



# 山东省泰和水处理有限公司

<http://www.thwater.com>

您现在的位置是: 首页 >> 技术专栏 >> 技术文章

## 高分子絮凝剂CPF的合成和用于生活污水处理研究

谭江月(西南科技大学环境与资源学院, 绵阳621000)作者简介: 谭江月(1980—), 女, 硕士, 主要从事环境工程的教学与科研工作。E-mail: tanjy1980@126.com

**摘要:**通过改变水溶液聚合配比、温度和时间等得出合成高分子絮凝剂CPF的最佳工艺条件。并将合成的CPF絮凝剂与5种无机絮凝剂进行复配, 对生活污水进行絮凝处理, 优化出CPF与无机絮凝剂的最佳复配方案。采用最佳复配方案, 进行了絮体回用效果实验, 为CPF絮凝剂在水处理中的应用提供了重要的科学依据。

**关键词:** 高分子絮凝剂CPF; 无机絮凝剂; 生活污水

甲基丙烯酰氧乙基三甲基氯化铵(DMC)是一种重要的阳离子单体, 它的均聚物与丙烯酰胺(AM)合成产生的共聚物聚甲基丙烯酰氧乙基三甲基氯化铵(cationic polymeric flocculant-DMC copolymer, CPF)是一种多功能、高活性的阳离子高分子絮凝剂。在众多高分子絮凝剂中, CPF以电荷度可控、电荷分布均匀、分子量高、适用范围宽、成本低而备受瞩目; 除上述特点外, CPF还具有在水处理中用量小、絮凝速度快、产生污泥量少、处理效率高等诸多优点, 而且使用后易为环境中微生物所分解[1]。CPF在美国、日本等国广泛用于石油、造纸、食品加工和印染纺织等工业废水和生活污水的净化处理, 目前已成为最重要的一类阳离子粉末产品, 而国内的CPF的生产能力低, 在水处理中的应用也不广

泛[2]。本文作者在研究CPF聚合工艺的基础上, 将合成的CPF产品用于生活污水处理实验。

### I 高分子絮凝剂CPF的合成

#### 1. 1 试剂与仪器

DMC, 70. 28% 的水溶液; AM; K2S2O8; NaHSO3; 通N2装置; 恒温装置; 乌氏粘度计。

#### 1. 2 实验方法

将一定量的DMC水溶液与AM水溶液按比例混合, 置于反应容器中, 加蒸馏水稀释到所需浓度, 通

N215 min，然后将适量的K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> / NaHSO<sub>3</sub>溶于水后加入到混合溶液中，并继续通N<sub>2</sub> 10 min。将反应容器口密封后置于50℃恒温水浴中反应数小时后停止，即得CPF，经乌氏粘度计测定后，用其特性粘度表征其相对分子质量的大小。

通过改变阳离子单体用量、反应时间和反应温度的多次正交实验，得出CPF的最佳聚合条件：单体配比为DMC%(质量)为40%-60%，DMC水溶液的浓度为14%~18%，反应时间为4~5 h，反应温度为45~55℃。在此反应条件获得的CPF产品的特性粘度为744.6 mL/g。

## 2.5 5种无机絮凝剂与CPF絮凝剂单独、复配处理生活污水的效果对比

目前生活污水处理中常用的无机絮凝剂有：FeCl<sub>3</sub>、FeSO<sub>4</sub>、Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>、AlCl<sub>3</sub>和Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>等[3、4]。先将CPF絮凝剂与上述5种无机絮凝剂在各自最佳投加量的条件下进行效果对比实验，再将CPF絮凝剂分别与FeCl<sub>3</sub>、FeSO<sub>4</sub>、Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>、AlCl<sub>3</sub>和Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 5种无机絮凝剂复配，考察复配使用的效果。

### 2.1 试剂与仪器

CPF，自制( $\eta=744.6$  mL/g)；三氯化铁，分析纯；硫酸亚铁，分析纯；硫酸铁，分析纯；三氯化铝，分析纯；硫酸铝，分析纯；COD测定试剂；DF-101B电动磁力恒温搅拌器；PHS-3B精密pH计；JHR-2型节能COD恒温加热器。

### 2.2 生活污水水质

水样为西南科技大学生活污水，其主要水质指标为COD 360 mg/L；SS 150 mg/L；pH 7.2(本文中，生活污水处理实验均采用此水样)。

### 2.3 出水水质控制指标

出水水质控制指标执行国家《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级标准，即COD <60 mg/L；SS <20 mg/L；pH 6~9。

### 2.4 实验方法

单独处理：分别取1000 mL污水样于6个1000 mL烧杯中，在高转速(100~120 r/min)搅拌下将一定量的6种絮凝剂分别投入6个烧杯中，搅拌3 min后，降低转速至40 r/min，搅拌5 min。静置20 min后，取上层清液进行水质分析。

复配处理：取1000 mL污水样于1000 mL烧杯中，在高转速(100~120 r/min)搅拌下加入一定量的无机絮凝剂，搅拌1.5 min后加入CPF絮凝剂，再搅拌1.5 min后，降低转速至40 r/min，搅拌5 min后静置20 min，取上层清液进行水质分析。

### 2.5 水质分析

COD测定采用重铬酸钾法(GB11914), pH测定采用玻璃电极法(GB6920—1986), SS测定采用滤纸法。

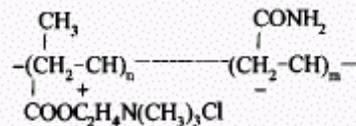
## 2. 6 实验结果

5种无机絮凝剂与CPF絮凝剂单独处理和复配处理效果比较如表1和表2所示。

**表 1 6 种絮凝剂处理生活污水效果**  
**Table 1 Effects of six kinds of flocculants treating domestic sewage**

絮凝剂	用量 (mg/L)	COD 浓度 (mg/L)	COD 去除率 (%)	SS 浓度 (mg/L)	SS 去除率 (%)
CPF	2.6	58.0	83.9	10.4	93.1
FeCl <sub>3</sub>	90	139.0	61.4	29.7	80.2
FeSO <sub>4</sub>	80	111.6	69.0	71.4	82.1
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	70	118.1	67.2	27.5	81.7
AlCl <sub>3</sub>	50	93.2	74.1	16.1	89.3
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	40	154.4	57.1	38.6	74.3

由表1可知, 与FeCl<sub>3</sub>、FeSO<sub>4</sub>、Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>、AlCl<sub>3</sub>和Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, 5种无机絮凝剂相比, CPF絮凝剂用量最少, 且处理效果最好。5种无机絮凝剂中, 以AlCl<sub>3</sub>处理效果最好, FeSO<sub>4</sub>次之, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>最差。CPF絮凝剂的絮凝机理主要是吸附电中和机理和吸附架桥机理。CPF的高分子链上带有正电荷, 其化学结构为:



**表 2 CPF 絮凝剂与无机絮凝剂复配的处理效果**  
**Table 2 Treatment effects of composite flocs**

絮凝剂	COD 浓度 (mg/L)	COD 去除率 (%)	SS 浓度 (mg/L)	SS 去除率 (%)
CPF + FeCl <sub>3</sub>	38.5	89.3	13.5	91.0
CPF + FeSO <sub>4</sub>	28.4	92.1	7.8	94.8
CPF + Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	34.6	90.4	9.5	93.7
CPF + AlCl <sub>3</sub>	14.4	96.0	3.2	97.9
CPF + Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	49.7	86.2	16.4	89.1

胶体表面一般带负电荷, 加入的CPF絮凝剂被吸附在胶体颗粒上, 使胶体颗粒表面电荷中和, 降低了ξ电位, 使胶体的脱稳和凝聚易于发生。溶液胶粒对高分子有强烈吸附作用, CPF絮凝剂具有线性结构, 加入溶液后, 一端被吸附在一个胶粒表面, 未被吸附的一端会被其他胶粒吸附, 形成一个高分子

链状物，同时吸附在2个以上的溶液胶粒表面。高分子把大量胶粒连接在一起，就形成了肉眼可见的粗大、易沉的絮体。吸附电中和和吸附架桥机理的综合作用，使CPF絮凝剂具有良好的絮凝效果。

由表2可知，上述5种无机絮凝剂与CPF絮凝剂复配后的处理效果均有很大提高。其中， $AlCl_3$ 与CPF絮凝剂复配使用的处理效果最好， $FeSO_4$ 次之， $Al_2(SO_4)_3$ 最差。因此，在实际处理中，宜采用 $AlCl_3$ 与CPF絮凝剂复配。

因CPF絮凝机理主要是吸附电中和机理和吸附架桥机理，无机絮凝的絮凝机理则主要体现在压缩双电层机理和沉淀网捕机理上，当CPF絮凝剂与无机絮凝剂复配使用时，上述机理产生协同作用，使絮凝效果大大增强。在复配过程中，先加入无机絮凝剂再加入有机絮凝剂，可认为先起絮凝作用的是压缩双电层机理和沉淀网捕机理，吸附电中和机理及吸附架桥机理起协同作用，并对前述机理加以强化。

### 3 CPF絮凝剂与 $AlCl_3$ 复配处理生活污水的最佳絮凝条件

在上述5种无机絮凝剂中， $AlCl_3$ 与CPF絮凝剂的复配效果最好，通过正交实验优化确定CPF+ $AlCl_3$ 复配絮凝剂在生活污水处理中的最佳絮凝条件(最佳用量和最佳pH值)。结果如表3和表4所示。

**表3 CPF絮凝剂与 $AlCl_3$ 的投加量对处理效果的影响**  
**Table 3 Treatment effects and doses of CPF and  $AlCl_3$**

CPF + $AlCl_3$ 投加量 (mg/L)	COD 浓度 (mg/L)	COD 去除率 (%)	SS 浓度 (mg/L)	SS 去除率 (%)
0.5 + 7	100.4	72.1	32.9	78.1
0.8 + 10	68.4	81.0	23.0	84.7
1.1 + 13	37.1	89.7	12.9	91.4
1.4 + 17	23.4	93.5	8.6	94.3
1.7 + 20	13.3	96.3	3.0	98.0
2.0 + 23	14.4	96.0	3.2	97.9
2.3 + 26	17.3	95.2	4.4	97.1
2.6 + 29	28.4	92.1	6.2	95.9

8	13.7	96.2	3.3	97.8
9	20.9	94.2	7.4	95.1
10	34.6	90.4	11.7	92.2

由表3可知，1.7 mg / L CPF絮凝剂与20 mg / LAICI<sub>3</sub>复配使用效果最好，COD、SS的去除率分别为：96.3% 和98.0%，完全能够达到出水水质控制指标。

由表3还可看出，当CPF+AICI<sub>3</sub>用量为0.5+7~1.1+13 mg / L时，絮凝效果不太理想，当用量增至1.4+17 mg / L时，通过絮凝剂的电中和和吸附架桥作用， $\xi$ 电位逐渐降低，絮凝效果逐渐增强至最佳。此后，再增大其用量，胶粒间会出现斥力和毫电位增加，使已形成的絮体重新分散为稳定的胶体，絮凝效果反而减弱；同时，也由于过量的絮凝剂将废水中的胶体颗粒表面的活性点包裹，使吸附架桥变得困难，导致絮凝效果变差。因此，其最佳用量应为1.4 +17 mg / L。

由表4可知，当pH值在6—9范围内，COD及ss的去除率均较高。pH值在6以下或9以上，COD及ss的去除率均呈下降趋势。这也是因为pH值较低时，大量的H<sup>+</sup>可以压缩双电层的方式降低 $\xi$ 电位，使原本带负电荷的有机质微粒成为中性分子，因而不易被絮凝剂所吸附；当pH值较高时，一方面大量的OH<sup>-</sup>增大了 $\xi$ 电位，使胶体出现再稳现象，另一方面，大量的OH<sup>-</sup>吸附在絮凝剂表面，使其对有机微粒的吸附作用减小，所以pH值过低或过高均导致处理效果变差。因出水水质控制指标对pH值的要求为6~9，故在实际处理时，无须调节pH值便可使用。

#### 4 絮体回用效果实验

根据絮体产生机理，将絮凝过程中产生的絮体返回使用，絮体在溶液中分散后可增加溶液中的晶核，也就是说此时的絮体也具有一定的絮凝作用。将絮体回用处理废水，可减少絮凝剂的用量，节约处理成本。将CPF+AICI<sub>3</sub>复配絮凝剂处理生活污水产生的絮体回用，考察絮凝剂用量的减少量和处理效果。

##### 4.1 试剂与仪器 同1.1。

##### 4.2 实验方法

取1000 mL污水样于1000 mL烧杯中，在高转速(100~120 r / min)下加入20 mg / L的AICI<sub>3</sub>，搅拌1.5 min后，加入1.7 mg / L的CPF絮凝剂继续搅拌

1.5 min后静置20 min。另取1000 mL污水样于另一只1000 mL烧杯中，在中转速(80 r / min)搅拌下，将上次絮凝产生的絮体量的一半投入污水中，搅拌0.5 min后，提高转速，再先后分别加入一定量的AICI<sub>3</sub>和CPF絮凝剂。如此重复实验若干次(每次回用的絮体量均为上次实验产生絮体量的一半)。最后取各烧杯中的上层清液分别进行水质分析。

##### 4.3 实验结果与讨论

絮体回用实验中每次投加的絮凝剂量和处理效果如表5所示。

表5 絮凝剂用量及处理效果

Table 5 Flocculant dosage and treatment effect

絮体回 用量 (%)	CPF + AlCl <sub>3</sub> 投加量 (mg/L)	COD 浓度 (mg/L)	COD 去除率 (%)	SS 浓度 (mg/L)	SS 去除率 (%)
50	1.5 + 17.1	15.1	95.8	4.4	97.1
75	1.2 + 14.3	14.4	96.0	4.7	96.9
93.8	1.0 + 11.4	16.6	95.4	3.9	97.4
96.8	0.7 + 8.6	42.8	88.1	15.0	90.0
98.4	0.4 + 5.7	56.2	84.4	18.8	87.5

由表5可知,随着絮体回用量的增多,絮凝剂的用量逐渐减少,且处理效果仍然很好。当絮凝剂用量减至一定值(CPF+A1C13=1.0+11.4 mg/L)后,再继续减少用量,处理效果明显下降。这是因为絮体的回用,一方面可以增加晶核,减少絮凝剂的用量,另一方面破碎的絮体要再次沉降也需消耗絮凝剂,因此絮凝剂用量的减少也是有一定限度的。所以,采用絮体回用的方法,CPF+A1C13复配絮凝剂的用量最多可减至1.0+11.4 mg/L,且处理效果仍然很理想,处理结果大大优于出水水质控制指标。

#### 5 CPF絮凝剂用于生活污水处理成本

CPF单独使用或与无机絮凝剂复配使用,其效果均明显优于FeCl<sub>3</sub>、FeSO<sub>4</sub>、Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>、AlCl<sub>3</sub>和Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>等无机絮凝剂。目前生活污水处理常采用的是生化法,生化法中生化处理部分(主要是耗氧曝气部分)每立方水电耗为0.3 kWh,按0.45元/度计。CPF絮凝剂(干基)的单价为55元/kg,AlCl<sub>3</sub>的单价为2元/kg。其他工序费用2种工艺大致相同。采用CPF+A1C13复配絮凝剂进行絮凝处

理的效果及成本与生化法的比较:采用絮凝法成本为0.078元/立方(出水COD<20 mg/L),采用生化法成本为0.135元/立方(出水COD<60 mg/L)。通过比较不难看出,采用CPF+A1C13复配絮凝剂进行处理,无论处理成本还是出水水质均明显优于生化法,加之生化法占地面积大、机械设备多、投资大、运行费用高,而絮凝法设备简单、操作简易、运行费用低,基于以上比较,可在污水处理厂中推广运用此法。

#### 6 小结

实验证明,CPF絮凝剂与AlCl<sub>3</sub>复配处理生活污水有很好的处理效果,COD和ss'的去除率分别为96.3%和98.0%,将絮体回用,CPF絮凝剂与AlCl<sub>3</sub>的用量可分别降低至1.0+11.4 mg/L,COD和ss的去除率分别为95.4%和97.4%。在保证良好处理效果的同时,CPF絮凝剂在城市污水处理中的应用还能有效降低处理成本,值得推广使用。特别是经CPF+A1C13复配絮凝剂处理后的城市生活污水,COD值可降至20以下,ss可降至5.0以下,已优于国家地表水环境质量标准(GB3838-2002)中三类水域标准。由此可进一步拓宽CPF+A1C13复配絮凝剂的应用范围,可将其用于严重污染河流治理,以解决目前全国普遍存在的河流污染严重,治理难的紧迫问题。

参考文献

- [1]肖筱瑜. 水处理絮凝剂研究进展. 矿产与地质, 2003, 17(2): 23—24
- [2]钱锦棠. 有关阳离子高分子絮凝剂的有关问题. 精细与专用化学品, 2002, 21(18): 45
- [3]史昕龙, 陈伟. 城市污水的处理方法与技术, 环境保护, 2002, 15(3): 45-46
- [4]陈复. 水处理技术及药剂大全. 北京: 中国石化出版社, 2000

【关闭窗口】

Copyright (c) 2004 中国水处理化学品网 All rights reserved. E-mail: [fsp214@126.com](mailto:fsp214@126.com)

联系电话: 0371-63920667 传真: 0371-63942657(8001)设计及技术支持: 简双工作室

版权说明: 本站部分文章来自互联网, 如有侵权, 请与信息处联系



豫ICP备05007743号