

江西松树岗钠长石化花岗岩型钽铌矿工艺矿物学特征

曾庆友, 潘世语, 彭蜀涛, 俞寒飞

(江西有色地质矿产勘查开发院, 江西 南昌 330001)

摘要: 松树岗钽铌矿为一近年新探明的特大型稀有有色金属矿床, 已探明的钽铌矿资源量目前位居亚洲首位。本文采用多种分析测试手段对松树岗矿区钠长石化花岗岩型钽铌矿石的化学成分、矿物组成、嵌布特征、磁性分析及赋存状态等方面进行了详细研究。详细的工艺矿物学研究为松树岗钽铌矿石及同类型钽铌矿石选矿工艺的选择和开发提供了理论数据。

关键词: 赋存状态; 嵌布特征; 工艺矿物学; 松树岗矿区

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2020.06.030

中图分类号: TD91 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2020) 06-0180-07

钽铌矿主要赋存于花岗岩或花岗伟晶岩中, 少部分分布于碳酸岩型矿床及区域变质、风化壳型矿床等。松树岗钽铌矿床位于下扬子陆块江南古岛弧带东南部, 钦杭东段北部成矿带之怀玉山钽铌多金属萤石磷滑石非金属成矿亚带内, 为灵山地区尤为主要的稀有有色金属矿床。通过对该钽铌矿工艺矿物学的研究, 确定了主要有价元素

在矿石中的赋存状态, 为主要有价元素的利用提供科学依据^[1-3]。

1 矿石的物质组成

1.1 矿石的化学成分

多元素化学分析结果见表 1, 原矿放射性活度测定结果见表 2。

表 1 原矿多元素化学分析结果 /%

Table 1 Multi-elements chemical analysis results of the raw ore

Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	Na ₂ O	K ₂ O	Li ₂ O	Rb ₂ O	S	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂
0.011	0.021	4.02	4.08	0.25	0.2	0.067	0.1	0.02	17.4	67.1
Zn	Pb	TiO ₂	ZrO ₂	WO ₃	Sn	Fe	U*	Th*	Ag*	
0.0439	0.0177	0.042	0.041	0.02	0.025	0.87	39	16	1.42	

* 单位为 g/t。

表 2 原矿放射性比活度测定结果

Table 2 Multi-elements chemical analysis results of the raw ore

检测项目	CRa (Bq/Kg)	CTh (Bq/Kg)	CK (Bq/Kg)	Ira	Ir
检测结果	375	157.9	1131.7	1.9	1.9

表 1 表明, 主要有用元素为钽和铌, Li₂O 和 Rb₂O 达到了伴生综合利用工业指标, 伴生少量硫

化矿, 但未达到综合回收标准。天然放射性核素镭 -236、钍 -232 和钾 -40 放射性比活度检测结果表明, 原矿放射性低于国家放射性物质下限标准。

1.2 矿石的矿物组成

采用 MLA 矿物自动定量检测系统对原矿进行矿物定量检测结果见表 3。

收稿日期: 2020-08-19

作者简介: 曾庆友 (1988-), 男, 高级工程师, 主要从事地质矿产勘查工作。

表3 矿石的矿物组成及相对含量

Table 3 List of mineral composition and relative content analysis results of the ore

矿物	含量 /%	矿物	含量 /%	矿物	含量 /%
钽铌铁矿	0.0363	钠长石	38.7933	磁铁矿	0.0083
铀细晶石	0.0035	钾长石	19.5934	褐铁矿	0.0059
黑钨矿	0.0146	白云母	2.3560	金红石	0.0009
锡石	0.0207	铁锂云母	7.9832	锆石	0.0248
黄铁矿	0.0410	黄玉	3.4457	钼石	0.0129
黄铜矿	0.0021	绿泥石	0.1635	磷灰石	0.0006
闪锌矿	0.1569	高岭石	0.5593	独居石	0.0048
方铅矿	0.0299	蒙脱石	0.0922	磷铝铈石	0.0031
自然铋	0.0012	硅铍石	0.0027	重晶石	0.0059
辉铋矿	0.0024	萤石	0.1449	其他	0.0723
辉钼矿	0.0007	方解石	0.0032	合计	100.0000
石英	26.3811	菱铁矿	0.0319		

由表3可知，矿石中钽铌矿物主要为钽铌铁矿，其次为铀细晶石；钨锡矿物以黑钨矿和锡石为主；硫化矿物种类较多，可见黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿和辉铋矿等；放射性矿物除了铀细晶石之外，还有钼石；非金属矿物以钠长石、正长石、石英和铁锂云母为主，少量黄玉、白云母、绿泥石等以及高岭石、蒙脱石等粘土矿物。

2 主要矿物嵌布粒度测定及磁性分析

2.1 主要矿物嵌布粒度测定

矿石中主要矿物的嵌布粒度见表4。

表4 主要矿物嵌布粒度测定结果

Table 4 Determination results of dissemination size of the main minerals

粒级 /mm	粒度分布 /%		
	钽铌铁矿 *	铀细晶石	铁锂云母
-0.64+0.32	/	/	5.90
-0.32+0.16	4.07	/	15.92
-0.16+0.08	20.34	/	41.86
-0.08+0.04	35.09	39.95	28.15
-0.04+0.02	23.65	21.42	6.85
-0.02+0.01	13.22	19.94	0.41
-0.01	3.62	18.69	0.92
合计	100.00	100.00	100.00

矿石中钽铌铁矿嵌布粒度主要分布在0.01~0.16 mm的粒级范围内，钽铌铁矿+0.02 mm 83%；铀细晶石的嵌布粒度-0.01 mm 18%，+0.04 mm 40%，故铀细晶石重选可选性较差；铁锂云母嵌布粒度相对较粗，属成岩矿物。

2.2 磁性分析

从矿样中筛取-0.1+0.074 mm粒级产品进行磁性分析试验，结果见表5。

表5 原矿(-0.1+0.074 mm)磁性分析结果

Table 5 Results of magnetic analysis of the main minerals (-0.1+0.074mm)

磁级 /mT	产率 /%	品位 /%		回收率 /%	
		Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅
100	/	/	/	/	/
450	0.24	0.037	0.154	0.61	1.26
650	7.17	0.126	0.343	61.93	83.90
850	3.53	0.036	0.049	8.81	5.90
1300	2.23	0.051	0.036	7.81	2.72
非磁	86.83	0.004	0.002	20.83	6.22
合计	100.00	0.015	0.029	100.00	100.00

根据钽铌矿物的磁学性质，大多数钽铌铁矿的磁性范围在500~650 mT，同时含钽越高的钽铌铁矿磁性越弱，铀细晶石基本无磁性，钽和铌在650 mT磁性范围内有较高的富集，铌的回收率比钽高，650 mT以上磁性段钽比铌的回收率高，在1300 mT场强下可富集约79.17%的钽和93.78%的铌，非磁产品的产率达到86.83%，可考虑强磁选抛尾，预选脱除非磁性脉石。

3 主要矿物的嵌布状态和矿物特性

3.1 铌铁矿(Fe,Mn)Nb₂O₆-钽铁矿(Fe,Mn)Ta₂O₆

根据A、B组阳离子中铁/锰和铌/钽原子比分为铌铁矿、铌锰矿、钽铁矿和钽锰矿四个亚种。矿石中属于富铁系列的铌铁矿(Fe,Mn)Nb₂O₆-钽铁矿(Fe,Mn)Ta₂O₆，多数为富铌贫钽的钽铌铁矿，少数为富钽贫铌的钽钼铁矿^[4-5]，化学组成能谱分析结果见表6、7。

表 6 钽铌铁矿化学组成能谱分析结果 /%

Table 6 Energy spectrum analysis results of the chemical composition of tantalite

Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	MnO	FeO	TiO ₂	Sc ₂ O ₃	SnO ₂	WO ₃
62.04	13.63	4.53	15.83	2.15	0.20	0.88	0.75

表 7 铌钽铁矿化学组成能谱分析结果 /%

Table 7 Energy spectrum analysis results of the chemical composition of tantalite

Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	MnO	FeO	TiO ₂	Sc ₂ O ₃	SnO ₂	WO ₃
15.16	53.45	4.32	10.14	2.15	0.44	7.92	2.83

根据钽铌比例可分为富铌的钽铌铁矿及富钽的铌钽铁矿两种, 钽铌铁矿平均 Nb₂O₅ 62.04%, Ta₂O₅ 13.63%; 铌钽铁矿平均 Nb₂O₅ 15.16%, Ta₂O₅ 53.45%, 两者铁含量均大于锰含量, 并混入锡、钨、钛、钨等杂质, 且该钽铌铁矿中较富钨, 可在钽铌冶炼过程综合回收。

钽铌铁矿单矿物化学分析 Ta₂O₅ 17.23%, Nb₂O₅ 54.38%, 呈亮黑色, 不透明, 金属-半金属光泽, 矿物单晶体呈板状和短柱状, 常呈粒状集合

表 8 铀细晶石化学组成能谱分析结果 /%

Table 8 Energy spectrum analysis results of the chemical composition of uranmicrolite

Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	UO ₂	CaO	Na ₂ O	F	TiO ₂	MnO	FeO	Ce ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	La ₂ O ₃	Tm ₂ O ₃	PbO
68.47	4.51	12.15	5.79	3.25	1.43	1.70	0.08	0.17	0.79	0.09	0.02	0.03	1.52

由表 8 可知, 矿石中细晶石富含铀, 为细晶石的富铀变种, 平均 Ta₂O₅ 68.47%, Nb₂O₅ 4.51%, UO₂ 12.15%, 含 Pb、Ce、Nd、La 等稀土元素, 并混入少量 Fe、Mn。铀细晶石呈, 玻璃-油脂光泽, 密度 5.9 ~ 6.4 g/cm³, 莫氏硬度 5 ~ 6。在矿石中含量少, 偶见嵌布于长石、石英颗粒中或粒间^[6-7]。

3.3 锡石 SnO₂

锡石化学组成能谱分析结果见表 9。

表 9 锡石化学组成能谱分析结果 /%

Table 9 Energy spectrum analysis results of the chemical composition of cassiterite

TiO ₂	FeO	Nb ₂ O ₅	SnO ₂	Ta ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	SiO ₂
0.86	1.35	1.38	91.14	4.48	0.37	0.42

由表 9 可知, 锡石中含有数量不等的 Ta、Nb 和 Fe, 个别含钽较高, 且混入少量 Ti、Al、Si 等杂质。

体; 性脆, 硬度 6 (铌铁矿) ~ 6.5 (钽铁矿), 密度随含钽量的增加而增加, 介于 5.15 ~ 8.20 g/cm³; 具电磁性, 含铌越高, 随之含铁越高, 磁性越强含钽越高, 随之磁性越弱, 钽铌铁矿 650 mT 场强进入磁性产品, 少数含钽高的铌钽铁矿磁性较弱, 在 800 ~ 1300 mT 场强进入磁性产品。

矿石中铌铁矿常见呈板状、短柱状或粒状, 多数单个晶粒出现, 有时也见多个晶粒相互嵌连, 有时可见钽铌铁矿具富钽环边。主要嵌布于铁锂云母中, 少数嵌布于长石、石英和黄玉等矿物内部或颗粒间隙, 常见与锡石形成连生或共生。

3.2 铀细晶石 (Ca,Na)₂(Ta,Nb)₂O₆(OH)

细晶石理论化学组成 CaO 10.43%, Na₂O 5.76%, Ta₂O₅ 82.14%, H₂O 1.67%。A 组阳离子为 Ca 和 Na, 但常为 U⁴⁺ 代替 Ca²⁺, 并有 Pb、Bi、Ba 等替代, B 组阳离子为 Ta 和 Nb, 以 Ta 为主, Nb 含量 < 10%。细晶石化学组成能谱分析结果见表 8。

锡石呈浅棕色-深红棕色, 柱状、锥柱状或不规则粒状, 金刚光泽, 莫氏硬度 6 ~ 7, 密度 6.8 ~ 7.0 g/cm³, 性脆。锡石主要嵌布于石英、黄玉粒间, 或与长石、云母等连生, 局部可见锡石嵌布于破碎带中, 与黄铁矿共生。

3.4 黑钨矿 (Mn,Fe)WO₄

黑钨矿含量约为钽铌铁矿矿物量的二分之一。黑钨矿与钽铌铁矿具有很多相似的物理性质, 如颜色、板状晶形、光学性质、磁性等, 并具有近似的可浮性, 在重选、磁选、浮选中黑钨矿都伴随钽铌铁矿富集, 进入钽铌精矿。黑钨矿呈黑色, 板状晶形, 莫氏硬度 4.5 ~ 5.5, 密度 7.12 ~ 7.51 g/cm³, 具弱磁性, 其强度与钽铌铁矿相近。黑钨矿化学组成能谱分析结果见表 10。

表 10 黑钨矿化学组成能谱分析结果 /%

Table 10 Energy spectrum analysis results of the chemical composition of wolframite

MnO	FeO	WO ₃	Sc ₂ O ₃	Nb ₂ O ₅	TiO ₂	SnO ₂
10.37	13.24	75.10	0.22	0.95	0.08	0.04

由表 10 可知, 黑钨矿中普遍含 Nb、Sc, 个别混入 Ti、Sn 等。本矿石中可见黑钨矿呈板状嵌

表 11 铁锂云母化学组成能谱分析结果 /%

Table 11 Energy spectrum analysis results of the chemical composition of zinnwaldite

F	Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	TiO ₂	MnO	FeO	Rb ₂ O	ZnO	Cs ₂ O	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅
2.95	0.20	19.67	47.80	11.06	0.06	1.20	15.99	0.96	0.10	0.00	0.00	0.01

单矿物化学分析: Li₂O 2.41%, Rb₂O 0.98%, Ta₂O₅ 0.007%, Nb₂O₅ 0.013%。铁锂云母呈灰褐色, 薄片呈淡黄白色, 透明, 具珍珠光泽, 密度 2.9 ~ 3.3 g/cm³, 莫氏硬度 2 ~ 3; 具电磁性, 其磁性范围与钽铌铁矿重叠, 450 ~ 850 mT 场强下进入磁性产品。矿石中铁锂云母为成岩矿物, 常见以叶片状集合体与石英、长石连生, 常见微细粒钽铌铁矿嵌布其中。

3.6 长石和石英

矿石长石主要为钠长石和钾长石, 长石含量约占 58%, 石英约占 26%。钾长石和钠长石化学组成能谱分析结果见表 12、13。

表 12 钾长石化学组成能谱分析结果 /%

Table 12 Energy spectrum analysis results of the chemical composition of potassium feldspar

Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	Rb ₂ O	FeO	BaO	Cs ₂ O
0.21	17.86	65.25	15.96	0.67	0.05	0.01	0.00

表 13 钠长石化学组成能谱分析结果 /%

Table 13 Energy spectrum analysis results of the chemical composition of Albite

Na ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	Rb ₂ O	FeO	BaO	Cs ₂ O
0.21	17.86	65.25	15.96	0.67	0.05	0.01	0.00

从表 12、13 可知, 钾长石中平均含 Rb₂O 0.67%, 钠长石中含 Rb₂O 0.10%。长石单矿物分析: Li₂O 0.006%, Rb₂O 0.066%, Ta₂O₅ < 0.001%, Nb₂O₅ < 0.001%; 石英单矿物分析: Li₂O < 0.005%, Rb₂O 0.02%, Ta₂O₅ < 0.005%, Nb₂O₅ < 0.005%。本矿石中长石含量较高, 富集有一定的铷, 若能从钽

布于次生石英微脉中(图 9)。

3.5 铁锂云母 K{(Li,Fe)Al[AlSi₃O₁₀](F,OH)₂}

矿石含有一定量的铁锂云母, 约占矿物总量 8%, 铁锂云母常呈叶片状集合体产出。铁锂云母是稀散金属锂和铷的主要载体矿物, 其化学组成能谱分析结果见表 11。

钽尾矿中提取出来, 可作为长石精矿销售, 可提高该矿的可利用价值。

3.7 黄玉 Al₂[SiO₄](F,OH)₂

矿石中含有一定量的黄玉, 占矿物总量的 3.45%。黄玉呈短柱状, 无色透明, 玻璃光泽, 莫氏硬度为 8, 密度为 3.5 ~ 3.7 g/cm³。黄玉化学组成能谱分析结果见表 14。

表 14 黄玉化学组成能谱分析结果 /%

Table 14 Energy spectrum analysis results of the chemical composition of topaz

F	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Rb ₂ O	FeO
9.03	56.43	34.44	0.06	0.04

黄玉为气成热液矿物, 主要与石英、铁锂云母和长石共生, 常呈碎裂粒状。

3.8 银矿物

原矿多元素分析结果表明, 原矿中含银 1.42 g/t。银多与硫化矿物共生, 可浮性也与硫化矿物相近, 因而从硫化矿粗精矿中, 采用 MLA 分析查明银矿物, 结果表明银矿物种类较复杂, 包括自然银、碲银矿、银黝铜矿、硫铋铜矿、螺状硫银矿和硫铜银矿等, 大多数银矿物与铅、铋矿物紧密连生, 少数与黄铜矿连生。

4 主要有价元素在矿石中的赋存状态

4.1 钽的平衡分配

钽在矿石中的平衡分配见表 15。

表 15 钽在各矿物中的平衡分配

Table 15 Equilibrium distribution of tantalum in various minerals

矿物	含量 /%	Ta ₂ O ₅ 含量 /%	Ta ₂ O ₅ 分配率 /%
钽铌铁矿	0.0363	17.23	57.30
铀细晶石	0.0035	68.47	21.95
黑钨矿	0.0156	/	/
锡石	0.0207	4.48	8.50
硫化矿物	0.2342	/	/
铁锂云母	10.3392	0.007	6.63
长石	58.3867	0.0006	3.21
石英	26.3811	0.001	2.42
黄玉	3.4457	/	/
其他	1.137	/	/
合计	100.00	0.0109	100.00

由表 15 可知, 钽主要以钽铌铁矿和铀细晶石的矿物形式存在, 钽的占有率分别为 57.30% 和 21.95%, 锡石中含钽 8.50%; 分散于铁锂云母、长石和石英中的钽分别为 6.63%、3.21% 和 2.42%。

4.2 铌的平衡分配

铌在矿石中的平衡分配见表 16。

表 16 铌在各矿物中的平衡分配 /%

Table 16 Equilibrium distribution of niobium in various minerals

矿物	含量 /%	Nb ₂ O ₅ 含量 /%	Nb ₂ O ₅ 分配率 /%
钽铌铁矿	0.0363	54.38	88.33
铀细晶石	0.0035	4.51	0.71
黑钨矿	0.0156	0.95	0.66
锡石	0.0207	1.38	1.28
硫化矿物	0.2342	/	0.00
铁锂云母	10.3392	0.013	6.01
长石	58.3867	0.0007	1.83
石英	26.3811	0.001	1.18
黄玉	3.4457	/	0.00
其他	1.137	/	0.00
合计	100.00	0.0223	100.00

由表 16 可知, 铌主要以钽铌铁矿矿物形式存在, 钽铌铁矿中铌的占有率达 88.33%; 赋存于铀细晶石、锡石、黑钨矿中的铌分别为 0.71%、0.66% 和 1.28%; 分散于铁锂云母、长石和石英中的铌分别为 6.01%、1.83% 和 1.18%。

4.3 锂的平衡分配

锂在矿石中的平衡分配见表 17。

表 17 锂在主要矿物中的平衡分配

Table 17 Equilibrium distribution of lithium in various minerals

矿物	含量 /%	Li ₂ O 含量 /%	Li ₂ O 分配率 /%
铁锂云母	10.3392	2.41	98.31
长石	58.3867	0.006	1.38
石英	26.3811	0.003	0.31
黄玉	3.4457	/	/
其他	3.8107	/	/
合计	100.0000	0.253	100.00

由表 17 可知, 锂主要赋存于铁锂云母中, 锂的占有率达 98%, 长石和石英中基本不含锂。

4.4 铷的平衡分配

铷在矿石中的平衡分配见表 18。

表 18 铷在主要矿物中的平衡分配

Table 18 Equilibrium distribution of rubidium in various minerals

矿物	含量 /%	Rb ₂ O 含量 /%	Rb ₂ O 分配率 /%
铁锂云母	10.3392	0.98	50.35
长石	58.3867	0.17	49.32
石英	26.3811	0.002	0.26
黄玉	3.4457	0.004	0.07
其他	1.4473	/	/
合计	100.0000	0.201	100.00

由表 18 可知, 铷主要赋存于铁锂云母和长石中, 铷的占有率分别为 50.35% 和 49.32%, 石英和黄玉基本不含铷。

5 结 论

(1) 矿石除钽铌为主要回收的元素外, 锂、铷也达到了工业品位, 可考虑综合回收, 此外, 银含量 1.42 g/t, 可在硫化物精矿中综合回收。

(2) 钽铌矿物主要为钽铌铁矿, 次为铀细晶石; 钨锡矿物以黑钨矿和锡石为主; 硫化矿物种类较多, 可见黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿和辉铋矿等; 放射性矿物除了铀细晶石之外, 还有钍石; 非金属矿物以钠长石、正长石、石英和

铁锂云母为主，少量黄玉、白云母、绿泥石等以及高岭石、蒙脱石等粘土矿物。

(3) 矿物组成中约96%为密度 $< 3 \text{ g/cm}^3$ 的长石、石英、云母等轻矿物，重选丢尾有利于钽铌的富集。

(4) 重矿物中除了硫化矿物之外，主要有黄玉、锆石、钽石、钽铌铁矿、细晶石、黑钨矿、锡石等。基于钽铌矿物含量低，重矿物种类繁多选矿难点在于钽铌精选，尤其是黑钨矿与钽铌铁矿密度、磁性以及浮选性质均相近，物理选矿方法难以将两者分离，需辅以水冶方法分离。

(5) 矿石中钽铌铁矿嵌布粒度主要分布0.01 ~ 0.16 mm的粒级范围内，粒度+0.02 mm的钽铌铁矿约占83%；铀细晶石嵌布粒度-0.01 mm 18%，+0.04 mm 40%，故铀细晶石重选可选性较差；铁锂云母属于成岩矿物，其嵌布粒度相对较粗，处于适合选矿的粒度范围。

(6) 钽和铌在650 mT磁性范围内有较高的富集，铌的回收率比钽高，650 mT以上磁性段钽比铌的回收率高，在1300 mT场强可富集约79.17%的钽和93.78%的铌，非磁产品的产率达到86.83%。因此，可考虑强磁选抛尾，预先脱除约87%的脉石，但采用磁选抛尾，因铀细晶石无磁性，尾矿中钽的损失较大。

(7) 钽主要以钽铌铁矿、铀细晶石的矿物形式存在，赋存于锡石、铁锂云母、长石和石英中钽少量；铌主要以钽铌铁矿矿物形式存在，赋存于铀细晶石、锡石、黑钨矿中、铁锂云母、长石和石英中的铌少量。

(8) 锂主要赋存于铁锂云母中，锂的占有率达98%，长石和石英中基本不含锂。铷主要赋存于铁锂云母和长石中，铷的占有率分别为50.35%和49.32%。

(9) 银矿物包括自然银、碲银矿、银黝铜矿、

硫铋铜矿、螺状硫银矿和硫铜银矿等均具良好可浮性，且大多数银矿物与铅、铋矿物紧密连生，少数与黄铜矿连生，可从硫化矿精矿中回收银。

参考文献：

- [1] 张阳, 陈军, 吴师金. 坦桑尼亚姆潘达地区某碳酸岩型钽铌矿选矿试验研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2018(4):61-65. Zhang Y, Chen J, Wu Sh J. Experiment study on mineral processing of carbonate-type niobium tantalum ore in Mpanda, Tanzania[J]. Nonferrous Metals(Mineral Processing Section), 2018(4):61-65.
- [2] 吴师金, 刘庭忠, 周瑜, 等. 坦桑尼亚姆潘达地区某钽矿工艺矿物学研究[J]. 矿产综合利用, 2020(2):122-127. Wu S J, Liu T Zh, Zhou Y, et al. Study on process mineralogy of niobium in Mpanda, Tanzania[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2020(2):122-127.
- [3] 尹文君. 宁乡式铁矿石选矿方法研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2008. Yin W J. Study on concentration methods of Ningxiang type iron[D]. Northeastern University, 2008.
- [4] 李美荣, 邱显扬, 梁冬云, 等. 广东某低品位钽铌铍多金属矿石工艺矿物学研究[J]. 矿产保护与利用, 2019(2):47-53. Li M R, Qiu X Y, Liang D Y, et al. Process mineralogy study of low-grade rare and polymetallic ore Tantalum-niobium-rubidium-beryllium from Guangdong[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2019(2):47-53.
- [5] 俞寒飞, 朱志成. 江西松树岗稀有金属矿床钽铌赋存状态[J]. 西部探矿工程, 2018, 30(12):105-108. Yu H F, Zhu Zh Ch. The Occurrence of tantalum-niobium in Songshugang rare metal deposit, Jiangxi[J]. West-china Exploration Engineering, 2018, 30(12):105-108.
- [6] 周旻, 曾晓建, 陈正钱. 江西葛源稀有金属矿床钽铌赋存状态[J]. 江西有色金属, 2006(4):1-5. Zhou M, Zen X J, Chen Zh Q. The occurrence of tantalum-niobium in Geyuan rare metal deposit, Jiangxi[J]. Jiangxi Nonferrous Metals, 2006(4):1-5.
- [7] 马驰, 卫敏, 卞孝东, 等. 江西横峰特大型钽铌矿工艺矿物学研究[J]. 稀有金属, 2011, 35(5):736-746. Ma Ch, Wei M, Bian X D, et al. Process mineralogy in super large Hengfeng tantalum-niobium deposit in Jiangxi province. [J]. Chinese Journal of Rare Metals, 2011, 35(5):736-746.

(下转 179 页)

Review of Technology of Rubidium Extraction from Silicate Ore Resources

Fu Xin, Wang Ling

(University of Beijing Science and Technology, Beijing, China)

Abstract: In recent years, with the demand of new energy and other fields, the development and utilization of rubidium ore has been rapidly developed. The rubidium ore mainly exists in granite pegmatite, carnallite and potash deposits. At present, most of rubidium is extracted from granite pegmatite. Its resource characteristics are large scale and low grade. The carrier minerals are mainly lepidolite, iron lepidolite, pollucite and potash feldspar. This article summarizes the extraction process of rubidium from silicate ore resources systematically. The extraction process of rubidium ore is mainly acid leaching method, alkali roasting leaching method and salt roasting water immersion method. Acid leaching process has the advantage of high leaching efficiency, but the disadvantage is that there are many impurities in the leaching solution, which brings great difficulties to the subsequent separation. The alkaline process is mature, and the rubidium extraction rate is high, but the amount of slag is large and the cost is high. The salt roasting water immersion method has a high recovery efficiency and a small amount of slag, but produces harmful gases to pollute the environment, and the generated gases are easy to corrode the equipment. In order to solve the problems of low resource utilization, a large amount of slag and heavy environmental pollution in the development and utilization of rubidium ore, the collaborative extraction and productization of aluminum and potassium are the key development directions.

Keywords: Rubidium; Silicate ore; Extraction process; Environmental protection; Collaborative extraction

////////////////////////////////////
(上接 185 页)

Technological Mineralogical Characteristics of Songshugang Albitized Granite Type Tantalum-niobium Ore in Jiangxi Province

Zeng Qingyou, Pan Shiyu, Peng Shutao, Yu Hanfei

(Jiangxi Nonferrous Metal Geology and Mineral Resources Exploration and Exploitation Institute, Nanchang, Jiangxi, China)

Abstract: The Songshugang tantalum-niobium deposit is a newly proved oversize rare metal deposit, which holds the largest resources of tantalum-niobium in Asia. A lot of analysis and testing are carried out to research the chemical composition, mineral composition, dissemination characteristics, magnetic analysis and occurrence of the albitized granite type tantalum-niobium ore in Songshugang mining area. The detailed technological mineralogical characteristics research has provided theoretical information for the mineral processing technology and development of Songshugang tantalum-niobium ore and the same type tantalum-niobium ore.

Keywords: Occurrence; Dissemination Characteristics; Process Mineralogy; Songshugang mining