



组合捕收剂及海藻酸钠在白钨矿和方解石浮选分离中的作用及机理

冯 博, 张文谱, 郭 蔚, 彭金秀, 罗国栋, 汪惠惠

(江西理工大学 江西省矿业工程重点实验室, 赣州 341000)

摘 要: 通过浮选试验、吸附量测试和 XPS 分析, 研究油酸钠和聚醚 P123 组合捕收剂以及抑制剂海藻酸钠在白钨矿与方解石浮选分离中的作用, 考察钙离子对白钨矿与方解石浮选分离的影响, 并分析海藻酸钠对方解石的抑制作用机理。结果表明: 与常用捕收剂油酸钠相比, 油酸钠和聚醚 P123 组合捕收剂提高白钨矿的浮选回收率, 并降低方解石的浮选回收率, 但仅用捕收剂在试验所研究的 pH 范围内无法实现白钨矿与方解石的浮选分离。抑制剂海藻酸钠在白钨矿及方解石表面均能被吸附, 但在方解石表面的吸附量显著高于在白钨矿表面的吸附量, 从而对方解石具有选择性抑制作用。钙离子的存在对方解石和白钨矿的浮选影响较小, 对海藻酸钠的抑制行为也没有影响, 使用海藻酸钠做抑制剂能够实现白钨矿与方解石的浮选分离。XPS 分析表明海藻酸钠作用后方解石表面钙原子的特征吸收峰发生明显偏移, 说明海藻酸钠主要是通过对方解石表面的钙离子发生化学反应而吸附在方解石表面。

关键词: 白钨矿; 方解石; 组合捕收剂; 海藻酸钠; 浮选分离

文章编号: 1004-0609(2019)-01-0203-08

中图分类号: TD952

文献标志码: A

钨是一种重要的稀有金属, 具有高熔点、高密度、高硬度等优良特性, 是现代工业与高科技行业不可缺少的原材料。我国是世界上最大的钨资源国, 拥有全球近 62% 的钨资源储量, 同时我国也是世界最大的钨资源供给国, 供应着全球 80% 左右的钨资源量, 导致我国现有的钨资源储量与供应严重不匹配^[1]。经过多年开采, 我国易处理的钨资源(易于重选富集的黑钨矿)几乎消耗殆尽, 而对于储量丰富的低品位白钨矿资源的开发利用程度很低^[2]。低品位白钨矿一般利用浮选方法处理。按矿石类型, 低品位白钨矿可分为白钨-石英(或硅酸盐矿物)型、白钨矿-方解石-萤石(或重晶石)型两大类, 当脉石以石英或硅酸盐矿物为主时白钨矿石容易分选, 而白钨矿-方解石-萤石(重晶石)型矿石则由于矿物的表面性质相近导致捕收剂吸附没有选择性而较难分选^[3-4]。

白钨矿的浮选可分为两个阶段, 即粗选段和精选段, 粗选段以提高富集比为目的, 精选段以提高品位为目的^[5]。在浮选实践中, 白钨矿粗选工艺一般以 pH 调整剂的种类来命名, 常用的有碳酸钠法、氢氧化钠

法和石灰+碳酸钠法^[6-7]。白钨矿的精选方法则包括常温精选法和加温精选法, 常温法应用于方解石型白钨矿时选别指标较低; 加温浮选法对矿石的适应性较强、选别指标稳定, 但能耗大、成本高、操作复杂^[8]。

为了实现白钨矿和方解石在常温条件下的浮选分离, 选矿工作者在捕收剂和抑制剂方面做了大量工作。在捕收剂方面, 羟肟酸类捕收剂^[9]、胺类捕收剂^[10]以及各种复合捕收剂, 如油酸钠和十二胺复合^[11]、733 氧化石蜡皂和脂肪酸甲酯磺酸钠复合^[12]、油酸和辛基羟肟酸复合^[13]等得到应用。在抑制剂方面, 除了传统的无机抑制剂水玻璃和酸化水玻璃^[14-15], 高分子抑制剂腐殖酸钠^[16]、聚丙烯酸钠^[17]、硫酸葡聚糖^[18]、古尔胶^[19]、植酸钠^[20]等也得到应用。但是白钨矿和含钙脉石矿物的分离仍没有得到很好的解决。

本文作者通过浮选试验、吸附量测试和 XPS 分析, 研究了油酸钠和聚醚 P123 组合捕收剂以及高分子抑制剂海藻酸钠在白钨矿与方解石浮选分离中的作用, 考察了钙离子对白钨矿与方解石浮选分离的影响, 并分析了海藻酸钠对方解石的抑制作用机理, 为白钨

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51664020); 江西省自然科学基金资助项目(20161BAB216125); 江西省教育厅科技项目(GJJ160641); 大学生创新创业训练项目(201710407024)

收稿日期: 2017-11-06; **修订日期:** 2018-04-10

通信作者: 冯 博, 副教授, 博士; 电话: 18270767369; E-mail: fengbo319@163.com

矿与方解石的浮选分离提供理论基础。

1 实验

1.1 矿物样品与试剂

试验用的纯矿物白钨矿和方解石购买自浙江大学矿物标本室,化学分析见表1。结果表明,两种矿物样品的纯度均较高,符合试验要求。将获得的两种矿物样品磨细,筛分得到各个粒度级别的矿物备用。试验用油酸钠、聚醚 P123、海藻酸钠均购买自上海思域化工有限公司,为分析纯。试验用水为一次蒸馏水,pH 调整剂为盐酸及氢氧化钠。

表1 白钨矿和方解石的化学组成

Table 1 Chemical composition of scheelite and calcite

Sample	Mass fraction/%				
	WO ₃	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO
Scheelite	80.50	—	—	—	19.39
Calcite	—	0.21	0.52	0.22	55.47

1.2 浮选试验

对于单矿物浮选试验,用高精度天平称取 2g 白钨矿或者方解石样品,放入单矿物浮选机的浮选槽中,加入 40 mL 蒸馏水搅拌调浆。依次加入 pH 调整剂、抑制剂、捕收剂和起泡剂并分别搅拌 3 min 使药剂充分作用。用 pH 计测定矿浆 pH 值后插入挡板开始充气浮选,将刮出的泡沫和槽中剩余产品分别收集、过滤、烘干,称取产品的质量并计算产率。对于混合矿浮选试验,用高精度天平称取 1 g 白钨矿和 2 g 方解石放入浮选槽中,浮选过程同单矿物浮选试验,将获得的产品化验后计算浮选回收率。

1.3 吸附量测试

首先测量固定浓度的海藻酸钠所含的总有机碳含量,绘制海藻酸钠浓度和总有机碳含量的对应关系曲线。称取 1 g 白钨矿或方解石样品放入烧杯中,加入 100 mL 蒸馏水搅拌混匀,加入 pH 调整剂将矿浆 pH 调整为 7,加入抑制剂海藻酸钠搅拌 1 h 以保证药剂充分吸附,搅拌过程中滴加 pH 调整剂保持矿浆 pH 为 7。吸附完成后将矿浆离心分离,取上层清液测量液体的总有机碳含量,根据已知的标准曲线反算出溶液中的海藻酸钠浓度。

1.4 X 射线光电子能谱(XPS)测试

称取 1 g 矿物样品,加入 100 mL 蒸馏水搅拌混匀,

加入 100 mg/L 的海藻酸钠搅拌使药剂吸附后进行离心分离,离心后的固体用蒸馏水冲洗 2 次,在真空干燥箱内保持 45 °C 干燥后进行 XPS 分析,分析设备为 K-Alpha 1063 X-ray X 射线光电子能谱分析仪。

2 结果和讨论

2.1 混合捕收剂对白钨矿和方解石单矿物浮选的影响

油酸钠是常用的白钨矿捕收剂,但油酸钠对脉石矿物方解石也有较好的捕收作用,同时具有对温度敏感、药剂用量大等缺点。大量研究表明,组合捕收剂可以提高白钨矿和方解石的分离选择性。因此探索了油酸钠和聚醚 P123 组合捕收剂对白钨矿和方解石浮选分离的影响。图 1 所示为组合捕收剂用量固定不变时,组合捕收剂中油酸钠和聚醚 P123 的摩尔比对白钨矿和方解石浮选的影响。由图 1 可知,聚醚 P123 对白钨矿和方解石捕收效果较弱,只加聚醚 P123 时,两种矿物浮选回收率均较低。聚醚 P123 可以提高油酸钠的捕收效果,随组合捕收剂中聚醚 P123 含量增加,白钨矿和方解石浮选回收率均先增加后降低。图 1 结果表明,油酸钠和聚醚 P123 的摩尔比为 2:2 时,白钨矿和方解石浮选回收率差别较大。

固定油酸钠和聚醚 P123 的摩尔比为 2:2,研究了不同 pH 条件下组合捕收剂对白钨矿和方解石浮选的影响,结果如图 2 所示。结果表明,在试验所研究的

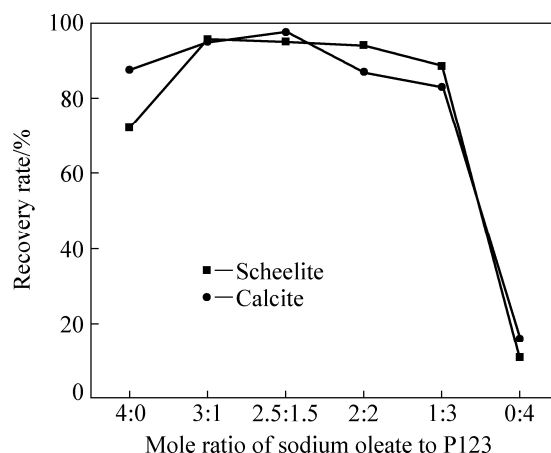


图1 组合捕收剂中油酸钠和聚醚 P123 的摩尔比对白钨矿和方解石浮选的影响

Fig. 1 Effect of mole ratio of sodium oleate to P123 on flotation of scheelite and calcite ($c(\text{collector})=1 \times 10^{-4}$ mol/L, pH=7)

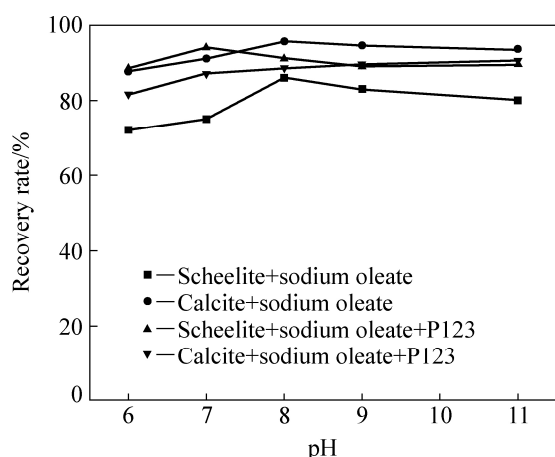


图2 不同 pH 条件下捕收剂对白钨矿和方解石浮选的影响

Fig. 2 Effect of collector on flotation of scheelite and calcite at different pH values ($c(\text{collector})=1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$)

pH 范围内,只用油酸钠为捕收剂时,方解石回收率较高而白钨矿回收率较低,对于浮选白钨矿抑制方解石不利。使用聚醚 P123 和油酸钠组合作为捕收剂,白钨矿的浮选回收率提高而方解石的浮选回收率降低,白钨矿和方解石的浮选分离难度下降。

图3所示为组合捕收剂的用量对白钨矿和方解石浮选回收率的影响。由图3可知,与油酸钠相同,随聚醚 P123 和油酸钠组合捕收剂用量增加,白钨矿浮选回收率迅速提高,当药剂用量达到 $1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ 后,白钨矿浮选回收率增加幅度变缓。与白钨矿不同,方解石的浮选回收率随组合捕收剂用量增加缓慢增加。

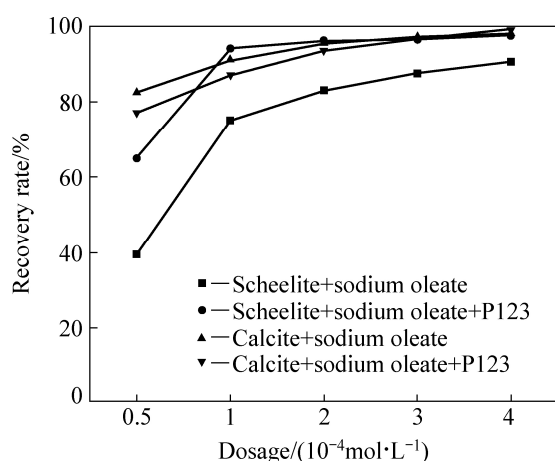


图3 捕收剂用量对白钨矿和方解石浮选的影响

Fig. 3 Effect of collector dosage on flotation of scheelite and calcite ($\text{pH}=7$)

2.2 海藻酸钠对白钨矿和方解石浮选的影响

使用油酸钠和聚醚 P123 组合作为捕收剂时方解

石仍具有较好的可浮性,与白钨矿分离困难。使用海藻酸钠作为抑制剂,分析了不同 pH 条件下白钨矿和方解石的浮选行为,结果如图4所示。结果表明,海藻酸钠对白钨矿抑制效果较弱,加入抑制剂海藻酸钠后白钨矿浮选回收率仍较高。海藻酸钠对方解石具有较好的抑制作用,能显著降低方解石的浮选回收率,且 pH 越低,海藻酸钠的抑制效果越强。

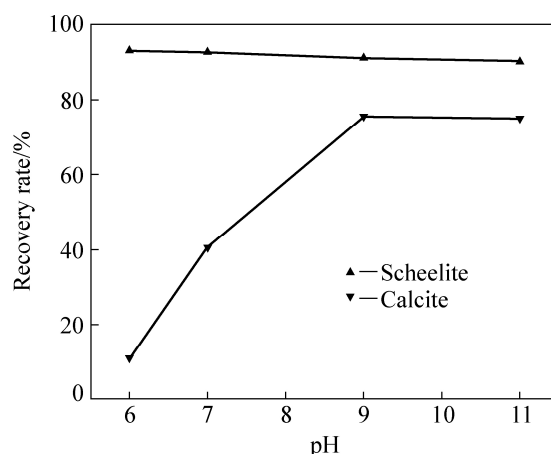


图4 不同 pH 条件下海藻酸钠对白钨矿和方解石浮选的影响

Fig. 4 Effect of sodium alginate on flotation of scheelite and calcite at different pH values ($c(\text{collector})=1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$, $c(\text{sodium alginate})=3 \text{ mg/L}$)

研究了 $\text{pH}=7$ 时海藻酸钠用量对白钨矿和方解石浮选行为的影响,结果如图5所示。由图5可知,海藻酸钠对白钨矿没有抑制作用,随海藻酸钠用量增加,白钨矿浮选回收率基本不变。海藻酸钠对方解石的抑

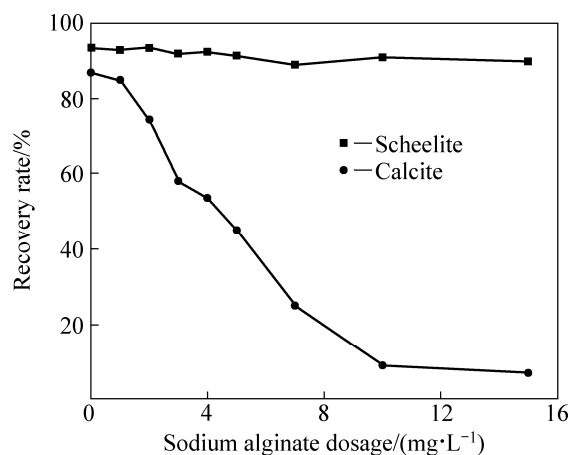


图5 海藻酸钠用量对白钨矿和方解石浮选的影响

Fig. 5 Effect of sodium alginate dosage on scheelite and calcite flotation ($c(\text{collector})=1 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$, $\text{pH}=7$)

制作用较强, 10 mg/L 的海藻酸钠就能完全抑制方解石的浮选, 海藻酸钠用量再增加, 方解石回收率变化不大。

2.3 钙离子对白钨矿和方解石浮选的影响

溶液中存在的钙离子能够和捕收剂油酸钠反应, 也能在矿物表面吸附, 可能对白钨矿、方解石的浮选产生影响, 因此分析了不同 pH 条件下钙离子对白钨矿、方解石以及海藻酸钠抑制行为的影响。

图 6 所示为碳酸钠和氢氧化钠分别调节 pH 时钙离子对白钨矿和方解石浮选的影响。由图 6 可知, 在氢氧化钠和碳酸钠调节矿浆 pH 条件下, 钙离子的加入均对白钨矿和方解石浮选影响较小。

图 7 所示为氢氧化钠调节矿浆 pH 时钙离子对海藻酸钠抑制行为的影响, 由图 7 可知, 加入钙离子后,

海藻酸钠对白钨矿的抑制行为变化不大, 而对方解石的抑制行为略有降低。图 7 结果表明, 有钙离子存在时, 海藻酸钠仍然对方解石具有选择性抑制作用。

2.4 海藻酸钠对白钨矿和方解石混合样浮选分离的影响

依据单矿物浮选试验结果, 分析了海藻酸钠在白钨矿-方解石混合矿浮选分离中的作用。混合矿由白钨矿和方解石按照 1:2 的质量比组成, 油酸钠和聚醚 P123 组合捕收剂用量为 1×10^{-4} mol/L, 抑制剂海藻酸钠用量为 10 mg/L, 混合矿分离试验结果如表 2 所列。表 2 结果表明, 使用海藻酸钠为抑制剂, 可以取得一定的分离效果, 白钨矿精矿的品位由 26.63% 上升到 64.97%, 对应的精矿中白钨矿含量为 80.71%, 此时白钨矿浮选回收率为 77.47%。

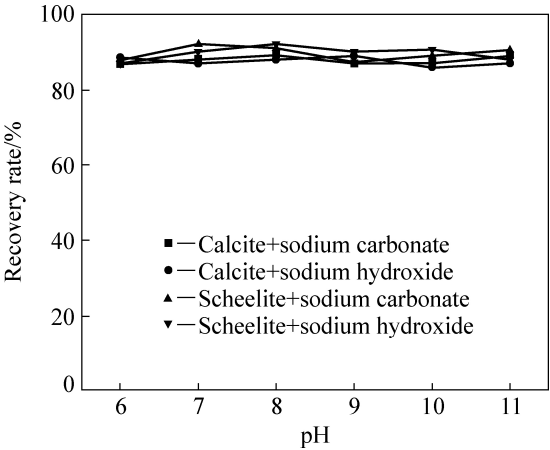


图 6 不同 pH 条件下钙离子对白钨矿和方解石浮选的影响
Fig. 6 Effect of calcium ion on scheelite and calcite flotation at different pH values ($c(\text{collector})=1 \times 10^{-4}$ mol/L, $c(\text{Ca}^{2+})=1 \times 10^{-4}$ mol/L)

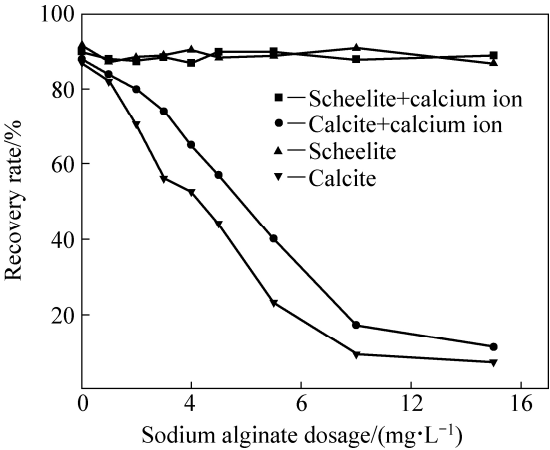


图 7 钙离子对海藻酸钠抑制行为的影响
Fig. 7 Effect of calcium ion on depression behavior of sodium alginate ($c(\text{collector})=1 \times 10^{-4}$ mol/L, pH=7)

表 2 白钨矿/方解石混合矿分离结果

Product	Yield/%	WO ₃	Scheelite	Recovery rate/%
		grade/%	content/%	
Concentrate	31.75	64.97	80.71	77.47
Tailing	68.25	8.79	10.92	22.53
Mixed ore	100	26.63	33.08	100

2.5 海藻酸钠在方解石和白钨矿表面的吸附行为及机理

抑制剂对矿物产生抑制作用的前提是能够在矿物表面发生吸附。分析了海藻酸钠在方解石和白钨矿表面的吸附行为, 结果如图 8 所示。图 8 中结果表明海藻酸钠在白钨矿和方解石表面均发生了吸附, 但随海

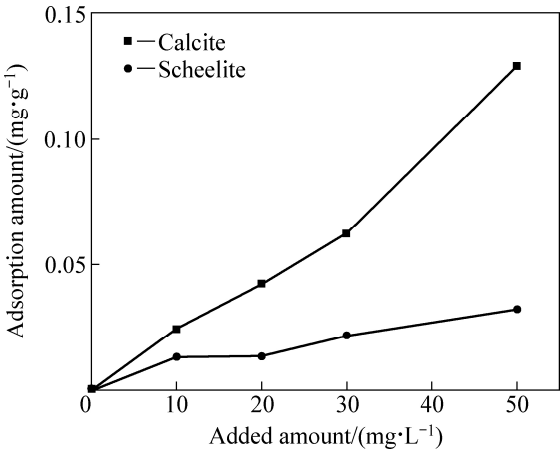


图 8 海藻酸钠在白钨矿和方解石表面的吸附行为
Fig. 8 Adsorption behavior of sodium alginate on mineral surfaces (pH=7)

海藻酸钠用量增加,其在方解石表面的吸附量增加迅速,而在白钨矿表面的吸附量增加较慢。海藻酸钠用量越高,海藻酸钠在方解石和白钨矿表面的吸附量差异越大。海藻酸钠在方解石表面吸附量较高是其对方解石产生选择性抑制作用的关键。

使用 X 射线光电子能谱(XPS)技术研究了海藻酸钠在方解石表面的吸附机理。图 9 所示为海藻酸钠作用前后方解石表面的 XPS 全谱扫描谱。由图 9 可见,未加入海藻酸钠时,方解石表面存在碳、钙、氧等元素,而加入海藻酸钠后,表面元素组成没有变化。表 3 所列海藻酸钠作用前后方解石表面组成元素的相对含量,由表 3 可知,加入海藻酸钠后,方解石表面

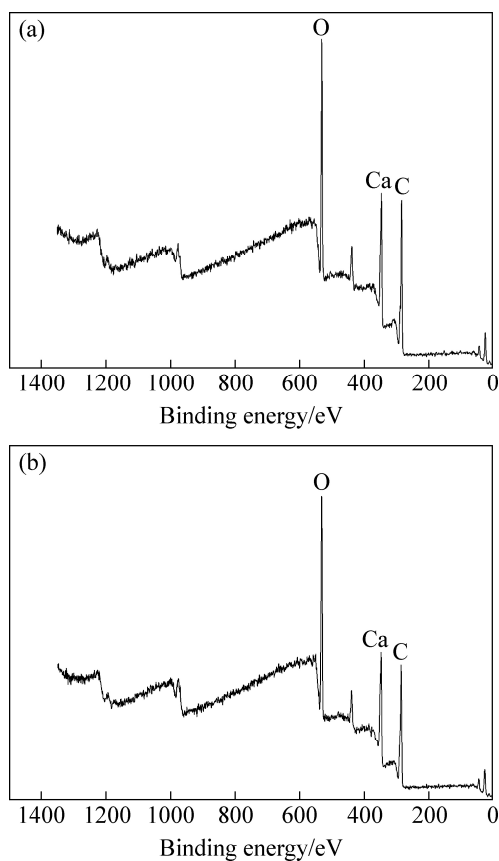


图 9 海藻酸钠作用前后方解石表面全谱扫描谱

Fig. 9 Full spectrum scanning spectrogram of calcite surface before (a) and after (b) interaction with sodium alginate

表 3 海藻酸钠作用前后方解石表面元素组成

Table 3 Element composition of surface of calcite before and after interaction with sodium alginate

Sample	Mass fraction/%		
	C	O	Ca
Calcite+sodium alginate	56.14	33.67	10.19
Calcite	49.29	40.13	10.58

元素的相对含量发生了变化,碳元素含量由 49.29%增加到 56.14%,而钙元素含量和氧元素含量分别由 10.58%和 40.13%降低到 10.19%和 33.67%,说明海藻酸钠在方解石表面发生了吸附。由于海藻酸钠分子中碳元素含量较高,其在方解石表面的吸附会导致方解石表面碳元素的相对含量升高。

为了仔细对比海藻酸钠加入前后方解石表面各元素化学状态的变化,对方解石表面各元素进行了 XPS 窄区扫描。图 10 所示为方解石表面碳元素的 XPS 窄区扫描图谱,由图 10 可知,方解石表面的 C 1s 特征峰为双峰,其中 284.50 eV 处的特征峰是由于有机炭污染造成的,而 289.20 eV 处的特征峰为 CaCO_3 中 CO_3^{2-} 的特征峰;加入海藻酸钠后,方解石表面在 284.30 eV、286.30 eV、288.90 eV 处出现了特征峰,其中 286.30 eV 处为海藻酸钠— COO^- 的特征峰,说明海藻酸钠在方解石表面发生了吸附。

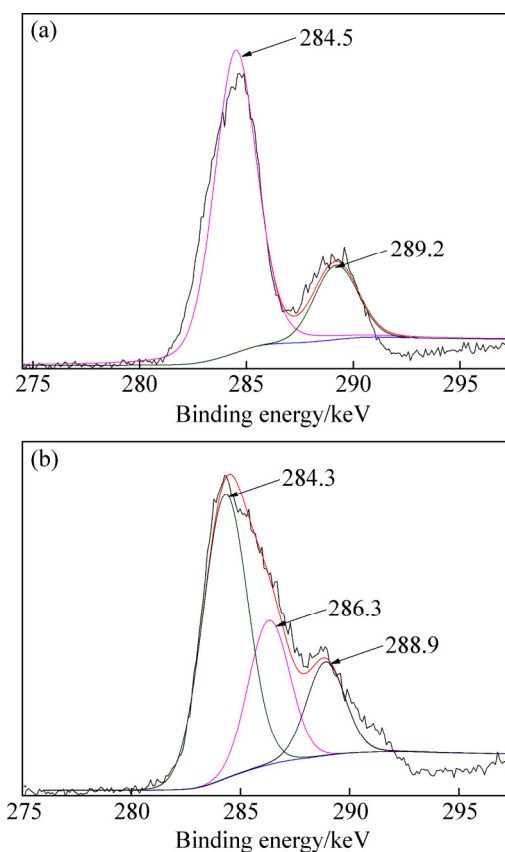


图 10 方解石表面碳元素的窄区扫描图谱

Fig. 10 Resolved narrow scan C spectrum: (a) Calcite; (b) Calcite treated with sodium alginate

图 11 所示为方解石表面钙元素的 XPS 窄区扫描图谱,由图 11 可知,与海藻酸钠作用前,方解石表面在 346.50 eV、351.5 eV 处存在特征峰,均为 CaCO_3

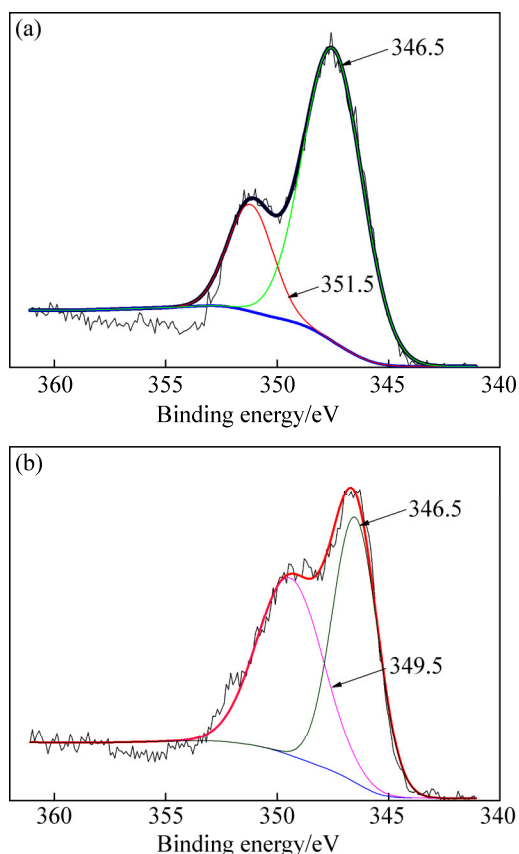


图 11 方解石表面碳元素的窄区扫描图谱

Fig. 11 Resolved narrow scan Ca spectrum: (a) Calcite; (b) Calcite treated with sodium alginate

中 Ca^{2+} 的特征吸收峰。与海藻酸钠作用后, 351.5 eV 处 Ca^{2+} 的特征峰发生了明显的化学位移, 偏移到了 349.5 eV 处, 说明海藻酸钠主要是通过对方解石表面的钙离子发生化学反应而吸附在方解石表面。

3 结论

1) 与常用捕收剂油酸钠相比, 使用聚醚 P123 和油酸钠组合作为捕收剂, 白钨矿的浮选回收率提高而方解石的浮选回收率降低, 但方解石仍具有较好的可浮性, 不加抑制剂时白钨矿和方解石浮选分离困难。

2) 抑制剂海藻酸钠在方解石表面的吸附量显著高于在白钨矿表面的吸附量, 对方解石具有选择性抑制作用, 钙离子的存在对方解石和白钨矿的浮选影响较小, 对海藻酸钠的抑制行为也没有影响, 使用海藻酸钠为抑制剂可以实现白钨矿和方解石混合矿的浮选分离。

3) XPS 分析结果表明, 与海藻酸钠作用后, 方解

石表面钙原子的特征吸收峰发生了明显的化学位移, 说明海藻酸钠主要是通过对方解石表面的钙离子发生化学反应而吸附在方解石表面。

REFERENCES

- [1] 王明燕, 贾木欣, 肖仪武, 孙传尧, 李艳峰, 金建文. 中国钨矿资源现状及可持续发展对策[J]. 有色金属工程, 2014, 4(2): 76–80.
WANG Ming-yan, JIA Mu-xin, XIAO Yi-wu, SUN Chuan-yao, LI Yan-feng, JIN Wei. China tungsten mineral resources status and sustainable development countermeasures[J]. Nonferrous Metals Engineering, 2014, 4(2): 76–80.
- [2] 方浩, 艾光华, 刘艳飞. 白钨矿选矿工艺研究现状及发展趋势[J]. 中国钨业, 2016, 31(3): 27–31.
FANG Hao, AI Guang-hua, LIU Yan-fei. Research status and development trend of scheelite ore beneficiation process[J]. Chinese Tungsten Industry, 2016, 31(3): 27–31.
- [3] 胡红喜, 周晓彤, 邱显扬, 何晓娟. 白钨矿浮选药剂及其应用[J]. 中国钨业, 2010, 25(4): 19–22.
HU Hong-xi, ZHOU Xiao-tong, QIU Xian-yang, HE Xiao-juan. On the application of floatation reagents of scheelite[J]. Chinese Tungsten Industry, 2016, 31(3): 27–31.
- [4] 赵磊, 邓海波, 李仕亮. 白钨矿浮选研究进展[J]. 现代矿业, 2009, 25(9): 15–17.
ZHAO Lei, DENG Hai-bo, LI Shi-liang. Research development of scheelite flotation[J]. Modern Mining, 2009, 25(9): 15–17.
- [5] 徐晓萍, 梁冬云, 喻连香, 林日孝, 曾庆军, 管则皋, 张先华. 江西某大型白钨矿钨的选矿试验研究[J]. 中国钨业, 2007, 22(2): 23–26.
XU Xiao-ping, LIANG Dong-yun, YU Lian-xiang, LIN Ri-xiao, ZENG Qing-jun, GUAN Ze-gao, ZHANG Xian-hua. On the mineral processing technique for a large-scaled scheelite mine[J]. China Tungsten Industry, 2007, 22(2): 23–26.
- [6] 高湛伟, 郑灿辉, 张子瑞, 辛百军. 白钨矿常温浮选试验研究[J]. 中国钨业, 2010, 25(6): 18–20.
GAO Zhang-wei, ZHENG Can-hui, ZHANG Zi-rui, XIN Bai-jun. Experimental study of scheelite flotation at room temperature[J]. China Tungsten Industry, 2010, 25(6): 18–20.
- [7] 温德新, 伍红强, 夏青. 某低品位难选白钨矿常温浮选试验研究[J]. 有色金属科学与工程, 2011, 2(3): 51–54.
WEN De-xin, WU Hong-qiang, XIA Qing. The flotation of a low-grade and refractory scheelite at room temperature[J]. Nonferrous Metals Science & Engineering, 2011, 2(3): 51–54.
- [8] 黄万抚, 肖良. 钨矿选矿工艺研究进展[J]. 有色金属科学与工程, 2013, 4(1): 57–61.
HUANG Wan-fu, XIAO Liang. Research advances of tungsten

- processing technologies[J]. *Nonferrous Metals Science & Engineering*, 2011, 2(3): 51–54.
- [9] 高玉德, 邱显扬, 韩兆元. 羟肟酸浮选白钨矿的机理[J]. *中国有色金属学报*, 2015, 25(5): 1339–1344.
- GAO Yu-de, QIU Xian-yang, HAN Zhao-yuan. Flotation mechanism of scheelite with hydroxamic acid[J]. *Chinese Journal of Nonferrous Metals*, 2015, 25(5): 1339–1344.
- [10] 杨 帆, 杨耀辉, 刘红尾, 孙 伟. 新型季铵盐捕收剂对白钨矿和方解石的常温浮选分离[J]. *中国有色金属学报*, 2012, 22(5): 1448–1454.
- YANG Fan, YANG Yao-hui, LIU Hong-wei, SUN Wei. Flotation separation of scheelite and calcite at ambient temperature using new quaternary ammonium salt as collector[J]. *Chinese Journal of Nonferrous Metals*, 2012, 22(5): 1448–1454.
- [11] WANG J, GAO Z, GAO Y, HU Y, SUN W. Flotation separation of scheelite from calcite using mixed cationic/anionic collectors[J]. *Minerals Engineering*, 2016, 98: 261–263.
- [12] GAO Z, BAI D, SUN W, CAO X, HU Y. Selective flotation of scheelite from calcite and fluorite using a collector mixture[J]. *Minerals Engineering*, 2015, 72: 23–26.
- [13] GAO Y, GAO Z, SUN W, HU Y. Selective flotation of scheelite from calcite: A novel reagent scheme[J]. *International Journal of Mineral Processing*, 2016, 154(154): 10–15.
- [14] 孙 伟, 宋韶博. 水玻璃及其在白钨矿浮选中的应用和分析[J]. *中国钨业*, 2013(4): 22–25.
- SUN Wei, SONG Shao-bo. The application and analysis of water glass in the scheelite flotation[J]. *Chinese tungsten industry*, 2013(4): 22–25.
- [15] FENG B, LUO X, WANG J, WANG P. The flotation separation of scheelite from calcite using acidified sodium silicate as depressant[J]. *Minerals Engineering*, 2015, 80: 45–49.
- [16] 邱廷省, 宋宜富, 邱仙辉, 李晓波. 白钨矿浮选体系中大分子有机抑制剂的抑制性能[J]. *中国有色金属学报*, 2017, 27(7): 1527–1534.
- QIU Ting-sheng, SONG Yi-fu, QIU Xian-hui, LI Xiao-bo. Performance of organic depressants in scheelite flotation system[J]. *Chinese Journal of Nonferrous Metals*, 2017, 27(7): 1527–1534.
- [17] ZHANG Y, LI Y, CHEN R, WANG Y, DENG J, LUO X. Flotation separation of scheelite from fluorite using sodium polyacrylate as inhibitor[J]. *Minerals*, 2017, 7(6): 102–114.
- [18] CHEN W, FENG Q, ZHANG G, YANG Q, ZHANG C, XU F. The flotation separation of scheelite from calcite and fluorite using dextran sulfate sodium as depressant[J]. *International Journal of Mineral Processing*, 2017, 169: 53–59.
- [19] ZHANG Y Z, GU G H, WU X B, ZHAO K L. Selective depression behavior of guar gum on talc-type scheelite flotation[J]. *International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials*, 2017, 24(8): 857–862.
- [20] CHEN W, FENG Q, ZHANG G, YANG Q. Investigations on flotation separation of scheelite from calcite by using a novel depressant: Sodium phytate[J]. *Minerals Engineering*, 2018, 126: 116–122.

Role and mechanism of combined collector and sodium alginate in flotation separation of scheelite and calcite

FENG Bo, ZHANG Wen-pu, GUO Wei, PENG Jin-xiu, LUO Guo-dong, WANG Hui-hui

(Jiangxi Key Laboratory of Mining Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China)

Abstract: The role of combined collector and depressant sodium alginate in the flotation separation of scheelite from calcite was studied, the effect of calcium ion on the separation of scheelite and calcite was analyzed, and the depression mechanism of sodium alginate on calcite was discussed. The results show that, compared with the commonly used collector sodium oleate, the combine use of sodium oleate and polyether P123 improves the recovery of scheelite while decreases the recovery of calcite, but the flotation separation of scheelite and calcite can not be achieved by using collector only. The depressant sodium alginate can be adsorbed on the surface of both scheelite and calcite, but the adsorption amount on calcite surface is greater than that on scheelite surface. So sodium alginate has selective depression effect on calcite. The presence of calcium ion has little effect on the flotation of scheelite and calcite, and also does not influence the depression effect of sodium alginate. The flotation separation of scheelite and calcite can be achieved using sodium alginate as depressant. XPS analysis shows that the characteristic adsorption peak of calcium ion on calcite surface displaces obviously after interacting with sodium alginate, which illustrates that the adsorption of sodium alginate on calcite surface mainly through chemical reaction of sodium alginate with calcium calcite surface.

Key words: scheelite; calcite; combined collector; sodium alginate; flotation separation

Foundation item: Project(51664020) supported by National Natural Science Foundation of China; Project (20161BAB216125) supported by Jiangxi Natural Science Foundation, China; Project(GJJ160641) supported by Science and Technology Project of Jiangxi Education Department, China; Project(201710407024) supported by National College Students' innovation and entrepreneurship training program, China

Received date: 2017-11-06; **Accepted date:** 2018-04-10

Corresponding author: FENG Bo; Tel: +86-18270767369; E-mail: fengbo319@163.com

(编辑 王超)