

# 聚合氯化铝絮凝剂的性能研究 生活污水中的应用

薛笋静<sup>1</sup>, 张玮<sup>2</sup>, 杨小勇<sup>1</sup>, 郦朝晖<sup>1</sup>

(1. 煤炭科学研究总院杭州环保研究院, 浙江 杭州 311201;

2. 上海环境工程设计研究院有限公司, 上海 200071)

**摘要:** 聚合氯化铝(PAC)是一种新型、高效的无机高分子絮凝剂,具有形成絮体速度快、矾花大、除浊效果好等优点。PAC对生活污水具有良好的去浊、除色效果。研究内容包括:最佳投药量、PH值影响和搅拌速度的影响以及高分子絮凝剂作用机理的研究,通过正交实验确定了pH值和聚合氯化铝投加量与COD<sub>Cr</sub>、浊度去除率之间的关系。实验表明:PAC的最佳投药量为750mg/l, pH适宜范围在7.0-9.0之间;在最佳条件下,PAC对生活污水的浊度去除率为98.75%, COD<sub>Cr</sub>的去除率为83.67%。

**关键词:** 水处理、生活污水、絮凝剂、絮凝法、COD<sub>Cr</sub>、浊度

中图分类号:X703

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2012)02-0033-04

## STUDY ON THE PROPERTIES OF POLYALUMINIUM CHLORIDE

XUE sun-jing<sup>1</sup>, ZHANG Wei<sup>2</sup>, YANG Xiao-yong<sup>1</sup>, LI Chao-hui<sup>1</sup>

(1. Hangzhou Institute For Environmental Protection, CCRI, Hangzhou 311201, China;

2. Environmental Engineering Research Institute of Shanghai, Shanghai 200071, China)

**Abstract:** Polyaluminium chloride is a new inorganic coagulant with high effect, PAC has the advantage of coagulant's fast sinking, large flocs and effect in wastewater treatment. The PAC has the excellent turbidity reduction and so on for domestic sewage. The optimum dosages of these flocculants, the effect of the PH value, the mixing speed and the temperature were studied in this paper. The effects of the composition between the inorganic polymer flocculants and the organic coagulation polymer flocculent were also discussed in the coagulation process. The experiment showed that The optimum dosages of the PAC is 750mg/l and the optimum range of PH is 7-9, under the optimum circumstance, the turbidity reducing rate of the PAC for domestic sewage reached on 98.75%, the COD<sub>Cr</sub> reducing rate reached on 83.67%.

**Keyword:** water treatment, domestic sewage, flocculation, coagulation treatment, chemical oxygen demand, turbidity

### 1 前言

絮凝法重要的水处理方法,是目前国内外普遍用来提高水质处理效率的一种既经济又简便的水质处理方法,絮凝效果的好坏直接影响相关

流程的效果、费用及最终出水水质,因此,高效絮凝剂的研究和开发是环境工程中的重要领域之一<sup>[1]</sup>。近年来无机高分子絮凝剂的研究开发已成为热点<sup>[2,3]</sup>,引起国内外广泛关注。本文征对生活污水的实际条件,系统的研究了聚合氯化铝(PAC)絮凝处理方法及其机理,为生活污水的有效处理进行

了有效的探索。本实验的聚合氯化铝(简称 PAC)絮凝剂,对浊水具有良好的絮凝效果,我们对其性能进行了研究,可为 PAC 工业生产及推广应用提供重要参考。

## 2 聚合铝作用机理

聚合凝聚形态与絮凝作用机理[4]

低 pH 值→高 pH 值

$Al_{13}(OH)^{7+}_{24} \rightarrow Al_{13}(OH)^{5+}_{26} \rightarrow Al_{13}O_4(OH)_{28}^{3+} \rightarrow nAl$  聚合物

聚合氯化铝(PAC)是一种高效的絮凝剂,聚合氯化铝可以有不同的制作方法,可以根据污水混凝所要求的混凝条件来设计。聚合氯化铝可以看成是  $AlCl_3$  的中间产物,相对于其它混凝剂,聚合氯化铝具有良好的絮凝效果,当污水浊度较高时,聚合氯化铝的混凝效果更明显。

PAC 絮凝作用机理<sup>[5]</sup> PAC 是由  $Al^{3+}$  盐水解-聚合产物-不同聚合度的阳离子所组成,其絮凝作用机理可概括三点:一是对胶体颗粒污染物质进行电性中和脱稳作用;二是:对已凝聚的次生粗大颗粒进行吸附桥价的絮凝作用;三是:除去水中有害离子的吸附和络合作用。因此 PAC 可以处理生活用水和废水,并能吸附去除一些有害的阴、阳离子。PAC 的絮凝作用主要取决于  $Al^{3+}$  盐-聚合产物中多聚体的表面结构特征。多聚体表面上极性活性部位应该和被聚体的次生粗大颗粒表面上活性部位进行较强烈的相互作用,即只有二者的表面结构适应,絮凝过程才能自动向体系能量减少的方向进行。水中有害离子的去除,可能主要是靠其中的多聚体及聚体产生的次生粗大颗粒表面上极性部位和正、负离子发生强烈吸附作用完成的,当然在某种场合也可能是通过与  $Al^{3+}$  形成络合物而去除。

## 3 实验部分

### 3.1 仪器和试剂

仪器:722 型分光光度计、六联电动搅拌机(湖北潜江市仪器厂)、pHS-3C 型精密酸度计(上海雷磁仪器厂)、500 ml 全玻璃回流装置

试剂:聚合氯化铝(PAC)、硫酸铝( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ )、硫酸、硫酸硫酸银、重铬酸钾标液、硫酸亚铁铵标液、硫酸汞

### 3.2 水样分析

生活污水是人们经常生活过程当中排出的水,污水来自家庭、商业、餐馆、学校和城市公共设施,主要是人们生活过程中产生的污水。生活污水中主要污染物有动植物油、悬浮物、碳水化合物、蛋白质、表面活性剂、氮和磷的化合物、微生物货物无机盐等<sup>[6]</sup>。

实验所用废水水样是取自某大学西校区生活区生活污水,水温为 250C-300C,水质呈黑褐色。其水质情况见表 1:

表 1 水质情况

水样	COD 值	PH 值	浊度(NTU)	颜色
生活污水	198mg/l	8.73	262.55	黑褐色

## 3.3 实验方法

### 3.3.1 浊度的测定

浊度的测定采用分光光度法。以硅藻土配制浊度标准溶液,在波长 340nm(此波长下天然水中存在的淡黄色或淡绿色对测定无干扰)处用 722 型分光光度计测定相应吸光度值,依据上式计算浊度。

### 3.3.2 PH 值的测定

水样的 PH 值的测定采用 PH 值精密酸度玻璃电极测定,在测量 PH 值之前,首先得对玻璃电极进行标定,以保证数据的准确性。

### 3.3.3 COD<sub>Cr</sub> 的测定

水样 COD<sub>Cr</sub> 的测定采用重铬酸钾快速法测定,测定水样的 COD<sub>Cr</sub> 时要注意操作步骤的准确性,所取水样为 20ml,用玻璃回流装置回流 2 小时,用硫酸亚铁铵进行标定,从而测定铬的含量。

### 3.3.4 絮凝实验方法

取一定量的废水水样做烧杯实验。调节 pH 值,搅拌混合均匀,投加絮凝剂后先快速搅拌后中速搅拌,再慢速搅拌,静置一定时间后,取上清液测定其浊度、COD<sub>Cr</sub> 值及其去除率等指标。

## 4 结果与讨论

### 4.1 PAC 投加量对絮凝处理效果的影响

本实验所取水样为生活污水,在六联变速搅拌机上通过烧杯实验来确定絮凝剂的最佳投药量。PAC 的 pH 适宜范围在 6~9 之间<sup>[5]</sup>,原水样的 pH 值在 8 左右,故在不调节 pH 值的基础上进行实验。实验条件为:取 250 ml 烧杯 8 个,并取水样 200ml 于每个烧杯中,投加 PAC 絮凝剂量依次为:50、250、500、750、1 000、1 250、1 500、1 750 mg/l,先快速搅拌 30S(200 r/min),后中速搅拌 30S(120 r/

min),然后慢速搅拌 1 min(70~80 r/min),待静置 20 min 左右,取上层清液进行实验,用重铬酸钾法测其 COD<sub>Cr</sub> 的值,并测其在 340 nm 处的吸光度,从而确定其浊度;

作出浊度去除率-PAC 投加量曲线、COD<sub>Cr</sub> 去除率-PAC 投加量曲线,根据这些关系图。来确定絮凝剂最佳投药量。实验结果见图 1、图 2:

试验结果表明,当 PAC 投加量小时,COD 去

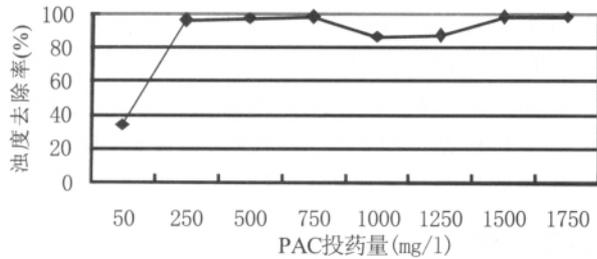


图1 浊度去除率(%)—PAC 投加量曲线图

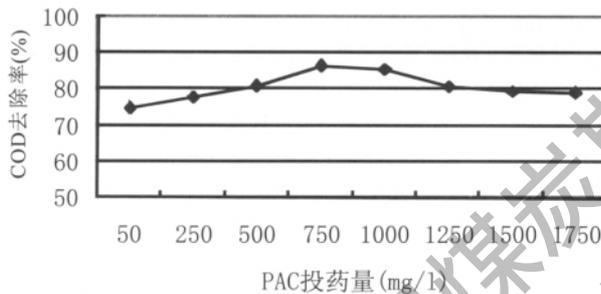


图2 COD<sub>Cr</sub> 去除率(%)—PAC 投加量曲线图

除率随 PAC 的投加量显著提高,而当 PAC 投加量增加到 750 mg/l 时,再增加 PAC 的量,COD 去除率增加缓慢,且随着 PAC 的量的增加,所形成矾花越来越小,下沉越来越慢;当 PAC 量为 1 000 mg/l 时,矾花非常细小,甚至出现上浮,无法分层等现象。综合矾花沉降速度、处理后效果及经济等方面的因素,确定 PAC 的最佳投药量为 750 mg/l,此时的絮凝效果最好;如果在最佳投药量时再继续投加絮凝剂,则 COD 增加,COD 去除率反而有所降低,浊度有所增加,且絮体出现再稳现象。

这是由于分散在水中的胶体颗粒带有一定的电荷,它们之间的电斥是胶体稳定的主要因素。胶粒表面的电荷值常用电动电位  $\xi$  来表示,又称为 Zeta 电位<sup>[7]</sup>。Zeta 电位的高低决定了胶体颗粒之间的斥力的大小和影响范围。一般在天然水中胶体颗粒的 Zeta 电位在 -30mV 以上,投加絮凝剂后,只要电位降到 -15mV 左右即可得到较好的絮凝结果<sup>[8]</sup>。实验中随 PAC 加入废水中的量不断增加,开

始时使颗粒的 Zeta 电位急剧下降,曲线较陡;达到等电点以后,其变化显得不明显,曲线较平坦。这两个阶段中,污染物未充分脱稳,水处理效果欠佳。当 Zeta 电位小于 0 时,絮凝进行的最好,曲线出现峰值。当 PAC 过剩时,由于颗粒的超负荷现象而导致新的稳定(再稳定),絮凝进行缓慢,被处理水样出现混浊,含有显著剩余铝,COD<sub>Cr</sub> 去除率有明显的降低。故确定最佳投药量为 1 000 ml 水中投加 750 mg 聚合氯化铝。

#### 4.2 pH 值对 PAC 絮凝处理效果的影响

做烧杯实验,取一组(6个)200 ml 的水样于 250 ml 的烧杯中,用 HCl 或 NaOH 调节其 PH 值依次为 5、6、7、8、9、10,再在每一份中投加 750 mg/l 的 PAC 絮凝剂后,先快速搅拌 0.5min(200 r/min),后中速搅拌 0.5 min(120 r/min),然后慢速搅拌 1 min(70~80 r/min),待静置 20 min 左右,取上层清液,测定其上层清液的浊度值,做出浊度去除率—PH 值关系曲线图;测定其 COD<sub>Cr</sub> 的值,做出 COD<sub>Cr</sub> 的去除率—PH 值关系曲线图;依据这关系图确定絮凝最佳 PH 值。试验结果见图 3、图 4:

从试验结果得知,水体的 pH 值对絮凝效果

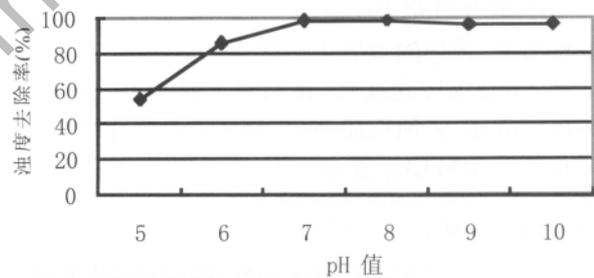


图3 浊度去除率(%)—PH 絮凝效果曲线图

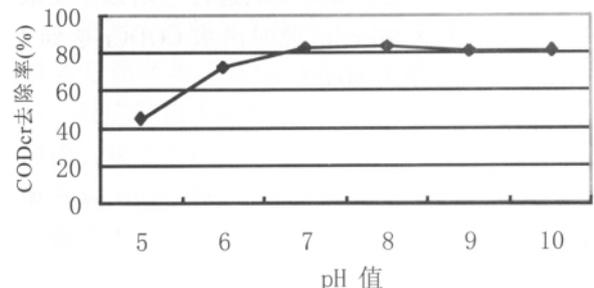


图4 COD<sub>Cr</sub> 去除率(%)—PH 絮凝效果曲线图

影响非常显著,在 pH=4 和 pH=5 时,处理效果极差,其去浊、去色效果极不明显,其上层清颜色和原水样差不多,且难以分层;在 pH=6~9 范围内,处理效果较好,絮体生快,矾花大,浊度、色度、COD 去除率也较高;且当 pH=8 时去除效果最好,

上清液最清澈,此时达到最佳状态;而 pH=10 时,其去除效果不是很好,其上清液还有原水样的颜色;故确定最佳 pH 值为 8 左右。因此,在实际应用当中,可以通过调节水样的 PH 值来提高处理效果,可以投加碱或酸将水体 PH 值调到适宜范围,以增强絮凝效果。由于原水样 PH 值在 8 左右,故在实际应用时无需调节 pH 值就可直接使用,这大大地降低了使用成本和费用。

## 5 结论

(1)生活污水 COD 及浊度的去除率是衡量絮凝反应系统处理效果的两项重要指标。处理实验结果表明,PAC 的 pH 值适宜范围在 7-9 之间,采用 PAC 絮凝剂絮凝反应处理实际生活污水,浊度去除率达到 91.8%~98.89%;COD 去除率达到 80.80%~86.40%,达到国家一级标准;水温对浊度和 COD 去除率效果无明显影响;搅拌速度和时间对 COD 和浊度去除有一定的影响。经絮凝反应处理后的出水感观良好,清澈、透明、无臭味。实验结果表明,这种絮凝剂用于污水处理,能够发挥其反应特性,对生活污水具有较高的处理效能,有实际应用推广价值。

(2)聚合氯化铝(PAC)具有高吸附性和絮凝等各种功能,采用聚合氯化铝处理生活污水,絮凝能力强,絮凝反应速度快,污染物去除率高,且处理后水质清亮,去浊性能强;在最佳条件下由于聚合氯化铝铁(PAFC)是复合絮凝剂,COD<sub>Cr</sub> 的去除率

(上接第 23 页)

情况,是由于沉积物会覆盖在铁和活性炭的表面,阻碍铁炭之间微电解反应顺利进行<sup>[7]</sup>。所以本文取反应停留时间为 90 min,此时出水 COD<sub>Cr</sub> 达到 1 247 mg/L,去除率为 40.6%。

## 3 结论

通过单因素试验确定微电解反应中 Fe/C 质量比、进水 pH、反应停留时间对 COD<sub>Cr</sub> 去除效果的影响,得到实验结果表明:当 Fe/C 质量比 5:1,进水 pH 值为 3.0,反应时间为 90 min。对 COD<sub>Cr</sub> 的去除效果最好,COD<sub>Cr</sub> 从 2 300 mg/L 降到 1 159 mg/L,COD<sub>Cr</sub> 的去除率达到 49.6%。由实验结果可知微电解工艺处理含压裂液煤层气产出水在技术上是可行的,可以处理废水将近一半的 COD,满足后续处理的要求。可以与生化或人工湿地等工艺组合对其进行深度处理,达到国家要求

优于 PAC,对生活污水具有更好的去除效果,由于含有铁离子,影响浊度的去除。

(3)由实验结果可知:聚合氯化铝絮凝剂性能稳定,使用的温度和 PH 值范宽。

使用聚合氯化铝替代传统的铝盐,可明显提高污水处理效能、降低处理成本、改善出水水质。这主要表现在:优良的凝聚除浊脱色和去除腐殖质的效果及较广的适用 PH 值范围。聚合铝不仅具有强烈的凝聚去浊效果,而且也具有明显的脱色及去除腐殖质的效果。在相同的处理条件下达到最佳絮凝作用,聚合铝所需的剂量比传统的铝盐要少 1/3 之多。在相同的剂量条件下,使用聚合铝能够获得比传统铝更低的残余浊度,因而可以用较低剂得到相同的处理结果。

## 参考文献

- [1] 潘西惊.给水絮凝技术的现状和新进展[D].西安石油学院资料,1996,1,1.
- [2] 甘光奉,甘莉.高分子絮凝剂研究的进展[J].工业水处理,1999,19(2):6-7.
- [3] 栾兆坤,宋永会.聚硅酸金属盐絮凝剂的制备和絮凝性能[J].环境化学,1997,16(6):543-550.
- [4] 徐国想,阮复昌.铁系和铝系无机絮凝剂的性能分析·广东·华南理工大学化学工程研究所·2001.6.
- [5] 陆柱,蔡兰坤.水处理药剂,北京,化学工业出版社,2002.
- [6] 肖锦,城市污水处理及回用技术,北京,化学工业出版社,2002.
- [7] 奚旦立,孙裕生.环境监测.北京,高等教育出版社,2000.
- [8] 付学起,赵晓兵,混凝在绿磺隆农药废水中的应用,南开大学环境科学系,天津,2003.

的排放标准。

## 参考文献

- [1] 秦树林,陈蕾,周可英.矿区生活污水中污染物存在形态与分布规律研究[J].能源环境保护,2010,3(24):18-23.
- [2] 李登勇,潘霞霞,吴超飞,等.氧化/吸附/混凝协同工艺处理焦化废水生物处理出水的过程及效果分析[J].环境工程学报,2010,4(8):1719-1725.
- [3] 张子间.微电解法在废水处理中的研究及应用[J].工业安全与环保,2004,30(4):8-10.
- [4] 王博涛,刘欢,刘峰,等.羧甲基酸性压裂液在安塞油田的应用[J].石油化工应用.2010,5(29):34-37.
- [5] 蒋宝云,等.微电解-Fenton 联合工艺处理酸化压裂废水[J].环境科学与技术,2010,33(6):327-331.
- [6] 吴锦利.铁炭微电解预处理聚酯树脂废水的试验研究[J].环境科学与管理,2011,36(1):75-78.
- [7] 许春生.铁炭微电解预处理高浓度酒精废液[J].环境科学与管理,2010,1,(35):102-105.