

湖北竹溪岩屋沟 - 青岩沟铌矿矿石物质组成及铌的赋存状态研究

魏均启, 朱丹, 桂博艺, 鲁力, 王芳, 潘诗洋

(湖北省地质试验测试中心, 自然资源部稀土稀有分散矿产重点实验室, 湖北 武汉 430034)

摘要: 矿物自动定量分析系统 (MLA) 结合显微镜下观察, 查明了岩屋沟 - 青岩沟铌矿矿石中 Nb_2O_5 含量为 0.0903%, 矿石中主要脉石矿物组成为碱性长石和斜长石, 主要含铌矿物为易解石和铌易解石, 次为含铌榍石, 矿物含量为 0.08%、0.02% 和 0.34%; Nb 主要赋存于易解石中, 其次为含铌榍石和铌易解石中, 配分率分别为 49.40%、28.44% 和 22.16%。Ta 主要赋存于易解石中, 其次为铌易解石中, 配分率为 74.48% 和 25.52%。矿物的连生关系简单, 主要与脉石矿物碱性长石连生, 但粒度都很细小, 粒度分布上属于较难选级别。

关键词: 铌矿; 物质组成; 赋存状态; 岩屋沟 - 青岩沟

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2020.06.027

中图分类号: TD952 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2020) 06-0158-05

湖北竹溪岩屋沟 - 青岩沟铌矿为湖北省地质调查院在鄂西北地区新发现的铌矿床, 通过 2016 年至 2018 年的矿产地质调查, 目前圈出了两条矿体, 含矿岩石以粗面质熔结凝灰岩和粗面质火山角砾岩为主, 少数为含钾长石斑晶粗面岩和粗面质晶屑凝灰岩^[1-3]。矿体品位较稳定, 但该矿床矿石矿物物质组成复杂, 铌的赋存状态不明, 为使有价金属得到有效利用, 需要对其矿物组成、矿石的结构构造、矿物之间的共伴生关系和铌的赋存状态进行研究^[4]。本文对湖北竹溪岩屋沟 - 青岩

沟铌矿矿石样品进行分析, 基本上查清了矿石化学成分, 矿物组成、主要矿物嵌布特征和粒度特征及铌的赋存状态等, 为选冶工艺流程的试验设计提供了可靠的科学依据。

1 矿石的物质组成

1.1 矿石的化学组成

矿石原矿样品化学组成分析采用荧光光谱法和电感耦合等离子体质谱法, 分析结果见表 1。

表 1 原矿化学多项分析结果 /%

Table 1 Multi-element analysis results of the raw ore

Nb_2O_5	REO	SiO_2	CaO	K_2O	Na_2O	Al_2O_3	MgO	TFe_2O_3	TiO_2	P_2O_5	MnO	S*	Lost
0.0903	0.174	58.01	1.05	5.02	6.68	19.04	1.56	4.52	1.02	0.09	0.36	203.1	2.35

* 单位为 10^{-6}

从表 1 可以看出, 原矿含 Nb_2O_5 为 0.0903%, 略高于原生铌矿的最低工业品位 0.08%^[5], 此外, 矿石中还伴生稀土、硫等有用元素。

1.2 矿石的矿物组成

经偏光显微镜下鉴定结合扫描电镜和 X 射线能谱分析^[6], 基本查明了矿石中矿物的类型和含量 (表 2), 分析发现矿石中主要矿物组成为碱性长石和斜长石, 其次为黑云母, 主要含铌

收稿日期: 2020-06-11; 改回日期: 2020-09-28

基金项目: 湖北省地质局 2019 年度科技项目 (KJ2019-29)

作者简介: 魏均启 (1980-), 男, 工程师, 硕士, 矿物学、岩石学、矿床学专业, 主要从事岩矿鉴定及综合地质研究工作。

矿物为易解石和铌易解石，矿物含量为 0.08% 和 0.02%，合计为 0.1%；其次为含铌榍石，矿物含量为 0.34%。

表 2 矿石的矿物组成
Table 2 Ore mineral composition

矿物名称	质量百分比 /%	面积百分比 /%	颗粒数	矿物相数
石英	0.07	0.07	121	123
斜长石	30.31	31.02	80463	183794
碱性长石	49.29	51.29	119146	560485
白云母	3.98	3.80	28747	65687
黑云母	12.44	10.83	61429	228480
方解石	0.13	0.13	1482	2357
高岭石	0.04	0.04	183	254
磷灰石	0.11	0.09	887	995
辉石	0.66	0.50	14273	28960
绿泥石	0.23	0.21	1590	1616
萤石	0.07	0.06	1232	1749
含铌榍石	0.34	0.26	3910	5088
榍石	0.95	0.73	20284	42718

褐帘石	0.67	0.45	14268	23062
锆石	0.07	0.04	1184	1343
褐铁矿	0.03	0.02	84	91
钛铁矿	0.43	0.25	4357	7377
黄铁矿	0.01	0.01	24	28
磁黄铁矿	0.01	0.01	35	41
闪锌矿	0.01	0.01	92	92
方铅矿	0.00	0.00	17	18
铌易解石	0.02	0.01	106	124
易解石	0.08	0.04	1066	1285
其他	0.06	0.15	3704	4565
合计	100.00	100.00	190293	1160332

2 元素在矿物中的配分

部分关键元素分配特征见表 3，配分计算数据显示：Nb 主要赋存于易解石中，配分率占 49.40%；其次赋存于含铌榍石和铌易解石中，配分率分别为 28.44% 和 22.16%。Ta 主要赋存于易解石中，配分率 74.48%，其次赋存于铌易解石中，配分率 25.52%。

表 3 元素分配特征 /%
Table 3 Element allocation feature

矿物名称	Ca	Fe	K	Na	Nb	S	Ta	Th
斜长石	55.23	0.00	0.00	49.84	0.00	0.00	0.00	0.00
碱性长石	0.00	0.00	68.26	48.79	0.00	0.00	0.00	0.00
白云母	0.00	0.00	8.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
黑云母	0.00	60.77	23.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
方解石	5.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
磷灰石	4.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
辉石	0.01	12.03	0.00	1.38	0.00	0.00	0.00	0.00
绿泥石	0.00	4.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
萤石	3.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
含铌榍石	6.88	0.37	0.00	0.00	28.44	0.00	0.00	0.00
榍石	19.39	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
褐帘石	4.77	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
褐铁矿	0.00	1.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
钛铁矿	0.00	14.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
黄铁矿	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	36.77	0.00	0.00
磁黄铁矿	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	35.51	0.00	0.00
闪锌矿	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	26.55	0.00	0.00
方铅矿	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	0.00	0.00
铌易解石	0.04	0.00	0.00	0.00	22.16	0.00	25.52	14.54
易解石	0.00	0.00	0.00	0.00	49.40	0.00	74.48	85.46
合计	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

3 矿石矿物特征

3.1 铌易解石

铌易解石化学成分能谱分析(表4)显示 Nb 含量在 21.05%~23.45% 之间,平均含量为 22.53%, Ta 含量在 0.40%~0.70% 之间,平均含量为 0.55%,结合能谱谱图(图1)还可看出铌易解石中除 Nb、Ta 外,还含有稀土元素及少量的 Y、Th、U。

表 4 铌易解石化学成分能谱分析 /%
Table 4 Chemical energy spectrum analysis of niobium aeschnite

O	Fe	Y	Nb	Th	U	Ca	Ti	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Gd	Ta
29.95	1.08	1.01	22.53	0.35	0.12	2	14.48	3.06	15.68	1.53	6.72	0.72	0.24	0.55

3.2 易解石

易解石化学成分能谱分析(表5)显示 Nb 含量在 12.27%~19.09% 之间,平均含量为 15.60%, Ta 含量在 0.32%~1.47% 之间,平均为 0.64%,对比铌易解石可以看出,铌易解石中 Nb 的含量比易解石高,而 Ta 的含量相关不大,结合图2可以看出,易解石中还含有稀土元素。

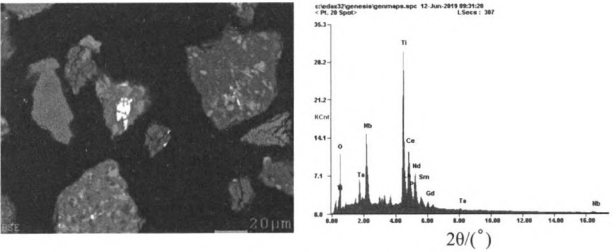


图 2 易解石 X 射线能谱成分分析
Fig. 2 X-ray energy spectrum of aeschnite of composition

表 5 易解石化学成分能谱分析 /%
Table 5 Chemical energy spectrum analysis of eschynite

O	Nb	Ti	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Gd	Ta
37.26	15.6	17.19	4.36	16.99	1.39	6.11	0.27	0.17	0.64

3.3 含铌榧石

含铌榧石化学成分能谱分析见表6和图3,含铌榧石中 Nb 含量较低,在 0.79%~2.12% 之间,平均含量为 1.38%,推测榧石中的 Nb 主要是以类质同像的方式替代 Ti 而存在于矿物之中。

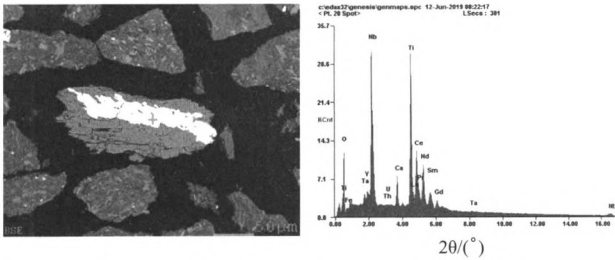


图 1 铌易解石 X 射线能谱成分分析
Fig. 1 X-ray energy spectrum analysis of niobium aeschnite

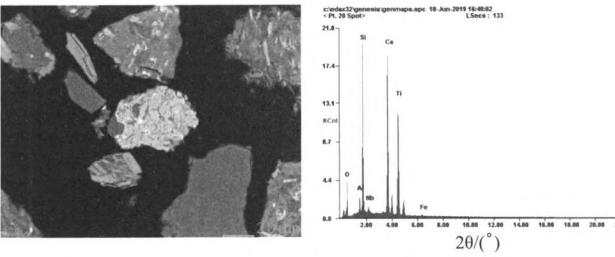


图 3 含铌榧石 X 射线能谱成分分析
Fig. 3 X-ray energy spectrum analysis of niobium-containing sphene

表 6 含铌榧石化学成分能谱分析 /%
Table 6 Chemical energy spectrum analysis of niobium-containing sphene

O	Al	Si	Nb	Ca	Ti	Fe
24.63	2.92	19.58	1.38	24.9	25.95	0.63

4 矿石矿物的粒度分布及连生关系

4.1 矿物粒度分布

有用矿物的粒度分布范围是影响选矿磨矿细度的重要指标^[7],为了弄清铌矿物的粒度分布特征,分别对铌易解石、易解石和含铌榧石的粒度分布进行了统计,结果见表7。由表7可知,铌矿物粒度均以细粒为主,其粒度均小于 75 μm,其中铌易解石 -19 μm 84.49%,易解石 -19 μm 99.52%,含铌榧石 -19 μm 93.55%。

表7 铌矿物粒度分布
Table 7 Particle size distribution of niobium minerals

筛孔径 /μm	铌易解石			易解石			含铌榍石		
	筛上 /%	累计筛上 /%	累计筛下 /%	筛上 /%	累计筛上 /%	累计筛下 /%	筛上 /%	累计筛上 /%	累计筛下 /%
90	0	0	100	0	0	100	0	0	100
75	0	0	100	0	0	100	1.33	1.33	98.67
63	12	12	88	0	0	100	0.89	2.22	97.78
53	0	12	88	0	0	100	0.29	2.51	97.49
45	0	12	88	0	0	100	0.67	3.18	96.82
38	0	12	88	0	0	100	0.31	3.5	96.5
32	0	12	88	0	0	100	0.21	3.71	96.29
27	0	12	88	0.48	0.48	99.52	0.96	4.66	95.34
22	1.32	13.33	86.67	0	0.48	99.52	1	5.66	94.34
19	2.18	15.51	84.49	0	0.48	99.52	0.79	6.45	93.55
16	2.27	17.78	82.22	0	0.48	99.52	4.31	10.76	89.24
13.5	2.35	20.13	79.87	0	0.48	99.52	4.43	15.19	84.81
11.4	0.85	20.98	79.02	0.1	0.58	99.42	7.88	23.08	76.92
9.6	1.62	22.6	77.4	0.43	1.01	98.99	5.39	28.47	71.53
8.1	25.11	47.71	52.29	0.41	1.42	98.58	6.82	35.29	64.71
6.8	2.34	50.05	49.95	0.45	1.87	98.13	11.79	47.08	52.92
5.7	1.71	51.76	48.24	3.78	5.65	94.35	9.04	56.12	43.88
4.8	9.93	61.69	38.31	4.68	10.33	89.67	13.32	69.44	30.56
4.1	12.68	74.37	25.63	11.09	21.42	78.58	11.7	81.15	18.85
3.4	11.24	85.61	14.39	17.04	38.46	61.54	8.96	90.11	9.89
2.9	6.92	92.53	7.47	11.83	50.29	49.71	5.8	95.91	4.09
2.4	7.09	99.62	0.38	13.33	63.62	36.38	2.96	98.87	1.13
2	0.03	99.65	0.35	14.45	78.07	21.93	0.88	99.75	0.25
1.75	0.03	99.68	0.32	4.82	82.88	17.12	0.15	99.89	0.11
1.45	0.03	99.71	0.29	10.47	93.35	6.65	0.08	99.97	0.03
1.2	0	99.71	0.29	3.66	97.01	2.99	0	99.97	0.03
1	0	99.71	0.29	2.04	99.05	0.95	0.03	100	0
0.87	0.29	100.00	0	0.41	99.46	0.54	0	100	0
0.73	0	100.00	0	0.54	100.00	0	0	100	0
0.62	0	100.00	0	0	100.00	0	0	100	0

4.2 矿物连生关系

利用显微镜观察和扫描电镜能谱分析对铌矿物的连生情况进行了研究，铌矿物的连生关系如下：铌易解石主要与碱性长石连生，其次与斜长石、黑云母及易解石连生；易解石主要与碱性长石连生，其次与斜长石、黑云母及白云母连生；含铌榍石主要与碱性长石连生，其次与斜长石、黑云母及榍石连生。

分析发现，铌矿物主要与碱性长石连生，其次与斜长石、黑云母等脉石矿物连生，多呈板状、

柱状或不规则粒状，但其粒度细微，对选矿工艺设计影响较大。

5 结 论

(1) 矿石样品中 Nb_2O_5 为 0.0903%，接近原生铌矿的最低工业品位；矿石中主要脉石矿物组成为碱性长石和斜长石，主要含铌矿物为易解石和铌易解石，矿物含量为 0.08% 和 0.02%；其次为含铌榍石，矿物含量为 0.34%。

(2) Nb 主要赋存于易解石中，配分率占比

高达 49.40%，其次赋存于含铌榍石和铌易解石中，配分率分别占 28.44% 和 22.16%；Ta 主要赋存于易解石中，配分率占 74.48%，其次赋存于铌易解石中，配分率占 25.52%。铌易解石中 Nb 平均含量为 22.53%，Ta 平均含量为 0.55%，易解石中 Nb 平均含量为 15.60%，Ta 平均含量为 0.64%，含铌榍石中 Nb 平均含量为 1.38%。

(3) 铌矿物的主要连生矿物均为碱性长石，连生关系简单，而铌矿物粒度均很细小，全部小于 75 μm ，其中铌易解石 -19 μm 84.49%，易解石 -19 μm 99.52%，含铌榍石 -19 μm 93.55%，从粒度分布上看，属于较难选的矿物。

参考文献：

- [1] 刘万亮, 刘成新, 杨成, 等. 南秦岭竹溪天宝一带铌矿地质特征及找矿前景分析 [J]. 资源环境与工程, 2015, 29(6): 779-784.
- [2] 朱江, 程昌红, 王连训, 等. 南秦岭竹山地区早古生代碱性岩浆活动及其相关铌稀土成矿的若干认识 [J]. 岩石矿物学杂志, 2017, 36(5): 681-690.
- [3] 杨成, 刘成新, 刘万亮, 等. 南秦岭竹溪县天宝乡粗面岩地球化学特征与铌成矿 [J]. 岩石矿物学杂志, 2017, 36(5): 605-618.
- [4] 熊玉旺. 云南某钽铌矿中钽、铌的赋存状态研究 [J]. 有色金属: 选矿部分, 2014 (1): 1-20.
- [5] 邵厥年, 陶维屏. 矿产资源工业要求手册 [M]. 北京: 地质出版社, 2014. 217-225.
- [6] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [7] 曾广圣, 欧乐明. X 射线衍射—扫描电镜等技术研究秘鲁铜硫矿石选矿工艺矿物学特征 [J]. 岩矿测试, 2019, 38(2): 160-168.
- [8] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [9] 曾广圣, 欧乐明. X 射线衍射—扫描电镜等技术研究秘鲁铜硫矿石选矿工艺矿物学特征 [J]. 岩矿测试, 2019, 38(2): 160-168.
- [10] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [11] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [12] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [13] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [14] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [15] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [16] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [17] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [18] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [19] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [20] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [21] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [22] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [23] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [24] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [25] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [26] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [27] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [28] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [29] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [30] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [31] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [32] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [33] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [34] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [35] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [36] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [37] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [38] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [39] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [40] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [41] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [42] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [43] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [44] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [45] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [46] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [47] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [48] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [49] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [50] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [51] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [52] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [53] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [54] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [55] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [56] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [57] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [58] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [59] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [60] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [61] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [62] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [63] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [64] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [65] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [66] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [67] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [68] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [69] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [70] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [71] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [72] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [73] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [74] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [75] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [76] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [77] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [78] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [79] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [80] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [81] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [82] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [83] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [84] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [85] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [86] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [87] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [88] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [89] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [90] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [91] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [92] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [93] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [94] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [95] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [96] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [97] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [98] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [99] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.
- [100] 魏均启, 鲁力, 吴健, 等. 湖北竹溪县某铌矿矿物组成及 Nb 的赋存状态 [J]. 矿产综合利用, 2016 (2): 74-77.

Research on Mineral Composition and Niobium Occurrence State of Niobium Ore in Yanwugou-Qingyangou, Zhuxi, Hubei

Wei Junqi, Zhu Dan, Gui Boyi, Lu Li, Wang Fang, Pan Shiyang

(Hubei Geological Research Laboratory, Key Laboratory of Rare Mineral Experimental Technology, Ministry of Natural Resources, Wuhan, Hubei, China)

Abstract: Combined with Mineral Liberation Analysis (MLA) and observation under the microscope, the Nb_2O_5 content in the Yanwugou-Qingyangou niobium ore is 0.0903%. The main gangue minerals in the ore are alkaline feldspar and plagioclase, and the main niobium-bearing minerals are aeschynite and niobium aeschynite, secondary is niobium-containing sphene, and the contents are 0.08%, 0.02% and 0.34% respectively. The Nb element is mainly stored in aeschynite, followed by niobium-containing sphene and niobium aeschynite, and the proportions are 49.40%, 28.44% and 22.16%, respectively. The Ta element is mainly stored in aeschynite, followed by niobium aeschynite, the distribution ratio is 74.48% and 25.52%. The continuous relationship of minerals is simple, mainly with the gangue mineral alkaline feldspar, but the particle size is very small, and the mineral particle size is a difficult sorting level.

Keywords: Niobium ore; Material composition; Occurrence state; Yanwugou-Qingyangou