

# 萃取技术处理低品位铜矿的设计实践总结

昆明有色冶金设计研究院 胡学军 高 亮

**摘 要** 通过对溶剂萃取在铜冶金中的应用介绍,依据半工业实验报告,设计出处理低品位铜矿的萃取流程控制工艺参数和设备大小。

**关键词** 低品位铜矿 萃取 设计实践

## 1 概述

随着金属铜消费量日益增长,铜矿石品位逐渐下降,一些低品位铜矿、浮选尾矿、表外矿,甚至一些废矿坑、难以开采的矿脉都需要处理,用火法冶炼处理这些物料显然不合算,而堆浸、就地浸出等方法越来越受到重视。而溶剂萃取是处理这些低浓度铜浸出液的有效方法。

金属溶剂萃取始于 19 世纪中期,在初期近一百年的时间里,溶剂萃取只在分析化学领域中得到应用,到了 20 世纪 40 年代,出于战争的需要,核燃料工业迅速发展,于 1942 年建成并投产了世界上第一座具有商业性质的溶剂萃取精制铀的工厂,到 1960 年全世界建起了 20 多座萃取工厂,从此溶剂萃取在核燃料工业中得到广泛的应用,后来在稀土元素的分离等方面也取得了很好的工业成效。自 20 世纪 60 年代中期以来,特别是到了 70 年代,出现了下列一些新情况,进一步促进了溶剂萃取技术的发展:

(1) 金属消费量增长,矿石品位下降。

(2) 由于资源开采的需要,一些低品位矿、尾矿、表外矿,甚至一些废矿坑、难以开采的矿脉都需要处理,用火法冶炼处理这些物料显然不合算,而堆浸、就地浸出等方法越来越受到重视。

(3) 环境保护的日益严格。

(4) 必须回收复杂矿石的有用组分,丰富的海洋资源尚待开发,而这些物料常常是单纯火法冶炼不能凑效的。

20 世纪 60 年代末,世界上第一座铜萃取工厂投产,在以后十多年的时间里,世界上许多大型铜萃取工厂相继建成,确立了金属溶剂萃取在铜湿法冶金中的地位。随着溶剂萃取—电解(SX-EW)技术的逐渐兴起,通过矿石浸出生产精铜,目前已占总产量的 13%。1998 年的精炼生产能力为 1622.8 万吨。在 1980 年代和前半个 1990 年代期间,世界上的精炼生产能力平均为 1233.1 万吨。经过其后的 4 年,与过去的 15 年的平均值相比,精炼能力增加了 26%。萃取—电解生产能力增加了 286%,大部分发生在智利。

以上这些充分说明了溶剂萃取是处理这些低浓度铜浸出液的有效方法,溶剂萃取技术在铜冶炼中的应用越来越广泛。

## 2 设计条件

某矿山的矿石铜品位为 1.81%,银为 17~31g/t。矿体由三层组成:上层为页岩矿,占 42%,矿物以黄铜矿为主,次为斑铜矿,叶岩成分以方解石、泥质为主,次为石英。中下层

为砂岩矿，以游离氧化铜、结合氧化铜为主。全矿区铜总氧化率大于 70%。该矿铜的硫化率不高，为了回收矿中的氧化矿和硫化矿，通过试验研究，决定采用先浮选将硫化矿和银选出，浮选尾矿采用搅拌浸出、萃取电积的工艺流程；设计规模：年产 5000t 电积铜。浮选后的尾矿铜品位为 1.27%，采用搅拌浸出后的浸出液铜浓度为 2.5g/l、铁为 3.5g/l，液量为 300m<sup>3</sup>/h，通过萃取使铜浓度富积到电积要求（50g/l 左右），萃余液铜浓度 ≤0.15g/l，反萃用废电解液含铜 35g/l。

### 3 萃取工艺流程

萃取工艺流程如图 1 所示。

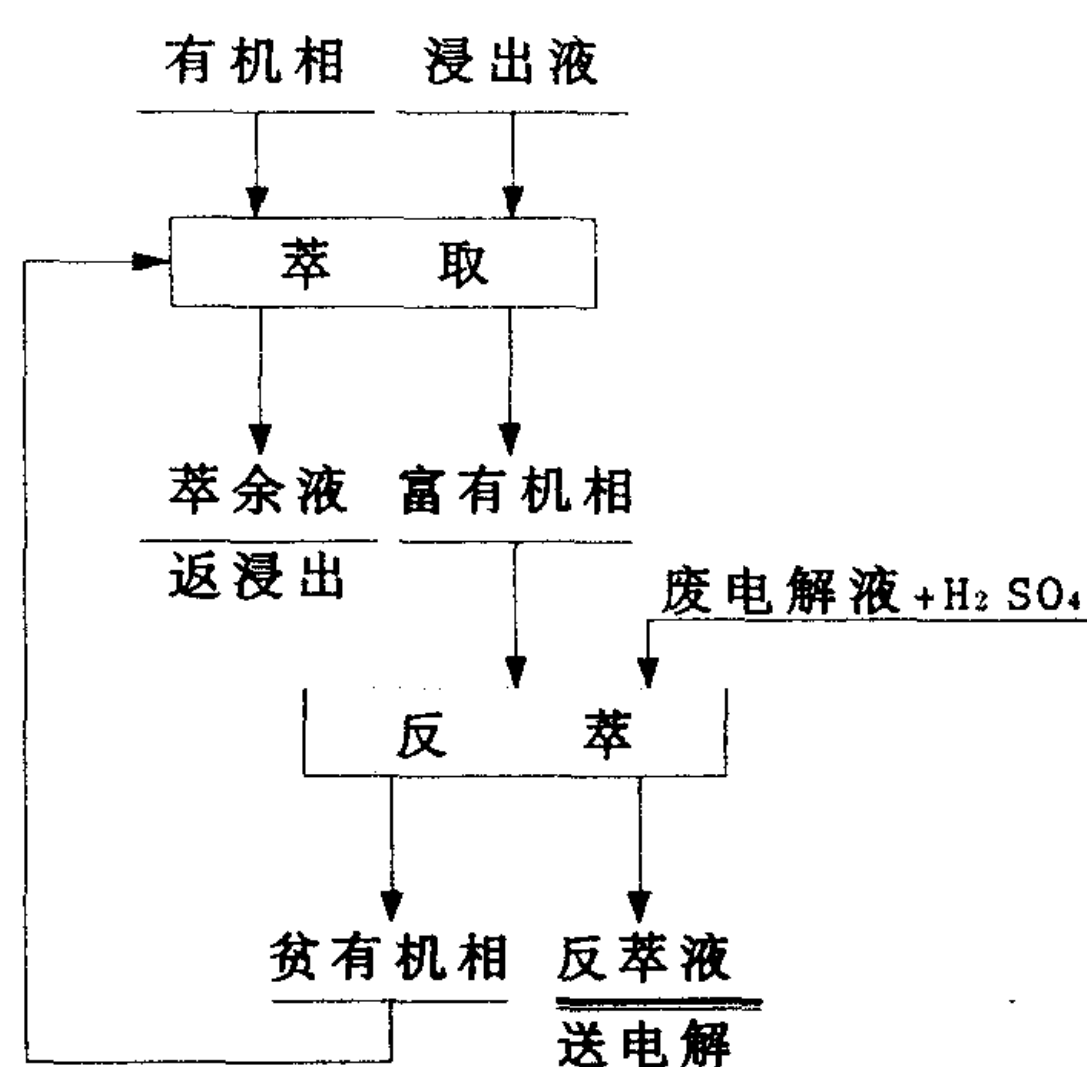


图 1 萃取工艺流程图

### 4 萃取剂的选择

常用工业萃取剂分为四类：一类中性萃取剂；二类碱性萃取剂；三类酸性萃取剂；四类螯合萃取剂。选择萃取剂应考虑以下因素：

- (1) 萃取剂的来源应当充足；
- (2) 萃取剂的价格应相对地便宜；
- (3) 萃取剂在水相中的溶解度应相对地小；
- (4) 萃取剂的稳定性良好，在萃取循环中不发生降解；
- (5) 混合时萃取剂应不与水相生成稳定的乳化物；
- (6) 萃取剂有较大的萃取容量；
- (7) 有良好的动力萃取性能，即萃取平衡速度快。

已用于工业的铜萃取剂主要有 Lix64N、SME529、Lix622、P-5000、P5100、Lix864、Lix984 等。

本项目萃取剂选用已成功用于生产的 Lix984，因其分离速度快、萃取效率高、铜铁分离系数为 2000~2500，对该项目的浸出液具有很好的针对性。稀释剂采用 260 号煤油。10% 的 Lix984 饱和容量为 5.1~5.4g/l，净铜交换容量 ≥2.7g/l，萃取平衡点 ≥4.4g/l，萃取速度 30s，萃取分相 ≤70s，反萃液酸度 150~160g/l，反萃速度 30s，反萃分相 ≤80s。

萃取相比:  $O/A = (2.5 - 0.15) / 2.7 = 0.87$ ;

萃取级数: 根据半工业试验取 2 级;

反萃相比:  $O/A = (50 - 35) / 2.7 = 5.6$ ;

反萃级数: 根据半工业试验取 1 级;

混合停留时间取 3min。

## 5 萃取设备的选型计算

萃取设备为萃取过程中实现两相接触与分离的装置。工业萃取设备按照作业特点分为微分萃取器和级式萃取器,前者是轻、重两相相向流动,在塔体内连续接触平衡,喷淋塔和填料塔即属于此类,级式萃取器的典型设备是混合澄清器,它是两相在同一个容器(混合室)内混合平衡,随后在另一个容器(澄清室)内进行分相,两相分别相向流入下一个混合澄清级再接触平衡、分相。现在工业应用较多的萃取设备为混合澄清器。混合-澄清槽问世最早,混合-澄清槽有以下优点:

- (1) 处理量大,级效率高。
- (2) 结构简单,容易放大和操作。
- (3) 两相流量比范围大,运转稳定可靠,易于开、停工。对物系适应性好,对含有少量悬浮固体的物料也能处理。

(4) 易实现多级连续操作,便于调节级数。装置不需要高大厂房和复杂的辅助设备。

混合-澄清槽有以下缺点:

- (1) 一般混合-澄清槽占地大,溶剂储量大。
- (2) 由于需要动力搅拌装置和级间的物流输送设备,因此设备费和操作费较高。

影响萃取操作的因素很多,如物系性质,操作条件和设备结构。针对某一物系,在一定的操作条件下,选择适宜的萃取设备以满足生产要求是十分必要的。选择萃取设备的考虑因素如下:

- (1) 稳定性及停留时间。
- (2) 所需理论级数。
- (3) 物系的分散与凝聚特性。
- (4) 生产能力。
- (5) 防腐蚀及防污染要求。
- (6) 建筑物场地要求。

综合考虑了以上因素,再结合生产实践,本项目萃取设备选用已成功用于生产实践的混合澄清萃取箱。其示意图见图 1。

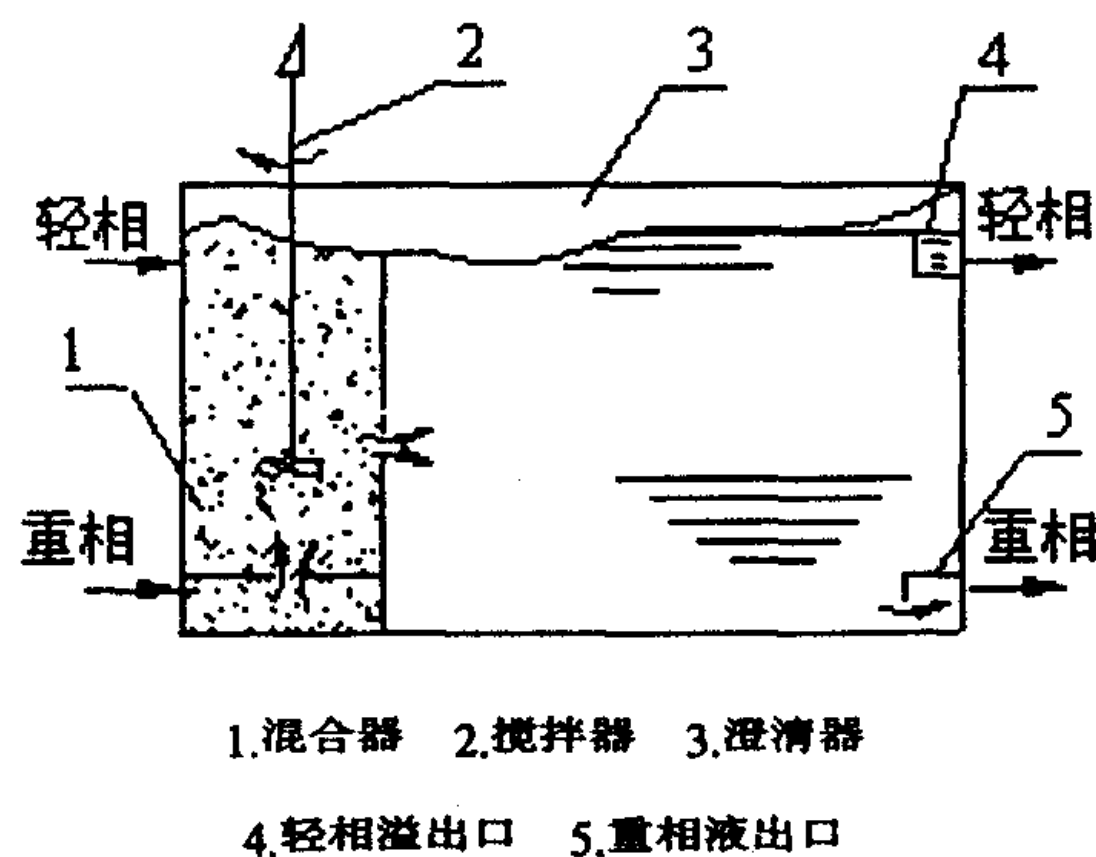


图 1 混合澄清器

下面通过计算确定萃取箱的尺寸,以单级计算为基础。

### (1) 混合室有效容积

$$V_{\text{有效}} = Qt / 60 = (300 + 300 \times 0.87) \times 3 / 60 = 28.05 \text{ m}^3$$

式中:  $V_{\text{有效}}$ —混合室的有效容积,  $\text{m}^3$ ;

$Q$ —两相料液总流量,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$t$ —混合时间, 3min。

### (2) 混合室尺寸

选用方形混合室，两相料液由槽底导流管导入（图3），则混合室尺寸可按下式计算：

$$B=C=H_0=\sqrt[3]{V_{\text{有效}}}=\sqrt[3]{28.05}=3.04\text{m}$$

式中：B、C、H<sub>0</sub>—分别为混合室的长、宽、高的有效尺寸，m。

混合室实际高度H取1.25H<sub>0</sub>。

即：H=1.25H<sub>0</sub>=1.25×3.04=3.8m。

### (3) 澄清室尺寸

$$\text{澄清室面积按下式计算：} S=\frac{Q}{R}=\frac{300+300\times 0.87}{5.1}=110\text{m}^2$$

式中：S—澄清室面积，m<sup>2</sup>；

R—澄清速率，m<sup>3</sup>/（m<sup>2</sup>·h）；

澄清室选用矩形，则澄清室的长、宽为

$$L=W=\sqrt{S}=\sqrt{110}=10.49\text{m}$$

式中：L、W为澄清室的长、宽。

澄清室深度，采用浅池式澄清室，即澄清室深度比混合室深度要小，以减少澄清室内不必要的有机相占用量。根据经验数据和生产实践选用混合室的有效深度为900mm，实际高度为1200mm。

### (4) 搅拌器尺寸和搅拌功率

搅拌器采用涡轮搅拌器，涡轮采用6个叶片，即Z=6。

涡轮直径：D=B/3=3.04/3=1.01m

叶片宽度：B<sub>1</sub>=0.16×D=0.16×1.01=0.16m

叶片长度：L=0.25D=0.25×1.01=0.25m

搅拌功率：萃取体系的单位容积输入功率为0.8~1kW/m<sup>3</sup>，则搅拌功率为27kW，选用30kW的6级调速电机。

反萃取箱的计算方法同上。

萃取、反萃取箱体的主要尺寸列入表1。

表1 萃取箱、反萃取箱的主要尺寸

项目名称	萃取箱	反萃取箱
级数	2	1
混合室尺寸 m	3.04×3.04×3.8	2.49×1.49×3.11
澄清室尺寸 m	10.49×10.49×1.2	7.77×7.77×1.2
搅拌涡轮直径 m	1.01	0.83
涡轮叶片尺寸 m	0.16×0.25	0.13×0.21
澄清速率 m <sup>3</sup> /（m <sup>2</sup> ·h）	5.1	5.1
搅拌电机功率 kW	30	18.5

## 6 结语

（1）通过以上设计实践，溶剂萃取法提取含铜溶液中的铜具有高效率、自动化、能耗

低的优点,并易于操作。

(2) 主要技术经济指标:湿法炼铜生产成本约 6000—8000 元/tCu;投资在 8000—10000 元/tCu;建设周期为 0.5—2 年;铜的回收率和酸耗取决于矿石品位和性质。萃取工序铜回收率为 99.5%,Lix984 消耗为 3~4kg/tCu。

(3) 技术应用范围。该技术可适用于难选低品位氧化铜矿、氧化—硫化混合矿、低品位硫化矿、含铜废石及废水、冶炼炉渣及老尾矿等,在高海拔和寒冷地区也可应用。该技术不但扩大了铜资源的利用范围,而且有很好的经济效益和社会效益。规模可大可小,无环境污染。

### 参考文献

- [1] 杨倬庸,等。湿法冶金丛书《萃取》,冶金工业出版社,1995 年 6 月版。
- [2] 重有色金属冶炼设计手册:铜镍卷/北京、昆明等有色金属冶金设计研究总院编,1996 年 10 月第一版。