

文章编号: 1673- 0062(2010) 01- 0087- 05

生物接触氧化工艺处理河道原水实验研究

彭福全^{1, 2}, 熊正为^{1*}, 邬清伟², 黄建洪², 聂 风¹

(1. 南华大学 城市建设学院, 湖南 衡阳 421001; 2 环境保护部 华南环境科学研究所, 广东 广州 510620)

摘 要: 为研究生物接触氧化工艺强化城市河道沿程污染物自净能力, 在夏季丰水期选择昆明入滇大清河污水, 利用弹性填料作为微生物载体, 沿程取样并定期监测水质变化情况. 结果表明: 在出水 DO 为 1.5 mg/L 的情况下, 强化河道流速在 0.02 m/s 时出水效果较为理想, 经强化河道处理后 COD_{Cr}、TP、TN 去除率可达 63% ~ 69%、43% ~ 50%、30% ~ 39%; 通过去除悬浮物质可以去除相当一部分 COD_{Cr} 和少量 TP、TN, 可溶性 COD_{Cr}、TP、TN 通过载体微生物的代谢得到进一步去除.

关键词: 生物接触氧化工艺; 城市河道; 自净能力

中图分类号: X703 **文献标识码:** A

Experimental Research on River Simulation Using Bio- contact Oxidation Process

PENG Fu-quan^{1, 2}, XIONG Zheng-wei^{1*}, GUO Qing-wei²,
HUANG Jian-hong², NIE Feng¹

(1. School of Urban Construction, University of South China, Hengyang, Hunan 421001, China; 2. South China Institute of Environmental Sciences, Environmental Protection Ministry, Guangzhou, Guangdong 510620, China)

Abstract Bio- contact oxidation process was used to simulate urban rivers and analyze pollutants' degradation by strengthening their natural restoration abilities. During summer rainy period, taking wastewater of Daqinghe River as the influent, variations of water qualities were studied on different time points with plastic bio- media as the carrier of microorganism. Experimental results show that under the velocity of 0.02 m/s, removal rates of COD_{Cr}, TP, TN reach 63% ~ 69%、43% ~ 50%、30% ~ 39%, respectively, with DO of effluent of 1.5 mg/L. Removal of suspended solids helps to decrease a great part of COD_{Cr} and a little part of TP, TN. Dissolved COD_{Cr}, TP, TN can be further degraded through metabolism of microorganism.

Key words bio- contact oxidation process; urban rivers; natural restoration abilities

收稿日期: 2009- 11- 11

作者简介: 彭福全 (1985-), 男, 山东日照人, 南华大学城市建设学院硕士研究生. 主要研究方向: 水处理理论与技术. * 通讯作者.

河流是一个完整的连续体,上、下游和左、右岸构成一个高度连通的、完整的体系,河流的生态系统具有栖息地、过滤作用、屏蔽作用、通道作用、源汇等方面的功能^[1-2]。所谓“城市河流”是指发源于城区或流经城市区域的河流或河流段,也包括一些历史上虽属人工开挖但经多年演化已具有自然河流特点的运河、渠系^[3]。大清河是昆明主城区盘龙江以东主要的排洪、排涝、排污河道,大清河水系由上中游的金汁河,中下游的明通河与枧槽河,下游的大清河组成^[4]。中游明通河已演替为城市下水道,松花坝现作为城市供水水源,极少泄流进入上段金汁河,大清河系随城市发展和建设成为了无源之河,沿途以接纳城市污水和区间地表径流作为河道主体水源,属典型的城市合流系统纳污河道。一般认为 TP 与 TN 分别达到 0.02 mg/L 与 0.2 mg/L 的水体,标志着已处于富营养化状态^[5],在实验期间大清河 TP 与 TN 的平均浓度分别为 1.0 mg/L、19.98 mg/L,表明大清河水质已处于较严重的富营养状态,因此 N、P 也即成为大清河的主要污染物。除了改造排水管网系统和建设污水处理厂等工程措施外,利用河道周边的空闲洼塘,将河道污水分流出来进行处理,净化之后再返回河道的旁路处理法,不失为一种经济可靠的河道污水处理方法^[6]。

生物接触氧化工艺早在 20 世纪五、六十年代就已形成并得到应用,近年来国内外为解决河流水域污染而重点研究开发。生物接触氧化法兼有活性污泥法和生物膜法的优点,同时还具有维护管理方便、占地面积小、不需要污泥回流、不产生污泥膨胀、处理效果稳定、运转灵活等特点,因而自 20 世纪 70 年代以来得到了广泛应用^[7-8]。近年来该法也被用于受污染水体的修复^[9],为强化脱氮,还可设计为分段进水模式^[10-11]。应用该方

法治理城市纳污河道,强化河流的自然净化能力,加速河流水体中的污染物质的去除,从而减少河流入滇口处污染物负荷。

1 实验部分

1.1 实验装置及方法

实验中接触氧化池共有 4 套平行装置,长 2 m,宽 0.3 m,高 0.4 m。实验进水为大清水系下游大清河段污水,由水泵将水泵入高位水箱,再由水箱流入接触氧化池。采用弹性填料作为微生物附着载体,在接触氧化池中采用人工鼓风间隔微曝气,形成两个 A/O 段。四套装置流速分别为 0.04、0.03、0.02、0.01 cm/s 对应的流量分别约为 30.6、22.95、15.3、7.65 mL/s 对应的停留时间分别为约为 1.6、2.2、3.3、6.6 h。实验研究在 8~10 月进行,通过设定不同工况运行,并沿程采样监测,分析污染物降解情况。

1.2 实验检测指标及方法

实验过程中监测指标及方法^[12]如表 1。

表 1 水质监测指标及方法	
Table 1 Wastewater quality parameters and analytical methods	
监测指标	测定方法
COD _{Cr}	重铬酸钾法
TP	钼锑抗分光光度法
TN	过硫酸钾氧化 紫外分光光度法
NH ₄ ⁺ - N	钠氏试剂光度法
SS	重量法

1.3 实验进水水质

大清河污水主要包括生活污水及农田面源污水,实验期间水质见表 2。

表 2 实验进水水质
Table 2 Quality status of influent in experiment

COD _{Cr}	TN	TP	NH ₄ ⁺ - N	SS	温度 /℃
/(mg·L ⁻¹)	/(mg·L ⁻¹)	/(mg·L ⁻¹)	/(mg·L ⁻¹)	/(mg·L ⁻¹)	
48.2~89.6	15.6~24.7	0.96~1.68	8.45~13.21	23~61	17.8~28.6

2 结果与分析

2.1 试运行挂膜研究

经过一段时间运行,接触氧化池中弹性填料上层已悬挂一层厚约 2 mm 棕黄色生物膜,下层是黑

色絮体膜,水体沿池流向渐变清澈,DO 沿程逐渐升高,说明挂膜成功。此外通过监测污染物浓度已开始减小,去除率均在 20% 以上,结果见表 2。

2.2 进水水力负荷对系统出水水质的影响

2.2.1 进水水力负荷对系统出水 TN 的影响

由图 1可以看出 TN 随进水负荷的降低去除率升高, 去除率近 50%; 流速在 0.01 cm/s 与 0.02 cm/s 时 TN 去除率基本持平; 可以认为当流速达 0.02 cm/s 时, 流速的降低对 TN 的去除已无太大影响, 甚至由于停留时间的增大反而导致生物膜表面 DO 增高, 不利于反硝化菌的生长和反硝化作用, 使其去除率降低. 反硝化易受到高溶解氧的影响, 一般认为在活性污泥系统中, 使反硝化反应停止的 DO 浓度为 1.5 mg/L^[13].

2.2.2 进水水力负荷对系统出水 TP 的影响

表 3 试运行期 4 种流速下各污染物去除率

Table 3 Removing rate under 4 flow velocity of each contaminant during test-run period

流速 $/(\text{cm} \cdot \text{s}^{-1})$	去除率		
	COD _{Cr}	TN	TP
0.04	33%	21%	25%
0.03	37%	26%	27%
0.02	45%	22%	33%
0.01	44%	28%	31%

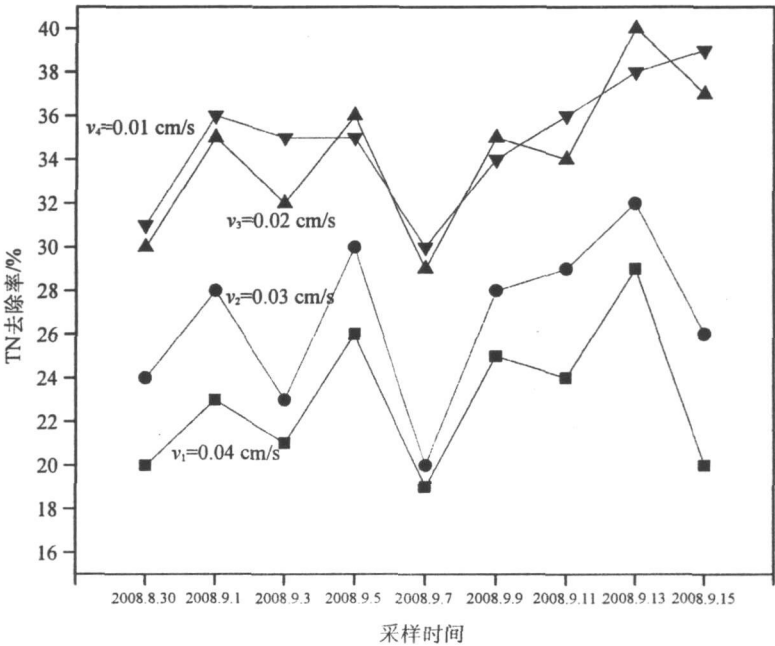


图 1 水力负荷对出水 TN 的影响

Fig 1 Efection on TN by hydraulic load

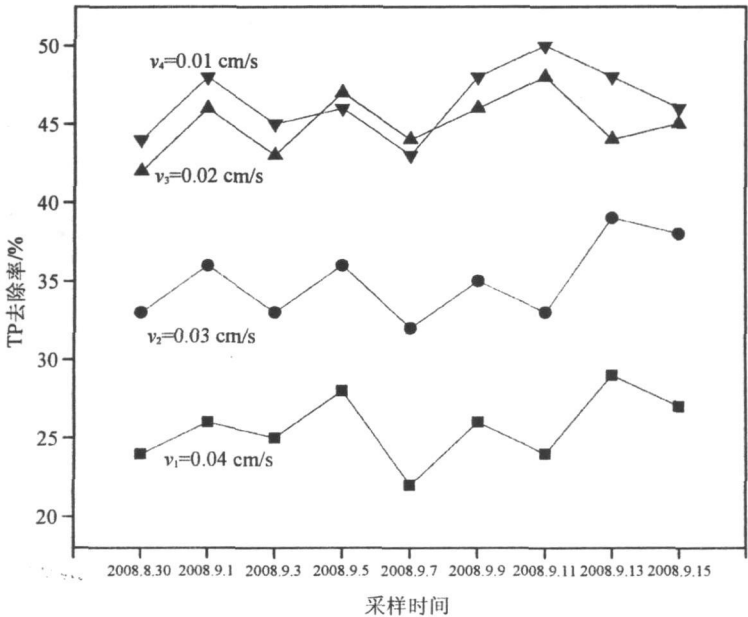


图 2 水力负荷对出水 TP 的影响

Fig 2 Efection on TP by hydraulic bad

水力负荷对 TP去除率的影响见图 2 由图可以看出随着流速的减小, 接触氧化池中 DO 的逐渐增大, 流速为 0.01 m/s 和 0.02 m/s 时, TP 的去除率可高达 40% 以上.

2.2.3 进水水力负荷对系统出水 COD 的影响

进水负荷对 COD 的影响明显, 随着流速的减小, 其出水浓度明显降低, 去除率显著提高, 最高可达 70%, 很显然每条曲线都有凹点, 由于 A/O 区间隔分布, 一次每一个 A 区则对应曲线上一个凹点.

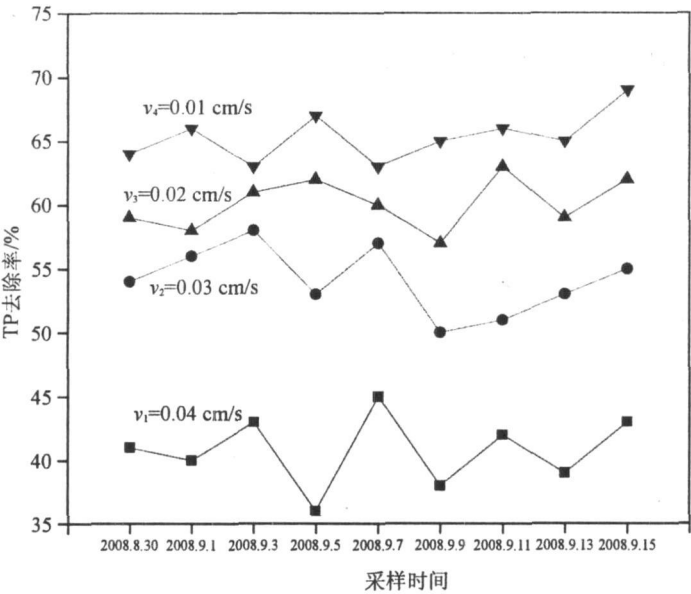


图 3 水力负荷对出水 COD 的影响
Fig 3 Effect on COD by hydraulic load

2.3 COD、TN、TP 与 SS 的变化关系

由以上三个图的数据加上 SS 的结果我们可以得出图 4 水力负荷对 TN 去除率的影响由图可以看出 TN、TP 的变化趋势与 SS 具有一定的相似性, 特别是 TP, 说明 TN、TP 部分是可溶性的, 相

当一部分 TP 是以不溶的悬浮物质形式存在; 同样 COD_c 部分是以悬浮固体存在, 因此通过生物膜的截留可以降解, 而可溶性 COD 的降解不足以提供微生物所需的 C 源要求, 因此出水中有机物大部分是以可溶性 COD 形式存在的.

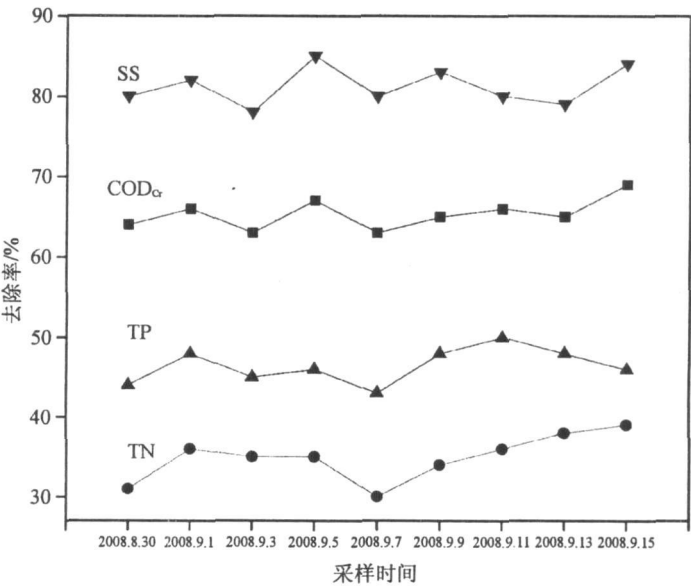


图 4 COD_c 、TN、TP 与 SS 变化关系

Fig 5 Changing relations between COD_c , TN, TP and SS

2 4 微曝生物接触氧化强化型河道与天然河道污染物降解情况的对比

天然河道 COD_{Cr} TP TN 去除率只有 10 4% ~ 16%、5 8% ~ 8 1%、5 4% ~ 7 2%经强化河道处理后 COD_{Cr} TP TN 去除率可达 63% ~ 69%、

43% ~ 50%、30% ~ 39%。可以看出, 天然河道的自净能力有限, 对于城市纳污型河流在入滇时很难将大部分污染物质降解掉, 因此为减少入滇污染物, 实施控源截污对策, 利用生物接触氧化工艺强化河道自我净化能力不失为一种好方法。

表 4 强化型河道与天然河道污染物降解情况对比

Table 4 Comparison of pollutants' degradation between BCO - strengthened rivers and natural rivers

项目 /(mg• L ⁻¹)	水样		
	原水 /(mg• L ⁻¹)	天然河道 /(mg• L ⁻¹)	强化河道 /(mg• L ⁻¹)
COD _{Cr}	48 2~ 89 6	40 5~ 78 2	17 6~ 29 7
BOD ₅	18 6~ 28 4	16 6~ 27 2	8~ 14 6
TP	0 96~ 1 68	0 86~ 1 53	0 52~ 0 87
TN	15 6~ 24 7	13 6~ 22 4	7 1~ 13 6
NH ₄ ⁺ - N	8 45~ 13 21	7 87~ 12 5	3 28~ 5 94
SS	23~ 61	18 4~ 53 3	6~ 16

3 结论

1)生物接触氧化工艺强化了河道自净能力, 对 COD_{Cr} TP TN的去除率分别可达 63% ~ 69%、43% ~ 50%、30% ~ 39%, 流速稳定在 0. 02 m /s 左右;

2)TN、COD_{Cr}、TP的变化情况与 SS的变化具有一定的正相关性, 特别是 TP 可溶性的污染物质可通过微生物的代谢得到进一步的去除。

3)可以看出, 天然河道的自净能力有限, 对于城市纳污型河流在入滇时很难将大部分污染物质降解掉, 因此为减少入滇污染物, 实施控源截污对策, 利用生物接触氧化工艺强化河道自我净化能力不失为一种好方法。

参考文献:

[1] The Federal Interagency Stream Restoration Working Group. Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices[M]. USDA, 1999.

[2] Craig J Hollis A. Stream Management- Concepts and Methods in Stream Protection and Restoration[R]. Environmental Laboratory US Army Waterways Experiment Station, 1999.

[3] 宋庆辉, 杨志峰. 对我国城市河流综合管理的思考 [J]. 水科学进展, 2002, 13(3): 377- 382.

[4] 刘忠翰, 贺 彬, 王宜明, 等. 滇池不同流域类型降雨

径流对河流氮磷入湖总量的影响 [J]. 地理研究, 2004, 23(5): 593- 604.

[5] 方升华. 不同生态河道基质材料对氮磷的吸附对比研究 [J]. 北京水务, 2006, 27(4): 27- 30

[6] Uygun A, Kargi F. Salt inhibition on biological nutrient removal from saline wastewater in a sequencing batch reactor[J]. Enzyme Microb Technol, 2004, 34(3/4): 313 - 318.

[7] 蒋展鹏. 环境工程学 [M]. 2版. 北京: 高等教育出版社, 2005.

[8] 肖羽堂, 许建华. 生物接触氧化工艺应用评析 [J]. 净水技术, 1998, 63(1): 31- 34.

[9] Fillos J, D i y a m a n d o g l u V, Carrio L, et al Full- scale evaluation of biological nitrogen removal in the step- feed activated sludge process[J]. Water Environ Res, 1996, 68(1): 132- 142.

[10] 肖羽堂, 吴 鸣, 刘 辉. 弹性填料微孔曝气生物膜法修复污染源除 NH₄⁺ - N [J]. 环境科学, 2001, 22 (3): 40- 43.

[11] Gorgun E, Artan N, O r m a n D, et al Evaluation of nitrogen removal of the step feeding in large treatment plants [J]. Water Sci Technol, 1996, 34 (1/2): 253- 260.

[12] 国家环保局. 水和废水检测分析方法 [M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.

[13] 郑兴灿, 李亚新. 污水除磷脱氮技术 [M]. 1版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998.