

# Application and Development Trend of Magnetic Separation Equipment in Iron Ore Beneficiation

Yuhan Li Lei Li

Slon Magnetic Separator Co., Ltd., Ganzhou, Jiangxi, 341000, China

## Abstract

The effective application of magnetic separation equipment in iron ore beneficiation can better improve production efficiency and quality, and reduce beneficiation costs, which deserves attention and emphasis. Equipment can be selected according to corresponding application scenarios such as magnetite beneficiation, weak magnetic iron ore separation, large and ultra-large mines, and waste iron and tailings resource recovery. On this basis, the green transformation of iron ore beneficiation can be promoted through equipment enlargement and structural optimization, application of high-efficiency magnetic fields and magnetic materials, adoption of intelligent and automated control technologies, and innovation of green energy-saving technologies and processes. This will give full play to the advantages of magnetic separation equipment and effectively improve the efficiency of mineral resource exploitation.

## Keywords

magnetic separation equipment; iron ore beneficiation; application scenarios; development trend

## 磁选设备在铁矿选矿中的应用与发展趋势

李雨涵 李磊

赣州金环磁选科技装备股份有限公司, 中国·江西赣州 341000

## 摘 要

在铁矿选矿中磁选设备的有效应用可以更好地提高铁矿生产效率和生产质量, 降低选矿成本, 应当引起关注和重视。可根据磁铁矿选矿、弱磁性铁矿分选、大型与超大型矿山、废铁与尾矿资源回收等相应应用场景进行设备选择, 在此基础上可通过设备大型化与结构优化、高效磁场与磁性材料应用、智能化与自动化控制技术应用、绿色节能技术与工艺创新, 推动铁矿选矿的绿色化转型, 更好地发挥磁选设备的优势, 有效提高矿产资源开采效率。

## 关键词

磁选设备; 铁矿选矿; 应用场景; 发展趋势

## 1 引言

在矿产资源开采的过程中磁选设备可利用矿物磁性差异来完成铁矿物与脉石的分离, 是贯穿铁矿开采到铁精矿生产全过程的重要设备。在经济社会迅速发展、市场对于铁矿物资源需求激增的背景下, 合理选择磁选设备提高磁选效率十分必要。而在分析磁选设备在铁矿选矿中的关键应用场景之前首先需要了解磁选设备的分类及技术特征。

## 2 磁选设备的分类及技术特征

在矿产资源开采过程中磁选设备基于磁场对不同磁性矿物的作用力差异来进行矿产资源分离。铁矿物在进入磁场后会被磁化, 并在磁场力作用下吸附至磁体表面, 帮助矿产资源开采人员快速完成资源收集。而脉石矿物因磁性微

弱, 在重力和水流作用下则成为尾矿被排出, 因此磁选设备是选矿过程中的重要设备。而随着科技研究的不断深入和发展, 就现阶段来看可供选用的磁选设备类型相对较多, 最具代表性的则是弱磁场永磁筒式磁选机、强磁场永磁筒式磁选机、高梯度磁选机、超导磁选设备、盘式磁选机等相应的设备类型。不同类型的设备, 处理规模、磁场强度范围、适用矿石类型存在鲜明差异, 如表 1 所示。

## 3 磁选设备在铁矿选矿中的关键应用场景

### 3.1 磁铁矿选矿中的设备应用

磁铁矿磁性相对较强因此成为了磁选设备应用频率相对较高的场景, 可通过弱磁场永磁筒式磁选机的应用配合干式预选设备完成原矿处理。在实践工作落实的过程中, 可借助干式弱磁滚筒磁选机先进行磨前预选, 去除废石, 降低后续磨矿能耗。在此之后借助湿式弱磁筒式磁选机进行粗选, 利用其处理量大、回收率高的优势提高粗选效率。在精选环节则可通过磁筒转速和磁场梯度的调整保障铁精矿品位稳

【作者简介】李雨涵(1985-), 女, 中国河南周口人, 本科, 高级工程师, 从事矿山设备研发及流程设计研究。

定。而磁选尾矿则可以采用强磁扫选设备来回收磁性矿物，以此来满足高效回收、稳定运行的需求。

表 1：铁矿选矿常用磁选设备分类及技术特征

设备类型	磁场强度范围	核心结构	处理粒度
弱磁场永磁筒式磁选机	1000-3000GS	旋转磁筒、分选区磁路	0-5mm
强磁场永磁筒式磁选机	8000-12000GS	复合挤压磁路、梯级磁场	0-20mm
高梯度磁选机	10000-18000GS	导磁介质、脉冲磁场	0-5mm
超导磁选设备	20000-50000GS	超导线圈、低温系统	0-0.074mm
盘式磁选机	3500-8000GS	多盘组合、可调磁系	0-3mm

### 3.2 弱磁性铁矿分选的设备应用

弱磁性铁矿以赤铁矿、褐铁矿最具代表性，其磁化系数相对较低，因此分选难度较高，这也是磁选技术应用需要突破的关键领域，可引入强磁场设备配合分质分选工艺来突破磁选难题。若矿石为 0~20 mm 宽粒级矿石，可以采用 RTGX 系列永磁筒式强磁选机，采用三面轴向挤压磁路渠化分选技术，完成粗粒级矿物的捕收。若矿石为细粒嵌布矿石可以引入高梯度磁选机，通过脉冲磁场和导磁介质产生高梯度磁场，捕捉弱磁性颗粒，提升铁精矿品位。鲕状赤铁矿等相应难选矿石处理中可以通过焙烧加强磁选联合工艺将弱磁性铁矿物转化为强磁性矿物，再采用常规弱磁选设备进行回收，其回收率可以达到 78% 以上。

### 3.3 大型与超大型矿山的设备应用

经济社会的发展使得社会对于铁矿的需求量变得越来越高，在这样的背景下铁矿开采规模越来越大，千万吨级别以上的矿山日益增多，对磁选设备的要求也发生了一定的转变，如何实现大型化、集成化处理则成为了相关企业十分关注的问题。超大型湿式筒式磁选机可通过槽体结构优化的方式规避矿浆低流速死区，采用大分选空间梯级分选磁路，创建周向匀变多极磁场模型，提高设备处理能力。在此基础之上可通过长距离均匀分矿结构的应用配合多机并联提高处理能力，实现集成化处理；还可通过人工智能算法对磁选参数做出针对性调节，实现远程监控与故障预警，在满足量化处理需求的基础之上实现智能化控制。

### 3.4 废铁与尾矿资源回收的设备应用

双碳目标下废铁与尾矿资源回收成为了备受关注的焦点话题，在这个过程中也需要应用磁选设备，这时干式磁选设备的节能优势、节水优势则可以很好的凸显出来，符合双碳目标实现的需求，能够有效兼顾资源回收和环境保护。可借助干式强磁辊式磁选机来完成废铁分选，其回收率可以达到 95% 以上。相较于传统设备，该类设备在运行过程中并不需要消耗水资源，既规避了废水污染问题同时也大大降低了运行成本。而在尾矿资源回收过程中，可通过“破碎—磨矿—强磁选”工艺来完成铜尾渣、钢渣等相应含铁固废的处理，配合高梯度磁选机应用保障处理效果<sup>[1]</sup>。

## 4 磁选设备的技术发展现状

### 4.1 设备结构优化

在设备结构优化上磁路设计、槽体结构设计和机械系统优化是主攻方向。在磁路设计上可通过梯级分选磁路结构扩大分选空间，并有效提升分选精度。在槽体结构设计上，可通过流线型设计提高矿浆处理能力。而在机械系统设计上则可通过高强度合金材料的应用对磁筒和机架做出调整，配合传动系统和大型化轴承系统让设备可以在高负荷下稳定运转，大大降低了投资成本和运行成本。

### 4.2 高效磁场与磁性材料应用

在磁路技术上圆周挤压磁路和三面轴向挤压磁路技术的应用可以更好地提高磁场强度，满足分选需求，尤其是在弱磁性颗粒的捕获能力再上一个台阶。在此基础之上稀土永磁材料的应用也为磁场技术的突破优化提供了物质支撑，如钕铁硼永磁材料已经逐渐代替铁氧体材料，可更好地保障设备运行的稳定性和可靠性，延长磁体寿命<sup>[2]</sup>。

### 4.3 智能化与自动化控制技术

当前我国磁选设备逐渐朝着智能化发展，为设备运行状态监测、分选参数动态调整提供了更多的助力。在状态监测方面可通过传感器设备的有效应用，实时监测磁选设备的温度、振动幅度和流量等相应数据，并监测设备的转速、磁场强度以及在运行过程中的矿浆浓度，提高问题发现效率。在此基础之上可通过人工智能技术进行智能化调节，根据尾矿品位来控制磁筒转速或磁场强度。

### 4.4 绿色技术与工艺创新

干式磁选技术是节水减排的代表性作品，在磁选的过程中干式磁选技术并不需要水资源的参与，相较于传统的湿式设备可以更好地降低耗水量。此外，闭路循环水系统可以提高水重复利用率，降低废水排放量。除了降低水资源消耗以外，还可通过磁系结构优化、变频电机驱动、脉冲励磁技术应用等多项技术的科学使用来降低设备运行过程中的能耗，为铁矿选矿的绿色化转型提供了技术支撑。

## 5 磁选设备的未来发展趋势

### 5.1 大型化与智能化发展

人工智能技术、大数据技术等相应技术的发展使得各

行各业都在朝着数字化转型，矿产资源开采领域也同样如此。而磁选设备作为铁矿生产过程中的重要设备，也必须紧跟时代和社会的发展步伐提高智能化水平。除此之外，上文也有所提及，铁矿作为社会需求量相对较大的矿产资源，其社会需求量较高，因此推动设备的大型化发展也是十分必要的。因此，推动磁选设备大型化与智能化发展将是磁选设备发展的主流趋势。例如，可以通过超大直径磁筒和超长分选长度的设计进一步减少生产线上设备配置数量，满足集约化生产需求。而在此基础之上可通过数值模拟技术来对磁路设计做出调整，提高其磁场分布的调控能力，在扩大规模的同时保障分选精度。在智能化水平升级上可借助激光粒度仪、在线品位分析仪等相应检测设备来对关键参数进行实时检测，配合数字孪生系统、机器学习与专家系统实现自动化、智能化控制，对设备运行状态、磁选效率及精度进行深度分

析，为自动化生产打下坚实基础<sup>[3]</sup>。

### 5.2 高效化与绿色化发展

设备发展的主要目标是提高生产效率，进而降低生产成本，获得更大的利润空间，磁选设备发展也同样如此。而我国在经济上坚持“既要金山银山，又要绿水青山”的原则，因此在推动磁选设备高效化发展的同时还需关注其绿色化发展需求。在磁选设备高效化发展中超导磁选设备有望实现工业化应用和大范围普及，进一步提高磁选设备的磁场强度。磁选-浮选复合分选设备也是接下来磁选设备发展的主流方向，可通过磁场和药剂的协同作用有效去除矿物质中的杂质，生产出纯度更高的铁精矿，为高端领域的应用需求提供助力。而在绿色化发展中主要可以从节水减排、节能降耗和清洁生产三个维度来展开分析，如表 2 所示。

表 2: 绿色化发展的关键技术路径

发展方向	关键技术措施
节水减排	1. 优化干式磁选机磁辊结构与布料方式 2. 开发移动式一体化干式分选系统 3. 在湿式分选流程中应用膜分离水循环系统
节能降耗	1. 采用新型高矫顽力稀土永磁材料 2. 全面推广高效变频电机与智能控制系统 3. 开发能量回收与再利用装置
清洁生产	1. 采用 3D 打印等增材制造技术生产核心部件 2. 在设备制造中使用环保涂料和材料 3. 开发低噪音、低振动的设备结构

### 5.3 新材料与新工艺的创新

磁选设备在未来发展中其材料和工艺会进一步得到突破，尤其是磁性材料、导磁介质和制造工艺会不断迭代和发展。在磁性材料上，可能会研发出性能更高的稀土永磁材料，延长其使用寿命。

在导磁介质上可能会开发更多新型导磁介质，如纳米涂层钢丝网、多孔泡沫金属介质等，提高其表面积和抗腐蚀性能，并保障其在高梯度磁场中的捕获能力，为分选效率和处理能力的提升提供更多帮助。而在制造工艺上增材制造技术可能会广泛应用于复杂磁选机制造当中，提高制造精度和制造效率，并有效降低制造成本。

### 6 结语

磁选设备在铁矿选矿中的应用可更好地提高铁矿选矿的质量、效率，降低成本，应引起关注和重视。结合铁矿磁选的实际需求科学选择磁选设备，而在未来，磁选设备也会不断发展完善，为矿产资源开采应用提供更多助力。

### 参考文献

[1] 韩跃新,张小龙,高鹏,等. 中国铁矿石选矿技术发展展望 [J]. 金属矿山, 2024, (02): 1-24.  
 [2] 刘彬. 苍山铁矿选厂生产流程考察及优化研究[D]. 山东科技大学, 2019.  
 [3] 吕晓艳. 铁矿选矿技术和工艺方法探讨 [J]. 中国金属通报, 2018, (07): 216+218.