

陈志华, 关世鑫, 汤鸿健, 等. 农村生活污水治理中单一厌氧池工艺升级改造[J]. 净水技术, 2026, 45(2): 120-126, 135.

Chen Z H, Guan S X, Tang H J, et al. Upgrading and reconstruction of single anaerobic tank process in rural domestic wastewater treatment [J]. Water Purification Technology, 2026, 45(2): 120-126, 135.

## 农村生活污水治理中单一厌氧池工艺升级改造

陈志华, 关世鑫, 汤鸿健, 莫小堂, 潘振东\*

(广州市增城排水有限公司, 广东广州 511300)

**摘要** 【目的】目前我国在农村生活污水治理工作方面已经取得了很大的提高与成效,但也不可避免存在许多问题,其中我国农村大量建成的单一厌氧池普遍存在氨氮去除率低的问题。【方法】对此,本文以增城区某农污站点为试点,将厌氧池改造为厌氧-好氧(AO)工艺并进行处理效果及经济分析。【结果】改造后出水氨氮的平均去除率由13.64%的提高至67.00%;化学需氧量(COD)平均去除率由63.14%提高至82.28%;悬浮物(SS)平均去除率由60.69%提升至76.15%;总磷及总氮去除率也分别达到了93.89%及77.50%,解决了该站点原来出水长期不达标的问题,并且运行一段时间后也能保持较高的处理效能。同时经过提升方案比选发现,本文中选择的现状改造方案同时具有改造以及运行费用低的优势,整个工艺升级改造费用合计为20 400.25元,预计后期站点运维费用每月为2 068元,远低于直接加装厌氧-缺氧-好氧(AAO)及膜生物反应器(MBR)工艺。【结论】国内针对农村范围内单一厌氧池进行经济可行的简易改造的研究及工程案例较少,本文的改造方法可为其他地区厌氧池出水不达标问题提供有效的改造依据。

**关键词** 农村生活污水 单一厌氧池 厌氧-好氧(AO) 氨氮 工艺升级改造

中图分类号: TU992 文献标志码: A 文章编号: 1009-0177(2026)02-0120-08

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2026.02.012

## Upgrading and Reconstruction of Single Anaerobic Tank Process in Rural Domestic Wastewater Treatment

Chen Zhihua, Guan Shixin, Tang Hongjian, Mo Xiaotang, Pan Zhendong\*

(Guangzhou Zengcheng Drainage Co., Ltd., Guangzhou 511300, China)

**Abstract** [Objective] At present, China has achieved remarkable progress and result in the treatment of rural domestic wastewater. However, many problems inevitably remain. Among them, the low ammonia nitrogen removal rate is a prevalent issue in a large number of single anaerobic tanks built in rural areas of China. [Methods] To address this problem, this paper took a rural wastewater treatment station in Zengcheng District as a pilot, reconstructed the anaerobic tank into an anaerobic-aerobic (AO) tank, and conducted an analysis of its treatment efficiency and economic benefits. [Results] After reconstruction, the average removal rate of ammonia nitrogen in the effluent increased from 13.64% to 67.00%; the average removal rate of chemical oxygen demand(COD) rose from 63.14% to 82.28%; the average removal rate of suspended solid(SS) increased from 60.69% to 76.15%. The removal rates of total phosphorus and total nitrogen reached 93.89% and 77.50%, respectively. This solved the long-standing problem of substandard effluent at the station, and the process maintained high treatment efficiency after a period of operation. Meanwhile, through the comparison and selection of upgrading schemes, it was found that the in-situ reconstruction scheme adopted in this paper had the advantages of low reconstruction and operation costs. The total cost of the process upgrading and reconstruction was 20 400.25 yuan, and the estimated monthly operation and maintenance cost of the station was 2 068 yuan, which was much lower than the direct installation of the anaerobic-anoxic-oxic (AAO) and membrane bioreactor (MBR) processes. [Conclusion] There are few studies and engineering cases on economically feasible simple reconstruction of single anaerobic tanks in rural areas in China. The

[收稿日期] 2024-01-29

[基金项目] 广州市水务科技项目(GZSKJ-2023-1)

[作者简介] 陈志华(1990—),男,工程师,主要从事城市污水规划与治理等工作,E-mail:519663636@qq.com。

[通信作者] 潘振东(1996—),男,主要从事为城市污水规划与治理等工作,E-mail:952459441@qq.com。

reconstruction method proposed in this paper can provide an effective reference for solving the problem of substandard effluent from anaerobic tanks in other regions.

**Keywords** rural domestic wastewater single anaerobic tank anaerobic-oxic (AO) ammonia nitrogen technology upgrading and reconstruction

农村污水治理工作是实施乡村振兴战略、农村人居环境整治的重要环节。近年来,农村生活污水治理取得了积极进展,但必须认识到的是,目前农村生活污水治理工作中仍然存在问题。其中,我国农村范围内大量建成的单一厌氧池对处理氮、磷的效果不佳,出水对环境风险较大的问题突出。

以广州市增城区为例,增城区农污处理工艺以厌氧池以及人工湿地为主,分别占 66.38% 及 13.55%(表 1)。单一厌氧池工艺数量占比大是目前农村生活污水治理过程中的普遍现象。

表 1 不同类型处理工艺统计

Tab. 1 Statistics of Different Types of Treatment Processes

项目	厌氧-缺氧-好氧 (AAO) 等一体化	人工湿地 (稳定塘)	单一厌氧池	纳厂处理
数量/座	102	206	1 009	203
占比	6.72%	13.55%	66.38%	13.35%

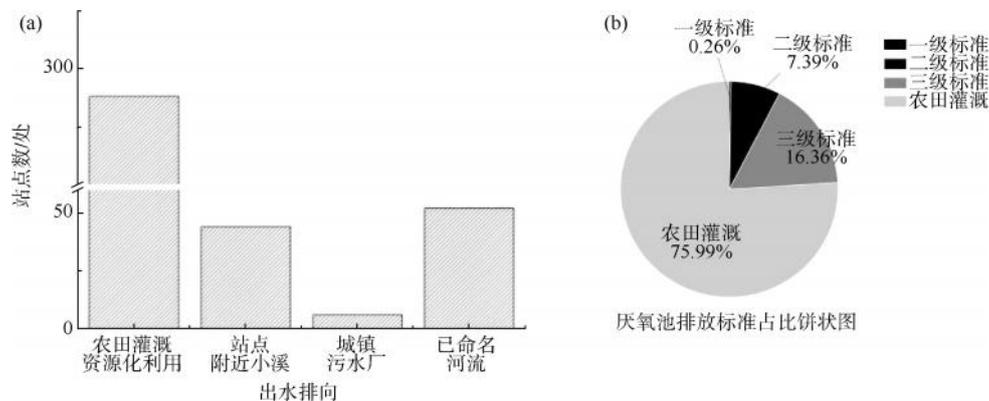


图 1 部分厌氧池出水排向及出水达标占比统计

Fig. 1 Part of Anaerobic Tank Effluent Discharge Direction and Proportion of Discharge Compliance

表 2 厌氧池处理规模统计

Tab. 2 Statistics of Anaerobic Tank Treatment Capacity

项目	规模 ≤ 5 m <sup>3</sup> /d	规模为 5~10 m <sup>3</sup> /d	规模为 10~20 m <sup>3</sup> /d	规模为 20~50 m <sup>3</sup> /d	规模 ≥ 50 m <sup>3</sup> /d
数量/座	95	308	394	200	17
占比	9.37%	30.37%	38.86%	19.72%	1.68%
处理规模总量/(m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup> )	371.98	2 492.89	6 138.52	6 328.87	1 436

对土壤理化性质、水生动植物及微生物、农作物以及自然水体带来污染风险,最终威胁人类健康安全,对受体环境、地下水安全等方面带来巨大挑战<sup>[1-8]</sup>。

调查 390 个厌氧池站点出水排向及排放标准结果显示:44 处排向站点旁如小溪、河道等未能明确功能水体;52 处排向已命名的河流。排放标准方面,执行广东省《农村生活污水处理排放标准》(DB44/2208—2019)一级排放标准的占 0.26%;二级标准占 7.39%;三级排放标准占 16.36%;剩余 75.99%厌氧池执行农田灌溉标准(图 1)。

另外,对增城区范围内部分厌氧池工艺处理规模进行统计:≤5 m<sup>3</sup>/d 规模的占 9.37%;5~10 m<sup>3</sup>/d 规模占 30.37%;10~20 m<sup>3</sup>/d 规模占 38.86%;20~50 m<sup>3</sup>/d 规模占 19.72%;≥50 m<sup>3</sup>/d 规模占 1.68%,处理规模约 1.677 万 m<sup>3</sup>/d(表 2)。

以上数据表明:单一厌氧池每日设计处理规模庞大,且存在一定数量厌氧池出水直接排向自然水体(表 2、图 1),单一厌氧池对氮、磷处理效果不佳,若仅通过单一厌氧池处理后直接排放,可能会

针对上述问题通常的解决方法为后端加设人工湿地或将工艺升级改造为 AAO、膜生物反应器(MBR)等一体化工艺,但由于改造费用昂贵,许多

类似的问题都得不到及时有效的解决。本文则主要针对对单一厌氧池工艺的提升改造提出了一套经济可行的方案,改造后定期跟踪出水水质并分析改造及运维成本,力求寻找一种经济有效的改造方法。本文能为其他具有相同问题的地区提供有益参考。

## 1 原工艺介绍

本文选择的改造点中新镇安良村上棚社农污设施为厌氧池+人工湿地,投运时间为2018年5月,纳污人口为480人,设计处理量为 $57.6\text{ m}^3/\text{d}$ ,占地面积为 $271\text{ m}^2$ ,前端厌氧池为常见的三格厌氧池(图2)。

中新镇安良村上棚社原工艺如图3所示,污水依次经过格栅池、厌氧池以及人工湿地后排入站点旁灌溉渠。其中:前端厌氧池为常见的三格厌氧池,后端人工湿地有效容积为 $60\text{ m}^3$ ,停留时间仅约1 d,经过查漏补缺工程后,该站点进水流量大大增

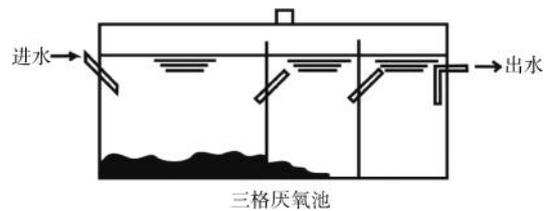


图2 前端三格厌氧池

Fig. 2 Front Three-Cell Anaerobic Tank

加,现进水负荷远超该站点原设计处理规模。

此外,该站点进水氨氮浓度高,瞬时水量较大,进水水质及水量超过后端人工湿地处理能力,时常导致人工湿地板结,进而使出水水质长期无法达标,2022年第一季度到2023年第三季度监测显示氨氮平均出水质量浓度达到了 $25.027\text{ mg/L}$ (表3),而高氨氮、高化学需氧量(COD)的污水排放大大影响了乡村生态环境以及村民居住环境。

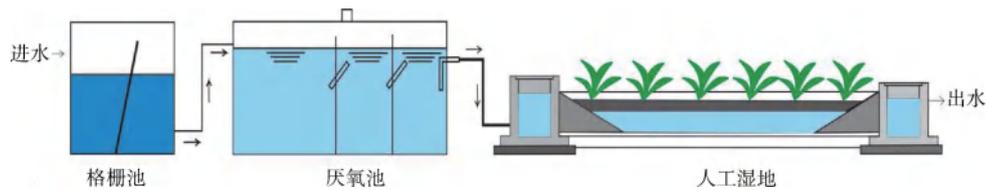


图3 中新镇安良村上棚社原工艺

Fig. 3 Original Craft of Shangpeng in Anliang Village, Zhongxin Town

表3 中新镇安良村上棚社进出水数据

Tab. 3 Influent and Effluent Data of Shangpeng in Anliang Village, Zhongxin Town

时间	进水				出水				水质情况
	氨氮/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	COD/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	pH 值	悬浮物(SS)/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	氨氮/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	COD/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	pH 值	SS/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	
2022 年第一季度	31.3	91.0	—	—	18.40	96.0	—	—	不达标
2022 年第二季度	36.2	69.0	7.3	—	40.90	33.0	7.6	—	不达标
2022 年第三季度	70.3	92.0	7.4	31	45.40	59.0	7.3	20	不达标
2022 年第四季度	19.4	108.0	7.1	37	23.90	44.0	7.2	20	不达标
2023 年第一季度	30.0	74.0	7.0	8	28.80	30.5	7.1	8	不达标
2023 年第二季度	0.1	19.5	6.6	10	0.09	11.5	6.5	6	达标
2023 年第三季度	17.7	19.0	7.2	8	17.70	21.0	6.9	9	不达标

## 2 改造目标及方案

### 2.1 改造目标

根据广东省《农村生活污水处理排放标准》(DB44/2208—2019),站点出水排入站点旁灌溉渠,执行二级排放标准(pH 值为 $6 \sim 9$ ,SS 质量浓度为 $30\text{ mg/L}$ ,COD 质量浓度为 $70\text{ mg/L}$ ,氨氮质量浓度

为 $15\text{ mg/L}$ )。本次改造目标:氨氮处理效率提高,出水氨氮质量浓度控制在 $8\text{ mg/L}$ 左右;COD 出水质量浓度小于 $20\text{ mg/L}$ ;pH 值维持在 $7 \sim 9$ ;SS 达到一级排放标准,质量浓度小于 $20\text{ mg/L}$ 。

### 2.2 改造方案

在生态法处理能力不足的情况下,通过不同方

案的比选(表4),最终考虑将现状前端三级厌氧池改造为厌氧-好氧(AO)工艺,提高站点脱氮能力,保障设施站点出水稳定达标。改造如图4、图5所示,改造步骤如下。

表4 各改造方案比选

Tab. 4 Comparison and Selection of Various Reconstruction Schemes

工艺	改造方式	改造成本/元	改造工艺特点	优缺点
AO	现状改造	20 400.25	稳定的脱氮除磷功能;技术较成熟,运行稳妥可靠;便于维护,运行费用较低	技术成熟,运维简单;运行费用较低;改造成本低;运行频次较高
AO	新增设备	80 000.00	稳定的脱氮除磷功能;技术较先进成熟,运行稳妥可靠;便于维护,运行费用较低	技术成熟,运维简单;运行费用较低;改造成本略高
AAO	新增设备	300 000.00	稳定的脱氮除磷功能;技术较先进成熟,运行稳妥可靠;便于维护,运行费用较低	技术成熟,运维简单;运行费用较低;改造成本较高
MBR	新增设备	500 000.00	稳定的脱氮除磷功能,出水水质优异;技术较先进成熟,运行稳妥可靠	技术成熟,运维简单;运行费用较高,需半年洗膜一次,膜寿命有限;改造成本高;后期维修费用高

注:改造方案按设计处理量为60 m<sup>3</sup>/d考虑。

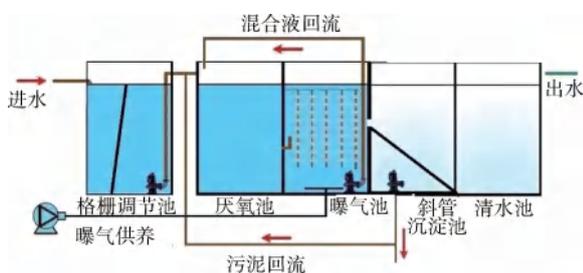


图4 前端厌氧池AO工艺改造

Fig. 4 AO Process of Reconstruction Front Anaerobic Tank

1)原格栅池改为格栅调节池,池体长、宽、深分别为1.3、2.9、2.3 m。设置潜污泵、转子流量计,格栅处理后进入调节池进行水量、水质的调节均化,保

证后续生化处理系统水量、水质的均衡、稳定。

2)原厌氧池改为厌氧池+曝气池+沉淀池。采用接触氧化法,将原厌氧池分为3格:厌氧池、好氧池、沉淀池。其中,厌氧池容积为15 m<sup>3</sup>,水力停留时间为6 h,可有效降解污水中大分子有机化合物,提高污水可生化性;增设曝气盘,将中间段池体改造为好氧池,容积为18 m<sup>3</sup>,水力停留时间在7 h以上,满足好氧微生物需氧量以及污水与活性污泥充分接触的混合条件,在曝气池内投加填料,以供微生物附着生长,附着于填料上的大量不同属种的微生物群落共同参与下的生化降解和吸附作用。将原沉淀池改造为斜管沉淀池进行固液分

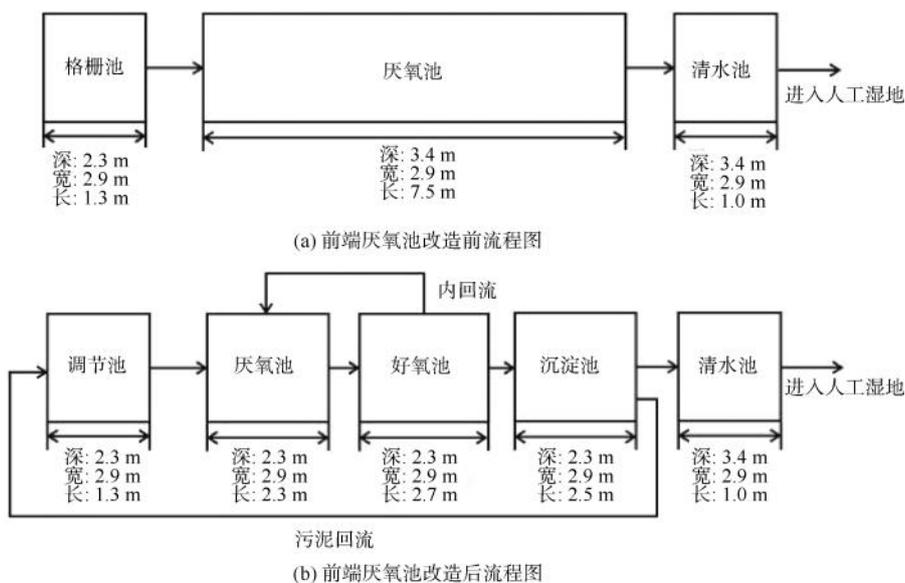


图5 前端厌氧池改造前后流程对比

Fig. 5 Comparison of Flow before and after Reconstruction of Front Anaerobic Tank

离,提高沉淀效率。同时池体改造增设内回流和外回流。

3)原清水池增设堰槽,利用堰槽的减速作用和溢流作用,实现去除污水中的浮沉物的目的。

### 3 效果分析

#### 3.1 检测方法

效果分析中各指标的检测方法如表 5 所示。

表 5 各指标检测方法

Tab. 5 Detection Methods of Each Index

检测指标	检测方法	检测设备名称
氨氮	纳氏试剂分光光度法	紫外分光光度计
COD	快速消解分光光度法	COD 消解仪
pH	电极法	pH 值计
SS	重量法	分析天平

#### 3.2 实用效果分析

本次改造将前端厌氧池改造为 AO 工艺,站点面积由原来的 271.0 m<sup>2</sup> 降低到 31.6 m<sup>2</sup>,大大减少站点的用地面积,可为其余用地紧张的地区提供解决思路。此外,对改造后的 AO 工艺进出水水质开展检测,结果如下。

##### 3.2.1 pH

pH 改造前后并无太大变化,改造前出水 pH 值稳定在 6.5~7.6,改造后仍保持在 7.2~7.6,在长期运行半年后,pH 值仍在 6.6~6.8,出水符合排放标准(pH 值为 6~9)(图 6)。

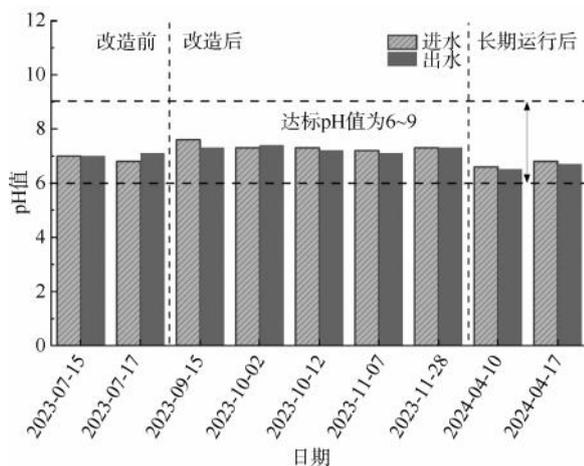


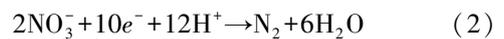
图 6 改造前后进出水 pH 值

Fig. 6 pH Value of Influent and Effluent before and after Reconstruction

##### 3.2.2 氨氮

针对生活污水中氨氮的去除主要为生物法,依

靠硝化及反硝化反应将氨氮转变为氮气(N<sub>2</sub>) [式(1)~式(2)],其中水中溶解氧是氨氮硝化反应的必要条件。但厌氧池水中溶解氧低,无法为硝化反应提供电子受体,出水氨氮浓度会过高,具有一定的环境风险。



如汪浩等<sup>[9]</sup>基于山西、浙江、湖南、广东和重庆选点 57 家农污厌氧池的监测结果,分析了农村厌氧池处理污染物的现状,结果表明:厌氧池对氨氮的削减率为-12%~-2%。张卓群等<sup>[10]</sup>对重庆几个典型住宅小区化粪池的进出水氨氮进行监测与分析,降解也仅为 10.58%。大量研究表明:厌氧池对氨氮处理效果有限。

中新镇安良村上棚社站点出水氨氮浓度多次检测不达标(表 3),因此,本次改造前端增加曝气措施。改造前对站点出水进行连续 2 次的采样检测,氨氮进水平均质量浓度为 26.85 mg/L,出水平均质量浓度为 23.10 mg/L,2 次去除率为 8.80% 以及 18.47%,呈现出水浓度高且去除率低的现象(图 7),经改造后,连续 5 次检测的进水质量浓度在 11.8~27.6 mg/L,出水质量浓度在 4.11~8.08 mg/L,去除率提高至 69.78%~79.09%,并且经过一段时间运行后连续 2 次的进出水检测显示:氨氮出水质量浓度达到了 6.69 mg/L 以及 8.27 mg/L,去除率保持在 70% 以上。数据证明:本次改造有效提高氨氮的去除率,出水氨氮的平均去除率由 13.64% 的提高至 67.00%,解决站点出水氨氮常年不达标的问题。

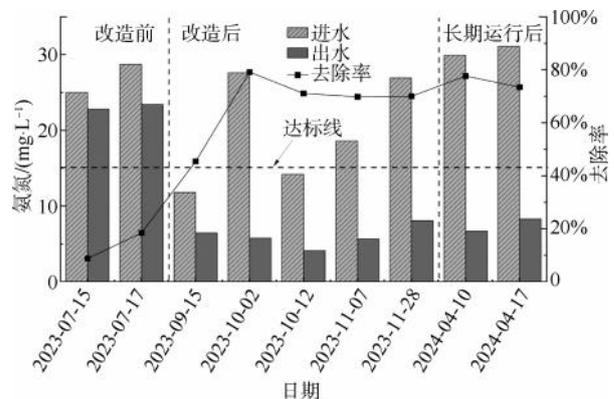


图 7 改造前后进出水氨氮

Fig. 7 Ammonia Nitrogen of Influent and Effluent before and after Reconstruction

### 3.2.3 COD

曝气量会对好氧区的 COD 去除率产生影响。徐路遥等<sup>[11]</sup>探究了不同曝气量对 COD 去除率的影响,结果表明,随着曝气量的增加,COD 的去除率由起始的 32% 去除率增加至 60% 以上;葛聪等<sup>[12]</sup>研究了微氧曝气对 COD 去除率的影响,在加入曝气后,COD 的去除率可达到 81.6%。

本站点原工艺通过厌氧池消解及人工湿地去除 COD,改造前进水平均质量浓度为 97.40、34.25 mg/L,平均去除率为 63.14%。改造后污泥中好氧菌的参与提高了 COD 的去除率,改造后 5 次测得 COD 出水质量浓度降至 12.0~19.5 mg/L,平均去除率提高至 82.28%(图 8),但 2023 年 11 月 28 日所取样品进水 COD 较低(图 8),这主要是因为站点收集管网未完全雨污分流,雨水混合进入站点。通过长期运行后的出水检测数据可知:COD 质量浓度仍保持在 10 mg/L 左右,去除率可达到 90%,COD 平均去除率由 63.14% 提高至 82.28%,站点的改造有效提高了 COD 的去除率。

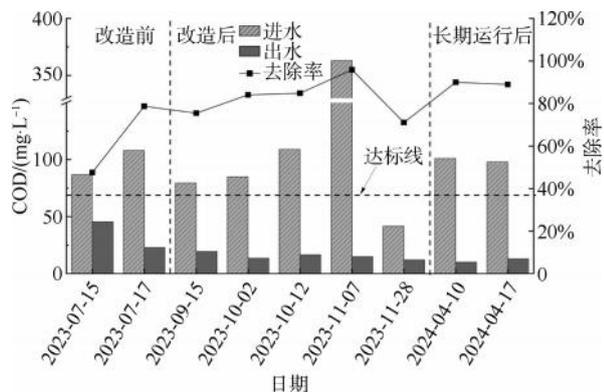


图 8 改造前后进出水 COD

Fig. 8 COD of Influent and Effluent before and after Reconstruction

### 3.2.4 SS

改造前 SS 进、出水平均质量浓度为 36.5、9.5 mg/L,平均去除率为 60.69%。改造后 SS 进、出水质量浓度分别为 11~55、3~11 mg/L,平均去除率为 76.15%,长期运行一段时间后,SS 去除率仍能 82% 以上(图 9)。本次改造将厌氧池改造为 AO 工艺,利用活性污泥法提高站点的降解能力,增设了斜管沉淀池,SS 平均去除率由 60.69% 提升至 76.15%,提高了 SS 的去除率。

### 3.2.5 总氮、总磷

运行一段时间后,对站点总氮、总磷的处理效果

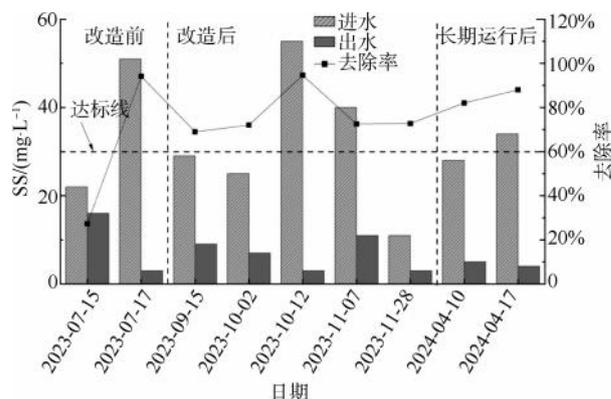


图 9 改造前后进出水 SS

Fig. 9 SS of Influent and Effluent before and after Reconstruction

进行分析。通过水质检测数据可知:2 次检测的进水总磷质量浓度分别为 4.01 mg/L 及 3.93 mg/L,出水总磷质量浓度降低为 0.28 mg/L 及 0.24 mg/L,去除率分别达到了 93.02% 及 93.89%;总氮进水质量浓度分别为 33.6 mg/L 及 29.8 mg/L,出水质量浓度为 7.56 mg/L 及 7.23 mg/L,去除率分别达到了 77.50% 及 75.74%。改造后工艺对总氮总磷也有较好的处理效果。

## 3.3 经济效果分析

### 3.3.1 改造成本分析

对本次站点升级改造成本分析如表 6 所示,合计为 20 400.25 元。

### 3.3.2 运营成本分析

站点改造后运维成本如表 7 所示。

通过运行一段时间后的测算得到,改造后站点的每月运行费用为 2 068 元,对比 AAO 运行费用为 2 412 元;MBR 运行费用为 3 875 元,产生的污泥则定期利用吸污车运输到城镇污水厂进行处理,测算结果证明自主改造具有后期运维费用低的优势。

陈锐等<sup>[13]</sup>在以平望镇为例总结目前农村生活污水治理工作时表明:农村生活污水处理设施通常为能源密集型设备,在要长时间运行情况下耗电量高、电费高,以及没有政策补贴和有效的激励机制条件下,难以保证其长时间高效运行;高生旺等<sup>[14]</sup>提出了技术模式选取不合理、运行维护难以保障等问题。因此,对于目前农村生活污水的治理工作,在保证出水效果的同时,更应兼顾考虑降低改造费用以及今后的运营费用,只有全面长远考虑才能有效解决农村生活污水治理问题,通过比选可知,现状改造

表 6 上棚社农污设施改造成本

Tab. 6 Cost of Reconstruction of Agricultural and Wastewater Facilities in Shangpeng

名称	单位	数量	单价/元	总价/元
综合工日	d	20	250	5 000
曝气盘	个	13	24	312
转子流量计	个	2	200	400
排泥阀	个	2	68	136
生物填料	m <sup>3</sup>	22	75	1 650
斜管	m <sup>3</sup>	14.5	120	1 740
水泥	包	5	33	165
标准砖尺寸为 240 mm×115 mm×53 mm	块	1 000	0.5	500
中粗砂	m <sup>3</sup>	1	270	270
PVC(聚氯乙烯)排水管尺寸为 50 mm×3.2 mm	m	12	27	324
电气控制柜	台	2	560	1 120
鼓风机(380 V,0.75 kW)	台	1	3 698.1	3 698.1
潜污泵 220 V	台	3	1 119.4	3 358.2
排泥泵	台	1	1 726.95	1 726.95

表 7 每月运行费用明细

Tab. 7 Detailed Monthly Operation Expenses

项目名称	人工/元	电费/元	车辆油费/元	加药/元	污泥处置/元	其他/元	合计/元
费用 自主改造	800	548	120	0	500	100	2 068
AAO	800	742	120	0	500	250	2 412
MBR	900	1 505	140	100	1 000	230	3 875

注:MBR 项目包括膜清洗的人工和油耗;表格中所有费用基于站点处理量为 60 m<sup>3</sup>/d。

能在保障出水达标的同时,做到改造成本以及今后运行成本低,相比于新增 AAO、MBR 等设备的方案具有明显优势。

#### 4 总结

本文以增城区中新镇安良村上棚社农污站点为试点,将厌氧池改造为 AO 工艺,试图解决厌氧池出水不达标问题,并对该站点进行效果及经济分析。结果显示:改造后 COD、氨氮、SS、总氮、总磷的去除效率有显著提升,解决了该站点原来出水长期不达标的问题以及大大减少站点所需面积,并且运行一段时间后也能保持较高的处理效能。经过提升方案比选以及运维成本分析发现:本文中选择的现状改造方案同时具有改造、运行费用低的优势,可保障站点的长期稳定有效运行,可为其他具有类似问题的地区提供改造参考。但在智控方面该改造案例仍有一定的提升空间,预计将来将在工艺智控方面持续深化改造,进一步节省运维成本。

#### 参考文献

- [ 1 ] 李欣. 农村生活污水农业利用的可行性及其对作物与土壤的影响研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2018.  
Li X. Possibility of the agricultural utilization of rural domestic sewage and its influence on soil and crop production [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2018.
- [ 2 ] 汪泽锋, 操家顺, 王超越, 等. 农村生活污水处理技术与模式研究情况[J]. 应用化工, 2022, 51(9): 2669-2674, 2680.  
Wang Z F, Cao J S, Wang C Y, et al. Research on rural domestic wastewater treatment technologies and models [J]. Applied Chemical Industry, 2022, 51(9): 2669-2674, 2680.
- [ 3 ] 任毅, 肖许沐, 伍峥, 等. 厌氧池处理农村生活污水效能提升对策研究[J]. 水处理技术, 2023, 49(12): 65-68.  
Ren Y, Xiao X M, Wu Z, et al. Research on the optimization of the effect of anaerobic process for treatment of rural domestic sewage [J]. Water Treatment Technology, 2023, 49(12): 65-68.
- [ 4 ] 王波, 何军, 车璐璐, 等. 农村生活污水资源利用: 进展、困境与路径[J]. 农业资源与环境学报, 2023, 40(5): 1255-1264.

(下转第 135 页)

- [11] 朱艳芳, 刘宏波, 马惠君, 等. 红薯渣和城市污泥混合发酵产酸强化污水脱氮除磷[J]. 环境工程学报, 2015, 9(2): 687-691.  
Zhu Y F, Liu H B, Ma H J, et al. Sweet potato residue mixed sludge fermentation producing acid to enhance denitrification and phosphorus removal [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2015, 9(2): 687-691.
- [12] HG/T 5960—2021 废(污)水处理用复合碳源[S].  
HG/T 5960—2021 Composite carbon source for sewage and wastewater treatment[S].
- [13] 彭永臻, 潘聪, 孙事昊, 等. 进水碳氮比对中试 AAO-BAF 系统脱氮除磷性能的影响[J]. 北京工业大学学报, 2019, 45(9): 904-910.  
Peng Y Z, Pan C, Sun S H, et al. Effect of influent  $\rho(C)/\rho(N)$  on the nitrogen and phosphorus removal performance of pilot-scale AAO-BAF [J]. Journal of Beijing University of Technology, 2019, 45(9): 904-910.
- [14] 张为堂, 薛晓飞, 庞洪涛, 等. 碳氮比对 AAO-BAF 工艺运行性能的影响[J]. 化工学报, 2015, 66(5): 1925-1930.  
Zhang W T, Xue X F, Pang H T, et al. Effect of C/N on performance of AAO-BAF process[J]. CIESC Journal, 2015, 66(5): 1925-1930.

(上接第 126 页)

- Wang B, He J, Che L L, et al. Utilization of rural domestic sewage as a resource: Progress, dilemmas, and future [J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2023, 40(5): 1255-1264.
- [5] 朱永茂, 刘伟, 张建美, 等. 蔬菜型人工湿地资源化处理农村分散生活污水[J]. 水处理技术, 2024, 50(1): 105-110.  
Zhu Y M, Liu W, Zhang J M, et al. Resourceful treatment of scattered domestic sewage in rural areas by vegetable constructed wetland [J]. Water Treatment Technology, 2024, 50(1): 105-110.
- [6] 张文强, 刘璐, 胡飞超, 等. 湖南省农村生活污水产污特征及影响因素分析[J]. 中国给水排水, 2023, 39(21): 55-60.  
Zhang W Q, Liu L, Hu F C, et al. Characteristics and influencing factors of rural domestic sewage in Hunan Province [J]. China Water & Wastewater, 2023, 39(21): 55-60.
- [7] 张鼎强, 蔡天洲, 杨帆, 等. 改良 SBR 工艺处理分散式农村生活污水效能研究[J]. 工业水处理, 2023, 43(11): 167-172.  
Zhang D Q, Cai T Z, Yang F, et al. Study on the efficiency of improved SBR process for the treatment of dispersed rural domestic wastewater [J]. Industrial Water Treatment, 2023, 43(11): 167-172.
- [8] 李杉, 马鑫文, 吴勇, 等. 川中丘陵区农村生活污水资源化利用后的土壤养分特征[J]. 水土保持通报, 2022, 42(6): 114-120.  
Li S, Ma X W, Wu Y, et al. Soil nutrient characteristics after rural domestic sewage resource utilization in hilly areas of central Sichuan Province [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2022, 42(6): 114-120.
- [9] 汪浩, 王俊能, 陈尧, 等. 我国农村化粪池污染物去除效果及影响因素分析[J]. 环境工程学报, 2021, 15(2): 727-736.  
Wang H, Wang J N, Chen Y, et al. Pollutant-removal performance of rural septic tank and its influencing factors [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2021, 15(2): 727-736.
- [10] 张卓群, 杨希, 李焯, 等. 重庆城市住宅小区化粪池进出水水质监测与分析[J]. 中国给水排水, 2023, 39(11): 82-89.  
Zhang Z Q, Yang X, Li Y, et al. Monitoring and analysis of septic tank influent and effluent quality in Chongqing urban residential communities [J]. China Water & Wastewater, 2023, 39(11): 82-89.
- [11] 徐路遥, 罗敏, 马玲玲, 等. AAO 工艺+絮凝沉淀处理高 COD 废水[J]. 水处理技术, 2021, 47(3): 98-101, 105.  
Xu L Y, Luo M, Ma L L, et al. AAO process+flocculation and precipitation treatment of high concentration COD Wastewater [J]. Water Treatment Technology, 2021, 47(3): 98-101, 105.
- [12] 葛聪, 薛晓飞, 穆永杰, 等. 微氧曝气—一段式厌氧氨氧化—反硝化组合工艺处理餐厨沼液[J]. 环境工程学报, 2023, 17(4): 1111-1117.  
Ge C, Xue X F, Mu Y J, et al. The treatment of food waste digestate by combined process of micro-oxygen aeration, one-stage anaerobic ammonification and denitrification [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2023, 17(4): 1111-1117.
- [13] 陈锐, 崔贤程, 黄天寅, 等. 分散式农村生活污水处理设施统一管理研究——以平望镇为例[J]. 给水排水, 2020, 46(9): 15-19, 59.  
Chen R, Cui X C, Huang T Y, et al. Research on unified management mode of decentralized rural domestic sewage treatment facilities: A case study of Pingwang Town [J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 46(9): 15-19, 59.
- [14] 高生旺, 黄治平, 夏训峰, 等. 农村生活污水治理调研及对策建议[J]. 农业资源与环境学报, 2022, 39(2): 276-282.  
Gao S W, Huang Z P, Xia X F, et al. Investigation and countermeasures of rural domestic sewage treatment [J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2022, 39(2): 276-282.