

东江河微污染源水生化预处理的试验研究^{*}

吴宏海, 黄瑞敏, 胡勇有

(华南理工大学造纸与环境工程学院, 广东 广州 510640)

摘 要: 采用生物接触氧化法对东江河微污染源水进行脱氮除氨中试研究, 在气水体积比为 1:1 和采用 PWT 型立体网状填料的条件下, 对微污染源水的氨氮、COD、SS 去除率以及填料表面生物膜中生物量和挂膜情况等运行指标作了分析与观察. 试验结果表明该方法工艺具有较高的氨氮去除能力, 氨氮去除率平均可达 90.4%.

关键词: 生物接触氧化法; 微污染源水; 氨氮; 东江

中图分类号: X17 **文献标识码:** A

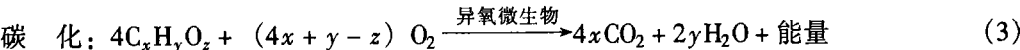
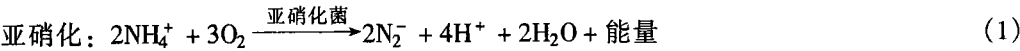
近年来, 由于工业、农业和生活等大量的污水排入水体, 引起水体的富营养化, 从而使地面水质进一步恶化, 优质水资源日益短缺, 甚至自来水源水也受到不同程度的污染, 这对自来水厂的正常运行带来严重的影响. 对于受污染的源水, 采用传统的“混凝沉淀—过滤—消毒”工艺已难提供优质的自来水, 出水氨氮和有机物有可能超标, 同时过量的氨氮与消毒氯生成氯胺类“三致”物质, 危害更大. 大量分析与实践表明, 对自来水源水进行生化预处理成为现阶段经济可靠的措施. 考虑到生物接触氧化法去除氨氮和有机物的高效性和可靠性, 因此采用生物接触氧化法作为自来水厂处理受污染源水已成为水处理专家的共识^[1-3]. 不过, 微污染源水污染物浓度低、碳氮比小, 对生物接触氧化法处理系统提出更高的要求, 而选择合适的工艺条件和填料类型是关键, 为此作者在试验工艺中采用目前应用效果较好的 PWT 型立体网状填料, 从 1997 年 4 月 20 日~6 月 20 日对广东省博罗县东江河微污染源水进行了为期 2 个月的中试研究, 并在取得高锰酸盐指数 (COD_{Mn})、氨氮、悬浮物、生物量及挂膜情况等有关数据的基础上, 对所采用的生化预处理工艺去除微污染源水中氨氮和有机物的性能作了分析与探讨.

1 试验部分

1.1 试验原理

填料作为微生物的固定载体, 经过挂膜培养, 生物膜中好氧性硝化菌群和亚硝化菌群占据较大优势, 形成 0.20~0.60 mm 的生物膜附在填料表面. 在供氧充足的情况下, 亚硝化细菌利用氨氮作为基质进行亚硝化反应, 生成亚硝酸氮和水, 并释放出能量和使 pH 值降低; 硝化细菌利用亚硝化反应的产物亚硝酸氮为基质进行硝化反应, 生成硝酸氮, 并释放出能量. 在进行亚硝化反应和硝化反应的同时, 一部分异氧型微生物将一些碳源有机物氧化成 CO_2 和 H_2O , 从而达到降解污染物、净化水质的目的. 上述反应过程表示如下^[4]:

^{*} 收稿日期: 2000-09-18; 作者简介: 吴宏海 (1965~), 男, 博士后, 讲师; 研究方向: 水环境与水处理技术.



1.2 试验工艺与方法

按照图 1 和表 1 选定工艺流程及确定工艺参数。东江河微污染源水通过潜水泵泵至装有填料的氧化池中，流量均为 36 m³/h，气水体积比为 1:1，水力停留时间为 1 h。挂膜正常之后，对 COD_{Mn}、氨氮、悬浮物、生物量及挂膜情况等项目进行监测与观察。取样点分别设在水泵后试验装置前的取样管和试验装置后出水的取样管两处，并安排每天上午 7 点至 12 点每小时取 1 000 mL 水样，共计 6 个，混合后取 2 500 mL 作分析与测试。测定 BOD₅ 时取样量加倍。测试内容与方法^[5]，见表 2。

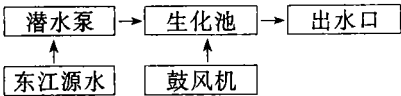


图 1 东江河微污染源水生物预处理工艺流程

表 1 试验装置及技术参数

仪器设备名称	型号或规格			备注
潜水泵	AS30-2CB	Q = 72 m³	扬程 h = 6 m 功率 2.9 kW	一用一备
玻璃转子流量计	LZB-100	Q = 0 ~ 40 m³/h	用于清水和空气	气、水各 2 个
生化试验水箱	长 12 m, 宽 1 m, 高 3 m			1 个
鼓风机	SSR-50, 3.5 m 水柱	Q = 72 m³/h, 1.5 kW		一用一备
穿孔管曝气	DN25, 开孔直径 3mm, 间距 50 mm, 两侧交错, 斜下方 45°			
PWT 立体网状填料	2.00 m × 2.50 m, 长 2.00 m			体积 22 m³

表 2 测试项目与分析方法

序号	测试项目	测试方法及测试仪器
01	水温度 (t)	便携式溶解氧测定仪
02	溶解氧 (DO)	便携式溶解氧测定仪
03	化学需氧量 (COD _{Mn})	酸性高锰酸钾法
04	生化需氧量 (BOD ₅)	稀释接种-COD _G 测定法
05	悬浮物 (SS)	称量法
06	氨氮 (NH ₃ -N)	纳氏试剂分光光度法
07	亚硝氮 (NO ₂ ⁻ -N)	N- (1 萘基) -乙二胺分光光度法
08	硝态氮 (NO ₃ ⁻ -N)	酚二磺酸分光光度法
09	生物相及生物量	生物显微镜

2 结果与讨论

2.1 氨氮和有机物的去除情况

表 3 列出氨氮、COD_{Mn}、BOD、SS 等指标的去除情况和溶解氧值。从表 3 可看出，东

江河微污染源水中氨氮和有机物（COD_{Mn}、BOD₅）都有较好的去除效果。其中，氨氮的去除率为 90% 左右，出水 NH₃-N < 0.5 mg/L，达到传统自来水厂进水水质要求。由于源水中有机物浓度太低，无法充分发挥立体网状填料的优势。但从表 3 可看出，随着有机物 COD_{Mn}、BOD₅ 浓度的升高，相应去除率也提高，出水 COD_{Mn} 维持在 4 mg/L 以下，BOD₅ 维持在 2 mg/L 以下，符合传统自来水厂进水水质要求。由于没有进行反硝化反应，出水中亚硝酸盐氮（NO₂⁻-N）和硝态氮（NO₃⁻-N）的浓度升高了 2~4 倍，这也表明源水中氨氮发生了硝化反应。SS 去除率在 60%~80% 之间，去除效果也较好。生化池溶解氧浓度维持 6.3~7.0 mg/L 之间，试验结果表明 PWT 立体网状填料有助于提高生物接触氧化系统的溶解氧，从而提高氧的利用率。

表 3 源水中有机物和氨氮的去除结果

监测区段日期		0501~0510	0511~0520	0521~0530	0601~0610	0611~0620	总平均值
$\rho(\text{氨氮})$ (mg·L ⁻¹)	进水	2.92	3.44	2.99	2.73	2.87	3.01
	出水	0.29	0.29	0.25	0.28	0.29	0.29
	E/%	90.1	91.6	91.7	89.9	90.0	90.4
$\rho(\text{悬浮物})$ (mg·L ⁻¹)	进水	12.2	17.8	15.1	19.2	15.2	15.9
	出水	4.5	4.7	3.3	4.4	4.9	4.39
	E/%	63.1	73.6	78.1	77.1	67.8	71.9
COD_{Mn} (mg·L ⁻¹)	进水	5.32	3.74	4.02	4.70	4.84	4.52
	出水	3.60	2.87	2.73	3.48	3.49	3.23
	E/%	32.4	21.2	32.2	26.0	27.9	28.0
BOD_{Mn} (mg·L ⁻¹)	进水	1.32	2.41	2.65	1.64	2.59	2.11
	出水	1.04	1.68	1.79	1.18	2.01	1.54
	E/%	21.1	30.2	32.5	27.8	22.2	27.0
$\rho(\text{NO}_3\text{-N})$ (mg·L ⁻¹)	进水	0.78	1.32	1.28	1.01	0.84	1.04
	出水	3.18	4.21	3.89	3.38	3.28	3.58
	E/%						
$\rho(\text{NO}_2\text{-N})$ (mg·L ⁻¹)	进水	0.10	0.08	0.07	0.09	0.08	0.08
	出水	0.29	0.35	0.30	0.32	0.32	0.32
	E/%						

DO (mg·L ⁻¹)	距水面高度/m	测试温度/℃				
		33.2	30.1	22.7	30.3	31.3
	2.00	6.30	6.44	6.71	6.43	6.42
	1.20	6.40	6.61	6.82	6.60	6.51
	0.40	6.64	6.75	6.94	6.72	6.76

2.2 填料表面挂膜情况

表 4 列出填料表面挂膜情况，从表 4 可看出，PWT 立体网状填料不但挂膜快，而且分布，没有结球现象。镜检发现，生物膜中有大量钟虫、轮虫、枝角类水生生物等标志生物膜性能良好的指示生物，菌胶团明显。由于成膜均匀，因此老化的生物膜不需加大气量反冲即可自然脱落，而且脱落膜呈细小碎屑，容易随水漂流，不会沉积于池底。

表 4 填料表面生物膜生长特点

试验日期	第 3 天	第 7 天	第 14 天	第 60 天
挂膜情况	生物膜呈点状分布	点状生物膜已分布填料表面的 80%	整个填料表面形成 0.10 ~ 0.50 mm 的生物膜	生物膜均匀分布, 厚度约 0.20 ~ 0.60 mm

PWT 立体网状填料具有挂膜快、成膜均匀、不易堵塞的优点. 东江微污染源水的氨氮平均去除率为 90.4%, COD_{Mn}的平均去除率为 28%, BOD_{Mn}的平均去除率为 27%. 采用 PWT 立体网状填料的生物接触氧化工艺去除微污染源水中氨氮的性能良好.

参考文献：

[1] 周大佐. 污染源水的生物预处理[J]. 上海环境科学, 1997, 16(4): 23 ~ 25.
[2] 肖羽堂, 许建华等. 强化微污染源水净化效果的生产性应用研究[J]. 环境科学, 1998, 19(3): 28 ~ 30.
[3] 胡江泳, 方振东等. 低温低浊微污染源水的生物净化技术研究[J]. 环境科学, 1996, 17(1): 54 ~ 59.
[4] 张希衡. 水污染控制工程[M]. 第 2 版. 北京: 冶金工业出版社, 1999. 282 ~ 283.
[5] 国家环保局《水和废水分析方法》编委会. 水和废水分析方法[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1989.

A Test Study on Biological Pretreatment for Micro-polluted Source Water from the Dongjiang River

WU Hong-hai^{*}, HUANG Rui-min, HU Yong-you

Abstract: A test was carried out in a submerged bio-film reactor for disposal of ammonia-nitrogen (NH₃-N) and organic compounds in micro-polluted source water from the Dongjiang River. The indexes, including the removal efficiency of NH₃-N, chemical oxygen demand (COD_{Mn}) and suspended solids (SS) as well as the growth situation and quantity of microorganisms in biological films on surface of PWT-cubic network supporter, were analyzed and investigated as the gas/water ratio was 1:1. The test results showed that the biological treatment process tested in this paper was good in disposal of NH₃-N, the average removal efficiency of NH₃-N in the raw water was 90.4%.

Keywords: submerged bio-film reactor; micro-polluted source water; ammonia-nitrogen; the Dongjiang River

^{*} Department of Environmental Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China