

[文章编号] 1004-0609(2001)01-0125-06

一水硬铝石型铝土矿铝硅浮选分离的溶液化学^①

胡岳华, 蒋 昊, 邱冠周, 王淀佐

(中南大学 矿物工程系, 长沙 410083)

[摘 要] 分析了我国铝土矿中一水硬铝石和铝硅酸盐脉石矿物的晶体结构与表面性质。一水硬铝石与铝硅酸盐脉石矿物晶体结构的差异、表面断裂的 Al—O 和 Si—O 键及表面离子活性区的差别, 可影响矿物表面的润湿性与可浮性, 类质同象及各种晶格杂质离子也将影响浮选剂与矿物表面的相互作用和矿物可磨性。提出了正浮选、反浮选铝硅分离的技术原型, 用溶液化学计算研究了其基本原理。结果表明: 通过溶液化学计算可确定阴离子捕收剂正浮选脱硅时捕收剂, 分散剂和 pH 三者之间的匹配关系; 矿物的 PZC 与捕收剂的 pK_a 值是阳离子捕收剂反浮选的主要控制参数; 阴离子捕收剂反浮选时, 铅盐和钙盐是浮选铝硅酸盐较理想的活化剂。

[关键词] 正浮选; 反浮选; 溶液化学; 铝土矿

[中图分类号] TD923; TD952

[文献标识码] A

1 铝土矿中矿物晶体结构与可浮性

我国铝土矿中主要的矿物组成有一水硬铝石、高岭石、伊利石、叶蜡石, 这些矿物的化学式及基本物化性质见表 1。利用这些矿物之间晶体结构、表面性质的差异, 并通过浮选药剂与浮选化学环境改变, 来进一步扩大各矿物之间表面润湿性与可浮性的差别, 有可能实现这些矿物之间的选择性浮选分离。

1.1 晶体结构与润湿性

高岭石、叶蜡石均是层状硅酸盐矿物。但高岭石是双层型硅酸盐矿物, 由硅氧四面体层与氢氧化铝八面体层交替组成单元层, 单元层与单元层之间, 是由一个层片中的一个氢氧根离子与下一单元层的硅氧四面体的氧通过氢键结合在一起。矿物破碎磨细时, 高岭石表面暴露断裂的氢键, 棱角暴露 Si—O 和 Al—O 键, 表面亲水性强, 可浮性差。

叶蜡石是三层型层状硅酸盐矿物, 由硅氧四面体/氢氧化铝八面体/硅氧四面体 Si—O/Al—OH/Si—O 交替形成单元层。单元层与层之间由较弱的范德华力连结在一起, 矿物破碎磨细时, 沿层间断裂, 表面残余键以范德华力为主, 表面疏水性较好, 可浮性较好。

伊利石为 2:1 型层状硅酸盐矿物, 即由呈八面

体配位的阳离子层夹在两个相同[(SiAl)O₄]四面体网层之间组成。伊利石在相邻的两结构单元层之间的阳离子数目小于 1, 而且有水分子存在, 是水化了的层状结构矿物, 层间的阳离子通常为 K⁺, 有时为 Na⁺, Ca²⁺, 用以补偿四面体中 Si⁴⁺ 被 Al³⁺ 置换所引起的正电荷亏损, 并将相邻的结构单元层连结起来, 层间为较弱的离子键。矿物破碎磨细时, 沿层间断裂, 表面亲水性较好, 可浮性差。

1.2 晶格杂质对矿物表面性质的影响

类质同象取代是(铝)硅酸盐矿物普遍存在的一个现象。因铝离子大小(Al³⁺, $r_+ = 0.050$ nm)与硅离子(Si⁴⁺, $r_+ = 0.041$ nm)相近, 在铝硅酸盐矿物中, Al³⁺ 常常替代 Si⁴⁺, 造成荷电不均匀, 需要其它阳离子(如 Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Fe²⁺ 等)来补偿电荷平衡, 造成铝硅酸盐矿物晶格中常含这些杂质离子。例如, 在叶蜡石硅氧四面体内, 如果 Al³⁺ 替代 Si⁴⁺, 那么 Si—O/Al—OH/Si—O 夹心层变成 Si(Al)—O/Al—OH/Si(Al)—O, 单元层与层之间就不再是电中性的, 相邻单元层必须靠阳离子键合在一起起电中和作用。当矿物破碎磨细时, 补偿表面电荷的阳离子迅速溶解, 使表面荷负电, 极性增大, 亲水性增大。另一方面, 这些晶格杂质离子如果残留在矿物表面, 又会成为表面阳离子活性区, 成为同各种浮选药剂作用的活性中心, 对它们

① [基金项目] 国家“973”重点基础研究发展规划项目资助(G1999064901)

[收稿日期] 2000-05-10; [修订日期] 2000-07-10

[作者简介] 胡岳华(1961-), 男, 教授, 博士。

表 1 铝土矿中主要矿物基本物化性质

Table 1 Physicochemical properties of main minerals in bauxite

Mineral	Chemistry formula	Al ₂ O ₃ content/ %	Rigidity	Crystal structure	Grindability	PZC
Diasporite	Al ₂ O ₃ •H ₂ O	83.83	6.5~7.0	Chain	Difficult	5.3 ^[1]
Kaolinite	Al ₄ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₈	38.74	2~3	Layer	Easy	3.1 ^[2]
Illite	K ₂ O•3Al ₂ O ₃ •6SiO ₂ •2H ₂ O	36.85	2~3	Layer	Easy	
Pyrophyllite	Al ₂ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₂	30.11	1.0~1.5	Layer	Easy	2.6 ^[3]

的浮选行为起重要作用。

1.3 矿物晶体结构、可磨性与浮选行为

一水硬铝石的晶体结构与含硅脉石矿物的晶体结构差异较大。一水硬铝石属于链状结构基型，硬度较大，难磨；而高岭石、伊利石和叶蜡石属于层状铝硅酸盐矿物，硬度低，密度小，可磨性高。在矿石碎磨过程中，铝硅酸盐矿物将优先被磨细，解离。如果要将一水硬铝石磨细至浮选粒度（如正浮选体系），铝硅酸盐矿物将不可避免地出现过粉碎和泥化现象，影响浮选过程。矿物粒度变小后，其比表面积增大。由于比表面积与表面能增加，可引起：1) 微细矿物表面活性中心（残余键，活性离子等）增加，对浮选药剂的非选择性吸附增加，药剂用量增加，矿浆难免离子浓度增加，浮选分离选择性降低；2) 溶解度增加，矿浆难免离子浓度增加，铝硅酸盐脉石矿物溶解的各种离子组分 Al³⁺，Si⁴⁺，SiO₄²⁻，K⁺，Mg²⁺，Ca²⁺，Fe²⁺，Ti⁴⁺ 等将干扰浮选过程；3) 矿泥罩盖，泥化的铝硅酸盐脉石在一水硬铝石上的罩盖将影响精矿质量；4) 细粒夹带，细粒矿物被泡沫水夹带进入精矿的程度，随粒度变细而增大，铝土矿正浮选，一水硬铝石上浮产率高达 80%，铝硅酸盐脉石细粒夹带现象将更为严重，影响精矿质量。

2 铝土矿正浮选铝硅分离

2.1 技术原型

铝土矿正浮选铝硅分离是抑制铝硅酸盐脉石矿物，用阴离子型捕收剂浮选一水硬铝石。常用的药剂制度为：捕收剂为脂肪酸盐类；抑制剂和分散剂为磷酸盐、腐植酸类；Na₂CO₃ 作 pH 调整剂。为了强化一水硬铝石的捕收，新型高效低毒、低成本的捕收剂也可利用。两种不同的铝土矿原矿选别指标见表 2，可见，铝土矿正浮选铝硅分离是可以实现的。

铝土矿正浮选铝硅分离具有如下特点：1) 可采用常规浮选药剂，药剂原料来源广，成本较低；

表 2 铝土矿阴离子捕收剂正浮选指标^[4, 5]Table 2 Results of anionic collectors direct flotation^[4, 5]

Raw ore A/S	Concentrate yield/ %	Concentrate A/S	Recovery of Al ₂ O ₃ / %
9.52	82.92	15.87	88.63
5.9	79.52	11.39	86.45

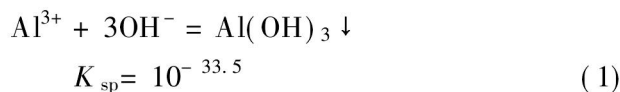
2) 由于伊利石中的不溶硅在拜耳法溶出各预热过程中易形成钠硅渣结疤，而伊利石可浮性差，正浮选有利于减少伊利石上浮量，减少钠硅渣结疤；3) 由于浮选物料需要一定的入选细度，且铝土矿中主要矿物嵌布粒度细，正浮选需要细磨，造成产品粒度细、水分较高，与拜耳法溶出要求粒度较粗（-0.074 mm < 75%），低水分（10%）精矿的矛盾突出，而且细磨造成能耗高，精矿成本增加；4) 正浮选产率大（> 80%），药耗高，精矿残余药剂量大，脱水困难，且不可避免对拜耳法溶出过程产生影响，如冒泡，选矿成本也增加；产率大，还引起机械夹带增大，影响精矿质量，如精矿中混入含 Fe，Ti 的矿物，对钛渣结疤产生影响。

2.2 基本原理

正浮选中，抑制剂主要抑制所有铝硅酸盐脉石矿物，阴离子型捕收剂与一水硬铝石表面作用使其疏水上浮。捕收剂浓度及浮选 pH 值之间的匹配关系可根据化学反应机理确定。

2.2.1 捕收剂溶液化学^[6]

在阴离子捕收剂 A⁻ 与一水硬铝石体系中，可存在如下反应：



如果 A 是油酸盐 (OL⁻)， $K_{\text{sp}}(\text{OL}^-) = 10^{-30}$ ，如果 A 是脂肪酸盐 (R⁻)， $K_{\text{sp}}(\text{R}^-) = 10^{-33.6}$ 。

根据化学反应双对数图，得出油酸盐和脂肪酸盐浮选一水硬铝石时，捕收剂浓度变化和 pH 值变化之间的匹配关系，见图 1。可以看出，不同种类捕收剂和不同浓度，可具有不同的浮选 pH 范围。

表 3 给出了不同浓度捕收剂、油酸盐和脂肪酸盐浮选一水硬铝石的 pH 值上限。随着捕收剂浓度增加, 浮选 pH 值上限增加, 脂肪酸盐比油酸盐浮选 pH 值上限更高。

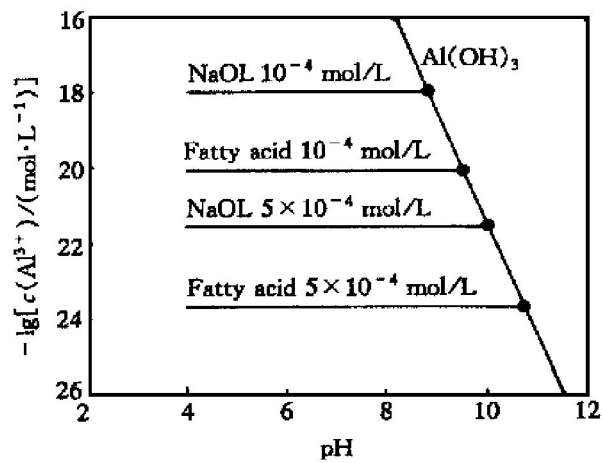


图 1 阴离子捕收剂浮选一水硬铝石浓度 pH 匹配关系
Fig. 1 Matching relation between concentration of anionic collectors and pH in flotation of diaspore

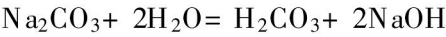
表 3 不同捕收剂浮选一水硬铝石 pH 值上限

Table 3 Upper pH limit of flotation of diaspore by different collectors

Concentration of collectors/(mol·L ⁻¹)	Oleate pH _U	Fatty acid pH _U
5 × 10 ⁻³	10.1	11.3
1 × 10 ⁻³	9.8	11.0
5 × 10 ⁻⁴	9.5	10.7
1 × 10 ⁻⁴	8.8	10.0
5 × 10 ⁻⁵	8.5	9.7

2.2.2 调整剂溶液化学

pH 调整剂碳酸钠在溶液中存在下列平衡:



根据溶液平衡质子等衡式, 溶液 pH 值由下式确定:

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{2c} + \sqrt{\frac{K_w^2}{4c^2} + \frac{K_w}{K^H \cdot c}} \tag{3}$$

式中 K_w 是水的离子积(10^{-14}), K^H 是 CO_3^{2-} 加质子常数, $K^H = 10^{9.57}$, c 是 Na_2CO_3 总浓度。由式 (3) 计算得到各 Na_2CO_3 浓度下溶液的 pH 值, 见表 4。

2.2.3 捕收剂与调整剂之间的匹配

正浮选中浮选矿浆浓度一般为 30%, Na_2CO_3 用量一般为 2000~ 4000 g/t, Na_2CO_3 的浓度约相当于 $5.0 \times 10^{-3} \sim 10^{-2}$ mol/L; 捕收剂用量一般为

表 4 不同 Na_2CO_3 浓度下溶液 pH 值

Table 4 pH of solution of different

Na ₂ CO ₃ concentration						
c/(mol·L ⁻¹)	10 ⁻¹	10 ⁻²	5 × 10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵
pH	11.3	10.8	10.6	10.2	9.7	8.9

1 000~ 2 000 g/t, 其浓度约相当于 $10^{-3} \sim 2.0 \times 10^{-3}$ mol/L。

根据表 3 和表 4, 在这种药剂制度下, 矿浆 pH 值将维持在 pH= 10~ 10.8, 浮选 pH 值上限将达到 11。

理论上, 从表 3 可知, 当 Na_2CO_3 用量维持在 2 000~ 4 000 g/t (pH= 10~ 10.8) 时, 捕收剂浓度可降低至 5.0×10^{-4} mol/L, 约相当于 500~ 1 000 g/t。因此, 根据浮选溶液化学计算, 可确定铝土矿正浮选体系, 捕收剂—pH 调整剂之间浓度匹配关系, 进行优化设计。

3 铝土矿反浮选铝硅分离

3.1 技术原型

铝土矿反浮选铝硅分离是用抑制剂抑制一水硬铝石, 采用阳离子捕收剂或阴离子捕收剂浮选铝硅酸盐矿物。常用的药剂制度为:

- 1) 阳离子反浮选 捕收剂为脂肪胺; 活化剂有 NaF, Na_2SiF_6 , AlF_3 ; 抑制剂有硅酸钠、淀粉、糊精、单宁等; pH 调整剂为 H_2SO_4 和 Na_2CO_3 。
- 2) 阴离子捕收剂反浮选 捕收剂为脂肪酸盐类, 活化剂为金属盐类, 抑制剂有淀粉、单宁等。

有报道的反浮选脱硅结果见表 5。可见, 就目前反浮选的技术水平, 铝土矿反浮选铝硅分离还难以满足拜耳法溶出的要求。但反浮选具有如下明显的技术特点: 1) 易于实现粗磨矿。由于铝硅酸盐矿物易磨, 一水硬铝石的粒度仍可保持较粗状态, 有利于降低磨矿能耗。而一水硬铝石精矿粒度粗, 有利于降低水分含量。2) 上浮产品产率小, 浮选剂用量少, 成本低, 且一水硬铝石精矿基本不含表面活性剂, 对拜耳法溶出过程影响小, 即在赤泥分离、洗涤沉降槽口处不会出现冒泡现象。且精矿易过滤, 也利于降低水分含量。3) 机械夹带少, 有利于改善产品质量。4) 由于原矿中少量 Ti, Fe 及含 Ca, Mg 的杂质矿物, 可望在反浮选中被选出, 可减少拜耳法溶出过程中镁渣结疤与钛渣结疤问题。但由于伊利石可浮性差, 混入一水硬铝石精矿中的伊利石含量将可能大于正浮选, 使钠硅渣结疤问题加重, 因此, 反浮选必须强化对伊利石的捕收作用。

表 5 铝土矿反浮选铝硅分离结果^[7]Table 5 Result of reverse flotation separation of bauxite^[7]

Raw ore A/S	Concentrate yield/ %	Concentrate A/S	Recovery of Al ₂ O ₃ / %
7.05	71.50	8.04	74.11
7.98	84.00	9.65	88.88

3.2 基本原理

3.2.1 阳离子捕收剂反浮选

图 2 给出了阳离子捕收剂反浮选作用示意图。当矿物表面带负电时,可用阳离子捕收剂浮选。阳离子捕收剂在溶液中存在下列平衡^[8]:

$$\text{RH}^+ = \text{R} + \text{H}^+ \quad K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{R}]}{[\text{RH}^+]} \quad (4)$$

$$\text{pH} - \text{p}K_a = \lg[\text{R}] - \lg[\text{RH}^+] \quad (5)$$

用阳离子捕收剂浮选时,一方面要求矿物表面带负电, $\text{pH} > \text{PZC}$, 另一方面要求捕收剂阳离子组分占优势,根据式(5)得 $\text{pH} < \text{p}K_a$ 。因此,如图 2 所示,阳离子捕收剂静电力吸附在矿物表面发生作用的条件为:

$$\text{矿物 } M_1 \quad \text{PZC}_1 < \text{pH} < \text{p}K_a$$

$$\text{矿物 } M_2 \quad \text{PZC}_2 < \text{pH} < \text{p}K_a$$

矿物 M_1 与 M_2 分离的条件为: $\text{PZC}_2 < \text{pH} < \text{PZC}_1$ 。在该 pH 范围,矿物 M_1 表面带正电, M_2 表面带负电,阳离子捕收剂吸附于矿物 M_2 表面使其疏水上浮。从表 1 中的数据可以看出,一水硬铝石的 $\text{PZC}_{\text{Al}} = 5.3$, 几种铝硅酸盐矿物表面的 $\text{PZC}_{\text{Si}} < 3.1$, 铝土矿阳离子捕收剂反浮选分离的最佳 pH 范围为 $\text{PZC}_{\text{Si}} < \text{pH} < \text{PZC}_{\text{Al}}$ 。

3.2.2 阴离子捕收剂反浮选

1) 活化剂溶液化学

阴离子型捕收剂可通过静电力、氢键、化学吸

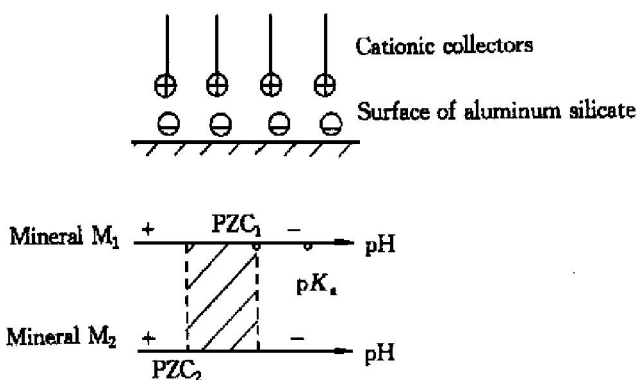


图 2 阳离子捕收剂反浮选作用示意图

Fig. 2 Sketch of reaction of cationic collectors in reverse flotation

附与化学反应同矿物表面发生作用。当矿物表面带负电时,静电力起排斥作用,氢键作用较弱,只有通过化学吸附(反应),阴离子捕收剂才能在表面吸附,这就需要矿物表面具有较多的阳离子活性中心。铝硅酸盐矿物表面的 PZC 值较低,在广泛的 pH 范围内带负电,而且表面断裂键以 Si—O—, Al—O—为主,高岭石、伊利石、叶蜡石、石英表面断裂的 Si—O—, Al—O—键不一样,这几种矿物间可浮性差异较大,不利于反浮选。为了增加铝硅酸盐矿物表面阳离子活性中心,加入活化剂金属离子吸附在铝硅酸盐矿物表面,阴离子捕收剂再同阳离子发生反应,起捕收作用,如图 3 所示。

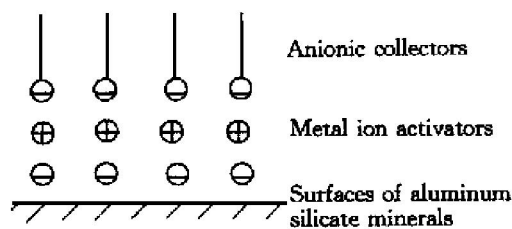
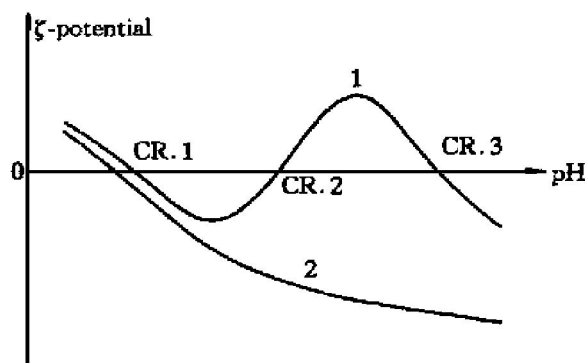


图 3 阴离子捕收剂反浮选作用示意图

Fig. 3 Sketch of reaction of anionic collectors in reverse flotation

由于这些铝硅酸盐矿物表面均能吸附阳离子,活化浮选使这些铝硅酸矿物表面可浮性差异减小,易于阴离子捕收剂反浮选脱除这些铝硅酸盐矿物。

金属离子在这些矿物表面吸附后,对其表面电性及可浮选性将发生显著影响,图 4 是金属离子对铝硅酸盐矿物表面 ζ 电位影响的示意图, ζ 电位有三次变号,分别以 CR. 1, CR. 2, CR. 3 表示。曲线 2 是无金属离子时矿物表面 ζ 电位,在较宽的

图 4 活化剂对铝硅酸盐矿物表面 ζ 电位影响示意图Fig. 4 Influence of activators on ζ -potential of aluminium silicate minerals surface

1—Adding activators; 2—No activators

pH 范围内, 这些矿物表面带负电, 零电点值为 $PZC = CR. 1$ 。曲线 1 是金属离子存在下矿物表面 ζ 电位的变化, 随 pH 值增加, 金属离子的吸附, 矿物表面负 ζ 电位减小, 至 $pH \geq CR. 2$, ζ 电位从负变正; 增加到 $pH \geq CR. 3$ 时, ζ 电位从正变到负。在 $CR. 2 < pH < CR. 3$ 范围内, 矿物表面带正电, 有利于阴离子捕收剂浮选。

根据界面溶度积的概念及金属离子溶液平衡, 可得出 $CR. 2$ 一般对应于金属氢氧化物表面沉淀 pH 值, $CR. 3$ 一般对应于金属氢氧化物的零电点。表 6 给出了各种金属离子在铝硅酸盐矿物表面吸附的 $CR. 2$ 和 $CR. 3$ 理论值, 可见, 不同金属离子有不同的 $CR. 2$ 和 $CR. 3$ 值, 亦即有不同的活化浮选的 pH 范围。

表 6 常见活化剂离子浓度 $10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时
铝硅酸盐矿物表面的 $CR. 1$, $CR. 2$, $CR. 3$ 理论值

Table 6 $CR. 1$, $CR. 2$, $CR. 3$ theoretic values of
aluminium silicate minerals in present of
activator $10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$

Metal ion	CR. 2	CR. 3	CR. 1
Pb^{2+}	7.4	10.0	Kaolinite 3.1
Cu^{2+}	5.5	9.8	
Zn^{2+}	6.9	9.5	
Co^{2+}	7.8	11.2	Pyrophyllite 2.6
Ni^{2+}	7.6	10.6	
Al^{3+}	3.3	9.0	
Fe^{2+}	7.7	11.2	Quartz 2.0 ^[9, 10]

2) 活化剂-阴离子捕收剂溶液化学

活化剂在铝硅酸盐矿物表面吸附后, 再与捕收剂发生相互作用, 此时, 溶液中存在如下反应:

活化剂离子 Me^{n+} 同阴离子捕收剂 A^- 的反应



$K_{sp}(MeA_n) = [Me^{n+}][A^-]^n$ (6)

$-\lg[Me^{n+}] = pK_{sp}(MeA_n) + n\lg[A^-]$ (7)

活化剂离子同羟基离子的反应



$K_{sp}(Me(OH)_n) = [Me^{n+}][OH^-]^n$ (8)

$-\lg[Me^{n+}] = pK_{sp}(Me(OH)_n) + n\lg K_w + n pH$ (9)

根据表 7 中的热力学数据, 可以求得几种活化剂存在下, 油酸钠活化浮选铝硅酸盐矿物的 pH 值上限(见图 5)。可见, 不同金属盐具有不同的活化浮选 pH 值上限。当 NaOL 浓度为 $5 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$ 时, 一水硬铝石的表面生成 $Al(OH)_3$, pH 值上限

为 9.5, Fe^{2+} 和 Pb^{2+} 生成 $Fe(OH)_2$ 和 $Pb(OH)_2$ 的 pH 值上限分别为 10.8 和 12.9, Ca^{2+} 则不生成 $Ca(OH)_2$ 。因此, 活化浮选分离铝硅酸盐矿物与一水硬铝石的 pH 范围为: 铅盐, $9.5 < pH < 12.9$; 铁盐, $9.5 < pH < 10.8$; 钙盐, $pH > 9.5$ 。同理可求得, 不同浓度油酸钠与脂肪酸盐作捕收剂时, 金属盐活化浮选 pH 上限(见表 8)。比较表 3 的数据可见, 当阴离子捕收剂浓度一定时, 用铅盐、钙盐作活化剂, 浮选铝硅酸盐的 pH 值上限远高于—水硬铝石浮选 pH 值上限, 有利于分离, 是较理想的活化剂; 用铁盐作活化剂时, 二者浮选 pH 值上限

表 7 常见活化剂离子的 $K_{sp}(MeA_n)$ 和 $K_{sp}(Me(OH)_n)$ 值
Table 7 $K_{sp}(MeA_n)$ and $K_{sp}(Me(OH)_n)$ of
ordinary inorganic activators

Activator ions	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Fe^{2+}	Pb^{2+}	Cu^{2+}
$K_{sp}(Me(OH)_n)$	$10^{-5.22}$	$10^{-11.15}$	$10^{-15.1}$	$10^{-15.3}$	
$K_{sp}(MeA_n)$ Oleate	$10^{-15.4}$	$10^{-13.8}$	$10^{-15.4}$	$10^{-19.8}$	$10^{-19.4}$
$K_{sp}(MeA_n)$ Fatty acid	$10^{-19.6}$	$10^{-17.7}$	$10^{-19.6}$	$10^{-24.4}$	10^{-23}

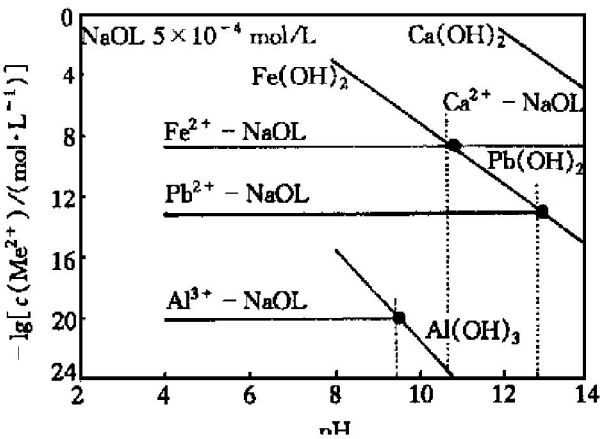


图 5 不同金属离子存在下油酸钠作用的 pH 值上限

Fig. 5 Upper pH limit of flotation by collectors
of oleate in presence of metal ions

表 8 不同活化剂存在下阴离子捕收剂
浮选铝硅酸盐矿物的 pH 值上限

Table 8 Maximum pH of flotation of aluminium
silicate minerals by anionic collectors
in present of different activators

Activator	Oleate/ ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)			Fatty acid/ ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)		
	10^{-4}	5×10^{-4}	10^{-3}	10^{-4}	5×10^{-4}	10^{-3}
Calcium salt	15.1	15.8	16.9	17.19	17.89	18.19
Lead salt	12.25	12.95	13.25	14.75	15.25	15.55
Iron salt	10.15	10.85	11.15	12.25	12.95	13.25

差别较小,不利于选择性分离。

4 结论

1) 由于一水硬铝石及铝硅酸盐矿物晶体结构的差异,表面断裂的 Al—O 和 Si—O 键及表面离子活性区存在差别,影响其表面润湿性与可浮性,类质同象现象及各种晶格杂质离子也将影响浮选剂与矿物表面的相互作用和这些矿物可磨性间的差异。

2) 用阴离子捕收剂进行铝土矿正浮选脱硅时,捕收剂,分散剂和 pH 三者之间的匹配关系可根据溶液化学计算确定。

3) 铝土矿反浮选脱硅可采用阳离子捕收剂和阴离子捕收剂反浮选。阳离子捕收剂反浮选中,矿物表面 PZC 与捕收剂 pK_a 值是主要控制参数。阴离子捕收剂反浮选中,活化剂与捕收剂的反应及其与矿物表面的相互作用起重要作用,溶液化学原理可计算预测最佳作用条件。

[REFERENCES]

- [1] LIU Guang-yi(刘广义). A Study on Flotation and Desilication of Diaspore Bauxite(一水硬铝石型铝土矿浮选脱硅研究) [D]. Changsha: Central South University of Technology, 1999.
- [2] LIU Yong-kang(刘永康). Roast Process Studies of Diaspore Bauxite Desilication by Chemical Processing(一水硬铝石型铝土矿化学选矿脱硅中焙烧过程的研究)

- [D]. Changsha: Central South University of Technology, 1997.
- [3] Mori S. 用显微电泳测定矿粒 ζ 电位的改进方法 [J]. *Metallic Ore Dressing Abroad*(国外金属矿选矿), 1981(9): 13.
- [4] NIU Yin-jian(钮因键) and XIA Zhong(夏忠). 铝土矿选矿-拜耳法生产氧化铝新工艺总报告 [R]. Zhengzhou: Changchen Aluminum Corporation of China, 1999.
- [5] LI Long-feng(李隆峰), ZHANG Guo-xiang(张国祥), HUANG Kai-guo(黄开国), et al. 一水硬铝石型堆积铝土矿选矿脱硅除铁研究 [J]. *Journal of Central South Institute of Mining and Metallurgy*(中南矿冶学院学报), 1980(4): 82- 87.
- [6] WANG Dian-zuo(王淀佐) and HU Yue-hua(胡岳华). 浮选溶液化学 [M]. Changsha: Hunan Science and Technology Press, 1998. 252- 264.
- [7] Segenakubg B C. 在碱性铝酸盐溶液中浮选铝土矿 [J]. *Metallic Ore Dressing Abroad*(国外金属矿选矿), 1986(4): 15- 16.
- [8] HU Yue-hua(胡岳华) and WANG Dian-zuo(王淀佐). 浮选行为研究的溶液平衡计算及图解法 [J]. *Nonferrous Metal(quarterly)*(有色金属(季刊)), 1993(2): 26 - 39.
- [9] QIU Ji-cun(丘继存), WEI Da-wei(韦大为) and LI Jian-zheng(李建增). 单管微电泳仪测量矿物动电位的实验方法 [J]. *Nonferrous Metal*(有色金属(选矿部分)), 1984(5): 18.
- [10] Gaudin A M and Fuerstenau D W. Quartz flotation with anionic collection [J]. *Trans AIME*, 1955(212): 453.

Solution chemistry of flotation separation of diasporic bauxite

HU Yue-hua, JIANG Hao, QIU Guan-zhou, WANG Dian-zuo
(Department of Mineral Engineering, Central South University,
Changsha 410083, P. R. China)

[Abstract] The crystal structure, wettability and floatability of diaspore and other gangues like kaolite, illite and pyrophyllite were discussed. Differences of wettability and floatability between diaspore and aluminium silicate minerals are due to the differences of crystal structure between diaspore and aluminium silicate minerals, and of the part Al—O, Si—O bonds, and the metal ions on the surface of the minerals. The technological schemes of direct or reverse flotation separation of aluminum-silicate minerals from bauxite were suggested. The fundamentals involved the technologies were studied. The relationship of collectors, dispersant and pH can be determined by solution chemical calculation in the direct flotation of bauxite by anionic collectors. The PZC of minerals and the pK_a of collectors are the dominating control parameter in the reverse flotation by cationic collectors. The lead salt and calcium salt are effective activators in the metal ions activation flotation by the anionic collectors.

[Key words] direct flotation; reverse flotation; solution chemistry; bauxite

(编辑 袁赛前)