

## 东鞍山铁矿石工艺矿物学特征及选矿实验

刘树永<sup>1</sup>, 杨光<sup>1</sup>, 袁立宾<sup>1</sup>, 丛树双<sup>1</sup>, 张江宁<sup>1</sup>, 钮展良<sup>2</sup>

(1. 鞍山钢铁集团有限公司东鞍山烧结厂, 辽宁 鞍山 114041; 2. 鞍山钢铁集团有限公司齐大山选矿厂, 辽宁 鞍山 114041)

**摘要:** 这是一篇矿物加工工程领域的论文。为准确掌握各类型矿石对现场生产的影响, 采用化学分析和矿物自动分析系统(AMICS)测试手段对各类型矿石进行了系统深入的工艺矿物学研究, 在工艺矿物学的基础上, 进行了配矿方案拟定, 并按照较佳的配矿比进行了全流程实验。结果表明: 各类型矿石为高硅、贫铁低硫磷贫铁矿石。各类型矿石的嵌布特性较复杂, 对矿石可磨度及单体解离具有一定的影响。根据采区各类型矿石可选性实验结果等条件, 确定综合配矿比为: (磁性矿:亚铁矿:东部红矿:混合矿:绿泥矿:碳酸铁矿) = (25:25:25:10:10:5)。综合配矿经过弱磁-强磁-混磁精阴离子反浮选闭路流程, 获得了综合精矿品位66.06%, 产率34.60%, 综合尾矿品位15.20%, 产率65.40%的较好指标。

**关键词:** 矿物加工工程; 东鞍山铁矿石; 工艺矿物学; 综合配矿; 磁选; 阴离子反浮选

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2024.04.026

中图分类号: TD951 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532(2024)04-0175-07

**引用格式:** 刘树永, 杨光, 袁立宾, 等. 东鞍山铁矿石工艺矿物学特征及选矿实验[J]. 矿产综合利用, 2024, 45(4): 175-181.

LIU Shuyong, YANG Guang, YUAN Libin, et al. Technological mineralogical characteristics and mineral processing test of donganshan iron ore[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2024, 45(4): 175-181.

近年来, 随着我国对铁矿资源不断地开发利用, 许多矿山面临着资源枯竭而相继闭坑的困境<sup>[1-2]</sup>。我国铁矿石绝大部分具有贫、细、杂的特点, 现有的工艺技术和药剂不能有效地对其进行分选, 铁回收率较低, 导致大量的铁矿资源进入到尾矿产品中, 造成铁矿资源的流失<sup>[3-6]</sup>。因此, 对于复杂难选铁矿资源的开发和利用变得愈加迫切。

东鞍山铁矿石是我国较难选的典型含碳酸盐贫磁赤混合铁矿石, 具有矿石铁品位低、结构构造复杂、有用铁矿物嵌布粒度细以及易泥化矿物含量高的特点<sup>[7-8]</sup>。目前, 大量研究人员对东鞍山铁矿石进行了研究。杨光等<sup>[9]</sup>采用选择性聚团-高梯度强磁选-反浮选工艺对东鞍山铁矿进行了实验研究, 与常规高梯度强磁选-反浮选工艺相比, 最

终获得的精矿品位变化不大, 而混磁精矿铁回收率提高了2.05%, 最终浮选精矿铁回收率提高了4.37%。朱一民等<sup>[10]</sup>采用新型阳离子捕收剂DYP在常温环境下, 进行了1粗1精3扫, 中矿顺序返回的反浮选闭路实验, 最终获得精矿铁品位(TFe)65.31%、回收率79.24%的良好指标, 药剂制度简单。

本文以东鞍山铁矿石为研究对象, 开展工艺矿物学和浮选实验研究, 深入分析东鞍山铁矿石的难选机理, 为东鞍山铁矿石的浮选工艺提供理论性指导。

### 1 实验

#### 1.1 实验矿样

本研究的实验矿石由东鞍山铁矿提供, 样品

收稿日期: 2023-08-22

基金项目: 国家重点研发计划项目(2021YFC2902405)

作者简介: 刘树永(1994-), 男, 工程师, 研究方向为铁矿产资源综合利用。

通信作者: 杨光(1976-), 男, 高级工程师, 研究方向为铁矿产资源综合利用。

首先进行粗碎，然后对其进行细碎处理，再经 2 mm 标准筛进行检查和筛分，确保样品均为 0~2 mm，将矿样混匀、筛分，并装袋以备使用。

### 1.2 浮选实验

取实验样品作为原矿，利用 XFD 型 1 L 单槽浮选机进行一次粗选一次精选三次扫选浮选实验，浮选药剂为：pH 调整剂氢氧化钠（分析纯），抑制剂淀粉+K6（分析纯），活化剂 CaO（分析纯），捕收剂 TD-II（6%）。药剂作用时间均为 3 min，粗选浮选时间为 5 min，一次扫选浮选时间为 2 min，二次扫选和三次扫选浮选时间为 1.5 min。对干燥后的浮选精矿和尾矿进行称重、混匀、缩分、取样、化验，并计算产率和回

收率。

### 1.3 扫描电子显微镜表征

在扫描电镜上（型号 Sigma500）进行矿物颗粒表面形貌表征。首先将待测样品进行干燥处理后，然后将样品直接平铺分散到导电胶上，并对铺平后的待测样品进行喷金处理。

## 2 结果与讨论

### 2.1 矿石物质组成

将矿石进行制样后，利用 XRF 和 AMICS 分别对各类型矿石的化学成分和矿物组成进行定量分析，各类型矿石化学多元素分析结果见表 1，物相分析结果见表 2。

表 1 各类型矿石化学多元素分析结果/%  
Table 1 Results of chemical multi-element analysis of various types of ores

矿石类型	FeO	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S	P	MnO	Ig	TiO <sub>2</sub>
亚铁矿	7.11	1.28	1.21	48.06	0.96	0.092	0.044	0.171	1.21	0.054
磁性矿	15.84	2.00	2.42	47.32	0.82	0.092	0.038	0.129	1.63	0.024
东部红矿	1.37	0.68	0.30	49.08	0.48	0.066	0.028	0.053	1.54	0.017
混合矿	9.99	1.44	1.11	46.54	1.04	0.079	0.038	0.114	3.17	0.025
绿泥矿	10.53	1.07	1.50	51.96	2.96	0.110	0.053	0.071	1.90	0.075
碳酸铁矿	1.88	2.25	1.40	42.67	0.63	0.066	0.032	0.196	5.96	0.019

表 2 各类型矿石物相分析结果  
Table 2 Phase analysis results of various types of ores

名称	FeO	FeCO <sub>3</sub>	FeSiO <sub>3</sub>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	假半赤、褐	TFe		
亚铁矿	含量/%	7.11	3.20	1.30	12.25	2.75	13.00	32.50
	分布率/%	-	9.85	4.00	37.69	8.46	40.00	100.00
磁性矿	含量/%	15.84	1.25	1.10	25.90	0.00	4.24	32.49
	分布率/%	-	3.85	3.39	79.72	0.00	13.05	100.00
东部红矿	含量/%	1.37	1.10	0.25	3.60	0.00	29.68	34.63
	分布率/%	-	3.18	0.72	10.40	0.00	85.71	100.00
混合矿	含量/%	9.99	3.40	1.15	12.30	3.70	12.43	32.98
	分布率/%	-	10.31	3.49	37.30	11.22	37.69	100.00
绿泥矿	含量/%	10.53	1.70	2.10	15.00	2.45	6.98	28.23
	分布率/%	-	6.02	7.44	53.13	8.68	24.73	100.00
碳酸铁矿	含量/%	1.88	5.00	1.40	6.70	0.30	20.20	33.60
	分布率/%	-	14.88	4.17	19.94	0.89	60.12	100.00

从表 1 可以看出，六种矿石都属于高硅、贫铁低硫磷贫铁矿石。从表 2 可以看出，六种矿石的全铁品位在 28%~34%，六种矿石的碳酸铁普遍含量较高，尤其碳酸铁矿、混合矿、亚铁矿中碳酸铁含量较高，其他类型矿石碳酸铁矿较低。硅酸铁含量也较高。

由此可知，东鞍山铁矿现开采矿石大部分矿石属于硅酸铁及碳酸铁含量偏高的贫铁矿石。在选别过程中主要是对磁铁矿和赤铁矿进行回收富集，因此需要将碳酸盐矿物中低含量碳酸铁和硅酸盐矿物中低含量硅酸铁以及其他脉石矿物充分脱除，才能得到较高品质的铁精矿。

### 2.2 矿石的构造与结构

#### 2.2.1 矿石的构造

矿石的构造主要是以条带状构造为主，同时发育揉皱状构造、角砾状构造和块状构造等。

细条带状构造、致密块状构造发育的岩石可磨度特性略差，如东部红矿。细条带状构造较多的碳酸铁矿及亚铁矿对其矿物单体解离影响较大。

#### 2.2.2 矿石的结构

矿石的结构以粒状变晶结构为主，含有少量的浸染状结构、包裹体结构。受混合岩化及热液活动影响，还发育各种氧化结构等。

各类型矿石中均含少量的浸染状结构，导致嵌布粒度较细，影响矿物单体解离，尤其碳酸铁

矿矿石较明显。

### ① 粒状变晶结构

粒状变晶结构是该矿体的主要结构，按矿物结晶粒度大小，可分为粗粒粒状变晶结构、细粒粒状变晶结构、和不等粒粒状变晶结构。按结晶程度晶体形态又可分为他形粒状变晶结构、半自形粒状变晶和自形粒状变晶结构。

除绿泥矿外，其他类型矿石中细粒变晶结构较多，磨矿时易形成贫连生体，对铁金属回收率影响较大。

### ② 氧化结构

矿石中发育程度不同的假象赤铁矿交代磁铁矿的现象。大多数矿石切片中都表现为假象赤铁矿对磁铁矿的轻微和不完全的交代作用，个别为整体交代作用构成的氧化结构。东部红矿及混合矿中此类结构略多。

### ③ 包含变晶结构（包裹体结构）

矿石的脉石条带中铁矿物粒度很细，相当一部分被包裹他形石英中，有的被包在绿泥石中和闪石类矿物中。被包裹的铁矿物为自形的磁铁矿，各类矿石中均有发育。

### ④ 浸染状结构

铁矿物结晶粒度较细，呈大量包裹体状态存在于脉石矿物中。东部红矿、碳酸铁矿混合矿中细粒矿物较多，发育浸染状结构。

## 2.3 矿石嵌布特征

### 2.3.1 矿物接触关系

脉石矿物多呈半自形-自形晶，如闪石类矿物；石英则多呈集合体状产出，为他形晶，与极细粒铁矿物共生或呈包裹体状态，与其他矿物呈复杂接触关系，因此嵌布特征较复杂；绿泥石则呈片状半自形集合体；后期充填的碳酸盐矿物结晶程度较高，呈粗粒他形晶，原生碳酸盐矿物呈隐晶态。黄铁矿、磁黄铁矿物、磷灰石含量较少但其晶形发育较完整。

磁铁矿多呈中-细粒半自形，半假象矿石的边缘有赤铁矿氧化边，这部分赤铁矿晶形较差，边缘接触关系复杂。

混合矿、绿泥矿、磁性矿矿石中闪石类矿物略多，其矿物接触关系较简单。碳酸铁矿矿石中矿物多为不等粒粒状变晶结构或浸染状结构，与石英接触关系较复杂，对矿石可磨度及单体解离具有一定影响。

### 2.3.2 各类型矿石嵌布粒度分布

矿物的嵌布粒度对选别效果会产生较大的影响，因此本实验对六种矿石亚铁矿、磁性矿、东部红矿、混合矿、绿泥矿和碳酸铁矿进行了粒度测定，结果见图1。

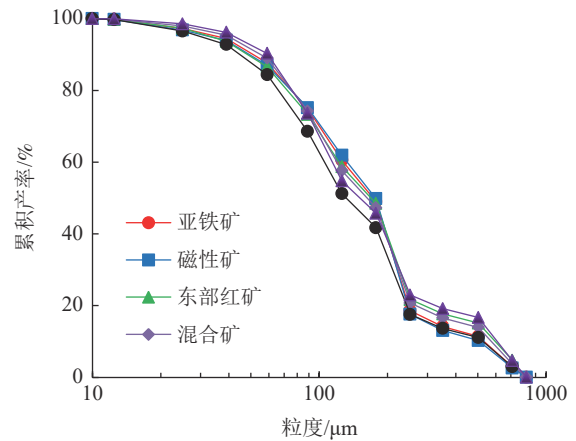


图1 各类型矿石嵌布粒度分布

Fig.1 Disseminated particle size distribution of various types of ores

从图1中可以看出，六种矿物的嵌布粒度较粗，矿物粒度均大于10 μm，没有超细颗粒的存在。六种矿物的粒度分布类似，当粒度范围在10~50 μm之间时，碳酸铁矿的累计产率高于其他五种矿物，这是因为碳酸铁的硬度较低（硬度约为3.5~4.5）<sup>[1]</sup>，在磨矿过程中容易出现泥化现象，从而影响分选指标。

### 2.4 配矿方案

目前东鞍山铁矿矿石性质复杂，划分矿石类型较多，矿石品位呈逐年下降的趋势，为保证适宜的原矿品位，需要对东鞍山铁矿现开采的6种矿石类型进行配矿处理。为了得到适宜的配矿比例，对六种矿石进行了弱磁-强磁及开路浮选条件实验，结果见表3、4。

表3 各类型矿石弱磁-强磁选别指标对比

Table 3 Comparison of low-intensity and high-intensity magnetic separation indexes of various types of ores

矿石类型	原矿品位/%	场强/T	混磁精			强尾		
			品位/%	产率/%	收率/%	品位/%	产率/%	收率/%
亚铁矿	32.50	0.90	43.80	66.22	89.24	10.35	33.78	10.76
磁性矿	32.49	0.90	43.00	70.00	92.65	7.96	30.00	7.35
东部红矿	34.63	0.90	47.00	62.10	84.29	14.36	37.90	15.71
混合矿	32.98	0.90	44.30	68.00	91.34	8.93	32.00	8.66
绿泥矿	28.23	0.90	39.90	65.86	93.08	5.72	34.14	6.92
碳酸铁矿	33.60	0.90	39.40	78.00	91.46	13.04	22.00	8.54

表 4 各类型矿石开路浮选条件实验指标对比  
 Table 4 Comparison of test indexes of open-circuit flotation conditions of various types of ores

矿石类型	药剂制度/ (g/t)				浮精		浮尾		
	NaOH	淀粉+K6	CaO	TD-II		品位/%	产率/%	品位/%	产率/%
				粗选	精选				
亚铁矿	1 250	1 350	500	1 800	750	66.79	25.83	15.67	17.71
磁性矿	1 250	1 500	500	1 200	600	66.65	25.86	15.24	18.24
东部红矿	1 250	1 650	500	1 800	900	66.54	23.61	19.62	17.00
混合矿	1 250	1 350	500	1 200	600	65.80	24.15	16.80	18.37
绿泥矿	1 250	1350	500	1 350	675	65.05	23.28	10.40	17.88
碳酸铁矿	1 250	1 650	500	750	375	59.65	24.95	18.64	19.55

从六种矿样的选别指标对比结果看，亚铁矿、磁性矿及东部红矿可获得高品位综合精矿和低品位尾矿，混合矿、绿泥矿居中，碳酸铁矿选别指标较差，属于较难选矿石。

根据采区各类型矿石的大致储量、各类型矿石可选性实验结果。同时考虑到矿石中碳酸铁含量对选矿指标的影响，因此碳酸铁含量应控制在3%以下，硅酸铁含量也应尽量降低。综上所述，确定较佳配矿比定为 磁性矿:亚铁矿:东部红矿:混合矿:绿泥矿:碳酸铁=25:25:25:10:10:5。

2.4.1 综合配矿磁选管实验

将综合配矿分别磨到-0.074 mm 60%、80%、90%和 95%，开展磁选管实验，结果见图 2。

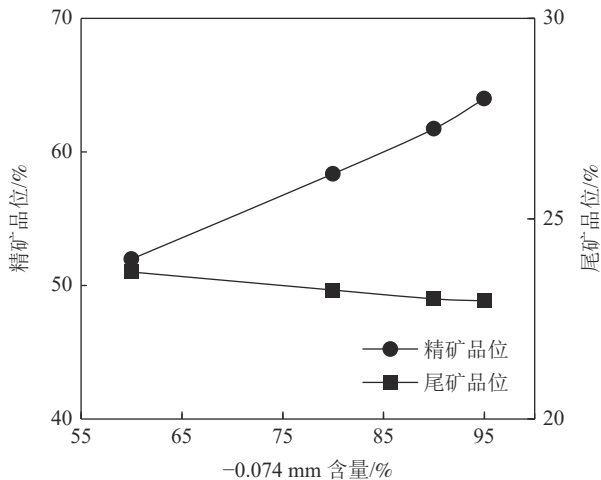


图 2 综合配矿不同磨矿粒度磁选管实验  
 Fig.2 Test of magnetic separation tube with different grinding particle sizes for comprehensive ore blending

从图 2 中可以看出，随着原矿磨矿粒度-0.074 mm 含量从 60% 上升至 95%，磁选管精矿品位从 51.98% 上升至到 63.98%，回收率从 51.12% 降低至 46.84%。磁选管尾矿品位在 23% 左右，表明综

合配矿中含有一定的赤铁矿。

2.4.2 综合配矿解离度分析

综合配矿磨至-0.074 mm 60%、80%、90%、95% 时的解离度测定分析结果见图 3。

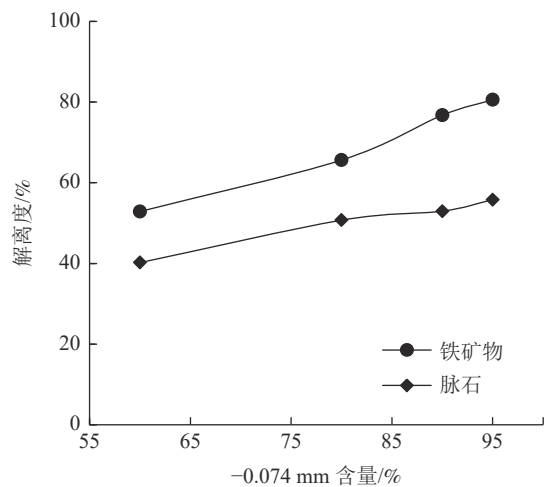


图 3 综合配矿矿石解离度测定结果  
 Fig.3 Determination results of dissociation degree of the ore in comprehensive ore blending

由图 3 中看出，随着综合配矿磨矿粒度的增大，铁矿物解离度从 52.87% 上升至 80.56%，脉石矿物解离度从 40.20% 上升至 55.78%。为了保证铁矿物及脉石矿物解离度满足基本选别要求，确定较佳综合配矿磨矿粒度为-0.074 mm 95%。

2.4.3 综合配矿弱磁-强磁选别实验

将原矿磨至粒度-0.074 mm 95%，进行一段弱磁、一段强磁选别实验，弱磁选机的磁场强度 96 kA/m，一段强磁选机的磁感应强度 0.90 T，选别数质量流见图 4。

由图 4 可知，当原矿磨矿粒度为-0.074 mm 95%，经一段弱磁-强磁选别后，获得了混磁磁精矿品位 43.77%、回收率 90.07% 的分选指标。



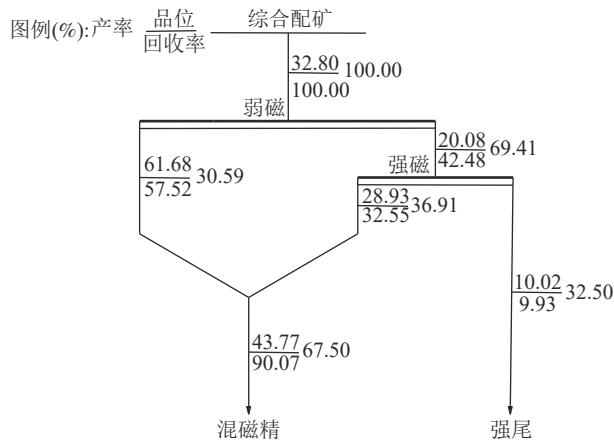


图4 综合配矿弱磁-强磁选别数质量流程

Fig.4 Quality flow chart of low-intensity and high-intensity magnetic separation for comprehensive ore blending

#### 2.4.4 综合配矿混磁精矿产品分析

为确定较佳的入浮粒度，对综合配矿混磁精进行了产品分析，其结果见表5。

表5 综合配矿混磁精粒度分析及解离度测定结果

Table 5 Particle size analysis and dissociation degree determination results of comprehensive ore blending magnetic concentrate

粒级/ $\mu\text{m}$	品位/%	产率/%		收率/%		解离度/%	
		个别	累计	个别	累计	铁矿物	脉石
+100	30.24	2.62	100.00	1.81	100.00	38.90	24.30
-100+76	40.28	6.08	97.38	5.59	98.19	54.13	31.12
-76+45	47.08	10.36	91.30	11.14	92.60	73.71	36.94
-45+37	45.27	12.32	80.94	12.74	81.45	82.66	43.50
-37+25	47.77	10.25	68.62	11.19	68.71	85.95	48.46
-25	43.14	58.37	58.37	57.52	57.52	85.95	48.46
合计	43.77	100.00		100.00		81.11	44.97

从表5可知，混磁精铁矿物解离度为81.11%，而脉石矿物解离度为44.97%。铁矿与脉石矿物解离度较差，为了进一步提高脉石矿物解离度，需对混磁精进行再磨处理，再磨后的混磁精产品分析结果见表6。

从表6可知，再磨后的混磁精粒度达到-0.074 mm 95.26%，此时铁矿物解离度提高到84.20%，脉石矿物解离度提高到56.09%，铁矿物和脉石矿物的解离度均较好，满足浮选分离的要求。因此，确定混磁精的粒度为-0.074 mm 95.26%。

#### 2.4.5 综合配矿混磁精矿开路浮选实验

在较佳的药剂制度下：NaOH 用量为1 250 g/t，淀粉用量为1 350 g/t，CaO 用量为500 g/t，粗选

捕收剂用量为1 500 g/t，精选捕收剂用量为750 g/t。进行了一粗一精三扫的开路浮选实验（图5），获得了浮选精矿品位68.54%、作业产率40.87%、浮尾品位13.35%的分选指标。

表6 综合配矿混磁精再磨粒度分析及解离度测定结果  
Table 6 Particle size analysis and dissociation degree determination results of comprehensive ore blending and magnetic fine regrinding

粒级/ $\mu\text{m}$	品位/%	产率/%		收率/%		解离度/%	
		个别	累计	个别	累计	铁矿物	脉石
+100	26.53	1.10	100.00	0.65	100.00	38.93	24.72
-100+76	40.28	3.64	98.90	3.28	99.35	56.06	34.49
-76+45	43.28	8.44	95.26	8.16	96.07	70.98	42.77
-45+37	47.11	13.49	86.82	14.19	87.91	80.84	52.68
-37+25	49.41	10.73	73.33	11.84	73.72	88.42	59.79
-25	44.25	62.60	62.60	61.88	61.88	88.42	59.79
合计	44.77	100.00		100.00		84.20	56.09

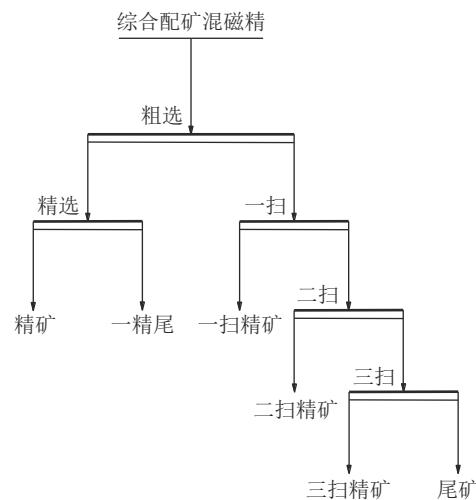


图5 综合配矿混磁精开路浮选实验

Fig.5 Open-circuit flotation test of comprehensive ore blending and mixed magnetic concentrate

#### 2.4.6 综合配矿混磁精闭路浮选实验

在开路浮选条件实验的基础上，采用较佳药剂用量进行了闭路浮选实验，结果见图6，经一段粗选、一段精选、三段扫选后，获得浮精品位66.06%，作业产率51.26%，浮尾品位20.32%的选别指标。

#### 2.4.7 综合配矿弱磁-强磁-反浮选工艺流程

将原矿磨至粒度-0.074 mm 90.5%，经过一段弱磁选机选别，获得弱磁精矿，弱磁选尾矿给入一段强磁选别实验，抛掉部分合格尾矿，强磁精矿与弱磁精矿合为混磁精矿，混磁精给入反

浮选作业，反浮选作业为一段粗选、一段精选、三段扫选作业选别，浮选精矿为最终精矿；强磁尾矿与浮选尾矿合为最终尾矿。弱磁选机的磁场强度 96 kA/m，一段强磁选机的磁感应强度 0.90 T，选别数量质流程见图 7。综合配矿经过上述实验选别，获得了综合精矿品位 66.06%，产率 34.60%，综合尾矿品位 15.20%，产率 65.40% 的较好指标。

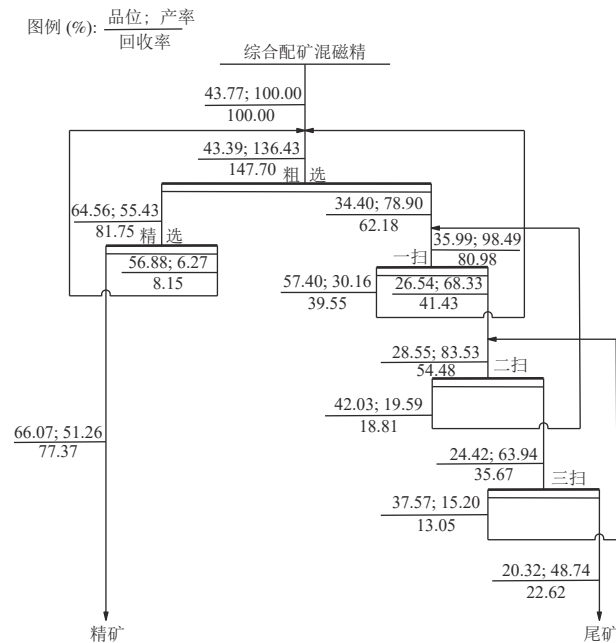


图 6 综合配矿混磁精闭路浮选实验  
Fig.6 Closed-circuit flotation test of comprehensive ore blending and magnetic concentrate

### 3 结论

(1) 各类型矿石为高硅、贫铁低硫磷贫铁矿石，FeO 是主要有用成分，杂质成分中 S 的含量均低于 0.1%。P、TiO<sub>2</sub> 含量均低于 0.1%，MnO 含量低于 0.2%。

(2) 矿石的构造主要是以条带状构造为主，同时发育揉皱状构造、角砾状构造和块状构造等。矿石的结构以粒状变晶结构为主，含有少量的浸染状结构、包裹体结构。受混合岩化及热液活动影响，还发育各种氧化结构等。

(3) 各类型矿石的嵌部特性较复杂，对矿石可磨度及单体解离具有一定的影响。

(4) 根据各类型矿石可选性实验结果，确定综合配矿比为 磁性矿:亚铁矿:东部红矿:混合矿:绿泥矿:碳酸铁矿=25:25:25:10:10:5。

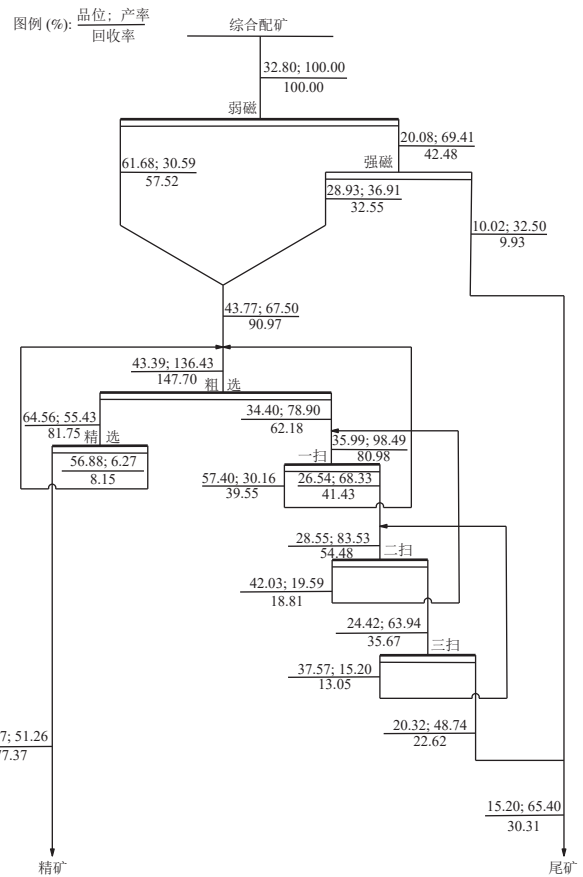


图 7 综合配矿弱磁-强磁-反浮选数质量流程  
Fig.7 Quality flow chart of low-intensity magnetism-high-intensity magnetism-reverse flotation number for comprehensive ore blending

(5) 在较佳药剂制度下: NaOH 1 250 g/t, 淀粉 1 350 g/t, CaO 500 g/t, 粗选捕收剂 1 500 g/t, 精选捕收剂 750 g/t。采用弱磁-强磁-混磁精阴离子反浮选工艺流程，获得了综合精矿品位 66.06%，产率 34.60%，尾矿品位 15.20%，产率 65.40% 的较好指标。

### 参考文献:

[1] 李博琦, 谢贤, 纪翠翠, 等. 鞍山地区贫磁铁矿选矿工艺实验[J]. 矿产综合利用, 2020(4):93-99.  
LI B Q, XIE X, JI C C, et al. Experimental study on ore dressing of lean magnetite in Anshan area[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2020(4):93-99.  
[2] 王长艳, 徐冬林, 史达, 等. 鞍千磁铁矿工艺矿物学研究[J]. 矿产综合利用, 2022(4):193-199.  
WANG C Y, XU D L, SHI D, et al. Research on process mineralogy of Anqian magnetite ore[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2022(4):193-199.  
[3] 杨光, 苏兴国, 马自飞, 等. 东鞍山贫杂铁矿石选矿技术研究

究进展[J]. 矿产保护与利用, 2021, 41(5):140-148.

YANG G, SU X G, MA Z F, et al. Research status and development trend of beneficiation technology for Donganshan iron ore with low grade and complex composition[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2021, 41(5):140-148.

[4] 杨光, 任慧, 杨春, 等. 磁选-浮选联合工艺从东鞍山铁矿浮选尾矿中回收铁的实验研究[J]. 矿产保护与利用, 2022, 42(6):66-72.

YANG G, REN H, YANG C, et al. Experimental study on iron recovery from flotation tailings of donganshan iron ore by combined magnetic separation and flotation process[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2022, 42(6):66-72.

[5] 柳林, 王威, 刘红召, 等. 磁化焙烧-磁选回收某褐铁矿中铁的实验研究[J]. 矿产综合利用, 2019(4):33-37.

LIU L, WANG W, LIU H Z, et al. Research on recovery of iron from limonite by magnetization roasting and magnetic separation[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2019(4):33-37.

[6] 黄贵臣, 谢冬冬, 韩呈, 等. 基于正交实验的赤铁矿浮选实验研究[J]. 矿产综合利用, 2019(4):63-67.

HUANG G C, XIE D D, HAN C, et al. Experimental study on flotation of hematite based on orthogonal test[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2019(4):63-67.

[7] 宋保莹, 袁立宾, 韦思明. 含碳酸盐赤铁矿分步浮选工艺研究及生产实践[J]. 矿冶工程, 2015, 35(5):63-67.

SONG B Y, YUAN L B, WEI S M. Investigation on stepped flotation process for carbonate-containing hematite and its production practice[J]. Mining and Metallurgical Engineering, 2015, 35(5):63-67.

[8] 余建文, 韩跃新, 李艳军, 等. 东鞍山贫铁矿石磁选预富集行为[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2019, 40(1):94-98.

YU J W, HAN Y X, LI Y J, et al. Pre-enrichment behaviors of low-grade donganshan iron ore using magnetic separation[J]. Journal of Northeastern University(Natural Science), 2019, 40(1):94-98.

[9] 杨光, 周立波, 李文博, 等. 东鞍山铁矿强化细粒铁矿物回收新技术研究[J]. 金属矿山, 2021(541):102-109.

YANG G, ZHOU L B, LI W B, et al. Research on new technology of enhanced separation recovery of fine-grained iron minerals in Donganshan iron mine[J]. Metal Mine, 2021(541):102-109.

[10] 朱一民, 郭文达, 杨艳平, 等. 新型阳离子捕收剂对东鞍山铁矿的浮选实验研究[J]. 中国矿业, 2016, 25(3):97-101.

ZHU Y M, GUO W D, YANG Y P, et al. Flotation experiment of a new cationic collector for Donganshan's iron ore[J]. China Mining Magazine, 2016, 25(3):97-101.

[11] 张忠辉. 滇西某低品位菱铁矿选冶工艺实验与理论研究[D]. 上海: 上海大学, 2015.

ZHANG Z H. Experimental and theoretical research on comprehensive utilization of low grade siderite ore[D]. Shanghai: Shanghai University, 2015.

## Technological Mineralogical Characteristics and Mineral Processing Test of Donganshan Iron Ore

LIU Shuyong<sup>1</sup>, YANG Guang<sup>1</sup>, YUAN Libin<sup>1</sup>, CONG Shushuang<sup>1</sup>, ZHANG Jiangning<sup>1</sup>, NIU Zhanliang<sup>2</sup>  
(1.Donganshan Sintering Plant, Ansteel Group Corporation, Anshan 114041, Liaoning, China; 2.Qidashan Concentrator, Ansteel Group Corporation, Anshan 114041, Liaoning, China)

**Abstract:** This is an article in the field of mineral processing engineering. In order to accurately grasp the influence of various types of ores on field production, the process mineralogy of various types of ores was systematically and deeply studied by means of chemical analysis and automatic mineral analysis system (AMICS). Based on the process mineralogy, the ore blending scheme was drawn up, and the whole process test was carried out according to the optimal ore blending ratio. The results show that all kinds of ores are lean iron ores with high silicon, low iron and low sulfur and phosphorus. The embedding characteristics of various types of ores are complex, which has a certain influence on the grindability of ores and monomer dissociation. According to the washability test results of various types of ores in the mining area, the comprehensive ore blending ratio is determined as follows: (magnetic ore: sub-iron ore: eastern red ore: mixed ore: chlorite ore: iron carbonate ore) = (25:25:25:10:10:5). Through the closed-circuit process of weak magnetic field-strong magnetic field-mixed magnetic fine anion reverse flotation, the comprehensive ore blending obtained good indexes of comprehensive concentrate grade of 66.06%, yield of 34.60%, comprehensive tailings grade of 15.20% and yield of 65.40%.

**Keywords:** Mineral processing engineering; Donganshan iron ore; Process mineralogy; Comprehensive ore blending; Magnetic separation; Anion reverse flotation