

文章编号:1674-9669(2016)05-0086-07
DOI: 10.13264/j.cnki.ysjskx.2016.05.016

混凝法在选矿废水处理中的应用现状及发展

冯章标, 邱廷省, 陈江安, 邱仙辉

(江西理工大学资源与环境工程学院, 江西 赣州 341000)

摘要:简要描述选矿废水的来源、特点及各种处理方法的优缺点. 阐述混凝法的作用机理, 着重分析混凝剂、水质状况及水力条件等因素对选矿废水处理产生的影响, 介绍混凝法在铅锌矿、铁矿、黄金、钨矿和磷矿等废水处理的应用现状. 最后指出混凝法在选矿废水处理中的发展方向是要加强对混凝作用机理与影响因素的研究, 加大对高效混凝剂的研发, 同时将混凝法与尾矿库自然沉降、浓密机技术有机结合, 制定合理流程, 实现选厂废水零排放.

关键词:混凝法; 选矿废水; 废水处理; 浓密机

中图分类号:TD926.5; X751 **文献标志码:**A

Application and development on treating mineral processing wastewater by coagulation

FENG Zhangbiao, QIU Tingsheng, CHEN Jiangnan, QIU Xianhui

(School of Resources and Environmental Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China)

Abstract: The source and characteristics of the mineral processing wastewater, advantages and disadvantages of various treatment methods were briefly described. It elaborates the mechanism of coagulation method and emphatically analyzes coagulant, water quality and water conservancy conditions on the impact of the mineral processing wastewater treatment. And it introduces application status of coagulation method in lead-zinc mine, iron mine, gold mine, molybdenum mine, tungsten mine and phosphate rock wastewater treatment. Then the development direction of coagulation method in the mineral processing wastewater treatment was point out, including coagulation mechanism and influence factors, research and development of high efficient coagulant, coagulation method combined with the tallings natural sedimentation and thickener technology, establish reasonable process, realizing wastewater zero emissions of dressing plant.

Keywords: coagulation method; mineral processing wastewater; wastewater treatment; thickener

矿产资源产业在我国经济建设及社会发展中占有基础性和支柱性地位, 随着我国经济的快速发展和现代化进程不断加速, 矿产资源的大力开发与应用也呈现快速增长的趋势^[1]. 而与此相反的是, 矿山环境污染问题也愈发严重, 作为矿山污染的主要污染源之一的选矿废水, 其处理率相对低下, 回用率不高, 如果

任意排放会严重危害矿山生态环境建设甚至导致生态系统的退化^[2]. 随着我国政府加快推进生态文明建设, 环境保护越来越得到关注, 选矿废水作为一种较难处理的工业废水也逐渐引起人们的重视^[3].

选矿废水是矿物选别(重选、浮选、磁选等)过程中各个生产环节排放废水的总称, 具体包括尾矿废液, 各

收稿日期: 2015-12-04

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51504103); 江西省自然科学基金资助项目(20122BAB216021)

通信作者: 邱廷省(1962-), 男, 教授, 博导, 主要从事矿物加工工程及环境工程领域研究, E-mail: qiatingsheng@163.com.

精矿产品脱水与工业场地污水等,它具有排放量大、含泥多、浊度高、成分复杂和水质不稳定等特点,废水中种类繁多的重金属离子和残留的化学浮选药剂是选矿废水处理的重点和难点^[4]。当前,选矿废水处理的主要方法有尾矿库自然沉降法、酸碱中和法、吸附法、化学氧化法、人工湿地法、微生物吸附法等,这些方法均能在一定程度上取得良好的处理效果,但各方法也存在局限,如自然沉降法净化不彻底,酸碱中和法易使管壁结垢堵塞,化学氧化法运行费用较高,微生物吸附法更多处于实验室阶段等^[5]。综合而言,混凝沉淀法因其具有运行稳定、适用性强、处理效率高、管理方便等优势而成为选矿厂目前普遍采用的废水处理方法^[6]。文中在查阅大量有关混凝法的文献资料基础上,对混凝法处理选矿废水的作用机理、主要影响因素和应用前景等方面的研究进行归纳总结和论述。

1 混凝的作用机理

选矿废水是一个复杂的混合体系,其中较大颗粒悬浮物可以借助重力自然沉降,而对于细颗粒特别是加入大量水玻璃等分散剂形成的胶体微细颗粒则需要借助混凝作用去除。混凝是一个极为复杂的过程,通常是指向溶液中加入混凝剂来破坏胶体颗粒在水中形成的稳定分散体系,使水中呈胶体状态的悬浮颗粒与药剂相互作用凝聚成尺寸较大、易于分离的絮体过程^[7-8]。混凝可以分为混合、凝聚和絮凝3个步骤。混凝的作用机理主要包括双电层压缩作用、电性中和作用和吸附架桥作用^[9-10]。

1) 双电层压缩作用,是指向胶体分散体系中加入能产生高价反离子的电解质,通过增大溶液中反离子强度来减小双电层厚度,从而减小 ξ 电位的过程,其实质是扩散层内原有反离子与新增反离子的静电斥力把反离子层不同程度的挤压到吸附层里,从而使扩散层减薄。根据该理论可知,当电解质投加过量时也不会出现超额反离子进入双电层或胶粒改变电性的现象。该理论只从静电作用角度解释电解质对胶粒脱稳现象,并没有考虑脱稳过程其他性质作用,因此很难解释诸如投加过多三价铁盐造成混凝效果下降甚至溶液复稳现象,还有加入与胶粒带相同电荷的聚合物或高分子有机物也可能出现好的混凝现象。

2) 电性中和作用,是指向溶液中加入的混凝剂解

离或水解生成的异号电荷与胶体微粒发生吸附作用,中和了胶体微粒表面所带电荷,降低 ξ 电位,静电斥力也相应减弱,从而使胶体微粒脱稳和凝聚。该理论可以很好地解释因混凝剂投加量过多造成溶液复稳的现象,因为悬浮颗粒吸附过量的凝聚剂分子会导致胶体颗粒物表面所带电荷出现反号,使混凝体系重新稳定下来。

3) 吸附架桥作用,是指向溶液中加入链状高分子聚合物,该聚合物分子具有与胶体微粒表面一些部位起作用的活性基团,它可以通过架桥网捕的方式,在范德华力、静电引力、氢键力、配位键等综合作用下,将多个胶体颗粒吸附链接成粗大的絮状体,从而使悬浮液脱稳。该理论很好的解释了与胶粒带同电号的聚合物或高分子絮凝剂同样具有良好的混凝效果的现象。高分子絮凝剂投加后通常会出现以下两种情况:①投加过少,不足以形成吸附架桥,絮凝效果不明显;②投加过多,使胶粒表面完全被链状高分子吸附包裹,胶粒相互排斥,出现“胶体保护”现象,此时絮凝效果也很差。

除此之外,还有沉淀物网捕作用、共沉淀作用、去溶剂化作用等理论解释混凝现象,也有研究人员试图构建各种动力学模型来模拟混凝过程,如 Smoluchowski 提出的在层流条件下的颗粒碰撞频率动力学模型以及 Camp 和 Stein 提出的在紊流条件下的速度梯度公式等^[11-12],但迄今为止不论哪种理论和混凝动力学模型都不能全面解释实际废水中的混凝沉淀现象,其主要原因是混凝现象是上述几种机理的综合作用的结果,再加上实际水溶液物理化学性质的复杂性、多样性所导致的。

2 混凝的影响因素

混凝沉淀法处理选矿废水过程中,其处理效果好坏受诸多因素影响,包括混凝的工艺流程、混凝剂的种类和性质、选矿废水的水质状况以及混凝设备的水力条件等,详细研究混凝的影响因素有助于寻找最优混凝条件,达到废水处理的最佳效果。

2.1 混凝剂的影响

混凝剂的选择对选矿废水处理效果好坏往往起着决定性作用,选择时应根据实际废水的水质特性而定,如浓度、浊度、COD、pH、胶体特性等^[13]。混凝剂种类繁多按性质可分为凝聚剂和絮凝剂2大类。我国选矿厂常用的凝聚剂包括石灰、三氯化铁、氯化铝、

硫酸铁、硫酸亚铁、明矾等无机盐类和聚合硫酸铁(PFS)、聚合氯化铁(PFC)、聚合氯化铝(PAC)、聚合硫酸铝(PAS)等聚合无机盐类以及絮凝剂有机高分子聚丙烯酰胺(PAM)等,其中石灰因廉价易得而成为选厂最常用的混凝剂,而聚丙烯酰胺常与浓密机技术联合使用。

在选矿废水的工程实践当中,常常用无机凝聚剂与有机高分子絮凝剂复配使用以提高废水处理效率。当复配使用时,一般先投加无机混凝剂再加入有机高分子絮凝剂^[14]。因为选矿废水浓度较低且水中胶体微粒多带负电,加入无机混凝剂通过电性中和使胶体脱稳形成较小的絮体,再加入有机高分子絮凝剂通过吸附架桥卷帘作用使絮体继续长大成更大絮状体进而在重力作用下沉淀分离。但当废水浊度高时应先加入有机高分子絮凝剂,使部分胶粒先架桥吸附凝结,再加入无机凝聚剂,这样可以减少药剂用量。

混凝剂的投加量和添加方式也直接影响着选矿废水的处理效果^[15]。在用量上,如果投加过少则处理效果不理想,水质达不到排放标准;如果用量过大不但增加处理费用,而且还可能造成水溶液复稳现象,特别对于高分子有机絮凝剂,投加量过大会使废水的COD等指标增加,造成二次污染。最适合的投加量应根据小型试验加以确定。添加方式分为干法添加和湿法添加,由于湿法添加具有用量易控制、操作简单、管理方便等优点,我国大多数选矿厂采用湿法添加加药方式。

2.2 水质的影响

选矿废水的水质特性复杂且不稳定。水质对混凝的影响是多方面的,其中对混凝影响较大的因子有:pH值、水温、浊度及共存杂质等。

pH值是影响混凝较大因素之一,一般情况下,混凝剂在接近中性范围才能发挥出最佳处理效果,强酸和高碱均不利于混凝处理,所以对于酸性或碱性选矿废水可以通过先加入pH调整剂调到近中性pH范围内,再加入混凝剂处理。不同混凝剂对pH值的最佳适应范围也不同,如硫酸铝的最佳pH值范围是:5.6~7.5,而三价铁盐则较宽,在6.0~8.5之间^[16]。

水温对混凝的影响也不可忽略,对不同种类的混凝剂影响程度不同。总体而言,温度低时混凝效果变差。这主要是因为温度与混凝剂的水解关系密切,当水温低时水解速率变缓慢,布朗运动受影响,混凝效

果下降。如硫酸铝的最佳混凝温度是20~40℃,当温度低于20℃时,水解困难,形成的絮体细小分散^[17]。对于处在寒冷地区因温度而影响混凝效果的选矿厂,可以通过加大混凝剂用量或改用对温度效应不敏感的铁盐等药剂等手段提高废水处理效率。

共存杂质的影响很明显,有些杂质对混凝起促进作用,而有些会阻碍混凝过程。研究发现大多数金属无机盐类能在一定程度上促进混凝,而磷酸根离子、硅酸根离子、硫酸根离子、氟离子以及高级有机酸离子都不利于胶体凝聚。

2.3 水力条件的影响

混凝过程中的水力条件对絮体的形成有着重要的影响,调节能促进混凝过程的水力条件是工程实践研究的重点。搅拌强度和搅拌时间是影响混凝过程的2个重要的水力因素^[18]。在混凝的混合阶段应快速剧烈搅拌,形成较大的速度梯度和产生涡流,为混凝剂水解聚合创造良好的条件,使药剂充分均匀扩散到整个水溶液中,并尽量控制在一分钟或几分钟内。而在凝聚和絮凝阶段,随着絮体的不断壮大需减小搅拌速度和延长搅拌时间,以避免破坏正在长大的絮体。最适合的搅拌速度与搅拌时间应根据烧杯试验加以确定。

在选矿废水实际处理时,常使用浓密机作为产生水力条件的构筑物,尤其是深锥浓密机的应用,其特别适用于细粒与微细粒物料的处理,大大提高了废水处理效率,它具有底流浓度高,溢流浊度低等特点,是一种高效的固液分离设备^[19]。

3 混凝法在选矿废水处理中的应用

混凝沉淀法是选矿废水处理领域中比较成熟、运行稳定的方法,大量的工程实践积累了丰富的运行经验。在废水处理中,结合选矿工艺流程、矿石性质及药剂制度等,清洁生产,科学管理,节约用水是混凝法的重要原则。混凝法处理选矿废水的原则流程是:调浆-混凝-沉淀-分离-回用。下面对混凝法在几种典型选矿厂废水处理运行情况作简单的介绍。

3.1 铅锌选矿废水资源化综合利用技术

凡口铅锌矿采用高碱快速分支浮选和混合浮选工艺流程,主要产品有铅精矿、锌精矿和硫精矿。每年需使用750多万吨新鲜水,并排除同量的废水,选矿废水包括精矿产品浓缩溢流水及过滤水,锌尾矿浆脱水,尾矿输送水以及工业场地污水等4部分。废水

pH 值高($\text{pH}>10.5$)、含多种有机无机药剂和悬浮颗粒等. 对此, 系统研究 DPA150、PAM-1、PAM-IV、SH930、3# 絮凝剂和氯化铁 6 种药剂对废水沉降效果的影响及经药剂处理后废水对铅浮选的影响, 结果表明 3# 絮凝剂的效果要优于其它药剂且用量较少, 控制在 25 g/t 为宜. 最后提出废水分类处理和分支返回的方法, 采用絮凝沉降与浓密机相结合技术, 其主要处理措施包括: ①集中回收精矿浓密机溢流水及过滤机滤液水, 并通过两级以上沉淀池澄清, 可直接回用生产; ②尾矿废水由于含有大量微细固体颗粒, 需联合使用普通浓密机、高效浓密机和多级沉淀设备, 结合使用絮凝药剂加速澄清净化处理, 使尾矿废水中的微细固体颗粒含量等大幅度降低, 最终全部回收使用; ③工业场地污水性质较复杂, 采用高效浓密机与絮凝剂相结合处理, 再通过沉淀池自然沉降处理, 最后污泥输送尾矿库. 综合回收以上澄清水再集中至沉淀池进行再次澄清与净化, 并根据不同水质做相应的分类处理. 最后, 通过将选矿废水与新鲜水按一定配比混合, 一般废水占用率在 65 %~80 %, 并调整药剂用量, 如适当减少捕收剂、起泡剂用量, 增加抑制剂用量, 可一定程度上提高产品质量指标^[20-21].

工业运行实践表明, 通过技术改造措施, 选矿废水的回用率达 75 % 以上, 减少药剂用量 8 %~15 %, 节约了选矿成本, 减少了环境污染及排污费, 并延长了尾矿水输送管道寿命, 每年可带来综合经济效益 600 万元.

3.2 铁矿矿山选矿废水处理技术

铁矿选矿往往采用重选、磁选、浮选等联合选矿工艺, 不同作业产出的废水性质比较复杂, 有呈酸性的也有碱性的, 且水体中的表面活性和乳化性较高, COD、BOD 等指标容易超标^[22].

鄂西某高磷鲕状赤铁矿选矿工艺流程是重选-磁选-反浮选-蚀胶法浸出, 产出的废水量大, 其中蚀胶法浸出产出的废水呈酸性, 反浮选产出的废水呈碱性. 对此, 经试验研究将蚀胶法浸出液经减压蒸馏回收盐酸后的酸性废水与反浮选的碱性废水按一定比例混合, 提高混合液的 pH 值, 再加入石灰乳调节 pH 值到 9, 去除悬浮物和大多数重金属, 最后再加入聚丙烯酰胺加速沉淀, 经检测从浓密机溢流水完全符合反浮选、浸出作业对回水水质的要求^[23]. 梅山铁矿随着产量的增加, 尾矿增多, 特别是进入冬季后尾矿浓缩系统跑浑严重, 原废水处理系统急需升级改造.

工作人员分析重选尾矿、降磷尾矿和混合尾矿的成分和粒度分布, 并对其开展絮凝浓缩试验, 研究不同尾矿在常温与低温下的絮凝剂(PAM)用量试验, 发现降磷尾矿和混合尾矿的最佳用量为 30 g/t, 而重选尾矿需 50 g/t, 低温试验表现出与常温相同的规律; 试验还考察絮凝矿浆浓度对絮凝效果的影响, 3 种尾矿均随着浓度的增加沉降速度下降, 确定重选尾矿适宜的絮凝矿浆浓度为 10 %, 降磷尾矿应小于 20 %. 最后探讨温度对沉降速度的影响, 结果表明, 随着温度的升高, 3 种尾矿的沉降速度均加快且有明显的线性关系. 经扩大连续试验结果表明, 采用深锥浓密机和絮凝剂相结合, 可以提高尾矿浓缩底流浓度和处理能力. 经方案对比, 将降磷尾矿改用新增的 HRC-25 深锥浓密机絮凝浓缩处理, 重选尾矿沿用原浓缩系统, 并将三段浓缩流程改为二段浓缩流程. 系统改造后, 改善了溢流水质, 提高了废水回用率, 节约了用水^[24-25].

3.3 黄金矿山选矿废水的处理与实践

某黄金选矿废水由于在全浮选流程加入大量水玻璃, 尾矿水不易自然沉降, 其主要污染因子有: SS 2 560~3 110, As 2.00~2.54, 色度 2 250. 对此, 研究人员根据混凝的基本原理进行小型试验, 首先加入石灰调浆使胶体脱稳, 再对比加入聚合氯化铝(PAC)、聚合硫酸铁(PFS)、聚合氯化铝铁(PAFC)和聚丙烯酰胺(PAM)4 种絮凝剂做絮凝沉降试验, 最终筛选出聚合氯化铝(PAC)做絮凝剂.

根据小型试验和现场情况确定工程废水处理流程如下: 尾矿库溢流水通过管道自流进入旋流折板反应池, 在反应池内加入石灰乳调节 pH 值至 11, 反应时间 5 min. 然后再加入 PAC(投加量为 20 mg/L)进行絮凝反应, 时间为 25 min. 待充分反应后, 通过配水口自流进入斜管沉淀池进行固液分离. 斜管沉淀池底流通过排泥管汇入泥浆池后由泵打入尾矿库进行沉淀, 而上清液进入清水池调节 pH 值后外排或回用生产. 该工程自投入运行以来, 系统运行正常, 出水水质稳定, 符合国家污水排放标准, 吨水处理费用 0.32 元. 尾矿库溢流水处理工艺流程如图 1 所示^[26].

3.4 钨矿废水处理与工程实践设计

淘锡坑钨矿位于长江流域赣江水系上游近源头地区, 矿山废水主要来源于选矿废水, 排放量约 631.3 t/d. 据监测, 废水的主要污染物为悬浮物和少量重金属离子. 根据废水水质特征, 分别进行废水

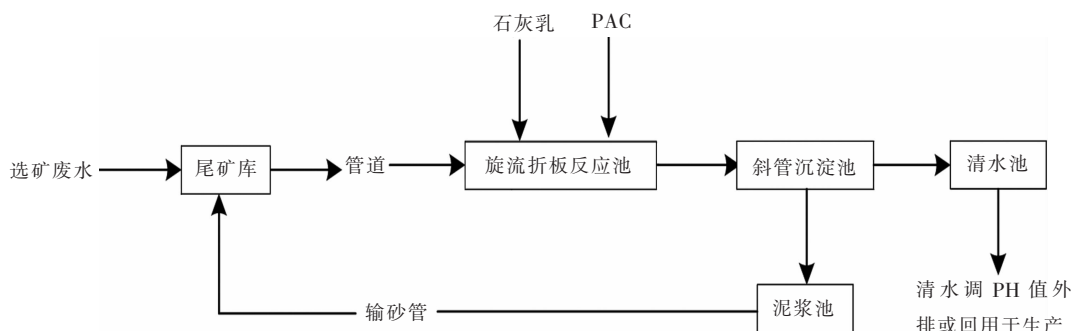


图 1 尾矿库溢流水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of mineral processing wastewater treatment

静沉试验与混凝沉降试验以及工艺参数优化,研究发现静沉降时间为 80 min 时,上清液 SS 剩余浓度为 1 028.2 mg/L,再取上清液做混凝试验,对比加入氯化铁与硫酸亚铁两种混凝剂,考察不同投加量与 pH 条件下浊度去除效果,试验结果表明在废水自然 pH(7~8)条件下,氯化铁投加量为 16 mg/L 时,混凝效果最好,出水浊度可达 12 NUT 以下^[27]。

根据小型试验,确定矿山废水处理总体设计方案是先自然沉降去除大部分悬浮物,再添加氯化铁进行混凝沉降。结合钨矿山周边地理环境,制定如下具体方案:利用矿山周边的密溪河的一段河床作为沉淀及混凝沉降池,在废水排放段建立两座污水坝截断河流,并建造人工暗渠将密溪河水引向下游,使废水与河水分离排放,当废水处理达标后再与河流清水汇合。把被拦截的密溪河河床分为静沉区、缓冲区、混凝区及沉淀区 4 个处理工段,分别在静沉区与沉淀区河段下游建立 1#、2# 污泥斗和 1#、2# 拦截坝,并在 1# 拦截坝附近建立一个污泥浓缩池。运行时,各处理工段产生的污泥经污泥斗由排泥泵直接打入污泥浓缩池,浓缩池的上清液回流到污水坝中重新沉淀,底流经浓缩后干化、填埋处理。现场实践证明,该方案可行,出水水质符合排放标准^[28]。钨矿废水处理流程如图 2 所示。

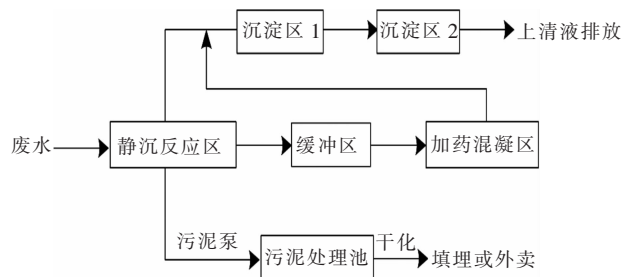


图 2 钨矿废水处理流程

Fig. 2 Flow chart of tungsten wastewater treatment

3.5 磷矿浮选废水的影响与循环利用

磷矿选矿常使用正-反浮选工艺,废水产生包括精矿废水和尾矿废水,其中精矿废水常呈酸性,尾矿废水常呈碱性且悬浮物含量高,废水中还包含 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Al^{3+} 、 PO_4^{2-} 、 SO_4^{2-} 脂肪酸等杂质离子^[29-30]。相关资料研究表明,钙镁离子对正浮选影响较大,当废水中钙镁离子浓度超过 50 mg/L,会严重恶化正浮选指标;而反浮选几乎不受钙镁离子影响^[31]。

根据某磷矿废水性质和浮选工艺特点,提出废水按浮选作业分别循环利用的总体方案。具体技术路线是反浮选精矿浓缩溢流水和过滤机滤液混合到集水池,集水池的部分废水直接循环回用到反浮选作业;集水池剩余部分和尾矿库溢流水一起经废水处理系统处理后再返回磨矿作业和正浮选作业。磷矿废水处理与循环利用工艺流程如图 3 所示。废

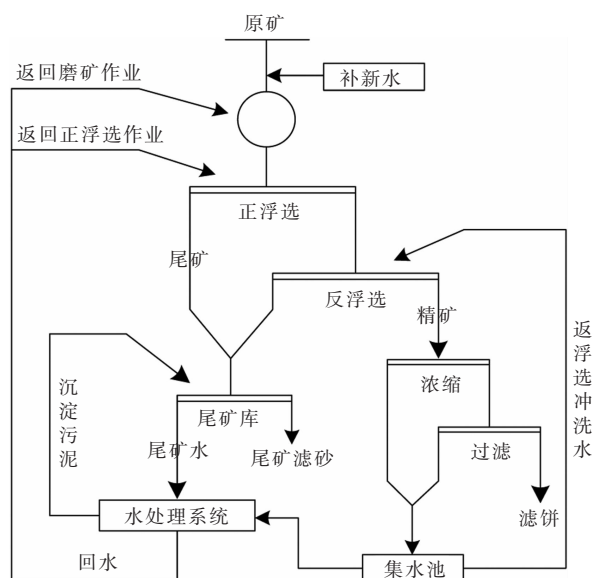


图 3 磷矿废水处理与循环利用工艺流程

Fig. 3 Flow chart of phosphate rock wastewater treatment and recycling process

水处理系统的工艺流程是集水池剩余废水和尾矿库溢流水一起进入调节池,加入石灰乳调节 pH 值到 10.5 左右,由石灰的凝聚作用去除悬浮颗粒和大部分有害离子后进入处理池中。处理液进入曝气池,加除钙剂去除钙离子,混合后进入沉淀池自然沉淀,澄清液分别泵入磨矿和正浮选系统,而处理池和沉淀池的底流返回尾矿库^[32]。废水处理工艺流程如图 4 所示。

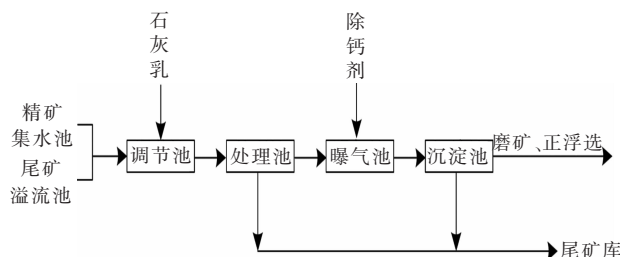


图 4 废水处理工艺流程

Fig. 4 Flow chart of wastewater treatment

4 混凝法在选矿废水处理中的发展

由以上实例可知混凝法在选矿废水处理中取得较好的应用,但也存在一些弊端,如混凝剂投加量需严格控制,否则会导致处理不当甚至造成二次污染;有些混凝剂如三氯化铁对管道具有一定的腐蚀性;混凝沉淀时产生的污泥量大,污泥蓬松含水率较高难以处置;还缺乏高效的固液分离设备;混凝对某些重金属离子的去除效果有待提高等。

针对混凝法处理选矿废水中存在的问题,需要对其开展深入研究,包括混凝剂的改性开发,磁混凝、纳米电絮凝等新技术的研究,混凝机理的深入探讨以及高效固液分离设备的研发等,以促进混凝法在选矿废水处理中更好的发展。混凝剂的表面改性及复配能优化混凝性能,提高混凝效果,郭朝晖等^[33]通过优化聚硅硫酸铝铁中铝硅铁比,发现在 $\omega(\text{SiO}_2)=2.0\%$, $n(\text{Fe})/n(\text{Al})=1:1$, $n(\text{Fe}+\text{Al})/n(\text{Si})=2:1$ 配比下,铝和铁的加入增大硅酸的活性,形成比表面积巨大的细薄片晶状结构,表面致密,吸附卷扫效果增强,对钨铋选矿废水的 COD、重金属、悬浮物的处理均有显著的提高。

铝土矿正浮选尾矿水沉降与脱水一直是个难题,姜燕清^[34]从矿浆成分和物理化学性质入手,考察矿浆 pH 值、矿浆浓度、凝聚剂及絮凝剂等对尾矿沉降的影响,研究发现颗粒表面电性是影响尾水沉降的重要因

素,调节 pH=7 可实现良好沉降,其次是矿浆浓度;通过 Zeta 电位和红外光谱分析表明,聚丙烯酰胺能降低尾矿 ξ 电位绝对值,阳离子型聚丙烯酰胺主要以静电物理吸附为主;而阴离子型的主要通过氢键吸附于高岭石及一水硬铝石表面,产生强烈絮凝作用。

磁化处理能一定程度上促进混凝作用,改变金属离子活性,有利于与絮凝剂的整合作用,孙伟等^[35]将磁化絮凝技术引入白钨选矿废水处理中,研究发现当在废水中加入 2 g/L 的磁种与适量絮凝剂,放入 1 000 高斯的磁场中沉降,1 min 即可澄清,大大提高了絮凝效果。P Nunez^[36]针对某含砷废水,采用纳米电凝结技术,加入零价态的纳米铁颗粒进行电凝结处理,可生成氢氧化铁-砷酸盐沉淀,很好的去除了砷离子。

5 结语

综上所述,混凝法在选矿废水处理中有着很好的应用,取得了较大的发展。将混凝沉淀技术与选矿工艺相结合,根据选矿厂实际运行情况,适当处理与合理回用选矿废水,尽量降低废水对选矿指标的影响,最大限度地提高废水回用率,减少废水排放量,以实现经济循环发展,这对建立绿色矿山有着重要的现实意义。对此,为使混凝法在选矿废水处理中有着更好的发展,提出以下几点建议:

1) 结合选矿废水的水质特性,加强对混凝沉淀作用机理的研究工作,并深入探讨影响混凝效果的各种因素,尽量创造有利混凝的外部条件,提高废水处理效率。

2) 进一步开展优化改性传统混凝剂和研发廉价高效无毒的新型混凝剂研究工作,在废水实际处理时,应优先采用选厂周边的废水废渣,从而达到“以废治废”的目的。

3) 将混凝沉淀法与尾矿库自然沉降法、高效浓密机技术有机结合,根据选矿工艺流程、药剂制度等选厂实际运行情况,制定合理流程,建立稳定的废水处理系统,实现废水的零排放。

参考文献:

- [1] 刘航,杨树旺,唐诗,等.我国矿产资源开发与环境保护协调发展研究[J].中国国土资源经济,2013(3):40-43.
- [2] 王永龙,李宁钧.浅谈选矿和环境保护的关系[J].大众科技,2014,16(181):89-90.
- [3] 沈镭,高丽.中国西部能源及矿业开发与环境保护协调发展研究[J].中国人口(资源与环境),2013,23(10):17-23.
- [4] 罗仙平,谢明辉.金属矿山选矿废水净化与资源化利用现状与研究

- 发展方向[J].中国矿业,2006,15(10):51-56.
- [5] 宋宝旭,刘四清.国内选矿厂废水处理现状与研究进展[J].矿冶,2012,21(2):97-103.
- [6] 郭朝晖,姜智超,刘亚男,等.混凝沉淀法处理钨多金属矿选矿废水[J].中国有色金属学报,2014,24(9):2393-2399.
- [7] 湛含辉,张晓琪,罗定提.混凝机理的研究现状及其定义[J].株洲工学院学报,2003,17(5):1-4.
- [8] 唐玉斌.水污染控制工程[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2006.
- [9] 郑毅,丁曰堂,李峰,等.国内外混凝机理研究及混凝剂的开发现状[J].中国给水排水,2007,23(10):14-17.
- [10] 邹艳,杨艳玲,李星,等.三种常见混凝机理为主导条件下絮体特性研究[J].中国环境科学,2014,34(1):150-155.
- [11] 郭连起.论水的混凝[M].北京:中国建筑工业出版社,1986.
- [12] 殷友庭.紊流混凝动力学模式的建立、运用和开发[J].华东给排水,1991(2):35-39.
- [13] 王东升,刘海龙,晏明全,等.强化混凝与优化混凝:必要性、研究进展和发展方向[J].环境科学学报,2006,26(4):544-551.
- [14] 高杰,周如禄,郑彭生.高浊度矿井水处理中混凝剂投加方式研究[J].煤炭科学技术,201,43(3):142-145.
- [15] 王建兵,李亚男,蒋雯婷,等.混凝沉淀处理高浊高铁锰矿井水试验研究[J].中国矿业大学学报,2013,42(1):141-146.
- [16] 宋志伟,李燕.水污染控制工程[M].徐州:中国矿业大学出版社,2013.
- [17] 范德顺.硫酸铝混凝时的温度效应[J].净水技术,1989,2(10):26-28.
- [18] 毛玉红,冯俊杰,常青,等.不同涡流场形态下混凝效能研究[J].环境科学学报,2015,35(9):2826-2832.
- [19] 谢丹丹,童雄,谢贤,等.浓密机在选矿中的应用现状及研究进展[J].矿产保护与利用,2015(2):73-78.
- [20] 张艳,戴晶平,张康生.凡口矿选矿废水处理与利用试验研究[J].矿冶工程,2008,28(3):45-48.
- [21] 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):33-35,6.
- [22] 余永富.我国铁矿山发展动向、选矿技术发展现状及存在的问题[J].矿冶工程,2006(1):21-25.
- [23] 余波,王国栋,曾波,等.鄂西某高磷鲕状赤铁矿选矿废水回收处理研究[J].云南化工,2013,40(3):7-11.
- [24] 刘安平,倪文,张祖冈.梅山尾矿絮凝深锥浓缩试验研究[J].金属矿山,2005(10):30-32,74.
- [25] 勾金玲,赵福刚.高效深锥浓密机在梅山选厂的应用[J].矿业快报,2007(3):70-72.
- [26] 许国强.高悬浮物选矿废水处理技术与工程实践[J].矿冶,2005,14(2):28-32.
- [27] 朱易春,刘秀兵,刘祖文.淘锡坑钨矿废水处理的试验研究[J].中国矿山工程,2007,36(1):8-9,41.
- [28] 朱易春,王乃斌,聂明.淘锡坑钨矿废水处理方案设计[J].中国矿山工程,2007,36(6):18-20.
- [29] 李成秀,文书明.我国磷矿选矿现状及其进展[J].矿产综合利用,2010(2):22-25.
- [30] 李冬莲,秦芳.周新军.云南磷矿选矿回水研究(Ⅱ)——无机离子对安宁磷矿正浮选的影响[J].化工矿物与加工,2013(2):9-12.
- [31] 何向文,刘丽芬,张朝旺.云南胶磷矿浮选生产废水处理及再利用研究[J].非金属矿,2014,37(4):66-68.
- [32] 耿思清.磷矿浮选厂废水的处理及循环利用[J].贵州化工,2005,30(5):33-34,45.
- [33] 郭朝晖,袁珊珊,肖细元,等.聚硅酸硫酸铝铁复配及在钨铋选矿废水中的应用[J].中南大学学报(自然科学版),2013,44(2):461-468.
- [34] 姜燕清.铝土矿正浮选尾矿脱水及回用的研究[D].长沙:中南大学,2011.
- [35] 孙伟,刘令,曹学锋,等.白钨矿选矿废水净化回用基础研究[J].矿业研究与开发,2013,33(6):91-95.
- [36] NUNEZ P, HANSEN H K, AGUIRRE S, et al. Electrocoagulation of arsenic using iron nanoparticles to treat copper mineral processing wastewater[J]. Separation and Purification Technology, 2011, 79(2): 285-290.