

猪场废水厌氧消化液后处理技术研究及工程应用

邓良伟¹, 蔡昌达², 陈铭铭², 陈子爱¹

(1. 农业部沼气科学研究所; 2. 杭州能源环境工程设计所)

摘 要: 猪场废水经过厌氧消化后, 可生化性变差, BOD_5/COD 仅为 0.19, 并且碳、氮倒置, 比例严重失调, 给后续好氧处理带来很大困难。采用序批式活性污泥法(SBR)工艺直接处理厌氧消化液, 污染物的去除效果很差, COD 仅去除 8.31%, $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除 78.7%。通过改善厌氧消化液的可生化性和培养高效脱氮菌种等措施, COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率改善显著, COD、 BOD_5 与 SS 的去除分别达到 89.6%~93.4%、97.9%、95.6%, 特别是对 $\text{NH}_3\text{-N}$, 达到了 99% 以上去除效率。将实验室结果应用于实际工程, 也取得了好的效果, 工程上 SBR 系统对猪场废水厌氧消化液的 COD 去除 90% 左右, 出水 COD 基本上在 300 mg/L 以下, $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除率大于 99%, 出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 小于 10 mg/L。 BOD_5 去除率大于 98%, 出水 BOD_5 小于 20 mg/L。TN 去除率大于 90%。

关键词: 猪场废水; 厌氧消化液; 可生化性; 序批式活性污泥法(SBR)

中图分类号: X784

文献标识码: A

文章编号: 100226819(2002)0320092203

厌氧处理是一种能直接处理高浓度有机废水, 同时回收能源的生物处理方法, 在猪场废水处理中应用广泛。在以往所建造的猪场废水处理工程中, 大多是以回收能源为主兼顾环保的沼气工程。厌氧消化液(沼液)用作农肥, 或者直接排放, 或者经过简单的氧化塘处理后排放, 很少考虑达标处理, 特别是 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除。实际上, 猪场废水厌氧消化液中仍然含有相当数量的有机污染物, 特别是 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量很高, 达不到排放标准, 对环境的压力仍然很大。随着国家对环境保护的重视, 污水排放标准的严格控制, 规模化猪场废水达标排放已成为影响猪场生存和发展的重要因素, 对猪场废水厌氧消化液进一步处理, 以达到排放标准, 已成为猪场废水处理的当务之急。对于猪场废水厌氧消化液的好氧后处理, 许多研究人员进行了大量的研究工作, 并且在工程上也有应用, 但是, 处理效果均不理想, 处理出水 COD 仍有 500 mg/L 以上, 尤其对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除效果差, 出水仍然达不到排放标准^[1, 2]。

SBR (Sequence Batch Reactor) 工艺, 即序批式活性污泥法, 由进水、曝气、沉淀、滗水及闲置等工序组成, 具有在同一构筑物中完成有机物降解、脱氮除磷和污泥沉淀等多种作用^[3]。近年来, SBR 工艺在猪场废水处理中应用较为广泛^[5, 6]。但是绝大多数是采用 SBR 直接处理猪场原污水, 这就需要对原污水进行稀释, 进而需要很大的反应器和很高的能耗用

于供氧。采用处理猪场废水厌氧消化液, 还未成功。经过近 2 年的实验室研究, 取得了比较显著的效果, 并且在工程上得到了成功的应用。本文即是对实验室研究结果和工程应用情况的总结。

1 材料与方法

1.1 反应器

SBR 反应器由不锈钢制成, 长 × 宽 × 高 = 30 cm × 30 cm × 30 cm, 总容积 27 L, 工作容积 18 L。曝气采用空压机, 型号 ACO 2001, 采用石英砂头, SBR 反应器进水、排水均采用潜水泵, 型号 SP2100Q。用时间控制器对曝气、进水、排水进行自动控制。排泥为人工虹吸抽排, 见图 1。试验温度 20~25 °C, SBR 处理废水量 3.0~6.0 L/d, 水力停留时间(HRT) 3~6 d, 容积负荷 0.2~0.5 kg BOD_5 / (m³ · d), 污泥负荷 0.07~0.17 kg BOD_5 / (kg MLSS · d)。反应器的好氧污泥由实验室驯化而得。SBR 每天运行 3 个周期, 8 h 为 1 个周期, 其中进水 1.0 h, 曝气 4.0 h, 沉淀 1.0 h, 排水 1.0 h, 闲置 1.0 h。

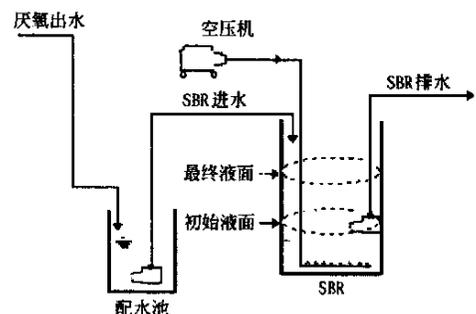


图 1 SBR 试验装置示意图

Fig. 1 Schematic of the SBR

收稿日期: 2001208217

基金项目: 国家“九五”科技攻关项目

作者简介: 邓良伟(1966-), 男, 南京大学环境科学与工程系毕业, 理学硕士, 副研究员。主要从事废水处理工艺研究、设计与调试工作。成都市农业部沼气科学研究所, 610041

1.2 试验废水

试验所用废水取自灯塔养殖总场石桥猪场, 每两天取一次样。取回的废水先采用内循高效厌氧反应器(IC)进行厌氧处理, 处理结果已另文报导^[6], 厌氧消化液再进行 SBR 好氧处理。

1.3 分析项目及方法

COD: 重铬酸钾法, SS: 烘干称重法, BOD₅: 稀释接种法, NH₃N: 纳氏试剂比色法, TN: 过硫酸酸钾氧化紫外分光光度法, TP: 过硫酸酸钾消解钼锑抗分光光度法^[7]。

2 结果与讨论

2.1 SBR 对厌氧消化液的去除效果

试验初期, 采用 SBR 直接处理猪场废水厌氧消化液, 经过 3 个多月的运行, 其结果见表 1。

表 1 SBR 对厌氧消化液的处理效果

Table 1 Removal efficiency of SBR treating anaerobically digested effluent of piggery wastewater

项 目	进水 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	出水 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	去除率 $\%$
COD	1 275 ± 180	1 169 ± 135	8.31
NH ₃ N	741 ± 35.2	158 ± 46.2	78.7

从表 1 可知, 厌氧消化液直接用 SBR 处理, 污染物的去除效果很差, COD 仅去除 8.31%, NH₃N 去除 78.7%, 出水 COD、NH₃N 均很高, 分别为 1 169 mg/L、158 mg/L。试验中还发现, 试验开始时, COD 去除效果还比较好, NH₃N 去除效果差, 随着试验进行, COD 去除效果越来越差, 时而, 处理后的 COD 还高于处理前的 COD。但是, NH₃N 去除效果却越来越好, 最后去除率稳定在 78% 左右。COD 与 NH₃N 去除不同步。国内外^[2,4]猪场废水厌氧消化液后处理的结果表明好氧对猪场废水厌氧消化液污染物的去除效果差, 并且 COD 与 NH₃N 去除不同步。

2.2 厌氧消化液的基本特性与可生化性分析

表 2 猪场废水厌氧消化前后的基本特性

Table 2 Characteristics of influent and effluent of anaerobic digester for piggery wastewater $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	COD	BOD ₅	SS	NH ₃ N	TN	TP
厌氧进水	6 063	3 960	2 380	489	754	159
厌氧消化液	879	168	311	590	590	73.4

由于 SBR 直接处理猪场废水厌氧消化液效果差, 我们分析了猪场废水厌氧消化液的基本特性(见表 2)。从表 2 可知, 厌氧进水 BOD₅/COD 为 0.65, 可生化性非常好, 经过厌氧处理后, 大部分可降解有

有机物在厌氧处理阶段被去除, 厌氧消化流出液 BOD₅/COD 降为 0.19, 可生化性极差。尽管厌氧处理对 TN、TP 有一定的去除效果, 但是, 对 NH₃N 不但没有去除, 反而有所上升。这是由于有机氮转化为 NH₃N 所致。微生物生长的最适碳、氮、磷的关系应该是 BOD₅ : N : P = 100 : 5 : 1, 原猪场废水(厌氧进水)的 BOD₅ : N : P = 25 : 5 : 1, 碳、氮比就已失调, 厌氧处理后, 厌氧消化液 BOD₅ : N : P = 2 : 3 : 8 : 1, 碳、氮倒置, 严重失调, 影响了好氧后处理。

2.3 SBR 对厌氧消化液可生化性改善

表 3 SBR 对可生化性改善后的厌氧消化液的处理结果

Table 3 Removal efficiency of SBR treating anaerobically digested effluent of piggery wastewater whose biodegradability was improved

项 目	进水	出水	去除率 $\%$
COD $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	2 053~3 690	221~281	89.2~93.4
BOD ₅ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	968	19.9	97.9
SS $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	828	36	95.6
NH ₃ N $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	590~1 413	3.5~8.9	99.4
TN $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	631	51.8	91.8

针对猪场废水厌氧消化液可生化性差的问题, 通过添加生活污水及其它废水等措施改善其可生化性, 使其 BOD₅/COD 值提高到 0.4~0.5, 碳、氮、磷的比例调整到 BOD₅ : N : P = 11 : 7 : 1。并且培养驯化高效脱氮菌种, 使 SBR 对可生化性改善后的猪场废水厌氧消化液处理效率大大提高。COD、BOD₅、SS 的去除率分别达到 89.6%~93.4%, 97.9%, 95.6%。特别是 SBR 对氮具有相当好的去除效果, 在 NH₃N 进水浓度高达 1 400 mg/L, 出水能达到很低浓度(< 10 mg/L), 去除率达 99% 以上, 也比直接处理厌氧消化液的去除效率有显著提高, SBR 对 TN 去除率达 91.8% (表 3)。说明影响猪场废水厌氧消化液的关键因素是其可生化性。

2.4 SBR 对猪场废水厌氧消化液的去除效果

在杭州灯塔养殖总场废水处理工程中, 厌氧消化液后处理部分每个 SBR 池有效容积 1 700 m³, 共 4 个, 总有效容积 6 800 m³, 日处理水量 2 000~3 000 m³。在废水处理工程调试运行中, 与小试一样, 采取了添加生活污水及其它废水改善厌氧消化液可生化性以及培养驯化高效脱氮菌种等措施。经过半年多的运行, 其结果见表 4, 从表 4 可知, 在工程上 SBR 系统对猪场废水厌氧消化液的去除效果比小试结果还好, COD 去除率 90% 左右, SBR 出水 COD 基本上在 300 mg/L 以下。BOD₅ 去除率大于 98%, 出水 BOD₅ 小于 20 mg/L。SBR 对氮的去除效果也非常理想, NH₃N 去除率大于 99%, 出水

NH_3N 小于 $10 \text{ mg}\ddot{\text{L}}$, TN 去除率大于 90%。检索国内文献,在以往的猪场废水厌氧消化液后处理研究与实践中,还没有达到如此较高水平的报道。

表 4 处理工程中 SBR 对厌氧消化液污染物的去除效果

Table 4 Removal efficiency of SBR treating anaerobically digested effluent in piggery wastewater treatment plant

项 目	SBR 进水	SBR 出水	去除率/%
$\text{COD}\ddot{\text{m}}\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	2 300~ 3 931	179~ 321	89.7~ 92.2
$\text{BOD}_5\ddot{\text{m}}\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	1 114~ 1 826	11.2~ 19.9	98.5~ 99.0
$\text{NH}_3\text{N}\ddot{\text{m}}\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	674~ 1 133	3.5~ 6.3	99.4~ 99.5
$\text{TN}\ddot{\text{m}}\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	639~ 1 315	51.8~ 51.9	91.9~ 96.1
$\text{SS}\ddot{\text{m}}\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	1 030~ 1 274	70~ 110	91.4~ 93.2
pH	7.2~ 7.5	6.6~ 7.5	

3 结 论

1) 厌氧消化流出液 BOD_5 、 COD 仅为 0.19, 可生化性极差。 $\text{BOD}_5/\text{COD} = 2.3/8.1$, 碳、氮倒置, 严重失调。

2) 厌氧消化流出液直接用 SBR 处理, 污染物的去除效果很差, COD 仅去除 8.31%, NH_3N 去除 78.7%, 其主要影响因素是流出液的可生化性极差。

3) SBR 对可生化性改善后的猪场废水厌氧消化液中有机污染物有较好的去除效果, 对 COD 、 BOD_5 、SS 的去除分别达到 89.6%~93.4%, 97.9%, 95.6%。特别是 SBR 对氮的去除效果好, NH_3N 的去除率达 99% 以上, TN 去除率 91.8%。

比直接处理厌氧消化液的去除效率显著提高。

4) 在工程上 SBR 系统对猪场废水厌氧消化液的去除效果非常满意, SBR 出水 COD 基本上在 $300 \text{ mg}\ddot{\text{L}}$ 以下, BOD_5 去除率大于 98%, 出水 BOD_5 小于 $20 \text{ mg}\ddot{\text{L}}$, NH_3N 去除率大于 99%, 出水 NH_3N 小于 $10 \text{ mg}\ddot{\text{L}}$, TN 去除率大于 90%。

[参 考 文 献]

- [1] 郑武, 谢晓丽, 陈仁中等. 广州市畜牧业废水排放与治理现状分析[J]. 农业环境与发展, 1998, 15(2): 17~20
- [2] 徐洁泉, 杨可俊, 刘膺虎等. 集约化猪场粪便污水沼气发酵综合处理系统的生产试验[J]. 中国沼气, 1991, 3: 26~29
- [3] Arora M L, Barth E F, Umphres M B. Technology evaluation of sequencing batch reactors[J]. Journal WPCF 1985, 57(8): 867~875
- [4] Ng W G. Aerobic treatment of piggery wastewater with the sequencing batch reactor[J]. Bio Waste, 1987, 22: 285~294
- [5] Jung Jeng Su, Cheng Ming Kung, Jing Lin, et al. Utilization of sequencing batch reactor for in situ piggery wastewater treatment[J]. J. Environ. Sci. Health, Part A: 1997, 32(2): 391~405
- [6] 邓良伟, 陈铭铭. IC 工艺处理猪场废水试验研究[J]. 中国沼气, 2001, 19(2): 12~15
- [7] 国家环保局. 水和废水分析方法[M]. 第 3 版. 北京: 中国环境科学出版社, 1989

Study and Application of Technology for Post-Treatment of Anaerobically Digested Effluent of Piggery Wastewater

Deng Liangwei¹, Cai Changda², Chen Geming², Chen Z'ai¹

(1. Biogas Scientific Research Institute of the Ministry of Agriculture, Chengdu 610041, China;

2. Hangzhou Energy and Environment Engineering Design Institute, Hangzhou 310020, China)

Abstract: After anaerobically digested, the biodegradability of piggery wastewater became poor. Its value of BOD_5/COD fell to 0.19, moreover carbon and nitrogen was inverse, which brought much difficulty for anaerobically digested effluent to aerobically treatment. If Sequencing Batch Reactor (SBR) was used directly to treat anaerobically digested effluent, the treatment efficiency was very poor, with only 8.31% for COD removal rate, and 78.7% for NH_3N . A significant improvement in system performance was achieved by increasing the biodegradability of anaerobically digested effluent of piggery wastewater. The removal rate for COD , BOD_5 and SS reached 89.6%~93.4%, 97.9%, 95.6%, respectively, especially, the removal for NH_3N was more than 99%, an extremely high rate. The result of study was applied in piggery wastewater treatment plant, the SBR system worked well. The removal rate for COD was about 90%, that for BOD_5 and NH_3N was larger than 98% and 99% of respectively. A satisfactory effluent quality from SBR, with $\text{COD} < 300 \text{ mg}\ddot{\text{L}}$, $\text{BOD}_5 < 20 \text{ mg}\ddot{\text{L}}$, and $\text{NH}_3\text{N} < 10 \text{ mg}\ddot{\text{L}}$, was achieved. The removal of TN also reached more than 90%.

Key words: piggery wastewater; anaerobically digested effluent; biodegradability; Sequence Batch Reactor (SBR)