

doi 10.3969/j.issn.1007-855x.2010.02.001

五道岭钼矿全尾砂絮凝沉降试验研究

王洪武¹, 吴爱祥¹, 刘超², 杨仕教², 罗辉²

(1. 中南大学 资源与安全工程学院, 湖南 长沙 410083 2 南华大学 核资源与核燃料工程学院, 湖南 衡阳 421001)

摘要: 根据五道岭钼矿全尾砂浆体物理化学性质, 选择了阴离子聚丙烯酰胺作全尾砂沉淀的絮凝剂. 实验研究了全尾砂浆体在不同影响因素条件下的絮凝沉降特性. 实验结果表明: 用 10~20 g/t 的阴离子聚丙烯酰胺作全尾砂浆体絮凝沉降的添加剂, pH = 7~8 搅拌时间控制在 2 min 内, 沉降速度快, 1 h 沉降底层的压缩液固比达 60%~65%, 充填脱水成本较低. 试验结论对矿山充填的全尾砂沉淀脱水具有直接指导意义.

关键词: 全尾砂; 絮凝剂; 沉降

中图分类号: TD926.4 TD853.34 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2010)02-0001-04

Experimental Study on Unclassified Tailings Flocculation and Settlement in Wudaoling Molybdenum Mine

WANG Hong-wu¹, WU Ai-xiang¹, LIU Chao², YANG Shi-jiao², LUO Hui²

(1. School of Resources and Safety Engineering, Central South University, Changsha 410083, China

2. School of Nuclear Resources and Nuclear Fuel Engineering, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China)

Abstract According to the physicochemical properties of unclassified tailings in Wudaoling molybdenum mine, the anionic polyacrylamide is used as a flocculant for precipitation. The flocculation and settlement characteristics of tailings pulp are studied with different influencing factors by experiments. Experimental results show that the filling dehydration cost is low and the settling velocity is fast, the bottom compressed liquid-solid ratio is 60~65% in 1 hour with use 10~20 g/t anionic polyacrylamide as flocculant of tailings slurry, pH = 7~8 stirring time control in 2 minutes. The experimental conclusion has direct guiding significance for the all tailings precipitation dehydration in miner filling system.

Key words unclassified tailings; flocculant; settlement

0 引言

全尾砂高浓度似膏体或膏体充填由于环境污染少、料浆输送性能好、充填效率高、采场循环作业周期短, 而成为当今充填技术的一个主要发展方向. 其中, 针对各矿山全尾砂浆体的不同物理化学性质研究不同的沉降浓缩方法和技术参数是全尾砂高浓度似膏体或膏体充填的关键技术之一.

絮凝剂用于全尾砂充填主要为了加速全尾砂颗粒沉降、降低溢流水含泥量、提高胶凝材料的利用率、改善充填体的均质性和减少离析, 以满足矿山无废开采和清洁生产的要求. 按化学成份不同, 分为无机絮凝剂、有机絮凝剂、微生物絮凝剂, 其中, 无机和有机高分子材料是最常用的絮凝剂^[1~5].

全尾砂絮凝沉降原理: 全尾砂浆体中含有大量难以沉降的悬浮物, 具有胶体的物理化学特性. 胶体因

收稿日期: 2010-03-02 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(项目编号: 50974076), 湖南省自然科学基金资助项目(项目编号: 06jjs0084).

第一作者简介: 王洪武(1963-), 男, 博士研究生, 高级工程师. 主要研究方向: 采矿工程和矿山充填技术.

E-mail: fggshw@ yahoo.com.cn

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

分散微粒细小, 布朗运动产生的扩散作用可以对抗重力而具有沉降稳定性. 但因胶体又是多相分散系, 拥有较大的相间界面和巨大的自由能, 通过絮凝剂絮凝吸附, 其微细粒子相互结合为粗粒聚集体, 沉降加快.

影响全尾砂浆体絮凝沉降速度和沉降浓度的主要因素有: 全尾砂浆体的物理化学性质(如浆体浓度、颗粒粒度、矿物成分、颗粒表面电荷、盐度等)、絮凝剂种类和添加量、温度、粘度、pH 值等介质条件及流速、浆体紊动强度等动力条件^[6-9].

钼矿全尾砂由于细颗粒(74 μm 以下)及超细颗粒(38.5 μm 以下)含量过高(通常达 60% 以上), 全尾砂浆体充填时沉降浓缩工艺的实现非常困难. 目前, 尚未见到相关文献报道钼矿全尾砂沉降浓缩工艺方面的研究. 本文在总结其它金属矿山全尾砂絮凝沉降方法的基础上, 全面考虑钼矿全尾砂浆体的物理化学性质及影响全尾砂絮凝沉降的主要因素, 开展相关实验和研究, 以指导生产实践.

1 五道岭钼矿尾砂特性及絮凝剂选择

1.1 五道岭钼矿尾砂特性

哈尔滨五道岭钼矿采用全尾砂高浓度似膏体充填处理空区, 要求通过沉淀制备出浓度 60% ~ 65% 的全尾砂浓缩砂浆. 该选厂全尾砂浆体有如下特性: ①颗粒过细, 泥化严重(见图 1 和表 1); ②全尾砂浆体化学成分复杂, 含有水玻璃等起分散作用的选矿药剂. 全尾砂浆体自然沉降达到高浓度所需时间过长, 沉降浓度低, 难以组织全尾砂沉降的循环生产.

表 1 全尾砂基本物理性能

Tab 1 The basic physical properties of unclassified tailings

真密度 / t m^{-3}	松散容重 / t m^{-3}	空隙率 /%	砂浆浓度 /%	砂浆容重 / t m^{-3}	尾砂产率 /%	磨矿细度 (-74μm) /%
3.23	1.67	48.3	20~25	1.16~1.21	98.8	72~75

1.2 自然沉降试验

在不加任何药剂的情况下, 进行了全尾砂浆体自然沉降试验, 实验结果见图 2. 从自然沉降曲线可看出, 全尾砂沉降缓慢, 2 h 沉降浓度约为 50% ~ 55%. 试验中, 全尾砂浆体沉降时间在 4 h 以上时可达极限浓度, 极限浓度约为 60%. 所以, 哈尔滨五道岭钼矿全尾砂必需采用絮凝沉降方法.

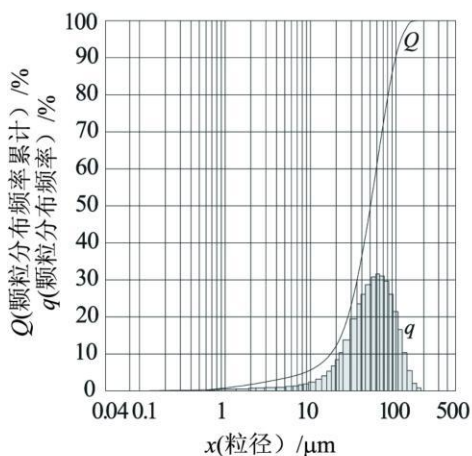


图1 尾砂粒级组成及分布曲线
Fig.1 The particle size compositions and distribution curve of tailings

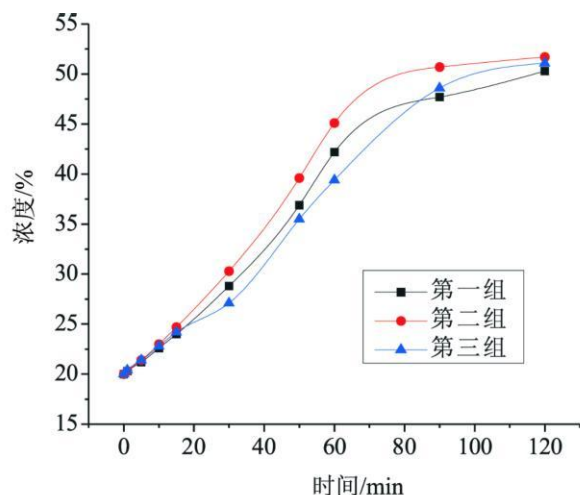


图2 五道岭钼矿全尾砂浆体自然沉降曲线
Fig.2 The natural sedimentation curve of unclassified tailings in Wudaoling molybdenum mine

1.3 絮凝剂选择

有机高分子絮凝剂主要靠架桥作用使粒子沉降, 有用量少、成本低、毒性小、pH 适用范围广等特点, 而且产生的絮体粗大, 絮凝速度快, 处理过程时间短, 易处理. 聚丙烯酰胺 (PAM) 是最常用的有机高分子絮凝剂. 根据五道岭钼矿全尾砂浆体物理化学性质, 选择阴离子聚丙烯酰胺作全尾砂沉淀的絮凝剂. 并用实

验方法研究全尾砂浆体的絮凝沉降特性, 以指导全尾砂沉降生产实践。

2 实验过程及数据分析

2.1 絮凝剂沉降实验方法

试验器材: 1 000 mL 量筒, 1 000 mL 烧杯, 5 mL 滴定管, 精度 0.1 g 天平, 电热鼓风干燥箱, 玻璃棒, 秒表, 天平, pH 试纸。

试验药剂: 絮凝剂为阴离子聚丙烯酰胺 (分子量 1 200 万), 每次试验前 20 min 配制成 1% 的溶液, pH 值调节剂为氢氧化钙。

试验方法: 沉降试验在 1 000 mL 量筒内进行, 每隔一段时间记录固液分界面高度。开始时沉降速度快, 记录的时间间隔为 2 min, 随着沉降速度的减慢, 记录的时间间隔增大。沉降 1 h 后, 倒掉上层清水, 测定下部矿浆达到的浓度。为使结果准确, 每组实验重复 3 次, 最后取平均值。

2.2 聚丙烯酰胺絮凝效果及最佳用量

取适量全尾砂浆体加入聚丙烯酰胺溶液, 轻轻搅动至混合均匀后, 静置沉降, 絮凝剂用量分别为 7 g/t、15 g/t、20 g/t、30 g/t、40 g/t。根据实验所得的数据, 绘制沉降曲线如图 3 所示。从实验结果可以看出, 聚丙烯酰胺用量在一定范围内时可加速全尾砂浆体沉降, 砂浆浓度迅速接近自然沉降的极限浓度, 聚丙烯酰胺用量在 10~20 g/t 时效果最好。

不同絮凝剂用量沉降拐点多为 10~20 min, 在沉降时间相同的情况下, 絮凝剂用量和沉降浓度有一定的函数关系, 以絮凝剂加药量 q 为自变量, 对应的 15 min 沉降浓度 C 为因变量, 具体对应关系见表 2。

表 2 全尾砂 15 min 沉降浓度与絮凝剂添加量关系

Tab 2 The relationship between flocculant dosage and settling concentration at 15 minutes of unclassified tailings

药剂用量 / $g \cdot t^{-1}$	10	15	20	30
浓度 / %	52.3	55.8	68.8	53.6

根据表中的数据, 采用准牛顿法 (BFGS) 和通用全局优化法进行拟合, 15 min 沉降浓度 C 和 PAM 絮凝剂添加量 q 之间存在 (1) 式的函数关系。

$$C(q) = -563 + 19.85q - 0.055q^{2.5} + 1000/hq + 3.28e^{-q} \quad (1)$$

式中: C - 沉降浓度 (%); q - PAM 用量 (g/t)。

2.3 pH 对絮凝沉降速率的影响

絮凝效果不仅与药剂用量及沉降时间有关, 还与全尾砂浆体的 pH 值有关, 通过加氢氧化钙调节砂浆 pH 值大小, 在同一絮凝剂用量 (10 g/t) 的情况下, 将不同 pH 值对应的沉降浓度绘制出曲线, 如图 4 所示。

当 $pH = 7 \sim 8$ 时, 全尾砂浆体在絮凝剂作用下沉降速度最快, 砂浆能达到最高浓度; 当 pH 值大于 8 时, 氢氧化钙用量 (pH 值大小) 对沉降速度和浓度有降低的作用, 从实验结果可以看出, 在聚丙烯酰胺用量相同的情况下, pH 值越高 (氢氧化钙用量多), 沉降速度越慢, 砂浆最终浓度越低。

2.4 搅拌时间对絮凝沉降速率的影响

在不改变全尾砂浆体原始状态的情况下, 按最佳用量 (10 g/t) 加入 PAM, 改变混合搅拌时间, 记录数据并绘制沉降曲线, 如图 5 所示。从实验结果可以看出, 絮凝剂与全尾砂浆体混合后的搅拌时间对絮凝剂的效果有明显的影

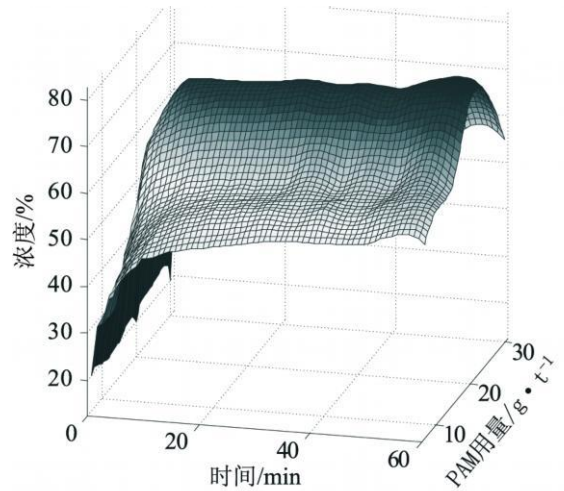


图3 五道岭钼矿全尾砂浆体絮凝沉降特性
Fig.3 The flocculation and settling properties of unclassified tailings in Wudaoling molybdenum mine

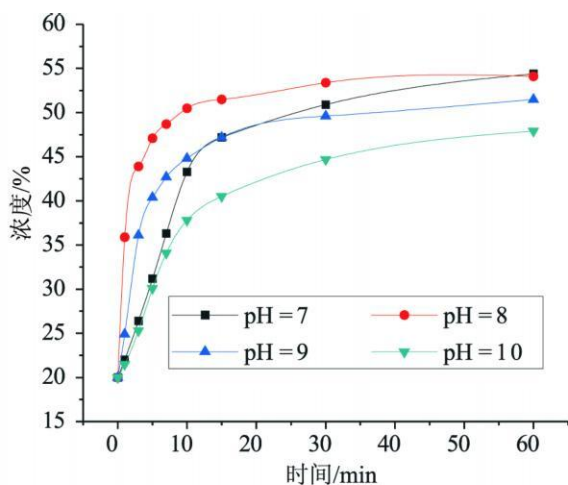


图4 pH值对五道岭钼矿全尾砂浆体絮凝沉降速率的影响
Fig.4 Effect of pH value on the flocculation and settling rate of unclassified tailings in Wudaoling molybdenum mine

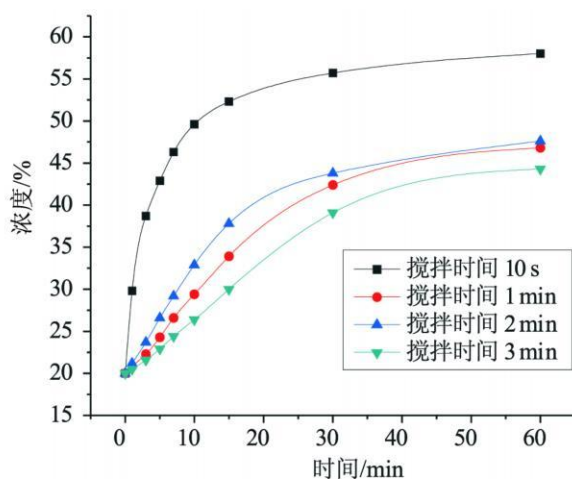


图5 搅拌时间对五道岭钼矿全尾砂浆体絮凝沉降速率的影响
Fig.5 Effect of stirring time on the flocculation and settling rate of unclassified tailings in Wudaoling molybdenum mine

3 结 论

1) 根据全尾砂絮凝沉降试验结果可知, 阴离子聚丙烯酰胺 (PAM) 适用于五道岭全尾砂浆体的絮凝沉降工艺, 可明显加快沉降速度, 且有絮凝剂用量少、沉降效率高的特点, 在砂浆浓度约为 20% 的情况下, PAM 絮凝剂推荐用量为 10~20 g/t

2) 添加氢氧化钙调整 pH 值后再加入聚丙烯酰胺, 虽然可以获得更好的澄清水, 但会降低沉降的速度和浓度. 综合考虑废水的工业循环、成本、浓密工艺对沉降速度和浓度的要求等问题, 推荐不加氢氧化钙;

3) 絮凝剂溶液与全尾砂浆体的混合搅拌时间对全尾砂沉降效果有一定的影响, 充分混合后继续搅拌会降低沉降效果, 实际生产中要根据现场情况确定絮凝剂的添加点和添加方式.

参考文献:

- [1] 刘凯, 黄德镛, 张明旭, 等. 大红山铜矿全尾砂絮凝沉降的试验研究 [J]. 中国矿业, 2008, 17(12): 60-63
- [2] 何哲祥. 全尾砂絮凝沉降特性研究 [A]. 第八届国际充填采矿会议论文集 [C]. 北京: 中国有色金属学会, 2004: 161-164
- [3] 冯巨恩, 吴超, 姚振玢. 絮凝剂改善充填效果的试验研究 [J]. 金属矿山, 2005, (10): 12-19
- [4] 张去非. 金岭铁矿选矿厂尾矿絮凝沉降的研究 [J]. 矿冶工程, 2007, 27(2): 25-29
- [5] 郑巨明, 奉欣, 饶帮亮, 等. 细粒尾砂作为充填料脱水措施的研究 [J]. 资源环境与工程, 2007, 21(2): 184-186
- [6] 吴荣荣, 李九发, 刘启贞, 等. 钱塘江河口细颗粒泥沙絮凝沉降特性研究 [J]. 海洋湖沼通报, 2007, 3: 29-33
- [7] 陈洪松, 邵明安. 细颗粒泥沙的絮凝沉降特性 [J]. 土壤通报, 2002, 33(5): 356-359
- [8] 卢瑜林, 侯卫红, 戴莉. 絮凝沉降技术在污水水质处理中的研究实践 [J]. 江汉石油科技, 2008, 18(1): 38-40
- [9] 王星, 瞿圆媛, 胡伟伟, 等. 尾矿浆絮凝沉降影响因素的试验研究 [J]. 金属矿山, 2008, 383(5): 149-151