

硫化矿自诱导浮选的基本行为*

孙水裕 王浣佐 李柏淡

(中南工业大学, 长沙 410083)

摘要 给出了硫化矿(包括黄铜矿、方铅矿、砷黄铁矿和黄铁矿)自诱导浮选行为的基本曲线:上浮率与pH关系,上浮率与E_{pt}关系和可浮电位区与pH关系。探讨了硫化矿物两两自诱导浮选分离的可能性。最后阐述了自诱导浮选的应用前景。

关键词 硫化矿物, 自诱导浮选, 可浮电位区

1 试验方法

试验所用五种硫化矿单矿物的含量及半导体类型见附表。矿物经手工挑选除杂后,用瓷球磨筒磨碎,其中-100+300目粒级的单矿物用于浮选试验。浮选在XFG实验室型挂槽式浮选机中进行,为敞开体系。浮选前用超声波发生器清洗矿物表面。浮选槽容积30ml,给矿2.2g。浮选4分钟。

用一重蒸馏水配制的pH缓冲液作为浮选用水。配制时尽最大可能降低缓冲试剂的用量而又不失缓冲能力,因此缓冲试剂组分的影响可以忽略。缓冲试剂和缓冲pH值的范围如下:

缓冲液pH范围	缓冲试剂
2.0	硝酸
3.6~5.6	醋酸+醋酸钠
8.0~10.0	硝酸铵+氢氧化铵
11.0	氢氧化钠+碳酸氢钠
12.0	0.01mol/L氢氧化钠

用过硫酸铵和连二亚硫酸钠分别调控矿浆电位到氧化值和还原值。矿浆电位(E_{pt})用铂电极-饱和甘汞电极对测定。丁基醚醇作浮选起泡剂,浓度为10~15mg/L。

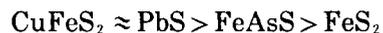
2 浮选试验结果

收稿日期:1992-11-09

* 国家自然科学基金资助项目

2.1 pH的影响

图1和图2表明了CuFeS₂、PbS、FeAsS和FeS₂四种硫化矿物自诱导可浮性与pH的关系,可浮性分别用4分钟内上浮率和前20秒钟内浮选速率常数表示。由图1可知,在pH0~12范围内,黄铜矿和方铅矿均有良好的自诱导可浮性,黄铁矿只有在pH<5的强酸性介质中才有良好的自诱导可浮性,在弱酸性和碱性介质中几乎没有自诱导可浮性。砷黄铁矿的自诱导浮选行为比方铅矿差,较黄铁矿好。四种硫化矿自诱导可浮性顺序为:



附表 硫化矿单矿物含量及半导体类型

矿物名	矿物含量 %	半导体类型	产物
黄铜矿	90.00	n	湘东钨矿
方铅矿	97.16	n	水口山矿
毒砂矿	98.16	p	瑶岗仙矿
黄铁矿	95.24	p	东坡矿
闪锌矿	94.63(2.54%Fe)	导电性很差	水口山矿

由图2可知,按浮选快慢可以把硫化矿分成二组。一组的自诱导浮选速率常数大,包括黄铜矿和方铅矿;另一组的自诱导浮选较慢,包括砷黄铁矿和黄铁矿。

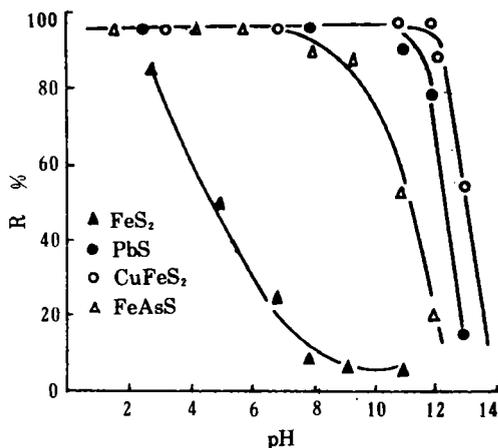


图1 硫化矿的自诱导浮选行为与pH的关系

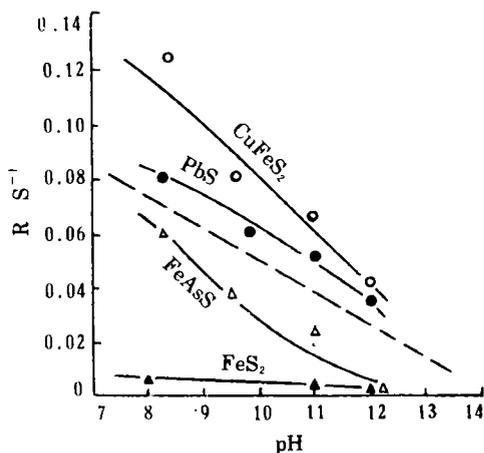


图2 前20秒钟内硫化矿自诱导浮选的速率常数与pH的关系

2.2 矿浆电位(E_{pt})的影响

不同 E_{pt} 下矿浆电位对黄铜矿自诱导浮选的影响见图3。矿浆电位调控着浮选和不浮选，即使是在酸性介质中如 $pH=4.0$ 。浮选需要有一个合适矿浆电位范围，矿浆电位过高或过低，浮选较差。黄铜矿在 $pH0 \sim 12$ 范围内均有良好自诱导浮选电位区间。

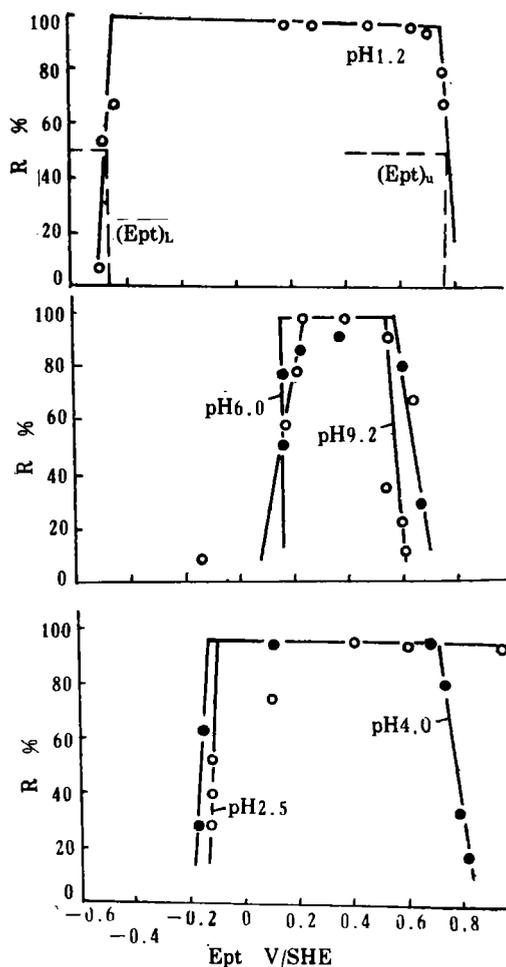


图3 广泛pH范围内矿浆电位(E_{pt})对黄铜矿自诱导浮选的影响

(E_{pt})_L-E_{pt}的下限

(E_{pt})_u-E_{pt}的上限

图4、5和6分别表明了不同pH下矿浆电位对方铅矿、砷黄铁矿和黄铁矿的自诱导浮选的影响。方铅矿的情况同黄铜矿的差不多。砷黄铁矿在碱性介质中浮选电位范围很窄。对于黄铁矿，在碱性介质中调控电位不能实现其自诱导浮选。

2.3 自诱导可浮区与pH的关系

前面的讨论业已清楚，硫化矿自诱导浮选需要有一个合适的矿浆电位范围。本文用

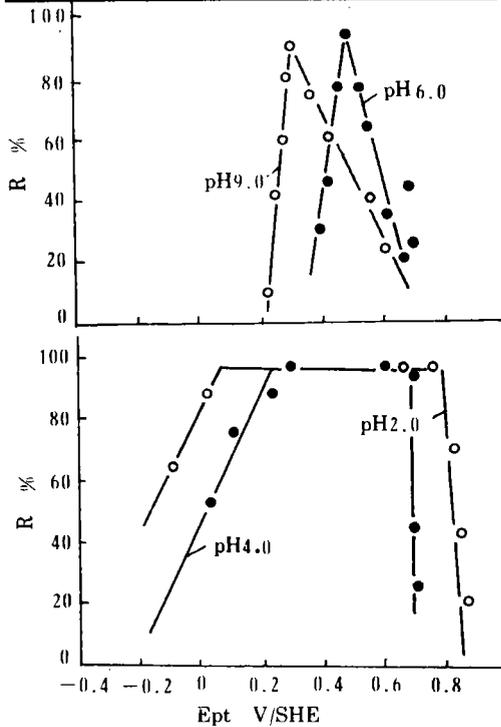


图4 不同pH下方铅矿自诱导浮选行为(R)与矿浆电位(Ept)的关系

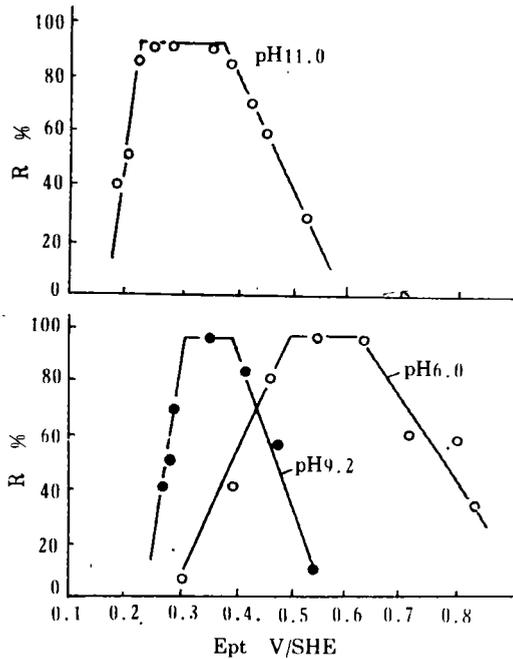


图5 不同pH下砷黄铁矿自诱导浮选行为(R)与矿浆电位(Ept)的关系

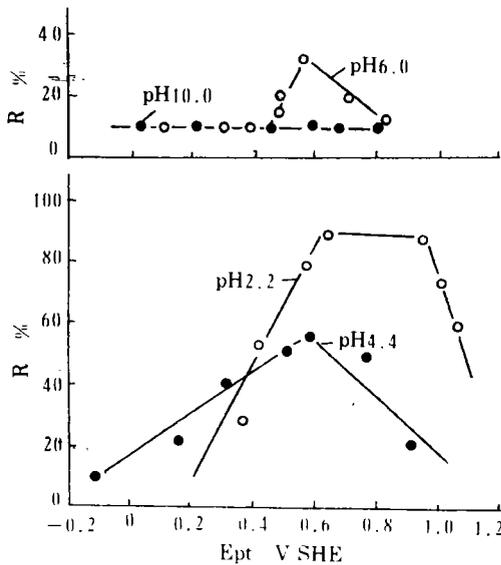


图6 不同pH下黄铁矿的自诱导浮选行为(R)与矿浆电位(Ept)的关系

矿浆电位上限($E_{pt,u}$)和下限($E_{pt,L}$)及上下限差值 $\Delta E_{pt} = (E_{pt,u}) - (E_{pt,L})$ 来描述自诱导浮选的电位范围。某一pH下的($E_{pt,u}$)和($E_{pt,L}$)求法见图3。 $E_{pt} = (E_{pt,u})$ 或($E_{pt,L}$)时,上浮率等于50%; $E_{pt} > (E_{pt,u})$ 或 $E_{pt} < (E_{pt,L})$ 时,上浮率小于50%,可浮性差; $(E_{pt,L}) < E_{pt} < (E_{pt,u})$ 时,上浮率大于50%,浮选好。显然好的浮选对应着低的($E_{pt,L}$),高的($E_{pt,u}$)和大的 ΔE_{pt} 值。

不同pH下的($E_{pt,u}$),($E_{pt,L}$)和 ΔE_{pt} 值是不同的。图7给出了($E_{pt,u}$)与pH和($E_{pt,L}$)与pH的关系。($E_{pt,u}$)与pH和($E_{pt,L}$)与pH之间的区域为自诱导可浮区, ($E_{pt,u}$)与pH关系曲线上侧和($E_{pt,L}$)与pH关系曲线的下侧为不可浮区。由图可知, pH0~12之间,黄铜矿和方铅矿均有较宽自诱导可浮区。对于黄铁矿, pH>5后没有自诱导可浮区,意味着

不能实现自诱导浮选。对于砷黄铁矿, pH0~6之间的自诱导可浮区比较宽, pH>6的可浮区明显变窄, pH≥12后没有可浮区。因此, 方铅矿和黄铜矿这一组硫化矿自诱导

浮选的电位范围和pH范围宽, 砷黄铁矿和毒砂矿这一组硫化矿的电位范围和pH范围窄。

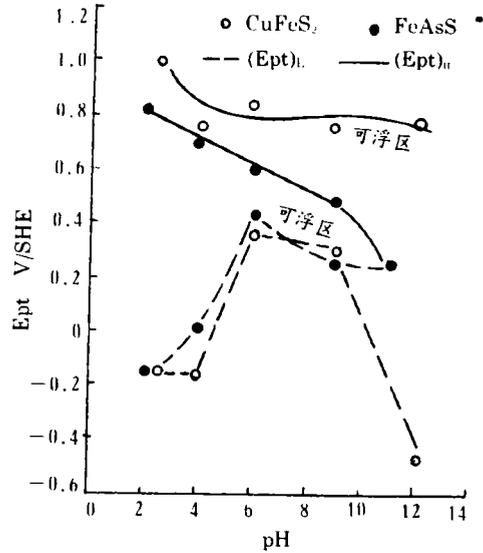
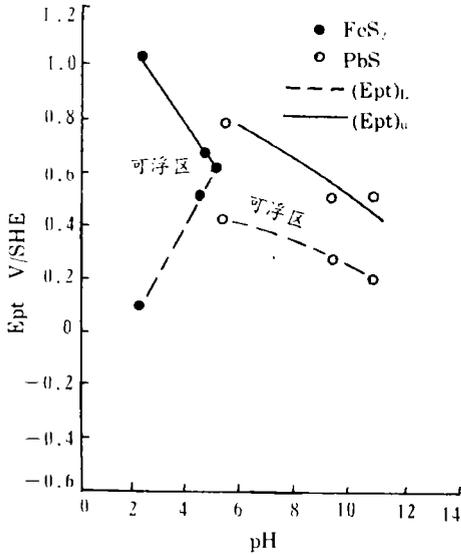


图7 硫化矿自诱导浮选的矿浆电位上限(Ept)_u和下限(Ept)_l与pH的关系

3 自诱导浮选分离方案的设计

业已知道, 硫化矿自诱导浮选受矿浆电位和pH的调控, 不同硫化矿自诱导浮选的可浮电位范围和pH范围不同。这容易导致基于电位控制和pH控制来实现硫化矿物自诱导浮选分离的设想。设计硫化矿物两两自诱导浮选分离方案的基础是图7。当两种矿物自诱导浮选的可浮电位上限之差值大于0.2V时, 可以在高电位下进行这两种矿物的浮选分离, 同理, 当电位下限之差值大于0.2V时, 可以在低电位下进行浮选分离。电位上下限差值越大, 分离程度越高。可能的分离方案有:

pH6~12之间, 可以在高电位下实现CuFeS₂/FeS₂的浮选分离。天然矿石的小型试验证实了这一点。分离指标优于常规捕收剂泡沫浮选。pH9~12之间, 可以在高电位下实现CuFeS₂/FeAsS的浮选分离。天然矿石的小型

试验证实了这一点。分离指标优于常规捕收剂泡沫浮选。pH9~12之间, 可以在高电位下实现CuFeS₂/PbS的浮选分离。pH6~12之间, 可以在高电位下实现PbS/FeS₂的浮选分离。pH6~10之间, 可以在高电位下实现FeAsS/FeS₂的浮选分离。pH11~12之间, 可以在高电位下实现PbS/FeAsS的浮选分离。pH5~12时, 可以在低电位下实现CuFeS₂/FeS₂的浮选分离。pH5~10时, 可以在低电位下实现PbS/FeS₂的浮选分离。pH5~10时, 低电位下可以实现FeAsS/FeS₂的浮选分离。pH9~12时, 低电位下可以实现CuFeS₂/PbS和CuFeS₂/FeAsS的浮选分离。pH11~12时, 低电位下可以实现PbS/FeAsS的分离。

以上列出的仅是一种可能性, 至于能否在天然矿石中实现还有待于证实。但Cu-S和Cu-As的自诱导浮选分离成功是令人鼓舞的。

(下转第28页)

3.2 强化管理

在目前的选矿生产中, 还存在着这样的问题: 淘洗中矿含有单体白砂, 过秤后粗细不分进矿仓; 精选台浮床面的床层过厚; 精选摇床的精矿带发生变化而精矿接板却不曾移动等, 这些都与“精工细作”的要求背道而驰, 必须进一步强化管理。为此建议。

a. 将淘洗中矿的 WO_3 品位考核指标提高1%~1.5%, 并与经济责任制挂钩。

b. 将粗粒钨精矿质量指标分解, 落实到精选1[#]跳汰, 2[#]、3[#]台浮, 4[#]、5[#]摇床各个机台, 改变在精矿质量方面责任不明的吃“大锅饭”现象。

c. 强化技术监督, 严把质量关, 为选矿生产提供准确的质量指标信息。

(上接第32页)

4 自诱导浮选的应用前景

硫化矿自诱导浮选(Self-induced flotation)是70年代末和80年代初才发展起来的一个颇感兴趣的研究课题。它充分考虑了电位调控这个参数对浮选过程的影响, 揭示了在适当氧化电位范围内通过矿物自身氧化导致无捕收剂疏水和浮选的内在规律, 比常规的捕收剂泡沫浮选前进了一大步, 为解决复杂硫化矿的浮选分离提供了一个新的途径。这种新的技术已被用来处理硫化铜矿石, 进行铜-硫和铜-砷分离, 取得了明显的成功, 指标优于常规浮选。我们的初步应用研究表明, 硫化矿石自诱导浮选具有下列优点: a. 浮选和分离的选择性高, 最大程度地避免了黄铁矿和砷黄铁矿的干扰, 彻底解决了捕收剂的无选择性吸附。b. 由于没有使用捕收剂, 不存在着捕收剂用量随矿粒粒度变细而增加的问题, 可以处理细粒矿。

c. 减少了浮选药剂用量, 同时有利于环境的改善。d. 有利于综合回收伴生贵金属(Au, Ag)。

这些优点揭示了硫化矿自诱导浮选的良好应用前景。

5 结 论

a. 硫化矿自诱导浮选需要一个合宜的矿浆电位范围和pH范围。黄铜矿和方铅矿在pH 0~12广泛范围内具有较宽的自诱导可浮区, 可浮性好。黄铁矿和砷黄铁矿的自诱导可浮区窄, 可浮性差。b. 用自诱导浮选新技术进行 $CuFeS_2$ 、 PbS 、 $FeAsS$ 和 FeS_2 的两两分离是可能的。c. 自诱导浮选较常规捕收剂浮选优越, 具有潜在的工业应用前景。

参考文献 略