



文章栏目：“农村和小城镇生活污水治理”专题

DOI 10.12030/j.cjee.202001104

中图分类号 X703

文献标识码 A

王哲晓, 陈大扬, 孙磊, 等. Engelbart SST 工艺农村生活污水一体化治理设备的应用效果及运行能耗[J]. 环境工程学报, 2020, 14(9): 2346-2352.

WANG Zhexiao, CHEN Dayang, SUN Lei, et al. Application effect and operating energy consumption of Engelbart SST process integrated rural domestic sewage treatment equipment[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2020, 14(9): 2346-2352.

Engelbart SST 工艺农村生活污水一体化治理设备的应用效果及运行能耗

王哲晓¹, 陈大扬², 孙磊¹, 孙竟¹, 肖波¹, 张鹤清^{1,*}

1. 中建环能科技股份有限公司, 成都 610045

2. 北京国环清华环境工程设计研究院有限公司, 北京 100084

第一作者: 王哲晓(1983—), 男, 硕士, 高级工程师。研究方向: 水污染控制, 环保装备研发。E-mail: wzx@scimee.com

*通信作者: 张鹤清(1978—), 女, 博士, 教授级高级工程师。研究方向: 水污染控制等。E-mail: 13811012578@163.com

摘要 针对农村生活污水水质水量波动性大的特点, 应用基于 Engelbart SST 工艺的一体化处理设备对农村生活污水进行了处理, 并考察了该设备在水质波动情况下的处理效果与运行能耗。结果表明, 在 DO 为 0.3~0.5 mg·L⁻¹、回流比为 1 000%~2 000%、HRT 为 12~15 h、MLSS 为 5 600~8 800 mg·L⁻¹ 的工艺条件下, 配合化学除磷, 设备 COD、NH₃-N、TN、TP 平均去除率分别可达到 95.3%、94.9%、78.9%、92.2%。该设备表现出了良好的抗波动能力, 在 COD、NH₃-N、TN 处理负荷较设计值波动幅度分别为 -39.7%~171.0%、-34.8%~96.9%、-45.0%~61.1% 的条件下, 出水 COD ≤ 50 mg·L⁻¹、NH₃-N 浓度 ≤ 5.0 mg·L⁻¹、TN 浓度 ≤ 15 mg·L⁻¹。该设备利用曝气自动控制系统在经济 DO 条件下运行, 吨水能耗为 0.24~0.33 kWh。本研究结果可为农村污水处理的技术选择和运行提供参考。

关键词 农村生活污水; 污水一体化处理设备; DO 控制; 水质波动; Engelbart

乡村振兴战略是我国当前重要的发展战略。在乡村建设发展过程中, 人们已更加注重生态环境的有效利用与保护^[1]。其中, 水污染治理是农村环境治理的重要工作, 亦为改善农村人居环境的核心工作内容。我国农村生活污水主要包括餐厨污水、冲厕污水、洗涤污水以及畜禽污水等。农村生活污水具有污染面广、来源多、成分复杂、分散且不易收集等特点^[2]。同时, 农村生活污水水质水量变化大, 污水明显表现为间歇排放, 日变化系数一般可达 3.0~5.0^[3]。而且, 由于受到作物生长、地理环境、气候等多种因素的影响, 不同农村地区不同季节排放的水质水量均不同^[4]。例如, 江苏省农村地区人均污水排放量为 64.1~118.6 L·d⁻¹^[5]; 月平均 COD 为 62.1~234.7 mg·L⁻¹, 四季平均 COD 分别为 205.9、93.8、89.6 和 255.9 mg·L⁻¹, 水质水量波动明显^[6]。

我国农村污水多采用分散式处理的方式^[7-8], 处理技术主要分为生物处理、生态处理和组合处理技术。其中, 生物处理主要采用一体化处理设备^[9-10]。虽然近年来各地农村生活污水处理设施数量及处理能力显著提升^[11-12], 但仍有很多问题亟待解决。尤其是随着农村污水处理要求的提高, 在

水质水量波动明显的情况下, 处理效果往往达不到预期要求^[13-14]。

目前, 农村污水一体化处理设备的研究多从工艺改进与优化、运行管理控制智能化和处理技术新型化等方面展开^[15]。针对现有的问题与需求, 对于一体化污水处理技术与设备的要求一般包括: 1) 处理效果稳定、抗波动; 2) 维护管理简单、自动化程度高; 3) 低能耗; 4) 高度集中化、节约土地^[16]。本研究应用基于 Engelbart SST 技术开发的一体化污水处理设备对农村生活污水进行处理, 并对其实际应用情况进行考察评估。该技术采用生化反应/沉淀一体化设计形式, 集成微氧曝气、空气提升、大比例循环技术, 具有较高的处理效率以及节能、抗波动特性。该一体化设备的开发和推广可为提高农村污水处理的稳定性和降低污水处理设施运行成本提供新的思路。

1 设备、工艺流程与实验方法

1.1 设备及工艺流程

由于一体化处理设备所在农村住户排放的污水中含有大量的餐饮废水, 含油量较高, 因此在一体化设备前设置气浮除油设备进行预处理, 并配置污泥浓缩设备。污水首先经过格栅, 拦截去除水中漂浮物后进入调节池; 调节池设计停留时间 8 h, 污水在此进行混合均质, 降低水量水质波动对系统的影响; 调节池出水通过提升泵进入气浮除油池, 去除水中油类污染物; 而后进入一体化设备, 对 COD、NH₃-N、TN、TP 等进行处理, 处理达标后排放至清水池。处理过程中产生的污泥、浮渣经过浓缩后外运处置。工艺流程见图 1。

1.2 进水水质与处理规模

设备设计污水处理规模为 50 m³·d⁻¹, 服务人口 500 人, 占地 80 m²。污水主要来源于农村居民生活污水及餐饮废水, 设计处理目标到达《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002) 一级 A^[17] 标准, 设计进出水水质如表 1 所示。实际运行中, 进水水质与设计水质存在较大差异, 进水 COD 为 279~1 259 mg·L⁻¹、NH₃-N 浓度为 28.1~64.7 mg·L⁻¹、TN 浓度为 30.4~65.6 mg·L⁻¹、TP 浓度为 2.18~7.21 mg·L⁻¹, 水质波动较大。

1.3 Engelbart SST 一体化设备

该一体化处理设备为标准集装箱尺寸撬装设备。设备主要由池体、曝气软管、鼓风机、填料、在线仪表、加药系统及控制系统组成, 设备工艺如图 2 所示。池体体积根据处理规模以及主要设计参数确定, 采用碳钢防腐或不锈钢材质, 通过在池体内设置隔墙, 将池体划分

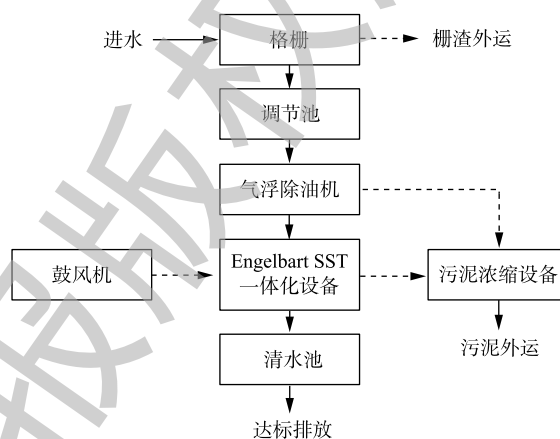


图 1 应用工程工艺流程

Fig. 1 Process flow diagram of project

表 1 设备设计进出水水质

Table 1 Designed water quality of the equipment inlet and outlet

| 水样 | COD/ (mg·L ⁻¹) | NH ₃ -N浓度/ (mg·L ⁻¹) | TN浓度/ (mg·L ⁻¹) | TP浓度/ (mg·L ⁻¹) | pH |
|----|-------------------------------|--|--------------------------------|--------------------------------|-----|
| 进水 | 400 | 25 | 35 | 5 | 6~9 |
| 出水 | 50 | 5(8) ¹⁾ | 15 | 0.5 | 6~9 |

注: 1) 括号为水温 ≤ 12 °C 时的控制指标, 其他数值为水温 > 12 °C 时的控制指标。

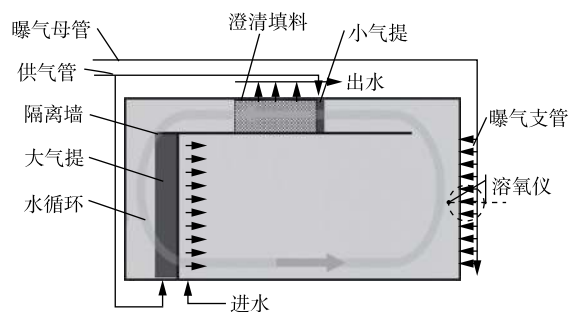


图 2 Engelbart SST 一体化设备工艺示意图

Fig. 2 Schematic diagram of Engelbart SST integrated equipment

为若干功能区域。反应区池底布置曝气软管,曝气软管采用聚氨酯材质,氧利用率可达50%~60%,同时可实现不停机更换;反应区中部设置在线DO监测仪器,实时监测池内DO值,并反馈给曝气风机,通过变频或时间控制保证DO在设计范围内;气提区内设置气提回流管,依靠风机产生的空气为动力源,通过曝气改变局部水体密度,从而在特殊的池体结构下提高充气区液面来推动水体流动;分离澄清区内设置VR/VF 2种不同形式填料,混合液通过填料后,清水通过出水堰流出设备,污泥则随水流继续循环。

1.4 工况设置

一体化设备所采用的Engelbart SST工艺是一种使所有类型的微生物共存于“一种污泥”或者“一个微生物群落”中的均质活性污泥处理技术。利用空气提升推动反应器内水体循环流动,通过控制曝气强度,使得沿程大部分区域形成微溶解氧条件;空间上没有明显的缺氧和好氧分区,从而利用同步硝化反硝化作用去除污染物^[18-19]。因此,溶解氧控制范围的设计尤为重要。有研究^[18-22]发现,当DO低于 $0.3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,硝化过程严重受阻,大部分进入反应器的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 没有反应即排出系统;当DO超过 $0.48\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,氧气可穿透絮体,破坏絮体内缺氧环境;当DO为 $0.3\sim 0.4\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,硝化效果得到改善,SND率提高。一体化设备运行中通过设置在反应池内的DO监测仪,监测反馈DO值,并控制曝气风机频率与启停,实现对反应池内DO值的有效控制,实际运行中控制DO为 $0.3\sim 0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。一体化设备主要运行参数:MLSS为 $5\ 600\sim 8\ 800\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,HRT为12~15 h,回流比为1 000%~2 000%,污泥龄为20~25 d。

1.5 分析方法及仪器

水样测定方法:COD、TP浓度、TN浓度、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度按照文献中的方法^[23]测定。

分析检测仪器:可见光分光光度计(DR3900,美国哈希公司);溶解氧传感器(LDO[®] II,美国哈希公司)。

2 结果与讨论

2.1 污染物去除效果

1) COD去除效果。由图3可知,进水COD为 $279\sim 1\ 259\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。这是由于设备所在村建有农家乐,排放污水COD相比于常见农村污水更高、波动幅度更大,最高排放浓度与最低排放浓度的比值达到了4.51。在接近5个月的连续运行过程中,在来水水质波动明显的情况下,设备出水COD仍能保持在 $50\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下;只有在进水COD为 $1\ 259\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,远远超过设计值时,出水COD会达到 $55.8\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。项目平均进水COD为 $695.9\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,较设计值高出74%。该设备长期在较高的负荷下运行,系统平均去除率仍可达到95.3%,故可满足设计排放要求。由于该设备采用了大比例回流,使得污染物在进入系统后快速分散稀释,从而在进水水质波动、污染物浓度突增时,有利于充分利用池容,提高抗冲击性。同时,由于该设备系统中活性污泥浓度较高,可达到 $5\ 600\sim 8\ 800\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,提高了系统的有机物降解能力,也提高了该系统对冲击负荷的适应能力。

2) $\text{NH}_3\text{-N}$ 去除效果。设备进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度呈现较大波动,据图4数据显示,浓度为 $28.1\sim 64.7\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度基本保持在 $5.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 以下。进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 平均浓度为 $36.95\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,去除率可达94.9%,完全满足设计排放要求。当进水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度突增至 $64.7\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时,出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度上升至最高值 $5.30\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$;随着DO自动调整,出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度逐渐降低,最终降至 $0.53\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

3) TN去除效果。在农村污水处理中,TN的去除效率与污水C/N、反应溶解氧、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 硝化程度等密切相关。本研究中的污水大部分来自于度假村餐厨废水,COD较高、可生化性较好、运行期间进水C/N平均值超过8.6、碳源充足,为同步硝化反硝化的进行创造了有利条件。反应系统

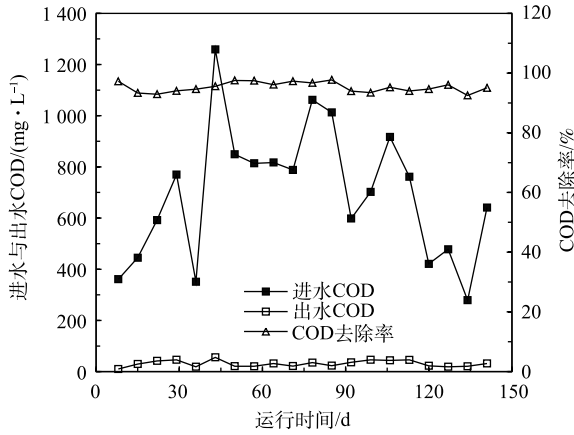


图 3 一体化设备 COD 去除情况

Fig. 3 COD removal rate of integrated equipment

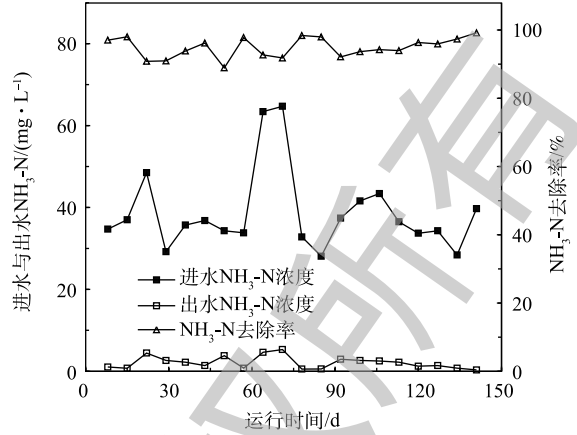


图 4 一体化设备 NH₃-N 去除情况

Fig. 4 NH₃-N removal rate of integrated equipment

DO 由设置于反应池中部的在线 DO 监测仪及鼓风机控制, 基本保持在 0.3~0.5 mg·L⁻¹。由图 5 可知, 设备进水 TN 浓度为 30.4~65.6 mg·L⁻¹, 呈现出与 NH₃-N 浓度一致的变化趋势。出水 TN 浓度基本低于 15 mg·L⁻¹, 只有当进水 TN 浓度突增至 65 mg·L⁻¹ 以上时, 由于溶解氧调整的延时性以及 NH₃-N 硝化不充分, 造成去除率降低, 最高出水 TN 浓度出现在最大波动处, 为 17.8 mg·L⁻¹。平均出水 TN 浓度为 9.19 mg·L⁻¹, 平均去除率达到 78.9%。

4) TP 去除效果。在设备运行 DO 维持在 0.3~0.5 mg·L⁻¹ 的条件下, 虽然反应器局部区域可形成厌氧条件, 但绝大部分的生物除磷效果来自于微生物同化作用^[24]; 依靠微生物同化与排泥, 系统在未进行化学除磷时仍具有一定除磷效果。由图 6 可知, 设备进水 TP 浓度为 2.18~7.21 mg·L⁻¹。设备运行初期, 在未进行化学除磷时, 系统出水 TP 平均浓度为 2.46 mg·L⁻¹, 平均去除率为 55.7%。当系统正常开启同步化学除磷时, 设备出水 TP 浓度基本低于 0.5 mg·L⁻¹, 出水平均 TP 浓度为 0.36 mg·L⁻¹, 去除率达到 92.2%, 满足设计要求。

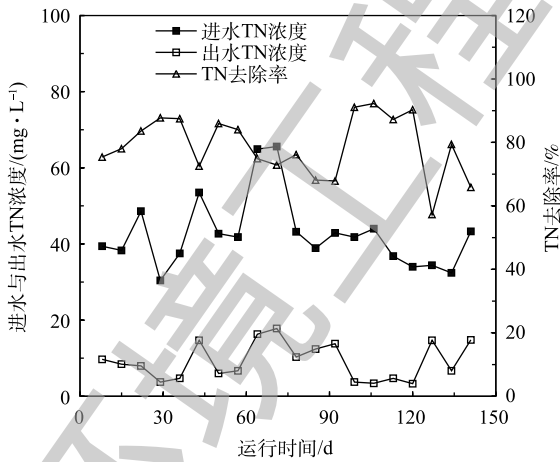


图 5 一体化设备 TN 去除情况

Fig. 5 TN removal rate of integrated equipment

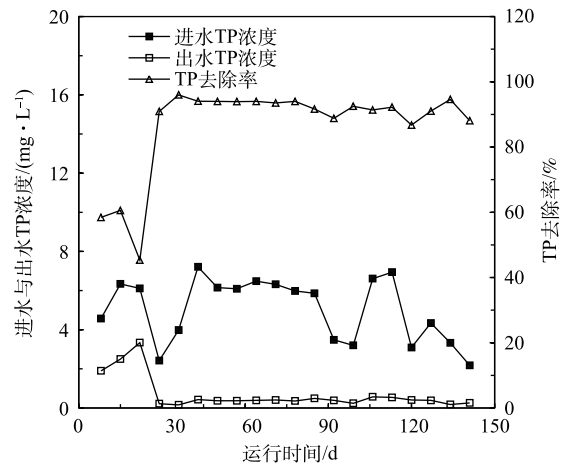


图 6 一体化设备 TP 去除情况

Fig. 6 TP removal rate of integrated equipment

2.2 负荷与抗波动性

由于一体化设备内无明显的缺氧、好氧分区, 因此 COD、NH₃-N、TN 的污泥负荷按照总有效反应体积计算, COD 平均负荷为 0.14 kg·kg⁻¹、NH₃-N 平均负荷为 0.007 9 kg·kg⁻¹、TN 平均负荷为

0.007 2 kg·kg⁻¹, 略高于设计值。同时, 进水水质与水量具有较大的波动性; 就污染物浓度而言, 进水 COD 较设计浓度波动幅度为-30.3%~214.8%、NH₃-N 浓度波动幅度为 12.4%~158.8%、TN 浓度波动幅度为-13.1%~87.4%。通过计算实际运行负荷, 分析系统在不同负荷下的处理效果, 结果见图 7。图 7 显示了设备在负荷波动情况下的处理效果, 在实际运行中, COD 负荷较设计值波动幅度达到-39.7%~171.0%; NH₃-N 与 TN 实际运行负荷波动幅度分别达到了-34.8%~96.9%、-45.0%~61.1%。在此条件下, 除因自动调整延迟造成的个别数值超标外, 出水基本达到设计要求, 即出水满足 COD ≤ 50 mg·L⁻¹、NH₃-N 浓度 ≤ 5.0 mg·L⁻¹、TN 浓度 ≤ 15 mg·L⁻¹, 系统具有良好的抗冲击、抗波动性。

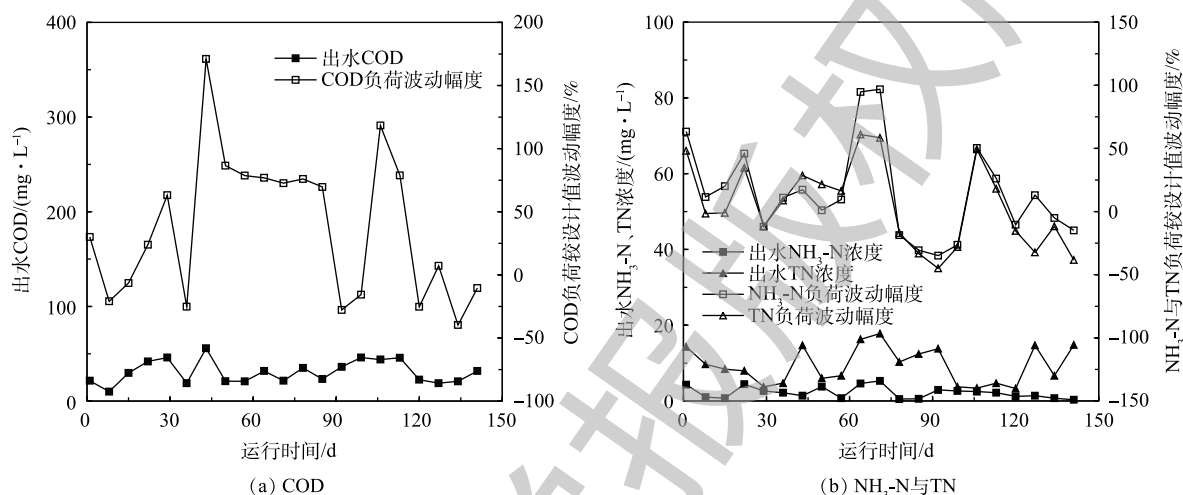


图 7 负荷波动对处理效果的影响

Fig. 7 Influence of load fluctuation on treatment effect

2.3 节能效果

用于农村污水处理的一体化设备能耗主要来自于污水提升、曝气以及污泥回流。其中, 曝气能耗所占比重往往超过 50%。因此, 合理设计 DO 浓度, 控制曝气量, 对设备节能非常重要。系统中 DO 浓度的高低是微生物耗氧的表观体现。如果曝气设备的可调节能力很强, 能够随时做到供氧与耗氧速率相匹配, 将 DO 浓度维持在设计值, 这样的运行条件将是最经济的。然而, 由于监测反馈与曝气设备的调控具有延迟性, 并且曝气设备的氧转移效率在不同运行功率下也会变化, 因此在实际运行中几乎不可能达到此理想状态。但是, 通过对曝气系统的合理控制, 使供氧速率接近系统耗氧速率仍是能够做到的, 这样系统运行的 DO 浓度就会出现在经济的溶解氧范围内^[25]。一体化设备采用了自动控制的曝气系统, 通过 PID 控制等一系列修正手段, 实现了风机与 DO 浓度检测反馈信号的实时联动, 可在不同的水质水量条件下将系统 DO 浓度调整至 0.3~0.5 mg·L⁻¹。图 8 显示了一体化设备在不同进水 COD 范围下的平均能耗及组成。其中, 气提风机、加药泵、控制单元能耗

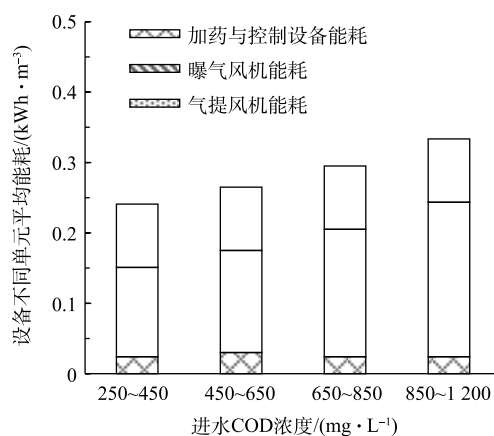


图 8 不同进水条件下一体化设备能耗组成

Fig. 8 Energy consumption composition of integrated equipment under different influent conditions

变化较小,曝气风机频率与工作时间随着进水负荷自动调整,能耗相应变化。系统运行能耗为 $0.24\sim 0.33\text{ kWh}\cdot\text{m}^{-3}$,节能效果较好。

3 结论

1) 对于典型的农村生活污水,基于 Engelbart SST 工艺设计的一体化处理设备具有较高的去除效率,出水基本实现 $\text{COD}\leq 50\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度 $\leq 5.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 与 TN 浓度 $\leq 15\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$;配合化学除磷,出水 TP 浓度 $\leq 0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。 COD 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 TN 、 TP 平均去除率分别为95.3%、94.9%、78.9%、92.2%。

2) 该一体化农村污水处理设备,具有良好的抗波动性以及抗负荷冲击的能力。在系统进水水质波动明显, COD 、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、 TN 实际运行负荷较设计值波动幅度分别达到 $-39.7\%\sim 171.0\%$ 、 $-34.8\%\sim 96.9\%$ 、 $-45.0\%\sim 61.1\%$ 的条件下,系统出水仍可满足设计要求。

3) 一体化设备利用气提回流污泥,无需设置回流泵,设备能耗主要来源于鼓风机用电,通过自动控制系统可使设备工作在经济 DO 范围内,平均运行能耗为 $0.24\sim 0.33\text{ kWh}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

参考文献

- [1] 刘彦随,周扬.中国美丽乡村建设的挑战与对策[J].农业资源与环境学报,2015,32(2):97-105.
- [2] 谢林花,吴德礼,张亚雷.中国农村生活污水处理技术现状分析及评价[J].生态与农村环境学报,2018,34(10):865-870.
- [3] 顾霖,吴德礼,樊金红.农村生活污染综合治理模式与技术路线探讨[J].环境工程,2016,34(10):113-117.
- [4] 李海明.农村生活污水分散式处理系统与实用技术研究[J].环境科学与技术,2009,32(9):177-181.
- [5] 李新艳,李恒鹏,杨桂山,等.江苏太湖地区农村生活用水量空间差异及污水去向[J].生态与农村环境学报,2015,31(2):158-165.
- [6] 周晓莉,俞锋,朱光灿,等.江苏农村生活污水处理设施进水水质调查分析[J].环境工程学报,2017,11(3):1445-1449.
- [7] HELLSTROM D, JONSSON L. Evaluation of small wastewater treatment systems[J]. Water Science and Technology, 2003, 48: 11-12.
- [8] 张曼雪,邓玉,倪福全.农村生活污水处理技术研究进展[J].水处理技术,2017,43(6):5-10.
- [9] 陈秋萍,蒋岚岚,刘晋,等.太湖流域农村生活污水处理工程应用实例[J].中国给水排水,2010,26(6):30-32.
- [10] 陈月芳,樊荣,刘哲,等.一体化农村生活污水处理装置研究进展[J].安徽农业科学,2016,44(9):84-88.
- [11] 马涛,陈颖,吴娜伟.农村环境综合整治生活污水处理现状与对策研究[J].环境与可持续发展,2017,42(4):26-29.
- [12] 明劲松,林子增.国内外农村污水处理设施建设运营现状与思考[J].环境科技,2016,29(6):66-69.
- [13] 史会欣,张伟,荣懿,等.流量波动下新型一体化农村污水设备的处理效果[J].中国给水排水,2019,35(13):84-89.
- [14] LIU J, LU Z B, ZHANG J, et al. Phylogenetic characterization of microbial communities in a full-scale vermifilter treating rural domestic sewage[J]. Ecological Engineering, 2013, 61: 100-109.
- [15] 张晓飞,戴海平,孙磊,等.低温下多级AO-MBR工艺处理市政污水中试研究[J].水处理技术,2017,43(3):73-77.
- [16] 王学文,李世军.农村分散式生活污水一体化处理设备研究现状与设计要点[J].科技创新与生产力,2017(5):117-120.
- [17] 国家环境保护总局,国家质量监督检验检疫总局.城镇污水处理厂污染物排放标准:GB 18918-2002[S].北京:中国建筑工业出版社,2003.
- [18] 闫骏,王淑莹,高守有,等.低溶氧下低C/N值生活污水的同步硝化反硝化[J].中国给水排水,2007,23(3):44-48.

- [19] 彭赵旭, 彭永臻, 左金龙. 同步硝化反硝化的影响因素研究[J]. *给水排水*, 2009, 35(5): 167-171.
- [20] ELISABETH V, PAUL L. Simultaneous nitrification and denitrification in bench-scale sequencing batch reactors[J]. *Water Research*, 1996, 30(2): 277-284.
- [21] 杜馨, 张可方, 方茜. 同步硝化反硝化(SND)影响因素的试验研究[J]. *广州大学学报(自然科学版)*, 2007, 6(1): 70-74.
- [22] RIKKE L M, RAYMOND J Z, VALERIO G, et al. Challenges for simultaneous nitrification, denitrification and phosphorus removal in microbial aggregates: Mass transfer limitation and nitrous oxide production[J]. *FEMS Microbiology Ecology*, 2005, 52(3): 329-338.
- [23] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [24] 潘杨, 阮文权, 黄勇, 等. 序批式活性污泥(SBR)转移工艺的除磷机制[J]. *环境化学*, 2015, 34(7): 1329-1334.
- [25] 王涛, 刘霞, 周晓威, 等. 经济溶解氧在氧化沟节能运行中的应用研究[J]. *环境工程学报*, 2012, 6(3): 829-832.

(本文编辑: 金曙光, 郑晓梅)

Application effect and operating energy consumption of Engelbart SST process integrated rural domestic sewage treatment equipment

WANG Zhexiao¹, CHEN Dayang², SUN Lei¹, SUN Jing¹, XIAO Bo¹, ZHANG Heqing^{1*}

1. Scimee Sci. & Tech. Co. Ltd., Chengdu 610045, China

2. Beijing Guohuan Tsinghua Environmental Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Beijing 100084, China

*Corresponding author, E-mail: 13811012578@163.com

Abstract Aiming at the characteristics of high fluctuations of water quality and quantity of rural domestic sewage, the integrated equipment based on Engelbart SST process was used to treat it, and the treatment performance and operational energy consumption of the integrated equipment under the condition of water quality fluctuation were investigated. The results showed that the average removal rates of COD, NH₃-N, TN, and TP could reach 95.3%, 94.9%, 78.9% and 92.2% by this integrated equipment in conjunction with chemical phosphorus removal, respectively, under the operational conditions of DO=0.3~0.5 mg·L⁻¹, reflux ratio=1 000%~2 000%, HRT=12~15 h and MLSS=5 600~8 800 mg·L⁻¹. This equipment presented a good anti-fluctuation capability, when the fluctuation ranges of COD, NH₃-N or TN loading around the design values were -39.7%~171.0%, -34.8%~96.9% or -45.0%~61.1%, the water quality of its effluent could still meet the design requirements, COD, NH₃-N and TN in effluent were equal to or below 50, 5.0 and 15 mg·L⁻¹ respectively. The equipment operated under the economic DO conditions with the automatic control system of aeration, and the energy consumption was 0.24~0.33 kWh·m⁻³. This study can provide reference for the selection and operation of rural domestic sewage treatment technology.

Keywords rural domestic sewage; integrated equipment for sewage treatment; DO control; water quality fluctuation; Engelbart