

## 南部非洲某伟晶岩型锂矿锂的浮选工艺流程

李利滔<sup>1,2</sup>, 邓久帅<sup>1,2</sup>

(1. 中国矿业大学(北京)化学与环境工程学院, 北京 100083; 2. 中国矿业大学(北京)内蒙古研究院, 内蒙古 鄂尔多斯 017010)

**摘要:** 矿石中锂矿物以锂辉石、含锂白云母和锂云母为主, 少量羟锂磷铝石、锂电气石和磷锰锂矿, 脉石矿物主要为长石和石英。原矿  $\text{Li}_2\text{O}$  含量为 1.60%, 72.71% 的锂以锂辉石形式存在, 16.90% 以锂云母形式存在, 2.91% 的锂赋存于羟锂磷铝石、磷锰锂矿等锂的磷酸盐矿物中, 还有 7.48% 的锂以锂矿物包裹体分散于石英/长石中, 可回收的锂矿物主要为锂云母和锂辉石。锂云母与锂辉石可浮性很相近, 通过实验确定了适配的浮选捕收剂、调整剂及活化剂, 获得了锂云母浮选精矿和锂辉石浮选精矿。以有机酸 AS 为捕收剂、碳酸钠和氢氧化钠为调整剂、氯化钙为活化剂, 采用锂云母优先浮选工艺流程, 闭路实验获得  $\text{Li}_2\text{O}$  品位 2.92%、 $\text{Li}_2\text{O}$  回收率 15.47% 的锂云母精矿和  $\text{Li}_2\text{O}$  品位 6.36%、 $\text{Li}_2\text{O}$  回收率为 71.20% 的锂辉石精矿, 产品合计  $\text{Li}_2\text{O}$  的回收率为 86.67%, 对应的  $\text{Li}_2\text{O}$  品位为 5.26%。

**关键词:** 伟晶岩; 锂辉石; 锂云母; 浮选

doi:10.12476/kczhly.202408200241

中图分类号: TD954 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532(2025)04-0121-08

**引用格式:** 李利滔, 邓久帅. 南部非洲某伟晶岩型锂矿锂的浮选工艺流程[J]. 矿产综合利用, 2025, 46(4): 121-128.

LI LITAO, DENG JIUSHUAI. Flotation process of lithium from a pegmatite-type lithium ore in southern Africa[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2025, 46(4): 121-128.

锂元素在航空航天、医疗、陶瓷、新能源等多领域广泛应用。随着新能源的兴起, 各国对锂资源市场愈发重视<sup>[1]</sup>, 锂资源的赋存状态直接决定了提取技术的难易和复杂程度<sup>[2]</sup>, 反之锂提取技术的发展也影响锂储量和资源量评估。2020年, 美国地质调查局采用多重标准发布了世界范围内的探明锂资源量, 约  $8 \times 10^7$  t, 其中非洲也占据着可观的份额<sup>[3]</sup>。

锂矿床可分为: 伟晶岩矿床、卤水矿床、海水矿床、温泉矿床和堆积矿床, 目前开采利用的锂资源主要是伟晶岩矿床和卤水矿床。南部非洲某国东部的锂矿床, 属于伟晶岩型锂矿床, 其特点是锂品位较高、储量大, 矿床中的主要锂矿物有锂辉石、锂云母、锂磷铝石等, 并伴生可供综合利用的铍、铌、钽等有用成分。中国新疆可可

托海 3#伟晶岩锂(铍铌钽)矿床<sup>[4]</sup>、四川康定甲基卡锂(铍)矿床<sup>[5]</sup>、四川金川可尔因锂(铍)矿床<sup>[6]</sup>等, 均属于中国与之同一类的伟晶岩型矿床。由于锂辉石、锂云母等不同锂矿物性质不同, 并且锂矿物常与含铍矿物及多种硅酸盐脉石矿物甚至钽铌矿物共生, 因此锂矿石分选工艺较为复杂。在提取锂的矿石原料中, 主要是锂辉石占据重要地位, 锂云母次之, 而对锂辉石、锂云母为原料提取锂的冶炼工艺、冶炼成本不同, 所以长期以来, 围绕伟晶岩型锂矿的锂辉石、锂云母等含锂矿物的选矿是重要研究内容。

南部非洲某伟晶岩型锂矿主要锂矿物为锂辉石、锂云母、锂磷铝石, 采用锂云母优先浮选工艺, 获得了锂云母浮选精矿和锂辉石浮选精矿, 对中国类似伟晶岩型锂矿选矿具有借鉴意义。

收稿日期: 2024-08-20

基金项目: 中国矿业大学(北京)中央高校优秀青年团队培育项目(2023YQTD03)

作者简介: 李利滔(1993-), 男, 博士研究生, 研究方向为浮选理论与工艺。

# 1 矿石性质

## 1.1 矿石主要化学成分分析

矿石中主要金属锂的氧化锂含量为 1.60%，原矿主要化学成分分析结果见表 1。

## 1.2 矿石中矿物组成及相对含量

矿石中锂矿物以锂辉石、含锂白云母和锂云

母为主，少量羟锂磷铝石、锂电气石和磷锰锂矿，少数锂辉石具蚀变现象，蚀变为蒙脱石、皂石、绿泥石等；钽铌矿物以钽铌锰（铁）矿和细晶石为主，其次为钽铋矿、铋线石；其他稀有金属矿物有铯榴石、绿柱石和少量硅铍石等。脉石矿物主要为长石和石英。矿石中矿物组成及相对含量见表 2。

表 1 原矿主要化学成分的化学分析结果

单位：%

Table 1 Main chemical composition analysis results of the raw ore

Li <sub>2</sub> O	Rb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cs <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	BeO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe
1.60	0.12	0.08	3.80	2.80	0.65	0.50	14.55	75.86	0.041	0.56	0.50

表 2 矿石中矿物组成及相对含量

Table 2 Mineral composition and relative content of minerals in the raw ore

矿物名称	含量/%	矿物名称	含量/%
锂辉石	13.31	绿泥石	0.65
锂磷铝石	0.28	高岭石	0.28
锂电气石	0.30	中长石	0.85
锂绿泥石	0.08	铯榴石	0.39
钠长石	29.25	绿柱石	0.31
石英	34.07	角闪石	0.46
钾长石	10.42	其他	0.80
云母（含锂云母）	8.55		

锂在原矿各矿物中平衡分配见表 3，从表 3 中可见，锂有一定程度的分散性，赋存于锂辉石中的氧化锂占原矿总氧化锂的 72.71%；赋存于锂云母中的氧化锂占原矿总氧化锂量的 16.90%；赋存于羟锂磷铝石、磷锰锂矿、锂电气石和锂绿泥石中氧化锂分别占原矿总氧化锂量的 1.98%、0.66%、0.19% 和 0.08%，合计 2.91%；以锂矿物包裹体分散于石英/长石中氧化锂占原矿总氧化锂量的 7.48%。从原矿中分选锂辉石，理论品位 Li<sub>2</sub>O 7.82%，理论回收率约 72.71%。

表 3 矿石中锂矿物组成及相对含量

Table 3 Composition and relative content of lithium minerals in the raw ore

矿物名称	含量/%	Li <sub>2</sub> O 含量/%	Li <sub>2</sub> O 占有率/%
锂辉石	13.31	7.82	72.71
锂云母（含铯榴石）	11.80	2.15	16.90
锂磷铝石	0.28	9.68	1.98
锂电气石	0.18	0.91	0.66
磷锰锂矿	0.30	10.31	0.19
锂绿泥石	0.08	1.67	0.08
石英/长石	39.25	0.14	7.48
其他	34.80	/	/
合计	100.00	1.56	100.00

## 1.3 锂矿物特征及嵌布

主要锂矿物锂辉石属单斜晶系，晶体常呈长柱状，直立晶面有晶面条纹，集合体呈板棒状，叶片状；颜色呈灰白、灰绿、紫色或黄色等，透明至微透明，玻璃光泽；硬度 6.5~7.0，密度 3.03~3.22 g/cm<sup>3</sup>。原矿中锂辉石多呈柱状、板状、棒状集合体或不规则状稠密嵌布于石英中，小部分锂辉石晶体常被次生石英交代。锂辉石嵌布粒度主要集中于+0.074 mm 范围内，占有率高于 95%，锂辉石较易于解离。部分锂辉石经过蚀变，锂流失后转变为蒙脱石、皂石、绿泥石、石英等矿物。

锂云母是一种以锂作为主要成分的云母矿物，它通常包含锂、铝、硅、氧等元素，化学式一般表示为 LiAlSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>。锂云母多呈柔软片状集合体，颜色玫瑰色、浅紫色，少量呈褐紫色（含铯锂云母），含锰者显桃红，与锂白云母相比，单片厚度极薄，薄片柔软。硬度 2~3，密度 2.8~2.9 g/cm<sup>3</sup>。原矿中锂云母多见嵌布于钠长石中，少数嵌布于钾长石中。

## 1.4 原矿中锂的赋存

根据原矿矿物含量和各矿物含 Li<sub>2</sub>O 量，作出

# 2 实验结果及分析

原矿样中锂矿物种类较复杂，有 72.71% 的锂以锂辉石形式存在，16.90% 以锂云母形式存在，2.91% 的锂赋存于羟锂磷铝石、磷锰锂矿等锂的磷酸盐矿物中，还有 7.48% 以锂矿物包裹体分散于石英/长石中。可回收的锂矿物主要为锂云母和锂辉石，对于该含锂的锂矿，应考虑浮选法，从技术角度讲，呈现包裹体于石英及长石中的锂矿物与锂磷铝石等磷酸盐矿物，选矿回收较困难<sup>[4]</sup>。对

于云母类矿物，应针对其单独优先浮选出锂云母精矿，然后浮选锂辉石，再产出锂辉石精矿，锂云母与锂辉石浮选时，通过适配的浮选捕收剂、调整剂或者活化剂，进行调节，使得锂云母和锂辉石具有不同的浮游性能，从而获得锂云母浮选精矿和锂辉石浮选精矿<sup>[7-10]</sup>。

### 2.1 磨矿细度实验

针对该锂矿的开发利用，根据主要锂矿物锂辉石、锂云母嵌布粒度较粗、易于解离的特征，与此相适应的将是适当地粗磨。固定浮选药剂条件，考查不同磨矿细度下对锂云母和锂辉石浮选的影响，磨矿细度流程见图1，实验结果见图2。由图2结果可看出，随着磨矿细度的增加，粗精矿品位先呈明显升高趋势，后升高趋势很小，精矿回收率则呈下降趋势，当磨矿细度从-0.074 mm 50% 增加至 -0.074 mm 65% 时，精矿回收率从 91.10% 下降至 88.04%，下降幅度小，而精矿品位从 4.08% 升高至 4.42%。综合考虑，选择磨矿细度为-0.074 mm 55% 比较合适。

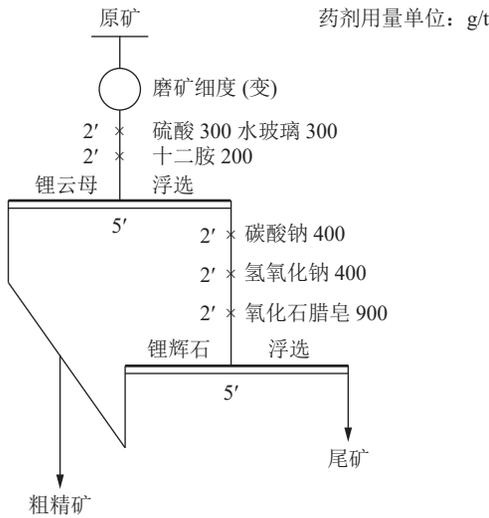


图1 磨矿细度实验流程  
Fig.1 Grinding fineness test process

### 2.2 锂云母优先浮选实验

#### 2.2.1 锂云母粗选调整剂实验

在原矿磨矿细度-0.074 mm 55% 的条件下，进行了锂云母粗选调整剂实验，实验流程见图3，以十二胺为捕收剂，分别进行了硫酸、六偏磷酸钠、水玻璃和碳酸钠四种调整剂的实验，实验结果见表4，结果表明，使用硫酸及水玻璃对锂云母矿物的回收较好，当硫酸及水玻璃用量分别为 200、1 000 g/t 时，对应的锂云母粗精矿品位

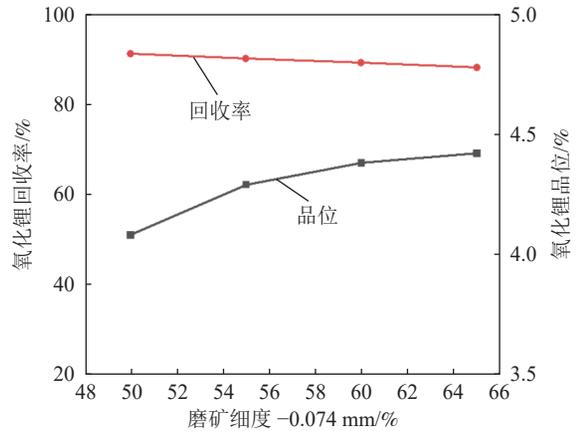


图2 磨矿细度实验结果  
Fig.2 Test results of grinding fineness

2.17% Li<sub>2</sub>O、作业回收率为 16.66% Li<sub>2</sub>O 和 2.45% Li<sub>2</sub>O、作业回收率 16.91% Li<sub>2</sub>O。

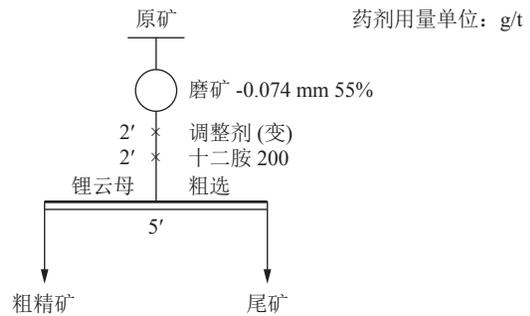


图3 锂云母粗选调整剂浮选实验流程  
Fig.3 Flotation test flow of lepidolite roughing regulator

表4 锂云母粗选调整剂种类浮选实验结果

Table 4 Flotation test results of lepidolite roughing regulator types

实验药剂及用量/ (g/t 原矿)	产品 名称	产率/ %	Li <sub>2</sub> O 品位/%	Li <sub>2</sub> O 回收率/%
硫酸 200	粗精矿	12.28	2.17	16.66
	尾矿	87.72	1.52	83.34
六偏磷酸钠800	粗精矿	15.28	1.68	16.09
	尾矿	84.72	1.58	83.91
水玻璃1 000	粗精矿	11.08	2.45	16.91
	尾矿	88.92	1.50	83.09
碳酸钠800	粗精矿	15.08	1.75	16.61
	尾矿	84.92	1.56	83.39
原矿	原矿	100.00	1.60	100.00
原矿	原矿	100.00	1.61	100.00
原矿	原矿	100.00	1.59	100.00

#### 2.2.2 锂云母粗选调整剂组合实验

锂云母粗选调整剂硫酸和水玻璃组合实验流程见图3，硫酸+水玻璃用量组合分别为 200+800、

800+200、300+300 和 600+600 g/t。实验结果见图 4。由图 4 实验结果可见，硫酸+水玻璃用量组合条件 3 获得的结果较好，其硫酸和水玻璃用量分别为 300 g/t 和 300 g/t，即比例为 1:1。云母的产率在条件 3 波动较高，也从该结果可以初步说明，矿浆中加入硫酸后，导致的矿浆酸性环境对云母浮选比较敏感。

### 2.2.3 锂云母精选次数实验

在原矿磨矿细度仍然在-0.074 mm 55% 的条件下，锂云母粗选采用硫酸 300 g/t 和水玻璃 300 g/t 组合作为调整剂，捕收剂十二胺 200 g/t 条件下生产锂云母精选给矿，进行了一次和二次精选对比实验，实验流程见图 5，实验结果见表 5。

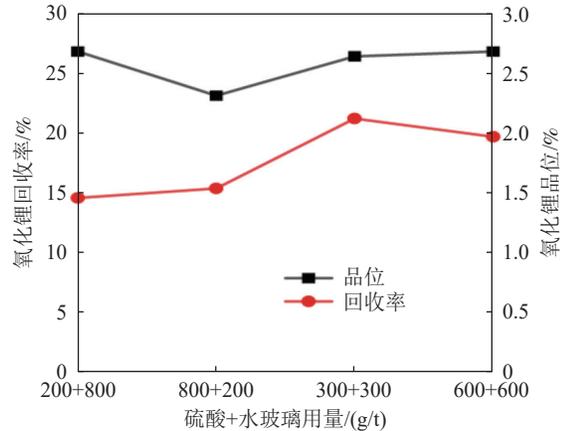


图 4 锂云母粗选调整剂组合实验结果  
Fig.4 Combination test results of lepidolite roughing regulator

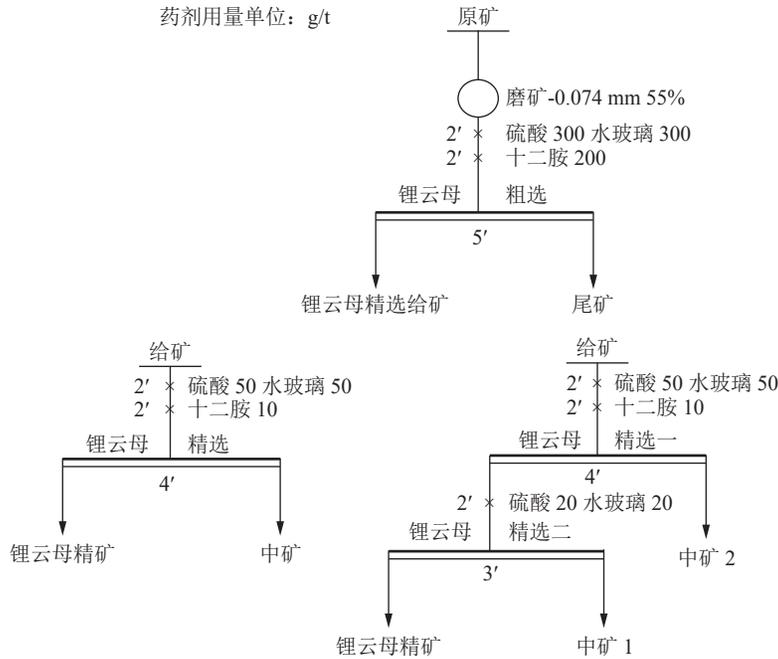


图 5 锂云母精选次数实验流程  
Fig.5 Test flowsheet of lepidolite concentration times

由表 5 可知，精选二次获得锂云母精矿品位 3.52% Li<sub>2</sub>O、作业回收率为 73.26% Li<sub>2</sub>O，精选一

表 5 锂云母精选次数实验结果

Table 5 Test results of lepidolite concentration times				
实验条件	产品名称	产率/%	品位 /% Li <sub>2</sub> O	Li <sub>2</sub> O回收 率/%
精选一次	锂云母精矿	62.75	3.25	83.02
	中矿	37.25	1.12	16.98
	给矿	100.00	2.46	100.00
精选二次	锂云母精矿	53.20	3.52	73.26
	中矿 1	24.35	1.27	12.10
	中矿 2	46.80	0.80	14.65
	给矿	100.00	2.56	100.00

次获得锂云母精矿品位 3.25% Li<sub>2</sub>O、作业回收率 83.02% Li<sub>2</sub>O。本实验选用二次精选。

### 2.3 锂辉石浮选实验

在原矿磨矿细度-0.074 mm 55% 的条件下，锂云母粗选采用硫酸 300 g/t 和水玻璃 300 g/t 组合作为调整剂，捕收剂十二胺 200 g/t 条件下得到的尾矿作为锂辉石浮选的给矿，进行锂辉石浮选的条件实验。

#### 2.3.1 氢氧化钠用量影响实验

锂辉石浮选氢氧化钠用量影响实验流程见图 6，实验结果见图 7。

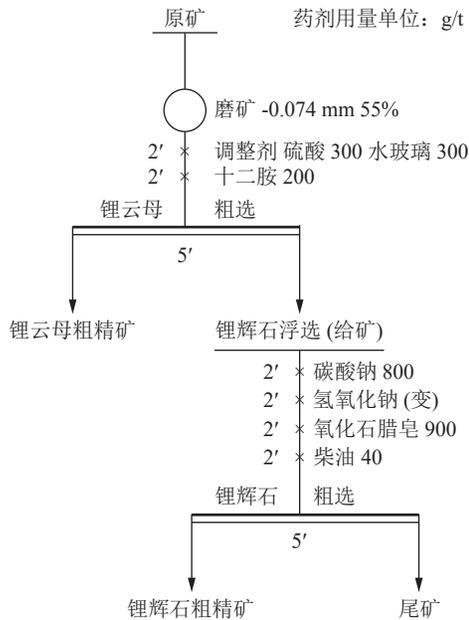


图6 氢氧化钠用量影响实验流程

Fig.6 Effect of sodium hydroxide dosage on test flowsheet

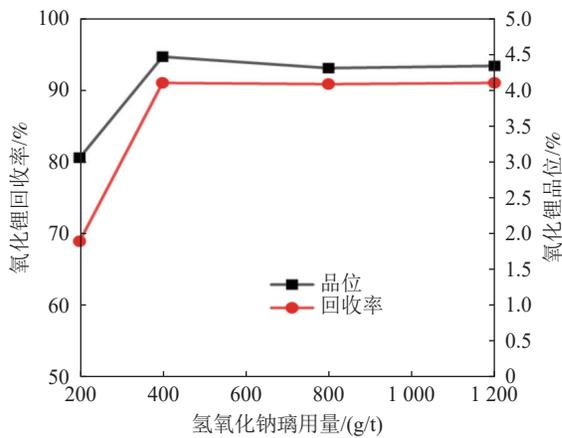


图7 氢氧化钠用量影响实验结果

Fig.7 Effect of sodium hydroxide dosage on test results

由图7实验结果可见，锂辉石浮选氢氧化钠用量为400 g/t时结果较好，因此，锂辉石浮选氢氧化钠用量采用400 g/t。

### 2.3.2 碳酸钠用量影响实验

在捕收剂氧化石腊皂900 g/t、氢氧化钠400 g/t的条件下，进行了碳酸钠影响实验，实验采用的流程见图8，实验结果见图9。

由图9实验结果可见，在锂辉石粗选中调整剂碳酸钠用量为1200 g/t时较为合适。

### 2.3.3 锂辉石浮选活化剂实验

在碳酸钠1200 g/t、氢氧化钠400 g/t、捕收剂氧化石腊皂900 g/t的条件下，进行了锂辉石活化剂实验，实验采用的流程见图10，实验结果见表6。

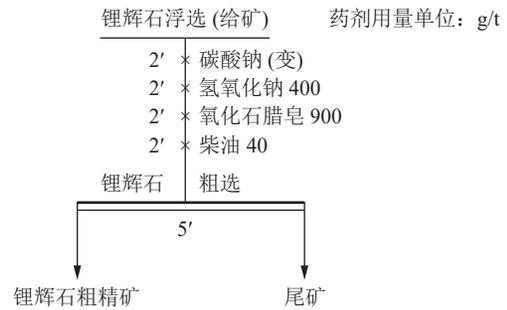


图8 碳酸钠用量影响实验流程

Fig.8 Effect of sodium carbonate dosage on test flowsheet

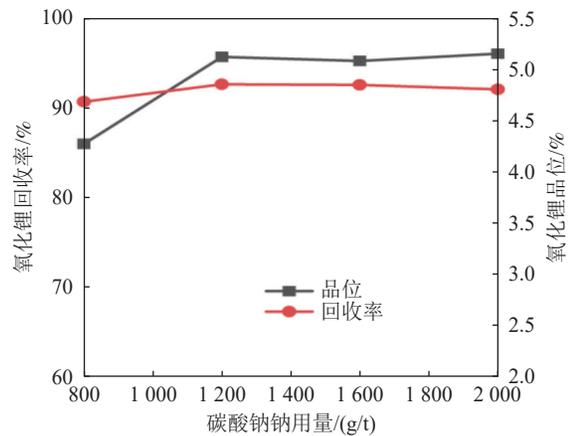


图9 碳酸钠用量影响实验结果

Fig.9 Effect of sodium carbonate dosage on test results

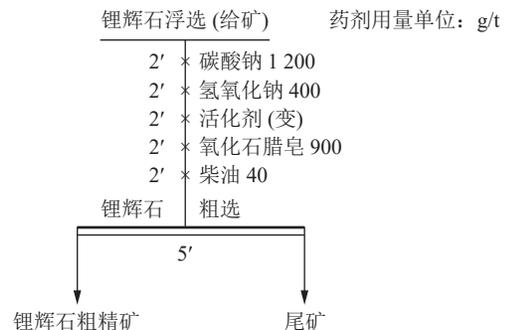


图10 锂辉石浮选活化剂实验流程

Fig.10 Test flowsheet of spodumene flotation activator

由表6实验结果可见，在锂辉石粗选中活化剂氯化钙效果较好，当氯化钙用量分别为200 g/t和400 g/t的时候，分别获得锂辉石粗精矿品位5.12% Li<sub>2</sub>O、作业回收率为90.71% Li<sub>2</sub>O和5.16% Li<sub>2</sub>O、作业回收率91.18% Li<sub>2</sub>O。氯化钙较硝酸铅、氯化铁，在环保、运输、储存上具有较多方便，本实验采用氯化钙作为活化剂，并选择氯化钙用量为200 g/t。

### 2.3.4 捕收剂种类实验

根据该锂矿的锂矿物特性，以及已经完成的

表 6 锂辉石浮选活化剂实验结果

Table 6 Test results of spodumene flotation activator

活化剂种类 用量/(g/t)	产品名称	产率/%	Li <sub>2</sub> O 品位/%	Li <sub>2</sub> O 回收率/%
氯化钙 0	锂辉石粗精矿	25.40	5.02	88.60
	尾矿	74.60	0.22	11.40
	给矿	100.00	1.44	100.00
氯化钙 200	锂辉石粗精矿	25.40	5.16	91.18
	尾矿	74.60	0.17	8.82
	给矿	100.00	1.44	100.00
氯化钙 400	锂辉石粗精矿	25.56	5.12	90.71
	尾矿	74.44	0.18	9.29
	给矿	100.00	1.44	100.00
硝酸铅 500	锂辉石粗精矿	25.00	5.21	91.53
	尾矿	74.44	0.16	9.29
	给矿	100.00	4.31	100.00
氯化铁 300	锂辉石粗精矿	25.16	5.18	91.59
	尾矿	74.84	0.16	8.41
	给矿	100.00	1.42	100.00

条件实验结果, 选用氧化石蜡皂、环烷酸皂、苯甲羟肟酸、有机酸 AS 进行捕收剂种类实验, 其中有机酸 AS 是对脂肪酸类药剂进行混合用药和物理改性而成。在碳酸钠 1 200 g/t、氢氧化钠 400 g/t、活化剂氯化钙 200 g/t 的条件下进行这四种捕收剂对比实验, 实验流程见图 11, 实验结果见表 7, 结果表明, 使用有机酸 AS 对锂矿物的回收较好, 对应的锂粗精矿品位 5.32% Li<sub>2</sub>O、作业回收率为 91.79% Li<sub>2</sub>O。

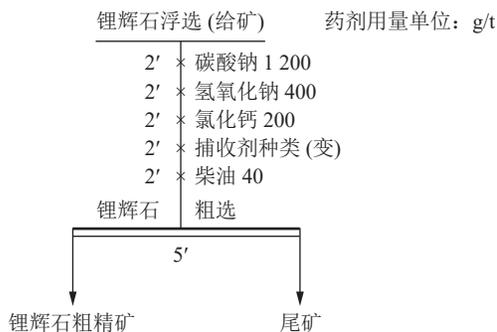


图 11 锂辉石捕收剂种类浮选实验流程

Fig.11 Flotation test flowsheet of spodumene collectors

表 7 锂辉石捕收剂种类浮选实验结果

Table 7 Flotation test results of spodumene collectors

捕收剂种类及 用量/(g/t 原矿)	产品名称	产率/%	Li <sub>2</sub> O 品位/%	Li <sub>2</sub> O 回收率/%
氧化石蜡皂 900	粗精矿	27.20	4.82	90.91
	尾矿	72.80	0.18	9.09
	给矿	100.00	1.44	100.00

捕收剂种类及 用量/(g/t 原矿)	产品名称	产率/%	Li <sub>2</sub> O 品位/%	Li <sub>2</sub> O 回收率/%
环烷酸皂 900	粗精矿	27.60	4.92	91.69
	尾矿	72.40	0.17	8.31
	给矿	100.00	1.48	100.00
苯甲羟肟酸 1 000	粗精矿	24.40	5.22	88.45
	尾矿	75.60	0.22	11.55
	给矿	100.00	1.44	100.00
有机酸 AS 900	粗精矿	25.16	5.32	91.79
	尾矿	74.84	0.16	8.21
	给矿	100.00	1.46	100.00

### 2.3.5 捕收剂 AS 用量实验

在调整剂碳酸钠 1 200 g/t、氢氧化钠 400 g/t 及活化剂氯化钙 200 g/t 的条件下, 进行了捕收剂有机酸 AS 用量实验, 实验采用的流程同图 11, 实验结果见图 12。由图 12 实验结果可见, 在锂粗选中有有机酸 AS 的合适用量为 900 g/t。

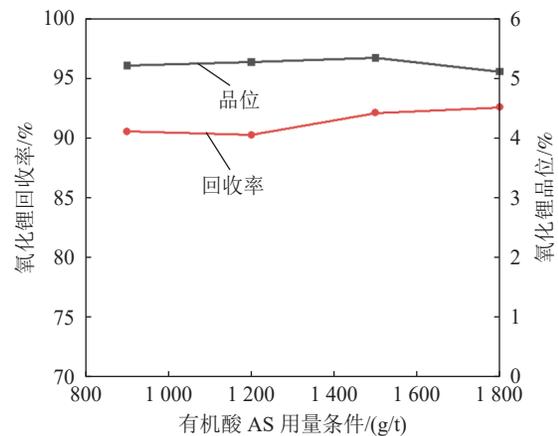


图 12 有机酸 AS 用量实验流程

Fig.12 Test flowsheet of organic acid AS dosage

### 2.4 闭路实验

在条件实验的基础上, 以有机酸 AS 为捕收剂、碳酸钠和氢氧化钠为调整剂、氯化钙为活化剂, 采用图 13 工艺流程进行闭路实验, 实验结果见表 8。闭路实验获得的锂云母精矿和锂辉石精矿 Li<sub>2</sub>O 含量及回收率分别为 2.92%、15.47% 和 6.36%、71.20%, 锂的浮选指标合计 Li<sub>2</sub>O 含量为 5.26%、回收率为 86.67%。

## 3 结 论

(1) 矿石中锂矿物以锂辉石、含锂白云母和锂云母为主, 少量羟锂磷铝石、锂电石和磷锰锂矿, 少数锂辉石具蚀变现象, 蚀变为蒙脱石、

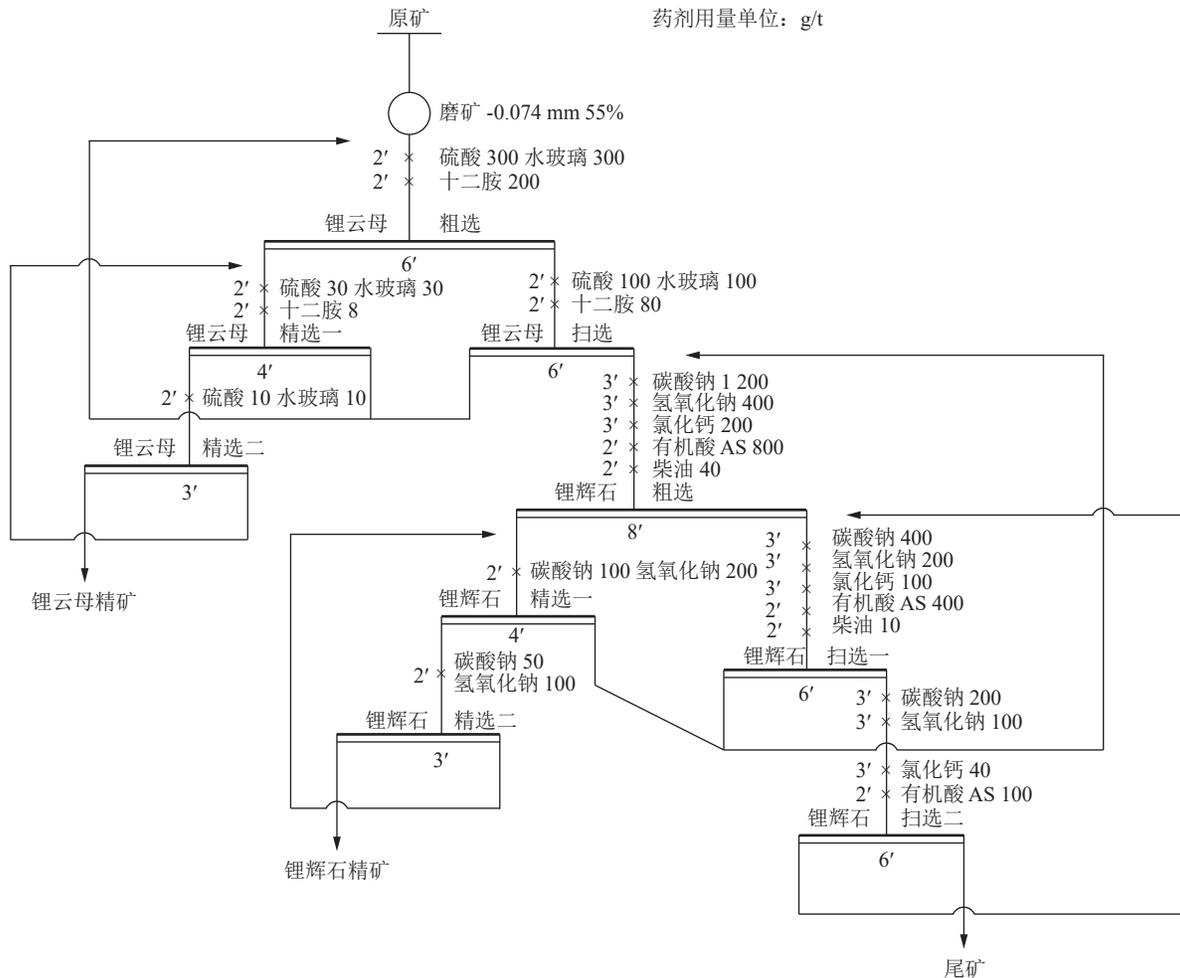


图13 闭路实验流程

Fig.13 Closed-circuit test flowsheet

表8 闭路实验结果

Table 8 Closed-circuit test results

产品名称	产率/%	Li <sub>2</sub> O品位/%	Li <sub>2</sub> O回收率/%
锂云母精矿	8.48	2.92	15.47
锂辉石精矿	17.92	6.36	71.20
锂云母+锂辉石合计	26.40	5.26	86.67
尾矿	73.60	0.29	13.33
原矿	100.00	1.60	100.00

皂石、绿泥石等；钽铌矿物以钽铌锰（铁）矿和细晶石为主，其次为钽铋矿、铋线石；其他稀有金属矿物有铯榴石、绿柱石和少量硅铍石等。脉石矿物主要为长石和石英。矿石中主要金属锂的氧化锂含量为1.60%，是本文浮选研究的回收对象。

(2) 原矿样中锂矿物种类较复杂，有72.71%的锂以锂辉石形式存在，16.89%以锂云母形式存在，2.91%的锂赋存于羟锂磷铝石、磷锰锂矿等锂的磷酸盐矿物中，还有7.48%以锂矿物包裹体分

散于石英/长石中。可回收的锂矿物主要为锂云母和锂辉石，而呈现包裹体于石英及长石中的锂矿物与锂磷铝石等磷酸盐矿物，选矿回收困难。采用优先浮选出锂云母精矿，然后浮选产出锂辉石精矿的路线较为合理。通过适配的浮选捕收剂、调整剂或者活化剂，将其调节成具有不同的浮游性能，从而通过浮选获得锂云母精矿和锂辉石精矿。

(3) 以有机酸AS为捕收剂、碳酸钠和氢氧化钠为调整剂、氯化钙为活化剂，采用锂云母优先浮选工艺流程，小型闭路实验获得分别为Li<sub>2</sub>O含量及回收率为2.92%、15.47%的锂云母精矿和6.36%、71.20%的锂辉石精矿。锂的浮选指标合计达到Li<sub>2</sub>O含量为5.26%、Li<sub>2</sub>O回收率为86.67%。

### 参考文献:

[1] 李承元, 李勤, 朱景和. 国内外锂资源概况及其选冶加工

工艺综述[J]. 世界有色金属, 2001(8):4-8.

LI C Y, LI Q, ZHU J H. Overview of lithium resources at home and abroad and its processing technology[J]. World Nonferrous Metals, 2001(8):4-8

[2] 马艳红,孙志健,万丽,等. 常见外界离子影响锂辉石捕收剂性能的研究进展[J]. 矿产综合利用, 2023(5):1-6.

MA Y H, SUN Z J, WAN L, et al. Review on the influence of common external ions on the properties of spodumene collectors[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2023(5):1-6.

[3] 唐珏,王俊,储瑶,等. 新能源发展战略下锂资源形势与对策[J]. 矿产综合利用, 2023(6):71-76.

TANG J, WANG J, CHU Y, et al. Lithium resource situation and countermeasures under new energy development strategy[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2023(6):71-76.

[4] 孙传尧,印万忠. 硅酸盐矿物浮选原理[M]. 北京:科学出版社,2001.

SUN C Y, YIN W Z. Flotation principle of silicate minerals [M]. Beijing: Science Press, 2001.

[5] 程仁举,李成秀,刘星,等. 新疆某伟晶岩型锂辉石矿浮选实验研究[J]. 矿产综合利用, 2023(4):88-94.

CHEN R J, LI C X, LIU X, et al. Flotation of a pegmatite type spodumene ore in Xinjiang[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2023(4):88-94.

[6] 李晓波,许浩,王航,等. 江西某钽铌尾矿中锂云母的浮选实验研究[J]. 矿产综合利用, 2023(5):36-40.

LI X B, XU H, WANG H, et al. Flotation research on recovery of lithionite from Ta-Nb tailing in Jiangxi[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2023(5):36-40.

[7] 吕玲芝. 某复杂难选低品位锂辉石矿综合回收工艺[J]. 有色金属工程, 2014, 4(2):54-57.

LYU L Z. Comprehensive recovery process of a complex refractory low-grade spodumene[J]. Nonferrous Metal Engineering, 2014, 4(2):54-57.

[8] 钱志博,周少珍. 某低品位锂辉石矿石浮选试验研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2019(6):62-68.

QIAN Z B, ZHOU S Z. Experimental study on flotation of a low-grade spodumene ore[J]. Nonferrous Metals(Mineral Processing Section), 2019(6):62-68.

[9] 孙志健,周少珍,钱志博. 国外某难选锂辉石矿选矿试验研究[J]. 中国矿业, 2019, 28(S1):169-171.

SUN Z J, ZHOU S Z, QIAN Z B. Experimental study on mineral processing of a refractory spodumene ore abroad[J]. China Mining Magazine, 2019, 28(S1):169-171.

[10] 余利红,高玉德,张国范,等. 非洲某锂辉石矿分选工艺[J]. 矿产综合利用, 2023(5):27-31.

YU L H, GAO Y D, ZHANG G F, et al. Separation technology of a spodumene ore in Africa[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2023(5):27-31.

## Flotation Process of Lithium from a Pegmatite-type Lithium Ore in Southern Africa

LI Litao<sup>1,2</sup>, DENG Jiushuai<sup>1,2</sup>

(1.School of Chemistry and Environmental Engineering, China University of Mining & Technology (Beijing), Beijing 100083, China; 2.Inner Mongolia Research Institute of China University of Mining & Technology (Beijing), Ordos, Inner Mongolia 017010, China)

**Abstract:** The primary lithium minerals in the ore are spodumene, lithium-bearing muscovite, and lepidolite, with small quantities of montebasite, elbaite, and lithiophyllite. The gangue minerals primarily consist of feldspar and quartz. The  $\text{Li}_2\text{O}$  in the raw ore is 1.60%, 72.71% of the lithium is present in the form of spodumene, 16.90% in the form of lepidolite, 2.91% in the form of lithium phosphate minerals such as montebasite and lepidolite, and 7.48% as lithium mineral inclusions within quartz and feldspar. The recyclable lithium minerals primarily include lepidolite and spodumene. The floatability of lepidolite and spodumene is quite similar, and their floatability can be adjusted through the use of appropriate flotation collectors, regulators, and activators, allowing for the flotation of both lepidolite and spodumene concentrates. Using organic acid AS as the collector, sodium carbonate and sodium hydroxide as regulators, and calcium chloride as the activator, lepidolite concentrate with a  $\text{Li}_2\text{O}$  grade of 2.92% and a recovery of 15.47%, as well as spodumene concentrate with a  $\text{Li}_2\text{O}$  grade of 6.36% and a recovery of 71.20%, were obtained through a small-scale closed-circuit test. The total  $\text{Li}_2\text{O}$  recovery was 86.67%, with a corresponding  $\text{Li}_2\text{O}$  grade of 5.26%.

**Keywords:** pegmatite; spodumene; lepidolite; flotation