

四川某锂辉石废石重介分选

何婷, 杨晓军, 文伟, 张巍, 余新文

(四川省地质矿产勘查开发局 成都综合岩矿测试中心, 稀有稀土战略资源评价与利用四川省重点实验室, 四川 成都 610081)

摘要: 这是一篇矿物加工工程领域的文章。研究对象为四川某锂辉石废石, 根据该锂辉石废石的矿物特性, 对该锂辉石废石三种不同入料粒度 (-15+0.5 mm、-10+0.5 mm、-5+0.5 mm) 分别进行实验室重液分选实验, 实验结果表明, 该锂辉石废石采用重液分选效果较好, 且以-10+0.5 mm 作为后续重介实验的入料粒度范围, 并选择 2.70 g/cm³ 作为分选密度时, 重液分选指标相对较好, 但根据实际生产重介分选实验结果, 最终在入选粒度为-15+0.5 mm, 介质密度为 2.0 g/cm³ 时, 分选指标相对较好。

关键词: 锂辉石废石; 矿物加工工程; 低品位; 重液分选; 入选粒度; 介质密度

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2024.04.009

中图分类号: TD953 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2024) 04-0062-07

引用格式: 何婷, 杨晓军, 文伟, 等. 四川某锂辉石废石重介分选[J]. 矿产综合利用, 2024, 45(4): 62-68.

HE Ting, YANG Xiaojun, WEN Wei, et al. Heavy medium separation of spodumene waste rock in sichuan[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2024, 45(4): 62-68.

金属锂作为能源金属, 其最重要的应用是动力燃料、核能和储能, 其开发利用贯穿节能环保、新一代信息技术、生物、高端装备制造、新能源、新材料和新能源汽车等七大产业^[1]。我国锂资源尽管丰富, 但绝大多数以盐湖卤水的形式赋存, 由于提取盐湖卤水中锂成本太高, 因此目前主要从锂辉石矿石中提锂。我国锂辉石矿资源丰富, 目前居世界第二位, 主要分布在四川、新疆、江西、河南、湖南等地^[2-5], 但国内锂工业生产的锂精矿无法满足国内与日俱增的需求, 仍需大量进口锂辉石矿石提锂, 锂资源需求对外依存度超 76%^[6]。目前锂辉石矿回收方法主要有三种, 分别为重介质选矿法、浮选法和联合选矿法^[7], 其中, 浮选工艺相对较为成熟, 应用最广泛, 但选矿成本相对较高^[8]。因此, 为缓解国内锂辉石精矿无法满足国内市场的需求, 提高矿石入选品位, 简化工艺, 提高精矿品位和回收率, 降低选矿成本, 是现今锂辉石选矿工艺亟需解决的关键问题^[9-10]。

本文以四川某低品位锂辉石废石为研究对象, 对矿石进行了化学多项分析、岩矿鉴定、实验室重液分选实验研究以及重介旋流器分选, 查明了该锂辉石废石中包含的矿物种类、以及各矿物之间的嵌布关系及赋存状态, 并分别对不同入选粒度条件下的废石原矿进行了实验室重液浮沉实验, 实验结果说明该锂辉石废石采用重介分选工艺进行预抛废可行, 并推荐了合适的入料粒度和分选密度, 故在实验室理论研究的基础上进行实际生产应用重介分选, 最终结果说明该锂辉石废石采用重介分选工艺在实际生产中可应用, 但详细的实验参数还需在参考实验室重液浮沉实验结果的基础上进行验证。

1 矿石性质

1.1 化学多项分析

对该锂辉石废石代表性试样进行化学多项分析, 结果分别见表 1。

收稿日期: 2023-11-14

基金项目: 四川省地质调查研究院科研项目 (SCIGS-CZDZX-2023002)

作者简介: 何婷 (1987-), 女, 高级工程师, 硕士, 主要从事资源综合利用。

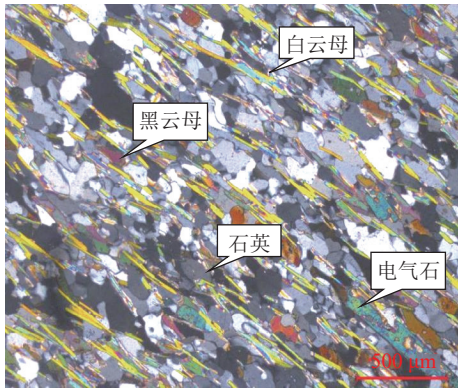
表 1 试样化学多项分析结果/%
Table 1 Results of chemical multi-analysis of samples

Li ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	BeO	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	MgO	MnO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	Rb ₂ O	TiO ₂	Nb ₂ O ₅ *	Ta ₂ O ₅ *
0.46	71.78	14.51	0.001 84	2.58	3.59	2.91	1.49	0.057 3	2.83	0.044 5	0.037 7	0.168	30.00	8.59

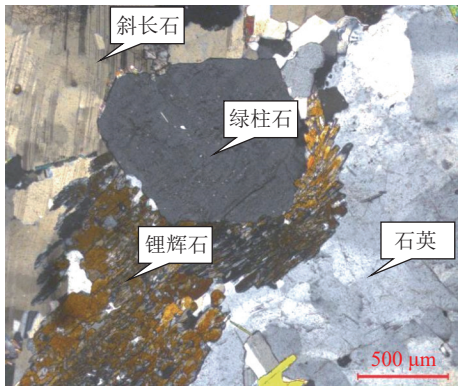
*单位为g/t

1.2 光、薄片分析

对该锂辉石废石进行光、薄片光学显微镜镜下岩矿鉴定研究，显微镜镜下正交偏光图片见图 1，可知，该锂辉石废石主要由以二云石英片岩、黑云石英片岩、千枚状石英片岩、片理化云母石英岩、板岩、黑云长英质角岩等为主的变质岩围岩，混杂部分锂辉石伟晶岩矿石组成。废石矿物成分主要为长石、石英、云母。主要锂矿物或含锂矿物以锂辉石为主，含少量锂绿泥石，以及极少量锂云母、磷锂锰矿、羟磷锂铝石等，伴生少量铍矿物和极微量钽铌矿物，其中铍矿物以绿柱石为主，钽铌矿物以铌铁矿为主；脉石矿物以石英、长石为主，其次为黑云母、白云母，含少量绿泥石、角闪石、辉石、方解石等。矿石部分主要具片状构造、千枚状构造、板状构造、块状构造，



二云石英片岩 薄片 正交偏光



花岗伟晶岩 薄片 正交偏光

图 1 锂辉石废石显微镜镜下图像
Fig.1 Microscopic image of spodumene waste rocks

造，而结构主要有细粒鳞片粒状变晶结构、显微-细粒鳞片粒状变晶结构、细粒鳞片柱粒状变晶结构、角岩结构、筛状变晶结构等；锂辉石伟晶岩部分则主要具块状构造、斑杂构造，其结构主要有伟晶结构、花岗结构、自形结构、半自形结构、交代结构、包含结构、文象结构、蠕虫结构等。

1.3 矿样粒度组成实验

各粒级粒度组成见表 2、3、4。

表 2 原矿筛分分析结果 (-15 mm) /%
Table 2 Results of particle size distribution of samples (-15 mm)

粒级/mm	产率/%	Li ₂ O品位/%	Li ₂ O分布率/%
-15+8	31.31	0.53	34.07
-8+3	31.65	0.52	33.78
-3+0.5	14.34	0.57	16.77
-0.5	22.70	0.33	15.38
合计	100.00	0.49	100.00

表 3 原矿筛分分析结果 (-10 mm) /%
Table 3 Results of particle size distribution of samples (-10 mm)

粒级/mm	产率/%	Li ₂ O品位/%	Li ₂ O分布率/%
-10+5	39.70	0.46	38.33
-5+0.5	36.68	0.55	42.34
-0.5	23.62	0.39	19.33
合计	100.00	0.48	100.00

表 4 原矿筛分分析结果 (-5 mm) /%
Table 4 Results of particle size distribution of samples (-5 mm)

粒级/mm	产率/%	Li ₂ O品位/%	Li ₂ O分布率/%
-5+0.5	51.89	0.52	59.61
-0.5	48.11	0.38	40.39
合计	100.00	0.45	100.00

由表 2 可知，-15+8 mm 粒级产率为 31.31%，Li₂O 品位为 0.53%；-8+3 mm 粒级产率为 31.65%，Li₂O 品位为 0.52%；-3+0.5 mm 粒级产率为 14.34%，Li₂O 品位为 0.57%；锂大部分集中在-15+3 mm 粒级中。

由表 3 可知, $-10+5\text{ mm}$ 粒级产率为 39.70%, Li_2O 品位为 0.46%; $-5+0.5\text{ mm}$ 粒级产率为 36.68%, Li_2O 品位为 0.55%, 锂大部分集中在 $-10+0.5\text{ mm}$ 粒级中。

由表 4 可知, 当原矿粒度上限降至 5 mm 后, 原矿中 -0.5 mm 粒级产率和锂的分布大幅增加, 现阶段处理 -0.5 mm 粒级锂辉石的做法是磨矿后浮选, 因此将原矿破碎至 -5 mm 进行重浮无疑会加剧后续磨选作业的压力。

2 实验室重液分选实验

重介质分选工艺主要是利用锂辉石矿物与其他脉石矿物的密度差异进行选别, 该方法是一种简便、直观、有效的预选方法之一, 尽管浮选作

为锂辉石选矿最主要的选别工艺, 但国外大多采用重-浮联合流程, 即在最终浮选前先采用重介质分选进行预选抛废^[11]。本文主要对 -15 、 -10 、 -5 mm 三个不同入料粒度级别进行实验室重介分选实验, 考虑到锂辉石重液分选实验时的常规做法是仅对 $+0.5\text{ mm}$ 粒级矿样进行浮沉实验; 同时大量工业实验和生产实践均表明, 锂辉石重介质分选的入料粒度下限为 $-1+0.5\text{ mm}$ ^[12], 所以对原矿的 -0.5 mm 粒级不进行小浮沉实验。

2.1 -15 mm 原矿重液分选实验

对原矿 (-15 mm) 样品进行重液分选实验, 实验流程见图 2, 可选性曲线见图 3, 重液分选实验结果见表 5。

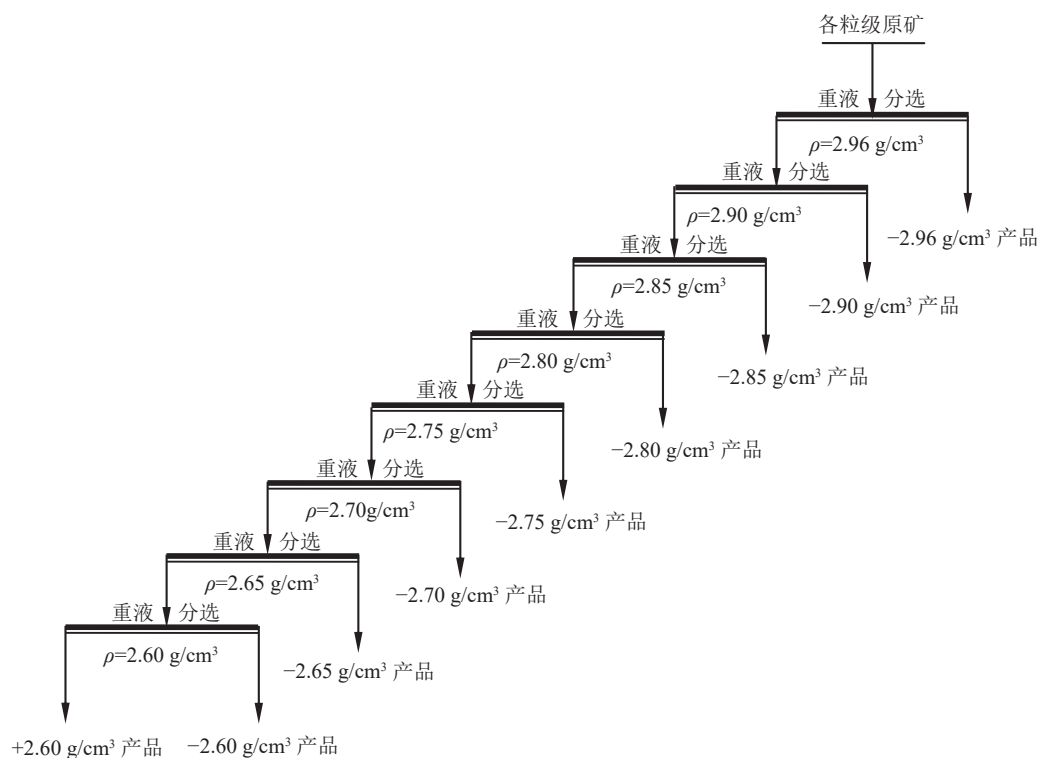


图 2 锂辉石废石重液分选试验流程

Fig.2 Heavy liquid separation process of spodumene waste rocks

由表 5 可知, 原矿 (-15 mm) 中 $-15+0.5\text{ mm}$ 粒级 Li_2O 含量为 0.47%, 当分离密度为 2.96 g/cm^3 时, 临近比重物产率 ($\delta_p \pm 0.1$) 为 5.97%, 属易重选矿; 当分离密度为 2.90 g/cm^3 时, 临近比重物产率 ($\delta_p \pm 0.1$) 为 12.28%, 属较难重选矿; 当分离密度 δ 为 $2.60 \sim 2.85\text{ g/cm}^3$ 时, 临近比重物产率 ($\delta_p \pm 0.1$) 均大于 25%, 属极难重选矿; Li_2O 集中在密度大于 2.70 g/cm^3 的矿石组分中, 采用该

密度进行重液分选获得的 $-15+0.5\text{ mm}$ 粒级重产物 Li_2O 品位为 0.68%, 回收率 82.32%。

2.2 -10 mm 原矿重液分选实验

对原矿 ($-10+0.5\text{ mm}$) 样品进行重液分选实验, 实验流程见图 2, 可选性曲线见图 4, 重液分选实验结果见表 6。

由表 6 可知, 原矿 (-10 mm) 中 $-10+0.5\text{ mm}$ 粒级 Li_2O 品位为 0.53%, 当分离密度为 2.96 g/cm^3

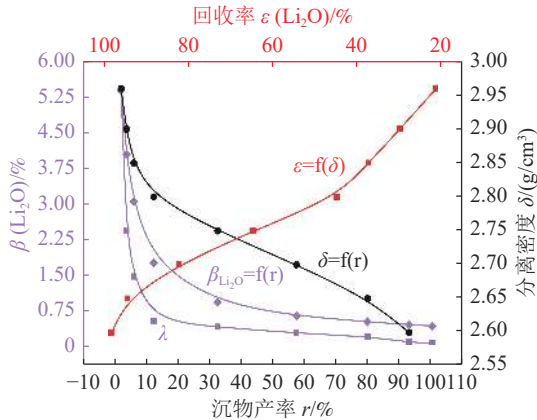


图3 锂辉石废石-15+0.5 mm 粒级可选性曲线
Fig.3 Washability curve of -15+0.5 mm size fraction of spodumene waste rocks

时, 临近比重物产率 ($\delta_p \pm 0.1$) 为 7.58%, 属较易

表5 -15+0.5 mm 锂辉石废石重液分选实验结果
Table 5 Results of heavy medium separation of samples (-15+0.5 mm)

密度/(g/cm ³)	各单元组分			沉物累计			浮物累计			分选密度 ± 0.1 g/cm ³	
	产率/%	Li ₂ O 品位/%	分布率/%	产率/%	Li ₂ O 品位/%	分布率/%	产率/%	Li ₂ O 品位/%	分布率/%	密度级/(g/cm ³)	产率/%
+2.96	1.99	5.39	21.49	1.99	5.39	21.49	100.00	0.47	100.00	2.96	5.97
-2.96+2.90	1.66	2.46	8.64	3.65	4.06	30.13	98.01	0.37	78.51	2.90	12.28
-2.90+2.85	2.32	1.50	7.42	5.97	3.06	37.55	96.35	0.33	69.87	2.85	30.44
-2.85+2.80	6.31	0.58	7.52	12.28	1.79	45.07	94.03	0.31	62.45	2.80	53.56
-2.80+2.75	20.15	0.45	19.70	32.43	0.96	64.77	87.72	0.29	54.93	2.75	73.70
-2.75+2.70	24.78	0.32	17.55	57.21	0.68	82.32	67.57	0.24	35.23	2.70	80.48
-2.70+2.65	22.46	0.25	12.19	79.67	0.56	94.51	42.79	0.19	17.68	2.65	67.57
-2.65+2.60	13.09	0.13	3.74	92.76	0.50	98.25	20.33	0.12	5.49	2.60	42.79
-2.60	7.24	0.11	1.75	100.00	0.47	100.00	7.24	0.11	1.75		
合计	100.00	0.47	100.00								

由表7可知, 原矿 (-5 mm) 中-5+0.5 mm 粒级 Li₂O 品位为 0.51%, 当分离密度为 2.96 g/cm³ 时, 临近比重物产率 ($\delta_p \pm 0.1$) 为 6.99%, 属易重选矿; 当分离密度为 2.90 g/cm³ 时, 临近比重物产率 ($\delta_p \pm 0.1$) 为 11.88%, 属较难重选矿; 当分离密度 δ 为 2.60~2.85 g/cm³ 时, 原矿临近比重物产率 ($\delta_p \pm 0.1$) 均大于 25%, 属极难重选矿; Li₂O 集中分布在密度大于 2.70 g/cm³ 的矿石组分中, 采用该密度进行重液分选获得的-5+0.5 mm 粒级重产物 Li₂O 品位为 0.76%, 回收率 86.72%。

2.4 实验室重液分选实验结论

根据详细的实验室重液分选实验, 可以得出以下几个结论:

(1) 根据-15 mm、-10 mm 和-5 mm 各入选粒度

重选矿; 当分离密度为 2.90 g/cm³ 时, 临近比重物产率 ($\delta_p \pm 0.1$) 为 12.96%, 属较难重选矿; 当分离密度 δ 为 2.85 g/cm³ 时, 临近比重物产率 ($\delta_p \pm 0.1$) 为 17.80%, 属难重选矿; 当分离密度 δ 为 2.60~2.80 g/cm³ 时, 临近比重物产率 ($\delta_p \pm 0.1$) 均大于 25%, 属极难重选矿; Li₂O 集中分布在密度大于 2.70 g/cm³ 的矿石组分中, 采用该密度进行重液分选获得的-10+0.5 mm 粒级重产物 Li₂O 品位为 0.81%, 回收率 85.89%。

2.3 -5 mm 原矿重液分选实验

对原矿 (-5 mm) 样品进行重液分选实验, 实验流程见图2, 可选性曲线见图5, 重液分选实验结果见表7。

锂辉石废石筛析实验结果可以看出, 当锂辉石废

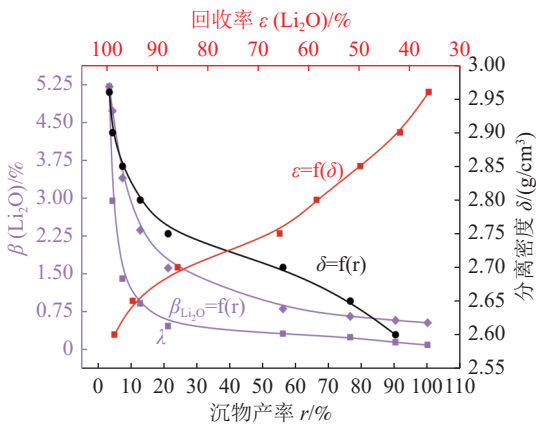


图4 锂辉石废石-10+0.5 mm 粒级可选性曲线
Fig.4 Washability curve of -10+0.5 mm size fraction of spodumene waste rocks

表 6 -10+0.5 mm 锂辉石废石重液分选实验结果
Table 6 Results of heavy medium separation of samples (-10+0.5 mm)

密度/(g/cm ³)	各单元组分			沉物累计			浮物累计			分选密度±0.1 (g/cm ³)	
	产率/%	Li ₂ O 品位/%	分布率/%	产率/%	Li ₂ O 品位/%	分布率/%	产率/%	Li ₂ O 品位/%	分布率/%	密度级/(g/cm ³)	产率/%
+2.96	3.58	5.20	36.30	3.58	5.20	36.30	100.00	0.53	100.00	2.96	7.58
-2.96+2.90	0.97	2.94	5.64	4.55	4.72	41.94	96.42	0.36	63.70	2.90	12.96
-2.90+2.85	3.03	1.40	7.87	7.58	3.39	49.81	95.45	0.33	58.06	2.85	17.80
-2.85+2.80	5.38	0.91	8.64	12.96	2.36	58.45	92.42	0.29	50.19	2.80	51.63
-2.80+2.75	8.42	0.46	7.28	21.38	1.61	65.73	87.04	0.26	41.55	2.75	69.00
-2.75+2.70	34.80	0.31	20.16	56.18	0.81	85.89	78.62	0.24	34.27	2.70	77.32
-2.70+2.65	20.40	0.24	8.90	76.58	0.65	94.79	43.82	0.18	14.11	2.65	78.62
-2.65+2.60	13.70	0.14	3.60	90.28	0.58	98.39	23.42	0.12	5.21	2.60	43.82
-2.60	9.72	0.09	1.61	100.00	0.53	100.00	9.72	0.09	1.61		
合计	100.00	0.53	100.00								

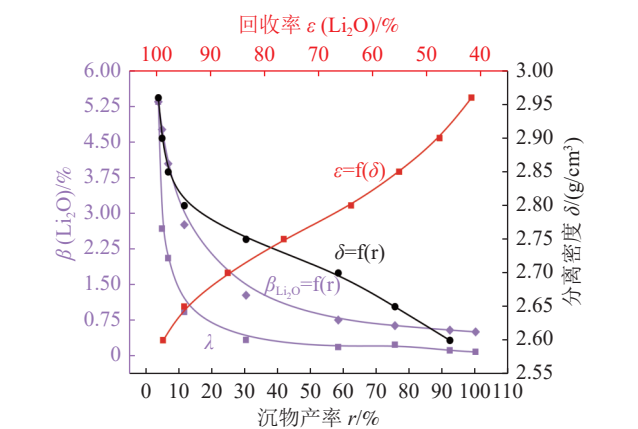


图 5 锂辉石废石-5+0.5 mm 粒级可选性曲线
Fig.5 Washability curve of -5+0.5 mm size fraction of spodumene waste rocks

石的入料粒度由粗变细时，原矿中-0.5 mm 粒级产率、锂的品位及分布率均有增加的趋势，尤其是原矿粒度降至 5 mm 后，原矿中-0.5 mm 粒级产率、锂的品位及分布率大幅增加。

表 7 -5+0.5 mm 锂辉石废石重液分选实验结果
Table 7 Results of heavy medium separation of samples (-5+0.5 mm)

密度/(g/cm ³)	各单元组分			沉物累计			浮物累计			分选密度±0.1(g/cm ³)	
	产率/%	Li ₂ O 品位/%	分布率/%	产率/%	Li ₂ O 品位/%	分布率/%	产率/%	Li ₂ O 品位/%	分布率/%	密度级/(g/cm ³)	产率/%
+2.96	4.01	5.35	41.83	4.01	5.35	41.83	100.00	0.51	100.00	2.96	6.99
-2.96+2.90	1.13	2.68	5.88	5.14	4.77	47.71	95.99	0.31	58.17	2.90	11.88
-2.90+2.85	1.85	2.06	7.45	6.99	4.05	55.16	94.86	0.28	52.29	2.85	26.55
-2.85+2.80	4.89	0.93	8.86	11.88	2.77	64.02	93.01	0.25	44.84	2.80	53.28
-2.80+2.75	18.68	0.34	12.38	30.56	1.28	76.40	88.12	0.21	35.98	2.75	68.59
-2.75+2.70	27.86	0.19	10.32	58.42	0.76	86.72	69.44	0.17	23.60	2.70	80.33
-2.70+2.65	17.16	0.24	8.03	75.58	0.64	94.75	41.58	0.16	13.28	2.65	69.44
-2.65+2.60	16.63	0.12	3.89	92.21	0.55	98.64	24.42	0.11	5.25	2.60	41.58
-2.60	7.79	0.09	1.36	100.00	0.51	100.00	7.79	0.09	1.36		
合计	100.00	0.51	100.00								

(2) 考虑到该锂辉石废石主要想通过重介分选进行预抛废，经分析，在入选粒度为-15+0.5 mm 时，若重介质密度为 2.75 g/cm³，重产物 Li₂O 品位为 0.96%，回收率为 64.77%，若重介质密度为 2.70 g/cm³，重产物 Li₂O 品位为 0.68%，回收率为 82.32%；在入选粒度为-10+0.5 mm 时，若重介质密度为 2.75 g/cm³，重产物 Li₂O 品位为 1.61%，回收率为 65.73%，若重介质密度为 2.70 g/cm³，重产物 Li₂O 品位为 0.81%，回收率为 85.89%；在入选粒度为-5+0.5mm 时，若重介质密度为 2.75 g/cm³，重产物 Li₂O 品位为 1.28%，回收率为 76.40%，若重介质密度为 2.70 g/cm³，重产物 Li₂O 品位为 0.76%，回收率为 86.72%。

(3) 综合上述实验结果，为保证回收率，推荐该锂辉石废石以-10+0.5 mm 作为后续重介实验的入料粒度范围，并选择 2.70 g/cm³ 作为分选密度，将获得较好的重介分选效果。

3 重介实验结果

根据实验室重介实验结果最终得出的结论，即该锂辉石废石以-10+0.5 mm 作为后续重介实验的入料粒度，选择 2.70 g/cm^3 作为分选密度，将获得较好的重介分选效果，因此，实验采用重介分选系统平台对锂辉石废石进行重介抛废条件实验，主要为入选粒度条件实验和介质密度条件实验。实验所采用的设备为 250 两产品重介旋流器，介质为生产用硅铁粉，实验流程见图 6。

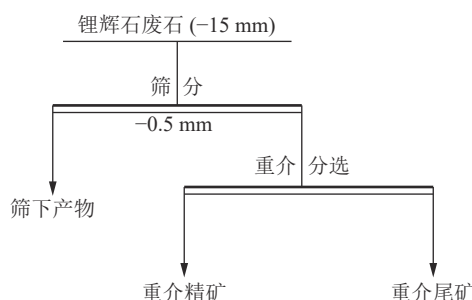


图 6 锂辉石废石重介分选工艺流程
Fig.6 Heavy medium separation process of spodumene waste rock

经入选粒度条件实验，以-15+0.5 mm 和-10+0.5 mm 作为入选粒度时，重介抛废效果相差不多，从节能经济的角度考虑，选择-15+0.5 mm 作为进入重介旋流器的入选粒度较为合适，与实验室重介分选实验结果有一定差异，在进行介质密度选择时，由于实验室重介分选采用的四氯化碳，而生产上重介质采用的硅铁粉，根据介质密度条件实验最终选用的介质密度为 2.0 g/cm^3 ，实验结果见表 8。

表 8 锂辉石废石 (-15+0.5 mm) 重介旋流器分选实验结果

产品名称	产率/%	Li ₂ O品位/%	Li ₂ O回收率/%
重介精矿	14.71	1.52	46.60
重介尾矿	66.03	0.28	38.54
筛下产物	19.26	0.37	14.86
重介总精矿	33.97	0.87	61.46
废石原矿	100.00	0.48	100.00

由表 8 可看出，实际生产重介实验将重介精矿和筛下产物合并作为重介总精矿，入选废石原矿 Li₂O 品位为 0.48%，经过“筛分—重介”工艺可获得锂辉石重介精矿 Li₂O 品位为 1.52%，回收率为 46.60%，将该重介精矿与原矿 -0.5 mm 部分合

并作为重介总精矿，其 Li₂O 品位为 0.87%，回收率为 61.46%，该重介总精矿可作为入选原矿通过浮选工艺进行回收获得合格的锂辉石精矿。

根据上述实验研究可发现，实际生产重介实验效果与实验室重液分选实验效果存在一定的差距，且在介质密度的选择上由于介质种类不同，实验室重液分选实验所采用的重介质为四氯化碳，推荐介质密度为 2.7 g/cm^3 ，而生产所用的重介质为硅铁粉，经实验发现介质密度为 2.0 g/cm^3 时，重介分选效果相对较好，除此外，实验室重液分选实验是在静态条件下完成重介分选，而实际生产却是在动态条件下完成重介分选。

4 结果与存在的问题

(1) 该锂辉石废石经过实验室重液分选实验最终推荐的入选粒度为-10+0.5 mm，经实际生产应用条件实验后由于入选粒度为-15 mm 或者-10 mm 时，重介分选指标差异较小，从节能经济的角度考虑最终选择了-15+0.5 mm，二者基本吻合。

(2) 该锂辉石废石经过实验室重液分选实验最终推荐的介质（四氯化碳）密度为 2.70 g/cm^3 ，而实际生产应用条件实验后推荐介质（硅铁粉）密度为 2.0 g/cm^3 ，形成差距的主要原因可能有两个，一是介质种类不同，二是重介分选时的动、静状态不同，但最终的重介分选指标来看，虽生产上重介分选得到的重介精矿中锂的品位相对实验室重液分选时高，但其回收率下降。

(3) 实验室重液分选实验可以很好的为该锂辉石废石是否可采用重介分选工艺进行抛废提供了理论依据，但确切的是否可行以及采用重介分选工艺时所采用的具体实验参数仍需要进行生产实验进行验证。该锂辉石废石由于品位低，目前属于堆弃状态，若能采用重介工艺进行预抛废，再采用浮选工艺回收锂辉石精矿，该废石则可“变废为宝”获得利益最大化。

参考文献：

- [1] 付小方, 张光明, 郝雪峰, 等. 中国锂资源亟待上升到国家战略层面统筹发展[J]. 中国战略新兴产业, 2018(8):30-32.
- FU X F, ZHANG G M, HAO X F, et al. China's lithium resources need to be raised to the national strategic level to coordinate development[J]. China Strategic Emerging Industry, 2018(8):30-32.

- [2] 董栋, 程宏伟, 郭保万, 等. 锂辉石选矿技术现状及展望[J]. 矿产保护与利用, 2018(4): 130-134.
DONG D, CHENG H W, GUO B W, et al. Research situation and prospect on the mineral processing technology of spodumene[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources 2018(4): 130-134.
- [3] 李成秀, 程仁举, 刘星. 我国锂辉石选矿技术研究现状及展望[J]. 矿产综合利用, 2021(5):1-8.
LI C X, CHENG R J, LIU X. Research status and prospects of spodumene ore beneficiation technology in China[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2021(5):1-8.
- [4] 陶家荣. 锂辉石矿重介质选矿工业试验与研究[J]. 有色金属 (选矿部分), 2002(2):13-16.
TAO J R. Industrial test and research on heavy medium beneficiation of spodumene ore[J]. Nonferrous Metals(mineral processing section), 2002(2):13-16.
- [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] 梅亚军, 李潇雨, 李成秀, 等. 四川可尔因选锂尾矿锂辉石再选实验研究[J]. 矿产综合利用, 2023(4):83-87.
MEI Y J, LI X Y, LI C X, et al. Re-election of spodumene from lithium processing tailings in Keeryin, Sichuan[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2023(4):83-87.
- [7] 程仁举, 李成秀, 刘星, 等. 川西某伟晶岩型锂辉石矿浮选试验研究[J]. 矿产综合利用, 2020(6):148-152.
CHENG R J, LI C X, LIU X, et al. Experimental research on the flotation of a pegmatite type spodumene ore in Western Sichuan[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2020(6):148-152.
- [8] 梁雪峰, 黄杰, 吴国富等. 某地锂辉石矿重介质选矿扩大连续试验[J]. 现代矿业, 2017, 33(11):132-134.
LIANG X F, HUANG J, WU G F, et al. Expanded continuous test of heavy medium beneficiation of spodumene ore in a certain place[J]. Modern Mining, 2017, 33(11):132-134.
- [9] 刘广学, 戴科伟, 常学勇, 等. 某低品位伟晶岩型锂辉石选矿试验[J]. 现代矿业, 2018, 34(11):99-102+109.
LIU G X, DAI K W, CHANG X Y, et al. Beneficiation experiment on a low grade pegmatite type spodumene ore[J]. Modern Mining, 2018, 34(11):99-102+109.
- [10] 刘广学, 彭团儿, 刘磊等. 重色浮联合选矿工艺回收某花岗岩型锂辉石中的锂[J]. 金属矿山, 2021(3):124-129.
LIU G X, PENG T E, LIU L, et al. Recovery of lithium from a granite type spodumene by gravity-color-flotation combination process[J]. Metal Mine, 2021(3):124-129.
- [11] 廖明和, 许温复, 王学平. 锂辉石重液分选试验[J]. 非金属矿, 2003(6):40-41.
LIAO M H, XU W F, WANG X P. Heavy liquid separation test of spodumene[J]. Non-Metallic Mines, 2003(6):40-41.
- [12] 李文平, 赵磊, 包易等. 四川李家沟锂辉石矿重-浮联选工艺研究及工业试验[J]. 现代矿业, 2022, 38(11):137-140+262.
LI W P, ZHAO L, BAO Y, et al. Study on gravity-flotation combined separation process and industrial test of spodumene ore in Lijiagou, Sichuan[J]. Modern Mining, 2022, 38(11):137-140+262.

Heavy Medium Separation of Spodumene Waste Rock in Sichuan

HE Ting, YANG Xiaojun, WEN Wei, ZHANG Wei, YU Xinwen

(Sichuan Bureau of Geology & Mineral Resources, Chengdu Analytical & Testing Center, Evaluation and Utilization of Strategic Rare Metals and Rare Earth Resource Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: This is an article in the field of mineral processing engineering. The study objects are a spodumene waste rock in Sichuan. According to the mineral characteristics of this spodumene waste rock, heavy medium separation tests were carried out at three different feed particle sizes ($-15+0.5$ mm, $-10+0.5$ mm, $-5+0.5$ mm) of the spodumene waste rock in laboratory. The test results show that the application of heavy medium separation in beneficiation of spodumene waste rock is very effective, and when $-10+0.5$ mm is used as the feed particle size range of the subsequent waste rock in heavy medium separation, and 2.70 g/cm^3 is selected as the separation density, the results of heavy medium separation effect is relatively good. However, according to the actual production of heavy medium separation test results, the separation index is relatively good when the selected particle size is $-15+0.5$ mm and the medium density is 2.0 g/cm^3 .

Keywords: Spodumene waste rock; Mineral processing engineering; Low-grade; Heavy medium separation; Selected particle size; Media density