

微污染水库水处理工艺研究

李树苑 杨文进 张怀宇 张小平

(中国市政工程中南设计研究院, 武汉 430010)

摘要 通过中试,研究了生物预处理—常规处理—GAC(或 O_3 —BAC)深度处理以及预加氯—常规处理—GAC(或 O_3 —BAC)深度处理对微污染水库水的处理效果。结果表明,对于可生物降解性较好的原水,采用生物预处理可以明显地改善后续常规处理及深度处理的出水水质。对于氨氮、 COD_{Mn} 和 UV_{254} 较高的水库水,处理工艺流程中应包括生物预处理或 O_3 —BAC工艺。生物预处理—常规处理—GAC工艺的总处理效果好于预加氯—常规处理— O_3 —BAC工艺。此外,GAC能吸附氯仿、致突变物。当GAC再生周期过长时,出水的氯仿浓度高于进水,且Ames试验呈阳性。GAC的去臭有效期在16个月以上。

关键词 微污染水库水 生物预处理 常规处理 深度处理

Study on treatment of micro-polluted reservoir water

Li Shu-yuan, Yang Wen-jin, Zhang Huai-yu, Zhang Xiao-ping

(Central & Southern China Municipal Engineering Design & Research Institute, Wuhan 430010, China)

Abstract: The treatment efficiencies of biological pretreatment or prechlorination plus conventional treatment and advanced treatments (GAC or O_3 —BAC) were researched by pilot-plant experiments. When the biodegradability of the reservoir water is high, biological pretreatment can improve effluent quality of following conventional and advanced treatments. In case of reservoir water with high concentrations of ammonia nitrogen, COD_{Mn} , and UV_{254} , the process of the biological pretreatment or O_3 —BAC advanced treatment should be applied. The total efficiencies of the flow sheet of biological pretreatment, conventional treatment and GAC advanced treatment is higher than that of the flow sheet of prechlorination, conventional treatment and O_3 —BAC advanced treatment. The GAC advanced treatment can only adsorb the chloroform and mutagenics. When the GAC regeneration period is too long, then the chloroform concentration of the effluent is higher than the influent and Ames test of the effluent is positive. The period of effective odor removal by GAC is longer than sixteen months.

Keywords: Micro-polluted reservoir water; Biological pretreatment; Conventional treatment; Advanced treatment

对微污染水库水的处理工艺进行了中试研究,重点探讨颗粒活性炭(GAC)吸附池和臭氧—生物活性炭(O_3 —BAC)处理池的水质净化效果。寻找适用于处理微污染水库水的净水工艺,以解决由于水库水质不断恶化和生活饮用水水质标准提高的矛盾,满足城市居民对生活饮用水水质的要求。

1 试验方法和中试工艺流程

1.1 试验方法

1.1.1 中试装置

研究地点在南方某市给水厂中。GAC池和BAC池的平面尺寸均为 $0.39\text{ m} \times 0.39\text{ m}$,池高 4.2 m ,两池平行运行,采用重力降流式。活性炭粒径 $0.4 \sim$

1.4 mm, 碘吸附值 ≥ 950 mg/g, 亚甲基蓝吸附值 ≥ 150 mg/g。水与活性炭接触时间 12.1~13.5 min, 炭层厚度 2 m, 空床滤速 8.9~9.9 m/h。采用滤头配水, 水反冲洗, 冲洗强度 14 L/(s·m²)。臭氧发生器为 Ozonia 公司的 LN103 型, 以纯氧为气源。臭氧投加量 1.96~3.56 mg/L, 不锈钢臭氧接触塔的水力停留时间 11.8 min。

1.1.2 计量与水质检验

试验用的水和气均用转子流量计计量, 药剂用计量泵投加。

试验装置全天运转, 历时 16 个月。试验期间, 每日全天进行计量、投药等运行控制, 每周 5 天做水质化验分析。

水质检验方法: 常规检测项目按照 GB 5750—85 标准, 有机物分析按照 GB 8972—88 标准, 臭阈值(TON, 即水臭临界消失前的无臭水稀释倍数)用稀释法, 藻类个体计数用计数框法, Ames_s 试验用平板渗入法。

1.2 中试工艺流程

中试工艺流程包括流程一和流程二, 见图 1 和图 2。

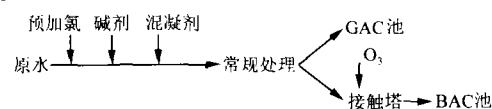


图1 工艺流程一

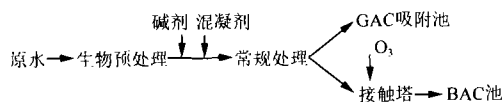


图2 工艺流程二

GAC 吸附池和 O₃—BAC 处理池的前处理, 包括预加氯—常规处理以及生物预处理—常规处理两种。常规处理的工艺单元为: 混合池—絮凝池—沉淀池—砂滤池。试验中投加的碱剂为氢氧化

钠, 混凝剂为聚氯化铝, 氯为次氯酸钠。混合池的混合时间为 4.8 s(G 值 900 s⁻¹), 6 格孔室旋流絮凝池的水力停留时间为 24 min, 异向流蜂窝斜管沉淀池清水区上升流速为 1.4 mm/s, 石英砂均粒滤料滤池的滤速为 6.5 m/h。生物预处理池内装人工 YDT 填料, 填料的水力负荷为 0.9~1.7 m³/(m²·h), 三级串联, 中心筒曝气的气水体积比为 0.8:1~1.3:1。

原水为几座水库的组合水, 各水库水质接近。试验期间, 原水的 BOD₅/COD_{Cr} 为 0.45。根据研究^[1], 该原水的可生物降解性很好。原水的月平均水温为 16.8~30.1 ℃。GAC 池、BAC 池进水的 pH 为 7.18~8.52。

2 试验结果及讨论

2.1 两工艺流程的试验效果

表 1、表 2 是流程一、流程二在试验期间主要常规水质项目的平均值。表中的常规处理出水均以砂滤池出水为代表。表中的 UV₂₅₄ 是水样经过 0.45 μm 滤膜过滤后在 254 nm 波长下的紫外吸光度。UV₂₅₄ 代表芳香族化合物和具有共轭双键的有机化合物的多少, 可作为 TOC 及三卤甲烷 THMs 前体物的代用参数^[2,3]。

根据表 1 和表 2 的平均试验结果, 结合图 1 和图 2 的工艺流程进行分析。

2.1.1 有、无生物预处理的比较

(1) 流程二由于有生物预处理, 常规处理进水(即生物预处理池出水)水质与原水水质相比, 得到明显的改善。

(2) 流程二原水的色度、COD_{Mn}、UV₂₅₄、氨氮、亚硝酸盐氮五项水质指标, 与流程一接近。但由于流程二有生物预处理, 其常规处理出水、GAC 池出水、BAC 池出水的上述五项水质指标, 都明显优于流程一无生物预处理时的相应水质指标。

表1 流程一的试验结果平均值

水样名称	浊度/NTU	色度/度	COD _{Mn} /mg/L	UV ₂₅₄ /cm ⁻¹	氨氮/mg/L	亚硝酸盐氮/mg/L	藻类/10 ⁴ 个/L
原水	4.8	25	2.9	0.078	1.8	0.14	326
常规处理出水	0.38	7.8	2.5	0.072	1.5	0.51	6
GAC 池出水	0.36	4.6	1.7	0.049	1.2	0.37	4.5
BAC 池出水	0.37	4.3	1.2	0.037	0.3	0.06	

表2 流程二的试验结果平均值

水样名称	浊度/NTU	色度/度	COD _{Mn} /mg/L	UV ₂₅₄ /cm ⁻¹	氨氮/mg/L	亚硝酸盐氮/mg/L	藻类/10 ⁴ 个/L
原水	16.5	20	2.90	0.070	1.3	0.24	262
生物预处理池出水	3.0	11	1.70	0.061	0.12	0.02	59
常规处理出水	0.38	4.5	1.30	0.055	0.068	0.01	7
GAC池出水	0.36	2.0	1.00	0.030	0.051	0.001	<5
BAC池出水	0.35	2.0	0.73	0.017	0.006	0.001	

(3)在流程一中没有生物预处理,虽然原水预加氯,但由于砂滤池进水氨氮浓度高,滤料表面生成生物膜,水在砂滤池过滤过程中仍然经受硝化作用,所以水经砂滤池过滤后氨氮由进水 1.8 mg/L 降至 1.5 mg/L,亚硝酸盐氮由 0.14 mg/L 升至 0.51 mg/L;在流程一的预加氯—常规处理—GAC 深度处理工艺中,在原水氨氮 1.8 mg/L 和亚硝酸盐氮 0.14 mg/L 条件下,预加氯常规处理出水、GAC 池出水的氨氮和亚硝酸盐氮浓度都不符合生活饮用水的水质要求。

但在流程二中,水经砂滤池过滤后亚硝酸盐氮浓度降低;其常规处理出水、GAC 池出水的氨氮和亚硝酸盐氮浓度都符合生活饮用水水质标准。

2.1.2 GAC 池与 O₃—BAC 池的比较

在两流程中不论有无生物预处理,对于色度、COD_{Mn}、UV₂₅₄、氨氮、亚硝酸盐氮的去除,O₃—BAC 池的去除率一般都高于 GAC 池。

综合以上讨论,对于去除氨氮、亚硝酸盐氮、COD_{Mn}、UV₂₅₄,特别是对于氨氮浓度高达 1.2~1.8 mg/L 的原水,水处理工艺流程中应包含有生物处理。

2.1.3 去除浊度的比较

在炭池进水(即常规处理出水)浊度为 0.38 NTU 的条件下,GAC 池、BAC 池的出水浊度为 0.35~0.37 NTU,说明 GAC 池和 BAC 池的进一步去除浊度作用都很小。

2.1.4 其他指标的比较

流程二的生物预处理—常规处理—GAC 深度处理的 GAC 池出水水质,优于流程一的预加氯—常规处理—O₃—BAC 深度处理的 BAC 池出水水质。前者 GAC 池出水浊度、色度、COD_{Mn}、UV₂₅₄、氨氮、亚硝酸盐氮的平均值,比其原水降低 82%;后者 BAC 池出水上述 6 项平均值仅比其原水降低 71%。

而且,在流程二中未加化学预氧化剂,在消毒副产物方面,流程二中 GAC 池出水的水质应比流程一预加氯的水更安全。

2.2 GAC 池去除氯仿、致突变物、TON 的效果

采取流程一的 GAC 池的进水、出水,向水中加氯,在氯接触 30 min 后游离性余氯大于 0.3 mg/L 的条件下,取出水样,检验氯仿,做 Ames 试验。

GAC 池进、出水的氯仿、致突变物检验结果见表 3 和表 4。

表3 流程一的 GAC 池进、出水加氯后的氯仿浓度

GAC 池运行历时 /月	GAC 池进水氯仿 /μg/L	GAC 池出水氯仿 /μg/L
6	0.18	0.13
8	7.22	1.72
9	5.18	5.82
16	0.24	0.89

表4 流程一的 GAC 池进、出水加氯后的 Ames 试验结果

GAC 池运行历时 /月	Ames 试验水量 /L/皿	Ames 试验结果	
		进水加氯后	出水加氯后
6	4	+	-
	2	+	-
	1	+	-
8	4	+	-
	2	+	-
	1	+	-
9	4	+	-
	2	+	-
	1	-	-
16	4	+	+
	2	+	+
	1	+	+

注:Ames 试验阳性以 + 表示,阴性以 - 表示。

表 3 和表 4 的试验结果表明:在运行初期 GAC 池能够吸附氯仿,GAC 池出水的氯仿浓度比进水低;出水的 Ames 试验呈阴性。但在本试验水质条件下,GAC 池运行至第 9 个月时出水的氯仿浓度就

开始大于其进水,运行至第16个月时出水 Ames 试验出现强阳性(1 L/皿为+)。说明 GAC 池随着运行时间的延长和炭层吸附量的增加,有一些原来被吸附的氯仿等致突变物开始解析并释放到水中,致使出水氯仿浓度比进水高,出水 Ames 试验开始变为阳性。

有资料介绍 GAC 池在起始阶段能够吸附 TOX (TOX 是用微粒 GAC 吸附—硝酸溶液洗涤—热解—银离子在线滴定、微库伦法测定的总有机卤化物);降流式 GAC 池大约运行1年以后,池下层出水总三卤甲烷反而比其进水高;臭氧生物活性炭工艺运行一段时间后,出水中的三卤甲烷也高于其进水。这与本试验结果近似。可见,GAC 池乃至 BAC 池都只能吸附 TOX,而不能对 TOX 起生物降解作用。因此,TOX 的有效控制,应当采用预处理工艺去除 TOX 的前体物,采用适合的化学预氧化工艺减少 TOX 的生成量。而待 TOX 生成以后则难以降解。

虽然 GAC 池运行9~16个月后出水致突变物浓度升高,但本试验结果显示,GAC 池对 TON、色度、 COD_{Mn} 、 UV_{254} 等的去除效果仍然很好。例如,第16个月 TON 的24次测定平均值为:进水8.5,出水低至0.083。说明 GAC 池去除 TON 的有效周期很长。

3 结论

(1)在微污染水库水可生物降解性好的水质条件下,生物预处理能够明显地改善后续常规处理的进水水质。生物预处理—常规处理—GAC(或 O_3 —BAC)深度处理对于浊度、色度、 COD_{Mn} 、 UV_{254} 、氨氮、亚硝酸盐氮的各项去除率,都分别大于预加氯—

常规处理—GAC(或 O_3 —BAC)深度处理的去除率。前一流程产生三卤甲烷等致突变物远少于后一流程。

(2)对于氨氮、 COD_{Mn} 、 UV_{254} 较高的水库水,水处理工艺流程中应当包括生物预处理或 O_3 —BAC 深度处理。

(3)GAC 池在运行初期能够有效地去除氯仿等致突变物,Ames 试验由进水的阳性转为出水阴性。但如果 GAC 再生周期过长,出水氯仿浓度将高于其进水,出水 Ames 试验也呈阳性。GAC 乃至 O_3 —BAC 只能吸附但不能降解,氯仿等致突变物,因此,在有效控制致突变物方面,水处理工艺还应去除产生致突变物的前体物,减少化学预氧化的致突变物生成量。

(4)GAC 池运行至第16个月,去除臭阈值(TON)的效率仍然很高。

参考文献

- 1 杨文进,李树苑,李家就,等.人工 YDT 及 PWT 填料接触氧化池生物预处理效果与进水 $\text{BOD}_5/\text{COD}_{\text{Cr}}$ 的关系.给水排水,2005,31(3):25~28
- 2 王占生,刘文君.微污染水源饮用水处理.北京:中国建筑工业出版社,1999
- 3 李伟光,谭立国,何文杰,等.臭氧—活性炭深度处理滦河水的试验研究.给水排水,2005,31(1):47~50

○通讯处:430010 武汉市解放公园路41号

电话:(027)82426036

E-mail:liszy@znszy.com.cn

收稿日期:2004-10-27

修回日期:2005-05-16

国家环保总局报告显示 193 座城市生活污水处理率为零

国家环保总局日前公布的《全国城市环境管理和综合整治 2004 年度报告》,披露了 66 座新增国家环保重点城市中一些“处理率为零”的城市:城市生活污水集中处理率为零的城市有 11 个,分别是宜宾、渭南、曲靖、玉溪、铜川、九江、牡丹江、吉林、金昌、德阳和韶关。生活垃圾无害化处理率为零的城市有 7 个,分别是锦州、咸阳、大同、泸州、阳泉、本溪、临汾;另外,危险废物集中处理率为零的城市也有 17 个,分别是邯郸、本溪、锦州、常德、自贡、

攀枝花、南充、宜宾、渭南、延安、柳州、曲靖、玉溪、赤峰、芜湖、枣庄、遵义。

这些城市只是我国城市环境整治不容乐观的一个缩影。环保总局在《全国城市环境管理和综合整治 2004 年度报告》中指出,在全国 500 座上“城考”结果的城市中,共有 155 座城市的危险废物集中处理率为零;193 座城市的生活污水集中处理率为零,160 座城市的生活垃圾无害化处理率为零。(丹 丹)