

蓝晶石分选提纯研究

张一敏

(武汉冶金科技大学, 湖北 武汉 430081)

摘要: 介绍分析了适于蓝晶石分选的最佳流程结构, 对抑制剂 HDF、 Na_2SiO_3 、捕收剂石油磺酸钠等的组合使用、分选行为及作用机理进行了较深入研究。

关键词: 蓝晶石; 流程结构; 浮选药剂; 作用机理

中图分类号: TD97 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6532(1999)05-0008-04

1 引言

蓝晶石在经过高温煅烧莫来石 ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) 化后具有耐火度高、高温载荷大、抗化学腐蚀、热膨胀性低、抗磨性和绝缘性强、耐急冷急热以及热态机械强度高等特点, 使其成为冶金、建材和其他工业部门的重要基础原料。

根据对蓝晶石产品品质要求, 这类矿石分选的技术关键在于, 确定最佳的分选流程结构, 选择适宜的浮选药剂。本文以陕西某蓝晶石矿为研究对象, 将螺旋溜槽引入分选过程, 改磁选分离于浮选之前, 建立了适合该矿石分选特性的流程结构。与此同时, 对影响分选过程的重要因素如抑制剂 HDF、 Na_2SiO_3 和捕收剂石油磺酸钠的作用机理及组合使用进行了较深入的研究。

2 矿石性质

矿石中主要有用矿物为蓝晶石, 主要脉石矿物为石英、黑云母, 次要矿物为石榴子石、氧化铁、碳泥、金红石及石墨, 少量矿物为褐铁矿、白云母、黄钾铁矾、方解石等。矿石中蓝晶石一般含量为 25%, 呈斑状变晶分布于石英、黑云母片岩中。镜下蓝晶石为板状、板

条状或纤维状, 灰白色或无色透明。除碳泥质和黑云母外, 蓝晶石与其他矿物关系较为简单, 在蓝晶石晶体之间夹杂有较高炭泥质和黑云母, 给分选造成一定困难。蓝晶石原矿多项分析结果见表 1。

表 1 蓝晶石原矿多项分析(%)

Al_2O_3	蓝晶石	TFe	SiO_2	TiO_2	K_2O	Na_2O	C
27.79	26.11	5.91	58.30	0.61	0.97	0.26	5.31

3 研究结果与讨论

3.1 流程结构

在蓝晶石分选中, 视具体矿石特性, 通常采用以下几种工艺流程: 重选—浮选—磁选、重选—浮选、浮选—磁选—重选或单一浮选。这些工艺流程结构中, 重选的实质在于脱泥, 它是最终能否获得高品质蓝晶石精矿的重要环节。一般而言, 脱泥量往往高达 50%—60%。本次研究中, 所用矿石不仅含有较高碳泥类物质, 且因基岩多为风化变质硅酸盐矿物, 故过磨泥化现象严重。因此, 预先脱泥十分必要。此外, 含铁矿物的大量存在亦是确定流程结构的重要考虑因素之一。鉴于此, 本次研究采取螺旋溜槽脱泥、碳, 强磁预先除铁、钛, 浮选最终获得精矿的联合流程结构。

具体工艺过程为: 矿石经一段磨矿至 0.074mm 粒级占 75%, $\Phi 400\text{mm}$ 螺旋溜槽三次脱泥、碳, 脱泥、碳后的产品进入 XCSQ-

50×70 湿式强磁选机磁选脱除铁、钛,场强 800—1000kA/m,非磁性产品加酸搅拌预处理, pH = 3 时进入浮选,经三粗三精最终获得高品质蓝晶石精矿。

3.2 流程结构分析

本次研究中采用的螺旋溜槽,为小螺距溜槽,该类型溜槽能有效排除碳泥物质的干扰,可取代通常的反浮选脱碳工艺,其脱碳效果两者一致。经三次脱泥、碳后,脱除率达 90%,有效地遏制了泥、碳对下步浮选过程的干扰。且由于小螺距溜槽的初步富集作用以及无动力消耗、无传动部件、稳定易操作等优点,明显优于反浮选脱碳工艺。

此外,该流程结构中,将磁选置于浮选之前这一措施,有效地提高了下步浮选过程的稳定性和浮选分离效果。其原因在于,当原矿中铁、钛矿物含量较高时,产生的大量游离金

属离子在得不到及时排除进入浮选体系时,将大大活化石英及云母类矿物,造成浮选过程恶化,药剂耗量增大,影响浮选结果。磁选置于浮选之前,由于铁矿物的及时排除,消除了铁离子产生的先决条件,遏制了诸多不利因素的发生,浮选效果明显好转。结果表明,磁选置于浮选之前较之置于之后,其最终精矿回收率提高 4%—6%,铁含量下降 25%—30%,捕收剂用量减少 10%。

3.3 浮选药剂

浮选过程在酸性介质中进行,其矿浆 pH 控制在 3.4—4.0 之间,以 HDF 与 Na₂SiO₃ 合剂为抑制剂,用量 1000g/t;在入选矿浆浓度为 20±2% 时进行浮选试验。结果表明,经三次粗选三次精选最终可获得如表 2 所示的高级别蓝晶石精矿,其精矿回收率达 65.5%。

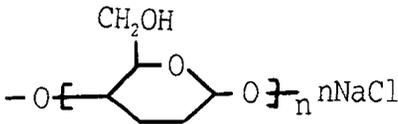
表 2 蓝晶石精矿多项分析(%)

Al ₂ O ₃	蓝晶石	TFe	SiO ₂	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO
59.18	94.00	0.95	35.40	0.05	0.03	0.02	0.16	0.05

为查明浮选过程主要药剂的作用行为与机理,进行了如下工作。

1. HDF 与 Na₂SiO₃ 的组合使用及作用机理

试验中,单独使用抑制剂 Na₂SiO₃ 效果不佳。当将 HDF 与 Na₂SiO₃ 组合使用时,则明显改善最终浮选结果。HDF 为阴离子变性淀粉,其结构式为:



使用组合比例 HDF : Na₂SiO₃ = 1 : 2。由图 1 可知,在两药剂组合比例 1 : 2 时,随组合用量增加,蓝晶石、石英、黑云母、石榴子石的浮选能力受到抑制,当组合用量大于 0.3mg/g 时,蓝晶石和石榴子石回收率下降幅度明显,石英、黑云母下降不大。因此, HDF 与 Na₂SiO₃ 的组合用量应控制在 0.3mg/g 范围

内。

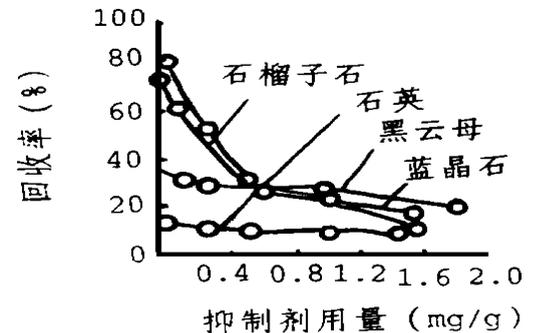


图 1 HDF : Na₂SiO₃ = 1 : 2 组合用量对矿物可浮性的影响

上述试验表明, HDF 对石英、黑云母等有害杂质具有十分明显的抑制作用。HDF 的抑制能力在于其去活作用,即取代进入浮选体系的 Fe³⁺、Al³⁺ 离子并与其形成化合物。这一点可通过在有各种金属阳离子存在的条件下,研究 HDF 对蓝晶石及其主要伴生矿物可浮性的影响得到进一步证实。

在含 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 离子均为 10mg/L 的蒸馏水中,用石油磺酸钠作为捕收剂,用量 1mg/g , $\text{pH} = 3.5$ 时,考察 HDF 对它们的影响,结果见图 2。

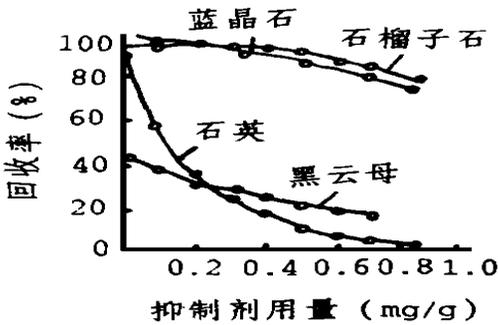


图 2 存在各种金属离子时, HDF 对矿物可浮性的影响

由图 2 可看出,在各种金属离子存在时, HDF 对蓝晶石和石榴子石均有一定的抑制能力,且抑制剂量越大,抑制能力越强。当用量达 0.35mg/g 时, HDF 能大幅度消除各种离子对石英、黑云母的活化能力。比较图 1、图 2 可得出,在矿浆中无金属离子存在时,石油磺酸钠在酸性矿浆 ($\text{pH} = 3.5$) 中的选择性是好的。但当浮选矿浆中存在各种金属离子时,石英、黑云母被活化,上浮率提高,抑制剂选择性下降。此时,添加 HDF,石英、黑云母的可浮性显著下降,从而证实了 HDF 的抑制能力在于其优良的去活作用。HDF 的这一特性,使得它在以适当配比 (1 : 2) 与 Na_2SiO_3 组合使用时,就能有效地将石英、黑云母等杂质分离出来。

2. 石油磺酸钠与蓝晶石等矿物的作用机理

石油磺酸盐与矿物的作用机理,长期以来存在多种不同观点。多数人认为,该类捕收剂所带离子受库伦力的作用被吸附在双电层而发生物理吸附。也有人认为,石油磺酸盐的吸附形式是其同矿物晶格的表面阳离子相互发生的化学吸附。

本次研究通过红外光谱测试表明,阴离

子捕收剂石油磺酸钠在蓝晶石和石榴子石表面的固着是物理吸附和化学吸附并存,且以化学吸附为主。而在石英、黑云母表面的吸附,则是借助于库伦力和羟基的缔合作用的物理吸附。两者吸附强度的差异为使石油磺酸钠能从石英、黑云母等杂质中有效分选蓝晶石提供了先决条件,这一结论与实际矿石的试验结果一致,红外光谱结果见图 3。

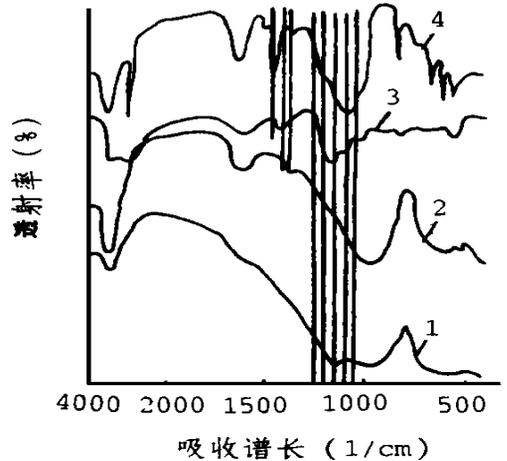


图 3 石油磺酸钠、石油磺酸铝、蓝晶石及在 $\text{pH} = 3.5$ 时用石油磺酸钠处理过的蓝晶石的红外光谱

- 1. 用石油磺酸钠处理过的蓝晶石; 2. 蓝晶石; 3. 石油磺酸铝; 4. 石油磺酸钠。

蓝晶石的光谱特点是在 $900 - 1100\text{cm}^{-1}$ 和 $400 - 750\text{cm}^{-1}$ 段有一强烈吸收带。根据蓝晶石结构,在 $900 - 1100\text{cm}^{-1}$ 段的吸收带应归于硅氧四面体的非对称和对称振动。在 $400 - 750\text{cm}^{-1}$ 宽度上的强烈吸收谱群则可能是由于硅氧四面体变形振动和铝氧八面体振动所致。红外光谱结果证明,磺酸盐在蓝晶石表面上的化学吸附作用。在接近浮选条件下 ($\text{pH} = 3.5$) 蓝晶石表面经石油磺酸钠处理后,在它的谱图上出现为磺酸铝所特有的吸收带(最大吸收值在 1151cm^{-1} 处),从而证实了上述结论。

石油磺酸铝与石油磺酸钠的光谱比较表明,在代表磺酸及其盐类的光谱范围内

($1010-1260\text{cm}^{-1}$) 两种化合物是有差别的。石油磺酸铝有两个吸收带 (1151 和 1208cm^{-1}), 而石油磺酸钠只有一个 (1197cm^{-1})。 1061cm^{-1} 谱带发生位移, 而 1098cm^{-1} 谱带为这两种化合物所共有。石油磺酸盐是通过与矿物晶格中化合价和配位价不饱和的铝原子发生离子键合或供受体键合, 而以化学吸附形式固着于蓝晶石表面。而物理吸附应认为是通过库伦力和范德华力的羟基缩合作用而促成的。石英和黑云母在 $1000-1300\text{cm}^{-1}$ 范围内透光性差。捕收剂在石英和黑云母表面上的固着强度小和矿物在吸附了捕收剂后具有较高的负电动电位均可证明石油磺酸盐的物理吸附。

4 结 语

1. 以螺旋溜槽取代反浮选脱泥、碳工艺, 以先期强磁选脱除铁、钛矿物的重-磁-浮

流程结构分选蓝晶石, 具有过程稳定、药剂耗量低、分选效果好等优点。可使最终精矿回收率提高 $4\%-6\%$, 铁含量下降 $25\%-30\%$, 捕收剂用量减少 10% 。

2. 以 $\text{HDF} : \text{Na}_2\text{SiO}_3 = 1 : 2$ 的组合比例, 当两者用量 1000g/t 时, 可明显改善蓝晶石与石英、黑云母的分选效果。HDF 的去活作用, 即取代浮选体系的 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 离子并与其形成化合物这一行为, 是其具有明显抑制作用的主要原因。

3. 通过红外光谱测试表明, 阴离子捕收剂石油磺酸钠在蓝晶石表面的固着是物理吸附和化学吸附并存, 且以化学吸附为主。而在石英、黑云母表面的吸附, 则是借助于库伦力和羟基的缩合作用的物理吸附。两者吸附强度的差异, 是石油磺酸钠能从石英、黑云母等杂质矿物中有效分选蓝晶石的先决条件。

Research on Separation and Purification of Kyanite

ZHANG Yi-ming

(Wuhan University of Metallurgical Science and Technology, Wuhan, Hubei, China)

Abstract: The optimal technological flowsheet suitable for separation of kyanite was evaluated. The effectiveness of combined use of the depressant-HDF and Na_2SiO_3 , and collector-petroleum sulphonate, separation behavior and action mechanism were discussed in more detail.

Key words: Kyanite; Separation flowsheet; Flotation reagent; Action mechanism