

doi:10.3969/j.issn.1671-9492.2021.04.024

云南某钨锡铁硫多金属矿白钨精选药剂制度改进及生产实践

赵学斌¹, 代正和², 杜俊杰², 张 华³

(1. 嵩县金牛有限公司, 河南 嵩县 471435;

2. 葫芦岛宏达集团, 辽宁 葫芦岛 125000;

3. 中国地质矿业集团有限公司, 北京 100029)

摘 要: 云南某钨锡铁硫多金属矿在生产过程中, 白钨精矿品位和作业回收率相对比较低, 为了提高白钨精选作业的选别指标, 通过反复的实验室小型试验, 确定了适合该白钨矿石的精选药剂制度。采用新的浮选药剂制度进行试生产, 取得较好的技术指标, 白钨精矿品位由 27.15% 提高至 41.20%, 精选作业回收率由 67.66% 提高至 83.15%, 总作业回收率由 44.41% 提高至 65.31%, 每年多生产白钨矿精粉 1 019.48 t(干重), 增加经济效益 5 250 万元/a, 效益显著。

关键词: 钨锡铁硫多金属矿; 白钨浮选; 白钨精选; 药剂制度; 回收率; 效益

中图分类号: TD923; TD952

文献标志码: A

文章编号: 1671-9492(2021)04-0144-06

Reagent System Improvement and Production Practice of Scheelite Cleaning in a Tungsten-Tin-Iron-Sulfur Polymetallic Ore in Yunnan

ZHAO Xuebin¹, DAI Zhenghe², DU Junjie², ZHANG Hua³

(1. Jinniu Mineral Company Limited, Songxian 471435, Henan, China;

2. Huludao Hongda Group, Huludao 125000, Liaoning, China;

3. China Geological and Mining Co., Ltd., Beijing 100029, China)

Abstract: In the production process of a tungsten-tin-iron-sulfur polymetallic ore in Yunnan, the grade of scheelite concentrate and the operation recovery are relatively low. In order to improve the separation index of scheelite cleaning operation, the cleaning reagent system suitable for the scheelite ore was determined through repeated laboratory tests. The new flotation reagent system was used in trial production, and good technical indicators were obtained, the scheelite concentrate grade increased from 27.15% to 41.20%, the cleaning recovery increased from 67.66% to 83.15%, the total recovery increased from 44.41% to 65.31%, and the annual production of scheelite concentrate increased by 1 019.48 tons (dry weight). The economic benefit is increased by 52.5 million yuan/a, and the benefit is remarkable.

Key words: tungsten-tin-iron-sulfur polymetallic ore; Scheelite flotation; scheelite cleaning; reagent system; recovery; benefit

腾冲子云工贸有限公司选厂以缅甸开采的 11 号洞原生矿为主, 白钨矿精选回收率低, 经过反复多次的实验室小型试验研究, 确定了适合该矿石白钨精选合理的药剂制度, 即在原白钨浮选捕收剂 731

的基础上增加 733(731、733 均为氧化石蜡皂), 并适当调整各药剂用量。该药剂制度在选矿厂 3 个月的生产实践表明, 大幅提高了浮选回收率, 经济效益可观^[1]。

收稿日期: 2020-07-28

作者简介: 赵学斌(1971-), 男, 河南嵩县人, 大专, 助理工程师, 主要从事选矿技术管理工作。

1 原矿性质

1.1 原矿化学多元素分析

由于腾冲子云工贸有限公司选厂处理的矿石以国外(缅甸)11号洞矿石为主,对该多金属矿原矿进行了化学多元素分析,分析结果见表1。由表1结果可知,矿石中可回收的金属组分主要为Cu、WO₃、Sn,脉石组分主要为SiO₂和CaO,另外还含有少量Al、K、Mg、Na、P、As等。

表1 原矿化学多元素分析结果
Table 1 Results of chemical multi-element analysis of raw ore /%

组分	Cu	WO ₃	Sn	Fe	S	Pb	Zn	Al ₂ O ₃
含量	0.141	0.32	0.114	23.32	9.30	0.095	0.075	2.27
组分	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	SiO ₂	P	CaO	As	
含量	0.42	1.15	0.068	44.85	0.01	9.72	0.008	

1.2 原矿矿物组成及主要矿物的嵌布关系

矿石由25种矿物组成^[2],其中主要金属矿物的矿物组成及含量分别为:白钨矿0.45%、黑钨矿0.05%、锡石0.07%、黄铜矿0.41%、闪锌矿0.12%、方铅矿0.11%、黄铁矿10.14%、磁黄铁矿10.04%、毒砂0.01%、磁铁矿6.29%、褐铁矿2.85%、菱铁矿1.98%;脉石矿物主要为石英和钙铁榴石,含量分别为30.67%和18.98%,另有少量萤石、方解石、铁白云石、白云母、高岭石、角闪石、绿泥石、钾长石、黑云母和磷灰石等。矿石中的白钨矿主要与黄铁矿、石英、钙铁榴石共生,其他少量,自由比表面积比例达到89.58%。矿石中的含钨矿物有白钨矿和黑钨矿,其中,白钨矿是钨的主要载体矿物,钨在其中的分配率达到88.79%,钨在黑钨矿中的分配率为10.21%。

由此可见,矿石中有综合回收利用价值的组分主要为Cu、W、Sn、Fe、S、Pb、Zn含量较低,未达到回收利用标准。根据目的元素的赋存状态,Cu、W的分布较为集中,载体矿物比较单一,对选矿回收较为

有利;Sn主要赋存于锡石和钙铁榴石中,以质同象形式赋存于钙铁榴石中的锡回收难度较大,可考虑重点对锡石进行回收;Fe的载体矿物种类较多,且部分载体矿物不具备回收利用价值,回收难度较大;S的载体矿物种类虽多,但分布相对集中,利于选矿回收。由于锡石和黄铜矿与其他矿物的共生关系相对比较复杂,存在较多镶嵌和包裹现象,可能会对回收率造成不利影响。

1.3 目的矿物的粒度分布特性

MLA分别对矿石破碎产品(-0.074 mm约占40%)目的矿物的粒度分布特征进行了分析和统计(统计对象代表被统计矿物在当前细度条件下的工艺粒度或嵌布粒度),分析结果见表2。由表2可知,根据目的矿物粒度分布特性,采用一段磨矿即可实现各有用矿物的分离^[3]。

表2 目的矿物粒度分布特性
Table 2 Size distribution characteristics of target minerals /%

矿物名称	累计粒级分布率		
	+75 mm	+38 mm	+19 mm
白钨矿	17.69	43.64	66.41
黑钨矿	26.62	64.77	71.74
锡石	26.62	64.77	71.74
黄铜矿	9.61	45.02	71.74
闪锌矿	28.01	56.81	79.60
方铅矿	24.68	32.19	58.86
黄铁矿	6.58	54.41	89.50
磁黄铁矿	9.73	50.54	87.45
磁铁矿	5.95	52.84	91.50
褐铁矿	3.94	39.61	80.18
菱铁矿	13.17	60.62	82.00

1.4 生产工艺流程

腾冲子云工贸有限公司选厂采用一段磨矿,日处理量1 000 t/d,磨矿采用两台Φ2.1 m×3.6 m球磨机,分级机溢流细度-0.074 mm占65%。选矿工艺原则流程见图1。

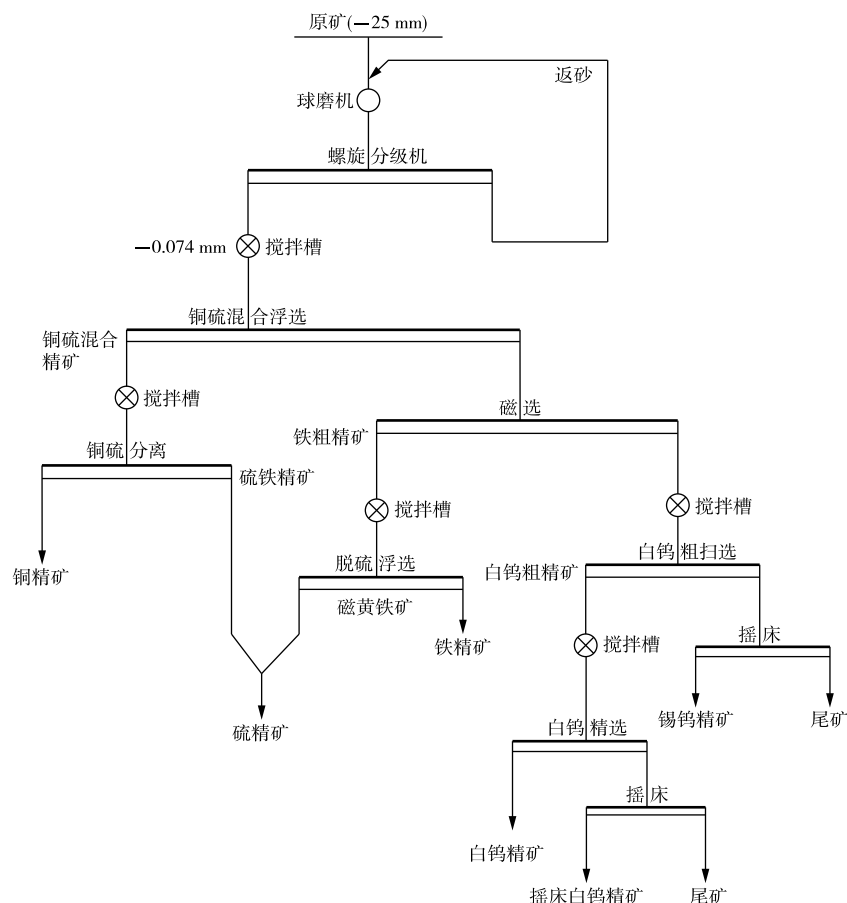


图1 腾冲子云工贸有限公司选厂原则工艺流程

Fig. 1 Principle flowsheet of Tengchong Ziyun Concentrator

2 白钨粗精矿精选试验

2.1 白钨粗精矿精选生产流程

选厂分级机溢流经过铜硫混合浮选和铜、硫分离获得铜精矿和硫精矿,混合浮选尾矿经过磁选回收铁矿物,得到铁精矿,磁选尾矿进入白钨粗、扫选系统(根据硫精矿、铁精矿产率,尾矿干矿量大约700 t/d),白钨粗精矿浓缩脱水后进入精选系统,精选流程见图2。

2.2 白钨粗精矿精选药剂制度及生产指标

白钨粗精矿精选生产流程具体药剂制度见表3,2019年3~7月生产指标见表4。从表4可知,白钨矿粗选回收率(61%~64%)及精选作业回收率(66%~68%)均偏低,白钨精矿品位偏低。因此本

文将探讨如何提高精选作业回收率及精矿品位,白钨矿精选回收率偏低的主要原因是粗精矿中细粒级含钨矿物得不到有效回收,因此,试验药剂制度的调整重点就是提高细粒级白钨矿的精选作业回收率和精矿品位。

2.3 白钨粗精矿浮选药剂制度试验

由表4可知,白钨粗精矿精选作业回收率总体较低,为66%~69%左右,精矿品位偏低,为27%,拟通过改变选矿药剂条件提高白钨粗精矿精选作业回收率和精矿品位,试验流程见图3,试验结果见表5。从表5结果可以看出,采用新的精选药剂制度,从上述常温开路精选试验推断精选作业回收率可达到80%以上,而且精矿品位稳定,闭路试验白钨精矿品位有望达到36%以上^[4]。

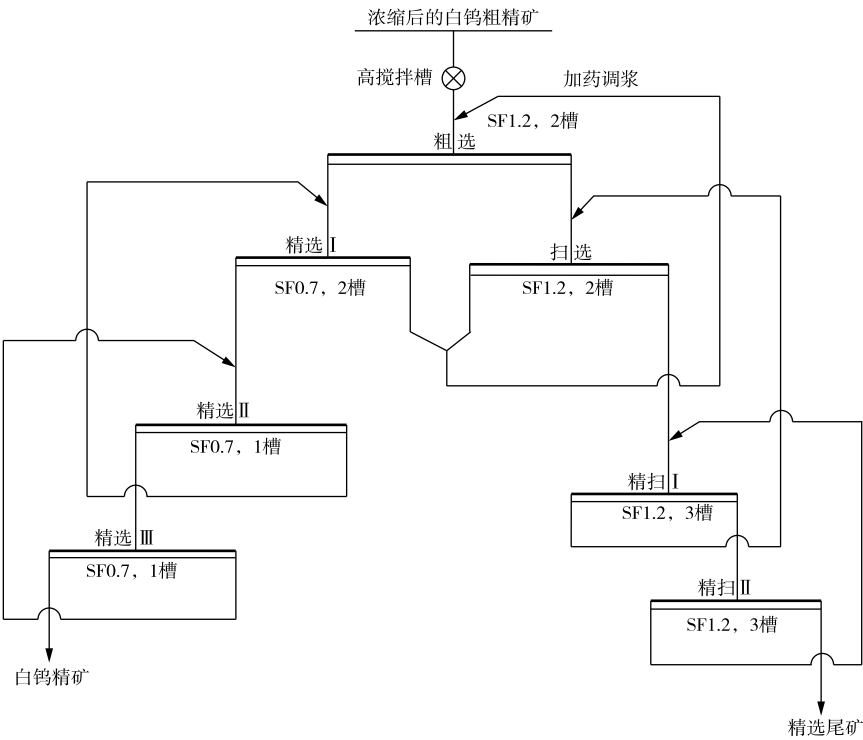


图 2 腾冲子云白钨粗精矿精选生产流程

Fig. 2 Production flowsheet of scheelite rougher concentrate cleaning of Tengchong Ziyun Concentrator

表 3 白钨粗精矿精选药剂制度

Table 3 Reagent system of scheelite rougher concentrate

药剂名称	药剂用量/(kg·t ⁻¹)	高位搅拌槽	搅拌时间/min	粗选 II	精选 I
氢氧化钠	0.881	0.881	5		
水玻璃	41.12	41.12	10		
硫化钠	10.28	10.28	20		
731	0.734	0.734	20		

表 4 腾冲子云选厂 2019 年白钨粗精矿精选生产指标

Table 4 Production indexes of tungsten rougher concentrate cleaning in Tengchong Ziyun Concentrator in 2019

月份	白钨粗选				白钨精选			总作业回收率
	给矿品位	粗精品位	尾矿品位	作业回收率	精矿品位	尾矿品位	作业回收率	
3	0.297	4.322	0.121	61.00	23.53			25.51
4	0.307	4.621	0.122	61.85	22.65	1.794	66.44	41.10
5	0.225	3.833	0.085	63.84	23.87	1.414	67.07	42.81
6	0.359	4.408	0.134	64.68	30.77	1.690	68.17	44.10
7	0.528	5.142	0.160	71.97	31.29	1.800	68.95	49.62
平均	0.355	4.501	0.125	65.59	27.15	1.675	67.66	44.41

注：3 月份处理 2# 露天采矿坑氧化矿，总回收率偏低，计算平均值时未计入

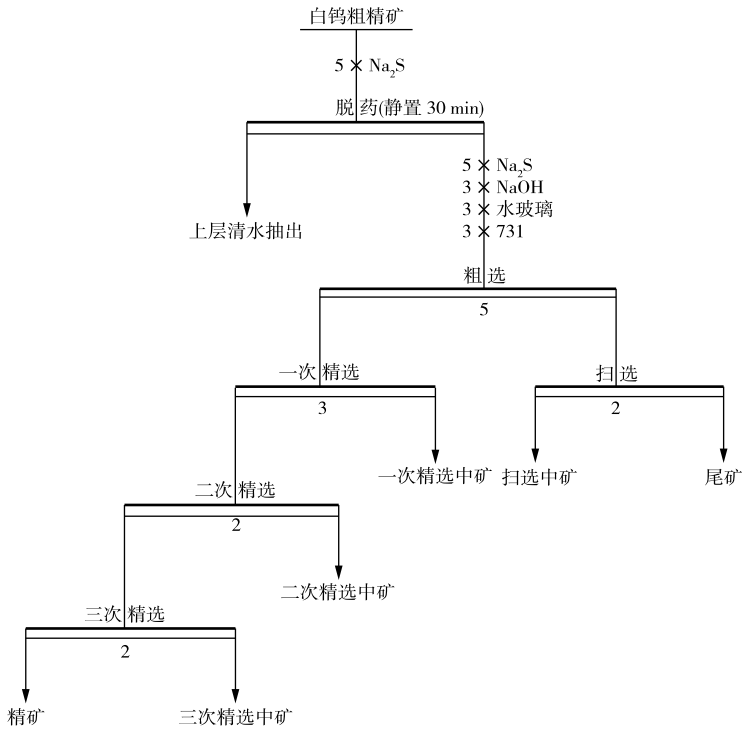


图 3 腾冲子云选厂白钨粗精矿精选试验流程

Fig. 3 Flowsheet of scheelite rougher concentrate cleaning in Tengchong Ziyun Concentrator

表 5 白钨粗精矿常温精选试验结果

Table 5 Results of scheelite rougher concentrate cleaning tests at room temperature

/ %

试验序号	产品名称	品位	作业产率	作业回收率	试验条件
1	精矿	8.22	28.62	61.80	矿浆浓度 28%~30% 硫化钠 17.215 kg/t 氢氧化钠 1.722 kg/t 水玻璃 60.25 kg/t 731 537.98 g/t
	尾矿	1.47	34.9	13.48	
	扫选中矿	2.57	20.53	13.86	
	一次精选中矿	2.02	11.77	6.25	
	二次精选中矿	3.85	3.40	3.44	
	三次精选中矿	5.77	0.77	1.17	
	白钨粗精矿	3.81	100.0	100.0	
2	精矿	16.99	15.62	59.72	矿浆浓度 46%~48% 硫化钠 10.44 kg/t 氢氧化钠 1.044 kg/t 水玻璃 36.546 kg/t 731 326.30 g/t
	尾矿	1.03	55.72	10.97	
	扫选中矿	7.25	15.79	21.88	
	一次精选中矿	3.53	8.34	5.63	
	二次精选中矿	12.2	3.75	8.75	
	三次精选中矿	13.75	0.78	2.06	
	白钨粗精矿	5.23	100.0	100.0	
3	精矿	15.44	10.35	40.80	矿浆浓度 35%~36% 硫化钠 14.74 kg/t 氢氧化钠 1.474 kg/t 水玻璃 51.59 kg/t 731 460.64 g/t
	尾矿	0.92	55.12	12.90	
	扫选中矿	4.83	17.01	20.97	
	一次精选中矿	3.93	7.51	7.53	
	二次精选中矿	6.13	4.61	7.22	
	三次精选中矿	7.69	5.39	10.58	
	白钨粗精矿	3.92	100.0	100.0	

2.4 白钨浮选新药剂制度的应用

通过小型选矿试验以及对现场生产和泡沫现象的观察,白钨粗精矿精选回收效果不理想的原因主要有两个方面:一是精选药剂制度不合理造成的细

粒跑尾;二是精选泡沫量过多,需要加入硫化钠预先脱药,减少虚泡量,提高泡沫质量,从而提高精矿品位^[5]。为此选矿厂于 2019 年 6 月 25 日~7 月 15 日进行了白钨精选指标调试,根据调试发现粗选泡沫

量过大,适当减少 731 用量并加入部分 733 以便提高氧化矿的精选作业回收率。从 8 月份开始,白钨粗精矿精选指标得到大幅提高且采用加温浮选后白钨精矿品位能达到 40% 以上,精选药剂制度调试完成正常生产后,选矿厂的生产技术指标见表 6。从表

6 可以看出,白钨精选采用新药剂制度并采用加温精选后,白钨精矿品位为 41.20%,精选作业回收率为 83.15%,总作业回收率为 65.31%,较原药剂制度下分别提高了 14.05、15.49 和 20.90 个百分点,且精矿品位和精选作业回收率趋于稳定。

表 6 新药剂制度下白钨浮选生产技术指标

Table 6 Technical indexes of scheelite flotation under new reagent system

/%

月份	白钨粗选				白钨精选			总作业回收率
	给矿品位	粗精品位	尾矿品位	作业回收率	精矿品位	精选尾矿	作业回收率	
8	0.927	8.699	0.189	81.39	39.01	2.003	81.14	66.04
9	1.049	10.652	0.250	77.99	44.15	2.087	84.40	65.82
10	0.634	7.206	0.161	76.36	40.45	1.362	83.92	64.08
平均	0.870	8.852	0.200	78.58	41.20	1.817	83.15	65.31

注:8 月底开始白钨精选开始采用加温浮选

3 经济效益

白钨浮选采用新药剂制度调试生产三个月,取得较好的浮选指标,白钨精矿品位由 27.15% 提高至 41.20%,精选作业回收率由 67.66% 提高至 83.15%,白钨浮选总作业回收率由 44.41% 提高至 65.31%,每年多生产白钨矿精粉 1 019.48 t(干重),增加经济效益 5 250 万元/a,经济效益相当可观。

4 结论

1)腾冲市子云工贸有限公司大选厂以缅甸开采的 11 号洞原生矿为主,白钨矿浮选回收率低,经过反复的试验室小型试验,确定了适合该矿石的白钨粗精矿精选药剂制度。

2)采用新的浮选药剂制度进行试生产,取得较好的技术指标,白钨精矿品位由 27.15% 提高至 41.20%,精选作业回收率由 67.66% 提高至 83.15%,总作业回收率由 44.41% 提高至 65.31%,每年多生产白钨矿精粉 1 019.48 吨(干重),增加经济效益 5 250 万元/a。

参考文献

- [1] 代正和. 青海某金矿浮选药剂制度改进及生产实践[J]. 有色金属(选矿部分),2016(1):40-42.
DAI Zhenghe. Improvement and production practice of

flotation reagent system of a gold mine in Qinghai[J]. Nonferrous Metals(Mineral Processing Section),2016(1):40-42.

- [2] 王佩佩,任浏祯,曾锦明. 云南某含钨硫精矿选矿试验研究[J]. 有色金属(选矿部分),2016(1):43-46,64.
WANG Peipei, REN Liuyi, ZENG Jingming. Research on mineral processing technology of a tungsten contained sulfur concentrate of Yunnan[J]. Nonferrous Metals(Mineral Processing Section), 2016(1):43-46, 64-65.
- [3] 徐凤平,冯其明,张国范,等. 湖南某白钨矿浮选试验研究[J]. 矿冶工程,2016,36(2):38-40.
XU Fengping, FENG Qiming, ZHANG Guofan, et al. Experimental study on flotation of scheelite from Hunan [J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2016,36(2):38-40.
- [4] 辛亚淘,邓双丽. 低品位白钨矿的浮选实践[J]. 矿山机械,2012,40(2):94-96.
XIN Yatao, DENG Shuangli. Flotation of low grade scheelite[J]. Mining & Processing Equipment, 2012, 40(2):94-96.
- [5] 高湛伟,郑灿辉,张子瑞,等. 白钨矿常温浮选试验研究[J]. 中国钨业,2010,25(6):23-25.
GAO Zhanwei, ZHENG Canhui, ZHANG Zirui, et al. Experiment study of scheelite flotation at room temperature[J]. China Tungsten Industry,2010,25(6):23-25.