

投料倒置 A/ A/ O 脱氮除磷工艺中试

董 滨, 周增炎, 高廷耀

(同济大学 城市污染控制国家工程研究中心, 上海 200092)

摘 要: 采用投料倒置 A/ A/ O 脱氮除磷工艺在上海某城市污水厂进行了中试, 着重考察了在水力停留时间为 8 h 和较短污泥龄条件下的脱氮除磷效果。结果表明, 缩短泥龄总体上有利于提高除磷效果, 且不会影响硝化效果。在泥龄为 6 d 时, 出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 平均为 2.0 mg/L, $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 为 4.3 mg/L, $\text{PO}_4^{3-} \text{-P}$ 为 0.5 mg/L; 而在泥龄为 4 d 时, 平均出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 仅为 2.7 mg/L, 去除率达到 92.3 %。

关键词: 城市污水处理; 脱氮除磷; 悬浮填料; 倒置 A/ A/ O 工艺

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 4602(2004)11 - 0014 - 04

Inverted A/ A/ O Process with Carrier Added for Nitrogen and Phosphorus Removal

DONG Bin, ZHOU Zeng-yan, GAO Ting-yao

(National Engineering Research Center for Urban Pollution Control, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Pilot-scale test was conducted on the suspended carrier-added inverted A/ A/ O process for nitrogen and phosphorus removal in a municipal wastewater treatment plant in Shanghai, and the removal efficiency was investigated under the conditions of HRT 8 h and shorter SRT. The result proves that the reduced SRT is advantageous to improving the removal efficiency of phosphorus and will not affect the nitrification effect. At SRT of 6 d, the effluent $\text{NH}_3\text{-N}$ is 2.0 mg/L in average, with $\text{NO}_3^- \text{-N}$ and $\text{PO}_4^{3-} \text{-P}$ concentration of 4.3 mg/L and 0.5 mg/L respectively; while at SRT of 4 d, the effluent $\text{NH}_3\text{-N}$ is only 2.7 mg/L in average and the removal rate reaches 92.3 %.

Key words: municipal wastewater treatment; nitrogen and phosphorus removal; suspended carrier; inverted A/ A/ O process

随着国家对城市污水厂出水氮和磷的要求越来越严格, 我国绝大多数不具备脱氮除磷功能的城市污水处理厂都面临着艰巨的改造任务^[1]。而现有的常规脱氮除磷工艺(如 A/ A/ O 系列等)不仅流程复杂、水力停留时间长、改造的工程量大, 而且这些工艺自身也存在着脱氮和除磷要求有不同泥龄的矛盾, 从而影响到脱氮及除磷效果的进一步提高^[2]。为此, 开发出了一种生物脱氮除磷新工艺——投料

倒置 A/ A/ O 工艺。

1 中试设备和方法

中试在上海某城市污水处理厂进行, 进水水质见表 1。中试所使用的球形填料($\phi 100$ mm)由翼板和环构成(见图 1), 比表面积为 $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$, 孔隙率 $> 90\%$, 密度略小于水, 曝气时可以在曝气池内均匀流化(见图 2), 停气时可以浮于水面, 因此对布水与

基金项目: 上海市重点学科建设项目

布气设备无特殊要求,操作管理方便。

表 1 进水水质

Tab. 1 Quality of influent mg/L				
水质指标	COD	SS	NH ₃ - N	PO ₄ ³⁻ - P
进水	800 ~ 1 400	600 ~ 1 200	40 ~ 60	8 ~ 15
初沉出水	320 ~ 430	100 ~ 250	30 ~ 50	6 ~ 14

注: 以上为该厂 2003 年 6 月—9 月的实测值。

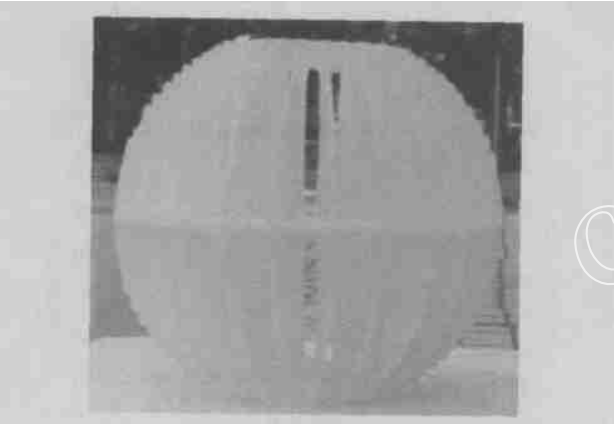


图 1 悬浮填料的外形

Fig. 1 Appearance of suspended carrier

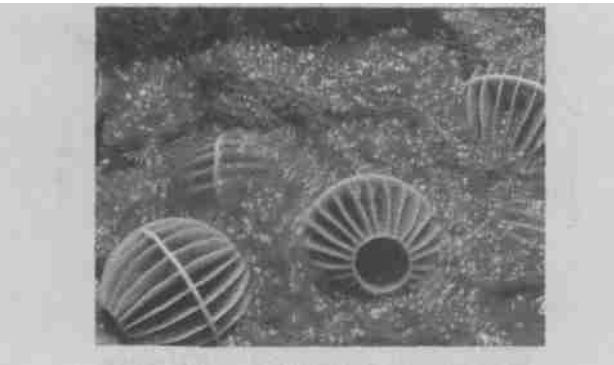


图 2 悬浮填料在曝气池中流化状

Fig. 2 Carriers fluxion in aeration tank

表 2 不同工况条件下的运行参数

Tab. 2 Operational parameters at various conditions

工况	泥龄 (d)	进水量 (m ³ /d)	水温 ()	回流比 (%)	气水比	生物量(mg/L)		污泥负荷 [kgCOD/ (kgMLSS · d)]
						MLSS	生物膜	
一	12	60	20 ~ 29	100	(8 ~ 12) 1	4 000	625	0.30 ~ 0.40
二	9	60	29 ~ 31	100	(8 ~ 12) 1	4 000	625	0.24 ~ 0.30
三	6	60	27 ~ 34	200	(8 ~ 12) 1	2 900	625	0.28 ~ 0.38
四	4	60	25 ~ 31	200	(12 ~ 15) 1	3 200	500	0.29 ~ 0.85

不同泥龄条件下对 NH₃ - N 的处理效果见图 4 ~ 7。可以看出,该工艺对氨氮的去除效果较好。由于水温逐渐升高以及填料表面硝化菌的成熟和活性

1.1 主要设备

中试装置如图 3 所示。

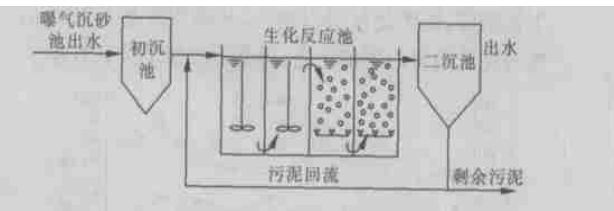


图 3 中试装置示意图

Fig. 3 Schematic diagram of pilot-scale experimental setup

进水取自曝气沉砂池出水,经溢流水箱后用阀门控制生化反应池的进水量。生化反应池的有效体积为 20 m³(长 × 宽 × 高为 5 m × 1 m × 4 m),由相同的 4 格串联组成。其中前两格分别为缺氧池和厌氧池,后两格为好氧池,在好氧池内采用穿孔管曝气并投加悬浮填料。

1.2 分析方法

COD:快速铬法;NH₃ - N:纳氏试剂分光光度法;NO₃⁻ - N:马钱子碱法/电极法;PO₄³⁻ - P:氯化亚锡法;SS:重量法;DO 及水温:溶氧仪。

2 结果及讨论

考察了在生化反应池总水力停留时间为 8 h(好氧停留时间为 4 h)、泥龄为 4 ~ 12 d 条件下该工艺对氮磷的去除效果。每一种工况运行一个月左右。改变工况后经过至少一周的稳定后才取样分析。各工况的运行参数见表 2。

在不同工况运行期间,出水 COD < 60 mg/L,SS < 30 mg/L,故 COD 与 SS 不作为考察指标。由于投加悬浮填料主要涉及到 NH₃ - N 和 PO₄³⁻ - P 的去除关系,而且在试验过程中出水总氮均低于国家一级排放标准(15 mg/L),因此总氮亦不作为重点考核指标。

的不断增强,硝化性能也在不断提高,并未受到泥龄缩短的影响。在泥龄为 4 d 时,系统的有机负荷为 0.29 ~ 0.85 kgCOD/ (kgMLSS · d),平均有机负荷达

到 0.58 kgCOD/(kgMLSS·d), 但出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 仅为 2.7 mg/L, 去除率达到 92.3%。该工艺在短泥龄(4~6 d)条件下对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率保持在 85% 以上, 说明填料表面为硝化菌提供了良好的附着生长条件, 使硝化菌得以富集, 从而很好地解决了活性污泥法固有的泥龄矛盾, 提高了系统的硝化性能。

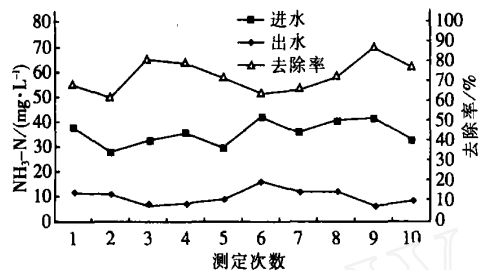


图 4 泥龄为 12 d 时的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 处理效果

Fig. 4 $\text{NH}_3\text{-N}$ removal effect at SRT of 12 days

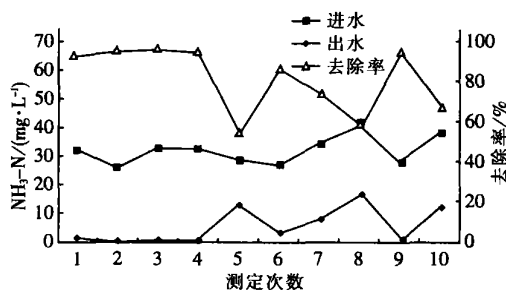


图 5 泥龄为 9 d 时的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 处理效果

Fig. 5 $\text{NH}_3\text{-N}$ removal effect at SRT of 9 days

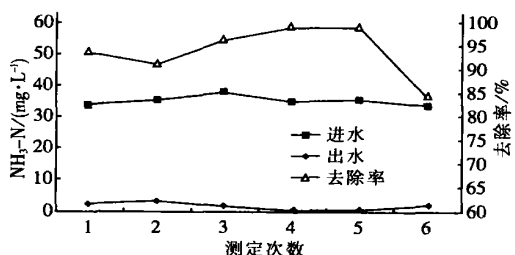


图 6 泥龄为 6 d 时的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 处理效果

Fig. 6 $\text{NH}_3\text{-N}$ removal effect at SRT of 6 days

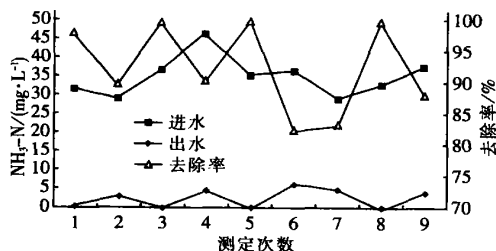


图 7 泥龄为 4 d 时的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 处理效果

Fig. 7 $\text{NH}_3\text{-N}$ removal effect at SRT of 4 days

不同泥龄条件下对 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 的处理效果见图 8~11。

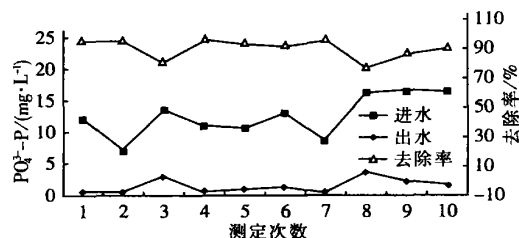


图 8 泥龄为 12 d 时的 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 处理效果

Fig. 8 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ removal effect at SRT of 12 days

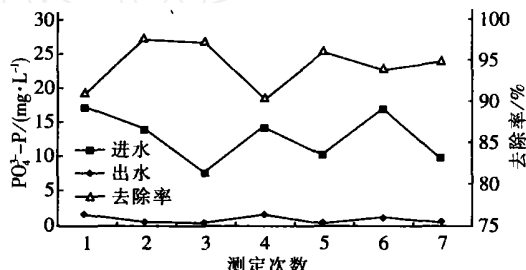


图 9 泥龄为 9 d 时的 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 处理效果

Fig. 9 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ removal effect at SRT of 9 days

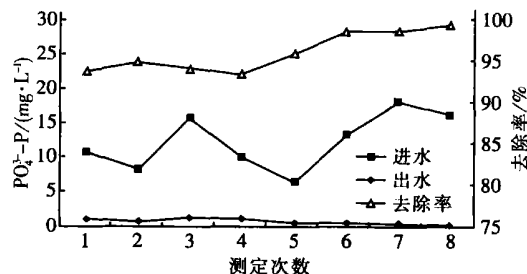


图 10 泥龄为 6 d 时的 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 处理效果

Fig. 10 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ removal effect at SRT of 6 days

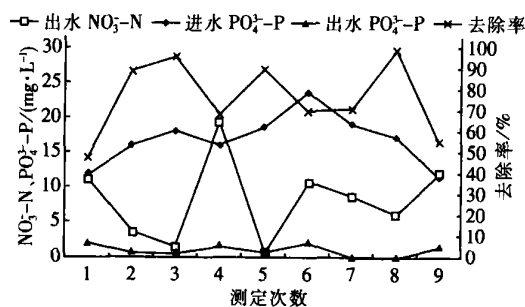


图 11 泥龄为 4 d 时的 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 处理效果

Fig. 11 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ removal effect at SRT of 4 days

在泥龄为 6~12 d 条件下, 该工艺对 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 的去

除效果随着排泥量的增加而有所提高,去除率从 89.8 % 上升到 95.4 %,出水的 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 也从 1.4 mg/L 下降为 0.5 mg/L。这说明泥龄的缩短对 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 的去除有利^[3]。还发现在泥龄为 4 d 时,系统的除磷效果明显下降(去除率只有 70.2 %),主要原因是按泥龄为 4 d 运行时,气水比明显提高,好氧池中的 DO 达到 3~6 mg/L,破坏了同时硝化反硝化作用;同时回流比较高(200 %),大量的回流污泥带回的溶解氧影响了缺氧池的运行环境,使部分 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 进入厌氧池($\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为 0.5~2 mg/L),从而破坏了厌氧条件,影响了除磷效果^[4]。这一现象说明,保证良好的厌氧释磷条件对于强化生物除磷来说具有决定意义。

3 结论

该工艺在活性污泥负荷已明显超出生物硝化的限度的条件下,仍保持良好的硝化效果,说明活性污泥与悬浮填料上的生物膜有了良好的分工,从而有望解决单一活性污泥法脱氮除磷工艺中的泥龄矛盾。

保证良好的厌氧释磷条件对于强化生物除磷具有决定性意义,缩短泥龄对于提高除磷效果有一定的作用。但在实际运行过程中,在保证出水 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 达标的前提下,宜保持较长的泥龄,一方面可以强化活性污泥的硝化作用,另一方面也可减小污泥处理、处置的压力。

填料的投加点宜设在好氧池的中后部,经过好氧池前段对 BOD_5 、COD 的降解,好氧池中后部可以获得较高的 TKN/COD 环境,同时又有充足的溶解氧,有利于硝化菌在填料表面的生长繁殖及其活性的发挥。

由于填料的流化效果良好、挂膜量不大,因此好氧池的溶解氧不必过高,应控制在 2~3 mg/L。

该工艺的总水力停留时间仅为 8 h,与传统活性污泥法的十分接近,可以在不增加土建与占地面积的前提下用于老厂改造。

参考文献:

[1] 周增炎,高廷耀.传统活性污泥法污水厂增加脱氮功能的研究[J].同济大学学报,2003,31(10):1229-1231.
[2] 张波.生物脱氮除磷工艺系统的几个重要问题[J].青岛建筑工程学院学报,1998,19(1):1-6.
[3] 郑兴灿,李亚新.污水除磷脱氮技术[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.
[4] Qasim S R. Effect of biodegradable carbon on biological phosphorus removal[J].J Environ Eng,1996,(9):875-878.

作者简介:董滨(1978-),男,山东青岛人,博士研究生,研究方向为水污染控制。
电话:(021)65980872
E-mail:forrest-dong@163.com
收稿日期:2004-07-10

勘误

本刊于 2004 年第 10 期刊登的“山区排水管道的设计流速探讨”一文中第 59 页的表 2 有部分计算错误,特更正如下。因工作疏忽给广大读者带来了不便,敬请原谅。

表 2 10 %坡度管道流速计算结果 (n = 0.014)

Tab.2 The velocity of flow in the sewer pipe with the slope 10 %

管道直径 (mm)	污水管道最大 设计充满度	污水管道最大设计 充满度下水断面 面积 (m ²)	污水管道最大设计 充满度下水力半径 (m)	污水管道最大设计 充满度下流速 (m/s)	雨水管道 水力半径 (m)	雨水管 道流速 (m/s)
1 000	0.75	0.63	0.30	10.16	0.25	8.96
1 400	0.75	1.24	0.42	12.72	0.35	11.22
1 600	0.75	1.62	0.48	13.90	0.4	12.26
2 000	0.75	2.53	0.60	16.13	0.5	14.23