

文章编号: 1000 - 582X(2006)04 - 0091 - 04

侧向流曝气生物滤池运行周期的确定*

张红晶^{1,2}, 龙腾锐¹, 何强¹, 王胤¹

(重庆大学 1. 城市建设与环境工程学院; 2 化学化工学院, 重庆 400030)

摘要: 为了确定侧向流曝气生物滤池 (LBAF) 的运行周期, 采用了测定进出口间水头损失与出水水质关系的方法. 实验表明: 1) LBAF 的运行周期是根据进出口间水头损失结合出水氨氮浓度来确定的. 2) LBAF 的水头损失与竖向流曝气生物滤池不同, 经历了“稳定 - 增高 - 再稳定”3个阶段. 3) 在水力负荷分别为 0.45 m/h, 0.73 m/h 和 1.1 m/h 时, LBAF 的运行周期是 21 d, 8 d 和 5 d, 与传统曝气生物滤池相比, 采用侧向流曝气生物滤池 (LBAF) 可以适当延长运行周期.

关键词: 侧向流曝气生物滤池; 运行周期; 反冲洗

中图分类号: X703.1

文献标识码: A

侧向流曝气生物滤池 (LBAF) 在运行过程中滤料上的生物膜逐渐增厚, 当生物膜厚度超过一定范围时, 就会导致氧传递效率降低、传质速度减慢、生物膜活性降低, 出水水质变差^[1]; 随着滤池截留 SS 的增多, 填料间的空隙也逐渐减小, 滤池的水头损失和水流的剪切力就会增大导致滤池的产水量降低、出水 SS 增高, 因此, 需要对滤池进行及时反冲洗, 清除填料颗粒间所截留的 SS 以及填料上部分老化的生物膜, 使生物膜保持较高的活性^[2]. 笔者主要讨论了 LBAF 水头损失随运行时间和沿流程长度的变化规律, 并根据变化规律确定了 LBAF 的工作周期.

1 试验工艺流程与方法

1.1 试验设备

试验地点位于重庆市渝北区城南污水处理厂, 试验用水为该厂初沉池出水, 由水泵将污水从初沉池出水渠输送到实验室高位水箱, 然后进入 LBAF 反应器. LBAF 实验装置如图 1 所示, 长 2.28 m, 宽 0.70 m, 高 1.00 m, 由 A、B 2 段填料串联组成, A 段交错填装五框粒径为 10~15 mm 的沸石, 在填料框之间形成 25 mm 宽的小阻力流槽, 其特点是在池体内交错布置填料框, 形成 S 型的水流通道, 这样大部分污水穿过填料, 小部分污水会绕过填料框, 通过填料框与池壁间的空隙, 与

穿过填料框的污水汇合进入下一个填料框, 经过长时间运行, 填料表面的生物膜积累后, 填料内的阻力会相应增加, 污水将绕过前置的填料框进入下一个填料框, 这样滤池内所有的填料都可以有效利用. B 段装填粒径为 3~6 mm 的沸石, 目的是为了增加生物量浓度, 提高出水质量. 填料层自下而上的构造为: 10 mm 厚碎石 (15~25 mm) 垫层, 反冲洗进水管, 曝气器, 反冲洗进气管, 沸石填料. 沿轴向每隔 28 mm 设置一组取样装置, 每组取样装置由上、中、下 3 个纵向排列的取样口组成.

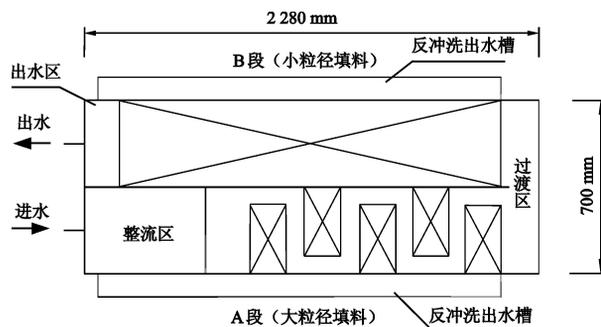


图 1 LBAF 设备示意图

1.2 试验水质

试验污水水质见表 1.

* 收稿日期: 2005 - 12 - 15

基金项目: 荷兰政府捐款资助项目

作者简介: 张红晶 (1967 -), 女, 重庆市人, 重庆大学讲师, 博士研究生, 主要从事污水处理方面的研究.

表 1 试验污水水质

水质指标	COD	BOD ₅	氨氮	总氮	硝态氮	SS	总磷	pH变化
范围	136~596	39.6~197.1	15.8~41.5	34.9~69.0	0	43~220	3.1~7.8	6.7~7.9
均值	278	135.5	30.0	49.0	0	137	5.0	7.2

1.3 检测项目与分析方法

常规指标的分析测试主要参考文献^[3]一书中规定的标准方法进行,水头损失是通过滤池壁上的刻度测定的.具体的分析项目、方法和所用仪器设备见表 2

表 2 主要的试验仪器及分析方法

分析项目	测定方法	仪器、设备和型号
COD _{Cr}	重铬酸钾比色法	HACH COD Reactor HACH DR/2010
SS	过滤称重法	DT-100电光分析天平、CSI01-2D干燥箱
氨氮	纳氏试剂分光光度法	721可见分光光度计

表 3 运行工况

工况	水力负荷 / (m · h)	A段气水比	B段气水比	停留时间 / h	运行时间	温度 /
1	0.22	5:1	5:1	9.33	2004.10.01 - 2004.11.10	23.6~18.2
2	0.38	5:1	5:1	5.47	2004.11.21 - 2005.01.31	17.5~10.1
3	0.62	5:1	5:1	3.51	2005.02.26 - 2005.03.10	13.9~17.9

A段的水头损失基本相同,没有液面落差,据观察主要是因为当 A段中某段水位升高时,由于“S”形小阻力流槽(见图 1)的作用,高出的水位会很快流入附近低水位的地方,从而造成 A段没有液面落差,各个位置的水头损失基本相同.在 B段没有“S”形小阻力流槽,因此水头损失逐渐减小.从以上分析可发现,进口和出口间的水头损失随着运行时间的增加而增加,因此可以通过观察进口和出口间的水头损失和出水水质的关系来确定运行周期.

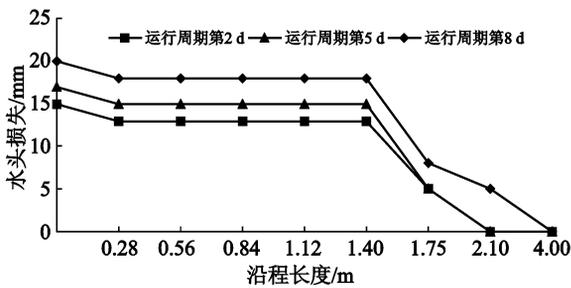


图 2 沿程水头损失

2.2 沿程水头损失的实验结果分析

LBAF反应器由于自身结构的特点,水从进口到出口存在液面落差.根据伯努利方程式^[4],

$$Z_1 g + \frac{P_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} = Z_2 g + \frac{P_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2} + h_f \quad (1)$$

式中 Z_1 、 Z_2 为进、出口处的高度; P_1 、 P_2 为进、出口处的压强; u_1 、 u_2 为进、出口处的流速; h_f 为沿程水头损失.

因为 $u_1 = u_2$, $P_1 = P_2$,代入式(1),得

2 实验结果与讨论

2.1 LBAF反应器运行周期内的沿程水头损失

实验采用的工况见表 3.以工况 2为例,讨论 LBAF反应器内水头损失随运行时间变化的变化情况,结果见图 2.从图 2可看出,在 LBAF反应器内,0~0.28 m是调节池,调节池内的水头损失约高于 A段(0.28~1.40 m);而 A段的水头损失基本相同,没有液面落差;在 B段(1.40~4.00 m),水头损失逐渐减小,在出口降为零;随着运行时间的增加,各位置的水头损失相应增加,但出口仍为零.

$$Z_1 - Z_2 = h_f / g \quad (2)$$

由式(2)可知,液面落差的存在是为了克服沿程水头损失.污水在滤池内流动,可将它视为在非圆形断面的管道内流动.对非圆形断面,水流沿程水头损失计算式为^[4]:

$$h_f = \lambda \cdot \frac{l}{d_e} \cdot \frac{u^2}{2} \quad (3)$$

式中 λ 为摩擦系数,与 Re 和管道的粗糙程度有关,随着污水流量和进水水质的变化而变化; l 为进口到出口的污水流经的距离; d_e 为当量直径,与进水有机污染物浓度和悬浮物浓度有关; u 为滤池内流速,与污水流量和流道截面积有关.

当污水流量增大时, Re 增大,造成 λ 增加,同时污水流量增大 u 也增加,由式(3)知,水头损失增加,这样运行周期缩短,反冲洗频繁.曝气生物滤池是利用固着在填料上的生物膜使污水净化,同时填料对悬浮物存在较好的机械截留和过滤作用,当进水污染物浓度和悬浮物浓度增加,则流道截面会变小, d_e 减小而 u 增加,由式(3)知,水头损失增加,运行周期缩短.

LBAF反应器在污水流量和气水比一定时,运行的时间越长,生物膜越厚截留的悬浮物越多,由式(3)知,水头损失就会增加.

2.3 进口和出口间的水头损失和出水水质的关系

实验研究了 3个工况进出口间的水头损失和出水水质的关系,结果见图 3-图 8.

在工况 1时,水头损失在较长时间保持不变,18 d

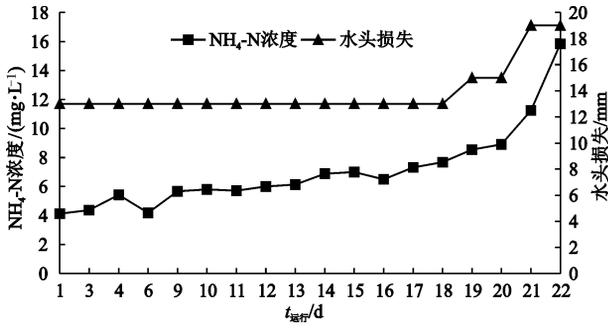


图 3 工况 1 进出口间水头损失与出口 NH₄⁺-N 浓度的关系

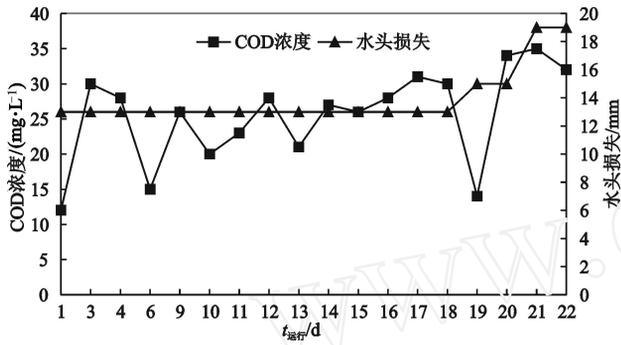


图 4 工况 1 进出口间水头损失与出口 COD 浓度的关系

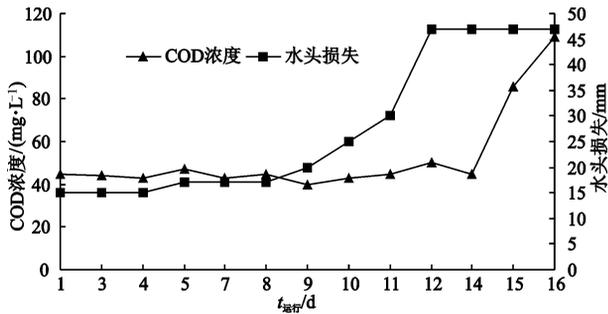


图 5 工况 2 进出口间水头损失与出口 COD 浓度的关系

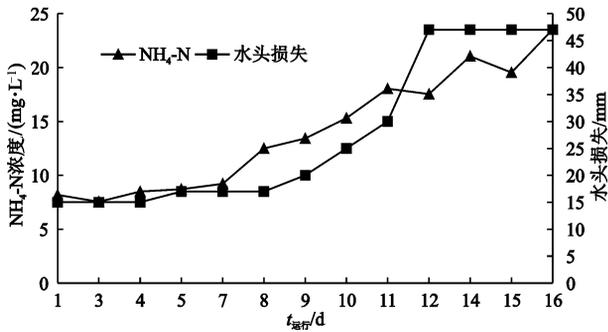


图 6 工况 2 进出口间水头损失与出口 NH₄⁺-N 浓度的关系

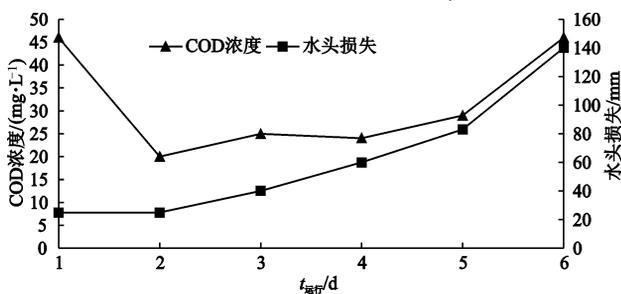


图 7 工况 3 进出口间水头损失与出口 COD 浓度的关系

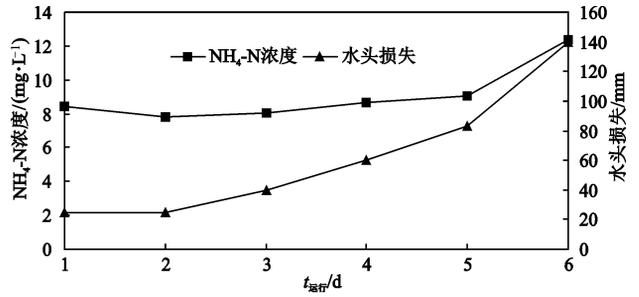


图 8 工况 3 进出口间水头损失与出口 NH₄⁺-N 浓度的关系后水头损失开始增加,同时出水氨氮浓度也急剧增加,但出水 COD 浓度基本没变化,明显滞后于水位和氨氮浓度的变化.在工况 2 时,出水氨氮浓度在反应器运行的前 7 d 基本不变,此时水头损失也没变化,8 d 后水头损失开始增加,此时 COD 的出口浓度基本不变出水氨氮浓度也开始随进出口间水头损失的增加而增高.在工况 3 时,随运行时间的增加,水头损失的增加明显,出水 COD 和氨氮逐渐上升.

2.4 LBAF 的运行周期

竖向流曝气生物滤池运行终点的判断主要有 2 种途径^[5]:

- 1) 检测出水水质,当出水水质恶化时开始反冲洗,曝气生物滤池的运行周期结束.
- 2) 检测滤池的水头损失,当滤池水面超过保护水位时结束运行,开始反冲洗.

检测水头损失的办法直观、简便,利于自控的实现.所以,以水头损失增加到某一高度作为运行终点的标志,同时以出水水质校核的办法较为实用.

LBAF 的水头损失变化规律与竖向流曝气生物滤池不同^[6],在整个运行周期内水位变化较小,水头损失不如竖向流曝气生物滤池明显,水位的变化经历“稳定-增高-再稳定”3 个阶段(如图 9 所示).因此,不能简单以水头损失的终点作为 LBAF 反冲洗的终点,而必须考虑出水水质的变化.通过上文的分析知道,当水位进入增高阶段时,出水氨氮较出水 COD 受到的影响更严重,为保护硝化菌活性,在本次实验中将水位增高导致出水氨氮恶化的突变点作为运行终点的标志,开始反冲洗.

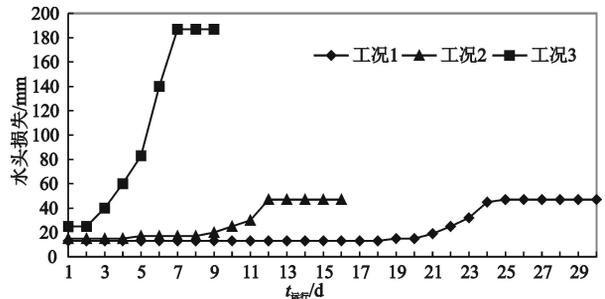


图 9 3 种工况进出口间水头损失随运行时间的变化

按照以上判断方法, LBAF处理城市污水试验中, 3个工况的运行周期如表4所示。

表4 LBAF处理城市污水试验运行周期表

运行阶段	工况 1	工况 2	工况 3
运行周期 /d	20	8	5

3 结 论

1) LBAF的运行周期是根据进出口间水头损失结合出水氨氮浓度来确定的;

2) LBAF的水头损失与竖向流曝气生物滤池不同, 经历了“稳定 - 增高 - 再稳定”3个阶段;

3) 在水力负荷分别为 0.45 m/h, 0.73 m/h和 1.1 m/h时, LBAF的运行周期分别是 21 d, 8 d和 5 d

参考文献:

- [1] LE TALLEC X, ZEGHAL S, V DAL A, et al. F. Modelling and Simulation of a Biofilter Filtration. In New and Emerging Environmental Technologies and Products for Wastewater and Stormwater Collection [Z]. Toronto, Canada: WEF Specialty Conference Series Proceedings, 2000, 8/33 - 8/44.
- [2] MOORE R, QUARMBY J, TON STEPHENSON. The Effects of Media Size on the Performance of Biological Aerated Filters [J]. Water Research, 2001, 35 (10): 2 514 - 2 522.
- [3] 国家环保局. 水和废水监测分析方法 (第四版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [4] 王志魁. 化工原理 (第二版) [M]. 北京: 化学工业出版社, 1998.
- [5] IK-KEUN YOO, DONG J N KM. Effects of Hydraulic Backwash Load on Effluent Quality of Upflow [J]. BAF J Environ SCI Health, 2001, A36 (4): 575 - 585.
- [6] 郑俊, 吴浩丁, 程寒飞. 曝气生物滤池污水处理新技术及工程实例 (第一版) [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.

Operation Cycle in Lateral Flow Biological Aerated Filter

ZHANG Hong-jing^{1,2}, LONG Teng-ru¹, HE Qiang¹, WANG Ying¹

(1. College of Urban Construction and Environmental Engineering;

2. College of Chemistry & Chemical Engineering; Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: In order to determine the operation cycle of LBAF, the method testing head loss between exit and entrance and water quality is used. The results of the experiment indicate that: 1) the operation cycle of LBAF is determined by head loss and the residual NH_4^+ -N concentration; 2) It is different from BAF in head loss, head loss of LBAF goes through three stages: 'steady—going up—resteady'; 3) when hydraulic load is 0.45 m/h, 0.73 m/h and 1.1 m/h, the operation cycle of LBAF is 21 days, 8 days and 5 days. In comparison with traditional BAF, the operation cycle of LBAF is postponed.

Key words: lateral; flow biological aerated filter; operation cycle; backwash

(编辑 姚 飞)