

规模化养殖场污水处理工程实例分析

吴晓梅, 叶美锋, 吴飞龙, 林代炎

(福建省农业科学院农业工程技术研究所, 福建 福州 350003)

摘要: 文章针对规模化养殖场污水水质水量特点, 采用固液分离-厌氧发酵-A/O曝气-氧化塘组合工艺处理福建省九龙江流域龙岩漳平某规模化养殖场污水。工艺运行结果显示: 该组合工艺处理效果良好, COD, BOD₅, SS, NH₄⁺-N 和 TP 去除率分别为 97.47%、96.30%、99.81%、93.23% 和 98.24%, 最终出水达到《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB18596-2001) 的要求。其中固液分离出的猪粪渣和曝气池回流的污泥, 经堆肥发酵生产有机肥, 生产的有机肥亦可达到《有机肥标准》(NY525-2012), 具有一定经济效益与推广价值。

关键词: 养殖污水; 固液分离; A/O; 有机肥

中图分类号: S216.4 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-1166(2019)01-0104-04

A Case Study on Wastewater Treatment Project of Large-scale Farms / WU Xiao-mei, YE Mei-feng, WU Fei-long, LIN Dai-yan / (Agricultural-Engineering Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China)

Abstract: According to the characteristics of wastewater quality and quantity of a large-scale farm, a combined process was designed, which including solid-liquid separation, anaerobic fermentation, A/O aeration, and oxidation pond, to treat wastewater for a large-scale farms in Zhangping, Longyan, Fujian province. The results showed that the combined process worked well, and the removal rates of COD, BOD₅, SS, NH₄⁺-N and TP were 97.47%, 96.30%, 99.81%, 93.23% and 98.24%, respectively, which reached the discharge standard for livestock and poultry breeding (GB18596-2001). The manure waste produced by solid-liquid separation and the sludge from the aeration tank could be composted for organic fertilizer. The produced organic fertilizer was also reached the standard for organic fertilizer (NY525-2012), which would also have economic and promotional value.

Key words: farming sewage; solid-liquid separation; A/O; organic fertilizer

“十三五”是我国生态文明建设的深入期,也是全面建成小康社会的关键时期^[1]。而建设社会主义生态文明,离不开我国广大的农村地区^[2],农村环境是环境保护战略的重要组成,也是全面小康社会的重要一环。然而农村环境的关键是农业污染的解决,农业污染已成为我国继工业污染、生活污染之后的第三大污染源,尤其是畜禽养殖业的污染已成为国内仅次于钢铁、煤炭的最大污染行业^[3]。迅速崛起的规模化养殖场,产生大量的畜禽粪尿及养殖污水,未经处理或回收直接排放不仅会对环境造成严重污染,同时也会影响养殖场本身的卫生防疫,降低畜禽产品品质^[4-5]。据 2014 年环境统计数据示,我国畜禽养殖 COD 和 NH₄⁺-N 排放量分别为

1049 万 t 和 60.4 万 t,分别占当年全国总排放量的 46.7% 和 24.3%^[6]。至 2020 年,我国畜禽养殖排放的粪便等污染物质相比于 2007 年预计会增加 37%,届时畜禽的养殖污染问题则会更加严峻,畜禽污染防治工作刻不容缓^[7]。本文以福建省九龙江流域龙岩漳平某规模化猪场为例,介绍粪污减量化、厌氧发酵、沼渣沼液安全利用、污水深度净化达标排放等处理技术,并分析各阶段对粪污的处理效果及经济效益分析,为实现规模化养殖场粪污资源化、安全化、循环再利用工程化处理的推广提供理论依据。

1 工程概况

1.1 养殖场情况

福建省九龙江流域龙岩漳平某规模化猪场目前

收稿日期: 2017-11-28 修回日期: 2017-12-28

项目来源: 省属公益类科研院所基本科研专项优势领域重点项目(2015R1101); 省属公益类科研院所基本科研专项青年科研项目(2017R1014-4)

作者简介: 吴晓梅(1988-),女,硕士,主要从事农业环保研究等工作, E-mail: xiaomeizi163@126.com

通信作者: 林代炎, E-mail: lindaiyan@126.com

存栏母猪 550 头, 年出栏商品猪 5000 头。

1.2 废水水量和水质

养殖场采用干清粪和水冲洗方式进行猪舍卫生清洁, 每天运行 20 小时全场每日产生污水量(含养殖场工人生活污水)为 200 m^3 。结合养殖场猪舍集中冲洗情况, 设计平均流量为 $10 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ 。

养殖场每日产生的污水中含大量固态杂质(如粪便、残余饲料渣、沙粒等), 且部分不易降解; 污水的 COD_{Cr} 、氨氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)、总磷(TP)、悬浮物(SS)、色素等主要污水指标值相对较高, 特别是 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 指标, 处理难度较大^[8]。污水主要污染物为有机畜禽污水, 可生化性好^[9]; 排放的污水水质变化较大, 且早晚周期性较大。具体水质如表 1 所示。

表 1 养殖场污水水质 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)

| COD_{Cr} | SS | $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ | BOD_5 | TP |
|--------------------------|------|----------------------------|----------------|-----|
| 11100 | 6800 | 538 | 2700 | 330 |

1.3 监测指标及方法

各指标测定方法: pH 值用便携式 pH 计测定; SS 用重量法 GB/T 11901-1989 测定^[10]; COD_{Cr} 采用重铬酸盐法 GB/T 11914-1989 测定^[11]; BOD_5 用稀释与接种法 HJ505-2009 测定^[12]; $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 纳氏试剂分光光度法 HJ535-2009 测定^[13]; TP 用钼酸铵分光光度法 GB/T 11893-1989 测定^[14]。

2 处理工艺

2.1 工艺流程及说明

养殖废水具有 COD_{Cr} 、SS、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 浓度“三高”特征, 通常采用厌氧+好氧相结合方式处理。结合规模化养殖场废水实际特点和排放要求, 污水采用粗格栅-固液分离-完全混合式厌氧发酵-初沉池-两级 A/O 曝气-二沉池-氧化塘工艺处理, 固液分离的猪粪渣和回流的污泥用于堆肥生产有机肥, 具体如图 1 所示。

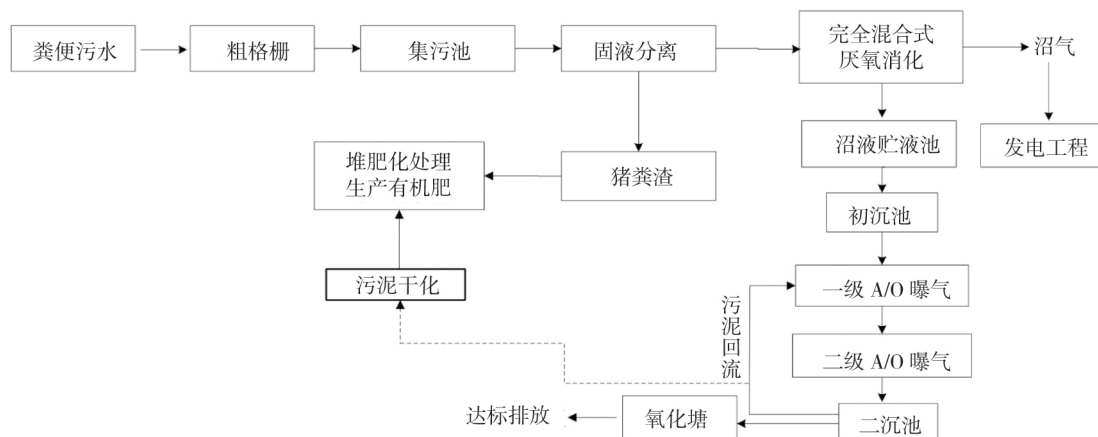


图 1 工艺流程图

(1) 前处理: 利用粗格栅拦截大颗粒杂物, 为后续处理降低负荷同时维护设备设施。污水经管道输送至集污池, 通过集污池将污水储存起来并使其均质均量, 以保证污水处理设备和设施的正常运行。

(2) 固液分离: 固液分离是养殖污水处理必不可少的环节, 废水经固液分离后可以减轻后续的处理环节负担, 防止设备堵塞损坏。本项目选用 60 目振动筛挤压式固液分离机^[15], 其处理能力达 $15 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, 将粪污减量至少 50%。该固液分离机具有污水处理效果稳定、分离出的粪渣含水率为 50% 左右, 可直接装袋, 集中运输过程中不产生渗漏水, 而且更有利于直接堆肥利用。

(3) 完全混合式厌氧消化: 养殖污水经固液分离后进入厌氧生物发酵系统, 本项目采用完全混合式工艺进行厌氧消化, 在一个密闭罐体内完成料液的发酵, 产生沼气。在消化器内安装有搅拌装置, 使发酵原料与微生物处于完全混合状态, 提高池内发酵效率和产气率。该工艺一方面可去除废水中大部分有机污染; 另一方面产生的沼气也是一种清洁能源, 可用于发电, 产生的沼液也可作为肥料还田利用。

(4) A/O 曝气池: 采用两级 A/O 曝气处理, 对有机物浓度高的废水, 去除率高。A 段是厌氧段, 主要用于脱氮除磷; O 段是好氧段, 主要用于去除水中

的有机物。它除了可去除污水中的有机污染物外,还可同时去除氮、磷。对于高浓度有机废水及难降解废水,在好氧段前设置水解酸化段,可显著提高废水可生化性。

(5) 氧化塘:在塘中种植水生植物狐尾藻,同时进行鱼类养殖,形成人工生态系统,在太阳能(日光辐射提供能量)作为初始能量的推动下,通过塘中多条食物链的物质迁移、转化和能量的逐级传递、转化,将进入塘中污水的有机污染物进行降解和转化,最后不仅去除了污染物,而且以水生植物和水产、水禽的形式作为资源回收,净化的污水也可作为再生资源予以回收再用,使污水处理与利用结合起来,实现污水处理资源化^[16]。狐尾藻根系具有较强的泌氧作用,可以改善水体环境,狐尾藻净化水体的同时促进自身生长量的增加,收获时可以作为青饲料供养殖场生猪、塘中鱼类食用^[17]。

(6) 猪粪渣堆肥:采用本团队研制的堆肥发酵塔进行猪粪渣堆肥发酵。堆肥物料由塔顶进入塔内,在塔内堆肥物通过翻转隔层板,使堆料一层一层自上而下每天降一层,起到翻料供氧作用。一个发酵塔可根据需要,分5~6层。一般经过5~8天的好氧发酵,堆肥物即由塔顶移动至塔底而完成一次发酵。立式堆肥发酵塔为半密闭结构,塔边留有通风管,塔内温度分布从上层到下层逐渐升高。

2.2 主要构筑物及设计参数

该处理工艺设计的主要构筑物及设计参数如表2所示。

表2 主要构筑物及设计参数

| 序号 | 名称 | 规格型号 | 数量 |
|----|--------------------------|-----------------|------|
| 1 | 粗格栅 / 套 | 1.0×0.6/1.0×0.7 | 2 |
| 2 | 厌氧生物载体 / m ³ | Φ150 mm,长 1.5m | 220 |
| 3 | 好氧生物载体 / m ³ | Φ150 mm,长 1.5m | 544 |
| 4 | 系统自动控制柜 / 套 | 定制 | 1 |
| 5 | 固液分离机 / 台 | LNQFLC-SZJ-25 | 1 |
| 6 | 剩余污泥处理机 / 台 | LNQFLC-SZ-25 | 1 |
| 7 | 有机肥发酵装置构件 / 套 | 四层堆肥发酵塔 | 1 |
| 8 | A/O 曝气池 / m ³ | — | 1500 |
| 9 | 厌氧发酵池 / m ³ | 8 个 | 1200 |
| 10 | 氧化塘 / m ² | — | 1500 |
| 11 | 集污池 / m ³ | — | 25 |

3 运行效果

3.1 粪便污水处理结果

处理工艺经系统调试后,持续运行情况正常,处理效果稳定。分别于集污池进水口、固液分离池出口、厌氧发酵池出口、末端排放口取样检测水质的 pH 值、化学需氧量 (COD_{Cr})、五日生化需氧量 (BOD₅)、悬浮物 (SS)、氨氮 (NH₄⁺-N) 和总磷 (TP) 等指标。

监测结果表3所示,规模化养殖场粪便污水经过本团队设计的水处理工艺方案,水质 COD_{Cr}, BOD₅, SS, NH₄⁺-N 和 TP 去除率分别为 97.47%, 96.30%, 99.81%, 93.23% 和 98.24%, 最终出水达到《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB18596-2001) 的要求^[18]。

表3 监测点水质

| | pH 值 | COD _{Cr} | BOD ₅ | SS | NH ₄ ⁺ -N | TP |
|---------|------|-------------------|------------------|------|---------------------------------|------|
| 污水池进口 | 6.98 | 11100 | 2700 | 6800 | 538 | 333 |
| 固液分离池出口 | 7.11 | 12400 | 5200 | 5750 | 596 | 234 |
| 厌氧消化池出口 | 7.7 | 2270 | 880 | 1260 | 889 | 280 |
| 末端排放口 | 6.78 | 281 | 100 | 13 | 36.4 | 5.85 |
| 排放标准 | — | 400 | 130 | 200 | 80 | 8 |

3.2 猪粪渣堆肥结果

对猪粪渣进入堆肥发酵塔堆肥前后的理化性质进行测定,具体结果见表4。检测结果表明,堆肥后猪粪渣的含水率下降了 5.9%,全氮含量增加了 0.79%,全磷含量增加了 1.19%,全钾含量增加了 0.20%,而 pH 值则下降了 0.5,有机质增加了 4.4%。通过发酵塔发酵后,除水分含量外,总养分、

有机质和 pH 值等指标均达到了《有机肥标准》(NY525-2012)^[19]。

表4 发酵塔猪粪渣堆肥前后理化性质变化表 (%)

| 项目 | 含水率 | 全氮 | 全磷 | 全钾 | pH 值 | 有机质 |
|-----|------|------|------|------|------|------|
| 堆肥前 | 67.2 | 1.48 | 2.39 | 0.51 | 7.3 | 80.8 |
| 堆肥后 | 61.3 | 2.27 | 3.58 | 0.71 | 6.8 | 85.2 |

4 效益分析

该猪场日产粪便污水 200 m³,项目设施设备投资 100 万元,该工艺日处理耗电量 60 度,按每度 1 元计,则所需电费 60 元;另外,运行过程还需 1 个人看管,工人工资以 100 元·d⁻¹计,则日总运行费用为 160 元,每吨污水处理需 0.8 元·d⁻¹。

因猪场周边没有果园田地,沼液主要通过沉淀池、A/O 曝气池、氧化塘等工艺处理实现达标排放,对于处理后的污水也可以将中水回用部分用于猪舍清洗、周边绿地浇灌等,以每日中水回用率 40% 计算,每日回用 80 吨,每吨按照 2 元(商业用水)计,则每日可节约水费 160 元。产生的沼气可用于发电,满足养殖场日常的生产生活用电,日可节约电费 60 元,则日可共节约费用 220 元,每吨污水处理可节约费用 1.1 元。与养殖场粪污处理系统改造前相比,年可节约运行支出 10 万元。

经粪便废水经固液分离后的猪粪渣堆肥发酵年可产有机肥 900 吨,按照每吨有机肥 500 元计,则可为养殖场增收 45 万元·年⁻¹,扣除人工、生产等费用,每年有机肥净收入为 30 万元。本项目实施后,年可节约环保处理费用 10 万元、年新增产值 30 万元、新增利税 40 万元,并有效解决猪场生产过程中的粪污排放问题,降低了环境污染风险,因此具有显著的经济环境效益。

5 结论

采用固液分离-完全混合式厌氧消化-A/O 曝气-氧化塘组合工艺,对九龙江流域龙岩段漳平某规模化养殖场污水有较好的处理效果,出水可以达到《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB18596-2001)。该工艺采用了笔者课题团队研发的固液分离机,粪污量特别是悬浮物至少减少了 50%,进而降低了后续污水处理负荷;A/O 曝气池处理,通过厌氧好氧处理,有效降低污水的 COD_{Cr},BOD₅,NH₄⁺-N 和 TP 浓度,此时的污水进入氧化塘一方面可为狐尾藻提供养分、为鱼类提供饵料,另一方面狐尾藻通过根系泌氧作用可改善水体环境,同时吸收水体养分生长,最终污水得到净化,达到标准排放。对于固液分离出的猪粪渣和曝气池回流的污泥,可以通过堆肥发酵塔进行发酵生产有机肥,生产的有机肥亦可达到

《有机肥标准》(NY525-2012)。治理与利用结合,降低养殖场污染问题同时减少养殖场运行成本,对循环农业的推进有着重要意义。

参考文献:

- [1] 孟伟,舒俭民,张林波,等. “十三五”生态文明建设的目标与重点任务[J]. 中国工程科学, 2015, 17(8): 39-45.
- [2] 张惠远,刘煜杰,张强,等. 关于深化我国“十三五”时期农村环境保护的思考[J]. 环境保护, 2017, (2): 10-13.
- [3] 王永刚,王旭,李明蔚,等. 我国畜禽养殖禁养区划分现状及问题思考[J]. 生态与农村环境学报, 2017, 33(7).
- [4] 曹军. 养殖场混合污水处理技术研究[D]. 成都: 四川农业大学, 2005.
- [5] 张子仪. 规模化畜牧业排污问题及早治理. 现代畜牧生产的环境与环境管理[D]. 北京: 中欧农业科学出版社, 1993, 119.
- [6] 国家统计局. 中国环境统计年鉴[J]. 北京: 中国统计出版社, 2015.
- [7] 王军霞,徐菲,刘瑞民,等. 我国畜禽养殖总量空间热点分析及主要污染物核算[J]. 农业环境科学学报, 2017, 36(7): 1316-1322.
- [8] 陈蕊,高怀友,傅学起,等. 畜禽养殖废水处理技术的研究与应用[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(s1): 374-377.
- [9] 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.
- [10] GB/T11901-1989 水质-悬浮物的确定[S].
- [11] GB/T11914-1989 水质化学需氧量的测定[S].
- [12] HJ505-2009 水质-五日生化需氧量的测定[S].
- [13] HJ535-2009 水质氨氮测定[S].
- [14] GB/T11893-1989 水质-总磷的测定[S].
- [15] 林代炎,翁伯琦,钱午巧. FZ-12 固液分离机在规模化猪场污水中的应用效果[J]. 农业工程学报, 2005, 21(10): 184-186.
- [16] 董良德,张民,陆上岭,等. 我国氧化塘废水处理的现状简述[J]. 污染防治技术, 1995, (1): 52-55.
- [17] 周洋洋,刘红乾,董如梦,等. 五种水培观赏植物对城市污水净化效果的研究[J]. 山东林业科技, 2014, 44(6): 21-24.
- [18] GB18596-2001 畜禽养殖业污染物排放标准[S].
- [19] NY525-2012 有机肥标准[S].