

无极紫外光消毒技术在中水回用中的应用

夏东升¹, 楼朝刚¹, 吕继良¹, 刘 强², 曾庆福¹

(1. 武汉科技学院环境与城市建设学院, 武汉 430073; 2. 山东省轻工业设计院, 济南 250014)

摘 要:检测和分析了无极紫外光消毒器中前后中水中大肠杆菌群数、大肠杆菌群的复活和再生现象、消毒副产物的生成及有机物的去除情况。结果表明:流量小于 350L/h 时,消毒后的大肠杆菌群杀菌率达到 99.9% 以上,消毒后的水质均满足水质标准;在可见光照射下,消毒后水样中大肠杆菌群数的增长速度比在避光保存时快,在流量较小时,消毒后水样中的大肠杆菌群数在可见光照射下和避光保存时增长都比较缓慢;无极紫外光可以降解水体中的微量有机物,且消毒后基本上不产生 THMs 和 HAAs 等消毒副产物。

关键词:无极紫外光;消毒;大肠杆菌;中水

中图分类号:TU991.25 **文献标识码:**A

Application of Electrodeless Ultraviolet Light Disinfection Technique in Reclaimed Water Reuse

XIA Dong-sheng¹, LOU Chao-gang¹, LÜ Ji-liang¹, LIU Qiang², ZENG Qing-fu¹

(1. School of Environment and Urban Construction, Wuhan Institute of Science and Technology, Wuhan 430073, China;

2. Shandong Light Industry Design Institute, Jinan 250014, China)

Abstract: E. coli, revival and rebirth of e. coli, the generation of disinfection by-products and elimination of organic matter in water are checked and analyzed before and after disinfection. The results show that when the flux is less than 350 L/h, microwave electrodeless ultraviolet irradiation can achieve an inactivation rate of 99.9% after disinfection, disinfected water satisfies the standard of water; when visible light irradiates in the disinfecting water, when the flux is small, the disinfecting water of E. coli is slower; electrodeless ultraviolet light can decompose the water of atom of organic matter, and it does not bring THMs and HAAs and so on disinfection outgrowth after disinfection.

Key words: electrodeless ultraviolet light; disinfections; e. coli; reclaimed water; reuse

随着水资源的日益短缺,污水的再生回用也越来越多,中水的水质一直是用户关注的热点。中水的常规处理过程可以去除部分微生物,但水中的微生物的绝对含量还是很可观,并存在有病原菌的可能。因此,污水在回用之前应进行消毒处理^[1],消毒杀菌已成为回用水消毒处理中不可缺少的一个环节。与传统的化学杀菌法相比,紫外线消毒具有安全、易操作、投资少、杀菌效率高等优点^[2]。紫外线消毒法在西方国家已成

为水处理方面一项重要的替代消毒技术。在我国,研究紫外线消毒设备和工程系统并应用于给排水的处理具有重大的意义。

1 试验材料与方法

1.1 试验水样

实验用水取自武汉科技学院新校区生活污水中水处理站的生物活性炭过滤装置出水,生活污水处理的工艺流程为:生活污水→格栅→初沉池→生物接触氧化→二沉池→生物活性炭过滤→无极紫外光消毒→水池→回用于厕所冲洗、车辆清洁、绿地浇灌等。生物活性炭过滤装置的出水水质分析如下:CODCr:20~35 mg/L;NH₃-N:2~8 mg/L;SS:2.0~7.0 mg/L

收稿日期:2008-02-11

基金项目:武汉市科技局引导计划项目(20066009138-07)。

作者简介:夏东升(1971-),男,副教授,博士,从事水质监测和水污染控制方面的研究。

L;浊度:1.4~5.0 NTU;Cl⁻¹:40~60 mg/L;细菌总数:1.4 × 10³~5.6 × 10⁴ 个/mL;大肠菌群数:2.0 × 10³~4.2 × 10⁴ 个/L;PH值:6.8~7.3。

1.2 试验装置

无极紫外光消毒器(自制)如图1所示,微波源的发射功率为500 W,将4支石英灯管(自制,长60 cm,直径1 cm)置于石英套管(直径6 cm)之中,外围为圆柱形反应器;经标定无极紫外光透过率85%。则60W无极紫外灯透过石英套管表面辐照强度3 613 μW/cm²。由空气泵从石英套管下部进气,使得水样能够均匀混合,曝气量为5 L/min;水流为平流式,进口处设储水装置。

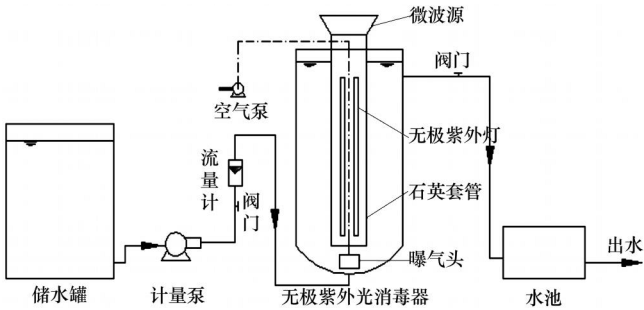


图1 无极紫外光消毒实验装置图

1.3 试验方法

调节进水流量,将待处理的储水罐的中水用泵输送到无极紫外光消毒器,出水后进行微生物检测,每次取样均做2次,取其平均值作为本次微生物检测结果。

1.4 分析方法

大肠菌群数采用多管发酵法,在37℃恒温培养箱中培养24 h后计数。紫外线强度用UV-B型紫外辐照计(北京师范大学科学仪器厂)测定;紫外线的透光率用Varian Cary 50型分光光度计测定;浊度采用SGE-1AP数显浊度仪测定;TOC采用TOC分析仪测定。

2 试验结果与讨论

2.1 紫外线对大肠杆菌群的灭活效果

分别采集未经无极紫外光消毒的进水水样(即消毒前水样)和无极紫外光消毒器的出水水样(即消毒后水样),分150,250,350,450 L/h和550 L/h 5个流量进行实验,实验同时检测水样的浊度。实验结果见表1所示。

表1 不同浊度和流量下的大肠杆菌群的灭活效果

水样号	浊度 (NTU)	消毒前 水样大肠 杆菌群/ (个·L ⁻¹)	不同流量下消毒后水样的 大肠杆菌群数(个·L ⁻¹)				
			150 L/h	250 L/h	350 L/h	450 L/h	550 L/h
1	1.8	4.6 × 10 ⁴	0	1	2	4	12
2	2.7	2.2 × 10 ³	0	0	3	6	20
3	3.4	2.4 × 10 ³	0	1	2	8	16
4	4.8	2.0 × 10 ³	1	1	3	5	10
5	4.2	4.2 × 10 ⁴	0	0	1	5	18

由表1可知,流量为150 L/h时,4次实验的消毒后水中大

肠杆菌群数为0个/L,杀菌率达到100%,一次实验的消毒后水样达到《中国城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB18920-2002)中规定的回用水标准。流量小于350 L/h时,消毒后的大肠杆菌群杀菌率达到99.9%以上,消毒后的水质均满足水质标准。流量大于350 L/h时,消毒后水样均不满足回用水标准。这一试验结果充分反映了紫外线对大肠杆菌的高效杀灭作用,同时也说明不仅在回用水消毒处理中,而且对于生活污水及医院废水等对大肠杆菌指标要求非常严格的水处理工程,紫外线杀菌仍是一种安全、可靠、高效的手段。

2.2 大肠杆菌群的复活和再生长试验研究

经无极紫外光作用的细菌,其中一部分仅仅是受损伤而未被完全杀灭,经过可见光照射一段时间后可自行修复其受到的损伤,这种现象称为光复活现象。含孢子微生物和生长缓慢的微生物比生长较快微生物更易于复活^[3,4]。

将原水通过图1所示装置,调节实验装置流量分别为150,350 L/h和550 L/h,进行试验研究。将无极紫外光处理过的水样置于可见光直接照射下(另加一对照水样,避光),检测并记录24 h内水样中大肠菌群数的变化,绘制出光复活曲线。实验结果见图2所示。

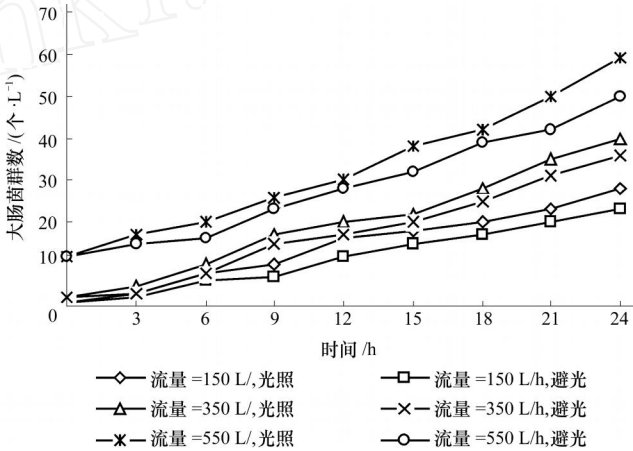


图2 大肠杆菌群的复活和再生长

由图2可知,随着时间的推移,3个经过紫外光消毒过的水样,在可见光照射下大肠菌群数都逐渐升高,而避光保存的水样中大肠菌群数增长相对缓慢。经流量小的消毒过的水样,其中的大肠菌群数增长比较缓慢。

2.3 消毒副产物的试验研究

一般认为,紫外光消毒不会产生消毒副产物。在此次试验过程中,取不同照射时间消毒的出水,检测了其甲醛、总三卤甲烷(THMs)和卤乙酸(HAAs)的浓度。随着照射时间的增大,甲醛的浓度虽然略有升高,但不明显,均小于0.25 mg/L,远低于国家排放标准1 mg/L(GB18918-2002)。THMs浓度基本上无变化,远低于我国《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)中的规定值(300 μg/L)。在各个水样中均未检出HAAs。

2.4 紫外线对中水有机物的降解情况

将原水通过图1所示装置,调节实验装置流量分别为150,350 L/h和550 L/h,进行试验研究。比较消毒前和消毒后水样COD_{Cr}和TOC值,实验结果见表2所示。

表2 不同流量下的 COD_{Cr}和 TOC 值

流量/(L·h ⁻¹)	TOC/(mg·L ⁻¹)	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)
0	22.0	32.40
150	18.0	27.17
350	19.0	28.72
550	21.0	30.43

由表2可知,经无极紫外光消毒器前后水样的 COD_{Cr}和 TOC 值的对比研究,所取水样的 COD_{Cr}和 TOC 值都不高,消毒后水中的 COD_{Cr}指标和 TOC 指标都较消毒前的有所降低,而 COD_{Cr}和 TOC 两项指标都是反映水中有机物含量的指标。因此,可知无极紫外光在中水处理中,杀灭水中细菌、病毒等微生物的同时还具有降解水中的微量有机物的效果。

2.5 运行成本分析

微波发生器、石英玻璃等的材料费用和人工安装费用按2 000元/台反应器计。市场上无极紫外灯的批发价格约为100元/根,灯管的使用寿命为12 000 h,按8根计(4根备用),为800元。配套的水泵、空气压缩机等按1 000元计,则初期投资成本约为3 800元。

运行成本包括微波发生器、水泵、空气压缩机的电耗。根据前面的计算的无极紫外光消毒装置日处理量约为3.6 m³/d,提升水泵选用WQ K5-2-0.2型(流量5 m³/h,扬程2 m,电机功率0.2 kW);空气压缩机选用LG0.1(风量0.1 m³/min,风压3.43×10⁴ Pa),功率为100 W;微波发生器的功率为500 W。则总功率为kW。电费按0.6元/度计算,则每处理1 m³水的运行成本为0.13元/m³。

从技术角度来说,无极紫外光消毒装置运行自动化程度高,用微波激发的无极紫外灯启动快、寿命长。在日常运行中不需专人看守,只需定期清洗反应器内的污垢即可使其长期高效率运行。

3 结 语

(1)流量小于350 L/h时,消毒后的大肠杆菌群杀菌率达到99.9%以上,消毒后的水质均满足水质标准。流量大于350 L/h时,消毒后水样均不满足回用水的标准。

(2)消毒后水样中的大肠菌群数在可见光照射下都逐渐升高,而避光保存的水样中大肠菌群数增长相对缓慢。经流量小的消毒过的水样,其中的大肠菌群数增长比较缓慢。

(3)通过对中水的 COD_{Cr}和 TOC 两项指标的检测,得出无极紫外光可以降解水体的微量有机物。且无极紫外光消毒基本上不产生 THMs 和 HAAs 等消毒副产物。

(3)运行成本方面,无极紫外光在中水处理中杀菌效果很好,每处理1 m³水的运行成本仅为0.13元,将会有很好的应用前景。

参考文献:

- [1] 张自杰.排水工程[M].北京:中国建筑工业出版社,2000.304.
- [2] 王文忠.用紫外线对污水消毒[J].节能与环保(水科学与环境),2003,(5):44-45.
- [3] Jennifer L. Clancy. UV rises to the cryptosporidium challenge[J]. Water2000,21(10):30-32.
- [4] USEPA, State Drinking Water Act Amendments of 1996[J]. AWWA,1997,89(3):40-48.

(上接第95页) 全高效、成本低廉的绿色去污技术,有着极大的应用前景。

2.3 强氧化性 OH 自由基高级氧化技术

高级氧化技术是指通过不同途径产生具有强氧化性 OH 自由基的过程,OH 基形成后会诱发一系列的物理效应和化学效应,使水中的有机物迅速得到降解,从而达到高效除污的目的。基本原理:OH 基具有强氧化性,通过电子转移、亲电加成、脱氢反应等途径使污染物矿化,在短时间内杀灭微生物,最终产物为无毒无害的二氧化碳和水,对环境不会产生任何危害。OH 自由基的产生方法很多,H₂O₂ 分解,H₂O 电离,光催化氧化,高压脉冲放电等,所需设备简单,而且 OH 基作用时间极短:只需2 s,传统化学药物作用时间为40 min到1;传统化学药物杀菌有选择性,而 OH 基具有广谱性;最重要的一点是 OH 基从制造过程到灭菌过程,对环境不产生丝毫污染。该技术适合饮用水净化,污废水再生水,海洋湖泊污染治理,尤其适合流动水域污染的应急处理。

3 结 语

可以看出,与净化水传统工艺相比,高科技的绿色除污技术具有工艺简单,成本低廉,使用广谱,作用快速,且无任何二

次污染等优点,是彻底解决海洋湖泊污染,实现污废水回用的关键,对建立水体良性循环、维护水体生态平衡,有效解决水危机具有重大的社会意义。

参考文献:

- [1] 刘秉涛,徐 菲.饮用水深度处理技术现状及工艺比较[J].水科学与工程,2007,(3):8.
- [2] 李怀甫.论水危机对策与水科学发展[J].河北水利,2007,(3):18.
- [3] 高德宏,曲歌今.浅论美国的水资源管理体系[J].水利科技与经济,2006,(7):32.
- [4] 车 越,吴阿娜.加拿大保护饮用水源的策略及启示[J].中国给水排水,2007,(8):79.
- [5] 薛方亮,张雁秋.染料废水处理技术最新研究进展[J].水科学与工程,2007,(2):26.
- [6] 李占臣,王红霞.超声波辐射降解废水中有毒成分的技术[J].河北大学学报(自然科学版),2007,(2):219.
- [7] 路 达,郝玉芬. TiO₂/紫外线光体系降解含酚废水[J].河北大学学报(自然科学版),2007,(4):391.
- [8] 王翠花,吴 彦.填充床放电等离子体反应器对铜绿微囊藻的去除[J].河北大学学报(自然科学版),2007,(6):638.