/t 时，获得的粗精矿较好。使用捕收力 MLP 后，抑制剂水玻璃用量

Fig.5 Open-circuit flotation process of different heating conditions

表 4 不同加温药剂条件开路实验结果
Table 4 Test result of open-circuit flotation at different heating conditions

药剂制度/(g/t)	产品名称	产率/%	WO ₃ 品位/%	WO ₃ 回收率/%
原有药剂制度	氢氧化钠: 150	K	11.12	61.71
	硫化钠: 0	n1	4.95	14.18
	水玻璃: 800	n2	3.80	6.13
	731: 50+50+30+30	X	80.13	0.30
	合计	100.00	8.04	100.00
优化药剂制度	氢氧化钠: 100	K	9.68	70.71
	硫化钠: 120	n1	4.95	13.80
	水玻璃: 600	n2	3.80	5.53
	MLP: 50+50+30+30	X	81.57	0.30
	合计	100.00	7.98	100.00

实验结果表明，加温精选开路，药剂优化

后，能获得较好指标的钨精矿，WO₃品位达 70.71%，回收率 85.74%，且显著降低了氢氧化钠及水玻璃药剂用量。

2.3 药剂优化前后全流程闭路对比实验

为验证药剂优化后的指标，实验进行了现场药剂与药剂优化工艺全流程闭路实验，实验流程见 图 6，实验结果见表 5。

全流程闭路实验结果表明，采用现场工艺及药剂制度获得钨精矿 WO₃ 品位为 53.11%，回收率为 89.22%；优化药剂闭路实验获得钨精矿 WO₃ 品位为 66.18%，回收率为 89.80%。优化药剂后，钨精矿指标显著提高，且降低了抑制剂水玻璃的用量。

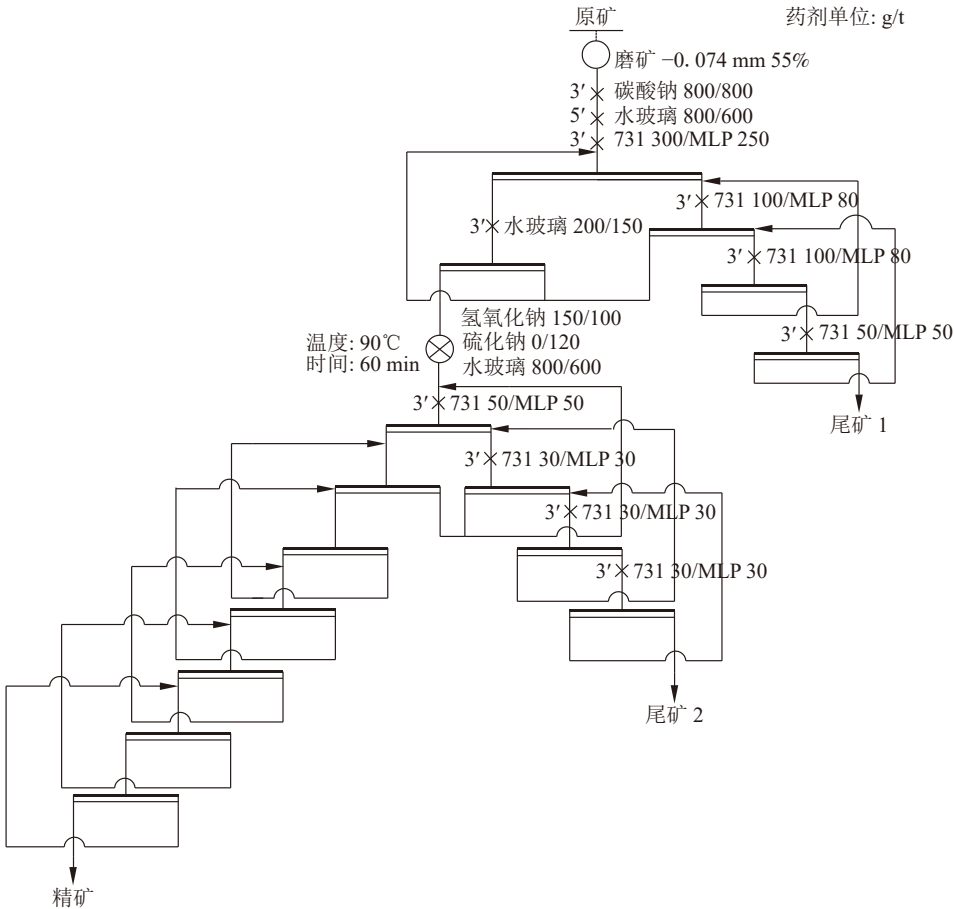


图 6 闭路实验流程
Fig.6 Closed-circuit process

3 结 论

(1) 某白钨矿 WO₃ 含量为 0.27%，属于矽卡岩型钨矿石。钨矿物主要为白钨矿，少量黑钨矿，含有一定的金属硫化物，矿石中方解石、

磷灰石和萤石等富钙脉石的矿物量约为白钨矿含量的 5 倍，影响白钨精选，导致钨精矿品位低。白钨矿嵌布粒度较粗，在磨矿细度为 -0.074 mm 55% 时，白钨矿的解离度已达 95%。

表 5 闭路实验对比结果/%				
Table 5 Comparative results of closed-circuit tests				
捕收剂体系	产品名称	产率/%	WO ₃ 品位/%	WO ₃ 回收率/%
MLP	精矿 ^a	0.374	66.180	89.65
	尾矿1	96.670	0.021	7.35
	尾矿2	2.956	0.280	3.00
	原矿	100.000	0.276	100.00
731	精矿 ^a	0.480	53.110	89.12
	尾矿1	95.644	0.022	7.36
	尾矿2	3.876	0.260	3.52
	原矿 ^a	100.000	0.286	100.00

(2) 新型组合捕收剂 MLP 具有较好的捕收性和选择性, 且溶解性好, 药剂用量低等优点, 常温粗选采用新型组合捕收剂 MLP 获得常温粗精矿品位为 7.87%, 较 731 体系钨粗精矿品位 6.15% 高, 钨粗精矿品位提高较明显, 回收率基本不变, 且抑制剂水玻璃用量明显降低。加温精选增加硫化钠可抑制硫化矿上浮提高最终钨精矿品位。

(3) 实验针对矿石的性质特点, 优化药剂制度后, 采用新型组合捕收剂 MLP 及辅助抑制剂硫化钠, 可显著提高钨精矿品位至 66.18%, 精矿回收率基本变, 且减少抑制剂水玻璃用量。优化后技术经济效果显著。

参考文献:

[1] 王星, 陈慧杰, 张莉, 等. 低品位白钨矿选矿技术的研究发

展[J]. 中国金属通报, 2020(3):7-8.
WANG X, CHEN H J, ZHANG L, et al. Research and development of low-grade scheelite beneficiation technology[J]. China Metal Bulletin, 2020(3):7-8.
[2] 叶雪均, 刘军, 刘智林. 某低品位白钨矿浮选实验研究[J]. 中国钨业, 2006(5):20-23.
YE X J, LIU J, LIU Z L. Experimental study on flotation of a low-grade scheelite ore[J]. China Tungsten Industry, 2006(5):20-23.
[3] 黄艳芳, 王甜甜, 张红新, 等. 某低品位白钨矿浮选实验研究[J]. 中国矿业, 2019, 28(10):147-151.
HUANG Y F, WANG T T, ZHANG H X, et al. Experimental study on flotation of a low-grade scheelite ore[J]. China Mining Industry, 2019, 28(10):147-151.
[4] 卫召, 孙伟, 韩海生, 等. 钨矿浮选工艺进展与实践[J]. 金属矿山, 2021, 540(6):60-72.
WEI Z, SUN W, HAN H S, et al. Progress and practice of tungsten ore flotation process[J]. Metal Mining, 2021, 540(6):60-72.
[5] 黎继永, 谢贤, 童雄, 等. 低品位白钨矿选矿技术的研究发展[J]. 矿产综合利用, 2015(4):1-6+11.
LI J Y, XIE X, TONG X, et al. Research and development of low-grade scheelite ore dressing technology[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2015(4):1-6+11.
[6] 王辉洲, 杨剑波, 任建国, 等. 白钨粗选工艺流程优化研究及应用[J]. 中国钨业, 2021, 282(2):43-47.
WANG H Z, YANG J B, REN J G, et al. Optimisation study and application of scheelite roughing process[J]. China Tungsten Industry, 2021, 282(2):43-47.

Test for a Low-grade Scheelite Ore with Improving the Grade of Concentrate by Optimization of Agents

XU Qihong, LIANG Zhian, SUN Zhongmei, JI Wanying, CONG Ying, WU Weixin
(State Key Laboratory Comprehensive Utilization of Low-grade Refractory Gold Ores, Xiamen Zijin Mining and Metallurgy Technology Co., Ltd., Xiamen 361101, Fujian, China)

Abstract: There are 0.27% WO₃ in a scheelite Ore. The grade of scheelite concentrate produced on site is 53.11%. Because the grade of the concentrate is low, the pricing coefficient of the concentrate is low. In order to improve the grade of scheelite concentrate, according to the properties of the ore, combined collector was used for flotation at room temperature, sodium sulfide was used as an auxiliary inhibitor at heating flotation. After the flotation reagent is optimized, the grade of scheelite concentrate can be significantly increased to 66.18%, the recovery rate of the concentrate remains basically unchanged, and the dosage of inhibitor sodium silicate is significantly reduced. The technical and economic effects of the optimized process are significantly improved.

Keywords: A scheelite ore; Grade of scheelite concentrate; Improve the quality; Combined collector; Optimization of the reagent