

引文格式:薛祥,谢洪珍,王俊娥,等. 锂云母水浸液化学沉淀法除杂工艺研究[J]. 中国有色冶金,2025,54(4):69-76.

XUE Xiang, XIE Hongzhen, WANG June, et al. Impurity removal process of lithium mica aqueous solution by chemical precipitation method[J]. China Nonferrous Metallurgy, 2025,54(4):69-76.

锂云母水浸液化学沉淀法除杂工艺研究

薛祥^{1,2,3}, 谢洪珍^{1,2,3}, 王俊娥^{1,2,3}, 王亮^{1,2,3}, 匡晨^{1,2,3}

(1. 低品位难处理黄金资源综合利用国家重点实验室, 福建 龙岩 364200;

2. 厦门紫金矿冶技术有限公司, 福建 厦门 361101;

3. 紫金矿业集团股份有限公司, 福建 龙岩 364200)

[摘要] 硫酸盐焙烧-水浸法处理锂云母精矿后,水浸液中含有大量钙、镁、钾、钠等杂质元素。本文以湖南某锂云母冶炼企业的水浸液为研究对象,采用化学沉淀法进行除杂试验,考察了碳酸钠直接除杂、使用氧化钙或氢氧化钠调节 pH 后添加碳酸钠两种方式,并进一步探究了氧化钙用量、碳酸钠用量、反应时间、反应温度及除杂试剂添加方式对除杂效果的影响,得到以下主要结论。采用碳酸钠直接去除杂质时,在碳酸钠理论用量倍数为 2 的条件下,钙离子含量脱除至 21.4 mg/L,镁离子含量脱除至 43.3 mg/L,锂损失率为 6.6%;采用调节 pH 后添加碳酸钠去除杂质时,首先调节浸出液 pH 值至 11.63,常温下连续搅拌 1 h 后液固分离,然后向调节 pH 后液添加理论量 1.5 倍 20% 碳酸钠溶液,90 °C 下搅拌 1 h 后,液固分离,钙离子脱除至 12.8 mg/L,镁离子浓度降低至 0.1 mg/L 以下,锂损失率为 2.1%。本文提出的分步过滤、调 pH 后再用碳酸钠除杂的方式处理锂云母水浸液,具有杂质去除效果好、锂损失率低且成本低的优势,为同类企业提锂工艺优化提供了参考和借鉴。

[关键词] 锂云母; 水浸液; 去除杂质; 化学沉淀; 钙离子; 镁离子; 锂损失率; 分步过滤

[中图分类号] TF826⁺.3; TF803.2⁺5 [文献标志码] A [文章编号] 1672-6103(2025)04-0069-08

DOI:10.19612/j.cnki.cn11-5066/tf.2025.04.007

0 引言

锂及其化合物凭借独特优势,成为 21 世纪能源与轻质合金领域的理想原材料,在宇航、冶金、轻工、石油化工、电子、橡胶、玻璃、陶瓷、医疗等诸多高科技及传统工业领域均有广泛应用,被誉为“能源金属”和“推动世界前进的重要元素”。碳酸锂作为锂的主要无机化合物之一,是制备各类锂化合物的关键原料^[1-3]。近年来,新能源电车及锂电产业蓬勃发展,锂的需求量呈爆发性增长,据预测,2025 年全球碳酸锂需求量将达 80 万~110 万 t^[4-5]。我国虽为全球最大的锂盐生产国,但锂原料高度依赖进口。在锂原料加工方面,进口锂辉石加工占比 60%,进

口高浓卤水加工占比 15%,国内矿石提锂占比 17%,国内卤水提锂仅占 8%,其余部分来自含锂材料回收^[6-8]。

盐湖卤水因锂含量低、成分复杂、提取工艺繁琐、经济效益不佳等原因,开发利用难度较大。多数锂辉石矿区仅完成勘探工作,构建本地采选冶流程产业尚需较长时间。目前,我国锂自给资源主要来自锂云母。江西、湖南等地已形成从钽铌尾矿提取锂到锂云母提锂的完整产业链,为我国锂资源供给提供了重要支撑^[9-12]。然而,锂云母成分复杂,选冶难度大,其精矿中锂含量通常低于 2%。目前多采用硫酸盐焙烧-水浸法处理锂云母精矿,但水浸液中仍含有大量钙、镁、钾、钠等杂质元素。化学沉淀法和树脂吸附法常用于脱除钙镁等杂质,其中化学沉淀法工艺简单且成本较低,被锂云母冶炼企业广泛采用,但该方法存在药剂用量不足杂质元素脱除不彻底、用量过大则锂损失较大的问题,因此,导

[收稿日期] 2024-11-29

[第一作者] 薛祥(1996—),男,硕士,工程师,主要从事冶金资源综合利用及稀贵金属分离应用方面的研究工作。

致产品碳酸锂品质不够稳定, 锂回收率也较低^[13-16]。

本文以湖南某锂云母冶炼企业的水浸液为研究对象, 采用化学沉淀法去除溶液中的钙、镁等杂质。研究对比了两种处理方式: 一是直接使用碳酸钠除去钙、镁杂质; 二是先调节溶液 pH 值, 再使用碳酸钠除去钙、镁杂质。在研究过程中, 系统考察了不同处理方式及相关工艺参数对杂质脱除效果和锂损失率的影响, 并对工艺参数进行了优化。本研究成果

可为同类企业提锂工艺提供有益的参考和借鉴。

1 试验

1.1 原料、试剂及仪器

1) 原料。试验所用的锂云母水浸液来自于湖南某锂云母冶炼企业, 为锂云母硫酸盐焙烧-水浸工艺所得溶液。该溶液主要阳离子组分为金属离子, 成分分析见表 1; 阴离子主要组分为 SO_4^{2-} , 溶液 pH 值为 9.18。

表 1 锂云母水浸液组分

Table 1 Components of lithium mica aqueous extract

元素	Li	Ca	Mg	K	Na	Rb	Cs
含量	10 500	650	100	14 680	31 500	1 110	138.0

2) 试剂。试验所用到的试剂包括: 氢氧化钠(纯度 $\geq 98\%$)、氧化钙(纯度 $\geq 98\%$)、碳酸钠(纯度 $\geq 99\%$), 均购置于西陇科学股份有限公司。

3) 仪器。试验用到的主要设备有: 搅拌器、水浴锅、抽滤瓶、烘箱、电感耦合等离子发射光谱仪、原子吸收光谱仪等, 相关型号等信息见表 2。

表 2 设备信息

Table 2 Equipment Information

设备	型号	厂商
电热恒温水浴锅	HH-M2	江苏新春兰科学仪器有限公司
高压釜	GSHA-2	威海鑫泰化工机械有限公司
精密搅拌设备	JJ-1	国华(常州)仪器制造有限公司
抽滤机	SHZ-D(III)	巩义市予华仪器有限责任公司
干燥箱	DHG-90970Y	上海精宏实验设备有限公司
天平	YP6001	上海精其仪器有限公司
电感耦合等离子发射光谱仪	SPRECTRO GREEN SOP	德国斯派克分析仪器公司
原子吸收光谱仪	PE-900F	珀金埃尔默仪器有限公司

1.2 试验原理及方法

25 °C 时, 碳酸锂在水中溶解度为 25 g/100 g 水, 而碳酸钙与碳酸镁溶解度分别为 0.001 4 g/100 g 及 0.025 g/100 g, 利用其溶解度差异可达到选择性沉淀钙镁等杂质的目的, 其化学反应见式(1) - (3)。



同时由文献调研可知: 碳酸镁和氢氧化镁的 K_{sp} 值分别为 3.5×10^{-3} 和 1.9×10^{-13} , 氢氧化镁溶解度远低于碳酸镁溶解度, 因此可通过调节溶液 pH 值, 使溶液中游离镁离子与氢氧根反应生成氢氧化

镁沉淀。另外, 溶液中碳酸根浓度不仅与碳酸钠用量有关, 同时与溶液 pH 值紧密相关, 不同 pH 下二氧化碳、碳酸氢根与碳酸根分布见图 1。由图 1 可知, 当 pH 值由 8.5 逐渐升高时, 溶液中碳酸氢根含量逐渐降低, 碳酸根含量开始上升, 即在 pH 值大于 12 时, 溶液中碳酸化合物几乎全部以碳酸根形式存在^[17]。因此, 在锂云母水浸液使用碳酸钠脱除钙镁前, 添加不引入其他杂质离子试剂如氧化钙、氢氧化钠等提高溶液 pH 值, 可以提高溶液中碳酸根浓度, 从而提高碳酸钠利用率及钙镁沉淀率。

本试验主要考察溶液初始 pH 值、调节 pH 试剂种类、碳酸钠用量、反应温度、反应时间对于钙镁沉

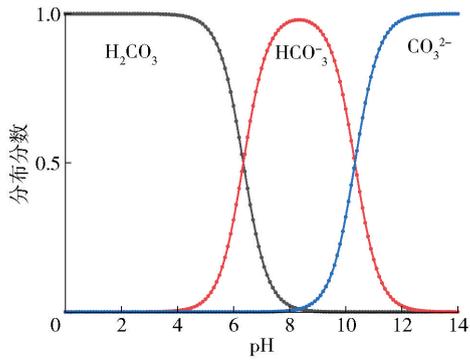


图1 不同 pH 下二氧化碳、碳酸氢根与碳酸根分布图

Fig. 1 Distribution map of carbon dioxide, bicarbonate and carbonate at different pH levels

淀率及锂损失率的影响。

1.3 分析及计算方法

1.3.1 分析方法

固定浸出液体积 500 mL, 加入试剂 (30% 氧化钙或 100 g/L 氢氧化钠) 调节 pH 至目标值后, 保温一段时间, 固液分离; 向滤液中逐渐加入 20% 碳酸钠溶液, 保温一段时间, 液固分离, 检测除杂后液中元素含量。锂离子含量检测采用火焰原子吸收分光光度计 (DZ/T 0064. 30—2021), 钙镁离子含量检测采用 ICP-AES 法 (Q/ZJCS3. 11. 36)。

1.3.2 钙、镁脱除率及锂损失率计算方法

溶液中钙、镁脱除率及锂损失率通过公式 (4) 计算。

$$n = \frac{V_0 \times C_0 - V_1 \times C_1}{V_0 \times C_0} \times 100\% \quad (4)$$

式中: n 为反应结束时的去除率或损失率, %; V_0 为初始溶液体积, L; C_0 为初始溶液中锂、钙、镁含量, $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$; V_1 为反应结束溶液体积, L; C_1 为反应结束时溶液中锂、钙、镁含量, $\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

2 结果与讨论

2.1 碳酸钠直接脱除钙镁试验

2.1.1 温度对碳酸钠直接脱除钙镁的影响

固定试验条件: 锂云母水浸液体积 500 mL, 初始 pH 值 9.18, 碳酸钠用量为脱除溶液中钙、镁离子理论量的 1.5 倍, 反应时间 1 h; 考察反应温度 (25 °C、50 °C、80 °C 及 90 °C) 对钙、镁脱除效果及锂损失率的影响, 结果如图 2 所示。

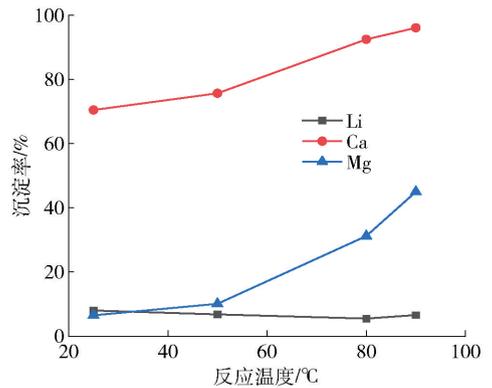


图2 不同温度对于钙、镁脱除效果的影响
Fig. 2 The impact of varying temperatures on the removal efficiency of calcium and magnesium

由图 2 可知, 反应温度由 25 °C 增至 90 °C 时, 钙沉淀率由 70.5% 增至 96.1%; 镁沉淀率由 6.5% 增至 45.0%; 锂离子损失率由 8.0% 降至 6.6%。该结果说明温度升高有利于浸出液中钙、镁离子与碳酸根离子的结合沉淀, 进而可有效脱除钙镁离子; 同时, 因更多的碳酸根与钙、镁相结合, 减少了碳酸锂的生成, 使得锂损失有所降低。但试验后溶液中的钙、镁含量仍较高, 达不到工业要求。

2.1.2 碳酸钠用量对直接脱除钙镁的影响

固定试验条件: 锂云母水浸液体积 500 mL, 初始 pH 值 9.18, 反应温度 90 °C, 反应时间 1 h; 考察碳酸钠用量 (分别为脱除溶液中钙、镁离子理论量的 1.2、1.5、1.8 和 2.0 倍时) 对钙、镁脱除效果及锂损失率的影响, 结果如图 3 所示。

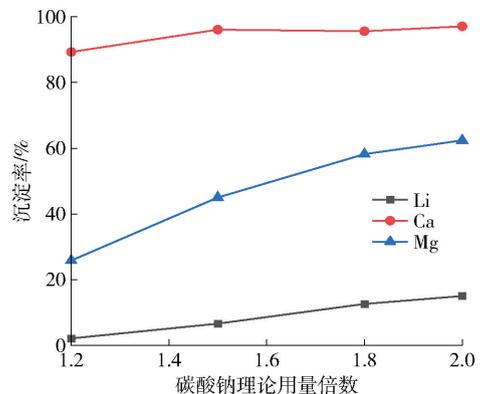


图3 不同碳酸钠用量对于钙、镁脱除效果的影响
Fig. 3 The impact of varying amounts of sodium carbonate on the removal efficiency of calcium and magnesium

由图3可知,当碳酸钠理论用量倍数由1.2增至2时,钙离子脱除率由89.3%增至97.1%,镁离子脱除率由25.8%增至62.4%。这说明碳酸钠用量的增加有利于钙镁离子与碳酸根离子的结合沉淀,但镁离子脱除效果较差,其原因在于此pH值下,碳酸根化合物多数以碳酸氢根形式存在,碳酸根含量较少。同时,碳酸钠用量的增加使锂沉淀率增加,增加了锂损失率,综合考虑锂损失及杂质脱除效果,直接采用碳酸钠除钙镁,效果较差,因此后续探究不同试剂调节浸出原液pH值对钙、镁等杂质离子脱除效果及锂损失率的影响。

2.2 调节pH-碳酸钠脱除钙镁试验

2.2.1 氧化钙与氢氧化钠调节pH对于钙镁脱除效果的影响

2.2.1.1 理论pH值试验

分别使用氧化钙和氢氧化钠将浸出液pH值调至11.0,过滤后,在滤液中加入一定量碳酸钠溶液进行除杂。不同pH调节剂对浸出原液中锂、钙、镁沉淀效果及锂损失率的影响结果见表3;在碳酸钠

表3 CaO、NaOH调节pH试验结果

Table 3 Results of pH adjustment test using CaO and NaOH

pH 调节剂	溶液成分/(mg·L ⁻¹)			沉淀率/%		
	Li	Ca	Mg	Li	Ca	Mg
CaO	9 110.0	740.0	19.4	13.2	-13.9	80.6
NaOH	9 900.0	500.0	13.6	5.7	23.1	86.4

表5 CaO、NaOH调节pH试验结果

Table 5 Results of pH adjustment test using CaO and NaOH

浸出液 pH 值	pH 调节剂	溶液成分/(mg·L ⁻¹)			沉淀率/%		
		Li	Ca	Mg	Li	Ca	Mg
11.63	CaO	9 996.0	740.0	18.5	4.8	-13.6	81.5
11.63	NaOH	9 786.0	530.0	19.2	6.8	18.5	89.8

表6 不同温度下CaO、NaOH调节pH浸出液除杂试验结果

Table 6 Results of Impurity Removal Experiment Using CaO and NaOH to Adjust pH in Leaching Solutions at Different Temperatures

pH 调节剂	温度	除杂后液 pH 值	溶液成分/(mg·L ⁻¹)			沉淀率/%		
			Li	Ca	Mg	Li	Ca	Mg
CaO	常温	11.67	9 786.1	44.2	0.1	2.1	94.0	99.8
NaOH	常温	11.73	9 696.1	88.0	0.1	3.0	83.4	99.5
CaO	90℃	11.62	10 210.1	10.1	<0.1	6.1	98.8	100.0
NaOH	90℃	11.65	9 859.7	5.8	<0.1	6.3	99.0	100.0

用量为脱除调节pH后液中钙镁理论用量1.5倍、常温搅拌1h的条件下,不同pH调节剂对钙、镁脱除效果及锂损失率的影响结果见表4。

表4 CaO、NaOH调节pH浸出液除杂试验结果

Table 4 Results of impurity removal experiment from leaching solution with pH adjusted by CaO and NaOH

pH 调节剂	除杂后液 pH 值	溶液成分/(mg·L ⁻¹)			沉淀率/%		
		Li	Ca	Mg	Li	Ca	Mg
CaO	10.93	8 795.0	75.8	11.9	3.5	89.8	38.6
NaOH	10.90	9 822.3	157.6	13.4	0.8	68.5	1.3

由表3、4可知,使用氢氧化钠调节浸出原液pH值,脱除钙、镁离子效果较差,钙离子脱除至157.6 mg/L,镁离子脱除至13.4 mg/L;同样条件下,使用氧化钙调节浸出原液pH值,除杂后液中钙离子脱除至75.8 mg/L,镁离子脱除至11.9 mg/L。上述数据表明,在除杂阶段,氧化钙作为pH调节剂对钙镁离子的脱除效果要优于氢氧化钠。

2.2.1.2 实际生产pH值试验

实际生产过程中,为确保溶液中碳酸化合物以CO₃²⁻离子形式存在,考虑将溶液pH值调至11.63,再次进行不同pH调节试剂的除杂试验。固定试验条件:碳酸钠添加量为脱除调节pH后液中钙镁理论用量的1.5倍、常温搅拌1h,考察不同调节pH试剂和温度对浸出液钙镁脱除效果及锂损失率的影响,结果见表5、6。

表6数据表明,当碳酸钠用量固定时,氧化钙调节pH后液的除杂效果较采用氢氧化钠效果更佳,但锂沉淀率有一定程度增加。升高温度,对于添加碳酸钠溶液除杂有一定的促进作用。此外,在对比氢氧化钠及氧化钙调节pH值的试验操作过程中发现,相较于氧化钙调节pH后溶液,使用氢氧化钠调节pH值后溶液中锂离子浓度降低并且较难过滤,这可能是由于反应过程中生成较多的氢氧化镁胶体,夹带部分锂。

2.2.2 氧化钙调节pH后碳酸钠用量对于钙镁脱除效果的影响

2.2.2.1 常温下碳酸钠除杂试验

使用氧化钙调节浸出原液pH值至11.63,经过滤后,在反应温度为25℃,反应时间为1h的条件下,考察碳酸钠用量(为理论量的1.5、1.65、1.80、1.95与2.1倍)对钙、镁脱除效果,结果如图4所示。

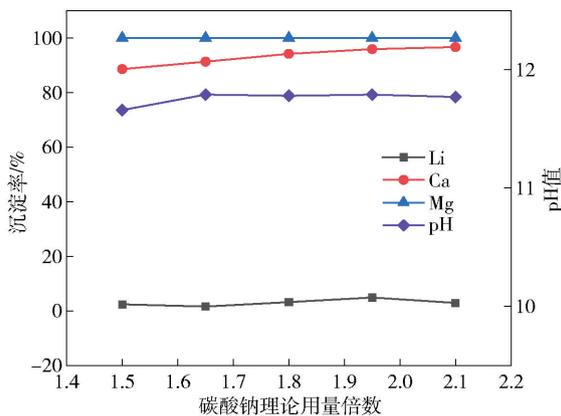


图4 25℃时不同碳酸钠用量除杂结果

Fig.4 Results of impurity removal with different amounts of sodium carbonate at 25 °C

由图4可知,当碳酸钠用量为理论用量倍数由1.5增至2.1时,钙离子沉淀率由88.6%增至96.7%,镁离子均未检测出,且该条件下可控制锂损失为5.0%以下。

2.2.2.2 90℃条件下碳酸钠除杂试验

使用氧化钙调节浸出原液pH值至11.63,过滤后,在反应温度90℃、反应时间1h的条件下,考察不同碳酸钠用量对钙、镁脱除效果及锂损失率的影响,结果如图5所示。

图5表明,当碳酸钠理论用量倍数从1.0增至2.1时,钙离子沉淀率由96.6%增至99.6%,且碳酸钠理论用量倍数从1.2开始,溶液中游离镁离子

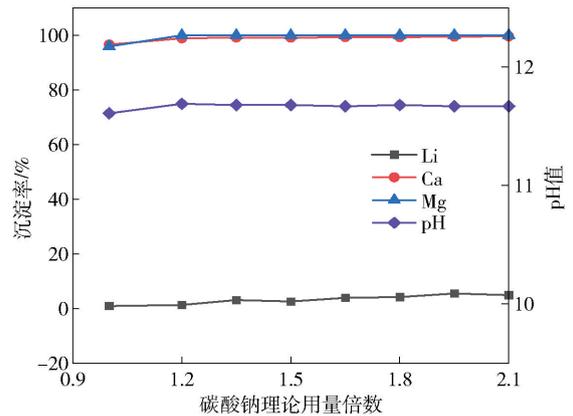


图5 90℃时不同碳酸钠用量除杂结果

Fig.5 Results of impurity removal with different amounts of sodium carbonate at 90 °C

即可完全脱除。在相同试验条件下,反应温度为90℃时,溶液中钙镁的脱除效果明显优于25℃。

2.2.3 最优工艺参数验证试验

采用不同氧化钙用量(0.06、0.50、1.00与2.74 kg/m³)调节pH的浸出液,在反应温度为90℃,碳酸钠用量为脱除溶液中钙、镁离子理论量1.5倍,反应时间为1h的条件下,考察钙、镁脱除效果及锂损失率,并与常温条件下结果进行对比,结果见表7。

由表7可知,使用氧化钙调节浸出原液pH值后,在固定碳酸钠用量为理论量1.5倍时,提高反应温度至90℃,钙镁离子脱除率也随之提高。其中,当调节浸出液pH值为11.63,碳酸钠用量为理论量1.5倍,反应温度为90℃,反应时间为1h时,钙离子浓度降至12.8 mg/L,镁离子浓度降低至检测限以下,锂损失率约为0.5%。

2.2.4 一步过滤与分步过滤碳酸钠除杂对比试验

为节约设备及工序,拟在氧化钙调节浸出液pH值后直接添加一定量碳酸钠溶液进行除杂,后经一步过滤获得除钙镁后液。将浸出液添加氧化钙调节浸出液pH值至11.63,常温条件下,连续搅拌1h后,添加理论量1.5倍20%碳酸钠溶液,常温条件下,继续搅拌1h。同时将部分调节pH后液经过滤后,添加相同用量碳酸钠溶液,继续搅拌1h对比一步除杂及分步除杂对于除杂效果的影响。结果见表8。

由表8可知,相较于分步过滤碳酸钠除杂,一步碳酸钠除杂除杂效果较差,虽然可减少操作流程及设备使用,但所得除杂渣与调节pH值后渣性质相

表 7 不同 pH 浸出液在常温和 90 °C 时除杂结果

Table 7 Impurity removal results from leaching solutions with varying pH levels at both room temperature and 90 °C

浸出液 pH 值	除杂后液 pH	温度/°C	溶液成分/(mg·L ⁻¹)			沉淀率/%		
			Li	Ca	Mg	Li	Ca	Mg
10.00	10.49	25	11 480	119.50	83.5	2.5	77.9	2.3
	10.37	90	13 310	30.80	32.06	0.6	95.0	67.2
11.00	10.93	25	9 700	75.76	11.92	3.5	89.8	38.6
	11.08	90	12 880	27.06	3.84	1.0	96.8	82.4
11.63	11.66	25	10 570	71.31	<0.01	2.4	88.6	100.0
	11.68	90	13 250	12.80	<0.01	0.5	98.2	100.0
12.00	12.21	25	10 800	47.20	<0.01	6.3	91.9	100.0
	12.29	90	13 150	27.94	<0.01	0.1	95.8	100.0

表 8 一步过滤与分步过滤除杂结果

Table 8 Results of impurity removal through one-step and multi-step filtration processes

过滤方式	温度	除杂后液 pH	溶液成分/(mg·L ⁻¹)			沉淀率/%		
			Li	Ca	Mg	Li	Ca	Mg
一步	常温	11.68	9 303.1	130.0	<0.1	5.5	78.3	100.0
分步	常温	11.72	9 584.2	71.3	<0.1	2.4	88.1	100.0
一步	90 °C	11.92	10 255.2	58.5	<0.1	7.7	91.4	100.0
分步	90 °C	11.99	13 250.0	12.8	<0.1	2.1	98.1	100.0

近,除杂渣量更多,较难过滤。因此,仍建议采用分步过滤、调 pH 后碳酸钠除杂的方式。

3 结论

本文开展了某锂云母冶炼企业水浸液除杂试验。考察了碳酸钠直接除杂、使用氧化钙或氢氧化钠调节 pH 后添加碳酸钠两种方式,并探究了氧化钙用量、碳酸钠用量、反应时间、反应温度及除杂试剂添加方式对除杂效果的影响,得到以下主要结论。

1) 在锂云母水浸液中直接添加碳酸钠脱除溶液杂质时,因溶液 pH 值较低,碳酸钠用量为理论用量 2 倍时,钙离子含量脱除至 21.4 mg/L,镁离子含量脱除至 43.3 mg/L,但锂损失率为 6.6%。

2) 在添加氧化钙调节浸出液 pH 值至 11.63,常温条件下,连续搅拌 1 h 后,经液固分离,调节 pH 后液添加理论量 1.5 倍 20% 碳酸钠溶液,90 °C 搅拌 1 h 后,液固分离,获得除杂后液,其中钙离子脱除至 12.8 mg/L,镁离子浓度降低至 0.1 mg/L 以下,锂损失率为 2.1%。

3) 分步过滤碳酸钠除杂效果好。一步碳酸钠除杂虽然可减少操作流程及设备使用,但所得除杂渣与调节 pH 值后渣性质相近,除杂渣量更多,较难过滤,除杂效果较差,建议采用分步过滤、调 pH 后碳酸钠除杂的方式处理锂云母水浸液。

[参考文献]

- [1] 王浩,黄根红,陈瑞英,等. 全球锂资源供需展望及锂产品价格预测[J]. 中国有色冶金,2022,51(6):1-11.
WANG Hao, HUANG Genhong, CHEN Ruiying, et al. Supply and demand outlook of lithium resources and price forecast of lithium products[J]. China Nonferrous Metallurgy, 2022, 51(6): 1-11.
- [2] 韩佳欢,包贞,方朝合,等. 中国锂资源供需现状分析[J]. 无机盐工业,2021,53(12):61-66.
HAN Jiahuan, NIE Zhen, FANG Chaohe, et al. Analysis of existing circumstance of supply and demand on China's lithium resources[J]. Inorganic Chemicals Industry, 2021, 53(12): 61-66.
- [3] 徐正震,梁精龙,李慧,等. 含锂资源中锂的提取研究现状及展望[J]. 矿产综合利用,2021(5):32-37.
XU Zhengzhen, LIANG Jinglong, LI Hui, et al. Research Status and Prospects of Lithium Extraction from Lithium Containing

- Resources[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2021 (5): 32–37.
- [4] 王世进, 崩乐伊, 赵丽君. 激励政策对我国新能源汽车推广应用的影响[J]. *技术经济*, 2024, 43(4): 64–74.
WANG Shijin, KUAI Leyi, ZHAO Lijun. Impact of Incentive Policies on the Promotion of New Energy Vehicles in China[J]. *Journal of Technology Economics*, 2024, 43(4): 64–74.
- [5] 白雪洁, 朱泽原. 中国新能源汽车产业的创新发展模式与未来方向[J]. *China Economist*, 2024, 19(6): 31–57.
BAI Xuejie, ZHU Zeyuan. Driving Innovation: China's NEV Development Model and Future Outlook[J]. *China Economist*, 2024, 19(6): 31–57.
- [6] 杨游胜, 姚智豪, 赵志星, 等. 富锂硫酸盐型盐湖卤水蒸发实验研究进展[J]. *无机盐工业*, 2024, 56(4): 1–7.
YANG Yousheng, YAO Zhihao, ZHAO Zhixing, et al. Research progress of lithium-rich sulfate type salt lake brine evaporation experiment[J]. *Inorganic Chemicals Industry*, 2024, 56(4): 1–7.
- [7] 陈海霞, 严红, 孙云龙, 等. 锂资源提取技术研究进展[J]. *无机盐工业*, 2024, 56(1): 9–22.
CHEN Haixia, YAN Hong, SUN Yunlong, et al. Research progress of lithium resource extraction technology[J]. *Inorganic Chemicals Industry*, 2024, 56(1): 9–22.
- [8] 蔡艳龙, 李建武. 全球锂资源开发利用形势分析及启示[J]. *地球学报*, 2017, 38(1): 25–29.
CAI Yanlong, LI Jianwu. The Analysis and Enlightenment of Exploitation Situation of Global Lithium Resources[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2017, 38(1): 25–29.
- [9] 苏慧, 朱兆武, 王丽娜, 等. 矿石资源中锂的提取与回收研究进展[J]. *化工学报*, 2019, 70(1): 10–23.
SU Hui, ZHU Zhaowu, WANG Lina, et al. Research progress in extraction and recovery of lithium from hard-rock ores[J]. *CIESC Journal*, 2019, 70(1): 10–23.
- [10] 余疆江, 郑绵平, 伍倩. 富锂盐湖提锂工艺研究进展[J]. *化工进展*, 2013, 32(1): 13–21.
YU Jiangjiang, ZHENG Mianping, WU Qian. Research progress of lithium extraction process in lithium-containing salt lake[J]. *Chemical Industry and Engineering Progress*, 2013, 32(1): 13–21.
- [11] 杨佩东, 董树豪, 郭慧, 等. 锂云母提锂工艺及脱氟技术研究进展[J]. *矿产保护与利用*, 2022, 42(3): 15–23.
YANG Peidong, DONG Shuhao, GUO Hui, et al. A Review of Lithium Extraction from Lepidolite and Current Research Development of Fluorine Removal[J]. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*, 2022, 42(3): 15–23.
- [12] 戴江洪, 王宏岩, 李平. 高纯碳酸锂制备研究进展[J]. *中国有色冶金*, 2020, 49(1): 49–53.
DAI Jianghong, WANG Hongyan, LI Ping. Research development of preparation of high purity lithium carbonate[J]. *China Nonferrous Metallurgy*, 2020, 49(1): 49–53.
- [13] 余裕森, 崔立雪, 王云帆, 等. 锂云母提锂技术的研究进展[J]. *中国有色金属学报*, 2023, 33(6): 1972–1993.
YU Yusen, CUI Lixue, WANG Yunfan, et al. Research progress of lithium extraction technology from lepidolite[J]. *The Chinese Journal of Nonferrous Metals*, 2023, 33(6): 1972–1993.
- [14] 简鹏, 周义朋, 柯平超, 等. 氯化焙烧-水浸法从富锂云母矿中提取Li, Rb[J]. *中国有色冶金*, 2024, 53(2): 69–78.
JIAN Peng, ZHOU Yipeng, KE Pingchao, et al. Extraction of lithium and rubidium from rubidium-rich lithium mica ore by chlorination roasting-water leaching process[J]. *The Chinese Journal of Nonferrous Metals*, 2024, 53(2): 69–78.
- [15] 匡晨. 铁锂云母精矿浸出液萃取法提锂研究[J]. *有色金属(冶炼部分)*, 2024(8): 48–53.
KUANG Chen. Study on Lithium Extraction from Leaching Solution of Zinnwaldite[J]. *Nonferrous Metals (Extractive Metallurgy)*, 2024(8): 48–53.
- [16] 上官琦佩. 海水pH与碳酸根离子自动分析仪器的研制与应用[D]. 厦门: 厦门大学, 2018.
SHANGGUAN Piqi. Automated determinations of pH and carbonate ion concentrations in seawater[D]. XIAMEN: Xiamen University, 2018.

Impurity removal process of lithium mica aqueous solution by chemical precipitation method

XUE Xiang^{1,2,3}, XIE Hongzhen^{1,2,3}, WANG Jun^{1,2,3}, WANG Liang^{1,2,3}, KUANG Chen^{1,2,3}

(1. State Key Laboratory of Comprehensive Utilization of Low-Grade Refractory Gold Ores, Longyan 364200, China;

2. Xiamen Zijin Mining and Metallurgy Technology Co., Ltd., Xiamen 361101, China;

3. Zijin Mining Group Company Limited, Longyan 364200, China)

Abstract: After the treatment of lepidolite concentrate by sulfate roasting-water leaching method, the water leaching solution contains a large amount of impurity elements such as calcium, magnesium, potassium and sodium. This study focuses on the leachate from a lithium mica smelting enterprise in Hunan Province, employing a chemical precipitation method for impurity removal. It examines two approaches: directly removing impurities with sodium carbonate and adding sodium carbonate after adjusting the pH with calcium oxide or sodium hydroxide. The effects of calcium oxide dosage, sodium carbonate dosage, reaction time, reaction temperature, and the method of adding removal agents on the impurity removal efficiency were investigated, leading to the following main conclusions.

When impurities were removed directly using sodium carbonate at twice of the theoretical dosage, the calcium ion content was reduced to 21.4 mg/L, the magnesium ion content was reduced to 43.3 mg/L, and the lithium loss rate was 6.6%. When removing impurities by adding sodium carbonate after adjusting the pH, the pH of the leachate was primarily adjusted to 11.63, followed by continuous stirring at room temperature for 1 hour before solid-liquid separation. Then, 20% sodium carbonate solution with dosage of 1.5 times of theoretical amount was added to the pH-adjusted liquid, and after stirring at 90 °C for 1 hour and performing solid-liquid separation, the calcium ion content was reduced to 12.8 mg/L, the magnesium ion concentration fell below 0.1 mg/L, and the lithium loss rate was 2.1%. The stepwise filtration method proposed in this paper, involving adjusting the pH before using sodium carbonate for impurity removal from lithium mica leachate, demonstrates advantages of effective impurity removal, low lithium loss rate, and low cost, providing a reference for the optimization of lithium extraction processes in similar enterprises.

Key words: lithium mica; leachate; impurity removal; chemical precipitation; calcium ions; magnesium ions; lithium loss rate; stepwise filtration

中国五矿全力推进“4+2”锂盐项目建设提质增速

作为中国五矿集团有限公司(以下简称“中国五矿”)所属中国盐湖工业集团有限公司(以下简称“中国盐湖”)开局起步的标志性工程,察尔汗产区“4+2”锂盐项目备受各界瞩目。从主体施工到设备安装,从系统调试到试车投产,中国五矿发挥全产业链一体化优势,统筹协调旗下中国十七冶集团有限公司等工程建设单位支援项目建设,为两大锂盐建设项目装上“加速器”,在盐湖锂资源开发上树立高效建设新标杆。

自中国盐湖揭牌以来,面对“4+2”锂盐项目工期紧、任务重、建设管理经验不足等挑战,中国五矿聚焦施工安全、质量进度、内控合规等关键点位,于2月24日集结首批专家团队奔赴青藏高原,开启助力项目建设的征程。在140多个日夜里,中国五矿专家组与各建设单位紧密协作,全力推动项目建设。其中,2万t/a碳酸锂项目于6月18日一次性试车成功,产品顺利下线,为盐湖锂资源助力国家新能源产业发展增添新动能。这不仅彰显了中国五矿工程支撑单位卓越的技术实力与强大的协同能力,更生动印证了“五矿命运共同体”的强大凝聚力。

目前,助力2万t/a碳酸锂项目建设的中国五矿专家组已无缝转战至4万t/a锂盐项目建设现场,并且再次增加驰援人员,为“4+2”锂盐项目后续建设提质增速,力争在10月前全面释放中国盐湖11.5万t/a锂盐产能,为加快建设世界级盐湖产业基地贡献力量。

(资料来源:中国有色金属报)