

复配型聚合氯化铝处理低温高浊高碱水研究

李浩列 王磊 史立达

(中铝山东有限公司, 山东 淄博 255000)

[摘要] 新疆某水厂处理低温高浊高碱水时存在矾花沉降困难、出水浊度偏高的问题,能源消耗和运行成本高。本文从强化工艺混凝效果角度出发,将铁盐和硫酸铝分别与 PAC 复配聚合得到 PAFC 和 PACS,以 PAFC 和 PACS 作为混凝剂进行水处理实验,并添加阴离子助凝剂 PAM,研究复配混凝剂处理低温高浊高碱水的效果。实验结果表明,当饮用水级黄 PAFC 和黄 PACS 添加量在 50 mg/L 时,出水浊度分别降至 7.3 NTU、1.58 NTU,达到水厂出水要求;添加阴离子助凝剂 PAM 后,尤其是选用黄 PACS 搭配阴 PAM,出水浊度降至 0.34 NTU。采用黄 PACS 或 PACS + 阴 PAM 处理低温高浊高碱原水,药耗可降低 37.5%,漂白粉用量降低 40%,达到节约能源和降低运行成本的目标。

[关键词] 水处理;出水浊度;PAC;混凝剂;复配氯化铝;PAFC;PACS;能源消耗

[中图分类号] TF821; TU991.2 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 2097-2423(2023)03-0050-04

DOI: 10.19610/j.cnki.cn10-1873/tf.2023.03.010

0 前言

对于中小型水厂而言,水处理应考虑节约能源、运行费用等因素。新疆某水厂处理的原水温度低、浊度高且碱含量高,导致净化过程中出现矾花沉降困难、出水浊度偏高的问题,运行成本和能源消耗较高。

低温高浊高碱水的处理是水处理技术中的一个难题,原因在于低温时水中胶体间静电斥力增强,水的粘滞性增加,胶粒布朗运动下降,颗粒碰撞困难^[1-3],导致混凝剂水解、絮凝和沉降效果不佳^[4-5];浊度高时,水中颗粒总体碰撞次数虽增加,但有效碰撞比例下降;高碱度时,胶粒表面光滑,不易被吸附和捕捉^[6]。

同时,与其他水处理技术相比,以混凝、沉淀、过滤、消毒工序组成的常规水处理技术,由于成本低、工艺成熟,始终是给水处理最基本和最主要的手段^[7]。在给水处理技术中,混凝剂的选择与使用是混凝沉淀工艺的关键和核心^[8]。无机高分子混凝剂原料易得,成本及售价低^[9],同时絮凝沉降速度

快,用量少,抗腐蚀性好,在低温和广泛 pH 范围内具有高效絮凝效果^[10],并且混凝处理操作方便,对设备的限制性较小^[11],已被广泛应用于水处理行业。

在水处理厂实际生产中,常用聚铝类和聚铁类作为混凝剂。混凝时,聚铝类混凝剂形成的矾花体积大且疏松,但沉降速度慢;聚铁类混凝剂形成的矾花体积小而密实,沉降速度快,但不稳定^[9-12]。多位研究学者发现,不同金属离子的盐溶液在一定条件下羟化聚合形成的大分子同时表现出不同金属盐的优点^[13-16]。此外,含硫酸根的溶液与聚合氯化铝复配混凝性能好,稳定性高^[17],不仅可用于工业废水处理,还可用于饮用水处理^[18],并且对低温低浊原水处理效果特别好^[19]。

目前,从强化混凝工艺角度出发采用复配混凝剂来处理低温高浊高碱水的研究较少。郝俊国等^[6]对大庆某水厂进行生产性改造,并选用硫酸铝+活化硅酸(或聚丙烯酰胺)作为混凝剂,试验后该厂低温高浊高碱原水的出水浊度降至 3 NTU 以下。

为解决新疆某水厂低温高浊高碱原水矾花沉降困难、出水浊度偏高导致能源消耗较高的问题,本文将某公司功能材料厂生产的聚合氯化铝分别与铁盐溶液和硫酸铝溶液进行复配聚合,通过改变复配混凝剂投加量和添加助凝剂等方式强化混凝工艺效果,解决该水厂存在的问题。

[收稿日期] 2022-09-10

[作者简介] 李浩列(1978—),男,河南焦作人,硕士,主要研究方向为化学工程与技术。

[引用格式] 李浩列,王磊,史立达.复配型聚合氯化铝处理低温高浊高碱水研究[J].绿色矿冶,2023,39(3):50-53.

1 实验部分

1.1 新疆某水厂简介

新疆某水厂原水为高山融雪水,融水季节河水温度 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右,静置 24 h 后,浊度为 $300\sim 400\text{ NTU}$ 。水处理工艺采用6台高效纳米纤维一体化净水设备,设计供水量为 $4\ 600\text{ m}^3/\text{d}$,现有3台设备运行,水处理能力为 $3\ 000\sim 3\ 600\text{ m}^3/\text{d}$,要求出水浊度小于 8 NTU , pH 为 $6\sim 8$ 。水处理工艺流程为:原水-预沉池-次氯酸钠预氧化消毒-管道加药-管道混合-斜管区域反应沉淀-砂滤-次氯酸钠后处理-彗星式纤维精滤-出水。每 $1\ 000\text{ t}$ 水聚合氯化铝投放量为 80 kg (折 10% 液体),出现矾花不沉的现象。

1.2 制备絮凝沉淀水样

按 1 L 生水添加 1.0 g 高岭土比例模拟制备原水,浊度为 370.2 NTU , pH 为 8.8 ,每次选取 1 L 试验水样并采用冰块以隔离方式降温至 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。将温度计放入试验水样中检测温度,当温度上升 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时即开始加冰块,温度下降 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时立即停止添加冰块。

1.3 混凝剂制备方法

某公司功能材料厂通过两步法(盐酸、氢氧化铝、铝酸钙粉)生产饮用水级聚合氯化铝(铝含量 0% ,盐基度 75% ,简称黄PAC),采用一步法(盐酸、氢氧化铝)生产高纯级聚合氯化铝(铝含量 10% ,盐基度 45% ,简称白PAC)。本文采用含铁盐溶液、硫酸铝溶液与上述产品进行复配并进一步聚合,提高其盐基度,制备聚合氯化铝铁和聚硫氯化铝,简称为黄PAFC、白PAFC、黄PACS和白PACS。另外,添加助凝剂阴离子型聚丙烯酰胺PAM(浓度 1% ,投加量均为 3 mg/L),制备有机物复合的PAFC和PACS,简称为PAFC+阴PAM和PACS+阴PAM。

1.4 试验仪器

试验仪器为温度计、WGZ-1000AS浊度仪、ZR4-6混凝实验搅拌机。

1.5 絮凝实验

在 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温下,当搅拌机转速达到 110 r/min 时,向 1 L 水样中加入一定量的复配混凝剂,搅拌 5 min ,随后在转速 30 r/min 下缓慢搅拌 20 min ,然后停止搅拌,静置沉降 15 min ,取上清液检测相关指标。

2 结果与讨论

2.1 复配铁盐混凝剂添加量对出水浊度和 pH 值的影响

将含铁盐溶液分别与黄PAC和白PAC进行复

配得到黄PAFC和白PAFC,黄PAC和白PAC中铁含量分别为 0.181% 和 0.003% ,复配后黄PAFC和白PAFC中铁含量增加至 0.3% 。采用复配前和复配后混凝剂处理模拟原水,结果如图1所示。

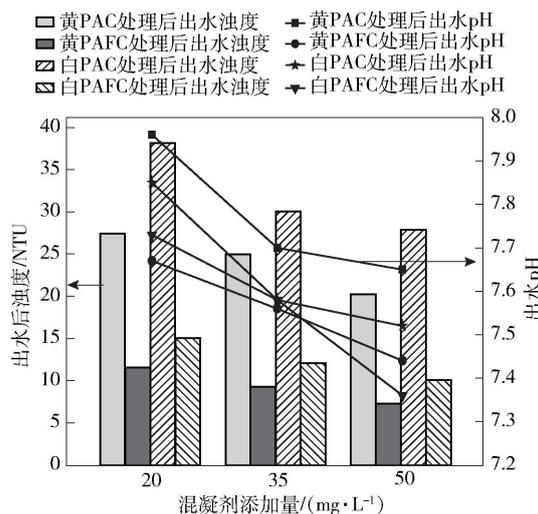


图1 添加复配混凝剂对出水浊度和 pH 的影响

从图1可以看出,使用黄PAC、白PAC和黄PAFC、白PAFC,出水 pH 均小于 8 ,且使用复配黄PAFC、白PAFC的出水 pH 值较使用复配黄PAC、白PAC低。

和采用黄PAC、白PAC相比,采用铁盐溶液复配的黄PAFC、白PAFC对原水进行处理,出水浊度明显下降。这表明PAC与铁盐溶液复配后有利于低温高浊高碱原水的处理。随着黄PAFC和白PAFC添加量增加,出水浊度持续下降。当黄PAFC添加量从 20 mg/L 增加至 50 mg/L ,出水浊度从 11.53 NTU 降至 7.3 NTU ,达到水厂出水要求;当白PAFC添加量从 20 mg/L 增加至 50 mg/L ,出水浊度从 15.07 NTU 降至 10.07 NTU 。这说明黄PAFC的絮凝效果优于白PAFC的絮凝效果。

2.2 助凝剂添加对出水浊度和 pH 值的影响

经过上述讨论可以发现,黄PAFC和白PAFC可以降低原水出水浊度,尤其当黄PAFC添加量为 50 mg/L 时出水浊度可以达到水厂要求。在此基础上添加助凝剂阴离子型聚丙烯酰胺PAM,探究助凝剂对低温高浊高碱原水处理后出水 pH 值和浊度的影响,结果分别见表1和图2。

从表1可以看出,黄PAFC和白PAFC添加助凝剂后,出水 pH 值分别为 7.26 和 7.17 ,符合自来水厂要求。

图2表明,当黄PAFC和白PAFC添加助凝剂

表1 助凝剂添加后对出水 pH 的影响

混凝剂名称	黄 PAFC	黄 PAFC + 阴 PAM	白 PAFC	白 PAFC + 阴 PAM
出水 pH	7.44	7.26	7.36	7.17

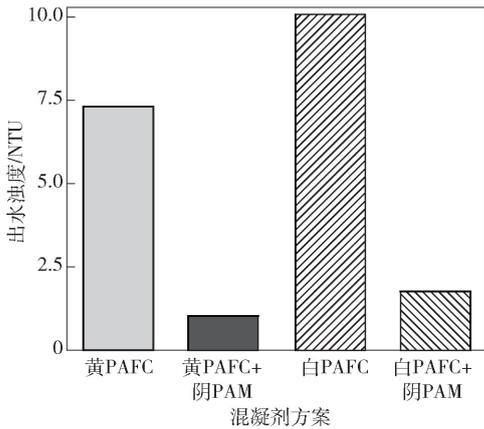


图2 助凝剂添加后对出水浊度和 pH 的影响

后,出水浊度分别达到 1.03 NTU 和 1.76 NTU,且两者的出水浊度基本相同,均达到水厂出水要求。综上,复配铁盐混凝剂黄 PAFC 添加量为 50 mg/L 时的絮凝效果最好,且添加助凝剂后浊度明显下降。

2.3 复配硫酸根混凝剂以及添加助凝剂对出水浊度和 pH 的影响

将黄 PAC 与硫酸根复配得到黄 PACS,并添加絮凝剂处理低温高浊高碱原水,观察浊度去除效果。根据上述讨论将投加量定为 50 mg/L。聚合氯化铝铁和聚硫酸铝以及添加助凝剂对出水浊度和 pH 值的影响见表 2 及图 3。

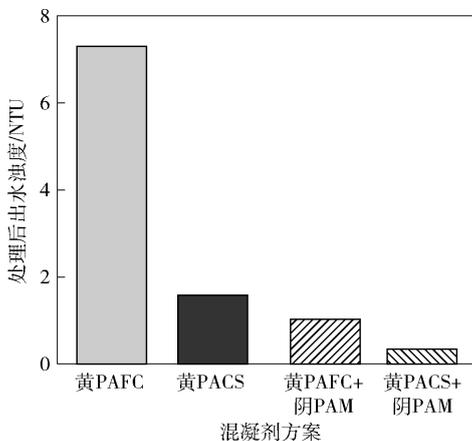


图3 聚合氯化铝铁和聚硫酸铝以及助凝剂添加后出水浊度的比较

从表 2 可以看出,采用黄 PACS 以及黄 PACS + 阴 PAM 处理原水后,出水 pH 分别为 7.21 和 7.05,符合自来水厂要求。

表2 聚合氯化铝铁和聚硫酸铝以及助凝剂添加后对出水 pH 的影响

混凝剂名称	黄 PAFC	黄 PACS	黄 PAFC + 阴 PAM	黄 PACS + 阴 PAM
出水 pH 值	7.44	7.21	7.26	7.05

从图 3 可以看出,与黄 PAFC 处理后出水浊度比较,采用黄 PACS 处理后出水浊度明显降低,为 1.58 NTU,与采用黄 PAFC + 阴 PAM 处理后出水浊度基本相同;当黄 PACS 中添加助凝剂后,出水浊度降至 0.34 NTU。

因此,黄 PACS 或黄 PACS + 阴 PAM 处理低温高浊高碱原水,出水可以达到水厂要求。

2.4 选用复配型聚合氯化铝能耗分析

以该水厂水处理能力为 3 000 ~ 3 600 m³/d 为例,采用原有工艺,每处理 1 000 t 水投药量为 80 kg 聚铝(折 10% 液体);采用黄 PACS 或黄 PACS + 阴 PAM 后,每处理 1 000 t 水投药量为 50 kg(折 10% 液体),药耗降低 37.5%,漂白粉使用量也较之前降低 40%。虽然铁盐、助凝剂等药剂的添加增加成本,但漂白粉用量以及药剂投加量减少,经核算最终成本仍旧降低。同时,采用黄 PACS 或黄 PACS + 阴 PAM 来强化混凝效果,直接处理该水厂低温高浊高碱原水,出水浊度明显降低。因此,采用黄 PACS 或黄 PACS + 阴 PAM,不仅降低混凝剂和漂白粉的药耗,降低运行成本和能耗,而且出水水质好,降低后续水处理负担,达到节约能源和经济实惠的目标。

3 结论

1) 复配铁盐的黄 PAFC 和复配硫酸根的黄 PACS 在投加量为 50 mg/L 时,出水水质均达到水厂要求,且黄 PACS 对低温高浊高碱水的处理效果优于黄 PAFC 的效果。

2) 在黄 PAFC 和黄 PACS 中添加助凝剂阴离子型聚丙烯酰胺 PAM,有助于降低低温高浊高碱原水的出水浊度,尤其黄 PACS 搭配阴 PAM 的出水浊度降至 0.34 NTU。

4) 对于低温高浊高碱原水而言,黄 PACS 与黄 PACS + 阴 PAM 效果相近。

5) 采用黄 PACS 或 PACS + 阴 PAM 直接对原水处理能够降低该水厂能源消耗和运行成本。

[参考文献]

- [1] 汪志永,戴红玲,周政,等. 低温低浊水处理技术的研究与应用[J]. 水处理技术,2016,42(10):20-24.

- [2] 倪鸿,周勉. 低温低浊及高浊高藻黄河水超磁分离净化技术[J]. 中国建设信息(水工业市场),2011(3):76-80.
- [3] 赖莉. 复配混凝剂(PAC-PDMAAC)处理嘉陵江水源水试验研究[D]. 重庆大学,2010.
- [4] 张文胜. 引黄水低温低浊期混凝特性试验研究[D]. 哈尔滨工业大学,2008.
- [5] 冯新才. 低温低浊水处理技术影响因素分析[J]. 科技创新与应用,2014(23):129.
- [6] 赫俊国,李永民,徐力群,等. 低温高浊高碱度原水的处理[J]. 中国给水排水,2000(3):44-46.
- [7] 李艳丽,江霜英,皮新华. PAC和PAFC用于低温饮用水处理的对比试验[J]. 工业水处理,2008(1):37-39.
- [8] 王惠. 安徽省集中式供水单位使用的混凝剂卫生质量评价[J]. 安徽预防医学杂志,2001(1):20-22.
- [9] 柴彬. 聚合氯化铝制备条件优化与应用研究[D]. 成都:西南交通大学,2017.
- [10] 张振花,何玉凤,等. 聚铁和聚铝类絮凝剂的改性及在废水处理中的应用研究进展[J]. 水处理技术,2010,36(9):10-15,24.
- [11] 徐碧. 新型混凝剂的制备及在印染废水处理中的应用[D]. 南京工业大学,2004.
- [12] 秦楠. 聚合氯化铝铁的制备及其复配的研究[D]. 吉林:东北电力大学,2016.
- [13] LIU Z, LI S, ZHANG H, et al. Preparation, characterization and coagulation behaviour of a novel inorganic coagulant-polyferric (III)-magnesium (II) sulfate[J]. Environment Protection Engineering, 2013, 39(3):57-71.
- [14] ZOUBOULISA I, TZOUPANOS N D. Polyaluminium silicate chloride—A systematic study for the preparation and application of an efficient coagulant for water or wastewater treatment[J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 162(2-3):1379-1389.
- [15] ZHENG H, JIANG Z, ZHU J, et al. Study on structural characterization and algae-removing efficiency of polymeric aluminum ferric sulfate (PAFS)[J]. Desalination and Water Treatment, 2013, 51(28-30):5674-5681.
- [16] 皮新华. PAFC给水处理的试验研究[D]. 上海:同济大学,2007.
- [17] 汤泉,胡彩霞,谢微,等. 基于废酸处理的聚硫氯化铝净水剂的合成研究[J]. 现代化工,2016,36(2):77-79.
- [18] 刘志宝,马洪芳. 水处理剂聚硫氯化铝的研究[J]. 山东化工,2000(4):9-10.
- [19] 程金仓,高翠芳. 新型混凝剂-聚硫氯化铝混凝性能及在电厂中的应用[J]. 江苏建材,2014(4):22-24.

Study on Treatment of Low Temperature, High Turbidity and High Alkali Water by Composite Polyaluminum Chloride

LI Haolie, WANG Lei, SHI Lida

Abstract: When dealing with low temperature, high turbidity and high alkali water in a water plant in Xinjiang, there were problems of difficult settlement of alum flower and high turbidity of effluent, and high energy consumption and operation cost. In this paper, from the perspective of strengthening the coagulation effect of the process, PAFC and PACS were obtained by compounding iron salt and aluminum sulfate with PAC respectively. PAFC and PACS were used as coagulants for water treatment experiments, and anionic coagulant PAM was added. The effect of compound coagulants on the treatment of low temperature, high turbidity and high alkali water was studied. The experimental results show that when the dosage of PAFC and PACS is 50 mg/L, the turbidity of the effluent is reduced to 7.3 NTU and 1.58 NTU respectively, which meets the requirements of the water plant. After the addition of anionic coagulant PAM, especially the use of drinking water level PACS with anionic PAM, the effluent turbidity decreased to 0.34 NTU. Using drinking water level PACS or PACS + anionic PAM to treat low temperature, high turbidity and high alkali raw water, the drug consumption can be reduced by 37.5%, and the amount of bleaching powder can be reduced by 40%, achieving the goal of saving energy and reducing operating costs.

Key words: water treatment; effluent turbidity; PAC; coagulant; compound aluminum chloride; PAFC; PACS; energy consumption