絮凝剂在降低选矿尾矿水中悬浮物含量的应用*

刘文丽,邹冬雪,张 荣,马智慧

(包头钢铁(集团)有限责任公司宝山矿业公司,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 选矿生产循环用水中悬浮物含量较高,需要加药处理。通过试验,筛选出合适药剂,并确定了加药量、加药方式等运行参数,经应用后,处理水悬浮物含量最低降至130 mg/L以下,水质得到极大改善,满足生产用水要求。

关键词: 选矿废水; 混凝沉降; 悬浮物含量

中图分类号: TD926.4 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009-5438(2021)04-0013-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2021.04.004

Application of Flocculant in Reducing Suspended Matter Content in Tailings Recycling Water of Beneficiation

Liu Wen-li, Zou Dong-xue, Zhang Rong, Ma Zhi-hui

(*Baoshan Mining Co. of Baotou Iron & Steel (Group) Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The suspended matter content in the circulating water of beneficiation production is high, so it needs to be treated by adding reagents. The suitable reagents are selected as well as such operation parameters as the dosage and way of adding reagents are determined through experiments. After the applications, the minimum suspended matter content of treating water is reduced to below 130 mg/L so that the water quality is greatly improved to meet the requirements of production water supply.

Key words: beneficiation wastewater; coagulation sedimentation; suspended matter content

白云鄂博氧化矿资源综合利用原设计机械加速澄清池为整个厂区生产工艺中浓缩大井溢流水的主要处理装置,设计进水悬浮物含量不大于5 000 mg/L,出水悬浮物含量不大于50 mg/L,实际由于矿石性质的波动、磨矿粒度细、机械次生矿泥大、选别过程加入的浮选药剂(如水玻璃、起泡剂)等的影响,进水悬浮物含量基本在30 000~50 000 mg/L。细泥含量高使机械加速澄清池频繁存在着搅拌机报警、刮泥机压耙、伞板掉落等问题,底流排泥泵无法实现间隔排泥。排泥泵一经启动后必须连续运行,通过管道将大量沉积细泥排入一次浓缩。由于细泥体积小、质量轻,沉降速度缓慢,绝大部分未经沉降,又随着溢流水进入循环水系统,水质急剧恶化,严重影响浮选指标,污染精矿产品,生产循环用水中悬浮物含量曾一度达到90 000 mg/L,影响生产,需要解决。

1 实验室试验

1.1 试验目的

为解决水质恶化问题对生产的影响,实验室进行小型烧杯试验,从药剂种类、加药顺序、加药方式、加药量等方面确定出最佳药剂制度,为工业应用提

* **收稿日期**: 2021-01-20

作者简介: 刘文丽(1983-),女,内蒙古呼和浩特市人,硕士,工程师,现从事选矿技术工作。

供指导。

1.2 试验条件

尾矿矿浆: 每次试验取 1 000 mL,浓度 9% ~ 10%。

试验药剂: (1) 聚合硫酸铁原液(PFS) (用针管滴加),聚合硫酸铁 5 滴为 0.25 mL; (2) 配制聚丙烯酰胺(PAM),浓度为 0.3%。

试验温度: 常温试验。

试验器具: 2 000 mL 高脚型刻度量筒、玻璃搅拌棒、针管、秒表等。

1.3 试验内容

1.3.1 混凝沉降原理

混凝沉淀法操作简单,沉降快,其基本原理是利用无机絮凝剂的静电中和特性、界面官能团吸附压缩悬浮物双电层,降低表面电位、胶体脱稳的方式起到团聚颗粒的作用,再通过架桥方式增大悬浮物的团聚粒径; 利用高分子有机絮凝剂长链结构、多官能团、强吸附能力和高聚合作用产生架桥效应,形成粗大的絮凝团,形成大颗粒絮凝团实现固液分离[1-2]。

1.3.2 加药种类试验

(1) 助凝剂加药种类试验

聚合氯化铝、聚合硫酸铝、聚合硫酸铁粉末、液态聚合硫酸铁均配制成 10% 浓度溶液,助凝剂加入相同药剂量,搅拌 10 s,聚丙烯酰胺(PAM) 加入 0.045 mg/L,搅拌 20 s,对比助凝效果。试验数据见表 1。

表 1 助凝剂加药种类试验

序号	药剂名称	加入量/(mg·L^{-1})	效果
1	聚合氯化铝	0.2	沉降缓慢,上清液浑浊。
2	聚合硫酸铝	0.2	沉降迅速,上清液呈褐色,悬浮物含量为 279 mg/L。
3	聚合硫酸铁粉末	0.2	沉降迅速,上清液呈褐色,悬浮物含量为 264 mg/L。
4	液态聚合硫酸铁	0.2	沉降相对较慢,上清液透明,悬浮物含量为 144 mg/L。

根据表 1 数据可知,液态聚合硫酸铁(PFS) 作用效果较好。聚合硫酸铁(PFS) 属铁盐无机高分子絮凝剂,能快速中和水中胶体微粒表面的负电荷,又能在离子间架桥或起吸附作用而产生絮凝作用,显示出优良的混凝效果,与其他无机絮凝剂相比具有较高的净化能力。小型试验选定液态聚合硫酸铁(PFS) 作为助凝剂。

(2) 絮凝剂加药种类试验

小型试验对不同聚丙烯酰胺(PAM) 沉降高度在 0 ~ 5 cm 之间沉降时间和对应上清液高度用 Matlab软件进行线性拟合,得出预测曲线,同时抽取每组试验的上清液进行悬浮物含量测定,见表 2。

表 2 絮凝剂加药种类试验

序号	聚丙烯酰胺(PAM) 编号	线性预测曲线	悬浮物含量/(mg·L^{-1})
1	1#	$y = 0.297\,3x - 13.919$	136
2	2#	$y = 0.291\,8x - 14.887$	120
3	3#	$y = 0.287\,7x - 14.264$	141
4	4#	$y = 0.286\,6x - 13.463$	168
5	5#	$y = 0.280\,8x - 16.175$	154
6	6#	$y = 0.165\,3x - 8.296\,6$	163

6 种药剂作用后水质均为透明色,对不同聚丙烯酰胺(PAM) 沉降高度在 0 ~ 5 cm 之间沉降时间和对应上清液高度进行线性曲线预测,根据表 2 线性预测曲线斜率及上清液悬浮物含量,2# 聚丙烯酰胺(PAM) 具有较快沉降速度及较好的水质净化能力。小型试验选定 2# 聚丙烯酰胺(PAM) 作为絮凝剂。

1.3.3 加药顺序试验

根据表 1、表 2 数据确定聚合硫酸铁(PFS) 和 2# 聚丙烯酰胺(PAM) 为试验药剂,进行加药顺序试验,三步加药后搅拌时间分别为 20 s、10 s、10 s。试验数据见表 3。

确定加药顺序后,进行药剂用量试验,试验数据见表 4。

由表 4 可知,试验 1 水质澄清效果最好,加药顺序为聚丙—聚铁—聚丙,试验 3 加药顺序精减为聚铁—聚丙,增大聚铁加入量,与表 3 中试验 5 相比,无明显变化。每一步加药后均需要进行适宜的搅拌,增大矿物颗粒与药剂的碰撞几率,提升絮凝沉降效果; 小型试验成果在推向现场工业应用时,由于场地及管桥高差限制,只能加两道搅拌工序,故推向工业时采用聚铁—聚丙加药方案。

表 3　加药顺序试验

序号	加入量/(mg·L^{-1})			效果
	PAM	PFS	PAM	
1	0.045			只加聚丙烯酰胺(PAM),搅拌 20 s,形成絮团,上清液浑浊。
2		0.20		只加聚合硫酸铁(PFS),搅拌 10 s,观察到形成微絮团,上清液浑浊。
3	0.045	0.20		先加聚丙搅拌后再加聚铁搅拌,上清液水质浑浊。
4		0.20	0.045	先加聚铁搅拌后再加聚丙搅拌,水质澄清效果好。
5		0.20	0.045	降低加入聚丙后的搅拌时间,不影响水质澄清效果。
6	0.045		0.045	分步加聚丙搅拌,沉降效果不及试验 5。
7	0.045	0.20	0.045	按聚丙 – 聚铁 – 聚丙顺序加药,澄清效果最好,水质透明。

表 4　加药量试验

序号	加入量/(mg·L^{-1})			效果
	PAM	PFS	PAM	
1	0.045	0.20	0.03	降低聚丙加入量,澄清效果无明显变化。
2	0.045	0.15	0.03	减少聚铁药剂量,澄清效果变差。
3		0.30	0.045	增大聚铁加入量,效果与试验 1 相比无明显变化。
4		0.20	0.09	增大聚丙加入量,沉降速度变慢,与试验 3 相比澄清效果更好一些。

1.3.4　聚合硫酸铁(PFS)最佳加药量试验

在聚丙烯酰胺(PAM)加入 0.03 mg/L 时确定聚合硫酸铁(PFS)的最佳药剂量,见表 5。

表 5　最佳聚合硫酸铁(PFS)用量试验

序号	PFS 加入量/(mg·L^{-1})	效果
1	0.050	加入聚铁后观察不到微絮团,加聚丙后,水质浑浊。
2	0.100	加入聚铁后观察不到微絮团,加聚丙后,水质与试验 1 比较变化不明显。
3	0.150	加入聚铁后能观察到微絮团,加聚丙后,水质明显转清,但可明显观察到水中有未沉淀微细颗粒。
4	0.175	在试验 3 的基础上,增大聚铁药量,30 s 沉降,上清液清澈。
5	0.200	继续增大聚铁加药量,沉降速度和澄清效果无明显变化。
6	0.225	继续增大聚铁加药量,水质颜色趋向于变红,沉降速度和澄清效果无明显变化。

在聚丙烯酰胺(PAM)加入 0.03 mg/L 时,聚合硫酸铁(PFS)最佳加入量为 0.175 mg/L,通过搅拌 10 s 后,沉降速度快,上清液水质澄清,增加药剂量后,澄清效果和沉降速度无明显变化。

1.3.5　聚丙烯酰胺(PAM)最佳加药量试验

在聚合硫酸铁(PFS)加入 0.175 mg/L 时,确定聚丙烯酰胺(PAM)的最佳药剂量,见表 6。

表 6　最佳聚丙烯酰胺(PAM)用量试验

序号	PAM 加入量/(mg·L^{-1})	效果
1	0.030	加入聚丙搅拌后,30 s 沉降,上清液水质澄清。
2	0.036	加入聚丙搅拌后,30 s 沉降,上清液澄清效果变化不明显。
3	0.042	加入聚丙搅拌后,26 s 沉降,上清液澄清效果较试验 1 更清澈。
4	0.048	加入聚丙搅拌后,23 s 沉降,上清液与试验 3 相当。
5	0.054	加入聚丙搅拌后,16 s 沉降,迅速沉降,上清液透明,
6	0.060	加入聚丙搅拌后,25 s 沉降,沉降速度较试验 5 慢,上清液透明。

在聚合硫酸铁(PFS)加入0.175 mg/L时,聚丙烯酰胺(PAM)加入0.054 mg/L时,沉降速度最快,上清液透明,继续加大聚丙烯酰胺(PAM)药剂量,沉降速度变慢,最佳药剂量及加药顺序为聚合硫酸铁(PFS)0.175 mg/L、聚丙烯酰胺(PAM)0.054 mg/L。

1.3.6 搅拌时间和搅拌强度试验

小型烧杯试验分别搅拌10 s效果较好。因为现场搅拌桶为4 m×4 m,按1 500~2 000 m^3的矿浆量计算,搅拌时间为3 min,所以烧杯试验模拟搅拌3 min的沉降试验,两步加药分别搅拌3 min,搅拌强度1 200 r/min,上清液透明,效果良好。试验室通过小型连续加药搅拌模拟试验,出水悬浮物含量在10 mg/L以下。

2 工业试验

根据小型试验结果,现场在总尾矿大井进矿处增加两个矿浆搅拌桶,采用低进高出连接方式,第一个搅拌桶加聚合硫酸铁(PFS),第二个搅拌桶加聚丙烯酰胺(PAM),加药后通过尾矿溜槽进入浓缩大井,且在溜槽及浓缩大井中心盘分点多处加药,进一步增大矿物颗粒与药剂的作用效果,加药量为聚合硫酸铁(PFS)0.344 g/t,聚丙烯酰胺(PAM)25.30 g/t。

工业试验以溢流水质悬浮物含量作为重点试验数值,悬浮物含量(*SS*)值越小,说明水中悬浮物含量越小,水质越澄清;总硬度含量及pH值作为药剂选择参考值,总硬度含越小,水中Ca^{2+}、Mg^{2+}离子越少,对浮选影响越小,pH在7左右即为符合生产用水要求,结果见表7。

表7 工业加药前后水质对比

项目	*SS*平均值/(mg·L^{-1})	总硬度/(mg·L^{-1})	pH
加药前	90 000.00	1 190	7.80
加药后	767.45	13.11	7.28

工业应用后对总尾矿一次浓缩大井进行长期监测,数据见表8。

表8 一次浓缩溢流水水质

时间	*SS*/(mg·L^{-1})	总硬度/(mg·L^{-1})	pH
8月	422	9.00	7.48
9月	136	9.25	7.63
10月	147	9.00	7.62
11月	130	9.25	7.51
12月	150	9.25	7.40

絮凝剂投入工业应用后,取8月份至12月份一次浓缩大井溢流水进行化验,其悬浮物含量值明显降低,总硬度在10 mg/L以下,pH值为7~8,水质得到极大改善,满足现场生产用水要求。

3 结论

(1)利用混凝沉淀法原理,通过小型烧杯试验确定出白云鄂博氧化矿资源综合利用选矿废水加药制度为:1 000 mL总尾矿样,浓度9%~10%,最佳加药顺序为聚合硫酸铁(PFS)—聚丙烯酰胺(PAM);最佳加药量为聚合硫酸铁(PFS)0.175 mg/L、聚丙烯酰胺(PAM)0.054 mg/L;加药后每步搅拌10 s。

(2)工业应用每小时1 500~2 000 m^3尾矿进入量,4 m×4 m搅拌罐,每步加药后最佳搅拌时间为3 min,搅拌强度1 200 r/min。

(3)工业应用最佳加药量为聚合硫酸铁(PFS)0.344 g/t、聚丙烯酰胺(PAM)25.30 g/t。

(4)小型连续加药搅拌模拟试验,获得出水悬浮物含量在10 mg/L以下的良好指标。工业应用后,9—12月一次浓缩溢流水悬浮物月平均降低到200 mg/L以下,其中11月水质最好,悬浮物含量为130 mg/L。

参考文献

[1] 邱卫芬,张德文.絮凝沉降法降低某铅锌矿尾水中固体悬浮物试验[J].现代矿业,2015,(3):81.

[2] 张作金,吴天来.我国选矿废水处理研究进展[J].矿产保护与利用,2020,(1):80.