江西宜春锂云母浮选尾矿钽铌锡综合回收试验研究①

刘子帅[1,2,3,4]，董战[1,2,3,4]，黎倩文[1,2,3,4]，林辉阳[1,2,3,4]，李恩昊[1,2,3,4]，周贺鹏[1,2,3,4]，罗仙平[1,2,3,4]
（1.江西理工大学 宜春江理锂电新能源产业研究院，江西 宜春 336000；2.江西省含锂资源绿色低碳开发产业技术工程化中心，江西 赣州 341000；3.战略金属与矿产资源低碳加工与利用江西省重点实验室，江西 赣州 341000；4.江西理工大学 矿业工程学院，江西 赣州 341000）

摘 要：以江西宜春某锂云母浮选尾矿为研究对象，在工艺矿物学基础上，对比了磁选、重选及其不同组合工艺对钽铌锡回收效果的影响。结果表明，采用磁选-重选联合工艺和分步重选工艺，尽管得到的钽铌锡混合精矿品位较高，但回收率均较低；采用分级-螺旋溜槽重选-摇床重选的分级分段重选流程，可获得 Ta_2O_5 品位 5.57%、Nb_2O_5 品位 7.56%、SnO_2 品位 45.63%，回收率 Ta_2O_5 41.66%、Nb_2O_5 42.28%、SnO_2 31.07%的钽铌锡混合精矿。

关键词：锂云母；重选；磁选；联合分选；螺旋溜槽；摇床；钽铌锡精矿；锂；钽；铌；锡
中图分类号：TD92　　**文献标志码**：A　　doi:10.3969/j.issn.0253-6099.2026.01.010
文章编号：0253-6099(2026)01-0064-05

Comprehensive Recovery of Tantalum, Niobium and Tin from Flotation Tailings of Lepidolite from Yichun of Jiangxi

LIU Zishuai[1,2,3,4], DONG Zhan[1,2,3,4], LI Qianwen[1,2,3,4], LIN Huiyang[1,2,3,4], LI Enhao[1,2,3,4], ZHOU Hepeng[1,2,3,4], LUO Xianping[1,2,3,4]
(1.*Yichun Lithium New Energy Industry Research Institute, Jiangxi University of Science and Technology, Yichun* 336000, *Jiangxi, China*; 2.*Jiangxi Province Green and Low-Carbon Development Engineering Technology Research Center for Lithium Resources, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou* 341000, *Jiangxi, China*; 3.*Jiangxi Provincial Key Laboratory of Low-Carbon Processing and Utilization of Strategic Metals and Mineral Resources, Ganzhou* 341000, *Jiangxi, China*; 4.*School of Mining Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou* 341000, *Jiangxi, China*)

Abstract: With the lepidolite flotation tailings from Yichun of Jiangxi Province taken for search, effects of different combined processing techniques of magnetic separation and gravity separation on recoveries of tantalum, niobium and tin were compared based on its process mineralogy. It is found that the processing technique of magnetic separation combined with gravity separation, and stepwise gravity separation can lead to a Ta-Nb-Sn concentrate with higher grades but lower recoveries; while a combined process consisting of classification, gravity separation with spiral chute and then with a shaking table can produce a Ta-Nb-Sn concentrate with grades including 5.57% Ta_2O_5, 7.56% Nb_2O_5 and 45.63% SnO_2, at corresponding recoveries of 41.66%, 42.28% and 31.07%.

Key words: lepidolite; gravity separation; magnetic separation; combined process; spiral chute; shaking table; Ta-Nb-Sn concentrate; lithium; tantalum; niobium; tin

钽铌锡是我国重要的战略稀有金属资源，在国防军工领域有重要用途[1]。江西宜春素有“亚洲锂都”之称，锂云母矿资源丰富，截至 2022 年底，含锂陶瓷土(石)矿氧化锂资源量达 573.72 万 t，同时伴生丰富的钽铌锡等稀有金属资源，伴生的钽铌矿资源储量占全国 40%[2-3]。因此，从锂云母矿石中综合回收钽铌锡对于保障我国战略金属安全供给具有重要意义。

在 2022 年碳酸锂价格猛涨之前，宜春地区锂云母精矿价格较低，以回收伴生元素钽铌锡为主[4]。锂云母原矿经破碎、磨矿后，磨矿产品给入铺布溜槽、粗精

① **收稿日期**：2025-09-01
基金项目：国家重点研发计划(2023YFC2908202)；江西省重点研发计划(20214BBG74001)；战略金属与矿产资源低碳加工与利用江西省重点实验室项目(2023SSY01041)；江西省大学生创新创业训练计划项目(S202410407071，S202410407073)
作者简介：刘子帅(1987—)，男，江西万年人，博士，副教授，主要从事战略性矿产资源及其二次资源综合利用研究。E-mail:liuzishuai87@126.com

矿再进行摇床精选,得到钽铌锡混合精矿。铺布溜槽尾矿和摇床尾矿合并浓缩后再进行锂云母浮选,得到锂云母精矿[5-7]。该工艺在宜春地区应用广泛,可优先回收钽铌锡资源,但工艺流程较长。2022 年碳酸锂价格迅速上涨之后,宜春地区锂云母选矿则以优先浮选锂云母为主,锂云母浮选尾矿再进行钽铌锡综合回收[8-10]。该工艺具有工艺流程短、锂云母回收率高的特点,但钽铌锡回收率仍较低。2024 年以来,随着碳酸锂价格大幅下跌至(7~8)万元/t,大部分选矿厂不得不减产或停产,以降低亏损风险。因此,从锂云母浮选尾矿中高效回收钽铌锡对于提高企业经济效益、减少亏损、提高锂云母矿石资源综合利用率具有重要的现实意义。

目前,宜春地区从锂云母矿石中回收钽铌锡主要采用铺布溜槽+摇床组合的重选工艺[11-12],尽管该工艺对钽铌锡具有一定回收效果,精矿品位较高,但存在钽铌锡回收率低(仅 20%左右)、铺布溜槽占地面积大、分选效率低等问题[13]。本文以江西宜春某锂云母浮选尾矿为研究对象,通过对比磁选-重选联合、重选-重选联合、分级-重选-重选联合等多种工艺,确定从锂云母浮选尾矿中回收钽铌锡的适宜工艺,实现高效综合回收钽铌锡。研究结果对提高锂云母资源综合利用率、提高企业经济效益具有重要意义。

1　锂云母浮选尾矿钽铌锡工艺矿物学

对江西宜春某锂云母浮选尾矿(以下称原矿)进行化学多元素分析,结果见表 1。原矿中主要化学成分为 SiO_2和 Al_2O_3,伴生有价成分 Ta_2O_5、Nb_2O_5、SnO_2品位较低,回收难度较大。

表 1　原矿化学多元素分析结果(质量分数)

Table 1　Multi-elemental analysis of raw ore　　%

Ta_2O_5	Nb_2O_5	SnO_2	SiO_2	Al_2O_3	K_2O
0.003 6	0.005 8	0.042	71.37	15.97	3.13
Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	TiO_2	
3.83	0.40	0.035	0.30	0.008 5	

采用自动矿物分析仪(MLA)对原矿进行矿物组成分析,结果见表 2。结果表明,原矿主要由石英、斜长石、钾长石等矿物组成,伴生有价矿物为铌钽锰(铁)矿和锡石,含量极微。

为了查明钽铌锡在原矿中的分布情况,对原矿进行了粒度分析,结果见表 3。由表 3 可见,原矿整体粒度偏粗,其中-0.074 mm 粒级占比仅 26.19%;钽铌锡金属主要赋存于 0.038~0.25 mm 粒级。目标金属不仅粒度分布相对分散,且整体品位偏低,客观上增加了选矿回收的技术难度。

表 2　原矿矿物组成(质量分数)

Table 2　Mineral compositions of raw ore　　%

石英	斜长石	钾长石	云母	高岭石	磷灰石	萤石	锡石
39.18	44.43	13.57	0.63	1.17	0.45	0.03	0.025
赤/磁铁矿	铌钽锰(铁)矿		硬锰矿	绿泥石	碳酸盐矿物		其他
0.01	0.005		0.000 1	0.01	0.06		0.60

表 3　原矿粒度分析结果

Table 3　Particle size distribution of raw ore

粒径/mm	产率/%	品位/%			分布率/%		
		Nb_2O_5	Ta_2O_5	SnO_2	Ta_2O_5	Nb_2O_5	SnO_2
+0.25	17.49	0.001 4	0.002 6	0.026	6.85	8.30	10.57
-0.25+0.15	36.62	0.001 5	0.002 4	0.032	15.36	16.05	27.23
-0.15+0.074	19.70	0.005 4	0.008 5	0.058	29.75	30.57	26.56
-0.074+0.038	22.43	0.006 4	0.009 6	0.063	40.15	39.31	32.84
-0.038	3.76	0.007 5	0.008 4	0.032	7.89	5.77	2.80
合计	100.00	0.003 6	0.005 5	0.043	100.00	100.00	100.00

采用 MLA 对不同粒级原矿进行了矿物含量分析,结果见表 4。原矿以脉石矿物为主,钽铌矿物、锡石等金属矿物主要分布于-0.15 mm 粒级中,这与金属粒度分布结果一致。但+0.15 mm 粒级中钽铌矿物和锡矿物近乎为 0,与表 2 结果不一致,可能是+0.15 mm 粒级中 Ta_2O_5、Nb_2O_5、SnO_2品位太低,导致 MLA 未能识别。

表 4　不同粒级原矿矿物含量分析结果

Table 4　Mineral analysis of raw ore in different size fraction

矿物类别	矿物名称	不同粒级(mm)产品矿物含量(质量分数)/%				
		+0.25	0.15~0.25	0.074~0.15	0.038~0.074	-0.038
钽铌矿物	钽铌锰(铁)矿	0	0	0.02	0.03	0.01
锡矿物	锡石	<0.01	0	0.02	0.06	0.26
金属矿物	黄铁矿	0	0.02	0.01	0.07	0.39
	其他金属矿	0	0	0.03	0.03	0.13
脉石矿物	石英	53.04	49.34	42.60	41.57	41.82
	钠长石	20.04	30.79	38.29	37.61	35.22
	钾长石	17.57	15.65	14.62	14.41	14.47
	白云母	6.45	1.32	1.19	1.44	1.77
	高岭石	2.56	2.15	2.55	3.70	3.88
	其他脉石矿	0.38	0.73	0.67	1.08	2.05
合计		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

2　钽铌锡回收试验

铌钽锰(铁)矿具有弱磁性和密度大的特点,锡石密度大但无磁性,因此拟采用磁选、螺旋溜槽重选、摇床重选及其组合工艺,以确定锂云母浮选尾矿低品位

钽铌锡适宜的回收工艺,实现钽、铌、锡高效回收。

2.1 磁选-重选联合分选试验

2.1.1 磁场强度试验

采用高梯度磁选机对原矿进行钽铌磁选回收。根据表4结果,原矿粒度较粗,网介质磁选易堵塞网孔,因此采用棒介质对其进行磁选,磁场强度试验结果见图1。从图1可以看出,磁场强度是影响钽铌锡回收率的关键因素。随着磁场强度升高,磁选精矿中钽铌锡回收率逐渐增大:磁场强度0.9 T时,钽铌锡回收率均低于18%;磁场强度升至1.5 T时,三者回收率均突破20%;之后继续升高磁场强度,回收率增幅趋于平缓。基于此,确定适宜的磁场强度为1.5 T。

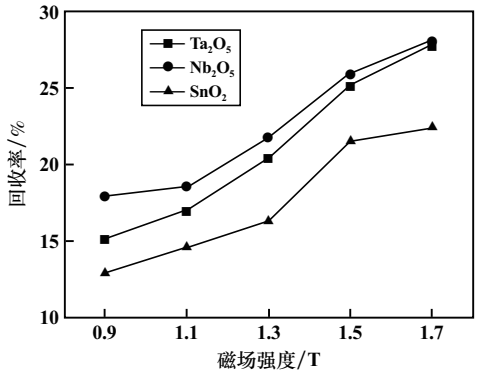


图1 磁场强度试验结果

Fig.1 Test results with different magnetic field intensities

2.1.2 磁选精矿再重选试验

磁选虽然可以一定程度富集钽、铌、锡,但磁选精矿钽铌锡品位仍较低。为此,对磁选精矿进行螺旋溜槽预富集-摇床精选的再重选试验,试验流程见图2,结果如表5所示。磁选精矿经螺旋溜槽预富集、摇床精选,可获得Ta_2O_5品位6.06%、Nb_2O_5品位7.44%、SnO_2品位39.31%,作业回收率Ta_2O_5 71.52%、Nb_2O_5 67.25%、SnO_2 59.10%的钽铌锡混合精矿(摇床精矿),Ta_2O_5、Nb_2O_5、SnO_2对给矿回收率分别为11.62%、12.21%、6.86%。

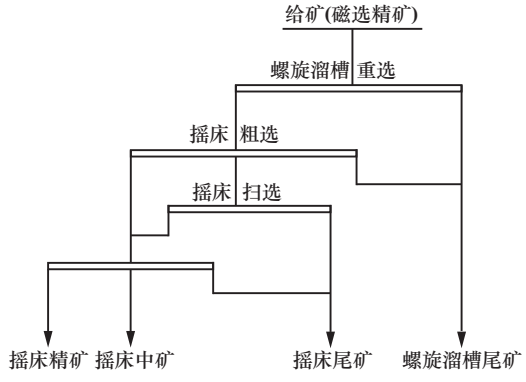


图2 磁选精矿再重选试验流程

Fig.2 Flowchart of gravity separation for magnetic concentrate

表5 磁选精矿再重选试验结果

Table 5 Test results of gravity separation of magnetic concentrate

产品名称	作业产率/%	品位/%			作业回收率/%		
		Ta_2O_5	Nb_2O_5	SnO_2	Ta_2O_5	Nb_2O_5	SnO_2
摇床精矿	0.85	6.06	7.44	39.31	71.52	67.25	59.10
摇床中矿	3.64	0.17	0.19	4.02	8.59	7.35	25.89
摇床尾矿	95.51	0.015	0.025	0.09	19.89	25.40	15.01
给矿	100.00	0.072	0.094	0.57	100.00	100.00	100.00

磁选-重选联合分选试验结果表明:原矿经磁选、螺旋溜槽重选、摇床重选联合分选后,虽可获得高品位钽铌锡混合精矿,但由于钽铌矿物磁性较弱,即使采用强磁选,钽铌回收率仍较低;同时,锡石无磁性,磁选无法回收,导致磁选-重选联合分选钽铌锡整体回收率较低。

2.2 分步重选试验

2.2.1 螺旋溜槽重选试验

对原矿直接进行螺旋溜槽重选,结果见表6。由表6可知,采用螺旋溜槽分选,钽铌锡均得到一定富集,螺旋溜槽重选钽铌锡回收率均达40%以上,尤其是锡回收率大幅提高。相对而言,采用螺旋溜槽重选更利于锡石的回收。

表6 螺旋溜槽重选试验结果

Table 6 Test results of gravity separation with spiral chute

产品名称	产率/%	品位/%			回收率/%		
		Ta_2O_5	Nb_2O_5	SnO_2	Ta_2O_5	Nb_2O_5	SnO_2
精矿	9.16	0.016	0.028	0.24	40.72	44.23	52.35
尾矿	90.84	0.002 3	0.003 6	0.022	59.28	55.77	47.65
给矿	100.00	0.003 6	0.005 8	0.042	100.00	100.00	100.00

2.2.2 摇床精选试验

为了进一步提高精矿富集比,对螺旋溜槽重选精矿进行了摇床精选试验,试验流程见图3,结果见表7。由表7可知,螺旋溜槽精矿经过摇床精选,可获得Ta_2O_5品位2.68%、N6b_2O_5品位4.65%、SnO_2品位39.82%,作业回收率Ta_2O_5 60.86%、Nb_2O_5 62.39%、SnO_2 63.18%,对

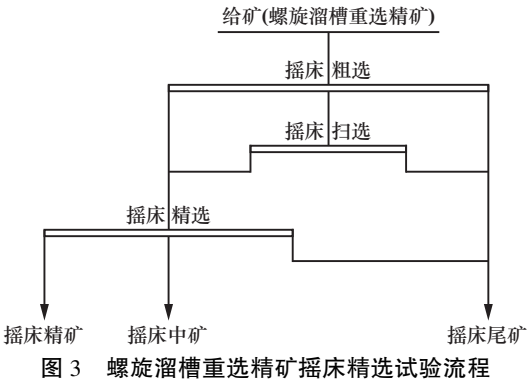


图3 螺旋溜槽重选精矿摇床精选试验流程

Fig.3 Flowchart for cleaning stage with shaking table for concentrate from spiral chute

表 7　螺旋溜槽重选精矿摇床精选试验结果

Table 7　Test results of cleaning stage with shaking table for concentrate from spiral chute

产品名称	作业产率/%	品位/%			作业回收率/%		
		Ta_2O_5	Nb_2O_5	SnO_2	Ta_2O_5	Nb_2O_5	SnO_2
摇床精矿	0.38	2.68	4.65	39.82	60.86	62.39	63.18
摇床中矿	2.34	0.072	0.081	0.36	10.07	6.69	3.52
摇床尾矿	97.28	0.005	0.009	0.082	29.07	30.92	33.30
给矿	100.00	0.017	0.028	0.24	100.00	100.00	100.00

原矿回收率 Ta_2O_5 24.78%、Nb_2O_5 27.60%、SnO_2 33.08%的重选精矿。

相比磁选-重选联合分选工艺,采用螺旋溜槽预富集+摇床精选的分步重选工艺所获的钽铌锡混合精矿综合指标更优,钽铌锡回收率亦有所提高,但仍仅维持在30%左右,整体回收率依旧偏低。主要原因是原矿粗细不均匀,螺旋溜槽和摇床对微细粒钽铌锡矿物无法有效回收,难以实现均一分选,从而影响钽铌锡回收率。

2.3　分级分段重选试验

由表 3 可知,原矿-0.15 mm 粒级和+0.15 mm粒级产品钽铌锡品位和金属分布率差异较大,使用螺旋溜槽直接分选效果不佳,因此考虑对原矿进行先分级、再分别进行螺旋溜槽粗选和摇床精选。

2.3.1　分级-螺旋溜槽重选试验

采用 0.15 mm 筛对原矿进行筛分,得到-0.15 mm 粒级和+0.15 mm 粒级产品,再分别对这 2 种产品进行螺旋溜槽重选试验。试验流程见图 4,结果见表 8。由表 8 可知,-0.15 mm 粒级产品经螺旋溜槽重选后,钽铌锡得到了明显富集,富集比达 10 倍左右;相比原矿直接螺旋溜槽分选,钽铌锡作业回收率大幅提高,-0.15 mm 螺旋溜槽重选精矿 Ta_2O_5 品位 0.062%、Nb_2O_5 品位0.093%、SnO_2 品位 0.65%,作业回收率 Ta_2O_5 64.32%、Nb_2O_5 70.76%、SnO_2 76.34%,对原矿回收率 Ta_2O_5 52.42%、Nb_2O_5 53.53%、$SnO_2$47.48%。+0.15 mm粒级产品经螺旋溜槽分选后,尽管钽铌锡得到了一定富集,但富集比较低,且钽铌锡作业回收率均较低,分选效果较差,考虑直接作为最终尾矿丢弃。

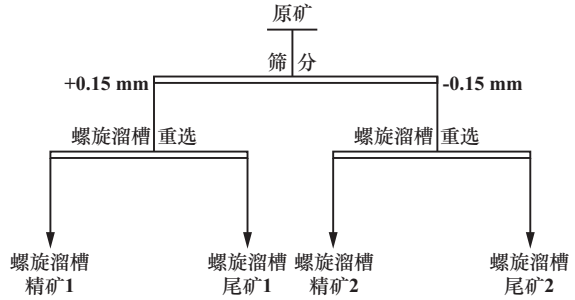


图 4　分级-螺旋溜槽重选试验流程

Fig. 4　Flowchart of classification followed by gravity separation with spiral chute

表 8　分级-螺旋溜槽重选试验结果

Table 8　Test results of classification followed by gravity separation with spiral chute

粒级/mm	产品名称	作业产率/%	品位/%			作业回收率/%		
			Ta_2O_5	Nb_2O_5	SnO_2	Ta_2O_5	Nb_2O_5	SnO_2
+0.15	精矿 1	8.66	0.004 3	0.009 6	0.086 0	30.34	33.74	23.99
	尾矿 1	91.34	0.000 9	0.001 8	0.025 8	69.66	66.26	76.01
	给矿 1	100.00	0.001 2	0.002 5	0.031 1	100.00	100.00	100.00
-0.15	精矿 2	6.85	0.062 0	0.093 0	0.650 0	64.32	70.76	76.34
	尾矿 2	93.15	0.002 5	0.002 8	0.014 8	35.68	29.24	23.66
	给矿 2	100.00	0.006 6	0.009 0	0.058 3	100.00	100.00	100.00

2.3.2　摇床精选试验

-0.15 mm 粒级产品经螺旋溜槽重选后,选矿效率较高,但钽铌锡精矿品位仍较低,因此对-0.15 mm 粒级螺旋溜槽重选精矿进行摇床精选试验。试验流程见图 5,结果见表 9。对-0.15 mm 粒级螺旋溜槽重选精矿进行摇床精选试验,可获得 Ta_2O_5 品位 5.57%、Nb_2O_5 品位7.56%、SnO_2 品位 45.63%,作业回收率 Ta_2O_5 79.48%、$Nb_2O_5$78.99%、SnO_2 65.43%,对原矿回收率 Ta_2O_5 41.66%、Nb_2O_5 42.28%、SnO_2 31.07%的钽铌锡混合精矿。相对磁选-重选联合工艺和分步重选工艺,采用分级分段重选工艺获得的钽铌锡混合精矿品位和回收率更高,尤其是钽铌摇床作业回收率接近80%,锡作业回收率为 65.43%,表明窄粒级分选有利于提高钽铌锡精矿品位和回收率。

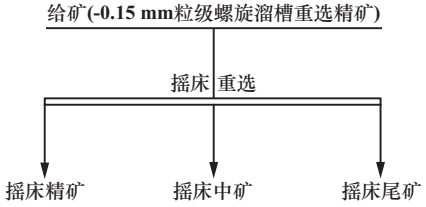


图 5　-0.15 mm 粒级螺旋溜槽重选精矿摇床精选试验流程

Fig. 5　Flowchart for cleaning stage with shaking table for -0.15 mm concentrate from spiral chute

表 9　-0.15 mm 粒级螺旋溜槽重选精矿摇床精选试验结果

Table 9　Test results of cleaning stage with shaking table for -0.15 mm concentrate from spiral chute

产品名称	作业产率/%	品位/%			作业回收率/%		
		Ta_2O_5	Nb_2O_5	SnO_2	Ta_2O_5	Nb_2O_5	SnO_2
摇床精矿	0.94	5.57	7.56	45.63	79.48	78.99	65.43
摇床中矿	3.54	0.22	0.21	4.46	11.82	8.26	24.08
摇床尾矿	95.52	0.006	0.012	0.072	8.70	12.74	10.49
给矿	100.00	0.066	0.090	0.66	100.00	100.00	100.00

3　结论

1) 江西宜春某锂云母浮选尾矿中含有钽铌锡等

有价元素,钽铌主要分布于钽铌锰(铁)矿中,其粒度分布较粗,-0.074 mm 粒级仅占 26.19%。-0.15 mm 粒级产品钽铌锡品位和分布率均较高,而+0.15 mm 粒级产品钽铌锡品位和分布率均较低。

2) 对该尾矿进行了选矿工艺试验研究,采用分级-螺旋溜槽重选-摇床重选的分级-分段重选流程,可获得 Ta_2O_5品位 5.57%、Nb_2O_5品位 7.56%、SnO_2 品位 45.63%,Ta_2O_5、Nb_2O_5、SnO_2 回收率分别为 41.66%、42.28%、31.07%的钽铌锡混合精矿,钽铌锡作业回收率大幅提高。

参考文献(References):

[1] 孙传尧,朱阳戈,宋振国,等. 我国锂铍钽铌矿产资源选冶加工现状与展望[J]. 中国工程科学, 2024,26(5):248-258.
SUN Chuanyao, ZHU Yangge, SONG Zhenguo, et al. Beneficiation, smelting and material processing of lithium, beryllium, tantalum, and niobium mineral resources in China: Current status and prospect[J]. Strategic Study of Cae, 2024,26(5):248-258.

[2] 张锦程,张秀峰,谭秀民,等. 锂云母选矿及提锂进展综述[J]. 矿产保护与利用, 2024(5):68-74.
ZHANG Jincheng, ZHANG Xiufeng, TAN Xiumin, et al. A review on beneficiation and lithium extraction of lepidolite[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2024(5):68-74.

[3] 肖志,何桂春,汪劲刚,等. 钽铌尾矿综合利用研究进展与展望[J]. 金属矿山, 2023(6):127-133.
XIAO Zhi, HE Guichun, WANG Jingang, et al. Progress and prospect of research on comprehensive utilization of tantalum-niobium tailings[J]. Metal Mine, 2023(6):127-133.

[4] 王星. 新疆某锂钽铌铍多金属矿选矿试验研究[J]. 矿冶工程, 2024,44(4):198-202.
WANG Xing. Beneficiation of lithium-tantalum-niobium-beryllium polymetallic ore from Xinjiang[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2024,44(4):198-202.

[5] 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.
LUO Xianping, YANG Zhizhao, ZHANG Yongbing, et al. Mineralogical characteristics and determination of mineral processing principle process of lepidolite ore in Yichun[J]. Chinese Journal of Rare Metals, 2023,47(10):1398-1411.

[6] 汪荣瑞,程永彪,付君浩,等. 高泥锂云母全粒级磁-浮联合选矿工艺[J]. 工程科学学报, 2025,47(4):642-653.
WANG Rongrui, CHENG Yongbiao, FU Junhao, et al. Study on the whole-grain magnetic-float combination beneficiation process of high mud lithium mica[J]. Chinese Journal of Engineering, 2025,47(4):642-653.

[7] 李豪,先永骏,陈灿能,等. 某低品位难选含锂尾矿强化分选回收试验研究[J]. 有色金属(中英文), 2025,15(1):106-115.
LI Hao, XIAN Yongjun, CHEN Canneng, et al. A batch-scale of tests for enhancing separation of a low-grade lithium tailing[J]. Nonferrous Metals, 2025,15(1):106-115.

[8] 谢黎明,姚涛,汪龙飞. 江西某含锂瓷石矿选矿试验研究[J]. 非金属矿, 2024,47(1):59-61.
XIE Liming, YAO Tao, WANG Longfei. Experimental study on beneficiation of a lithium-containing porcelain ore in Jiangxi[J]. Non-Metallic Mines, 2024,47(1):59-61.

[9] 阳晨,黄万抚,张文译,等. 钨冶炼渣中锡的回收工艺研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2024(6):57-63.
YANG Chen, HUANG Wanfu, ZHANG Wenyi, et al. Study on recovery process of tin from tungsten smelting slag[J]. Nonferrous Metals (Mineral Processing Section), 2024(6):57-63.

[10] 李宏,孙金龙,谭秀民,等. 某含铷花岗岩矿石中伴生钽铌锂的综合回收试验研究[J]. 金属矿山, 2022(11):126-133.
LI Hong, SUN Jinlong, TAN Xiumin, et al. Research study on comprehensive recovery for associated tantalum-niobium-lithium from a rubidium-bearing granite ore[J]. Metal Mines, 2022(11):126-133.

[11] 谢帆欣,张博远,杨思琦,等. 江西宜春花岗伟晶岩型锂辉石矿中锂、钽和长石的综合回收[J]. 矿产保护与利用, 2022,42(3):30-37.
XIE Fanxin, ZHANG Boyuan, YANG Siqi, et al. Comprehensive recovery of lithium, tantalum and feldspar from granite pegmatite spodumene ore in Yichun of Jiangxi[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2022,42(3):30-37.

[12] 袁亚君,张婷,李平,等. 江西某钽铌精矿提质试验研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2024,46(11):77-86.
YUAN Yajun, ZHANG Ting, LI Ping, et al. Experimental study on improve quality of a tantalum-niobium ore in Jiangxi[J]. Nonferrous Metals (Mineral Processing Section), 2024,46(11):77-86.

[13] 钟能. 江西大吉山钨业钽铌钨选矿厂试生产调试实践[J]. 中国矿业, 2024,33(9):221-227.
ZHONG Neng. Trial production and commissioning practice of tantalum niobium tungsten concentrator of Jiangxi Dajishan Tungsten Industry[J]. China Mining Magazine, 2024,33(9):221-227.

引用本文: 刘子帅,董战,黎倩文,等. 江西宜春锂云母浮选尾矿钽铌锡综合回收试验研究[J]. 矿冶工程, 2026,46(1):64-68.
LIU Zishuai, DONG Zhan, LI Qianwen, et al. Comprehensive recovery of tantalum, niobium and tin from flotation tailings of lepidolite from Yichun of Jiangxi[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2026,46(1):64-68.