

# 闪速浮选技术及其应用

赵泓铭, 戴惠新

(复杂有色金属资源清洁利用国家重点实验室, 昆明理工大学国土资源工程学院, 云南 昆明 650093)

**摘要:**闪速浮选(又称快速浮选)是在高浓度条件下,浮选粗粒矿物的浮选过程。本文概述了闪速浮选的基本原理、优点,及闪速浮选机,并介绍了国内外闪速浮选技术的应用概况,指出闪速浮选是强化有用矿物早收多收的有效方法,有良好的应用前景。

**关键词:**闪速浮选;原理;浮选机;应用

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2016.06.004

中图分类号:TD952 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2016)06-0017-05

在磨矿过程中,由于矿石中有用矿物的嵌布粒度不同,就导致磨矿产品中既有部分已单体解离粗粒有用矿物,又有含有较多有用矿物的连生体<sup>[1]</sup>。当它们同时进入分级机后,由于大多金属矿物比重大,部分已经单体解离的或已达到分级粒度要求的有用矿物不能被有效的溢流出来,使得这些有用矿物尤其是金、银、铂、铜等贵重金属进入返砂<sup>[2]</sup>。这就导致部分有用矿物积累在磨矿分级回路中因过磨泥化而损失掉,影响产品指标及磨矿效率,还会不利于后续的选别和脱水作业。因此,采用闪速浮选尽快回收磨矿分级回路中已经单体解离的有用矿物或粒度较粗的且有用矿物含量较丰富的连生体<sup>[3]</sup>,可以直接获得最终精矿或粗精矿,且可以避免有用矿物过磨而造成损失,提高其回收率<sup>[4]</sup>。同时,闪速浮选能够充分的利用不同矿物之间的可浮性差异,联合使用选择性强的捕收剂,可以对物料中可浮性较好矿物进行快速浮选,改善了矿物的分离效率,提高了最终精矿品位及回收率<sup>[5]</sup>。

## 1 闪速浮选的基本原理和优点

### 1.1 闪速浮选的基本原理

闪速浮选通常是在高浓度(65%~75%)条件下,浮选粗粒级矿物<sup>[6-8]</sup>。闪速浮选所处理的物料主要为磨矿分级回路中分级机的返砂,有时还会用于浮选分级机的溢流。由于分级机存在“富集”作

用<sup>[2]</sup>,而且分级机的溢流可以将绝大多数的微细矿泥排出,使得返砂都为高浓度、粗颗粒矿浆,且矿泥含量较少,又由于金属矿物的比重较大,使其容易进入沉砂,使得分级机返砂中有用矿物及含有用矿物的连生体的浓度比脉石矿物的浓度大,所以相对较容易被捕收浮出来,从而实现有用矿物与脉石快速分离并取得较高的精矿品位及作业回收率的目的。

另外,由于闪速浮选的浮选时间很短,这就使得部分大粒的脉石没有足够的时间上浮,从而保证了闪速浮选可获得合格的精矿品位,且还可以通过调整药剂制度、矿浆的pH值、泡沫层的厚度、充气量和补加水量来改变闪速浮选的精矿品位<sup>[9]</sup>。

### 1.2 闪速浮选的优点

闪速浮选通常配置于磨矿分级作业回路中,在浮选矿浆较高浓度的条件下,浮选粗粒级的矿物,浮选出的精矿通常作为最终精矿,而尾矿则返回磨机,并由分级机分级,再进入常规的浮选流程中进行分选。由于闪速浮选有集粗选与精选于一体的特点<sup>[10]</sup>,使得闪速浮选具有下列优点:

(1)由于提前浮选出已经单体解离的粗粒有用矿物,使得有用矿物的过粉碎现象减少,从而减少了有用矿物在矿泥中的损失,有效的提高了有用矿物的回收率。

(2)由于闪速浮选机起到“均质器”的作用<sup>[8]</sup>,提前把高品位的矿石浮选出来,给常规浮选流程提

收稿日期:2015-12-15

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51264020)资助

作者简介:赵泓铭(1992-),男,在读硕士研究生,主要研究方向为浮选理论与工艺。

通讯作者:戴惠新,教授,E-mail:dhx6688@sina.com。

供了稳定的人选品位<sup>[11]</sup>,从而降低了由于高品位的给矿而引起的常规浮选流程过负荷的可能性<sup>[12]</sup>,改善了浮选流程的操控条件,使整个常规浮选流程中的各项参数指标更易于测定和调整。

(3) 由于浮选的选择性较强,从而有利于精矿质量的改善<sup>[13]</sup>。

(4) 由于闪速浮选预先选出粗粒有用矿物,并有效减少了有用矿物的过磨,使常规浮选的给矿粒级变窄,并减少了浮选速度较慢的矿泥量,提高了整个浮选流程的浮选速率,减少了浮选时间,从而有效增加了传统浮选机的处理能力。

(5) 由于闪速浮选所得的合格精矿的回收率约为20%左右,因而减少了磨矿作业的矿物循环量,有助于提高磨矿效率,同时减少了进入常规浮选流程的矿量,从而总的浮选时间可以减少,所需要的浮选机数量也可减少<sup>[2]</sup>,则在新建选厂时可以节省基建投资,在投产的选厂可降低操作和维护费用<sup>[14]</sup>。

(6) 由于闪速浮选所得的精矿比常规浮选所得的精矿粗,使得最终的混合精矿中粗粒矿物含量增加,细泥含量减少。这使精矿更易于脱水,过滤后的精矿含水量下降,一般可降低2%左右<sup>[10]</sup>,并降低了脱水作业的成本。

## 2 闪速浮选设备

要实现粗粒的有用矿物的优先回收,闪速浮选机是这一浮选过程中的重要设备。闪速浮选机是机械搅拌式充气浮选机<sup>[15]</sup>,是一种专门针对矿物颗粒较粗、矿浆浓度高的分级机返砂或分级溢流及尾矿进行浮选所设计的单槽浮选机<sup>[16]</sup>。世界上第一台闪速浮选机是芬兰奥托昆普公司1982年6月在芬兰哈马斯拉蒂(Hammaslahti)选矿厂安装的Skim-Air闪速浮选机<sup>[17]</sup>。

目前芬兰奥托昆普公司所设计的Skim-Air闪速浮选机共有五种。Skim-Air闪速浮选机的基本结构见图1,槽体上部为圆筒状,下部呈圆锥形,槽内设有圆锥状的泡沫挡板,主轴上安装有经特殊设计的叶轮。它的工作原理是:通过电机带动主轴和主轴末端的叶轮转动产生的搅拌作用,与由外部充入的空气联合作用产生的机械力,使矿浆中的有用矿物与气泡及药剂混合弥散,从而形成矿化气泡,载有用矿物的矿化气泡上浮至泡沫层,再经泡沫区的“二次富集”自流溢出<sup>[17]</sup>,而大部分粗颗粒的脉石在重力作用下直接沉降到排矿区,通过这两种作用

对有用矿物与脉石进行分选。

中国在20世纪80年代末开始引进芬兰奥托昆普公司的Skim-Air闪速浮选机。经过多年的使用,在总结吸收了大量的现场使用经验及快速浮选动力学<sup>[18]</sup>理论上,北京矿冶研究总院(BGRIMM)自行设计、研制的YX型闪速浮选机开始在国内投入使用,并取得了较好的使用效果<sup>[2]</sup>。

YX型闪速浮选机是一种专门用于磨矿分级回路中浮选粗粒矿物的单槽浮选机<sup>[19]</sup>。该机工作原理为:通过电机带动主轴和其末端的叶轮转动,产生的搅拌作用把矿浆及充入的空气由叶轮中心向外甩出,在叶轮腔内形成负压,从而在叶轮周围产生抽吸作用,能够使矿浆在浮选槽中循环,并且在搅拌作用下,使矿浆、药剂及空气相互混合,在矿浆通过稳定器的定向叶片时,矿浆的流动方向改变,在局部产生湍流,促使矿浆、药剂及空气进一步混合。槽内的矿化气泡载着有用矿物上浮至泡沫层,通过推泡锥(板)的作用自溢出或由刮板刮出成为精矿<sup>[20]</sup>。而粗颗粒的脉石在重力作用下直接沉降到排矿区,从排矿口排出,实现有用矿物与脉石的分离。

该机的特点:(1)在主轴叶轮定子下部装有矿浆循环筒,它可使叶轮下部的矿浆进行循环,让可浮性矿物能反复进入叶轮区,并充分的与药剂及空气混合,并且有利于矿粒悬浮,增加矿物被捕收的机率;(2)叶轮的上部设有上循环通道,其作用主要是增加叶轮的搅拌力度及矿浆的均匀性,并使矿物颗粒与药剂更充分的接触;(3)浮选机的槽体底部是圆锥形,用以消除槽底的沉积死角,从而防止尾矿淤积,并起到浓密的作用,使尾矿经过浓密后能够被均匀地排出<sup>[21]</sup>。

高效闪速浮选机属于射流浮选机,其本身没有传动装置,需要联合离心砂泵进行浮选。其工作原理:先由离心砂泵把矿浆输送至射流泵,在高速高压的喷射作用下,空气会被吸入矿浆射流束的外层,在矿浆被射出的瞬间,由于矿物、药剂及空气所受到的压力骤降,体积突然增大的作用,三者之间发生剧烈的接触和碰撞,使气泡上附着有用矿物,再由喉管垂直进入矿化反应管中,又由于气泡在反应管内快速上升,矿浆快速下降,从而使气泡和矿浆在矿化反应管中不断地上下交替接触,经过短暂的矿化反应后,进入反冲假底,由调速孔板向上喷射,载着有用矿物的矿化气泡上浮到泡沫层,流入精矿管,而尾矿通过假底边沿的空隙流入尾矿管<sup>[22-24]</sup>。

高效浮选机有浮选速度快、效率高、浮选浓度及粒度适用范围大、占地面积小等特点。

### 3 闪速浮选的应用

#### 3.1 国外闪速浮选的应用

芬兰奥托昆普公司在1980年依据浮选动力学开始着手闪速浮选机的研究,为从磨矿分级回路中分级机的返砂中快速浮选出已经单体解离的高品位精矿,设计制造了 Skim-Air 型闪速浮选机。并在芬兰哈马斯拉赫蒂(Hammaslahti)选矿厂安装 Skim-Air 型闪速浮选机进行试验。该厂处理能力为40万t/a,处理的主要矿物为黄铜矿,并伴生有锌、银和金。其磨矿回路是由棒磨、砾磨和旋流器组成,并用 SK-80 闪速浮选机处理与砾磨机连接的水力旋流器的沉砂。给入闪速浮选机的矿浆浓度为60%~70%,使用的药剂为石灰、黄药和起泡剂,入选品位为 Cu 1.1%、Zn 0.8%、Au 0.5 g/t、Ag 8 g/t。闪速浮选所得精矿含 Cu 21.1%、Zn 1%、Au 4.8 g/t、Ag 240 g/t,闪速浮选铜的作业回收率为30%~60%。常规浮选精矿(含闪速浮选精矿)为 Cu 20%、Zn 1.3%、Au 4.8 g/t、Ag 200 g/t。试验结果表明:增加了闪速浮选机后,由于提高了回收率,在铜精矿中 Cu 品位相同的条件下,Au 品位从3.8 g/t提高了4.8 g/t,Cu 回收率提高了约3%。由于闪速浮选精矿的粒度为-0.074 mm 45%,提高了最终精矿的粒度使其容易脱水,精矿含水量由11%降到9%,浮选作业减少了一半,使得处理每吨新给矿节电2 kw·h<sup>[2,25]</sup>。

瑞典的威士卡利亚(Viscaria)铜选矿厂,处理量约为170 t,其磨矿回路由一段棒磨、两段球磨和旋流器组成,安装了1台 SK-240 闪速浮选机,用来处理水力旋流器的沉砂。原矿品位为 Cu 2.3%,闪速浮选的矿浆浓度为70%~75%,使用的浮选药剂为黄药与起泡剂,闪速浮选的精矿 Cu 的品位为22%~24%,其选铜作业回收率约25%,总回收率为90%~94%。而常规浮选的铜精矿 Cu 品位为24%,总回收率为88%~89%。采用闪速浮选后,Cu 回收率提高约2%,过滤后的精矿含水量降低了2%<sup>[8]</sup>。

美国的利德威尔(Asarco Leadville)选厂,主要处理铅银,并伴生金。其旋流器底流品位 Pt 3.5%、Ag 75 g/t、Au 3 g/t,用一台 SK-80 闪速浮选机处理旋流器底流,浮选浓度为85%,浮选药剂为黄药与

起泡剂(MIBC),精矿品位 Pb 50%~65%、Ag 600~1800 g/t、Au 20 g/t,生产实践表明,铅精矿 Pb 品位降低2%,Ag 回收率增加7%,Au 回收率增加3%,精矿过滤后含水量下降了2%<sup>[1]</sup>。

另外,芬兰 Varomala 镍选矿厂、瑞典 Boliden Aitik 铜选厂、巴西的 Rio Parcatu 金矿选矿厂、Fzeoport 公司印尼分公司的 Leadville 铜选厂等也采用了 SK 型闪速浮选机,效果较好。

#### 3.2 国内闪速浮选的应用

湖北鸡笼山金矿在1994年使用芬兰奥托昆普公司的 SK-15 型闪速浮选机,进行了闪速浮选+常规浮选的合作业与常规浮选作业的工业对比试验。选厂在二段磨矿分级回路中安装了 SK-15 型闪速浮选机,用来处理二段分级旋流器的沉砂。结果显示闪速+常规浮选联合流程,其闪速浮选精矿中 Cu 回收率为26.23%,Au 回收率为26.31%,闪速浮选的精矿 Cu 品位达29.10%,最终精矿 Cu 品位为21.73%。与单一常规浮选流程相比,Cu 回收率略有提高,Au 回收率提高5.13%,铜精矿 Cu 品位提高1.11%。说明闪速浮选工艺用于金、铜矿物嵌布粒度不均匀的矿石,不仅可以提高精矿品位,同时还可以大幅度提高金回收率,经济效益显著<sup>[26]</sup>。

德兴铜矿酒洲选厂采用 YX-2 型浮选机对旋流器沉砂进行闪速浮选,闪速浮选机作业回收率达14.096%,闪速浮选机的浮选精矿中 Au 品位为8.348 g/t,而原来选厂常规浮选的最终精矿 Au 品位为7.0 g/t。安徽狮子山铜矿使用 YX-8 型浮选机在磨矿分级回路中浮选分级溢流,采用闪速浮选后,精矿 Au、Ag 品位分别提高5.96 g/t 和14.25 g/t,Au 的回收率提高了13.22%,Ag 的回收率提高了6.26%,使选厂的生产能力提高3.84%,还有利于脱水等后续作业,提高了选厂的经济效益<sup>[20]</sup>。

武钢大冶铁矿选厂使用 SL-SSF75-1 型高效闪速浮选机进行硫精矿再选工业试验表明,常规浮选的硫精矿含 Cu 0.713%、Au 1.8 g/t;闪速浮选机再选后,使硫精矿含 Cu 降至0.487%,闪速浮选机铜的作业回收率33.58%,闪速浮选精矿含 Cu 8.42%、Au 5.12 g/t。闪速浮选精矿与分离浮选铜精合并为最终精矿,最终精矿 Cu 品位为20.55%,达到了产品指标要求,充分利用了选厂的矿产资源,显著提高了选厂的经济效益<sup>[22-23]</sup>。

另外,武山铜矿使用 SL-SF 型闪速浮选机在尾矿中收硫,选厂选完铜的的尾矿使用旋流器进行脱

泥,旋流器沉砂经稀释以及添加浮选药剂后,由泵给入闪速浮选机进行分选,这一过程可从含S 5%~7%的尾矿中,回收S品位35%~42%左右的硫精矿,S回收率在10%左右<sup>[27]</sup>。云南铜业集团大姚铜矿采用CLF型粗颗粒闪速浮选机对分级溢流中的粗粒进行闪速浮选,把总回收率提高了0.39%,提高了磨矿效率,增加了选厂的经济效益<sup>[28-29]</sup>。凡口铅锌矿通过对矿石中方铅矿、闪锌矿进行上浮速度试验,找出了方铅矿、闪锌矿上浮速度的不同,采用快速浮选工艺,选厂铅的回收率提高1.05%,锌的回收率提高0.76%,浮选总容积减少24.7%,电力单耗下降约6.52 kw·h,大幅度提高了经济效益<sup>[30]</sup>。

#### 4 结 语

(1)闪速浮选是专门针对粗粒级矿物进行快速浮选的技术,采用闪速浮选可以快速地回收分级机返砂及溢流中已单体解离的有用矿物,减少有用矿物过磨在矿泥中损失,还可以减少磨矿分级回路循环矿量及常规浮选的浮选槽容积,有助于提高有用矿物的回收率,提高磨矿效率,提高后续浮选作业效率,是强化有用矿物回收的有效方法。

(2)通过国内外闪速浮选的应用实例,说明了在磨矿分级回路中使用闪速浮选技术,可以有效提高有用矿物的回收率,并提高整个选矿流程的性能,为选厂增加巨大的经济效益,所以闪速浮选有着良好的应用前景。

#### 参 考 文 献:

- [1] 陈虞铭. 闪速浮选及其在选矿工艺中的应用[J]. 有色矿山, 1992(05): 30-33.
- [2] 王海瑞. 闪速浮选技术的研究与应用[J]. 甘肃有色金属, 1998(2): 1-5.
- [3] Bianca Newcombe, D. Bradshaw, E. Wightman, Development of a laboratory method to predict plant flash flotation performance[J], Minerals Engineering, 2012(39): 228-238.
- [4] 胡善友, 于雪. 快速浮选的试验研究与分析[J]. 有色矿冶, 2004(05): 16-17.
- [5] 朱穗玲, 吴熙群, 李成必. 快速浮选新工艺的研究与应用[J]. 有色金属: 选矿部分, 2003(06): 1-5.
- [6] Bianca Newcombe, A phenomenological model for an industrial flash flotation cell [J], Minerals Engineering, 2014(64): 51-62.
- [7] Bianca Newcombe, D. Bradshaw, E. Wightman, The hydrodynamics of an operating flash flotation cell [J], Minerals Engineering, 2013(41): 86-96.
- [8] 夏晓鸥. 闪速浮选的理论与实践[J]. 国外金属矿选矿, 1993, 30(10): 47-57.
- [9] Bianca Newcombe, D. Bradshaw, E. Wightman, Flash flotation and the plight of the coarse particle [J], Minerals Engineering, 2012(34): 1-10.
- [10] 李铃值. 闪速浮选机及其应用[J]. 湿法冶金, 1995(01): 1-4.
- [11] 陈虞铭. 闪速浮选及其对选别贵金属的意义[J]. 国外金属矿选矿, 1993(1): 27-31.
- [12] 何从行. 快速浮选[J]. 有色矿山, 1987(10): 54-57.
- [13] 张和仕. 闪速浮选[J]. 江西冶金, 1989, 9(4): 34-36.
- [14] 严立德. 快速浮选(摘要)[J]. 国外金属矿选矿, 1986(08): 25+29.
- [15] 国家自然科学基金委员会. 冶金与矿业科学[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [16] 陈典助. 闪速浮选工艺及其设备的探讨[J]. 工程设计与研究, 1993(2): 16-19.
- [17] 王海瑞. 闪速浮选工艺及其应用[C]. 第五届全国粉体工程学术会议论文集. 1998: 276-279.
- [18] Martin Keanper. State-of-the-art and new technologies in flotation deinking [J]. International of Mineral Processing. 1999, 56(1-4): 317-333.
- [19] 徐晓军, 牛福生, 宫磊, 等. 我国浮选机研究现状与发展趋势[J]. 云南冶金, 2002, 31(3): 57-60.
- [20] 沈政昌, 卢世杰, 刘惠林, 等. BGRIMM浮选机的发展[J]. 矿冶, 2002, 11(z1): 134-138.
- [21] 沈政昌. 浮选机发展历史及发展趋势[J]. 有色金属: 选矿部分, 2011(S1): 34-46.
- [22] 梅丰, 夏剑雄. 大冶铁矿应用高效闪速浮选机的工业试验[J]. 金属矿山, 2001(08): 23-25.
- [23] 夏剑雄, 梅丰. 高效闪速浮选机应用实践[J]. 中国矿业, 2000(S2): 216-219.
- [24] 刘克明. 射流闪速浮选机在铁精矿脱硫浮选中的试验研究[J]. 有色金属: 矿山部分, 2009(06): 72-74.
- [25] 何从行. “闪速浮选”回收磨矿循环中的粗粒矿物[J]. 有色金属: 选矿部分, 1986(04): 63-64.
- [26] 黄建辉, 车小奎, 董雍康. 采用闪速浮选提高金、铜的选矿回收率[J]. 黄金, 1996(03): 31-34.
- [27] 黄金华. 高效闪速浮选机在尾矿收硫中的应用[J]. 矿业快报, 2002(10): 15-17.
- [28] 彭远伦. 粗粒闪速浮选试验研究[A]. 西部矿产资源开发利用与保护学术会议论文集[C]. 矿冶, 2002(7): 154-156.
- [29] 梁国军, 彭远伦. 分级溢流粗粒快速浮选工业应用探索研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2006(06): 10-13.
- [30] 邬顺科, 戴晶平, 罗开贤, 等. 快速分支浮选工艺研究与应用[J]. 有色金属: 选矿部分, 2006(6): 1-5.

(下转 16 页)

参考文献:

[1] 蔡改贫,李龙茂,姜志宏. 基于图像处理的矿石粒度检测系统设计[J]. 冶金自动化,2013,37(6):63-66.

[2] 李俊山,李旭辉. 数字图像处理[M]. 北京:清华大学出版社,2013.

[3] 赵高长,张磊,武风波. 改进的中值滤波算法在图像去噪中的应用[J]. 应用光学,2011,32(4):678-682.

[4] 刘进,厉树忠,张媛. 基于混合中值滤波的图像去噪处理. 甘肃科技,2006,22(9):41-43.

[5] 寇俊克,魏连鑫. 一种改进的小波阈值图像去噪方法[J]. 现代电子技术,2012,35(4):102-104.

[6] 任获荣,张平,王家礼. 一种新的小波图像去噪方法[J]. 红外与激光工程,2003,32(6):643-646.

[7] 颜兵,王金鹤,赵静. 基于均值滤波和小波变换的图像去噪技术研究[J]. 计算机技术与发展,2011,21(2):51-57.

[8] 黄果,蒲亦非,陈庆利,等. 基于分数阶积分的图像去噪[J]. 系统工程与电子技术,2011,33(4):925-932.

[9] 胡斌,官宁生. 一种改进的 Otsu 阈值分割算法[J]. 微电子学与计算机,2009,26(12):153-155.

[10] 胡敏,李梅,汪荣贵. 改进的 Otsu 算法在图像分割中的应用[J]. 电子测量与仪器学报,2010,24(5):443-449.

[11] 高丽,杨树元,李海强. 一种基于标记的分水岭图像分割新算法[J]. 中国图象图形学报,2007,12(6):1025-1032.

[12] 徐奕奕,刘智琦,刘琦. 基于改进的分水岭算法图像分割方法研究[J]. 计算机仿真,2011,28(9):272-274.

[13] 胡敏,蔡慧芬. 基于形态学标记连通的分水岭图像分割[J]. 电子测量与仪器学报,2011,25(10):864-869.

[14] 孙宗保,蔡健荣. 数学形态学在计算机图像处理技术检测粒度中的应用[J]. 计算机测量与控制,2003,11(9):665-675.

[15] 戴丹. 基于改进分水岭算法的粘连颗粒图像分割[J]. 计算机技术与发展,2013,23(3):19-22.

[16] 李希,王天江,周鹏. 一种改进的粘连颗粒图像分割算法[J]. 湖南大学学报:自然科学版,2012,39(12):84-88.

[17] 张国英,邱波,刘冠洲,等. 基于图像的原矿碎石粒度检测与分析系统[J]. 冶金自动化,2013,36(3):63-67.

[18] 辛登科,张玉杰,苏治果. 图像处理在粉末粒度在线检测系统中的应用[J]. 计算机工程与设计,2008,29(13):3509-3512.

### Application of Image Processing Technology in Ore Particle Size Measurement

Shang Mengshi, Jia Ruiqiang, Zhang Hailin

(Faculty of Land Resource Engineering of Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China)

**Abstract:** Ore particle size exerts significant influence on crushing and grinding processes and the routine detection methods takes lots of steps and costs much time. The ore particle size detection system which is based on image processing has the advantage of celerity and accuracy. The article introduced image processing arithmetic in ore particle size measurement. In the actual production process, it has important significance to select proper ore particle size detection methods to improve the skill level of grinding operation and achieve automatic control.

**Keywords:** Ore; Particle size measurement; Image processing; Arithmetic

(上接 20 页)

### Flash Flotation Technology and Application

Zhao Hongming, Dai Huixin

(State Key Laboratory of Complex Nonferrous Metal Resources Clean Utilization, Kunming, Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan, China)

**Abstract:** Flash flotation (also called quick flotation) is the flotation process that concentrates the coarse-sized under the high pulp density. This paper summarizes the basic principle and advantages of flash flotation, and flash flotation cell, and introduces the application of flash flotation technology at home and abroad, pointing out that the flash flotation is an effective method of concentrating valuable minerals, and has the good application prospect.

**Keywords:** Flash flotation; Principle; Flotation cell; Application