

文章编号:2095-3046(2013)03-0001-05

一种治理沼液的兼氧膜生物反应器工艺

廖志民^{1,2}, 胡姣姣¹, 黄万抚¹, 周荣忠², 李新冬¹

(1.江西理工大学资源与环境工程学院,江西 赣州 341000;2.江西金达莱环保股份有限公司,南昌 330100)

摘要:兼氧膜生物反应器具有高效、低耗等特点,适宜处理高浓度有机废水.文中介绍了一种兼氧膜生物反应器工艺用于治理某养殖场沼液.结果表明,该工艺能有效去除 COD_Cr 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、总磷和SS等污染物,处理后出水 COD_Cr 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、总磷及SS浓度分别至50 mg/L、10 mg/L、7.5 mg/L和10 mg/L,去除率分别达98%、95%、50%和99%,满足《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB 18596-2001)并可回用于养殖场道路清扫及周边农田灌溉.该工艺不仅出水水质好,不排放有机剩余污泥,还实现了无人值守,而且吨水占地仅 $0.3 \text{ m}^2/\text{m}^3$,单位处理成本1.05元/ m^3 ,经济实用.

关键词:兼氧膜生物反应器;养殖场沼液;高效低耗

中图分类号:X703 文献标志码:A

A new process of aerobic membrane bioreactor for treatment of biogas slurry

LIAO Zhi-min^{1,2}, HU Jiao-jiao¹, HUANG Wan-fu¹, ZHOU Rong-zhong², LI Xin-dong¹

(1.School of Resource and Environmental Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China;

2.Jiangxi JDL Environmental Protection Co.Ltd., Nanchang 330100, China)

Abstract: Facultative aerobic membrane bioreactor can be applied to high concentration organic wastewater treatment with high efficiency and low energy consumption. A farm biogas slurry treatment process using facultative aerobic membrane bioreactor is introduced in this article. It is shown that pollutants can be effectively removed, with the effluent concentration of COD_Cr , $\text{NH}_3\text{-N}$, TP and SS being 50 mg/L, 10 mg/L, 7.5 mg/L and 10 mg/L and the removal rate being 98%, 95%, 50% and 99% respectively. The final effluent quality can perfectly meet the "Discharge standard of pollutants for livestock and poultry breeding" (GB 18596-2001). The final effluent can also be used for farms road cleaning and the surrounding farmland irrigation. Furthermore, it is learned that the process not only has good treatment effect, but also has the advantages of automation and near-zero emission of the organic excess sludge. Thus, this process is economical and practical with tons of water covering an area of $0.3 \text{ m}^2/\text{m}^3$ and the unit processing cost being 1.05 yuan/ m^3 .

Key words: facultative aerobic membrane bioreactor; farm biogas slurry; high efficiency and low consumption

畜禽养殖废水是一个重大的污染源,养殖场沼液中含有相当数量的有机污染物,同时沼液中氨氮含量较高,属于难处理的高浓度有机废水^[1].常规处理技术对养殖废水中高浓度、成分复杂的污染物

的去除较为困难,所需工艺繁琐,构筑物多,运行成本较高,处理出水难以稳定达标^[2-8].兼氧膜生物反应器通过创造兼氧特色,具有占地小、效率高、能耗低和基本不排有机剩余污泥的特点,对多领域高浓

收稿日期:2013-03-25

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项(2010ZX07105-007);江西省自然科学基金资助项目(2010GQC0068)

作者简介:廖志民(1963-),男,高级工程师,主要从事水体污染防治等方面的研究, E-mail:liaozhimin@jdlhb.com.

度有机废水具有较好的处理效果^[9]。文中针对某规模化生猪养殖场沼液,研究采用兼氧膜生物反应器进行处理,效果很好。

1 养殖场沼液水质及兼氧膜生物反应器工艺

1.1 沼液水质及排放标准

某规模化生猪养殖场采用干清粪后水冲方式清扫猪舍,日排放污水量 100 t,猪场建有地下填埋式厌氧沼气池,沼液经蓄水池简单沉淀后直接排放,沼液中未经处理的污染物直接进入水体,给当地环境带来了严重危害。经蓄水池沉淀后的沼液水质及《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB 18596-2001)排放要求见表 1。

表 1 沼液水质及排放标准

项目	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	NH ₃ -N /(mg·L ⁻¹)	SS/ /(mg·L ⁻¹)	总磷 /(mg·L ⁻¹)	pH 值
沼液	968~1870	60~365	838~1197	11~24	7~9
排放标准	≤400	≤80	≤200	≤8	6~9

1.2 兼氧膜生物反应器工艺原理

兼氧膜生物反应器工艺是新型 MBR 工艺,该工艺将膜组件与生物反应池集成一体化设备,通过微生物及膜的共同作用将污染物有效去除,其反应器示意图如图 1。通过优化曝气方式,控制曝气量,使反应器膜组件区域溶解氧浓度为 1~2 mg/L,其余区域溶解氧浓度小于 1 mg/L,整体系统形成兼氧环境^[10],并形成以兼性菌为主^[11]的特性菌群及复合菌群动态平衡生态系统,该菌群系统具有类似于自然界食物链的循环平衡,微生物通过降解污水中的有机物进行增殖和代谢,增殖和衰亡的菌体本身亦可作为其他细菌的营养源而被代谢分解为 CO₂、H₂O 等无机物,最终形成一种动态平衡,在达到平衡点后系统内有机剩余污泥并不会富集增长,实现了有机剩余污泥的近零排放。

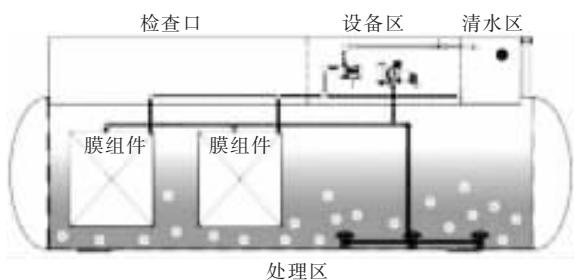


图 1 兼氧膜生物反应器示意图

由于膜的截留作用,反应器内污泥浓度可高达 15 000~20 000 mg/L,污泥负荷低。并且特性菌群中微生物种类繁多,膜的截留也利于培养出一些具有特殊降解能力的专属微生物,包括除磷菌群和世代时间较长的硝化、亚硝化菌群等。反应器中常规除磷菌可吸收污水中的磷,但还有特殊除磷菌可在反应器厌氧、避光的条件下将沼液中的磷转化为磷化氢而将其除去^[12]。反应器内部分区域形成的严格厌氧空间,也有利于厌氧氨氧化微生物将 NH₄⁺作为电子供体,NO₂⁻或 NO₃⁻作为电子受体,经生物作用而转化成无害的 N₂^[13]。微生物的气化除磷和厌氧氨氧化作用,可减少供氧,大幅降低曝气能耗,从而实现了反应器的高效低耗。

1.3 兼氧膜生物反应器处理工艺流程及主要构筑物

为有效控制污染,养殖场采用兼氧膜生物反应器工艺技术处理沼液,工艺流程如图 2,其主要构筑物为原有蓄水池及兼氧膜生物反应器。



图 2 工艺流程

(1)原有蓄水池:猪场原建设有蓄水池,现作为集水调节池,沼液在调节池中可沉淀部分悬浮物并均衡水质水量。

(2)兼氧膜生物反应器:采用 2 套型号为 JDL-MBR-Q50 的兼氧膜生物反应器。单台设备尺寸 Φ2800 mm×7800 mm,有效体积 36 m³,有效水力停留时间 17.4 h,额定功率 2.7 kW。

经调节后的沼液被打入膜生物反应器内部,经过特性菌群的生物作用,污染物被降解为无害物质,最终通过膜的高效截留过滤作用,使出水达标排放。

2 工艺情况及处理效果分析

2.1 工艺情况

该工程自 2012 年 1 月开始启动,采取连续进水,逐步提高负荷的方法驯化菌种。经过一段时间的启动调试,最终在单台设备进水流量为 2.08 m³/h,反应器内膜组件区域溶解氧为 1~2 mg/L,其他区域溶解氧为 0.4~0.6 mg/L,污泥浓度维持在 15 000 mg/L 左右的条件下,系统稳定运行且出水各指标均稳定达标。在 2012 年 5 月,经当地的县环境监测站连续一周检测兼氧膜生物反应器工艺进出水水质,处

理出水各指标稳定达到《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB 18596-2001)排放标准,并可达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920-2002)道路清扫、消防用水水质标准和《农田灌溉水质标准》(GB 5084-2005),检测结果见表2。

考虑到养殖场沼气发电量足以供场内生产生活所需,该工程兼氧膜生物反应器能耗低,直接采用沼气所发电能运转。工程运行至今,运行状况及

出水水质稳定。由于规模化猪场猪舍条件较好,冲洗过程中泥沙量很少且经过厌氧沼气池及蓄水池的沉淀作用,进入兼氧膜生物反应器内的无机泥沙较少,而兼氧膜生物反应器不产生有机剩余污泥,故运行至今未排放污泥,无需处置污泥。且兼氧膜生物反应器自动运行,操作管理简便,在运行过程中实现了无人值守。为综合利用资源,出水被就地回用于养殖场道路清扫及周边农田灌溉。

表2 监测站检测结果

时间	项目	COD _{Cr} /(mg·L ⁻¹)	NH ₃ -N/(mg·L ⁻¹)	SS/(mg·L ⁻¹)	pH值
2012-05-07	进水	1 233.0	164.25	463.0	6.57
2012-05-07	出水	40.9	6.83	8.0	6.87
2012-05-08	进水	1 159.5	161.74	456.0	6.62
2012-05-08	出水	37.6	6.08	6.0	6.92
2012-05-09	进水	1 354.7	186.33	507.0	6.38
2012-05-09	出水	46.5	7.42	8.0	6.81
2012-05-10	进水	1 284.4	170.45	478.0	6.41
2012-05-10	出水	39.0	6.21	7.0	6.83
2012-05-11	进水	1 366.2	197.02	514.0	6.44
2012-05-11	出水	48.8	7.71	9.0	6.90

2.2 工艺运行效果分析

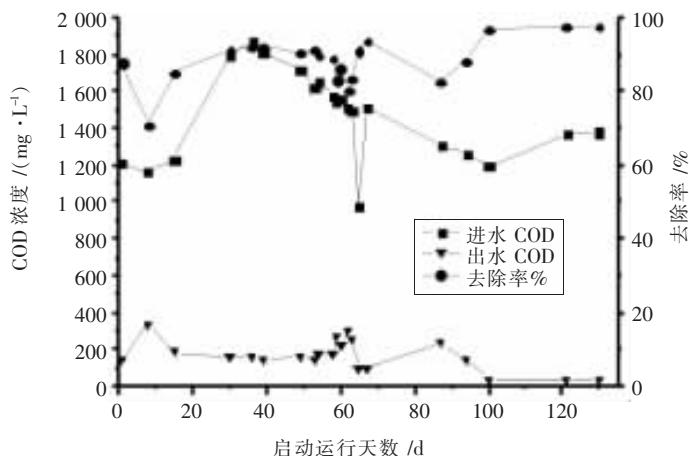
在启动及运行阶段,对工艺进出水水质进行了连续监测,并分析如下。

1)对 COD_{Cr} 的处理效果

检测数据显示,尽管进水 COD_{Cr} 有所波动,出水 COD_{Cr} 稳定达排放标准,且随着工艺的持续运行,最终出水 COD_{Cr} 稳定在 50 mg/L 以下,去除率高达 98%(如图3所示),由此表明兼氧膜生物反应器工艺对沼液中的 COD_{Cr} 具有很好的去除效果。

2)对 NH₃-N 的去除效果

监测结果表明,进水 NH₃-N 受雨水稀释及环境温度回升后蓄水池内部分生物作用的影响,波动范围较大,出水因启动期间系统微生物被成功驯化而使处理效率有线性增长的过程,在后期系统稳定运行阶段,出水 NH₃-N 稳定在 10 mg/L 以下,去除率基本稳定在 95%以上(见图4),说明系统对 NH₃-N 具有很好的去除效果。

图3 对 COD_{Cr} 的处理效果

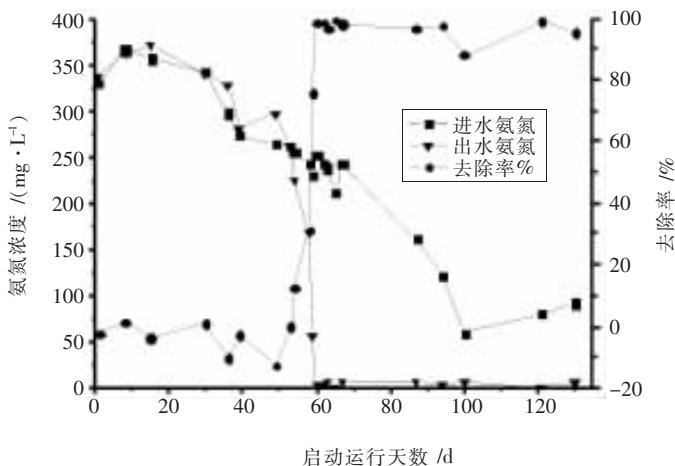


图 4 对 NH₃-N 的处理效果

3) 对总磷的去除效果

由图 5 可知, 反应器对总磷有较好的去除效果, 虽然在微生物驯化过程中出水总磷浓度有所波

动, 但后期运行阶段因进水沼液总磷浓度较低, 出水总磷维持在 7.5 mg/L 左右, 满足排放要求.

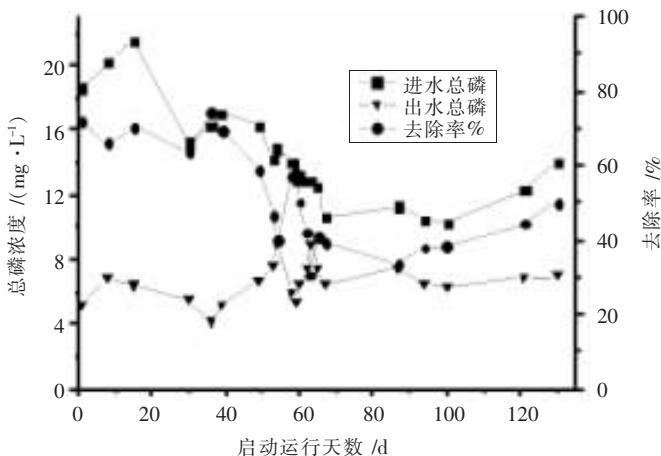


图 5 对总磷的处理效果

4) 对 SS 的去除效果

如图 6 所示, 进水 SS 在 838~1 197 mg/L 之间波动, 但因蓄水池的调节作用, 降雨对 SS 的影响相

对较小. 反应器出水 SS 稳定低于 10 mg/L, 去除率稳定在 99 % 以上, 由此表明兼氧膜生物反应器工艺对 SS 的处理效果显著.

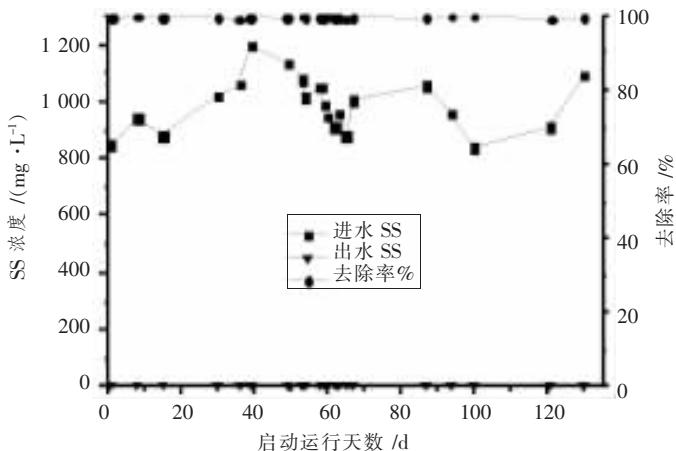


图 6 对 SS 的处理效果

5) 反应器内的污泥浓度

因启动投加菌种使反应器内起始污泥浓度为2 000 mg/L,由图7可知,在启动前期微生物未能有效驯化,污泥浓度变化不大,成功驯化微生物后污泥浓度在短时间内快速增长,后期反应器内污泥浓度稳定在15 000 mg/L左右,并未持续增长,无有机剩余污泥产生。

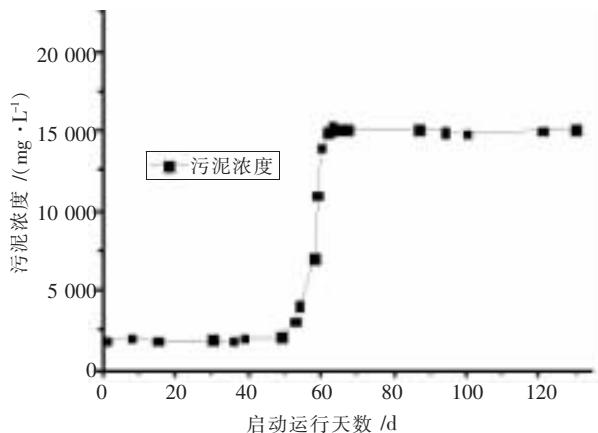


图7 反应器内污泥浓度变化情况

3 技术经济分析

兼氧膜生物反应器一体化设计结构紧凑,占地小。在对沼液处理的应用过程中因需氧量少、能耗低,可利用养殖场内沼气所发电能运行,节约经济成本。同时因反应器具有自动控制系统,又因在运行过程中无有机剩余污泥产生,不需排泥,可节省对污泥处理处置的人工操作过程,从而真正意义上实现了无人值守,对于受规模条件及人员限制的养殖场具有很强的适应性。

本项目的主要技术经济指标见表3(其中单位处理成本计算依据见表4)。从表中可看出,采用兼氧膜生物反应器工艺处理沼液具有占地面积小、运行成本低、可回收利用资源等优点。

表3 主要技术经济指标

设备吨水占地 /(m ² ·m ³)	单位处理成本 /(元·m ³)	可回用水量 /(m ³ ·d ⁻¹)
0.3	1.05	100

表4 单位处理成本计算依据

运行费用	计算依据	吨水费用
电费	兼氧膜生物反应器实际运行电耗 101 kWh/d, 电费以 0.7 元/kWh 计	0.71 元/ m ³
药剂费	膜清洗需 10 % NaClO 20 kg/次, 在线反清洗频率为 1~2 月一次	0.02 元/ m ³
维护费	每 1~2 月需兼职人员进行简单维护, 兼职人员工资 500 元/月	0.17 元/ m ³
膜折旧费	反应器内膜组件 8~10 年更换一次	0.15 元/ m ³

4 结 语

兼氧膜生物反应器工艺能有效去除沼液中的污染物,运行出水水质稳定达标并可回用,整体工艺具有占地面积小,处理效果好、运行成本低,操作管理方便等优点,是经济实用的沼液处理工艺。

参考文献:

- [1] 陈素华,孙铁珩,耿春女.我国畜禽养殖业引致的环境问题及主要对策[J].环境污染治理技术与设备,2003,4(5):5-8.
- [2] 李淑兰.猪场废水厌氧消化及后处理技术研究[D].长沙:中南林学院,2003.
- [3] Prado N, Ochoa J, Amrane A. Zero Nuisance Piggeries: Long-term performance of MBR (membrane bioreactor) for dilute swine wastewater treatment using submerged membrane bioreactor in semi-industrial scale[J]. Water research, 2009, 43(6):1549-1558.
- [4] Be'line F, Boursier H, Daumer M L, et al. Modelling of biological processes during aerobic treatment of piggery wastewater aiming at

process optimization[J]. Bioresource Technology, 2007, 98(17):3298-3308.

- [5] 王翠霞,贾仁安.生猪场废水厌氧消化液的污染治理工程研究[J].江西农业大学学报,2007,29(3):437-442.
- [6] Magri' A, Flotats X. Modelling of biological nitrogen removal from the liquid fraction of pig slurry in a sequencing batch reactor [J]. Biosystems Engineering, 2008, 101(2):239-259.
- [7] 赵春娟,李 丽,栗兰波,等.CSTR+UASB 技术在养殖场沼气工程的应用[J].环境科学与管理,2011,36(6):71-73.
- [8] 何占飞,荀方飞,付永胜.混合工艺处理猪场养殖废水研究[J].广东农业科学,2011,38(9):171-172.
- [9] 廖志民.高效低耗 4S-MBR 污水处理新技术的研发与应用[J].中国给水排水,2010,26(10):35-38.
- [10] 江西金达莱环保股份有限公司.一种兼氧膜生物反应器工艺:中国,ZL200910115352.0[P].2012-06-20.
- [11] 廖志民.兼氧型 MBR 工艺对污泥自消化效果的研究[J].环境工程,2010,28(3):118-120.
- [12] 廖志民.兼氧型 MBR 工艺“气化除磷”效果研究[J].中国给水排水,2010,26(11):51-53.
- [13] 荀方飞,何占飞,葛亚军,等.厌氧氨氧化处理猪场养殖废水最佳运行工艺研究[J].广东农业科学,2010,37(7):174-176.

一种治理沼液的兼氧膜生物反应器工艺

作者: [廖志民](#), [胡姣姣](#), [黄万抚](#), [周荣忠](#), [李新冬](#), [LIAO Zhi-min](#), [HU Jiao-jiao](#),
[HUANG Wan-fu](#), [ZHOU Rong-zhong](#), [LI Xin-dong](#)

作者单位: [廖志民, LIAO Zhi-min\(江西理工大学资源与环境工程学院, 江西 赣州 341000; 江西金达莱环保股份有限公司, 南昌 330100\)](#), [胡姣姣, 黄万抚, 李新冬, HU Jiao-jiao, HUANG Wan-fu, LI Xin-dong\(江西理工大学资源与环境工程学院, 江西 赣州, 341000\)](#), [周荣忠, ZHOU Rong-zhong\(江西金达莱环保股份有限公司, 南昌, 330100\)](#)

刊名: [江西理工大学学报](#) **ISTIC**

英文刊名: [Journal of Jiangxi University of Science and Technology](#)

年, 卷(期): 2013(3)

参考文献(13条)

1. [陈素华;孙铁珩;耿春女](#) [我国畜禽养殖业引致的环境问题及主要对策](#) 2003(05)
2. [李淑兰](#) [猪场废水厌氧消化及后处理技术研究](#) 2003
3. [Prado N;Ochoa J;Amrane A](#) [Zero Nuisance Piggeries:Long-term performance of MBR\(membrane bioreactor\)for dilute swine wastewater treatment using submerged membrane bioreactor in semi-industrial scale](#) 2009(06)
4. [Be' line F;Boursier H;Daumer M L](#) [Modelling of biological processes during aerobic treatment of piggery wastewater aiming at process optimization](#) 2007(17)
5. [王翠霞;贾仁安](#) [生猪场废水厌氧消化液的污染治理工程研究](#) 2007(03)
6. [Magri' A;Flotats X](#) [Modelling of biological nitrogen removal from the liquid fraction of pig slurry in a sequencing batch reactor](#) 2008(02)
7. [赵春娟;李丽;栗兰波](#) [CSTR+UASB技术在养殖场沼气工程的应用](#) 2011(06)
8. [何占飞;苟方飞;付永胜](#) [混合工艺处理猪场养殖废水研究](#) 2011(09)
9. [廖志民](#) [高效低耗4S-MBR污水处理新技术的研发与应用](#) 2010(10)
10. [江西金达莱环保股份有限公司](#) [一种兼氧膜生物反应器工艺](#) 2012
11. [廖志民](#) [兼氧型MBR工艺对污泥自消化效果的研究](#) 2010(03)
12. [廖志民](#) [兼氧型MBR工艺“气化除磷”效果研究](#) 2010(11)
13. [苟方飞;何占飞;葛亚军](#) [厌氧氨氧化处理猪场养殖废水最佳运行工艺研究](#) 2010(07)

引用本文格式: [廖志民. 胡姣姣. 黄万抚. 周荣忠. 李新冬. LIAO Zhi-min. HU Jiao-jiao. HUANG Wan-fu. ZHOU Rong-zhong. LI Xin-dong](#) [一种治理沼液的兼氧膜生物反应器工艺](#)[期刊论文]-[江西理工大学学报](#) 2013(3)