

城市生活污水强化一级处理中絮凝剂的选择研究^{*}

周世辉 师绍琪 蒋展鹏 管运涛 尤作亮

提要 用城市生活污水,对几种较常用的絮凝剂进行了单质和复合处理时的对比研究,并通过正交试验优化出最佳絮凝条件。研究表明在壳聚糖与硫酸铁复合的最佳絮凝条件下,对SS和浊度的去除率达85%左右。强化去除率超过75%,对COD的去除率为72.5%,强化去除率为63.8%。对BOD₅的去除率和强化去除率分别为56.4%和43.5%,有较明显的强化效果。

关键词 城市生活污水 一级强化处理 絮凝剂

随着经济的发展,城市化率不断提高,目前我国的城市污水量正以每年6.5%的速度增长。然而,由于资金、能源等限制,城市污水处理率还很低,仅为10%左右,而且现已建成的处理厂尚有部分不能正常运行。传统的活性污泥法虽技术成熟,效果稳定,但对有些中小城市来说多存在“建不起,养不起”的问题。因此本研究在一级处理工艺的基础上采取一些强化措施,筛选最佳絮凝剂及其最佳投加量,最佳絮凝条件,以达到较大提高污染物的去除率,高效、低耗处理城市生活污水的目的。

1 试验部分

1.1 试验水质

试验用水取自清华大学西北小区生活污水,其水质见表1。

表1 清华大学西北小区生活污水水质

项目	氨氮 / mg/L	凯氏氮 / mg/L	总磷 / mg/L	BOD ₅ / mg/L	COD / mg/L	SS / mg/L	pH
浓度	60~100	80~120	10~30	200~300	400~700	100~500	7.5~8.5

1.2 试验药剂及方法

选定9种混凝剂,其中无机5种:硫酸铁、三氯化铁、硫酸铝、聚合硫酸铁、聚合氯化铝。有机4种:阳离子型聚丙烯酰胺(PAM)、壳聚糖、日本产PA331、PA362,采用静态烧杯试验,确定各絮凝剂单独作用、复合作用的处理效果,最后用正交试验对各复合参数进行优化。

用DBJ-621六联定时变速搅拌机,投入混凝

剂,快速搅拌(200r/min)2min,慢速搅拌(50r/min)10min,静置30min后取上清液进行分析。

1.3 分析项目及方法

COD为重铬酸钾标准法;浊度:Orbeco-Hellige 8000-F浊度仪;SS:重量法;pH:pHS-2型酸度计;BOD₅:稀释与接种法;氨氮:蒸馏纳氏试剂比色法;凯氏氮:消解蒸馏纳氏试剂比色法;总磷:过硫酸钾消化氯化亚锡还原光度法。

2 试验结果及分析

2.1 单独作用强化处理效果

通常人们都用污染物的去除率 $R = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\%$ 来评价强化措施的效果好坏。它能直观地表示出该措施对污染物的总去除率,但当原污水中可沉淀悬浮固体浓度较高时,即自然沉淀去除率较高时,则不管强化措施效果好坏都能获得一个较高的R值。这样就不利于不同强化措施对不同原污水水质强化效果的真实比较。因此本研究中,用强化去除率 R_e 表示强化处理措施对不能自然沉淀或需较长沉淀时间才能去除的胶体颗粒及其它一些细小颗粒物质的去除效果。强化去除率在物理意义上是强化措施对自然沉淀后水体中污染物的去除率。它是扣除了原水自然沉淀作用之后的污染物的去除率,在数值上必然较污染物的总去除率要小,有时甚至有可能比自然沉淀去除率 R_c 还小。

$$R = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100\%;$$

$$R_e = \frac{C_c - C}{C_c} \times 100\%;$$

^{*}国家九五科技攻关项目的部分内容,并得到环境模拟与污染控制国家重点实验室的帮助。

表 2 单独处理时的强化效果

	絮凝剂	最佳投加量 / mg/L	COD 去除效果/ %			浊度去除效果/ %		
			自然沉降去除率	强化去除率	总去除率	自然沉降去除率	强化去除率	总去除率
无机絮凝剂	硫酸铁	60	7.3	43.9	49.3	11.4	65.7	71.2
	三氯化铁	60	6.1	48.5	54.3	25.6	58.2	73.1
	硫酸铝	60	31.1	40.1	58.7	14.3	55.8	62.8
	聚合硫酸铁	50	16.4	28.4	44.2	13.5	54.2	61.4
	聚合氯化铝	30	19.4	32.9	48.2	11.4	58.9	65.4
有机絮凝剂	聚丙烯酰胺	2	15.2	36.8	48.6	27.9	55.5	70.0
	阳离子型							
	壳聚糖	2	12.3	50.5	59.9	28.6	58.5	72.0
	PA331	2	17.4	55.5	63.4	28.1	58.0	71.7
	PA362	2	11.2	47.0	59.7	27.4	49.2	65.7

$$R_c = \frac{C_0 - C_c}{C_0} \times 100\%$$

式中 R ——总去除率；

R_e ——强化去除率；

R_c ——自然沉淀去除率；

C_0 ——原水污染物浓度；

C_c ——自然沉淀出水污染物浓度；

C ——强化处理后出水污染物浓度。

各絮凝剂单独处理时的强化效果见表 2。

试验结果表明：

(1) 无机絮凝剂对生活污水都有明显的强化处理效果,低分子量的非聚合絮凝剂比高分子量的聚合絮凝剂强化效果好,不会出现重新稳定区的恶化现象。其中以三氯化铁和硫酸铁的强化效果最为明显,而聚合硫酸铁和聚合氯化铝效果较差,再提高投加量,去除率却明显下降,即出现胶体再稳现象,说明其絮凝机理主要是吸附架桥作用。

(2) 有机絮凝剂对生活污水的单独强化处理效果与聚合型无机絮凝剂一样,均会发生胶体再稳现象,即存在最佳投药量,且最佳投药量均为 2mg/L 左右。

总之,投加絮凝剂均能起到明显提高一级处理去除率的作用,但不同的絮凝剂作用大小相差很大。可归纳为:有机絮凝剂对 COD 的强化效果优于无机絮凝剂,而对浊度而言,有机絮凝剂与无机絮凝剂的强化效果相近。

2.2 絮凝剂复合使用的强化效果

一般说来,絮凝剂复合使用能提高污染物的去除率,并能减少絮凝剂的投加量。本研究选用国产絮凝剂进行复合试验。

2.2.1 絮凝剂的组合,投加顺序对处理效果的影响

以最佳投加量的壳聚糖和 PAM 与最佳投加量的硫酸铁、三氯化铁、硫酸铝、聚合硫酸铁、聚合氯化铝分别进行两两复合,反应条件同前,确定不同絮凝剂的组合和投加顺序对处理效果的影响。投加顺序时间为某种絮凝剂投加 1min 后再投加另一种絮凝剂,结果见表 3。

表 3 复合絮凝剂不同组合、不同投加顺序对 COD 的强化去除率

复合絮凝剂与投加量/ mg/L	COD 强化去除率/ %		
	先加有机絮凝剂	先加无机絮凝剂	同时投加
壳聚糖 + 硫酸铁 2 + 60	61.5	59.3	59.5
壳聚糖 + 聚合硫酸铁 2 + 50	47.4	43.3	44.0
壳聚糖 + 聚合氯化铝 2 + 30	62.8	52.7	52.9
壳聚糖 + 硫酸铝 2 + 60	49.4	43.4	43.8
PAM + 硫酸铁 2 + 60	53.1	30.7	42.9
PAM + 聚合硫酸铁 2 + 50	47.5	44.6	45.3
PAM + 聚合氯化铝 2 + 30	46.9	17.5	41.1
PAM + 硫酸铝 2 + 60	52.3	46.5	47.3
PAM + 三氯化铁 2 + 60	38.6	37.4	36.8

结果表明:有机絮凝剂与无机絮凝剂复合后絮体形成速度和沉降速度都较快,处理效果较单独作用有显著提高,有机絮凝剂与硫酸铁复合的强化效果较其它絮凝剂好,且投加顺序均表现为先加有机

絮凝剂的强化效果优于先加无机絮凝剂的强化效果。

2.2.2 絮凝剂复合参数的优化及其处理效果

通过以上试验,筛选出壳聚糖与硫酸铁,聚丙烯酰胺与硫酸铁进行参数优化的正交试验。影响参数及水平为:无机絮凝剂(硫酸铁)投加量、有机絮凝剂(壳聚糖或 PAM)投加量、投加顺序、搅拌方式、沉淀时间。两项试验结果如下:

(1)壳聚糖与硫酸铁复合处理的正交试验。各工艺参数对处理效果的影响按从大到小的顺序依次为:硫酸铁投加量,壳聚糖投加量,投加顺序,沉淀时间和搅拌方式。最佳处理效果的絮凝条件为:壳聚糖投加量为 0.6mg/L,硫酸铁投加量 30mg/L,投加顺序为壳聚糖先投加 1min,快速搅拌(200r/min) 1min,慢速搅拌(50r/min) 10min,沉淀时间 60min,此时对 COD 的去除率为 76.8%,从正交试验 K 值分析,硫酸铁投加量越大,沉淀时间越长,处理效果越好,先加壳聚糖和同时投加比先加硫酸铁效果好。

(2)PAM 与硫酸铁的复合正交试验。各工艺参数对处理效果的影响按从大到小的顺序依次为:硫酸铁投加量,投加顺序,PAM 投加量。搅拌方式和沉淀时间对处理效果基本无影响。最佳处理效果的絮凝条件为:PAM 投加量为 0.5mg/L,硫酸铁投加量 60mg/L,投加顺序为同时投加,此时对 COD 的去除率为 55.8%。从正交试验 K 值分析,硫酸铁投加量最大(60mg/L),PAM 投加量最小(0.5mg/L),PAM 先投加 1min 时处理效果最好。

按照正交试验所确定的最佳絮凝条件,以壳聚糖和硫酸铁为组合,对清华大学西北小区生活污水进行絮凝处理,同时进行不投加絮凝剂的自然沉淀对照试验。结果见表 6。

表 6 最佳条件下的絮凝效果

项目	原水	对照	处理后	自然沉降 去除率/ %	总去除率 / %	强化去除 率/ %
COD/ mg/L	583.2	427.8	154.5	26.64	73.51	63.82
BOD ₅ / mg/L	243.2	187.8	106.1	22.78	56.37	43.50
SS/ mg/L	125.6	93.6	18.8	25.48	85.03	79.91
浊度/ NTU	380	234	56.2	38.40	85.20	75.98
氨氮/ mg/L	78.2	78	75.7	0.26	3.20	2.95
凯氏氮/ mg/L	98.5	90.2	65.2	8.43	33.81	27.72
总磷/ mg/L	15.3	14.4	11	5.88	28.10	23.61

结果表明:最佳絮凝条件下对生活污水进行处理,COD 的去除率为 73.5%,与正交试验结果相近,SS 浊度的去除率约 85%,BOD₅ 的去除率为 56.4%,而对氮、磷的处理效果不太显著。

3 结论

(1)物化絮凝对生活污水有明显的强化沉淀处理作用,尤其对悬浮物和有机物有较强的处理效果。

(2)单独使用时,有机絮凝剂的强化效果优于无机絮凝剂,有机絮凝剂存在最佳投加量,即 2mg/L 左右,无机絮凝剂中以硫酸铁和三氯化铁强化效果较好。

(3)有机絮凝剂与无机絮凝剂复合使用时处理效果有显著提高,其中以壳聚糖(或 PAM)与硫酸铁(或聚合氯化铝)的复合强化效果为最好。

参考文献

1 师绍琪,蒋展鹏,袁琳. 生活污水生物絮凝吸附强化一级处理,中国给水排水,1998,14(2):5~7
2 王东海,文湘华. 低浓度生活污水化学强化一级处理的试验研究,水工业与可持续发展,清华大学出版社:233~238
3 缪旭光,周如禄. 混凝沉淀工艺处理玻璃纤维生产废水试验研究. 环境污染与防治,1998,20(6):8~10
4 劳善根,胡宏,戴海波. 混凝沉淀法处理钮扣生产废水. 上海环境科学,1998,3:24~25

◎作者通讯处:100084 清华大学环境科学与工程系
电话:(010)62783508
收稿日期:1999-8-2

