

低氧 MBR 内有机物对脱氮和污泥性能的影响

竺云波, 王建新

(浙江工商大学 环保设计研究院, 浙江 杭州 310005)

[摘要] **【目的】**研究低氧膜生物反应器(MBR)中有机物对脱氮过程及污泥性能的影响。**【方法】**利用一体式 MBR 反应器,以人工配制的生活污水为研究对象,将 MBR 系统运行过程分为 3 个阶段,3 个阶段的进水化学需氧量 (Chemical oxygen demand,COD)分别为 360,220 和 140 mg/L,依次连续运行 30,20 和 60 d,研究不同有机负荷下污泥性能的变化特点。**【结果】**在进水 COD 分别为 360,220 和 140 mg/L 时,系统的总氮去除率分别为 89%,72%和 22%;根据经典的微生物能量代谢理论并结合 1,2 和 3 运行阶段污泥浓度的变化情况,计算得到污泥真实产率(Y_g)和比例常数(m_s)分别为 0.42,0.39,0.24 g/g 和 0.11,0.06,0.08 g/(g·d)。**【结论】**有机物质量浓度的降低不利于同步反硝化脱氮和异养菌活性的提高,但有利于硝化菌生长,削弱了有机物对硝化作用的抑制作用;系统中活性污泥具有硝化过程和氨氮同化过程同步进行的特性,在理论上有利于低氧脱氮效率的提高;有机负荷变化对污泥产率也有一定影响。

[关键词] 有机物;MBR;硝化;低氧脱氮;污泥产率

[中图分类号] X703.1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2009)09-0168-07

Effects of organics on biological nitrogen removal and sludge characteristics in MBR under low DO condition

ZHU Yun-bo, WANG Jian-xin

(Institute of Environmental Protection and Design, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou, Zhejiang 310005, China)

Abstract: **【Objective】**In this paper, the effect of organic matter on the biological nitrogen removal and the characteristic of sludge in MBR under low DO condition was studied. **【Method】**Simulation tests for synthetic domestic wastewater treatment were carried out in a submerged Membrane Bioreactor. The MBR system would be running at 3 different conditions to find the characteristic of sludge. First, the system would continue running 30 days with 360 mg/L COD in influent, then it would continue running 20 days with 220 mg/L COD in influent, and finally it would run 60 days with 140 mg/L COD in influent. **【Result】**Results showed that at different concentrations of influent COD of 360, 220 and 140 mg/L, the corresponding removals of TN were 89%, 72%, 22% respectively. According to the Pirt Theory and experimental results, Y_g and m_s for three different influent COD concentrations could be calculated as 0.42, 0.39, 0.24 g/g and 0.11, 0.06, 0.08 g/(g·d). **【Conclusion】**The reduction of influent COD was detrimental to the simultaneous denitrification. On the other hand, the “reduction” alleviated the restraining effects of organics on nitrification, which was benefited from the increase of activity of nitrification and the decrease of that for organic degradation in the system. This consequently made it possible that ammonia could be utilized for both assimilation and nitrification concurrently, which in theory favored the nitrogen removal under low DO condition. Variation of organic loading also affected sludge production.

Key words: organic matter; MBR; nitrification; nitrogen removal under low DO condition; sludge yield

* [收稿日期] 2009-04-13

[作者简介] 竺云波(1976—),男,浙江上虞人,工程师,主要从事建设项目环境影响评价研究。

由于传统生物脱氮工艺基建投资和运行费用较高,为了降低成本,有关低氧同步硝化反硝化(Simultaneous nitrification and denitrification, SND)的研究日渐增多^[1-3]。在低氧单级脱氮过程中,一个反应器内可能会存在有机物降解、硝化、反硝化、厌氧释磷和好氧摄磷等多个生物化学反应过程。溶解氧(Dissolved oxygen, DO)和有机物是影响生物硝化的 2 个重要因素。由于亚硝酸菌的氧饱和常数(0.2~0.4 mg/L)小于硝酸菌的氧饱和常数(1.2~1.5 mg/L),因此当稳定的硝化系统中 DO 降低时,可能引发这 2 类细菌对氧的竞争,导致其增殖不平衡,从而发生硝化过程的动力学选择。有机物是生物脱氮系统中氮还原必需的电子供体,同时又是氮氧化时电子受体的争夺者,有机物的存在可能降低硝化速率,从而影响整个系统的脱氮能力,因此研究 DO 和有机物对硝化过程的影响,对开发高氨、低碳源废水的低耗、高效处理工艺和生物脱氮系统的运营管理有重要意义^[4]。

膜生物反应器(Membrane bioreactor, MBR)用膜组件代替传统的二沉池,可以实现水力停留时间和污泥龄的分离,易实现低负荷和长泥龄运行方式,为 SND 和剩余污泥减排的实现创造了良好的工艺条件。本试验研究一体式 MBR 在不同有机负荷及低氧条件下,硝化、反硝化和污泥性能的变化规律,旨在掌握 MBR 运行参数,为提高废水处理效率,降低废水处理成本提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验装置

试验采用一体式 MBR 反应器,膜为中空纤维超滤膜,材质为聚丙烯,总表面积 1.5 m²,孔径 0.05 μm,膜丝长 0.35 m。反应器有效容积为 16.3 L,水

力停留时间为 8 h,通过浮球阀和平衡水箱保持进水和出水平衡。反应器内的混合液温度用恒温器控制在 22~24 ℃。采用微孔曝气器曝气,通过调节气体流量计维持 DO 为 0.5~1.0 mg/L。系统的泥龄控制在 40 d。试验装置如图 1 所示。

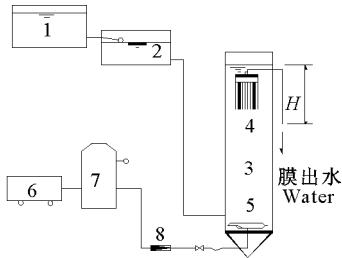


图 1 MBR 反应器的装置示意图

1. 高位水箱;2. 平衡水箱;3. 生物反应器;4. 膜组件;
5. 微孔曝气器;6. 空压机;7. 储气罐;8. 气体流量计

Fig. 1 Apparatus drawing of the test MBR

1. Elevated water tank;2. Surge water tank;3. Bioreactor;
4. Film module;5. Micro-pore aerator;6. Air compressor;
7. Gasholder;8. Gas flow indicator

1.2 试验用水

试验用水为人工配制的模拟生活污水,主要成分有淀粉、蛋白胨、氯化铵、磷酸二氢钠、碳酸钠和自来水,水中 COD 含量为 115~302 mg/L, NH₃-N 含量为 26.1~31.2 mg/L,总氮(TN)含量为 27.2~37.5 mg/L,总磷(TP)含量为 4.1~5.0 mg/L, pH 为 6.2~7.8。

1.3 试验设计

根据不同的进水有机物浓度将试验过程分为 3 个阶段,1~3 阶段平均进水化学需氧量(Chemical oxygen demand, COD)浓度分别为 360, 220 和 140 mg/L,依次连续运行 30, 20 和 60 d, 3 个试验阶段运行参数 COD、水力停留时间(Hydraulic retention time, HRT)、DO、温度和时间见表 1。

表 1 MBR 3 个试验阶段的运行参数

Table 1 Operational parameters in different experimental periods

阶段 Stage	COD/ (mg · L ⁻¹)	HRT/ h	DO/ (mg · L ⁻¹)	温度/℃ Temperature	运行时间/d Operational time
1	360	8	0.5~1.0	22~24	0~30
2	220	8	0.5~1.0	22~24	30~50
3	140	8	0.5~1.0	22~24	50~110

1.4 测定项目及分析方法

测定项目有 pH、DO、COD、氨态氮、硝态氮、总氮、总磷、污泥浓度(Mixture sludge of suspended solids, MLSS)、污泥比耗氧速率,其中 COD、氨态氮、硝态氮、总氮、总磷、MLSS、污泥比耗氧速率根据国家环保局编著的《水与废水监测分析方法》^[5]测

定, pH 和 DO 分别用 P^HS-3C 型酸度计和 YSI (MODEL 50B)溶解氧仪测定。

2 结果与分析

2.1 MBR 的运行效能

对反应器混合液中的氨态氮、硝态氮和总氮含

量进行连续测定,结果如图 2~4 所示。

当进水 COD 分别为 360,220 和 140 mg/L,依次运行 30,20,60 d 后,混合液中硝态氮和总氮的含量分别为 3,8,15 mg/L 和 3.5,8.7,15.8 mg/L;总氮的去除率分别为 89%,72%和 22%。可知进水 COD 的降低不利于系统同步反硝化的进行,增加了反应器混合液中硝态氮的含量。根据活性污泥的经验分子式 $C_5H_7NO_2$ 可知,每合成 1 mg/L 的氮需要有机物为 $5 \times (16/14) \times 2 + (7/2) \times (16/14) = 15.43$ mg/L。Mckinney^[6]认为,有机物在代谢过程

中,合成所需能量(消耗氧的量)与合成的细胞物质的氧当量的比值为 0.5,即合成氧当量为 1 kg 的细胞物质,耗氧量为 0.5 kg。由此推测,每同化去除 1 mg/L 的氮,通过异化作用去除的有机物量约为 $15.43/2 = 7.72$ mg/L,则总共去除有机物量约为 23.15 mg/L。3 个阶段要达到相应的总氮去除量,所需的 COD 分别为 741,602 和 185 mg/L,远高于试验装置 360,220 和 140 mg/L 进水 COD。由此认为,系统中发生了同步反硝化现象,并且反硝化作用随着进水有机物含量的上升而增强。

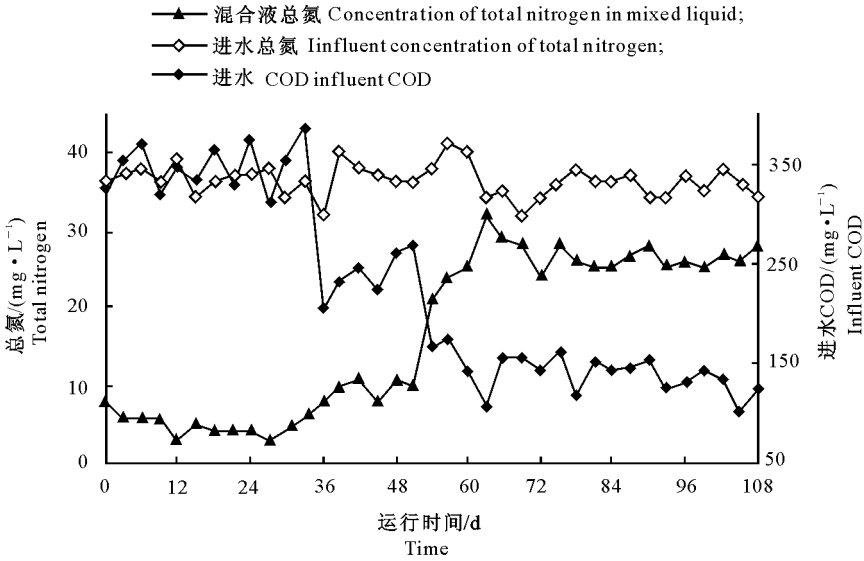


图 2 MBR 系统中各阶段总氮含量的变化

Fig. 2 Total nitrogen content of MBR in different stages

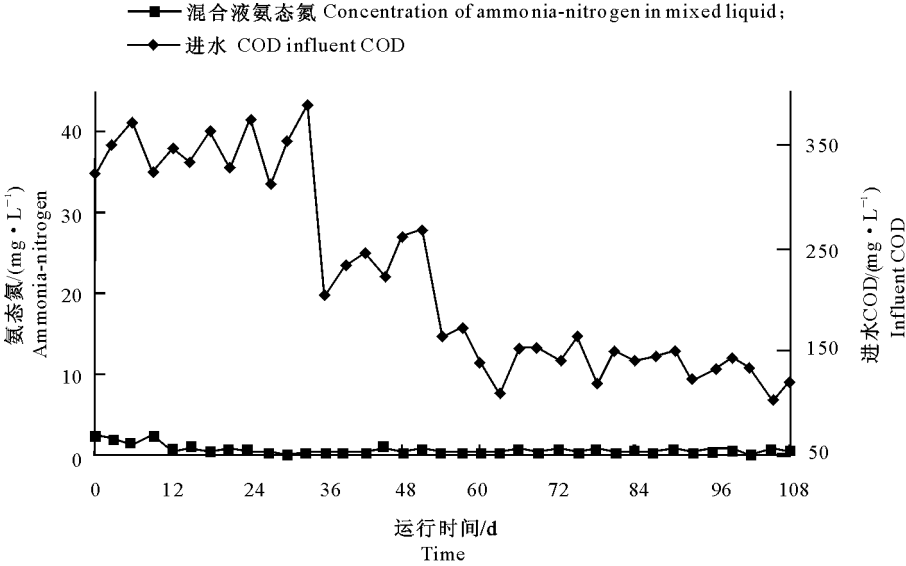


图 3 MBR 系统中各阶段氨态氮含量的变化

Fig. 3 Ammonia-nitrogen content of MBR in different stages

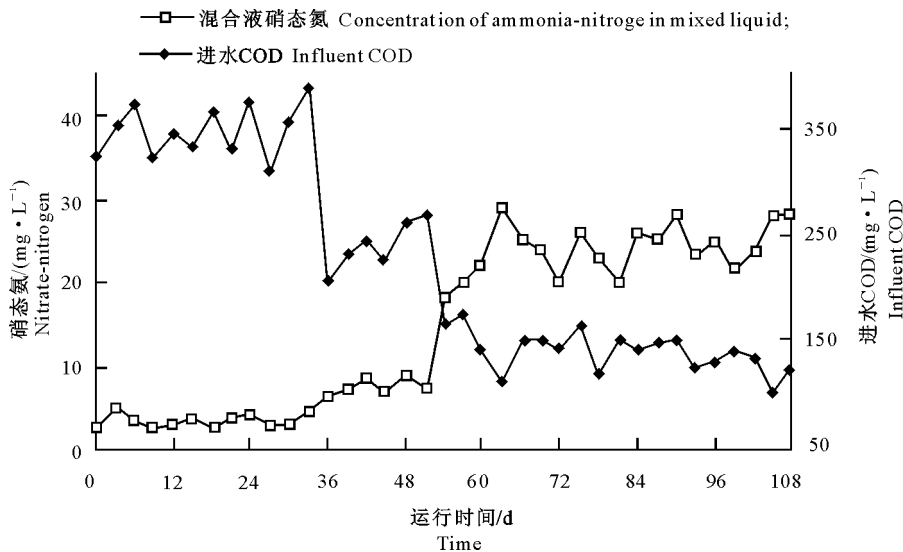


图 4 MBR 系统中各阶段硝态氮含量的变化

Fig. 4 Nitrate-nitrogen content of MBR in different stages

图 3 显示,混合液中氨态氮含量变化不大,一直维持在 0.8 mg/L 以下。由于系统对氨态氮的去除涉及微生物对氨态氮的同化去除和硝化去除,故对以上两者的关系及有机物对系统硝化的影响继续进行讨论。

2.2 硝化菌和异养菌活性的比较

在以除碳和氮为目标的生物处理系统中,硝化菌和异养菌是 2 类主要的微生物。这 2 类细菌的活性直接关系到系统对有机物和氨态氮的去除效果,同时进水中有机物含量的改变将引起系统中 2 类微生物数量和活性的变化。对系统 3 个运行阶段末期微生物的活性进行检测(以污泥比耗氧速率(SOUR)表征),结果如图 5 所示。

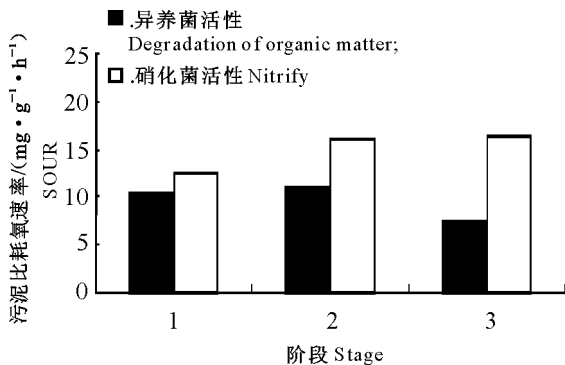


图 5 MBR 系统中各阶段污泥比耗氧速率的变化

Fig. 5 Change of SOUR in different stages

由图 3 可以看出,污泥内源呼吸的加剧(进水有机物浓度降低)和惰性物质的累积,对异养菌的活性产生危害,使 SOUR 下降,即异养菌活性下降;而硝

化菌活性则呈增加的趋势。这是由于异养菌活性和进水有机物浓度的减少,引起异养菌对氨态氮同化去除减少,同时强化了硝化菌对氨态氮和溶解氧的吸收,使其增殖;另外,膜组件对硝化菌的截留作用使反应器中硝化菌的绝对数量增加,增强了硝化菌的竞争能力。

2.3 有机物对硝化作用的影响

有研究认为,异养菌对氨态氮的亲合力比硝化菌强,即氨态氮的合成往往先于硝化作用进行^[7]。系统进水有机物含量的升高有利于异养菌的增殖,而不利硝化作用的进行,反之亦然,并且低氧将加剧这种影响。在实际运行的污水处理系统中,研究者往往采用控制进水中有机物的含量、延长泥龄和投加填料等措施,来削弱这种抑制作用,保证硝化作用的进行。但作者认为,这种抑制作用在 MBR 中依然存在,只是硝化菌的数量较多,弥补了硝化速率的下降,使系统 3 个阶段混合液中的氨态氮含量一直维持在较低的水平。为了进一步认识有机物对硝化作用的影响,本研究进行了静态试验。

反应器容积 1 000 mL(共 2 组),污泥取自第 3 阶段末的反应器,用清水漂洗后平均分为 2 份。有机物和氨态氮分别由淀粉和氯化铵配制,初始氨态氮含量为 40 mg/L, COD 分别为 300 和 0 mg/L(编号 NO. 1 和 NO. 2),用碳酸钠调节 pH。试验过程中, DO、pH 和反应温度与反应器中保持一致,分别为 0.5~1.0 mg/L, 6.2~7.8 和 22~24 ℃, 污泥浓度为 4 014 mg/L, 试验结果见图 6。

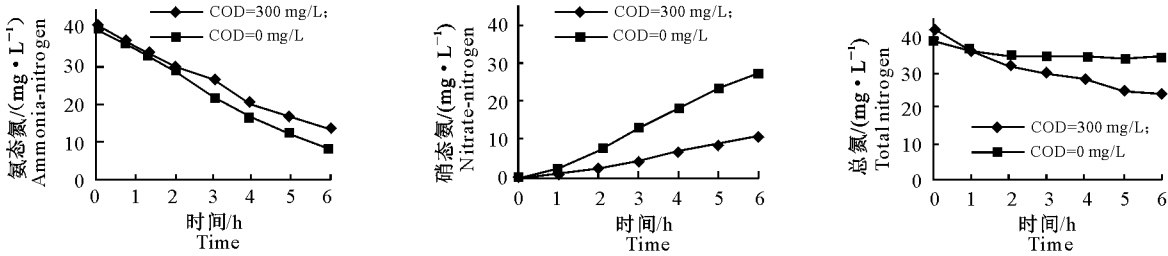


图 6 COD 为 0,300 mg/L 时氨态氮、硝态氮及总氮的转化

Fig. 6 Conversion of $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ ($\text{NO}_2\text{-N}$) and TN under COD concentration is 0 and 300 mg COD/L

由图 6 可知,当 COD=300 mg/L 时,氨态氮的减少由同化作用和硝化作用引起;当 COD=0 mg/L 时,只有硝化作用参与,但二者的下降速率却相差不大。说明液相有机物的存在抑制了硝化作用的进行,这是因为:①有机物促进了异养菌对氨态氮的同化,减少了硝化菌可利用的底物;②有机物提高了絮体中异养菌的活性,加快了对溶解氧的消耗,从而缩小了絮体内部好氧区的体积,抑制了硝化作用的进行;③低氧和有机物加大了硝化细菌对氨态氮的亲系数,要获得同样的硝化速率,液相中氨态氮浓度需要更高^[8]。

由图 6 还发现,在有机物存在条件下(COD=300 mg/L),随时间的延长,氨态氮含量下降速率(斜率)基本没有变化,同时还伴随着硝态氮的生成。由此推测,在液相有机底物存在的条件下,氨态氮的合成作用没有先于硝化作用进行,而是同时发生,这与传统的观点不符。分析认为,硝化菌活性的提高和异养菌活性下降(图 5),增强了其对底物氨态氮和溶解氧的争夺,削弱了异养菌在低氧和有机物存在条件下对硝化菌的抑制作用,使硝化过程与氨态氮同化过程同时进行。这增加了反硝化菌获得有机基质和硝态氮的机会,不仅有利于系统在低氧下脱氮,而且也减少了用于异养菌合成的有机物浓度,降低了系统的污泥产率。

COD 分别为 0 和 300 mg/L 的 2 个静态试验产生大量亚硝态氮,反应结束后其含量分别为 2 和 8 mg/L,分别占总生成硝态氮的 18%和 29%。表明 MBR 系统长期处于 DO 较低水平运行(0.5~1.0 mg/L),静态试验条件下,污泥中亚硝化菌由于具有比硝化菌更强的氧亲和力而快速增殖,从而在液相氨态氮浓度较高时出现亚硝态氮累积;同时,由于 MBR 较长泥龄限制了亚硝化菌相对于硝化菌在数量上的优势,而且硝化菌产能与底物利用速率较高,导致 MBR 在连续运行中没有出现亚硝态积累。试

验和理论研究揭示,亚硝化菌的大量存在有利于低氧 MBR 系统中生物短程硝化-反硝化脱氮的进行。

2.4 污泥的增长规律

在 MBR 系统运行的 110 d 中,系统未向外排放剩余污泥,以保持反应器中较高的 MLSS。

图 7 显示,随着运行时间的延长,阶段 1(0~30 d)和阶段 2(30~50 d)中 MLSS 持续上升,阶段 2 上升的趋势相对慢一些,阶段 3(50~110 d)的 MLSS 不断下降,这与各阶段的进水 COD 浓度有关。由于阶段 3 的进水 COD 质量浓度仅为 140 mg/L,导致 MBR 在较长的时间内有机负荷低于 0.1 kg/(kg·d)。研究认为,在有机负荷为 0.02~0.1 kg/(kg·d)条件下,污泥将停止增长^[9],即污泥的同化与其自身的内源代谢相平衡,总的污泥浓度保持稳定,这与本研究中 MBR 系统的运行结果相符。由此可见,通过降低有机物量/微生物量(F/M)来减少剩余污泥的产量是可行的,但同时也会引起污泥内源呼吸系数增大。

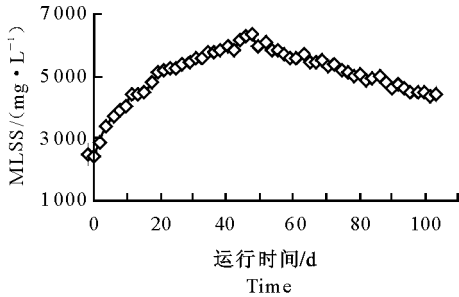


图 7 MBR 反应器中 MLSS 增长规律

Fig. 7 Change of MLSS concentration in MBR

微生物的生理过程是通过合成代谢和能量代谢完成的。根据 Pirt^[10]理论可知,底物总的消耗是与增长相关的底物消耗及维持能量代谢的底物消耗之和,并提出著名的 Pirt 维持能方程:

$$-q_{\text{obs}} = \mu_{\text{obs}}/Y_g + m_s. \tag{1}$$

$$q_{\text{obs}} = R_0/X_r. \tag{2}$$

$$\mu_{obs} = R_m / X_r. \tag{3}$$
式中: q_{obs} 为表观底物比利用率(1/d); μ_{obs} 为表观污泥比增长率(1/d); Y_g 为污泥真实产率(g/g); m_s 为比例常数,物理意义为单位时间内单位污泥由于维持代谢而消耗的底物质量(g/(g·d)); R_0 为底物降解速率(g/(L·d)); X_r 为反应器中的污泥质量浓度(g/L); R_m 为污泥增长速率(g/(L·d))。

在一定的试验条件下,经实测 q_{obs} - μ_{obs} 数据组后,可图解求得 Y_g 和 m_s 。

基于此,本试验建立了 MBR 系统的有机底物和悬浮固体 2 个物料的平衡式:

$$V(dC_s/dt) = Q_i C_i - Q_e C_e + R_0 V. \tag{4}$$

$$V(dX_r/dt) = Q_i X_i - Q_e X_e + R_m V. \tag{5}$$

$$Q_i = Q_e. \tag{6}$$

式中: V 为反应器体积(m^3), C_s 、 C_i 和 C_e 分别为反应器混合液、进水和出水中有机物质量浓度(g/L), X_r 、 X_i 和 X_e 分别为反应器混合液、进水和出水中污泥质量浓度(g/L), Q_i 、 Q_e 分别为反应器进、出水流量(L/s), t 为水力停留时间。

假设膜过滤出水中固体悬浮物和有机物质量浓度可以忽略不计,则 R_m 和 $-R_0$ 可以表达如下:

$$R_m = dX_r/dt, \tag{7}$$

$$-R_0 = Q_e(C_i - C_e)/V - dC_s/dt = (C_i - C_e)/t - dC_s/dt. \tag{8}$$

根据反应器中污泥增长的规律(图 7)、各阶段进水的有机底物质量浓度及式(7)和(8),计算得到 R_m 和 $-R_0$ 。然后再根据式(2)和(3)求得 q_{obs} 和 μ_{obs} ,代入(1)式,即可图解得到 Y_g 和 m_s (表 2)。

表 2 MBR 中各个阶段污泥增长的动力学常数

Table 2 Kinetic constant of sludge increase in different periods of MBR

阶段 Stage	$Y_g/(g \cdot g^{-1})$	$m_s/(g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1})$
1	0.42	0.11
2	0.39	0.06
3	0.24	0.08

表 2 表明, Y_g 随着有机负荷的降低而减小,这与经典的 Pirt 理论相符。由于每个阶段的进水浓度不一样,所以 m_s 不具可比性。研究表明,只有在满足微生物生命活动能量需求以后,底物才被利用进行细胞合成代谢^[11-12]。根据式(1),阶段 1 和阶段 2 的 μ_{obs} 和 Y_g 均为正值,则 $-q_{obs} > m_s$,说明底物质量浓度能满足微生物正常的生理活动,并且将多余底物用于微生物细胞合成,表现为 MLSS 上升(图 7)。阶段 3 的 μ_{obs} 为负值, Y_g 为正值,则 $-q_{obs} < m_s$,表明此时底物质量浓度不能维持微生物的正常生理活

动,导致微生物死亡及 MLSS 下降。根据底物利用途径的先后性,可以通过提高系统中微生物的 m_s 来达到减小污泥产率的目的,如采用提高反应器中的污泥质量浓度和溶解氧浓度,投加 NaCl、臭氧和解偶联剂等措施^[13-14]。

3 结 论

(1)在 DO 为 0.5~1.0 mg/L 条件下,进水有机物的减少不利于系统进行同步反硝化脱氮,但有利于生物短程硝化-反硝化脱氮优势菌的生长。

(2)进水水质的变化影响系统中微生物的活性,有机物质量浓度的降低不利于异养菌的生长,而有利于硝化菌生长,削弱了有机物对硝化的抑制作用。

(3)活性污泥具有硝化过程和氨态氮同化过程同时进行的特性,理论上有利于同步反硝化脱氮及减小系统的污泥产率。

(4)微生物真实产率随着有机负荷的减小而下降;进水有机物质量浓度较低的条件,底物不能满足微生物正常生理活动的需要;通过合适的手段提高系统中微生物的 m_s ,可以实现减少污泥量的目的。

[参考文献]

[1] Kimura K, Nishisako R, Miyoshi T, et al. Baffled membrane bioreactor for efficient nutrient removal from municipal wastewater [J]. Wat Res, 2008, 42(3): 625-632.

[2] Komesli O T, Teschner K, Hegemann W, et al. Vacuum membrane applications in domestic wastewater reuse [J]. Desalination, 2007, 215(1-3): 22-28.

[3] 周少奇,周吉林,范家明. 同时硝化反硝化生物脱氮技术研究进展 [J]. 环境科学与技术, 2002(2): 38-44.

Zhou S Q, Zhou J L, Fan J M. Research progress of simultaneous nitrification and denitrification technology of biological nitrogen removal [J]. Environmental Science And Technology, 2002(2): 38-44. (in Chinese)

[4] 张小玲,彭党聪,王志盈,等. 低 DO 紊动床内有机物对硝化过程的影响 [J]. 中国给水排水, 2002, 18(5): 10-13.

Zhang X L, Peng D C, Wang Z Y, et al. Effect of organic matter on nitrification in turbulent bed with low DO [J]. China Water And Wastewater, 2002, 18(5): 10-13. (in Chinese)

[5] 国家环保局《水与废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法 [M]. 3 版. 北京: 中国环境科学出版社, 1997.

Ministry of Environmental Protection of China 《Monitoring And Analysis Methods Of Water And Waste Water》Editorial Board. Monitoring and analysis methods of water and waste water [M]. 3rd edition. Beijing: China Environmental Science Press, 1997. (in Chinese)

[6] McKinney R E. Research and current developments in the acti-

- vated sludge process [J]. Journal of the Water Pollution Control Federation, 1965, 37(12): 1696-1704.
- [7] Hanaki K, Wantawin C, Ohgaki S. Effects of the activity of heterotrophs on nitrification in a suspended growth reactor [J]. Wat Res, 1990, 24(3): 289-296.
- [8] Jiang Y F, Wang L, Wang B Z, et al. Biological nitrogen removal with enhanced phosphate removal in (AO)2SBR using single sludge system [J]. Journal of Environmental Science, 2004, 16(6): 1037-1040.
- [9] Wagner J, Rosenwinkel K H. Sludge production in membrane bioreactor under different condition [J]. Wat Sci Technol, 2000, 41(11): 251-258.
- [10] Pirt S J. The maintenance energy of bacteria in growing cultures [J]. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 1965, 163: 224-231.
- [11] Low E W, Chase H A. The effect of maintenance energy requirements on biomass production during wastewater treatment [J]. Wat Res, 1999, 33(3): 847-853.
- [12] Zhang G G, Zhang P Y, Yang J M, et al. Ultrasonic reduction of excess sludge from the activated sludge system [J]. J Hazard Mater, 2007, 145(3): 515-519.
- [13] Liu Y, Tay J H. Strategy for minimization of excess sludge production from the activated sludge process [J]. Biotechnol Advances, 2001, 19: 97-107.
- [14] 王 正, 王 琳, 王宝贞, 等. 活性污泥中臭氧传质效率的理论分析与实验研究 [J]. 环境科学, 2007, 28(8): 1703-1709.
- Wang Z, Wang L, Wang B Z, et al. Theoretical analysis and experimental study on mass transfer efficiency of ozone in activated sludge [J]. Journal of Environmental Science, 2007, 28(8): 1703-1709. (in Chinese)

欢迎订阅 2010 年《南京林业大学学报(自然科学版)》

CN 32—1161/S 国内外公开发行人 ISSN 1000—2006

《南京林业大学学报(自然科学版)》由南京林业大学主办,创刊于 1958 年,是以林业为主的综合类学术期刊。主要报道森林资源与环境、水土保持与荒漠化、木材工业与技术科学、林业机械与电子工程、林产化学与工业、园林植物与风景园林、林业经济与管理、土木工程等以及有关边缘学科的研究成果。另设置专栏集中报道重点项目、基金项目及重大课题的研究成果。

本刊为国家科学技术部中国科技论文统计源期刊;中国科学引文数据库来源期刊;中国学术期刊综合评价数据库来源期刊;中国自然科学核心期刊;《中国学术期刊(光盘版)》首批入编期刊、万方数据(China info)系统入编科技期刊群。被国际国内著名检索刊物如《国际农业与生物科学研究中心(网络版)CABI》、《FA》、《FPA》、《剑桥文摘》、《乌里希期刊指南》、《哥白尼文摘》、《ZR》、《中国生物学文摘》等数据库收录。1992 年以来,本刊先后多次获得全国优秀科技期刊三等奖、全国高校优秀学术期刊一等奖、江苏省优秀自然科学学报一等奖、首届中国高校精品、优秀、特色科技期刊优秀奖等多项荣誉。

本刊为双月刊,单月末出版。大 16 开本,每期定价 10 元,全年 60 元。

全国各地邮政局(所)均可订阅,邮发代号:28—16;国外发行:中国国际图书贸易总公司(北京 399 信箱),发行代号:Q552。

也可通过全国非邮发中心联合征订服务部办理订阅手续:天津市大寺泉集北里别墅 17 号,邮编:300385 如有需要近年过刊的读者请直接与本刊编辑部联系:210037 南京市龙蟠路南京林业大学学报编辑部。

电 话(传真):025-85428247 85427076

E-mail: xuebao@njfu. edu. cn xuebao@njfu. com. cn