

# 序批式反应器不同活性污泥特性的比较研究

张 胜<sup>1,2</sup>, 张铭川<sup>1</sup>, 竺建荣<sup>1\*</sup>, 刘鸿亮<sup>1</sup>

(1. 大同市环境保护局,大同 037006; 2. 北京师范大学环境学院,北京 100875)

**摘 要** 研究了以厌-好氧交替运行方式序批式反应器(SBR)中接种普通活性污泥(CAS)、膜生物反应器(MBR)污泥、好氧颗粒污泥(AGS)的特性,研究结果表明,三种类型的污泥表现出不同的特性。

**关键词:** 关键词: SBR; 污泥特性; 好氧颗粒污泥; MBR

序批式反应器(SBR)通过时间序列来实现缺氧(厌氧)-好氧的循环过程,工艺过程具有操作灵活,工艺简单,运行稳定(耐冲击负荷、固液分离性能好、有效抑制丝状菌、脱氮除磷效果好)等特点,得到了广泛的应用。到目前为止几乎所有的好氧颗粒污泥的成功培养集中在 SBR 工艺反应器中完成<sup>[1-6]</sup>,序批式-膜生物反应器(MBR)不仅可以实现循环时间与反应时间的相等,而且还可以在低循环比条件下运行<sup>[7]</sup>,具有很好的发展前景。本试验对课题组的 AGS、MBR 中污泥、接种 CAS 进行了对比研究。

## 1 材料与方法

本试验 SBR 系统好氧颗粒污泥培养采用有机玻璃制成的反应器,内径 8cm,高 160cm,有效容积 10.8L,换水比为 60%~80%;MBR 为浸没式,体积为 60 L,体积交换比为 15%~25%,出水真空泵调节流量,采用间歇式出水方式,开停比为 10:2;以上反应器均采用时间程序控制器对反应器周期实现自动控制,液位通过液位传感器来控制,反应一周期为 6 h,厌/好氧交替进行,接种北京市高碑店污水处理厂的厌-好氧混合活性污泥絮体,室温下运行。配水采取实验室人工配水,葡萄糖 200~1800mg/L,碳酸氢钠 60~300mg/L,蛋白胨 30~70mg/L,氯化钠 25~50mg/L,硫酸铵 60~230mg/L,磷酸二氢钾 40~110mg/L, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 90~94 mg/L, FeSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O 5mg/L。

COD、混合液悬浮固体(MLSS)和 SVI 采用标准方法测定<sup>[8]</sup>;使用数码照相机记录颗粒形态;污泥平均粒径测定采用英国 Mastersizer2000 测定;OUR 溶解氧的测定采用美国 Thermo Orion805A 测定;蛋白质的测定采取考马斯亮兰法(Bradford 法),多糖的测定采取蒽酮-硫酸法。

## 2 结果与讨论

### 2.1 污泥形态、浓度、沉降性能的比较

CAS(图 1 A)结构分散,大小不均匀,MBR 中污泥(图 1 B)大小较均匀,且分布集中,成熟的 AGS(图 C)颗粒间边界轮廓清晰,以球形为主,表面光滑。

AGS 的污泥浓度刚开始时在逐渐增大,在 15 d 时开始下降,是由于沉降时间在此时从 20 min 缩短为 10 min,造成一定量的污泥流失,但后来又逐渐加大,到颗粒完全出现时的 50 d 已达到 8g/L 左右,成熟时达到 11.86g/L,SVI 值从接种时的 180ml/g 一直在下降,至完全颗粒化时达到 25.1ml/g,此后变化不大(图 2)。膜生物反应器中 MLSS 浓度一直在上升,运行到 115 d 时已达到 12.27g/L,SVI 在运行的前两周内,下降到 50ml/g,以后则逐渐加大,到 55 d 时已达 120ml/g,这主要是由于 MBR 溶解性微生物的产物(SMP)增加,污泥很难沉降,此后,随着 SRT 的增加,采取调控措施,污泥沉降性能逐渐变好,维持在 60ml/g 左右(图 3)。

基金项目:国家自然科学基金(67112884)。

作者简介:张 胜(1969~),男,在读博士生,高级工程师,从事水污染控制与治理技术研究。E-mail: zhangsheng9082@sina.com。  
联系电话:13488685818,(010)58803559。\*责任作者:竺建荣。

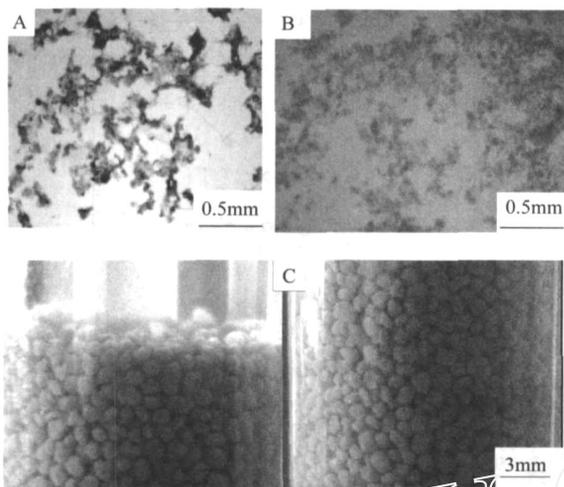


图 1 污泥的不同形态

A. CAS B. MBR 中污泥 C. AGS

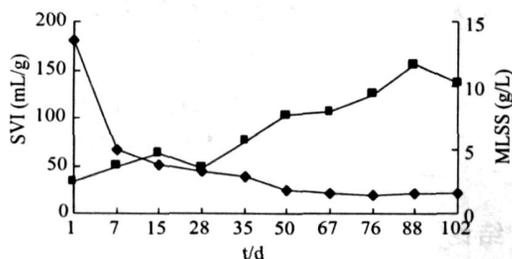


图 2 AGS 的 MLSS 及 SVI 值

— SVI — MLSS

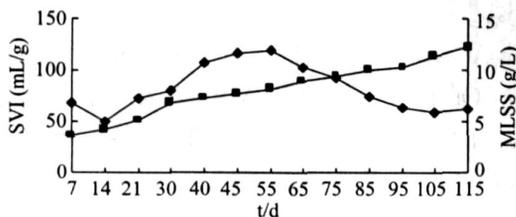


图 3 MBR 的 MLSS 及 SVI 值

— SVI — MLSS

### 2.2 污泥粒径大小的比较

与 CAS 相比, MBR 的污泥粒径分布范围小,而且粒径分布集中,这主要是由于出水曝气产生的错流和膜过滤的剪切应力使颗粒变小,这与 De-france 等<sup>[9]</sup>的实验结果一致,颗粒小有利于提高传质效率,有利于对有机污染物的去除。好氧颗粒污泥粒径分布要大的多,Beun 等<sup>[10]</sup>认为,好氧颗粒污泥的大小不仅是微生物生长衰老过程的直接参数,而且在传质和扩散的限制上起到了重要的作用,随

着微生物大小及代龄的增加,微生物多孔性减少,直接影响到内部微生物营养物的获取,形成代谢废物的排泄,影响微生物的活性,影响其生存的微环境及微观结构,考虑到微生物的活性,1mm 是有利的,本试验的培养的成熟污泥颗粒分布比较集中,主要在 0.1~1.0mm 之间。

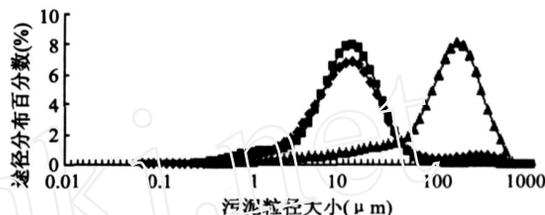


图 4 不同污泥的粒径大小

— CAS — MBR — AGS

### 2.3 污泥活性的比较

运行稳定的 SBR 中污泥活性与 CAS 相比, AGS 的氧利用速率 OUR、比氧利用速率 SOUR 均很高,说明 AGS 粒径大,有利于氧气和有机物的传质,有利于有机污染物的降解。MBR 中 OUR 较高,SOUR 则较低,说明 MBR 中积累的可溶性代谢产物(SMP)对活性污泥的代谢活性是有抑制作用的,一方面是由于微生物内源呼吸的代谢产物在膜生物反应器中的积累,另一方面由于反应器中的污泥浓度高,阻止了氧气和有机基质有活性污泥絮体中的传质过程,降低了污泥活性。

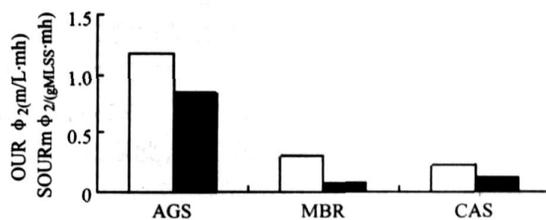


图 5 不同污泥 OUR 及 SOUR 值

— OUR — SOUR

### 2.4 胞外多聚物(EPS)的比较

污泥中 EPS 的主要成分有:蛋白质、多聚糖,此外还有一些核酸、类腐殖质物质、脂类等,MBR 中污泥及 AGS 中的 EPS 中蛋白质及多糖在好氧阶段的变化,由于普通活性污泥的 EPS 在整个好氧阶段变化不大,未在试验结果中标出。

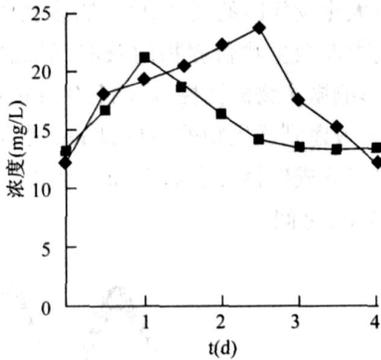


图 6 AGS 中的 EPS 值

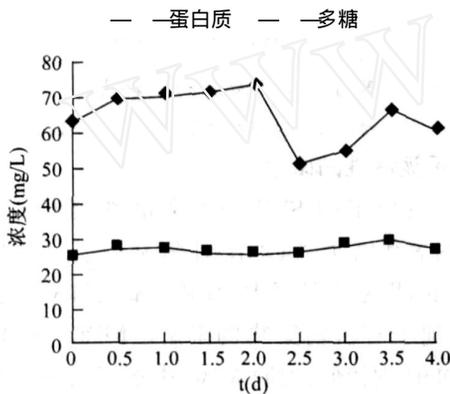


图 7 MBR 中 EPS 值

从图 6 可以看出,AGS 的 EPS 中蛋白质含量随着好氧反应的进行,含量一直在增加,达到 23.65mg/L,此后就逐渐下降,下降趋势比多糖快,多糖在反应过程中增加较快,在 1 h 时就达到 21.23mg/L,此后缓慢下降。MBR 污泥中蛋白质含量高,为 51.56~72.96mg/L,多糖为 13.24~24.23mg/L,从膜开始出水,蛋白质含量迅速下降,此后又逐渐升高,多糖则保持一直上升的趋势(图 7)。

2.5 对有机污染物去除的比较

MBR 和好氧颗粒污泥对有机物均有很高的去除率,培养 AGS 时反应器在运行初期接种普通活性污泥对有机污染物就有较高的去除,在第 50 天成熟的颗粒污泥出现后,即使加大有机负荷,出水仍然很稳定,对有机物的去除率一直保持在 90%以上(图 8)。MBR 在运行初期上清液 COD 较高,表明 COD 的去除以膜分离为主,运行到 65 d 以后上清液 COD 逐渐减小,此时 COD 去除以反应器中污泥为主,出水 COD 在 30mg/L 以下(图 9)。

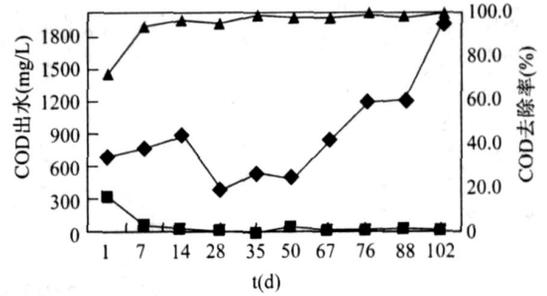


图 8 AGS 对 COD 的去除能力

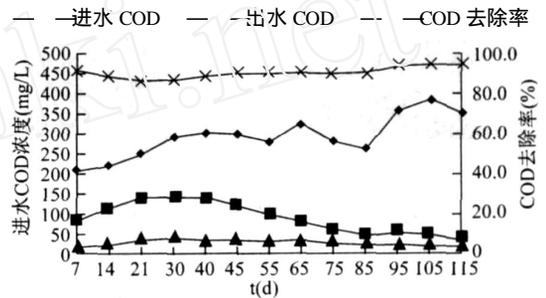


图 9 MBR 对 COD 的去除能力

3 结论

3.1 从 OUR 及 SOUR 值可以得到好 AGS 的活性高,MBR 中污泥的 OUR 值较高,但 SOUR 不及 CAS。

3.2 AGS 的粒径大,范围在 0.1~1mm,对有机污染物 COD 的去除负荷高,MBR 污泥粒径比普通活性污泥的要小,COD 去除负荷低,对有机物的去除效果好,出水水质好。

3.3 AGS 和 MBR 中污泥浓度都很高,因而对污染物的容积负荷大,MBR 的 EPS 含量高,且蛋白质的含量比多糖高,AGS 的 EPS 蛋白质的含量虽然比多糖高,但随着反应器曝气时间的延长,蛋白质含量下降较快,多糖的量下降较慢。

参 考 文 献

[ 1 ] Beun, J J, van Loosdrecht M C M, Heijnen J J. Aerobic granulation in a sequencing batch airlift reactor[J]. Wat. Res.,2000, 36(3):702~712

[ 2 ] McSwain B S, Irvine R L, Wilderer P A. The influence of settling time on the formation of aerobic granules[J]. Wat. Sci.

- Tech., 2004, 50(10): 195~202
- [ 3 ] Etterer T, Wilderer P A. Generation and properties of aerobic granular sludge[J]. Wat. Sci. Tech., 2001, 43(3): 19~26
- [ 4 ] 竺建荣,刘纯新. 好氧颗粒活性污泥的培养及理化特性研究[J]. 环境科学[J]. 1999, 3(2): 38 - 41
- [ 5 ] Tay J H, Liu Q S, Liu Y. Characteristics of aerobic granules grown on glucose and acetate in sequential aerobic sludge blanket reactors[J]. Env. Tech., 2002, 23(8): 931~936
- [ 6 ] Moy B Y P, Tay J H, Toh S K, *et al.*, High organic loading influences the physical characteristics of aerobic granules [J]. Letts. Appl. Microbiol., 2002, 34: 407~412
- [ 7 ] Krampe J, Krauth K. Sequencing batch reactor with submerged hollow fiber membranes for the biomass separation[J]. Water Sci. Techn., 2001, 43(3): 195~199
- [ 8 ] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法 [M]. 第四版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002 年 12 月
- [ 9 ] Defrance L, Jaffrin M Y, Gupta B, *et al.*, Contribution of various constituents of activated sludge to membrane bioreactor fouling[J]. 2000, 73(2): 105~112
- [10] Beun J J, Van Loosdrecht M C M, Heijnen J J. N-removal in a granular sludge sequencing batch airlift reactor [J]. Biotechnol Bioeng., 2001, 75(1): 82~92.

## Comparison on characteristics of different activated sludge with SBR process

ZHANG Sheng<sup>1,2</sup>, ZHANG Ming-chuan<sup>1</sup>, ZHU Jian-rong<sup>1</sup>, LIU Hong-liang<sup>1</sup>

(1. Environmental protection agency, Datong City, Datong 037006, China;

2. School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

**Abstract** The characteristics of inoculated conventional activated sludge (CAS), sludge of membrane biological reactor (MBR) and aerobic granular sludge (AGS) in aerobic/anaerobic sequencing batch reactor (SBR) process were investigated. The results showed that the above three kinds of sludge presented different characteristics.

**Key words** SBR; sludge characteristics; aerobic granular sludge; MBR

### 本刊参考文献格式简介

文后所列出的参考文献序号,应与正文中标注的序号(相应文字右上角上标的方括号内)一致。未发表的文章不能列入参考文献。

引用的各条参考文献按序号顶格排列,移行时应缩格排列。如果参考文献的作者超过 3 名,只需列出前 3 名,后面加上“等”(中文)或“*et al.*”(西文)。

以下为本刊参考文献的格式,请注意其中标点符号的用法。

**期刊的参考文献格式:**

作者. 题目. 刊名, 出版年, 卷(期): 页次

**书籍的参考文献格式:**

作者. 书名. 版本. 出版地: 出版者, 出版年: 页次

**专利的参考文献格式:**

专利申请者. 专利题名. 专利国别. 专利文献种类. 专利号. 出版日期

**学术会议论文集的参考文献格式:**

作者. 题目. 论文集名. 出版地: 出版者, 出版年: 页次