选冶工艺

吉林羚羊难选铁矿的选矿研究*

于福家，王泽红
（东北大学，沈阳，110006）

摘 要：羚羊铁矿石矿物组成非常复杂、嵌布粒度很细、铁矿物与脉石紧密共生，难以分选。对羚羊铁矿进行了选矿试验研究，结果表明，采用焙烧—磁选工艺处理羚羊铁矿，可获得铁品位60%以上，回收率70%以上的铁精矿，选别指标较以往有很大的提高，为羚羊铁矿的进一步研究和工业利用打下了基础。

关 键 词：羚羊铁矿；还原磁化焙烧；磁选；正浮选；反浮选
中图分类号：TD951.1 **文献标识码**：B **文章编号**：1001-0076(2008)05-0027-04

Study on the Mineral Processing of Refractory Iron Ores in Lingyang, Jilin Province

YU Fu-jia, WANG Ze-hong
(Northeastern University, Shenyang 110006, China)

Abstract: The mineral processing study had been completed on Lingyang iron ores which were refractory ores due to complex composition, fine disseminated size and symbiosis with gangue mineral. Results showed that an iron concentrate with grade of over 60% Fe and a recovery of over 70% were obtained using reduction magnetization roasting - magnetic separation technology to process Lingyang iron ores. The separation index improved greatly and laid the foundation for further research and industrial utilization of Lingyang iron ores.

Key words: Lingyang iron ores; reduction magnetization roasting; magnetic separation; direct flotation; reverse flotation

吉林省境内有一分布较广、储量较大的原生含锰铁矿，被称为羚羊石。该铁矿属受变质碳酸盐建造型铁矿床，是受到轻微区域变质作用的碳酸盐所形成的沉积铁矿床。

吉林羚羊铁矿石组成十分复杂，仅铁矿物就有磁铁矿、褐铁矿、菱铁矿、赤铁矿、磁黄铁矿、黄铁矿等多种。矿石中矿物嵌布粒度很细，各种铁矿物间以及铁矿物与脉石间紧密共生，是一种极典型的贫细杂难选铁矿。

对吉林羚羊铁矿石，以前曾有多家科研单位进行过分选研究，但都没有得到较满意的结果，致使该矿石一直没有得到利用。本研究在实验室，采用还原焙烧—磁选工艺对吉林羚羊铁矿石进行了选别试验，试验指标较以往有了很大的提高，为吉林羚羊铁矿石的进一步开发利用奠定了基础。

1 矿石特性

吉林羚羊铁矿石中主要金属矿物为磁铁矿、褐铁矿、菱铁矿，另有一定量的黑锰矿、菱锰矿以及硅酸铁矿物。矿石中含有少量的硫化物，主要为黄铁矿、黄铜矿和磁黄铁矿；次生硫化物为斑铜矿、铜蓝。脉石矿物以石英为主，硅酸铁矿物次之；次要脉石矿

* 收稿日期：2008-03-20；修回日期：2008-04-10
基金项目：国际合作重大项目“增加铁矿资源储量的选矿关键技术”（项目编号：2006DFB72570）
作者简介：于福家（1961-），男，辽宁省丹东人，工学硕士，高级工程师，主要研究方向为金属选矿及非金属矿深加工。

万方数据

物还有磷灰石、独居石、高岭石和金红石等。

矿石构造呈浸染状、角砾状、网脉状、蜂窝状、鲕状和胶状。

矿石中的铁赋存于磁铁矿、褐铁矿、菱铁矿、赤铁矿、磁黄铁矿等多种铁矿物之中，铁在各种铁矿物中的分布情况见表 1。

表 1　铁在铁矿物中的分布(%)

铁矿物	褐铁矿/赤铁矿	磁铁矿	菱铁矿	磁黄铁矿	黄铁矿	含铁硅酸盐
Fe 金属分布	44.80	27.80	15.30	11.46	0.03	0.61

显微镜观测结果表明，磁铁矿物晶形相对较好，粒度较适中，但磁铁矿细粒集合体中含有褐铁矿、赤铁矿，颗粒不够纯净，与石英等脉石矿物共生关系密切。褐铁矿嵌布粒度很细，结构构造十分复杂，褐铁矿中常常含有 Al、Mg、Ca、Si、Mn 等杂质。主要脉石矿物石英与铁矿物特别是与褐铁矿紧密共生，石英等脉石矿物与磁铁矿、褐铁矿、菱铁矿等铁矿物常常相互包裹，相互掺杂。矿石中脉石矿物还有大量的极易泥化的鲕绿泥石。

原矿的光谱分析结果见表 2，多元素分析结果见表 3。

表 2　原矿光谱定性分析结果(%)

成分	Fe	Al_2O_3	SiO_2	Mn	CaO	MgO
含量	34.4	30.44	9.92	4.84	1.25	1.10
成分	K_2O	TiO_2	P_2O_5	SO_3	CeO_2	Na_2O
含量	0.565	0.390	0.378	0.248	0.104	0.0357
成分	ZnO	CuO	ZrO_2	SrO_2	NiO	As_2O_3
含量	0.0277	0.0761	0.0245	0.0163	0.0153	0.0105

表 3　原矿多元素分析结果(%)

成分	TFe	FeO	Mn	Al_2O_3	SiO_2	CaO
含量	34.79	9.25	0.52	5.09	23.25	4.40
成分	MgO	TiO_2	P	S	As	
含量	0.52	0.39	0.14	0.08	0.006	

原矿的各种分析结果说明，吉林羚羊铁矿是一种矿物成分、赋存关系及矿石结构构造都非常复杂的铁矿石。正因为如此，使得羚羊铁矿的分选十分困难。

2　羚羊铁矿石的浮选

由于羚羊铁矿中有赤铁矿、褐铁矿、磁铁矿、菱铁矿及磁黄铁矿等多种含铁矿物，因此首先考虑采用浮选工艺回收铁。试验时，分别采用正浮选和反浮选两种方案进行分选。

试验中，取 200 g 矿样，在磨矿细度 -200 目 85% 条件下分别进行了正浮选和反浮选试验，试验流程如图 1 所示。

正浮选时，在磨矿机中加碳酸钠进行分散，然后搅拌脱泥，再以油酸作为捕收剂在 750 ml 浮选槽中进行浮选。试验结果见表 4。

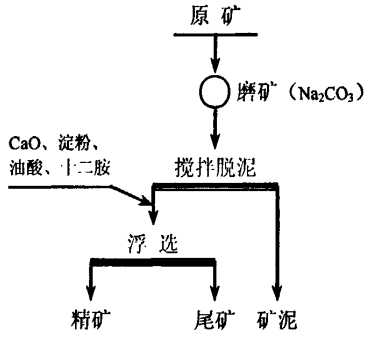

图 1　浮选试验流程

表 4　吉林羚羊铁矿正浮选试验结果(%)

名称	精矿产率	尾矿产率	矿泥产率	精矿品位	尾矿品位	精矿回收率
正浮选	28.66	69.92	1.42	35.95	32.95	30.5

本研究制定了三种反浮选试验方案：

方案 I：加入调整剂 NaOH，调整 pH 值到 10.5，加入活化剂 CaO、抑制剂淀粉，然后用油酸钠作捕收剂进行阴离子反浮选，浮选温度 32℃；

方案 II：采用十二胺进行反浮选，浮选温度为常温；

方案 III：加入调整剂 NaOH，调整 pH 值到10.5，加入活化剂 CaO、抑制剂淀粉，然后用油酸和十二胺混合药剂作捕收剂进行反浮选，浮选温度 32℃；

反浮选试验结果见表 5。

表 5　吉林羚羊铁矿反浮选试验结果(%)

名称	精矿产率	尾矿产率	矿泥产率	精矿品位	尾矿品位	精矿回收率
方案 I	75.74	15.33	8.93	35.26	34.66	83.40
方案 II	67.72	28.81	3.47	35.01	33.89	70.83
方案 III	74.83	24.74	0.43	34.68	32.37	76.42

万方数据

由试验结果可以看出,吉林羚羊铁矿正浮选和反浮选试验结果均不佳,铁矿物基本上没有得到有效分离。这一结果与以往的研究基本一致。不能进行有效浮选分离的原因是羚羊铁矿石矿物组成和构造十分复杂,浸染粒度细,各种粒度下铁矿物的分布非常均匀,脉石矿物易泥化,且脉石矿物与铁矿物之间的可浮性十分接近以及菱铁矿的影响等。

3　羚羊铁矿石的磁选

吉林羚羊铁矿石中,磁铁矿中的铁约占矿石中全铁的30%,镜下观察磁铁矿的粒度也比较适中,因此采用磁选工艺对磁铁矿进行回收试验。这一试验的目的,在于将磁铁矿与其它铁矿物分别分选,如果磁选能够获得合格磁铁精矿,就可以采用磁选回收磁铁矿,采用其它方法回收其它铁组分。

试验中,将原矿粉磨至-200目占85%,用场强为103.5 kA/m的Φ200×110筒式弱磁场磁选机进行两次磁选,再采用磁选柱进行一次精选。磁选流程如图2所示,磁选试验结果见表6。

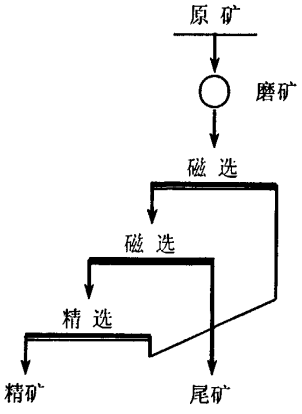

图2　磁选流程

表6　羚羊铁矿磁选结果(%)

磁选产品	精矿产率	精矿铁品位	尾矿铁品位	精矿回收率
磁选机	31.21	56.13	30.64	51.19
电磁精选机	28.25	57.46	35.69	47.44

由表6的试验结果可以看出,虽采用多段磁选流程处理吉林羚羊铁矿石,但其精矿品位仍只有57%左右,说明采用磁选工艺也不能使矿石中磁铁矿得到有效的分选。磁铁矿物选别效果不佳的原因主要是:磁铁矿与褐铁矿相互包裹、与石英等脉石紧密共生,而且是以很细的粒度相互包裹、相互共生,使得磁铁矿无法完全单体解离。

4　焙烧磁选

由于吉林羚羊铁矿石中含有多种铁矿物,因此还可以考虑采用还原焙烧—磁选工艺来综合回收矿石中的铁。

本研究以河北省丰宁市丰东煤矿次烟煤为还原剂(该煤的主要指标为:固定炭57.80%,灰分21.50%,挥发分17.20%,水分3.50%,全硫量0.65%,粒度为-20 mm),还原剂煤用量为8%;在Φ800 mm回转焙烧窑中对-15 mm原矿进行磁化焙烧。然后将焙烧产品粉磨至-200目55%,用场强为103.5 kA/m的Φ200×110筒式磁选机进行一次粗选,将粗精矿再粉磨至-200目85%,而后再用同规格磁选机进行一次精选。试验原则流程如图3所示,试验结果见表7。

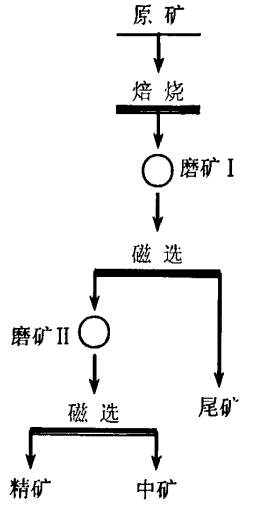

图3　焙烧—磁选试验原则流程

表7　焙烧—磁选试验结果(%)

磁选产品	精矿产率		铁品位	回收率
	相对作业	相对原矿		
精矿	39.88	33.90	60.26	59.31
中矿	15.53	13.20	42.63	16.34
尾矿	44.59	37.90	22.13	24.35

表7试验结果表明,采用焙烧—磁选工艺可得到精矿品位60%以上、回收率70%以上的选别结果。该选别指标虽不算高,但与以往的研究结果相

万方数据

比,已是很大的突破,并仍有进一步优化提高的潜力。

5 结论

(1)吉林羚羊铁矿石是一成分、结构构造都十分复杂的难选铁矿石;

(2)采用正浮选、反浮选、磁选均不能使羚羊铁矿得到有效的分离;

(3)采用磁化焙烧—磁选工艺处理吉林羚羊铁矿可获得相对较好的选别指标;

(4)采用磁化焙烧—磁选工艺处理吉林羚羊铁矿,虽然已取得了突破性的成果,但仍需进一步优化工艺、完善工艺条件、选用合适设备、提高工艺指标;

(5)本研究为吉林羚羊铁矿石的资源化,探索了一条道路,为今后进一步研究利用奠定了基础。

参考文献:

[1] 魏德州. 固体物料分选学[M]. 北京:冶金工业出版社,2000.

[2] B. И. 卡尔马金. 黑色金属矿石的现代磁选法[M]. 北京:中国工业出版社,1965.

[3] 许时. 矿石可选性研究[M]. 北京:冶金工业出版社,1989.

[4] 王秋林. 綦江铁矿焙烧-磁选-阴离子反浮选试验研究[J]. 矿冶工程,2006,26(6).

[5] 张汉泉. 难选赤铁矿焙烧-磁选试验研究[J]. 中国矿业,2006,15.

[6] 袁致涛. 我国难选铁矿石资源利用的现状及发展方向[J]. 金属矿山,2007,(1).

稀土停产保价凸显联盟效应

今年开年以来,我国大宗稀土产品的价格承接了上年度年末的下降趋势,每况愈下。其中氧化镨钕的价格已从24万元/t的高价下跌到13.5万元/t,下降幅度达到44%。

鉴于当前国内稀土市场供大于求导致稀土矿价及分离产品价格大跌的现状,为稳定稀土价格,防止资源浪费和资源流失,保护优势矿产资源,进一步提升调控国内稀土市场和价格的能力,维护稀土产业持续健康发展,5月23日,赣州市稀土行业协会经与内蒙古稀土行业协会商定,决定共同采取停产护市的措施,牺牲部分短期利益,切实保护稀土行业的长期整体利益,稳定市场价格,实现南北资源的互助与合作,向区域企业发出倡议:停产一个月!

江西、内蒙古稀土行业协会停产的倡议也迅即得了有关省市行业协会和骨干企业的支持。江西省稀土行业协会积极响应,立即向全省发出号召,倡导企业从稀土行业健康有序发展的大局出发,加入这一行动中来。5月29日,我国稀土行业的龙头企业包钢稀土(股票代码600111)宣布,出于对保护稀土行业长期整体利益的目的,响应江西和内蒙行业机构的倡议,决定对部分产品实施停产保价。从当日起停止向相应稀土企业供应稀土精矿一个月,并停止公司分离产品生产一个月。据测算,这次停产将影响公司分离产品产量1 400 t。包钢稀土的表态更是给市场和行业吃了"定心丸",确保了这一举措的顺利实施。

行业协会的行动也得到了地方政府的支持,5月28日,赣州市人民政府办公厅专门下发通知支持该市稀土行业协会提出的倡议,要求统一思想,充分认识本次全市稀土矿山停产的重要性,狠抓落实,多措并举,为市稀土协会有关停产的决定落实提供有力保障,确保本次全市稀土矿山停产工作取得明显成效。

自6月停产以来,现稀土价格已扭转了继续下滑趋势,部分产品的价格开始回升。其中氧化镨钕的价格已从最低的13.5万元/t回升到15万元/t以上。如果价格出现反复,不排除行业内进一步采取措施的可能。

此次行业内的一次停产保价联盟,使散、乱、小的稀土行业一下子团结起来,让大家看到了行业联盟的希望,但同时也令业内外对这种效应能否具有持久性产生了质疑。这种联盟效应很可能是"昙花一现"。毕竟稀土行业经过近几年的发展,散、小、乱的状况不仅没有明显改观,反而更加严重起来。每每想到这,一些有识之士不免扼腕长叹南北稀土集团的流产:若当时组建了稀土集团,实行南北分治,如今的稀土状况肯定大为改观。

戴志雄 供稿

万方数据