

双碳时期养猪废水处理工艺及系统调试

赵振国

(河南省新乡市双新环保设备有限公司, 河南 新乡 453002)

1 工程概况

1.1 设计背景及思

“碳达峰”“碳中和”是我国未来几十年经济发展的重要战略, 养殖企业做好自身的污水处理提标排放、中水回用、沼气利用等废弃物资源化工作, 节约能耗物耗是响应双碳政策的积极行动, 是善尽企业的社会义务。

2020 年猪肉价格居于高峰期长久不落, 2021 年有过短时间的肉价回落, 2022 年肉价再次回涨, 养猪企业又将大量扩张, 养猪企业对养猪废水的治理需求也将上涨, 采用合理的处理工艺实现达标排放、节能减排, 是技术发展方向。

徐州某有限公司是知名公司的规模化养猪场, 存栏量 5 万余头生猪, 每天产生大量的养猪废水, 通过水冲式工艺清洗猪舍, 把猪粪、散落的饲料末和猪尿一起全部冲到废水中, 故废水中含有大量的固体悬浮物和胶体形态物质。

猪粪尿的化学成分见表 1, 由表 1 可知, 养猪废水是含氨氮极高的营养物质丰富的高浓度有机废水, 其污染物及指标主要有化学需氧量 (COD)、生物需氧量 (BOD)、固体悬浮物 (SS)、氨氮 (NH₃-N)、病毒、细菌等。

1.2 设计水质、水量和排放标准

该养猪场提供的排水量合计为 500 t/d, 设计处理水量按 500 m³/d, 平均处理量为 21 t/h, 每天运行按 24 h 计。该猪场建于 2019 年, 按照当地政府和环保局的规范要求, 该猪场废水处理排放的要求是处理后的排放水达到《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB 18596-2001)。

根据实测水样, 其原水水质指标如表 2。

依据《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB 18596-2001) 其处理后排放具体指标如表 3。

2 工艺流程的设计

2.1 工艺流程

该场废水量设计排放量是

500 m/d, 全天 24 h 运行, 设计流量是 21 m³/h。为使该场废水经处理后能达到排放标准, 结合该场现有的地形, 设计工艺流程如图 1。

2.2 工艺流程说明

2.2.1 设计说明

养猪废水排放具有波动性, 流量不稳定, 不同时段水质水量高低差别比较大, 因此很有必要设置一个调节池和集水池, 使水量、水质均匀分布, 便于水泵给系统提供均质均量的污水。养猪污水主要污染物是 SS、COD 和氨氮。养猪污水中的 SS 主要来源于猪粪、饲料和毛发等杂物。猪粪、饲料和毛发等杂物可经粗格栅和固液分离机去除, 从而去除大量的 SS, 余下的少

表 1 猪粪尿的化学成分

肥分 / (%)	猪粪	猪尿	化学组成	含量	有机组成	占碳的 / (%)
			有机质 / (%)	24.16	脂肪	11.42
水分	81.50	97.00	全氮	2.65	总腐殖质	25.98
有机质	15.00	2.50	全磷	0.68	富里酸	15.78
氮 (N)	0.60	0.50	全钾	1.99	胡敏酸	10.32
磷 (P ₂ O ₅)	0.40	0.07	蛋白质	2.22	半纤维	5.32
钾 (K ₂ O)	0.44	0.55	碱解氮	458.70	碳氮比	7.14 : 1
			铵态氮	426.60		

表 2 原水水质指标

项目	pH	COD	BOD ₅	SS	氨氮
生产废水	6 ~ 9	≤ 14 000	≤ 8 000	≤ 1 000	≤ 900

表 3 处理后排放指标

项目	pH	COD	BOD ₅	SS	氨氮
进水质	6 ~ 9	150	80	80	30

作者简介: 赵振国, 男, 1992 年毕业于河南师范大学化学系环境保护专业, 专于污水处理运行,

Email: zhaozhenguo@126.com

量 SS 可再经气浮和混凝以及生化工艺等处理,最后使其达标排放。养猪污水中 COD 主要来源于猪粪、饲料和猪尿。COD 包括溶解的 COD 和不溶解的 COD 两部分。不溶解的 COD 主要来自于猪粪、饲料,可被固液分离机去除。溶解性的 COD 则要经 UASB 池、缺氧池、活性污泥曝气池等池里的微生物分解。本系统对 UASB 装置产生的沼气进行收集,配套了沼气锅炉和富裕沼气燃烧后放空的火炬装置,如图 2。经过两次 AO 处理后的达标废水既可以在氧化塘内暂存又可以直接排往合约农田进行灌溉,使养猪废水得到合理回用。

养猪污水中相对来说氨氮的处理比较有难度,由于本项排放标准执行《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB 18596-2001),对氨氮的要求不苛刻,因此不需要在氨氮处理时做特殊工艺配套。养猪污水中的氨氮浓度约在 700 ~ 900 mg/L。氨氮去除的方法主要有微生物法和吹脱法,因为该养猪场特殊的养猪工艺,在调节池就会生成大量的鸟粪石结晶,从而有一部分氨氮通过这种方式从废水中析出。对于 ≤ 30 mg/L 的要求,两次 AO 运行正常已经能够满足要求。

污泥处置部分采用固液分离机分离后的猪粪和叠螺机压制后的污泥在干化场干化后,售卖或赠送给协议农户,实现污染物资源化,如图 3。

2.2.2 废水处理构筑物及设计参数

废水处理构筑物及设计参数如表 4 所示。

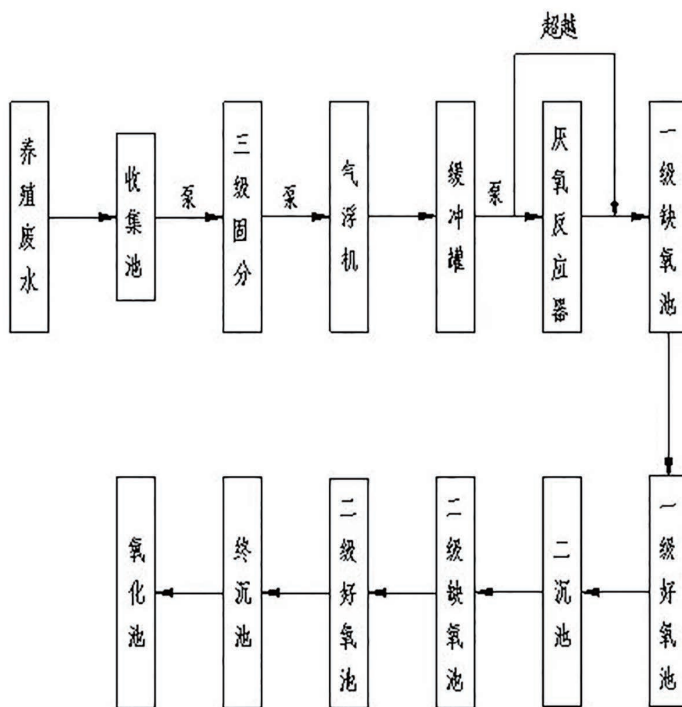


图 1 工艺流程图



图 2a 沼气火炬



图 2b 沼气锅炉



图 3 新型固液分离机

粗格栅 1 个, 栅条间距: 2 cm, 尺寸: 0.5 m×0.3 m。

调节池即收集池 2 个交替使用, 半地下钢筋混凝土水池, 有效水深是 3 m, 尺寸: ϕ 12 m, 有效 HRT=16 h。

UASB 塔 1 个, 地上圆柱形钢板结构, 污泥负荷: 4.5 kgCOD/($\text{m}^3 \cdot \text{d}$), 有效容积: 2 786 m^3 , 尺寸: 圆柱直径 17.2 m, 总高度是 12 m, HRT=5.6 d, 内设三相分离器、布水器、盘管加热装置。

一级缺氧池 1 个, 半地上钢筋混凝土水池, 污泥负荷 3.5 kgCOD/($\text{m}^3 \cdot \text{d}$), 有效容积: 612 m^3 , 尺寸: 6.8 m×18 m×5 m, HRT=30 h, 内设 2 个潜水搅拌机。

一级生物接触氧化池 1 个均分 3 段, 半地上钢筋混凝土水池。污泥负荷: 1.5 kgCOD/($\text{m}^3 \cdot \text{d}$), 有效容积: 3×612 m^3 , 尺寸: 6.8 m×18 m×5 m, 每段 HRT=30 h。供气方式: 采用三叶罗茨鼓风机, 采用微孔曝气盘曝气, 曝气盘直径是 26 cm。气水比 15 : 1, 水中的溶解氧控制在 2 mg/L 左右。填料为组合式纤维填料, 每条长 4 m。

竖流式沉淀池 1 个, 半地上钢筋混凝土水池, 表面负荷: 1.79 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 有效容积: 175 m^3 , 尺寸: 5 m×7 m×5 m。有效 HRT=8 h。设置 1 台污泥回流泵, 把沉淀的法泥回流到缺氧池, 增加污泥负荷。

二级缺氧池 1 个, 半地上钢筋混凝土水池, 污泥负荷 2.5 kgCOD/($\text{m}^3 \cdot \text{d}$), 有效容积: 132.5 m^3 , 尺寸: 5 m×5.3 m×5 m, HRT=6 h, 内设 1 个潜水搅拌机。

二级生物接触氧化池 1 个,

半地上钢筋混凝土水池。污泥负荷: 1.5 kgCOD/($\text{m}^3 \cdot \text{d}$), 有效容积: 282 m^3 , 尺寸: 5.5 m×10.5 m×5 m, HRT=13 h。供气方式: 采用三叶罗茨鼓风机, 采用微孔曝气盘曝气, 曝气盘直径是 26 cm。气水比 15 : 1, 水中的溶解氧控制在 2 mg/L 左右。填料为组合式纤维填料, 每条长 4 m。

竖流式终沉池 1 个, 半地上钢筋混凝土水池, 表面负荷: 1.79 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$, 有效容积: 320 m^3 , 尺寸: 8.75 m×7.3 m×5 m。有效 HRT=15 h。设置 1 台污泥回流泵, 把沉淀的法泥回流到缺氧池, 增加

污泥负荷。

清水排放池 1 个, 有效容积: 36 m^3 , 尺寸: 1 m×7.3 m×5 m。

大容积氧化塘 1 个, 对达标废水储存同时以湿地生态系统对达标废水进一步稍稍净化。

污泥干化棚 1 个, 水泥防渗地面, 尺寸: 15 m×30 m, 通过风吹日晒令污泥干化, 干化后的污泥, 人工铲除, 可作农业肥料。

2.2.3 主要设备、仪表及数量

主要设备、仪表及数量如表 5 和表 6 所示。

2.2.4 各处理单元处理效果

各单元处理效果如表 7 所示。

表 4 主要构筑一览表

序号	名称	规格	单位	数量
1	收集池	ϕ 12.0 m	座	2
2	污泥收集池	ϕ 8.0 m	座	1
3	干粪棚	60.0 m×14.0 m	座	1
4	综合房	21.6 m×87 m	座	1
5	锅炉房	6.0 m×4.0 m	座	1
6	UASB 反应器基础	ϕ 20.8 m×0.7 m		1
7	双膜柜基础	ϕ 9.0 m×0.3 m	座	1
8	AO 组合池	39.5 m×18.6 m×5.0 m	座	1
9	设备平台及基础		批	1
10	氧化塘	44 670 m^3	座	1

表 5 主要设备

				KW
序号	名称	单位	数量	功率
1	罗茨风机	台	3	45.00
2	提升泵	台	1	4.00
3	固液分离机	台	3	4.00
4	PAC 加药泵	台	2	0.37
5	PAC 搅拌机	台	2	0.75
6	PAM 加药泵	台	2	0.37
7	PAM 搅拌机	台	2	0.75
8	气浮浮渣泵	台	1	0.75
9	UASB 循环泵	台	1	7.50
10	缺氧池搅拌机	台	2	4.00
11	硝化液回流泵	台	1	22.00
12	二沉池污泥泵	台	1	1.50
13	终沉池污泥泵	台	1	15.00
14	气浮机	套	1	85.00
15	沼气热水锅炉	套	1	55.00
16	沼气火炬	套	1	0.35
17	叠螺脱水机	套	1	11.65
18	双膜柜	套	1	15.00
19	中控室终端	套	1	2.00

3 工程调试运行及效果

系统建成后对各水池以及 UASB 大罐进行灌水试漏以及基础倾斜度检测。确认没有问题后开始进水投活性污泥进行菌群培养。向 UASB 池、缺氧池、活性污泥曝气池、生物接触氧化池各池投加大约池容积 15% 的养殖业活性污泥，启动潜水搅拌机、三叶罗茨鼓风机，闷曝 4 d 后，启动污水泵，以废水设计流量的 1/3，连续 7 d 进污水驯化菌种。好氧池维持溶解氧 2 mg/L，逐步增加进水量直至达到设计水量进水运行，两个月后调试完成，出水指标符合排放要求。

该系统运行稳定，易于操作管理，不需要额外添加碳源，仅仅是在气浮机和叠螺机部分需要加絮凝剂混凝剂。风机水泵均一用一备交替运行，避免设备的疲劳运行。再经过一个月的正常运行完成了环保验收。

后期企业在污水处理工艺中增加了 MBR 装置，使得系统出水水质更好，实现了部分水量的中水回用。

4 结论

1) 高效固液分离机、叠螺机、气浮机的配置尽可能除去污水里的粪渣不溶物和悬浮物，减轻了后续生化处理的负担；

2) 两级 AO 工艺保障了脱氮除磷的效果，并为实现部分时段排放指标更优质提供了基础；

3) UASB 大罐、沼气柜和沼气锅炉的配置做到沼气的回收利用，既节约能源又减少有机废气的排放；

4) 达标废水供周边农田灌溉

以及污泥熟化后还田施肥，实现了污染物资源化；

5) 利用 MBR 技术实现中水回用，符合双碳政策。

表 6 主要仪表

序号	名称	单位	数量
1	收集池液位计	台	1
2	气浮出水缓冲罐液位计	台	1
3	浮渣缓冲罐液位计	台	1
4	电磁流量计	台	1
5	涡街流量计	台	1
6	一级好氧池在线 pH 计	台	1
7	二级好氧池在线 pH 计	台	1
8	一级好氧池溶解氧仪	台	1
9	二级好氧池溶解氧仪	台	1

表 7 各单元处理效果

		mg/L				
指标		COD _{Cr}	BOD ₅	SS	氨氮	pH
固液分离	进水	14 000	8 100	2 300	300	6.0-7.0
	出水	10 000	6 000	1 000	260	6.0-7.0
	去除率	21%	26%	56%	15%	I
气浮	进水	10 000	6 000	1 000	260	6.0-7.0
	出水	4 000	2 100	500	210	6.0-7.0
	去除率	60%	65%	50%	19%	I
UASB	进水	4 000	2 100	500	210	6.0-7.0
	出水	1 210	430	180	121	6.0-7.0
	去除率	70%	79%	74%	42%	I
一级缺氧池	进水	1 210	430	180	121	8.0-9.0
	出水	903	352	143	75	8.0-9.0
	去除率	25%	18%	21%	38%	I
一级氧化池	进水	903	352	143	75	8.0-9.0
	出水	270	103	115	57	8.0-9.0
	去除率	70%	70%	20%	24%	I
二级缺氧池	进水	270	103	115	57	8.0-9.0
	出水	154	495.8	94	29	7.0-8.0
	去除率	25%	20%	20%	40%	I
二级氧化池	进水	154	495.8	320	29	7.0-8.0
	出水	108	45	82	23	7.0-8.0
	去除率	70%	70%	20%	20%	I
二沉池	进水	108	45	82	23	7.0-8.0
	出水	108	45	5	23	7.0-8.0

(收稿日期：2022-10-14)