

# 攀枝花铁精矿特性及提铁降杂试验研究

陈超<sup>1,2</sup>, 张裕书<sup>1</sup>, 张少翔<sup>1</sup>, 周满赓<sup>1</sup>

(1. 中国地质科学院矿产综合利用研究所, 中国国土资源部钒钛磁铁矿综合利用重点实验室, 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;

2. 东北大学资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110819)

**摘要:** 攀枝花铁精矿中硫含量较高, 硅、铝、钙、镁等杂质成分也有一定的去除空间, 经细磨-磁选-浮选试验研究, 获得了 TFe 品位 56.60%, 硫含量 0.32%, 总回收率 95.20% 的良好试验效果。原料与产品的成分分析表明, 提铁降杂效果较为明显, 与工艺矿物学研究结果相符。

**关键词:** 铁精矿; 提铁降杂; 工艺矿物学; 磁浮联合分选

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2018.0011

中图分类号: TD952 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2018) 03-0057-04

根据高炉生产实践, 提高钒钛铁精矿品位, 对降低高炉渣量、提高高炉产率、降低焦比有显著效果<sup>[1]</sup>。在余永富院士<sup>[1-3]</sup>等专家学者倡导下, 我国在“九五”“十五”“十一五”期间开展了大量的提铁降杂实践, 获得了巨大的经济效益、社会效益和环境效益。攀枝花矿区选矿厂建厂初期铁精矿 TFe 品位 51.5%, 后经攀钢几代人的努力, 铁精矿 TFe 品位提高至 54%, 但该铁精矿中杂质含量仍然较高, 造成后续高炉冶炼成本和脱硫成

本居高不下, 使铁精矿利用经济价值受到影响。本文在钒钛铁精矿性质的基础上, 开展了提铁降杂试验研究, 为攀枝花地区的钒钛铁精矿提铁降杂提供参考。

## 1 铁精矿特性

### 1.1 铁精矿粒度组成与物质组成

攀枝花铁精矿粒度组成及化学多项分析结果见表 1, 主要矿物成分及含量见表 2。

表 1 铁精矿各粒级产率及主要成分含量

Table 1 The yield and the content of main component in different size fraction of iron concentrate

粒级/mm	产率/%	负累计产率/%	成分/%							
			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>	CaO	MgO
+0.25	4.36	100.00	45.05	12.68	0.61	0.51	10.33	4.64	1.26	3.70
-0.25+0.15	13.31	95.64	51.30	13.22	0.56	0.47	5.61	4.01	0.96	3.20
-0.15+0.10	15.98	82.33	52.72	13.14	0.45	0.53	4.15	6.24	2.90	4.66
-0.10+0.075	14.33	66.34	54.03	13.20	0.58	0.70	3.52	5.27	1.71	4.12
-0.075+0.045	15.63	52.01	54.80	13.10	0.60	0.87	2.93	3.98	0.85	3.09
-0.045+0.034	4.35	36.38	56.29	13.05	0.60	1.18	2.59	3.73	0.88	2.88
-0.034+0.028	7.98	32.03	55.65	12.91	0.59	1.15	2.55	3.60	0.75	2.82
-0.028	24.05	24.05	56.29	12.01	0.58	1.45	2.74	3.55	0.78	2.76
合计	100.00		53.96	12.84	0.56	0.90	3.80	4.41	1.31	3.42

收稿日期: 2017-12-01

基金项目: 中国地质调查项目 (DD20189501) 资助

作者简介: 陈超 (1987-), 男, 硕士, 助理工程师, 主要从事选矿技术研究工作。

表2 铁精矿主要矿物成分含量

Table 2 The content of main mineral composition of iron concentrate

矿物成分	钛磁铁矿	钛铁矿类*	钛铁矿	硫化物	辉石	中拉长石	橄榄石
含量/%	78.98	10.43	2.11	1.80	3.02	2.90	0.76

\* 指钛磁铁矿中文象状、片晶状 0.5 ~ 5 μm 钛铁矿和钛铁晶石等

由表1可知,攀枝花铁精矿-0.075 mm 52.01%,粒度组成偏粗。多项分析结果表明,铁精矿中硫含量较高,硅、铝、钙、镁等杂质成分也有一定的去除空间。由表2可知,攀枝花铁精矿主要由钛磁铁矿、钛铁矿类、钛铁矿(指粒状钛铁矿)、硫化物(以磁黄铁矿、黄铁矿为主)、辉石、中拉长石、橄榄石等组成,可去除的主要矿物为钛铁矿、硫化物、总脉石(辉石、中拉长石、橄榄石等)。脉石矿物的骨架元素是硅、铝、钙、镁,同时铝、镁还是钛磁铁矿、钛铁矿中类质同象元素和镁铝尖晶石、尖晶石的骨架元素。经测试分析铝、镁在钛磁铁矿中的分布率分别为69.71%、78.65%,因此铁精矿中铝、镁的去除比例将会较低,因此本研究主要进行降硫试验研究。

1.2 主要矿物单体解离情况

经MLA测定出的攀枝花铁精矿主要矿物单体解离度测定结果见表3。

表3 铁精矿主要矿物单体解离度测定结果/%

Table 3 The main mineral liberation degree of iron concentrate

类别	单体	连生体			
		钛磁铁矿	钛铁矿类	硫化物	总脉石
钛磁铁矿	90			2	8
钛铁矿类	6	90		2	2
钛铁矿	43.16	29.84		5	22
硫化物	49.61	32.39			18
总脉石(指辉石、中拉长石、橄榄石等)	48.83	37.17	8	6	

由表3可知,攀枝花铁精矿中总脉石单体解离度仅为48.83%,主要与钛磁铁矿形成连体,需进一步进行磨矿解离,硫化物单体解离度为49.61%,主要以磁黄铁矿为主,磁选作业中难以

与钛磁铁矿分开,需进行浮选分离。

1.3 理论选别指标预测

元素的金属量平衡数据是矿石中元素在各矿物中赋存状态的基本体现。攀枝花铁精矿中铁、钛金属量平衡结果见表4。

表4 铁精矿铁钛金属量平衡结果/%

Table 4 The balance of iron and titanium content of iron concentrate

矿物名称及项目	矿物含量	TFe品位	TiO <sub>2</sub> 品位	铁金属量	钛金属量	分布率	
						TFe	TiO <sub>2</sub>
钛磁铁矿	78.98	60.00	10.03	47.39	7.92	88.50	59.82
钛铁矿类	10.43	30.00	40.00	4.17	4.17	7.79	31.50
钛铁矿	2.11	33.00	51.00	0.70	1.08	1.31	8.16
硫化物	1.80	55.00	45.00	0.99	0.00	1.85	0.00
总脉石	6.68	5.00	1.00	0.30	0.07	0.55	0.52
合计	100.00	53.65	12.94	53.65	12.94	100.00	100.00
平衡品位				53.55	13.24		
平衡系数				99.81	102.32		

由表4可知,由于钛铁矿类是钛磁铁矿中文象状、片晶状 0.5 ~ 5 μm 钛铁矿和钛铁晶石,因此选别过程中回收的主要矿物为钛磁铁矿以及难以与钛磁铁矿单体解离的钛铁矿类矿物,两者合计的品位为56.50%,回收率为96.29%。

2 提铁降杂试验研究

2.1 磁场强度试验

在磨矿细度为-0.075 mm 99% (-0.028 mm 65%)左右的条件下,进行一次弱磁选,磁场强度试验结果见图1。

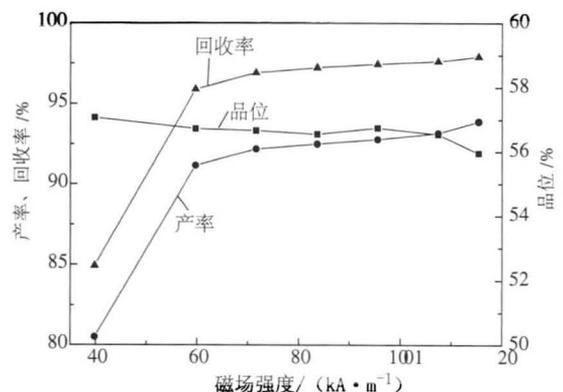


图1 磁场强度试验结果

Fig.1 Test results of magnetic field strength

由图1可知，随着弱磁选磁场强度的增加，磁选铁精矿产率略有升高，TFe品位略有下降，TFe回收率略有提高，综合考虑，弱磁选磁强度以107.4 kA/m为宜。

### 2.2 磨矿细度试验

在弱磁选磁场强度为107.4 kA/m的条件下进行磨矿细度试验，试验结果见图2。

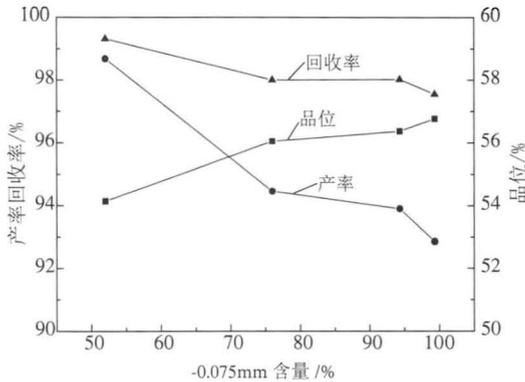


图2 磨矿细度试验结果  
Fig. 2 Ftest result of grinding fineness

由图2可知，随着磨矿细度的增加，弱磁选铁精矿产率随之下降，TFe品位随之增高，回收率随之降低。当磨矿细度为-0.075 mm为95%左右，一次弱磁选铁精矿TFe品位为56.37%，TFe回收率为98.02%，因此确定磨矿细度为-0.075 mm 95%左右。

### 2.3 弱磁选精矿浮选脱硫试验

为降低铁精矿中的硫，对该弱磁选精矿开展了浮选脱硫试验研究，以硫酸为调整剂、硫酸铜为活化剂、混合黄药为捕收剂、2#油为起泡剂，进行了药剂用量和流程结构试验，确定的工艺流程及药剂制度见图3，试验结果见表5。

表5 弱磁选精矿浮选试验结果

Table 5 Flotation test results of low-intensity magnetic separation concentrate

产品名称	产率 /%	品位 /%		回收率 /%	
		S	TFe	S	TFe
铁精矿	96.77	56.60	0.32	97.13	44.63
浮选尾矿	3.23	50.16	11.90	2.87	55.37
合计	100.00	56.39	0.69	100.00	100.00

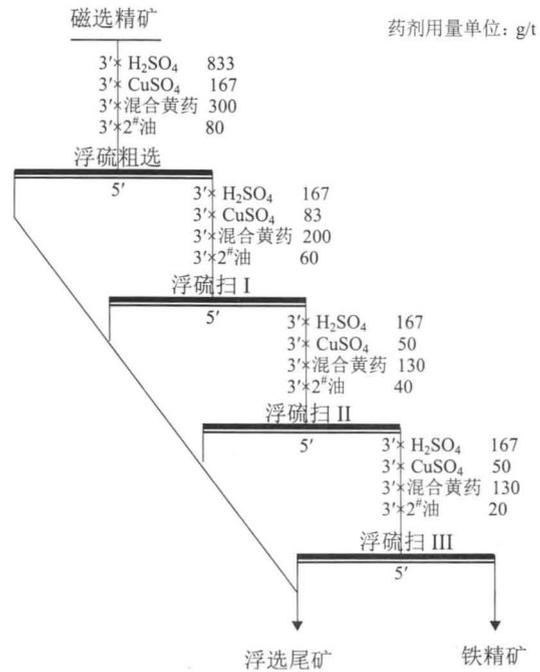


图3 弱磁选精矿浮选试验流程  
Fig. 3 Flotation test flow of low-intensity magnetic separation concentrate

由表5可知，经过浮选脱硫后，最终的铁精矿中硫从0.69%降到了0.32%，TFe品位为56.60%，铁作业回收率为97.13%，总回收率为95.20%，与推测的理论值相近。

## 3 原料与产品成分分析

试验原料与产品多项分析结果见表6。

表6 原料与产品多项分析结果 /%

Table 6 The composition analysis of the raw material and the products

名称	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>	CaO	MgO
原料	53.65	12.94	0.54	0.81	3.71	3.83	1.03	3.00
弱磁选精矿	56.37	12.41	0.62	0.69	2.94	3.14	0.59	2.29
脱硫后铁精矿	56.60	12.64	0.61	0.32	2.92	3.16	0.58	2.25

表6结果表明，原料经过细磨-弱磁选-浮选脱硫工艺流程提铁降杂试验研究，获得的最终铁精矿TFe品位提高了2.95个百分点，S含量降低了0.49个百分点，SiO<sub>2</sub>含量降低了0.79个百分点，Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量降低了0.67个百分点，CaO含量降低了0.45个百分点，MgO含量降低了0.75个百分点，提铁降杂效果较为明显，与工艺矿物学研究结果相符。

## 4 结 论

(1) 攀枝花铁精矿粒度组成偏粗, 铁精矿中硫含量较高, 硅、铝、钙、镁等杂质成分也有一定的去除空间; 攀枝花铁精矿中总脉石单体解离度仅为 48.83%, 主要与钛磁铁矿形成连体, 需进一步进行磨矿解离, 硫化物单体解离度为 49.61%, 主要以磁黄铁矿为主, 磁选作业中难以与钛磁铁矿分开, 需进行浮选分离; 预测的理论选别指标为 TFe 品位为 56.50%, 铁回收率为 96.29%。

(2) 攀枝花铁精矿经细磨 - 磁选 - 浮选试验研究, 获得了 TFe 品位 56.60%, 硫含量 0.32%, 总回收率 95.20% 的良好试验效果。

(3) 原料与产品的成分分析表明, 通过提铁降杂试验, TFe 品位提高了 2.95 个百分点, S 含量降低了 0.49 个百分点, SiO<sub>2</sub> 含量降低了 0.79 个百分

点, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量降低了 0.67 个百分点, CaO 含量降低了 0.45 个百分点, MgO 含量降低了 0.75 个百分点, 提铁降杂效果较为明显, 与工艺矿物学研究结果相符。

## 参考文献:

- [1] 范晓慧, 袁礼顺, 代林晴, 等. 提高竖炉球团矿铁品位的研究 [J]. 球团技术, 2006(4):13-17.
- [2] 张建树, 冯成建. 提高钒钛铁精矿品位及其对高炉生产的影响 [J]. 钢铁钒钛, 1999(2):17-23.
- [3] 余永富. 我国铁矿资源有效利用及选矿发展的方向 [J]. 金属矿山, 2001, 1(2):9-11.
- [4] 余永富. 从炼铁工业发展现状讨论我国铁矿山选矿发展方向及值得注意的若干问题 [J]. 2002 年全国铁精矿提质降杂学术研讨暨技术交流会, 2007.
- [5] 余永富, 祁超英, 麦笑宇, 等. 铁矿石选矿技术进步对炼铁节能减排增效的显著影响 [C]: 全国选矿年会. 2010.

## Characteristics of Panzhihua Iron Concentrate and Its Experimental Research on Improving Iron Content by Decreasing Impurities

Chen Chao<sup>1,2</sup>, Zhang Yushu<sup>1</sup>, Zhang Shaoxiang<sup>1</sup>, Zhou Mangen<sup>1</sup>

(1. Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resource, Chinese Academy of Geological Sciences, Key Laboratory of vanadium-titanium magnetite Comprehensive Utilization, Ministry of Land and Resources, Metal Mineral Resources Comprehensive Utilization Technology Research Center, China Geological Survey, Chengdu, Sichuan, China; 2. College of Resources and Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang, Liaoning, China. )

**Abstract:** The sulfur content in Panzhihua iron concentrate is high, and the impurities such as silicon, aluminum, calcium and magnesium also can decline to a certain extent. Through fine grinding - magnetic separation - flotation test, the good test results of TFe grade 56.60%, sulfur content 0.32%, total recovery rate 95.20% are obtained. The composition analysis of raw materials and products shows that the effect of improving iron content while decreasing Impuritie is obvious, which is consistent with the results of process mineralogy.

**Keywords:** Iron concentrate; Improving iron content while decreasing impurities; Process mineralogy; magnetic separation-flotation united process.