

# 磁选工艺在细粒弱磁性铁矿选矿中的改进

梁猛

南丹县南国矿业有限责任公司

DOI:10.12238/gmsm.v8i2.2151

**[摘要]** 细粒弱磁性铁矿因粒度细小、磁性弱、嵌布复杂,选矿难度较大,传统磁选工艺难以实现高效回收与提纯。基于此,本文围绕细粒弱磁性铁矿选矿现状,探讨了磁选工艺的改进方向与对策,例如采用高梯度磁选、引入脉动磁场、优化磨矿粒度、强化预选流程以及应用絮凝磁选等技术手段,通过工艺与设备的不断优化能够有效提高铁矿物的回收率和精矿品位,降低能耗与资源浪费,提升选矿效率,因此这些改进措施对推动细粒弱磁性铁矿高效选矿具有重要意义。

**[关键词]** 细粒弱磁性铁矿; 磁选工艺; 选矿效率

中图分类号: TF521 文献标识码: A

Improvement of magnetic separation process in fine particle weak magnetic iron ore  
beneficiation

Meng Liang

Nandu Mining Co., LTD. Nandu County, Hechi City, Guangxi Zhuang Autonomous Region

**[Abstract]** Fine-grained weakly magnetic iron ore, characterized by its small particle size, weak magnetism, and complex distribution, presents significant challenges in mineral processing. Traditional magnetic separation methods struggle to achieve efficient recovery and purification. This paper examines the current status of fine-grained weakly magnetic iron ore processing and explores potential improvements and strategies. These include high-gradient magnetic separation, the introduction of pulsating magnetic fields, optimizing grinding particle size, enhancing the pre-selection process, and applying flocculation magnetic separation techniques. By continuously refining processes and equipment, these measures can effectively increase the recovery rate and concentrate grade of iron minerals, reduce energy consumption and resource waste, and enhance processing efficiency. Therefore, these improvements are crucial for the efficient utilization of fine-grained weakly magnetic iron ore and have promising application prospects.

**[Key words]** fine particle weak magnetic iron ore; magnetic separation process; beneficiation efficiency

细粒弱磁性铁矿由于矿物粒度细、嵌布复杂,传统磁选工艺难以实现高效分选,导致铁品位低、回收率差,随着资源品位下降与选矿需求提高,亟需对磁选工艺进行优化改进,近年来细粒化趋势促使高梯度磁选、脉动磁场等新技术不断应用,提升了矿物分选效率和精矿质量,通过改进磁选设备结构与工艺参数有望实现对细粒弱磁性铁矿的高效回收,推动资源综合利用和选矿技术升级。

## 1 细粒弱磁性铁矿选矿的概述

细粒弱磁性铁矿广泛分布于我国铁矿资源中,具有粒度细小、嵌布复杂、矿物单体解离难度大等特点,传统强磁选工艺在处理此类矿石时存在回收率低、铁品位不高的问题,难以满足高效利用的需求,近年来随着选矿技术的发展,高梯度磁选、脉动高梯度磁选、絮凝磁选等新方法逐渐应用于细粒弱磁性铁矿的

分选过程中,有效提高了铁矿物的回收率和精矿质量,同时流程优化与新型磁选设备的推广也在不断推动细粒弱磁性铁矿选矿技术向高效、低耗方向发展,综合利用这些先进技术可以提高矿产资源利用率,同时也可促进矿业可持续发展<sup>[1]</sup>。

## 2 磁选工艺在细粒弱磁性铁矿选矿中改进的基本原则

### 2.1 提高回收率

提高回收率是细粒弱磁性铁矿选矿工艺改进的首要目标,细粒弱磁性铁矿由于矿物粒度细小、磁性弱,易出现矿物未完全解离或磁选效率低下的问题,导致大量铁矿物流失于尾矿中,回收率偏低,为有效提升回收率必须根据矿石性质合理控制磨矿细度,促进铁矿物充分单体解离,减少连生体的存在,同时细粒弱磁性铁矿选矿应选用高梯度磁选、脉动磁场等先进磁选技术,

增强对细粒矿物的捕集能力,提升分选效果,通过细化磨矿分级与优化磁场分布可以有效提高弱磁性铁矿物的回收率,减少资源浪费<sup>[2]</sup>。此外,提高回收率还需在工艺流程设计与设备选型上下功夫,针对不同粒级的矿物特性,合理设置多段磁选流程,做到粗细分选结合,提高整体回收效率,磁选设备应具备高磁场强度、梯度均匀、处理能力强等特点,以适应细粒矿物的分选要求,同时结合智能控制系统可以实现对选矿过程的动态监控与实时调整,进一步保证工艺的稳定性和高效性,只有不断完善技术装备与工艺手段才能在细粒弱磁性铁矿选矿中实现回收率的持续提升,促进资源的高效利用的最大化。

## 2.2 提升精矿品位

提升精矿品位是细粒弱磁性铁矿选矿工艺改进的重要目标之一,由于细粒弱磁性铁矿中铁矿物与脉石矿物嵌布细密,且磁性差异小,传统磁选工艺容易导致脉石夹杂,影响精矿质量,要提高精矿品位需要实现矿物的充分单体解离,减少杂质夹杂,提高分选的选择性,这要求在磨矿阶段控制合理的粒度,使矿物粒度达到最佳解离状态,同时磁选工艺可以采用高梯度磁选技术,通过增强磁力作用区的磁场强度和梯度,以此提高对弱磁性铁矿物的分选能力,有效降低杂质矿物的夹杂量,从而提升精矿品位<sup>[3]</sup>。在工艺流程设计方面,提升精矿品位还需通过优化分选流程和多段精选技术,进一步剔除杂质,磁选工艺可采用多次弱磁选结合强磁精选的方式,逐步提纯铁矿物,保证最终精矿达到较高品位,同时工程师应用高效脱泥技术,去除细粒脉石矿物,减少有害杂质对精矿质量的影响,同时在设备方面需选用磁场分布均匀、分选效率高的磁选机,并结合智能化控制系统,实时调整工艺参数,确保选矿过程稳定、高效,通过工艺和设备的双重优化能显著提升细粒弱磁性铁矿精矿品位,满足冶炼和市场需求,提升资源利用水平和经济效益。

## 2.3 促进单体解离

促进单体解离是细粒弱磁性铁矿选矿工艺改进的重要基础,细粒弱磁性铁矿常呈细粒嵌布,铁矿物与脉石矿物结合紧密,解离困难,若不能实现充分单体解离将直接影响磁选效果,导致回收率低、精矿品位差,为促进单体解离需根据矿石性质合理控制磨矿细度,采用阶段磨矿、细筛分级等手段,确保矿物达到最佳解离粒度,同时优化磨矿设备与介质配置可以避免过磨现象,减少铁矿物的过细碎裂,保持适宜的粒度分布,从而提高后续磁选工序的分选效率<sup>[4]</sup>。在工艺流程方面,促进单体解离还应注重分级控制与泥沙分离,防止细粒矿物过度混杂,影响解离效果,工程师可以引入高效分级设备,如水力旋流器、细筛等,实现不同粒级矿物的有效分离,优化磨矿与分选的匹配性,此外工程师可以强化化学助磨技术,通过添加助磨剂改善矿物表面性质降低矿物黏结与团聚现象,进一步提高解离度。

## 2.4 优化设备结构

优化设备结构是提升细粒弱磁性铁矿磁选工艺效率的重要途径,由于细粒矿物粒度小、磁性弱,传统磁选设备在磁场强度、梯度分布、介质结构等方面存在不足,导致磁力捕集能力差、分

选效果不理想,因此改进磁选机的磁系设计,提升磁场强度与梯度,扩大磁力作用范围成为优化方向之一,同时工程师可以采用新型磁选介质材料和结构,如针状、片状磁介质,增强对细粒弱磁性矿物的吸附能力,有效提高磁选效率。合理调整设备转速、给矿浓度和筒体结构有助于改善矿浆流动状态,减少颗粒沉积和堵塞,进一步提升分选效果,在技术应用层面优化设备结构还应结合智能化与模块化设计理念,提升设备的自动化与灵活性,通过配置在线检测和自动调控系统,实时监测磁场分布、矿浆流速与浓度变化,动态调整磁选参数,实现精准控制。模块化设计便于设备维护和工艺调整,可根据矿石性质灵活更换磁系组件或分选介质,提升设备适应性与选矿稳定性。

## 3 磁选工艺在细粒弱磁性铁矿选矿中改进的对策

### 3.1 采用高梯度磁选

引入高梯度磁选是达成细粒弱磁性铁矿选矿工艺改进的关键对策之一,鉴于粒度细小与磁性弱,细粒弱磁性铁矿,传统低梯度磁选机不易产生足够磁力以有效抓取矿物颗粒,引发分选效果低下,高梯度磁选利用在磁选介质当中形成强又密集的磁场梯度,强化了对微细弱磁性小颗粒的吸附力,从而让细粒矿物更有效地被捕获与分离。一般情况下,高梯度磁选机采用钢球、钢网或不锈钢毛刷作介质,增添磁力线的密度量级,极大提高了细粒矿物的回收量与精矿的等级,为细粒弱磁性铁矿的高效分选给予技术方面保障,在实际投入应用期间,采用高梯度磁选让分选效果有所提升,且体现出较好的工艺灵活性。可按照矿石性质跟粒度方面特性,调整磁介质类型与磁场的强度,实现差异化选别需求,高梯度磁选设备可跟浮选、重选等别的选矿工艺联合予以使用,组成多元混合的选矿工艺流,使资源利用率实现进一步提高。

### 3.2 引入脉动磁场

采用脉动磁场是改善细粒弱磁性铁矿选矿工艺的关键举措,脉动磁场借助磁力周期性的改变施加效应,化解传统静态磁场中矿浆颗粒沉积、磁团絮凝的麻烦,极大改善了磁选环节中矿物颗粒的分散情形,因磁性微弱、粒度细小,细粒弱磁性铁矿,容易产生磁团聚这一现象,妨碍分选精度达成。脉动磁场可引发矿浆的扰动,带动细粒矿物于磁场中不停运动,提高矿物颗粒与磁介质相接触的概率,有力增进弱磁性矿物的捕集成效,依靠这种动态分选模式,可增强磁选流程的选择性与回收效率,为高效分选的达成给予了有力依托,在实际的应用环节里,脉动磁场设备一般会配置可控振动系统或者变频脉动控制系统,可依照矿石的特征、粒度组成状态和生产方面要求,自如调整脉动的频率与振幅,使分选效果实现进一步升级。脉动磁场跟高梯度磁选技术搭配结合,能形成更复杂高效的磁力场分布样貌,提高细粒弱磁性矿物的筛选效率与精矿等级,为让脉动磁场应用效果达标,还应搭配合理的磨矿细度把控与分级脱泥流程,杜绝细泥造成干扰,采用脉动磁场,可有效增强选矿过程的动态调控水平,也能切实推动细粒弱磁性铁矿选矿技术往高效、智能、绿色方向前行,增进资源利用率和经济收益。

### 3.3 优化磨矿粒度

优化磨矿粒度, 属于细粒弱磁性铁矿选矿工艺改进的基础对策范畴, 鉴于细粒弱磁性铁矿里铁矿物和脉石矿物镶嵌得极为细密, 矿物单体完成解离的难度极大, 解离程度以及磁选效果受磨矿粒度直接左右, 过粗的粒度易造成矿物未充分解离, 对回收率造成干扰; 而粒度若过细, 就容易出现过磨情况, 引发细泥量的增长, 引起分选效率的下滑。要按照矿石的嵌布情况及解离表现, 凭借恰当的矿石可选性分析, 找出最佳磨矿粒度的范围, 选用阶段、闭路两种磨矿工艺, 操纵各阶段产物粒度的分布情形, 保证铁矿物实现充分的解离, 又防止矿物遭受过度粉碎, 提升磁选的分离成效, 在实际操作期间, 要实现磨矿粒度优化, 还需结合高效分级设备使用, 好比水力旋流器、细筛这类, 实现精确分级把控, 保障磨矿产品的粒度稳定且均匀分布, 符合后续磁选工艺的需求。

### 3.4 强化预选流程

对预选流程进行强化是细粒弱磁性铁矿选矿工艺改进的关键举措, 细粒弱磁性铁矿原矿的杂质含量高, 可选性表现差, 若直接进入磨矿与精选环节, 易造成能耗上升、磨矿过度以及分选指标降低, 借助在生产流程前端设置科学合理的预选工序, 可以提前筛掉大量脉石矿物及低品位废料, 降低后续处理的规模, 优化后续磁选作业的成果。普遍的预选手段有干式强磁预选、粗粒弱磁预选等类别, 采用这些方法能成功分离出部分磁性矿物, 拉高原矿入磨的品位水平, 降低无用的磨矿流程, 极大提升选矿的效率以及资源利用率, 在实际应用场景里, 要强化预选流程, 需结合矿石特性, 恰当挑选预选设备与工艺参数。适合用干式磁选机处理粒度较粗、含泥量少的矿石, 细粒矿石的预选工作可采用湿式磁选机, 预选工艺不仅需增大磁性矿物的回收规模, 也应重视作业稳定性以及操作的简便程度, 防止预选阶段出现有用矿物的损耗。

### 3.5 应用絮凝磁选

实施絮凝磁选是细粒弱磁性铁矿选矿工艺改良的有效途径, 细粒弱磁性铁矿粒度细微到极点, 于单独磁选时, 缘于颗粒细小、磁性孱弱, 极易跟尾矿一道流失, 絮凝磁选借助向矿浆里添

加特定絮凝剂, 推动细小铁矿物颗粒进行絮凝、团聚, 聚合成较大的絮集体, 加快颗粒沉降速度, 增大磁选机对其的捕集能力, 絮凝过程可进一步增强矿物颗粒表面磁响应性, 提高分选水平, 依靠这一工艺, 可极大提高细粒弱磁性矿物的回收数量, 降低细粒的损失规模, 是应对微细粒矿物分选困境的关键技术手段。在具体的应用场景里, 絯凝磁选要按照矿石类型以及矿浆性质, 精准选定絮凝剂种类及用量, 保障絮凝效果不错, 不会引起矿物的夹杂, 常用絮凝剂涵盖阳离子聚合物、有机高分子絮凝剂之类, 可显著强化磁选时矿物彼此间的结合力, 为达成与絮凝磁选工艺配合, 还应对矿浆浓度、搅拌速度等工艺参数实施优化调控, 让絮团形成的稳定性与均匀性达标, 运用絮凝磁选技术可提升选矿回收率和精矿的质量, 也具有节能降耗的亮点。

## 4 结语

细粒弱磁性铁矿选矿技术的渐进式改良, 对提升资源利用的程度、降低生产的成本、达成绿色高效选矿意义重大, 采用优化磨矿粒度、引入高梯度磁选及脉动磁场、强化预选流程、实施絮凝磁选等技术措施, 可以有效应对细粒矿物回收难、精矿品位低的困境, 助力选矿工艺朝着高效、智能方向迈进, 随着新材料、新设备及智能控制技术持续投入应用, 细粒弱磁性铁矿的选矿水平有望再上一个台阶, 为矿产资源的可持续开发筑牢更稳固的技术根基。

## 参考文献

- [1] 姜亚雄, 汪勇, 祁磊, 等. 强磁选—磁化焙烧—弱磁选工艺回收某尾矿中的菱铁矿[J]. 金属矿山, 2023(2):94—100.
- [2] 李琛, 王大骞, 洪森, 等. 四川某低品位弱磁性铁矿脉动高梯度磁选试验研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2024(8):93—98.
- [3] 张超, 计及 HGMS 选矿工艺的弱磁性矿物采矿研究[J]. 新疆钢铁, 2024(2):70—72.
- [4] 欧阳林莉. 山东某低品位微细粒铁矿选矿试验[J]. 烧结球团, 2022(002):047.

## 作者简介:

梁猛(1972—), 男, 壮族, 广西河池市南丹县人, 大专, 从事研究方向: 矿物加工。