

微絮凝过滤、O₃ 消毒工艺处理微污染水库水

胡文容

(山东大学 环境科学与工程学院, 山东 济南 250061)

摘要: 微絮凝直接过滤、O₃ 消毒工艺处理微污染水库水的试验结果表明: ①微絮凝直接过滤工艺对水库水浊度的去除效果好于传统的混凝沉淀过滤工艺, 处理后出水浊度 ≤ 1.0 NTU; ②O₃ 消毒能减少消毒投氯量和有效控制处理出水中的三氯甲烷、四氯化碳含量, 确保三氯甲烷 $< 60 \mu\text{g/L}$ 、四氯化碳 $< 3 \mu\text{g/L}$, 其最佳投加量为 6.9 g/m^3 ; ③该工艺的药剂费用为 0.082 元/m^3 , 比传统处理工艺增加 0.061 元/m^3 , 但可省去混凝沉淀工序的混凝反应池和沉淀池, 降低了工程投资。

关键词: 微絮凝; 直接过滤; O₃ 消毒; 微污染水库水

中图分类号: TU991.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-4602(2001)09-0006-04

Study on the Microflocculation - direct Filtration/ Ozone Pre - disinfection Process for Treatment of Micro - polluted Reservoir Water

HU Wen-rong

(School of Environmental Science and Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China)

Abstract: The test was carried out on the use of microflocculation - direct filtration/ ozone pre - disinfection process for treatment of micro - polluted reservoir water. The results show that: (1) the microflocculation - direct filtration process has higher efficiency than the conventional coagulation sedimentation process in removing the turbidity of reservoir water, with the turbidity in treated water ≤ 1.0 NTU. (2) the ozone pre - disinfection can reduce the chlorine dosage and is found to be effective in controlling the residual levels of CHCl_3 and CCl_4 in the treated water, so as to keep the concentration of CHCl_3 and CCl_4 below $60 \mu\text{g/L}$ and $3 \mu\text{g/L}$ respectively. The optimal dosage of ozone is 6.9 g/m^3 . (3) the chemical cost of the process is 0.082 yuan/m^3 , which is 0.061 yuan/m^3 more than that of conventional treatment process. However, the coagulation and sedimentation basin may be omitted, and thus reducing the project investment.

Keywords: microflocculation; direct filtration; O₃ pre - disinfection; micro - pollution reservoir water

T 市城市生活饮用水源为一山涧水库水, 由于长期自然沉降, 浊度很低, 1995 年—1997 年的平均浊度在 10 NTU 左右, 尤其是每年 10 月份至次年 3

月份期间, 浊度 < 5.0 NTU。近些年来, 由于旅游业发展和水库养鱼大量增加, 造成水库水受到一定程度的污染。当光照充足时, 藻类大量繁殖, 每年 4 月

—9 月间,藻类个数高达 $(5.0 \sim 7.0) \times 10^7$ 个/ mL。为了保证该市水厂传统混凝、沉淀、过滤净水工艺的正常运行,需要在源头投氯杀藻,结果造成大量卤代烃生成。

研究发现^[1],在低浊源水处理中,采用微絮凝直接过滤工艺可取得良好的效果。 O_3 作为一种强氧化剂,用作消毒剂进行消毒可降低投氯量,减少出厂水中卤代烃含量。现将微絮凝直接过滤、 O_3 消毒工艺处理 4 月—9 月间高藻期水库水的试验结果总结于后。

1 试验方法与材料

1.1 分析测试方法

分析测试方法如表 1 所示。

表 1 分析测试方法

测试指标	分析方法
O_3 浓度	碘量法
COD_{Mn}	高锰酸盐指数法
UV_{254}	紫外分光光度法
$NH_3 - N$	纳氏试剂光度法
三氯甲烷	顶空气相色谱法
四氯化碳	顶空气相色谱法
细菌总数	琼脂培养计数法
总大肠菌群	多管发酵法

1.2 工艺流程

根据水库水浊度低的特征,采用以微絮凝直接过滤和 O_3 消毒为核心的处理工艺,其流程如图 1 所示。

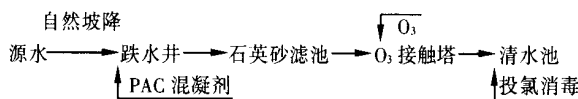


图 1 工艺流程图

1.3 设备及工艺参数

滤池:为了减少将来工程改造量和使试验结果具有可比性,采用石英砂滤池,除了滤池直径缩小为 185 mm 外,其他操作参数与该厂现有的滤池一样,即内填 700 mm 厚的粒径 $d = 0.5 \sim 1.2$ mm 石英砂颗粒滤料,滤速为 8 m/h,过滤周期为 12 h,反冲期历时 3.0 min,滤料的膨胀率为 45%。混凝剂为 PAC,该厂原工艺投加 4.31 mg/L,微絮凝直接过滤、 O_3 消毒试验工艺投加 1.01 mg/L。

O_3 接触塔:内径 $d = 100$ mm, $H = 900$ mm,利用氧气产生 O_3 。

2 试验结果与讨论

2.1 微絮凝直接过滤工艺

对照试验结果表明,在进水水质完全相同条件下,微絮凝直接过滤工艺出水平均浊度为 0.59 NTU,该厂传统工艺出水平均浊度为 0.68 NTU,说明微絮凝直接过滤工艺具有强化接触凝聚效果,提高了过滤截污能力。此外,在半年连续试验中,出水浊度超过 1.0 NTU 的概率 < 10%,而且大部分数值 ≤ 1.2 NTU,只是在过滤刚开始运行的第一天,出水浊度达 1.5 NTU,说明微絮凝直接过滤工艺的运行稳定、可靠。

微絮凝直接过滤工艺对 COD_{Mn} 、 UV_{254} 、氨氮等的去除效果与该厂传统处理工艺基本相同,原因是两者的功效主要是去除水中的悬浮物和胶体,对可溶性有机物等污染物的去除效果较差,对 $NH_3 - N$ 、 COD_{Mn} 等污染指标的去除实际上是通过去除源水中的浊度来实现的。

2.2 O_3 消毒的最佳投加量

在进水流量恒定为 220 L/h 的条件下,当臭氧气体流量为 2.0 L/min 时,不同 O_3 浓度所对应的消毒效果如表 2 所示。

表 2 O_3 浓度与杀菌效果

O_3 浓度 (mg/L)	9.90	12.72	15.27	21.64
细菌 (个/mL)	18	2	无	无
大肠杆菌 (个/L)	无	无	无	无

注: O_3 气体流量为 2.0 L/min,进水流量为 220 L/h,接触塔高 90 cm。

结果表明,当 O_3 浓度为 12.72 mg/L 时,滤后水中细菌为 2 个/mL,而大肠杆菌全部被杀灭;当 O_3 浓度提高到 15.27 mg/L 时,滤后水中的细菌和大肠杆菌全部被杀灭;当 O_3 浓度减少到 9.90 mg/L 时,滤后水中大肠杆菌全部被杀灭,但残留细菌数增加到 18 个/mL。考虑到 O_3 杀菌的有效浓度和经济性,选择 O_3 浓度为 12.72 mg/L 作为杀菌有效浓度比较合理,按此换算可得滤后水杀菌消毒需要投加的臭氧量为 6.9 g/m³。

为验证这个数据的可靠性,分别采用不同滤后水进行了多次重复试验。取样分析表明,大肠杆菌全部被杀灭,消毒后出水均残留活细菌,其个数最高不超过 10 个/mL。由此可见,滤后水投加 6.9 g/m³ 的 O_3 ,可将细菌控制在 10 个/mL 以内,大肠杆菌则全部被杀灭。

由于 O_3 半衰期较短,为实现出厂水无菌和保证管网末梢细菌指标达到生活饮用水规定标准,需要再投加少量的 Cl_2 以抑制细菌的再度繁殖。研究发现^[2],当水中无细菌、有机物和还原性物质时,加氯量等于余氯量。由于试验滤池出水已经 O_3 杀菌消毒,水中几乎没有细菌、有机物和还原性物质等消耗氯的物质,因此加氯量等于余氯。按我国生活饮用水标准,出厂游离性余氯在接触 30 min 后不应低于 0.3 mg/L,所以经 O_3 消毒后需要投加 0.3 mg/L 的 Cl_2 以抑制细菌的再度繁殖。

2.3 出水卤代烃含量

据研究^[3],卤代烃具有致癌作用或可疑致癌作用,因此饮用水中卤代烃含量成为人们关注的一个问题。我国《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-85)对三氯甲烷和四氯化碳含量作了明确规定,其中三氯甲烷含量 < 60 $\mu\text{g/L}$,四氯化碳含量 < 3 $\mu\text{g/L}$ 。所以,研究经微絮凝直接过滤、 O_3 消毒工艺处理后的出水中卤代烃含量,具有十分突出的社会效益(见图 2-3)。

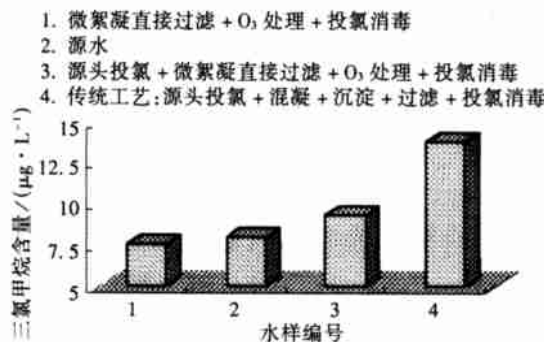


图 2 三氯甲烷含量变化图

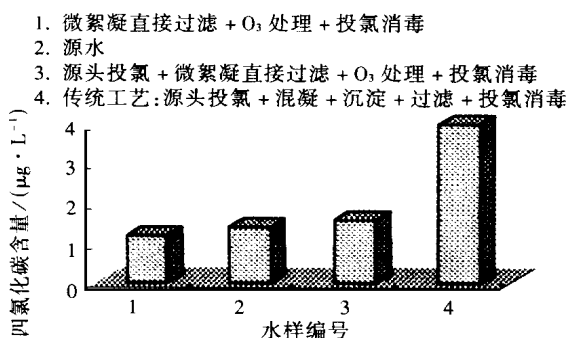


图 3 四氯化碳含量变化图

从图 2、图 3 可以看出,源水经微絮凝直接过滤、 O_3 消毒和投氯消毒后,水中 $CHCl_3$ 含量由源水

的 8.5 $\mu\text{g/L}$ 下降为 8.0 $\mu\text{g/L}$ 。源头投氯杀菌后,出水三氯甲烷含量略有上升,由 8.0 $\mu\text{g/L}$ 上升为 9.0 $\mu\text{g/L}$,增加了 1.0 $\mu\text{g/L}$,但远低于 GB 5749-85 规定三氯甲烷含量不超过 60 $\mu\text{g/L}$ 的要求。图 3 的四氯化碳含量也低于 GB 5749-85 规定的 3 $\mu\text{g/L}$ 。由此可见,微絮凝直接过滤、 O_3 消毒处理工艺,基本上能控制消毒副产物卤代烃的生成,确保出水卤代烃含量低于 GB 5749-85 规定的标准值。而传统处理工艺出水的卤代烃含量较高, CCl_4 含量为 3.5 $\mu\text{g/L}$,超过 GB 5749-85 规定的 3 $\mu\text{g/L}$ 的标准。

3 经济分析

据 T 市水厂统计,试验时该厂处理工艺投加 PAC 混凝剂 4.31 mg/L,投氯量为 3.59 g/m³。按当时该厂 PAC 混凝剂进价 2 300 元/t、氯的进价 3 000 元/t 计算,则药剂费为 0.021 元/m³。

据报道^[4],我国生产 O_3 的费用约为 11.4 元/kg[电费按 0.60 元/(kW·h) 计算],而试验的杀菌消毒 O_3 最佳投加量为 6.90 g/m³,则 O_3 消毒费用为 0.079 元/m³。此外,为了控制细菌再度繁殖,需再投加 0.3 mg/L 氯,其费用为 0.000 9 元/m³,则实际消毒费用为 0.079 9 元/m³;投加 1.01 mg/L 的 PAC 混凝剂需 0.002 元,则微絮凝直接过滤、 O_3 消毒工艺的费用为 0.082 元/m³。因此,微絮凝直接过滤、 O_3 消毒工艺的药剂费比传统处理工艺增加了 0.061 元/m³。

4 结论

① 微絮凝直接过滤工艺处理 T 市水库水,能满足出水浊度 ≤ 1.0 NTU 的要求。

② 微絮凝直接过滤、 O_3 消毒处理工艺可减少消毒投氯量,能有效控制出厂水中 $CHCl_3$ 和 CCl_4 含量,使出厂水中 $CHCl_3$ 和 CCl_4 含量远低于 GB 5749-85 标准值,保障了人们饮水安全,解决了常规处理工艺出厂水中卤代烃含量超标的问题,具有突出的社会效益。

③ 微絮凝直接过滤、 O_3 消毒工艺的处理成本为 0.082 元/m³,比传统工艺增加了 0.061 元/m³,但可省去混凝沉淀工序,减少了工程总投资。

参考文献:

[1] 李科,栾兆坤.微絮凝直接过滤中应用聚合铝处理低浊

- 低色水研究[J].中国给水排水,1998,14(6):1-4.
- [2] 范瑾初,严熙世.给水处理[M].北京:中国建筑工业出版社(第3版),1995.
- [3] Joon Wun Kang, Hoon Soo Park. Effect of ozonation for treatment of micropollutants present in drinking water source[J]. Wat Sci Tech, 1997, 36(12):299-307.
- [4] 张自杰.环境工程手册(水污染防治卷)[M].北京:高

等教育出版社,1996.

作者简介:胡文容(1964-),男,福建莆田人,山东大学教授,环境工程博士后,研究方向为水处理。

电话:(0531)2955081×2983

收稿日期:2001-04-12

• 技术交流 •

废水集中处理利于节能降耗

1 小型废水处理站存在的问题

① 调查了3座小型废水处理站,设计处理能力均为 $500\text{ m}^3/\text{d}$,但正常运行的实际有机负荷只有设计能力的20%~30%,全年水力满负荷运行的时间只有1/4,并且都没有安装变频调节装置,“大马拉小车”现象普遍存在。

② 小型废水处理站都与生产同步,而正常生产企业每周有两天休息,因此每次开车时都有4~6h甚至更长时间不能正常运行(生物细菌的活性恢复过程),造成能源的浪费。

③ 废水处理效果都比较好,其出水经深度处理后其指标均可达到生活杂用水标准,但多数得不到回用,造成水资源的浪费。

④ 地下管道的渗漏引起环境污染。

⑤ 个别企业为追求经济效益,有偷排废水现象,引起环境污染。

2 针对小型废水处理站的节能对策

① 在进行废水处理工艺设计之前应充分收集有关生产废水的第一手资料,保证设计能力与实际运行负荷相适应,并考虑计算机控制系统在废水处理中的应用。

② 合并小型废水处理站,使废水集中处理,有利于减少重复投资,避免社会资源的浪费。

③ 环境保护部门在对企业进行达标排放管理的同时,应设专门机构对企业提供技术咨询,使处理后的水能够得到充分利用,在减少环境污染的同时提高经济效益。

3 废水集中处理的经济效益及环境效益

① 大量节省建设投资。3座污水处理站的投资总额为300多万元,如果合并处理投资额约为150万元,可节省一半投资。

② 节省劳动力。每座污水处理站至少有5人,合并处理后最多只需10人,这有利于提高社会效益,促进社会劳动力的合理分配。

③ 节能效果显著。可充分利用变频调节装置及计算机控制系统使能源得到充分利用,至少可节能50%以上。

④ 促进处理后水的回用。全年可减少废水排放量 $30 \times 10^4\text{ m}^3$,同时可节水 $30 \times 10^4\text{ m}^3$, COD_{Cr} 排放量减少15t,从而实现经济效益和环境效益双丰收。

环境保护部门在对企业实施监督管理的同时,希望能对废水处理设施的建设实现宏观调控并给予技术指导,以避免重复投资,在减少社会资源浪费的同时提高经济效益和社会效益。

(江苏省南通新西尔克针织服装有限公司 吴琼 供稿)