

doi:10.3969/j.issn.1671-9492.2013.z1.058

# 大型永磁干选机在铁矿山围岩中回收磁铁矿的研究与实践

尚红亮, 史佩伟

(北矿机电科技有限责任公司, 北京 100160)

**摘要:** 铁矿山剥离围岩中不可避免地混入了部分磁铁矿石, 是宝贵的二次资源。目前我国剥离围岩堆存量巨大, 而且每年以数亿吨的速度在增长。采用干式磁选工艺可有效回收流失在围岩中的铁矿石, 已在我国多家大中型铁矿山中得到应用, 其中用于首钢水厂东排围岩回收用的大型永磁干选机 CT1627 是国内外工业应用中规格最大的, 处理量达到了 4 500 t/h。

**关键词:** 剥离围岩; 二次资源; 大型永磁干选机

**中图分类号:** TD457

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-9492(2013)S0-0224-03

铁矿山在采矿过程中会产生剥离围岩, 围岩不仅占用大量的土地资源, 而且对生态环境造成破坏, 每年都需要投入大量的资金维护和治理。近年随着钢铁产业的迅猛发展, 铁矿产能不断提高, 矿山剥采比逐年增大, 剥离围岩量不断增加。据不完全统计, 目前我国矿山剥离废石的堆存量达数百亿吨, 仅我国露天铁矿山每年剥离围岩就达 8 亿 t 以上。

采矿生产过程中岩石的剥离不可避免混入部分矿石, 特别是以层状和条带状赋存的矿石, 各矿体间有不同厚度的岩石夹杂, 在剔除岩石的过程中, 为降低贫化率将会有矿石损失, 与岩石一起堆存在排土场, 造成部分矿产资源流失。由于近年国内铁矿石资源不断匮乏, 以及进口铁矿石的价格不断升高, 从围岩中回收有用矿石的工艺在本世纪初逐渐得到重视, 这一工艺有效提高了资源利用率, 减少了资源流失。

从围岩中回收磁铁矿属于铁矿山二次资源开发领域。在国内, 采矿过程中产生的剥离围岩除极少数矿山将废料用于回填采空区或筑路外, 基本上没有再利用, 绝大部分堆存在排土场; 但也有少数矿山企业在其综合利用方面进行了卓有成效的探索和实践, 如鞍钢矿业公司、首钢矿业公司、马钢南山矿业公司等, 不仅将围岩中的有价金属矿物回收, 还将废石制作成建筑材料如铺路砂石、墙体材料等, 经济效益及环境效益显著。

## 1 回收系统的设计

铁矿山从围岩中回收磁铁矿通常采用破碎—干式磁选工艺。矿石回收系统以皮带运输机为基体, 剥离围岩通过前段皮带进入给料仓, 由给料仓均匀给入回收系统, 围岩经由皮带系统进入永磁干选机, 完成分选后, 有用铁矿石进入精矿料斗, 由精矿皮带运走, 废石进入尾矿料仓, 由尾矿输送皮带运走, 从而完成整个分选过程。回收的磁铁矿可以直接作为选厂的给矿, 进入磨选流程得到最终精矿。回收系统主要由以下设备或部件组成: 大型干式磁选机、机架、给料仓、矿石皮带输送系统、分料仓、分矿装置、驱动装置等。回收系统的设计需考虑以下几个方面:

1) 回收系统配置。通常情况下, 回收系统直接将永磁干式磁选机作为胶带运输机头轮, 系统配置简单; 在特殊情况下, 也可作为从动轮配置。永磁干选机作为主动轮设计时, 由于同时起到驱动系统运转及分选的作用, 永磁干选机须采用半轴结构, 这种结构承载扭矩有限, 同时随着承载功率增加, 零部件故障率增大, 将导致系统作业率大大降低。为提高系统可靠性及作业率, 在大处理量、大功率的回收系统中, 可将永磁干选机作为从动轮使用, 在达到同样的分选目的前提下, 此配置可大大提高整个系统以及干选机的运转稳定性及可靠性。

2) 回收系统给料的均匀性。对于大块围岩矿石的回收,回收系统给料若不均匀,与皮带接触较近的矿石易回收,但上部叠加的矿石,由于远离磁场作用区域,而不能得到有效回收。所以须在回收系统的给料点,设置匀矿装置,保证均匀给料。

3) 带速。回收皮带系统的带速会影响围岩颗粒离心力的大小,可改变矿石与废石的运动轨迹,对于矿石的回收率大小具有调节作用,所以驱动采用变频调速电机为宜。

4) 永磁干选机的分选性能。永磁干选机是回收系统实现废石与磁铁矿石分离的核心设备,它的分选性能主要决定了回收系统的分选效果。干选机的分矿装置有一定的调整范围,围岩经过干选机分选后,通过调整分矿装置的位置可进一步调整回收矿石的品位和产率。

## 2 大型永磁干选机的设计及选型

大型永磁干选机作为围岩回收系统的主体分选设备,设备的性能水平决定了该回收系统的分选效果。干选机的分选部件为永磁磁滚筒,当剥离围岩给人皮带机收料点后,物料随输送带前进,输送到磁滚筒时,不同磁化性能的物料在磁滚筒磁场的作用下产生分离,废石等非磁性物料,由于惯性作用,从皮带上抛出,进入尾矿漏斗尾矿收集口,磁铁矿石受到磁力作用,被吸附在磁滚筒表面,运转到分矿漏斗精矿排出口时,脱离磁场,落入精矿收集口,从而实现矿石回收的目的。根据应用的工艺条件不同,永磁磁滚筒可用于矿石预选抛废作业或围岩回收磁铁矿作业。

由于围岩回收工艺条件与矿石预选工艺存在很大不同,如围岩粒度大、粒度分布不均、强磁性矿物少、回收率要求高等,须对干选机进行针对性的设计。另外由于矿山排岩系统一般为单一皮带输送系统,小时处理量大,尤其是国内大中型矿山的排岩系统,系统处理量可达1 800~5 500 t/h,所以须具有大处理量、高可靠性的大型永磁干选机与之匹配。

自20世纪80年代末北京矿冶研究总院成功研制了国内第一台CT1416( $\Phi 1400 \times 1600$ )型大块矿石永磁干选机以来,带动了国内的永磁干选机大型化的研制及应用,并且取得了较大的进展。2006年又成功研制了CT1424( $\Phi 1400 \times 2400$ )大型永磁干选机,应用在鞍钢大孤山铁矿围岩回收系统中;2011年成功研制了CT1627( $\Phi 1600 \times 2700$ )大型永磁干选机,应用在首钢水厂铁矿东排围岩回收系统

中。其中,应用鲁中矿业公司张家洼选厂的CT1416大型永磁干选机已稳定可靠运转20余年;用于首钢水厂东排围岩回收磁铁矿的CT1627大型永磁干选机,处理量达到4 500 t/h,为国内外工业应用中处理量最大、设备规格最大的分选设备,该设备水平达到了国际领先水平。

CT系列大型永磁干选机规格型号齐全,筒径有 $\Phi 1.0$  m、 $\Phi 1.2$  m、 $\Phi 1.4$  m、 $\Phi 1.5$  m、 $\Phi 1.6$  m等,筒长从1.0~3.4 m范围内可选。

针对围岩中赋存的磁铁矿石的性质,为了实现其高效回收,大型永磁干选机的设计及选型需注意以下几个方面:

1) 筒径。由于围岩回收一般经过一段粗破后就进行分选,粒度范围在0~400 mm,最大矿石粒度可达到450 mm。为了能够有效回收大块矿石,干选机筒径一般要大于1 200 mm;

2) 带宽。设计选取带宽时,需根据围岩的粒级分布,在与现场排岩系统带宽匹配的基础上,可选取较大带宽,以保证料层厚度合理,满足干选机的分选要求;

3) 磁场强度。永磁干选机的磁场分布决定了围岩回收的效果,针对围岩中含有的磁性矿物少、矿石粒度大以及粒级分布宽等特点,永磁干选机的磁场强度一般要大于278.7 kA/m(350 mT),在此基础上,磁场深度要大以及有效作用区域的磁场均匀性要好,才能保证大粒度、宽粒级矿石的回收以及较高回收率;

4) 设备结构的可靠性。由于回收系统作为排岩系统中一个环节,干选机的可靠性要高,若设备可靠性低,将影响整个排岩系统的运转,导致系统作业率低。

## 3 应用案例

### 3.1 CT1424大型永磁干选机在鞍钢大孤山铁矿围岩回收中的应用

鞍钢大孤山铁矿是国内大型深凹露天铁矿山,矿石属典型的鞍山式磁铁矿。由于当时大孤山铁矿日产铁矿石量17 700 t,日产采剥总量为65 000 t,大孤山铁矿皮带系统年排岩量约1 100万 t/a,作业率60%,实际排岩量约为2 000 t/h。为了从破碎站的围岩或废石中回收混入的少量磁铁矿石,降低矿山边界开采品位,提高资源的利用率,在破碎站采用了CT1424大型永磁干选机从围岩或废石中回收磁铁矿石。回收系统参数:干选机规格 $\Phi 1.4$

$m \times 2.4$  m、磁感应强度  $\geq 278.7$  kA/m (350 mT)、矿石粒度 0~400 mm、运输带速度 1.6~2.3 m/s、运输带宽度 2 000 mm、处理能力 2 000 t/h、驱动功率 160 kW。

回收系统自 2006 年 9 月起至 2008 年 12 月累计运行 28 个月期间, 总计从排弃的 1 949.588 万 t 品位 10.95% 的岩石中共回收矿石 166.816 万 t, 平均品位 26.18%, 应用取得较好的技术指标, 经济效益相当显著。

### 3.2 CT1627 大型永磁干选机在首钢水厂铁矿东排围岩回收中的应用

首钢水厂铁矿是国内特大型露天矿之一, 采出矿石为磁铁矿。剥采比 5:1 左右, 年排出岩石 4 500 万 t, 排岩采用国内比较先进的汽车-破碎-皮带半连续运输工艺, 分为东部和西部两个排岩系统, 皮带运输不仅距离长而且输送量大。其中东排每小时岩石输送量最高达 4 500 t, 破碎后的岩石粒度为 0~400 mm, 其中粒度在 200 mm 左右的居多, 细粒级含量较少。据现场估计, 年流失到排土场中的矿石约 60 万 t。为了避免资源流失, 首钢水厂铁矿东排采用了 CT1627 大型永磁干选机回收排岩系统中流失的铁矿石。回收系统参数: 干选机规格  $\Phi 1.6 m \times 2.7$  m、磁感应强度 406.1 kA/m (510 mT)、矿石粒度 0~400 mm、运输带速度 1.8~2.5 m/s、运输带宽度 2 500 mm、处理能力 4 500 t/h、驱动功率 200 kW。

自 2011 年 9 月回收系统投产至 2013 年 7 月,

共计 23 个月, 总计从排弃的 5 338.695 万 t 品位 6.23% 的岩石中共回收矿石 118.477 万 t, 平均品位 19.00%, 产生经济效益约 4 365 余万元, 经济效益十分显著。

## 4 结论

从围岩中回收混入的磁铁矿石, 在提高资源利用率的同时, 可以减少矿产资源储量的消耗, 经济效益和社会效益显著。同时, 资源流失和过程中产生的污染物也会相应减少, 环境效益也相当显著。大型永磁干选机的发展为我国大量堆存的围岩大规模开发利用以及大型矿山排岩回收系统的设计提供了相应的工艺技术及装备支持; 同时大型永磁干选机技术也可用于我国大型铁矿的大块矿石的大处理量预选抛废作业中, 应用前景广阔。

### 参考文献

- [1] 王运敏, 田嘉印, 王运军, 等. 中国黑色金属选矿实践 [M]. 北京: 科学出版社, 2008: 444-454.
- [2] 蒋文利. 首钢铁矿资源合理利用与废弃物减排的实践 [J]. 矿产保护与利用, 2009(2): 53-58.
- [3] 陈雷, 杨守业, 谭达. 预选-350 mm 磁铁矿石的大型永磁磁滚筒 [J]. 北京矿冶研究总院学报, 1992, 1(1): 48-53.
- [4] 史佩伟. CT-1424 永磁磁滚筒研制及应用 [J]. 矿冶, 2008, 17(4): 88-90.
- [5] 尚红亮, 史佩伟, 王芝伟, 等. CT-1627 大型永磁磁滚筒的研制及工业应用 [J]. 有色金属(选矿部分), 2012(5): 67-69, 73.

(上接第 223 页)

石经 LPPC 分选机分选后, 可以抛掉很大一部分的尾矿, 矿石的人选品位得到有效提高。从表 2 可以看出, 金的人选品位提高了近 2 倍; 表 3 中钨矿的人选品位提高了近 4 倍; 表 4 和表 5 中钼矿和铅锌矿的人选品位也得到了很大提高。在矿石品位得到很大提高的同时, 也保证了回收率都在 90% 以上。并且针对不同粒度的矿石分选机也能有显著分选效果, 在不同湿度条件下对分选效果基本无影响。

上述分选试验结果表明, 应用 LPPC 分选机可以大大减少选厂的破碎、磨矿及后续处理费用。该选矿设备工作稳定、能耗低、应用范围广。

## 3 结论

1) 不同粒度的矿石分选试验效果略有差别, 总体来看, 对目标元素分布不均匀的矿石, LPPC

分选机有较好的分选效果。

2) 对 30~120 mm 的块状矿石, LPPC 分选机能很好地将脉石和矿石分离, 可以将矿石入选品位提高 1.5~3 倍, 而且保证回收率在 90% 以上。且矿石的湿度对分选结果没有影响。

3) LPPC 分选机的适应性强, 环境因素对其功能影响不大, 通过分选机进行预选, 可以降低采矿难度, 延长尾矿库使用年限。

### 参考文献

- [1] 汪淑慧. 辐射分选在现代矿山生产中的应用 [J]. 国外金属矿选矿, 2000(12): 2-6.
- [2] 刘明宝, 印万忠, 韩跃新. X 射线辐射分选机及分选工艺研究 [J]. 现代矿业, 2011(8): 13-14.
- [3] 汪淑慧. 国内外矿石自动拣选的进展 [J]. 国外金属矿选矿, 1998(8): 7-9.