

文章编号: 1001-7445(2006)02-0120-04

缺氧变速酶促生物滤池工艺处理 城市污水的生产性试验研究

郭劲松, 吴君炜, 刘 涛, 龙腾锐

(重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

摘要: 本试验为缺氧变速酶促生物滤池工艺生产性试验, 示范工程位于重庆某污水处理厂内, 规模为 $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 共计 20 格滤池, 单池设计工艺参数如下: 水力停留时间 4 h, 尺寸 7.0 m $\times$ 7.0 m $\times$ 5.0 m, 填料层厚度 2.0 m, 冲洗强度 $10 \text{ L}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 。试验表明滤池进水 COD $264 \text{ mg}/\text{L}$, 出水 $182 \text{ mg}/\text{L}$, COD 平均去除率为 31.1%, 填料层 HRT 为 2.0 h 是较优的填料层 HRT, 填料层容积负荷 N_v 为 $1.9 \sim 2.4 (\text{kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d}))$ 时, COD 去除率稳定在 30%~40% 之间。

关键词: 缺氧变速酶促生物滤池; 生产性试验; 城市污水

中图分类号: X703

文献标识码: A

厌氧技术专家 Lettingal 1997 年在第八届国际厌氧消化讨论会上断言:“厌氧生物处理技术如果有合适的后处理方法相配合, 可以成为分散型生活污水处理模式的核心手段。这一模式, 较之于传统的集中处理方法更具有可持续性和生命力, 并正在被世界各国所认同”^[1]。可见, 厌氧工艺将越来越多地被纳入城市污水处理。目前, 厌氧工艺主要用于高浓度废水的处理, 对低浓度城市污水进行处理的研究还较少, 生产性规模的研究更少。因此, 本文通过对示范工程的生产性试验, 验证该工艺处理低浓度城市污水的性能, 并对其处理效果进行总结, 为该技术在处理低浓度城市污水领域的推广应用提供相应的支撑。

示范工程为老厂改造工程, 在原有厂区内新建缺氧变速酶促生物滤池。该工程设计规模为日处理污水 $2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。原污水经粗格栅、细格栅、沉砂池、初沉池等处理后, 进入缺氧变速酶促生物滤池, 滤池出水经污水泵站提升进入原有合建式曝气沉淀池。工艺流程见图 1。缺氧变速酶促生物滤池尺寸为 7.0 m $\times$ 7.0 m $\times$ 5.0 m。滤池为上流式, 过水断面面积随水流方向逐渐增大, 因而称之为变速滤池。滤池由下至上依次为布水区、承托层、填料层、沉淀区, 其中填料层厚度 2.0 m, 装填粒径为 10~20 mm 的单一酶促厌氧填料作为微生物附着生长的载体。该填料内含有可刺激微生物活性的微量元素, 填料表面具有大量适合微生物生长的微孔, 有利于微生物形成空间网状结构, 酶促生物填料具有易于挂膜和促进微生物生长, 提高微生物活性的特点。

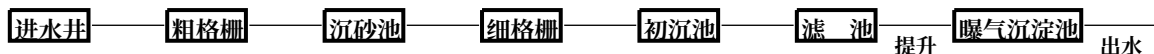


图 1 工艺流程图

示范工程污水来自城镇生活污水和工业园区的工业废水, 工业园内有汽车摩托车制造企业及机械加工企业等。由于各工业企业废水的排放时间不一致导致污水厂总进水水量、水质变化较大。原水水质如表 1 所示。

表 1 总进水水质表

测试指标	COD	SS	$\text{NH}_3\text{-N}$	TN	TP
浓度均值/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	510	335	38.65	59.74	6.79

收稿日期: 2006-02-20; 修订日期: 2006-03-16

基金项目: 重庆市重大科技项目 (7517-01)

作者简介: 郭劲松 (1967-), 男, 四川射洪人, 重庆大学教授, 博导。

1 缺氧变速酶促生物滤池的启动

1.1 启动过程

滤池采用常温下连续运行的方式自然启动, 通过逐步加大进水量的方法来提高滤池的有机物容积负荷, 同时采用快速排泥法, 使滤料逐步挂膜。滤池从2004年7月开始进水, 每15天增加一次进水量, 单池进水量变化依次为270, 330, 450, 700和1 000 m³/d。但因为生产性试验规模大, 原污水流量变化大, 污水厂不具备调节池等因素, 致使滤池进水量波动较大, 不可能精确控制, 致使启动过程初期滤池处理效果波动较大。滤池启动末期, 滤池COD去除率稳定在30%~40%左右, SS去除率稳定在40%~60%。滤池出水COD稳定在150 mg/L, SS稳定在60 mg/L左右。出水浓度随进水浓度虽有所波动但变化的幅度较小, 说明滤料挂膜成功, 且已有一定的承受负荷能力。因此, 可以认为反应器基本完成启动过程, 启动历时5个月。

1.2 试验结果与讨论

试验中滤池对各污染物的去除效果见图2~4。

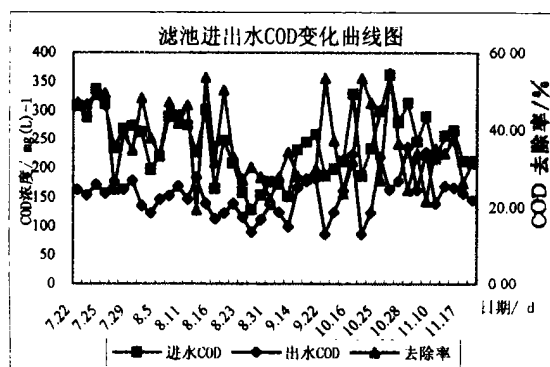


图2 滤池进出水COD变化曲线图

由图2可知滤池在7~9月即最初的启动适应过程中具有较高的COD去除率。这段时间内滤池的负荷较低, 新加入的填料吸附和拦截作用很强, 将污水中的颗粒物质截留在滤料层, 使得COD去除率较高。但由于泵站运行不稳以及自控、设备安装调试及雨季降雨等因素影响, 使得去除率波动较大。9月以后, 滤池的COD去除率逐渐稳定在30%左右, 在9月23日~10月27日这段时间内由于设备检修等外部原因导致运行不正常, 但COD去除率依然较高, 表明滤池内微生物已逐渐适应了环境。

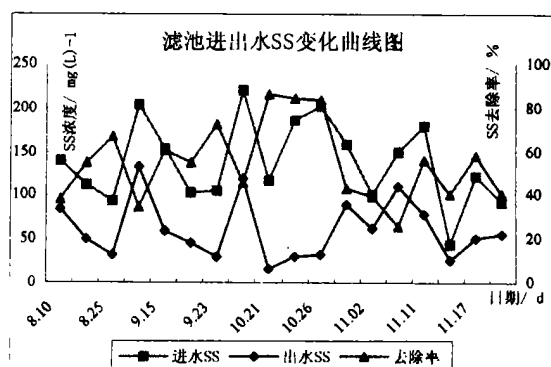


图3 滤池进出水SS变化曲线图

由图3可知SS去除率在滤池启动的整个启动阶段除设备检修期外一直都比较稳定, 一般稳定在40%~60%, 最高达到86%。说明填料的性能较好, 滤池主要靠物理作用去除杂质。

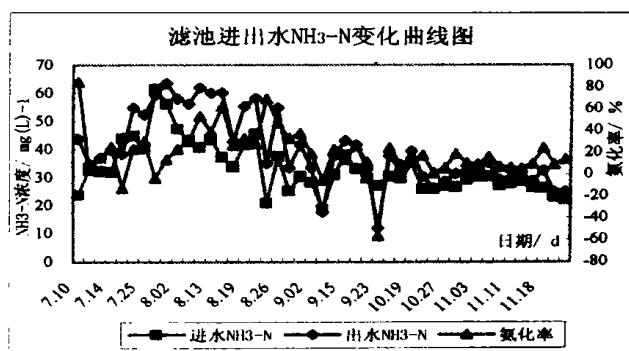


图4 滤池进出水NH₃-N变化曲线图

由图4可知, 滤池出水NH₃-N浓度较进水高, 如8月12日进水NH₃-N浓度为40.517 mg/L, 出水NH₃-N浓度为61.87 mg/L。这说明, 运行初期, 由于温度高、负荷低等原因, 使得滤池氨化效果较好, 至启动末期, 滤池出水NH₃-N逐渐趋稳达30 mg/L左右。

1.3 影响因素分析

滤池的启动受许多因素的影响, 因本试验为生产性试验, 规模较大, 各种条件难于控制, 这里仅分析填料容积负荷对滤池启动的影响。滤池启动过程中通过逐渐减少HRT来提高容积负荷。滤池启动运行

初期HRT为16.8 h, 填料层HRT为8 h. 相应的填料容积负荷在 $0.75\text{ kgCOD}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ 左右, 负荷较低. 这主要是考虑到排泥后反应器内微生物量较少, 低容积负荷可避免滤池内的酸碱平衡遭到破坏, 同时也可避免粘附在填料颗粒上的微生物被冲刷流失. 填料容积负荷从 $0.81\text{ kgCOD}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ 提高到 $2.19\text{ kgCOD}/\text{m}^3\cdot\text{d}$ 只用了近两个月. 之后, 由于电气、自控设备安装调试、检修以及雨季等因素, 导致负荷在较大范围波动变化. 但出水COD仍较稳定, 一般在 150 mg/L 左右, COD去除率在30%~40%. 说明对低浓度城市污水而言, 较高的负荷以及较快地提高负荷对滤池的启动是有利的.

2 缺氧变速酶促生物滤池常温运行

(1) 滤池常温运行试验结果见图5~8及表2

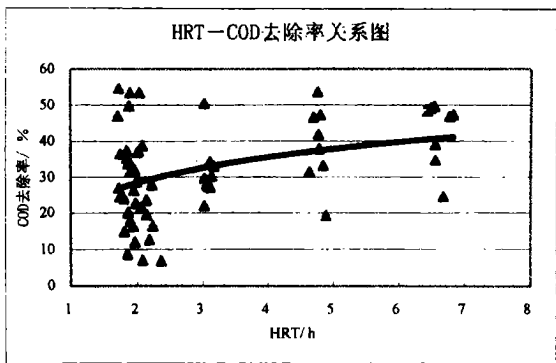


图5 HRT-COD去除率关系图

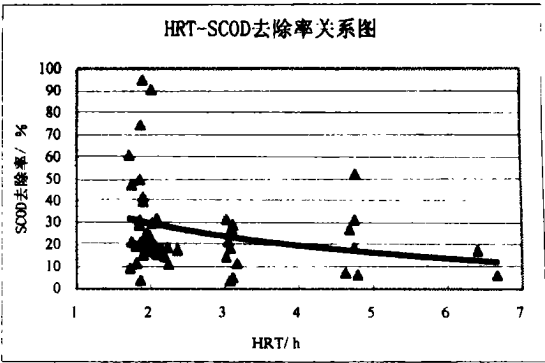


图6 HRT-SCOD去除率关系

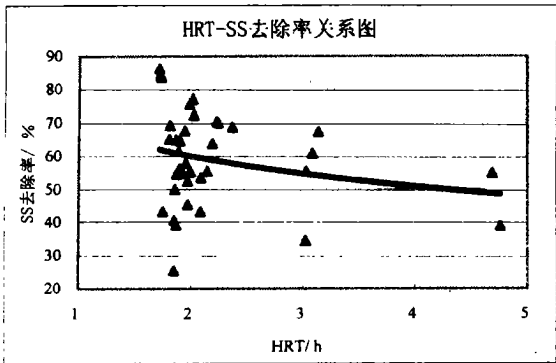


图7 HRT-SS去除率关系图

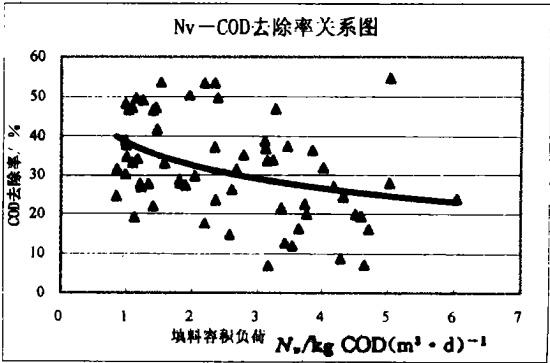


图8 Nv-COD去除率关系图

城市污水经缺氧变速酶促生物滤池处理后, 出水COD平均为 182 mg/L , 去除率最高为43.1%, 最低为23.1%, 平均值为31.1%; 出水SCOD平均为 111 mg/L , 去除率最高为22.6%, 最低为10.4%, 平均值为19.8%, 基本位于20%左右; 出水SS平均为 66 mg/L , 去除率最高为62.2%, 最低为46%, 平均值为59%, 基本位于60%左右. 三者中, 以SS去除效果最佳, COD较好, SCOD最差. 显然, 滤池对悬浮物的去除效果明显好于对溶解性有机物的去除效果.

(2) 滤池常温运行影响因素分析 本试验仅分析填料层HRT和填料层容积负荷 N_v 对污染物去除效果的影响. 详见图5~8及表2.

表2 滤池运行试验结果

HRT /h	流量 $\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$	$\text{COD}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$			$\text{SCOD}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$			$\text{SS}/\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$			$N_v/\text{kgCOD}\cdot(\text{m}^3\cdot\text{d})^{-1}$	
		进水	出水	去除率/%	进水	出水	去除率/%	进水	出水	去除率/%	滤池	填料层
6.41~6.81	317~337	286	163	43.1	135	121	10.4	未测	未测	-	0.40~0.6	0.85~1.25
4.63~4.88	443~467	246	147	40.3	118	95	19.2	126	68	46.0	0.41~0.73	0.86~1.53
3.02~3.17	681~715	194	134	31.2	117	99	15.3	139	68	51.3	0.47~0.98	0.99~2.05
2.01~2.37	913~1073	306	235	23.1	160	129	19.3	169	64	62.2	1.04~2.39	2.19~5.02
1.71~1.99	1085~1261	272	194	28.7	144	112	22.6	163	66	59.8	0.86~2.88	1.81~6.04
平均值		264	182	31.1	139	111	19.8	160	66	59	-	-

由表2可知, COD去除率随HRT的增加而升高, 说明当填料层HRT越长, 有机物与微生物接触越充分, 有机物的降解就越彻底, 去除率就越高。SCOD去除率随HRT的增加而降低, 说明在运行初期, 虽然进水量小, 填料层HRT较高, 但是由于在缺氧变速生物滤池里还没有形成良好的生物膜, 生化作用较弱, 导致对进水中的大分子物质的降解、吸收作用较弱。但到后期, 由于生物膜和优势菌群已经形成, 对进水中有机物的吸收降解作用已充分发挥, 所以即使进水量增加, 填料层HRT减小, 滤池对SCOD的去除率也较前期有所升高。SS去除率随HRT的增加而降低。

对图8进行数据统计分析可知, COD去除率随 N_v 的增加而呈现降低的趋势。

由图5~7可以看出, 即使在同一HRT范围内, 各污染物的去除率变化也较大, 这一现象是由进水水质、水量的波动以及环境改变引起的。HRT在1.71~1.99 h这一阶段时间跨度大, 从2004年10月21日到2005年8月19日, 经历了夏季和冬季两个环境变化最大的时期, 温度、居民用水习惯、雨季等因素导致进入滤池的污水水质、水量变化巨大, 同时滤池内微生物的活动随着环境因素改变也影响了对污染物的去除效果。

以上规律说明当HRT越长, 有机物与微生物接触越充分, 有机物的降解就越彻底, 去除率就越高。但为了减少反应器容积, 降低构筑物造价和占地面积, 以降低工程造价, 就必须缩短HRT。综合以上因素分析, 当填料层HRT为2.0 h时, 滤池对COD的去除率为30%左右, 对SCOD的去除率为20%左右, 对SS的去除率为60%左右, 是一个较优的填料层HRT。结合这一较优的填料层HRT, 较优的填料层容积负荷 N_v 为1.9~2.4 kgCOD/(m³·d)。此时, COD去除率稳定在30%~40%之间。

3 结 论

(1) 缺氧变速酶促生物滤池采用连续运行的启动方式, 通过逐步加大进水量的方式提高滤池的有机物容积负荷。当COD去除率在30%~40%, 出水COD在150 mg/L左右就可进一步提高负荷, 基本上每15天改变一次HRT, 较快地采用高负荷对滤池的启动是有利的。

(2) 缺氧变速酶促生物滤池常温运行试验表明填料层HRT为2.0 h是较优的填料层HRT, 而最佳填料层容积负荷 N_v 为1.9~2.4 kgCOD/(m³·d)时, COD去除率稳定在30%~40%之间。

参考文献

[1] 胡启春. 国外厌氧处理城镇生活污水的应用现状和发展趋势[J]. 中国沼气, 1998, 16(2): 11-15.

Productive experimental research on the municipal sewage treatment with variable-velocity anoxic biofilter technology

GUO Jing-song, WU Jun-wei, LIU Tao, LONG Teng-ru

(Urban Construction and Environmental Engineering Faculty, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

Abstract: The results demonstrate: The average concentration of COD in influent of the biofilter is 264 mg/L, the effluent is 182 mg/L, the average removal efficiency of COD is 31.1%. The better one of the HRT of media layer is two hours. When organic volume loading rate of media layer varies between 1.9~2.4 kgCOD/(m³·d), the average removal efficiency of COD varies between 30%~40%.

Key words: variable-velocity anoxic biofilter; productive experiment; municipal sewage

(责任编辑 刘海涛)