

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.22.021

# 农村排水户酿酒废水收集、预处理和集中处理

王 洋<sup>1</sup>, 黄奇云<sup>2</sup>, 谢 杰<sup>1</sup>, 王付超<sup>1</sup>, 申宏诏<sup>1</sup>, 何 镔<sup>3</sup>,  
帅 波<sup>3</sup>, 费征云<sup>4</sup>

(1. 浙江天沅环境科技有限公司, 浙江 杭州 310030; 2. 临安区城乡建设发展中心,  
浙江 杭州 311302; 3. 浙江丹靓环境工程有限公司, 浙江 杭州 311302; 4. 杭州城乡建  
设管理服务中心, 浙江 杭州 310006)

**摘 要:** 为解决村庄排水户污水处理难题,杭州临安区天目山镇九狮村对酿酒废水收集预处理和集中处理设施进行了建设、改造。通过评估诊断确定问题和目标,将生活污水和生产废水分质分流处理,建设了生产废水和生活污水收集系统、两级调蓄系统及生化处理系统。终端工艺整体采用综合调节+生化处理+生态耦合+深度除磷工艺,出水能稳定达标排放。同时,终端采取有效的二次污染防治措施,固体废弃物和处理尾水得到资源化利用,结合村庄特色进行整体景观打造,取得了较好的治理效果。

**关键词:** 酿酒废水; 农村生活污水; 两级调蓄系统; 预处理

**中图分类号:** TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2022)22-0123-07

## Collection, Pretreatment and Centralized Treatment of Brewing Wastewater in Rural Drainage Households

WANG Yang<sup>1</sup>, HUANG Qi-yun<sup>2</sup>, XIE Jie<sup>1</sup>, WANG Fu-chao<sup>1</sup>, SHEN Hong-zhao<sup>1</sup>,  
HE Liu<sup>3</sup>, SHUAI Bo<sup>3</sup>, FEI Zheng-yun<sup>4</sup>

(1. Zhejiang Tianfeng Environmental Technology Co. Ltd., Hangzhou 310030, China; 2. The Urban and Rural Construction Development Center of Lin'an District, Hangzhou 311302, China;  
3. Zhejiang Danliang Environmental Engineering Co. Ltd., Hangzhou 311302, China; 4. Hangzhou Urban and Rural Construction Management Service Center, Hangzhou 310006, China)

**Abstract:** In order to solve the problem of sewage treatment for village drainage households, the collection, pretreatment and centralized treatment facilities of brewing wastewater were constructed and renovated in Jiushi Village, Tianmushan Town, Lin'an District. Problems and targets were determined through assessment and diagnosis, as a result, the domestic sewage and production wastewater were treated separately, and the production and domestic sewage collection system, two-stage storage system and biochemical treatment system were constructed. The whole project adopts the processing technology including comprehensive regulation, biochemical treatment, ecological coupling and deep phosphorus removal process to ensure the effluent quality does not exceed the standard. At the same time, effective measures were taken to prevent the occurrence of secondary pollution, to utilize the solid waste and treated sewage as resources, and to beautify the overall landscape with the characteristics of the village,

which achieved good treatment effect.

**Key words:** brewing wastewater; rural domestic sewage; two-stage storage system; pretreatment

《浙江省农村生活污水处理设施管理条例》(以下简称《条例》)于2020年1月1日施行,为配合《条例》实施,浙江省发布了《农村生活污水处理设施建设和改造技术规程》(DB 33/T 1199—2020,以下简称《技术规程》),在提高农村生活污水处理设施建设和改造质量,确保农村污水处理设施稳定达标排放方面有了法律保障和技术规范,文件同时对村庄范围内农户的生产废水纳入农村生活污水处理设施提出了更高的要求。同年,浙江省在《农村生活污水处理设施污水排入标准》(DB 33/T 1196—2020)中给出排水户定义,即指从事民宿、餐饮、洗涤、美容美发等经营活动的单位和个人以及从事其他生产经营活动的单位和个人,对排水户污水排放也提出了更高管理要求。

随着乡村振兴活动的开展,农村开始出现排水户,尤其是一些季节性农耕习俗导致难处理废水的产生,例如酿酒废水、豆腐加工废水等,该部分废水具有浓度高、悬浮物颗粒多、可生化性差、季节性强等特点。排水户废水进入现有农村污水收集和處理系統会造成堵塞和設施處理能力急速下降。为此,部分地区已采取一些治理举措,例如“异地处置”方法,通过分流并将排水户废水收集并集中调运至污水处理厂进行处理处置。随着乡村经济发展,积极改善周边农村的生产生活环境,探索排水户废水新的处理处置措施和系统性治理方式,对促进乡村旅游事业、农产品行业发展以及保护地方特色产业具有十分重要的意义。

在酿酒行业,国内针对酿酒废水处理已有较多成熟工艺技术,如UASB<sup>[1]</sup>、AF<sup>[2]</sup>、光催化、电解法等。然而现有研究成果均适合工业酿酒废水治理,并不适用于农村污水治理。浙江省农村生活污水治理已进行十余载<sup>[3]</sup>,但尚无对农村家庭式酿酒生产废水进行治理的研究。因此,以九狮村下坦自然村酿酒废水处理设施示范点为例,介绍和分析设施改造过程和实施效果,总结该示范工程的成效和经验,为解决农村酿酒废水处理问题提供理论和技术支持。

## 1 基本概况

九狮村下坦自然村位于浙江省杭州市临安区天目山镇,坐落于风景秀丽的国家级自然保护区天目山脚下,农户数为112户,以竹笋、酿酒、农家特色旅游为主要经济来源。目前,该村全部农户的生活污水均已接入坦上集中处理设施,其中酿酒户(28户)和豆腐加工户(1户)生产废水也集中排放到坦上处理设施,竹笋加工户和山核桃加工户生产废水收集后委托转运至污水处理厂处理。

九狮村原处理设施设计处理量为100 m<sup>3</sup>/d,出水水质执行《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》(DB 33/973—2015)的一级标准。对该村庄污水治理情况开展了全面调查,发现存在的问题主要有:①部分农户污水未收集,存在污水乱排现象,严重影响村庄环境,庭院和村内管网也存在雨污合流情况;②排水户生产废水并未全部接入收集系统,且接入的排水户无预处理设施,终端又无调节池,水量水质波动大,对整个设施运行冲击较大;③进水SS含量高,生化池内沉渣淤积严重,导致设施出水不畅,设备易损坏,致使出水水质超标;④处理终端周边臭味明显,且设备运行噪声影响附近农户;⑤处理终端位于村口路旁,设施景观没有很好地与村庄、道路和周边环境融合;⑥处理终端处理水量已接近满负荷,尤其是生产期间,若增加接入户,将超出终端处理能力。

基于以上评估诊断,原有处理设施已不能满足农户生产废水处理和杭州市提出的“农村污水零直排村”及“水清、无味、点绿、景美”的建设要求。

## 2 改造技术路线和实施

按照《技术规程》要求,对坦上处理设施进行了改造,建设内容主要分为4部分:一是建立普通农户生活污水收集系统;二是建立全村酿酒生产废水收集一级调蓄预处理系统;三是增加终端前二级调蓄预处理系统;四是对原有终端进行工艺改造。

### 2.1 普通农户生活污水收集系统建设改造

在农户厨房排水口设置清扫井,实现对油污和餐渣的去除;对未设化粪池或无效的农户进行化粪池

池新建和改造。户内清扫井、化粪池出水和洗涤排水接入接户井,接户井为户内设施和公共设施的分界,接户井以上为户内设施,以下为公共设施。该自然村生活污水的接户井分为3种接入方式:①新建接户井;②与其他农户合用;③户内污水直接接入户外最近的检查井,检查井以上为户内设施。在完善污水收集、输送系统的同时,通过对农户屋面雨水、庭院雨水和村庄路面雨水的导排改造,实现村庄雨污分流。

## 2.2 一级调蓄预处理系统建设

该自然村生产废水一级调蓄预处理系统为户内调蓄罐和应急罐,属于厌氧处理,见图1。

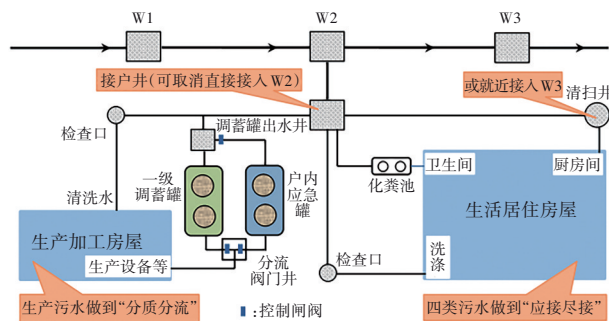


图1 户内生活污水收集系统及一级调蓄预处理系统

Fig.1 Schematic diagram of indoor domestic sewage collection system and primary regulation and storage pre-treatment system

农户内的生产废水经专用的收集系统汇入一级调蓄池。一级调蓄池兼有化粪池和调节池功能,一般分为2格,排水量 $>2\text{ m}^3/\text{d}$ 的设置3格或更多,用于收集高浓度生产废水,一级调蓄池废水总停留时间 $>60\text{ h}$ ,最后一格有效容积不少于日处理水量的 $1/2$ 。

## 2.3 二级调蓄预处理系统建设

二级调蓄池位于综合调节池前,分为厌氧和好氧两部分,由原处理终端生化池改造而成,钢筋混凝土结构。其中厌氧部分有效容积为 $210\text{ m}^3$ ,有效停留时间为 $28\text{ h}$ ;好氧部分有效容积为 $84\text{ m}^3$ ,有效停留时间为 $11.2\text{ h}$ ,池内安装悬浮填料。池体内部安装提升泵,生产废水预处理后定时定量送至综合调节池。

## 2.4 污水处理终端工艺改造

原处理设施工艺流程为格栅→调节池→A/O池→二沉池→人工湿地→排放井,原格栅井仅有一道格栅,加之栅渣较多,造成生化池淤积严重,从而

影响设施正常运行,扩容后构筑物停留时间不满足要求,无资源化利用设施,无二次污染防治措施。基于评估诊断结果、设施工艺缺失情况和原设施进出水水质及出水限值要求(见表1),确定处理设施改造规模为 $180\text{ m}^3/\text{d}$ ,终端采用A/O+混凝沉淀+多级生态滤池耦合工艺。根据生产废水的排放特点,设置为两组A/O+二沉池并列灵活运行以节省运行成本。

表1 原处理设施实际进、出水水质和改造设施进、出水设计取值

Tab.1 Actual influent and effluent quality of the current treatment facility and the design value of the facility after transformation

项 目	原设施实际进水	原设施非生产期实际出水(均值)	原设施生产期实际出水(均值)	改造后设计进水	改造后出水限值
COD/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	1 115	32.3	82.2	1 500	60
BOD <sub>5</sub> /( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	353	3.4	16.4	525	10
TN/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	49	17.6	12.8	60	20
NH <sub>3</sub> -N/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	42	2.4	6.8	50	8
TP/( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	14	1.3	4.0	20	2
pH	5.82	7.3	7.2	5~7	6~9

该处理终端均为钢筋混凝土结构,各工艺段构筑物参数见表2。

新建格栅井,设置粗细两道格栅以去除污水中的大颗粒杂物;酿酒生产废水经过综合调节池调节后,依次进入二级调蓄池、综合调节池,综合调节池由原终端调节池和初沉池改造而成,内部安装提升泵、流量调节装置和液位控制器,定量输送污水进入A/O池,有效解决了处理水量不稳定的问题。生化池组包括A/O池、二沉池、混凝池和终沉池,A/O池和二沉池为两组并列设置,根据进水量确定运行池组数量,通过兼氧、好氧生化处理降低有机物和氮浓度;混凝池和终沉池通过沉淀絮凝作用降低总磷的浓度。为应对生化系统处理不稳定的问题,最后设置多级生态滤池<sup>[4-6]</sup>,实现有机物、氮和磷的深度去除。在总磷含量较高时可投加药剂进行化学除磷,其余时间仅使用多级生态滤床进行生态除磷。生态除磷也是目前农村生活污水治理的长效对策之一。

设施提升改造后污水处理工艺流程如图2所示。改造完成后的实景如图3所示。



表2 改造后各工艺单元构筑物参数  
Tab.2 Parameters of each unit after transformation

项 目	构筑物尺寸/(m×m×m)	停留时间/h	有效容积/m <sup>3</sup>	表面水力/面积负荷	备注
格栅井	1.5×0.8×1.5				新建
综合调节池	6.0×5.0×4.0	12	90		原池利用
A/O 池	A 池(单组)	3.0×3.5×4.4	9.8	36.75	两组并列运行,新建
	O 池(单组)	3.0×7.0×4.4	19.6	73.5	
二沉池	3.0×2.5×4.4	7		0.5 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)	两组并列运行,新建
混凝池	1.4×1.4×4.4	1.83	6.86		两格,新建
终沉池	5.35×3.0×4.4	7.49		0.47 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)	新建
清水池	1.0×3.0×4.4	1.4	10.5		新建
多级生态滤池	一、二级	9.5×5.0×2.7		1.17 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	改扩建
	三级	9.5×6.25×1.5			
消毒井	2.5×0.8×1.3				管式紫外消毒器,新建
回用水池	4.1×2.6×2.5		25		新建
流量计井	1.5×0.8×1.0				电磁流量计,新建

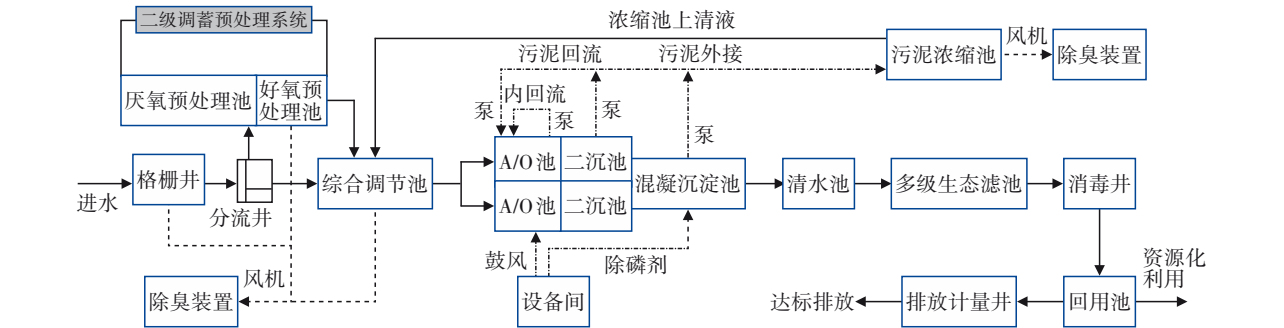


图2 提升改造后污水处理工艺流程

Fig.2 Flow chart of wastewater treatment process after upgrading

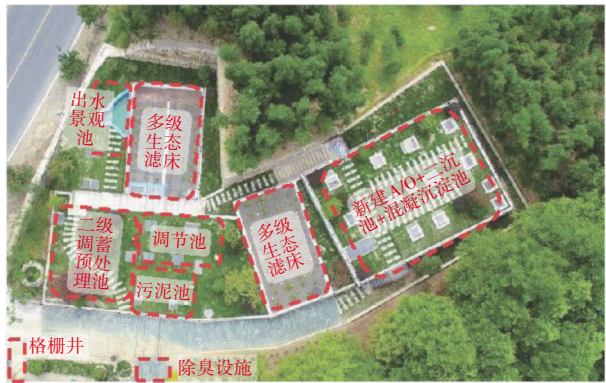


图3 设施改造完成后实景俯视图

Fig.3 Top view of the real scene after the renovation of the facility

2.5 二次污染防治措施

本项目二次污染主要来自噪声、臭气、运维废弃物等。

噪声主要来源为水泵、风机,设计采取如下降噪措施:①鼓风机安装于地下风机房内,且在房间

内壁设置消音降噪材料;②污水提升泵、污泥外排泵、硝化液回流泵和循环回流泵等均选用小型潜污泵,基本不产生噪声。

臭气主要来自格栅井、二级调蓄池、综合调节池和污泥储存池等构筑物。设施改造增加了土壤除臭:①对构筑物检查口盖板进行加固和密封,尽可能防止臭气逸散;②在产臭池体检查口安装臭气抽风管,将臭气通过引风机送入除臭介质层,通过土壤微生物对臭气进行有效降解。

运维废弃物主要有3类:①酿酒产生的糟渣,农户自行收集、沥水后作为牛羊养殖饲料再利用;②普通农户的清扫井拦渣、管网沉积物、终端栅渣及收割的湿地植物等,由农户或运维人员收集,沥水后送至村庄生活垃圾收集站分类处置,实现日产日清;③调蓄池、化粪池清掏物和剩余污泥,与农家肥混合就地堆肥或运维单位用吸粪车抽吸脱水后送至镇级污水处理厂处置。

其他影响水体环境的污染物,如细菌、病毒等,采用适合农村生活污水处理的小型紫外消毒器处理,辐射剂量为  $20 \text{ mJ/cm}^2$ 。消毒后的水进入清水池,可在周边竹林、菜地、绿化带等再利用。

### 3 改造效果

#### 3.1 分析测试

2021年6月—2021年12月每半个月对处理设施各工艺段进行水质监测,6月—9月农户正常排放生活污水,10月—12月为农户酿酒高峰期,在此期间对一级调蓄池进、出水进行每月两次水质检测,包含COD、BOD<sub>5</sub>、TP、NH<sub>3</sub>-N、TN和pH等6项指标。采样如遇降雨,则隔天或延期采样。当天采样当天送至第三方水质检测单位。臭气和噪声的检测均在距离处理设施最近的农居点外墙进行数据采集,委托第三方检测单位进行检测。

#### 3.2 结果与讨论

##### 3.2.1 一级调蓄功能分析

农户酿酒高峰期一级调蓄池各项常规进、出水水质检测数据如图4、5所示。

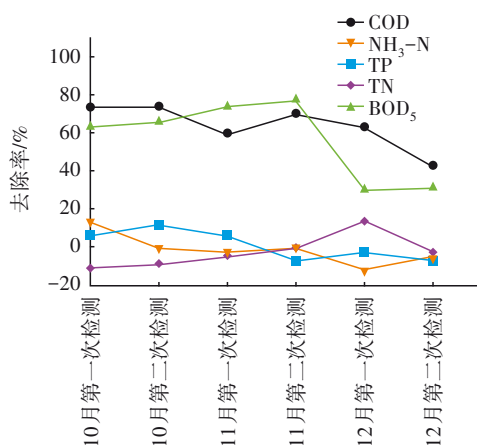


图4 一级调蓄系统对COD、NH<sub>3</sub>-N、TP、TN、BOD<sub>5</sub>的去除率

Fig.4 Removal rate of COD, NH<sub>3</sub>-N, TP, TN, BOD<sub>5</sub> concentration by primary regulation and storage system

在初期使用的前两个月,一级调蓄池对COD、BOD<sub>5</sub>有较明显的去除功能,去除率最高分别达74.6%和78.3%,而对TP、NH<sub>3</sub>-N、TN浓度调节功能较弱,去除率均在20%以下,浓度甚至不降反升,对pH调节功能相对较弱。这是因为酿酒过程中产生的杂质和废水在一级调蓄厌氧池中利用厌氧菌的作用使有机物发生水解、酸化,因此一级调蓄厌氧池一直处在酸性环境中。然而运行2个月后,出水COD和BOD<sub>5</sub>持续升高,去除效果降低。这可能是

由于酒渣沉积引起的,因此一级调蓄池的污泥需要每2个月清理一次,以防止出现一级调蓄功效不佳的情况,影响后续污水处理效果。此外,一级调蓄池出水设置了排水提升泵和虹吸排放管,排水户根据运维管理细则分时分段间歇排放至管网,起到有效调节高浓度废水水量的作用。

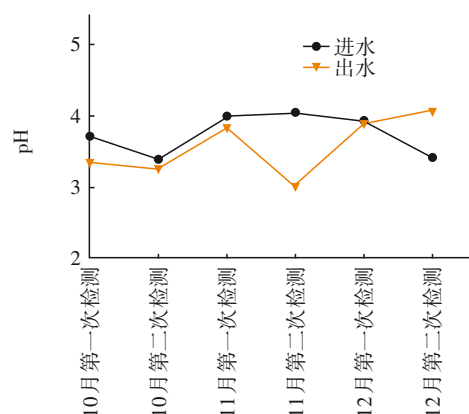


图5 一级调蓄系统进、出水pH变化

Fig.5 Change of pH of the influent and effluent from the primary regulation and storage system

##### 3.2.2 二级调蓄功能分析

在农户酿酒高峰期,对二级调蓄池进、出水水质的检测数据如图6、7所示。

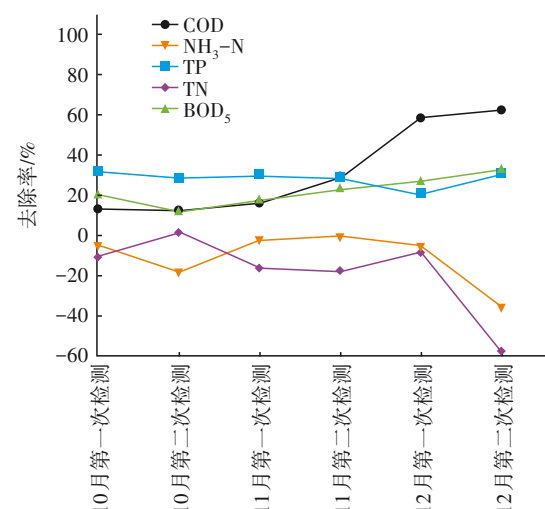


图6 二级调蓄系统对COD、NH<sub>3</sub>-N、TP、TN、BOD<sub>5</sub>的去除效果

Fig.6 Removal rate of COD, NH<sub>3</sub>-N, TP, TN, BOD<sub>5</sub> concentration by secondary regulation and storage system

二级调蓄池初期对COD去除率较低,随着系统不断调试和稳定运行,其调蓄功效逐渐增强,去除率最高达62.05%;对BOD<sub>5</sub>和TP去除效果相对较差,去除率在20%~30%浮动;NH<sub>3</sub>-N和TN浓度略有

升高,这是因为二级调蓄池中沉积的糟渣、颗粒物等会在厌氧菌和兼性菌作用下消化分解其过程或释放部分含氮物质。然而,通过二级调蓄后,pH稳定在6.0附近,可有效调节和缓冲水质。同时,池体内部安装提升泵,自动控制水量定时定量输送,运维人员根据设施情况,亦可手动调节输送水量,对后续处理系统的稳定运行起着重要作用。

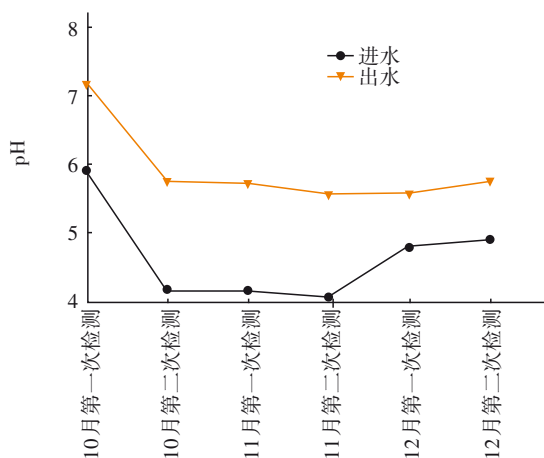


图7 二级调蓄系统进、出水pH变化

Fig.7 Variation of pH of influent and effluent from secondary regulation and storage system

### 3.2.3 各个工艺段分析

污水处理设施各工艺段水质检测结果如表3所示。

表3 污水处理设施各工段污染物浓度变化

Tab.3 Change of concentrations of contaminants at each unit of wastewater treatment facilities

项目	COD/ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	BOD <sub>5</sub> / ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	TN/ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	NH <sub>3</sub> -N/ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	TP/ ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )	pH
一级调蓄池进水	10 837.17	2 440.00	127.60	71.56	70.07	3.75
一级调蓄池出水	3 567.50	1 047.33	129.47	74.63	69.74	3.58
进水格栅井	1 114.99	352.86	49.16	41.70	14.05	5.82
调节池	757.37	289.49	53.67	43.60	10.37	6.65
混凝沉淀池	54.16	18.93	15.35	2.22	2.48	7.27
清水池	34.98	5.72	12.18	3.15	1.32	7.35
出水池	33.12	4.07	10.55	1.15	0.99	7.47

农户酿酒时进水各污染物浓度均较高,经过一级和二级预处理调蓄池后,污染物浓度均有不同程

度的下降,其中COD、BOD<sub>5</sub>和TP去除率分别达93%、88%和85%,TN、NH<sub>3</sub>-N去除率分别为58%和39%。pH从3.75逐步上升至6.65,水质由酸性中和至中性。由此得出,一级调蓄和二级调蓄起着水质水量均衡和初级生物降解作用,为后续处理创造稳定的运行环境。

从坦上处理设施2021年6月—12月的处理效果可知,对COD、BOD<sub>5</sub>、TN、NH<sub>3</sub>-N和TP浓度去除率分别达95.6%、98.6%、80.3%、97.4%和90.5%,整体出水水质均可稳定达到《农村生活污水处理设施水污染物排放标准》(DB 33/973)一级标准排放限值要求,出水BOD<sub>5</sub>基本稳定在10 mg/L以下,可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准。

### 3.2.4 二次污染防治措施分析

对坦上处理设施调节池和生化池边进行臭气浓度检测,对最近的居民点围墙外进行噪声检测,结果见表4。处理设施边界臭气浓度<10,优于《恶臭污染物排放标准》(GB 14554—1993)的臭气浓度一级标准;昼间噪声<55 dB,夜间<45 dB,优于《社会生活环境噪声排放标准》(GB 22337—2008)中的1类环境功能区标准,符合乡村居住环境的要求。

表4 废气及噪声检测结果

Tab.4 Exhaust gas and noise detection results

项目	氨/( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ )		硫化氢/( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ )		臭气浓度		噪声/dB	
采样点 位/时间	调节池	生化池	调节池	生化池	调节池	生化池	昼间	夜间
检测结果	0.54	0.88	0.003	0.002	<10	<10	<50	<43

### 3.2.5 投资与经济分析

九狮村坦上处理设施改造后处理规模为180 m<sup>3</sup>/d,占地500 m<sup>2</sup>,受益户数为112户,其中29户为排水户。该工程总建设费用为255万元,投资为1.42万元/m<sup>3</sup>。6月—9月为非生产期,运行费用共计0.685万元,运行费用约0.71元/m<sup>3</sup>。10月—12月为生产期,运行费用共计1.141万元,折合0.7元/m<sup>3</sup>。7个月运行费用总计约1.83万元,平均为0.71元/m<sup>3</sup>。

## 4 结论

九狮村坦上处理设施是浙江省首例采用两级调蓄池收集预处理酿酒废水的设施。通过对农户污水收集系统和处理设施的改造,建立两级调蓄系

统和处理系统,有效解决了村庄农户酿酒排水户的污水处理难题。两级调蓄系统起到了调节高浓度废水水量、水质的作用,同时大大降低了原水的生物毒性,提高了后续生物处理系统的稳定性和除污效率。处理终端采用土壤除臭、噪声控制技术,设置了尾水喷洒路面、绿化浇灌清水池和取水口,有效消除了二次污染,实现了资源化利用,可为乡村污水治理提供参考。

#### 参考文献:

- [1] 王菁. UASB处理高浓度酿酒废水工程实例及安全措施[J]. 中国人口·资源与环境, 2016(S1):53-57.  
WANG Jing. Engineering examples and the safety measures of high concentration of brewery wastewater UASB processing [J]. China Population, Resources and Environment, 2016(S1):53-57 (in Chinese).
- [2] 刘静辉,张无敌,尹芳,等. 软硬双床AF-好氧工艺处理白酒废水的研究[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(30):10657-10659.  
LIU Jinghui, ZHANG Wudi, YIN Fang, *et al.* Treatment of liquor wastewater by using soft-hard double-bed AF and aerobic baffling ditch [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2014, 42(30):10657-10659 (in Chinese).
- [3] 孔令为,邵卫伟,叶红玉,等. 农村生活污水治理技术应用的浙江经验及发展方向[J]. 中国给水排水, 2021, 37(2):12-17.  
KONG Lingwei, SHAO Weiwei, YE Hongyu, *et al.* Experience and development direction of application of rural domestic wastewater treatment technology in Zhejiang Province [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(2):12-17 (in Chinese).
- [4] 许明海,张宗霖,王付超,等. 一种用于污水处理的多级生态滤池装置:ZL201720985890.5[P]. 2018-09-09.  
XU Minghai, ZHANG Zonglin, WANG Fuchao, *et al.* A Multi-stage Ecological Filter Device for Sewage Treatment: ZL201720985890.5 [P]. 2018-09-09 (in Chinese).
- [5] 张宗霖,王付超,谢杰,等. 一种用于污水深度除磷的一体化装置:ZL201720988148.X[P]. 2018-06-05.  
ZHANG Zonglin, WANG Fuchao, XIE Jie, *et al.* An Integrated Device for Deep Dephosphorization of Sewage: ZL201720988148.X [P]. 2018-06-05 (in Chinese).
- [6] 谢冬冬,冯洪波,潘增锐,等. 碳酸钙和铁碳复合填料去除农村生活污水中的磷[J]. 中国给水排水, 2020, 36(7):93-96.  
XIE Dongdong, FENG Hongbo, PAN Zengrui, *et al.* Removal of phosphorus in rural sewage by calcium carbonate and iron-carbon composite filler [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(7):93-96 (in Chinese).

作者简介:王洋(1993-),女,河南洛阳人,硕士,工程师,主要从事水的生态治理、技术成果转化及工程应用工作。

E-mail:wangyang9331@126.com

收稿日期:2022-04-07

修回日期:2022-05-05

(编辑:衣春敏)

**贯彻执行《中华人民共和国防洪法》**