

某市贾第鞭毛虫和隐孢子虫污染现状

宗祖胜^{1,2}, 胡洪营², 卢益新¹, 张金松¹

(1. 深圳水务<集团>有限公司, 广东 深圳 518031; 2. 清华大学 环境模拟与污染控制
国家重点实验室, 北京 100084)

摘要: 利用免疫荧光分析技术对南方某市饮用水源水、自来水厂出水和污水处理厂进、出水中贾第鞭毛虫和隐孢子虫(两虫)的污染状况进行了调查, 并就自来水厂常规处理工艺对两虫的去除特性进行了研究。结果显示: 该市饮用水源水中的两虫密度分别为 2~120 个/100 L 和 0~24 个/100 L, 自来水厂出水分别为 0~12 个/1 000 L 和 0~8 个/1 000 L, 污水处理厂进水中的两虫密度分别为 7 200~18 300 个/L 和 69~1 210 个/L, 二级处理出水的分别为 6~153 个/L 和 1~46 个/L; 混凝沉淀和过滤对两虫有较好的去除效果。

关键词: 贾第鞭毛虫; 隐孢子虫; 免疫荧光分析; 水源水; 自来水

中图分类号: TU991.2 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2005)05-0044-03

Investigation on Current Water Pollution by *Giardia* and *Cryptosporidium* in a City

ZONG Zu-sheng^{1,2}, HU Hong-ying², LU Yi-xin¹, ZHANG Jin-song¹

(1. Shenzhen Water <Group> Co. Ltd., Shenzhen 518031, China; 2. State Key Joint Lab of Environmental Simulation and Pollution Control, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The pollution by *Giardia* cysts and *Cryptosporidium* oocysts in source water, treated water from waterworks, and influent and effluent of wastewater treatment plant (WWTP) in a southern city was assessed by using immunofluorescence assay technology, and the removal of *Giardia* cysts and *Cryptosporidium* oocysts by the conventional treatment process of water works was studied. The result shows that the density of *Giardia* and *Cryptosporidium* is 2—120 cysts/100 L and 0—24 oocysts/100 L respectively in the source water, 0—12 cysts/1 000 L and 0—8 oocysts /1 000 L in treated water, 7 200—18 300 cysts /L and 69—1 210 oocysts /L in influent of WWTP, and 6—153 cysts/L, and 1—46 oocysts /L in the secondary effluent. Coagulation sedimentation and filtration can effectively remove the cysts and oocysts.

Key words: *Giardia*; *Cryptosporidium*; immunofluorescence assay; source water; tap water

贾第鞭毛虫和隐孢子虫(两虫)是两种致病性原生寄生虫, 饮用水中的两虫问题严重威胁着人们的饮水安全^[1,2]。然而, 目前国内有关两虫的研究仍

是一片空白, 仅有极少数的几个一级自来水公司正在着手建立两虫的检测方法, 还没有见到对城市给排水系统中两虫污染状况进行比较全面调查的报

道。为此,利用免疫荧光分析方法,于 2002 年—2004 年对南方某市供排水系统中两虫的污染状况进行了调查,初步掌握了该市饮用水源水、自来水厂出水及污水处理厂进、出水中两虫的污染现状,获得了常规净水工艺对两虫的去除特性。

1 材料与方法

1.1 水样采集

用塑料桶采集水样,其中污水处理厂进水取样体积为 50 mL,二级生物处理出水取样体积为 10 L,饮用水源水(水库水)的取样体积为 100 L,自来水厂出厂水样采用现场富集,富集体积为 1 000 L。

1.2 两虫的检测方法

采用作者所建立的滤筒富集、免疫磁珠分离和免疫荧光分析方法检测水样中的贾第鞭毛虫孢囊和隐孢子虫卵囊^[3],检测过程包括水样富集、免疫磁珠分离、免疫荧光染色和荧光显微镜检等四个主要步骤,部分检测步骤稍有调整:第一,水样富集离心转速提高至 2 000 倍重力加速度;第二,免疫磁珠分离过程采用二次酸化解离以提高回收率;第三,免疫荧光染色采用澳大利亚 BTF 公司 EasyStain™ 荧光染色试剂盒。显微镜检遇到藻类等干扰时利用 PCR 方法进行确认^[4]。

2 结果与分析

2.1 饮用水源水中的两虫密度

该市有 3 个较大型水库:A、B 和 C 水库,其中 C 水库是最主要的饮用水水源,共为 4 座自来水厂提供原水。两年来的监测结果(见表 1)表明:3 个水库中均有两虫检出,其中贾第鞭毛虫密度为 2~120 个/100 L(平均为 41.7 个/100 L),隐孢子虫密度为 0~24 个/100 L(平均为 7.0 个/100 L)。在这 3 个水库中,C 水库的两虫密度相对较高,经分析认为主要原因可能是该水库的原水引自几十公里之外,部分地段尚是明渠,沿途有生活污水排入。

表 1 水库水中的两虫密度

Tab. 1 Concentration of *Giardia* and *Cryptosporidium* in reservoir

水库	样品数/ 个	贾第鞭毛虫/ (10^{-2} 个 $\cdot$ L $^{-1}$)		隐孢子虫/ (10^{-2} 个 $\cdot$ L $^{-1}$)	
		范围	均值	范围	均值
A	12	3~68	24	0~12	4
B	12	2~110	35	0~13	6
C	18	2~120	66	0~24	11

2.2 自来水厂出水中的两虫密度

该市的 4 座自来水厂(D、E、F、G)均采用传统净水工艺,主要工艺过程包括:聚氯化铝混凝沉淀、快速过滤和液氯消毒,处理能力分别为 30×10^4 、 35×10^4 、 30×10^4 和 62×10^4 m³/d。检测发现:4 座自来水厂出水中的贾第鞭毛虫密度为 0~12 个/1 000 L(平均为 4.2 个/1 000 L),隐孢子虫密度为 0~8 个/1 000 L(平均为 1.3 个/1 000 L)。具体结果见表 2。

表 2 自来水厂出水中的两虫密度

Tab. 2 Concentration of *Giardia* and *Cryptosporidium* in treated water

水厂	样品数/ 个	贾第鞭毛虫/ (10^{-3} 个 $\cdot$ L $^{-1}$)		隐孢子虫/ (10^{-3} 个 $\cdot$ L $^{-1}$)	
		范围	均值	范围	均值
D	15	0~12	5.2	0~5	1.2
E	20	0~12	4.6	0~7	1.5
F	20	0~10	3.5	0~8	1.6
G	20	0~10	3.3	0~6	0.7

2.3 污水处理厂进、出水中的两虫密度

对该市 3 座污水处理厂进、出水中两虫的检测结果见表 3。

表 3 污水厂进、出水中的两虫密度

Tab. 3 Concentration of *Giardia* and *Cryptosporidium* in influent and effluent of WWTP

污水 样品	样品数/ 个	贾第鞭毛虫/ (个 $\cdot$ L $^{-1}$)		隐孢子虫/ (个 $\cdot$ L $^{-1}$)	
		范围	均值	范围	均值
H 厂进水	6	7 600~15 600	9 860	95~650	320
H 厂出水	6	6~125	106	3~26	9
I 厂进水	6	8 650~16 000	10 200	86~790	460
I 厂出水	6	8~153	132	1~29	18
J 厂进水	6	7 200~18 300	12 000	69~1 210	530
J 厂出水	6	6~150	110	3~46	32

污水处理厂进水中的两虫密度分别为 7 200~18 300 个/L 和 69~1 210 个/L(平均值分别为 10 687 个/L 和 437 个/L),二级处理出水中的两虫密度分别为 6~153 个/L 和 1~46 个/L(平均值分别为 116 个/L 和 20 个/L)。由此可见,城市污水经过二级生物处理后对贾第鞭毛虫和隐孢子虫的去除率分别达到了 99% 和 95%。经分析认为较高的去除率主要与两虫在污水中的分布有关,检测发现在城市污水中有 25% 的贾第鞭毛虫孢囊和 67% 的隐孢子虫卵囊与污水中的其他颗粒物结合在一起,该

部分通过沉降就能很容易地被去除。

2.4 自来水厂各工段去除两虫的效果

对 G 自来水厂各工段去除两虫的情况进行了检测,结果见表 4。

表 4 净水过程中两虫密度的变化

Tab. 4 Concentration of *Giardia* and *Cryptosporidium* in drinking water treatment process 10^{-3} 个 $\cdot$ L $^{-1}$

水样	贾第鞭毛虫密度均值	隐孢子虫密度均值
原水	625	86
沉后水	89	9
排泥水	67 000	280
滤后水	2. 6	0. 8
反冲水	50	16

注: 样品数量均为 2 个。

正常情况下,混凝沉淀对两虫的去除率分别为 86%和 90%,过滤对两虫的去除率分别为 97%和 91%。从排泥水中检出了大量两虫,说明混凝沉淀对两虫的去除效果非常显著,同时提示妥善处置水厂排泥水对避免两虫污染城市水环境意义重大。过滤作为净水工艺的最后一道物理屏障对保证出厂水水质的安全性至关重要,反冲水中较高的两虫密度提示反冲过程中水力条件变化时存在将过滤截留的两虫带入滤后水的风险。

3 结论

- ① 南方某市的饮用水源水中存在两虫,其平均密度分别为 41.7 个/100 L 和 7 个/100 L。
- ② 在该市的 4 座自来水厂出水中均检出了两虫,其平均密度分别为 4.2 个/1 000 L 和 1.3 个/1 000 L。美国 EPA 和中国建设部即将颁布的行业标准对出厂水中两虫的指导值为小于 1 个/10 L,由

此可见,在现有的源水水质条件下,当水厂工艺运行良好时两虫的水质安全性能得到保证。

- ③ 该市采用常规处理工艺的自来水厂对两虫有较好的去除效果,在运行状态良好的情况下,混凝沉淀对两虫的去除率分别为 86%和 90%,过滤对其去除率分别高达 97%和 91%。
- ④ 该市污水处理厂进水中的两虫平均密度分别为 10 687 个/L 和 437 个/L,二级处理出水中的两虫平均密度分别为 116 个/L 和 20 个/L,二级处理出水中较高密度的两虫对该市水环境可能构成威胁。

参考文献:

[1] Solo-Gabriele H M, LeRoy Ager A Jr, Fitzgerald Lindo J. Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in water supplies of San Pedro Sula[J]. Honduras Rev Panam Salud Publica, 1998, 4(6): 398—400.

[2] Bastos R K X, Heller L, Vieira M B M. *Giardia* sp. cysts and *Cryptosporidium* spp. oocysts dynamics in southeast Brazil: occurrence in surface water and removal in water treatment processes[J]. Water Supply, 2004, 4(2): 15—22.

[3] 宗祖胜, 刘路, 陶涛, 等. 水中贾第鞭毛虫和隐孢子虫的免疫荧光分析[J]. 中国给水排水, 2003, 19(6): 99—101.

[4] 宗祖胜, 胡洪营, 张金松, 等. 用 PCR 技术检测水中隐孢子虫[J]. 中国给水排水, 2004, 20(8): 91—94.

电话: (0755) 26792319
E-mail: zszong@hotmail. com
收稿日期: 2005—01—02

• 工程信息 •

四川省攀枝花攀钢炼钢厂 2# 大方坯连铸机水处理工程

工程内容: 新建连铸机循环冷却水处理工程, 处理规模: 9.6×10^4 m 3 /d, 投资额: 0.898 5 亿元, 资金来源: 银行贷款和自筹, 服务面积: 42.255 km 2 , 处理工艺: 工业循环冷却常规水处理工艺, 主要设备: 水泵、泥浆泵、阀门、快速过滤器、自清洗过滤器、空气净化装置、板框式压滤机, 进展阶段: 初步设计阶段, 设计单位: 中冶赛迪工程技术股份有限公司, 建设单位: 攀钢炼钢厂。

(攀钢炼钢厂动力车间 姚小勇)