

复合铝混凝剂 CPAC 强化混凝去除藻类试验研究

谢 磊¹, 徐勇军²

(1. 南华大学 城市建设学院, 湖南 衡阳 421001; 2. 东莞理工学院 化学与环境工程系, 广东 东莞 523808)

摘 要:以三氯化铝和有机高分子 PGA 为原料, 制备了复合混凝剂 CPAC, 并探讨了该种混凝剂对含藻水的强化混凝去除作用。结果表明:复合混凝剂混凝效果优于单独的无机混凝剂 PAC, 当混凝剂投加量(以 Al 质量计)为 4.5 mg/L 时, PAC 的浊度去除率为 84.3%, 而 CPAC 的浊度去除率达到 93.1%; CPAC 对高浊度原水的去除效果好于低浊度原水, 当原水浓度从 30 NTU 提高到 1 000 NTU 时, 混凝剂投加量为 4.5 mg/L, 其浊度去除率相应的由 81% 提高到 98.2%; 混凝剂最佳投加量约为 4.5 mg/L, 在此浓度下, 浊度和叶绿素 a 的去除率达到最高, 分别为 93.1% 和 82.5%; pH 在 5.0~9.0 范围内, 混凝效果均比较稳定。

关键词:复合混凝剂; 聚合氯化铝(PAC); 除藻; 强化混凝

中图分类号:X703.1

文献标识码:A

Experimental Research of Removing Algae by Enhanced Coagulation with Composite Polymeric Aluminum Chloride

XIE Lei¹, XU Yong-jun²

(1. School of Urban Construction, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China;

2. Department of Chemical and Environmental Engineering, Dongguan University of Technology, Dongguan, Guangdong 523808, China)

Abstract: Composite polymeric aluminum chloride (CPAC) was prepared by using polymeric aluminum chloride (PAC) and cationic polymer flocculant PGA. The enhanced coagulation with CPAC was carried out in micro-polluted reservoir water. The experiment results show that CPAC is better than PAC in treating wastewater. When Al dosage is 4.5 mg/L, the turbidity removal rate of PAC is 84.3% and 93.1% of CPAC; When the turbidity ascends from 30 to 1000, the removal rate ascends from 81% to 98.2% at the condition of 4.5 mg/L Al dosage. The optimum Al dosage is 4.5 mg/L according to the quality of raw water, and the removal rate of the turbidity and chlorophyll a is 93.1% and

收稿日期:2009-05-17

基金项目:广东省教育厅高等学校自然科学研究重点资助项目(2007BA327C)

作者简介:谢 磊(1975-),男,湖南湘潭人,南华大学城市建设学院讲师,博士。主要研究方向:水处理药剂研究与应用、新型生物脱氮技术。

82.5%. The optimum pH of CPAC ranges from 5.0 to 9.0, so it does not need to adjust the pH of the raw water in experiment.

Key words: composite flocculant; polymeric aluminum chloride (PAC); algae removal; enhanced coagulation

0 引言

我国大多数水源都受到不同程度的污染,其中藻类微生物对水质影响很大.藻类形成的浊度颗粒电动电位高,形成的絮体比重小,具有较高的稳定性,难于下沉,同时它们会产生藻毒素,使水产生异味,增加消毒副产物量,因此,藻类的去除已成为给水处理领域十分重要的研究课题之一^[1-3].

强化混凝是除藻去浊的一种常用方法,其中无机高分子混凝剂一般都具有强烈的吸附电中和能力,且价格低廉,但其分子量相对较低,在混凝过程中实现颗粒物间粘结架桥的能力是有限的.有机高分子混凝剂同无机高分子混凝剂相比,用量少、混凝速度快、生成污泥量少,但售价高.因而,研制无机高分子与阳离子型有机高分子的复合型混凝剂使之既能充分增强无机高分子的电中和能力又能充分发挥有机高分子的粘结架桥作用,拓展其在水处理行业中的应用范围无疑有着重要的意义^[4-6].

本文采用碱滴定方法,制备出聚合氯化铝(PAC)与有机高分子复合混凝剂(Composite Polymeric Aluminum Chloride, CPAC),将其应用于不同浊度原水混凝脱浊处理,以期新型复合混凝剂的开发及其在含藻水的处理应用探求新的途径.

1 实验部分

1.1 主要设备与材料

瑞士 751GDP 自动滴定仪,磁力搅拌器,深圳中润 6 联混凝搅拌机,UV-2000 紫外分光光度计.

三氯化铝 $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (固体,分析纯),氢氧化钠 (固体,分析纯),HCl (液体,分析纯).

阳离子有机高分子混凝剂聚(二甲基二烯丙基氯化铵/丙烯酰胺)PGA (质量浓度 1%,自制).

水样:用铜绿微囊藻模拟实际富营养化源水的藻类生物,用高岭土微粒模拟浊度物质.

正式配水前,取一定量自来水,曝气 24 h,以消除配水时水中余氯对藻细胞活性的影响.取对数期生长的藻液,按一定比例稀释到曝气后的自

来水中.将所购的高岭土(<400 目)按一定浓度稀释到水中,沉降 2 h 后,去除沉降物,将稀释液用自来水再进一步稀释,以模拟实际富营养化源水的浊度物质.

1.2 实验方法

1) 复合铝混凝剂的制备

将一定体积 1 mol/L 的 AlCl_3 溶液倒入烧杯中,控制一定的温度,启动磁力搅拌器进行强烈搅拌,缓慢滴加 PGA 溶液至预定的 O/A 比值(有机高分子与无机高分子的质量比,以 PGA 与铝的质量比表示),然后滴加 0.5 mol/L 的 NaOH 溶液至预定的碱化度 B 值,滴加速度控制在 0.3 mL/min,待碱液全部滴完后,继续搅拌反应 30 min,熟化 24 h 后即制得不同 O/A 比值的透明的复合铝混凝剂(CPAC).

2) 混凝实验方法

在混凝试验搅拌仪上进行混凝试验,在 0.8 L 原水中加入一定量的混凝剂 CPAC,立即快速混合搅拌(300 r/min) 2 min,慢速搅拌(80 r/min) 5 min,静置沉淀 30 min,取上清液测定,水质评价指标有 pH 值、浊度、叶绿素 a 等.

2 结果与讨论

2.1 原水浊度对混凝效果的影响

原水浊度是水处理中影响混凝作用的一个重要因素,分别配制了 30、100、400、1000 NTU 四种不同浊度的原水,采用复合混凝剂进行试验,不同混凝剂投量下(以 Al 质量计,下同)的去浊结果见表 1.

由表 1 可见,同等混凝剂投加量下,复合混凝剂对于高浊度原水的去除效果明显好于低浊度原水.以 O/A 比值为 0.05 的 CPAC 混凝剂为例,在投加量为 4.5 mg/L 时,随着原水浊度的上升,其浊度去除率相应的由 81% 提高到 98.2%.而且试验过程中明显观察到高浊度原水处理后形成的矾花大而密实,沉降速度快.

试验中同时对比考察了 PAC 与 CPAC 在去浊效果方面的差异,结果表明,对不同浊度的原水,CPAC 去浊效果均明显优于单独的无机混凝剂 PAC.以去除浊度 100 NTU 的原水为例,当混

凝剂投加量为4.5 mg/L时,PAC的浊度去除率为84.3%,而CPAC的浊度去除率达到了93.1%。这一结果说明PAC与PGA复合后,其对水体中胶

体物质的吸附电中和作用和吸附架桥作用都有所增强,强化了混凝效果,达到了投药量少,净水效果好的目的。

表1 CPAC对不同浊度原水的去浊效果

Table 1 Removal rate of different turbidity with CPAC

原水浊度/NTU	PAC		CPAC (O/A=0.05)	
	投量/(mg·L ⁻¹)	浊度去除率	投量/(mg·L ⁻¹)	浊度去除率
30	4.5	75.5%	4.5	81%
100	4.5	84.3%	4.5	93.1%
400	4.5	90.2%	4.5	96.8%
1 000	4.5	93.3	4.5	98.2%

2.2 混凝剂投加量对混凝效果的影响

不同的水源水,达到最佳除藻去浊效果所需混凝剂的投加量不同。实验中选取6个不同混凝剂的投加量进行试验,原水为100 NTU,叶绿素含量为30 g/L,通过分析比较混凝除藻效果,确定出最佳投加量。

由图1可见,随着复合混凝剂投加量的增加,浊度、叶绿素a的去除率呈现出先增加再降低的趋势。当混凝剂的投加量在4~7 mg/L范围内时,浊度和叶绿素a的去除效果较好,在混凝剂投加量为4.5 mg/L时,浊度和叶绿素a的去除率达到最高,分别为93.1%和82.5%。这是因为在投加量较低时,难以形成絮体或形成的絮体很小,比重和水接近而难以沉淀,故去除率不高。随着混凝剂投加量的增加,絮体体积增大同时也变得越来越密实,其沉降速度明显加快,故去除效果增强。但是当混凝剂投加量超过一定限度时,带负电的藻类细胞吸附了过多的反离子,使原来带的负电变为正电荷,发生了再稳现象,导致大量小而稳定、难以沉淀的微絮体存在,这样在很大程度上降低了吸附架桥的有效性,去除率反而降低。

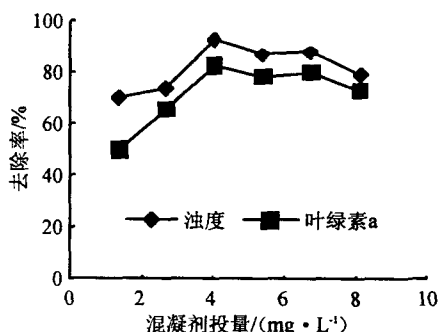


图1 混凝剂投加量对混凝效果的影响

Fig. 1 Coagulation effects of different CPAC dosage

2.3 pH值对混凝效果的影响

在混凝反应中,水体的pH值是影响藻类和浊度去除效果的重要因素,而且对胶体颗粒的表面电荷的Zeta电位、混凝剂的性质和作用等都有很大的影响,不同的混凝剂都有其最佳混凝pH值区域。试验中通过滴加HCl和NaOH,配置不同pH值的原水,考察了pH值对混凝过程的影响。调整原水的pH值分别为5.0、6.0、7.0、8.0、9.0,混凝剂的投加量为4.5 mg/L,原水为100 NTU,叶绿素含量为30 g/L,进行试验,pH值对混凝效果的影响见图2。

从试验结果得知,在pH=5.0~9.0范围内,浊度和叶绿素a的去除率虽然有所波动,但是幅度不大,混凝效果比较稳定,效果比较好。所以CPAC适用范围较宽为5.0~9.0,但在pH值为6~8范围内时,去除效果最好。可见CPAC适用的pH值范围较宽,实际应用时大多数情况下无需对原水的pH值进行调整,从而拓宽了该新型混凝剂的应用范围。

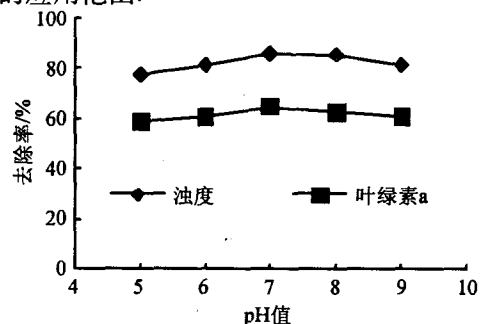


图2 pH值对CPAC混凝过程的影响

Fig. 2 Effects of pH on coagulation

3 结论

采用碱滴定方法,成功制备了PAC与有机高

分子 PGA 的复合混凝剂,并体现出优良的除藻去浊性能,结果如下:

1) 同等混凝剂投加量下,复合混凝剂对于高浊度原水的去除效果明显好于低浊度原水. 以 O/A 比值为 0.05 的 CPAC 混凝剂为例,在混凝剂投加量为 4.5 mg/L 时,随着原水浊度的上升,其浊度去除率相应的由 81% 提高到 98.2%. 而且试验过程中明显观察到高浊度原水处理后形成的矾花大而密实,沉降速度快. 此外,CPAC 去浊效果优于单独的无机混凝剂 PAC. 以去除浊度 100NTU 的原水为例,当混凝剂投加量为 4.5 mg/L 时,PAC 的浊度去除率为 84.3%,而 CPAC 的浊度去除率达到了 93.1%.

2) 混凝剂投加量是影响混凝过程的重要因素,随着混凝剂投加量的增加,浊度、叶绿素 a 的去除率均呈现出先增加再降低的趋势. 当混凝剂的投加量在 4~7 mg/L 范围内时,浊度和叶绿素 a 的去除效果较好,在混凝剂投加量为 4.5 mg/L 时,浊度和叶绿素 a 的去除率达到最高,分别为 93.1% 和 82.5%. 混凝剂投加量大时形成的絮体密实且沉降速度快,故去除效果增强. 但是过量的投加量可能导致絮体的反稳,从而降低混凝效果.

(3) 在 pH = 5.0~9.0 范围内,CPAC 对浊度

和叶绿素 a 的去除效果相对稳定,效果比较好. 但在 pH 值为 6~8 范围内时,去除效果最好. 可见 CPAC 适用范围较宽,实际应用时大多数情况下无需对原水的 pH 值进行调整.

参考文献:

- [1] 石 颖,马 军,蔡伟民. 湖泊、水库水的强化混凝除藻的试验研究[J]. 环境科学学报,2001,21(2):251-253.
- [2] 张跃军,李潇潇,赵晓蕾,等. PAC/PDM 复合混凝剂用于夏季太湖水混凝脱浊研究[J]. 环境科学,2008,29(8):2195-2199.
- [3] 田秉晖,葛小鹏,潘 纲. PDADMAC 强化混凝去除腐殖质类天然有机污染物的研究[J]. 环境化学,2007,26(1):92-97.
- [4] 谢 磊,胡勇有. 聚合铝与有机高分子复合混凝剂水解-聚合历程及结构形貌研究[J]. 环境化学,2007,26(1):39-41.
- [5] 王东升,刘海龙,晏明全. 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.
- [6] Jarvis P,Jefferson B,Parsons S. Floc structural characteristics using conventional coagulation for a high doc, low alkalinity surface water source [J]. Water Research, 2006,40 (14):2727-2737.

(上接第 67 页)

$$u_{rel(x)} = \sqrt{u_{rel(x1)}^2 + u_{rel(x2)}^2 + u_{rel(x3)}^2 + u_{rel(x4)}^2 + u_{rel(x5)}^2} \\ = 1.65 \times 10^{-2} \quad (21)$$

2.4 扩展不确定度 U

在无特殊置信水平要求情况下,测量结果的扩展不确定度包含因子 K 取 2(95%),则扩展不确定度 U 为:

$$U = 9.915 \times 2 \times u_{rel(x)} = 0.327 \text{ (mg/L)}$$

3 结论

通过邻二氮菲分光光度法测水中铁的不确定度评定,得出扩展不确定度的结果为 $\pm 0.327 \text{ mg/L}$. 从不确定度的评定过程来看,影响测量结果的不确定度因素有很多,主要来自于水样的重复测量和标准曲线拟合,前者产生主要影响. 选择精度高的容量仪器,称量仪器,以及规范操作对测量结果的

准确性也具有很重要的意义.

参考文献:

- [1] 尚得军,王 军. 测量不确定度的研究和应用进展[J]. 理化检测(化学分册),2004,40(10):623-626.
- [2] 龚思维,楚民生,沈泽敏. 分光光度法测定磷的测量不确定度的评定[J]. 化学分析计量,2004,13(6):18-22.
- [3] 倪育才. 实用测量不确定评定[M]. 北京:中国计量出版社,2000.
- [4] 宋姐音,徐建平. 化学检测实验室线性最小二乘校准的不确定度评定[J]. 环境监测管理和技术,2003,15(6):32-33.
- [5] 孔和云. 水质铜的不确定度评定[J]. 污染防治技术,2006,19(6):55-57.