

饮用水处理中的几种消毒剂

Some Disinfectants Used in Drinking-water Treatment

孙治荣 王宝贞 (哈尔滨建筑大学市政环境工程学院 哈尔滨 150008)

提要 对饮用水处理中常用的消毒剂液氯、二氧化氯、氯胺及臭氧进行了比较,指出消毒效率为: $O_3 > ClO_2 > Cl_2 > RNH_2Cl$, 消毒持久性顺序为: $RNH_2Cl > ClO_2 > Cl_2 > O_3$, 成本费用为: $O_3 > ClO_2 > RNH_2Cl > Cl_2$ 。液氯和二氧化氯消毒会产生有毒的消毒副产物,几种消毒剂各有所长,在使用时应综合考虑。

关键词 饮用水 消毒剂 水处理

Abstract Disinfectants such as Cl_2 , ClO_2 , RNH_2Cl and O_3 used in drinking water treatment, are compared. It's pointed out that the disinfection efficiency is $O_3 > ClO_2 > Cl_2 > RNH_2Cl$, the disinfection endurance is $RNH_2Cl > ClO_2 > Cl_2 > O_3$, the disinfection cost is $O_3 > Cl_2 > RNH_2Cl > ClO_2$ and some harmful disinfection by-products can be produced when Cl_2 or ClO_2 is used as disinfectant. These disinfectants have their own characteristics and should be considered comprehensively.

Key Words Drinking-water Disinfectant

城市自来水厂常规的处理工艺是混凝→沉淀→过滤→加氯消毒,随着水环境污染日益严重及对饮用水水质要求的不断提高,该工艺不仅不能有效地去除水中的一些微量有机污染物,反而所投加的液氯会与这些微量有机污染物作用生成一些“三致”(致癌、致畸、致突变)物质^[1],例如三卤甲烷,包括三氯甲烷、一氯二溴甲烷、二氯一溴甲烷、三溴甲烷及一碘二氯甲烷等,严重威胁着人类的健康。

为了减少这些有机卤化物等“三致”物质的生成,寻找其它的饮用水消毒剂以代替液氯一直是研究的热点。到目前为止,可用作饮用水消毒剂的除氯外,还有二氧化氯、氯胺、臭氧、高锰酸钾、氯溴消毒剂、二氯异氰尿酸钠等^[2]。本文将以杀菌能力、消毒的持久性、消毒副产物、使用方便性、成本等方面对液氯、二氧化氯、氯胺、臭氧这四种消毒剂进行分析比较。

1 四种消毒剂的特点

1.1 氯消毒

氯与水反应时,一般要产生歧化反应,即:

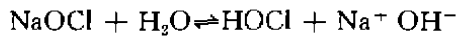


实际上,次氯酸是比次氯酸根消毒能力大得多的消毒剂,如次氯酸杀死大肠埃希氏菌的能力比次氯酸根要大 80 至 100 倍,这是因为次氯酸是很小的中性分子,它能扩散到带有负电荷的细菌表面,并穿透细胞壁到细菌内部,而次氯酸根带负电荷,它难于接近带负电荷的细菌表面,所以杀菌能力比次氯酸差得多,氯的氧化作用是破坏酶系统使细菌死亡。

近年来,人们发现在氯化消毒的同时,氯会与水中某些物质反应生成一系列对人体健康有害的副产物。

1.1.1 氯与无机物反应 氯会使水的碱度降低,这是因为氯在水中反应时将会产生强酸和次氯酸,而若以次氯酸盐的形式加氯,则碱度将会有所增加:

收稿日期 1998-03-30



如果使用的是次氯酸钙,则水的硬度和碱度都会增加,并可能会产生结垢:



1.1.2 氯与有机物反应 许多受有机物污染的水源经过氯化后,将产生三卤甲烷和其它卤化副产物,如二氯乙腈、三氯乙酸、氯苯、氯酚、氯醛等,这些消毒副产物中,三氯甲烷已被确认为致癌物^[3,4],其它大部分具有一般毒性,部分有致突变性。三卤甲烷的前驱物质主要是天然大分子有机物如腐植酸、富里酸等,及小分子有机物如酚、苯醌、苯胺、1,3-环己二酮、氨基酸等。

Hemming 和 Kronberg 等从氯化消毒后的自来水中检测出 3-氯-4(二氯甲基)-5-羟基-2(5H)-咪唑(MX),MX 是一种强致突变物,它对 T_{A98} 、 T_{A100} 等有很强的致突变活性^[5]。

1.2 二氧化氯消毒

二氧化氯是一种强氧化剂,它在给水处理中的主要作用是脱色、除臭、除味、控制酚、氯酚和藻类生长,它是广谱型消毒剂,对水中病原微生物包括病毒、芽孢、管网中异养菌、硫酸盐还原菌及真菌等,均有很高的杀灭效果。

二氧化氯能适应介质中很宽范围的 pH 来杀灭大肠杆菌,其杀灭效果与温度(T)有关,为 $\frac{1}{T}$ 的函数,这一点弥补了因温度升高而使二氧化氯在水中溶解度降低的缺点。二氧化氯在水中的扩散速度比氯快,因此在低浓度时比氯更为有效,对孢子的杀灭能力比氯强,杀灭病毒的能力比臭氧及氯强,低剂量的二氧化氯还有很强的杀蠕虫效果。对水处理系统中的沉淀、过滤等设备和管网中的藻类、异养菌、铁细菌及硫酸盐还原菌等,二氧化氯均有较好的防止繁殖和去除杀灭效果。

二氧化氯在控制三卤甲烷的形成和减少总有机卤方面,与氯相比具有优越性,几乎不产生三卤甲烷及其它卤化物。在水中投加二氧化氯后,经氧化还原作用生成的亚氯酸根离子

(ClO_2^-)也有氧化能力,可以在给水管网中继续降解,使二氧化氯消毒具有一定的持久性。

二氧化氯与水中的腐植酸、富里酸和灰黄霉素作用都不会生成三卤甲烷,即使在饮水消毒过程中,投加少量的二氧化氯也能有效地抑制三卤甲烷的生成。

二氧化氯是有选择地与无机物、有机物进行反应,如能与氰化物、硫化物、铁、锰等无机物以及酚、氯酚、硫醇、仲胺、叔胺等有机物起反应,但不能与氨、铵盐等无机物及链烷、链烯、炔、醇、醛、酮、芳香族等有机物起反应。而氯则是非选择性的,它能以氧化、取代、加成等方式与许多无机物、有机物进行反应,产生各种化合物,其中包括对人体有害的卤代有机化合物。

1.3 氯胺消毒

氯胺消毒与氯消毒相比,可使三卤甲烷生成量减少 50%^[6],但氯胺消毒效果较差,不宜单独作为饮用水消毒剂使用。

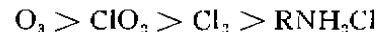
1.4 臭氧消毒

臭氧消毒本身不直接产生三卤甲烷等“三致”副产物,但生成的其它消毒副产物如醛、酮、醇、过氧化物等,若经氯化仍会产生三卤甲烷^[7]。

2 四种消毒剂的比较

2.1 杀菌能力及持久性

John. C. Hoff 与 Edwin E. Geldreich 得出^[8],在 pH 为 6~9 时,对大肠杆菌和病原体的消毒效率为:



而消毒持久性为:



可见,臭氧的杀菌能力是最强的,但由于臭氧本身极易分解,因此消毒无持久性,且成本高;二氧化氯则不仅具有相当强的杀菌能力,同时也具有相当好的持久性;氯的杀菌能力及持

久性均居中;氯胺虽杀菌持久性最好,但杀菌能力最弱。

从杀菌能力和持久性两方面看,二氧化氯的消毒效果最好。

2.2 消毒副产物及其毒性

从“三致”物质三卤甲烷的形成来看,二氧化氯是较好的一种消毒剂,但二氧化氯可以形成其它毒性副产物,例二氧化氯的无机副产物氯酸盐等比氯或臭氧的毒性更高。目前,饮用水中二氧化氯的安全浓度尚未确定。

2.3 安全性

液氯作为消毒剂最大的优点是使用方便,易于贮存及运输,从使用方便及生产技术成熟性来看,氯消毒占很大优势。

臭氧消毒,操作复杂,且对操作人员可能产生危害。

二氧化氯具有爆炸性,但采用真空或空气稀释等新技术,控制其浓度不超过 10%,也可安全操作。

氯胺消毒、贮存、也存在类似于氯的安全问题。

2.4 成本

许多成本分析表明,四种消毒剂的消毒成本为^[6]。

$$O_3 > ClO_2 > RNH_2Cl > Cl_2$$

3 结论

从消毒成本、使用方便性及安全性方面来

说,氯消毒是较好的方法,但其主要问题是产生三卤甲烷等“三致”有毒副产物。

二氧化氯消毒所产生的副产物高氯酸盐等对人体的危害性较大。

氯胺的杀菌效果较差,不宜单独做为饮用水消毒剂使用,但若将其与氯结合使用,既可以保证消毒效果,又可减少三卤甲烷的产生,且可延长在配水管网中的作用时间,是可以考虑的一种消毒技术。

臭氧消毒虽具有最强的消毒效果,并且不直接产生三卤甲烷等“三致”副产物,但其消毒不具有持久性,且成本高,操作复杂。

这四种消毒剂应用于饮用水消毒时,各有所长,又都有一定的局限性,需要结合实际情况,综合考虑,来选择最适宜的消毒剂。

参 考 文 献

1. Rook, J. J. J. Water Treat. Exam. 1974. 23: 224
2. 于作斌、蔡心培、周英田. 中国给水排水. 1994 10(4): 4
3. Lynch, c. f. Arch. Environ. Health. 1989 44(4): 252
4. Tuthill, R. W. J. AWWA. 1980. 72(10): 570
5. 李君文. 中国给水排水. 1993 年. 9(4): 46
6. 董民强, 李棕华. 水处理技术. 1997. 23(6): 341
7. Muck, P. M. Ozone Science & Engineering. 1989. 11(3)
8. John, c. Hoff, Edwin E. Geldreich. J. AWWA. 1981. 73(1)
9. Roy L. Wolfe. Environmental Acience and Technology. 1990. 24(6)