

好氧颗粒污泥脱氮除磷效率研究

白凯, 刘玉玲, 李莎

(西安理工大学 西北水资源与环境生态教育部重点实验室, 陕西 西安 710048)

摘要: 以实验室模拟废水为进水,在SBR反应器中利用好氧颗粒污泥进行N、P的去除效率研究。研究表明:在运行周期约为4 h,进水COD控制在500~1200 mg/L之间,室温条件下,好氧颗粒污泥对COD、氨氮、硝氮、TP的去除率稳定维持在97%、95%、92%、86%,说明好氧颗粒污泥特有的结构特性和生物特性有利于脱氮除磷。

关键词: 好氧颗粒污泥; SBR反应器; 脱氮除磷

中图分类号: X703.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2012)05-0034-04

Research on the removal efficiency of N and P by using aerobic granular sludge

BAI Kai, LIU Yuling, LI Sha

(Key Laboratory of Northwest Water Resources and Environment Ecology of Ministry of Education, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China)

Abstract: The experiment of removal efficiency of N, P using aerobic granular sludge was performed in a Sequencing Batch Reactor (SBR). The results show that, in the operation period of about 4h, the inlet COD being controlled between 500 and 1200mg/L, under the temperature of 37 degree, the removal rate of aerobic granular sludge to COD, ammonia and nitrogen, nitrate and nitrogen, and TP maintains steadily at 97% ,95% ,92% and 86% respectively, which shows the structural and biological characteristics of aerobic granular sludge are favorable to the removal efficiency of N, P.

Key words: aerobic granular sludge; sequencing batch reactor; removal of N, P

目前主流脱氮除磷工艺是以活性污泥法为基础,控制反应器运行条件,形成好氧/厌氧环境,最终达到脱氮除磷的功效。好氧颗粒污泥技术是近几十年发展起来的污水处理新技术,与传统活性污泥相比,好氧颗粒污泥结构紧密,沉降性能良好,与水分分离速度快,抗冲击负荷能力强,对于改进现有工艺、提高处理效率具有重要意义。

隙,这些空隙用来传递氧气和营养物质,同时传出代谢产物^[2-3],如图2所示。

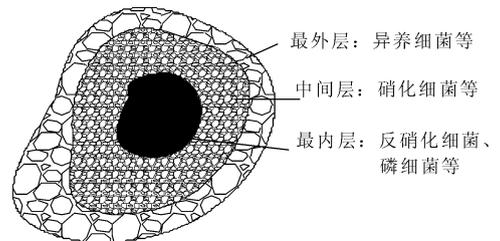


图1 好氧颗粒污泥结构示意图

1 好氧颗粒污泥脱氮除磷的原理

1.1 好氧颗粒污泥的特性

1.1.1 结构特性 好氧颗粒污泥(Aerobic Granular Sludge, AGS)是微生物在特定环境下絮凝、繁殖,形成结构紧密,沉降性能良好、生物协作能力强的生物颗粒^[1]。其结构为椭圆或不规则的颗粒状,最外层为好氧区,中间层为缺氧区,内部为厌氧区,图1为好氧颗粒污泥结构示意图。

通过扫描电镜观测可以发现:细胞分泌的胞外多聚物大部分聚集在AGS表面;AGS含有众多的空

1.1.2 生物相 好氧颗粒污泥的培养过程,本身就是一个微生物生态系统的建立过程^[4]。构成颗粒污泥的种属主要有贝氏硫酸菌属、硫酸盐还原菌、好氧硫化菌、球衣菌属、原生动物以及一些厌氧菌,其中丝状菌发挥着框架作用,细菌、其他微生物以及部分分泌物依附于框架结构存在^[5]。方芳等通过PCR-DGGE分析,表明好氧颗粒污泥由丰富的微生物菌落构成、同时表现出很高的稳定性^[6]。通过电子显微镜观察,可以看出颗粒污泥中含有大量微

收稿日期:2012-04-26; 修回日期:2012-05-30

基金项目:国家自然科学基金(51178391);陕西省教育厅重点实验室基金(2010SJ078)资助

作者简介:白凯(1987-),男,陕西高陵人,硕士研究生,研究方向:污水处理理论与技术。

生物,如图 3 所示。丰富的微生物相为良好的去除效率奠定基础。

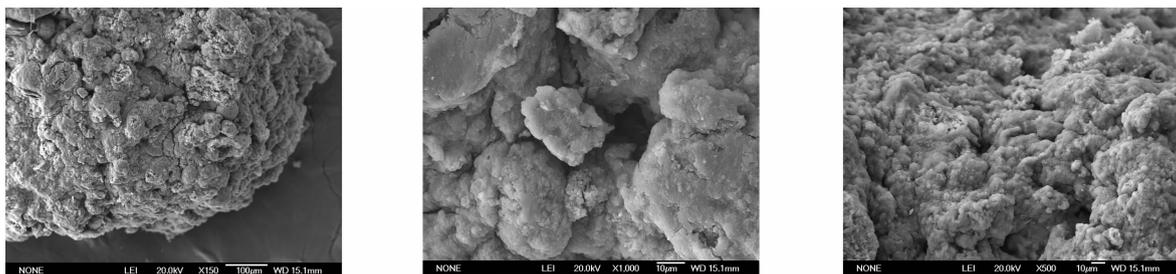


图 2 好氧颗粒污泥电镜图

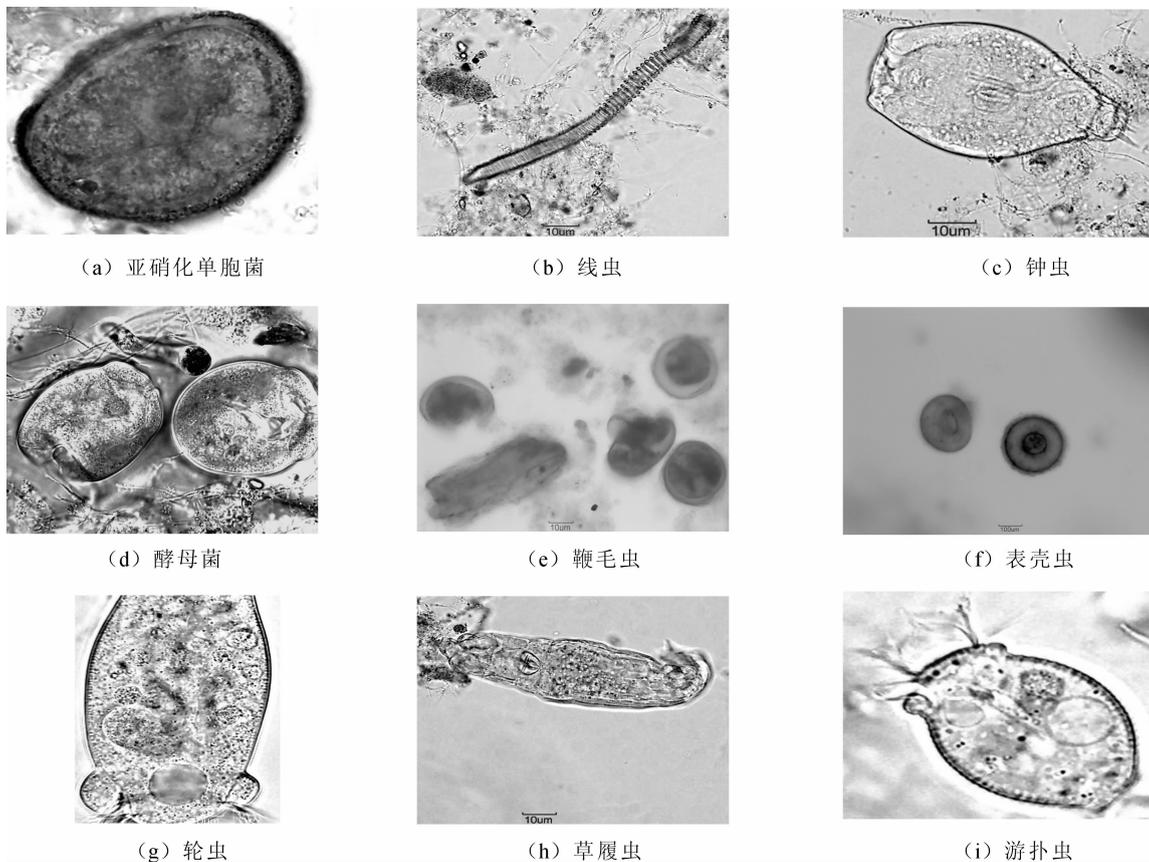


图 3 好氧颗粒污泥中的生物相

1.2 生物脱氮除磷的机理

微生物在氮、磷循环过程中起着很重要的作用,通过一系列硝化反硝化过程最终将有机氮转化为 N_2 而释放;大多数磷循环是磷酸基因从无机物上转移到有机物上,转换过程如图 4、图 5 所示。

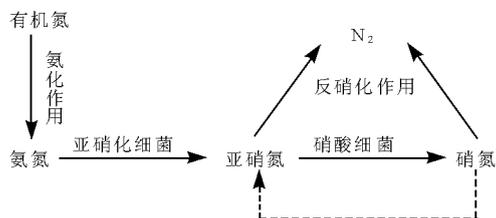


图 4 氮的转化示意图

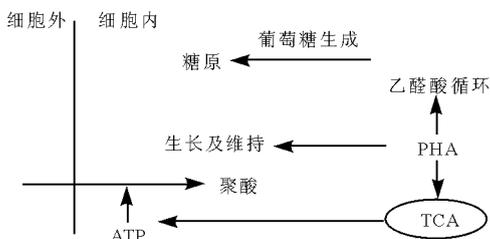


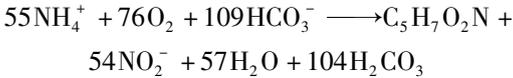
图 5 磷的转换示意图

废水中的氮污染物在好氧条件下被异养型微生物(氨化细菌)转化成氨氮,然后通过亚硝化细菌、硝化细菌转化成硝态氮。外层存在大量异养细菌,可以大量吸收污水中的有机物质,同时好氧环境为硝化、亚硝化细菌提供生存条件。

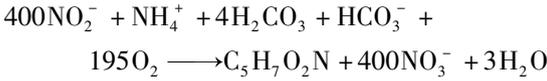
氨化反应:



亚硝化反应:

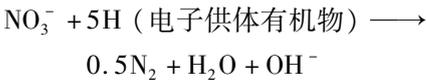
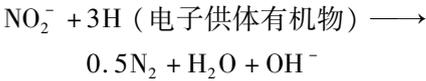


硝化反应:



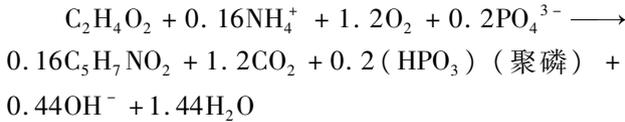
中间层和最内层存在大量反硝化细菌。在缺(厌)氧条件下被反硝化细菌还原为氮气,从而使得污水中的含氮污染物被彻底去除。

反硝化反应:

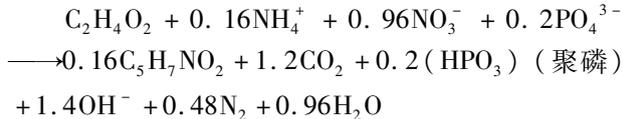


生物除磷是由聚磷菌利用厌氧/好氧交替环境,来实现放磷和过量吸磷的过程。

在好氧条件下,聚磷积累的化学表示式:



在缺氧条件下,聚磷积累的化学表示式:



2 实验系统

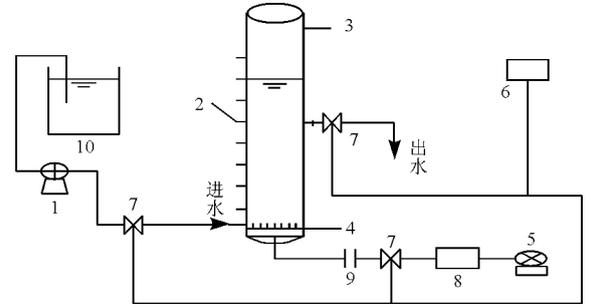
2.1 实验装置图

本实验采用自制圆形有机玻璃 SBR 反应器。反应器直径 11 cm,有效高度 95 cm,有效容积 9.0 L。排水口在距底部 75 cm 处,圆筒上每隔 10 cm 设取样口。实验通过时间控制器及液位继电器,根据实验的进程以及反应器的具体情况,对反应器的进水、曝气、沉降时间等运行过程进行自动控制。整个实验过程在室温下进行,以空压机压缩空气为曝气气源,转子流量计控制曝气量。实验装置如图 6。

2.2 实验方法

实验接种污泥为西安某城市污水处理厂氧化沟中普通絮状污泥,取回后培养驯化直到形成颗粒污泥。实验进水为人工模拟生活污水,以葡萄糖、氯化铵、硝酸钠、磷酸二氢钾以及 0.4 ml/L 微量元素,按照一定比例进行配置^[7],如表 1 所示。反应器的运

行周期约 4 h,各阶段分别为:进水(1 min) - 曝气(180 min) - 沉淀(5 ~ 60 min) - 出水(1 min)。实验检测指标以及检测方法^[8]见表 2。



1. 进水泵; 2. 排水孔; 3. SBR 反应器; 4. 曝气装置; 5. 空气压缩机; 6. 时控开关; 7. 电磁阀; 8. 气体流量计; 9. 止回阀; 10. 配水箱

图 6 反应装置示意图

表 1 模拟废水水质指标

成分	浓度	成分	浓度
COD(C ₆ H ₁₂ O ₆)	500 ~ 1300	NO ₃ ⁻ -N(NaNO ₃)	15 ~ 40
NH ₄ ⁺ -N(NH ₄ Cl)	10 ~ 26	PO ₄ ³⁻ -P(KH ₂ PO ₄)	2.5 ~ 10

表 2 水质分析项目与方法

检测指标	COD	硝氮	氨氮	TP	SV	SVI
检测	重铬酸钾法	酚二磺酸法	纳氏试剂分光光度法	钼酸盐分光光度法	体积法	体积法
方法	钾法	酸法	光度法	光度法	法	法

3 实验结果分析

3.1 COD 去除效果分析

实验结果表明,在 AGS 培养初始阶段 COD 进水为 489 mg/L,出水为 204 mg/L,去除率为 58%;在第 46 d 成功培养出 AGS, COD 进水为 1 347 mg/L,出水为 54 mg/L,去除率为 96%;接下来保持 COD 在 1 000 ~ 1 300 mg/L 之间,其去除率维持在 97% 左右。由此可以说明好氧颗粒污泥对有机物有很好的去除作用。图 7 为 COD 去除效果随时间变化趋势。

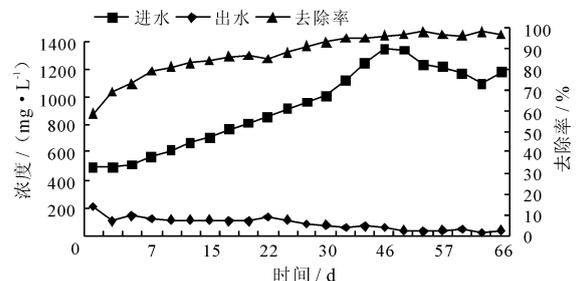


图 7 COD 去除效果图

3.2 脱氮效果分析

硝酸钠和氯化氨是实验进水中氮源。初期进水氨氮为 9.54 mg/L,出水氨氮为 3.43 mg/L,去除率为 64%;第 41 天进水氨氮为 24.7 mg/L,出水氨氮为 1.97 mg/L,去除率为 92%;随后保持进水氨氮为 24 mg/L 左右,去除率稳定在 95% 左右;同时保持进水硝氮在 40 mg/L 左右,出水硝氮为 3 mg/L 左右,去除率基本稳定在 92% 左右。因此,可以说明 AGS 对氮污染有很好的去除作用。图 8、9 为氮污染去除效果随时间变化趋势。

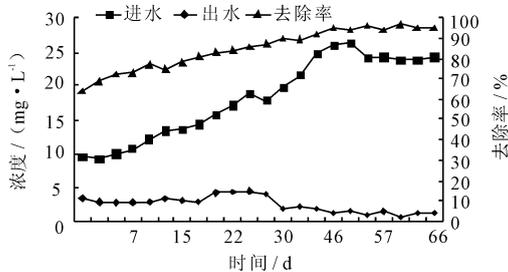


图 8 氨氮去除效果图

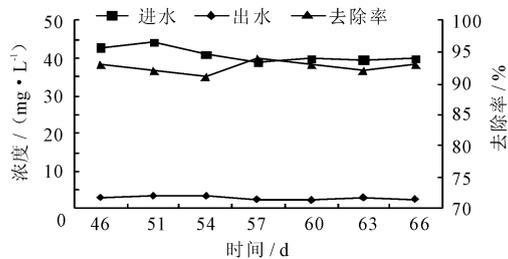


图 9 硝氮去除效果图

3.3 除磷效果分析

磷酸二氢钾为进水磷源,实验初期进水 TP 为 3.74 mg/L,出水为 1.6 mg/L,去除率为 57%;在第 46 天进水 TP 为 9.64 mg/L,出水为 1.35 mg/L,去除率为 86%;随后保持进水 TP 为 7 mg/L 左右,去除率基本稳定在 86% 左右,且略有上升。这是由于 AGS 的结构有利于聚磷菌的生长,同时内部存在反硝化除磷菌,多种因素共同作用使得好氧颗粒污泥具有良好的除磷效果。图 10 为 TP 去除效果随时间变化趋势。

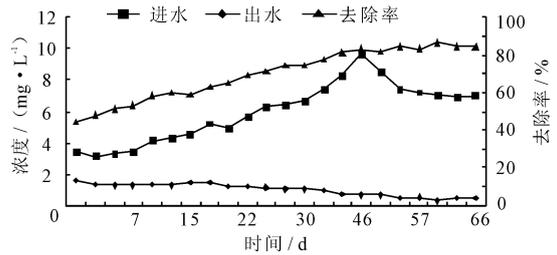


图 10 总磷去除效果图

4 结 语

(1)成熟的 AGS 对 COD、氨氮、硝氮、TP 的去除率分别达到 97%、95%、92%、86%,说明 AGS 在高效去除有机污染物的同时可以达到很好脱氮除磷效果。

(2)AGS 好氧/厌氧交替的结构和丰富的微生物相为生物脱氮除磷提供了良好环境条件。在其外层存在大量异养细菌,可以大量吸收污水中的有机物质,同时好氧环境为硝化、亚硝化细菌和聚磷菌提供生存条件;中间层和最内层存在大量反硝化微生物,发生反硝化反应,同时也发生聚磷反应。

参考文献:

- [1] 梁梦晓,倪晋仁. SBR 中好氧颗粒污泥的培养及特性研究[J]. 应用基础与工程科学学报,2009,17(4):502-512.
- [2] 李亚新. 活性污泥法理论与技术[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [3] 吕炳,董春娟. 污水好氧处理新工艺[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2007.
- [4] 王鹏. 好氧颗粒污泥形成的微生物学机理分析[J]. 工业用水与废水,2007,38(1):14-16.
- [5] 李曼. 微生物学中好氧颗粒污泥的形成机理[J]. 武汉科技学院学报,2008,21(7):9-11.
- [6] 方芳,朱润晔. 好氧颗粒污泥共代谢降解 MTBE 及微生物群落研究[J]. 环境科学学报,2008,28(11):2206-2212.
- [7] 高升. 好氧颗粒污泥的培养及特性研究[D]. 西安:西安理工大学,2010.
- [8] 国家环保局编委会. 水和废水监测分析方法[M]. (第三版). 北京:中国环境科学出版社,1997.