

# 采用激光粒度仪研究球磨产品粒度分布<sup>①</sup>

刘向阳, 库建刚

(福州大学紫金矿业学院, 福建 福州 350116)

**摘要:** 以石英砂为试验原料, 采用 LS-CWN(3) 型激光粒度仪, 利用单一变量法分别对磨矿介质配比、磨矿介质充填率、磨矿量、磨矿浓度和磨矿时间展开试验。确定了最佳磨矿条件为钢球配比  $D_{34}:D_{30}:D_{28}:D_{22}=35:43:51:84$ 、磨矿介质充填率 35%、磨矿量 500 g、磨矿浓度 40%。在最佳磨矿条件下, 随磨矿时间的延长, 磨矿细度呈先快速提高后逐渐变缓的趋势, 在磨矿 14 min 后石英砂的粒度随时间的增加而变化不明显, 说明球磨机在 14 min 后对石英砂的磨矿效果变差, 石英砂的细度难以提高。

**关键词:** 球磨机; 磨矿条件; 激光粒度仪

**中图分类号:** TD921

**文献标识码:** A

**doi:** 10.3969/j.issn.0253-6099.2014.08.030

**文章编号:** 0253-6099(2014)08-0117-03

矿石开采出来后绝大多数必须经过磨矿加工处理, 我国每年需要磨碎的矿料为数十亿吨<sup>[1]</sup>。因此, 磨矿在矿物加工领域中起着举足轻重的作用, 并在国民经济中占有一定的地位。

磨矿过程的影响因素主要包括物料性质、给矿粒度、产品细度、磨机的类型及结构、装球和补球、磨矿浓度、给矿速度、球径和球比等<sup>[2-4]</sup>。根据影响磨矿过程的因素, 可以从降低矿石可磨性、降低磨机给矿粒度、改变磨机结构参数、提高分级效率、适当提高分级返砂量、精确化装补球<sup>[5]</sup>、选择性磨矿<sup>[6]</sup>和微阶段化磨矿<sup>[7]</sup>等途径来提高磨矿效率。

对球磨机磨矿效率的研究一般通过磨矿细度的变化来衡量, 传统的方法是通过筛分获得比较宽的粒度来判断, 其直观性不够强。本文通过研究不同磨矿条件下球磨产品的粒度大小及分布特征, 避免了仅通过测定磨矿产品不同粒级含量的粗放研究。根据磨矿过程的影响因素: 磨矿介质配比、磨矿介质充填率、磨矿浓度、磨矿量和磨矿时间对磨矿产品细度的影响, 获得了提高 XMQ-Φ240×90 锥形球磨机磨矿效率的方法, 为球磨机调节磨矿条件得到一定的磨矿产品提供理论依据。

## 1 试验材料

### 1.1 试验原料

试料为石英砂, 因石英砂坚硬、耐磨, 是很好的磨矿试验原料。本文选用的石英砂产自安徽凤阳, 其中二氧化硅含量为 99.3%, 莫氏硬度为 7; 密度  $2.65 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ , 含水量 0.2%, 粒度 4~6 目 (3.35~4.75 mm), 白

色颗粒。

### 1.2 试验仪器

所用仪器包括 LS-CWN(3) 型激光粒度仪、XMQ-Φ240×90 型锥形球磨机、DL-5C240-120 盘式真空过滤机及 101-4A 型电热恒温干燥箱等。

## 2 试验方案

### 2.1 试验方法

XMQ-Φ240×90 锥形球磨机的可调磨矿条件有: 钢球的配比、磨矿介质充填率、磨矿量、磨矿浓度和磨矿时间。因 XMQ-Φ240×90 锥形球磨机中各磨矿条件之间的相互影响不大, 所以用单因素变量法来对各个磨矿条件进行试验。

### 2.2 试验参数的设定

实验室现有直径分别为 34, 30, 28, 22 mm 的钢球, 利用阿基米德原理测得球磨机容积为 6 700 mL, 本试验钢球配比计算采用等表面积法<sup>[8]</sup>, 球磨机原始钢球配比为  $D_{34}:D_{30}:D_{28}:D_{22}=17:34:35:142$ , 计算可知其充填率为 30%, 所以在钢球配比试验时以充填率 30% 计算出以下四种配比分别为:  $D_{34}:D_{30}:D_{28}=36:47:53$ ,  $D_{34}:D_{28}:D_{22}=40:59:75$ ,  $D_{30}:D_{28}:D_{22}=52:62:100$ ,  $D_{34}:D_{30}:D_{28}:D_{22}=30:37:44:72$ 。

### 2.3 试验步骤

依次对钢球的配比、磨矿介质充填率、磨矿量、磨矿浓度和磨矿时间 5 个因素进行试验, 每个因素的试验步骤都是相同的。首先, 用电子天平称取试验所需石英砂的质量, 调节好球磨机的磨矿条件, 加入石英砂, 开始磨矿并计时, 达到计划时间后停止, 然后将磨

① 收稿日期: 2014-05-21

作者简介: 刘向阳(1991-), 男, 陕西安康人, 硕士研究生, 主要研究方向为铅锌金银浮选回收。

通讯作者: 库建刚(1979-), 男, 河南南阳人, 博士, 副教授, 从事磁性矿物分离和复杂矿综合利用研究。

好后的矿浆抽滤后烘干,并利用堆锥四分法将烘干后的石英砂混匀缩分至1g,将缩分好的石英砂转移至烧杯加水后用超声波清洗器处理4min,最后,将处理好的石英砂加入循环进样系统,利用激光粒度仪测得结果。

### 3 试验数据的处理和分析

本次试验所用到的粒度分析工具为激光粒度仪。激光粒度仪是利用颗粒对光的散射(衍射)现象测量颗粒大小的,即光在行进过程中遇到颗粒(障碍物)时,会有一部分偏离原来的传播方向;颗粒尺寸越小,偏离量越大;颗粒尺寸越大,偏离量越小。激光粒度仪正是利用这种偏差来对颗粒粒度进行区分的<sup>[9]</sup>。

本次试验通过分析磨矿产品的粒度曲线,确定最佳的磨矿条件。

#### 3.1 钢球配比对磨矿产品细度的影响

在钢球充填率为30%,磨矿量为500g,磨矿浓度为50%,磨矿时间为4.5min条件下,钢球的配比对磨矿细度的影响见表1和图1。

表1 钢球配比

组号	不同球径钢球配比			
	$D_{34}$	$D_{30}$	$D_{28}$	$D_{22}$
1	17	34	35	142
2	36	47	53	0
3	30	37	44	72
4	0	52	62	100
5	40	0	59	75

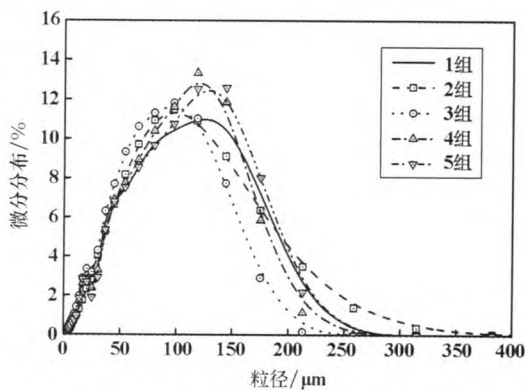


图1 钢球配比与石英砂粒度的关系

由图1可以得出,在改变钢球配比的条件下,第3组石英砂磨矿产品粒度最小,且粒径范围最窄,所以第3组石英砂的磨矿效果是最好的。

#### 3.2 磨矿介质充填率对磨矿产品细度的影响

磨矿量为500g,磨矿浓度为50%,磨矿时间为4.5min时,介质充填率对磨矿产品细度的影响见图2。

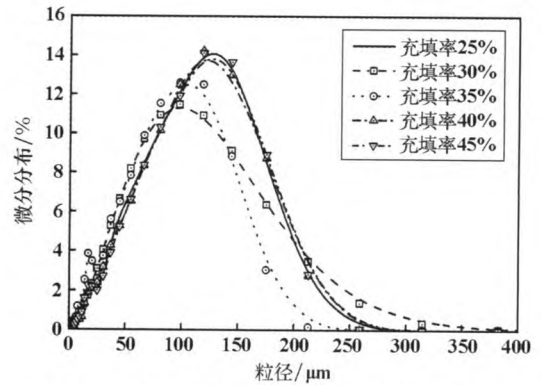


图2 磨矿介质充填率与石英砂粒度的关系

由图2可知,磨矿介质充填率为35%时,石英砂的粒径范围最窄,且细颗粒较其他组多,因此此组石英砂磨矿效果最好。所以当磨矿介质充填率为35%时,石英砂磨矿效果是最好的。

#### 3.3 磨矿量对磨矿产品细度的影响

在钢球配比为 $D_{34}:D_{30}:D_{28}:D_{22}=35:43:51:84$ ,介质充填率为35%,磨矿浓度为50%,磨矿时间为4.5min时,磨矿量对磨矿产品细度的影响见图3。

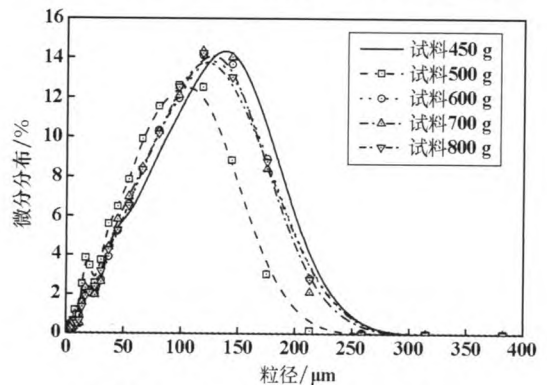


图3 磨矿量与石英砂粒度的关系

由图3可知,磨矿量为500g时,石英砂的粒度范围最窄,表明该组石英砂磨矿效果最好。磨矿量太少时,球与球相互碰撞的几率增大,与石英砂之间的碰撞几率减小,矿石不易磨细;磨矿量太多,造成磨机涨肚,不利于石英砂的磨细。

#### 3.4 磨矿浓度对磨矿产品细度的影响

在钢球配比为 $D_{34}:D_{30}:D_{28}:D_{22}=35:43:51:84$ ,介质充填率为35%,磨矿量为500g,磨矿时间为4.5min时,磨矿浓度对磨矿产品细度的影响见图4。由图4可知,在磨矿浓度为45%和40%的两组石英砂粒度曲线中,粒径范围相差很小,几乎相同,但是磨矿浓度40%的图像最高点高于磨矿浓度45%曲线的最高点,所以磨矿浓度45%曲线中小于50 $\mu\text{m}$ 颗粒较多,则表明泥化相对严重。得出磨矿浓度为40%为最佳磨矿浓度。

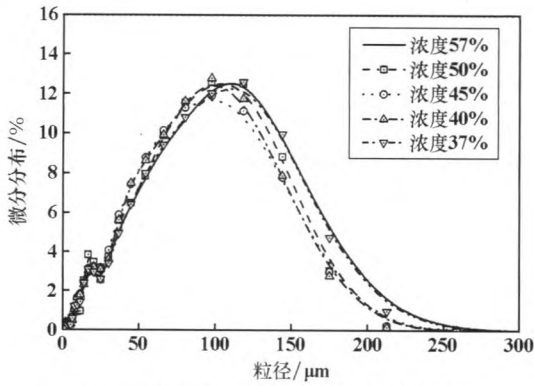


图4 磨矿浓度与石英砂粒度的关系

### 3.5 磨矿时间对磨矿产品细度的影响

在钢球配比为  $D_{34}:D_{30}:D_{28}:D_{22}=35:43:51:84$ , 介质充填率为 35%, 磨矿量为 500 g, 磨矿浓度为 40% 时, 磨矿时间对磨矿产品细度的影响见图 5 和图 6。

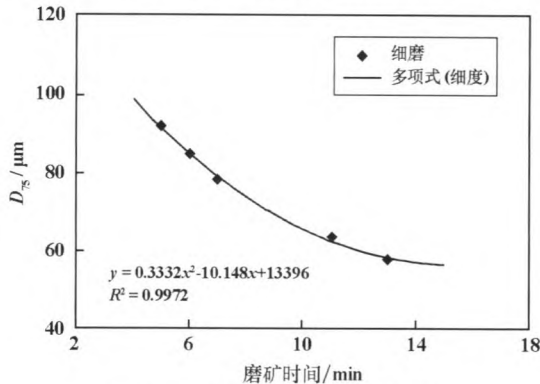


图5 磨矿时间与磨矿细度曲线

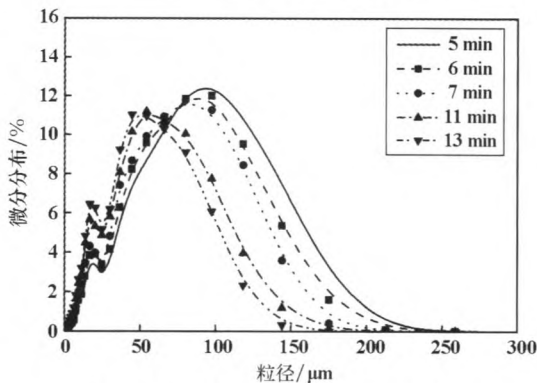


图6 磨矿时间与石英砂粒度的关系

由图 5 可知, 在只改变磨矿时间时,  $D_{75}$  (小于某粒径的颗粒占总量的 75%) 随磨矿时间的增加逐渐减小, 而其变化速率也是递减的, 这样可以表明磨矿细度随磨矿时间的增加而变细, 但是其下降的速率在变小, 根据图 5 中的公式算得, 当时间达到 14 min 后  $D_{75}$  随时间的增加而减少的速率趋近于零, 表明 14 min 后磨矿时间对磨矿效果的影响程度在降低, 即石英砂越来越难磨。由图 6 也可以看出, 随时间的增加磨矿产品的粒度减少的幅度越来越小。在选择磨矿时间时, 需根据后续浮选作业的要求来设定, 时间太长也会引起过磨, 从而产生泥化, 影响后续选别作业。

## 4 结 论

采用单因素条件试验对 XMQ- $\Phi 240 \times 90$  锥形球磨机所磨石英砂的粒度进行了研究, 确定最佳磨矿条件: 钢球配比为  $D_{34}:D_{30}:D_{28}:D_{22}=35:43:51:84$ 、磨矿介质充填率为 35%、单次磨矿量为 500 g、磨矿浓度为 40%。在最佳磨矿条件下, 随磨矿时间的延长, 磨矿细度呈先快速提高后逐渐变缓的趋势, 在 14 min 后石英砂的粒度随时间的增加而变化不明显, 说明球磨机在 14 min 后对石英砂的磨矿效果变差, 石英砂的细度难以提高。

### 参考文献:

- [1] 彭 操, 刘江林. 降低磨矿能耗技术在选择厂中的应用剖析[J]. 云南化工, 2008, 35(2): 65-69.
- [2] 李启衡. 碎矿和磨矿[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1980.
- [3] 刘树英. 破碎磨碎机械设计[M]. 沈阳: 东北大学出版社, 2000.
- [4] 司亚梅, 吕一波. 磨机中磨矿介质的运动规律[J]. 中国非金属矿工业导刊, 2006(6): 40-43.
- [5] 段希祥, 周 平, 潘新潮. 球磨机精确化补装球方法[J]. 有色金属, 2004, 56(3): 75-78.
- [6] 段希祥. 选择性磨矿及其应用[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1991.
- [7] 朱维生. 微阶段磨矿技术在铜矿山的应用研究[J]. 矿冶工程, 2005, 25(5): 27-29.
- [8] 夏恩品, 董为民. 影响球磨机介质运动规律的试验研究[J]. 矿山机械, 2010(1): 82-85.
- [9] 刘 树, 张兆芝, 潘志东, 等. 国内外激光粒度仪结构与性能介绍[J]. 中国仪器仪表, 2012(1): 63-66.

## 采用激光粒度仪研究球磨产品粒度分布

作者: [刘向阳, 库建刚](#)  
作者单位: [福州大学紫金矿业学院, 福建福州, 350116](#)  
刊名: [矿冶工程](#)   
英文刊名: [Mining and Metallurgical Engineering](#)  
年, 卷(期): 2014, 34(z1)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_kygc2014z1030.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_kygc2014z1030.aspx)