

文章编号:1673-9981(2017)01-0047-04

# ZQS型周期式高梯度磁选机在非金属矿除杂提质中的应用\*

吴城材<sup>1,2</sup>, 张超达<sup>1,2</sup>, 钟森林<sup>1,2</sup>, 袁祥奕<sup>1,2</sup>, 谢宝华<sup>1,2</sup>, 陈俊明<sup>1,2</sup>, 王丽娟<sup>1,2</sup>

1. 广东省资源综合利用研究所, 稀有金属分离与综合利用国家重点实验室, 广东省矿产资源综合利用重点实验室, 广东 广州 510650;
2. 广州粤有研矿物资源科技有限公司, 广东 广州 510650

**摘要:** ZQS型高梯度磁选机对非金属矿除铁效率高, 目前已大量应用于石英砂、高岭土、长石等非金属矿的除铁, 尤其在光伏玻璃用石英砂除铁领域, 可满足 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 质量分数0.008%以下的要求。广东某石英砂厂用ZQS型高梯度磁选机除铁可获得 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 品位0.0072%的石英产品, 除铁率达81.18%; 在广东某高岭土厂中应用可获得 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 品位0.85%、白度83.6%的高岭土产品, 除铁率达67.53%; 在河北某厂用于立环磁选后的长石细泥除铁, 可使长石产品 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 品位降至0.10%, 除铁率达55.40%。

**关键词:** ZQS型高梯度磁选机; 除铁; 非金属矿

**中图分类号:** TD951

**文献标识码:** A

非金属矿物产品含铁、钛等矿物是影响其质量的重要因素, 如陶瓷和玻璃原料中含有铁、钛等矿物, 会导致陶瓷产品白度低、玻璃产品透明度下降, 经济有效地去除非金属矿物产品中的杂质是提高产品质量的主要手段, 因此研发先进的设备和技术对非金属矿物产品进行除杂提纯非常重要。

非金属矿的提纯方法主要有磁选、重选、浮选和电选等方法, 其中磁选因具有成本低、无污染等优点, 是非金属矿除杂的主要方法<sup>[1]</sup>。目前, 国内生产应用的强磁选设备主要有立环高梯度磁选机、平环高梯度磁选机等。为提高除铁效果, 国内科技人员开展了一系列研究如多梯度磁介质的开发与应用<sup>[2]</sup>、多段式高效陶瓷玻璃原料除铁机<sup>[3]</sup>等。针对目前除铁磁选设备存在的技术问题, 广州粤有研矿物资源科技有限公司研发生产了ZQS型周期式高梯度磁选机, 可有效提高非金属矿物材料中铁、钛的去除率。

石英砂、高岭土、长石是陶瓷、玻璃等行业重要的非金属矿物原料, 为脱除其中的杂质矿物, 提高产

品品质, ZQS型周期式高梯度磁选机已大量应用于非金属矿的除铁中, 均取得良好效果。

## 1 ZQS型高梯度磁选机简介

ZQS型周期式高梯度磁选机是由磁系、分选桶、清洗装置、进出管道、机架和电气控制柜等组成, 其结构简图如图1所示。磁系包含上下磁极板、侧磁极板、上下磁极头和激磁线圈, 分选桶内装有导磁介质, 清洗装置是通过冲洗水与磁介质振动相结合的方式清理磁介质, 磁介质可根据输入原料粒度的差异作相应调整。磁选机的电气控制柜采用了国际新兴“绿色”大功率高频开关电源技术, 其运行程序有自动程序和手动程序两种运行模式。为保证生产指标, 对运行参数可进行设定和更改。该电控系统还可提供工业以太网接口和标准信号接口, 并与工业自动化系统配合, 实现全自动化生产。

ZQS型高梯度磁选机具有背景磁场强度高、磁

收稿日期: 2016-12-28

\* 基金项目: 广州市科技计划项目(201605131504248); 广东省科技计划项目(2014B090907009); 广东省科学院项目(2016GDASPT-0307)

作者简介: 吴城材(1965-), 男, 福建永定人, 高级工程师, 本科。

场梯度大、磁场分布均匀和自动化程度高,及磁选介质不运转、分选时间长等优点. ZQS 型高梯度磁选机设计合理、机械性能好,设备运转率高,维护管理方便. 激磁电源采用“绿色”大功率高频开关电源技术,具有节能优势. 与其它类型强磁选机相比,其对非金属矿除铁效果更显著,尤其适用于非金属矿物原料的深度除铁.

目前,生产的 ZQS 型周期式高梯度磁选机系列产品有 ZQS-500、750、1000、1250、1500 等机型,该系列产品现已大量用于石英砂、长石、高岭土等非金属矿物的除铁.

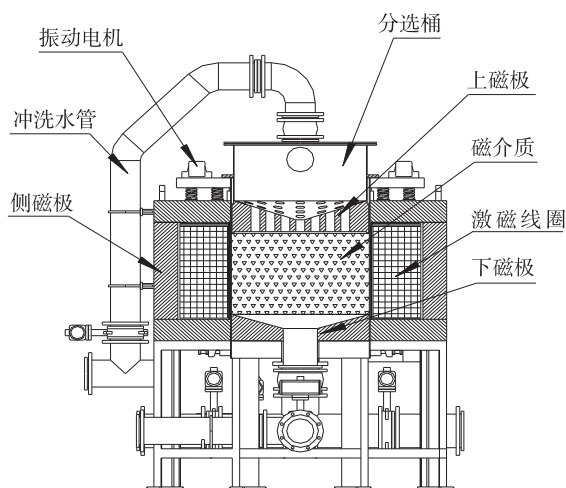


图 1 ZQS 型周期式高梯度磁选机的示意图

Fig. 1 Schematic diagram of ZQS-type circle high gradient magnetic separator

## 2 ZQS 周期式高梯度磁选机在非金属材料除杂中的应用

### 2.1 在石英除杂中的应用

石英砂矿除主要矿物石英外,还含有其它矿物,如磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿、钛铁矿、电气石和角闪石等,这些是石英矿的主要杂质矿物,直接影响石英产品的质量. 目前,ZQS 型周期式高梯度磁选机系列产品已在广东、江苏、湖北、辽宁等地广泛应用于石英砂除杂提质. 如辽宁某石英砂厂原除铁流程为一粗一精两段立环磁选,在磁选给矿  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  品位为 0.09% 时,经磁选后,可得  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  品位 0.04% 的石英精砂. 采用立环粗选-ZQS 精选除铁流程后,可得  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  品位 0.006% 的石英精砂. 江苏某石英厂在磁

选给矿  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  品位为 0.034% 时,经 ZQS 一次磁选后,可得  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  品位 0.006% 的石英精砂,完全达到光伏玻璃用砂的要求. 与传统的其它类型强磁选机相比,采用 ZQS 型周期式高梯度磁选机除去石英砂中杂质矿物的效果特别显著.

广东某石英砂厂的生产原料为水洗高岭土后的尾砂,其主要矿物为石英及夹带的高岭土,主要杂质矿物为少量的铁矿物、钛矿物、白云母、电气石、钛铁矿及微量锆英石、兰晶石等. 原矿主要成分为  $\text{SiO}_2$  98.27%、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0.06%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  1.31%.

该厂的生产流程为预筛分-磨矿-分级(脱去细粒)-检查筛分,然后经一次永磁磁选机除去强磁性矿物后,再通过 GL 螺旋选矿机除去重矿物,最后用 ZQS-1000 型高梯度磁选机除去弱磁性矿物. 该厂的生产工艺流程如图 2 所示,ZQS 磁选机给料的主要元素分析结果列于表 1,磁选机选别的石英砂产品分析结果列于表 2.

表 1 ZQS 磁选机给料的主要元素分析结果

Table 1 Main chemical composition of ZQS magnetic separator feeding

元素	$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$
含量 $\omega/\%$	99.70	0.037	0.033	0.045

表 2 石英砂产品的主要元素分析结果

Table 2 Main chemical composition of silica sand product

元素	$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$
含量 $\omega/\%$	99.74	0.0072	0.023	0.031

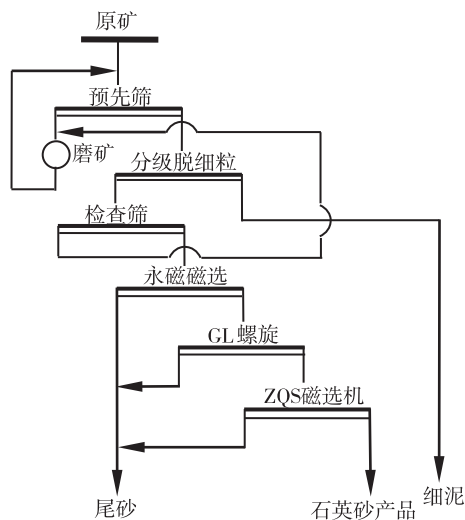


图 2 广东某石英砂厂的生产流程图

Fig. 2 Flow sheet of a silica sand plant in Guangdong

由表 2 可知,用 ZQS 型周期式高梯度磁选机磁选可获得  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  品位 0.0072% 的石英砂产品,除铁率达 81.18%。生产实践表明,所生产的石英砂产品质量稳定,达到了光伏玻璃用砂质量的要求。

### 2.2 在高岭土除杂中的应用

广东某高岭土厂的原料属砂质高岭土,其主要杂质矿物为铁矿物、少量钛矿物,其中铁矿物主要为褐铁矿、少量黄铁矿和磁铁矿。针对该厂原矿中铁、钛等杂质矿物的特性,我们采用 ZQS-500 型周期式高梯度磁选机作为工业除铁设备,其生产工艺为制浆、分级除砂和 2 次磁选除杂,其工艺流程如图 3 所示。磁选给料的多元素分析列于表 3,生产的高岭土产品分析结果列于表 4。

由表 4 可知,所生产的高岭土产品  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  品位为 0.85%、白度为 83.6%,除铁率达 67.53%。生产结果表明,用 ZQS 型周期式高梯度磁选机能大幅度

脱除高岭土中的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  杂质,显著提高产品的白度,提质降杂效果明显。

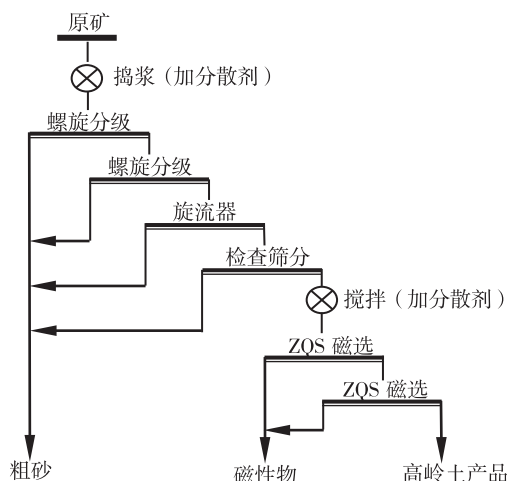


图 3 广东某高岭土厂的生产流程图  
Fig. 3 Flow sheet of a kaolin plant in Guangdong

表 3 高岭土磁选给料的主要元素分析结果

Table 3 Main chemical composition of kaolin magnetic feeding

元素	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	MgO	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	IL(灼减)	白度
含量 $\omega/\%$	36.92	46.67	1.75	0.013	0.046	1.27	0.058	0.039	13.21	64.4

表 4 高岭土产品的主要元素分析结果

Table 4 Main chemical composition of kaolin product

元素	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	MgO	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{TiO}_2$	IL(灼减)	白度
含量 $\omega/\%$	37.59	47.39	0.85	0.016	0.045	1.16	0.052	0.021	12.83	83.6

### 2.3 在长石除杂中的应用

河北某长石加工企业处理的原料为长石原矿经二次立环高梯度磁选机除铁后,再经旋流器脱出的细泥。该细泥虽经两次立环磁选,但因粒度较细,立环磁选效果不好,导致含铁量较高、白度较低,只能

当成尾矿处理。该原料粒度较细, +0.074mm 占 19.06%、-0.74+0.043mm 占 17.65%、-0.043+0.037mm 占 15.88%、-0.037mm 占 47.41%。该原料多元素分析结果列于表 5。根据原料性质,采用一台 ZQS-1000 周期式高梯度磁选机除铁,所生产的长石精矿产品的分析结果列于表 6。

表 5 长石原料的主要化学成分

Table 5 Main chemical composition of feldspar run-of-mine

元素	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	MnO	CaO	MgO
含量 $\omega/\%$	3.14	5.74	0.27	0.024	71.99	18.01	0.007	0.08	0.25	0.14

表 6 长石产品的主要化学成分

Table 6 Main chemical composition of feldspar product

元素	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Cr}_2\text{O}_3$	MnO	CaO	MgO
含量 $\omega/\%$	3.28	5.97	0.10	0.015	72.99	16.87	0.007	0.03	0.25	0.09

由表6可知,用ZQS-1000型周期式高梯度磁选机除铁后,可获得长石产品 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 品位0.10%、白度54.5%的指标,除铁率达55.40%。生产实践证明,在长石原料除杂领域用ZQS周期式高梯度磁选机脱除铁矿物的效果很理想。

### 3 结 论

(1)ZQS型高梯度磁选机用于非金属矿除铁的效果非常显著,尤其适用于非金属矿物原料的深度除铁。

(2)广东某石英砂厂用ZQS型高梯度磁选机除铁获得 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 品位0.0072%石英砂,除铁率达81.18%,达到光伏玻璃用砂质量的要求;在广东某

高岭土厂中应用获得到 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 品位0.85%、白度为83.6%的高岭土产品,除铁率达67.53%;在河北某厂用于立环磁选后的长石细泥除铁,可使长石产品 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 品位从0.27%降至0.10%,除铁率达55.40%。

#### 参考文献:

- [1] 徐星佩. 非金属矿除杂提纯的磁选工艺设备概述[J]. 金属矿山, 2009(7): 36-37.
- [2] 王丰雨. 高梯度磁选机中多梯度磁介质的开发与应用[C]. 钟森林, 赵明//中国冶金矿山企业协会. 中国采选技术十年回顾与展望: 第三届中国矿业科技大会论文集. 北京: 冶金工业出版社, 2012: 711-713.
- [3] 王丽娟, 张超达, 钟森林, 等. 多段式高效陶瓷玻璃原料除铁机的研制[J]. 现代矿业, 2016(6): 259-262.

## Application of ZQS-type circle high gradient magnetic separator in ironremoval purification of non-metallic mine

WU Chengcai<sup>1,2</sup>, ZHANG Chaoda<sup>1,2</sup>, ZHONG Senlin<sup>1,2</sup>, YUAN Xiangyi<sup>1,2</sup>, XIE Baohua<sup>1,2</sup>,  
CHEN Junming<sup>1,2</sup>, WANG Lijuan<sup>1,2</sup>

1. *Guangdong Institute of Resources Comprehensive Utilization, State Key Laboratory of Rare Metals Separation and Comprehensive Utilization, Guangdong Provincial Key Laboratory of Development and Comprehensive Utilization of Mineral Resource, Guangzhou 510650, China*; 2. *Guangzhou Yueyouyan Mineral Resource Technology Co. Ltd., Guangzhou 510650, China*

**Abstract:** High efficient in ironremoval of non-metallic mine, at present, ZQS-type circle high gradient magnetic separator is widely employed in the field of ironremoval of silica sand, kaolin, and feldspar etc., especially in solar photovoltaic glass area which could meet the requirement of Fe content under 0.008%. Applied in a silica sand plant in Guangdong, 0.0072%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  content and 81.18% ironremoval rate of silica sand product could be achieved. Applied in a kaolin plant in Guangdong, 0.85%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  content and 83.6% whiteness of kaolin product could be achieved. Applied in a feldspar plant in Hebei, 0.10%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  content and 55.4% ironremoval rate of feldspar fine clay could be achieved after the treatment of high gradient magnetic separator.

**Key words:** ZQS-type circle high gradient magnetic separator; iron-remove; nonmetallic mine