

SBR 生物脱氮反应器中活性污泥菌相变化研究*

廖永红¹ 周晓宏² 汪 苹¹ 胡中豪¹ 刘 军¹

1(北京工商大学化学与环境工程学院,北京,100037)

2(北京理工大学生命科学与技术学院,北京,100081)

摘 要 对 20 L SBR 生物反应器处理高氨氮废水的活性污泥菌相进行了初步研究,成功地分离出了硝化菌、反硝化菌和异养菌,测定了工艺过程中各种成分和活性污泥细菌浓度的变化,为进一步研究活性污泥的活性,提高 SBR 生物脱氮效率奠定了基础。

关键词 生物脱氮,菌相,硝化细菌,反硝化细菌,异养菌

开发高效经济的生物脱氮技术一直是国内外科研工作者所关注的热点,序批式间歇活性污泥法(SBR)生物脱氮是一种污水处理的新技术,它具有脱氮比较彻底,且无二次污染等优点,近年来引起国内外广泛重视。其工艺流程主要包括 5 个阶段:进水期,反应期,沉淀期,排水排泥期,闲置期。从进水到闲置依次运行 1 次为 1 个运行周期^[1-3]。本 SBR 生物脱氮工艺如下:

进水→曝气 8h→沉淀、静置 16 h→排水

废水的生物脱氮首先是各种含氮的有机物在氨化菌的作用下转化为 NH_3 或 NH_4^+ ,然后在硝化菌和反硝化菌的作用下,将氨氮最终转化为氮气而将其从废水中除去,氮气则进入大气参加生态系统的循环^[4,5]。生物脱氮简图如下:

有机氮 $\xrightarrow{\text{氨化菌}}$ 氨氮 $\xrightarrow{\text{硝化亚硝化菌}}$ 硝基氮、亚硝基氮 $\xrightarrow{\text{反硝化菌}}$ 氮气

活性污泥生物脱氮过程是多种微生物共同作用的结果,这些微生物构成了活性污泥的菌相,菌相结构又直接影响脱氮效率。在一个脱氮周期中,活性污泥的菌相发生着周期性的变化。对其变化规律的研究不仅对生物脱氮机理的理论研究有重要的意义,而且对高效生物脱氮活性污泥的构建具有实际指导意义^[6-9]。

本研究小组对 20 L SBR 生物反应器处理高氨氮废水的活性污泥菌相进行了初步研究,研究 SBR 生物脱氮工艺流程中的菌相变化规律,为进一步增强活性污泥活性,提高 SBR 生物脱氮效率奠定基础。

1 实验材料和方法

1.1 实验材料

在实验室的 20L SBR 生物脱氮反应器中运行污泥。

1.2 实验方法^[10-17]

(1)实验中采用了稀释平板培养法对各种脱氮菌进行分离和研究,采用不同的选择培养基和好氧及厌氧培养方式。

(2)在本工艺运行过程中每隔 1 h 取 1 次样,然后对水样进行稀释培养以研究各种菌在整个过程中的变化情况。

2 实验结果与讨论

2.1 SBR 生物脱氮工艺中各种物质的变化

本 SBR 生物脱氮工艺中采用的废水是人工配制的废水,进水 COD 为 800 mg/L,氨氮为 100 mg/L,废水中所含的物质主要有 COD、亚硝基氮、硝基氮和氨氮。在生物脱氮反应器处于最佳稳定条件下,从进水 0 h 开始,每小时取样测定 1 次,各种物质含量的变化情况如图 1 所示。

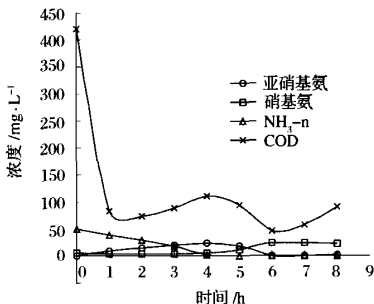


图 1 脱氮工艺中各种物质的变化图

从图 1 可以看出,前 5 h 有明显的亚硝基氮的积

第一作者:硕士,副教授。

* 本文为 2005 年中国工业微生物研讨会获奖论文

收稿日期:2005-04-23

果,并且其含量明显高于硝基氮的含量。但反应的后3 h 硝基氮含量明显高于亚硝基氮的含量。这是因为在反应的前3 h,溶解氧在0.5 mg/L左右,从第6 h开始溶解氧有所上升。从溶解氧的变化可以看出,在反应的前5 h硝化反应占据主导地位,反应处于好氧阶段,后3 h反硝化反应占据主导地位,反应不再消耗氧,溶解氧大幅上升。从图中COD数据分析得到,在反应的前2 h,由于污泥的吸附作用把大量COD吸附,又由于测量出水数据时,采用布氏漏斗抽滤,使得污泥被抽滤掉的同时大量COD也被抽滤掉,所以去除率高。从第3 h开始,污泥的吸附达饱和,硝化作用不能消耗污泥吸附的全部COD,所以COD去除率下降。从反应的第5 h,随着COD的不断去除,反硝化作用可以消耗污泥吸附的所有COD,并且污泥吸附COD也不能达到饱和,所以COD的去除率开始上升。

虽然反应最后的硝基氮含量明显高于亚硝基氮,但在反应中途有明显的亚硝基氮的积累,并且其含量明显高于硝基氮的含量。可见反应器进行的是亚硝酸型的硝化反硝化,并且所确定的最佳反应条件有利于亚硝酸型的硝化反硝化进行脱氮,去除效果良好。

2.2 对SBR生物脱氮工艺中异养菌的研究

对废水稀释培养2 d后取出观察,发现主要有5种不同的菌落 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 、 Y_5 ,对其中4种主要菌 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 进行记数和形态观察。该工艺过程中异养菌数量的变化情况如图2所示。

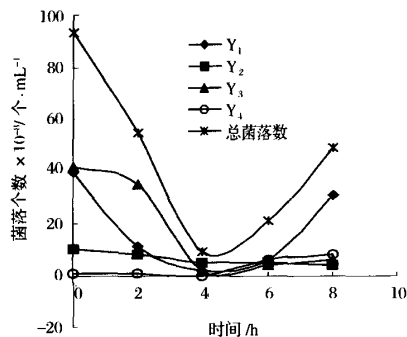


图2 脱氮工艺中异养菌的变化图

从图2中可以看出, Y_1 、 Y_3 、总菌落数都是先减少后增加,呈反抛物线,而 Y_2 则一直下降, Y_4 则缓慢增加。异养菌的总数呈现先减少后增加的趋势,这有可能是由于刚进水时COD和氨氮浓度过高异养菌不能马上适应这种变化随着反应时间向后推移,异养菌适应周围的环境,开始增长。

2.3 对SBR生物脱氮工艺中亚硝化菌的研究

取样稀释培养1周后观察,发现主要有6种不同的菌落 H_1 、 H_2 、 H_3 、 H_4 、 H_5 、 H_6 ,对其中4种主要菌 H_1 、 H_2 、 H_3 、 H_6 记数和形态观察。该工艺过程中各种菌落数量的变化情况如图3所示。

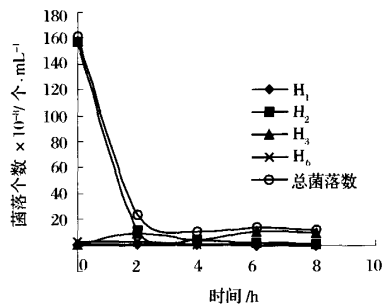


图3 生物脱氮工艺中亚硝化菌的变化图

从图3中可以看出, H_2 和总菌落个数都是在前2 h中急剧下降,在后几个小时中都趋于平稳,其他3种菌变化不大。这可能是在反应的前阶段亚硝基氮浓度上升,抑制了它们的生长,数量下降;在反应后期由于氨氮浓度已为0,亚硝化菌得不到供其生长所需的氮源,使它们的数量保持在较低水平。

2.4 SBR生物脱氮工艺中硝化菌的研究

取样稀释培养,1周后取出观察发现有7种不同菌落 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_4 、 A_5 、 A_6 、 A_7 ,对其中4种主要菌 A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_5 进行计数和形态观察。各种菌落数量的变化情况如图4所示。

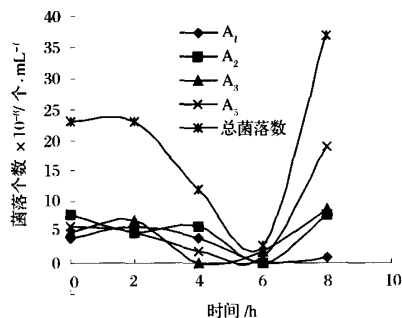


图4 生物脱氮工艺中硝化菌的变化图

从图4中可以看出, A_1 、 A_2 、 A_3 、 A_5 和总菌数基本上都呈现出先减少后增加的总趋势在4~6 h左右达到最低值。这可能是由于在刚开始阶段水中的DO比较低,大量的氧气被污泥中的细菌利用。从图1可以看出,在反应的前期亚硝酸根离子的浓度高于硝酸根离子的浓度,被污泥吸附的氧气大部分被亚硝化菌利用,而硝化菌不能得到足够的氧气来对亚硝酸根离

子进一步氧化,造成了在该工艺的前阶段菌数下降。在反应后期,由于氨氮都被转化为亚硝基氮,没有氮源供亚硝化菌利用,硝化菌能得到足够的氧气将亚硝酸根离子氧化为硝酸根离子,这样硝化菌又开始增多。

2.5 对 SBR 生物脱氮工艺中的反硝化菌的研究

2.5.1 反硝化菌(反 NO_2^-) 的研究

取样培养 10 d 后取出观察,发现了 3 种不同的菌落 FY_1 、 FY_2 、 FY_3 , 对它们分别进行记数和形态观察。各菌落数量的变化情况如图 5 所示。

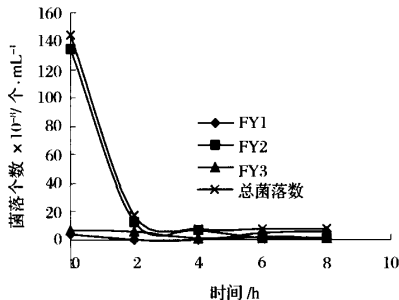


图 5 本工艺中反硝化菌的变化图

从图 5 中可以看出, FY_2 和总菌落数在 0~2 h 出现急速下降, 之后逐渐趋于平稳, FY_1 和 FY_3 这 2 种菌均比较平稳。这有可能是曝气时, 氧气抑制了反硝化菌的生长。到反应的闲置阶段, 由于停止了曝气, 反硝化菌大量生长。也有可能是在曝气过程中反硝化菌处于活性污泥的中心, 在稀释的过程中很难将它们完全混匀, 造成菌落数的降低; 而在闲置阶段由于水中没有充足的氧气, 反硝化菌游离到水中, 这样在稀释过程中就容易混匀, 这可能就是在 0 h 时 FY_2 菌数远远大于其他菌的原因。

2.5.2 对异养反硝化菌(反 NO_2^-) 的研究

取样稀释培养 10 d 后取出观察, 发现有 2 种不同的菌落 TY_1 、 TY_2 , 分别对它们进行记数和形态观察。各菌落数量的变化情况如图 6 所示。

从图 6 可以看出, TY_1 和总菌落数在 0~2 h 都是急速下降, 之后趋于平稳。 TY_2 降得比较慢, 2 h 后也趋于平稳。其原理与图 5 的原理相同。

2.5.3 反硝化菌(反 NO_3^-) 的研究

取样稀释培养 10 d 后取出观察, 发现有 4 种不同的菌落 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 , 分别对它们进行记数和形态观察。各种菌落数量的变化情况如图 7 所示。

从图 7 可以看出 F_1 、 F_2 、 F_3 和总菌落数都呈现出先减少后增加的总趋势, F_4 则是先缓慢增加后减少。

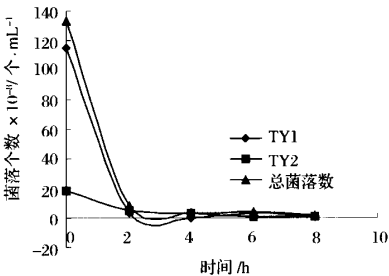


图 6 本工艺中异养反硝化菌变化图

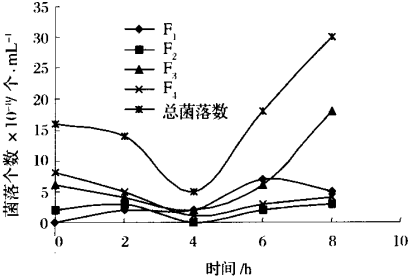


图 7 本工艺中反硝化菌的变化图

F_1 、 F_2 、 F_3 和总菌落数先减少后增加有可能是在反应前期水中的 DO (溶解氧浓度) 较低, 说明是说有大量的氧气被活性污泥中的细菌利用, 硝化反应占主导地位, 而反硝化菌处于污泥的中心, 污泥中的氧气多了就会抑制其生长, 结果造成反应前期反硝化菌数量的下降; 在反应后期由于水中的 DO 增加使污泥中含氧量下降反硝化反应占主导地位, 这样就有利于反硝化菌的生长, 造成反硝化菌的增加。这与由图 1 中得出的在反应前期硝化反应占主导地位、在反应后期反硝化反应占主导地位结论相符合。

2.5.4 异养反硝化菌(反 NO_3^-) 的研究

取样稀释培养 10 d 后取出观察, 发现有 5 种不同的菌落 TF_1 、 TF_2 、 TF_3 、 TF_4 、 TF_5 , 分别对它们进行记数和形态观察。各种菌落数量的变化情况如图 8 所示。

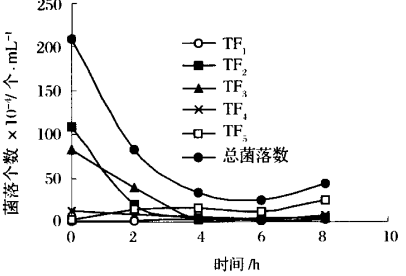


图 8 本工艺中异养反硝化菌变化图

图8中可以看出, TF_1 和 TF_4 在整个反应过程中比较平稳,各时间点菌落数相差不是很大;而 TF_5 在该工艺过程中一直缓慢的增加; TF_2 和 TF_3 则均在开始的2 h急剧下降,4 h之后趋于平稳;总菌落数呈现出先降低后增加的总趋势。其原理与2.5.3的相同。

3 结 论

(1)分离出来的异养菌均为革兰氏阴性菌,它们在本工艺中经历了先减少后增加的过程,这与它们对周围环境(COD及氨氮的浓度)的适应性有关,与该工艺中各物质的变化相符合。

(2)本实验分离出来的亚硝化菌中不仅有革兰氏阴性菌,还有少数的革兰氏阳性菌,它们的数量在本工艺中的前2 h中急剧下降,之后保持稳定。这与水中亚硝基氮和氨氮浓度有关,与亚硝基氮和氨氮浓度的变化相符合。

(3)本实验分离出来的硝化菌均为革兰氏染色呈阴性的杆菌,它们的数量在本工艺中先减少后增加,在4~6 h左右达到最低值。这与硝化菌得到氧气的的能力有关,与亚硝基氮、硝基氮含量的变化相吻合。

(4)以亚硝基氮为底物的自养和异养的反硝化菌均为革兰氏阴性菌。它们的数量在本工艺的前2 h大幅度下降,之后相对比较稳定,这可能与这类菌对氧气比较敏感有关。

(5)以硝基氮为底物的自养和异养的反硝化菌为革兰氏阴性菌。它们的数量在本工艺中先减少后增加,与从物质变化图中得出的在反应前期硝化反应占主导地位,在反应后期反硝化反应占主导地位的结论

相吻合。

参 考 文 献

- 1 沈耀良,王宝贞. 废水生物处理新技术理论与应用[M]. 北京:中国环境科学出版社,2000
- 2 徐亚同,史家堦,张明. 污染控制微生物工程[M]. 北京:化学工业出版社,2001
- 3 堵国成,耿金菊,陈坚. 好氧同时硝化-反硝化脱氮微生物的混合培养[J]. 食品与生物技术,2002,21(05):515-532
- 4 张忠祥. 城市可持续发展与水污染防治对策[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1999
- 5 王宗平. 污水生物脱氮研究进展[J]. 环境科学进展,1999(增刊):125
- 6 王建龙,文湘华. 现代环境生物技术[M]. 北京:清华大学出版社,2001
- 7 李军,杨秀山,彭永臻. 微生物与水处理[M]. 北京:化学工业出版社,2002
- 8 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]. 环境技术,2002(2):38~44
- 9 张民. 可持续发展论[M]. 北京:中国环境科学出版社,1997
- 10 史家堦,徐亚同,张圣章,等. 环境微生物学[M]. 上海:华东师范大学出版社,1993
- 11 翁稣颢,顾祖宜. 环境微生物学[M]. 北京:科学出版社,1985
- 12 秋文芳. 环境微生物学技术手册[M]. 北京:学苑出版社,1989
- 13 贺延龄,陈爱侠. 环境微生物学[M]. 北京:中国轻工业出版社,2001
- 14 周群英,高廷耀. 环境工程微生物学(第二版)[M]. 北京:高等教育出版社,2000
- 15 钱存柔,黄仪秀. 微生物学实验教程[M]. 北京:北京大学出版社,2001
- 16 须藤隆一著. 俞群辉,全浩编译. 环境净化及废水处理微生物学[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1988
- 17 罗志腾. 水污染控制微生物学[M]. 北京:科学技术出版社,1988

Research on the Group of Bacteria in Active Sludge in Biotenitrification Reactor

Liao Yonghong¹ Zhou Xiaohong² Wang Ping¹ Hu Zhonghao¹ Liu Jun¹

1(School of Chemical and Environmental Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing, 100037, China)

2(School of Life Science and Technology, Beijing Institute of Technology, Beijing, 100081, China)

ABSTRACT The group of bacteria in active sludge for the treatment of high strength ammonia wastewater was studied in 20 L SBR reactor. Nitrifying bacteria, denitrifying bacteria and heterotrophic bacteria were separated with their morphology observed. The content of various constituents and the number of various bacteria in the denitrification process were measured. This study may be valuable for improving the activity of active sludge and the denitrification efficiency in SBR biotdenitrification.

Key words biotdenitrification, group of bacteria, nitrifying bacteria, denitrifying bacteria, heterotrophic bacteria