

生物预处理净水工艺除色度生产应用研究

肖羽堂¹, 吴鸣¹, 许建华²

(1. 中国科学院大连化学物理研究所, 辽宁 大连 116023;

2. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

[摘要] 采用生物接触氧化预处理净水工艺对受污染的水源原水进行了除色度效果研究。结果表明: 在正常水温 20~28℃ 的条件下, 当污染源 COD_{Mn} 为 6~11 mg/L, 色度为 30~40 度和生物预处理净水工艺运行参数 HRT 为 1.4 h, 气: 水为 0.5:1, DO 为 7~9 mg/L 时, 生物预处理净水工艺对水源原水的脱色率为 19%~43%; 在较低水温 7~16℃ 的条件下, 当污染源 COD_{Mn} 为 6~10 mg/L, 色度为 32~35 度和生物预处理净水工艺运行参数 HRT 为 1.4 h, 气: 水为 0.5:1, DO 为 8~10 mg/L 时, 生物预处理净水工艺可去除水源原水中的色度为 13%~22%。

[关键词] 预处理; 污染源; 色度; 生物接触氧化; 净水工艺

[中图分类号] X703 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1005-829X(2001)05-0009-03

Study on the color removal from polluted water sources by biopretreatment with elastic packing and micropore aerator

XIAO Yu-tang¹, WU Ming¹, XU Jian-hua²

(1. Wastewater Treatment Engineering Group, Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences, Dalian 116023, China; 2. School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The effect of color removal on the polluted raw water of water sources by the biopretreatment action of biocontact oxidation process with the elastic packing and micropore aerator has been studied. The research results show that the water purification biopretreatment can reach a color removal efficiency of 19%~43% for the raw water of water sources under the conditions of normal temperature 20~28℃, COD_{Mn} in polluted water sources 6~11 mg/L, chromaticity 30~40, the running parameters for the water purification biopretreatment HRT 1.4 h, gas: water ratio 0.5:1, and DO 7~9 mg/L. And the water purification biopretreatment can reach a color removal efficiency of 13%~22% for the raw water of water sources under lower water temperature 7~16℃, COD_{Mn} in polluted water sources 6~10 mg/L, chromaticity 32~35, the running parameters for the water purification biopretreatment of purified water HRT 1.4 h, gas: water 0.5:1, and DO 8~10 mg/L.

Key words: biopretreatment; polluted water sources; biocontact oxidation; chromaticity; water purification

污染水源原水色度主要来源于腐殖质和工业污染中带有颜色的物质。色度是常规净水工艺系统较难降低的指标。虽然水中有异色不一定有害于健康, 但总给人一种不安全的感觉得, 引起心理上的不舒服。尤其是近年来对水中三氯甲烷等致癌物的关注^[1~3], 更加引起了人们对色度的重视, 因为构成色度物质的腐殖酸和富里酸等腐殖质被认为是三氯甲烷先质^[4~9], 带有颜色的某些工业污染物等可能

是对人体健康安全危害较大的“三致”物质的优先污染物。多年来, 为解决水源原水污染问题, 生物预处理污染水源原水净水技术受到了国内外的极大重视和关注^[10~13]。国外在此方面做了许多研究工作^[14~17], 国内也开始应用研究^[12]。本研究建立在国外有关研究成果的基础上^[10~17], 首次采用国产弹性立体填料微孔曝气生物接触氧化法预处理某受污染水源原水, 并获得成功, 为我国污染水源原水生

物预处理净水技术工业化应用开辟了一条新途径。本文首次探讨了生物接触氧化净水工艺及其在常温条件下和低温条件下的除色度作用效果。

1 污染源水质及分析方法

1.1 污染源水质

某污染源常年水温 $20 \sim 27^{\circ}\text{C}$, 低温多为 $10 \sim 12^{\circ}\text{C}$ 。由于上游工业废水、农田污水以及城市污水等影响, 该水源受到严重污染。水源原水中的色度、有机物等较高, 色度常年一般为 $28 \sim 37$ 度, 有时高达 40 度以上。传统的常规净水工艺系统难以将水中的色度等有效地除去。水厂出水不能满足安全供水的要求。因此, 亟需对该污染源进行生物预处理以除去原水中的色度和有机物等, 确保采用常规净水工艺的水厂提供安全可靠的饮用水。

1.2 测试项目与分析方法

色度用稀释倍数法; $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 用 $\text{N} - (1 - \text{萘基}) - \text{乙二胺}$ 光度法; COD_{Mn} 用标准高锰酸钾法; $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 用标准纳氏试剂比色法; 水温用水温计法; pH 采用数字式酸度计测定; 浊度用光电式浊度仪测定。

2 生物预处理净水工艺设计

2.1 池体

设计规模 $40\,000\text{ m}^3/\text{d}$; 池体材料为钢筋混凝土; 池体平面尺寸 $35.8\text{ m} \times 17.8\text{ m}$; 池高 5.9 m ; 有效水深 4.56 m ; 有效停留时间 1.4 h ; 池中设 YDT 弹性立体填料, 池下部设微孔曝气器及穿孔管曝气系统。

2.2 填料

填料装填高度 3.37 m , 填料体积 $1\,451\text{ m}^3$, 装有填料的氧化池容积为 $2\,083\text{ m}^3$ 。所选用的 YDT 弹性立体填料比表面积大, 微生物附着空间大, 对上升气泡的切割性能好, 有助于布气配水均匀, 氧的利用率高, 价格合理, 丝条能长期在水中保持辐射状张展, 不堵塞。该填料每 m^3 的综合造价约为蜂窝填料的 $1/2$, 约为半软性填料的 $2/3$ 。填料主要技术参数: 填料丝径 0.50 mm ; 填料直径 170 mm ; 单位池容装填的比表面积 $41\text{ m}^2/\text{m}^3$ 。

2.3 微孔曝气系统

选用孔径小、氧利用率高、不易堵塞的 YMB 型膜片式微孔曝气器。该曝气器主要特性参数: 曝气器直径 260 mm ; 曝气器膜片平均孔径 $30 \sim 50\text{ }\mu\text{m}$; 充氧利用率 $18.4\% \sim 27.2\%$ (水深 3.2 m 条件下); 空气流量 $1.5 \sim 3\text{ m}^3/\text{h}$; 服务面积 $0.5 \sim 1\text{ m}^2/\text{个}$ 。

为提高充氧效率, 水流与空气逆向流动。池内共安装 D260YMB 型膜片式微孔曝气器 $1\,200$ 个。

2.4 穿孔管曝气系统

穿孔管开二排交错向下, 与垂直方向成 45° 夹角的孔, $D25\text{ mm}$, 孔距 460 mm , 穿孔管直径为 $D200\text{ mm}$ 。

2.5 鼓风供气设备

采用型号 $\text{L}_{2\text{A}28}$ 的罗茨风机 2 台 (1 用 1 备), 主要参数: 额定空气流量 $19.14\text{ m}^3/\text{min}$, 出口静压 49 kPa , 主轴转速 $1\,850\text{ r/min}$, 鼓风机配套电动机功率 37 kW 。

3 生物预处理净水工艺除色度作用效果

水源原水色度高于 30 度时, 采用常规净水工艺处理, 出厂水色度常超过 15 度的生活饮用水标准限值, 尽管采用增加混凝剂用量和液氯投加量等措施, 仍不能有效地解决色度超标问题。生化净水工艺在污染原水除污染脱色中起重要作用。为探讨采用生物接触氧化净水工艺系统处理后, 出厂水色度能否满足我国生活饮用水标准的要求, 对生物预处理净水工艺常温运行条件下和冬季低温条件下的除色度效果进行了分析及研究。生物预处理净水工艺正常运行处理水量为 $40\,000\text{ m}^3/\text{d}$, HRT 为 1.4 h , 气: 水为 $0.5:1$, DO 为 $7 \sim 10\text{ mg/L}$ 。正常稳定运行时不同原水水质条件下生物预处理净水工艺除色度效果见表 1。

从表 1 可以看出, 在水源原水水温 $20 \sim 28^{\circ}\text{C}$ 、 $\text{COD}_{\text{Mn}} 6 \sim 11\text{ mg/L}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N} 0.05 \sim 1.6\text{ mg/L}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N} 0.04 \sim 0.30\text{ mg/L}$ 、浊度 $6 \sim 36\text{ NTU}$ 的运行处理条件下, 生物预处理净水工艺处理色度为 $30 \sim 40$ 度的原水时, 色度去除率为 $19\% \sim 43\%$; 在水源原水水温较低 $7 \sim 16^{\circ}\text{C}$ 、 $\text{COD}_{\text{Mn}} 6 \sim 10\text{ mg/L}$ 、 $\text{NH}_4^+ - \text{N} 7 \sim 8\text{ mg/L}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N} 0.060 \sim 0.270\text{ mg/L}$ 、浊度 $8 \sim 13\text{ NTU}$ 的条件下, 处理色度为 $32 \sim 35$ 度的原水时, 生物预处理净水工艺可去除原水色度为 $13\% \sim 22\%$ 。

生物预处理净水工艺降低有机物的同时, 也降低了色度。因此, 生物预处理净水工艺对色度的去除主要是通过除去有机物来实现, 即对构成色度的有机物等生物降解作用、生物膜的吸附作用、生物絮凝作用和沉淀作用。此外, 生物作用对构成色度物质的转化, 有利于后续净水工艺的除色作用, 生物预处理净水工艺出水在微絮凝过滤工艺中因生物絮凝和常规化学混凝发生协同作用, 增强了过滤工艺去

除色度效果。微生物在生物预处理净水工艺后续

表1 生物预处理净水工艺去除色度效果

进水水质						出水色度/度		色度去除率/%
水温/℃	浊度/NTU	NO ₂ ⁻ -N/mg·L ⁻¹	色度/度	COD _{Mn} /mg·L ⁻¹	NH ₄ ⁺ -N/mg·L ⁻¹	度/度	度/度	
21	36.0	0.200	40	9.54	0.80	25	38	
22	14.6	0.150	38	8.46	1.20	28	26	
22	11.4	0.150	35	8.12	0.30	28	20	
23	14.6	0.280	32	9.90	0.50	25	32	
24	7.3	0.300	32	9.24	1.00	25	22	
24	9.1	0.150	37	10.06	1.00	30	19	
26	15.3	0.060	37	9.17	0.05	30	19	
26	15.5	0.040	35	9.30	0.30	28	20	
26	14.9	0.080	35	8.02	0.45	27	23	
27	17.8	0.050	32	8.78	0.90	25	22	
26	23.1	0.125	35	8.61	1.60	20	43	
28	11.0	0.250	32	7.32	1.60	20	38	
28	12.4	0.250	40	9.38	1.20	28	30	
16	9.3	0.270	35	9.20	7.50	28	20	
15	11.2	0.150	32	6.44	7.50	25	22	
15	9.6	0.075	35	7.30	7.00	30	14	
13	13.2	0.060	35	8.48	8.00	28	20	
11	8.6	0.120	32	8.39	8.00	27	16	
7	10.4	0.150	35	9.13	7.00	30	14	

过滤工艺滤料上附着生长和被滤料拦截下来的生物絮凝体中含有大量微生物,继续发挥生物降解和脱色作用,增强了过滤工艺的色度去除效果,确保出厂水色度满足国家生活饮用水<15度的标准要求。

4 结语

水源受到明显的有色物质等污染,色度高,常规净水系统难以有效去除,不仅后续氯化消毒过程氯耗很大,而且出厂水余氯仍难达到标准要求。采用生物预处理净水工艺对水源色度污染具有明显的去除效果,大幅度降低净水系统氯化过程中的液氯用量,节约运行处理费用。生物除色度主要是生物预处理净水工艺填料上生物膜在好氧条件下依靠异养菌作用,将构成色度的物质氧化成无色物质而去除。水温对异养菌除色度的影响作用很大,常温下和冬季低温下生物预处理净水工艺的除色度作用效果存在显著的差别。

【参考文献】

- [1] Namkung E, Rittmann B E. Removal of Taste- and Odor- Causing Compounds by Biofilm Grown on Humic Substances[J]. AWWA, 1987, 79(7): 107~111.
- [2] 张绍园,姜兆春,王菊思. 饮用水消毒副产物控制技术研究现状

与发展[J]. 水处理技术, 1998, 24(1): 8~10.

- [3] Hiba M Shukairy, Richard J Miltner, R Scott Summers. Bromide's Effect on DBP Formation, Speciation and Control; Part 2 Biotreatment[J]. J. AWWA, 1995, 87(10): 71~81.
- [4] Miltner R J, Shukairy H M, Summers R S. Disinfection By-product Formation and Control by Ozonation and Biological Treatment[J]. J. AWWA, 1992, 84(11): 53.
- [5] Swertfeger J, et al. The Control of Ozonation By-products by Biological Filtration [C]. AWWA Ann. Conf., San Antonio, Texas, 1993.
- [6] Shukairy H M, et al. Control and Speciation of Disinfection By-products by Biological Treatment[C]. Proc. AWWA Ann. Conf., Vancouver, B. C., 1992.
- [7] Price M L, et al. Evaluation of Ozone/Biological Treatment for Disinfection By-product Control and Production of Biologically Stable Water[J]. Ozone Sci. and Engrg., 1993, 15(2): 95.
- [8] Anderson W B, et al. Reduction of Adsorbable Organic Halide and THMFP and Chlorine Demand During Biological Treatment [C]. Proc. AWWA Ann. Conf., Cincinnati, Ohio, 1990.
- [9] Shukairy H M, et al. Bromide's Effect on DBP Formation, Speciation and Control; Part 1. Ozonation[J]. J. AWWA, 1994, 86(6): 72.
- [10] Rittmann B E, D Jackson, S L Storck. Potential for Treatment of Hazardous Organic Chemicals with Biological Processes, in Biotreatment Systems [M]. D. L. Wise, Ed. (Boca Raton, FL: CRC Press, Inc), 1998: 15~64.
- [11] Lazarova V Z, He B C, Nikolor L. Biofilm Performance of a Fluidized Bed Biofilm Reactor for Drinking Water Denitrification [J]. Wat. Sci. Tech., 1992, 26(3): 323~329.
- [12] 许建华, 等. 微污染原水的生物接触氧化预处理技术研究[J]. 同济大学学报, 1995, 23(4): 376~379.
- [13] Jacques A Manem, B E Rittmann. Removing Trace-level Organic Pollutants in a Biological Filter[J]. J. AWWA, 1992, 152~159.
- [14] Edward J B, Patricia B C. Biological Processes in Drinking Water Treatment[J]. J. AWWA, 1988, 80(9): 82~93.
- [15] Lim K Ho, Shin H-Sik. Operating Characteristics of Aerated Submerged Biofilm Reactor for Drinking Water Treatment [J]. Wat. Sci. Tech., 1997, 36(12): 101~108.
- [16] Egashira K, Ito K, Yoshiy Y. Removal of Musty Odour Compounds in Drinking Water by a Biological Filter[J]. Wat. Sci. Tech., 1992, 25(2): 307~314.
- [17] Zalski R M, Goul S, Bouwer E J. TOC Removal in Biological Filters [J]. J. AWWA, 1995, 87(6): 40~47.

【作者简介】肖羽堂(1966—), 同济大学环境工程学院博士, 现为中国科学院大连化学物理研究所环境工程研究室博士后。电话: (0411) 4671991-736; E-mail: ytxiao@dicp.ac.cn; ytxiao@hotmail.com.

【收稿日期】2000-12-04