黔东地区含锰页岩选矿中试研究

张周位1,2,陈文祥1,2,张 遂3

(1. 贵州省地质矿产中心实验室,贵阳 550018;2. 贵州省贵金属矿产资源综合利用工程技术研究中心, 贵阳 550018;3. 贵州省地质矿产勘查开发局 103 地质大队,铜仁 554300)

[摘 要] 黔东地区锰矿资源储量大,除主要为 15%~20%的中低品位资源外,还有相当部分未参与资源量估算的、锰含量在 8%~10%的含锰页岩,为使这部分低于边界品位的"锰矿石"得到合理开发利用,减少浪费。在实验室小型试验取得良好指标的条件下进行了选矿中试研究,研究发现,获得合格锰精矿的关键因素是选择高冲次强磁选条件,在原矿含 Mn 为 9.71%条件下,通过合适的选矿工艺,可得到锰品位 14.25%,回收率 83.91%的锰精矿,为该矿的高效利用奠定了技术基础。

[关键词]含锰页岩;高梯度磁选;中试;研究

[中图分类号]P618.32;TD951 [文献标识码]A

[文章编号]1000-5943(2018)-04-0393-04

锰是重要的工业原料,广泛应用于冶金、化 工、轻工、医药、机械、国防、通信等行业(罗娜, 2012)。我国锰矿资源总量丰富,但富锰矿资源 少,大部分锰矿品位偏低,杂质含量高,因此需经 过选矿富集后方具有工业应用价值(陈仁义等, 2004:姚敬劬,2005)。我国锰矿的另一个特点是 矿石结构复杂,嵌布粒度极细,选矿难度较大(谭 柱中等,2004)。贵州近年来锰矿找矿工作硕果 累累,锰矿探明资源量持续增加,但其中相当大一 部分属中低品位锰矿,部分为碳酸锰富锰矿石。 同还存在大量低于边界品位(Mn ≤ 10%)的、未 纳入锰矿资源量估算的含锰页岩。为使类"锰矿 石"得到合理利用,减少浪费。本文在实验室试 验取得良好技术指标的条件下进行选矿中试研 究,以模拟于现场生产,为矿山设计、生产提供较 实用的技术指导作用(廖国平等,2004)。

1 矿石性质

1.1 化学分析

含锰页岩的原矿化学分析结果见表 1,从表 1

中可以看出该矿主要有价元素为锰,有害元素硫、磷含量较高,矿石的 Mn/Fe=3.26、P/Mn=0.013,属高磷中铁低品位锰矿石。为达到富集锰矿物的目的,需要选矿排除的脉石组分主要为 SiO_2 ,其次是 Al_2O_3 和 CaO,三者合计含量为 57.65%。在后续的选矿试验过程中,锰矿与含硅、铝、钙等矿物的嵌布特性决定了锰品位的提高幅度与选矿指标。

表 1 试样多元素化学分析结果

Table 1 The chemical analysis results of multi-element of the sample

元素	Mn	TFe	SiO ₂	Al_2O_3	CaO	S	P
含量/%	9. 71	2. 98	39. 15	9.42	9.08	1. 29	0. 128

1.2 物相分析

原矿物相分析结果见表 2,从表 2 中可以看出该含锰页岩主要以碳酸锰形式存在,含量达94.85%,硫化锰与氧化锰含量极微,而硅酸锰又难以利用,因此 94.85%即为选矿分选矿石中锰矿物时锰的最大理论回收率。这可指导我们选择适用于处理碳酸锰矿的选矿方案与选矿工艺条件。

[[]收稿日期]2018-09-09 [修回日期]2018-11-12

[[]基金项目]贵州省科技计划"锰、铝、重晶石矿资源深部开采及精深加工技术与示范研究"(黔科合 [2016]支撑 2902); "贵州低品位碳酸锰矿选冶富锰降杂关键技术研究"(黔科合 SY 字[2015]3003 号)和贵州省锰矿资源预测评价科技创新人才团队(黔科合平台人才[2018]5618)联合资助。

[[]作者简介]张周位(1986—),男,硕士研究生,工程师,主要从事多金属矿选矿技术研究及应用工作。

表 2 锰物相分析结果

Table 2 Analysis results of manganese phase

锰相	碳酸锰	硫化锰	氧化锰	硅酸锰	合计
含量/%	9. 21	0.02	0.05	0.43	9.71
分布率/%	94. 85	0.21	0.51	4. 43	100.00

1.3 X 射线衍射分析

原矿 X 射线衍射分析结果见图 1,从图 1 可

以看出,该含锰页岩中锰矿物主要为钙菱锰矿和锰方解石,主要脉石为石英和绢云母为主,含有少量长石、绿泥石和黄铁矿等。由于钙与锰同时存在于钙菱锰矿和锰方解石等锰矿物中,因此在选矿富集锰的过程中,钙与锰元素将会同步富集。结合表1多元素化学分析结果来看,选矿过程中需尽量抛除石英及绢云母、长石、绿泥石等铝硅酸盐矿物,以达到富集锰的目的。

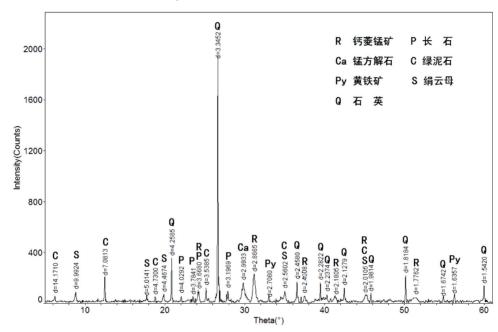


图 1 含锰页岩的 X 射线衍射分析图谱

Fig. 1 Analysis atlas of X - ray Diffraction of manganese-bearing shale

2 试验结果与分析

2.1 实验室试验

实验室试验工艺为一粗一扫强磁选,粗选与扫选产品合并为混合精矿,试验条件:磨矿细度为-0.074 mm 含量占59.8%,磁场强度为粗选与扫选均为0.9T,脉动冲次200次/分钟,脉动冲程5 mm。试验结果见表3。

表 3 实验室试验结果

Table 3 Result of laboratory test

产品名称	产率/%	品位/%	回收率/%
精矿	53. 11	15. 56	85. 12
尾矿	46. 89	3.08	14. 88
原矿	100.00	9.71	100.00

从表 3 中可以看出,实验室试验结果较为理想,在原矿含锰 9.71%条件下,最终可得精矿锰品位 15.56%,回收率 85.12%的良好指标。锰精矿品质达到电解金属锰所需要求,可作为后续电解原料。

2.2 中间试验与实验室试验对比

在实验室试验取得成功的前提下,按实验室试验工艺流程及条件进行中间试验,整个试验过程按矿石处理能力300吨/年规模进行,待指标稳定后,连续考核三天,其结果如表4所示。

从表 4 中可以看出, 当中间试验采用实验室 试验一样的工艺流程与条件后, 相比实验室试验 而言, 精矿回收率略有上升, 但精矿品位下降十分 明显, 据贵州铜仁地区锰矿山调研发现, 电解金属 锰生产用锰精矿品位一般不能低于 14%, 因此无 法达到锰精矿要求, 必须对该矿中试条件进行调 整优化。

表 4 实验室流程 72h 连续试验指标

Table 4	Continuous	experiment	index	of 72h-	laboratory	test

时间	原矿品位/%	精矿品位/%	尾矿品位/%	精矿回收率/%
第一日	9. 71	12. 89	2. 79	90. 95
第二日	9. 70	12. 93	2. 70	91. 21
第三日	9. 72	12. 91	2. 76	91.07
平均	9. 71	12. 91	2. 75	91.08

2.3 中试优化试验

(1)磁场强度试验

从实验室流程 72h 连续试验指标可以看出,该矿回收率较高,品位下降幅度很大,造成这一现象的原因很可能是磁场强度过大所致,因此首先考虑降低磁场强度来进行调整优化。调整过程为:将实验室磁场强度 0.9T 分别换成 0.8T,0.7T,0.6T,0.5T,且四个条件均稳定三天,取三天平均指标作为当前磁场强度最终结果,试验结果如图 2 所示。

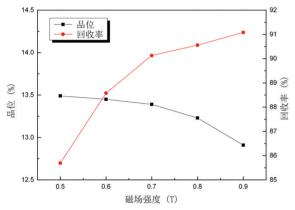


图 2 磁场强度对磁选影响

Fig. 2 Effect of magnetic field strength on magnetic separation

从图 2 中可以看出,随着磁场强度的降低,精矿品位有所提升,但当磁场强度降至 0.7T 后,回收率下降明显,因此中试磁场强度最终选定为 0.7T。但总体而言,精矿品位上升幅度较小,仍无法达到合格锰精矿要求。

(2)磨矿细度试验

当磁场强度无法大幅提升精矿品位后,进行了磨矿细度优化试验,以保证有用矿物与脉石基本解离,试验过程为选取不同的磨矿细度稳定三天后,取三天平均指标作为试验结果,见图 3 所示。

从图 3 可以看出,随着磨矿细度增大,回收率呈下降趋势,精矿品位则是在 60%左右最高,这可能是因为过粗时解离不完全致使精矿中夹杂脉

石,过细后又泥化严重,脉石与锰精矿分离较困难。因此中试的最佳磨矿细度为-0.074 mm 含量占60%左右为宜,这与实验室试验的最佳解离59.8%是一致的。

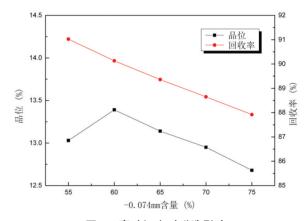


图 3 磨矿细度对磁选影响

Fig. 3 Effect of grinding fineness on magnetic separation

(3)脉动冲次试验

由于磨矿细度与磁场强度优化后均无法达到 合格锰精矿要求,且在优化过程中发现随着细度 的增加,精矿品位有下降趋势,造成这一现象的原 因极可能是原矿中的绿泥石、绢云母等泥化所致, 因此对脉动冲次进行优化试验,试验过程为选取 不同的脉动冲次稳定三天后,取三天平均指标作 为试验结果,见图 4 所示。

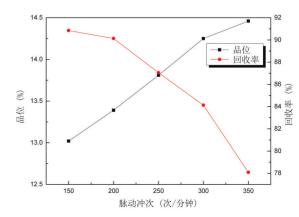


图 4 脉动冲次对磁选影响

Fig. 4 Effect of pulsating impulse on magnetic separation

从图 4 中可以看出,随着脉动冲次的增大,精矿品位有着大幅的升高,但精矿回收率有所下降,尤其当脉动冲次大于 300 次/分钟后,下降趋势进一步增大。这是因为随着脉动冲次的增大,磨矿过程中产生的大量矿泥将难以附着于锰精矿表面,所以品位得到明显提升,同时,脉动冲次增大,不仅加大了碳酸锰矿与脉石的表面作用力,也加大了碳酸锰矿与磁选设备间的相互作用力,磁性较弱的碳酸锰矿在较大的洗涤力下将从磁介质上

脱落,也就导致了回收率有所下降。综合两者考虑,最终选择中试脉动冲次为300次/分钟,既保证了14%以上的精矿品位,也得到了较高的回收率。

2.4 数质量流程图

通过各条件优化后,稳定运行三天,得到本次 试验的最终试验结果,其数质量流程图如图 5 所示。

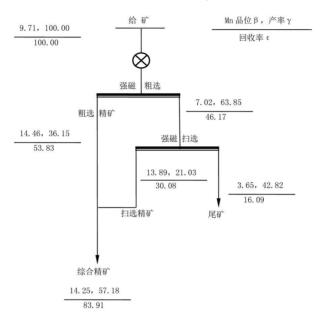


图 5 中间试验数质量流程图

Fig. 5 Quantity-quality flow-sheet of pilot plant test

从图 5 中可以看出,最终中试结果为:在原矿锰品位 9.71%条件下,通过一粗一扫强磁选可得混合精矿锰品位 14.25%,回收率 83.91%的良好指标,相比实验室试验而言,指标略有下降,但仍可生产电解金属锰所用合格原料,可为矿山设计、生产提供较实用的技术指导作用。

3 结论

通过中间试验可得如下结论:

- (1)由于原矿在磨矿过程中产生大量矿泥附着于碳酸锰矿表面,因此中间试验相比于实验室试验而言,大冲次强磁选是解决该问题,提升精矿品位的关键。
- (2)中间试验最终可得结果为:含锰页岩的原矿品位 9.71%,精矿品位 14.25%,回收率

83.91%,该试验是模拟于现场生产所需的连续中间试验,这对于贵州地区 10%以下含锰页岩的开发利用,尤其是现场生产过程具有较实用的技术指导作用。

[参考文献]

陈仁义,柏琴. 2004. 中国锰矿资源现状及锰矿勘查设想[J]. 中国锰业,22(2):1-4.

廖国平,黄会春.2004. SLon 磁选机分选木佳松软锰矿的半工业试验[J]. 矿业快报,(4):20-22.

罗娜.2012. 菱锰矿与方解石浮选分离研究[D]. 长沙:中南大学.

谭柱中,梅光贵. 2004. 锰冶金学[M]. 长沙:中南大学出版社,52-53.

姚敬劬 . 2005. 我国优质富锰矿资源短缺的应对策略 [J]. 中国矿业、(5): 1-3.

Discovery History of Main Manganese Deposits in Nanhua Period of East Guizhou

SHU Duo-you, QIN Ying, PAN Wen, ZHANG Sui, LV Dai-he

(103 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development, Tongren 554300, Guizhou, China)

[Abstract] Manganese ore is one of national strategic scarce mineral. Since 103 geological team found Nanhua period manganese deposit (Datangpo type manganese deposit) in Datangpo village, Songtao of Guizhou in 1958, it has been 60 years. By arduous efforts and technical innovation of past generations, the Nanhua period manganese deposit in east Guizhou made the biggest breakthrough in our country, the new added manganese resource exceed the total manganese maintain resource of China in 2011, so east Guizhou became the only world-level manganese concentrated area in our country, the national resource security is ensured. For the 60th anniversary of 'Datangpo' type manganese deposit founding, the exploration history of major manganese deposits are collected, so the history won't be forgotten and inspire the future generations.

[Key words] Nanhua period; Manganese deposit; Brief history of discovery; Guizhou

(上接第396页)

Study on Pilot Plant Test of Manganese-bearing Shale in East Guizhou

ZHANG Zhou-wei^{1,2}, CHEN Wen-xiang^{1,2}, ZHANG Sui³

Guizhou Center Laboratory of Geological & Mineral Resource, Guiyang 550018, Guizhou, China;
Guizhou Engineering Research Center for Comprehensive Utilization of Precious Metals Mineral Resources, Guiyang 550018, Guizhou, China;
103 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development, Tongren 554300, Guizhou, China)

[Abstract] East Guizhou has abundant manganese resources, except the main part of medium and low grade $(15\%\sim20\%)$, there are many manganese-bearing shale $(8\%\sim10\%)$, in order to develop and utilize these manganese ore which under the boundary grade, for good effect of small experiment in the laboratory, the pilot plant test is finished. The study shows the key factor of getting qualified manganese ore is to select high speed magnetic separation conditions. Under the condition of Mn 9.71% in the raw ore, by reasonable ore dressing process, the mixed manganese concentrate (Mn grade 14.25%, recovery rate 83.91%) can be obtained, so it will lay a technical foundation for the efficient development of this mine.

[Key words] Manganese-bearing shale; High-gradient magnetic separation; Pilot plant test; Study