

Study on Removal Efficiency of ECSB Systems for Pharmaceutical Wastewater

Hongwei Wang, Jie Zhou, Chan Dong

School of Biology and Environment, Nanjing Polytechnic Institute, Nanjing Jiangsu
Email: 945359092@qq.com, chan_dong@163.com

Received: Sep. 2nd, 2017; accepted: Sep. 26th, 2017; published: Oct. 9th, 2017

Abstract

At present, the pharmaceutical industry is developing rapidly. It is important to solve the environmental pollution caused by pharmaceutical wastewater. Micro-Aerobic technology created a special oxygen environment for microorganism. The processes of oxidation and reduction took place at the same time. It has many advantages, such as high removal, low energy consumption, little excess activated sludge. This paper investigated the pollutants removal of pharmaceutical wastewater using Expanded Cycle Sludge Blanket (ECSB) reactor. The results showed that the average COD removal was 95.2%. However, the removal of ammonia and phosphorus was not significant. We need other treatment systems to treat the outflow of ECSB system in order to discharge up to standard.

Keywords

ECSB Reactor, Dissolved Oxygen, Organic Matter

ECSB反应器对制药废水的处理效果研究

王红伟, 周杰, 董婵

南京科技职业学院生物与环境学院, 江苏 南京
Email: 945359092@qq.com, chan_dong@163.com

收稿日期: 2017年9月2日; 录用日期: 2017年9月26日; 发布日期: 2017年10月9日

摘要

目前我国制药行业高速发展, 解决制药废水对环境的污染问题已迫在眉睫。微氧技术为微生物创造了独特的氧环境, 氧化作用与还原作用同时发生, 具有去除效率高、能耗低、剩余污泥量低等优点。本文利

用外循环膨胀颗粒污泥床(ECSB)反应器探讨其对制药废水中主要污染物的去除效果。结果表明, ECSB系统去除的主要污染物为有机物, 化学需氧量(COD)的平均去除率为95.2%。然而, 该系统对氨氮和磷的去除效果并不理想, 后续处理工艺可以选择好氧生物处理工艺以及深度处理工艺, 最终保证出水的达标排放。

关键词

ECSB反应器, 溶解氧, 有机物

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

当前我国制药行业正处于高速发展时期, 相继出现了生产成本大、生产效率低、环保投入少、污染严重等问题。据统计, 制药废水的总排放量占总工业废水量的3%左右, 研究制药废水处理工艺已迫在眉睫[1]。该废水具有水质水量波动大、成分复杂、废水COD浓度高等特点[2]。生物处理方法是目前广泛采用的制药废水处理方法[3]。A²/O等传统活性污泥法及其改进工艺存在微生物浓度低、抗冲击能力差、建设和运行成本高、需处理大量剩余污泥等问题[4]。微氧技术通过给厌氧反应器内适量供氧, 使系统由氧化还原电位(ORP)为-130 mV左右或者更低的严格厌氧状态转化为处于好氧与厌氧之间的微氧状态(系统的ORP为-50 mV左右; DO浓度接近于零, 一般小于0.03 mg/L), 在同一反应器中厌氧菌、兼性菌、好氧菌共存, 氧化作用与还原作用同时发生。微氧技术可以使许多有毒、难降解物质得到高效降解[5]; 曝气量少, 节约能耗[6]; 可通过短程硝化/反硝化、同时硝化/反硝化以及自养细菌反硝化等多种途径脱氮[7]; 真菌在污染物降解过程中发挥重要作用[8]; 剩余污泥产量低[9][10], 甚至比厌氧条件下的产量还低[11]。外循环膨胀颗粒污泥床反应器是新型高效厌氧反应器的代表, 与传统厌氧污泥床相比, 具有独特的外循环设计, 两个三相分离器可实现废水的深度净化。该反应器具有耐冲击、结构简洁、免维护、全密封正压设计、无异味、无需外置贮气负荷罐、容积负荷高、去除率高等优点。本文利用ECSB反应器探讨其对制药废水中主要污染物的去除效果。

2. 材料与方

本文利用ECSB系统(图1)处理制药废水, 进水COD_{Cr}平均浓度为12,000 mg/L, 进水平均流量为70 m³/h。ECSB污水处理系统由预酸化池、NT中和罐和ECSB反应器等部分组成。污水经预酸化池的处理可改善其可生化性, 随后进入NT中和罐, 投加氮、磷、微量元素、FeCl₃等营养物, 旨在营造良好的厌氧污泥生存条件。NT中和反应器的废水经泵输送至ECSB厌氧生物反应器底部, 通过布水系统进入, 经过两层三相分离器后, 从反应器顶部离开。特殊设计的布水系统可以保证布水均匀, 由进水、外部循环及其沼气产生的上升流带动高浓度厌氧颗粒污泥床扩张、膨胀, 并发生厌氧反应去除大部分污染物质。两个三相分离器安装在罐体中部和上部, 形成高速的水力、气流速率, 及其较大的反应空间, 在两个三相分离器中间的区域, 废水进行深度净化。颗粒污泥在此区域可以进一步增殖, 手动取样接口的监测数据可控制剩余污泥的排除。分离出来的回流液通过循环管回流至中和反应器中, 与原水充分混合, 厌氧出水通过中和反应器内部的脱气装置重力排出至后续处理系统。

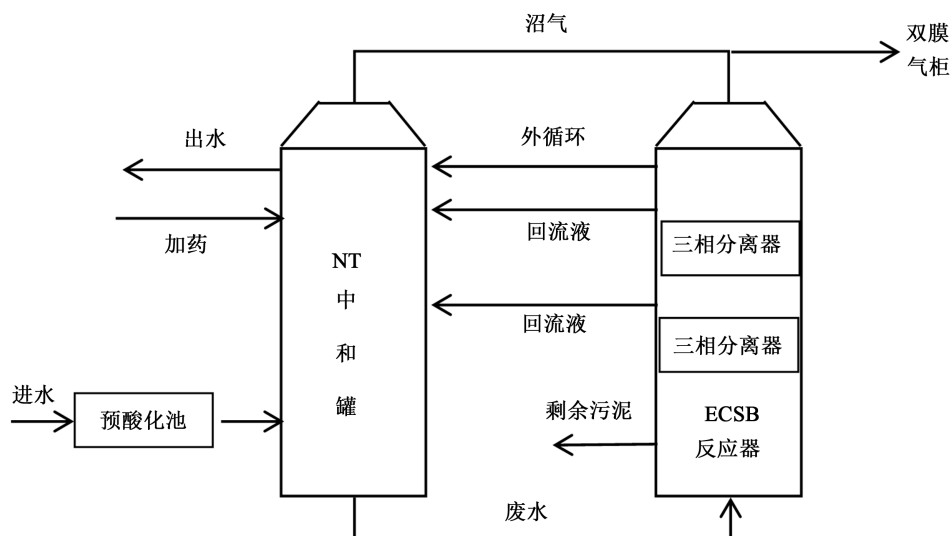


Figure 1. Schematic diagram of device
图 1. 实验装置示意图

反应器中收集的沼气通过管道输送到NT中和反应器中,用来置换废水中的 CO_2 。中和反应器和ECSB厌氧生物反应器顶部相通,由于沼气压力,沼气从中和反应器流向ECSB厌氧生物反应器顶部,压力式容器设计保证了整个工艺的封闭性,无异味,不会泄漏。ECSB排出的沼气利用双膜气柜进行收集,并对其气体组分进行分析。另外,为了将废水温度维持在要求的范围内($35^\circ\text{C}\sim 37^\circ\text{C}$),采用螺旋换热器对ECSB进行加热。

取出的水样需要分析的水质指标包括化学需氧量(COD)、氨氮($\text{NH}_4^+\text{-N}$)和总磷(TP)。各指标的测定均采用《水和废水监测分析方法》(第4版)中的标准方法。COD采用快速密闭催化消解法测定;氨氮采用水杨酸-次氯酸盐光度法测定;总磷采用钼锑抗分光光度法测定。

3. 结果与讨论

从图2中可以看出ECSB污水处理系统的进水流量波动较大,高峰值达到 $1818\text{ m}^3/\text{d}$,最低仅有 $65\text{ m}^3/\text{d}$ 。然而COD出水浓度却较为稳定,平均值为 611 mg/L ,浓度范围为 $268\sim 1200\text{ mg/L}$,标准方差仅为268。由此可以看出ECSB系统具有良好的抗冲击负荷能力,其原因是多方面的。该系统具有独特的外循环结构,在水质水量波动大的情况下,能有效控制污水与颗粒污泥的充分混合。同时,ECSB系统具有较高的容积负荷,负荷率范围在 $15\sim 25\text{ kg COD}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$,罐体典型高度 $16\sim 25\text{ m}$,高负荷使反应器内具有较高的搅拌强度,促使颗粒污泥床处于膨胀状态,这不仅能使进水与颗粒污泥充分接触,提高传质效率,而且有利于基质和代谢产物在颗粒污泥内外的扩散、传送,保证了反应器拥有较快的厌氧反应速率以及在较高的容积负荷条件下的正常运行。所产生的沼气上升到顶部,经过三相分离器使污泥、污水、沼气分离开来。因此,对于浓度高、波动大的进水,该系统仍能保证稳定的出水COD浓度,以及较高的去除率(平均去除率为95.2%,如图3所示)。另外,COD的高效去除离不开反应器内缺氧和厌氧共存的微环境,制药废水中难降解物质首先在水解酸化菌的作用下转化为易降解物质,使废水的可生化性得到改善,随后易降解物质作为异养微生物的碳源被利用,使COD浓度下降。ECSB反应器内含有大量厌氧菌类,如产甲烷细菌、厌氧氨氧化菌和反硝化细菌,这些菌种的组合保证了对COD高效稳定的去除效果。厌氧菌对酸碱环境的要求较为严格,最佳pH值范围是 $6.8\sim 7.2$ 。ECSB系统不仅能使VFA氧化,而且能吹脱 CO_2 ,从而可有效降低系统所需的VFA碱度和 CO_2 碱度,有利于系统的pH值迅速回升[12]。Zitomer [13]将

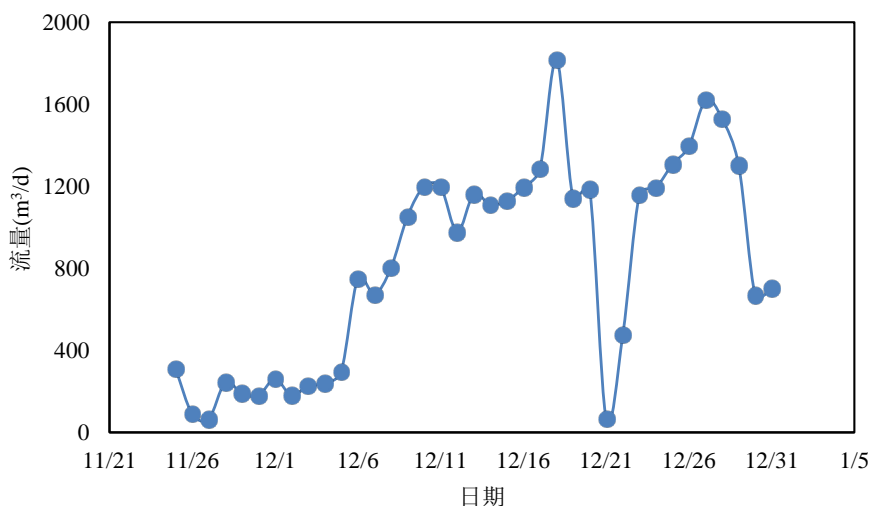


Figure 2. Variation of ECSB inflow
图 2. ECSB 进水流量的变化

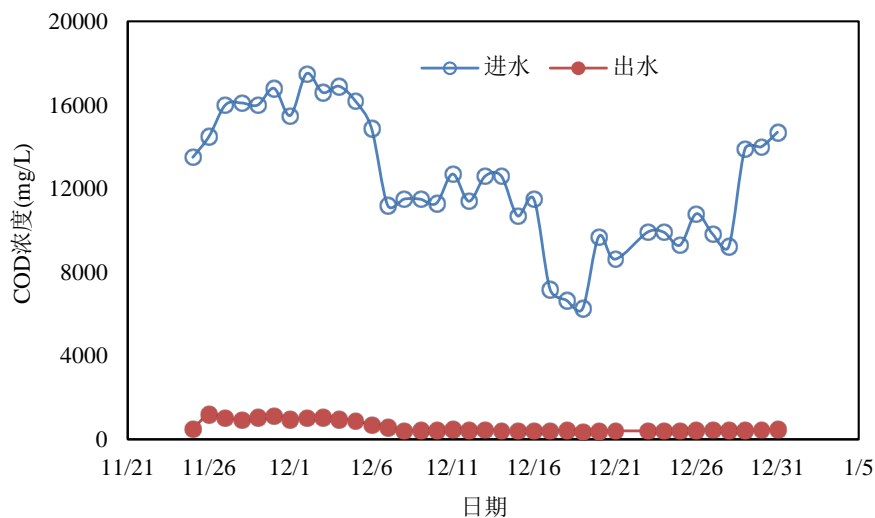


Figure 3. Variation of COD concentration in inflow and outflow
图 3. ECSB 系统进水、出水 COD 浓度的变化

间歇反应器中的有机负荷由 $0.2 \text{ g COD}/(\text{L}\cdot\text{d})$ 迅速提高到 $4 \text{ g COD}/(\text{L}\cdot\text{d})$ 时, 反应器内的 pH 值由 7 降到 5, 但是经历 52 天的运行, 厌氧反应器的 pH 值仍未恢复到原值。相反, 充氧率为 $1 \text{ g O}_2/(\text{L}\cdot\text{d})$ 和 $0.1 \text{ g O}_2/(\text{L}\cdot\text{d})$ 的微氧系统 pH 值分别经 28 d 和 34 d 后恢复到原值。主要是由于 VFA 的微好氧代谢和 CO_2 与 H_2 被吹脱而加速了 pH 值的恢复[5]。

如图 4 所示, 氨氮进水平均浓度为 24 mg/L , 经过 ECSB 处理后, 氨氮浓度升高, 平均出水浓度为 70 mg/L , 氨氮的平均增加率为 284%, 最高达 728%。这是因为制药废水中含氮化合物在 ECSB 中经厌氧菌、缺氧菌和好氧菌共同作用转化为氨氮, 使氨氮的浓度大幅增加。而且 ECSB 进水中 COD 浓度比较大, 再加上厌氧环境不利于硝化菌的大量繁殖, 硝化菌相对于异养菌是弱势菌群, 硝化作用十分微弱。

从图 5 可以看出, ECSB 污水处理系统对总磷(TP)的去除作用非常微弱, 甚至 TP 浓度略有升高。进水 TP 的平均浓度为 27.0 mg/L , 出水的平均浓度上升到 27.4 mg/L 。主要是因为 ECSB 系统内主要为厌氧环境, 聚磷菌不仅不会吞噬磷污染物, 而且还将释放体内的部分磷, 导致出水磷浓度升高。

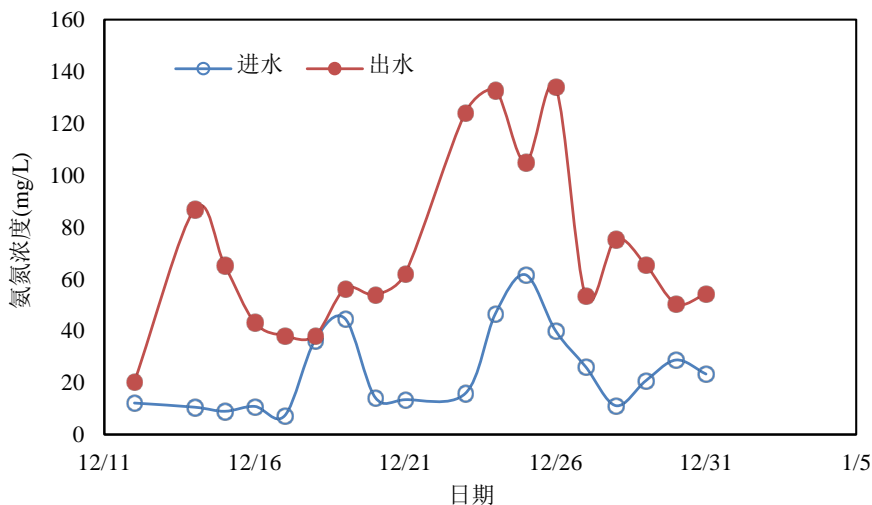


Figure 4. Variation of ammonia nitrogen concentration in inflow and outflow
图 4. ECSB 系统进水、出水氨氮浓度的变化

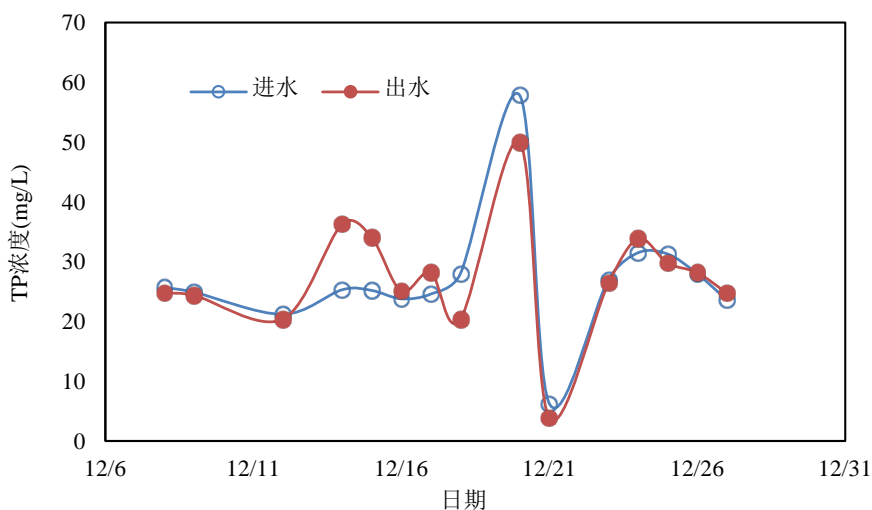


Figure 5. Variation of TP concentration in inflow and outflow
图 5. ECSB 系统进水、出水 TP 浓度的变化

4. 结论

ECSB 主要承担去除制药废水中 COD 的作用,在水质水量波动大的情况下,也能保证稳定的出水 COD 浓度,以及较高的去除率,平均去除率为 95.2%。经 ECSB 处理后,氨氮浓度显著上升,平均增加率为 284%,硝化菌并未形成优势菌群。聚磷菌在厌氧条件下无法实现对磷的过量摄取,导致系统对总磷的处理能力较差。结果表明,ECSB 生物反应器的出水水质未能达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级 A 标准,所以后续处理工艺可以选择好氧生物处理工艺以及深度处理工艺,最终保证出水的达标排放。

资助信息

江苏省高等学校大学生创新创业训练计划项目(课题编号:201512920006Y),南京科技职业学院科研项目(课题编号:NHKY-2015-03)。

参考文献 (References)

- [1] 徐波. 制药废水处理的工程实例研究[J]. 中国新技术新产品, 2017(10): 90-91.
- [2] 张政, 梁康, 韩慧慧, 等. 利用 ABR-SBR 组合反应器处理合成制药废水的研究[J]. 山东化工, 2017, 46(7): 195-199.
- [3] 谭潇, 黄靓, 杨平, 等. 盐度对 EGSB 反应器的运行及厌氧颗粒污泥的影响[J]. 环境科学, 2017, 38(8): 3422-3428.
- [4] 孙亚全, 董春娟, 耿昭宇. 两级 EGSB 反应器处理焦化废水的实验研究[J]. 环境工程学报, 2014, 8(8): 3294-3298.
- [5] 董春娟, 吕炳南, 马立, 等. 采用微氧产甲烷技术降解水中的毒性物质[J]. 中国给水排水, 2003, 19(8): 19-22.
- [6] 孙艳玲, 杜兵, 司亚安, 等. 城市污水水解 - 厌氧 - 微氧联合处理工艺[J]. 环境科学, 2000, 21(6): 77-79.
- [7] 胡林林, 王建龙, 文湘华, 等. 低溶解氧条件下生物脱氮研究中的新现象[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(4): 444-447.
- [8] Meng, L.-W., Li, X.-K., Wang, S.-T., *et al.* (2017) The Long-Term Impact of Cefalexin on Organic Substrate Degradation and Microbial Community Structure in EGSB System. *Chemosphere*, **184**, 215-223. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.05.171>
- [9] Peng, D.C., Bernet, N., Delgenes, J.P., *et al.* (2001) Simultaneous Organic Carbon and Nitrogen Removal in an SBR Controlled at Low Dissolved Oxygen Concentration. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, **76**, 553-558. <https://doi.org/10.1002/jctb.419>
- [10] Sperandio, M., Urbain, V., Audic, J.M., *et al.* (1999) Use of Carbon Dioxide Evolution Rate for Determining Heterotrophic Yield and Characterizing Denitrifying Biomass. *Water Science & Technology*, **39**, 139-146.
- [11] Zitomer, D.H. (1998) Stoichiometry of Combined Aerobic and Methanogenic COD Transformation. *Water Research*, **32**, 669-676. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(97\)00258-3](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(97)00258-3)
- [12] Speece, R.E. (1996) *Anaerobic Biotechnology for Industrial Wastewaters*. Archae Press, Nashville, TN.
- [13] Zitomer, D.H. (1998) Feasibility and Benefits of Methanogenesis under Oxygen-Limited Conditions. *Waste Management*, **18**, 107-116. [https://doi.org/10.1016/S0956-053X\(98\)00008-7](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(98)00008-7)

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: wpt@hanspub.org