



## 攀西某钒钛铁精矿矿物特性及提质

陈福林, 蔡先炎, 李硕, 吴宁, 王志杰

(钒钛资源综合利用国家重点实验室, 攀钢集团攀枝花钢铁研究院有限公司  
四川 攀枝花 617000)

**摘要:** 这是一篇矿物加工工程领域的论文。利用筛析、偏光显微镜、X射线衍射仪、Zeiss Sigma 500 扫描电子显微镜+Bruker 能谱仪+AMICS 自动矿物分析系统对攀西某钒钛铁精矿样品进行了矿物特性研究。样品主要脉石矿物为磁黄铁矿、粒状钛铁矿及辉石、长石等, 粗细粒级 TFe、S、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 MgO 及脉石矿物含量有较大差异, Fe 少量以钛铁矿、磁黄铁矿及非金属矿物存在, Ti 主要以钛磁铁矿形式存在, 钛铁矿及镁铝尖晶石以格片状、细脉状、细条带状、网格状及针状镶嵌于钛磁铁矿中, 且客晶矿物粒度很细, 磨矿解离、选别分离及产品后处理难度较大, 物理选矿方法降低其 TiO<sub>2</sub> 较难。采用磨矿磁选工艺可使钒钛铁精矿 TFe 品位提高 2~3 个百分点, 提质本质为降低精矿中 SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO, 降幅 SiO<sub>2</sub>>MgO>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 提质过程精矿 TiO<sub>2</sub> 含量虽变化不大, 但可使 Fe/TiO<sub>2</sub> 由 4.29 提高至 4.50 左右, 该过程 Fe 及 V 金属有一定损失, S 具有一定的脱除效果。

**关键词:** 钒钛铁精矿; 矿物特性; 提质; 矿物加工工程; 工艺矿物学

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2023.03.001

中图分类号: TD982 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532(2023)03-0001-06

钢铁工业作为国民经济重要基础产业, 为国民经济快速发展做出了巨大贡献。钒钛磁铁矿作为我国铁矿石资源的重要组成部分, 主要生成于基性、超基性侵入矿床(岩浆型铁矿床), 以富含钒、钛为特征<sup>[1-4]</sup>。攀西地区为我国钒钛磁铁矿主要分布区域, 其探明铁矿石资源量近 100 亿 t, 远景储量达 300 亿 t, 居我国第二位; 钛资源保有储量(以 TiO<sub>2</sub> 计) 4.28 亿 t, 占全国储量的 93%, 居世界第一位; 钒资源保有储量(以 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 计) 1047.86 万 t, 占全国储量的 63%, 居世界第三位<sup>[5-8]</sup>。

我国铁矿行业“精料方针”自上世纪 70 年代末由原冶金部提出, 并组织开展了提高铁精矿品位的研究和攻关<sup>[1,3]</sup>。上世纪 60 年代以来, 攀枝花钒钛磁铁矿开发利用一直为我国国家战略重要组成部分, 攀枝花钢铁基地建设更是上世纪六十至八十年代“三线建设”“两基一线”的重要组成部分,

为我国的经济发展、国防建设和社会进步作出了重要贡献。建矿以来, 攀枝花钒钛铁精矿 TFe 品位从 50%± 提升至 54%±, 随着钢铁企业成本和竞争压力的增大, 高钛型铁矿高炉冶炼对钒钛铁精矿的 TFe 品位提出了新的更高要求。

### 1 实验原料及方法

实验原料为取自攀枝花某钒钛磁铁矿选矿厂钒钛铁精矿, 采用高频脉冲脱磁器脱磁后进行样品加工制备、筛分分析、化学及矿物学特性研究和实验室提质实验。

### 2 研究结果及讨论

#### 2.1 化学特性研究

##### 2.1.1 化学成分

矿样化学成分分析结果见表 1。

收稿日期: 2021-07-23

作者简介: 陈福林(1982-), 男, 工学硕士, 高级工程师, 主要从事矿产资源综合利用及钒钛磁铁矿选矿领域的科研工作。

表 1 矿样化学成分分析结果/%  
Table 1 Chemical composition analysis results of the sample

TFe	FeO	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Co	S	Cu	Ni	Pb	Zn
53.25	33.28	13.02	0.562	<0.01	0.84	0.012	<0.01	<0.01	0.045
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Mn	P	As	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	/
3.87	4.09	1.14	2.78	0.271	<0.005	<0.01	0.104	0.101	/

由表 1 可知，影响钒钛铁精矿品质的化学成分主要为 TiO<sub>2</sub>、S、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO 和 CaO，其中 TiO<sub>2</sub> 和 S 影响最大，SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO 含量影响次之，为此，提高钒钛铁精矿品质途径有二：一是降低其 TiO<sub>2</sub> 和 S 含量，二是降低 SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO 含量。

2.1.2 主要化学成分沿粒度分布规律

矿样粒度分析及主要化学成分沿粒度分布规律见表 2。

由表 2 可知，矿样中 TFe、S、V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 随粒级变细而呈升高的趋势，SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO 随粒级变细而呈降低的趋势，TiO<sub>2</sub> 随粒级变化不大；虽然

TFe 品位在粗细粒级钒钛铁精矿中差距较大，但其累计分布却未表现出显著差距。

2.2 矿物特性研究

2.2.1 矿物组成自动分析

采用 Zeiss Sigma 500 扫描电子显微镜+Bruker 能谱仪+AMICS 自动矿物分析系统检测，所取钒钛铁精矿样品矿物成分及含量见表 3。

由表 3 可知，矿样中主要金属矿物为钛磁铁矿，少量磁黄铁矿及粒状钛铁矿，非金属矿物主要为普通辉石、透辉石、长石、角闪石及钛辉石，非金属矿物、磁黄铁矿及粒状钛铁矿为钒钛铁精矿提质过程中主要脱除对象。

表 2 矿样粒度分析及主要成分沿粒度分布规律  
Table 2 Regularities of distribution of chemical components with the changes of grading of the sample

粒级/mm	产率/%	品位/%							分布率/%						
		TFe	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	TFe	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO
+0.25	3.20	41.75	12.67	0.437	0.444	12.42	6.54	4.53	2.51	3.13	2.49	1.76	10.04	5.12	5.10
-0.25+0.15	9.71	49.31	13.38	0.523	0.428	6.46	4.95	3.49	9.01	10.03	9.04	5.15	15.84	11.76	11.92
-0.15+0.10	16.09	52.38	13.19	0.559	0.509	4.40	4.34	3.11	15.87	16.39	16.02	10.16	17.89	17.09	17.61
-0.10+0.074	14.69	53.50	13.30	0.570	0.626	3.77	4.15	2.87	14.81	15.10	14.92	11.42	14.00	14.93	14.84
-0.074+0.043	15.48	54.00	13.06	0.579	0.709	2.97	3.89	2.65	15.75	15.62	15.97	13.62	11.62	14.74	14.44
-0.043+0.038	7.16	54.38	13.06	0.588	0.872	2.67	3.73	2.53	7.33	7.22	7.49	7.74	4.83	6.53	6.37
-0.038	33.67	54.75	12.50	0.568	1.200	3.03	3.62	2.51	34.72	32.51	34.07	50.14	25.78	29.83	29.73
合计	100.00	53.10	12.95	0.561	0.806	3.96	4.09	2.84	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

表 3 矿物组成及含量

Table 3 Mineral contents and compositions of the sample

矿物名称	含量/%	矿物名称	含量/%
钛磁铁矿	83.61	橄榄石	0.36
钛铁矿	3.76	黄铁矿	0.06
磁黄铁矿	2.18	榍石	0.51
钠长石	0.05	镁橄榄石	0.21
普通辉石	2.70	铁铝尖晶石	0.32
透辉石	1.28	黑云母	0.02
钙长石	1.03	黄铜矿	0.05
绿帘石	0.12	铁镁铝尖晶石	0.06
角闪石	1.22	拉长石	1.29
钛辉石	1.17	合计	100.00

2.2.2 Fe、Ti、S 元素赋存状态分析

样品 Fe、Ti、S 元素赋存状态分析结果见表 4。

从表 4 可以看出，矿样中的 Fe 主要以钛磁铁矿形式存在，少量以钛铁矿、磁黄铁矿、绿泥石及橄榄石等形式存在；Ti 主要以钛磁铁矿形式存在，以粒状钛铁矿形式存在的量次之，少量以橄榄石、绿泥石、榍石及辉石等形式存在；S 主要以磁黄铁矿形式存在，以其余矿物形式存在的量很少。此表明，①由于钛铁矿及脉石矿物会带走部分 Fe 元素，为此提质过程合理铁损必不可少；②由于大量的 Ti 及 S 分别赋存于钛磁铁矿及磁黄铁矿，磁选提质难以降低钒钛铁精矿中 Ti 及 S，浮选-磁选联合应用可以有效降低精矿中 S 含量。

表4 样品 Fe、Ti、S 元素赋存状态分析结果  
Table 4 Analysis results of the forms of chemical elements such as Fe and Ti and S in the sample

矿物名称	Fe元素分布率 /%	S元素分布率 /%	Ti 元分布率 /%
钛磁铁矿	92.25	0.00	81.68
绿泥石	1.09	0.92	1.26
镁橄榄石	0.21	0.00	0.00
钛辉石	0.68	0.00	0.83
磁黄铁矿	2.03	98.67	0.00
钙长石	0.04	0.00	0.02
透辉石	0.42	0.00	0.33
钛铁矿	2.67	0.00	13.63
镁铝尖晶石	0.03	0.00	0.00
榍石	0.10	0.00	1.06
拉长石	0.00	0.00	0.00
铁橄榄石	0.47	0.00	1.18
硫钴矿	0.00	0.41	0.00
合计	100.00	100.00	100.00

### 2.2.3 钛磁铁矿显微结构

采用偏光显微镜及扫描电镜检测钒钛铁精矿

中钛磁铁矿显微结构，结果见图1。

从图1中可以看出，钛磁铁矿为含钛铁矿客晶、镁铝尖晶石客晶固熔体结构，钛铁矿以格片状、细脉状（图1d）、条带状（图1a）、网格状镶嵌于钛磁铁矿中，镁铝尖晶石及钛铁晶石以针状（图1c）、细脉状（图1b）、絮状镶嵌于钛磁铁矿中，且钛铁矿、镁铝尖晶石、钛铁晶石等客晶矿物粒度较细，从1~5 μm不等，部分甚至为纳米级，磨矿解离、选别分离及产品后处理难度较大，从而使得钒钛铁精矿提质过程中 TiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO 等化学成分较难降低。另电子探针研究表明，钛磁铁矿中尚有大量的 Ti 元素以类质同相形式赋存于钛磁铁矿中，此也为难以降低钒钛铁精矿中 TiO<sub>2</sub> 含量的原因之一。

### 2.2.4 矿物嵌布特征及连生关系

样品主要矿物嵌布特征及连生关系分别见图2、3，不同粒级样品连生关系见表5。

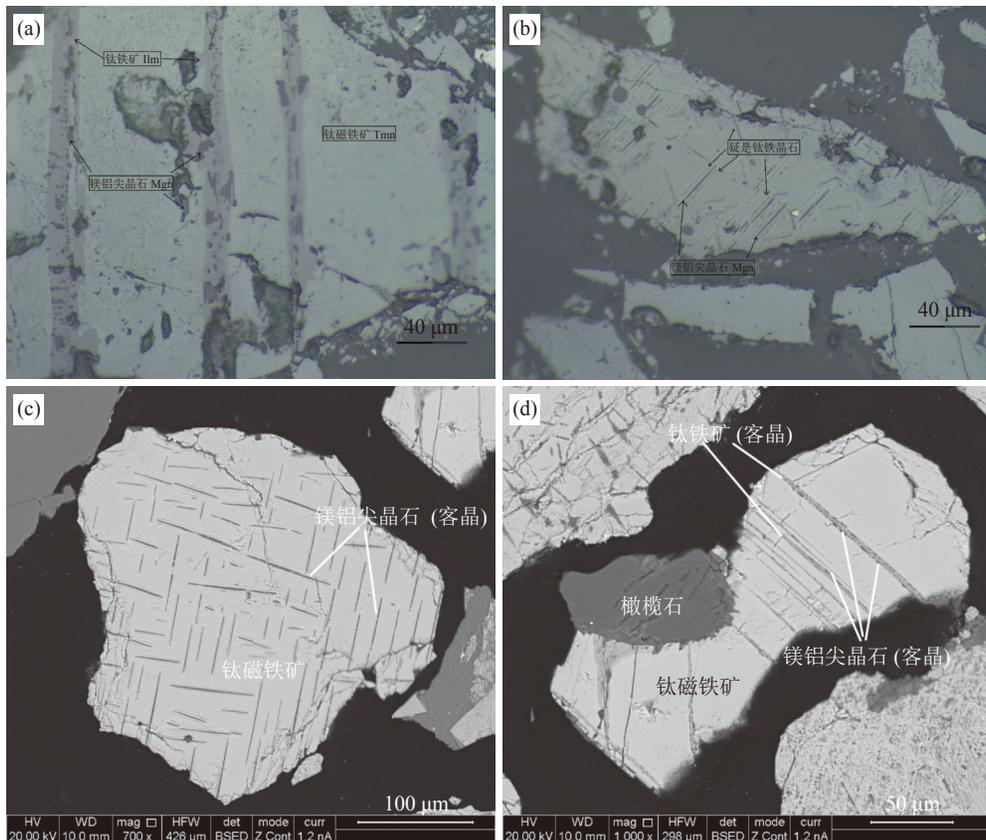


图1 钛磁铁矿显微结构

Fig.1 Microstructure of titanomagnetite in the sample

矿样粗粒级产品中钛磁铁矿主要与钛铁矿（图2a、2b、2c）、镁铝尖晶石（图2a）、角闪石（图2b）、透辉石（图2d）、绿泥石（图2d）及磁黄铁矿（图2d）等连生。由图3与表5可

知，粗粒级钒钛铁精矿（图3a，+0.15 mm）中脉石矿物相对较多，钛磁铁矿与其余矿物连生较为普遍，而细粒级（图3b，-0.074+0.038 mm）中脉石矿物相对较少，且基本为单体。图3及表5说

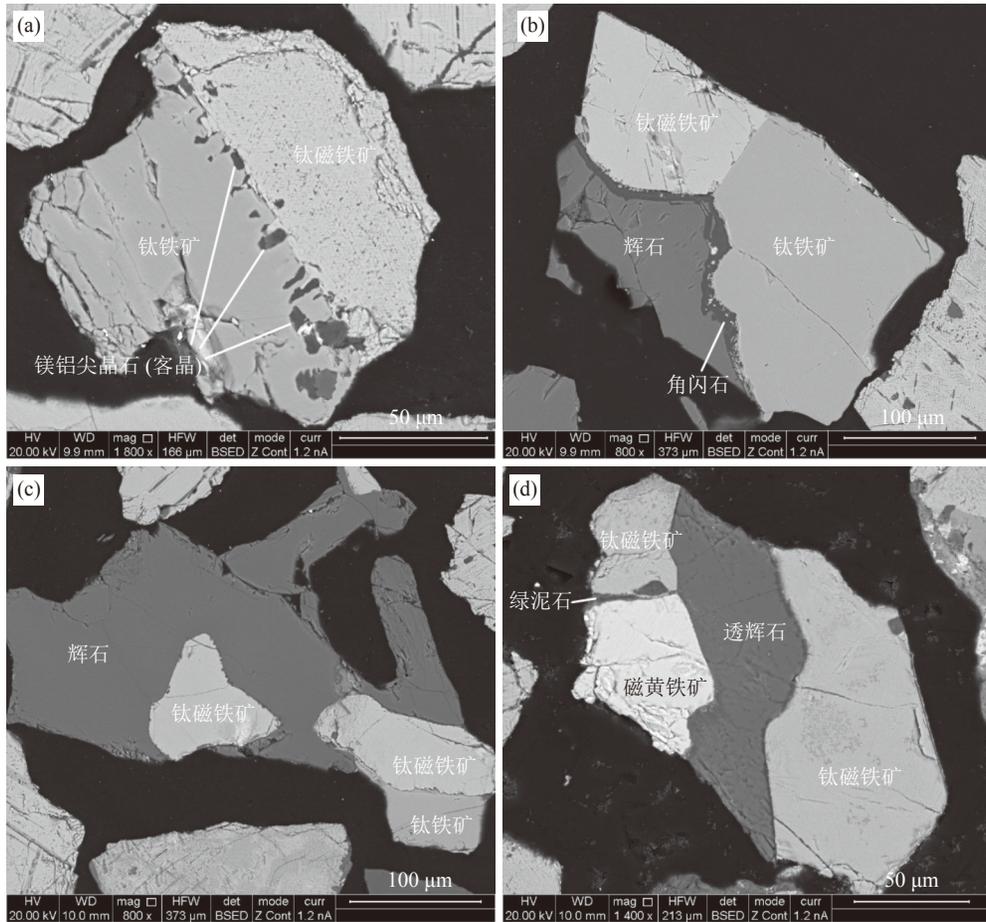


图 2 粗粒级钒钛铁精矿中钛磁铁矿与其余矿物连生情况

Fig.2 Under-liberated interlocked of taitanomagnetite and other minerals in the sample

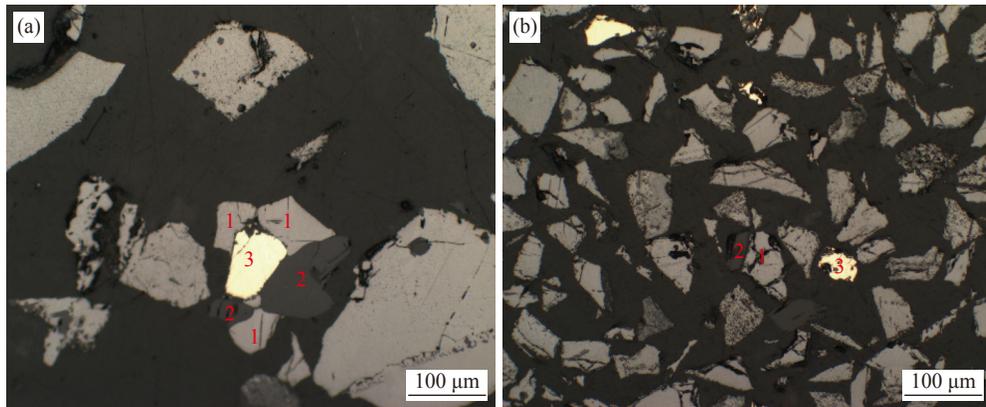


图 3 粗细粒级钒钛铁精矿中矿物连生情况

Fig.3 Contrastive under-liberated interlocked of the coarse and fine fraction samples

明该样品磨至-0.074 mm 粒级时可以使绝大部分脉石矿物与钛磁铁矿实现单体解离，从而可实现其与钛磁铁矿的选别分离。

### 2.3 实验室提质实验初探

对该样品进行实验室提质探索实验，以判定上述研究成果及探索矿石的分选性能。实验流程

见图 4，结果见表 6。

研究表明，①样品磨细后经磁选可使 TFe 品位提高约 2.5 个百分点，且随磨矿细度增大，精矿 TFe 品位及提高幅度逐渐增大，Fe/TiO<sub>2</sub> 逐渐增大，Fe 金属损失随磨矿细度增大逐渐升高；②精矿中 TiO<sub>2</sub> 无明显降低；③精矿中 V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 有所升

表5 样品中各粒级产品矿物组成及连生关系  
Table 5 Mineral compositions and intercrescence relationships of all fractions in the sample

粒级/mm	矿物组成	连生关系
+0.15	金属矿物：钛磁铁矿~90%左右，磁黄铁矿<1%； 非金属矿物：5%~10%	钛磁铁矿：90%以上为单体，10%左右为连生体；连生体大多为与脉石矿物连生，少量与磁黄铁矿连生。 磁黄铁矿：50%左右为单体；50%左右为连生体；与钛磁铁矿连生的连生体占90%左右，与脉石连生的连生体占10%左右。 脉石：70%左右为单体，30%左右为连生体；连生体多为与钛磁铁矿连生，少量与磁黄铁矿连生。
-0.15+0.10	金属矿物：钛磁铁矿~94%左右，磁黄铁矿<2%； 非金属矿物：<4%	钛磁铁矿：95%以上为单体，5%左右为连生体；与脉石矿物连生的连生体占50%左右，与磁黄铁矿连生的连生体占50%左右。 磁黄铁矿：70%左右为单体，30%左右为连生体；与钛磁铁矿连生的连生体占90%以上，与脉石连生的连生体占10%左右。 脉石：80%左右为单体，20%左右为连生体，连生体多为与钛磁铁矿连生，少量与磁黄铁矿连生。
-0.10+0.074	金属矿物：钛磁铁矿~95%左右，磁黄铁矿<2%； 非金属矿物：<3%	钛磁铁矿：95%以上为单体，5%左右为连生体；与脉石矿物连生的连生体占50%左右，与磁黄铁矿连生的连生体占50%左右。 磁黄铁矿：90%左右为单体，10%左右为连生体；与钛磁铁矿连生连生体约占90%，与脉石连生连生体约占10%。 脉石：80%左右为单体，20%左右为连生体；连生体多为与钛磁铁矿连生，少量与磁黄铁矿连生。
-0.074+0.038	金属矿物：钛磁铁矿~96%左右，磁黄铁矿<2%； 非金属矿物：<2%	钛磁铁矿和脉石：基本都为单体，连生体极少； 磁黄铁矿：95%以上为单体。
-0.038	金属矿物：钛磁铁矿~96%左右，磁黄铁矿<3%； 非金属矿物：<1%	钛磁铁矿、磁黄铁矿、脉石基本都为单体，连生体极少。

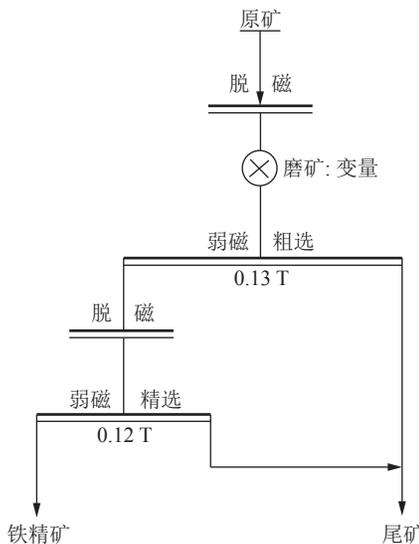


图4 提质实验流程

Fig.4 Beneficiation test flow of improving the quality of the sample

高，但有约2个百分点的 $V_2O_5$ 进入尾矿，造成钒损失；④提质过程精矿中S有所降低，且随磨矿细度增大其脱除率增大，表明采用磨矿磁选对脱硫有一定的效果；⑤提质过程使精矿中 $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $MgO$ 显著降低，且降幅 $SiO_2 > MgO > Al_2O_3$ ，说明钒钛铁精矿采用磨矿磁选工艺提质过程的实质为降低其 $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $MgO$ 含量。

### 3 结论与建议

(1) 矿样中影响品质的化学成分主要为 $TiO_2$ 、S、 $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 和 $MgO$ ，主要脉石矿物为磁黄铁矿、粒状钛铁矿、普通辉石、透辉石、长石、角闪石及钛辉石，粗细粒级中TFe、S、 $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 和 $MgO$ 等化学成分及脉石矿物含量有较大差异，粗粒级脉石与钛磁铁矿普遍连生，细粒级中脉石主要为单体。

(2) 矿样中Fe少量以钛铁矿、磁黄铁矿、绿泥石及橄榄石等形式存在，Ti主要以钛磁铁矿形式存在，钛铁矿及镁铝尖晶石以格片状、细脉状、条带状、网格状及针状镶嵌于钛磁铁矿中，且客晶矿物粒度很细，磨矿解离、选别分离及产品后处理难度较大，物理选矿方法降低其 $TiO_2$ 较难。

(3) 采用磨矿磁选工艺可使钒钛铁精矿TFe品位明显提高，提质实质为精矿 $SiO_2$ 、 $Al_2O_3$ 、 $MgO$ 含量显著降低，降幅 $SiO_2 > MgO > Al_2O_3$ ；提质过程精矿 $TiO_2$ 含量变化不大， $Fe/TiO_2$ 由4.29提高至4.50， $V_2O_5$ 品位小幅上升，S品位小幅降低。

表 6 提质实验结果  
Table 6 Beneficiation test results of improving the quality of the sample

磨矿细度	产品名称	产率/%	品位/%							回收率/%						
			TFe	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	S	TFe	TiO <sub>2</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	S
-0.074 mm 82.62%	精矿	94.41	55.75	12.64	0.582	2.43	3.73	2.72	0.59	97.43	94.72	98.47	63.20	86.49	84.59	84.77
	尾矿	5.59	24.88	11.89	0.153	23.90	9.84	8.37	1.79	2.57	5.28	1.53	36.80	13.51	15.41	15.23
	原矿	100.00	54.02	12.60	0.558	3.63	4.07	3.04	0.66	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
-0.074 mm 92.88%	精矿	93.22	56.25	12.63	0.588	2.36	3.83	2.55	0.58	96.88	93.71	98.13	57.63	83.77	80.49	81.67
	尾矿	6.78	24.88	11.66	0.154	23.86	10.20	8.50	1.79	3.12	6.29	1.87	42.37	16.23	19.51	18.33
	原矿	100.00	54.12	12.56	0.559	3.82	4.26	2.95	0.66	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
-0.074 mm 97.40%	精矿	92.93	56.50	12.75	0.577	1.86	3.52	2.42	0.58	96.96	93.39	98.28	49.86	81.13	77.83	80.99
	尾矿	7.07	23.25	11.87	0.133	24.59	10.76	9.06	1.79	3.04	6.61	1.72	50.14	18.87	22.17	19.01
	原矿	100.00	54.15	12.69	0.546	3.47	4.03	2.89	0.67	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
-0.045 mm 90.10%	精矿	92.03	56.56	12.67	0.597	1.74	3.45	2.36	0.58	96.40	92.46	97.75	46.19	78.89	75.55	79.28
	尾矿	7.97	24.38	11.93	0.159	23.41	10.66	8.82	1.75	3.60	7.54	2.25	53.81	21.11	24.45	20.72
	原矿	100.00	54.00	12.61	0.562	3.47	4.02	2.87	0.67	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
-0.045 mm 94.00%	精矿	91.40	57.00	12.66	0.598	1.71	3.48	2.33	0.57	96.00	91.79	97.45	44.06	77.56	72.89	77.38
	尾矿	8.60	25.25	12.04	0.166	23.07	10.70	9.21	1.78	4.00	8.21	2.55	55.94	22.44	27.11	22.62
	原矿	100.00	54.27	12.61	0.561	3.55	4.10	2.92	0.68	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

参考文献:

[1] 陈福林, 杨晓军, 蔡先炎, 等. 攀西地区白马辉长岩型超低品位钒钛磁铁矿选铁实验研究[J]. 矿产综合利用, 2020(6):26-30.

CHEN F L, YANG X J, CAI X Y, et al. Experimental study on iron separation of Baima Gabbro-type ultra-low-grade vanadium-titanomagnetite in Panxi Area[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2020(6):26-30.

[2] 陈福林, 杨晓军, 杨道广, 等. 甘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.

[3] 黑色金属矿产资源强国战略研究专题组. 黑色金属矿产资源强国战略研究[M]. 北京: 科学出版社, 2019.

Research Group on the Strategy of a Powerful Country in Ferrous Metal Mineral Resources. Research on a Strategy of a Powerful Country in Ferrous Metal Mineral Resources[M]. Beijing: Science Press, 2019.

[4] 《现代铁矿石选矿》编委会. 现代铁矿石选矿(上册)[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2009.

Editorial Board of "Modern Iron Ore Beneficiation". Modern

iron ore beneficiation (Volume One) [M]. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2009.

[5] 陈超, 张裕书, 李潇雨, 等. 钒磁铁矿选矿技术研究进展[J]. 矿产综合利用, 2021(3):99-105.

CHEN C, ZHANG Y S, LI X Y, et al. Research progress in titanium-magnetite beneficiation technology[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2021(3):99-105.

[6] 邹锋, 殷志刚, 陈思竹. 攀枝花白马选铁尾矿综合回收利用研究[J]. 矿产综合利用, 2020(6):19-25.

ZOU F, YIN Z G, CHEN S Z. Research on comprehensive utilization of iron tailings from Baima, Panzhihua[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2020(6):19-25.

[7] 池冬瑞, 顾畔, 严伟平, 等. 红格钒铁精矿提质降杂新技术研究[J]. 矿产综合利用, 2020(6):91-95.

CHI D R, GU P, YAN W P, et al. Study on quality improvement and impurities reduction new technology of vanadium-iron concentrate in Hongge[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2020(6):91-95.

[8] 周政, 赵华伦, 李兵荣, 等. 红格某钒钛磁铁矿选矿试验研究[J]. 矿产综合利用, 2018(1):32-35.

ZHOU Z, ZHAO H L, LI B R, et al. Experimental study on beneficiation of a vanadium-titanium magnetite in Hongge[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2018(1):32-35.

### Mineral Characteristics Research and Tests of Improving Quality of Vanadium Titanium Iron Concentrate in Panxi Area

Chen Fulin, Cai Xianyan, Li Shuo, Wu Ning, Wang Zhijie

(State Key Laboratory of Vanadium and Titanium Resources Comprehensive Utilization, Panzhihua Iron & Steel Research Institute Co., Ltd. of Pangang Group, Sichuan, Panzhihua, China)

Abstract: This is a paper in the field of mineral processing engineering. The mineral characteristics of a

(下转第 13 页)

究[J]. 烧结球团, 2020, 45(5):49-53.

MENG F Y, HUANG B F. Enhanced consolidation performance of vanadium-titanium magnetite oxide pellets[J]. Sintered pellets, 2020, 45(5):49-53.

[9] 陈双印, 储满生, 唐珏, 等. 预氧化对钒钛磁铁矿球团矿相及内部结构的影响[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2013, 34(4):536-541.

CHEN S Y, CHU M S, TANG Y, et al. Effect of pre-oxidation

on the phase and internal structure of vanadium-titanium magnetite pellets[J]. Journal of Northeastern University (Natural Science Edition), 2013, 34(4):536-541.

[10] 许承宝, 张一敏, 刘涛, 等. 辽西某钒钛磁铁矿工艺矿物学研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2018(3):1-5.

XU C B, ZHANG Y M, LIU T, et al. Process mineralogy study of a vanadium-titanium magnetite in western Liaoning[J]. Nonferrous Metals (Mineral Processing Section), 2018(3):1-5.

## Preparation of Vanadium Titano-Magnetite Oxide Pellets from Western Liaoning Province

Han Tong, Xiao Shunxin, Cheng Gongjin, Yang He, Xue Xiangxin

(School of Metallurgy, Northeastern University, Shenyang, Liaoning, China)

**Abstract:** This is a paper in the field of metallurgical engineering. Pellets were prepared from vanadium and titanium magnetite concentrates from Liaoxi, and the preheating characteristics and roasting characteristics of the pellets were studied. Results show that the strength of preheating ball can reach 819 N when preheating for 15 min at 900°C, and the strength of the ball reached 3020 N at 1100°C for 15 min under the optimum preheating system. The oxidation degree of the pellet is 97% at 900°C for 15 min, and the temperature has a stronger influence on the oxidation degree than time. With the increase of oxidation temperature, with the increase of preoxidation temperature, magnetite in the pellets changes into hematite and ilmenite into ferrobrookite. With the increase of calcination temperature, the crystal in pellet grows up, the porosity decreases and the structure becomes denser.

**Keywords:** Metallurgical engineering; Vanadium titano-magnetite; Oxidized pellets; Preheat; Roasting; Compressive strength



(上接第6页)

vanadium titanium iron concentrate sample from Panxi were studied using sieve analysis, polarizing microscope, X-ray diffractometer, Zeiss Sigma 500 scanning electron microscope, Bruker energy spectrometer, and AMICS automatic mineral analysis system. The main gangue minerals in the sample are magnetite pyrite, granular ilmenite, pyroxene, feldspar, etc. The contents of coarse and fine products TFe, S, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, and gangue minerals are quite different. A small amount of Fe exists in ilmenite, magnetic pyrite, and non-metallic minerals. Ti mainly exists in the form of titanium magnetite. ilmenite and magnesium aluminum spinel are inlaid on the base of titanium magnetite in lamellar, veinlet, thin strip, grid, and needle shapes, The particle size of the guest crystal mineral is very fine, making it difficult to grind, separate, and post treat the product. The use of grinding magnetic separation can increase the TFe grade of vanadium titanium iron concentrate by 2-3 percentage points. The essence of the improvement is a significant decrease in the content of SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and MgO in the concentrate, with a decrease of SiO<sub>2</sub>>MgO>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. The TiO<sub>2</sub> content of the concentrate does not change much during the improvement process, with Fe/TiO<sub>2</sub> increasing from 4.29 to 4.50, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> grade slightly increasing, and S grade slightly decreasing.

**Keywords:** Vanadium titanium iron concentrate; Mineral characteristics; Improving quality; Mineral processing engineering; Mineralogy