

规模化猪场废水处理工程实例

杨祖沐

(福建省致青生态环保有限公司, 福建 福州 350026)

摘要: 采用“预处理-UASB-两级 A/O-MBR-高级氧化”组合工艺对规模化猪场废水进行处理, 处理规模为 150 m³/d, 总投资为 220 万元, 运行费用为 4.7 元/(m³·d)。运行结果表明, 该组合工艺处理后的出水 COD_{Cr}、NH₄⁺-N 和 TP 指标能够满足《农田灌溉水质标准》(GB5084-2005)中的旱作作物灌溉用水限值要求及《畜禽养殖业污染物排放标准》(二次征求意见稿)要求。

关键词: 猪场废水; UASB; 两级 A/O; MBR; 臭氧氧化

近年来, 随着养猪业规模化生产及养殖水平的提高, 生猪养殖得到快速发展, 产生的生猪养殖粪便、污水污染也日益严重。同时生猪养殖废水浓度高、产生量大, 规模化养殖场周边土地承载能力有限, 可供消纳的土地不足, 直接灌溉等资源利用日益造成土地污染。据测算, 一个万头猪场日排水量 80-100 t, 日排粪量约 8 t^[1], 畜禽养殖每天产生大量的粪污, 成为农业面源污染的主要来源。因此, 建立运行稳定、出水达标的养殖废水处理工艺对于实现养殖场污染减排及确保流域水体水质优良具有十分重要的现实意义。

1 工程概况

工程所在地为福州市某规模化养猪场, 生猪存栏为

6000 头, 主要采取水冲粪生产工艺, 日废水排放量约为 150 m³, 该猪场原有污水处理设施为固液分离和沼气池, 且原有的沼气池设计不合理、管理维护情况较差, 效率较低, 出水浓度较高。因此急需新建污水处理设施, 以满足《农田灌溉水质标准》(GB5084-2005)中的旱作作物灌溉用水限值要求, 同时参照《畜禽养殖业污染物排放标准》(二次征求意见稿)要求进行工艺设计, 对猪场养殖废水进行深度处理实现达标排放。

1.1 废水水质

该规模化养猪场主要采用水冲粪的清粪工艺, 设计进、出水水质如表 1 所示。

表 1 设计进、出水水质一览表 mg/L

| 项目 | COD _{Cr} | BOD ₅ | SS | TN | NH ₄ ⁺ -N | TP |
|----|-------------------|------------------|------|-----|---------------------------------|-----|
| 进水 | 11000 | 4500 | 3800 | 900 | 600 | 70 |
| 出水 | 150 | 40 | 150 | 70 | 40 | 5.0 |

1.2 工艺流程

根据该规模化猪场的实际情况, 采用“预处理-UASB-

两级 A/O-MBR-高级氧化”组合工艺进行处理。具体工艺流程见图 1。

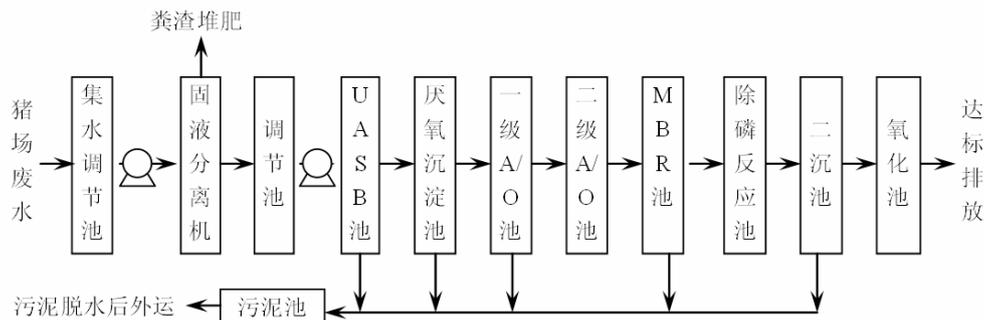


图 1 废水处理工艺流程图

该组合工艺流程主要可分为预处理系统、厌氧处理系统、两级 A/O 生化处理系统和化学处理系统四部分。

预处理系统: 主要包括集水池、固液分离、调节池工艺, 固液分离能够有效将粪污废水中的粪渣和废水分离, 粪渣外运进行发酵生产有机肥, 废水进入调节池均量后进入厌氧处理系统;

厌氧处理系统: 主要包括 UASB 池、厌氧沉淀池等。调节池出水经提升泵提升至 UASB 池, 通过厌氧反应, 去除废水中的大分子有机污染物, 并将一些好氧不能降解的有机污染物转化降解, 出水进入厌氧沉淀池, 污泥排至污泥池, 废水进入两级 A/O 生化处理系统;

两级 A/O 生化处理系统: 主要包括一级 A/O 池、二级 A/O 池及 MBR 池。厌氧沉淀池上清液自流至一级 A/O 池, 去除部分有机物、氨氮和总磷, 出水流入二级 A/O 池, 利用微生物的硝化和反硝化反应进一步去除剩余的硝酸盐, 进而达到提高总氮去除率的目的^[2], 出水流至 MBR 池, 再次去除部分的有机物、氨氮、总磷和 SS;

化学处理系统: 主要包括除磷反应沉淀池和氧化池。通过投加除磷剂, 去除废水中含磷物质, 降低出水总磷; 通过臭氧接触氧化, 降低出水色度, 保障出水稳定达标。

UASB 池、厌氧沉淀池、一级 O 池、MBR 池、二沉池排出的污泥脱水后外运。

2 主要构筑物及设备

2.1 集水调节池

集水调节池数量 1 座, 地下式钢砼结构, 尺寸 6.5 m×4.2 m×4.0 m, 有效水深 3.0 m, 有效容积 82 m³, 水力停留时间 8.2 h, 主要用于收集猪场粪污废水, 调节水质、水量, 内设 2 台(1 用 1 备)污水提升泵, 流量 18 m³/h, 扬程 14 m, 功率 1.5 kW。

2.2 固液分离平台

固液分离平台数量 1 座, 地上式砖混结构, 固液分离机型号 LK-60TS, 功率 2.78 kW, 材质 SUS316, 规格为分离颗粒当量直径=3 μm, 每小时处理污水 7~20 t (现场粪的浓度水量有所变动), 挤压机最大处理量 (固体) 2.5 m³/h。

2.3 调节池

调节池数量 1 座, 地下式钢砼结构, 尺寸 4.2 m×4.2 m×4.0 m, 有效水深 3.5 m, 有效容积 62 m³, 水力停留时间 6.2 h, 调节废水的酸碱度, 内设 2 台(1 用 1 备)污水提升泵, 流量 18 m³/h, 扬程 14 m, 功率 1.5 kW, 1 台潜水搅拌机。

2.4 UASB 池

UASB 池数量 1 座, 地上式钢砼结构, Φ8.4 ×10.8 m, 有效水深 9 m, 厌氧反应容积 500 m³, 水力停留时间 4 d,

用于去除废水中的大分子有机污染物, 并将一些好氧不能降解的有机污染物转化降解, 内设 2 台(1 用 1 备)厌氧循环泵, 流量 75 m³/h, 扬程 10 m, 功率 3.7 kW, 布水系统、回流污泥均布系统、三相分离器、水封系统各 1 套。

2.5 厌氧沉淀池

厌氧沉淀池数量 1 座, 地上式钢砼结构, 尺寸 9.6 m×1.8 m×4.5 m, 有效水深 4 m, 有效容积 69 m³, 水力停留时间 6.9 h, 用于去除 UASB 反应池处理废水中的部分悬浮物质及回流部分厌氧污泥, 内设 2 台(1 用 1 备)污泥泵, 流量 10 m³/h, 扬程 10 m, 功率 0.75 kW, 1 套中心进水筒。

2.6 一级缺氧池

一级缺氧池数量 1 座, 半地上式钢砼结构, 尺寸 11.7 m×5.1 m×4.5 m, 有效水深 4 m, 有效容积 234 m³, 水力停留时间 6 d。

2.7 一级好氧池

一级好氧池数量 1 座, 半地上式钢砼结构, 尺寸 11.7 m×6.6 m×4.5 m, 有效水深 4 m, 有效容积 308 m³, 水力停留时间 6 d, 池底安装膜片式微孔曝气盘, 空气流量 1.5~3 m³/h, 服务面积 0.3~0.7 m², 氧转移效率 18.4~27.7%。

2.8 二级缺氧池

二级缺氧池数量 1 座, 半地上式钢砼结构, 尺寸 7.8 m×4.5 m×4.5 m, 有效水深 4 m, 有效容积 140 m³, 水力停留时间 4 d。

2.9 二级好氧池

二级好氧池数量 1 座, 半地上式钢砼结构, 尺寸 7.8 m×4.5 m×4.5 m, 有效水深 4 m, 有效容积 140 m³, 水力停留时间 4 d, 池底安装膜片式微孔曝气盘, 空气流量 1.5~3 m³/h, 服务面积 0.3~0.7 m², 氧转移效率 18.4~27.7%。内设 2 台混合液回流泵, 流量 25 m³/h, 扬程 9 m, 功率 1.5 kW。

2.10 MBR 池

MBR 池数量 1 座, 半地上式钢砼结构, 尺寸 4.5 m×4.2 m×4.5 m, 有效水深 4 m, 水力停留时间 12 h, 采用中空纤维膜, 过滤通量为 80 L/(m²·h), 用于进一步去除有机污染物、NH₃-N 和 SS 等, 内设 2 台(1 用 1 备)产水泵, 流量 15 m³/h, 扬程 9 m, 功率 0.75 kW, 1 套反冲洗装置。

2.11 除磷反应池

除磷反应池 1 座, 半地上式钢砼结构, 尺寸 1.2 m×0.9 m×4.5 m, 有效水深 4 m, 用于去除废水中的磷, 使出水水质达标。3 套一体化加药装置, 流量 60~200 L/h, 出水压力 0.3~2.5 MPa。

2.12 二沉池

二沉池数量 1 座, 半地上式钢砼结构, 尺寸 7.8 m×1.8 m×4.5 m, 有效水深 4 m, 用于进一步沉淀除磷反应器出水

中的悬浮物质，内设2台(1用1备)污泥泵，流量 $24\text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程 11 m ，功率 1.5 kW 。

2.13 氧化池

氧化池数量2座，半地下式钢砼结构，尺寸 $1.8\text{ m}\times 0.9\text{ m}\times 4.0\text{ m}$ ，用于进一步去除出水色度，去除部分有机物，保证出水水质，1套臭氧发生装置。

2.14 污泥池

污泥池数量1座，地下式钢砼结构，尺寸 $2.0\text{ m}\times 2.0\text{ m}\times 4.5\text{ m}$ ，有效水深 4 m ，有效容积 14 m^3 ，用于贮存厌氧沉淀池、一级O池、MBR池、二沉池内产生的污泥，上清液回流至调节池。内设2台(1用1备)潜污泵，流量 $10\text{ m}^3/\text{h}$ ，扬程 10 m ，功率 0.75 kW 。

2.15 脱水系统

叠螺污泥脱水机1台，型号为301，DS处理量为 $30\sim 60\text{ kg}/\text{h}$ 。

2.16 供气系统

好氧池由3台(2用1备)罗茨风机供气，风量： $8.12\text{ m}^3/\text{min}$ ，风压： 35 kPa ，转速 $1500\text{ r}/\text{min}$ ，功率： 11 kW 。

3 调试运行效果及经济效益分析

3.1 污泥培养驯化

本项目采用自然富集培养的方式向反应器中接种微生物。

将稀释后的调节池废水引入好氧池，开始闷曝，在这期间每天定时定量加入稀释后的调节池废水，让污泥更快的生长，每天取污泥观察其形状，几天之后产生了一些絮凝体，且呈浑浊状，将污泥放到显微镜下镜检观察能够发现污泥中含有大量的菌胶团。继续增大进水的水力负荷，且每天定时定量排出部分废水，观察污泥的沉降比及污泥中的微生物，随着驯化的进行，污泥的沉降比会越来越高，且污泥中会出现原生动物，待每个阶段COD去除率稳定后，继续增大进水的水力负荷至设计值，观察污泥形状及监测出水COD值，污泥形状较稳定或出现小幅的浮动，COD去除率稳定。

3.2 系统运行效果分析

本污水处理系统受季节影响，水量、水质波动大，夏季水量约 $120\sim 150\text{ m}^3/\text{d}$ ，进水 COD_{Cr} 约 $4000\sim 5000\text{ mg}/\text{L}$ 。冬季水量约 $60\sim 80\text{ m}^3/\text{d}$ ，进水 COD_{Cr} 约 $12000\sim 14000\text{ mg}/\text{L}$ 。进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 约 $600\sim 1000\text{ mg}/\text{L}$ 。进水TP约 $200\sim 300\text{ mg}/\text{L}$ 。全年各工艺运行稳定，出水 $\text{COD}_{\text{Cr}}\leq 150\text{ mg}/\text{L}$ ，总去除率约为 $96.25\%\sim 98.93\%$ ； $\text{NH}_3\text{-N}\leq 10\text{ mg}/\text{L}$ ，总去除率约为 $98.33\%\sim 99.00\%$ ；TP $\leq 5\text{ mg}/\text{L}$ ，总去除率约为 $97.50\%\sim 98.33\%$ 。出水水质稳定，能够满足《农田灌溉水质标准》(GB5084-2005)中的旱作作物灌溉用水限值要求及《畜禽养殖业污染物排放标准》(二次征求意见稿)要求，主要出水水质标准值如表2所示。

表2 主要出水水质标准值一览表

| 标准名称 | COD_{Cr} | BOD_5 | SS | TN | $\text{NH}_4^+\text{-N}$ | TP |
|-----------------------------|--------------------------|----------------|-----|----|--------------------------|-----|
| 《农田灌溉水质标准》(GB5084-2005) | 200 | 100 | 100 | - | - | - |
| 《畜禽养殖业污染物排放标准》 (二次征求意见稿) | 150 | 40 | 150 | 70 | 40 | 5.0 |

3.3 经济效益分析

本工程总投资约为220万元，其中土建投资为95.54万元，设备工程投资为124.46万元。工程装机总容量为50kW，采用PLC自动控制，运行管理较为便捷，吨水电费为3.36元；吨水药剂费为1.34元/ m^3 ；吨水电费及药剂费运行成本为4.7元。

4 结论

采用“预处理-UASB-两级A/O-MBR-高级氧化”组合工艺对猪场废水进行处理效果良好，出水水质较稳定，能够达到《农田灌溉水质标准》(GB5084-2005)中的旱作作物灌溉用水限值要求及《畜禽养殖业污染物排放标准》(二次征求

意见稿)要求，运行管理便捷，具备较好的技术经济可行性，可为类似工程提供借鉴。

参考文献

- [1] 郭兰娅, 齐振宏, 黄炜虹, 等. 我国养猪业粪便排泄物污染时空测度及处理技术的选择[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(3): 246-251.
- [2] 杜昱, 孙月驰, 李瑞化, 等. 垃圾渗滤液MBR处理系统设计要点[J]. 中国给水排水, 2018(2): 63-67.