

反硝化生物滤池的挂膜实验研究

赵胜楠*, 高会杰

(中国石油化工股份有限公司抚顺石油化工研究院, 辽宁 抚顺 113001)

摘要:利用污水处理厂二级出水对反硝化生物滤池进行挂膜实验研究,采用逐增投加碳源和逐渐提高进水流量的方式进行自然挂膜,对挂膜过程中COD、总氮及硝酸盐氮的变化情况进行了全过程的考察研究,找到了判定生物膜挂膜成功的标志,实验稳定运行期,进水TN 75~85 mg/L,出水TN稳定在20 mg/L以下,满足排放要求。

关键词:挂膜;反硝化滤池;生物膜;反硝化

中图分类号:X703

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2016)02-0145-03

DOI:10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2016.02.037

Study on biofilm accretion of denitrification biofilter

ZHAO Sheng-nan*, GAO Hui-jie

(Fushun Research Institute of Petroleum and Petrochemicals, Fushun 113001, China)

Abstract: The biofilm accretion through incremental carbon source and flowrate is studied by using the secondary effluent water. The COD, total nitrogen (TN) and nitrate nitrogen removal efficiency are analyzed. The marks of hanging film successfully are found out as well. In the stable period, TN in influent and effluent are 75-85 mg/L and below 20 mg/L, respectively, which meet the emission standards.

Key words: biofilm accretion; denitrification filter; biofilm; denitrification

近年来我国的城市地表水体富营养化问题日益严重,研究表明,氮是引起水体富营养化的主要元素之一,欲控制水体富营养化,必须严格控制氮污染物的排放。2007年,江苏省出台了太湖流域主要水污染排放限值的标准型文件,其中首次对污染物排放的总氮含量进行了限制。该文件规定化工企业污染物排放指标必须达到以下标准:石油化企业 15 mg/L,合成氨生产企业 25 mg/L,其他排污化企业 15 mg/L。由此以来,许多污水处理厂仅采用推流曝气的方式脱除氨氮已不满足现实的要求,寻求合理的脱总氮工艺成为研究的主要目标。在众多的工艺中,反硝化滤池因其生物含量高、反应速率快、抗冲击能力强、结构简单等优势,成为升级改造脱氮的首选工艺。

反硝化生物滤池主要是通过附着在填料上的生物膜对污染物质的氧化分解作用以及填料和生物膜对悬浮杂质的吸附截留作用来进行脱氮的^[1],因此生物膜的数量及活性是影响反应效率的关键因素,而填料的挂膜过程直接影响着生物膜的质量。

本文中利用污水处理厂二级出水进行了反硝化生物滤池挂膜过程的实验研究,对挂膜过程中COD、总氮及硝酸盐氮的变化过程进行了分析研究,并由此判定生物膜挂膜是否完成,以期对反硝化生

物滤池的挂膜提供理论依据。

1 实验概况

1.1 实验装置

实验采用0.8 m×0.4 m×0.4 m长方体的有机玻璃作为滤池主体,实验装置如图1所示。装置底部设有曝气管及曝气头,装置底部靠近曝气头处的滤料采用粒径5~10 mm的陶粒,上部采用化学稳定性好且亲水性强的火山岩,粒径为3~5 mm,填料位于装置主体的中部,尺寸约0.6 m×0.2 m×0.2 m。装置由左端上部进水口进水,右端下部出水口出水,同时出水口兼作反冲洗时的进水口,左端下部设有反冲洗排水口。根据资料研究^[2],装置滤料内的水头损失主要集中在靠近进水口的底部滤层,所以在装置填料的左端下部设置测压管,设计水头为70 kPa,当水头损失到达设计水头时进行反冲洗。

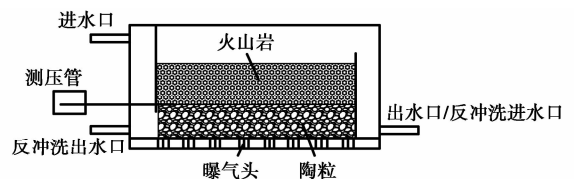


图1 反硝化生物滤池装置

1.2 实验用水及实验过程

实验用水水质如表1所示。

表1 实验用水水质

COD/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\text{NO}_2-\text{N}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$\text{NO}_3-\text{N}/$ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	TN/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
25~40	20~35	35~50	60~90

实验进水水量采用逐渐提高流量^[3]的方式,由于二级出水的COD多为生化性较差的难降解有机物,所以在挂膜阶段向装置内投加乙酸钠作为碳源,碳源的投加量也采用逐渐提高的方式^[4],实验共进行5周(35 d),温度在20~25℃,具体实验过程如表2所示。实验进行2周时间,装置左端靠近进水端的火山岩及陶粒填料可观察到有灰褐色的生物膜出现,装置右端的填料颜色开始变深,第4周开始停止曝气,装置右端也出现灰褐色的生物膜,滤料上有少量气泡冒出,第5周内气泡数量逐渐增多,肉眼观测生物膜分布较均匀。

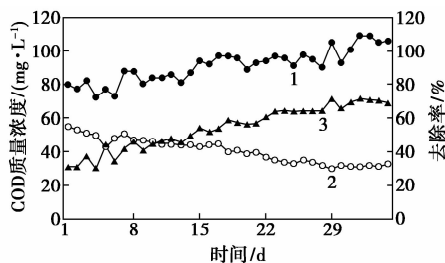
表2 实验过程

	进水流量/ ($\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$)	碳源投加量/ ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)	$V(\text{气})/$ $V(\text{进水})$
第一周	0.20	50	2:1
第二周	0.25	50	1:1
第三周	0.30	60	0.5:1
第四周	0.35	60	0
第五周	0.40	70	0

2 实验结果与分析

2.1 挂膜期间 COD 的变化

由图2可看出,第1周内COD的去除率还不到50%,主要是因为装置内的微生物数量太少,生物膜对污染物质的氧化分解作用微弱,碳源的利用率很低,COD的减少主要靠填料的吸附截留作用,此时处于微生物生长的适应阶段;从第2周开始,COD的去除率开始稳步增长,到第4周逐步稳定在60%以上,此阶段是微生物迅速生长的时期,碳源利用率逐渐提高;第5周内,碳源投加量继续增大,进水流



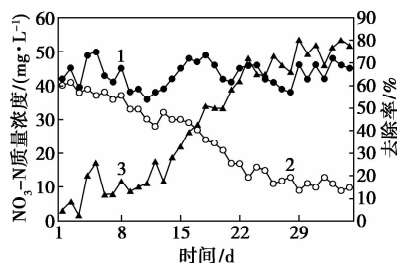
1—进水质量浓度;2—出水质量浓度;3—去除率

图2 挂膜期间 COD 的变化情况

量继续提高,COD的去除率仍稳定在60%~70%,说明此时微生物的数量已逐步稳定,微生物生长处于稳定期。总体来看,COD的去除率随着进水COD浓度的增大而逐步提高,最后趋于稳定,出水COD质量浓度保持在40 mg/L以下,满足排放要求。

2.2 挂膜期间 NO_3-N 的变化

反硝化过程是反硝化菌同化作用与异化作用共同作用的结果,其中异化作用占主导地位,即反硝化菌将 NO_3-N 依次还原为 NO_2-N 和氮气,这些反应都是在酶的作用下完成的^[5]。图3所示为挂膜期间 NO_3-N 的变化,反应初期 NO_3-N 的去除率几乎为0,一方面是由于微生物的量少,另一方面主要是因为开始阶段 $V(\text{气})/V(\text{进水})$ 的比例大,曝气量大,水中的溶解氧浓度高,溶解氧会抑制硝酸盐还原酶的合成,同时溶解氧优先于硝酸根离子作为电子受体,进一步抑制了硝酸盐氮的还原反应^[6-7];随着反应的进行, $V(\text{气})/V(\text{进水})$ 的比例逐渐缩小, NO_3-N 的去除率逐渐提高,特别是在第3周有很大的飞跃,当停止曝气时, NO_3-N 的去除率逐渐趋于稳定,保持在65%以上,在一定程度上可以判定生物膜挂膜过程已完成。



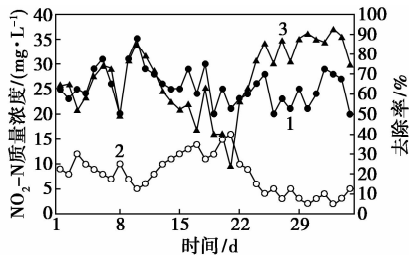
1—进水质量浓度;2—出水质量浓度;3—去除率

图3 挂膜期间 NO_3-N 的变化情况

2.3 挂膜期间 NO_2-N 的变化

图4所示为挂膜期间 NO_2-N 的变化,前2周内去除率只有50%左右,在第3周出水 NO_2-N 浓度增大,出现 NO_2-N 盐的积累,据资料分析^[8],亚硝酸盐的还原酶比硝酸盐的还原酶容易受到外界环境,如碳源等的影响^[9]。所以当装置内的碳源增加时,亚硝酸盐的还原酶受到抑制而硝酸盐还原酶不受抑制, NO_3-N 迅速还原为 NO_2-N ,消耗掉大量的碳源,而碳源的不足又抑制了亚硝酸盐还原酶的合成,导致亚 NO_2-N 不能进一步还原为氮气,所以此阶段 NO_2-N 的去除率降低,出现 NO_2-N 积累现象。胡和平等^[10]在进行生物滴滤池反硝化脱氮试验研究过程中也观察到类似的现象。在第4、5周内,硝

酸盐氮的还原趋于稳定,亚硝酸盐氮的还原也趋于稳定, NO_2-N 的去除率稳定在 80% 以上,由此也可以判断出微生物的挂膜趋于完成。

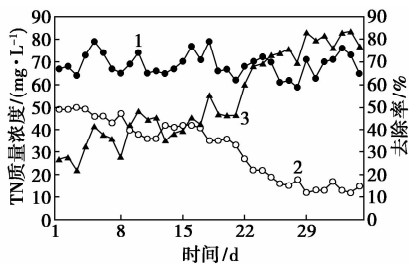


1—进水质量浓度;2—出水质量浓度;3—去除率

图4 挂膜期间 NO_2-N 的变化情况

2.4 挂膜期间 TN 的变化

图5所示为挂膜期间 TN 的变化,由于二级出水的氨氮含量很低,所以总氮主要反映硝酸盐氮和亚硝酸盐氮。由图5可以看出,随着碳源的不断增加,进水流量的不断提高,微生物生长速度逐渐提高,微生物量逐渐增大,总氮的去除率也逐渐增大,在第5周系统水力负荷最大时, TN 去除率较高且保持稳定,说明此时生物膜的挂膜已完成且膜的活性较高,出水总氮小于 20 mg/L,满足排放要求。



1—进水质量浓度;2—出水质量浓度;3—去除率

图5 挂膜期间 TN 的变化情况

3 结论

(1) 针对二级出水 COD 较难降解的情况,采用

逐增添加碳源且逐渐提高进水流量的方式进行挂膜,膜的活性较高,出水水质稳定达标。

(2) 较高的气水比,即较高的溶解氧会抑制硝酸盐还原酶的合成,所以反硝化反应应该在缺氧的环境下进行;乙酸钠为碳源时,碳源不足容易造成亚硝酸盐氮的积累。

(3) 反硝化生物滤池采用陶粒和火山岩作为滤料,微生物的挂膜较快,膜的活性好,稳定运行期,进水 TN 75 ~ 85 mg/L,出水 TN 稳定在 20 mg/L 以下,装置的效率较高。

参考文献

- [1] 谢曙光, 张晓健, 王占生. 曝气生物滤池最新发展和运用[J]. 水处理技术, 2004, 30(1): 4-7.
- [2] 胡朝晖, 余健. 反硝化生物滤池除污性能及水头损失变化规律[J]. 中国给水排水, 2014, 30(11): 14-18.
- [3] 李亚峰, 张娟. 曝气生物滤池的自然挂膜启动分析[J]. 沈阳建筑大学学报, 2008, 24(6): 1035-1038.
- [4] 张晨, 李军. 低有机物含量下曝气生物滤池的挂膜启动[J]. 中国给水排水, 2009, 25(13): 10-12.
- [5] Komer H, Zumft W G. Expression of denitrification enzymes in response to the dissolved oxygen level and respiratory substrate in continuous culture of pseudomonas stutzeri[J]. Appl Environ Microbiol, 1989, 55: 1670-1679.
- [6] 周碧波, 操家顺, 徐这名. 反硝化生物滤池的挂膜与启动[J]. 环境科学, 2009, 22(3): 5-7.
- [7] 王志祥, 白宇. 前置反硝化生物滤池的启动研究[J]. 中国给水排水, 2012, 28(1): 11-14.
- [8] 宋慧敏, 周小红, 张永明. 基于微电极技术的反硝化滤池生物膜特性分析[J]. 中国环境科学, 2012, 23(21): 26-29.
- [9] Baumann B, Snozzi M. Inhibition of denitrificans activity but not of mRNA induction in paracoccus denitrificans by nitrite at a suboptimal pH[J]. Antonie van Leeuwenhoek, 1997, 72: 183-189.
- [10] 胡和平, 黄少斌. 生物滴滤池反硝化脱氮试验研究[J]. 环境工程, 2005, 23(3): 7-9. ■

CPC 推出液体化学品封闭分装系统

在遍布全国各地的工厂中,无论是半导体、药品、水处理或汽车行业,液态化学品都不可或缺,每天的使用量也很大。一直以来,在应用和处理过程中,操作人员通常采用开放式分装系统,简单直接地把化学液体从桶装、罐装或中型散装容器的插口倒出并分配;另一种方法是使用汲取管和电动泵组成的半封闭系统,但这两种方法在转移过程中都难以避免化学品溢出的风险。认识到这些风险和挑战,许多工厂开始采用完全封闭式系统来分配化学品。

早在 2015 年初,全球连接解决方案的领导者 CPC 就在中国市场推出了特别为油桶和中型散装容器设计的 DrumQuik® PRO 封闭(密封)油箱分配系统。据 CPC 中国

区销售和市场发展经理曹明介绍,封闭分装系统旨在将运输、分装和处置化学品的过程中,把暴露于空气和污染的程度最小化。这类系统通常由 1 个汲取管和塞子组成的组件和可重复使用的连接器/分装头相连而成。汲取管系统预先安装在桶装、罐装或中型散装容器中;可密封,并和容器一起被运往最终用户点。一旦到达目的地,用户可直接将汲取管装置与连接器/分配头连接,准备分装。如果想要达到完全封闭式系统,连接器必须配置 1 个带气门的排气系统。排气系统能控制气体,进而允许补充空气或氮气保护层进入大桶,填充已被转移出的液体空间;而 CPC 的分配头在断开连接时立即自动截流,防止回流。(何恩儀)