



复合絮凝剂在氧化铜矿选矿废水回用中的应用

董艳红¹, 陈代雄¹, 周玉才¹, 胡波^{1,2}, 肖骏¹

(1. 湖南有色金属研究院, 湖南 长沙 410100;

2. 武汉科技大学资源与环境工程学院, 湖北 武汉 430081)

摘要: 选矿废水排放量大, 环境污染严重, 因此实现选矿废水回用意义重大。本文根据氧化铜选矿废水性质, 考查了絮凝剂种类对沉降指标的影响, 试验结果表明, 复合絮凝剂 XS-1 (主要成分为 PAC 和 PAM) 效果最佳; 沉降试验结果显示当复合絮凝剂用量为 2 mL 时, 废水沉降速度最快, 固体悬浮物含量从 1629 mg/L 大幅降至 168 mg/L, COD 和重金属离子浓度也有所降低; 废水回用试验结果表明, 采用 XS-1 处理后选矿废水回用对氧化铜选矿指标几乎没有影响。

关键词: 氧化铜废水; 絮凝剂; 废水回用; 沉降

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2017.01.019

中图分类号: TD952 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532(2017)01-0085-04

矿山废水排放量大, 水中往往含有重金属离子、固体悬浮物和 COD 等, 直接排放易对选矿厂周边环境造成巨大的影响。如何有效地处理选矿废水是各个矿山长期以来亟待解决的重大问题^[1-2], 也是选矿工艺过程中必须考虑解决的技术难题。

从国内外选矿废水的净化与资源化利用现状来看^[3-6], 单纯的对选矿废水进行处理使之达标排放, 不仅处理技术难度大, 而且处理成本非常高^[7]。针对选矿废水的特殊性, 根据选矿工艺用水的需求, 对选矿废水进行简单处理, 然后回用, 不仅可以减少废水处理费用, 节约新水和药剂的用量, 而且可以减轻对环境的污染, 从而实现技术可行性、经济合理性和安全环保可靠性的合理统一, 这必将成为选矿废水净化与资源化利用的发展方向。

氧化铜选矿废水多含有泥质, 残余药剂和部分重金属离子等有害物质, 其中矿泥具有质量小、比表

面积大等特点, 容易附着在矿物表面形成矿泥覆盖。矿泥具有较大的表面能和较强的药剂吸附能力, 致使浮选过程中浮选捕收剂的吸附选择性变差, 细泥与泡沫接触使粘附效率降低, 浮选过程往往消耗大量的选矿药剂也难以保证有用金属的回收和富集比, 因此, 对废水中泥质的处理是氧化铜选矿废水处理的一个重点, 也是实现氧化铜选矿废水回用的关键。此外, 废水中还含有一定量的残余药剂, 在废水回用过程中, 则可降低相关药剂的用量, 还可降低选矿药剂成本。

综上所述, 泥质的处理是氧化铜选矿废水处理回用的关键难题, 也是本研究的重点所在。

1 氧化铜选矿废水成分分析

选矿废水是西藏某氧化铜选矿闭路试验得到的精矿水和尾矿水。水质分析结果见表 1。

表 1 氧化铜选矿废水水质分析结果

Table 1 Water quality analysis results of copper oxide wastewater

项目	pH 值	Na	Ca	Mg	S ²⁻	Cu	Co	Pb	Zn	SS	COD
含量/(mg·L ⁻¹)	8.90	5.00	24.00	12.00	2.20	1.20	0.20	0.20	0.14	1629.00	260.00

由分析结果可知, 氧化铜选矿废水中含有大量的固体悬浮物, 导致水质浑浊, 同时, 废水中的 COD

含量也较高, 说明含有大量的有机物, 主要是浮选过程中残留的捕收剂。另外还含有少量的 Cu、Co、Pb、

收稿日期: 2015-01-22

作者简介: 董艳红(1986-), 女, 工程师, 研究生, 有色金属选矿。

Zn 等重金属离子。因此,废水处理的重点在于固体悬浮物的高效沉降分离。

2 试验试剂和试验方法

试剂:复合絮凝剂 XS-1、PAM、氧化钙、硫酸铝、聚铁,所有药品均为分析纯,复合絮凝剂 XS-1 以 PAC 和 PAM 为主要原料配制而成。

絮凝沉降试验方法:取容量为 1 L 的透明玻璃量筒数只,洗净晾干,在量筒外壁粘贴坐标纸,往 1 L 的选矿废水中添加絮凝剂,搅拌 10 min,注入贴好坐标纸的量筒中,然后静置于桌面,观察并记录不同时间段上层澄清液高度,绘制沉降曲线。

废水回用试验方法:废水回用试验以闭路形式进行,首先进行清水的闭路试验获得选矿废水,然后采用选定的处理工艺对选矿废水进行处理,处理后的废水进行闭路试验,获得的选矿废水再进行处理,回用,如此循环 6 次,获得废水回用试验结果。

3 结果与讨论

3.1 不同絮凝剂对废水沉降时间以及 SS 去除率的影响

分别取 5 份 1000 mL 的选矿废水,各加入 10 mg 的 PAC、2 mL PAM(2.5%)、10 mg 聚铁、10 mg 氧化钙、2 mL 的复合絮凝剂(主要成分为:PAC 和 PAM,浓度:2.5%),搅拌 10 min,静置记录不同时刻澄清层的高度。试验结果见图 1。

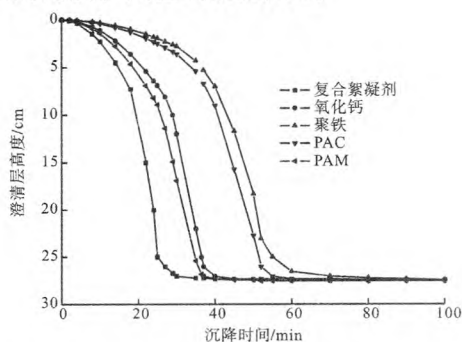


图 1 不同絮凝剂作用时,氧化铜选矿废水沉降曲线

Fig. 1 settlement curve of copper oxide wastewater

不同絮凝剂的沉降曲线表明,在不同絮凝剂作用下,废水的沉降时间由 30 ~ 70 min 不等。其中复合絮凝剂对选矿废水的沉降作用最为明显,30 min 即可澄清;聚铁的作用最弱,比较几种絮凝剂对废水

的沉降作用的强弱顺序为:XS-1 > PAC > 氧化钙 > PAC > 聚铁。

选矿废水中主要杂质为固体悬浮物,回用过程中,固体悬浮物也是影响浮选指标的主要因素,因此考查了几种絮凝剂对 SS 去除率的影响,结果见图 2。试验结果可以看出,PAC 和复合絮凝剂 XS-1 对 SS 的去除率较高,分别为 90.06% 和 89.69%;其次为聚铁、氧化钙,PAM 对 SS 的去除率较低,为 81.58%。

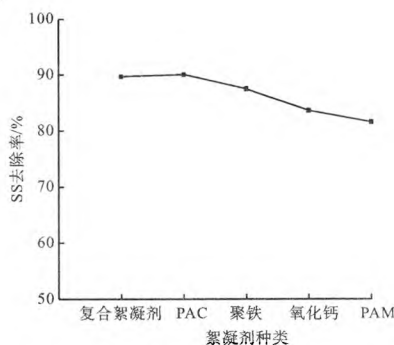


图 2 絮凝剂种类对 SS 去除率的影响

Fig. 2 Influence of different flocculants on the removal rate of SS

结合图 1、2 可知,以 PAM 为絮凝剂处理废水,沉降速度快,但 SS 去除率较差,PAC 的 SS 去除率高,但沉降时间较长;而 XS-1 不但对 SS 去除率高,而且沉降速度快,适宜为氧化铜选矿废水的絮凝剂。

复合絮凝剂 XS-1 的主要成分为 PAC 和 PAM。研究表明^[8-9],PAC 添加到废水中,可以和水分子作用,靠氢键结合,形成大的立体网状结构,然后依靠网状结构来捕获废水中的各种成分,达到净水的目的。PAM 的作用^[10]则是在絮凝过程中,通过主链上有大量的侧基—酰胺基以氢键作用和范德华力与分散在溶液中的悬浮粒子发生吸附,吸附在颗粒表面上的高分子长链可能同时吸附在另一个颗粒的表面上,通过“桥联”方式将两个或更多的微粒联在一起,从而导致絮凝。架桥的必要条件是颗粒上存在空白表面,如果溶液中的高分子浓度很大,颗粒表面已完全被所吸附的高分子所覆盖,则颗粒不再会通过架桥而絮凝,此时高分子起的是保护作用。所以,絮凝试验中,高分子的加入量存在一个最佳值,超过此值时,絮凝效果变差。

3.2 pH 值对沉降时间的影响

选定 XS-1 为絮凝剂,考查了 pH 值对废水沉降时间和 SS 去除率的影响,试验结果见图 3。由图 3

可知,在添加 XS-1 的条件下,pH 值对沉降时间和 SS 去除率影响不大,为了简化废水处理工艺,废水处理过程中不调节 pH 值。

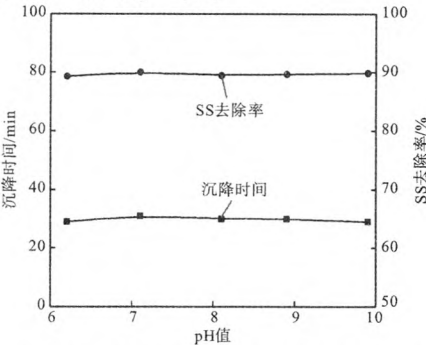


图 3 pH 值对沉降时间和 SS 去除率的影响
Fig. 3 Influence of pH value on the settle time and SS removal rate

3.3 复合絮凝剂用量对废水沉降的影响

取 4 份 1000 mL 选矿废水,加入不同用量的复合絮凝剂(2.5%)搅拌 10 min 后转移入沉降管中,记录不同时刻澄清层的高度。试验结果见图 4。

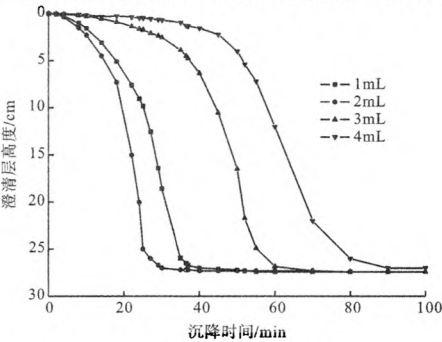


图 4 XS-1 用量对氧化铜选矿废水沉降曲线
Fig. 4 Settlement curve of copper oxide wastewater under the different XS-1 dosage

试验结果显示,XS-1 对废水具有良好的沉降作用,当复合絮凝剂用量为 2 mL 时,效果最好,约 30 min 即可完全沉降,增加用量或者降低用量,沉降速度均有所降低。

3.4 复合絮凝剂用量对废水回用的影响

为了考查复合絮凝剂添加对的选矿废水回用的影响,进行了不同絮凝剂用量对废水回用试验指标的影响试验。试验过程中,废水添加不同用量的复合絮凝剂搅拌 10 min,之后沉降 30 min 后回用,废水回用工艺流程见图 5,试验指标见图 6。

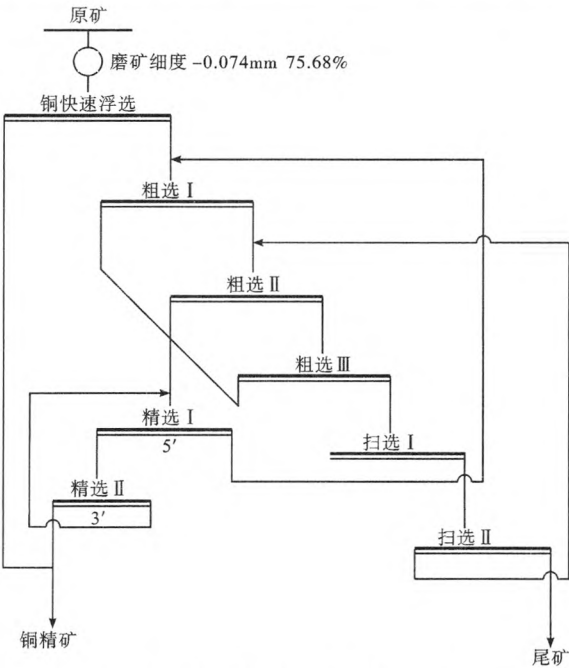


图 5 氧化铜选矿工艺流程
Fig. 5 Flowsheet of copper oxide beneficiation

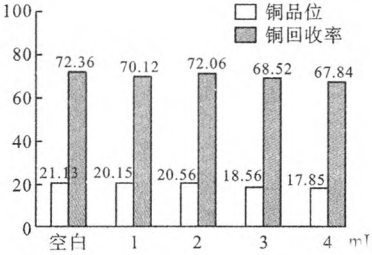


图 6 XS-1 用量对废水回用指标的影响
Fig. 6 Influence of XS-1 dosage on the wastewater reusing index

从图 6 可以看出,采用清水进行的闭路试验可以获得铜精矿含铜 21.13%,铜回收率为 72.36%;采用复合絮凝剂处理过的废水进行试验,当复合絮凝剂用量为 2 mL 时,铜的品位为 20.56%,回收率为 72.06%;在其他用量条件下,铜的品位和回收率会受到不同程度的影响。结合废水沉降试验结果,选取絮凝剂用量为 2 mL。

3.5 选矿废水循环回用试验结果

取 100 0ml 的选矿废水,加入 2 mL 复合絮凝剂(2.5%),搅拌 10 min,转速 120 r/min,然后静置 40 min,取上层清液进行水质分析,分析结果见表 2。

表 2 处理水水质分析结果

Table 2 water quality analysis results of treating water

项目	pH 值	Na	Ca	Mg	S ²⁻	Cu	Co	Pb	Zn	SS	COD
含量/(mg · L ⁻¹)	8.40	0.50	2.50	1.30	0.40	0.30	0.02	0.08	0.09	168.00	82.00

比较表 1 和表 2 可知,废水絮凝沉降后,固体悬浮物含量大幅降低,由 1629 mg/L 降至 168 mg/L, COD 含量也由 260 mg/L 降至 82 mg/L,废水中 Cu、Pb 等重金属离子含量有所降低。

采用复合絮凝剂对选矿废水进行处理,回用,循环 6 次,试验结果见表 3。从试验结果可知,废水处理后回用,循环六次对试验指标几乎没有影响。

表 3 废水循环回选矿指标

Table 3 Ore dressing index by treating water recycling

产品名称	产率/%	Cu 品位/%Cu	回收率/%	循环次数
铜精矿	10.53	21.13	72.36	清水
尾矿	89.47	0.95	27.64	
原矿	100.00	3.07	100.00	
铜精矿	10.75	20.56	72.06	1
尾矿	89.25	0.96	27.94	
原矿	100.00	3.07	100.00	
铜精矿	10.54	20.87	72.34	2
尾矿	89.46	0.94	27.66	
原矿	100.00	3.04	100.00	
铜精矿	10.13	22.04	72.13	3
尾矿	89.87	0.96	27.87	
原矿	100.00	3.10	100.00	
铜精矿	10.34	21.45	72.46	4
尾矿	89.66	0.94	27.54	
原矿	100.00	3.06	100.00	
铜精矿	9.93	22.02	71.45	5
尾矿	90.07	0.97	28.55	
原矿	100.00	3.06	100.00	
铜精矿	10.13	21.76	72.09	6
尾矿	89.87	0.95	27.91	
原矿	100.00	3.06	100.00	

4 结 论

(1)通过不同絮凝剂沉降试验和废水回用试验

研究,发现复合絮凝剂 XS-1 对氧化铜选矿废水作用最好,沉降速度最快,沉降处理后的废水,固体悬浮物含量大幅降低。

(2)当复合絮凝剂用量为 2 mL(浓度为 2.5%)时,废水回用对选矿指标几乎没有影响。处理水循环回用 6 次,选矿指标与清水试验相当。废水处理再回用工艺不仅节约了试验用水,降低了生产成本,而且有效避免了选矿废水外排造成的环境污染。

参考文献:

- [1]李洪枚.选矿废水处理回用方法与工程应用[J].湿法冶金,2015,34(6):439-443.
- [2]吕晓兵,张家会.回水对选矿过程影响的研究[J].江西冶金,2001,21(2):39-41.
- [3]Ikumapayi F. Flotation chemistry of complex sulphide ores: Recycling of process water and flotation selectivity [D]. Lulea: Lulea University of technology, 2010.
- [4]张艳,戴晶平.凡口铅锌矿选矿废水资源化研究与应用[J].有色金属:选矿部分,2007,(6):33-36.
- [5]田春友,邓明晖,王铎泰,等.白钨矿选矿废水循环利用研究[J].湿法冶金,2015,34(3):253-255.
- [6]刘绪光,吉恩.铜镍选厂选矿废水循环利用生产实践[J].矿产保护与利用,2009(3):55-58.
- [7]洪建军,罗建中,陈敏,等.清洁生产技术在选矿废水净化处理中的应用[J].矿业安全与环保,2004,31(2):33-35.
- [8]侯海山,韩金土. PAC 聚合及净水机理浅析[J].信阳师范学院学报:自然科学版,1991,4(2):181-183.
- [9]陈立丰,李明俊,万诗贵,等. PAC、PAM 复合絮凝剂处理不同浊度水的动力学和机理研究[J].南昌航空工业学院学报,1996(2):1-9.
- [10]胡波,陈代雄,薛伟.某氧化铜钴矿选矿废水处理与回用试验研究[J].湖南有色金属,2010,26(3):46-49.

Application of Combined Flocculants on the Reutilization of Copper Oxide Ore Dressing Wastewater

Dong Yanhong¹, Chen Daixion¹, Zhou Yucai¹, Hu Bo^{1,2}, Xiao Jun¹

(1. Hunan Research Institute for Non-ferrous Metals, Changsha, Hunan, China;

2. Wuhan University of Science and Technology, School of Resource and Environmental Engineering, Wuhan, hubei, China)

Abstract: As the propertied of the large quantity and severe environment pollution, it is particularly significant to re-ality the Reutilization of ore dressing wastewater. According to the properties of copper oxide wastewater, the test to study the influence of different kinds of flocculants on the sedimentation index has been conducted. The results showd that the combined flocculants XS-1 performance the best settleability to the wastewater, and when the dosage is 2ml, the settling velocity is the fast and the suspended solids content reduced from 1629 mg/L to 168 mg/L, as well as the content of COD and heavy metal ions. Test results of wastewater reusing tests indicated that it had no effect on the copper ore dressing index by using the water treated by XS-1.

Keywords: Wastewater of copper oxide; Flocculant; Wastewater reusing; Sedimentation