

污水处理厂中氯化 / 紫外消毒组合工艺的应用

Application of Chlorination/UV Disinfection Combined Processes in Wastewater Treatment Plant

杨春荣

Chunrong Yang

中国义乌市水处理有限责任公司 中国·浙江 义乌 322000

Yiwu Water Treatment Co., Ltd., Yiwu, Zhejiang, 322000, China

摘要: 由于新冠肺炎疫情的突发, 污水消毒及安全排放备受关注。次氯酸钠消毒是目前中国城镇污水处理厂主流工艺, 各地污水处理厂不同程度地提高次氯酸钠投加量来强化污水消毒效果, 通过对中国义乌市9座污水处理厂的消毒工艺现状进行阐述, 对次氯酸钠消毒应用效果、存在问题及副作用进行分析, 结合紫外消毒的特点, 开展氯化/紫外消毒组合工艺改造, 克服了现状消毒工艺存在的不足。

Abstract: Due to the outbreak of COVID-19, wastewater disinfection and safe discharge have attracted much attention. Sodium hypochlorite disinfection is currently the mainstream technology in municipal wastewater treatment plants in China, wastewater treatment plants in different places have increased the dosage of sodium hypochlorite to strengthen the disinfection effect of wastewater, through the introduction of the current situation of disinfection technology in 9 sewage treatment plants in Yiwu City, China, the effects, problems and side effects of sodium hypochlorite disinfection were analyzed, combined with the characteristics of UV disinfection, the chlorination/UV disinfection combined process was reformed to overcome the shortcomings of the current disinfection process.

关键词: 污水处理厂; 尾水; 紫外线; 次氯酸钠; 联合消毒

Keywords: wastewater treatment plant; tail water; ultraviolet light; sodium hypochlorite; combined disinfection.

DOI: 10.12346/etr.v5i2.7734

1 引言

城市污水存在种类繁多、数量巨大的病原微生物, 包括细菌、病毒、寄生虫和原生动物等, 不经处理直接排放对生态和人体健康均存在极大危害^[1]。2002年12月24日, 中国环境保护总局和国家质量监督检验检疫总局颁布GB18918—2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》, 其中首次将微生物指标列为污水处理厂出水水质中基本控制指标, 要求城市污水处理厂出水必须进行消毒处理。此后, 污水处理厂的尾水消毒受到中国污水处理行业的重视, 积极探索高效、经济的消毒方式是行业的一贯要求。

2019年年底, 一场由新型冠状病毒引发的疫情在全球蔓延开来, 随后陆续有专家团队在患者的粪便、尿液、泪液和唾液等代谢物中查出病毒核酸阳性, 由此引起污水处理行

业对新型冠状病毒可能存在的介水传播风险的高度警惕^[2,3]。

为确保人民安全, 相关部门要求各地污水处理厂采取措施确保消毒效果, 促使尾水粪大肠菌群指数进一步降低, 各地多采用不同程度地增加消毒剂投加量的方式强化污水处理消毒效果。

义乌是一座缺水之城, 人均水资源量仅为443m³。历届市委市政府高度重视节水工作, 深入践行“节水优先”方针, 全面落实国家节水行动, 强化水资源的科学配置和高效利用。目前, 中国义乌市共建成9座市政污水处理厂, 总处理能力达57万t/d, 处理后的达标尾水大量被回用于作为湿地及内河流域水源、绿化景观用水、道路清洗、消防用水、工业用水等, 如采用污水中投入过量的次氯酸钠的消毒方式严重将影响尾水使用功能, 不符合中国义乌市的用水方针,

【作者简介】杨春荣(1984-), 男, 中国浙江义乌人, 本科, 工程师, 从事污水废水治理工程的管理、技术、运行与建设研究。

因此,作者依据中国义乌市污水处理厂的实际运行情况,综合分析研判,采用氯化/紫外的联合消毒方式改造现有消毒工艺,并总结改造效果,探讨氯化/紫外的联合消毒方式的可行性,并展望今后污水处理厂消毒方式改造的方向,供行业相关工作技术参考。

2 中国义乌市 9 座污水处理厂消毒现状

2.1 中国义乌市 9 座污水处理厂的消毒工艺

疫情前,中国义乌市 9 座污水处理厂均采用次氯酸钠接触消毒作为尾水消毒工艺。次氯酸钠消毒液配制方式有次氯酸钠发生器配置及采购 10% 有效氯成品配置两种方式,中国义乌市 9 座污水处理厂的消毒工艺见表 1。

表 1 中国义乌市 9 座污水处理厂消毒工艺

污水处理厂编号	消毒工艺	配置方式
1	次氯酸钠	次氯酸钠发生器
2	次氯酸钠	次氯酸钠发生器
3	次氯酸钠	次氯酸钠发生器
4	次氯酸钠	次氯酸钠发生器
		10% 成品次氯酸钠
5	次氯酸钠	10% 成品次氯酸钠
6	次氯酸钠	次氯酸钠发生器
7	次氯酸钠	10% 成品次氯酸钠
8	次氯酸钠	10% 成品次氯酸钠
9	次氯酸钠	次氯酸钠发生器

2.2 次氯酸钠消毒效果

据统计,中国义乌市 9 座污水处理厂尾水未消毒前的粪大肠菌群数均超过 24196 个/L,通过对 9 座污水处理厂实际运行中投加效果的统计分析,采用次氯酸钠消毒时,有效氯投加量及出水粪大肠菌群数对应值详见表 2。

表 2 有效氯投加量及出水粪大肠菌群数对应值

序号	有效氯投加量 (ppm)	粪大肠菌群数 (个/L)
1	2	<1000
2	2.5	<400
3	3	<200
4	4	<100

备注:尾水氨氮稳定在 1mg/L 以下

2.3 次氯酸钠消毒存在的问题

2.3.1 有效氯投加量无法精确控制造成过量投加

实际运行工况表明,无论采用次氯酸钠发生器配置还是 10% 有效氯成品配置两种方式,均存在有效氯浓度无法精确掌握的问题,导致无法有效精确控制实际投加有效氯量。次氯酸钠发生器受食盐水配置浓度及电解槽电极效率的影响,配置的次氯酸钠消毒液有效氯浓度无法稳定在单一值,只能

保证有效氯处于 0.6%~0.9%;而 10% 有效氯成品配置则受限于有效氯衰减,次氯酸钠的有效氯在储存过程中会不断降低,造成其配置的次氯酸钠消毒液有效氯浓度不稳定。

9 座市政污水处理厂均受到居民工作生活习惯、城市人口分布、区域发展水平的影响,时均处理污水量存在明显的日内、季节性波动。

次氯酸钠投加量是基于污水量乘以有效氯浓度控制。其中,两个控制要素均存在很大的波动,无法精确地及时计量,为确保消毒效果,只得选择过量投加次氯酸钠来确保尾水粪大肠菌群数稳定达标。

2.3.2 消毒效果无法精确控制

目前,污水处理厂消毒效果的精确控制主要通过监控尾水余氯进行,由表 3 可见,尾水余氯浓度相同时,不同污水处理厂尾水的粪大肠菌群数浓度介于 10~971 个/L,尾水余氯与粪大肠菌群数并无直接关系,即实际运行时无法通过控制尾水余氯浓度的反馈控制来精确控制次氯酸钠投加剂量,为确保出水准确达标,实际运行时往往过量投加次氯酸钠药剂,以强化尾水消毒效果。

表 3 余氯 0.2PPM 的尾水粪大肠菌群数统计表

序号	余氯 (ppm)	粪大肠菌群数 (个/L)
1	0.2	185
2	0.2	199
3	0.2	40
4	0.2	10
5	0.2	541
6	0.2	274
7	0.2	971

2.3.3 次氯酸钠消毒液消毒副作用

9 座污水处理厂部分尾水还会用于绿化景观用水、道路清洗、消防用水、工业用水等,不可避免地与社会公众发生接触。为安全计,要求污水处理厂投加过量次氯酸钠以降低尾水中微生物对公众的影响。但 9 座污水处理厂中有 4 座尾水排入湿地作水源,有 2 座尾水引入城市内河作水源,次氯酸钠过量投加后,尾水中携带过量的次氯酸钠造成湿地及内河中部分水生植物出现了一定程度的损伤。尤其是疫情期间,部分尾水余氯在 0.2~0.5mg/L 的污水处理厂,为了更加安全地防控污水尾水中的微生物,尾水余氯甚至一度提高到 1~1.5mg/L,造成尾水排放河道及其下游区域部分水生植物叶子发黄,局部水生生物出现死亡的情况,明显影响了水生态环境。

3 现状消毒工艺的改进

次氯酸钠消毒由于污水处理厂存在的水量波动、有效氯投加量无法精确控制、消毒效果无法精确控制等原因,造成 9 座污水处理厂均存在不同程度的过量投加次氯酸钠的问

题,造成次氯酸钠的浪费,增加运行成本的同时,对尾水再利用造成了不良影响。

3.1 紫外消毒、臭氧消毒与次氯酸钠消毒比较

常见城市污水处理消毒方法主要有次氯酸钠消毒、紫外消毒、臭氧消毒,其详细对比详见表4。

表4 紫外消毒、臭氧消毒、次氯酸钠消毒的比较

项目	紫外线	臭氧	次氯酸钠
工艺类别	物理方式	化学方式	化学方式
接触时间	5~10s	> 30min	> 30min
原料	无	空气/液氧	盐
杀菌效率	高	高	较高
广谱性	强	强	较强
pH值影响	无	较大	较小
水中氨的存在影响	无	降低	降低
对水体是否存在污染	无	无	余氯产生二次污染
设备占地面积	小	大	大
消毒的可持续性	无	无	有
细菌的光复活现象	有	无	无
运行成本	低	较低	高

3.2 现状消毒工艺的改造

为增强尾水消毒效果,强化尾水消毒效率的可控性,降低过量投加次氯酸钠的副作用,通过对三种主流工艺的对比,综合考虑场地、运行费用、改造便利性等因素,选择在次氯酸钠消毒工艺后面增设紫外消毒工艺进行改造。

改造的办法依据各个污水处理厂的实际情况综合比选,灵活选用增设管式紫外消毒器、改造设置紫外消毒渠、新建紫外消毒渠等型式,确保污水处理的尾水可实行氯化/紫外的双重消杀,实现消毒效果。

3.3 氯化/紫外消毒组合工艺改造效果

工程案例:基于以上分析,中国义乌市某座处理规模为2万t/d的污水处理厂在原先20min次氯酸钠接触消毒的基础上,增设5s的紫外消毒设置。氯化/紫外消毒组合工艺改造完成后,监测结果显示:消毒效率明显提升,有效氯投加量在1mg/L的情况下,能保证尾水粪大肠菌群数稳定在

200个/L以下,较改造前减少了2mg/L有效氯投加量;尾水余氯含量从改造前的0.5mg/L降低至0.1mg/L,进一步减少了残余氯化物对尾水再利用的影响,确保尾水可供绝大部分回用途径使用。

4 结语

①水体中有毒有害微生物威胁了人类的安全,通过次氯酸钠消毒虽能保证出水粪大肠菌群数达到GB18918-2002《城镇污水处理厂污染物排放标准》要求,但存在药剂投加浓度精确控制难、尾水余氯对水环境影响较大等问题,需进一步优化消毒设施,兼顾消毒效果和尾水的再利用性。

②工程经验表明:在原有次氯酸钠消毒工艺基础上,增设紫外消毒工艺措施,可以有效地强化消毒效率,且可以灵活地根据尾水再利用情况优化控制尾水余氯含量,增加尾水可利用性。改造涉及的工程具有工程量小、改造时间短的优点,仅需在尾水排放环节增加紫外线灯管模块及配套设施,工程可行性高。

③同时考虑到新冠疫情,病毒对人类生活的破坏性,紫外线消毒作为对微生物核酸进行破坏的优质消毒工艺显得极为必要,而紫外线与次氯酸钠联合消毒不但能解决紫外灯消毒存在的光复活现象,也能解决次氯酸钠消毒带来的二次污染问题,带来的环境效益与社会效益远超预期。

④建议今后污水处理厂的前期建设阶段,在条件许可的情况下,设置紫外+次氯酸钠的双重消毒措施,更好地保证尾水消毒效果,并且运行时可互为补充,实现“1+1>2”,经济高效且为中国卫生保健、病毒防护等后勤保障工作多一道技术堡垒,以应对无法预知风险。

参考文献

- [1] 张天阳,魏海娟,姚杰,等.污水处理厂不同紫外/氯化组合工艺的消毒效能对比[J].中国给水排水,2021,37(17):19-24.
- [2] 王连杰,李金河,郑兴灿,等.城镇污水系统中病毒特性和规律相关研究分析[J].中国给水排水,2020,36(6):14-21.
- [3] 张磊,张哲,赵珍仪.提升生活排水系统卫生安全性能的关键问题[J].中国给水排水,2020,36(6):33-36+44.