

南方某水厂净水工艺运行效果

姚智文¹, 丁晓伟², 李为兵³, 李德生⁴, 于连群⁴, 王占生⁵

(1. 青岛市市政工程设计研究院有限责任公司, 山东 青岛 266071;

2. 青岛润兴光电材料有限公司, 山东 青岛 266021; 3. 河海大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210098;

4. 兰州交通大学环境与市政工程学院, 甘肃 兰州 730070; 5. 清华大学环境科学与工程系, 北京 100084)

摘要 采用预 O_3 +常规处理+ O_3 /BAC深度处理净水工艺,对微污染水源水中的有机物、浊度、 NH_3-N 可以达到理想的去除效果。在水源水 COD_{Mn} 4.4~5.9 $mg \cdot L^{-1}$ 、 UV_{254} 0.13~0.17 cm^{-1} 、浊度7.9~13.5 NTU、 NH_3-N 0.07~0.84 $mg \cdot L^{-1}$ 的情况下,该工艺对 COD_{Mn} 、 UV_{254} 、浊度、 NH_3-N 的去除率分别为50%、65.6%、96.8%、100%;经该净水工艺处理后,出水 COD_{Mn} 2.0~2.6 $mg \cdot L^{-1}$ 、 UV_{254} 0.048 cm^{-1} 、浊度<0.3 NTU、 NH_3-N <0.01 $mg \cdot L^{-1}$,完全符合生活饮用水卫生标准(GB5749-2006)。

关键词 微污染水源水 深度处理 常规处理 浊度

中图分类号 X703.1

文献标识码 B

文章编号 1000-3700(2008)12-085-04

近年来,由于经济的迅速增长,各种工业废水及生活污水未经适当处理直接排入水体,对地表水源造成了极大的危害,水源水质急剧下降,由于水污染的日趋严重,许多饮用水厂的水源受到不同程度的危害^[1],水源微污染现象相当严重,饮用水厂常规净水工艺不能有效去除这些污染物,造成饮用水水质下降,很难达到生活饮用水卫生标准(GB5749-2006)^[2]中对饮用水 COD_{Mn} 的新要求,因此针对微污染水源水该水厂采用了预 O_3 +常规处理+ O_3 /BAC深度处理净水工艺,对饮用水水质的改善具有重要意义。

1 深度处理工艺与方法

1.1 工艺流程及工艺参数

工艺流程为:原水→预臭氧接触池→混凝沉淀→砂滤池→主臭氧接触池→生物活性炭池→加氯→出厂→用户

该水厂水源为微污染湖泊水,经泵站直接供应至水厂,预臭氧接触池,预臭氧投加方式为文丘里扩散器投加,臭氧浓度为0.5 $mg \cdot L^{-1}$,接触时间4 min;混凝沉淀,混凝池为网格絮凝池,池内前段竖井和中

段、后段竖井内网格的疏密、型号和网格层数都不尽相同,由管道加入 Al_2O_3 含量约8.6%的PAC溶液,18 $g \cdot m^{-3}$,混凝时间28 min。沉淀池为平流沉淀池,沉淀池的水平流速为10~25 $mm \cdot s^{-1}$,沉淀时间约1.5 h;砂滤池为V型滤池,填料为粒径0.9~1.35 mm的石英砂均质滤料,填料厚度1.1 m,滤速8 $m \cdot h^{-1}$;主臭氧接触池,主臭氧采用微孔钛板盘布气,浓度为1.5 $mg \cdot L^{-1}$,接触时间10 min,臭氧尾气破坏采用催化剂接触催化分解法;生物活性炭池:生物活性炭池为翻板滤池,空床滤速11~12 $m \cdot h^{-1}$,接触时间10~11 min,活性炭层厚度2 m,炭层下铺设30 cm厚石英砂,底层铺设20 cm厚鹅卵石垫层,单格过滤面积105 m^2 ,活性炭粒径10~24目,活性炭池反冲洗采用单独气冲:16 $L \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$,2 min;气、水混冲:气冲16 $L \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ +水冲4 $L \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$,4 min;单独水冲:15 $L \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$,池中水位达到最高冲洗水位时,停止反冲洗,静沉90 s后开启翻板阀,先开50%,历时30 s,再开100%,排水至最低水位后关闭翻板阀,过滤周期2~5 d,加氯,加氯量为2 $mg \cdot L^{-1}$ 。

1.2 原水水质

试验期间,原水水质主要指标如表1所示。

收稿日期 2008-07-23

作者简介 姚智文(1982-)男,助理工程师,主要从事工业废水预处理、给水深度处理设计研究

联系电话 15954808819 E-mail zwyao_2001@sina.com。

表 1 试验期间原水的水质情况
Table 1 Water quality of raw water during test

时间	COD _{Mn} /mg·L ⁻¹	NH ₃ -N/mg·L ⁻¹	浊度 /NTU	pH
2月	4.40(4~4.72)	0.48(0.31~0.6)	9.79(8.15~11.4)	7.88(7.60~8.34)
3月	4.41(4.08~4.76)	0.55(0.42~0.84)	8.83(4.81~15.8)	7.89(7.76~8.02)
4月	4.45(3.76~5.16)	0.4 (0.3~0.55)	7.97(4.86~12.3)	7.89(7.73~8.15)
5月	4.68(4.2~5.27)	0.07(0.06~0.08)	9.09(7.12~13.1)	7.83(7.57~8.01)
6月	5.06(4.48~5.88)	0.11(0.08~0.16)	13.89(11.2~16.6)	7.77(7.56~7.96)

注：表中数据为月平均值 括号内数据为变化范围

1.3 取样点

沿工艺流程分别跟踪采集原水、预臭氧出水、混凝沉淀出水、砂滤出水、主臭氧出水、生物活性炭出水、出厂水、用户水。

1.4 测试项目及方法

UV₂₅₄ 波长为 254nm 处的紫外吸收值 COD_{Mn} 酸性高锰酸钾法 NH₃-N HACH 氨氮测试仪；浊度：HACH2100N 型浊度仪 pH 雷磁 PHS-3C 精密 pH 计。

2 结果与讨论

2.1 对有机物的去除效果

预 O₃+ 常规处理 +O₃/BAC 深度处理工艺开始于 2 月初，在 4 个多月的运行期内，通过工艺对 UV₂₅₄、COD_{Mn} 去除规律来探讨深度处理各单元对有机物的去除效果，各工艺段检测结果如图 1、图 2 所示。UV₂₅₄ 可以作为 TOC 和 THMs 前体物的代用参数^[3]。水和废水中的一些有机物如木质素、腐殖质和各种芳香族有机物都是苯的衍生物，而且是天然水体和污水二级处理出水中的主要有机物。在波长 254 nm 下存在吸光度的物质主要为大分子的芳香族化合物，其分子结构复杂，生物降解性很差。由图 1 可以看出，UV₂₅₄ 主要在预臭氧与主臭氧阶段被去除，去除率分别为 24.5%、27.3%（相对前端进水），这是因为臭氧的强氧化作用，对有机物的 -C=C- 及苯环均有破坏力，使有机物的芳香性降低或消失^[4]；常规处理中混凝沉淀、砂滤对 UV₂₅₄ 的去除率较低，两者相对预臭氧出水去除率总和仅为 13.62%；生物

活性炭以及在加氯出厂阶段对 UV₂₅₄ 均有较小幅度的去除，活性炭是一种兼有吸附、触媒和化学反应活性的多功能载体，易于吸附苯类化合物^[5]，生物活性炭形成之后，除了微生物作用外还有活性炭吸附作用，两者发挥协同作用，活性炭的动态吸附平衡对 UV₂₅₄ 仍有一定的去除效果；出厂前加氯，对 UV₂₅₄ 又有部分的氧化破坏，从而 UV₂₅₄ 得到进一步降低。

在该深度处理系统中，臭氧总投加量为 2 mg·L⁻¹，臭氧作为强氧化剂，只能将少部分的有机物彻底氧化成 H₂O 和 CO₂，而大部分有机物则形成臭氧化中间产物，如：大分子的有机物氧化成为中小分子的有机物。预臭氧投加量 0.5 mg·L⁻¹，预臭氧可以去除大部分色度、臭味，也可以部分降解大分子有机物、灭活微生物、强化常规水处理工艺；主臭氧投加量 1.5 mg·L⁻¹，主臭氧氧化可以降解大分子有机物、降低消毒副产物前体物（THMFP）、增加可生物降解性，为下一步生物活性炭的形成提供有利条件。小分子有机物的增多有利于活性炭的吸附和活性炭内附载微生物的生物降解。同时，由于臭氧是一种极不稳定的气体，在水中可以自动分解为 O₂，活性炭对水中溶解氧的吸附容量为 10~40 mg·L⁻¹，充足的溶解氧有利于活性炭内微生物的生长繁殖。由图 2 可以明显看出，虽然常规水处理工艺对 COD_{Mn} 有较好的去除效果，去除率为 25% 左右，然而出水明显达不到生活饮用水卫生标准（GB5749-2006）^[2] 中对 COD_{Mn} 的要求。在试验初期，由于活性炭具有较强的吸附能力，预 O₃+ 常规处理 +O₃/BAC 整个净水工艺对 COD_{Mn} 的去除率达 89.4%，随着工艺的运行，活性炭的吸附能力逐渐趋于动态饱和，而此时，由于臭氧的氧化作用，在很大程度上提高了滤后水的 BDOC，同时由于臭氧的自动分解，对后续的活性炭起到了充氧的作用，活性炭上的生物膜逐渐成熟，预 O₃+ 常规处理 +O₃/BAC 深度处理工艺对 COD_{Mn} 的去除率基本稳定在 50% 左右，当水源水 COD_{Mn} 为 4.4~5.9 mg·L⁻¹ 时，出厂水 COD_{Mn} 在 2.0~2.6 mg·L⁻¹ 之间，在此基础上可强化混凝沉淀、砂滤水处理工艺，以提高该净水

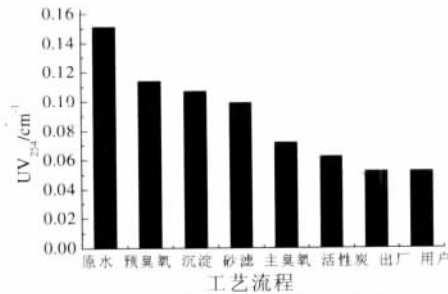


图 1 净水工艺各单元出水 UV₂₅₄
Fig.1 UV₂₅₄ in different unit by purification process

工艺对 COD_{Mn} 的去除率。

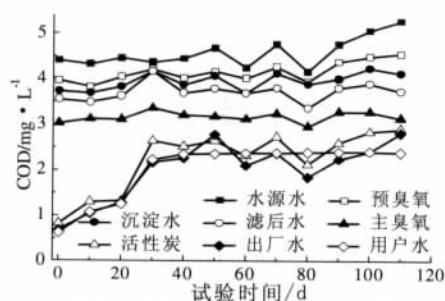


图2 净水工艺各单元出水耗氧量

Fig.2 COD in different unit by purification process

2.2 对浊度的去除效果

浊度是水中悬浮物及胶体含量的一个替代参数,造成水中浊度的原因很复杂,水中含有的泥砂、粘土、有机物、浮游生物和微生物等悬浮物质及胶体都有可能产生浊度。工艺运行期间检测了各单元出水浊度,检测结果表明,预 O_3 + 常规处理+ O_3 /BAC 深度处理工艺对浊度有较强的缓冲能力,在进水浊度波动较大的情况下,仍可保证出水浊度 <0.3 NTU。各工艺段对浊度的净化效果见图3。

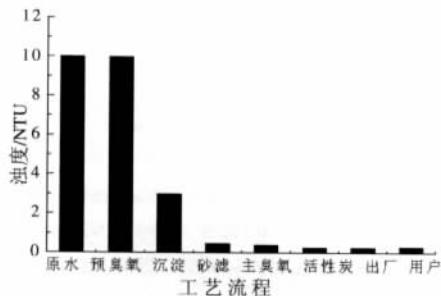


图3 净水工艺各单元出水浊度

Fig.3 Turbidity in different unit by purification process

由图3可以看出,水源水经预臭氧氧化后,浊度略有降低,但变化不明显,有研究认为预臭氧对后续的混凝沉淀主要起助凝作用^[6],其本身对去除浊度几乎无效;沉淀水浊度下降比较明显,可能与臭氧的微絮凝作用及混凝剂的投加有关;砂滤池出水浊度低至 0.45 NTU,仍高于梅林水厂砂滤池出水浊度^[7],该水厂常规处理工艺需进一步强化,常规处理工艺对浊度整体去除率约 95.5% ;砂滤出水经主臭氧氧化和生物活性炭池过滤后,其浊度得到进一步降低,对浊度的平均去除率为 37.8% (相对于砂滤池出水),生物活性炭池出水浊度 <0.3 NTU。研究中发现,生物活性炭池表面有大量悬浮性物质,富集并离心该物质检测发现,悬浮物质中铝含量较高,判断该物质

为穿透砂滤池的细小矾花,活性炭池内丰富的溶解氧将矾花带至活性炭池表面,大量矾花是造成图3中活性炭池进、出水浊度平均变化为 0.13 NTU 的主要原因。在生物活性炭池出水低浊的情况下,出厂加氯对浊度影响不明显,由于管网中存在二次供水污染问题,用户水浊度略有升高。

2.3 对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除效果

氮在微污染水中的存在形式有多种,可分为有机氮和无机氮,该微污染水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 是主要的无机氮类污染物,在预 O_3 + 常规处理+ O_3 /BAC 深度处理工艺运行的4个多月内,如图4取工艺流程中各单元出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 月平均值,对其进行研究。

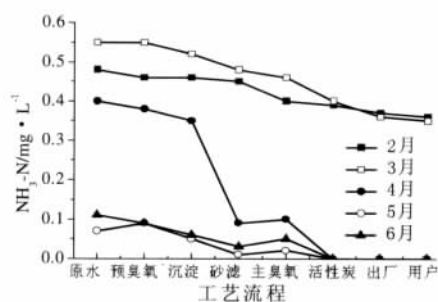


图4 净水工艺各单元出水 $\text{NH}_3\text{-N}$

Fig.4 $\text{NH}_3\text{-N}$ in different unit by purification process

由图4可以看出,臭氧对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除没有明显的规律性,在预臭氧段,臭氧氧化后出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 略有降低;主臭氧段,臭氧氧化后出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 略有升高,这是因为臭氧可将水中的有机氮直接氧化成 $\text{NH}_3\text{-N}$ ^[8];出现这种变化的主要原因,可能与臭氧的投加量有关;混凝沉淀对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除量较低,为 $0\sim0.04$ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,砂滤对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 有较好的去除效果,随着水源水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度的降低,砂滤出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 低至 0.01 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,分析为砂滤池在常年的运行过程中,池内附着大量的微生物,对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 进行了降解;工艺运行的第一个月,活性炭对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 几乎没有任何去除效果,3~6月的运行过程中,活性炭出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 有明显的降低,表明活性炭内的生物膜自3月开始逐渐形成,然而由于臭氧出水中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度仅为 $0.02\sim0.1$ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,活性炭内微生物得不到充足的氮源,造成生物活性炭稳定运行历时较长,活性炭出水中存在 $\text{NH}_3\text{-N}$,出厂加氯可形成氯胺,对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 有一定的去除作用。

3 结 论

臭氧的强氧化作用,对有机物的 $-\text{C}=\text{C}-$ 及苯环均

有破坏力,使有机物的芳香性降低或消失,常规处理中混凝沉淀、砂滤对 UV_{254} 的去除率较低,整个净水工艺对 UV_{254} 的去除有明显效果,去除率达 65.6%。

整个净水工艺对 COD_{Mn} 总的去除率约 50%,强化常规后,去除率仍可提高,当水源水满足Ⅲ类水源标准时,净水工艺出水 COD_{Mn} 可完全符合生活饮用水卫生标准(GB5749-2006)^[2]的要求。

经净水工艺处理后,出水浊度 <0.3 NTU,穿透砂滤池的大量矾花造成生物炭进、出水浊度平均变化为 0.13NTU,生物炭对浊度进行了更深层次的把关。

常规工艺中砂滤对 NH_3-N 有较好的去除效果,在砂滤出水 NH_3-N 浓度较低的情况下,主臭氧可将水中的有机氮直接氧化成 NH_3-N ,然而由于其值仍较低,导致生物活性炭稳定运行历时较长。

参考文献:

- [1] 王占生,刘文君.微污染源饮用水处理[M].北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [2] 中华人民共和国卫生部、中国国家标准化管理委员会.生活饮用水卫生标准、生活饮用水标准检验方法(GB5749-2006)[M].北京:中国标准出版社,2007.
- [3] James K Edzwald, William C Becker, Kevin L Wattier. Parameters for monitoring organic matter and THM precursors [J]. JAWWA, 1985, 77 (4): 122-133.
- [4] 吴红伟,刘文君,王占生.臭氧组合工艺去除饮用水源水中有机物的效果[J].环境科学,2000,21 (4):29-33.
- [5] 郭瑞霞,李宝华.活性炭在水处理应用中的研究进展[J].炭素技术,2006,25(1):20-23.
- [6] Martin R Jekel. Flocculation effects of ozone [J]. Ozone Sci&Engineering, 1994, 16(5):55-66.
- [7] 乔铁军,安娜,尤作亮,等.梅林水厂臭氧/生物活性炭工艺的运行效果[J].中国给水排水,2006,22 (13):10-13.
- [8] 李绍峰,黄君礼,伦中财,等.臭氧-生物活性炭-膜法处理自来水[J].中国给水排水,2002,18(3): 69-72.

PERFORMANCE OF PURIFICATION PROCESS IN A WATER TREATMENT PLANT IN SOUTH CHINA

YAO Zhi-wen¹, DING Xiao-wei², LI Wei-bing³, LI De-sheng⁴, YU Lian-qun⁴, WANG Zhan-sheng⁵

(1. Qingdao Municipal Engineering Design & Research Institute Qingdao 266071, China;

2. Qingdao Runxing Photoelectric Material Co. Ltd., Qingdao 266021, China;

3. College of Environmental Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;

4. School of Environmental and Municipal Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China;

5. Department of Environmental Science and Municipal, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Micropolluted raw water was treated by pre- O_3 + conventional treatment + O_3 /BAC purification process, which can achieve the desired result. When the respective premises of COD_{Mn} , UV_{254} , turbidity and NH_3-N in raw water were $4.4 \sim 5.9 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, $0.13 \sim 0.17 \text{ cm}^{-1}$, $7.9 \sim 13.5 \text{ NTU}$ and $0.07 \sim 0.84 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, the respective removal rates of COD_{Mn} , UV_{254} , turbidity and NH_3-N by purification process were 50%, 65.6%, 96.8%, 100%. After the purification process, the COD_{Mn} $2.0 \sim 2.6 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, UV_{254} 0.048 cm^{-1} , turbidity $<0.3 \text{ NTU}$, NH_3-N $<0.01 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ were reach the Standards for Drinking Water Quality (GB5749-2006) completely.

Keywords: micropolluted raw water; advanced treatment; conventional treatment; turbidity

(上接第 80 页)

STUDY OF CHONDROITIN SULFATE WASTEWATER TREATMENT BY JET AERATION

DING Xing-hua

(Jiangsu Food Science College, Huaian 223002, China)

Abstract: The wastewater which was flocculated by chitosan was treated by jet aeration process with activated sludge which was cultured and acclimated. The best condition of technology was: the pH of in-water was about 7.0, the temperature was 30°C , the mixed liquor suspended solid (MLSS) was about $5000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, the ratio of gas-water's volume was 2:1, and the aeration time was 2 h. In this best conditions to deal with, the indicators of the wastewater was: pH of 7.5, COD of $98 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (the removal ratio of COD was 97.2%), BOD_5 of $57 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (the removal ratio of BOD_5 was 93%). It can reach first water standards of the national wastewater emission standard of meat processing industry.

Keywords: chondroitin sulfate; wastewater treatment; jet aeration