



浅析饮用水中氯化消毒副产物的控制

韩耀霞 张瑜 李娇娜

摘 要: 从饮用水中消毒副产物(DBPs)的种类,及其对人体健康的影响方面,综述了DBPs的控制现状以及前景,分析了几种对DBPs前体物及其DBPs的去除方法,讨论了它们的运行效果,展望了今后饮用水安全消毒的前景,从而将其危害降至最低。

关键词: 消毒副产物, 消毒副产物前体物, 处理工艺

中图分类号: TU 991.2

文献标识码: A

饮用水的卫生与安全直接关系到人的身体健康,氯化消毒因具有杀菌效果好、使用方便、处理成本低、运行管理方便等优点,同时还可以消灭水中的病原体,防止介水传染性疾病的传播,因此在国内被广泛采用。但是近几十年来,人们研究发现:经氯化消毒的水体中除含有微量的消毒剂外,还可产生许多消毒副产物(disinfection by-products, 简称为DBPs)。长期以来,人们对DBPs的性能以及对人体健康的危害给予了极大的关注,对于DBPs的控制工艺措施进行了大量的研究,下面就国内外这一领域的研究进行简要综述^[1]。

1 饮用水中DBPs的组成及其对人体健康的危害

消毒副产物(DBPs)是指用消毒剂对饮用水消毒时,消毒剂与水中含有的天然有机物反应生成的化合物。由于消毒剂的不同,产生的DBPs种类繁多,但总的来说可分为五类:三卤甲烷(THMs)、卤代乙酸(HAAs)、卤氧化物、卤代乙腈(HANs)、直接致诱变化合物。从目前DBPs对人体健康的影响的认识水平及其他们的“三致”(致癌,致畸形,致突变)大体如表1所示^[2]。

2 前体有机物的类型和浓度影响DBPs的生成

天然水中有机物的浓度和类型对DBPs生成有重要的影响。随着水中天然有机物浓度的增加,DBPs的生成量增加。由于有机物浓度不同,一般地表水源水的DBPs产量高于地下水源水。

表 1 水中 8 种典型有机卤代物的致突变类型及活性归纳

样品名称	直接诱变(- S9)		间接诱变(+ S9)	
	移码型 (TA98)	碱基转换型 (TA100)	移码型 (TA98)	碱基转换型 (TA100)
CHCl ₃	是(+ +)	是(+ +)	是(+ +)	否(+)
CHBr ₃	是(+ +)	否	是(+ +)	否(+ +)
CHCl ₂ Br	是(+ + +)	是(+ + +)		
CHClBr ₂	是(+ + +)	是(+ + +)		
CCl ₃ CH(OH) ₂	否	是(+)	否	是(+)
CH ₂ ClCOOH	否	否	否	否
CCl ₃ COOH	否	否	否	否
C ₆ H ₅ Cl ₂ OH	否	否	否	是(+ +)

如果地表水源为人工河流且污染源控制得好,则其 DBPs 产生量也较低。在氯化消毒时腐殖质要比富里酸产生的 DBPs 多。腐殖质中芳香烃和酚类化合物被认为是生成 DBPs 的主要前体物;腐殖质的酚类化合物中,偏二羟基苯又被认为是 DBPs 的主要前体物。Reckhow 等研究结果表明,消毒过程中氯的消耗量和腐殖质与富里酸中活性芳香组含量线性相关,Harrington 等研究了 DBPs 和氯使用量之间的关系,结果表明酚碳含量与氯消耗量和 DBPs 量密切相关。Calland 等研究表明 DBPs 前体物可分为快速反应前体物和慢速反应前体物两种,间二苯酚类化合物是主要的快速反应前体物,占天然水中 DBPs 前体的 15 % ~ 30 %^[3]。

3 DBPs 前体物和 DBPs 的去除

3.1 DBPs 前体物的去除

3.1.1 去除的大体对象

以地表水为水源和以直接受地面水影响的地下水为水源,如果使用传统过滤处理的公共供水系统,要使出水达标,必须采用强化混凝(加入充足混凝剂通过传统过滤增加消毒副产物前体物的去除)或强化软化(通过软化的沉淀物去除消毒副产物前体物)。

3.1.2 降低源水中腐殖质含量

氯化消毒的副产物是由于氯与水中微量有机物发生氯化反应形成的。腐殖质是多种 DBPs 的主要前体物,且 DBPs 随腐殖质含量增加而增加,则降低源水中腐殖质和富里酸含量是减少 DBPs 的基础。

3.1.3 控制源水藻类的繁殖,改变水体富营养化

通过降低水中 N、P 含量来控制藻类及其代谢物繁殖也是降低饮水中 DBPs 的手段之一。国内在控制藻类生长方面进行了系统的研究,其中人工生态系统灭藻显示出很大的优越性。王朝晖等研究了水网藻在天然水体的生长以及对 N、P 的去除能力,结果表明水网藻在富营养化的水库水(单位:mg/L,TN:3.34~5.15,TP:0.1~0.19)、重富营养化的湖水(TN:33.86;TP:1.5)两种水体中均生长良好。两种水体经过水网藻(1 mg/L)处理 2 d、4 d、6 d 后,对 NH₃-N、TN、TP 的去除率均达 70 % 以上,使用水网藻作为治理富营养化水体减少藻类生长繁殖的植物具有一定的可行性。由漂浮、浮叶、沉水植物及其根系微生物等组成的人工复合生态系统,在太湖进行的动态模拟试验显示:富营养化的湖水

经该系统后藻类生物量下降 58 %,TN 下降 60 %,TP 下降 72 %,NH₃-N 下降 66 %,水质得到了明显的改善^[4]。

3.2 DBPs 的去除

去除饮用水中 DBPs 的方法可以归纳为:改进混凝沉淀工艺,改进消毒剂和深层净化处理方法。

3.2.1 改进混凝沉淀工艺

与水中消毒剂反应生成 DBPs 的主要前体物为腐殖酸和富里酸。有人报道:每 1 mg/L 的腐殖酸可生成 25 ug/L 的 THMs,改进常规混凝沉淀处理工艺,由原来的:源水—预氯化—混凝沉淀—过滤—后氯化—饮水,改为:源水—混凝沉淀—过滤—氯化—饮水。去除预氯化步骤后,可以明显地降低水中 DBPs 的含量。此外,可以使用高锰酸钾代替预氯化,这种方法也可以降低水中 THMs 的含量。

3.2.2 改进消毒剂

目前可以取代氯的主要消毒剂有:氯氨、二氧化氯、臭氧和紫外线。文献报道各消毒剂所导致的突变性强度依次为:氯>二氧化氯>臭氧。使用 1:1 的氯和二氧化氯,可使 THMs 的含量比单独使用氯减少 67 % ~ 75 %。

3.2.3 深度净化

深度净化水质的方法很多,目前常用的有:离子交换法、超过滤和精密过滤法、电渗析法和反渗透法等等。反渗透法对于去除水中 DBPs 效果很好,可以使水中的氯仿降低至 1.8 ug/L 以下,但是其成本较高,并且水的利用率受到限制,它适用于个体或局部水质的处理。活性炭吸附对净化水中的有机物也是一种较好的方法。

4 研究展望

1)对消毒代谢的前体物腐殖质和藻类已进行了大量的研究,而天然水体中的非腐殖质部分,由于以往人们对出水水质无影响而被忽视。2)国内外学者一致认为引水中的卤代烃主要来源于水中的有机物和氯的反应,并为此进行了许多研究。3)任何一种水处理工艺均有其局限性,把物理、化学、生物等多重技术的有机结合是今后研究的重点,在各自优势的基础上发挥协同作用,以取得最佳净水效果。

参考文献:

[1]王占生,刘文君.微污染水源饮用水处理[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.9.
[2]王琳,王宝贞.优质饮用水净化技术[M].北京:科学出版社,2000.1.
[3]陈卓.富里酸氯化消毒副产物的形成影响因子[J].南京大学学报,2000(3):11-15.
[4]孙卫玲.饮用水中三卤甲烷的形成与控制技术回顾与展望[J].应用基础与工程学报,2003(12):361-369.
[5]李福东.健康饮水的水质标准体系探讨[J].环境与健康,2002(9):407-408.

Simply analyzing the controlling of the accessory substance from chlorine disinfect in drinking water

HAN Yao-xia ZHANG Yu LI Jiao-na

Abstract: From the kind of the accessory substance (DBPs) in the drinking water, and the influence strong in the human body, we have discussed the current controlling situation and prospect of survey DBPs and analyzed several kinds of getting rid of the method about DBPs fore body's thing and DBPs. At the same time we have discussed their operation result and have looked forward to the safe and disinfecting prospect of drinking water in the future. What we have done is look for a way that maybe is the lowest to endanger and dropdown.

Key words: disinfections accessory substance, foreboders thing of accessory substance of disinfection, deal with the craft