

滇南地区某钒钛磁铁矿工艺矿物学研究

刘飞燕¹, 谢志远², 邓冰¹, 张渊¹, 刘应冬¹, 周家云¹

(1. 中国地质科学院矿产综合利用研究所, 四川 成都 610041; 2. 四川省地质矿产(集团)有限公司, 四川 成都 610036)

摘要: 这是一篇工艺矿物学领域的论文。滇南地区某钒钛磁铁矿矿石不仅有较高的铁、钛, 而且伴生钒元素。为实现矿石综合利用, 对该矿进行了工艺矿物学研究。采用 X 射线荧光光谱分析及化学分析手段, 查明了矿石化学成分; 利用 X 射线衍射分析仪 (XRD)、扫描电镜与能谱分析 (SEM-EDS)、电子探针 (EPMA) 等方法, 研究了矿物的工艺特征, 重点考查了铁、钛元素的赋存状态。研究结果表明: 矿石中铁的主要载体矿物为钛磁铁矿、角闪石, 其次为铁钛矿; 钛的载体矿物主要为铁钛矿, 少量赋存于榍石中; 钒主要分布在角闪石中。元素配分结果表明, 铁、钛的理论品位分别为 71.02%、47.40%, 理论回收率分别为 40.52%、66.48%。分析了影响选矿回收指标的矿物学因素, 为后续选冶工艺提供了理论支撑。

关键词: 工艺矿物学; 钛磁铁矿; 赋存状态; 钒; 综合利用

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2023.04.031

中图分类号: TD952; P575 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2023) 04-0200-05

铁、钛是与全球经济发展关系密切的金属, 在国民经济中占有重要地位, 广泛应用于粉末冶金、制药、航空、催化剂等领域。滇南地区某钒钛磁铁矿是近年来发现的中-大型钒钛磁铁矿, 位于哀牢山变质岩带南段东部边缘, 红河断裂与哀牢山断裂夹持部位, 含矿岩石为斜长角闪岩, 与围岩 (顶、底板) 呈渐变过渡关系。相比攀西钒钛磁铁矿, 滇南钒钛磁铁矿为低品位钒钛磁铁矿, 但储量大, 具有极大的综合利用价值。目前矿区地质背景已摸清, 矿石可利用性工作正在研究, 为便于选矿制定合理的工艺流程, 形成低品位钒钛磁铁矿资源综合利用成套技术^[1], 采集了不同类型多点位有代表性矿石开展了系统工艺矿物

学研究。

矿物嵌布特征主要采用光学显微镜 (Zeiss DR), 矿石矿物定量采用矿物自动分析仪 (Sigma 300)、理学衍射仪 (Ultima IV) 等多手段相结合的方法, 查明了有价元素的赋存状态, 为制定合理的选冶工艺提供理论依据。

1 矿石矿物组成

1.1 化学成分

矿石综合样化学分析见表 1, 由表 1 可知, 矿石中钒含量较低^[2]。矿石中 TFe 含量为 20.02%, 属于贫矿等级, 矿石 TFe/TiO₂=2.89, 根据典型铁钛矿床中铁钛比值, 可划归为高钛型矿石。

表 1 矿石化学多项分析结果/%
Table 1 Chemical composition of the ore

TFe	TiO ₂	V ₂ O ₅	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	S	P	Cu	Co	Ni	Sc ₂ O ₃ *	Cr ₂ O ₃	FeO	烧损
20.02	6.92	0.14	34.50	7.77	9.24	7.68	0.30	0.10	0.025	0.012	0.011	65.8	0.016	13.82	0.53

*单位为: g/t。

收稿日期: 2023-06-10

基金项目: 四川省科技厅项目 (2022ZHCG0124); 中国地质调查局地质大调查项目 (DD22021697)

作者简介: 刘飞燕 (1975-), 女, 高级工程师, 从事各类矿产的工艺矿物学研究。

通信作者: 谢志远 (1977-), 男, 高级工程师, 主要从事地质调查工作。

1.2 化学物相分析

铁物相结果见表2，钛物相结果见表3。铁主要从铁矿物中回收；钛原则上只有钛铁矿中的钛可以通过选矿回收，钛磁铁矿中的钛则进入铁精

矿，但钛磁铁矿矿物中含钛比例低，获得的铁精矿含钛量相应较低，其它钛主要是赋存在硅酸盐矿物中，则进入尾矿。

表2 铁物相分析结果
Table 2 Chemical phases of iron

名称	钛磁铁矿中铁	钛铁矿中铁	菱铁矿中铁	赤、褐铁矿中铁	硫化物中铁	硅酸盐中铁	总铁
含量/%	8.23	2.63	0.20	0.58	1.20	7.12	19.96
占有率/%	41.23	13.18	1.00	2.91	6.01	35.67	100.00

表3 钛物相分析结果
Table 3 Chemical phases of titanium

名称	钛铁矿中TiO ₂	钛磁铁矿中TiO ₂	其他TiO ₂	总TiO ₂
含量/%	4.46	0.49	1.97	6.92
占有率/%	64.45	7.08	28.47	100.00

1.3 矿物组成

矿石的矿物组成见表4，矿石中矿物种类较多，接近20种，但含量高的矿物种类较少。金属矿物包括磁铁矿、钛铁矿、黄铁矿、褐铁矿、黄铜矿、磁黄铁矿、蓝辉铜矿等。脉石矿物包括角闪石、斜长石、黑云母、石英、金红石、锆石、磷灰石、高岭石、白云母等。矿物含量表中可以看出，矿石中除铁、钛矿物外，含量高的矿物是角闪石，其他矿物含量均较低。

表4 矿石的矿物组成及相对含量
Table 4 Mineral composition and its relative content in the ore

矿物名称	含量/%	矿物名称	含量/%
磁铁矿	11.35	榍石	3.42
钛铁矿	9.79	长石	2.24
角闪石类	66.37	黑云母	2.09
		硫化物	0.48
绿帘石、绿泥石	2.61	其他	1.65

2 矿石的结构构造

矿石的结构包括似海绵陨铁结构、半自形—它形晶粒状结构、固溶体分解结构、交代和交代残留结构、包含结构和嵌晶结构。其中似海绵陨铁结构为矿石主要结构，硅酸盐矿物呈自形—半自形晶，磁铁矿和钛铁矿以粒度较细的它形晶集合体环绕于硅酸盐矿物晶粒间隙；半自形—它形晶粒状结构表现为角闪石等硅酸盐矿物呈自形—半自形晶，磁铁矿、钛铁矿呈它形粒状充填于上

述矿物粒间，晶粒形态大小受间隙形态控制；固溶体结构的特征为钛铁矿—磁铁矿组成的固溶体分解结构：交代和交代残留结构见于黄铁矿在表生作用条件下氧化为褐铁矿，本次研究的矿石，褐铁矿化偶见。此外，矿石中偶见黄铜矿被次生铜矿物交代呈残留状、斜长石绿帘石化等；包含结构多见于角闪石中包裹有铁钛矿物等。

矿石构造主要为稀疏浸染状构造和星散浸染状构造等。磁铁矿和钛铁矿组成的金属矿物集合体含量在矿块中占比20%~30%，且金属矿物和脉石矿物分布大致均匀，构成稀疏浸染状构造；磁铁矿和钛铁矿矿物呈星点状较均匀地分散于脉石矿物粒间，构成星散浸染状构造；部分矿石中铁钛矿物相对集中，大致沿一个方向分布，呈似条带状构造；此外，部分矿石中磁铁矿和钛铁矿相对集中呈不规则状斑块集合体分布在矿石中，呈斑杂状（团块状）构造^[3]。

3 主要矿物的工艺特征

3.1 钛磁铁矿

钛磁铁矿主要呈它形粒状或它形粒状集合体形式嵌布在矿石中，嵌布类型较多，主要包括：

(1) 与钛铁矿、榍石毗连，在脉石矿物粒间呈充填式，粒径在35~200 μm，是钛磁铁矿的主要嵌布形式；(2) 呈断续交错脉状嵌布在脉石中，脉宽受脉石形态影响；(3) 呈微细片晶嵌布在硅酸盐解理缝中，这类钛磁铁矿磁选时易随脉石进入尾矿；(4) 赤铁矿化后呈蠕虫状嵌布在粗粒钛铁矿中，这种类型细磨仍难单体解离，随钛铁矿颗粒进入钛精矿；(5) 被榍石交代的钛磁铁矿嵌布在脉石中。钛磁铁矿电子探针结果显示钛含量低，钛磁铁矿的铁理论品位高，且有微量MgO、Co、MnO、Sc₂O₃等（表5）。

表 5 钛磁铁矿电子探针分析结果/%
Table 5 Results of electron microprobe analysis of titanomagnetite

点	MgO	TiO ₂	FeO	MnO	CoO	Sc ₂ O ₃
1	0.021	0.354	92.796	0.01	0.135	0.012
2	0.027	0.355	92.451	0.026	0.092	/
3	0.041	0.113	92.756	0.037	0.152	0.003
4	0.051	0.105	92.25	0.015	0.084	/
5	0.041	0.112	92.606	0.035	0.109	0.005
6	0.043	0.211	92.623	0.032	0.141	/
7	0.019	0.174	92.019	0.018	0.092	0.003
8	0.026	0.129	92.561	0.034	0.195	/
平均	0.034	0.194	92.500	0.026	0.125	0.003

钛磁铁矿粒度统计结果见表 6，粒径+0.1 mm 68.41%，+0.074 mm 78.63%，-0.02 mm 3.55%，说明钛磁铁矿粒度整体较粗。

表 6 钛磁铁矿粒度统计结果

Table 6 Grain size of magnetite

粒级/mm	+0.5	-0.5+0.10	-0.10+0.074	-0.074+0.04	-0.04+0.02	-0.02
含量/%	6.79	61.62	10.22	10.47	7.35	3.55
累计/%	6.79	68.41	78.63	89.10	96.45	100.00

表 7 钛铁矿电子探针分析结果/%

Table 7 Results of electron microprobe analysis of ilmenite

点	MgO	TiO ₂	FeO	MnO	CoO	Sc ₂ O ₃
1	0.047	51.447	47.384	1.531	0.01	/
2	0.050	50.089	47.255	1.507	0.069	0.001
3	0.027	49.992	48.059	1.562	0.064	/
4	0.046	49.526	47.543	1.484	0.006	0.029
5	0.033	49.008	48.344	1.408	0.072	0.006
6	0.036	49.80	48.194	1.515	0.073	0.018
7	0.031	49.32	48.345	1.508	0.055	0.033
8	0.065	50.824	47.63	1.376	0.063	/
平均	0.042	50.001	47.840	1.486	0.052	0.011

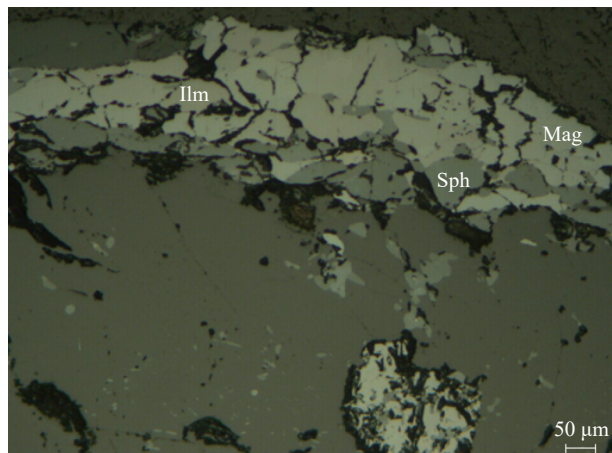


图 1 铁、钛矿物毗连，边缘和裂隙被榍石交代
Fig.1 Iron and titanium minerals are adjacent, and the edges and fractures are replaced by sphenes

3.2 钛铁矿

钛铁矿是矿石中钛的主要载体矿物，普遍榍石化。钛铁矿嵌布类型包括：（1）呈它形粒状，与磁铁矿毗连分布在脉石粒间，反映了与磁铁矿同时结晶的特点；（2）被榍石交代后与磁铁矿毗连嵌布在脉石粒间；（3）呈自形一半自形被脉石包裹，这部分钛铁矿与脉石接触界面平直，磨矿时容易解离；（4）钛铁矿呈它形较粗粒状，颗粒内部出溶蠕虫状铁矿物，蠕虫状铁矿物粒径介于 0.4~10 μm。这些铁矿物的存在导致钛铁矿中 TiO₂ 含量降低和矿物磁性增强；（5）呈它形粒状嵌布在脉石中。钛铁矿电子探针分析结果见表 7，钛铁矿中含微量 MgO、MnO，有 Sc₂O₃ 指示。钛铁矿被榍石交代的图像见图 1、2。

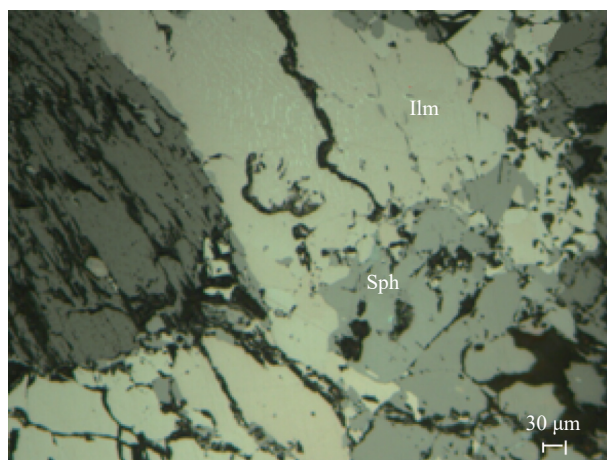


图 2 钛铁矿颗粒被榍石沿边缘交代
Fig.2 Ilmenite particles are metasomatized along the edge by sphenes

矿石中钛铁矿粒度统计结果见表 8，钛铁矿粒度+0.1 mm 65.59%，+0.074 mm 73.16%，钛铁矿粒度整体较粗。钛铁矿中的蠕虫状铁矿物常规磨矿难以解离，与钛铁矿颗粒算为整体进行统计。

3.3 角闪石

矿石中主要的脉石矿物，呈淡绿-黑绿色。经能谱扫描主要为单斜角闪石，多数呈自形-半自形板柱状变晶，正中突起，具典型角闪石式解理^[4]，多色性明显。在矿石中粒度大小不等，粗者可见 5 mm

以上，细者仅十多微米，主要在 0.15~1.1 mm 之间。经电子探针分析，角闪石中含 TiO₂ 0.58%±、

Fe 11.63%±，其他元素的含量见表 9。

表 8 钛铁矿粒度统计结果
Table 8 Grain size of ilmenite

粒级/mm	+0.5	-0.5+0.10	-0.10+0.074	-0.074+0.04	-0.04+0.02	-0.02
含量/%	18.57	47.02	7.57	11.22	10.92	4.70
累计/%	18.57	65.59	73.16	84.38	95.30	100.00

表 9 角闪石电子探针分析结果/%
Table 9 Results of electron microprobe analysis of hornblende

点	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MgO	CaO	MnO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	FeO	Total
1	1.229	0.257	0.587	12.088	11.956	0.242	9.296	44.561	14.918	95.133
2	1.277	0.224	0.574	12.522	11.926	0.201	8.981	44.934	14.695	95.334
3	1.478	0.306	0.587	12.258	11.28	0.271	9.688	44.149	15.249	95.265
平均	1.328	0.262	0.583	12.289	11.721	0.238	9.321	44.548	14.954	95.244

3.4 硫化物

矿石中硫化物含量低，主要为黄铁矿，其次为黄铜矿、偶见铜蓝和磁黄铁矿等。硫化物按形成时间以岩浆晚期—岩浆期后生成的硫化物为主。岩浆晚期硫化物主要以不规则粒状充填于早期生成的矿物粒间。其中以在脉石粒间、裂隙为主，在铁钛矿物和脉石接触带嵌布为次，少量硫化物被包裹在脉石中或铁钛矿物中。硫化物粒径在 0.01~0.15 mm。

铁：矿石中的铁的载体矿物较多，主要分布于钛磁铁矿中；其次分布在钛铁矿和脉石中；硫化物中的铁含量很低。脉石中铁的赋存状态复杂，主要分布在角闪石中。

3.5 黑云母

呈片状变晶，集合体不均匀分布角闪石、斜长石等脉石粒间，局部被绿泥石交代。集合体粒度主要在 0.15~1.0 mm 之间。

钛：钛主要以钛铁矿形式赋存，其次在榍石中，其他形式的钛量少或微。

3.6 长石

矿石中斜长石主要呈它形粒状嵌布在角闪石粒间或被其包裹，含量 2.24%，属斜长石中的中斜长石类，粒度 0.1~1 mm，聚片双晶纹常见，部分颗粒被绢-白云母、绿帘石交代呈残余状。斜长石的磁性很弱，选铁尾矿选钛时易与钛铁矿分离，进入最终尾矿。

表 10 矿石中铁、钛的平衡配分

Table 10 Equilibrium distribution of iron, titanium and scandium in ore

矿物名称	矿物量/%	含量/%		配分量/%		分配率/%	
		TFe	TiO ₂	TFe	TiO ₂	TFe	TiO ₂
钛磁铁矿	11.35	71.02	0.50	8.06	0.06	40.52	0.86
钛铁矿	9.79	36.52	47.40	3.58	4.64	18.00	66.48
角闪石类	66.37	11.62	1.02	7.71	0.68	38.76	9.74
榍石	3.42	/	40.80	/	1.40	/	20.06
黑云母	2.09	14.70	2.78	0.31	0.06	1.56	0.86
其它	6.98	3.23	1.98	0.23	0.14	1.16	2.00
合计	100.00			19.89	6.98	100.00	100.00

4 有价元素的赋存状态

有价元素的赋存状态是选矿制定工艺流程的重要参考依据。为精确了解矿石铁、钛的赋存状态，在对矿物电子探针成分分析基础上，挑选了单矿物，并对矿物中的关键元素进行了化学分析（表 10）。单矿物分析结果对选矿指导意义更大，更接近试验真实结果。

5 矿石性质对选矿指标的影响

综合分析，影响选铁的因素有三方面：（1）钛磁铁矿中，铁理论品位为 71.02%，远高于攀西地区钛磁铁矿，选矿易获得高质量铁精矿；（2）铁的理论回收率为 40.52%，40.32% 的铁为脉石中的铁，角闪石产生了重要影响；（3）少量钛磁铁矿呈蠕虫状被钛铁矿包裹或呈微细板状分布于脉石解理缝中，这类型钛磁铁矿即使深度细磨亦难单体解离，选矿实验中分别进入钛精矿和脉石产品

中,造成铁的损失。

影响选钛的因素有五方面:(1)钛铁矿中, TiO_2 含量为 47.40%,理论品位较低,制约了钛精矿的品质;(2)钛铁矿普遍榭石化,榭石化通常沿着钛铁矿的边缘、裂隙方向进行,磨矿时钛铁矿颗粒上容易“附着”或“粘连”有微粒榭石而呈连体状态。榭石属硅酸盐矿物,榭石化的钛铁矿颗粒,实际上是钛铁矿和脉石的连生体,进入钛精矿将导致精矿中 TiO_2 品位下降,对选矿作业不利;(3)钛的理论回收率为 66.48%,钛磁铁矿中钛的分布率分别为 0.86%,即铁精矿中理论上不会带走太多的钛;(4)矿石中少量钛铁矿晶粒中心部位出溶蠕虫状、片晶状铁矿物。这些铁矿物粒径仅几微米,即使细磨也难以从钛铁矿中解离出来,可能导致钛精矿中铁含量增高;(5)钛浮选作业中的主要问题在于如何分离钛铁矿、榭石和角闪石,主要为钛铁矿与榭石的解离。

6 结 论

(1)矿石中可供利用的铁、钛工业矿物主要为钛磁铁矿、钛铁矿,脉石矿物种类虽多,但主要为角闪石类。钛磁铁矿多与钛铁矿混杂分布在硅酸盐矿物的粒间,磁铁矿中铁品位达 71%±,远高于攀西地区钛磁铁矿的铁品位,且矿石中分布在钛磁铁矿中的铁占总铁的 40.52%。矿石中钛铁矿钛理论品位为 47.4%,分布在钛铁矿中的钛占总铁的 66.48%。

(2)选矿试验浮钛前脱硫可获得硫钴精矿,可综合回收利用铜、钴、镍等硫化物。

(3)矿石中的 Sc_2O_3 品位为 65.8 g/t,未发现铈的独立矿物,铈主要集中于尾矿中,尾矿主要矿物为角闪石类矿物,建议矿山未来加强尾矿中铈的利用^[5-10],增加资源附加价值。

参考文献:

- [1] 刘飞燕,杨磊,陈家彪,等.某铁矿床中铁钴矿物的工艺矿物学研究[J].现代矿业,2011,27(12):119-120.
LIU F Y, YANG L, CHEN J B, et al. Study on process mineralogy of iron and cobalt minerals in an iron ore deposit[J]. Modern Mining, 2011, 27(12):119-120.
- [2] 刘飞燕.云南金平县钒钛磁铁矿工艺矿物学研究报告[R].中国地质科学院矿产综合利用研究所,2016.
LIU F Y. process mineralogy study report on vanadium-

titanium-scandium magnetic iron ore in Jinping County, Yunnan[R]. Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, 2016.

[3] 程仁举,刘飞燕,李成秀,等.甘肃某含钒钛铁矿工艺矿物学研究[J].有色金属(选矿部分),2019(4):1-5.

CHENG R J, LIU F Y, LI C X, et al. Research on process mineralogy of a scandium-bearing ilmenite in Gansu Province[J]. Nonferrous Metals(Mineral Processing Section), 2019(4):1-5.

[4] 常丽华,陈曼云,等.透明矿物薄片鉴定手册[M].北京:地质出版社,2006.

CHANG L H, CHEN M Y, et al. Handbook of thin slice identification of transparent minerals [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006.

[5] 刘应冬,徐力,王先达,等.攀枝花钒钛磁铁矿尾矿中主要金属元素淋滤浸出行为研究[J].矿产综合利用,2020(6):84-90.

LIU Y D, XU L, WANG X D, et al. Study on leaching behavior of main metal elements from panzhihua vanadium-titanium magnetite tailings[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2020(6):84-90.

[6] 洪秋阳,李美荣,李波,国外某难选冶钒钛铁矿石工艺矿物学特征[J].矿产综合利用,2020(6):48-55.

HONG Q Y, LI M R, LI B, et al. Process mineralogical characteristics of a foreign refractory vanadium-titanium iron ore[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2020(6):48-55.

[7] 陈福林,杨晓军,杨道广,等.肃某低品位钒钛磁铁矿工艺矿物学研究[J].矿产综合利用,2020(6):64-68.

CHEN F L, YANG X J, YANG D G, et al. Research on process mineralogy for a low grade vanadium titanomagnetite in Gansu province[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2020(6):64-68.

[8] 陆显志,路沛瑶,陈英杰,等.云南某钛铁矿的工艺矿物学研究[J].矿产综合利用,2022(2):206-210.

LU X Z, LU P Y, CHEN Y J, et al. Study on process mineralogy of ilmenite in Yunnan Province[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2022(2):206-210.

[9] Yun Neradovsky, 等.钛铁矿形态类型对 Gusevogorskoe 矿床可加工性的影响 [C]. IOP 系列会议:地球与环境科学,2019(1):012050.

Yun Neradovsky, et al. Influence of morphological types of ilmenite on processability of titanomagnetite ore of Gusevogorskoe deposit[C]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019(1):012050.

[10] 李城,王伟之.钒钛磁铁矿中钛的柱机联合全浮工艺试验研究[J].矿产综合利用,2019(3):40-43.

LI C, WANG W Z. Experimental research on column-cell integration full flotation technology of titanium in vanadium titanium magnetite[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2019(3):40-43.

(下转第 210 页)

of Beneficiation Process of Rare Metal Ore after Closed Digestion

Lei Yong, Gou Yuxia, Yi Jianchun, Zhao Chaohui, Pan Gang, Yu Tao

(Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, Technology Innovation Center for Comprehensive Utilization of Strategic Minerals Resources, Ministry of Natural Resources, Chengdu, Sichuan, China)

Abstract: This is an essay in the field of mineral analysis. The ore sample was digested with Hydrochloric acid, nitric acid, hydrofluoric acid, sulfuric acid in a closed polytetrafluoroethylene digestion tank. Hydrochloric acid and tartaric acid medium is used for extraction. The Lithium, Beryllium, niobium and tantalum in the prepared solution were determined by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES). The emission spectral intensity of Lithium, Beryllium, niobium and tantalum showed a good linear relationship with $\rho(\text{Li})$ and $\rho(\text{Be})$ in the range of $0\sim 50\ \mu\text{g/mL}$, $\rho(\text{Nb}_2\text{O}_5)$ and $\rho(\text{Ta}_2\text{O}_5)$ in the range of $0\sim 100\ \mu\text{g/mL}$. The correlation coefficients of the calibration curve for Lithium, Beryllium, niobium and tantalum were both 0.9999. The detection limits for Lithium, Beryllium, niobium and tantalum were $0.1\ \mu\text{g/g}$, $0.5\ \mu\text{g/g}$, $1.0\ \mu\text{g/g}$, $0.1\ \mu\text{g/g}$, respectively. The proposed method was applied to the determination of the actual sample giving recovery rate of $94.6\%\sim 105.6\%$ and the relative standard deviations (RSD $n=11$) of Lithium, Beryllium, niobium and tantalum are $1.08\%\sim 7.04\%$, $0.65\%\sim 13.06\%$, $2.59\%\sim 7.32\%$, $2.02\%\sim 7.60\%$, respectively. This method was applied to the analysis of the standard sample and the results were consistent with the certified values.

Keywords: Mineral analysis; Closed digestion; Tartaric acid; Lithium; Beryllium; Niobium; Tantalum; Inductively coupled plasma atomic emission spectrometry

(上接第 204 页)

Process Mineralogy of a Titanomagnetite in South Yunnan

Liu Feiyan¹, Xie Zhiyuan², Deng Bing¹, Zhang Yuan¹, Liu Yingdong¹, Zhou Jiayun¹

(1. Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Chengdu, Sichuan, China; 2. Sichuan Geological and Mineral Resources Group Co., Ltd, Chengdu, Sichuan, China)

Abstract: This is an essay in the field of process mineralogy. A titanium magnetite ore in Yunnan not only has high iron and titanium, but also is associated with scandium. In order to realize the comprehensive utilization of the ore, the process mineralogy of the ore was studied. The chemical composition of the ore was identified by means of X-ray fluorescence spectroscopy and chemical analysis; The technological characteristics of the minerals were studied by means of X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy and energy dispersive analysis (SEM-EDS), electron probe microanalysis (EPMA), and the occurrence state of scandium was emphatically investigated. The results show that the main carrier minerals of iron in ore are titanomagnetite and amphibole, followed by ilmenite; The carrier mineral of titanium is mainly ilmenite, with a small amount occurring in sphene; Scandium is mainly distributed in amphibole. The results of elemental distribution show that the theoretical grades of iron, titanium and scandium are 71.02%, 47.40% and 96.63 g/t respectively, and the theoretical recoveries are 40.52%, 66.48% and 97% respectively. The mineralogical factors affecting the recovery index of mineral processing are analyzed, which provides a theoretical support for the subsequent beneficiation and smelting process.

Keywords: Process mineralogy; Titanomagnetite; Occurrence status; Scandium; Comprehensive utilization