

攀西红格矿区橄辉岩型钒钛磁铁矿矿石性质研究及对选矿工艺的影响

惠博, 杨耀辉

(中国地质科学院矿产综合利用研究所, 中国地质调查局金属矿产资源综合利用技术研究
中心, 四川 成都 610041)

摘要: 本文利用矿相显微镜、电感耦合等离子体发射光谱 (ICP-AES)、扫描电子显微镜 (SEM)、X 射线能谱探针 (EDS) 等手段对红格矿区橄辉岩型钒钛磁铁矿进行了详细的工艺矿物学研究。原矿化学分析结果表明矿石为高钛型钒钛磁铁矿贫矿; 矿物定量结果表明: 含钛磁铁矿 25.5%、钛铁矿 11.5%、辉石 45.8%、橄榄石 10.5%、斜长石 1%。样品为稀疏—中等浸染状矿石, 普遍发育海绵陨铁结构, 工艺粒度整体较粗。结合选矿试验情况以及同其他矿区的比较, 本文指出红格矿区矿石性质发生了重大转变: ①橄辉岩型钒钛磁铁矿中非磁性矿物斜长石含量大大降低, 导致各矿物间磁性差异缩小; ②辉石和橄榄石易蚀变泥化, 内部普遍含有磁性包裹体, 如赤铁矿和磁铁矿, 磁性增强。矿石性质的转变对传统选铁和浮钒作业形成了严重挑战, 新的选矿工艺呼之欲出。

关键词: 红格矿区; 橄辉岩型钒钛磁铁矿; 工艺矿物学

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2020.04.021

中图分类号: TD951 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2020) 04-0126-04

红格钒钛磁铁矿不仅是攀西四大矿区之最, 也是国内目前最大的钒钛磁铁矿矿床。矿体赋存于海西早期形成的巨大层状—似层状中碱性—基性—超基性分异杂岩体中, 岩浆分异作用好, 属晚期岩浆结晶分异矿床^[1-4]。矿体形成 8 个相对独立的大中型矿区, 其中路枯矿区岩体厚度大, 各类含矿层齐全, 矿体规模大, 研究程度最高, 该区即所称“红格矿区”, 又分为“南矿区”和“北矿区”。矿床以中、贫矿石为主, 伴生有益组分种类多, 是以铁钛为主的综合性特大型多金属矿

床, 其铬、钴、镍、铜及铂族元素含量比攀西地区同类型矿床的含量高^[5-7]。本文样品取自红格南矿区, 通过详细的工艺矿物学研究, 查清了矿石的基本性质, 为后续选矿工艺提出了建议。

1 物质组成

1.1 化学组成

利用 X 射线荧光光谱 (XRF)、电感耦合等离子体发射光谱 (ICP-AES) 等方法对样品进行了化学分析 (表 1)。

表 1 化学分析结果 /%
Table 1 Chemical analysis results

TFe	FeO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	V ₂ O ₅	Cu	Co	Ni	Cr	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	NaO	S
22.29	17.2	12.73	8.95	0.19	0.019	0.016	0.041	0.056	29.1	4.47	11.96	15.11	0.2	0.32

收稿日期: 2019-08-13

基金项目: 格陵兰岛西南部稀土—铀矿产资源潜力评价 (DD20190446)。

作者简介: 惠博 (1984-), 男, 博士, 高级工程师, 矿物学、岩石学和矿床学研究方向。

通讯作者: 杨耀辉 (1985-), 男, 博士, 副研究员, 主要从事钒钛等战略资源综合利用研究工作, yangyaohuiyyh@126.com。

1.2 矿物组成

攀枝花四大矿区中，红格矿区占有非常重要的地位，其矿石类型的特殊性集中表现在其矿物组成中^[8]。利用矿相显微镜、扫描电子显微镜 (SEM)、X 射线能谱探针 (EDS) 等手段对样品中的矿物类型和矿物含量进行了综合研究，并与其他矿区的贫矿 Fe3 综合样矿物组成进行了对比^[9] (表 2)。

表 2 矿物组成对比 / %
Table 2 Comparison of mineral composition

	典型 矿区	钛磁 铁矿	钛铁 矿	硫化 物	辉石	橄榄 石	斜长 石	其他
红格 矿区	试验 样品	25.5	11.5	1.20	45.8	10.5	1	4.5
	北矿区	31.62	12.62	1.47	34.51	5.72	14.06	/
	南矿区	32.85	11.64	1.53	33.44	5.18	15.36	/
攀 枝 花 矿区	攀 枝 花 兰尖段	30.51	9.35	1.62	32.64	/	25.88	/
	攀 枝 花 朱家包 包段	27.25	11.64	1.68	34.3	/	25.13	/
	白 马 及坪段	34.48	4.2	1.57	21.85	11.98	24.92	/
白 马 矿区	白 马 田 家村段	31.15	6.5	1.6	22.59	12.39	25.77	/
太 和 矿区	太 和	29.39	13.77	0.99	31.15	/	23.18	/

按照矿石自然类型的划分标准和脉石矿物中主要硅酸盐矿物的相对含量，判断本次试样为橄辉岩型钒钛磁铁矿矿石。试样中全铁含量为 22.29%， $TFe/TiO_2=2.49$ ，属于高钛型钒钛磁铁矿贫矿。

2 工艺粒度

矿物工艺粒度是选择选矿方法和制定工艺流程的重要依据，因此，必须对粒度进行精确的测量和统计^[9]。对于攀枝花地区钒钛磁铁矿，选矿工艺中的目的矿物为钛磁铁矿、钛铁矿和硫化物。脉石矿物为被排除的矿物，据此，将矿石中的矿物划分为四类：钛磁铁矿、钛铁矿、硫化物和脉石矿物，由于红格矿区样品的特殊性，本次单独统计了脉石矿物中辉石和橄榄石的工艺粒度 (表 3)。

表 3 样品中主要矿物的工艺粒度
Table 3 Process particle size of main minerals in samples

粒度 /mm	+5.0	+3.0	+2.0	+1.0	+0.5	+0.2	+0.1	+0.075	+0
钛磁铁矿	区间粒度		0.50	3.14	20.31	44.06	17.56	8.12	6.31
	累计粒度	0.00	0.00	0.50	3.64	23.95	68.01	85.57	100.00
钛铁矿	区间粒度			4.65	22.78	48.20	14.33	5.54	4.50
	累计粒度	0.00	0.00	0.00	4.65	27.43	75.63	89.96	100.00
硫化物	区间粒度			7.69	12.31	21.36	26.00	14.33	18.31
	累计粒度	0.00	0.00	0.00	7.69	20.00	41.36	67.36	100.00
辉石	区间粒度	2.78	12.38	16.09	27.54	22.79	10.31	4.68	1.12
	累计粒度	2.78	15.16	31.25	58.79	81.58	91.89	96.57	100.00
橄榄石	区间粒度	1.79	9.78	16.09	21.41	21.01	14.32	6.41	5.17
	累计粒度	1.79	11.57	27.66	49.07	70.08	84.40	90.81	100.00

3 矿物学特征

在矿相显微镜研究的基础上，通过扫描电镜和能谱探针对样品中的主要矿物钛磁铁矿、钛铁矿、辉石、橄榄石等进行了详细的结构和成分分析，以此来查明钒钛的主要载体矿物，及矿石中的有益组分和有害组分 (图 1、2)。

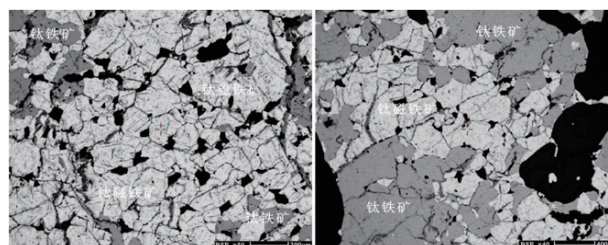


图 1 钒钛磁铁矿组构分析 (背散射图像)

Fig. 1 Texture analysis of vanadium titano magnetite (Backscatter Image)

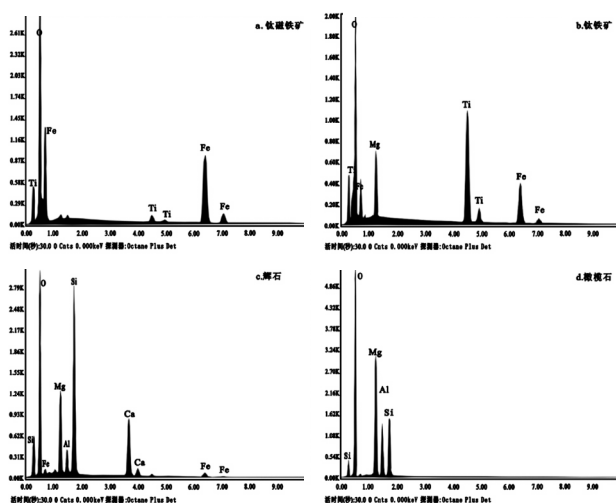


图 2 主要矿物 X 射线特征能量谱线

Fig. 2 X-ray characteristic energy spectral lines of main minerals

3.1 钛磁铁矿

钛磁铁矿是主要含铁的工业矿物,亦是钛、钒、铬、镓等有益组分的载体。钛磁铁矿是由主晶矿物磁铁矿和各种出溶物钛铁矿、尖晶石、钛铁晶石组成的复合矿物,系固溶体分解作用所形成。通过扫描电子显微镜和能谱探针,对样品中的典型钛磁铁矿进行了分析,钛磁铁矿的固溶体分离结构由两部分构成,主晶磁铁矿和客晶钛铁矿,二者在空间上表现为钛铁矿穿插于磁铁矿内部,将磁铁矿“分割”。钛磁铁矿中钛铁矿的含量决定了钛磁铁矿的理论品位。

4 矿石性质对选矿工艺的影响

矿石性质对选矿工艺具有非常重要的影响^[10-11]。本次样品为典型的橄辉岩型矿石,矿石性质特殊,主要从两个方面影响选铁和浮钛作业。

一是橄辉岩型钒钛磁铁矿中非磁性矿物斜长石含量大大降低,导致各矿物间磁性差异缩小,表现为弱磁抛尾作业率下降;选铁过程中进入精矿的杂质增加,从而夹带更多的强磁性矿物,如磁黄铁矿,进而影响铁精矿品位;由于斜长石含量大大降低了,因而无法通过抛除斜长石而提高钛的品位,强磁选钛作业效率降低。二是辉石和橄榄石易蚀变泥化,内部普遍含有磁性包裹体,如

赤铁矿和磁铁矿,磁性增强。这将导致,选铁作业时,磁性较强的辉石和橄榄石颗粒会进入铁精矿;选铁尾矿强磁富集钛铁矿时,辉石、橄榄石和钛铁矿无法通过强磁作业被完全分离,从而一同进入浮选分离作业阶段;浮选作业阶段,辉石和橄榄石本身的结构特征和蚀变特征使其容易泥化,从而影响本阶段钛的回收率。

参考文献:

- [1] 武斌,曹俊兴,唐玉强,等. 红格地区钒钛磁铁矿地质特征及地球物理找矿的探讨[J]. 地质与勘探,2012(1): 140-147.
- [2] 武晓霁,邢长明,曹永华,等. 攀西地区红格层状岩体上部带中单斜辉石的环带结构特征及其成因[J]. 地球化学,2018,47(6):636-648.
- [3] 刘才泽,秦建华,李明雄,等. 四川攀西地区钒钛磁铁矿成矿元素富集过程模拟与资源潜力评价[J]. 吉林大学学报:地球科学版,2013,43(3):758-775.
- [4] 傅敏军. 攀西红格钒钛磁铁矿床地质特征及控矿因素分析[D]. 成都:成都理工大学,2012.
- [5] 赵国君,申文金,赵祺彬,等. 攀西红格矿区钒钛磁铁矿开发利用探讨[J]. 中国国土资源经济,2018,36-38.
- [6] 谭其尤,陈波,张裕书,等. 攀西地区钒钛磁铁矿资源特

点与综合回收利用现状[J]. 矿产综合利用, 2011(6): 6-9.

Tan Q Y, Chen B, Zhang Y S, et al. Characteristics of Vanadium-titanium magnetite resources and current Situation of comprehensive recovery and utilization in Panxi Region [J]. Comprehensive Utilization and Mineral Resources, 2011(6): 6-9.

[7] 邓冰, 张渊, 徐明, 等. 攀西某钒钛磁铁矿深部矿石选铁试验[J]. 现代矿业, 2013(12): 23-26.

Deng B, Zhang Yuan, Xu Ming, et al. Deep ore separation test of a vanadium-titanium magnetite in Panxi [J]. Modern Mining, 2013(12): 23-26.

[8] 李俊翰, 孙宁, 罗金华. 攀西某钒钛磁铁矿的物质组成与结构特征研究[J]. 钢铁钒钛, 2016, 37(5): 70-75.

Li J H, Sun N, Luo jinhua. Study on the material composition and structural characteristics of a vanadium-titanium magnetite in panxi [J]. Vanadium-titanium iron, 2016, 37(5): 70-75.

[9] 吴本羨, 孟长春, 范章节, 等. 攀枝花钒钛磁铁矿工艺

矿物学[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1998.

Wu, B X, Meng C C, Fan Z J, et al. Panzhihua vanadium-titanium magnetite process mineralogy [M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 1998.

[10] 陈超, 张裕书, 张少翔, 等. 某低品位钒钛磁铁矿选铁试验及选铁过程中元素走向[J]. 钢铁钒钛, 2018, 39(5): 85-91.

Chen C, Zhang Y S, Zhang S X, et al. Iron separation experiment of a low-grade vanadium-titanium magnetite and the trend of elements in the process of iron separation [J]. Vanadium-titanium iron, 2018, 39(5): 85-91.

[11] 杨耀辉, 惠博, 廖祥文, 等. 红格低品位难选橄辉岩型钒钛磁铁矿选铁试验[J]. 金属矿山, 2016(10): 77-82.

Yang Y H, Hui B, Liao X W, et al. Ore dressing test of Red lattice low-grade refractory tropicite type Vanadium titanium magnetite [J]. Metal Mine, 2016(10): 77-82.

Properties of Olive-pyroxene Vanadium-titanium Magnetite Ore in Hongge Mining Area of Panxi Research and Influence on Mineral Processing Technology

Hui Bo, Yang Yaohui

(Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Research Center of Multipurpose Utilization of Metal Mineral Resources of China Geological Survey, Chengdu, Sichuan, China)

Abstract: In this paper, the detailed process mineralogy of olivine pyroxene vanadium titanomagnetite in Hongge mining area is studied by means of mineral phase microscope, inductively coupled plasma emission spectroscopy (ICP-AES), scanning electron microscope (SEM) and X-ray energy spectrum probe (EDS). The chemical analysis results of the crude ore show that the ore is lean of high titanium vanadium titanomagnetite. Mineral quantitative results show that: titanomagnetite 25.5%, ilmenite 11.5%, pyroxene 45.8%, olivine 10.5%, plagioclase 1%. The sample is sparse-medium disseminated ore, with sponge siderite structure generally developed, and the process grain size is relatively coarse as a whole. Based on the mineral processing experiments and the comparison with other mining areas, this paper points out that the ore properties in Hongge mining area have undergone major changes: (1) the content of plagioclase, a non-magnetic mineral in olivine pyroxene type vanadium-titanium magnetite, has been greatly reduced, resulting in the reduction of magnetic differences among the minerals; (2) Pyroxene and olivine are easy to be altered and muddled, and they generally contain magnetic inclusions, such as hematite and magnetite, which enhance their magnetism. The change of ore properties has posed a serious challenge to the traditional iron and titanium flotation operations, and new beneficiation technologies are imminent.

Keywords: Hongge Mining Area; Olive Pyroxene Type Vanadium-Titanium Magnetite; Process Mineralogy