

文章编号: 1006-7329(1999)06-0049-04

溶解氧对 NBIAS 系统生物除磷脱氮的影响

12
49-52

吉方英 罗固源

(重庆建筑大学 城市建设学院 400045)

x703

摘要 通过溶解氧对一池无回流间歇曝气系统(NBIAS)对除磷脱氮效果的影响的研究表明:在NBIAS系统运行过程中DO和NO_t-N浓度的周期性变化使系统呈现明显的厌氧—好氧—缺氧交替变化过程;DO愈大,硝化反应速度愈快,NO_t-N浓度愈高,即能有效抑制在缺氧过程中的磷的释放,保证出水水质;当SRT在18~22天的情况下,DO=3mg/l时,NBIAS处理城市污水出水TP<1mg/l,TP去除率>80%。

关键词 除磷脱氮; 生物处理; 溶解氧; 间歇曝气
中图法分类号 X703 **文献标识码** A

通过对NBIAS即“一池无回流间歇曝气系统”(Non-Backflow Intermittent Aeration System)设置合理的间歇曝气程序,使得反应系统的溶解氧呈周期性变化,从而使系统在一个反应池中实现厌氧—好氧—缺氧交替变化过程。试验发现溶解氧的浓度将影响磷的吸收速率以及氮的硝化程度,从而影响除磷脱氮效果。用本系统处理城市污水时,t>20℃,污泥负荷为0.25~0.45kgCOD_{Cr}/kgMLSS·d,SRT为18~22d,HRT为8~10h,DO=3mg/l的情况下,可保证出水COD_{Cr}<50mg/l,TP和TN的去除率大于80%。因此,控制合适的溶解氧对NBIAS系统的稳定运行至关重要。

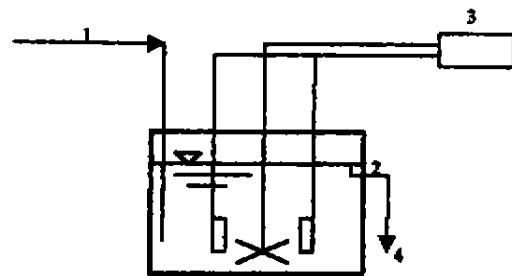
1 试验流程及试验装置

1.1 试验流程

试验流程如图1所示。污水通过导流筒直接进入NBIAS的反应器底部。通过曝气小砂头向曝气池充氧,停曝时通过机械搅拌使污泥与基质能有效接触;由微机程序设计的自动定时控制器实现对系统曝气、停曝气和搅拌的自动控制,并由变水位排水控制器进行自动定时、定量排水。

1.2 试验污水

本试验采用重庆杨公桥下水道生活污水或人工配液作为试验污水,水质见表1。测试分析参照《水和废水分析测试分析方法》(第三版)。



1 进水; 2 变水位排水控制器; 3 自动定时控制器; 4 出水
图1 NBIAS试验装置流程示意图

表1 试验污水水质

水质指标	COD _{Cr} mg/l	BOD mg/l	NH ₃ -N mg/l	TN mg/l	TP mg/l	pH
杨公桥污水	150~310	90~140	19~47	23~50	2.0~4.5	6.4~7.0
人工配液	340~400	200~300	29~35	35~46	5.0~8.0	7.0

收稿日期: 1999-10-20

作者简介: 吉方英(1964-), 女, 四川人, 副教授, 博士生, 主要从事环境污染控制与环境监测研究。

2 试验方法

在其他试验条件相同的情况下,通过控制 NBLAS 系统好氧曝气阶段溶解氧浓度,测定不同 DO 条件下系统运行过程中的 $\text{NO}_t\text{-N}$ 和 TP 变化趋势。

试验工况:运行周期为 6 h,按时间顺序安排:厌氧 1.5 h(前期停曝)→曝气 2.5 h→停曝搅拌 1.5 h(后期停曝)→沉淀排水 0.5 h。

2.1 NBLAS 系统 DO 变化规律试验

逐时测定 NBLAS 系统一个运行周期各阶段的溶解氧。

运行参数:试验采用杨公桥城市污水, $Q = 2.5 \text{ L/h}$, $\text{HRT} = 10 \text{ h}$, $\text{MLSS} = 3.134 \text{ g/l}$, $t = 22^\circ\text{C}$, $\text{SRT} = 20 \text{ d}$,污泥负荷 $N_s = 0.18 \text{ kg CODcr/kg MLSS}\cdot\text{D}$ 。

2.2 溶解氧对硝化(反硝化)过程的影响试验

本试验共分三组,分别控制曝气阶段溶解氧为 $\text{DO} = 1 \text{ mg/l}$ 、 2 mg/l 、 3 mg/l ,每隔 30 min 定时测定好氧阶段和缺氧阶段的 $\text{NO}_t\text{-N}$ 浓度。

运行参数:试验采用人工配液, $Q = 2.5 \text{ L/h}$, $\text{HRT} = 10 \text{ h}$, $\text{MLSS} = 3.3 \text{ g/l}$, $\text{SRT} = 20 \text{ d}$, $\text{CODcr} = 387 \text{ mg/l}$, $\text{TP} = 6.0 \text{ mg/l}$, $\text{TN} = 36.6 \text{ mg/l}$,污泥负荷 $N_s = 0.176 \text{ kgCODcr/kgMLSS}\cdot\text{D}$ 。

2.3 溶解氧对吸磷(释磷)过程的影响试验

本试验与硝化(反硝化)试验同步进行,每隔 30 min 定时测定一个运行周期各阶段 TP 的浓度。

3 试验结果及分析

3.1 试验结果

1) NBLAS 系统 DO 变化规律试验结果见图 2。

2) DO 对硝化(反硝化)和吸磷(释磷)的影响试验结果见表 2、图 3、图 4。

3.2 结果分析

3.2.1 NBLAS 系统 DO 变化规律与反应的氧化还原电位

图 2 显示:NBLAS 系统中 DO 随着曝气、停曝过程的交替进行而呈现周期性的变化。当恢复曝气 20 min 时 DO 即达到 2 mg/l 以上,形成了好氧硝化环境;在后期停曝气过程中,

当停曝 15 min 后 DO 就低于 0.2 mg/l ,形成了缺氧反硝化环境;结合图 3 可知,在前期停曝气过程中系统不含游离的分子氧和 $\text{NO}_t\text{-N}$,利于磷的厌氧释放。

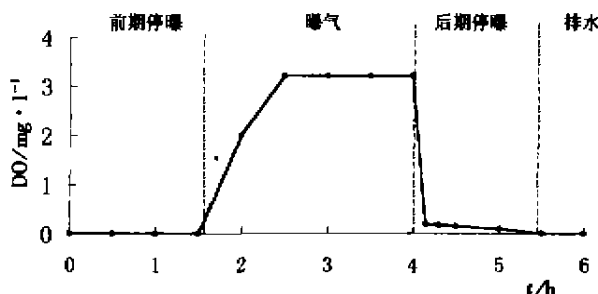


图 2 NBLAS 系统 DO 逐时变化曲线

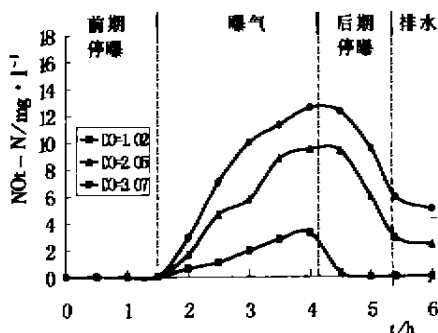


图 3 DO 对硝化、脱氮的影响

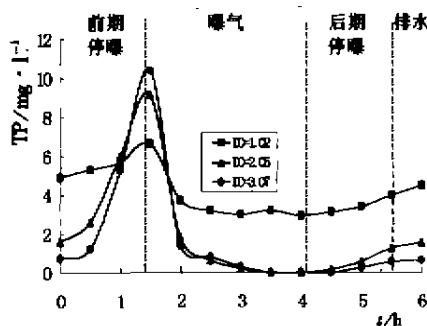


图 4 DO 对吸磷、释磷的影响

NBIAS 系统是一个由许多无机及有机氧化还原单一体系复合在一起的复杂体系,复合体系的电位介于各个单体系的电位之间,而接近或几乎等于含量较大的单体系的电位值^[1]。根据这一原则通过分析 NBIAS 系统中前期曝气—曝气—后期曝气阶段发生的主要反应,可以粗略估计系统发生生化转化过程的氧化还原电位,见表 3。

表 2 DO 对 NO_t-N、TP 转化过程的影响

DO 实测值 (mg/l)	前期曝气结束 (mg/l)		曝气结束 (mg/l)		后期曝气结束 (mg/l)	
	NO _t -N	TP	NO _t -N	TP	NO _t -N	TP
1.02	0	6.6	3.3	3.0	0	4.5
2.05	0	9.1	9.5	0.2	2.4	1.6
3.07	0	10.4	12.6	0.2	5.1	0.65

表 3 NBIAS 系统各阶段反应过程和氧化还原电位

运行阶段	反应类型	反应方程	E ⁰ (mv) ^[1]
曝气	好氧呼吸	$[\text{CH}_2\text{O}] + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	810
	硝化	$\text{N H}_4^+ + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{N O}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$	347
后期曝气	反硝化	$5[\text{CH}_2\text{O}] + 4\text{N O}_3^- + 4\text{H}^+ \rightarrow 5\text{CO}_2 + 2\text{N}_2 + 7\text{H}_2\text{O}$	750
前期曝气	发酵	$3[\text{CH}_2\text{O}] \rightarrow \text{CO}_2 + [\text{C}_6\text{H}_6\text{O}]$	-180

从表 3 可知:

1) 在曝气过程中,源源不断补充的分子氧使和氧电对有关的反应成为了系统的决定电位。与 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 相比有机物 CH_2O 给电子的速度较快^[1],只有当有机物的浓度较低时, NH_4^+ 的硝化才可能成为主要的反应过程,此时系统氧化还原电位从 810 mV 降到 347 mV。

2) 在后期曝气阶段,DO 迅速下降,从试验 2.1 结果可知,约 15 min,体系 DO 就低于 0.2 mg/l,相当于环境中氧分压 0.5 kPa,在此条件下 NO_t-N 将代替分子氧作为电子受体^[1]参与氧化还原反应,自身被还原为 N_2 逸出。

3) 在前期曝气阶段,系统不含有游离的分子氧和 NO_t-N,处于暂时厌氧或深度缺氧状态,此时氧化还原电位低于 -180 mV,利于磷的释放^[2]。

3.2.2 溶解氧对硝化(反硝化)的影响

从图 3 可以看出,在溶解氧不同的条件下,三组试验脱氮反应曲线的线性部分近于一组平行的直线。根据脱氮反应速度和 NO_t-N 浓度呈零级反应的规律^[3,4]可得脱氮速度公式:

$$dC/dt = k_0$$

式中: C——NO_t-N 的浓度

由此可推导出三组试验的反应速度常数分别为 $k_1 = 6.0 \text{ mg/l} \cdot \text{h}$, $k_2 = 6.5 \text{ mg/l} \cdot \text{h}$, $k_3 = 6.4 \text{ mg/l} \cdot \text{h}$,这一结果说明了曝气阶段 DO 浓度不影响脱氮反应速度。但图 3 同时也说明 DO 要影响硝化反应速度,且 DO 越大,反应速度越快,产生的 NO_t-N 就越多,为缺氧脱氮过程提供更多的 NO_t-N,将有利于提高系统的脱氮效果;同时缺氧过程中较高浓度的 NO_t-N 可抑制磷在此阶段提前释放(见 3.2.3)。由此可见,为使硝化和反硝化反应能顺利进行,曝气阶段 DO 宜大于 2 mg/l。

3.2.3 溶解氧对吸磷(释磷)的影响

图 4 可看出:在其他试验条件相同的条件下,好氧阶段溶解氧不同导致磷在运行过程中的变化趋势不同,结合硝态氮的变化规律(图 3),可以认为:当溶解氧较低时,硝化阶段产生的 NO_t-N 较少,它在较短时间内就可完成脱氮转化,系统在后期曝气过程中就进入了暂时厌氧状态,氧化还原电位可降至 -180 mV,导致在后期曝气阶段磷的厌氧释放,致使系统 TP 的去除效果较差。当 DO $\geq 2 \text{ mg/l}$ 时,曲线显示厌氧阶段磷的释放和好氧阶段磷的吸收效果较好,曝气 30 min 后溶液中 TP 的浓度可小于 1 mg/l,曝气结束时 TP = 0.2 mg/l。该值小于后期曝气时的浓度!这显然是因为溶解氧

较大,在后期停曝过程时溶液中较高浓度的 $\text{NO}_t\text{-N}$ 对磷释放抑制的原故,从而使出水具有较低的 TP 浓度。当 $\text{DO} = 3 \text{ mg/l}$ 时,这种抑制作用可保证出水 $\text{TP} < 1 \text{ mg/l}$,去除率 $> 80\%$ 。

4 结 论

1) 在 NBIAS 系统运行过程中,DO 和 $\text{NO}_t\text{-N}$ 浓度呈周期性变化,在前期停曝阶段溶液中不含游离的分子氧和硝态氮,氧化还原电位低于 -180 mV ,为系统除磷提供了基本条件。

2) 曝气阶段溶解氧的浓度不影响脱氮反应速度。但溶解氧的多少将影响硝化反应速度,最终影响脱氮反应的进程。为使硝化和反硝化反应能顺利进行,曝气阶段 DO 宜大于 2 mg/l 。

3) 后期停曝反硝化脱氮过程中 $\text{NO}_t\text{-N}$ 浓度将间接影响出水中 TP 浓度, $\text{NO}_t\text{-N}$ 浓度越高,对磷释放的抑制就越强,出水磷浓度就越低。为保持后期停曝阶段具有较高浓度的 $\text{NO}_t\text{-N}$,曝气阶段 DO 宜大于 3 mg/l 。

4) 在 $t > 20^\circ\text{C}$, SRT 为 $18\sim 22 \text{ d}$, 污泥负荷为 $0.25\sim 0.45 \text{ kg COD}_{\text{Cr}}/\text{kg MLSS}\cdot\text{d}$, HRT 为 $8\sim 10 \text{ h}$, $\text{DO} = 3 \text{ mg/l}$ 的情况下,用 NBIAS 处理典型的城市污水,出水 TP 可小于 1 mg/l ,TP 的去除率可达 80% 。

参 考 文 献

- [1] 何燧源,金云云,等. 环境化学[M]. 上海:华东理工大学出版社,1997:111~116
- [2] 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,1998:196~201
- [3] 吉方英,罗固源,等. 高浓度活性污泥系统脱氮动力学试验研究[J]. 四川环境,1998,17(1):8~12
- [4] 章非娟. 生物脱氮技术[M]. 北京:中国环境科学出版社,1992:25~35

Effect of DO on Nitrogen and Phosphorus Removal in the NBIAS

Ji Fang-ying LUO Gu-yuan

(Faculty of Urban Construction Engineering, Chongqing Jianzhu University, 400045, China)

Abstract The effect of dissolved oxygen(DO) on nitrogen and phosphorus removal in the NBIAS was studied in this article. The results show that the periodic variation of concentration of DO and $\text{NO}_t\text{-N}$ in NBIAS leads to that the system was in alternate change of anaerobic, aerobic and anoxic process. The higher the concentration of DO, the larger the velocity of nitrification process, the higher the concentration $\text{NO}_t\text{-N}$ and this can control release of phosphorus in the anoxic process. Under the operation condition of $\text{SRT} = 18\sim 22\text{d}$ and $\text{DO} = 3\text{mg/l}$, there will be the effluent $\text{TP} \leq 1\text{mg/l}$ and the removal rate of TP $> 80\%$.

Key Words nitrogen and phosphorus removal; bio-treatment; dissolved oxygen; intermittent aeration