

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.20.020

厌氧+SBR+A/O+MBR工艺处理养殖废水

刘光石¹, 任美泽², 李登¹

(1. 湖南子宏生态科技股份有限公司, 湖南长沙 410100; 2. 湖南易净环保科技有限公司, 湖南长沙 410221)

摘要: 某繁育基地养殖废水处理站设计处理规模为300 m³/d, 采用预处理+一级混凝沉淀+厌氧系统+SBR+A/O+MBR+二级混凝沉淀+生态塘+消毒处理工艺。介绍了工艺流程、主要构筑物和设备设计参数, 并对运行效果和运营成本进行了分析。该工艺具有耐冲击负荷能力强、运行稳定、管理方便的特点。系统运行6个月后, 出水COD为58 mg/L、BOD₅为13 mg/L、NH₃-N为1.7 mg/L、TP为0.45 mg/L、SS为19 mg/L, 完全满足《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准, 尾水排至西侧农灌渠, 用于水田作物补水。

关键词: 养殖废水; 厌氧系统; 序批式间歇反应器; 膜生物反应器

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2022)20-0116-04

Treatment of Breeding Wastewater by Anaerobic System, SBR, A/O and MBR Process

LIU Guang-shi¹, REN Mei-ze², LI Deng¹

(1. Hunan Zihong Ecology Technology Co. Ltd., Changsha 410100, China; 2. Hunan Eijing Drainage Solution Co. Ltd., Changsha 410221, China)

Abstract: The design capability of wastewater treatment station in a breeding base is 300 m³/d, which adopts the combined process of pretreatment, first stage coagulation sedimentation, anaerobic system, SBR, A/O, MBR, second stage coagulation sedimentation, ecological pond, and disinfection. The design parameters of main structures and equipment are introduced and the operational performance and cost are analyzed. The process has the characteristics of strong impact load resistance, stable operation, convenient operation and maintenance management. After six months of operation, the results show that the effluent COD, BOD₅, NH₃-N, TP, and SS are 58 mg/L, 13 mg/L, 1.7 mg/L, 0.45 mg/L, and 19 mg/L, respectively, which completely meet the requirements of level I criteria in *Integrated Wastewater Discharge Standard* (GB 8978-1996). The tail water is discharged to the agricultural irrigation ditch on the west side, which is used to replenish water for paddy field crops.

Key words: breeding wastewater; anaerobic system; SBR; MBR

某县新建繁育基地总投资为10 500万元, 总占地面积约8 hm² (120亩), 总建筑面积47 054 m², 项目建成投产后常年存栏母猪6 000头, 年出栏约11万头仔猪。畜禽养殖废水具有COD、SS、NH₃-N、TP等污染物浓度高且C/N低的特点。养殖废水处理站

作为繁育基地配套工程, 按300 m³/d处理规模设计。

1 养殖废水的水量与水质

本项目养殖废水主要为母猪尿液、猪舍冲洗污水、基地生活污水等, 其中冲洗水为间歇水源。畜禽废水的产生与养殖种类、品种、性别、生长期、饲料、

天气条件等因素有关,不同方式的清粪工艺对废水排放影响很大。本项目为尿泡粪方式的养殖场,根据同类型项目母猪产生废水量约40 L/(头·d),再加上猪舍冲洗及其他未预见废水量,确定养殖废水处理规模按300 m³/d设计。尾水虽排至农灌渠,但附近400 m范围内有村民,建设单位要求废水排放执行《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准,尾水排至西侧农灌渠,用于水田作物补水。设计进、出水水质见表1。

表1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality

项目	COD/ (mg·L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	NH ₃ -N/ (mg·L ⁻¹)	TP/ (mg·L ⁻¹)	SS/ (mg·L ⁻¹)	pH
进水水质	2 000~ 20 000	1 000~ 15 000	500~ 2 000	50~150	10 000	6~9
出水水质	100	20	15	0.5	20	6~9

2 养殖废水处理工艺流程

根据养殖废水水量、水质特点和处理要求^[1],确定本项目主要工艺流程(见图1)。

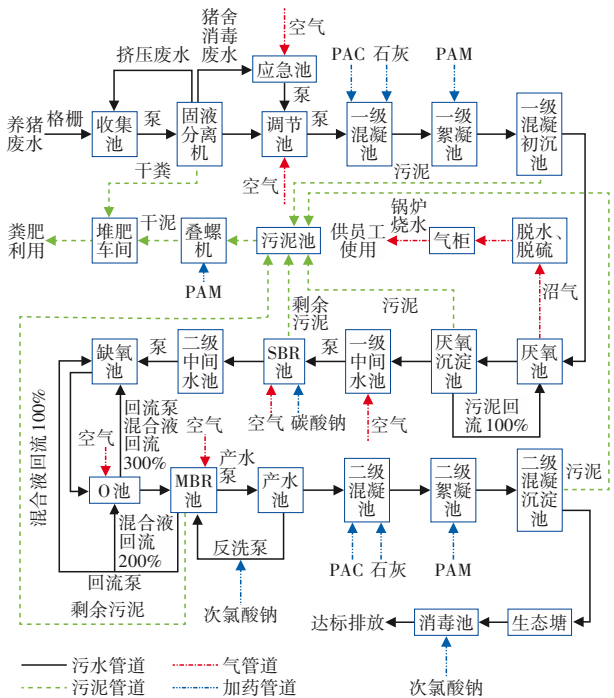


图1 养殖废水处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of breeding wastewater treatment process

① 预处理。猪舍产生的废水通过管网排放到收集池,在管网前端设置人工格栅去除较大杂

物。在收集池内设置搅拌机,充分搅拌防止粪渣沉淀,收集池内的废水通过水泵提升至固液分离机,分离出的粪渣进入堆肥车间,出水在正常情况下进入调节池(当水质出现异常情况如猪舍消毒时,手动控制阀门进入应急池,应急池内的废水通过泵少量均匀提升至调节池),调节池底设置穿孔曝气管,养殖废水在调节池内进行充分曝气和水质水量调节;分离机挤压废水含渣量高,回流至收集池进行再一次固液分离。调节池内的养殖废水通过污水泵提升至一级混凝、絮凝池。

② 厌氧系统。预处理出水进入一级混凝、絮凝池,向池中投加混凝剂与絮凝剂,使得细小SS絮体形成大颗粒的矾花,达到重力沉淀的目的,既减轻后续生化系统负荷,又有除磷功能。经加药反应后废水进入一级混凝初沉池进一步泥水分离,上清液自流进入厌氧池,在厌氧池内设置搅拌机使微生物和废水充分混合,提高微生物的活性,废水在厌氧池内降解大部分有机物并生成沼气,厌氧反应将难降解的大分子有机物降解为小分子有机物,以利于后续生化处理。厌氧池出水自流进入厌氧沉淀池,沉淀的厌氧污泥回流到厌氧池,固液分离后的上清液自流进入一级中间水池,一级中间水池出水通过泵定时定量送入SBR池。

③ SBR+A/O+MBR系统。污水间歇式进入每个SBR反应池,即经过进水、反应、沉淀、排放和闲置5个工序。反应池每个周期进水2 h,边进水边曝气,每个周期8 h,一般曝气2 h、静止1 h、曝气2 h、沉淀1.5 h、排水1 h、闲置0.5 h,每天3个周期;SBR为本设计的关键工艺,经过SBR处理后废水中绝大部分有机物已被降解。SBR池出水自流进入二级中间水池,二级中间水池出水通过泵送入缺氧池,在反硝化菌的作用下去除亚硝态氮;缺氧池内设有搅拌装置,保证池内污泥与废水充分混合;缺氧池出水进入O池,在O池内进行曝气,将氨氮转化为硝态氮;O池设硝化液回流泵,将部分硝化液回流至缺氧池,利用硝化反硝化作用,提高系统脱氮效果,O池内设三相分离器,对混合液进行泥水分离;分离后上清液自流进入内置式MBR,MBR产水进入二级混凝、絮凝池。

④ 深度处理。在二级混凝、絮凝池内投加混凝剂、絮凝剂,池内设桨式搅拌机,废水充分反应后进入二级混凝沉淀池,去除总磷。沉淀池上清液进

入人工生态塘,生态塘出水进入消毒池,在消毒池内投加NaClO进行消毒,去除大肠菌群等致病菌,尾水达标排放。

⑤ 污泥处理。废水处理过程中产生的污泥排入污泥池,通过提升泵将污泥提升到叠螺机进行脱水,干泥进入堆肥车间,与粪渣混合后作为粪肥使用。

⑥ 沼气处理与收集。厌氧池内产生的沼气,通过管道收集至脱水、脱硫罐完成脱水、脱硫后进入双膜气柜。气柜内沼气用于锅炉烧水,供站内员工使用。

3 主要处理构筑物和设备

① 收集池(含人工格栅)。采用全地下式钢筋混凝土结构, $V_{\text{有效}}=300\text{ m}^3$,1座。池内设人工格栅1台,SS304材质,栅隙10 mm;设电极式液位计,2台(1用1备)提升泵,通过液位控制器实现提升泵的自动控制;设2台潜水搅拌机,防止粪渣沉淀。

② 固液分离平台。设置2台处理能力为 $40\text{ m}^3/\text{h}$ 的固液分离机,采用振动斜筛式,固液分离机出水流入调节池或应急池,挤压废水排至收集池,分离出来的粪渣用于制作肥料外售给专业公司。

③ 调节池、应急池、一级中间水池。采用黑膜地下结构形式。调节池1座, $V_{\text{有效}}=875\text{ m}^3$,设有1台液位计、1套穿孔曝气管和2台(1用1备)污水潜水泵,通过液位计来控制提升泵的开启。应急池1座, $V_{\text{有效}}=875\text{ m}^3$,设有1台液位计、1套穿孔曝气管和2台(1用1备)污水潜水泵,通过液位计来控制提升泵的开启。一级中间水池1座, $V_{\text{有效}}=472\text{ m}^3$,设有1台液位计、1套穿孔曝气管和2台(1用1备)污水潜水泵,通过液位计来控制提升泵的开启。

④ 一级混凝初沉池(含一级混凝池、一级絮凝池、一级混凝初沉池)。采用全地上式钢筋混凝土结构。一级混凝池 $V_{\text{有效}}=5.52\text{ m}^3$,反应时间为26 min,设桨式搅拌机1台;絮凝池 $V_{\text{有效}}=5.52\text{ m}^3$,反应时间为26 min,设置桨式搅拌机1台;一级混凝初沉池有效水深为2.5 m,表面负荷为 $1.0\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$;采用机械排泥,设2台立式污泥泵,每天排泥一次,每次30 min。污泥排至污泥池。

⑤ 组合池(含厌氧池、厌氧沉淀池、SBR池、A池、O池、MBR池、产水池、二级混凝池、二级絮凝池、二级混凝沉淀池)。采用半地下式钢筋混凝土

结构。厌氧池 $V_{\text{有效}}=796\text{ m}^3$,有效水深为6.5 m,水力停留时间为2.65 d,设4台潜水搅拌机,使微生物和废水充分混合,提高废水的可生化性。厌氧沉淀池有效水深为3.5 m,表面负荷为 $0.67\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,设有2台污泥回流泵,污泥一部分回流至厌氧池,实现内部循环,一部分定时排放至污泥池进行处理。SBR池分为4格,每格 $V_{\text{有效}}=310\text{ m}^3$,有效水深为6.2 m,停留时间为1.03 d,每格设1套曝气装置,间歇运行,设置排泥泵,定时排泥至污泥池。A池 $V_{\text{有效}}=525.2\text{ m}^3$,有效水深为5.2 m,停留时间为1.75 d,设2台潜水搅拌机,促进反硝化反应,降解有机物。O池 $V_{\text{有效}}=109.2\text{ m}^3$,有效水深为5.2 m,停留时间为8.7 h,设1套曝气装置和三相分离器。MBR池 $V_{\text{有效}}=66.2\text{ m}^3$,停留时间为5.3 h,内置PVDF膜2套,膜面积 1500 m^2 ,膜通量为 $8.3\text{ L}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,产水泵2台,MBR反洗泵2台。产水池 $V_{\text{有效}}=14.56\text{ m}^3$,有效水深为5.2 m,停留时间为1.16 h。二级混凝池 $V_{\text{有效}}=4.1\text{ m}^3$,有效水深为5.2 m,反应时间为20 min。二级絮凝池 $V_{\text{有效}}=4.1\text{ m}^3$,有效水深为5.2 m,反应时间为20 min;二级混凝沉淀池表面负荷为 $0.67\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$;消毒池 $V_{\text{有效}}=9.7\text{ m}^3$,有效水深为4.85 m,停留时间为46.8 min。

⑥ 二级中间水池。采用半地下式钢筋混凝土结构, $V_{\text{有效}}=46\text{ m}^3$,停留时间为3.0 h,设浮球液位计,距池底1.0 m为低液位,控制提升泵停止。

⑦ 生态塘。2座,总容积为 4020 m^3 ,停留时间20 d,黑膜结构。一级、二级生态塘内设增氧气泵2台,生态浮岛8个(每 500 m^2 设置1个浮岛)。

⑧ 污泥脱水系统

系统污泥主要产自一级混凝初沉池、厌氧沉淀池、SBR池、MBR池和二级混凝沉淀池。这些污泥定期排至污泥池, $V_{\text{有效}}=350\text{ m}^3$,采用黑膜地下结构形式,设有1台液位计和2台(1用1备)污泥潜水泵,通过液位计来控制泵的开启,污泥被提升至叠螺机进行脱水处理。设置1台处理能力为 $120\text{ kg}/\text{h}$ 的叠螺脱水机,不锈钢SS304材质,并向污泥中添加适量的絮凝剂以提高固液分离效果,配药罐和加药罐 $V_{\text{有效}}=2.00\text{ m}^3$,阳离子PAM配制浓度为0.25%,投加量为 $300\text{ L}/\text{h}$,污泥脱水产生的清液回到调节池重新处理,污泥含水率约为80%,分离出来的污泥与粪渣混合,用于制作肥料,销售给专业公司。

⑨ 沼气净化及储存系统

设置沼气净化及储存设施1套,包括压力控制系统、储存装置、脱水脱硫净化系统和冷凝器。储气柜 $V_{\text{有效}}=100\text{ m}^3$,气柜内沼气用于锅炉烧水,供站内员工使用。

⑩ 臭气系统

臭气来源主要为调节池、应急池、中间水池和厌氧池。配套臭气收集输送系统,通过引风机将臭气送至臭气处理系统,喷淋塔规格 $\varnothing 1\ 200\text{ mm}\times 3\ 500\text{ mm}$,引风机风量 $5\ 000\text{ m}^3/\text{h}$,全压 1.5 kPa 。

4 工程应用效果及运行成本分析

该养殖废水处理站自2021年6月正式投产运行以来,处理水量为 $200\sim 250\text{ m}^3/\text{d}$,出水pH维持在 $6.5\sim 8.5$,出水水质优于设计要求。各处理单元的水质情况如表2所示。

表2 各处理单元的水质情况

Tab.2 Effluent quality of each treatment unit

$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

项 目	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	TP	SS
收集池进水	15 000	11 000	1 800	145	11 000
调节池进水	12 800	8 800	1 500	127.2	6 850
一级沉淀池进水	1 202	8 200	1 200	126	6 500
厌氧池进水	7 479	7 040	722.4	98	3 400
SBR池进水	2 061	1 600	513.6	65.6	850
A/O池进水	118.8	95	3.28	18	352.8
MBR池进水	83	56	2.56	12	200
二级沉淀池进水	70.5	20.2	2.34	9	10
氧化塘进水	66.2	18.3	1.91	0.5	18
系统出水	58	13	1.7	0.45	19
排放要求	100	20	15	0.5	20

注: 数据为最高进水水质条件下各单元净化效果。

该工程投产半年以来,平均处理水量约 $250\text{ m}^3/\text{d}$,运行成本主要包括人工费、电费、药剂费、污泥处置费、设备维修与折旧费。①人工费:废水处理站定员3人,工资按 $5\ 000\text{ 元}/(\text{月}\cdot\text{人})$ 计,人工费为 $2.0\text{ 元}/\text{m}^3$;②电费:耗电量为 $1\ 325.98\text{ kW}\cdot\text{h}$,电价为 $0.6\text{ 元}/(\text{kW}\cdot\text{h})$,平均电费为 $3.18\text{ 元}/\text{m}^3$;③药剂费:药剂包括次氯酸钠、碳酸钠、阴离子PAM、PAC、阳离子PAM等,平均药剂费为 $5.1\text{ 元}/\text{m}^3$;④污泥处置费:干污泥和干粪混合后堆肥发酵作为粪肥外售,无污泥

处置费用;⑤设备维修与折旧费:由于本项目运行仅半年,暂未产生该费用。综上,总运行费用为 $10.28\text{ 元}/\text{m}^3$ 。

5 结论和建议

① 采用“预处理+一级混凝沉淀+厌氧系统+SBR+A/O+MBR+二级混凝沉淀+生态塘+消毒”工艺处理繁育基地养殖废水,出水水质优于《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)的一级标准。

② 原设计采用人工格栅,实际运行过程中母猪场原水中杂物较多,清理工作量较大,建议设计采用机械格栅+人工格栅组合形式。

③ 养殖废水含固率较高,实际进水SS高于设计水质,导致收集池选用的搅拌机功率不够,建议设计收集池的搅拌功率 $\geq 25\text{ W}/\text{m}^3$;调节池采用黑膜形式,没有设置搅拌装置,建议设计采用钢筋混凝土形式,并设置搅拌机。

④ 应急池和污泥池共用1台风机,现场风量很难控制,建议单独设计曝气风机。

⑤ 运行过程中发现TP容易超标,一级混凝初沉池表面水力负荷为 $1.0\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$,现场处理效果不佳,建议表面水力负荷按 $0.5\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 设计。

⑥ 固液分离机与堆肥车间分开设置,需要二次转动,不利于运营,建议固液分离机直接设在堆肥车间。

参考文献:

[1] 颜智勇,吴根义,刘宇曠,等. UASB/SBR/化学混凝工艺处理养猪废水[J]. 中国给水排水,2007,23(14): 66-68.

YAN Zhiyong, WU Genyi, LIU Yuze, et al. Treatment of livestock wastewater by UASB/SBR/chemical coagulation process [J]. China Water & Wastewater, 2007,23(14):66-68(in Chinese).

作者简介:刘光石(1984—),男,湖南怀化人,本科,工程师,主要从事水处理工程设计工作。

E-mail:744736950@qq.com

收稿日期:2022-01-05

修回日期:2022-02-16

(编辑:衣春敏)