

清水箱内水的紫外线消毒效果研究

杨玉楠 李文兰 张维佳 王宝贞

提要 对哈尔滨市某度假村采用臭氧和生物活性炭联用法生产优质饮用水净化站中的一个处理单元——清水箱内水的紫外线消毒效果进行研究,探讨了紫外线消毒效果的影响因素。试验表明,紫外线对细菌有一定的杀菌效果,但由于采用水面照射的方法,并不能完全杀死细菌,只能使细菌总数保持在水质标准的规定限度内。因此,对于管网线路短,出水一般在十几个小时内消耗掉的供水系统中采用水面照射的紫外线消毒法是可行的,基本上有效地确保了饮用水的卫生学安全性。

关键词 清水箱内水 紫外线消毒 水面照射 细菌

自 20 世纪 70 年代中期,发现氯化消毒的水中存在致癌物——氯仿,人们对物理消毒法——紫外线消毒饮用水更为关注,因为紫外线消毒不向水中添加任何物质,不产生消毒副产物,不影响水的理化性质,而且操作简便,便于实现自动化操作,现已较广泛地用于纯净水、无菌水和小区饮用水等的消毒^[1~4]。

用紫外灯管对水进行消毒,既可采用水面照射,又可采用水中照射。目前,大多数采用水中照射法,水中照射法的装置复杂,但紫外线的利用效率高。水面照射简单,但紫外线的利用效率低。位于哈尔滨市江北月亮湾度假村采用臭氧-生物活性炭法生产优质饮用水净化站的一个处理单元——清水箱内

水就是采用紫外线消毒的。为了节省基建费和运行费,在本处理工艺中采用紫外线水面照射法杀菌。处理目标为,在一定的投资额范围内,以国家饮用水标准为基准,向更优质的国际标准看齐。因此,本研究主要是针对清水箱的紫外线水面照射消毒效果进行的,并探讨了影响紫外线消毒效果的一些主要因素。

1 处理工艺和试验方法

1.1 处理工艺

哈尔滨市江北月亮湾度假村建成的优质饮用水净化站,于 1998 年 10 月末投产运行,其处理规模为 $7 \sim 10 \text{ m}^3/\text{h}$,处理流程为:原水→射流式臭氧抽吸与混合器→填充床式接触反应器→生物活性炭滤罐→

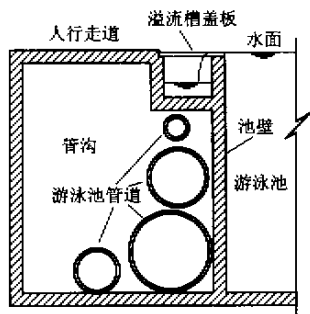


图 5 游泳池边管沟作法示意

按摩池水流与热水游泳池给水口的水流相顶碰,会产生旋回流,还有一些弧型处下部容易存在死水区,不利于新旧水的交换更新。

总的说来,作为与景观相结合的酒店游泳池,必须选择合适的循环方式,选用节能、省地、高效的设备,采用合适可靠的管材和合理的敷设方式,从而达到运行安全可靠、运营费用低廉、操作管理方便的目的。

8 结语

因为必须配合建筑景观,本游泳池的造型与传统的形状规则的游泳池不同,很多地方为弧状水湾,因此也存在一些问题。如:循环水流分布不够均匀,

◇作者通讯处:518053 深圳华侨城倚荔楼二楼

深圳市侨建工程监理有限公司

电话:(0755) 6601176

林玉礼 深圳华侨城光侨街大兴楼 702 房

修回日期 2002-4-2

木鱼石/石英砂双层滤料滤罐→紫外线消毒的清水箱→出水,通过PVC-U专用管线供给用户。

本试验主要对其中的一个处理单元——清水箱内水的紫外消毒效果进行研究。由于臭氧氧化提高了水中有机物的可生物降解性,导致活性炭上微生物的生长,这样造成活性炭出水中的细菌总数有超标的可能。一般来说,在活性炭处理后必须接有消毒处理,如采用氯化消毒等。为了节省基建费和运行费,本工艺采用紫外灯水面照射法对清水箱内水进行消毒。水箱为封闭式,材质为玻璃钢,平面尺寸为 $4\,500\text{ mm} \times 3\,200\text{ mm}$,容积为 30 m^3 ,仅留有溢流孔和人孔,将4根20 W紫外灯管均匀地悬挂在比较靠近溢流孔和人孔的水面上,顶板下(见图1)。紫外线的波长为 253.7 nm ,经石英套管的紫外线透射率为96%,由于水的用量不是很大,一般来讲每天生产3 h的水即可满足全天的用水量,因此将照射时间设定为3 h/d。

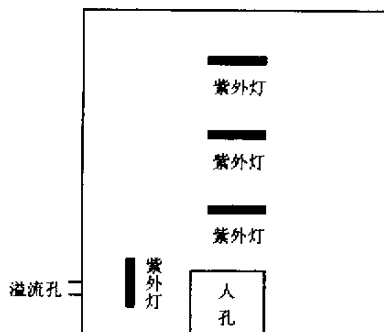


图1 清水箱内水的紫外线消毒平面布置

1.2 试验方法

细菌总数、进水的色度、浊度及铁含量的测定参照文献[5]的方法进行。

2 试验结果与分析

紫外线消毒的原理比较复杂,一般认为是生物体内的核酸吸收了紫外光的能量而改变了自身的结构,从而破坏了核酸的功能。核酸是一种高分子化合物,是生命的物质基础。核酸对紫外光具有强烈的吸收作用,紫外线照射使微生物细胞膜的渗透力和细胞内酶的作用发生变化,当核酸吸收的能量达到致死量而又保持一定的照射时间,细菌便大量死亡[4]。紫外线对饮用水的消毒效果取决于紫外线的波长、照射强度和时间并和水的深度、微生物的数

量、水的感官性状(色度、浊度、肉眼可见物)以及水中杂质的含量有关。

2.1 清水箱内水紫外线消毒结果

取样后细菌总数的检测结果见图2(1999年),在所有的检测中均未检测到大肠杆菌。由图2可知,紫外线对细菌有一定的杀菌效果,但由于采用水面照射的方法,灭菌效果较差。紫外线灭菌并不能完全杀死细菌,只能使细菌总数保持在水质标准的规定限度内。1999年11月的检测结果中细菌总数超标,这是由于运行管理不善,对活性炭未进行定期反冲洗造成的。

由用户出水的细菌总数检测结果可知,清水箱内水的紫外线消毒不能起到防止在配水管网中二次污染的作用,但对于本工艺这种管网线路短,而且经紫外线消毒的水一般在十几个小时内就被消耗掉的供水系统中采用紫外线消毒是可行的。

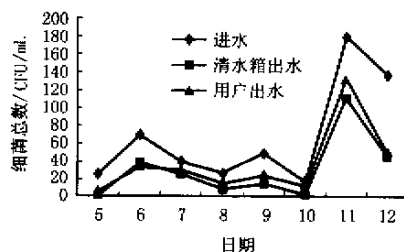


图2 紫外线的消毒结果

2.2 紫外线量及水的深度对消毒效果的影响

紫外线杀菌的有效度是由照射后残留的活细胞数来表示的。它是由紫外线强度(mW/cm^2 测定值)、照射前细胞数及照射时间决定的。以上参数中紫外线量和紫外线有效度与标准指标相关。紫外线量与紫外线强度及照射时间的关系见式(1)。

$$\text{紫外线量} = \text{紫外线强度} \times \text{时间} \quad (1)$$

丁南珊[2]的研究表明当蒸馏水的深度为 2.5 cm 时,穿透率为98%。在本工艺中水面每升高 2.5 cm 所需时间为 130 s ,紫外线强度为 $0.555\,6\text{ mW}/\text{cm}^2$,则紫外线量 $= 0.555\,6 \times 130 = 72.2\text{ mJ}/\text{cm}^2$ 。

根据M.M.Baas[3]所得的结果:细菌减少一个对数增长期需要紫外线量为 $5\text{ mJ}/\text{cm}^2$,减少2个对数增长期需要紫外线量为 $15\text{ mJ}/\text{cm}^2$,但本研究所得的结果中并未达到这一去除率。紫外线的穿透率是随着水层厚度的增加而减弱。根据丁南珊[2]的研

究结果,波长为2 600Å的紫外线灯管对蒸馏水进行照射时,当水层厚度为2.5 cm时穿透率为98%,15 cm时为81%,30 cm时为66%。在本工艺中清水箱内水层的厚度为2 m左右,水面每升高2.5 cm所需时间为130 s,但因水箱内的水并非是逐层上升,进水立即与水箱中的存水混合,造成后面的较剧烈的波动,无法实现紫外线对水箱中水的逐层照射,造成消毒效果不佳。因此虽然紫外线量和透射率均符合理论上的要求,但灭菌效果并未达到理论值。

2.3 色度、浊度和含铁量对紫外线穿透性的影响

从理论上讲^[7],被照射水对紫外线的吸收可用吸收系数 α 来描述。光通过吸收层后的强度按式(2)计算:

$$E = E_0 e^{-\alpha x} \quad (2)$$

式中 E ——光通过吸收层后的强度, mW/cm^2 ;

E_0 ——光通过吸收层前的强度, mW/cm^2 ;

x ——吸收层的厚度, cm ;

α ——吸收系数, cm^{-1} 。

研究表明,吸收系数 α 与水的色度、浊度及二价铁含量有关,与吸收层的厚度和照射强度无关。表1列出了不同水质对253.7 nm紫外线的吸收系数。

表1 不同水质对253.7 nm紫外线的吸收系数^[7]

色度/度	浊度/NTU	铁离子/mg/L	α
40	4	0.60	0.616
35	3.5	0.52	0.526
30	3	0.45	0.505
25	2.5	0.375	0.381
20	2	0.30	0.338
15	1.5	0.15	0.717

紫外线的穿透能力较低,所以对水的色度、浊度和含铁量等均有一定的要求。一般色度小于15度,浊度小于5 NTU,总铁小于0.3 mg/L。本研究进水的色度、浊度及铁含量见表2。由表2可知本研究进水的色度、浊度和铁含量都非常低,符合理论上的要求。因此,本工艺从理论上也说明进水的水质对紫外线的穿透力影响较小,紫外消毒能够起到防止水箱二次污染的效果。

3 结论

(1)紫外线对细菌有一定的杀菌效果,但由于采

表2 本研究进水的色度、浊度及铁含量

色度/度	浊度/NTU	铁离子/mg/L	色度/度	浊度/NTU	铁离子/mg/L
3.5	0.6	0.02	0	0	0.059
0	0	0.064	1	0	0.044
5	3	0.05	0	0	0
2	0	0			

用水面照射的方法,灭菌效果较差。紫外线灭菌并不能完全杀死细菌,只能使细菌总数保持在水质标准的规定限度内。

(2)清水箱内水的紫外线消毒的缺点是不能起到防止在配水管网中二次污染的作用,但对于本研究这种管网线路短,出水一般在十几个小时内就被消耗掉的供水系统中采用紫外消毒是可行的。

(3)本工艺进水的水质对紫外线的穿透力影响较小,采用的紫外线量符合理论上的要求,虽然灭菌效果并未达到理论值但在进水细菌数不是太高的情况下能够起到防止水箱内水二次污染的效果。

(4)虽然采用本方法可基本上有效地确保饮用水的卫生学安全性,但为了更有效地保证用户的饮水安全与健康,建议在原有工艺的基础上进行改造,由于在前处理工艺中有臭氧氧化工艺,可由臭氧发生器再接出一个管路,采用臭氧或臭氧/紫外线联动的高级氧化法进行消毒。

参考文献

- 小山清.超纯水無菌纯水の制造技術とその動向 IV.水處理技術,1994,35(3):41~50
- 丁南湖.影响紫外线消毒效果的因素探讨.净水技术,1994,47(1):20~24
- M M Baas. Effluent disinfection by UV technology. Trib Eau, 1993, 46(562):65~67
- 神子直之.砷素替代技術の必要性和今の課題.水環境學會志,1998,21(9):8~12
- 国家环保局.水和废水检测分析方法编委会.水和废水检测分析方法.第三版.北京:中国环境出版社,1989
- 武汉大学、复旦大学生物系微生物学教研室编.微生物学.北京:高等教育出版社,1990
- 伍建修,等.紫外线技术在纯水淡化工艺中的设计与应用.1980

◇作者通讯处:100085 北京 2871 信箱

电话(010)62849148

收稿日期 2001-10-8