

江西某高泥型锂云母矿浮选分选技术研究

Research on the Flotation Separation Technology of a High-Mud Lithium Mica Ore in Jiangxi

王鑫, 刘志国, 康金星, 王亚运, 刘文莉, 姜志学

(中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038)

摘要:为解决高泥型锂云母回收率低的问题,采用“旋流器脱泥-浮选”工艺,开展了选矿试验研究。试验结果表明,在矿浆浓度为30%,粗选六偏磷酸钠用量为 $350\text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$,捕收剂EF1128用量为 $400\text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$ 条件下,采用一次粗选、两次精选、两次扫选,中矿顺序返回的选矿流程,可获得 Li_2O 品位为1.65%,浮选回收率为86.13%的锂云母精矿。

关键词:锂云母;高泥;浮选工艺;回收

中图分类号:TD971

文献标志码:A

文章编号:1672-609X(2025)03-0091-05

Abstract: A lithium mica mine in Jiangxi Province, where the ore is characterized by high clay content. During the mineral processing, the primary/secondary sliming of ore affects the flotation conditions of lithium mica, leading to a deterioration of flotation conditions, resulting in a loss of lithium mica recovery rate and poor concentrate grade. To address the issue of low recovery rate of high-clay lithium mica, a mineral processing experimental study was conducted using the “cyclone desliming-flotation” process. The experimental results show that under the conditions of a slurry concentration of 30%, the sodium hexametaphosphate dosage of $350\text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$, and the collector EF1128 dosage of $400\text{ g}\cdot\text{t}^{-1}$ under the roughing processing, the lithium mica concentrate concentrate was obtained with Li_2O grade and operating recovery of 1.65% and 86.13%, respectively, by using of one roughing, two cleaning, two scavenging, and middles back to the flowsheet in turn.

Key words: lithium Mica Ore; High-Mud; flotation process; recovery

1 前言

我国锂资源储量丰富,主要包括锂辉石、锂云母及盐湖卤水等^[1-2]。锂云母是我国储量较大的含锂矿物,是提取锂金属最重要的资源之一,其化学式可以表述为 $\text{K}\{\text{Li}_{2-x}\text{Al}_{1+x}[\text{Al}_{2x}\text{Si}_{4-2x}\text{O}_{10}](\text{OH},\text{F})_2\}$ ($x=0-0.5$)^[3]。锂云母普遍赋存与伟晶岩矿床,受风化、蚀变等作用影响,原生矿呈现出粉矿、泥矿等细粒变质特征,且磨矿后产出大量微细粒矿物。由于微细粒矿物质量小、粒度细、表面亲水性强,导致浮选捕收剂不能有效作用于锂云母表面,从而影响浮选有效回收有用矿物。现有锂云母浮选捕收剂,如脂肪酸类或胺类捕收剂,其捕收性能受细泥的影响较大,增加了锂云母浮选难度,使锂云母的回收率在含泥浮选时降低^[4-6]。

现阶段,脱泥-浮选工艺是解决细泥负影响最简单的方法。如,周贺鹏采用粗磨-筛分脱泥-浮选工

艺解决江西某低品位钠长花岗岩锂云母矿中细泥的影响,在 $-74\text{ }\mu\text{m}$ 含量为40%的粗磨细度下,采用筛分法脱除细粒矿泥,在原矿含 Li_2O 为0.31%时,可获得 Li_2O 品位为1.73%,回收率为75.87%的锂云母精矿^[7]。张骞对江特矿业公司生产用锂云母矿同样采用脱泥-浮选工艺,通过实验室试验和现场工业应用试验,均可获得较好的浮选指标^[8]。

通过对江西某锂云母矿选矿工艺及指标进行现场调研,发现在锂云母选矿生产过程中,由于锂云母矿石性质的波动,导致进入浮选作业的矿石含泥量出现波动,没有达到最佳浮选条件,从而使锂云母浮选指标不佳,进而影响选厂的经济效益。因此,开发适用于高泥型锂云母矿耐泥耐低温浮选选矿工艺及药剂,实现锂云母高效回收具有重要的意义及经济价值。

目前,该锂云母矿采用的浮选工艺为“水力旋流器脱泥-浮选”。水力旋流器脱泥量为15%左右。由于细泥对锂云母的浮选指标影响较大,单独浮选回收细泥中锂云母难度较高。因此,该部分含锂云母的细泥直接排入尾矿库,使得该部分细粒锂云母金属直接损失,从而造成经济效益降低。

[作者简介] 王鑫(1988—),男,山西运城人,高级工程师,博士,主要从事资源综合利用。

[引用格式] 王鑫,刘志国,康金星,等.江西某高泥型锂云母矿浮选分选技术研究[J].中国矿山工程,2025,54(3):91-95.

浮选体系中含泥对锂云母金属量的总回收率有重要影响。本论文重点研究考察了“旋流器脱泥-浮选”工艺对浮选指标的影响,即试验研究考察细泥脱除量为15%时,锂云母的回收效果。通过本研究,可以为高泥型锂云母矿资源利用提供重要技术支持。

2 试验部分

2.1 试验矿样

本研究所用试验矿样取自江西某锂云母矿球磨机磨矿合格产品,其产品粒度为 $-74\ \mu\text{m}$ 约占50%左右。首先经过过滤脱水,然后自然风干,风干后的试验矿样经碾碎除去结块。采用移锥法将试验矿样混匀3次,再用割环法将其均匀缩分,并装袋备用。

表1 试样主要化学成分分析结果

元素	Li ₂ O	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Rb ₂ O	P ₂ O ₅	Cs ₂ O	Nb ₂ O ₅
含量/%	0.33	4.61	3.79	0.56	0.04	2.42	70.67	16.93	0.13	0.51	0.004	0.006

表2 试样中主要矿物的含量

矿物	长石	石英	云母	高岭石	磷灰石	其他
含量/%	43.82	39.35	14.06	1.23	0.37	1.17

2.2 试验药剂及试验设备

浮选试验所用的药剂主要为捕收剂,包括十二胺、乳化油酸、椰油胺和EF1128,工业级;浮选矿浆调整剂,包括碳酸钠和六偏磷酸钠,分析纯。实验室浮选试验所用设备包括,Sartorius CP224型电子天平,PHS-3C型pH计,XRF挂槽式浮选机,XPM型三头研磨机,XTLZ型真空过滤机,DHG电热鼓风干燥箱、海王FX150型水力分级旋流器。单元试验矿样样品重量为300g,试验过程中用水为实验室自来水,试验温度为实验室环境室温。

3 结果与讨论

3.1 脱泥产品分析

采用旋流器对取自江西某锂云母矿球磨机磨矿合格产品进行脱泥,脱泥结果见表3。对旋流器脱泥溢流进行筛分分析,试验结果见表4。

从表3数据中可以看出,经旋流器脱泥后,脱泥底流的产率为85.64%,Li₂O回收率88.63%。从表4数据中可以看出,旋流器脱泥溢流的粒度较细,74 μm 以下的产率可以达到98.78%,Li₂O回收率为97.84%;粒度在25 μm 以下的产率为94.08%,

为了研究影响该锂云母选矿回收的矿物学性质,对该矿样进行了相关矿物学性质研究。主要研究了矿样的化学成分组成,矿样的矿物组成和含量。

试验矿样的主要化学成分分析结果见表1,试验矿样的矿物组成和含量分析结果见表2。由表1可知,该试验矿样中主要回收对象Li₂O品位为0.33%。造岩矿物的组分以SiO₂为主,其含量高达70.67%。由表2的结果可知,该试验矿样中矿物种类较多,主要有用矿物为锂云母矿,其嵌布粒度较粗,且单体解离度较好;脉石矿物的组成较为复杂,主要为长石和石英,含量分别为43.82%和39.35%,其次为高岭石和磷灰石,还含有少量的黄铁矿、雌黄铁矿等,黏土矿物为蛇纹石等矿物。

表3 旋流器溢脱泥分析结果

产品名称	产率	Li ₂ O品位	Li ₂ O回收率/%
溢流	14.36	0.26	11.37
底流	85.64	0.34	88.63
原矿	100.00	0.33	100.00

表4 旋流器溢流粒度筛分分析结果

粒度/ μm	产率/%	Li ₂ O品位/%	Li ₂ O回收率/%
+74	1.22	0.46	2.16
-74~+25	4.70	0.64	11.49
-25	94.08	0.24	86.35
细泥	100.00	0.26	100.00

回收率为86.35%。细颗粒(尤其是黏土类矿物)易形成矿泥,覆盖在粗颗粒表面或气泡上,阻碍目标矿物与药剂的作用,降低分选效率。粒度越细,比表面积越大,会增加药剂的消耗,且无法形成稳定的泡沫层,导致精矿品位或者回收率降低。

3.2 捕收剂种类试验

锂云母是一种具有层状结构的硅酸盐矿物,脂肪酸类捕收剂或胺类捕收剂,是锂云母常用的捕收剂,其在浮选含泥锂云母时,泥化物质对捕收剂吸附作用于锂云母矿的矿物表面,从而影响捕收剂对有用矿物的作用^[9-10]。常用的锂云母浮选捕收剂包

括,阴离子捕收剂羧酸/羧酸盐类捕收剂,如油酸/乳化油酸、油酸钠、石油磺酸盐等;阳离子胺类捕收剂,如十二胺、椰油胺、醚胺或混合胺等^[11]。针对含泥型锂云母矿,试验过程主要考察了油酸钠、乳化油酸、十二胺以及 EF1128 四种捕收剂,研究其对锂云母浮选指标的影响。

在浮选试验条件为:锂云母的浮选矿浆浓度为 30%,调整剂六偏磷酸钠用量为 350 g/t,捕收剂用量为 400 g/t 条件下,考察捕收剂种类对锂云母浮选指标的影响,试验结果如图 1 所示。

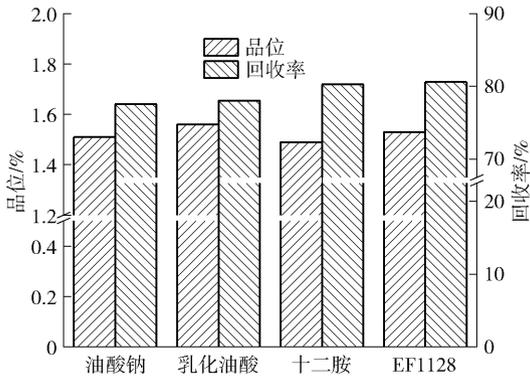


图1 捕收剂种类试验结果

由图 1 试验结果可以看出,捕收剂为油酸钠或乳化油酸时,锂云母粗精矿品位较高,但回收率较低;以十二胺为捕收剂时,锂云母粗回收率较高,但精矿品位较低。综合考虑,后续以 EF1128 为锂云母捕收剂,锂云母粗精矿品位和回收率分别为 1.53% 和 80.60%。

3.3 调整剂种类试验

碳酸钠和六偏磷酸钠是常见的浮选调整剂^[12-13]。基于锂云母与长石、石英等硅酸盐脉石矿物之间的天然可浮性差异较小,细泥对锂云母浮选富集回收影响较大,浮选时常加入六偏磷酸钠或碳酸钠,可以提高矿浆分散性,通过其以抑制长石、石英等脉石矿物^[14]。六偏磷酸钠对长石、石英等硅酸盐具有较强的选择性抑制作用,可有效实现锂云母与其他硅酸盐矿物的浮选分离。

在浮选试验条件为:锂云母的浮选矿浆浓度为 30%,调整剂用量为 350 g/t,捕收剂 EF1128 用量为 400 g/t 条件下,考察分别以碳酸钠和六偏磷酸钠作为调整剂,其对锂云母浮选指标的影响,试验结果如图 2 所示。

由图 2 试验结果可以看出,不添加调整剂时,锂云母粗精矿品位和回收率均较低;添加调整剂后,精

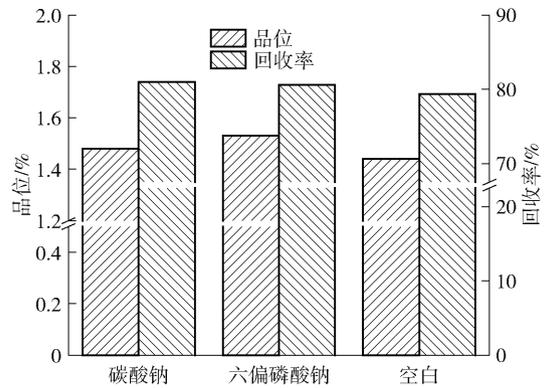


图2 调整剂种类试验结果

矿品位和回收率均有提高,且以六偏磷酸钠为调整剂时,浮选指标较好。综合考虑,后续以六偏磷酸钠为调整剂。

3.4 捕收剂用量试验

捕收剂用量适中时,能有效提高目标矿物的疏水性,增强其与气泡的附着,从而提高回收率^[15]。适量捕收剂能提升目标矿物的回收,同时减少杂质矿物的混入,有助于提高精矿品位,获得较好的经济效益^[16]。

在浮选试验条件为:锂云母的浮选矿浆浓度为 30%,调整剂六偏磷酸钠用量为 350 g/t 条件下,考察捕收剂 EF1128 用量对锂云母浮选指标的影响,试验结果如图 3 所示。

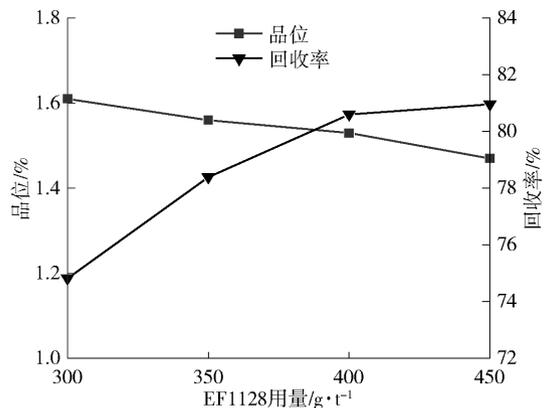


图3 EF1128 用量试验结果

由图 3 试验结果可以看出,随着捕收剂 EF1128 用量增加,锂云母粗精矿的回收率呈现快速增加,且当其的用量增加至 400 g/t 后,回收率的上升趋势变慢;粗精矿品位随捕收剂的用量增加而持续下降。综合考虑,粗选捕收剂的适宜用量为 400 g/t。

3.5 调整剂用量试验

调整剂可以改变矿物表面电性(如增加表面负

电荷),增强目标矿物与捕收剂的吸附效率^[17-18]。适量的六偏磷酸钠可以分散矿泥,防止矿物颗粒团聚,提高选择性,抑制脉石矿物,还可以通过降低矿浆黏度,减少非目标矿物在气泡上的机械夹带,提高浮选选择性^[19]。

在浮选试验条件为:锂云母的浮选矿浆浓度为30%,捕收剂EF1128用量为400 g/t条件下,考察调整剂六偏磷酸钠用量对锂云母浮选指标的影响,试验结果如图4所示。

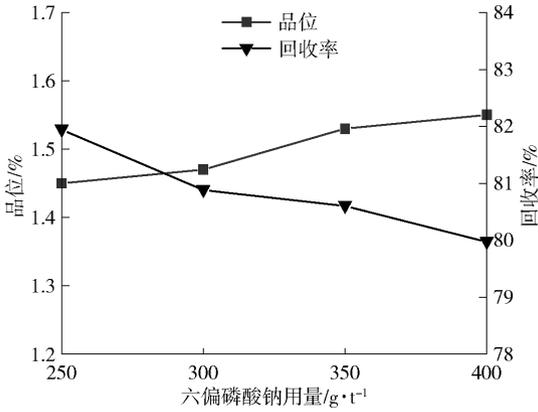


图4 六偏磷酸钠用量试验结果

由图4试验结果可以看出,当六偏磷酸钠的用量由至250 g/t增大至350 g/t,锂云母粗精矿品位迅速增加,当用量超过350 g/t后,精矿品位的上升趋势变慢;而锂云母回收率则随着六偏磷酸钠用量增加持续下降,且当用量超过350 g/t后,锂云母回收率迅速降低。综合考虑,粗选六偏磷酸钠适宜用量为350 g/t。

3.6 开路试验

以粗选条件试验结果为基础,进行了一次粗选、两次精选、两次扫选的开路试验,开路试验流程图和试验结果分别如图5所示和表5。

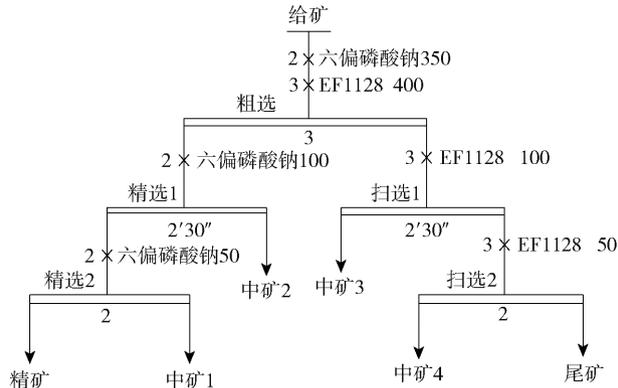


图5 开路试验流程

表5 开路试验结果

产品名称	产率/%	Li ₂ O 品位/%	Li ₂ O 回收率/%
精矿	13.60	1.68	69.92
中矿1	1.57	0.94	4.52
中矿2	4.00	0.61	7.47
中矿3	3.23	0.60	5.93
中矿4	1.09	0.42	1.40
尾矿	76.51	0.046	10.77
给矿	100.00	0.33	100.00

3.7 闭路试验

以粗选条件及开路试验结果为基础,进行了闭路试验,闭路试验流程和闭路试验结果分别如图6所示和表6。

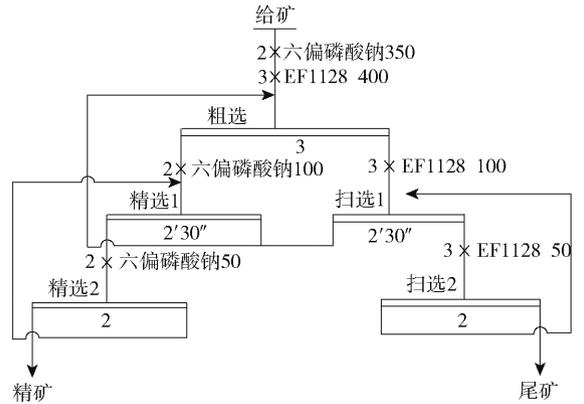


图6 闭路试验流程

表6 闭路试验结果

产品名称	产率/%	Li ₂ O 品位/%	Li ₂ O 回收率/%
精矿	17.66	1.65	86.13
尾矿	82.34	0.057	13.87
给矿	100.00	0.34	100.00

由表6结果可知,采用图6所示的闭路试验流程处理试样,可以获得浮选精矿Li₂O品位为1.65%,回收率为86.13%的精矿。

4 结论

(1) 含泥型锂云母矿, Li₂O品位为0.33%,脉石矿物组成复杂,主要有长石和石英,含量分别为43.82%和39.35%,其次为高岭石和磷灰石,少量为黄铁矿、雌黄铁矿等,还含有部分蛇纹石等黏土矿物。

(2) 旋流器脱泥溢流的粒度较细,74 μm以下的产率为可以达到98.78%, Li₂O回收率为

97.84%;粒度在25 μm以下的产率为94.08%,回收率为86.35%。

(3) 采用“旋流器脱泥-浮选”工艺,一次粗选、两次精选、两次扫选,中矿顺序返回的选矿流程,可获得Li₂O品位为1.65%,浮选回收率为86.13%的锂云母精矿。

[参考文献]

- [1] 王核,黄亮,白洪阳,等. 中国锂资源的主要类型、分布和开发利用现状:评述和展望[J]. 大地构造与成矿学, 2022, 46(5): 848-866.
- [2] 胡鑫. 十二烷基硫酸铵对锂云母矿的浮选性能与作用机理研究[D]. 赣州:江西理工大学, 2024.
- [3] 罗仙平,杨志兆,张永兵,等. 宜春锂云母矿矿物学特征与选矿原则工艺的确定[J]. 稀有金属, 2023, 47(10): 1398-1411.
- [4] 程奇,陈伟,刘广义. 锂云母浮选捕收剂和抑制剂研究进展[J]. 矿产保护与利用, 2023, 43(2): 11-19.
- [5] 李少平,张俊敏,迪里努尔·阿不都卡得,等. 锂云母浮选捕收剂研究现状及展望[J]. 矿产保护与利用, 2020, 40(6): 77-82.
- [6] Wei Q, Feng L, Dong L, et al. Selective co-adsorption mechanism of a new mixed collector on the flotation separation of lepidolite from quartz [J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2021, 612:125973.
- [7] 周贺鹏,张永兵,雷梅芬,等. 江西宜春高铁锂云母矿浮选分离试验研究[J]. 非金属矿, 2019, 42(4): 64-67.
- [8] 张骞,张博. 新型捕收剂WZ-100在锂云母浮选中的应用研究[J]. 中国金属通报, 2021(17): 177-178.
- [9] 冯金妮. 锂云母高效捕收剂的选择及机理研究[D]. 赣州:江西理工大学, 2013.
- [10] 刘文宝,甘琦强,陈猛强,等. 在锂云母浮选中新型阴阳离子组合捕收剂的泡沫性能研究[J]. 金属矿山, 2024(7): 104-111.
- [11] 刘资余. 阴阳离子捕收剂体系中锂云母、长石、石英与气泡的粘附机理[D]. 长沙:中南大学, 2023.
- [12] 陈一锋,谢添,郭伟. 江西某低品位难处理含锂陶瓷土矿锂云母选矿试验研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2024(8): 99-106.
- [13] 程仁举,李成秀,李潇雨,等. 某锂云母矿浮选试验研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2025: 1-13.
- [14] 杨思琦. 锂云母与石英浮选分离过程分子动力学模拟研究[D]. 赣州:江西理工大学, 2023.
- [15] 张慧婷. 十二胺和油酸组合捕收剂在锂...母表面吸附的分子动力学模拟[D]. 赣州:江西理工大学, 2017.
- [16] 李封元,罗惠华,彭李情,等. 磷酸酯阴离子捕收剂协同椰油二胺一步反浮选胶磷矿实验研究[J]. 生态产业科学与磷氟工程, 2024, 39(9): 22-27.
- [17] 刘淑杰,代淑娟. 调整剂添加顺序对石英、长石浮选的影响[J]. 矿产保护与利用, 2019, 39(1): 44-47.
- [18] 舒有顺,曾海鹏,黄红军. 六偏磷酸钠对钾长石和赤铁矿的分散作用机理[J]. 矿冶工程, 2023, 43(2): 61-65.

(上接第69页)

- [3] 李林,文孝廉,崔尚棋. 尾矿库内山谷型排土场扩能的探索[J]. 现代矿业, 2014, 30(10): 181-183.
- [4] 唐飞. 矿山排土场和尾矿库联合共建技术及其工程应用[J]. 有色金属(矿山部分), 2016, 68(5): 78-81.
- [5] 朱远乐,唐绍辉,苏伟. 尾矿坝-排土场联合堆排稳定性与边坡参数优化研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2019, 30(1): 70-75.
- [6] 周帅,施富强,马松,等. 三维点云基础上排土场垮塌影响范围研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2015, 11(6): 31-37.
- [7] 满海忠,任建民,崔旋,等. 非线性强度指标下排土场稳定分析研究[J]. 山西建筑, 2021, 47(8): 76-79.
- [8] 王光进,杨春和,张超,等. 超高排土场的粒径分级及其边坡稳定性分析研究[J]. 岩土力学, 2011, 32(3): 905-913+921.
- [9] 王晓民,冯有志,李全明. 停用尾矿库改建排土场的工程实践[J]. 矿业工程, 2015, 13(3): 50-52.