

辽宁某铁矿石工艺矿物学研究

官贵臣, 韩跃新, 李艳军

(东北大学资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110819)

摘要: 采用光学显微镜、电子探针、X射线衍射、化学分析等现代检测手段分析了辽宁某铁矿石的化学成分、矿物组成、矿石结构构造、磁铁矿浸染粒度等特性。结果表明, 此铁矿石为鞍山式贫磁铁矿石, TFe品位27.85%, 主要存在于磁铁矿中。脉石矿物主要为石英, 含量为36.18%, 其次有角闪石、石榴石和绿泥石。磁铁矿以中粗粒嵌布为主, 粗细不均匀, 建议采用阶磨阶选流程。

关键词: 银工艺矿物学; 贫磁铁矿; 物质组成; 结构构造; 浸染粒度

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2018.02.017

中图分类号 TD925.7 文献标志码 A 文章编号: 1000-6532 (2018) 02-0077-04

工艺矿物学研究可以利用多种现代检测手段^[1-2], 对矿石所含化学元素种类及含量、矿物物相、矿石结构构造、矿物间伴生关系、主要矿物浸染粒度等重要性质^[3-4]进行详细地考查。完善的工艺矿物学研究是制定合理的矿物加工工艺的基础条件^[5-6]。

辽宁某贫磁铁矿石属鞍山式沉积变质贫铁石英岩, 经过多年开采后, 矿体下部矿石性质与上层有较大差异。为保证选矿指标, 需要根据矿石性质进行选矿工艺改造, 鉴于上述工艺矿物学对确定选矿工艺的重要影响, 本研究针对该矿石进行了详尽的工艺矿物学研究, 研究结果为改进该矿选矿工艺流程及提高选矿技术指标提供理论依据及技术支持。

1 矿石性质组成

1.1 矿石的化学成分

该矿石的化学成分分析见表1。由表1中结果可知该铁矿石TFe品位27.85%, FeO含量为16.20, 矿石磁性率 $16.20 \times 100\% / 27.85 = 58.17\%$, 远高于磁铁矿的理论值42.86%, 说明矿石中可能含有硅酸铁、碳酸铁等亚铁矿物, 将影响铁的回收率。主要杂质矿物SiO₂、Al₂O₃、MgO、CaO的含量分别为51.39%、1.85%、2.64%、3.34%, 矿石的碱性系数 $(CaO + MgO) / (SiO_2 + Al_2O_3) = 0.11 < 0.5$, 表明该矿石属于酸性矿石^[7]。有害元素P、S含量低于工业允许值。

表1 矿石化学成分分析结果 / %
Table 1 The chemical composition of the iron ore

TFe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	S	P
27.85	16.20	51.39	1.85	2.64	3.34	0.09	0.27	0.12	0.02

1.2 矿物组成及含量

通过对矿石光片和薄片的光学显微镜鉴定查明: 该铁矿石铁矿物主要为磁铁矿, 含量为29.90%, 其次为赤铁矿和菱铁矿; 金属硫化物为黄铁矿和磁黄铁矿, 含量分别为1.04%和0.58%,

另有少量黄铜矿。非金属矿物主要为石英、角闪石、石榴石和绿泥石, 含量分别为36.18%、11.90%、7.14%和4.76%, 其次为碳酸盐矿物和云母。矿石的各矿物相对含量见表2。

收稿日期: 2016-10-30; 改回日期: 2016-11-26
基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2015BAB15B02)
作者简介: 官贵臣(1990-), 男, 博士研究生。

表 2 矿石中矿物组成及含量
Table 2 Composition and contents of different minerals

名称	磁铁矿	赤铁矿	菱铁矿	黄铁矿	磁黄铁矿	黄铜矿	名称	石英	角闪石	石榴石	绿泥石	碳酸盐	云母
含量 / %	29.90	0.36	1.76	1.04	0.58	0.06	含量 / %	36.18	11.90	7.14	4.76	2.38	1.11

1.3 铁物相分析

矿石中主要回收元素铁的赋存状态通过铁物相分析查明, 结果见表 3。

表 3 铁物相分析结果
Table 3 Analysis results of iron phase

物相	TFe	磁铁矿 中铁	菱铁矿 中铁	硅酸铁 中铁	赤铁矿 中铁	硫化铁 中铁
含量 / %	27.85	21.65	0.85	4.43	0.10	0.82
分布率 / %	100.00	77.74	3.05	15.91	0.36	2.94

表 3 结果显示, 矿石中磁铁矿含量占全铁的 77.74%, 是主要的有用矿物; 碳酸铁、硅酸铁的 含量较高, 这与矿石磁性率高于理论值相一致。

2 矿石的结构构造

矿石的结构构造对选矿工艺有重要的影响。一般来说, 矿石的构造主要是指矿物及其集合体的空间分布特征, 而结构则主要是指矿物及集合体自身的形态特征。

2.1 矿石的构造

通过对矿样观察可知, 该矿石呈浸染状构造和条带状构造。

(1) 浸染状构造。矿石中的磁铁矿等以粗细不等的粒状分布在脉石中, 且无定向排列, 形成浸染状构造。

(2) 条带状构造。矿石中部分磁铁矿集合体呈相间排列的条带, 且多组条带大致平行延伸, 形成条带状构造。

2.2 矿物的结构

矿石中各矿物颗粒的自身形态特征对矿物的解离有重要的影响, 在本矿石中主要表现为磁铁矿的自形、半自形晶结构, 磁黄铁矿的他形晶结构,

及两种以上矿物之间包含结构等。

(1) 自形、半自形晶结。矿石中的磁铁矿主要以自形晶产出, 结晶外形较完好, 形成自形晶结构, 有的晶体不完整, 仅保持部分晶面完好, 则形成半自形晶结构。

(2) 他形晶结矿石中的磁黄铁矿以他形晶产出, 不具任何完好晶面, 形成他形晶结构。

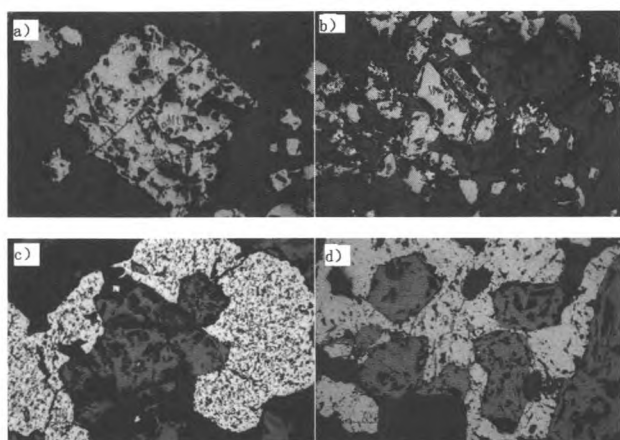
(3) 包含结构。矿石中金属矿物之间或金属矿物与脉石之间常呈相互包裹的现象, 形成包含结构。

3 主要矿物产出特征

3.1 金属矿物

3.1.1 磁铁矿

磁铁矿为矿石中的主要有用矿物, 在矿石的空间较均匀分布, 而产出形态、结晶粒度等特征的变化较大。磁铁矿主要以自形 - 半自形粒状及粒状集合体产出, 呈浸染状分布在脉石中, 粒间常充填脉石矿物, 其集合体常包裹细粒脉石矿物, 解理缝中有板片状脉石矿物充填 (图 1-a)。磁铁矿的粒度不均匀, 粗粒和细粒磁铁矿含量多。矿石局部的磁铁矿与赤铁矿相互嵌布, 包裹细粒赤铁矿, 并被赤铁矿交替 (图 1-b)。部分磁铁矿与黄铁矿呈较密切的相互嵌布关系, 磁铁矿的粒间常有黄铁矿充填, 有的包裹细粒黄铁矿, 有少量细粒磁铁矿包裹在黄铁矿中 (图 1-c)。还有部分磁铁矿与磁黄铁矿相互嵌布, 磁黄铁矿沿磁铁矿边缘、粒间充填, 有的磁铁矿被磁黄铁矿包裹, 并被磁黄铁矿沿接触面轻微交代, 少量细粒的磁铁矿充填在磁黄铁矿裂隙和边缘 (图 1-d)。



(Mt- 磁铁矿 Ht- 赤铁矿 G- 脉石 Py- 黄铁矿 Po- 磁黄铁矿)

图1 磁铁矿产出特征

Fig. 1 Magnetite occurrence characteristics

3.1.2 赤铁矿

赤铁矿在矿石中含量较少, 为磁铁矿氧化蚀变产物, 呈细小的粒状嵌布在磁铁矿的粒间和包裹在磁铁矿中, 有的分布在磁铁矿周围的脉石中。

3.1.3 黄铁矿

黄铁矿主要以半自形粒状产出, 粒度较粗大, 粗细不均匀, 分布较集中。黄铁矿与磁铁矿有密切的关系, 大部分黄铁矿充填在磁铁矿的粒间, 有的包裹细粒磁铁矿, 少量黄铁矿充填在磁铁矿中。

3.1.4 磁黄铁矿

磁黄铁矿主要以他形粒状产出, 在矿石中分布较集中, 粒度粗细不均匀。磁黄铁矿多与磁铁矿相互嵌布, 颗粒紧密结合, 嵌布关系复杂, 磁黄铁矿常充填在磁铁矿粒间, 包裹磁铁矿, 并沿接触面对磁铁矿有轻微的交代作用。

3.1.5 黄铜矿

黄铜矿在矿石中含量少, 主要以他形粒状, 与磁黄铁矿连晶共生, 包裹在磁黄铁矿中, 有的与磁黄铁矿一起充填在磁铁矿粒间。

3.2 脉石矿物

脉石矿物主要含石英、角闪石、绿泥石、石榴石、云母以及部分碳酸盐矿物, 其中石英、碳酸盐矿物中分布有微量铁元素, 绿泥石中含铁量达到 13.36%, 其余角闪石等矿物中基本不含铁。

3.2.1 石英

石英是矿石中的主要脉石矿物, 以自形、半

自形粒状集合体产出, 粒度细小, 粒间嵌布角闪石、绿泥石和石榴石等矿物, 有少量石英嵌布在碳酸盐矿物和绢云母中(图 2-a)。电子探针检测显示, 石英中的铁含量在 0.34% 左右。

3.2.2 角闪石

角闪石以自形长柱状、纤维状晶体及集合体产出, 裂隙中常有碳酸盐矿物、绢云母充填, 部分角闪石蚀变为绿泥石(图 2-b)。

3.2.3 石榴石

石榴石以半自形的粒状产出, 分布在石英中, 粒度较粗大均匀, 见有的石榴石被石英交代, 部分石榴石蚀变为绿泥石, 绿泥石充填在石榴石边缘和裂隙中(图 2-c)。

3.2.4 绿泥石

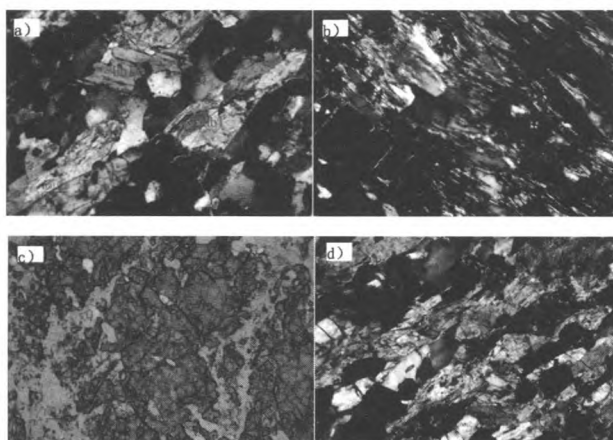
绿泥石主要由角闪石和石榴石蚀变生成, 与角闪石一起嵌布在石英粒间, 和石榴石的边缘和裂隙中(图 2-d)。绿泥石含量占矿物总量的 7.23%, 且根据电子探针检测其中含铁量达 13.36%, 会对精矿的回收率和品位产生影响

3.2.5 碳酸盐矿物

碳酸盐矿物以他形粒状, 不规则状产出, 常与绢云母相互嵌布, 与石英呈相互嵌布的关系, 有的充填在角闪石等矿物裂隙中, 粒度粗细不均匀。碳酸盐矿物中含铁量在 0.85% 左右

3.2.6 云母:

云母以细小鳞片状集合体产出, 充填在石英、角闪石等矿物的粒间和裂隙中, 与碳酸盐矿物密



(Q- 石英 Hbl- 角闪石 Grt- 石榴石 Chl- 绿泥石)

图2 脉石矿物产出特征

Fig. 2 Gangue minerals occurrence characteristics

切共生, 集合体中常分布细粒石英。

4 磁铁矿的浸染粒度

磁铁矿是矿石中的目的矿物, 采用直线线测

表 4 铜矿物的单体解离特征
Table 4 Copper mineral dissociation degree

粒级 /mm	+0.15	-0.15+ 0.10	-0.10+ 0.074	-0.074+ 0.053	-0.053+ 0.038	-0.038
含量 /%	37.02	17.97	10.03	9.42	13.55	12.01
累计	-	54.99	65.02	74.44	87.99	100.00

法对其浸染粒度进行统计, 结果见表 4。

表 4 结果显示, 磁铁矿在 0.074 mm 以上粒级中的分布率为 65.02%, 在 0.038 mm 以下粒级中的分布率为 12.01%, 可见磁铁矿的浸染粒度以中粗粒嵌布为主, 粗细不均匀。此外, 矿石中绿泥石易在磨矿过程中泥化影响选别指标, 参照其他选厂成熟经验可采用阶段磨矿阶段选别流程实现此铁矿石的选矿利用。

5 结 论

(1) 该矿石为鞍山式贫磁铁矿, TFe 品位为 27.85%。磁铁矿为矿石中主要回收矿物, 赤铁矿可随磁铁矿回收, 黄铁矿和磁黄铁矿为主要金属矿物杂质。磁黄铁矿磁性强, 易随磁铁矿进入铁精矿中, 可能导致铁精矿含硫偏高。

(2) 铁主要赋存在磁铁矿中, 非金属矿物如石英、绿泥石和碳酸盐矿物含有一定量的铁, 这部分铁将损失在尾矿中。

(3) 磁铁矿集合体常包裹细粒脉石矿物, 这部分脉石矿物难以从磁铁矿中解离出来, 破碎后易与磁铁矿形成连生体, 影响选矿指标。磁铁矿在细粒级中的偏高, 这部分磁铁矿破碎后容易与其它矿物形成连生体, 将影响铁精矿品位, 因此须增加磨矿细度。磁铁矿的浸染粒度不均匀, 可采用阶段磨矿阶段选工艺。

参考文献:

- [1] 周满赓. 工艺矿物学在矿产资源找矿和综合利用中的应用 [J]. 矿产综合利用, 2012(3): 7-9.
- [2] 仝丽娟, 张广伟. 工艺矿物学在选矿中的应用 [J]. 现代矿业, 2014(12): 68-71, 78.
- [3] 刘益萍. 一种难选锡铜共生矿的工艺矿物学研究 [J]. 矿产综合利用, 2015(2): 55, 61-63.
- [4] 谢海云, 叶群杰, 周平, 等. 云南思茅地区铜锌硫化矿工艺矿物学分析 [J]. 岩矿测试, 2014, 33(3): 345-352.
- [5] 马驰, 卞孝东, 王守敬, 等. 金矿的工艺矿物学研究 [J]. 黄金, 2011, 32(10): 47-51.
- [6] 曹占芳, 钟宏, 宋英, 等. 遂昌萤石矿的工艺矿物学及其浮选性能 [J]. 中国矿业大学学报, 2012, 41(3): 439-445.
- [7] 王儒, 韩跃新, 张裕书, 等. 五峰鲕状赤铁矿工艺矿物学特性研究 [J]. 矿产综合利用, 2014(6): 54-57.

Study on Process Mineralogy for an Iron Ore from Liaoning Province

Gong Guichen, Han Yuexin, Li Yanjun

(College of Resource and Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang, Liaoning, China)

Abstract: Some modern testing technology (i.e. optical microscope, electron probe, X-ray diffraction, chemical analysis) were used to investigate the chemical compositions, mineral constituents, mineral constructions and grain sizes of magnetite of an iron ore from Liaoning province. It,s demonstrated that this iron ore belongs to Anshan-type low-grade magnetite ore with a TFe grade 27.85%. The iron element mainly exists in magnetite. Quartz acts as the dominating gangue mineral which is followed by amphibole, garnet and chlorite. Coarse and moderate size grains account for the majority of the magnetite and thickness of uneven size, thus the stage-grinding and stage-beneficiation process is suggested to be adopted.

Keywords: Process mineralogy; Lean magnetite; Mineral composition; Structure; Grain size