

# 低品位碳酸锰锰矿强磁选工艺研究

邓 强<sup>1</sup>, 黄苑龄<sup>1</sup>, 王劲松<sup>2</sup>, 陈宁可<sup>2</sup>

(1. 贵州省地质矿产中心实验室, 贵州 贵阳 550018; 2. 贵州省地矿局 102 地质大队, 贵州 遵义 563003)

**[摘 要]**采用 SLon-100 脉动高梯度磁选机对某低品位碳酸锰锰矿进行分选试验研究, 最终采用一粗一扫强磁选工艺, 在原矿 Mn 品位为 13.74% 的条件下, 获得锰精矿 Mn 品位 24.81%、Mn 回收率 94.70% 的优良指标。

**[关键词]**SLon 脉动高梯度磁选; 碳酸锰; 锰矿; 低品位; 分选

**[中图分类号]**P618.32; TD951 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1000-5943(2015)01-0078-05

某地低品位碳酸锰矿锰含量较低, 直接湿法冶金电解锰, 其成本较高, 需进行富集才能提高其经济利用价值。该锰矿物嵌布粒度粗、细分布不均, 不适宜采用重选工艺; 而受环保、药剂的制约, 也不适合浮选工艺; 采用磁选工艺, 清洁、环保, 对低品位碳酸锰矿能起一定的富集作用<sup>[1]</sup>。本文主要介绍 SLon-100 脉动高梯度磁选机对该矿进行的强磁选试验研究。

## 1 矿石性质

采用日本理学 Ultima-IV X 射线粉末衍射仪、德国徕卡 DM4500P 偏光显微镜以及 MLA650 工艺矿物自动检测系统并给合多元素化学分析和物相分析对该矿进行矿石性质研

究。该矿主要有用矿物为菱锰矿、铁菱锰矿以及锰方解石; 脉石矿物为黄铁矿、石英、伊利石、绿泥石、铁白云石等。

扫描电镜下, 菱锰矿表面较为平整, 解理不可见, 多成块状构造, 粒度主要分布在 10~180 μm 之间; 铁菱锰矿多层次棱角状, 磨圆度较差, 颗粒粒度主要分布在 16~180 μm 之间; 锰方解石多呈菱面体、偏三角面体、柱状、板状块状、粒状、钟乳状、土状、片状、钉头状、犬牙状, 颗粒粒度主要分布在 20~180 μm 之间, 最大颗粒可达 350 μm; 伊利石呈不规则的或带棱角的薄片, 也呈不完整的六边形和板条状形态, 颗粒粒度主要分布在 16~250 μm 之间; 绿泥石颗粒粒度主要分布在 20~300 μm 之间; 黄铁矿颗粒粒度主要分布在 10~150 μm 之间。主要矿物能谱分析见图 1。

表 1 原矿多元素化学分析结果

(%)

Table 1 Poly-element chemical analyses result of raw ore

成分	Mn	Fe	S	Na <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>
含量	13.45	8.66	4.80	0.26	10.72	23.71
成分	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MgO	有机碳	LOSS
含量	1.58	5.50	1.03	0.98	1.30	21.58

表 2 锰物相分析结果

(%)

Table 2 Analyses result of manganese phase

项目	碳酸锰中 Mn	水褐锰矿中 Mn	软锰矿中 Mn	合计
含量	12.98	0.73	0.18	13.89
分布率	93.449	5.256	1.296	100.000

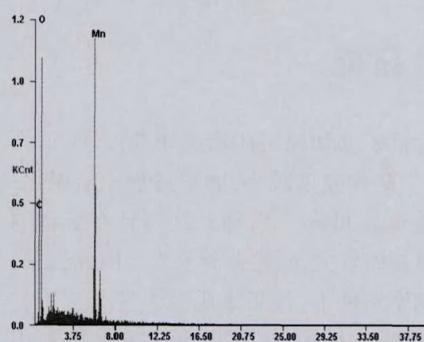
[收稿日期] 2014-12-13

[基金项目] 贵州省地质矿产勘查开发局地质科研项目(黔地矿科合[2013]08号)资助。

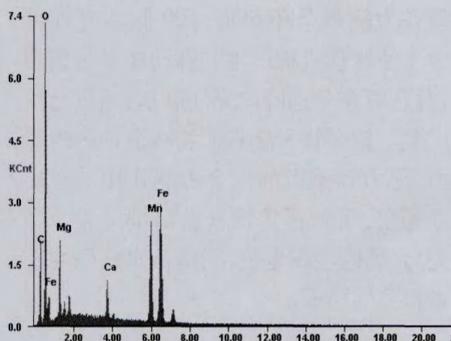
[作者简介] 邓强(1978-), 男, 贵州思南人, 选矿高级工程师, 硕士, 从事选矿工作。

从表1可以看出,该矿可回收的主要元素为Mn,S可作为附带产品综合回收。锰物相分析结

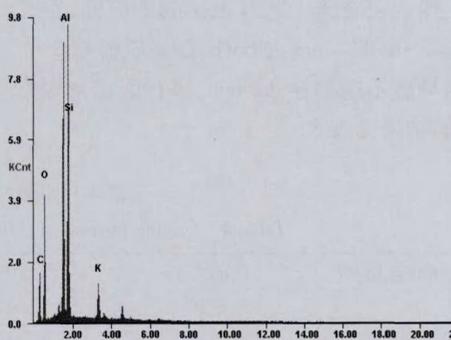
果表明,该矿含锰矿以碳酸锰矿为主,其中碳酸锰矿石中Mn达93.45%。



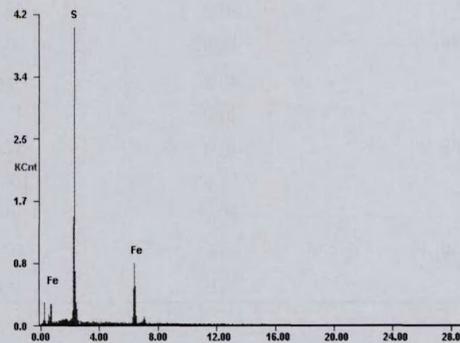
菱锰矿



铁菱锰矿



伊利石



黄铁矿

图1 主要有用矿物能谱分析图

Fig. 1 Energy spectrum analysis of main useful minerals

原矿多元素分析以及锰物相分析结果分别见表1、表2。

## 2 试验研究

该矿含锰矿物和脉石矿物嵌布粒度粗、细不均,脉石粘土矿物硬度较小,磨矿过程中易泥化;另查阅相关文献可知<sup>[2-5]</sup>,锰矿物与脉石矿物的比磁化系数相差较大,磁性差异很大。因此,在适宜的磨矿细度条件下,该矿采用强磁选分选工艺可达到富锰降杂目的,从而提高该矿经济利用价值。

试验设备为赣州金环 Slon-100 脉动高梯度磁选机。为了使脉动机构产生的脉动能量传递到分选腔内,分选时在分选腔内先注满水,然后从给矿盒给人矿浆。锰矿物和脉石矿物在分选区内受脉动流体力、磁力和重力的复合力场作用。锰矿物被磁介质捕获,而脉石矿物从底部排出成为尾矿。给矿完后,切断激磁电流,用清洁水将磁性矿粒冲洗出来得到锰精矿。

### 2.1 强磁选探索试验

为了探索强磁选工艺对该矿的适应性,首先在磨矿细度-0.074 mm 占 65%、激磁电流 600 A、磁介质为导磁不锈钢棒 φ2 mm,进行强磁选探索试验,试验结果见表3。

表3 强磁选探索试验结果

Table 3 Results of intensity magnetic separation experiment

产品名称	产率/%	Mn 品位/%	Mn 回收率/%
精矿	42.19	25.07	79.18
尾矿	57.81	4.81	20.82
给矿	100.00	13.36	100.00

从表3 试验结果可知,该矿采用强磁选工艺进行分选富集,其适应性较强。

### 2.2 强磁粗选条件试验

#### 2.2.1 磨矿细度试验

在磨矿细度为变量、激磁电流 600 A、磁介质为导磁不锈钢棒 φ2 mm 的条件下,进行强磁粗选磨矿细度试验,试验流程见图2,试验结果见表4。

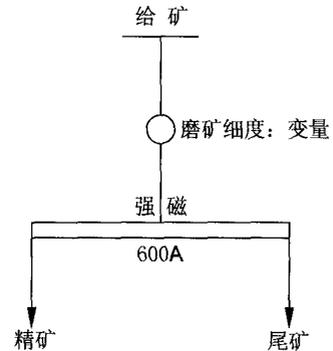


图2 强磁粗选磨矿细度试验流程图

Fig. 2 Flow grinding fineness experiment by intensity magnetic roughing

表4 强磁粗选磨矿细度试验

Table 4 Griding fineness experiment by intensity magnetic roughing

-0.074 mm 含量/%	产品名称	产率/%	Mn 品位/%	Mn 回收率/%
84.56	精矿	47.87	25.32	90.12
	尾矿	52.13	2.55	9.88
	给矿	100.00	13.45	100.00
96.28	精矿	43.46	26.27	84.83
	尾矿	56.54	3.61	15.17
	给矿	100.00	13.46	100.00
98.92	精矿	42.96	26.62	84.56
	尾矿	57.04	3.66	15.44
	给矿	100.00	13.52	100.00
99.49	精矿	40.11	26.99	81.55
	尾矿	59.89	4.09	18.45
	给矿	100.00	13.28	100.00

从表4 结果可知,随着磨矿细度的增加,锰精矿 Mn 品位增加幅度不大,而回收率则随着细度的增加而降低。当磨矿细度 - 0.074 mm 占

84.56%时,可获得 Mn 品位为 25.32%、回收率为 90.12%的锰精矿。因此,该矿强磁粗选磨矿细度选择-0.074 mm 占 84.56%较为合适。

2.2.2 强磁粗选激磁电流试验

在磨矿细度-0.074 mm 占 84.56%、激磁电流为变量、磁介质为导磁不锈钢棒  $\phi 2$  mm 的条件下,进行强磁粗选激磁电流试验,试验结果见图 3。

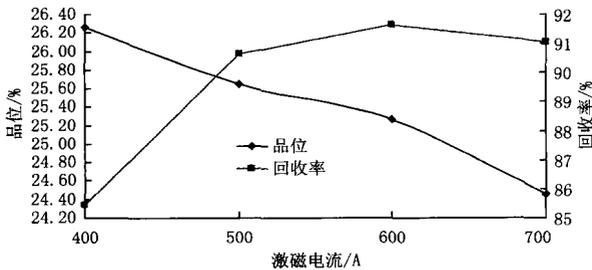


图 3 强磁粗选激磁电流试验结果

Fig. 3 Mgnetizing current experiment by intensity magnetic roughing

图 3 结果表明,随着激磁电流的增加,锰精矿 Mn 品位逐步降低,而回收率则随着激磁电流的增强而增加;当激磁电流达 600A 时,继续增加电流,其回收率变化不大。因此,强磁粗选激磁电流选择 600A 较为合适。

2.2.3 强磁选磁介质试验

为了考查磁介质(导磁不锈钢棒)对选别指标的影响,在磨矿细度-0.074 mm 占 84.56%、激磁电流为 600A、磁介质为变量的条件下,进行强磁粗选不同磁介质试验,试验结果见表 5。

从表 5 结果可知,锰精矿 Mn 品位受磁介质(导磁不锈钢棒)直径影响较小,而回收率则随着磁介质直径先增加后降低。因此,强磁粗选磁介质(导磁不锈钢棒)选择  $\phi 2$  较为合适。

表 5 不同磁介质试验结果

Table 5 Experiment result of different magnetic medium

磁介质(导磁不锈钢棒)/mm	产品名称	产率/%	Mn 品位/%	Mn 回收率/%
$\phi 1$	精矿	47.38	25.38	89.43
	尾矿	52.62	2.70	10.57
	给矿	100.00	13.45	100.00
$\phi 2$	精矿	48.37	25.24	90.78
	尾矿	51.63	2.40	9.22
	给矿	100.00	13.45	100.00
$\phi 3$	精矿	45.98	25.91	87.78
	尾矿	54.02	3.07	12.22
	给矿	100.00	13.57	100.00
$\phi 4$	精矿	43.34	25.97	84.23
	尾矿	56.66	3.72	15.77
	给矿	100.00	13.36	100.00

2.3 强磁扫选激磁电流试验

为了增加锰回收率,在前述强磁粗选条件试验基础上,增加一次扫选进行扫选激磁电流试验,试验结果见图 4。

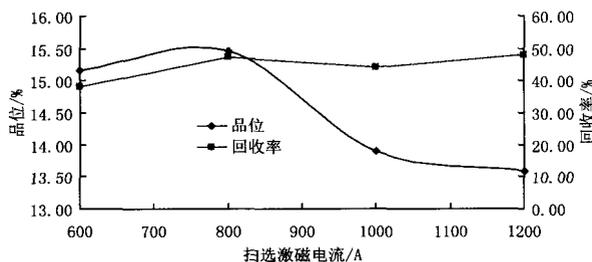


图 4 强磁扫选激磁电流试验结果

Fig. 4 Mgnetizing current experiment by intensity magnetic separation

加,锰精矿 Mn 品位逐步降低,而回收率则随着激磁电流的增强而增加;当激励磁电流达 800A 时,继续增加电流,其回收率变化不大。因此,强磁粗选激磁电流选择 800A 较为合适。

2.4 强磁精选激磁电流试验

为了提高锰精矿品位,在前述强磁粗选以及扫选条件试验基础上,粗选粗精矿与扫选中矿合并进行强磁精选试验。精选条件试验只进行激磁电流试验,试验流程及试验结果分别见图 5、6。

从图 6 可以看出,强磁精选锰精矿锰回收率随着电流的增加而增加,而品位反而降低。与前述试验结果相比较,粗选粗精矿与扫选中矿合并进行强磁精选,虽然能够提高 3%~4% 精矿品位,但其回收率降低 15%~35%。

图 4 结果表明,强磁扫选随着激磁电流的增

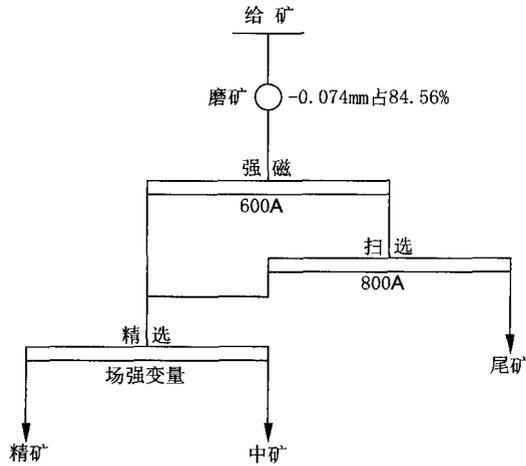


图5 强磁精选试验流程图  
Fig. 5 Flow of intensity magnetic cleaning

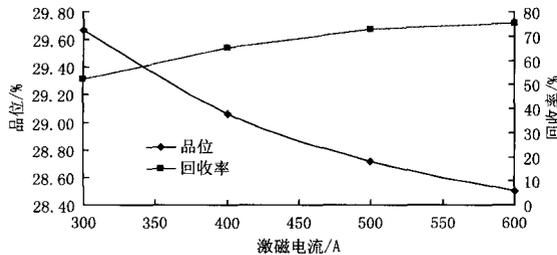


图6 强磁精选试验结果  
Fig. 6 Results of intensity magnetic cleaning

### 3 推荐工艺流程

在前述一系列条件试验基础上,从成本及回收率角度考虑,推荐该矿采用一粗一扫强磁选工艺较为合适,其工艺流程见图7,最终推荐工艺试验结果见表6。

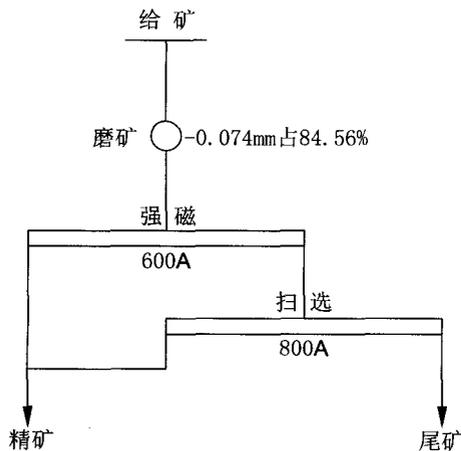


图7 最终推荐工艺流程图  
Fig. 7 Process flow chosen finally

表6 最终推荐工艺试验结果

Table 6 Experiment results of the final process

产品名称	产率/%	Mn 品位/%	Mn 回收率/%
精矿	52.43	24.81	94.70
尾矿	47.57	1.53	5.30
给矿	100.00	13.74	100.00

由表6可见,该采用一粗一扫强磁选工艺,最终获得锰精矿 Mn 品位 24.81%、Mn 回收率 94.70% 的优良指标。

### 4 结论

(1) 该矿主要含锰矿物为菱锰矿以及锰方解石,脉石矿物为黄铁矿、石英、伊利石等,矿物嵌布粒度粗、细不均。

(2) 该矿应用 SLon-100 脉动高梯度磁选机,在磨矿细度-0.074mm 占 84.56%、粗选激磁电流 600A、粗选以及扫磁介质 φ2 mm、扫选激磁电流 800A 的条件下,采用一粗一扫强磁选工艺,粗选粗精矿与扫选中矿合并获得 Mn 品位 24.81%、Mn 回收率 94.70% 的锰精矿。

#### [参考文献]

- [1] 梅光贵,张文山,曾湘波,等. 中国锰业技术[M]. 长沙:中南大学出版社,2011:201-239.
- [2] 李茂林,秦勤,但智钢. 等. 微细粒低品位碳酸锰矿强磁选工艺研究[J]. 武汉科技大学学报,2012,(4):246-250.
- [3] 廖国平,黄会春. SLon 磁选机分选木佳松软锰矿的半工业试验[J]. 矿业快报. 2004,(4):20-22.
- [4] 马鞍山矿山研究院辅料室锰组. 遵义型高铁锰矿富集锰降铁的研究[J]. 金属矿山,1992,(12):46-48.
- [5] 张径生,周光华. 我国锰矿资源及选矿进展评述[J]. 中国锰业. 2006,24(1)1-5.

(下转第 77 页)

## [参考文献]

- [1] 张业成,张梁.论地质灾害风险评估[J].地质灾害与环境保护,1996,7(3):1-6.
- [2] 马寅生,张业成,张春山,等.地质灾害风险评估的理论与方法[J].地质力学学报,2004,10(1):7-18.
- [3] 朱良峰,殷坤龙,张梁,等.地质灾害风险分析与GIS技术应用研究[J].地理学与国土研究,2002,18(4):10-13.
- [4] 朱良峰,张梁,等.基于GIS技术的地质灾害风险分析系统研究[J].工程地质学报,2002,10(4):428-433.
- [5] 吴树仁,石菊松,张春山,等.地质灾害风险评估技术指南初论[J].地质通报,2009,28(8):995-1005.
- [6] 石菊松,石玲,吴树仁,等.滑坡风险评估实践中的难点与对策[J].地质通报,2009,28(8):1021-1030.
- [7] 成玉祥,任春林,张骏.基于BP神经网络的地质灾害风险评估方法探讨——以天水地区为例[J].中国地质灾害与防治学报,2008,19(2):100-104.
- [8] 吴益平,唐辉明,葛修润.BP模型在区域滑坡灾害风险预测中的应用[J].岩石力学,2005,26(9):1409-1413.
- [9] 张丽君,江思宏.区域性滑坡敏感性评价的数据驱动权重模型及应用[J].水文地质工程地质,2004,31(6):33-36.
- [10] 张春山,张业成,马寅生,等.区域地质灾害风险评估要素权值计算方法及应用——以黄河上游地区地质灾害风险评估为例[J].水文地质工程地质,2006(06).
- [11] 杜军,杨青华.基于GIS和AHP耦合的汶川震后次生地质灾害风险评估[J].中国水土保持,2009(11):14-16.
- [12] 柳依莎,杨华.基于信息量模型的地质灾害危险性评价研究——以重庆市涪陵区为例[J].重庆师范大学学报(自然科学版),2012,29(4):34-40.

## Geologic Disaster Risk Estimation of Guizhou Region in 9.7 Earthquake in the border of Guizhou and Yunnan

DANG Jie, YANG Sheng-yuan

(Guizhou Institute of Geo-environment Monitoring, Guiyang 550004, Guizhou, China)

[Abstract] In order to analysis the risk degree of regional geologic disaster, the FAHP method is used and on the basis of overall study the basic geo-environmental information and geologic disaster data in the target area, the geologic disaster risk is estimated by GIS technology, According to the risk value, the results are divided into: very high risk area, high risk area, intermediate risk and low risk area, this result is consistent with the reality and can be used for geologic disaster prevention in this area.

[Key words] Geologic disaster; Risk estimation; Regional; Guizhou

(上接第82页)

## Study of High Intensity Magnetic Separations of Some Low Grade Manganese Carbonate Deposit

DENG Qiang<sup>1</sup>, HUANG Yuan-ling<sup>1</sup>, WANG Jing-song<sup>2</sup>, CHEN Ning-ke<sup>2</sup>

(1. MLR Guiyang Supervision and Testing Center of Mineral Resources, Guiyang 550004, Guizhou, China; 2. 102 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development, Zunyi 563003, Guizhou, China)

[Abstract] SLon-100 ring pulsating high gradient magnetic separators is used to study some low grade manganese carbonate, finally it uses fine grain moisture intensity magnetic separation technology is chosen, in the condition of the grade of the raw ore is 13.74%, the good effect is obtained that the grade of Mn in manganese concentrate is 24.81% and the recovery rate of Mn is 94.70%.

[Key words] SLon ring pulsating high gradient magnetic separation; Manganese carbonate; Manganese deposit; Low grade; Separation