

规模化养猪场粪污水处理工程的中试研究

杨厚德^{1,3} 韩志刚² 麦月仪^{1,3} 廖玲玲^{1,3} 肖正中^{1,3} 周晓情^{1,3} 王崇洲^{1,3}

(1 广西柯新源(集团)原种猪有限责任公司,广西南宁市 530001; 2 福州北环环保技术开发有限公司,福建省福州市 350002; 3 广西柯莉莱原种猪有限责任公司,广西南宁市 530001)

摘要: 本文以广西柯新源集团柯莉莱原种猪场粪污水处理工程的中试运行情况为例,介绍了新型三段式红泥塑料粪污水处理工程工艺的技术特点、运行效果和成本效益情况。工程运行实践表明,该工艺不仅具有运行稳定,处理效果好,费用低以及对气温的变化缓冲能力强等特点,而且其出水水质指标已完全达到《国家畜禽养殖业污染物排放标准》(GB18596-2001),因此比较适用于规模化养殖场的粪污水处理。

关键词: 规模化养猪场; 红泥塑料; 畜禽粪污水; 污水处理工程

改革开放以来,畜禽养殖业向集约化、规模化、现代化迅速发展,已呈现“点—线—面”的发展态势,然而规模化养殖废水所造成的环境污染问题也日渐突出。据国家环境保护总局对全国 23 个省、市规模化畜禽养殖业的污染状况调查表明,畜禽粪便产生量为工业固体废弃物产生量的 2.4 倍,畜禽粪便中的化学需氧量(COD)已远远超过我国工业废水和生活污水中 COD 排放量之和。目前,许多地区畜禽养殖废水已经或正在成为当地环境的主要污染源,如不妥善处理将破坏周边的农田生态环境,污染水体和空气,传播疾病,严重影响周围居民的身心健康。因此,合理处理和综合利用畜禽养殖污水,彻底解决规模化畜禽养殖废水的污染问题,已成为畜禽养殖企业规模化发展的重中之重。

目前,有关规模化养殖场粪污水处理方法很多,其中厌氧消化技术因其独特的产能方式,已日益受到人们的青睐:厌氧消化工艺不仅可去除畜禽污水中大量可溶性有机物,杀死传染病菌,同时还可产生洁净的燃料和高效的有机肥料及饲料,既解决了农村地区“三料”(燃料、肥料和饲料)短缺

的问题,而且又有效防止和减少了环境污染。

1 工程概况

广西柯莉莱原种猪场位于广西南宁市东郊,距离市区约 10 km,猪场占地面积约 280 亩,周边配套鱼塘 150 亩和牧草地 100 亩。现已建猪舍 60 栋,面积约 30 000 m²,存栏母猪 1800 头。该场实行雨污分流,主要采用干清粪工艺的饲养方法(干清粪率约为 50%),日排污水约 200 吨,TS 浓度 1.2%。工程采用福州北环公司设计的环保型污水处理系统,日处理粪污水 200 吨,日均产气 400 m³(在 20℃ 的状况下),该工程不仅可使最终出水达到畜禽养殖排放标准,还可产生一定的经济效益。

2 工艺流程

该工程采用前处理系统、厌氧处理系统和后序处理系统组成的新型三段式消化工艺处理猪场污水,工艺流程见图 1。

3 工艺技术

3.1 前处理系统

针对畜禽养殖污水具有水量大、集中，水力冲击负荷强，且水中有机污染物浓度高，水解、酸化快，沉淀性能好以及污水中还常伴有消毒水、重金属、残留的兽药以及各种人畜共患病原体等特点，本工艺在前处理中设置了格栅、沉砂池、固液分离机、沉淀酸化调节池和污泥干化场，及时对鲜粪水进行固液分离、排除沉（浮）渣，调整水质、调节水量，有效提高后续厌氧处理效果，并节省了投资。

3.2 红泥塑料厌氧消化系统

厌氧处理系统是畜禽粪污水处理沼气工程的核心部分，采用的是国家农业部发布的农业行业标准(NY/T1220.1-2006)中《沼气工程技术规范》所推荐的CSTR-ABR-AF的工艺。在厌氧条件下，污水通过微生物作用降解转化，达到污水的减量化、资源化与无害化的目的。红泥塑料厌氧发酵装置根据有机废水的悬浮物浓度和有机物浓度在厌氧发酵装置中消化过程的梯度设置成多级（前、中、后）发酵槽。

3.2.1 厌氧前槽为高负荷区，采用CSTR结构

根据厌氧进水的高悬浮物浓度和高有机浓度，采用多池并联进水，以达到较合理的容积负荷；池底部设置有沼气搅拌装置使高浓度的有机废水在此阶段形成完全混合的状态以达到较好的去除效果，池顶部设置有回流喷淋系统以达到内循环搅拌及防止浮渣结壳。每级前槽末端顶部设置有出水口，底部设置有剩余污泥排放口、剩余污泥沉淀槽，剩余污泥沉淀槽底部设置有排泥斜底和锥形排泥斗，厌氧消化过程中产生的剩余厌氧污泥及发酵底物通过剩余污泥排放口排到剩余污泥沉淀槽沉淀经污泥泵

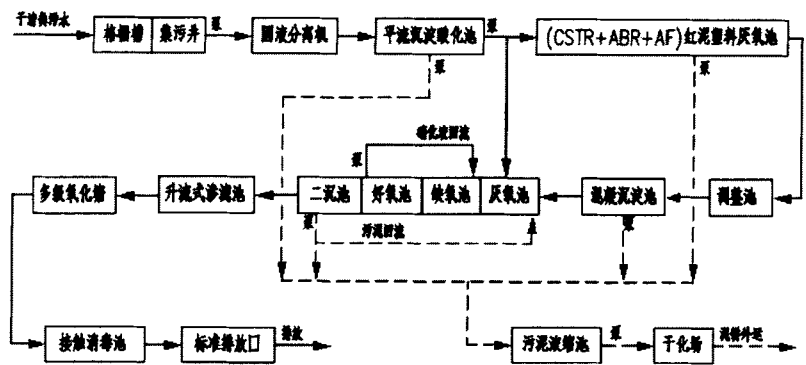


图1 污水处理工程工艺流程图

抽至污泥干化场。

3.2.2 厌氧中槽为中负荷区，采用多级串联的ABR结构

厌氧中槽每级均设有上下折流板，底部进水、上部出水进入下一级，污水经过多次的上下折流，使污水中有机物与厌氧微生物充分接触，有利于有机物的分解；并且在槽中可形成沉淀性能良好、活性高的厌氧颗粒污泥，可维持较多的生物量；能保证较高厌氧降解效率。

3.2.3 厌氧后槽为低负荷区，采用多级串联的AF结构

厌氧后槽每级均设有设有导流墙，底部进水、上部出水，底部为配水层，设置有排斜底和排泥斗，中部设有弹性填料，用于附着厌氧微生物而形成生物膜，可保留高浓度的厌氧污泥，能保证较高厌氧降解效率；填料底部设有反冲洗沼气搅拌系统；厌氧消化过程中脱落的老化生物膜及发酵底物经沉淀收集到排泥斗经污泥泵抽至污泥干化场，上部为清水层，出水效果好。

3.2.4 红泥塑料材质，提高发酵温度。

红泥塑料是一种改性塑料合金材料，具有抗老化、耐腐蚀、阻燃、使用寿命长，吸热性能优，充分利用太阳能，提高发酵温度，增强厌氧菌活性，而采用低压-恒压-厌氧工艺，有利于沼气的释放，提高产气率。设计多级厌氧发酵、砖混结构，施工容易，布水合理，消除污水分层现象，同时水流沿

程形成良好的优势菌群分布，厌氧效果好，使用可靠，寿命长。

3.2.5 兼顾雨水和温度条件

考虑到该地区降雨集中，避免了雨水进入厌氧发酵槽；以及便于冬季的保温，红泥塑料厌氧覆皮设计采用外水封。建议对主体工程建造保温大棚，保证冬季的发酵温度，利于沼气工程冬季的正常运行。

3.2.6 沼气搅拌装置

在厌氧前槽底部设计搅拌管，采用压力气体间歇搅拌的方法（搅拌气体为沼气），较好的解决了沼渣沉淤、沼液分层、沼气释放等问题并提高了厌氧菌活性，达到了提高厌氧发酵效果的目的。

3.3 好氧处理系统

3.3.1 调整池

池内设置微孔曝气管对厌氧出水进行预曝气，破坏厌氧出水的厌氧环境，提高污水中悬浮物的沉降性能。

3.3.2 混凝沉淀池

通过混凝处理提高厌氧池出水中悬浮物的沉降性能以利于在后续一级沉淀池中的沉淀去除效果，有效去除污水中 SS 及 COD_{Cr}，降低后续处理的处理负荷，同时可实现化学除磷。

3.3.3 A/O 工艺

A/O 法脱氮又称前置式反硝化生物脱氮系统。是目前采用较为广泛的一种脱氮工艺。A/O 工艺由缺氧段与好氧段两部分组成，其中缺氧段控制 DO < 0.5 mg/L 条件下，反硝化菌利用污水中碳源将回流硝化液中的硝态氮通过生物反硝化作用转化为氮气逸到大气中，实现脱氮，同时在反硝化过程中补充污水碱度；好氧池内设微孔曝气器等装置，通过曝气不仅起到供氧和搅拌作用，保证好氧菌活性和泥水混合效果，促使水中有机物被充分降解得以去除；并通过硝化菌硝化作用将污水中氨氮转化硝态氮；同时活性污泥中的聚磷菌在此过量吸收污水中的磷酸盐，以聚磷的形式积聚于体内并在二沉池以

剩余污泥排出系统。

3.4 深度处理系统

3.4.1 升流式渗滤池

通过选用不同粒径的卵石、粗砂等滤料，实现合理的级配，达到高效地截留去除污水中悬浮固体、有机物的效果，并且具有无动力反冲洗的功能。确保最终出水中 SS 和色度等指标达到相应排放标准。

3.4.2 接触消毒池

通过投加次氯酸钠消毒剂在消毒池进水口，使消毒剂与污水混合，杀灭污水中绝大多数的病原微生物（如蛔虫卵、大肠杆菌），防止水质传染病危害。

3.5 沼气处理系统

3.5.1 红泥塑料沼气净化工程

工程采用红泥塑料作贮气袋，配备了恒压装置、脱硫装置、卸压阀；供气系统由增压机、贮压罐、阻火净化分配器等构成；设置了控制系统，实现贮、供气系统自动控制。

红泥塑料贮气袋采用大型双工位高周波熔接机加工，焊接牢固，使用寿命长，不仅运输方便、施工容易、而且安装拆卸容易、维修和搬迁简便，更重要的投资成本仅为低压湿式贮气柜投资的一半。

3.5.2 沼液的处理

经过厌氧消化后，沼液和沼渣中富含大量营养元素和有机物质，因而需要采取比较有效的资源回用方法。该工程厌氧池出水暂时进入贮液池，贮液池的沼液主要用于周边农田、果园和菜地的施肥。

3.5.3 沼渣的处理

工程采用某环保技术开发有限公司提供的成套生产设备和工艺技术生产有机肥料。有机肥料以畜禽粪便和沼渣为主料，粗糠、腐殖酸等其它有机质为辅料，加入具有特殊作用的多功能发酵菌种和土壤有益菌，通过好氧发酵加工而成。

4 投资概算

沼气工程项目总投资概算 400 万元，其中土建工程概算 200 万元，设备投资概算 108.6 万元，沼气发电项目投资费用共 46 万元，工程建设其它费用概算 30 万元（表 1）。

表 1 项目总投资概算

项目	经费（万元）	备注
工程	200.0	
费用	46.0	
仪器设备	108.6	
工程建设其它费用	25.4	参照相应标准
基本预备费	10.0	
项目总投资	390.0	

5 运行效果

工程于 2011 年 5 月投入试运行，经 3 个月的工程调试进入稳定运行状态后，由广西壮族自治区化工环保监测站连续 2 天的取样监测，结果表明：经过处理后养殖粪污水的水质已完全达到设计要求和《国家畜禽养殖业污染物排放标准》（GB18596-2001）中的一级排放标准（表 2）。

表 2 水质检测数据表

控制项目	COD _{Cr}	NH ₃ -N	BOD ₅	SS
原水	8.7×10 ³	232	3.2×10 ³	6.3×10 ³
	6.2×10 ³	330	2.5×10 ³	4.0×10 ³
最终出水	239	46.5	96	58
	236	36.5	90	54
标准值（mg/L）	≤400	≤80	≤150	≤200

6 成本效益分析

6.1 效益分析

(1)红泥塑料厌氧发酵池有效容积 1920 m³，年产沼气 16.2 万立方米，其中 10 万立方米用于发电，

年发电约 14.5 万千瓦时，按每千瓦时价格 0.5 元计算，发电效益为 15×0.5=7.25（万元）；其余沼气用于职工和生产燃料（饭堂烧饭、热水、开水和猪舍保温、消毒等），年节省约 5 万元。

(2)年猪粪、粪渣、沼渣等经堆肥发酵后销售，年收入约 8 万。

(3)年经济效益为 7.25+5+8=20.25（万元）。

(4)间接经济效益：菜地、鱼塘施沼肥增产增收效益。

(5)社会、生态环境效益：治理了畜禽污水，净化了环境，减少了人畜病害；获得优质气体燃料发电，提高了生产生活质量；获得优质有机肥料，改善了生态环境，有利于可持续发展。

6.2 运行成本

(1)本工程日处理污水量约 200 m³，用电负荷平均约为 550 kw/天，以电费 0.50 元/度（农用电）计算，合计单位处理电费为 E1=550 kw×0.5 元/200 吨=1.38 元/吨粪污水。

(2)工人工资福利费为 0.58 元/吨废水（专人管理，月工资福利费 3 500 元）。

(3)机械维修保养等费用预计约 30 000 元/年，平均为 0.49 元/吨废水。

(4)药剂费用为 0.30 元/吨废水。

(5)日常运行成本合计约为 2.75 元/吨废水，年运行成本约为 20.08 万元。

7 小结

广西柯莉莱原种猪场通过上述新型红泥塑料污水处理工艺，可实现日处理猪粪 22 吨、粪污水 200 吨；年产沼气 16.56 万 m³ 和粪沼渣 0.6 万吨。该工程总投资为 390 万元，年运行成本 20.08 万元，年经济效益则达 20.25 万元。在近两年的运行过程中，该工程不仅运行稳定，处理效果好，费用低，还产生了丰厚的间接经济效益和社会、生态环境效益。