



白钨矿浮选体系中大分子有机抑制剂的抑制性能

邱廷省, 宋宜富, 邱仙辉, 李晓波

(江西理工大学 资源与环境工程学院, 赣州 341000)

摘要: 以白钨矿、萤石和方解石的单矿物为研究对象, 通过单矿物浮选试验、Zeta 电位和红外光谱测试系统研究不同大分子有机抑制剂对 3 种矿物浮选的影响及作用机理。浮选试验结果表明, 大分子有机抑制剂对白钨矿、萤石和方解石可浮性的抑制能力不同, 抑制能力的顺序为: 腐殖酸钠>羧甲基纤维素>单宁>聚丙烯酸钠>聚丙烯酰胺; Zeta 电位和红外光谱研究表明, 腐殖酸钠在白钨矿表面吸附作用较弱, 与萤石和方解石矿物表面作用较强, 主要发生了化学吸附作用。

关键字: 白钨矿; 浮选; 大分子有机抑制剂; 分离

文章编号: 1004-0609(2017)-07-1527-08

中图分类号: TD923

文献标志码: A

我国钨资源储量位居世界第一, 其中有三分之二是白钨矿, 随着易选黑钨矿资源的日益枯竭, 加强对白钨矿资源的开发利用迫在眉睫^[1-2]。白钨矿常呈细粒嵌布, 与含钙脉石矿物共生^[3], 由于白钨矿与含钙脉石矿物表面性质相似, 且具有同质阳离子(Ca^{2+}), 使其在浮选过程中难以有效分离^[4-5], 白钨矿和含钙脉石矿物的分离一直是选矿界的一个难题^[6-9]。

白钨矿多采用浮选工艺进行选别, 最典型的浮选工艺有加温浮选法和常温浮选法^[10-12]。加温浮选法是将白钨粗精矿浓缩后添加大量水玻璃, 然后加温至 90 °C 搅拌 1 h, 使捕收剂从脉石矿物(萤石、方解石等)上选择性解吸, 并受到水玻璃的强烈抑制, 而白钨矿表面的捕收剂仍能牢固吸附, 然后稀释常温精选, 可获得含 WO_3 65%(质量分数)以上的高品位白钨精矿。常温浮选法是白钨粗精矿加入更大用量的水玻璃常温长时间搅拌, 以抑制脉石矿物, 最终通过多次精选获得白钨精矿。该法选矿成本较低, 但对矿石的适应性不及加温法, 产品指标波动性较大, 含杂质高, 通常需再加盐酸浸出才能得到 WO_3 65%以上的合格白钨精矿^[13]。这两种处理工艺均需要加入大量的水玻璃抑制硅酸盐和含钙脉石矿物。大量使用水玻璃存在废水难以沉降以致不能循环利用, 外排则严重影响环境等问题。寻找能替代或者部分替代水玻璃的脉石矿物抑制剂是当前研究的热点。大分子有机抑制剂具有抑制

能力强、对环境影响小以及易于改性等优点, 越来越受到选矿科研工作者的重视。很多大分子抑制剂能够很好地抑制脉石矿物的浮选。研究表明, 通过在调整剂中添加大分子有机抑制剂, 能有效抑制含钙脉石, 对白钨矿的浮选影响较小^[14-15]。

本文作者以白钨矿、方解石和萤石的单矿物为研究对象, 通过对单矿物的浮选行为以及矿物的动电位、红外光谱等表面测试分析, 系统地研究不同大分子有机抑制剂对白钨矿、萤石和方解石浮选的作用机理, 以期研究结果对于有机抑制剂在白钨矿浮选中的应用具有一定的参考意义。

1 实验

1.1 试验样品及试剂

试验中使用的白钨矿、方解石、萤石单矿物, 来自桂林晴朗矿物-教学标本店, 经人工锤击敲碎成细小颗粒, 挑拣出单矿物细小颗粒, 然后经瓷球磨机磨细至粒径小于 0.074 mm, 取 0.038~0.074 mm 粒级矿样经去离子水清洗、干燥保存备用。3 种矿物的 XRD 谱见图 1、2 和 3。试验所用试剂油酸钠、盐酸、氢氧化钠、腐殖酸钠、单宁、聚丙烯酰胺、聚丙烯酸钠、CMC 均为分析纯。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51504103); 江西省科技计划重点资助项目(20122BBE500029)

收稿日期: 2015-11-23; **修订日期:** 2017-05-26

通信作者: 邱廷省, 教授, 博士; 电话: 0797-8312008; E-mail: qiatingsheng@163.com

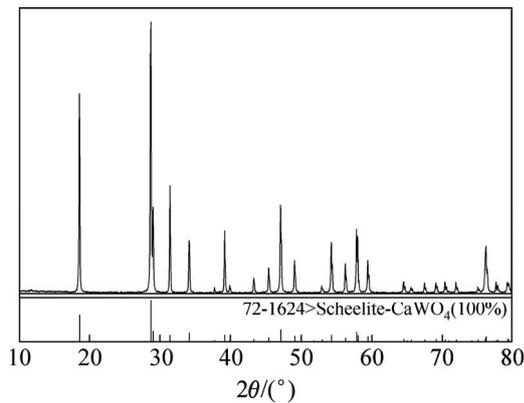


图1 白钨矿 XRD 谱

Fig. 1 XRD pattern of scheelite

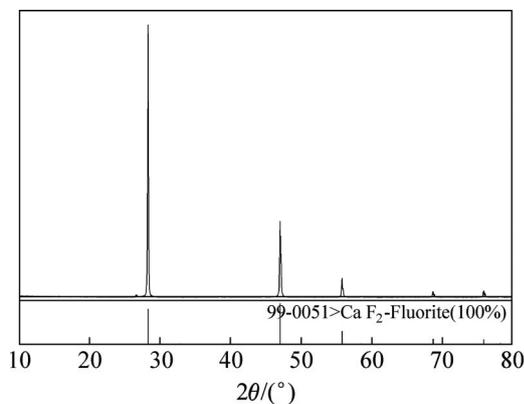


图2 萤石 XRD 谱

Fig. 2 XRD pattern of fluorite

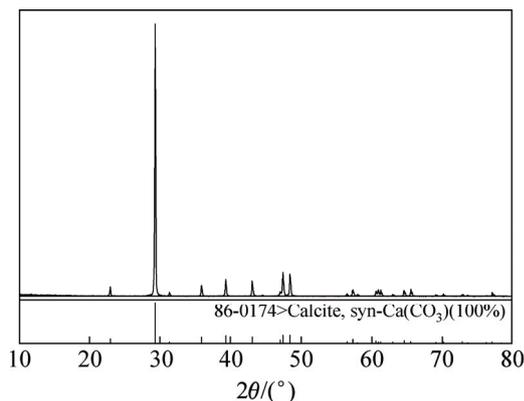


图3 方解石 XRD 谱

Fig. 3 XRD pattern of calcite

1.2 单矿物浮选试验

单矿物浮选试验在 XFG 型挂槽式浮选机上进行, 每次称取单矿物 2.0 g 加进 40 mL 浮选槽中, 搅拌 1 min, 加 pH 调整剂搅拌 2 min, 加抑制剂搅拌 3 min, 加捕收剂搅拌 3 min, 再次测定 pH, 手工刮泡 4 min,

泡沫产品和槽内产品经过过滤、干燥、称量, 计算回收率。

1.3 红外光谱测试

矿样经玛瑙研钵研磨至粒径小于 2 μm, 用 HCl 或 NaOH 来调节矿浆 pH 值, 加入合适浓度的药剂溶液充分搅拌, 待矿物与药剂充分反应后, 用带有滤纸的漏斗进行过滤, 洗涤 3 次, 晾干后进行红外光谱测定。

1.4 Zeta 电位分析

试验采用 DELSA-440SX 型 ZETA 电位分析仪进行矿物表面动电位的测定, 具体步骤为: 取矿样 2 g, 经玛瑙研钵研磨至粒径小于 2 μm, 置于 50 mL 烧杯中, 按照与单矿物浮选相同的试验条件加入药剂, 然后用磁力搅拌器搅拌 10 min, 搅拌之后静置 5 min, 抽取上层的悬浮液注入样品池, 最后在 Zetaplus Zeta 分析仪上进行矿物表面 ζ-电位的测定, 每个样品测量 3 次, 取其平均值。

2 结果与讨论

2.1 CMC 对含钙矿物浮选行为的影响

在油酸钠浓度为 100 mg/L、CMC 浓度为 80 mg/L 时, 研究了矿浆 pH 值变化与矿物浮选回收率的关系。图 4 表明: 当 pH=7.5~10.5 时, CMC 对白钨矿抑制作用较弱, 白钨矿的回收率基本在 80% 以上, 在其他 pH 值范围内白钨矿回收率下降较多; 在试验的整个 pH 值范围内, CMC 对方解石都表现了非常强的抑制作用, 方解石的回收率在 15% 以下; 当 pH=7~12 时,

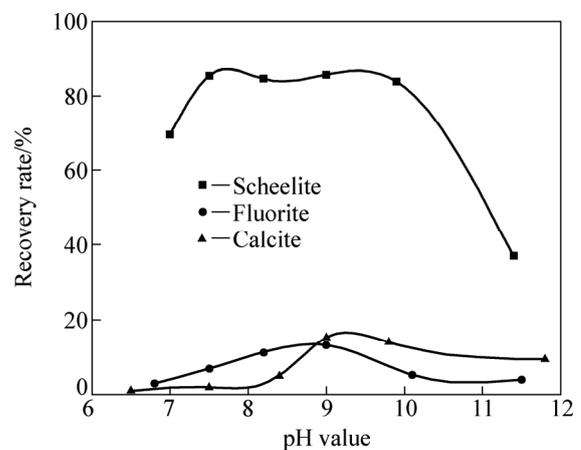


图4 添加 CMC 时 pH 值对矿物浮选的影响

Fig. 4 Recovery of scheelite, fluorite and calcite as function of pH value in presence of CMC

CMC 对萤石具有强烈的抑制作用, 萤石的回收率低于 14%。因此, 当 pH=7.5~10.5 时, CMC 能有效实现白钨矿和方解石、萤石的浮选分离。

在 pH=8.5~9.5、油酸钠浓度为 100 mg/L 时, 研究了 CMC 浓度与矿物浮选回收率的关系。图 5 表明: CMC 对白钨矿的抑制能力非常弱, 在试验浓度范围内, 浮选回收率都在 84%以上; CMC 对方解石有非常强的抑制作用, 少量的 CMC 便对方解石表现出了良好的抑制能力, 当 CMC 浓度为 100 mg/L 时, 方解石的回收率由 95.95%下降到了 11.39%; 少量的 CMC 也对萤石具有良好的抑制作用, 当 CMC 浓度为 100 mg/L 时, 萤石的回收率由 93.05%降至 14.39%。

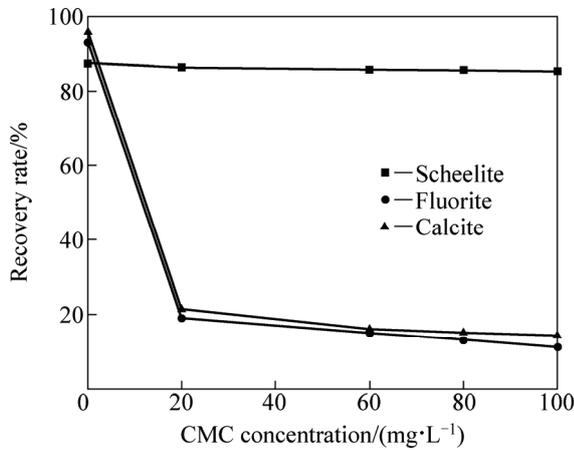


图 5 CMC 用量对矿物浮选的影响
Fig. 5 Recoveries of scheelite, fluorite and calcite as function of CMC concentration

2.2 聚丙烯酸钠对含钙矿物可浮性的影响

在聚丙烯酸钠浓度为 30 mg/L、油酸钠浓度为 100 mg/L 时, 研究了矿浆 pH 值变化与含钙矿物浮选回收率的关系。图 6 表明: 在试验 pH 值范围内, 并不能找到白钨矿和方解石、萤石之间浮选分离的合适 pH 值。因此, 聚丙烯酸钠不能很好地实现白钨矿和方解石、萤石之间的浮选分离。

在 pH=8.5~9.5、油酸钠浓度为 100 mg/L 时, 研究了聚丙烯酸钠用量与矿物浮选回收率的关系。图 7 表明: 聚丙烯酸钠对白钨矿有一定的抑制能力, 当聚丙烯酸钠浓度在 10 mg/L 时, 白钨矿的回收率降到了 70%左右; 当聚丙烯酸钠浓度在 10~30 mg/L 时, 白钨矿的回收率稳定 70%左右; 当聚丙烯酸钠浓度大于 40 mg/L 时, 白钨矿的回收率又开始下降, 最终白钨矿的回收率降到了 53.5%。聚丙烯酸钠对方解石的抑制作用不是很强, 随着聚丙烯酸钠用量的增加, 方解石的浮选回收率缓慢下降, 最终方解石的回收率稳定在

40%左右。聚丙烯酸钠对萤石表现出了良好的抑制作用, 当聚丙烯酸钠浓度达到 60 mg/L 时, 萤石的回收率由 93.05%降至 16.3%。

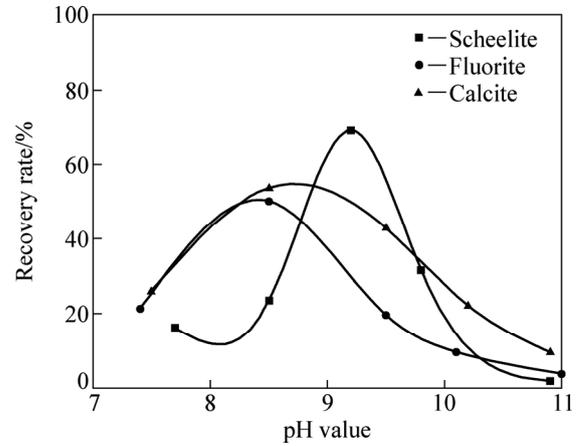


图 6 聚丙烯酸钠为抑制剂时 pH 值对矿物浮选的影响
Fig. 6 Recovery of scheelite, fluorite and calcite as function of pH value in presence of polysodium

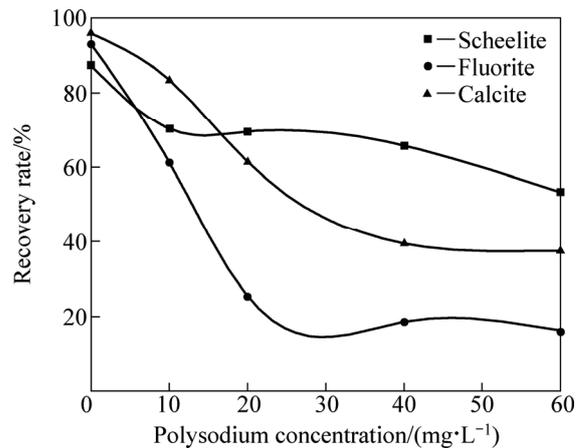


图 7 聚丙烯酸钠浓度对矿物浮选的影响
Fig. 7 Recovery of scheelite, fluorite and calcite as function of polysodium concentration

2.3 单宁对含钙矿物可浮性的影响

在固定单宁浓度为 15 mg/L、油酸钠浓度为 100 mg/L 时, 研究了矿浆 pH 值与矿物浮选回收率的关系。图 8 表明: 当 pH 值小于 7 或者大于 10 时, 单宁对白钨矿表现出较强的抑制作用, 白钨矿的回收率降到了 50%以下; 当 pH=8~10 时, 单宁对白钨矿有较弱的抑制作用, 白钨矿的回收率基本在 70%左右。随着 pH 值的增加, 萤石回收率快速下降, 当 pH=11 左右时, 萤石的回收率降到了 5.37%。在 pH=7~12 范围内, 单宁对方解石具有强烈的抑制作用, 方解石的回收率都低于 20%。因此, 当 pH=8~10 时, 单宁能有效地实现

白钨矿和方解石的分离,但是不能很好地实现白钨矿和萤石的分离。

在 pH=9.5 左右、油酸钠浓度为 100 mg/L 时,研究了单宁浓度与矿物浮选回收率的关系。图 9 表明:随着单宁浓度在的增加,白钨矿回收率有所下降,当单宁浓度为 40 mg/L 时,白钨矿浮选回收率降到了 75.4%。单宁对方解石有非常强的抑制作用,当单宁浓度为 40 mg/L 时,方解石的回收率由 95.95% 下降到了 14.38%。随着单宁浓度的增加,萤石回收率快速下降,最终萤石的回收率稳定在 30% 左右。

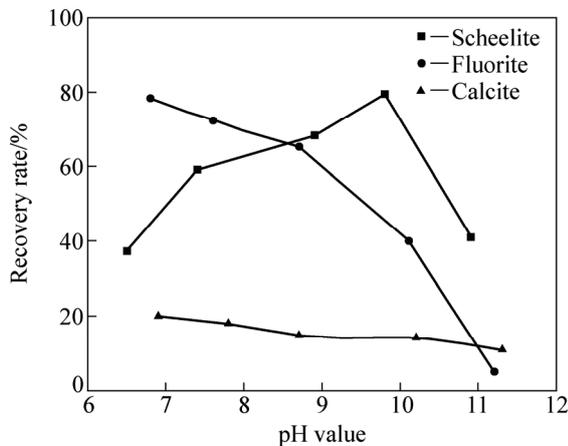


图 8 添加单宁时 pH 值对矿物浮选的影响

Fig. 8 Recovery of scheelite, fluorite and calcite as function of pH in presence of tannic

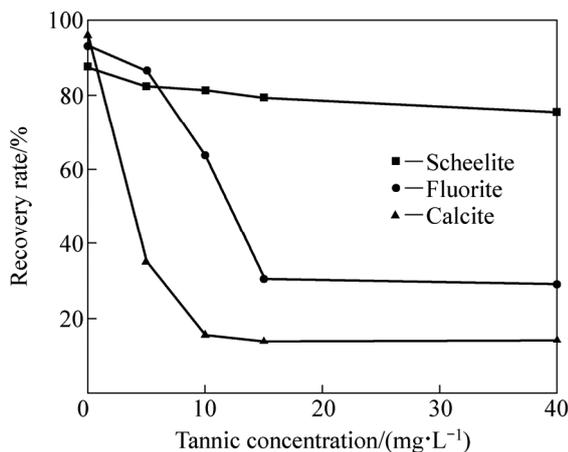


图 9 单宁浓度对矿物可浮选的影响

Fig. 9 Recovery of scheelite, fluorite and calcite as function of tannic concentration

2.4 聚丙烯酰胺对含钙矿物可浮性的影响

在聚丙烯酰胺浓度为 15 mg/L、油酸钠浓度为 100 mg/L 时,研究了矿浆 pH 值与矿物浮选回收率的关系。图 10 表明:在整个试验 pH 值范围内,白钨矿的回收

率都在 60% 以上。当 pH=6~10 时,聚丙烯酰胺对萤石和方解石都表现了比较强的抑制作用,在其他 pH 值范围内,聚丙烯酰胺对萤石和方解石的抑制作用很弱,它们的回收率快速上升。因此, pH=6~10 更加有利于聚丙烯酰胺实现白钨矿和方解石、萤石的浮选分离。

在 pH=8 左右、油酸钠浓度为 100 mg/L 时,研究了聚丙烯酰胺浓度与矿物浮选回收率的关系。图 11 表明:聚丙烯酰胺对白钨矿有一定的抑制能力,当聚丙烯酰胺浓度为 30 mg/L 时,白钨矿浮选回收率降到了 62.1%;随着聚丙烯酰胺浓度的增加,方解石回收率慢慢下降,当聚丙烯酰胺浓度为 30 mg/L 时,方解石的回收率由 95.95% 下降到了 29.28%;随着聚丙烯酰胺浓度的增加,萤石回收率慢慢下降,最终萤石回收率降到了 41.23%。

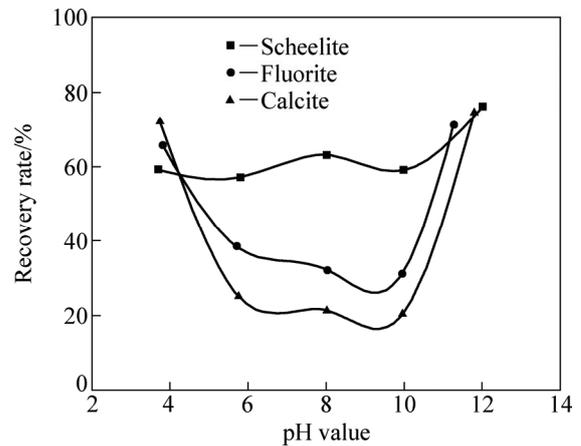


图 10 聚丙烯酰胺为抑制剂时, pH 值对矿物浮选的影响

Fig. 10 Recovery of scheelite, fluorite and calcite as function of pH in presence of polyacrylamide

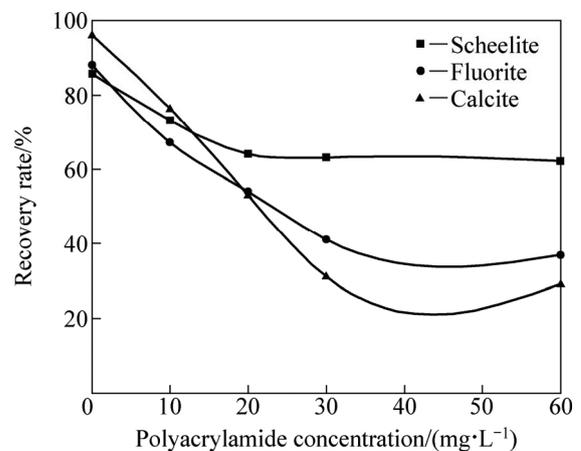


图 11 聚丙烯酰胺用量对矿物浮选的影响

Fig. 11 Recovery of scheelite, fluorite and calcite as function of polyacrylamide concentration

2.5 腐殖酸钠对含钙矿物浮选行为的影响

在固定腐殖酸钠浓度为 60 mg/L、油酸钠浓度为 100 mg/L 时, 研究了矿浆 pH 值与矿物浮选回收率的关系。图 12 表明: 在弱酸和强碱条件下, 腐殖酸钠对白钨矿表现了较强的抑制作用, 白钨矿的回收率降到了 50% 以下, 当 pH=8~10 时, 腐殖酸钠对白钨矿有微弱的抑制作用, 白钨矿的回收率基本在 70% 以上。在整个 pH 值范围内, 腐殖酸钠对方解石都表现了非常强的抑制作用, 方解石的回收率都在 4% 以下。当 pH=10~12 时, 腐殖酸钠对萤石具有强烈的抑制作用, 萤石的回收率低于 3%, 当 pH=3~8 时, 萤石的回收率较高。因此, 当 pH=8~10 时, 腐殖酸钠能非常有效实现白钨矿和方解石、萤石的浮选分离。

在 pH=9.5 左右、油酸钠浓度为 100 mg/L 时, 研究了腐殖酸钠用量与矿物浮选回收率的关系。图 13 表明: 腐殖酸钠对白钨矿的抑制能力非常弱, 当腐殖酸钠浓度为 0~80 mg/L 时, 浮选回收率都稳定在 83% 以上; 腐殖酸钠对方解石有非常强的抑制作用, 少量的腐殖酸钠对方解石表现出了良好的抑制能力, 最终方解石的回收率由 92.74% 下降到了 3.91%; 腐殖酸钠对萤石同样具有良好的抑制作用, 最终萤石的回收率由 84.12% 降至 3.04%。

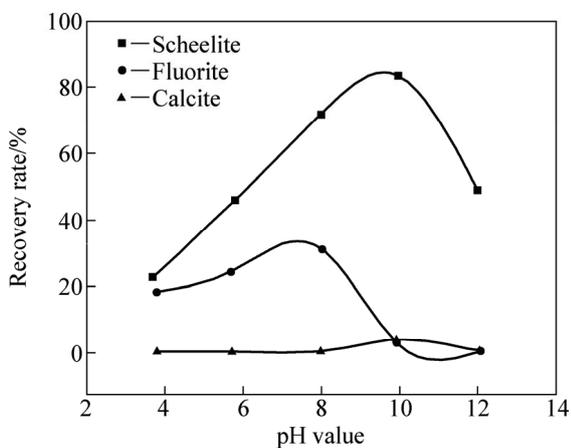


图 12 腐殖酸钠为抑制剂时 pH 值对矿物浮选的影响
Fig. 12 Recovery of scheelite, fluorite and calcite as function of pH value in presence of sodium humic acid

2.6 人工混合矿分离试验

选用油酸钠作为捕收剂, 分别添加腐殖酸钠和 CMC 作为抑制剂, 在各种药剂最佳分离条件下, 研究各种抑制剂在白钨矿-萤石混合矿和白钨矿-方解石混合矿体系中的效果, 查看是否和单矿物的效果一致。两种单矿物按 1:1 的质量比配比, 总共称取 2 g, 其他条件与单矿物试验一致。白钨矿-萤石混合矿的试验

结果见表 1, 白钨矿-方解石混合矿的试验结果见表 2。

从表 1 和表 2 所列试验结果可以看出, 油酸钠+腐殖酸钠分选指标较好, 基本和单矿物试验结果相一致; 油酸钠+CMC 的分选指标较差, 回收率较单矿物试验有一定程度的下降。

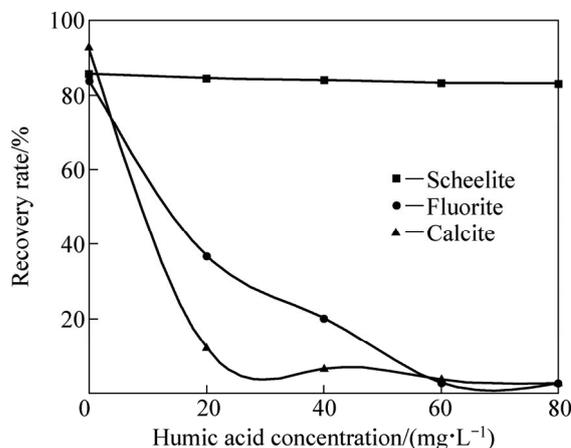


图 13 腐殖酸钠浓度对矿物可浮选的影响
Fig. 13 Recovery of scheelite, fluorite and calcite as function of sodium humic acid concentration

表 1 不同抑制剂条件下白钨矿-萤石混合矿试验结果

Table 1 Result of scheelite-fluorite mixed ore under different depressants

Type of depressant	WO ₃ grade/%	WO ₃ rate of recovery/%
Sodium humic acid	67.8	84
CMC	68.1	70

表 2 不同抑制剂条件下白钨矿-方解石混合矿试验结果

Table 2 Result of scheelite and calcite ore mixed under different depressants

Type of depressants	WO ₃ grade/%	WO ₃ rate of recovery/%
Sodium humic acid	65.3	90
CMC	60	75

2.7 矿物表面与腐殖酸钠作用前后红外光谱分析

如图 14 所示, 由白钨矿与腐殖酸钠作用的红外光谱图可知, 白钨矿的红外吸收频率特征主要表现在 810.70 和 439.06 cm⁻¹ 处, 白钨矿与腐殖酸钠作用后并没有产生新的峰, 说明没有发生化学吸附。

如图 15 所示, 由萤石与腐殖酸钠作用的红外光谱图可知, 萤石的红外吸收频率特征主要表现在 1082.19、1630.68 和 2402.84 cm⁻¹ 处, 萤石与腐殖酸

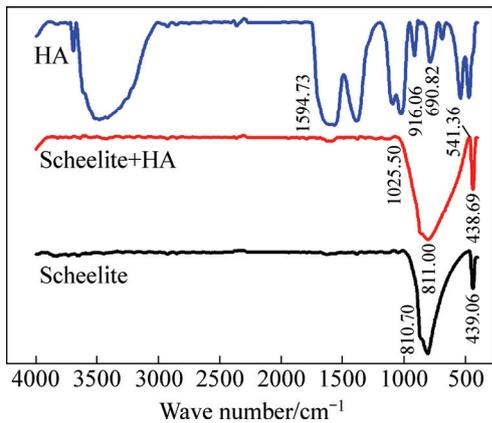


图 14 白钨矿与腐殖酸钠作用前后红外光谱图
 Fig. 14 IR patterns of scheelite before and after reacting with sodium humic acid

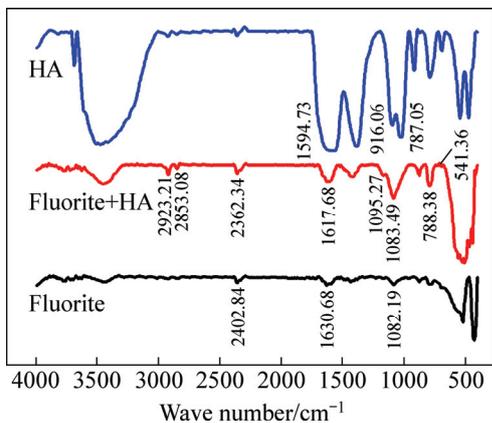


图 15 萤石与腐殖酸钠作用前后红外光谱图
 Fig. 15 IR patterns of fluorite before and after reacting with sodium humic acid

钠作用后出现了酚羟基伸缩振动峰(2923.21 和 2853.08 cm^{-1})两个新峰, 这两个新峰即为化学吸附的特征吸附峰, 其他吸收峰的变化不大。

如图 16 所示, 由方解石与腐殖酸钠作用的红外光谱图可知, 方解石矿物的红外吸收频率特征主要表现在 1434.26 cm^{-1} 处, 方解石与腐殖酸钠作用后新出现了羧基伸缩振动峰 1531.91 cm^{-1} (C=O)和 1353.84 cm^{-1} (C—O), 这两个新峰即为化学吸附的特征吸附峰, 其他的吸收峰位置变化不大。

2.8 腐殖酸钠对矿物表面动电位的影响

图 17、18 和 19 所示分别为腐殖酸钠对 3 种矿物表面电位的影响。从图 17 可以看出, 白钨矿在 pH 值 6~12 范围内表面荷负电, 加入腐殖酸钠后, 相同 pH 值下的表面电位发生了微弱负移。从图 18 可以看出, 萤石在 pH 值 6~12 范围内表面电位由正变负, 加入腐

殖酸钠后, 相同 pH 值下的表面电位发生明显负移, 其负移的绝对值远大于白钨矿。从图 19 可以看出, 方解石在 pH 值 6~12 范围内表面电位由正变负, 加入腐

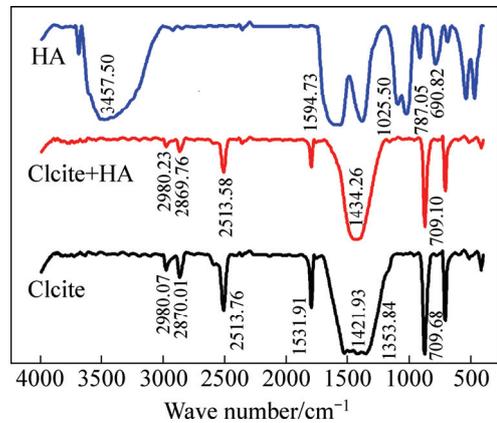


图 16 方解石与腐殖酸钠作用前后红外光谱图
 Fig. 16 IR patterns of calcite before and after reacting with sodium humic acid

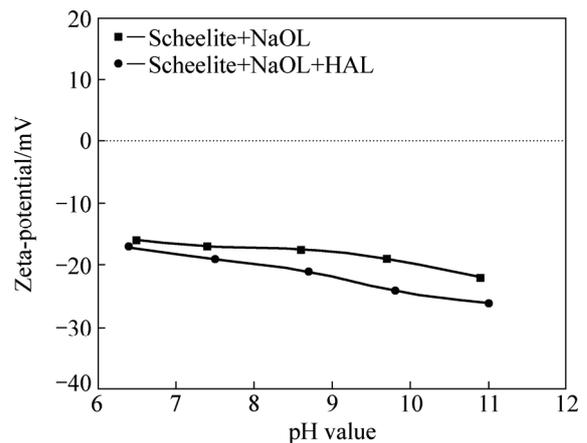


图 17 白钨矿在两种体系下 Zeta 电位与 pH 的关系
 Fig. 17 Zeta potentials of scheelite as function of pH value

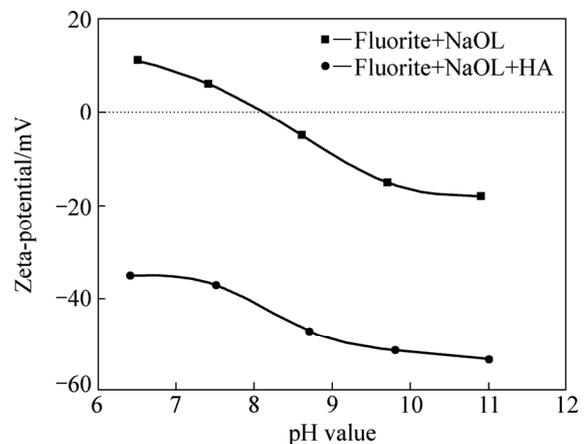


图 18 萤石在两种体系下 Zeta 电位与 pH 的关系
 Fig. 18 Zeta potentials of fluorite as function of pH value

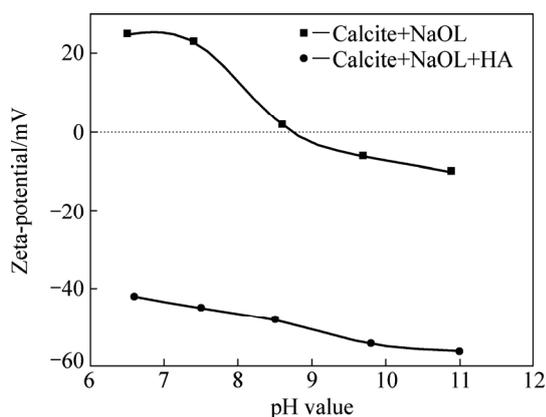


图 19 方解石在两种体系下 Zeta 电位与 pH 的关系

Fig. 19 Zeta potentials of calcite as function of pH value

殖酸钠后, 相同 pH 值下方解石表面电位发生显著负移, 其负移的绝对值均大于白钨矿和萤石。综合图 17、18 和 19 可以看出, 加入腐殖酸钠使得萤石和方解石的表面电位负移的程度很大, 由此说明腐殖酸钠对萤石和方解石具有很强的抑制能力, 而加入腐殖酸钠使得白钨矿的表面电位负移程度很小, 由此说明腐殖酸钠对白钨矿的抑制能力非常微弱, 与单矿物试验结果一致。

3 结论

1) 5 种大分子有机抑制剂对白钨矿和萤石、方解石浮选分离效果的顺序如下: 腐殖酸钠 > CMC > 单宁 > 聚丙烯酸钠 > 聚丙烯酰胺。

2) 红外光谱分析表明: 白钨矿与腐殖酸钠作用后没有产生新的峰, 说明没有发生化学吸附; 萤石与腐殖酸钠作用后新出现酚羟基伸缩振动峰 2923.21 和 2853.08 cm^{-1} , 方解石与腐殖酸钠作用后新出现了羧基伸缩振动峰 $1531.91 \text{ cm}^{-1}(\text{C}=\text{O})$ 和 $1353.84 \text{ cm}^{-1}(\text{C}-\text{O})$, 说明腐殖酸钠在方解石和萤石表面都发生了化学吸附。

3) 动电位测定表明: 腐殖酸钠对白钨矿表面电位的影响很小, 而萤石和方解石的表面电位负移程度均较大, 说明腐殖酸钠与白钨矿的作用弱, 与萤石和方解石的作用强。

REFERENCES

[1] 李俊萌. 中国钨矿资源浅析[J]. 中国钨业, 2009, 24(6): 9-13.
LI Jun-meng. On the characteristics and utilization of China's

tungsten resources[J]. China Tungsten Industry, 2009, 24(6): 9-13.

[2] 戚开静, 王 斌, 郑勇军, 石晓琛. 近 10 年中国钨矿资源开发利用国际比较及建议[J]. 资源与产业, 2009, 11(3): 59-62.
QI Kai-jing, WANG Bin, ZHENG Yong-jun, SHI Xiao-chen. Tungsten resources development and suggestions from global comparison in recent ten years[J]. Resources & Industries, 2009, 11(3): 59-62.

[3] 李俊萌. 中国钨矿资源浅析[J]. 中国钨业, 2009, 24(6): 9-13.
LI Jun-meng. On the characteristics and utilization of China's Tungsten Resources[J]. China Tungsten Industry, 2009, 24(6): 9-13.

[4] KARLKVIST T, PATRA A, RAO K H, BORDES R, HOLMBERG K. Flotation selectivity of novel alkyl dicarboxylate reagents for apatite-calcite separation[J] Journal of Colloid and Interface Science, 2015(445): 40-47.

[5] ZHANG Y, WANG Y H, LI S L. Flotation separation of calcareous minerals using didodecyl dimethylammonium chloride as a collector[J]. International Journal of Mining Science and Technology, 2012, 22(2): 285-288.

[6] 张国范, 崔萌萌, 朱阳戈, 石 晴, 罗 娜. 水玻璃对菱锌矿与石英浮选分离的影响[J]. 中国有色金属学报, 2012, 22(12): 3535-3541.
ZHANG Guo-fan, CUI Meng-meng, ZHU Yang-ge, SHI Qing, LUO Na. Effect of water glass on flotation separation of smithsonite and quartz[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2012, 22(12): 3535-3541.

[7] HU Yue-hua, YANG Fan, SUN Wei. The flotation separation of scheelite from calcite using a quaternary ammonium salt as collector[J]. Minerals Engineering, 2011, 24(1): 82-84.

[8] CAO Z F, ZHONG H, JIANG T, LI L Q, WANG S, LIU G Y. The research on novel technics for fluorite ore containing carbonate minerals[J]. Advanced Materials Research, 2012, 402: 529-534.

[9] 张 英, 胡岳华, 王毓华, 文书明. 硅酸钠对含钙矿物浮选行为的影响及作用机理[J]. 中国有色金属学报, 2014, 24(9): 2366-2372.
ZHANG Ying, HU Yue-hua, WANG Yu-hua, WEN Shu-ming. Effects of sodium silicate on flotation behavior of calcium-bearing minerals and its mechanism[J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals, 2014, 24(9): 2366-2372.

[10] FILIPPOV L O, DUVERGER A, FILIPPOVA I V, KASAINI H, THIRY J. Selective flotation of silicates and Ca-bearing minerals: The role of non-ionic reagent on cationic flotation[J]. Minerals Engineering, 2012, 36/38: 314-323.

[11] 胡熙庚, 黄和慰, 毛钜凡. 浮选理论与工艺[M]. 长沙: 中南工业大学出版社, 1991.
HU Xi-geng, HUANG He-wei, MAO Ju-fan. Theory and technology of flotation[M]. Changsha: Central South University of Technology Press, 1991.

- [12] GAO Z Y, BAI D, SUN W, GAO X F, HU Y H. Selective flotation of scheelite from calcite and fluorite using a collector mixture[J]. *Minerals Engineering*, 2015, 72: 23–26.
- [13] 韩兆元. 组合捕收剂在黑钨矿、白钨矿混合浮选中的应用研究[D]. 长沙: 中南大学, 2009.
- HAN Zhao-yuan. Application of combination collectors in bulk flotation of wolframite and scheelite[D]. Changsha: Central South University, 2009.
- [14] 程新朝. 白钨常温浮选工艺及药剂研究[J]. *有色金属:选矿部分*, 2000(4): 34–38.
- CHENG Xin-zhao. Flotation process and pharmacy of scheelite at room temperature[J]. *Nonferrous Metals: Mineral Processing Section*, 2000(4): 34–38.
- [15] 孙伟, 唐鸿鹤, 陈臣. 萤石-白钨矿浮选分离体系中硅酸钠的溶液化学行为[J]. *中国有色金属学报*, 2013, 23(8): 2274–2283.
- SUN Wei, TANG Hong-hu, CHEN Chen. Solution chemistry behavior of sodium silicate in flotation of fluorite and scheelite[J]. *The Chinese Journal of Nonferrous Metals*, 2013, 23(8): 2274–2283.

Performance of organic depressants in scheelite flotation system

QIU Ting-sheng, SONG Yi-fu, QIU Xian-hui, LI Xiao-bo

(School of Resource & Environmental Engineering,
Jiangxi University of Science & Technology, Ganzhou 341000, China)

Abstract: Flotation tests, Zeta potential and IR were carried out to investigate the flotation behavior and mechanism of organic depressants on scheelite, fluorite and calcite. The flotation experiment results show that macromolecular organic depressants have different depressant ability in scheelite, fluorite and calcite flotation. The order of inhibit ability is as: sodium humic acid>carboxymethylcellulose>tannic>polysodium>polyacrylamide. The results of Zeta potential measurement and IR indicate that adsorption of humic acid sodium on scheelite surface effect is weak, while the sodium humic acid interaction with fluorite and calcite mineral surface is strong, mainly the chemical adsorption.

Key words: scheelite; flotation; macromolecular organic depressants; separation

Foundation item: Project(51504103) supported by the National Natural Science Foundation of China; Project (20122BBE500029) supported by the Major Program of Science and Technology Plan of Jiangxi Province, China

Received date: 2015-11-23; **Accepted date:** 2017-05-26

Corresponding author: QIU Ting-sheng; Tel: +86-797-8312008; E-mail: qiutingsheng@163.com

(编辑 何学锋)