

文章编号:1673-1689(2005)04-0092-04

好氧移动床生物膜反应器挂膜启动过程

朱成辉¹, 李秀芬¹, 陈坚¹, 王洪春²

(1. 江南大学生物工程学院, 江苏无锡 214036; 2. 江苏省环境工程技术研究中心, 江苏宜兴 214205)

摘要: 采用移动床生物膜反应器处理生活污水, 考察了接种污泥质量浓度对挂膜启动过程的影响, 同时对启动过程中微生物相的变化、悬浮污泥的影响进行了初步分析。结果表明: 在不添加接种污泥的条件下, 反应器能够在两周内完成挂膜启动, 载体上附着微生物生长稳定时挥发性悬浮污泥(VSS)质量浓度达 1.2 g/L; 载体上微生物的附着生长主要可分为 3 个阶段: 适应期、增长期以及稳定期, 不同阶段微生物相的种群分布不同, 各有其特征微生物存在; 反应器在挂膜启动过程中, 接种所需的临界活性污泥质量浓度在 0.1 g/L 以下。

关键词: 移动床生物膜反应器; 接种污泥; 生活污水

中图分类号: TQ 920

文献标识码: A

Start-up in Aerobic Moving-Bed Biofilm Reactor

ZHU Cheng-hui¹, LI Xiu-fen¹, CHEN Jian¹, WANG Hong-chun²

(1. School of Biotechnology, Southern Yangtze University, Wuxi 214036, China; 2. Jiangsu Pengyao Environmental Engineering & Technology Research Centre, Yixing 214205, China)

Abstract: In this study, aerobic moving bed biofilm reactor (MBBR), fed with domestic wastewater, was used to investigate the influence of inoculated sludge concentration on biofilm development, and the change of microbial community. The results showed that there was no negative influence on biofilm growth without inoculating sludge, and the concentration of attached biomass stabilized at 1.2 g/L after two-weeks operation. Biofilm development in MBBR could be divided into three phases including the adaptation, the rapid growth and the stabilization. In addition, it was concluded that a very low critical concentration of inoculated sludge below 100 mg/L, was required during the start-up.

Key words: moving bed biofilm reactor; inoculated sludge; domestic wastewater

好氧移动床生物膜反应器(Moving-Bed Biofilm Reactor, MBBR)是近年来颇受水处理工作者重视的一种革新型反应器,它是为解决固定床反应器需定期反冲洗、流化床需使载体回流、淹没式生

物滤池需清洗滤料和更换曝气器的复杂操作而发展起来的^[1]。

通常认为,增加悬浮微生物的质量浓度可以加速生物膜反应器的挂膜启动,接种污泥质量浓度在

收稿日期:2004-09-28; 修回日期:2004-12-22.

基金项目:江苏省鹏鹞环境工程技术研究中心开放课题(No. JSERC0204)

作者简介:朱成辉(1979-),男,江苏丹阳人,环境工程硕士研究生。

万方数据

1.0 g/L 左右为宜^[2,3]。另一些研究表明^[4,5],当悬浮微生物与附着微生物同时存在时,悬浮微生物的生长更具竞争力,因为附着微生物受生物膜内传质阻力和底物扩散限制的影响,而悬浮微生物呈分散状态存在,对营养物的摄取更容易,因此造成一种对附着微生物生长不利的环境,见图 1。

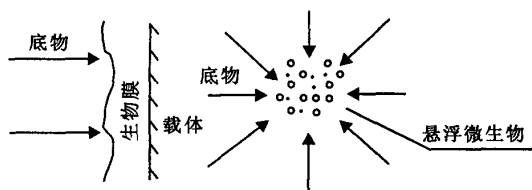


图1 微生物对底物的摄取

Fig.1 Biomass utilization of substrate

如果不接种污泥,仅利用污水自身所含的活性微生物,是否有利于挂膜启动的迅速完成。为此,作者以生活污水作为处理对象,采用中试规模的移动床反应器研究了接种污泥量对反应器挂膜启动过程的影响,同时对挂膜过程中微生物相的变化以及悬浮污泥的影响进行了初步探讨,以期移动床反应器的工程应用提供有益参考。

1 材料与方法

1.1 实验装置与材料

实验装置见图 2。反应器为长方体结构,长、宽、高分别为 1.2, 0.4, 0.7 m, 有效容积为 0.3 m³。反应器内的填料材质为聚乙烯,呈短管状,直径约 10 mm,长 10 mm,内设交叉面支撑,外有沟棱,其最大比表面积在 350 m²/m³ 左右。填料的流化靠反应器底部曝气产生的提升力实现。

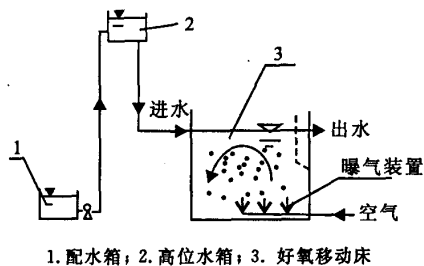


图2 试验装置流程图

Fig.2 Scheme of the experimental installation

实验所用废水来自某公司办公大楼的生活污水,其水质化学需氧质量浓度(COD)为 180~250 mg/L,氨氮质量浓度为 30~50 mg/L,悬浮污泥(SS)质量浓度为 90~150 mg/L, pH 值为 6~7。

实验在常温(22~24 ℃)下进行,进水 COD 在 200 mg/L 左右,水力停留时间(HRT)维持在 3 h,填料投加量为 30%(体积比),气水比控制在 10:1。

万方数据

1.2 分析方法

1.2.1 各项的分析测定 均采用国家标准方法。COD:重铬酸钾法^[6]; NH₃-N:纳氏试剂法^[6]; VSS/SS:烘干称重法^[6]; pH:精密酸度计直接测定。

1.2.2 填料生物膜浓度的测定 首先将生物膜填料置于 0.1 mol/L 的 NaOH 碱液中,并在 60 ℃ 的水中溶解 20 min,使生物膜与载体表面的胶联程度大大降低,然后再机械剥落处理;剥落后生物膜干重的测定与悬浮微生物干重的测定方法相同(填料生物膜浓度单位折算为与悬浮微生物浓度单位一致,即 g/L)^[7]。

2 结果与分析

2.1 接种污泥量对好氧移动床生物膜反应器挂膜启动过程的影响

为研究无接种污泥时好氧移动床生物膜反应器挂膜启动的可行性,进行了接种污泥量的实验,结果见图 3、图 4。

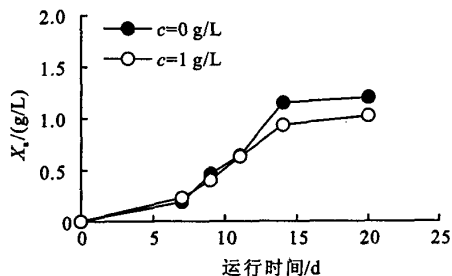


图3 接种污泥量对填料挂膜的影响

Fig.3 Effect of inoculated sludge concentration on biofilm formation

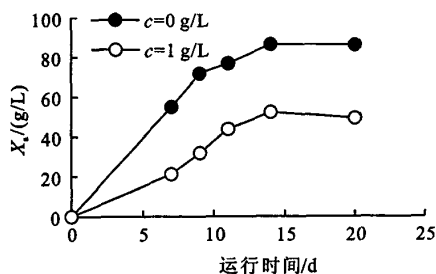


图4 生物膜占总生物量的百分数

Fig.4 Percentage of biofilm to total biomass

从图 3 可以看出,不同接种污泥质量浓度的启动初期,填料上附着污泥质量浓度(X_f)均逐步增加,增长曲线相似,至第 7 天时,接种污泥质量浓度为 0, 1 g/L 的生物膜质量浓度 VSS 分别为 0.23

和 0.19 g/L,随着挂膜过程的进行,到第 14 天时分别达 0.93,1.15 g/L,之后附着污泥质量浓度基本趋于稳定,VSS 分别为 1.0, 1.2 g/L 左右,无接种污泥挂膜启动结束时的生物膜质量浓度略高一些.两种方法的启动进程基本一致,挂膜启动时间均为 14 d 左右,不添加接种污泥不会造成挂膜启动时间的延长.

为进一步分析接种污泥对挂膜进程的影响,图 4 给出了生物膜质量浓度占总生物量(包括附着污泥和悬浮污泥)的百分比.由图 4 可知,挂膜启动结束时,接种污泥质量浓度为 0 的条件下,生物膜质量浓度(X_b)占总生物量(X)的 80% 左右.接种污泥质量浓度(c)为 1.0 g/L 时,最终反应器内悬浮污泥质量浓度在 0.8 g/L 左右,附着污泥质量浓度稳定

在 1.0 g/L 左右,附着污泥质量浓度占总生物量的 50%.

2.2 接种污泥质量浓度对污染物去除的影响

图 5 是在两种接种污泥质量浓度下,挂膜启动过程中 COD 的去除情况.在不添加接种污泥的条件下(图 5a),随挂膜过程的进行,出水 COD 质量浓度逐步降低,最后在 50 mg/L 左右,COD 负荷从挂膜初期的 0.79 kg/(m³·d)逐渐增大至 1.5 kg/(m³·d);从对 COD 的去除情况看,出水 COD 的变化趋势与附着污泥质量浓度基本一致.接种污泥质量浓度为 1 g/L 时(图 5b),出水 COD 质量浓度自始至终变化不大,在 50 mg/L 左右,悬浮污泥在初期和后期均起重要作用,有机负荷从挂膜初期 1.2 kg/(m³·d)增至最终的 1.5 kg/(m³·d).

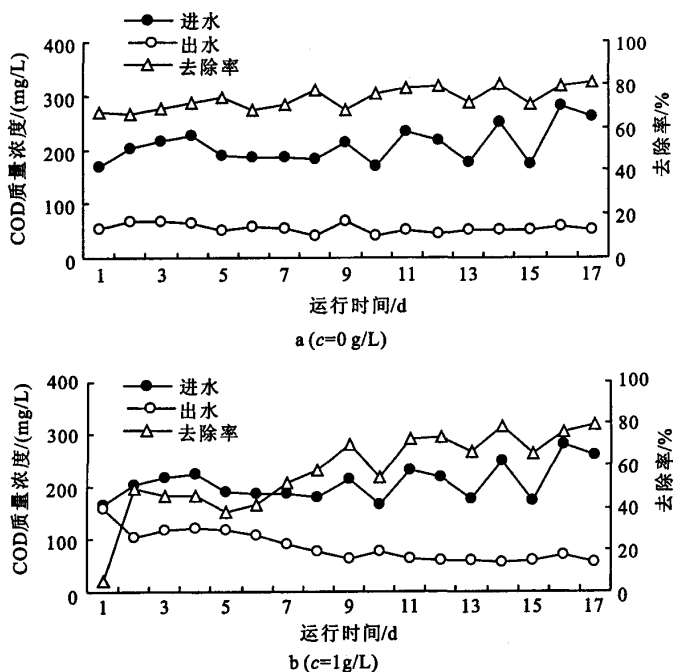


图 5 接种污泥质量浓度对 COD 去除效果的影响

Fig. 5 Effect of inoculated sludge concentration on COD removal in biofilm development

2.3 无接种污泥挂膜启动过程中微生物相的生长变化情况

采用不添加接种污泥的方法进行挂膜启动,分别在第 5,10,20 天对微生物的生长情况进行电镜观察,照片见图 6. 根据生物膜生长形态的变化情况,从反应器挂膜启动到生物膜生长成熟大致经历 3 个阶段.

2.3.1 适应期 由图 6(a)可知,填料上基本无生物膜生长,仅有少量丝状菌开始繁殖.实验过程中

肉眼观察发现,填料内表面在第 4 天时均出现了一层淡黄色薄膜,少量菌斑出现,此时反应器中悬浮污泥浓度也不是很高,VSS 仅为 0.2 g/L 左右.在这一过程中,以胞外多聚物作为结构支撑物,微生物经历一个不可逆附着过程,并开始逐渐适应生长环境,逐步在填料载体表面形成小而分散的微生物菌落.

2.3.2 增长期 从图 6(b)可见,随挂膜过程的进行,填料表面的微生物相发生了较大变化,以丝状

真菌为主,同时有少量短杆菌,生物膜厚度增大.肉眼观察,填料内表面的淡黄色生物膜变为灰褐色,普通镜检发现,出现以累枝虫属为主的原生动物和少量的线虫属、轮虫属等后生动物,生物膜所特有生物群落分布逐渐形成.此时的生物膜质量浓度 VSS 达 1.15 g/L,而悬浮微生物质量浓度 VSS 仍在 0.2 g/L 左右,生物膜的生长速度大于老化脱落速度,生物膜处于增长期.

2.3.3 稳定期 从图 6(c)可知,生物膜由大量丝状菌组成,其量明显高于第 10 天的情况.普通镜检发现,累枝虫属等原生动物的量也有明显增加,微生物种群分布进一步完善,生物膜生长进入相对稳定期,生物膜质量浓度稳定在 1.2 g/L 左右,COD 降解负荷为 1.5 kg/(m³·d).此时,由于受水力剪切作用和营养底物浓度等条件的限制,生物膜的生长与老化脱落之间处于动态平衡.

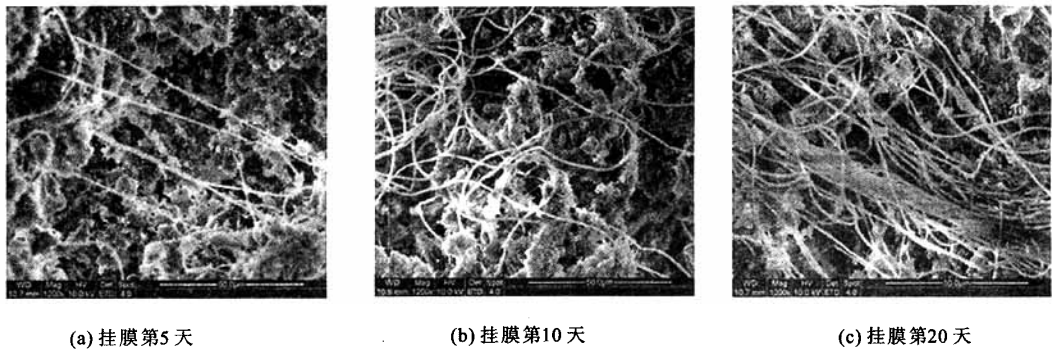


图 6 挂膜启动过程中生物膜表面结构的扫描电镜照片
Fig. 6 Scanning electronic microscopy photos of biofilm structure(1200×)

2.4 悬浮微生物对挂膜启动影响的初步分析

好氧生物膜反应器启动初期,生物膜处于生长适应期,即微生物在载体表面逐渐形成菌落的这一过程,是生物膜生长及反应器挂膜启动的关键阶段,影响这一阶段的重要因素之一是微生物与载体之间的接触频度,而接触频度的大小与悬浮微生物的浓度直接相关. Liu(1995)等人^[6]曾在静态实验中研究初始硝化细菌浓度对其在 PS 表面固定速率及最大附着量的影响,发现存在一个临界浓度,一旦超过此浓度,微生物在载体表面的附着、固定就不再依赖于悬浮微生物的质量浓度,并得出其临界质量浓度在 0.06 g/L 左右.

通过对挂膜效果的进一步分析比较,发现两种不同接种质量浓度(0.1 g/L)条件下反应器挂膜启动的进程几乎一致,接种污泥的添加并未达到加速反应器挂膜启动的预期目的.对所用生活污水中含带的污泥质量浓度进行了测定,VSS 为 0.1 g/L 左右,虽然与添加的接种污泥质量浓度 1.0 g/L 相比可以忽略不计,但从上述实验结果来看,在挂膜启动初期产生的效果却几乎一样,甚至更好.这一结果进一步验证了 Liu 等人提出的临界质量浓度的说法.反应器启动初期所需的临界活性污泥质量浓度

非常低,在 0.1 g/L 以下,生活污水自身所含的活性污泥质量浓度可以满足挂膜启动的要求,接种污泥的添加对反应器的挂膜启动不是必需的.

3 结 论

1)添加接种污泥质量浓度为 0 时,好氧移动床反应器能够在两周内快速完成挂膜启动.在第 4 天时,生物膜开始生长,大约两周后,填料上生物膜量趋于稳定,在 1.2 g/L 左右.接种污泥质量浓度为 1.0 g/L 时,生物膜量也是在 14 d 之后趋于稳定,为 1.0 g/L 左右,低于前者.接种污泥的添加不能加速启动过程.

2)反应器中生物膜的增长大致经历 3 个阶段:适应期、增长期以及稳定期.不同阶段的微生物相组成不同.

3)反应器挂膜初期,微生物与载体间接触频度达最大时,所需的活性污泥质量浓度很低,在 0.1 g/L 以下.由此得出,处理实际生活污水时,接种污泥的添加对好氧移动床生物膜的挂膜启动不是必需的.

参考文献:

- [1] Rusten B, Cook G M. Nitrification of municipal wastewater in moving-bed biofilm reactors[J]. *Water Environ Res*, 1995, 67(1):75—86.
- [2] Fowler H W, McKay A J. *Micobial Adhesion to Surface*[M]. London: Academic Press, 1980. 143—161.
- [3] 周平, 何嘉汉, 钱易, 等. 内循环生物流化床反应器载体挂膜特性的研究[J]. *环境科学学报*, 1998, 18(1):68—72.
- [4] Tjihuis L, Rekswinkel E, Van Loosdrecht M C M, *et al.* Formation and growth of heterotrophic aerobic biofilms on small suspended partical in airlift reactors[J]. *Biotechnology and Bioengineering*, 1994, 44: 595—608.
- [5] 周群英, 高廷耀. *环境工程微生物学*[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 232—234.
- [6] 国家环境保护总局. *水和废水监测分析方法(第四版)*[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002. 104—107.
- [7] 刘雨, 赵庆良, 郑兴灿. *生物膜法污水处理技术*[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000. 99—100.
- [8] Liu Y. Adhesion kinetics of nitrifying bacteria on various thermoplastic supports[J]. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 1995, 5: 213—219.

(责任编辑: 李春丽)

(上接第 85 页)

- [10] 何健. 论食品的玻璃化保藏[J]. *郑州轻工业学院学报(自然科学版)*, 2002, 17(3):54—56.
- [11] E Forni, A Sormani, S Scarlise. The influence of sugar composition on the colour stability of osmodehydrofrozen intermediate moisture apricots[J]. *Food Research International*, 1997 (30):87—94.
- [12] D Torreggiani, E Forni, I Guercilena, *et al.* Modification of glass transition temperature through carbohydrates additions: effect upon colour and anthocyanin pigment stability in frozen strawberry juices[J]. *Food Research International*, 1999(32):441—446.
- [13] Isabel Escriche, Ricardo Garcia-Pinchi, Juan A serra. comparison of must and sucrose as osmotic solutions to obtain high quality minimally processed kiwifruit slices[J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2002, (37):87—95.

(责任编辑: 杨 萌)