维普资讯 http://www.cqvip.com

厌氧-往复好氧组合式工业废水处理新工艺

王海东[1] 王淑莹[1*] 张永利[2] 崔有为[1] 彭永臻[1]
(1. 北京工业大学,环境与能源工程学院,北京 100022; 2. 华南环境科学研究所,广州 510655)

摘 要 厌氧-往复好氧组合式工艺是针对我国传统的工业废水生物处理方式投资高、占地大、自动化程度低的实际状况而开发的一种高效、经济的废水处理新工艺。以该工艺装置处理啤酒废水的试验结果表明,厌氧-往复好氧组合式工艺去除有机物以及脱氮除磷的效果较好,同时还具有经常性运转费用低,投资省,占地面积小等特点。

关键词 厌氧-往复好氧组合式工艺 有机物降解 脱氮除磷 厌氧折流板反应器

A new process combined anaerobic and reciprocal aerobic process for industrial wastewater treatment

Wang Haidong[1] Wang Shuying[1] Zhang Yongli[2] Cui Youwei[1] Peng Yongzhen[1]
(1. College of Environmental and Energy Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022;
2. South China Institute of Environmental Science, Guangzhou 510655)

Abstract The anaerobic and reciprocal aerobic combined technology is a new kind of economic and efficient process which is designed considering the practical wastewater treatment situation that conventional methods are often condemned for higher capital outlay, larger footprint and lower automatic degree in our country. The test results obtained by using the process to treat brewery wastewater indicate that the process has higher removal rate of COD, and has satisfied effect for phosphorus and nitrogen removal. Meanwhile, it has some features, such as reduced operation-cost, lower investment cost, smaller footprint.

Key words anaerobic and reciprocal aerobic combined technology; organic matter degradation; phosphorus and nitrogen removal; anaerobic baffled reactor

高浓度有机工业废水的处理与排放是现阶段我国水体污染控制的关键。而生物处理工艺作为经济、有效的有机废水的处理方法目前在国内外已经被广泛应用。就高浓度有机工业废水的处理而言,由于厌氧-好氧组合处理工艺能够充分地发挥出厌氧微生物承担高浓度、高负荷与回收有效能源的优势,同时又能适宜地利用好氧微生物生长速度快,处理水质好的特点[1],在当前更是被污水处理界普遍认可,成为一种发展趋势[2,3]。

目前,国内采用的工业废水好氧生物处理方法主要以传统的活性污泥法及生物膜法为主,因其工艺复杂,占地面积大,投资高,自动化程度低,使得工业废水处理的工程建设发展较慢,处理设施的正常运行管理较难,所以对传统工艺进行改革,开发出高效、占地面积小、投资低并能实现自动控制的生物处理工艺,对推动我国的工业废水处理,更好地实现科学、现代化的维护运行都具有十分重要的意义。

基于此,为探讨工业废水处理的新途径,在参考国内外近年的研究成果的基础上,开发设计了厌氧-往复好氧组合式工艺,并对其处理效果、运行方式以及工艺参数等方面进行了试验研究。

1 试验装置与试验方法

1.1 试验装置

厌氧-往复好氧组合式工艺试验装置(见图1)长720 mm,宽390 mm,高400 mm(ABR厌氧反应器部分高550 mm),ABR反应器有效容积为68.4 L,A、C池有效容积各为13.65 L,B_A、B_B、B_C池有效容积各为5.95 L。采用鼓风曝气方式,在A、B_A、B_B、B_C、C池底部设置圆形粘砂块为微孔曝气头,各池均

资助项目:国家"十五"科技攻关项目(2002BA806B04);北京市重点实验室项目
收稿日期:2003-09-01; **修订日期**:2003-11-05
作者简介:王海东(1971~),男,博士研究生,研究方向:废水生物处理研究。E-mail:wang.haidong@tom.com
*通讯联系人

维普资讯 http://www.cqvip.com

设气体转子流量计以控制、计算曝气量。二边池A、C另设有搅拌器,在缺氧-好氧处理系统运行方式下,进行缺氧搅拌。

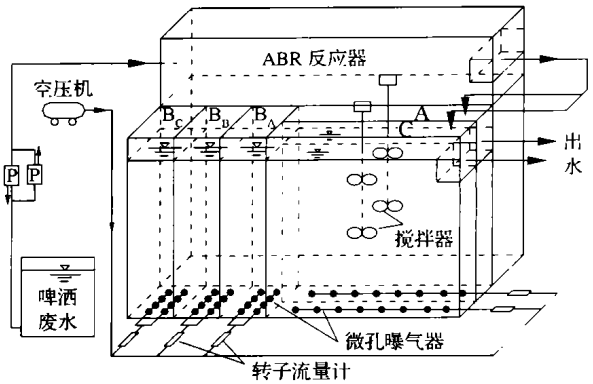

图1 厌氧-往复好氧组合式工艺试验装置示意图

Fig. 1 The schematic experimental apparatus combined anaerobic and reciprocal aerobic process

1.2 试验方法

本试验以啤酒废水为研究对象。进水水质视不同运行方式在一定范围内调整:厌氧工艺中COD为2000~3000 mg/L,在好氧工艺中为500~1800 mg/L;投加氯化铵(NH_4Cl)作为氮源,NH_3-N范围为30~80 mg/L;又投加磷酸二氢钾(KH_2PO_4)作为磷源,TP的试验范围为2~7 mg/L。投加碳酸氢钠($NaHCO_3$)或氢氧化钠(NaOH)来调整pH值。另外,又少量投加$CuSO_4$,$CaSO_4$以及$FeCl_3$为无机盐。

本试验装置的厌氧工艺采用厌氧折流板反应器(ABR),试验时以某污水处理站UASB反应器内的成熟污泥作为接种污泥,稳定运行后出水与好氧工艺部分结合以使出水最终达标。

好氧工艺又分为好氧处理系统与缺氧-好氧处理系统两种不同的运行方式,每种运行方式皆可与厌氧工艺结合运行,同时也对这2种运行方式单独进行了考察。表1为试验中好氧工艺2种不同方式的主要运行参数。

表1 好氧工艺2种运行方式的主要运行参数

Table 1 Main operational parameters of two operation modes

运行方式	Ns ($kg\ BOD_5/kg\ MLSS \cdot d$)	HRT (h)	MLSS (mg/L)
好氧处理系统	0.144~0.604	12~16	2500~4000
缺氧-好氧处理系统	0.119~0.615	12~16	2500~4000

1.2.1 好氧处理系统运行方式

此种运行方式的目的是为了考察厌氧-往复好氧组合式工艺在好氧状态下对有机物的去除效果,为连续性的周期循环操作,由2个主要阶段和一个较短的中间过渡段组成。第一阶段包括以下几个运行过程:①污水首先进入设有曝气的A池,与上一阶段所沉淀积累下来的大量的经过再生、具有较高吸附能力与活性的污泥相混合,有机化合物被活性污泥所吸附、降解;②该混合液由A池流入连续曝气的B池(B_A、B_B、B_C 3池简称B池),使有机物进一步被降解;③混合液进入C池沉淀,上清液(处理后水)经由溢流堰排放。

在这3步运行过程中,污泥亦循流向在各池内重新进行分配,而剩余污泥则可在沉淀池(C池)排出。为避免A、B二池污泥流出过多而积聚于C池,每隔一段时间便转换方向,即经过一个短暂的过渡段后(此时A、C池皆为沉淀池),进入第二个运行阶段。第二阶段与第一阶段类似,但污水由C池进入,处理水由A池排出,整个流向与第一阶段相反。

1.2.2 缺氧-好氧处理系统运行方式

此运行方式通过适当调整厌氧-往复好氧组合式工艺各池在运行时间以及搅拌、曝气方面的系统设置,以达到污水脱氮除磷的目的。亦可将一个周期分成2个阶段。第一阶段过程为:使污水进入A池,A池仅开启搅拌器,以污水中的有机物作为电子供体,将前一个主体运行阶段的NO_x^--N通过兼性菌的作用反硝化脱氮;聚磷菌释磷;B池一直作为曝气池运行,去除有机物,进行硝化及磷的过量吸收,含磷污泥的一部分作为剩余污泥排放。在进入第二阶段前,污水改由B池进入,A池曝气以完成有机物降解、硝化、吸磷,然后停止曝气,进入沉淀阶段;随之进入第二阶段,使污水由C池进入,流动方向变为由C至A,C池仅开启搅拌器,顺序进行缺氧、厌氧反应,B池一直曝气,然后至过渡阶段时仍改由B池进水,而C池开始曝气、沉淀,直至第二阶段结束。

2 试验结果与分析

2.1 对有机物的降解效果

厌氧折流板反应器(ABR)在容积负荷为4.09 $kg\ COD/m^3 \cdot d$时,COD去除率可达73.8%(见图2)。其运行稳定后与好氧处理系统相结合对有机物的降解效果如图3所示,COD去除率可达98%~99%,出水达到国家排放标准。

好氧工艺部分对有机物的去除效果较好。好氧处理系统的进水COD在700~1500 mg/L时,出水

维普资讯 http://www.cqvip.com

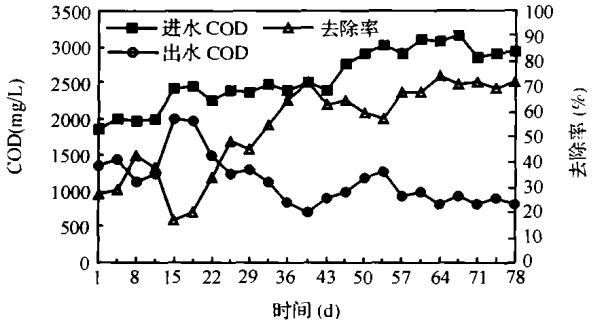

图 2　ABR 反应器进出水有机物浓度及去除率

Fig. 2　Influent and effuent concentrations and removal rates of organic matters for ABR

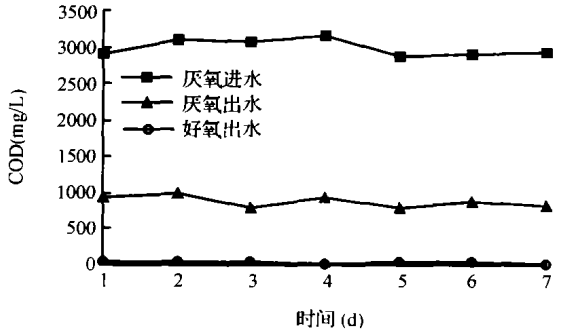

图 3　ABR 与好氧结合处理效果

Fig. 3　Disposal effects of ABR combined aerobic process

仍能达到国家排放标准;在 BOD-污泥负荷率 Ns 为 0.144 ~ 0.605 kg BOD_5/kg MLSS · d 时,其 COD 去除率可达 90.6% ~ 98.2%(见图 4)。缺氧-好氧处理系统 Ns 在 0.3 ~ 0.4 kg BOD_5/kg MLSS · d 之间为可稳定运行的较佳负荷范围,此时其进水 COD 平均为 890.46 mg/L,出水 COD 平均为58.73 mg/L,去除率可以达到 93.41%(见图 5)。

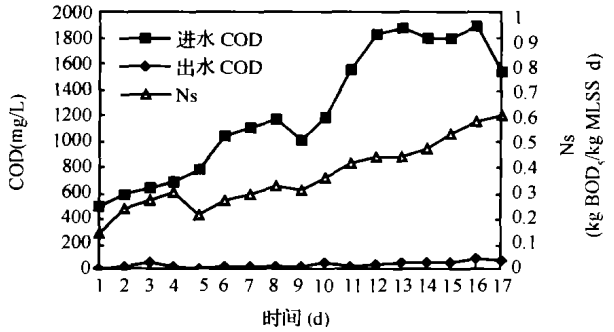

图 4　好氧处理系统进、出水 COD 浓度及 BOD-污泥负荷率(Ns)随时间变化曲线

Fig. 4　Dynamics of influent and effluent Ns and COD for aerobic system

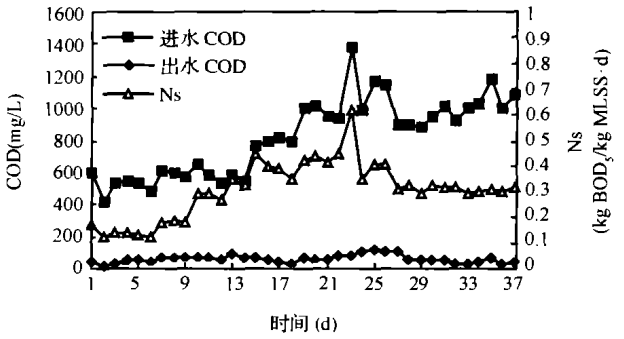

图 5　缺氧-好氧处理系统进、出水 COD 浓度及 BOD-污泥负荷率(Ns)随时间变化曲线

Fig. 5　Dynamics of influent and effluent Ns and COD for anoxic/aerobic system

2.2　氮的去除效果

对厌氧-往复好氧组合式工艺缺氧-好氧处理系统运行方式的考察结果说明,本系统对氮的去除效果是令人满意的。

由图 6 可知,本系统对氨氮的去除效率可达 80% ~ 90%,出水氨氮多数情况下小于 10 mg/L。

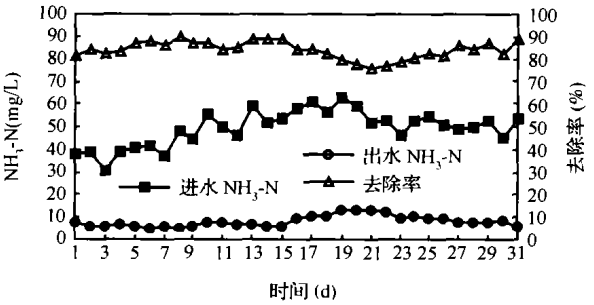

图 6　缺氧-好氧处理系统进、出水 NH_3-N 浓度及其去除率

Fig. 6　Concentrations and removal rates of influent and effluent NH_3-N for anoxic/aerobic system

由图 7 可看出,出水总氮浓度均小于 15 mg/L,较进水其去除率达 65% ~ 82%,脱氮效果较好。

缺氧-好氧处理系统脱氮运行方式具如下优点:

(1)以原污水中的含碳有机物和内源代谢产物作为反硝化的碳源物质,既节省了投加外碳源的费用也可保证较高的 C/N 值,从而达到充分反硝化;

(2)缺氧池在前,有利于减轻好氧池的有机负荷,减小好氧池中碳氧化和硝化所需氧量;

(3)缺氧(厌氧)池可起到生物选择器的作用,可改善活性污泥的沉降性能,利于控制污泥膨胀[4]。

2.3　磷的去除效果

缺氧-好氧处理系统运行方式对 TP 的去除效果

维普资讯 http://www.cqvip.com

见图8。

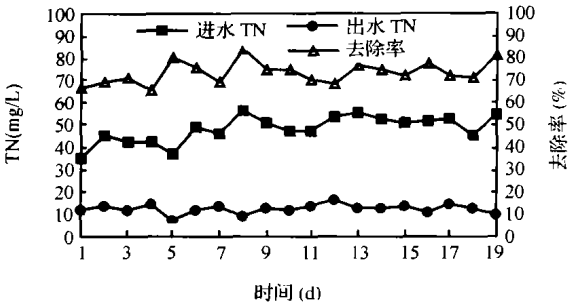

图7 缺氧-好氧处理系统进、出水TN浓度及其去除率

Fig. 7 Concentrations and removal rates of influent and effluent TN for anoxic/aerobic system

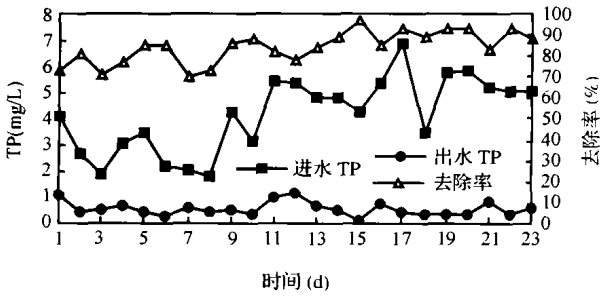

图8 缺氧-好氧处理系统总磷的去除效果

Fig. 8 Removal effects of TP for anoxic/aerobic system

本试验的进水TP浓度分布在1.80～6.9 mg/L范围内，经处理后出水TP为0.13～1.2 mg/L，进、出水TP去除率为71%～97%。

2.4 主要工艺参数及特点

在试验研究的基础上，综合考虑各影响因素，确定了厌氧-往复好氧组合式工艺处理啤酒废水时的最佳运行工况。本工艺在运行时可采用的主要工艺参数是：ABR反应器容积负荷在4 kg COD/m^3 · d左右，HRT 18～24 h，进水pH值7～8；好氧处理系统的Ns≤0.5 kg BOD_5/kg MLSS · d，DO值2 mg/L左右，MLSS值3000 mg/L左右，每8 h为一周期；缺氧-好氧处理系统Ns范围约0.3～0.4 kg BOD_5/kg MLSS · d，DO在靠近缺氧池的第一级B池内可以在1 mg/L左右，另2池可在2 mg/L左右，MLSS值3000 mg/L左右，每8 h为一周期。

本实验是以污泥运动规律来调整系统运行时间，在后续研究中可考虑以DO、ORP、pH、MLSS等参数来实现系统时间、空间转换的自动控制[5]。

从厌氧-往复好氧组合式工艺在构造及运行方式上的特点可知其具备如下优点：

(1)不需单独设置二沉池，且可省去污泥回流系统，可以节省大量初期投资及经常性运转费用；

(2)各池之间采用渠道配水，并在恒水位下运行，水力负荷稳定，可以降低对管道、阀门和水泵等水力设备的要求，而且出水堰固定，不需设置滗水器，从而降低了系统的成本。

(3)构筑物结构紧凑，一体化，可以利用公共池壁，且池体之间水力相通，节省土建费用和占地面积。可建成密集式厂房，利于管理，而且废气可以收集处理，避免系统对周围环境产生不良影响。

3 结 论

(1)采用厌氧-往复好氧组合式工艺处理啤酒废水，COD去除率可达98%～99%，出水达到国家排放标准。当啤酒废水中氨氮浓度为30.8～62.7 mg/L时，经缺氧-好氧处理系统处理后出水氨氮浓度为4.9～12.3 mg/L，去除率为75.5%～90%。总氮TN去除率亦可达65.3%～84.1%。当废水中磷浓度为1.8～6.9 mg/L时，经缺氧-好氧处理系统处理后，出水磷浓度为0.13～1.2 mg/L，去除率为70.7%～97%。

(2)本工艺处理啤酒废水时，ABR反应器容积负荷在4 kg COD/m^3 · d左右；好氧处理系统的Ns≤0.5 kg BOD_5/kg MLSS · d，两个系统的MLSS值均为3000 mg/L左右，缺氧-好氧处理系统Ns范围约0.3～0.4 kg BOD_5/kg MLSS · d，以每8 h为一周期。

(3)缺氧-好氧处理系统脱氮运行方式具有可节省投加外碳源的费用且可保证较高的C/N值、利于减轻好氧池的有机负荷、利于控制污泥膨胀的优点，在实际工程中推荐采用此种运行方式。

(4)厌氧-往复好氧组合式工艺处理系统与传统工艺比较，能够降低经常性运转费用，投资省，占地面积小，利于实现自动控制，具有很好的经济效益。

参 考 文 献

[1] 王国生. 高浓度有机废水的生物处理技术开发. 给水排水，**1998**，24(2)：35～38

[2] 钱易，米祥友. 现代废水处理新技术. 北京：中国科学技术出版社，**1993**

[3] Barber W. P.，Stuckey D. C. The use of the anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment：A review. Water Research，**1999**，33(7)：1559～1578

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

[5] 彭永臻，曾薇，李探微，等. 污水处理系统的在线模糊控制. 哈尔滨建筑大学学报，**1999**，32(4)：57～60