

污水处理厂消毒技术比选及投加量经济优化研究

徐乾坤 (中电智维(上海)科技有限公司, 上海 201821)

曹海龙 孙 帅 (江苏中电创新环境科技有限公司, 江苏 无锡 214111)

摘要:通过对城镇污水处理厂几种常用消毒处理技术的对比分析,从杀毒效率,投资及运行费用等几方面对比,选用次氯酸钠作为某县城污水处理厂的首选消毒药剂。并通过实验,研究在不同剂量投加下对大肠杆菌的杀灭效果,同时分析出水余氯的含量,经研究发现:当次氯酸钠投加量在6~8mg/L时,出水粪大肠菌群数稳定在300个/mL以下,出水余氯保持在0.5mg/L以上,出水粪大肠菌群数完全可满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A标准的要求。

关键词:城镇污水处理厂;消毒效果;粪大肠菌群数;余氯;经济优化

Abstract:Based on the comparative analysis of several common disinfection techniques used in urban sewage treatment plants. From the comparisons of disinfection effect, investment and operating cost, use the sodium hypochlorite as the first choice for an urban sewage wastewater treatment plant. Through the experimental research of different dosages addition, from the sterilizing effect of fecal coliform and analyze residual chlorine in effluent, we can find that when sodium hypochlorite added dosage between 6~7mg/L, the fecal coliforms in effluent are stabilize under 300 counts/mL while residual chlorine is higher than 0.5 mg/L. The fecal coliform counts in effluent can completely meet the level A requirements of «discharge standard of pollutants for municipal wastewater treatment plant» (GB 18918-2002).

Key words:Urban sewage treatment plants; Disinfectant effect; Fecal coliform count; Residual chlorine; economic optimization

0 引言

城镇生活污水中含有种类丰富的寄生虫、病菌、病毒等(其中相当一部份为病原菌)对人体有害的微生物群落。经二级生化处理后虽然可以大大降低水中的病毒、病菌的浓度,但出水中仍然含有为数可观的病原菌。为防止传染性疾病的传播,保证公共卫生安全,城镇污水处理一般在终端排放前设置消毒处理设施^[1]。消毒主要是借助物理或化学方法杀灭水中的致病性微生物^[2]。常见消毒方法包括液氯消毒、二氧化氯消毒、次氯酸钠/漂白粉消毒、紫外线消毒、臭氧消毒或其组合技术等^[3-4]。

1 几种污水消毒处理技术对比

结合市面上常用的几种污水消毒处理工艺,从杀毒效率、工艺优缺点、设备投资 & 运行费用以及应用范围等几方面作比较,统计情况见表1。

2 污水处理厂消毒剂投加量优化实验研究

从表1对比可以发现,结合消毒效果,投资及运行费用、安全性等几方面考虑,对于大中型城镇污水处理厂来说,多选择次氯酸钠作为首选消毒剂。

通过以上几种消毒处理技术对比,选择贵州某县

城新建污水处理厂为研究对象,重点研究在不同投加剂量下,次氯酸钠对大肠杆菌等致病性微生物杀灭效果。

2.1 工艺流程图

实验用水为贵州某县城新建污水处理厂三级处理后出水,经取样检测,除了粪大肠菌群外,其余各项指标均已满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A标准^[5]的要求,该污水处理厂工艺流程见图1:

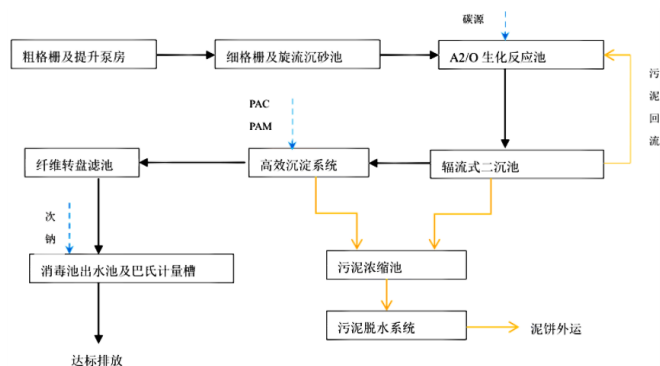


图1 污水处理厂工艺流程图

2.2 实验试剂及分析仪器

10% 次氯酸钠溶液、重铬酸钾、N,N 二乙基对苯二胺、M-FC 培养基、氢氧化钠溶液、硼酸、纳氏试剂、酒石酸钾钠溶液、铵标准溶液、碘化钾溶液、磷酸盐缓冲液、分光光度计、磁力搅拌器（多联式）、电热鼓风恒温干燥器以及玻璃仪器等。

2.3 分析及检测方法

分析及检测方法见表 2。

2.4 实验步骤

①用量筒称取质量分数为 10% 的次氯酸钠溶液

10~100mL 的容量瓶中，并用蒸馏水定容至 100mL，稀释成 1% 的次氯酸钠溶液；

②取三级处理（纤维转盘滤池）出水至 6 组 500mL 的烧杯中，并放置在多联搅拌器上；

③分别投加 1% 的次氯酸钠溶液 0.1mL（2mg/L）、0.2mL（4mg/L）、0.3mL（6mg/L）、0.4mL（8mg/L）、0.5mL（10mg/L）和 1mL（20mg/L）至 6 组 500mL 水样的烧杯中，用多联搅拌器搅拌反应约 30min 后，再分别测量 6 组烧杯中大肠菌群数量和余氯值，实验结果见表 3。

表 1 几种常用消毒处理技术对比

项目	液氯	次氯酸钠	二氧化氯	紫外线照射	臭氧
使用剂量 (mg/L)	6~15	6~15	6~15	/	/
接触时间 (min)	10~30	10~30	10~20	2~4	5~10
效率：对细菌	有效	有效	有效	有效	有效
效率：对病毒	部分有效	部分有效	部分有效	部分有效	有效
效率：对芽孢	无效	部分有效	无效	无效	部分有效
投资及运行费用	较低	较低	较高	较高	高
优点	便宜、成熟、有后续消毒作用	无气味、可脱色去臭、具有杀藻作用和持续消毒效果	杀菌效果好、无异味	快速、无需化学药剂	效果好，反应快、污染小
缺点	对部分病毒芽孢无效、残毒、有臭味产生氯系致癌物	对某些病毒、芽孢无效	投资高、维护成本高运维有一定风险性	无后续作用、难以大规模应用，对浊度要求高	设备投资高，对设备和建筑物有极强的腐蚀性
应用范围	中小型市政污水厂	大中型市政污水处理厂	中水及小水量工程	市政及工业废水	中小型及部分给水厂

表 2 分析指标检测方法

编号	检测项目	检测方法	检测限	方法来源	备注
1	pH	玻璃电极法		GB6920-86	
2	粪大肠菌群数	多管发酵法			
3	余氯	分光光度法	0.001mg/L		
4	氨氮	蒸馏和滴定法	0.1mg/L	GB7478-87	

表 3 次氯酸钠不同投加量下粪大肠菌群数变化情况

编号	样品名称 / 次氯酸钠投加量 (mg/L)	检测粪大肠菌群数 (个 /L)	余氯 (mg/L)
1	原水	3896	0
2	2	1695	0.1
3	4	982	0.3
4	6	226	0.5
5	8	28	1.4
6	10	6	2.3
7	20	1	5

表 4 污水处理厂连续一周消毒池出水水质

日期	水量 (m ³ /d)	有效氯平均添加量 (mg/L)	消毒前粪大肠菌群数 (个 /L)	消毒后粪大肠菌群数 (个 /L)	出水氨氮 (mg/L)	出水排放口余氯 (mg/L)
2 月 21 日	21793	6.6	4156	359	0.8	0.5
2 月 22 日	21241	6.4	3989	299	0.7	0.7
2 月 23 日	20457	6.4	40635	302	0.5	0.6
2 月 24 日	20434	6.2	39997	299	0.7	0.7
2 月 25 日	19143	6.5	4329	321	0.4	0.5
2 月 26 日	17187	6.9	3981	317	0.5	0.7
2 月 27 日	21793	6.3	4085	298	0.6	0.6

以上数据可通过折线图更能直观的反应出不同投加量的情况下,出水中粪大肠菌群数的含量及余氯值,详见图 2:

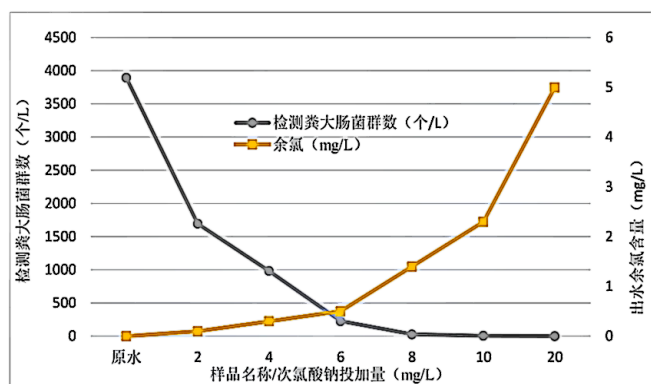


图 2 出水粪大肠菌群数及余氯与次氯酸钠投加量变化关系

2.5 实验结果与讨论

①从表 3 及图 2 中可以看出,出水中粪大肠菌群数随着次氯酸钠的投加量上升而下降,当次氯酸钠的投加量达到 4mg/L 时,经检测,出水中粪大肠菌群数的含量为 982 个/L 刚好满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标准的要求,此时出水中余氯为 0.3mg/L;

②当次氯酸钠的投加量达到 6mg/L 时,经检测,出水中粪大肠菌群数的含量为 226 个/L,此时出水中余氯为 0.5mg/L;

③当次氯酸钠的投加量达到 8mg/L 时,经检测,出水中粪大肠菌群数的含量为 28 个/L,此时出水中余氯为 1.4mg/L;

④当次氯酸钠的投加量超过 8mg/L 时,因出水中粪大肠菌群数已经达到较低的水平,并完全达到排放标准的要求,且出水中的余氯有上升趋势,对受纳水体中的浮游动物、浮游植物、贝类以及鱼类等水生动植物的生长和繁殖都产生不利的影响^[6-7];

⑤同时通过查阅文献^[8]以及对出水中氨氮的检测发现,次氯酸钠对出水中原有的氨氮具有一定的氧化去除作用。

3 工程应用

该污水处理厂从去年 12 月底开始,已经连续稳定达标排放,每日处理水量维持在 20000m³/d 左右。该污水处理厂消毒池有效容积为 1500m³(含远期扩建),消毒接触时间约为 1.5h,通过次氯酸钠优化投加实验,其投加量一直控制在 6~7mg/L 之间,经连续五天的取

样检测发现,出水中的大肠菌群数一直比较稳定,在 500 个/L 以下,出水排放口的余氯一般在 0.5~0.7mg/L 之间,以下为连续一周的出水检测情况,详见表 4。

4 结论

①通过市面上常用的几种污水消毒技术对比,从消毒效果、应用范围、投资及运行维护费用等几方面比较,可以将次氯酸钠作为大中型城镇污水处理厂的首选消毒剂;

②通过投加优化实验,次氯酸钠最佳投加量在 6~8mg/L 之间,出水总大肠菌群数可满足排放要求,同时余氯可维持在 0.5mg/L 以上;

③核算分析运行费用,按照该污水处理厂 20000m³/d 的进水量,次氯酸钠投加量按照 6.5mg/L 计算,每天消耗质量分数为 10% 的次氯酸钠约 1.3t,按照次氯酸钠市场价 1500 元/t 来计算,吨水消毒成本低于 0.1 元。

参考文献:

- [1] 郭清平,李群朋.城市污水消毒处理技术探讨[J].市政技术,2010,28(6):97-100.
- [2] 吴一蓁,高乃云,乐林生.饮用水消毒技术[M].北京:化学工业出版社,2006.
- [3] 仇保兴,张悦,沈元勤等.给排水设计手册 第 5 册 城镇排水(第三版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2017.
- [4] Lazarova V,Savoye P,Janex M L,et al.Advanced Wastewater Disinfection Technologies:State of the Art and perspective [J].Water science and Technology,1990,40(4):203-213.
- [5] GB18918-2002,城镇污水处理厂污染物排放标准[S].北京:中华人民共和国生态环境部,2002.
- [6] 黄伟平,李豪等.不同浓度余氯对 4 种沉水植物生长影响的比较研究[J].四川环境,2022,41(2):37-43.
- [7] 江志兵,廖一波等.余氯对鱼类毒性影响的研究进展[J].海洋学研究,2009,27(4):86-94.
- [8] 秦晓,刘飞,陶波等.现场电解制次氯酸钠在污水处理厂出水消毒的应用研究[J].净水技术 2013,32(6):36-39.

作者简介:

徐乾坤(1983-),男,安徽太和人,硕士研究生,2009 年毕业于中钢集团武汉安全环保研究院,主要研究方向:市政污水和工业废水设计以及相关科研等工作。