

厌氧流化床净化畜禽废水与产电性能

王建军, 刘 杨, 杨长军, 杨 平*

(四川大学建筑与环境学院, 成都 610065)

摘 要: 为实现从畜禽废水处理中回收能源, 先后以厌氧沼液、低浓度畜禽原水及高浓度畜禽原水作为进水, 利用厌氧流化床双室微生物燃料电池 (anaerobic fluidized bed microbial fuel cell, AFB-MFC) 进行微生物产电及有机物去除研究, 重点考察氨态氮质量浓度及 COD (化学需氧量) 容积负荷对系统 COD 去除率及产电性能的影响。结果表明: 以稀释后的沼液作为进水时, 当氨态氮质量浓度达到 387.6 mg/L 时, 氨态氮对产电微生物产生明显的短期抑制, 产电量下降 7.0%, 但经过 5 d 的适应期后, 系统产电恢复到原来的水平。以畜禽原水作为进水时, 系统 COD 容积负荷在 12 d 内由 2.3 kg/(m³·d) 提升至 14.9 kg/(m³·d) 时, COD 去除率保持在 74.5%~88.1%; 随着容积负荷的提升, 系统产电量上升, 但上升幅度较小, 最高输出电压为 379.3 mV, 相应的面积功率密度为 74.9 mW/m²; 由于进水 pH 值的差异, 高浓度畜禽原水最高输出电压较低浓度畜禽原水低 21.4 mV; AFB-MFC 系统内阻较低, 仅为 48.5 Ω, 此时功率密度为 75.6 mW/m²。本装置实现了畜禽废水的高效处理, 同时获得电能, 为其资源化处理提供新途径。

关键词: 废水, 氨态氮, 电压控制, AFB-MFC, COD 容积负荷, COD 去除率

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2012.10.034

中图分类号: X703.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2012)-10-0214-05

王建军, 刘 杨, 杨长军, 等. 厌氧流化床净化畜禽废水与产电性能[J]. 农业工程学报, 2012, 28(10): 214-218.

Wang Jianjun, Liu Yang, Yang Changjun, et al. Research on livestock wastewater treatment and producing electricity using anaerobic fluidized bed[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2012, 28(10): 214-218. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

在畜禽养殖过程中产生大量的高 COD (化学需氧量), 高氨氮废水^[1]。目前对畜禽废水的处理主要采用还田处理、自然处理及工业化处理 3 种方式^[2], 还田处理及自然处理需要大量的土地^[3], 而工业化处理的上流式厌氧污泥床 (upflow anaerobic sludge blanket, UASB)^[4]受进水悬浮物 (suspended solid, SS) 影响较大, 去除率较低, 序批式活性污泥法 (sequencing batch reactors, SBR)^[5-6]、前置缺氧—好氧工艺 (anoxic/oxic, A/O)^[7-8]等技术去除效率高但运行费用高, 如何经济有效地处理畜禽废水受到国内外学者的关注。

微生物燃料电池 (microbial fuel cell, MFC) 是一种能将废水中生物质能转化为电能并且降解废水中有机物的装置。国内外对 MFC 进行了大量地研究^[9], 在较低负荷条件下, MFC 表现出良好的产电性能及较高的 COD 去除率^[10-11], 但 COD 容积负荷较高或水力停留时间 (hydraulic retention time, HRT) 较短时, COD 去除率较低^[12-13]。利用 MFC 处理高浓度畜禽废水, 既可减轻畜禽

废水污染, 又可产生电能, 补偿污水处理能源消耗, 是一种有效的畜禽废水资源化处理方式。Min 等^[14]用畜禽废水作为基质进行微生物产电性能研究, 表明畜禽废水适宜于作微生物产电基质, 但他们的研究主要针对单室微生物燃料电池, 而对双室微生物燃料电池仅采用间接进水的方式进行了畜禽废水产电的初步试验, 未进行深入研究。

针对上述问题, 本文采用厌氧流化床双室微生物燃料电池 (anaerobic fluidized bed microbial fuel cell, AFB-MFC) 对畜禽废水进行研究, 重点考察氨态氮浓度与 COD 容积负荷对系统 COD 去除及产电性能的影响, 以期对畜禽废水的资源化处理提供新的思路。

1 材料与方 法

1.1 试验装置

试验采用如图 1 所示工艺装置。AFB-MFC 反应器为有机玻璃材质, 由阳极室、阴极室及分隔 2 室的质子交换膜组成。阳极室为带三相分离的高效厌氧流化床生物反应器, 有效容积 7.27 L, 进水采用 BT00-600M 型蠕动式计量泵, 回流采用 BT00-300M 型蠕动式计量泵, 回流量控制在 11.1 L/h。阴极室为长方体敞口容器, 有效容积 1.92 L, 底部采用 ACO 系列电磁式空压机进行曝气供氧, 曝气量控制在 40~48 L/h。阳极与阴极分别置于阳极室与阴极室内, 两电极间由铜导线相连, 并加载 0~99 999.9 Ω 的 ZX21 型多盘十进电阻器 1 个, 试验中电阻设置为 120 Ω。通过水浴加热回流管, 控制阳极室温度为 (37±1) °C。

收稿日期: 2011-06-17 修订日期: 2012-04-05

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2008BAD4B04)

作者简介: 王建军 (1986—), 男, 四川南充人; 主要研究方向为水污染控制; 成都 四川大学建筑与环境学院, 610065。

Email: wjj12357@163.com。

※通信作者: 杨 平 (1963—), 男, 教授, 博导; 主要研究方向为污染控制及资源化, 水污染控制及资源化; 成都 四川大学建筑与环境学院, 610065。Email: yping63@163.com

1.2 试验材料

两电极材料均为 TGP-H-090 型 Toray 碳纤维纸，厚度 0.28 mm，密度 0.44 g/cm³；空隙率 78%；表面粗糙度 Ra 8.0 μm。阴、阳极尺寸分别为 4.0 cm×30.0 cm 和 4.0 cm×20.0 cm，阴、阳极表面积比约为 1.5: 1。膜材料为杜邦 Nafion 117 质子交换膜。

阳极室内载体为多孔聚合物填料^[15]，其物理参数为：干粒径 0.32 mm，湿粒径 0.56 mm，骨架密度 1320 kg/m³，湿堆积密度 1010 kg/m³，孔容 0.301 mL/g，湿比表面积 5 357 m²/m³。阳极室内载体量约为其有效容积的 15.0%。

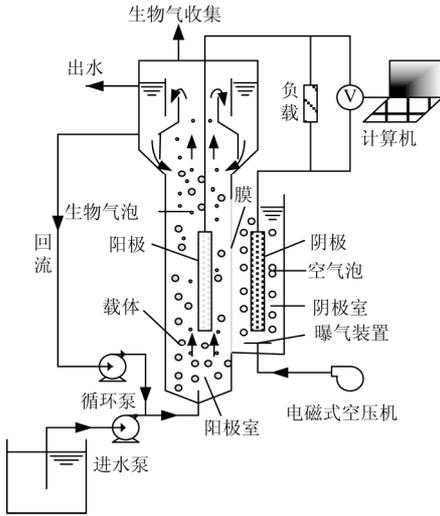


图 1 AFB-MFC 工艺装置示意图

Fig.1 Diagram of anaerobic fluidized bed microbial fuel cell (AFB-MFC)

1.3 试验废水

本试验废水取自四川省邛崃市某养猪场。

废水主要水质指标如表 1 所示。其中：沼液取自厌氧发酵后的沉淀池；低浓度畜禽原水及高浓度畜禽原水取自集水池，由于养殖场生产周期的不同，畜禽原水水质存在差异。低浓度畜禽原水以冲栏水为主，COD 浓度低。高浓度畜禽原水以猪的粪便，尿液为主，含有大量悬浮物，COD 浓度高。

表 1 试验废水主要水质指标

Table 1 Main water quality index of wastewater for test

废水	COD 质量浓度 / (mg·L ⁻¹)	NH ₄ ⁺ -N 质量浓度 / (mg·L ⁻¹)	pH 值
沼液	426~1012	518.6~550.3	7.6~8.5
低浓度原水	1202~2325	38.0~283.2	7.2~7.5
高浓度原水	4189~8432	308.8~369.8	5.7~6.4

1.4 测定项目

COD 的测定采用重铬酸钾法，氨态氮的测定采用纳氏试剂分光光度法，硝酸盐氮的测定采用硝酸盐电极法，pH 值的测定采用 PHS-2F 型酸度计。

电压采集：采用 UT70B 型专业电子万用表对 MFC 负载两端电压进行测定，所得电压数据由计算机自动记录，采样间隔为 180 s。

1.5 分析方法

面积功率密度 PA (mW/m²) 采用式 (1) 计算

$$PA=[U^2/(RA)]\times 10^{-3} \quad (1)$$

式中，U 为电压，mV；R 为外电阻，Ω；A 为阳极表面积，m²。

库仑效率 CE (%) 采用式 (2) [16] 计算

$$CE = \frac{M \sum_{i=1}^n U_i t_i}{RFb\Delta SV} \times 100\% \quad (2)$$

式中，M 为氧分子量，32；U_i 为第 t_i 时刻输出电压，mV；F 为法拉第常数，96 485 C/mol；b 为每摩尔 COD 对应电子数；ΔS 为 COD 去除质量浓度，mg/L；V 为使用基质体积，L。

1.6 试验方案

试验采用经葡萄糖人工合成废水成功启动的 AFB-MFC 反应器^[17]，运行方式为连续运行，床层膨胀率 30%。按照进水基质的不同，试验分为 2 个阶段，沼液驯化阶段和畜禽原水阶段。

沼液驯化阶段，HRT 控制在 23~32 h。用自来水对沼液进行稀释，添加葡萄糖使进水 COD 约为 3 000 mg/L，同时向稀释水中加入 NaHCO₃ 2 000 mg/L，NaH₂PO₄ 50 mg/L，用 NaOH 调节进水 pH 值，出水 pH 值保持在 6.8~7.5。按照每日进水中沼液量与每日进水总量体积比为 20%、40%、60%、80%、100% 逐步提高沼液在进水中的含量，当系统 COD 去除率连续 2 d 达到 70%，提高进水中沼液含量，进入下一个阶段。

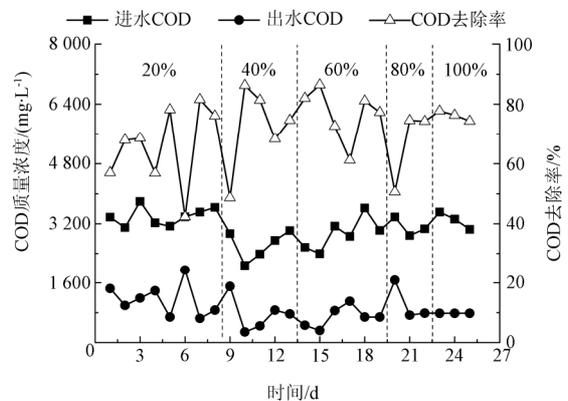
畜禽原水阶段不调节 pH 值，不添加其它化学试剂。低浓度畜禽原水通过减少 HRT 提高 COD 容积负荷。高浓度畜禽原水通过自来水稀释，逐步减少稀释水量增加进水 COD 浓度并减少 HRT 以提高 COD 容积负荷，考察 COD 容积负荷对系统 COD 去除及产电性能的影响。

2 结果与分析

2.1 沼液阶段

2.1.1 沼液驯化阶段 COD 去除率

沼液驯化阶段 AFB-MFC 系统阳极室 COD 去除情况见图 2，进水 COD 质量浓度为 2076.7~3379.1 mg/L，平均为 3082.4 mg/L，出水 COD 质量浓度为 285.0~1951.6 mg/L，平均为 906.9 mg/L，COD 去除率为 42.3%~



注：图 2 中 20%、40%、60%、80%、100% 分别表示该段时间内每日进水中沼液量与每日进水总量的体积比，下同。

图 2 沼液驯化阶段 COD 质量浓度及去除率随时间变化情况
Fig 2 Change of COD concentration and COD removal efficiency using digested wastewater as substance

86.4%，平均为 71.1%。前期 COD 去除率波动较大，主要原因在于：微生物生长环境由低氨态氮环境（约 40 mg/L）逐步改变为高氨态氮环境（进水氨态氮由 132.4 mg/L 提高到 529.8 mg/L），氨态氮对微生物的毒性导致 COD 去除率的降低，随着微生物对环境的适应，COD 去除率提高。总体而言，体积比为 20%、40%、60%、80%、100% 沼液各阶段持续时间不断缩短；最终出水 COD 稳定在 780 mg/L，COD 去除率达到 74% 以上。试验结果表明：阳极微生物对沼液已经适应。

2.1.2 沼液驯化阶段系统产电性能

沼液驯化阶段，系统产电情况见图 3，从图中可以看出，体积比为 20% 沼液进水进入系统后并未造成系统产电量的降低，反而相对于之前输出电压升高（未进沼液前系统输出电压为 264.3 mV），前 4 d 电压上升速度较快，第 4 天时输出电压达到 344.9 mV，主要原因为：进水中沼液含量低，阳极室氨态氮质量浓度低（约为 53.1 mg/L），未造成有害影响；沼液为混合液，营养物质丰富，相对于合成葡萄糖废水更能满足微生物对营养物质的需要，产电微生物大量繁殖，输出电压增加。当运行 4 d 后微生物的增长速度降低，微生物量相对稳定，输出电压也趋于稳定。

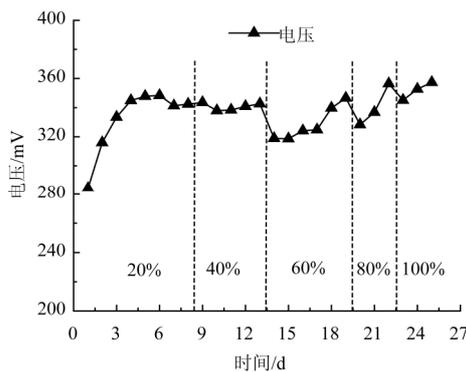


图 3 沼液产电性能随时间的变化

Fig.3 Changes of voltage and power density with time using digested wastewater as substance

第 14 天系统进水改为体积比为 60% 沼液后，系统输出电压相对于前一天下降了 23.9 mV，表明沼液中氨态氮对系统微生物产生明显的短期抑制作用，此时进水氨态氮平均质量浓度为 387.6 mg/L，比 40% 沼液时进水氨态氮浓度增加了 120.6 mg/L。经过 5 d 的适应期后，系统输出电压恢复到 346.6 mV，与体积比为 20% 沼液时输出电压相当。进水氨态氮由 387.6 mg/L 上升到 464.5 mg/L（80% 沼液）以及由 464.5 mg/L 上升到 535.1 mg/L（100% 沼液）时都观察到了产电量下降后再上升的过程。试验结果表明，畜禽废水适宜作为 MFC 进水基质，氨态氮对系统产电具有一定的短期抑制作用，但 AFB-MFC 具有很强的抗冲击负荷能力，输出电压很快恢复。

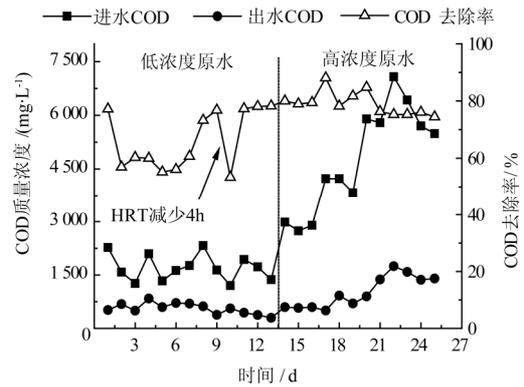
2.2 畜禽原水阶段

2.2.1 畜禽原水阶段 COD 去除率

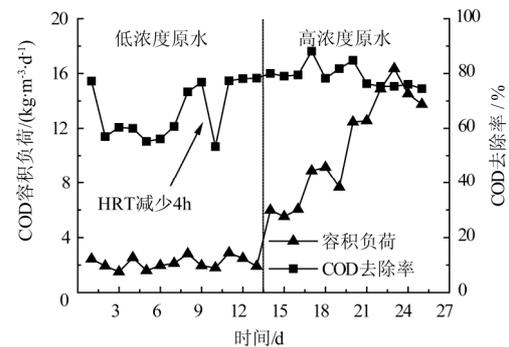
畜禽原水阶段共经历 25 d，其中 1~13 d 以低浓度畜

禽原水作为进水，1~9 d HRT 控制在 20.2 h，10~13 d HRT 控制在 16.6 h。14~25 d 以高浓度畜禽原水作为进水，14~22 d HRT 控制在 11.5 h，22~25 d HRT 控制在 9.5 h。

畜禽原水阶段 COD 去除效果见图 4a、b。系统在前 5 d COD 去除率由 77.2% 下降到 55.2%，随着系统对畜禽原水的适应，从第 6 天开始 COD 去除率不断上升，第 8 天达到 73.3%。第 10 天 HRT 减少约 4 h，COD 去除率迅速下降，但仅经过一天时间 COD 去除率恢复到 77.3%。表明系统对于冲击负荷的耐受性增强。



a. COD 质量浓度与去除率



b. COD 容积负荷与去除率

图 4 原水阶段 COD 质量浓度，COD 容积负荷及去除率与时间的关系

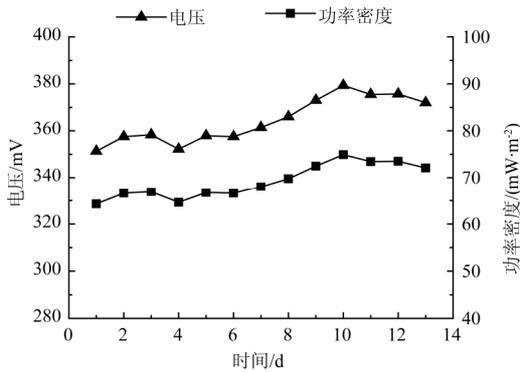
Fig.4 Changes of COD concentration, influent volume loading and COD removal efficiency with time in raw wastewater period

以高浓度畜禽原水作为进水继续增加 COD 容积负荷，进一步考察系统对冲击负荷的耐受能力，每次 COD 容积负荷提升约 3 kg/(m³·d)，12 d 内系统平均 COD 容积负荷由 2.3 kg/(m³·d) 上升到 14.9 kg/(m³·d)，HRT 减少到 9.5 h，COD 去除率一直保持在 74.5% 以上，最高可达 88.1%。COD 容积负荷的迅速提升并未引起 COD 去除率的降低及酸败现象，表明系统具有很强的抗冲击负荷能力，主要原因在于：多孔聚合物填料性能优良，形成高效的生物颗粒^[15]；废水运回实验室后采用常温保存，发生水解酸化作用，进水可生化性提高；较大的回流量对进水进行稀释，同时生物颗粒处于流化状态，保证良好的传质效果。

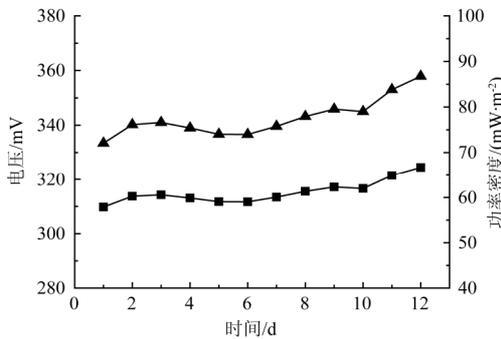
2.2.2 畜禽原水阶段产电性能

2 批畜禽原水的产电情况分别见图 5a、b。从图中可以看出，输出电压随着运行时间的延长而缓慢上升，加

入低浓度畜禽原水后系统产电经过了 4 d 的恢复期，随着微生物对生长环境的适应输出电压逐步上升，达到最大值 379.3 mV，相应的面积功率密度为 74.9 mW/m²。



a. 低浓度畜禽原水



b. 高浓度畜禽原水

图 5 畜禽原水产电性能随时间的变化

Fig.5 Changes of voltage and power density with time using piggy wastewater as substance

低浓度畜禽原水输出电压为 351.3~379.3 mV，高浓度畜禽原水输出电压为 333.4~357.9 mV，高浓度畜禽原水最高输出电压比低浓度畜禽原水低 21.4 mV，主要原因是由于 2 批废水 pH 值的差异，进水 pH 值为 7~8 时 MFC 产电性能最佳^[12,18-19]，低浓度畜禽原水 pH 值为 7.2~7.5，高浓度畜禽原水有机物含量高，在存储过程中微生物水解酸化作用明显，废水 pH 值不断降低，进水 pH 值仅为 5.7~6.8，低 pH 值条件抑制产电微生物的生长，造成产电量下降。

随着进水 COD 从 2737.9 mg/L 上升到 7077.3 mg/L 以及 COD 平均去除容积负荷从 4.7 kg/(m³·d) 增加到 11.2 kg/(m³·d)，高浓度畜禽原水输出电压仅增加 24.5 mV。这主要是由于系统运行时间较长，阳极生物膜已发展到很成熟的程度，产电量基本稳定。容积负荷提升后，主要依靠非产电微生物（水解菌、产甲烷菌等）消耗系统中的基质。

在高浓度畜禽原水结束阶段，改变外电阻得到 AFB-MFC 的极化曲线如图 6 所示。通过线性回归分析，MFC 内阻较低，仅为 48.5 Ω，相应的最大功率密度为 75.6 mW/m²。试验采用高效流化床作为阳极室，具有较高的上升流速，有利于阳极微生物膜固液界面的更新，减少传质阻力，内阻降低。

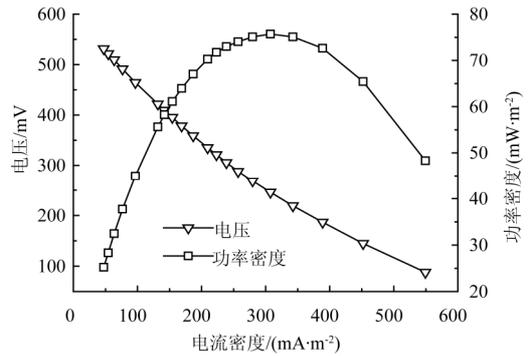


图 6 AFB-MFC 极化曲线

Fig.6 Polarization curve of AFB-MFC using high strength piggy wastewater as substance

2.3 系统库仑效率

本试验得到库仑效率 (CE) 较低，以沼液、低浓度畜禽原水、高浓度畜禽原水作为进水时，库仑效率分别为 0.14%，0.21%，0.03%。CE 反映了产电微生物与非产电微生物之间基质竞争的关系，MFC 产电主要是由于附着在阳极电极上的微生物的作用^[12]，而本试验 AFB-MFC 反应器以生物颗粒微生物为主，这部分微生物主要为产甲烷细菌、水解菌等非产电微生物，消耗了大量有机物，使 COD 去除率升高，但是对产电的作用很小。

3 结论

1) 厌氧流化床双室微生物燃料电池能够实现畜禽废水的高效处理与同步产电。

2) AFB-MFC 反应器具有高效的 COD 去除能力及抗冲击负荷能力。沼液驯化阶段，经过 25 d 的运行，系统 COD 去除率达到 74%，出水 COD 质量浓度为 780 mg/L；畜禽原水阶段，系统平均 COD 容积负荷在 12 d 内由 2.3 kg/(m³·d) 提升到 14.9 kg/(m³·d)，COD 去除率稳定在 74.5%~76.1%。

3) 畜禽废水适宜作进水基质，但畜禽废水中氨态氮对产电具有短期抑制作用，畜禽废水水解作用导致的畜禽废水 pH 值降低也对产电具有负面影响。

4) COD 容积负荷的增加对于输出电压的提升作用不明显，系统中甲烷菌，水解菌等非产电微生物消耗大量基质，保证 COD 去除率。

5) AFB-MFC 内阻较低，通过极化曲线测定，AFB-MFC 系统内阻较低，仅为 48.5 Ω。

[参 考 文 献]

[1] 董红敏, 朱志平, 黄宏坤, 等. 畜禽养殖业产污系数和排污系数计算方法[J]. 农业工程学报, 2011, 27(1): 303-308. Dong Hongmin, Zhu Zhiping, Huang Hongkun, et al. Pollutant generation coefficient and discharge coefficient in animal production[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2011, 27(1): 303-308. (in Chinese with English abstract)

[2] 邓良伟. 规模化畜禽养殖废水处理技术现状探析[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(2): 23-26. Deng Liangwei. Review on treatment technology of intensive livestock wastewater[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2006, 14(2): 23-26. (in Chinese with English abstract)

- [3] 沈根祥, 钱晓雍, 梁丹涛, 等. 基于氮磷养分管理的畜禽场粪便匹配农田面积[J]. 农业工程学报, 2007, 22(增刊2): 268—271. Shen Genxiang, Qian Xiaoyong, Liang Dantao, et al. Research on suitable area for cropland application of animal manure based on nutrients management of nitrogen and phosphorus[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2007, 22(Supp2): 268—271. (in Chinese with English abstract)
- [4] Sanchez E, Borja R, Travieso L, et al. Effect of organic loading rate on the stability, operational parameters and performance of a secondary upflow anaerobic sludge bed reactor treating piggery waste[J]. Bioresource Technology, 2005, 96(3): 335—344.
- [5] Bernet N, Delgenes N, Akunna J C, et al. Combined anaerobic-aerobic SBR for the treatment of piggery wastewater[J]. Water Research, 1999, 34(2): 611—619.
- [6] Tilche A, Bacilieri E, Bortone G, et al. Biological phosphorus and nitrogen removal in a full scale sequencing batch reactor treating piggery wastewater[J]. Water Science Technology, 1999, 40(1): 199—206.
- [7] Vanotti M B, Szogi A A, Hunt P G, et al. Development of environmentally superior treatment system to replace anaerobic swine lagoons in the USA[J]. Bioresource Technology, 2007, 98(17): 3184—3194.
- [8] Vanotti M B, Szogi A A, Millner P D, et al. Development of a second-generation environmentally superior technology for treatment of swine manure in the USA[J]. Bioresource Technology, 2009, 100(22): 5406—5416.
- [9] Deepak Pant, Gilbert Van Bogaert, Ludo Diels, et al. A review of the substrates used in microbial fuel cells (MFCs) for sustainable energy production[J]. Bioresource Technology, 2010, 101(6): 1533—1543.
- [10] Liu H, Ramnarayanan R, Logan B. Production of electricity during wastewater treatment using a single chamber microbial fuel cell[J]. Environmental Science Technology, 2004, 38(7): 2281—2285.
- [11] Ghangrekar M M, Shinde V B. Performance of membrane-less microbial fuel cell treating wastewater and effect of electrode distance and area on electricity production[J]. Bioresource Technology, 2007, 98(15): 2879—2885.
- [12] Manaswini B, Ghangrekar M M. Performance of microbial fuel cell in response to change in sludge loading rate at different anodic feed pH[J]. Bioresource Technology, 2009, 100(21): 5114—5121.
- [13] Wen Q, Wu Y, Zhao L X, et al. Production of electricity from the treatment of continuous brewery wastewater using a microbial fuel cell[J]. Fuel, 2010, 89(7): 1381—1385.
- [14] Min B, Kim J R, Oh S E, et al. Electricity generation from swine wastewater using microbial fuel cells[J]. Water Research, 2005, 39(20): 4961—4968.
- [15] 杨平, 方治华, 石炎福. 多孔聚合物载体与活性炭载体用于厌氧流化床处理有机废水的比较[J]. 环境科学, 2001, 22(1): 45—48. Yang Ping, Fang Zhihua, Shi Yanfu. Comparison between porous polymer carrier and activated carbon carrier used for treating organic wastewater in anaerobic fluidized-bed reactor[J]. Environmental Science, 2001, 22(1): 45—48. (in Chinese with English abstract)
- [16] 梁鹏, 范明志, 曹效鑫, 等. 填料型微生物燃料电池产电特性的研究[J]. 2008, 29(2): 512—517. Liang Peng, Fan Mingzhi, Cao Xiaoxin, et al. Electricity generation using the packing type microbial fuel cells[J]. Environmental Science, 2008, 29(2): 512—517. (in Chinese with English abstract)
- [17] 黄健盛, 杨平, 郭勇, 等. 连续流微生物燃料电池(MFC)反应器启动与生物颗粒的形成[J]. 高校化学工程学报, 2010, 24(4): 694—699. Huang Jiansheng, Yang Ping, Guo Yong, et al. Start-up of a continuous flow MFC and bio-particles formation[J]. Journal of Chemical Engineering of Chinese Universities, 2010, 24(4): 694—699. (in Chinese with English abstract)
- [18] Gil G C, Chang I S, Kim B H, et al. Operational parameters affecting the performance of a mediator-less microbial fuel cell[J]. Biosensors and Bioelectronics, 2003, 18(4): 327—334.
- [19] He Z, Huang Y L, Manohar A K, et al. Effect of electrolyte pH on the rate of the anodic and cathodic reactions in an air-cathode microbial fuel cell[J]. Bioelectrochemistry 2008, 74(1): 78—82.

Research on livestock wastewater treatment and producing electricity using anaerobic fluidized bed

Wang Jianjun, Liu Yang, Yang Changjun, Yang Ping*

(School of Architecture and Environmental, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: In order to recycle source of energy from livestock wastewater, using a two-chambered anaerobic fluidized bed microbial fuel cell (AFB-MFC) and taking digested piggery wastewater, low-concentration piggery wastewater and high-concentration piggery wastewater as substance successively, performances of COD(Chemical Oxygen Demand) removal efficiency and electricity production was evaluated at different COD volume loading and feeding ammonia concentration. Using the digested wastewater as the substance, the ammonia caused 7.0% inhibition of electricity production as the ammonia concentration was up to 387.6mg/L, but the power generation recovered five days later. Using the raw wastewater as the substance, the COD volume loading increased from 2.3 kg·m⁻³·d⁻¹ to 14.9 kg·m⁻³·d⁻¹ within 12 days, and the COD removal efficiencies remained between 74.5% and 88.1%. The output voltage increased slightly with the increasing of COD volume loading, the maximum output voltage and the power density were 379.3mV and 74.9 mW·m⁻² respectively. Because of the difference of the substance pH, the maximum output voltage of the low-concentration piggery wastewater was 21.4 mV higher than the high-concentration piggery wastewater. The AFB-MFC's internal resistance was 48.5 Ω, and the maximum power density was 75.6mW·m⁻². This study demonstrates that AFB-MFC can treat the livestock wastewater effectively and produce electricity, providing a novel approach for the safe disposal and recycle of livestock wastewater.

Key words: wastewater, ammonia, voltage control, AFB-MFC, COD volume loading, COD removal efficiency