

预处理/USR/UASB/SBR/AO/氧化塘工艺处理养猪污水

刘 丽, 汤权新, 乔瑞平, 常 亮, 田 华, 王 刚, 刘 豹
(湖南永清水务有限公司, 湖南 长沙 410005)

摘 要: 采用三级固液分离-USR-UASB-化学除氨-SBR-AO-氧化塘处理养猪污水, 处理规模为 $500\text{ m}^3/\text{d}$, 原水COD为 $10\,000\sim 15\,000\text{ mg/L}$ 、 BOD_5 为 $5\,000\sim 8\,000\text{ mg/L}$ 、SS为 $4\,000\sim 10\,000\text{ mg/L}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 为 $800\sim 1\,000\text{ mg/L}$ 、TP为 $25\sim 80\text{ mg/L}$, 处理后出水COD为 $300\sim 380\text{ mg/L}$ 、 BOD_5 为 $120\sim 150\text{ mg/L}$ 、SS为 $150\sim 200\text{ mg/L}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 为 $60\sim 80\text{ mg/L}$ 、TP为 $5\sim 8\text{ mg/L}$, 出水水质优于《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB 18596—2001)。

关键词: 养猪污水; USR; UASB; SBR; A/O; 氧化塘

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)08-0116-04

Integration Processes Including Pretreatment/USR/UASB/SBR/AO/Oxidation Pond for Piggery Wastewater Treatment

LIU Li, TANG Quan-xin, QIAO Rui-ping, CHANG Liang, TIAN Hua, WANG Gang, LIU Bao

(Hunan Yonker Water Co. Ltd., Changsha 410005, China)

Abstract: The integrated processes of three-level solid-liquid separation unit, USR, UASB, chemical ammonia removal unit, SBR, AO and oxidation pond were applied to treat piggery wastewater. The treatment capacity of the integrated processes was $500\text{ m}^3/\text{d}$. When the influent respective COD, BOD_5 , SS, $\text{NH}_3\text{-N}$ and TP was $10\,000\sim 15\,000\text{ mg/L}$, $5\,000\sim 8\,000\text{ mg/L}$, $4\,000\sim 10\,000\text{ mg/L}$, $800\sim 1\,000\text{ mg/L}$ and $25\sim 80\text{ mg/L}$, the effluent value was decreased to $300\sim 380\text{ mg/L}$, $120\sim 150\text{ mg/L}$, $150\sim 200\text{ mg/L}$, $60\sim 80\text{ mg/L}$ and $5\sim 8\text{ mg/L}$, accordingly. The effluent quality was superior to that of the *Discharge Standard of Poultry Cultivation Industry Pollutant* (GB 18596-2001).

Key words: piggery wastewater; USR; UASB; SBR; A/O; oxidation pond

1 工程概况

1.1 工程背景

某养殖企业母猪存栏量为3 000多头,肥猪存栏为30 000多头,其中20 000头肥猪采用干清粪工艺,其他均采用水泡粪工艺。在生猪养殖过程中产生大量的粪便污水和冲洗污水($400\sim 500\text{ m}^3/\text{d}$)。污水中含有高浓度的有机物、氨氮、悬浮物等有害物质,容易发臭,滋生蚊蝇,需处理达标后排放或用于果园灌溉。根据废水特点,如采用常规的工艺无法达标排放,经多方比较及借鉴同行业污水处理工程

经验,采用预处理+USR厌氧处理+UASB厌氧处理+中沉池+一段SBR+二段A/O+终沉池+氧化塘工艺,处理后出水水质优于《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB 18596—2001),可用于果园灌溉。经厌氧发酵产生的沼气可供厂区生产和周边居民生活使用。

1.2 水量分析

该养殖场采用干清粪工艺,平均每万头猪产生污水量为 $60\sim 90\text{ m}^3/\text{d}$;采用水泡粪工艺,平均每万头猪产生污水量为 $120\sim 150\text{ m}^3/\text{d}$ 。计算得出污水

产量为 416 ~ 518 m³/d。综合考虑业主方实际用水量,本工程污水处理规模确定为 500 m³/d。

1.3 水质特点

污水中含有高浓度的有机物、氨氮、悬浮物等,

可生化性较好,但杂物也较多,含未消化的玉米颗粒等。养猪污水通过栅栏后流入污水处理站进行处理。本工程进水水质见表 1。出水水质执行《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB 18596—2001)。

表 1 设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality

项目	pH 值	COD/ (mg · L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg · L ⁻¹)	SS/ (mg · L ⁻¹)	NH ₃ - N/ (mg · L ⁻¹)	TP/ (mg · L ⁻¹)
设计进水	6.0 ~ 9.0	10 000 ~ 15 000	5 000 ~ 8 000	4 000 ~ 10 000	800 ~ 1 000	25 ~ 35
设计出水	6.0 ~ 9.0	300 ~ 380	120 ~ 150	150 ~ 200	60 ~ 80	5 ~ 8
排放标准	6.0 ~ 9.0	≤400	≤150	≤200	≤80	≤8.0

1.4 工艺选择

由于养猪污水中存在大量的牲畜粪便,悬浮物浓度较高,粪便中含有的粗纤维素不易腐败,如不提前处理会堵塞管道和水泵,并减少池容。影响更大的是部分 SS 在处理过程中能连续不断地转化成胶状体和溶解性物质,不断地补充 COD 和 BOD₅ 的量,导致多种污染物无法被彻底去除。第一步预处理考虑将污水中的固体物质先分离出来,减轻后续的处理难度,分离出的固体物质可用作堆肥产品的原料,变废为宝,产生经济效益。预处理采用三级固液分离,尽量将进入后续系统的 SS 降至 1 200 mg/L 以下。

考虑到该污水的可生化非常好,第二步可采用厌氧工艺。在厌氧处理过程中,污水中的有机物经大量厌氧微生物的共同作用,被最终转化为甲烷、二氧化碳、水、硫化氢等。对于高浓度易生物降解有机污水,厌氧工艺可在不耗能的情况下去除大量有机物和悬浮物,同时产生生物质能,为其后的好氧工艺降低负荷,减少污泥产生量,缩小构筑物容积。产生的沼气可供厂区生产和周围居民生活使用,再次产生经济效益。厌氧段采用 USR + UASB 工艺。UASB 艺是目前国内实际运行数量最多、效果最为理想的厌氧处理工艺,其技术的先进性、可靠性及投资运行的经济性均得到了证明^[1]。

经分析,厌氧出水污染物浓度仍旧较高,后续需增加好氧工艺,使得出水最终达标排放或灌溉果园。氨氮在好氧段可去除一部分,但进入好氧段的氨氮浓度不能太高,否则影响好氧工艺的效果。为此,在进入好氧处理前,采用化学方法去除一部分氨氮,使得最终出水各项指标达标。

1.5 工艺流程

根据以上分析,确定本工程工艺流程,见图 1。

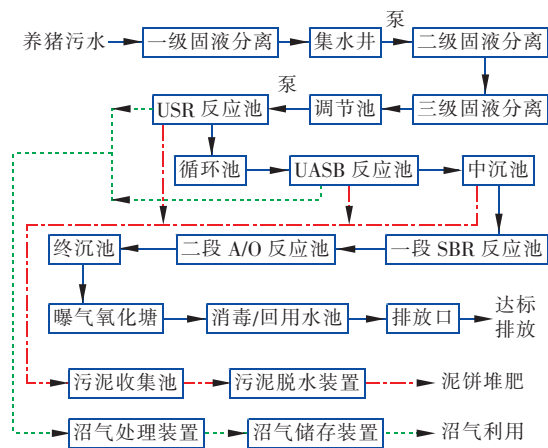


图 1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

养猪场污水首先进入一级固液分离,去除粗大固体物质后,流入集水井,通过泵提升进入二级固液分离装置,进一步去除固体悬浮物,考虑到进入厌氧系统的 SS 不能太高,为保证厌氧系统的去除效率,增加了三级固液分离,进一步去除 SS,尽可能减少进入后续系统的 SS 含量。废水进入 USR 反应池,降解有机物,产生沼气。USR 反应池出水进入外循环池后,经配水及混合后提升进入 UASB 反应池,两级厌氧后出水流入中沉池,通过投加 MgCl₂,去除绝大部分的 NH₃ - N,保证进入好氧单元的氨氮控制在一定范围内。污水通过两级好氧 SBR + A/O 反应池去除有机污染物和剩余的 NH₃ - N 后,加药沉淀。为确保出水达标排放,出水进入曝气氧化塘,进一步去除有机污染物,最终出水经 ClO₂ 消毒后达标排放或回用于果园灌溉。

2 主要构筑物及参数

① 一级固液分离装置。采用 1 台宽为 600 mm、缝隙为 0.5 mm 的旋转格栅,除去大颗粒的固

体粪便物质。分离出的固体物质由业主回收。

② 二级固液分离装置。采用2台40目的不锈钢振动筛,去除污水中较小的固体悬浮物。分离出的固体物质进行回收。

③ 三级固液分离装置。采用2台叠螺机进一步去除细小悬浮物,保证进入后续厌氧系统 $SS < 1\ 200\text{ mg/L}$ 。通过调试发现,在叠螺机进口端投加一定量的PAM,出水效果更好。

④ 调节池。调节水质水量,使得污水混合均匀后稳定进入后续厌氧系统。调节池为钢筋混凝土结构,HRT=12.0 h。设置搅拌。

⑤ USR反应池。用于降解有机物,产生沼气。容积负荷为 $0.7\text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,圆形混凝土结构,顶部设置沼气收集装置,有效容积为 $4\ 000\text{ m}^3$ 。设置布水和分离装置。

⑥ UASB反应池。利用厌氧微生物的消化和分解,将高分子、复杂的有机物分解成低分子、简单的有机物。容积负荷为 $0.5\text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。混凝土结构,顶部设置沼气收集装置,有效容积为 $3\ 500\text{ m}^3$ 。设置布水和三相分离装置。

⑦ 中沉池。控制pH值在8~9,投加 MgCl_2 与污水中的氨氮反应,生成鸟粪石沉淀,从而去除部分氨氮。中沉池为竖流沉淀池,采用钢筋混凝土结构,表面负荷为 $0.70\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

⑧ 一段SBR反应池。主要用于降解有机物和氨氮。污泥负荷为 $0.08\text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLVSS} \cdot \text{d})$,总容积为 $1\ 600\text{ m}^3$,共2座,钢筋混凝土结构,可连续进水。采用鼓风+微孔曝气。

⑨ 二段A/O反应池。主要用于进一步降解有机物和氨氮。污泥负荷为 $0.06\text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLVSS} \cdot \text{d})$,总容积为 $1\ 000\text{ m}^3$,钢筋混凝土结构,采用鼓风+微孔曝气。

⑩ 终沉池。钢筋混凝土结构,表面负荷取 $0.75\text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

⑪ 氧化塘。采用曝气型氧化塘,容积负荷为 $0.02\text{ kgBOD}_5/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,采用土池。

⑫ 消毒/回用水池。采用二氧化氯消毒,投加量为 20 mg/L 。池体为钢筋混凝土结构。

⑬ 沼气处理及收集装置。沼气储柜容积为 $1\ 000\text{ m}^3$,配套脱硫和脱水装置。储存的沼气供厂区和附近居民使用。

⑭ 污泥处理系统。厌氧系统、沉淀系统及好

氧剩余污泥均排入污水收集池,经2 m宽的带机压滤后,泥饼堆肥处理。

3 工艺特点及工程运行情况

3.1 预处理系统

预处理系统采用旋转滤网+振动斜筛+叠螺压滤+调节的工艺,将污水中80%以上的悬浮物去除,当 $SS < 1\ 200\text{ mg/L}$ 时,进入后续厌氧系统,以此保证后续厌氧系统的处理效率。非溶解性的固体悬浮物尽量在预处理阶段去除,以减轻后续厌氧及好氧段负荷。

3.2 厌氧处理系统

厌氧处理设施包括USR反应池+循环池+UASB反应池。污水从USR底部进入,与反应池内的活性污泥接触,使残余原料得到快速消化,未消化的有机物固体颗粒和沼气发酵微生物靠自然沉降滞留于反应池内,上清液从池上部溢出。出水进入循环池,循环池用来优化进入UASB反应池的废水的状态并将原水和UASB的部分出水混合。在UASB运行时,通过投加酸或碱来控制废水的pH值(6.5~7.5),为厌氧菌创造理想的反应条件。

污水稳定、连续地被泵入UASB反应池,通过特殊设计的布水系统全横截面地布水。采用主管加支管的形式,类似于“八爪”形式,各支管错开布置,这将保证均一布水并避免死水区。在UASB反应池中,高浓度的有机物被转化为沼气等,池体顶部设置三相分离器,保证气、水、污泥的分离。COD去除率达65%以上。

3.3 除氨氮处理系统

厌氧系统出水设置除氨氮系统,投加 MgCl_2 ,将pH值控制在8~9,利用污水中的磷去除一部分氨氮。废水中的氨氮、磷酸盐与投加的 MgCl_2 反应,生成磷酸铵镁(称鸟粪石)沉淀,通过排泥去除。鸟粪石在水和碱中的溶解度很低,采用形成鸟粪石的方法去除氨氮具有高效、简便的特点^[2]。

3.4 好氧及后续处理系统

好氧及后续处理系统采用一段SBR反应+二段A/O+终沉池+消毒+曝气氧化塘工艺。

进入好氧段,利用池中兼氧、好氧微生物的代谢作用将污水中大量的有机污染物和氨氮去除。好氧池中设置底部曝气器,缺氧池中设置搅拌器,采用两段生化法,确保有机物的去除,生化出水经沉淀消毒后,再经过曝气氧化塘,进一步降解水中的有机物,

最终出水达标排放,或回用于果园灌溉。根据实际情况,回用于灌溉果园的水量约 100 ~ 300 m³/d。

3.5 沼气处理系统

厌氧系统中产生沼气,经脱水、脱硫后储存于沼气柜,回用于厂区小型发电及周边居民使用。沼气回用量为 400 ~ 1 000 m³/d。

3.6 处理成本

直接运行成本包含人工费、药剂费、电费。调试稳定后,直接运行成本为 2.5 ~ 2.8 元/m³。出水用于灌溉果园,可为果农节省大部分氮肥和磷肥。回

用水量为 100 ~ 300 m³/d。

沼气处理系统只有一次性投资成本,处理后的沼气供养殖场发电和附近居民使用,可为养殖场产生一定的经济效益。沼气按 1 元/m³ 费用收取,经济效益为 14 ~ 36 万元/a,可为养殖场节省一笔可观的电费,经济效益明显。

4 工艺运行状况

经过调试期后,该工艺稳定成熟,运行可靠,各项水质经处理后达到设计要求。2016 年 7 月—9 月的平均运行数据见表 2。

表 2 各主体单元的运行监测结果

Tab. 2 Operation results of units

项目	pH 值	COD/(mg · L ⁻¹)	BOD ₅ /(mg · L ⁻¹)	SS/(mg · L ⁻¹)	NH ₃ - N/(mg · L ⁻¹)	TP/(mg · L ⁻¹)
养猪污水	7.0 ~ 8.0	12 000 ~ 15 000	7 000 ~ 8 000	4 000 ~ 10 000	800 ~ 1 000	25 ~ 80
预处理出水	7.0 ~ 8.0	10 000 ~ 11 000	6 000 ~ 7 500	1 200 ~ 1 800	800 ~ 900	25 ~ 80
厌氧出水	7.0 ~ 8.0	2 000 ~ 2 500	800 ~ 1 000	400 ~ 500	700 ~ 800	25 ~ 70
中沉池出水	7.0 ~ 8.0	2 000 ~ 2 500	800 ~ 1 000	300 ~ 400	350 ~ 400	20 ~ 60
好氧出水	7.0 ~ 8.0	400 ~ 450	120 ~ 180	200 ~ 350	80 ~ 100	8 ~ 10
氧化塘出水	7.0 ~ 8.0	300 ~ 380	120 ~ 150	150 ~ 200	60 ~ 80	5 ~ 8
排放标准	6.0 ~ 9.0	≤400	≤150	≤200	≤80	≤8

从表 2 可知,绝大部分 SS 在预处理段去除,在去除 SS 的同时,COD 得以去除;COD 在预处理段、厌氧段、好氧段去除,对 NH₃ - N 的去除主要通过化学强化手段和好氧段,养猪污水中 TP 去除较容易,主要在好氧段得以去除,好氧段 P 不足时需补充。主要污染物 COD、SS、NH₃ - N 向环境排放量可由原来 2 700、1 800、180 t/d 减少到 72、36、14 t/a,去除率分别为 97%、98%、92%,环境效益十分明显。

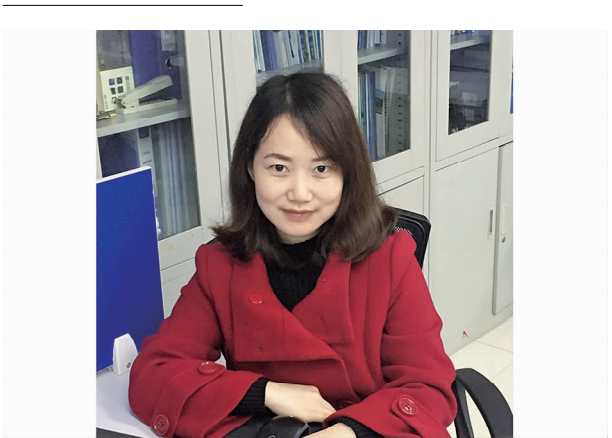
5 结论

采用三级固液分离 + 两段厌氧 + 除氨氮反应 + 两段好氧 + 氧化塘工艺处理养猪场污水,出水水质优于《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB 18596—2001)。三级固液分离设备分别采用旋转格栅 + 振动筛过滤 + 叠螺压滤,确保进入厌氧系统时,污水 SS < 1 200 mg/L。采用 USR + UASB 厌氧系统处理效果佳,厌氧段平均容积负荷为 0.5 kgCOD/(m³ · d),COD 去除率为 70% ~ 80%。工程实施后,按最大污染物浓度计算,主要污染物 COD、NH₃ - N 排放量可由原 2 700、180 t/a 下降到 72、14 t/a,分别减少了 97%、92%,环境效益十分明显。本工程产生的

沼气,还可为养殖场带来一定的经济效益。

参考文献:

- [1] 郭英丽. UASB + A/O 组合工艺处理养殖废水应用实例[J]. 河南城建学院学报,2014,23(5):69-71.
- [2] 徐远,蒋京东. 鸟粪石结晶沉淀法处理氨氮废水的应用研究[J]. 污染防治技术,2006,19(6):26-31.



作者简介:刘丽(1982—),女,湖南益阳人,高级工程师,从事水污染治理工程设计工作。

E-mail:1112liuli@163.com

收稿日期:2016-11-29