

文章编号:1673-9981(2012)03-0185-05

某矽卡岩型白钨矿选矿试验研究\*

高玉德,王国生,韩兆元

广东省工业技术研究院(广州有色金属研究院), 广东 广州 510650

**摘 要:**细粒浸染状矽卡岩型白钨矿属难选白钨矿石,试验中采用“优先浮硫—白钨常温粗选—钨粗精矿加温精选”的工艺流程及自主研发的白钨矿捕收剂FW-2,对WO<sub>3</sub>品位0.73%的原矿,取得了钨精矿WO<sub>3</sub>品位69.71%,WO<sub>3</sub>回收率89.48%的指标,白钨矿得到了有效回收。  
**关键词:**白钨矿;常温粗选;加温精选  
**中图分类号:**TD983;TD954                      **文献标识码:**A

矽卡岩型白钨矿床是钨矿床的重要工业类型,矿床形成于花岗岩与碳酸盐类岩石的接触带,并沿着砂页岩与灰岩的互层发育成重要的似层状矿体。白钨矿呈浸染状分布于矽卡岩中且嵌布粒度细,共生矿物为与白钨矿可浮性相近的含钙矿物,如石榴子石、符山石、透辉石、阳起石、透闪石等典型矽卡岩矿物以及萤石、白云石等,使其精选分离成为一个较难的课题。本试验研究对矽卡岩型白钨矿的回收具有一定的指导意义。

1 原矿性质

原矿含WO<sub>3</sub> 0.73%,白钨矿呈不规则细粒状浸染嵌布于矽卡岩矿物中。白钨矿与脉石矿物透闪石、阳起石、绿泥石、符山石、透辉石、石英、萤石等密切共生,部分与硫化矿连生。矿石中白钨矿粒度

变化范围较大,主要介于1~0.074 mm之间,其中0.25~0.074 mm居多。经单体解离测定,磨矿至-0.125 mm时白钨矿才能基本单体解离。原矿多元素分析结果见表1。

2 实验结果与讨论

2.1 选矿工艺流程的确定

白钨矿浮选一般分为粗选段和精选段,白钨粗选工艺一般采用碳酸钠法<sup>[1-2]</sup>,白钨粗精矿精选工艺有常温法和加温法(“彼德洛夫”法)两种。常温法对矿石的适应性不强,选别指标波动较大,精矿WO<sub>3</sub>品位一般为55%左右,杂质含量高。加温法对矿石的适应性强,生产易控制,选别指标高,钨精矿质量稳定。该矿石中含一定量的硫化矿,故在选钨之前应预先脱硫。经过试验研究,确定了“优先浮硫—白

表1 原矿多元素分析结果  
Table1 Analysis results of multi element for raw ore

元素	WO <sub>3</sub>	Mo	Sn	Cu	Pb	Zn	Bi	Fe	P
含量 w/%	0.73	<0.01	<0.03	0.033	<0.01	0.039	0.016	2.89	0.067
元素	S	K <sub>2</sub> O	Mn	CaO	CaF <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O
含量 w/%	0.82	1.27	0.19	13.03	3.94	45.32	8.39	4.6	0.29

收稿日期:2012-05-29  
\*基金项目:国家重点基础研究发展规划项目973项目(2010CB735500)  
作者简介:高玉德(1963-),男,广东揭阳人,教授级高工,硕士,主要从事选矿工艺研究工作。

钨常温粗选—钨粗精矿加温精选”的工艺流程。

### 2.2 磨矿细度的影响

有用矿物与脉石矿物只有达到合适的解离,才能提高分选效率. 按图1所示的流程进行磨矿细度试验,结果见图2. 从图2试验结果可知,随着磨矿细度的增加,粗精矿  $WO_3$ 品位下降,  $WO_3$ 回收率增加. 考虑到磨矿成本和工业上实现的难易度,选择磨矿细度为-0.074mm占80%.

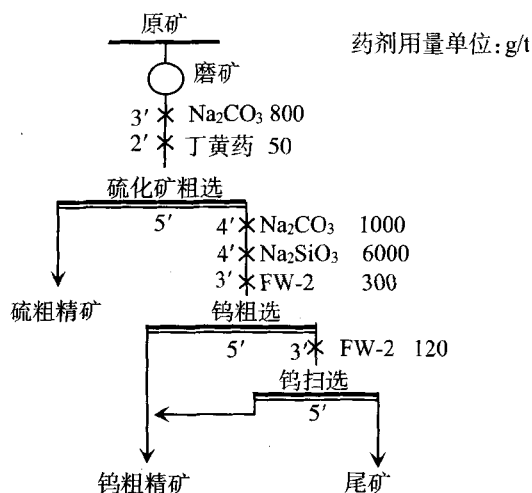


图1 磨矿细度试验流程图  
Fig.1 Flowchart of grinding fineness test

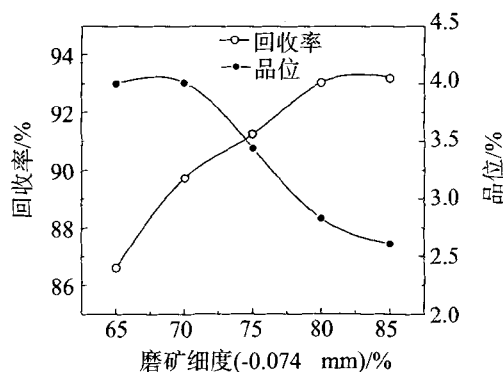


图2 磨矿细度度试验结果  
Fig.2 Results of grinding fineness test

### 2.3 白钨常温粗选条件试验

按图3所示的流程,分别考察了  $Na_2CO_3$ ,  $Na_2SiO_3$ , FW-2用量对白钨粗选选别指标的影响.

#### 2.3.1 调整剂 $Na_2CO_3$ 用量的影响

调整剂  $Na_2CO_3$ 可调节矿浆的碱度,改变白钨矿表面活性,加快白钨矿浮游速度,分散矿泥,与  $Na_2SiO_3$ 联合作用可改善白钨矿的浮选. 按图3所示

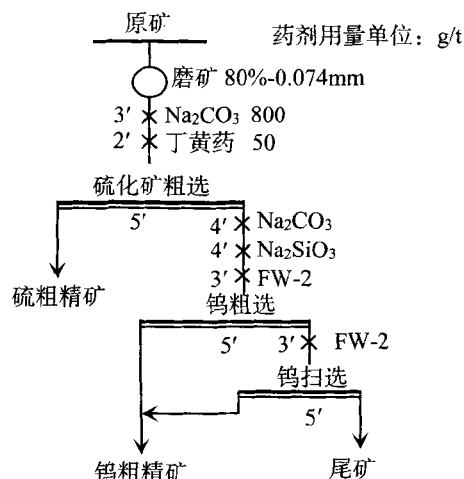


图3 粗选条件试验流程图  
Fig.3 Flowchart of roughing condition test

的工艺流程进行  $Na_2CO_3$ 用量试验,试验结果见图4. 从图4结果可知,综合考虑钨精矿  $WO_3$ 品位和回收率,选择  $Na_2CO_3$ 合适用量为1 kg/t左右.

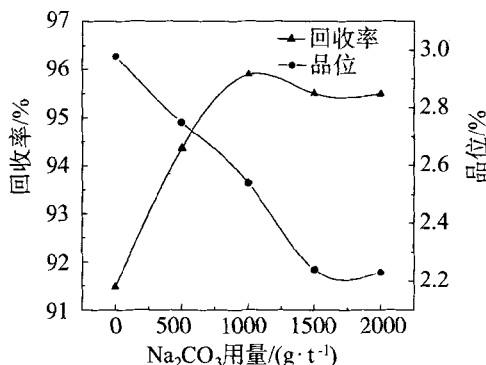


图4 调整剂  $Na_2CO_3$  用量试验结果  
Fig.4 Dosage test results of conditioner  $Na_2CO_3$

#### 2.3.2 调整剂 $Na_2SiO_3$ 用量的影响

调整剂  $Na_2SiO_3$ 对白钨矿浮选的影响很大,因为它对萤石、方解石、白钨矿等含钙矿物均有抑制作用. 用量小,脉石矿物不能得到有效抑制,粗精矿  $WO_3$ 品位偏低;用量大,则白钨受到抑制,钨回收率低. 按图3所示的工艺流程进行  $Na_2SiO_3$ 用量试验,试验结果见图5. 从图5结果可知,随着  $Na_2SiO_3$ 用量的增加,钨精矿品位提高,回收率减少. 故选择  $Na_2SiO_3$ 合适用量为7 kg/t左右.

#### 2.3.3 粗选捕收剂 FW-2 用量的影响

FW为广州有色金属研究院针对脉石矿物组成的不同,自主研发的白钨矿系列捕收剂,对白钨矿有着较强的捕收性能和选择性,价格低廉,绿色高

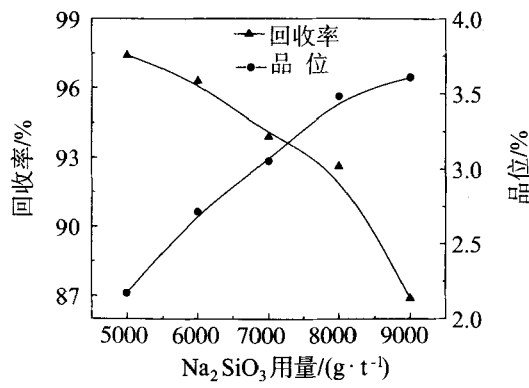


图5 调整剂 Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>用量试验结果  
Fig.5 Dosage test results of conditioner Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>

效. 本试验选择FW-2作为白钨矿捕收剂,按图3所示的工艺流程进行捕收剂FW-2用量(粗选+扫选)试验,试验结果如图6所示. 由图6可知,FW-2总用量为360(240+120)g/t左右时即可.

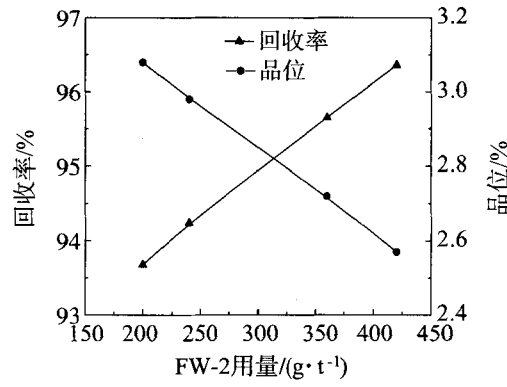


图6 粗选捕收剂 FW-2用量试验结果  
Fig.6 Dosage test results of roughing collector FW-2

2.4 白钨精选条件试验

2.4.1 Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>用量的影响

白钨粗精矿精选是白钨浮选的关键. 加温精选时,白钨粗精矿的矿浆浓度一般浓缩到50%左右,然后添加Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>并搅拌,加温至90℃,保温1h后,稀释到20%左右的浓度进行精选. Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>用量是影响白钨矿精选指标的重要因素. 加温精选Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>用量试验结果列于表2. 由表2可知,随着Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>用量增加,钨精矿(WO<sub>3</sub>)品位提高,回收率下降. 经综合考虑,确定Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>用量为3.5 kg/t.

2.4.2 SN用量的影响

SN为辅助调整剂,可与Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>联合强化对脉石矿物的抑制. SN用量试验结果列于表3. 由表3可知,SN用量为200 g/t,选别效果较好.

表2 加温精选Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>用量试验结果  
Table 2 Dosage test results of Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> at heating cleaning

药剂用量/ (kg·t <sup>-1</sup> )	产品名称	产率/%	品位 WO <sub>3</sub> /%	回收率 WO <sub>3</sub> /%
2	钨精矿	29.06	39.43	92.87
	尾矿	70.94	1.24	7.13
	给矿	100.00	12.34	100.00
3.5	钨精矿	20.98	52.38	91.57
	尾矿	79.02	1.28	8.43
	给矿	100.00	12.00	100.00
5	钨精矿	19.89	53.84	86.70
	尾矿	80.11	2.05	13.30
	给矿	100.00	12.35	100.00
7.5	钨精矿	17.61	55.21	79.41
	尾矿	82.39	3.06	20.59
	给矿	100.00	12.24	100.00
10.5	钨精矿	13.97	57.16	66.53
	尾矿	86.03	4.67	33.47
	给矿	100.00	12.00	100.00

表3 加温精选SN用量试验结果  
Table 3 Dosage test results of SN at heating cleaning

药剂用量 (g·t <sup>-1</sup> )	产品名称	产率/%	品位 WO <sub>3</sub> /%	回收率 WO <sub>3</sub> /%
0	钨精矿	28.42	39.85	92.95
	尾矿	71.58	1.20	7.05
	给矿	100.00	12.18	100.00
100	钨精矿	24.05	45.96	92.21
	尾矿	75.95	1.23	7.79
	给矿	100.00	11.99	100.00
200	钨精矿	20.78	52.86	91.43
	尾矿	79.22	1.30	8.57
	给矿	100.00	12.01	100.00
400	钨精矿	19.84	54.62	89.42
	尾矿	80.16	1.60	10.58
	给矿	100.00	12.12	100.00

2.5 全流程闭路试验

全流程浮选闭路试验工艺流程及条件如图7所示,试验结果列于表4. 对WO<sub>3</sub>品位0.73%的原矿,采用“优先浮硫—白钨常温粗选—钨粗精矿加温精

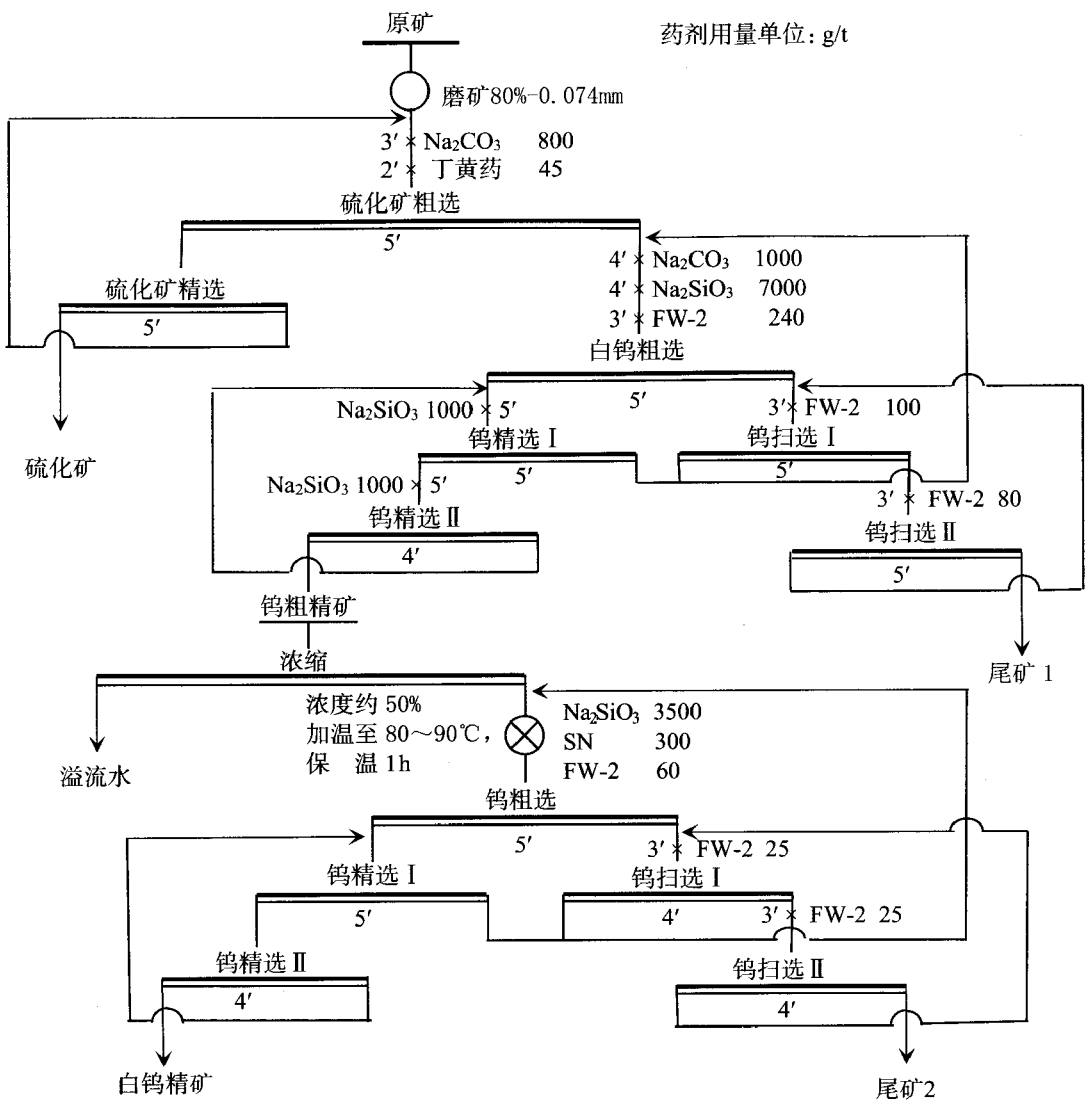


图 7 白钨矿浮选全流程闭路试验工艺流程

Fig.7 Full flow closed-circuit technological process of scheelite flotation

表 4 白钨矿浮选全流程闭路试验结果

Table 4 Full flow closed-circuit test results of scheelite flotation

产品名称	产率/%	品位 WO <sub>3</sub> /%	回收率 WO <sub>3</sub> /%
硫化矿	0.75	0.29	0.30
白钨精矿	0.94	69.71	89.48
溢流	0.02	1.05	0.03
尾矿 2	4.70	0.58	3.71
尾矿 1	93.59	0.051	6.48
原矿	100.00	0.73	100.00

选”的工艺流程及高效白钨矿捕收剂 FW-2, 获得的钨精矿 WO<sub>3</sub> 品位 69.71%, 回收率 89.48%, 较好地实

现了对矽卡岩型白钨矿的高效回收.

3 结 论

(1)在原矿磨至-0.074mm 占 80%时,采用“浮选脱硫—白钨常温粗选—粗精矿加温精选”的工艺流程,对含 WO<sub>3</sub> 品位 0.73%的原矿,获得了白钨精矿 WO<sub>3</sub> 品位 69.71%、回收率 WO<sub>3</sub> 89.48%的技术指标,使钨得到较好的回收.

(2)广州有色金属研究院研发的高效白钨矿捕收剂 FW-2 的应用是本试验获得成功的关键. 该捕收剂价格低廉、绿色高效,使白钨矿与可浮性相近的脉石矿物透闪石、阳起石、绿泥石和萤石等实现了较好地分离.

## 参考文献:

- [1] 高玉德,邹霓,韩兆元.湖南某白钨矿选矿工艺研究[J].中国钨业,2009,24(4):20-22.
- [2] 张忠汉,张先华.难选白钨矿矿物选矿新工艺流程研究[J].矿冶,2002(11):181-184.

## Experimental research on mineral processing of a skarn type scheelite ore

GAO Yude, WANG Guosheng, HAN Zhaoyuan

Guangdong General Research Institute of Industrial Technology (Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals),  
Guangzhou 510650, China

**Abstract:** According to the ore properties of raw ores containing  $\text{WO}_3$  0.73%, the technological flowsheet of “selective flotation of sulfide minerals—flotation of scheelite at ambient temperature—cleaning of scheelite by heating flotation” was selected. Test results show that after the new technological flowsheet is adopted, the scheelite can be effectively recovered and satisfactory technical index of mineral processing can be attained. The grade of scheelite concentrate is 69.71% and the recovery of scheelite is 89.48%.

**Key words:** scheelite; rougher flotation at ambient temperature; cleaning of scheelite by heating flotation

上接第 177 页

## The study of process of preparing nickel chloride solution by waste battery alloy

ZHU Wei, GUO Qiusong, LIU Zhiqiang

Guangdong General Research Institute for Industrial Technology (Guangzhou Research Institute of Non-ferrous Metals),  
Guangzhou 510650, China

**Abstract:** In this paper, the process of producing nickel chloride solution from waste alloy melt cast by waste battery which contains nickel was studied. The process contains electrolysis, removing impurities from solution by chemical precipitation and extracting impurities from solution. After three arrays extraction, the density of Ni in solution is more than 30g per liter, trace Fe, Co is about 0.26g per liter, Cu is lower than 0.8mg per liter. The solution can be used to producing electrical nickel. The organic phase after three ranks backextraction could be used in extraction again.

**Key words:** nickel; electrolysis; ion-exchange membrane; removing iron by precipitation; extraction