

A/O 改进工艺脱氮效率分析

张璇^{1,2}, 文一波², 孙星凡¹, 胡晓晖¹, 张言¹

(1. 兰州交通大学 环境与市政工程学院, 兰州 730070 2. 北京桑德集团, 北京 101102)

摘要 讨论了 A/O 工艺脱氮效率的存在问题, 提出一套 A/O 改进实验工艺。对 A/O 工艺及改进工艺脱氮效率进行了理论分析。理论上改进工艺比 A/O 工艺具有更高的生物脱氮效率, 去除率可高达 90% 以上。通过脱氮效率分析, 为进一步提高工艺脱氮效率提供了理论依据。

关键词 生物脱氮; A/O; 改进工艺; 脱氮效率

中图分类号: X703.1

文献标识码: A

文献编号: 1672-9900(2008)S1-0015-03

The analysis about nitrogen loss efficiency of A/O improved technology

ZHANG Xuan^{1,2}, WEN Yi-bo², SUN Xing-fan¹, HU Xiao-hui¹, ZHANG Yan¹

(1. School of Environmental and Municipal Engineering Lanzhou Jiaotong University Lanzhou 730070 China 2. Beijing

Sound Group Beijing 101102 China)

Abstract The existing problems about nitrogen loss efficiency of A/O process were discussed and an improved experiment technology was suggested. The nitrogen loss efficiency of A/O and improved technology were discussed theoretically. The improved technology is more efficient than A/O in theory its biological nitrogen loss efficiency was up to 90 percent or more. Through the analysis of nitrogen loss efficiency provide a theoretical basis for improving nitrogen loss efficiency much better.

Key words biological nitrogen loss; A/O; improved technology; nitrogen loss efficiency

随着我国经济的快速发展, 水资源供需矛盾日趋激化。而我国现有的城市污水处理厂对营养盐氮的去除率很低, 导致水体富营养化现象加剧^[1], 严重时可使一部分水体完全变为腐

化区。因此, 研究和开发高效、经济的生物脱氮工艺已成为当前热点。在污水的脱氮处理工艺中, 生物法因工艺简单、处理能力强、运行方式灵活, 近年来已成为城市污水脱氮处理的重

[收稿日期] 2008—05—22

[作者简介] 张璇(1983—), 女(汉族), 广西柳州人, 在读硕士研究生, 主要从事水污染控制理论与技术研究工作 (Tel) 15810380223。

易于管理, 近年来在现代废水治理中的应用日益受到重视, 其前景广阔。

高效优势菌在废水处理方面的应用, 特别是在难降解废水处理中的应用, 目前已取得了很大的进展, 但仍处于试验研究阶段, 这些降解菌在纯培养体系中大多数都能表现出高活性, 但在多菌株共存的生物处理系统中, 投加高效降解菌株(菌剂)后, 能否达到实验室条件下的降解污染物的效果还有待进一步的实践研究。并且, 菌株的筛选一般都以降解能力作为惟一标准。但这种标准筛选得到的菌株应用于生物强化可能存在 2 个方面的问题: 缺乏对微生物的原位扩增潜力和活性的了解; 有可能所得到的高效菌是致病菌, 会对社会造成不利影响^[5]。因此, 要将其在废水处理中实现工业化、规模化, 还需要加强相关的理论研究和实践经验。

参考文献:

- [1] 严平, 廖银章, 李旭东. EM 有效微生物技术在废水处理中的应用与发展[J]. 工业用水与废水, 2004, 35(4): 1~4.
- [2] 华小梅, 江希流. 高效微生物在农药废水处理中的应用[J]. 污染防治技术, 1999, 12(3): 149~151.
- [3] 刘洋, 陈双基, 刘建国. 生物强化技术在废水处理中的应用[J]. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3(5): 36~40.
- [4] 王永胜, 张鸿涛, 王景, 等. 生物强化技术在废水处理中的应用[EB/

OL]. <http://www.cedu.org.cn/Article/academia/papers/expapers/200406/1664.html>, 2006-6-16.

- [5] 王建芳, 赵庆良, 林佑侃, 等. 生物强化技术及其在废水生物处理中的应用[J]. 环境工程学报, 2007, 1(9): 40~45.
- [6] 任河山, 王颖, 赵化冰, 等. 酚降解菌株的分离、鉴定和在含酚废水生物处理中的应用[J]. 环境科学, 2008, 29(2): 482~486.
- [7] 李江, 白涛, 饶军, 等. 苯酚高效降解菌的筛选和降解特性研究[J]. 微生物学通报, 2007, 34(3): 492~495.
- [8] 刘广金, 张袖丽. 苯酚高效降解菌的筛选及其降解特性的研究[J]. 现代农业科技, 2007, (11): 202~205.
- [9] 肖利萍, 李喜林, 于洋. 一株苯酚高效降解菌的生长条件[J]. 城市环境与城市生态, 2007, 20(1): 38~40.
- [10] 李勇, 傅金祥, 于文礼. 微生物降解法处理含酚废水[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2007, 23(1): 122~125.
- [11] 王军, 刘宝章, 芮中南. 高效细菌挂膜处理菊酯类、杂环类农药废水[J]. 环境工程, 2002, 20(2): 21~23.
- [12] 程洁红, 李尔炀. 降解菌处理多菌类农药废水的 SBR 工艺研究[J]. 江苏石油化工学院学报, 2001, 13(4): 12~14.
- [13] 张礼平, 杨海真. 重金属废水生化处理技术的研究进展[J]. 四川环境, 2006, 25(5): 75~80.
- [14] 卢显妍, 尹华, 彭辉. 原生质体电诱导融合构建去除重金属的高效菌[J]. 应用与环境生物学报, 2005, 11(1): 78~81.

要方法,并得到广泛应用^[2]。

生物脱氮是通过硝化和反硝化两个过程实现的。首先通过硝化反应即一些化能自养的微生物如硝化细菌和亚硝化细菌,将废水中的氨氮氧化成硝酸盐,再经过反硝化过程即一些兼性异养微生物如反硝化细菌将硝酸盐还原为氮气,达到脱氮的目的。早期的脱氮工艺都是基于生物脱氮机理开发的。其中,A/O生物脱氮工艺,是在20世纪80年代初开创的工艺流程,其主要特点是将缺氧段放在工艺的第一级,同时设内循环系统,向缺氧段回流硝化液。这是目前采用比较广泛的一种脱氮工艺。

1 A/O工艺存在问题及改进工艺

1.1 A/O工艺存在问题

(1)A/O工艺流程的处理水来自好氧池,含氮有机物的氨化和氨氮的硝化在好氧池内进行,因此,在处理水中还有一定浓度的硝酸盐,如果沉淀池运行不当,在沉淀池内也会发生反硝化反应,使污泥上浮,处理水水质恶化^[3]。

(2)处理含氮浓度高的废水时,需要另行增加投碱设备以调节好氧池pH值。在反硝化过程中,还原1mg硝态氮能产生3.75mg的碱度,而在硝化反应过程中,将1mg的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 氧化为 $\text{NO}_3\text{-N}$,要消耗7.14mg的碱度^[4]。那么,在A/O系统中,反硝化反应所产生的碱度只可补偿硝化反应消耗碱度的一半左右。因此,对含氮浓度较高的废水必需另行投碱以调节pH值。

(3)A/O系统对进水COD去除率不够高。碳源利用率低或有机物浓度低,都会影响反硝化的碳源需求,反硝化不能顺利进行,硝酸根便会大量积累,影响反硝化脱氮效率。

1.2 改进A/O污水处理工艺

A/O工艺存在的问题,笔者自行设计A/O改进工艺如图1。在好氧池出口增设一缺氧池,在沉淀池后增设一微曝生物滤池,采用分2段进水同时向第二缺氧池引入20%~30%的原废水。其中增加的设施和主要功能如下:

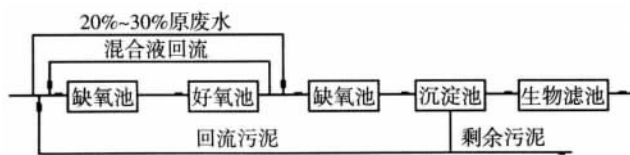


图1 实验工艺流程图

(1)第二缺氧池。强化硝酸盐氮的反硝化。混合液中的大量硝酸盐回流到第一缺氧池后,可以从原污水得到充足的有机物,使反硝化脱氮得以充分进行,这部分硝酸盐氮的去除率高。增设第二缺氧池加强对好氧池出水中硝酸盐氮的反硝化,对氮的去除率将有进一步提高。好氧池出水流经第二缺氧池再进入沉淀池,可降低沉淀池内硝酸盐浓度,防止污泥上浮的发生。

(2)分2段进水。引入部分原废水至第二缺氧池,在反应器内可利用废水中的有机物作为碳源,一方面可以提高进水COD去除率,另一方面又可达到较高的反硝化脱氮效率^[5]。此外,由于采用分2段进水,硝化、反硝化间歇进行,硝化过程中被消耗的碱度,在反硝化过程中可以得到一定程度的补偿,这样在整个系统中,碱度不会发生很大的变化^[6]。与原A/O工艺相比,可用于处理含氮浓度较高的废水,在整个脱氮过程中一般不需要再补充碱度。

(3)生物滤池。采用微量曝气,生物滤池在后,进一步去除反硝化残留的有机污染物,进一步提高系统的脱氮效率。生物滤池还可以截留活性污泥,处理能力强、处理效果好且简单易行。

2 A/O工艺及改进工艺脱氮效率分析

2.1 A/O工艺脱氮效率分析

A/O生物脱氮工艺系统的理论脱氮率公式^[7]:

$$\eta = \frac{r+R}{1+r+R} \times 100\%$$

式中 r ——沉淀池至缺氧池的污泥回流比

R ——从好氧池到缺氧池的混合液回流比

理论上A/O生物脱氮系统的脱氮效率与总回流比 $R+r$ 有关,如图2所示。当总回流比在50%以下,脱氮率很低。总回流比在200%以下,则脱氮率随总回流比增高而显著上升,但总回流比大于200%以后,脱氮率提高就较缓慢了。由脱氮率公式可知,A/O生物脱氮系统好氧池硝化产生的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 不可能全部在缺氧池中反硝化去除。如欲提高脱氮率,需加大回流比,但随着回流比的增加,脱氮率的增长幅度越来越小,而且回流比的过度增加会使回流带入到缺氧池的溶解氧增多,影响反硝化脱氮反应的顺利进行^[8]。一般回流比取值为200%~500%,太高则动力消耗过大。故此A/O工艺的脱氮率一般为70%~80%,难于达到90%。

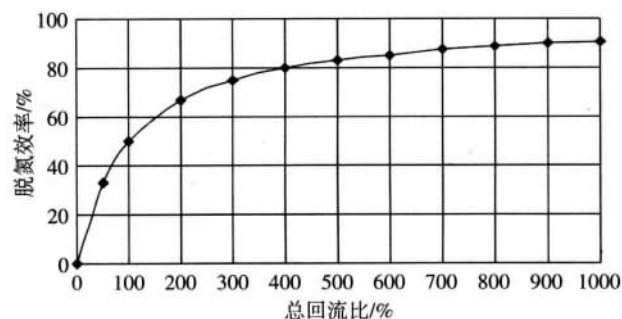


图2 A/O工艺系统脱氮率与总回流比关系

2.2 改进工艺脱氮效率分析

在A/O改进实验工艺中,原污水水量 Q 分两股流入反应器,假设其中流入第一缺氧池的污水流量为 Q_1 ,流入第二缺氧池的污水流量为 Q_2 。工艺采用分段进水,理论上工艺达到

最高脱氮率应该满足前一阶段硝化产生的硝酸盐在下一阶段完全反硝化掉,即不产生硝酸盐的积累^[9]。改进 A/O 生物脱氮工艺的脱氮率受进水流量分配比和进水水质的影响,达到完全反应时,出水总氮仅为硝态氮。工艺物料平衡图如图 3 所示。

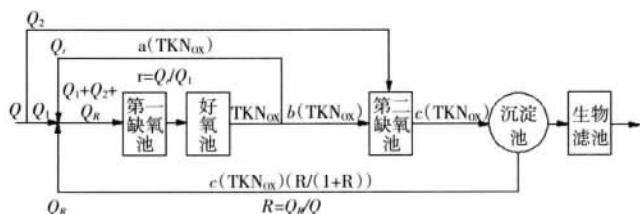


图 3 实验工艺物料平衡图

其中 α 为好氧池产生 NO_3^- -N 进入到第一缺氧池的比例,即

$$\alpha = f_{\text{NO}_3} = \frac{r}{1+r+\alpha R}$$

式中 f_{NO_3} —— TKN_{OX} 进入第一缺氧池比例

TKN_{OX} ——好氧池生物硝化产生 NO_3^- -N 的总量^[10]

r ——由好氧池到第一缺氧池的内回流比

α ——第一缺氧池进水占总进水流量比值的倒数,即

$$\alpha = Q/Q_1$$

R ——污泥回流比

假设未进入第一缺氧池而直接进入第二缺氧池的 TKN_{OX} 分数为 b ,这部分 NO_3^- -N 总量为 $b(\text{TKN}_{\text{OX}})$,在第二缺氧池除了利用一定比例的原废水进行反硝化,还可通过内源碳反硝化,即

$$b = 1 - f_{\text{NO}_3}$$

设进入第二缺氧池的 $b(\text{TKN}_{\text{OX}})$ 反硝化率为 E_{DN} ,那么反硝化去除 NO_3^- -N 的量为 $b(\text{TKN}_{\text{OX}})E_{\text{DN}}$,而进入沉淀池的 NO_3^- -N 为 $c(\text{TKN}_{\text{OX}})$,则

$$c = b(1 - E_{\text{DN}}) = (1 - E_{\text{DN}})(1 - f_{\text{NO}_3})$$

通过污泥回流到第一缺氧池的 TKN_{OX} 为 $c(\text{TKN}_{\text{OX}})R/(1+R)$,它与沉淀池出水中 TKN_{OX} 数量之和应该等于进入沉淀池的 TKN_{OX} 数量。设 f_{N_e} 为沉淀池出水中 NO_3^- -N 数量与 TKN_{OX} 的比率,即

$$f_{\text{N}_e} = \frac{(1 - E_{\text{DN}})(1 + \alpha R)}{(1 + R)(1 + r + \alpha R)}$$

假设引入 25% 的原废水至第二缺氧池作为碳源,即 $\alpha = Q/Q_1 = 4/3$ 。理论上以最大回流比考虑,取 $r = 400\%$, $R = 100\%$ 。图 4 所示为不同 E_{DN} 值对应的 TKN_{OX} 去除率 $1 - f_{\text{N}_e}$ 。

由图 4 可见,即使第二缺氧池的反硝化率 E_{DN} 很低时, TKN_{OX} 去除率也都在 80% 以上。当 $E_{\text{DN}} = 50\%$, TKN_{OX} 去除率可达 91%,沉淀池出水再经过微曝生物滤池,还可进一步提高系统脱氮效率。可见,改进的 A/O 实验工艺比原 A/O 工艺具有更高的生物脱氮效率。

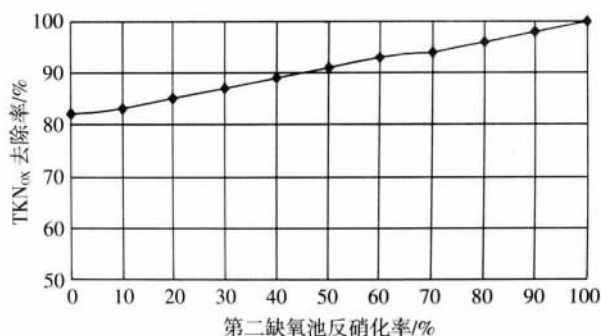


图 4 第二缺氧池反硝化率与 TKN_{OX} 去除率关系

4 结语

通过对 A/O 生物脱氮工艺及改进实验工艺的脱氮效率分析,为进一步优化改进 A/O 工艺及提高生物脱氮效率提供了理论依据,以期最大程度地提高工艺的硝化、反硝化效率。理论上改进工艺比 A/O 工艺具有更高的生物脱氮效率,去除率甚至高达 90% 以上。我国对生物脱氮技术的研究水平尚处于发展阶段,充分发挥利用现有工艺组合,大力开发技术成熟、经济高效且符合国情的工艺是今后我国脱氮工艺发展的主要方向。在理论分析出工艺最高脱氮效率的基础上,若能进一步深入研究改进实验工艺,得出最佳工艺设计和运行参数,并通过与常规的 A/O 工艺进行对比试验,做出经济技术评价,该工艺技术将为我国水环境治理提供技术参考并发挥积极作用。

参考文献:

- [1] 季俊杰,王美东,葛丽英,等.污水生物脱氮除磷技术研究进展[J].四川环境,2003,22(4):39~40.
- [2] 常望霓,杨华南.城市污水脱氮除磷方法探讨[J].环境保护,2000,11:19~20.
- [3] 刘志清,李竞梅,郑秋月.提高 A/O 法处理生活污水脱氮效率探究[J].环境科学与技术,2004,27(1):73~74.
- [4] 张自杰.排水工程(第四版)[M].北京:中国建筑工业出版社,1999.
- [5] Nadja Hvala, Mario Zec, Milenko Ros et al. Design of a sequencing batch reactor sequence with an input load partition in a environment[J]. Water Environment Research, 2001, 73(3~4):146~154.
- [6] 王社平,于莉芳,韩光辉,等.A/O 工艺分段进水生物脱氮技术分析[J].工业用水与废水,2006,37(1):7~9.
- [7] 沈炜,陈季华.A/O 生物脱氮工艺的设计计算[J].江苏环境科技,1998,(04):8~11.
- [8] 马勇,王淑莲,王晓莲,等.A/O 脱氮工艺的控制策略和应用性研究[J].环境污染治理技术与设备,2003,4(10):18~22.
- [9] ZHU Guibing, PENG Yongzhen. Theoretical evaluation on nitrogen removal of step-feed anoxic/oxic activated sludge process[J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2006, 13(3):263~266.
- [10] 李亚新.A/O 前置反硝化和巴氏生物脱氮工艺脱氮效率分析[J].给水排水,1996,22(6):20~22.