

污水消毒技术的水质要求与工艺评价

孙永利¹, 郑兴灿¹, 郝 薇², 颜秀勤¹, 郭兴芳¹, 孙文革³

(1. 国家城市给水排水工程技术研究中心, 天津 300074; 2. 中国市政工程华北设计研究院, 天津 300074; 3. 文登市自来水公司, 山东 文登 264400)

摘 要: 城市水环境安全和水资源保护已经成为备受关注的热点问题, 而城市污水和再生水的消毒是其中的关键环节。简要介绍了水质对消毒效果的影响以及城市污水安全性保障需要达到的消毒前水质要求; 结合城市污水的实际利用和排放情况, 提出了消毒效果的技术评价指标体系, 并在此基础上提出了组合消毒技术的概念、原理与主要特点。

关键词: 污水处理; 消毒效果; 评价指标; 组合消毒技术

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000 - 4602(2005)01 - 0028 - 03

Water Quality Requirement and Technical Evaluation on Disinfection of Municipal Wastewater

SUN Yong-li¹, ZHENG Xing-can¹, HAO Wei², YAN Xiu-qin¹,
GUO Xing-fang¹, SUN Wen-ge³

(1. National Engineering Research Center for Urban Water and Wastewater, Tianjin 300074, China; 2. North China Municipal Engineering Design and Research Institute, Tianjin 300074, China; 3. Wendeng Water Supply Co. Ltd., Wendeng 264400, China)

Abstract: Water environmental safety and water resources protection have become the hot issues in recent years, and disinfection of urban wastewater and reclaimed water is the most important part. The effect of water quality on disinfection and the wastewater pretreatment requirements for safety guarantee of urban wastewater reuse or discharge were introduced. Based on the requirements and effect of wastewater reuse and discharge, the evaluation index system of disinfection was established, and then the concept, principle and characteristics of multiple disinfection strategy were introduced.

Key words: wastewater treatment; disinfection efficiency; evaluation index; multiple disinfection strategy

城市污水处理厂二级处理出水中的微生物大部分黏附在悬浮物与胶体颗粒上, 经深度处理后细菌的相对含量大幅度减少, 但其绝对值仍然很可观, 并可能存在病原菌。如果将其排放到附近河道, 或作为城市景观、环境用水及杂用水, 就可能对健康造成一定的危害。为了确保污水排放或再生利用过程中的卫生安全, 必须进行杀菌消毒, 以满足水质标准中的细菌学指标要求。

1 消毒对前处理的要求

1.1 水质对消毒效果的影响

消毒工序前的水质状况, 如颗粒性物质和溶解性物质的类型和浓度、有机化合物或还原性无机化合物的种类和浓度, 以及目标微生物微粒共生体的性质和程度等, 对后续消毒效果具有一定的影响。表 1 定性分析了水质对 UV 消毒、氯消毒和臭氧消毒效果的影响。

表 1 水质对 UV、氯和臭氧消毒效果影响的定性分析

水质指标	UV 消毒	氯消毒	臭氧消毒
氨	无影响或很小	与氯结合,形成氯胺,降低消毒效果	无影响或影响很小,在高 pH 值时发生反应
BOD ₅ 、COD 等	无影响或很小	BOD ₅ 和 COD 中含有的有机物会增加氯的需求量,其干扰的程度主要取决于有机物的官能团和化学结构	BOD ₅ 和 COD 中含有的有机物会增加臭氧的需求量,其干扰的程度主要取决于有机物的官能团和化学结构
硬度	影响能吸收 UV 射线的微粒的溶解性,导致碳酸盐在石英套管上沉积	无影响或很小	无影响或很小
腐殖质	UV 射线的强吸收体	降低氯的效率	影响臭氧分解速率和臭氧需求量
铁	UV 射线的强吸收体	无影响或很小	无影响或很小
亚硝酸盐	无影响或很小	被氯氧化	被臭氧氧化
硝酸盐	无影响或很小	无影响或很小	降低消毒效果
pH 值	能影响金属和碳酸盐的溶解性	影响次氯酸和次氯酸根之间的分配比例	影响臭氧分解速率
TSS	UV 吸收体,并对内嵌细菌形成屏蔽	对内嵌细菌形成屏蔽	增大臭氧需求量,并对内嵌细菌形成屏蔽

1.2 消毒前的基本水质要求

根据多年的理论和实践研究,美国规定了确保一定卫生学指标所需的消毒前水质要求(见表 2)。

表 2 消毒工序前的水质要求

消毒方法	SS/(mg L ⁻¹)	BOD ₅ /(mg L ⁻¹)	浊度/NTU	氨/(mg L ⁻¹)	pH
氯	<20	<20	<10		6.0~9.0
二氧化氯	<20	<20	<10	无影响	6.0~10.0
臭氧	<10	<20	<5	<1	6.0~9.0
UV	<10	<20	<5	无影响	无影响
注:	不论采用哪种消毒方法,如果希望得到更高的病原体去除效果(即埃希氏大肠菌浓度<10 个/100 mL),就必须确保消毒前原水的浊度<2 NTU。氯消毒时如果存在氨,就会发生氯胺反应,降低消毒效果。因此,所需氯的量与污水中氨的含量有很大关系。				

2 消毒效果的评价指标

在进行消毒效果的评价时,通常可选用以下指标:生物灭活效率、实用性、可靠性、投资与运行成本、环境影响、职业健康和安全。评价结果见表 3。

2.1 生物灭活效率及其可靠性

各种消毒方法对细菌一般具有较高的灭活效率,但对病毒的灭活效率则各有不同,氯消毒和二氧化氯消毒的灭活效果比臭氧和 UV 消毒差。

美国的研究表明:氯化消毒对污水中的部分传染性微生物,如隐孢子虫、贾第鞭毛虫和军团菌属等的灭活效果不是很理想,城市供水系统采用氯化消毒可能是 Milwaukee 大规模疾病感染事故的主要原因,而 UV 消毒对这些微生物的灭活效率则较高。但是 UV 消毒也不能有效去除所有病原体微生物,例如腺病毒对 UV 就具有较高的抗性。因此对于不

同的目标微生物灭活要求,应选择不同的消毒工艺,必要时需选择组合消毒。

表 3 消毒方法的比较和评价

需考虑的因素		液氯	二氧化氯	臭氧	UV
接触时间/min		30	30	5~10	0.5~1
投加量		2~20	5~10	1~3	30~40
对细菌的灭活效率		高	高	高	高
对病毒的灭活效率		中等偏下	中等	高	高
水质影响因素		受 pH、温度影响大	受 pH、温度影响大	受 pH 影响大,受温度影响小	不受影响
技术的复杂程度		简单到中等	中等	复杂	简单到中等
经济性	运行费用	中等偏下	中等	中等偏上	中等偏下
	投资(中、小规模)	中等	中等	高	中偏下
	投资(大、中规模)	中偏下	中偏下	高	中偏上
	占地面积	大	较小	小	小
	维护工作量	大	较小	大	小
不利影响	运输过程中的安全隐患	有	有	无	无
	现场的安全隐患	相当大	有	有	较小
	对鱼类和大的无脊椎动物的毒害	有	有	无	无
	有毒副产物	有	可能存在少量	有	无
	清洗产物	无	无	无	有
	增加溶解性固体含量	是	是	否	否
	腐蚀性	有	有	有	无
	高能耗	否	否	是	是
注: 单位为 mg/L; 单位为 mW/cm ² ; 有时 UV 消毒的成本要低于氯消毒或二氧化氯消毒,这主要是因为土建投资差别较大。氯消毒或二氧化氯消毒通常需要较长的接触时间,因此土建和征地费用要明显高于 UV 消毒。					

2.2 对环境的影响

氯化消毒能产生消毒副产物。部分水生生物对水中总余氯含量比较敏感,某些物种能忍受的最大余氯量为 0.002 mg/L (新鲜水)和 0.01 mg/L (盐水)。脱氯作用能去除残留的游离态或化合态氯,但不能有效地去除其他消毒副产物。总之,氯化消毒出水排放到地表水体后会对水生生态系统造成不利的影响。

若经氯化消毒的水被作为非人体接触性利用,而不是直接排放到地表水体,则对环境的危害会大大降低。对于再生水而言,这是一种可以接受的消毒方法。必须说明的是,如果为防止微生物的再次繁殖,避免对后续输配和储存系统造成二次污染而需保持一定的余氯量,则最好选用氯或二氧化氯消毒,但必须控制再生水利用现场的余氯量 1 mg/L。要明确的是,即使余氯量 < 1 mg/L 有些生物也会受到危害,因此当使用氯消毒的再生水进行灌溉时,应考虑对农作物的敏感性。

当污水中含有大量溴化物时,能与臭氧反应生成溴酸盐,这也是受到严格限制的一种消毒副产物。另外,目前已经证实气态臭氧的腐蚀性和毒性对周围环境具有不利影响,而且具有较低的感知嗅味阈值,在极低的浓度下就能产生令人厌恶的嗅味,并对人体健康有一定的影响。

虽然二氧化氯消毒副产物的生成量很少,但其本身是一种有毒的化合物,长时间接触含有二氧化氯的气溶胶,可能会对肝、肾、中枢神经系统等造成损伤。

与其他消毒方法相比,UV 消毒的风险较低,但所排放的出水容易发生光致化学反应和微生物种群的变异,消毒死区也是微生物变异的主要场所。另外,长距离输水时管网中可能存在微生物再次繁殖的问题。

根据潜在环境风险分析,UV 对环境的潜在风险较小,其次为臭氧、二氧化氯和氯化消毒。危险等级的确定主要取决于消毒副产物生成的可能性以及出水排放到受纳水体时的潜在毒性。

3 组合消毒技术

组合消毒技术主要是基于微生物对不同消毒剂的抵抗性和敏感性不同而提出的,由于各种消毒技术的原理不同,对一种消毒剂具有抗药性的微生物可能很容易被其他消毒剂灭活,因此将各种消毒技

术进行组合,分别发挥各自的优越性,从而更程度地降低水中的细菌总数。例如,隐孢子虫、贾第鞭毛虫和军团菌属等抗氯微生物在低 UV 剂量下即可灭活,而腺病毒等抗 UV 微生物则对氯非常敏感,将 UV 和氯消毒进行组合,就能有效地灭活这几种微生物。

组合消毒技术的优点为:

降低氯化消毒或臭氧消毒副产物的生成量。当氯化消毒或臭氧消毒与其他消毒技术进行组合时,能很大程度上降低这些消毒剂的用量,从而降低相关消毒副产物的生成量。

达到低运行成本下的最佳微生物灭活效率。将两种或两种以上的技术进行组合,使其分别针对不同的微生物进行灭活,这样就避免了使用单一消毒剂时,为达到指定抗药微生物灭活率而采取高投加剂量的问题。

对各种目标微生物均能达到较高的去除效率。通过组合,选用适合的消毒技术处理不同目标微生物,达到优势互补的消毒效果。

提供后消毒能力。将具备后消毒能力的消毒技术与不具备后消毒能力的消毒工艺进行组合,不仅能有效地对各种病原体微生物进行灭活,而且为不具备后消毒能力的消毒技术处理后水提供了更好的安全保障,同时也能控制管网中生物膜的生成和生长。

同时,组合消毒技术在应用中也存在一定的限制因素,如会加大运行和控制的难度,并可能增加初期投资和运行成本。

参考文献:

- [1] EPA/600/R-01/110. Controlling Disinfection By-Products and Microbial Contaminants in Drinking Water [S].
- [2] Publication # 97-23. Water Reclamation and Reuse Standards[S].
- [3] BRP/DWM/PeP-P00-3. Interim Guidelines on Reclaimed Water(revised) [S].
- [4] Publication 730. Guidelines for Environmental Management - Disinfection of Treated Wastewater[S].

电话:(022)23545371

E-mail:tjsunyongli@163.com

收稿日期:2004-08-17