

生物预处理去除有机物的特点

董秉直, 金伟, 陈艳, 李伟英, 范瑾初

(同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092)

[摘要] 试验对正在运行的生物预处理以及后续处理工艺进行了调查, 了解了生物预处理的出水有机物变化以及对后续处理工艺的影响。试验表明: 由于微生物新陈代谢产物溶解在水中的缘故, 生物预处理出水会出现有机物增加的现象, 影响了后续处理工艺的去除效果。对出水进行的分子质量分布测试表明, 微生物新陈代谢产物会产生大量的消毒副产物。生物预处理无法降低水的致突变性。

[关键词] 给水处理; 生物预处理; 有机物分子质量分布; 致突变性

[中图分类号] X703.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1005-829X(2005)06-0040-03

Effect of biological pre-treatment on organic removal

Dong Bingzhi, Jin Wei, Chen Yan, Li Weiyang, Fan Jinchu

(School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The water quality in biological pretreatment and succeeding treatment process in running have been investigated to understand the effect of biological treatment on organic removal and the influence on the succeeding treatment process. It is found that due to the metabolism product dissolves in water, organics in the biological process treated water increases, resulting in decrease of removal efficiency in the succeeding treatment process. The molecular weight distribution of the effluence water is determined and found that microbial metabolism product could produce a lot of disinfection by-products. The biological process could not mitigate the mutagenicity.

Key words: water supply treatment; biological pretreatment; organic molecular weight distribution; mutagenicity

给水处理中遇到的一个重要问题是氨氮的去除, 生物预处理, 特别是生物接触氧化是去除氨氮的有效方法, 目前已进入大规模的应用阶段^[1,2]。生物预处理能有效地去除氨氮, 而且对有机物也有一定的处理作用。了解生物预处理出水水质的特点, 特别是有机物的变化对后续处理工艺的影响, 对于生物预处理的运行和管理具有现实意义。目前, 这方面的研究多限于试验, 而对于正在运行的生物预处理的出水水质的调查, 鲜见有关报道。

1 试验方法

试验在上海浦东某水厂进行, 水源为黄浦江某支流。该水厂的处理水量为 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 处理工艺流程如图 1 所示。试验期间原水水质见表 1。

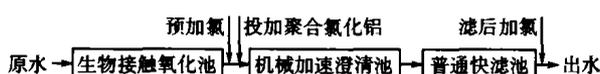


图 1 水厂的处工艺流程

分别在生物接触氧化池、机械加速澄清池和普

通快滤池的出口取样, 每隔 4 h 取样一次, 水样用 $0.45 \mu\text{m}$ 微滤膜过滤后, 测定 COD_{Mn} 、TOC、 UV_{254} 、氨氮和色度。TOC 测定采用岛津 TOC-500, UV_{254} 测定采用岛津 UV-2201 紫外分光光度计, 三氯甲烷生成潜能 (THMFP) 测定采用岛津 GC-14B 气相色谱仪, 测定方法可详见文献[3]。

相对分子质量的测定采用膜过滤法。超滤膜采用美国 Millipore 公司的 YM 系列膜, 膜材质为改性醋酸纤维素, 相对分子质量分别为 3×10^4 、 1×10^4 、 6×10^3 和 1×10^3 。测定方法可详见文献[3]、[4]。

表 1 试验期间的原水水质

水质指标	变化范围	平均值
水温/ $^{\circ}\text{C}$	4~5	4
$\text{COD}_{\text{Mn}}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	4.13~7.09	5.73
$\text{DOC}/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	2.78~5.79	4.16
$\text{UV}_{254}/\text{cm}^{-1}$	0.089~0.158	0.112
氨氮/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	1.82~3.98	2.81
色度/度	29~16	20

2 试验结果与讨论

2.1 各处理工艺出水水质变化

从图2可以看出,生物预处理去除 COD_{Mn} 的效果较差,而且经常出现出水的 COD_{Mn} 高于原水 COD_{Mn} 的现象,原水的平均 COD_{Mn} 为 5.73 mg/L,生物预处理出水为 5.42 mg/L,处理平均效果仅为 5.4%。去除 COD_{Mn} 的作用主要在澄清池,去除率为 14.9%,如表2所示,而砂滤池几乎没有去除效果。

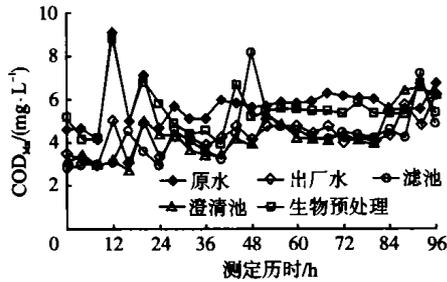


图2 各处理工艺出水的 COD_{Mn} 变化

表2 各处理工艺去除有机污染物的效果 %

	COD _{Mn}	DOC	UV ₂₅₄	氨氮	色度
生物预处理	5.4	1.14	14.2	31	12.68
澄清池	14.91	3.5	12.29	-8.83	49.03
砂滤池	0.21	4.99	0.77	-2.01	-0.13
总去除率	20.52	9.63	27.26	20.16	61.58

图3表明生物预处理去除 DOC 的效果比 COD_{Mn} 更差,原水的平均 DOC 为 4.16 mg/L,出水的 DOC 为 3.88 mg/L,平均去除率仅为 1.14%。与 COD_{Mn} 不同的是,澄清池去除 DOC 效果很差,仅为 3.5%,而砂滤池去除效果较好,达到了 5%。

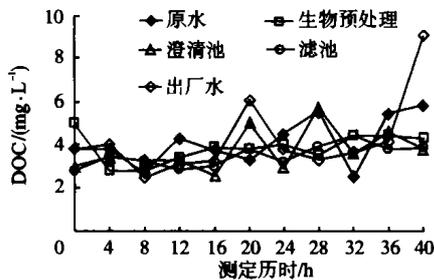


图3 各处理工艺出水的 DOC 变化

图4为各处理工艺去除 UV₂₅₄ 的情况,与 COD_{Mn} 和 DOC 相比,生物预处理去除 UV₂₅₄ 的效果较高,原水的平均 UV₂₅₄ 为 0.112 cm⁻¹,出水的 UV₂₅₄ 为 0.096 cm⁻¹,去除率达到了 14%左右。澄清池去除 UV₂₅₄ 的效果较好,达到了 12.29%,而砂滤池的去除效果很差,仅为 0.77%,这与 COD_{Mn} 的情况相似。

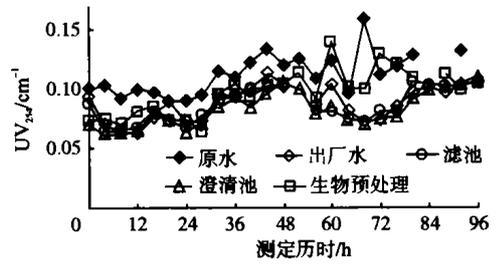


图4 各处理工艺出水的 UV₂₅₄ 变化

原水的氨氮质量浓度较高,平均为 2.81 mg/L。生物预处理显示出较好的氨氮去除效果,最高达 70%,但去除效果的变化很大,平均去除率仅为 30%,如表2所示。在后续的澄清池和砂滤池出水中,氨氮反而呈增加的趋势。从生物预处理出水平均的 1.81 mg/L,增加到澄清池出水的 2.09 mg/L,到砂滤池出水的 2.14 mg/L。这种氨氮增加的现象与预加氯有关,氯将水中部分的有机氮氧化成无机氮。在测定的有机物指标中,色度的去除情况最好。但砂滤池对色度没有去除效果。测定结果表明:生物预处理去除有机物的效果较差,这可能与冬季的水温较低,微生物活性较差有关。

2.2 各处理工艺出水的有机物分子质量分布变化

在本试验中,经常发现生物预处理出水的有机物高于原水,为了更深入地了解这一现象,进行了有机物和消毒副产物的相对分子质量分布的测定,结果如图5所示。原水的 DOC 为 5.5 mg/L、UV₂₅₄ 为 0.115 cm⁻¹ 和 THMF_P 为 15 μg/L,生物预处理出水的 DOC 为 8.53 mg/L、UV₂₅₄ 为 0.145 cm⁻¹,THMF_P 为 53 μg/L。DOC 增加了 55%,UV₂₅₄ 增加了 26% 以及 THMF_P 增加了 258%。

从图5可知,从生物预处理出水的分子质量分布的特点来看,对于 DOC,无论是大分子还是小分子,都有大幅度的增加。尽管澄清池能有效地去除 > 10 000 的 DOC,但由于 < 1 000 的 DOC 的增加,导致处理效果下降。这令人满意的解释了表2中 DOC 去除效果很差这一现象。对于 UV₂₅₄, > 6 000 的 UV₂₅₄ 有明显的增加,而 < 1 000 的略有下降。由于生物处理出水增加的主要是较大分子的 UV₂₅₄,因此,澄清池去除 UV₂₅₄ 的效果较好。

Edward J. Bouwer 认为⁽⁵⁾,在生物预处理中,由于微生物的新陈代谢作用,其代谢产物会溶解在水中,出现在出水中,导致溶解性有机物的增加。这种新陈代谢所产生的有机物涉及所有分子质量的有机

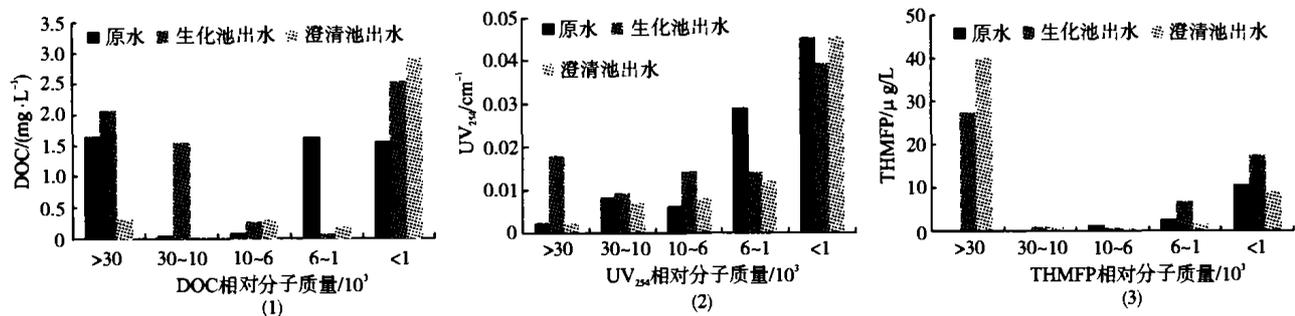


图5 各处理工艺的相对分子质量分布变化

物。由此可见,生物预处理出水中的有机物增加可能是微生物新陈代谢产物造成的。令人注意的是,如图5(3)所示中生物预处理出水中的 THMFP 大幅度增加,这表明微生物新陈代谢产物会产生大量的消毒副产物。Edward J. Bouwer 认为,微生物新陈代谢产物每增加 1 mg/L 的 DOC,会产生 24 μg/L 的 THMFP。本试验的结果表明,增加 1 mg/L 的 DOC,会产生 12 μg/L 的 THMFP。

由此可见,微生物新陈代谢产物的溶出,生物处理出水会出现有机物反而增加的现象。许多新陈代谢产物由相对分子质量较小的有机物构成,而后续的传统处理工艺对小分子的有机物去除效果较差,导致处理效果变差。

2.3 致突变性

Ames 试验是检测水体致突变活性大小的有效方法。试验菌株采用鼠伤寒沙门氏组氨酸缺陷型突变菌株 TA100 和 TA98。TA100 用于检测碱基置换型基因突变,TA98 用于检测移码型基因突变。采用多氯联苯诱导大鼠的肝均浆微粒体酶系(即活化微粒 S9),加 S9 为体外代谢活化系统,不加 S9 为非活化系统。阳性对照选用公认的有致突变作用的物质。试验表明,生物预处理出水、澄清池出水和出厂水水样在加与不加 S9 的情况下均不能使 TA100 菌株的回变菌落数显著增加,但对于 TA98 菌株在中浓度与高浓度时不论加与不加 S9 均可使回变菌落数明显增加,且都有较明显的剂量反应关系,表明水样中的有机物能够使菌株发生移码型突变,表现为致突变阳性。

为了能够更直观地表达结果,可计算致突变阳性水样的最低致突变剂量,即回变菌落数是阴性对照 2 倍时的剂量,最低致突变剂量越低,表明致突变性越强,结果如图 6 所示。由图 6 可见,水样在加与不加 S9 条件下,致突变性由强到弱依次为生物预处理出水、澄清池出水和出厂水。由此可见,生物预处

理无法降低水的致突变性。

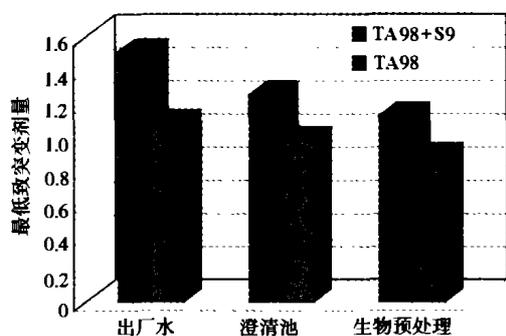


图6 各处理工艺的致突变性变化

3 结论

(1)生物预处理由于微生物新陈代谢产物溶解在出水中的缘故,会导致出水有机物和消毒副产物的增加。

(2)微生物新陈代谢产物含有大量的小分子有机物,导致了后续的传统处理工艺去除有机物效果的下降。

(3)生物预处理无法降低致突变性。

[参考文献]

[1]许建华. 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(14): 376-379
 [2]叶旭全,等. 东深原水生物硝化工程试运行小结[J]. 给水排水, 2000, 26(1): 1-5
 [3]董秉直,曹达文,范瑾初,等. 黄浦江水源的溶解性有机物分子量分布变化的特点[J]. 环境科学学报, 2001, 21(5): 553-556
 [4]董秉直,曹达文,范瑾初. 天然原水有机物分子量分布的测定[J]. 给水排水, 2000, 26(1): 30-32
 [5]Bouwer Edward J, et al. Biological processes in drinking water treatment[J]. Jour. of AWWA, 1988, 80(9): 82-92

[作者简介] 董秉直(1955—),1981年毕业于同济大学环境科学与工程学院,博士,副教授。E-mail:dongbingzhi@online.sh.cn。

[收稿日期] 2004-12-27