

水中剑水蚤类浮游动物去除技术发展状况研究

刘冬梅¹, 崔福义¹, 林涛¹, 安东¹, 赵永春², 张发³, 郑学书³

(1. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090 E-mail: mei18@hit.edu.cn;

2. 宾县水务局, 黑龙江 哈尔滨 150400; 3. 宾县自来水公司, 黑龙江 哈尔滨 150400)

摘要: 水源污染及水体富营养化导致以桡足类剑水蚤为代表的浮游动物的大量繁殖, 由于其不能被有效去除, 致使在水厂乃至入户水中仍有出现, 这是给水处理中出现的一个新问题, 本文从生态学的角度对其生理特性进行了阐述, 为研究提供了可靠的科学依据. 并从国内外水处理现状入手, 对现有去除技术进行分析探讨, 并在此基础上提出了更为安全有效的去除方案. 相信通过更加深入的研究和设计, 必将完善水处理工艺, 从而达到彻底在水处理过程中安全有效的去除剑水蚤类浮游动物、保证饮用水质安全的目的.

关键词: 水处理; 剑水蚤; 浮游动物; 去除; 氧化

中图分类号: TU991

文献标识码: A

文章编号: 0367-6234(2004)04-0546-04

Studies on the conditions of the removal method of zooplankton from water treatment process

LIU Dong-mei¹, CUI Fu-yi¹, LIN Tao¹, AN Dong¹, ZHAO Yong-chun², ZHANG Fa³, ZHENG Xue-shu³

(1. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China, E-mail: mei18@hit.

edu.cn; 2. Binxian County Water Business Bureau, Harbin 150400, China; 3. Binxian County Water Supply Corporation, Harbin

150400, China)

Abstract: Excess propagation of Cyclops of zooplankton arises from pollution and eutrophication of water body and Cyclops can't be effectually removed so as to appear in water plant and domestic water. It arouses more and more water supply operators' attention as a new problem in water treatment. This paper provides reliable warrant for research by analyzing the ecology viewpoint. And it puts forward more effective removal project by discussing the existing domestic and overseas removal technique. Cyclops of zooplankton can be thoroughly removed from water treatment process to insure drinking water quality by in-depth study and design improving water treatment craft.

Key words: water treatment; Cyclops; zooplankton; removal; oxidation

生活用水水源受到污染, 导致藻类等水生生物生长旺盛, 特别是剑水蚤类浮游动物大量繁殖, 给给水处理带来了新问题, 在我国一些大中城市的水厂清水池乃至管网水中都曾发现过剑水蚤, 甚至发生过多起管网水中出现剑水蚤的事故, 严

重威胁到人民的身体健康.

剑水蚤分布的广谱性使之成为水源水体中浮游动物的代表^[1]. 剑水蚤外表有较坚硬的甲壳, 对水处理过程中投加的化学氧化药剂有较强的耐性. 而且剑水蚤类生命力顽强, 并有游动性、易穿透滤池. 较大的剑水蚤肉眼可见, 似白色肉虫, 其在用户水中出现, 违反了生活饮用水卫生标准中对感官性状指标的规定, 给人们的用水安全带来了很大的威胁, 必须从饮用水中有效地去除.

目前, 国内外关于剑水蚤类浮游动物的研究停留在对其生理特性及对所处生态环境的影响等

收稿日期: 2002-05-30.

基金项目: 国家高技术研究发展计划资助项目(2002AA601140); 黑龙江省青年基金资助项目(QC03C17); 北京市重点实验室开放研究项目; 哈尔滨工业大学校科学研究基金资助项目(HIT. 2001. 52).

作者简介: 刘冬梅(1973-), 女, 博士生;

崔福义(1958-), 男, 教授, 博士生导师.

方面,能见到形态及生态学研究、净化富营养化之类的报道^[2-8],而从改进与强化水处理工艺入手,系统地研究行之有效的水处理工艺技术与条件的文献则很少见到. 本文将对药剂氧化灭活和改进常规工艺去除的进展加以评述,以期为进一步系统化研究提供借鉴.

1 常规水处理工艺的改进

国内外的一些水厂,如阿根廷罗萨里奥市 Potabilisation 水厂,进行过通过澄清及过滤工艺去除浮游生物的试验^[9],结果证明了常规的水处理工艺不能彻底地去除水中的浮游生物,许多生物具有很强的穿透滤料的能力,该厂的试验结果还揭示了滤速对生物去除作用的影响范围. 1985 和 1986 年在德国 Wahnachtalsperrenverband 净水厂也观察到浮游动物可季节性穿透滤池,甚至在处理后的水中发现有 70%~80% 的存留^[10]. 为了优化去除效果(>90%),使这些生物失去活性是必要的^[11]. 但实践证明,氯化氧化及砂滤工艺不能彻底的对有耐药性的物种数量进行去除^[12]. 在印度拉贾斯邦农村,人们已认识到剑水蚤是致病寄生虫的寄主,研究出了一种有效的去除井水中剑水蚤的水过滤器,但这只对小水量能起到一定作用^[13].

针对较大型水厂,科研人员认为在絮凝和过滤过程中,在饮用水中不应存在的浮游动物的去除取决于物种的形状、大小、及其运动性^[11]. 一些国家的科研人员也提出过去除浮游动物的可能方法,如德国 Wahnachtalsperrenverband 净水厂从对浮游动物的生理及其在水中出现特性的调查得出了结论,最适宜的去除浮游动物的方法是:1)降低滤料的粒径(<0.5 mm);2)通过滤料的调整降低滤料间的空隙以及产生表面过滤的效果;3)使浮游动物失去活性. 还认为,更具可行性的方法是在生物不能生存的水层上取水^[10].

在美国纽约 Ivey 水厂重建中,还对慢速沙滤工艺进行了改进^[14]. 采用慢速砂滤通过一个 0.6~1.0 m 厚的砂滤床来过滤水体,几天后,在过滤介质的顶层形成了一个由藻类、细菌及浮游动物组成的复杂生物群落,可完成生物过滤功能. 通过一个过滤前的分级预处理工艺可以提高生物过滤的性能. 通过对原水超过 15 d 的存、沉淀或滤料的截除或絮凝、沉淀作用,出水浊度可保持在较低的水平. 生物过滤过程虽能够澄清水体并去除有机的和矿物质带来的微污染,但对过度繁殖的

藻及蚤类去除却存在困难. 通过絮凝和过滤工艺来去除较难处理的浮游动物,是国内外较常见的方法^[15]. 所采用的措施包括浮游动物的失活、强化絮凝、快速砂滤(粒径大约 1.5 mm),以及通过对滤料的调整降低滤料间的空隙体积达到表面过滤的目的等.

2 药剂氧化杀灭技术

剑水蚤具有游动性,其活体较难在水处理中除去. 因此,利用化学氧化法杀灭剑水蚤类浮游动物,使其失活,进而对其进行去除,是国内外普遍采取的除蚤措施. 在我国水厂中主要以化学药剂作为氧化剂对剑水蚤进行去除,目前水厂常用的氧化剂以预氯化氧化最为常见,除此以外还有用氯氨法进行杀灭去除的.

国外的许多储水公司采用向取水和输送管道中连续投加氯气的方法,防止有害生物的孳生^[16]. 然而实践证明,氯气不能有效的达到灭活剑水蚤的作用,过多的投加药剂,不但浪费资金、经济效益低,还会产生大量的有危险的副产品,而且这些副产品中还含有相当多的致癌物,这种自身的重大缺陷使预氯化不能成为一种最为安全、有效的灭蚤氧化方法. 因此,寻求其他有效、安全的氧化剂是普遍的需求. 在德国的一个水厂里曾对絮凝和过滤工艺对轮虫的去除情况进行了调查研究,认为除了采用因产生有机氯代物而不太令人满意的氯外,臭氧(1.5~2.0 mg/L,氧化1 min)、高锰酸钾(0.5~1.0 mg/L,氧化15~20 min)都是可取的^[11].

科研人员对美国 lowland river 河水的处理中所采用的氯氨与自由氯的相对处理效率进行过研究,考虑了这些化学物质在三卤甲烷的形成、水体消毒、浮游动物的去除中的作用,发现使用氯氨可降低 80% 的三卤甲烷的形成而且不影响水体的消毒. 与自由氯相比较,氯氨对桡足类(剑水蚤)的去除更为有效,而对枝角类(象鼻虫和憎水蚤)的去除效果差一些^[17].

为了克服原水污染对常规处理工艺净水效果的不利影响,许多水厂大大增加了絮凝剂、氧化剂等水处理药剂的生产耗量;同时,沉淀出水中的残余藻类会经常地堵塞滤池,缩短滤池的工作周期,增加滤池反冲洗水量;出厂水中残留的营养基质还会缩短管网的服务年限,增加配水系统的动力费用等. 这些因素使制水成本升高. 常见氧化剂的氧化去除蚤类浮游动物优缺点比较见表 1.

表 1 常见氧化剂的氧化去除蚤类浮游动物优缺点比较^[18]

常用氧化剂	使用范围	优点及效果	缺点及危害
氯气	各国广泛采用	经济、简化、来源较广泛,并且能除去部分嗅、味和有机物等	最佳条件不清晰,副产物——卤仿等有机卤代物,不仅具有致癌作用,而且相当一部分具有致突变作用
臭氧	成本高不普及	效果好,能增加水中的溶解氧,减少水中的 BOD 和 COD,能脱色去臭、杀灭水中的藻类,也能氧化或分解水中的铁、锰、色素、悬浮微粒,有机农药和洗涤剂,从而可大大改善水质	臭氧的氧化很难达到完全矿化的程度,在含溴离子水中可形成一些有毒有害,甚至致癌致突变的副产品
紫外线	应用广泛	具有较大杀灭率,简便快速	在饮用水处理中要与其他方法联用,且在悬浮浓度高时,效果不理想
高锰酸钾	很少应用	便于使用	效果不理想
二氧化氯	很少应用	杀灭能力强,当水中不存在氯时,没有三卤甲烷等有机卤代物的产生	需现场制备,成本高,副产物 ClO_2^- 及 ClO_3^- 对人体有害

3 其他除蚤方法

在尼日利亚西部几内亚蠕虫病发区,人们为控制几内亚蠕虫的中间寄主剑水蚤,运用了不同的方法组合:使用 Tenephos,一种有机磷化合物来杀死剑水蚤,并使用织物类过滤器来去除剑水蚤,同时利用对人们进行安全教育来减少水源的污染^[19]. 还有些国家重组现有的处理工艺来去除湖泊、河流、水库表面水中的藻类和浮游动物: 臭氧在工艺的预处理阶段溶解于水中,可以杀灭特殊细菌、病毒、藻类、浮游动物和氧化有机物质. 臭氧处理后的水在下一水处理工艺中进行絮凝.

含有絮凝剂的水投加到滤池,这一过程可以杀灭和去除微生物,同时还可去除溶解性有机物和导致色度的不纯物质. 滤后水再次经过絮凝过程,并再次过滤去除絮凝产物. 过滤后,剩余有机物质被氧化分解. 进行颗粒活性炭过滤.

还有人提出,使用气浮去除浮游动物也非常有效,且在对与水重量大体相当的憎水颗粒的分离中气浮要优于过滤^[15]. 希博格的水厂还认为超声波技术(作用时间几分钟)杀灭去除蚤类方面也是可取的^[11]. 膜法是深度处理的一种高级手段,许多研究人员认为反渗透(RO)、超滤(VF)、微滤(MF)和纳滤(NF)除能去除水中嗅味、色度、氧化副产物前体及其他有机物和微生物外,应该能有效去除水中蚤类浮游动物. 但在进行膜处理之前必须对原水进行严格的各种预处理和常规处理,其投资和运行费用很高.

目前,常采用的氧化药剂和水处理工艺,虽能

在一定程度上去除原水浊度、杀灭水中微生物、防止水介疾病的传染,甚至去除一部分蚤类浮游动物,但存在着一些局限性. 常规处理工艺对水中有害微量污染物的去除能力有限,不仅不能去除水中易形成氯化致突变物质的杂质,反而增加氯化出水的致突变活性,对采用预氯化工艺的水厂,情况更为严重,有时已难以保证饮用水的化学安全性;同时,常规处理工艺去除污染物的不彻底性也将影响管网水水质,降低饮用水微生物安全性. 现在普遍都在寻找切实可行的联合工艺,如氯化—活性炭吸附、臭氧(过氧化氢)— Fe^{2+} 等处理饮用水,以求进一步提高饮用水的质量.

4 除蚤技术的发展趋势

4.1 不断改进水处理工艺

剑水蚤类动物在水厂清水池乃至管网水中的出现,说明常规的水处理工艺难以有效的去除. 从工艺上看存在两方面的原因: 剑水蚤有穿透滤料的可能性,即使在采取预氯化的工艺中也难以减低其活性使之在混凝、沉淀、过滤一系列后续工艺中得以去除; 常规的氧化投药量、接触时间难以杀死进入清水池中的剑水蚤类,使之最终通过输水管网进入用户水中.

综合来看,改进方法将基于常规水处理工艺,技术主要可分三大类:一是制水之前尽量去除或降低水中的微污染物质. 如适当增加生物和化学预氧化工艺、强化传统的混凝沉淀过滤工艺、加强水资源保护等;二是控制氯的投加. 如对投氯方式作变更等;三是采用先进的给水深度处理工艺进

一步去除有毒有害污染物,如臭氧、活性炭吸附、膜滤等。

4.2 研究投加有效、安全、经济的药剂

常规水处理工艺中采用的预投氯氧化的方法很难有效地控制剑水蚤类浮游动物的数量,所以,还要研究开发新的氧化剂(如臭氧、二氧化氯、氯氨、紫外线等)和氯联用或替代氯。作为一种合适的灭活蚤类的氧化剂应具备如下条件:1)氧化性能力强,灭活效率高,所需投量低,毒副作用小;2)不会与水处理系统内的其他药剂发生化学反应,不产生干扰作用;3)水源水的水质条件,如pH、温度、COD对其影响作用小;4)使用安全、方便、经济性好。

5 结 论

1)剑水蚤类浮游动物在市政管网及入户管中的出现,严重威胁人民的身体健康,必须从饮用水中有效地去除。

2)水厂的运行情况表明,常规水处理工艺对其不能有效去除,在水厂出水中发现有活体剑水蚤的存在。寻求安全、有效、经济合理的剑水蚤类浮游动物去除措施,对于保证饮用水水质,十分重要。

3)针对这种现实状况,从现有水厂的水处理技术出发,研究现实可行的除蚤技术,设计合理的工艺方案,以达到安全、有效、经济的除蚤目的,是摆在我们面前的重要课题。

参考文献:

[1] 崔福义,林涛,马放,等. 水源水中水蚤类浮游动物的孳生与生态控制研究[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2002, 34(3): 399 - 403.

[2] LIU D M, CUI F Y, LIN T, et al. Preliminary study on biological control of cyclops of zooplankton in drinking water source [J]. Journal of Harbin Institute of Technology(New Series); 2004, 11(2): 121 - 125.

[3] 崔福义,林涛,刘冬梅,等. 氧化剂对剑水蚤类浮游动物的灭活效能及影响[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2004, 36(2): 143 - 146.

[4] 韩希福,王荣. 桡族类的休眠与滞育[J]. 海洋科学, 2001, 25(5): 24 - 26.

[5] 孙书存,陆健健. 微型浮游生物生态学研究概述[J]. 生态学报, 2001, 21(2): 302 - 308.

[6] XIE Ping, Noriko Takamura. Morphological and ecological studies on a cyclopoid copepod, mesocyclops notius kiefer in a subtropical chinese lake[J]. 水生生物学报, 1997, 21(4): 334 - 340.

[7] 申屠青春,董双林,赵文,等. 盐度、碱度对浮游生物和水化因子的影响[J]. 应用生态学报, 2000, 11(3): 449 - 454.

[8] YANG Y F. Feeding of mesocyclops leuckarti on moina. and diaphanomoma[J]. 动物学研究, 1998, 19(1): 31 - 37.

[9] VASQUEZ H P. Removal of micro - organisms by clarification and filtration processes: national report argentina [J]. WATER SUPPLY, 2000, 16(1 - 2): 213 - 215.

[10] LUSSE B, CLASEN J. Studies on the planktonic rotifer notholca caudata with regard to drinking water purification [J]. Aqua AQUAAA, 1991, 40(6): 380 - 384.

[11] BERNHAREDT H, LUSSE B. Elimination of zooplankton by flocculation and filtration[J]. Aqua AQUAAA, 1989, 38(1): 23 - 31.

[12] LUPI E. Occurrence of nematodes in surface water used in a drinking water plant[J]. Aqua - Journal of Water Supply Research Technology, 1994, 43(3): 107 - 112.

[13] SHARA L L. An efficient water filter for use with well - water in rural Rajasthan[J]. Pollution Research, 1993, 12(3): 119 - 125.

[14] MONTIEL A. Improvement of Slow Sand Filtration: Application to the Ivry Rehabilitation Project[R]. New York: John Wiley and Sons, 1988. 47 - 89.

[15] BERNHARDT H F R. Eliminating Zooplankton in the Context of Drinking Water Treatment [R]. French: Final report, 1988, 77.

[16] KETELAARS H A M, WAGENVOORT A J. Control of dreissena biofouling by the wate storage corporation brabantse biesbosch[J]. AQUA J WATER SUPPLY TECHNOLOGY, 2001(44): 97 - 101.

[17] MITCHAM R P. Free chlorine versus ammonia - chlorine: disinfection, trihalomethane formation, and zooplankton removal[J]. Journal of the American Water Works Association. April, 1983, 75(4): 196 - 198.

[18] 何德文,李金香. 饮用水消毒技术的研究进展[J]. 干旱环境监测, 1999, 13(1): 16 - 19.

[19] OLAJIDE I. Guineaworm control in an endemic area in western nigeria [J]. Aqua AQUAAA, 1987(6): 333 - 339.

(编辑 姚向红)