微细粒氧化铜矿物难选原因探讨

刘殿文[1,2]，方建军[1]，尚 旭[1]，文书明[1,2]，张文彬[1,2]
（1. 昆明理工大学 国土资源工程学院，云南 昆明 650093；
2. 西部优势矿产资源高效利用教育部工程研究中心，云南 昆明 650093）

摘 要：微细粒嵌布的氧化铜矿物资源越来越多，由于其特殊的性质，非常难选。本文通过对现场统计数据的分析及不同粒级孔雀石纯矿物实验结果的对比，揭示了微细粒氧化铜矿物难选的原因，为微细粒难选氧化铜矿物的选矿回收方法的研究，提供了有益的借鉴。

关键词：微细粒；氧化铜矿；难选原因
中图分类号：TD952 **文献标识码**：B **文章编号**：1004－4051（2009）03－0080－03

Discussion on difficult-to-float reasons in the flotation of fine-particle copper oxide minerals

LIU Dian-wen[1,2], FANG Jian-jun[1], SHANG Xu[1], WEN Shu-ming[1,2], ZHANG Wen-bin[1,2]
(1. Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China; 2. Engineering Research Center of the Ministry of Education for Highly Efficient Utilization of Predominant Mineral Resources in China's Western Region, Kunming 650093, China)

Abstract: Fine-grain disseminated copper oxide minerals are very difficult to float in production due to its special nature. Hallimond tube flotation tests were conducted using malachite pure mineral with different size fractions in order to find out the difficult-to-float reasons. The results obtained showed that the difficult-to-float reason of copper oxide minerals with fine size fraction of-10 microns was due to their tiny particle size coupled with tiny mass.

Key words: fine-grain disseminated; copper oxide minerals; difficult-to-float reason

我国是矿产资源大国，总量丰富，但大多资源禀赋不佳，存在着大量的微细粒矿物资源。这些矿物资源既包括有色金属、黑色金属，又包括了稀有金属。既包括了一次资源，又包括大量的二次资源。云南省东川汤丹氧化铜矿和湖北的铜录山铜矿[1]，都是国内大型铜矿床，储量均超过 100 万 t 铜金属，但由于其嵌布粒度极其微细，迄今仍未得到很好的开发利用。本文采用取自东川汤丹氧化铜矿的孔雀石纯矿物，通过分粒级浮选实验的结果，揭示了微细粒氧化铜矿物难选的原因。

1 现场生产数据分析

对东川汤丹氧化铜矿选矿厂 2000 年与 2001 年处理难选氧化铜矿的生产指标进行统计。图 1 和图 2 分别给出了 2001 年 7 月份汤丹选厂浮选精矿和尾矿的粒级回收率和损失情况。

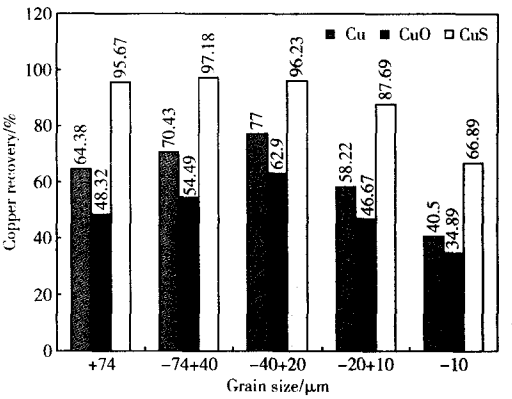


图 1 汤丹选矿厂 2001 年 7 月浮选精矿的粒级回收率

收稿日期：2008－12－15
基金项目：高等学校博士学科点专项科研基金（项目编号：20040674012）；云南省教育厅重点基金项目（项目编号：04Z139D）
作者简介：刘殿文（1973－），男，山东青岛人，博士，昆明理工大学教师，主要研究方向为有色金属矿选矿、资源综合利用。

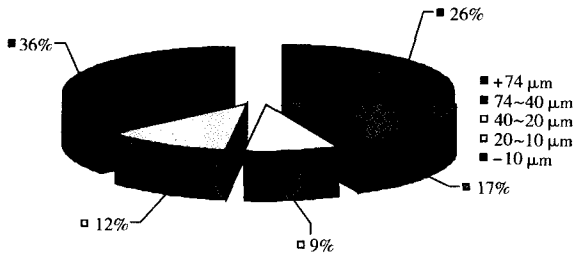


图 2　汤丹选矿厂 2001 年 7 月尾矿中铜的相对损失率

由图 1 可以清晰地看出，浮选精矿中无论是全铜的粒级回收率，还是分相的粒级回收率，都呈现出类似正态分布的情形，即中间高两头低。回收率主要损失在粗粒和细粒部分，这从浮选尾矿中铜金属的损失情况也得到了证实。

由图 2 尾矿中各粒级铜的相对损失率的饼形图亦可清晰的看到：尾矿中金属的损失，主要集中在 $+74\mu m$ 的粗粒级和 $-10\mu m$ 的微细粒级。其中 $+74\mu m$的粗粒级的损失占总损失的 26%，$-10\mu m$ 微细粒级的损失占 36%，两部分的金属损失之和达 62%。

综上所述，对于汤丹难选氧化铜矿，最难选的是 $-10\mu m$ 的微细粒级，其次是 $+74\mu m$ 的粗粒级。

2　实验矿样及药剂

2.1　实验矿样

孔雀石纯矿物取自云南东川汤丹氧化铜矿，富矿块经过手选、磁磨、挑纯后使用。经 XRD 分析显示，试验所用孔雀石与纯孔雀石标准图谱基本一致（见图 3），表明实验用孔雀石的纯度很高。经化学分析孔雀石矿样中铜的含量为 56.60%，纯度为 98.18%。

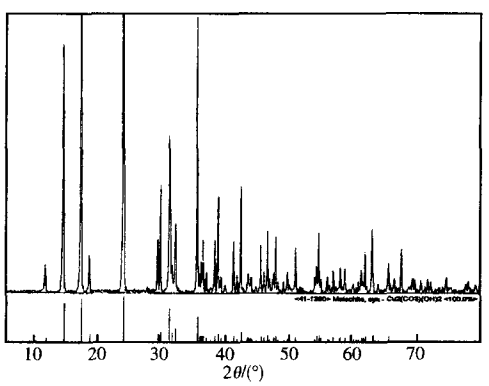


图 3　实验用孔雀石纯矿物样品的 XRD 检测图谱

孔雀石纯矿物沉降分级制成 8 个粒级，分别是 $+74\mu m$、$60\sim74\mu m$、$50\sim60\mu m$、$40\sim50\mu m$、$30\sim40\mu m$、$20\sim30\mu m$、$10\sim20\mu m$ 和 $-10\mu m$ 的微细粒级，对粗粒级矿样用蒸馏水多次清洗后，作为实验研究用矿样。

2.2　实验药剂

硫化剂 $Na_2S\cdot 9H_2O$ 为分析纯，天津化学试剂三厂生产，配制浓度为 5%；活化剂 EDP 为自制的胺的磷酸盐类药剂，产状为白色粉末，配制浓度为 1%；捕收剂丁基黄药采用白银选矿药剂厂生产的工业纯药剂，配制浓度为 1%。

3　实验方法与装置

每次实验用 TG628A 分析天平称取孔雀石试样 0.5g。采用 78HW-1 型恒温磁力搅拌器在烧杯内调浆，然后将调好浆的溶液移入到改进的 Hallimond 管（体积约为 50ml）中进行浮选。浮选所用气体为氮气，充气量为 40～45 ml/min，调浆时间为 4min，浮选时间为 6min，所有试验均在室温的条件下完成。图 4 为 Hallimond 管浮选系统装置图。

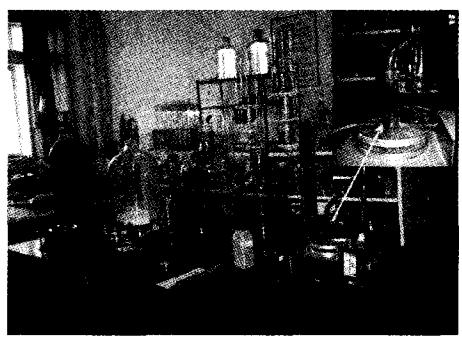


图 4　孔雀石纯矿物浮选装置图

4　实验过程与结果

实验采用粗细不同粒级孔雀石纯矿物，进行分粒级浮选试验。首先通过水析将孔雀石纯矿物分成粗细不同的 8 个粒级，每个粒级各称取 0.5g，在相同的实验装置和药剂条件下进行调浆和浮选。药剂浓度分别为：$Na_2S\cdot 9H_2O$ 1.0×10^{-3} mol/L，EDP 1.0×10^{-3} mol/L，BuX 1.5×10^{-3} mol/L。调浆时间为 4min，浮选时间均为 6min。试验结果见图 5。

从图 5 我们可以看出，在所选粒度范围内，大于 $20\mu m$ 以上所有粒级，回收率均超过了 80%，最易上浮的粒级是 $40\sim50\mu m$，上浮率达到了 97%，而 $-10\mu m$ 的浮选效果最差，上浮率仅为 26.4%，其次是 $10\sim20\mu m$ 的效果较差，上浮率仅为 63%。

由图 5 和图 6 的数据对比可以发现：在相同的浮选条件下，粗细不同粒级的孔雀石表现出不同的

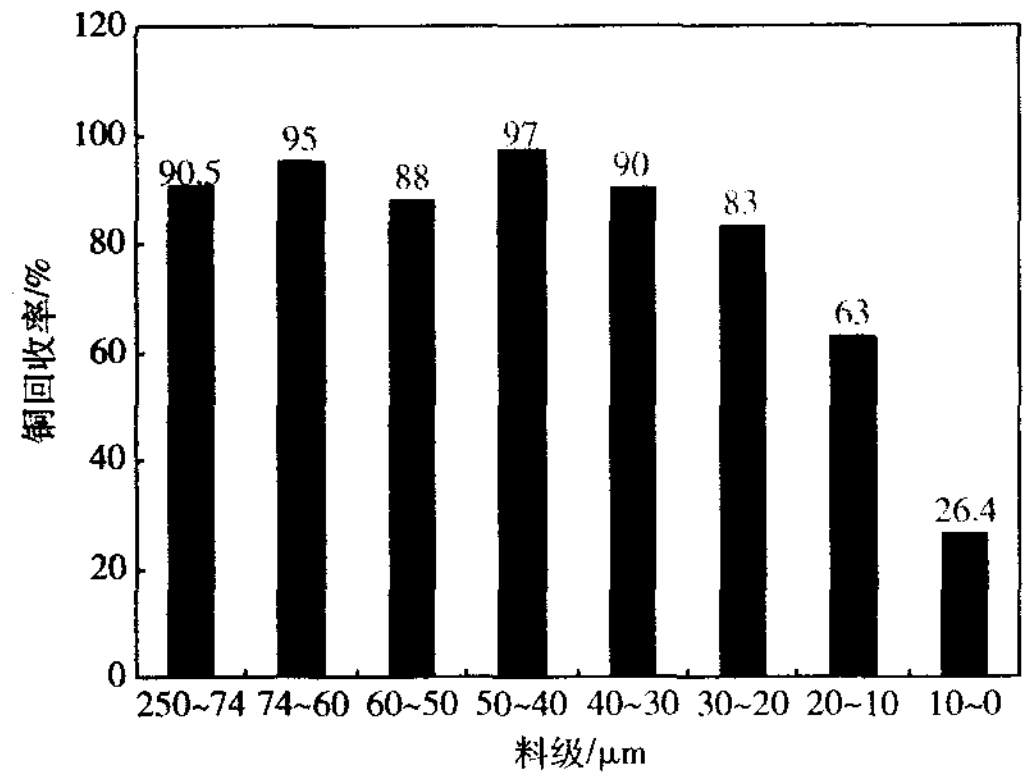


图5 相同条件不同粒级孔雀石上浮率变化

可浮性。最易上浮的粒级为40～50μm，上浮率为97%；最难浮的是－10μm的微细粒级，上浮率仅有26.4%。而－250＋74μm粗粒级的上浮率并不低，达到90.5%，－74＋60μm较粗粒级的回收率更是达到了95%。由此表明，粒度大小只是影响孔雀石上浮的主要原因之一。再把实验结果与生产上的粒级回收率对比可以发现：不同粒级既有与生产上浮选的一致性，也存在不一致性。

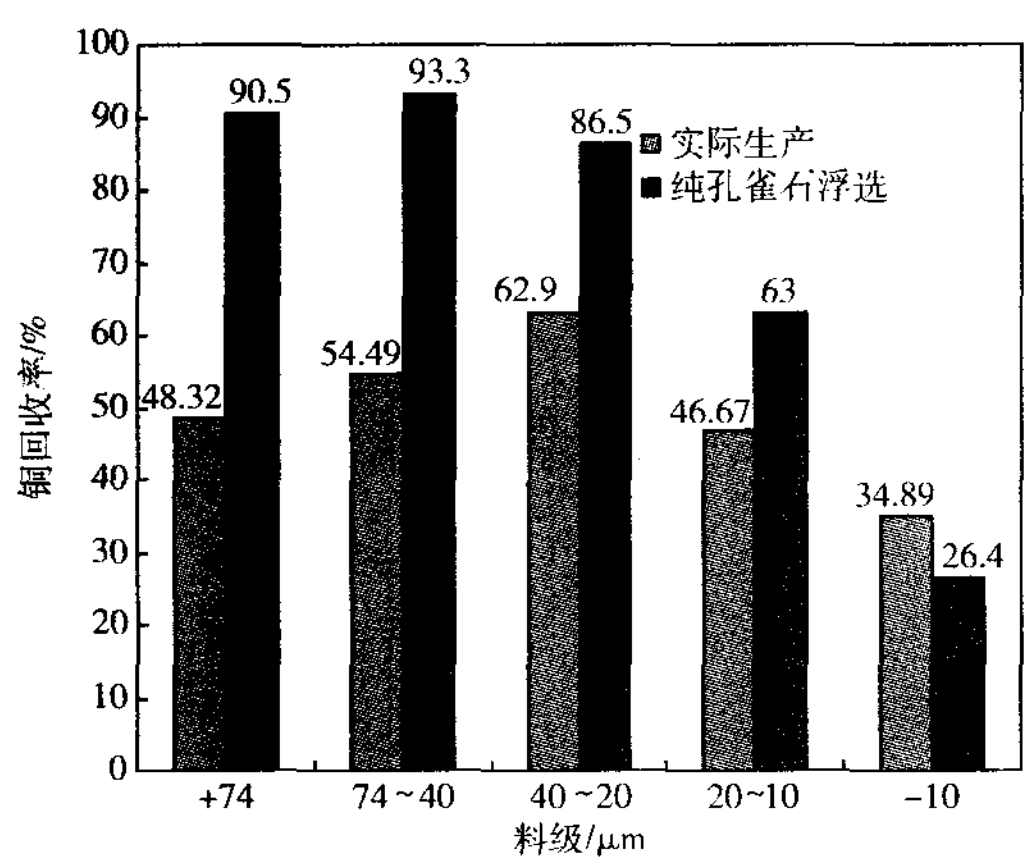


图6 孔雀石纯矿物浮选与实际生产浮选粒级回收率的对比图

－10μm的微细粒级孔雀石的浮选回收率与生产上是一致的，都是回收率非常低。由此说明，－10μm微细粒级氧化铜矿物难于上浮的原因，并不是其本身性质或被杂质污染所致，而是因为粒度太小，质量太轻。从浮选动力学的角度来看，它太微小，以致于无法克服与气泡之间存在的能垒，或者说它没有足够的动能去与汽泡碰撞或者黏附，自然也就无法随气泡上升而上浮。因此，在浮选技术上，对微细粒级氧化铜矿必须采取有效的方法和措施，以保证微细粒级铜矿物的有效回收。

对于＋74μm的粗粒级，实验结果表现出与现场生产的不一致性。生产上的回收率仅有48.32%，而－250＋74μm的粗粒级孔雀石纯矿物的上浮率达到90.5%，－74＋60μm的较粗粒级孔雀石纯矿物的回收率更是达到了95%。由此表明，粗粒级氧化铜矿物在生产上回收率低的主要原因，并不是因为其粒度粗，而是因为没有达到氧化铜矿物的充分单体解离（氧化铜矿物的解离度测定表明只有60%左右），从而以连生体的形式存在，造成其疏水性差，不能有效的黏附住气泡而上浮。另外，也说明现有磨矿细度严重不足，未磨到汤丹氧化铜矿易于浮选的粒级，因而需要进行细磨矿或超细磨矿。

5 结语

（1）粒度大小是影响氧化铜矿物浮选效果的主要原因之一。

（2）微细粒级氧化铜矿物难于上浮的原因是粒度太小，质量太轻，无法克服其与气泡之间存在的能垒，而与汽泡碰撞或者黏附，也就无法随气泡上升而上浮。

（3）粗粒级氧化铜矿物回收率低的主要原因，是没有达到氧化铜矿物的充分单体解离。

（4）为高效回收微细粒级氧化铜矿物，应进行其浮选的新方法的研究。

参考文献

〔1〕 http：//www. cust. com. cn/detail_info. aspx? sid=12434.

＊＊＊

《矿山地质环境保护规定》发布自2009年5月1日起施行

为保护矿山地质环境，减少矿产资源勘查开采活动造成的矿山地质环境破坏，保护人民生命和财产安全，促进矿产资源的合理开发利用和经济社会、资源环境的协调发展，国土资源部部长徐绍史签署第44号部令公布《矿山地质环境保护规定》，并自2009年5月1日起施行。

《规定》要求，应当编制或重新编制矿山地质环境保护与治理恢复方案而未编制的，未按照批准的方案进行治理恢复的，或未在矿山关闭前完成治理恢复的，未按期缴存保证金的，扰乱、阻碍矿山地质环境保护与治理恢复工作的，县级以上国土资源部门有权依法进行处罚。《规定》实施前已建和在建的矿山，采矿权人应当依照本规定编制矿山地质环境保护与治理恢复方案，并缴存保证金。