

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.04.024

常温下厌氧内循环反应器在屠宰废水处理中的应用

王立军, 李兴奇, 邵亚强, 侯风文, 张邦友, 庞军, 王传俊
(山东纯江环境科技有限公司, 山东 烟台 264006)

摘 要: 介绍了常温条件下(22~28℃), 厌氧内循环反应器在某屠宰废水处理工程中的应用。该工程废水处理规模为 4 000 m³/d。该反应器有机负荷可达 5~6 kgCOD/(m³·d), COD 去除率达 50%~55%。工程实践表明, 反应器运行稳定, 不需要加热, 具有较明显的技术经济优势, 可为其他屠宰行业废水处理提供借鉴。

关键词: 屠宰废水; 常温; 内循环厌氧反应器

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)04-0117-04

Application of Anaerobic IC Reactor in Slaughter Wastewater Treatment at Normal Temperature

WANG Li-jun, LI Xing-qi, SHAO Ya-qiang, HOU Feng-wen, ZHANG Bang-you, PANG Jun, WANG Chuan-jun

(Shandong Chunjiang Environmental Science & Technology Co. Ltd., Yantai 264006, China)

Abstract: The application of anaerobic internal circulation reactor in a slaughter wastewater treatment project with capability of 4 000 m³/d at normal temperature(22~28℃) were introduced. The reactor's organic loading rates(VLR) can reach 5~6 kgCOD/(m³·d), and the removal rate of COD is up to 50%~55%. The practice shows that the reactor operates stably and doesnot require heating. It is cost effective and can provide reference for other slaughter wastewater treatment.

Key words: slaughter wastewater; normal temperature; anaerobic internal circulation(IC) reactor

IC 内循环厌氧处理工艺在国内有机废水的处理中已得到较广泛的应用, 在柠檬酸废水、酵母废水、酒精废水以及果汁废水处理中都有很多成功的案例。这些反应器大多在中温条件下运行, 水温一般为 35~38℃, 但在常温(22~28℃)、中低浓度的污水处理工程中成功应用的案例较少。

山东仙坛股份有限公司设有 2 条 1.2 万只/h 屠宰鸡及肉类分割生产线, 并配套 70 t/d 的熟食生产线, 产生 4 000 m³/d 的生产废水, 其废水处理系统采用 2 座 IC 厌氧反应器^[1]。第 2 座 IC 反应器于 2013 年 10 月开始通水调试、运行, 水温保持在常温, 至 2014 年 1 月 22 日取得较好的运行效果。

1 废水处理站概况

废水处理站设计处理能力为 4 000 m³/d, 实际来水量为 4 000~4 400 m³/d。采用的处理工艺见图 1。原水 COD 一般为 2 500~3 300 mg/L, 平均值约 3 000 mg/L。

IC 反应器单座直径为 5.5 m, 高为 22 m, 容积为 500 m³。每座厌氧罐设温度计及 pH 计各 1 台, 水封 2 台, 冬季运行时设计有机容积负荷为 4.8 kgCOD/(m³·d), 设计 COD 去除率为 50%。通过调整 1#DAF 的加药量实现不同有机容积负荷的转换。

采用 3 台带耦合装置的潜污泵, 额定流量 100

m^3/h , 扬程 260 kPa, 功率 15 kW, 2 用 1 备。

生产车间从 3 月份成规模生产, 7 月份启动第 1 座厌氧罐, 水温为 $29 \sim 30\text{ }^\circ\text{C}$ 。由于排水量不断增大, 10 月份开始启动第 2 座厌氧罐。

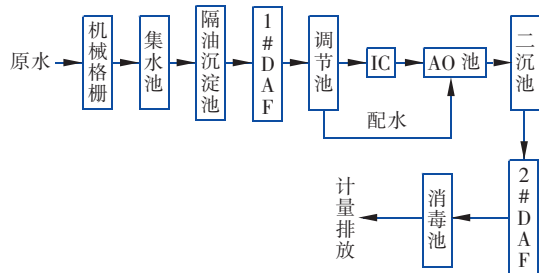


图1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

2 通水调试前的准备工作

① 测定水温、调整 1#DAF 的加药量

提前开始测定调节池内的水温, 经过 3 d 的监测发现, 调节池水温保持在 $24 \sim 26\text{ }^\circ\text{C}$, 与 7 月、8 月相比, 温度已有明显下降。由于水温较低, 为了提高反应器的上升流速, 增大进水量, 确定调整 1#DAF 的加药量, 保持其出水 COD 为 $1\,200 \sim 1\,500\text{ mg/L}$ 。同时对反应器的进水、排泥、沼气系统的管阀等进行检查确认。

② 监测系统的确认

反应器主要监测的项目有 pH 值、挥发性脂肪酸(VFA)、水温以及 COD 等, 其中 COD、VFA 的测定尤为重要。

③ 投加颗粒污泥

投加含固率约为 8% 的柠檬酸厂污水站厌氧罐内的厌氧颗粒污泥 120 m^3 作为接种污泥。种泥采用罐车分批运输, 采用低速螺杆泵将种泥送入反应器内。

3 反应器的调试及运行

3.1 第一阶段的调试

种泥于 9 月 30 日投加完毕。第一阶段的调试为 10 月 2 日—7 日。进水量为 $40\text{ m}^3/\text{h}$, 上升流速为 1.6 m/h , 进水 COD 为 $1\,000 \sim 2\,000\text{ mg/L}$, IC 进、出水的 COD 及 VFA 变化见图 2。有机容积负荷及 COD 去除率见图 3。由图 2、3 可知, 初始进水时 COD 的去除率较低, 约为 15%。进水水质的不稳定导致出水水质波动较大。水温一直在 $23 \sim 24\text{ }^\circ\text{C}$ 之间波动, 变化很小。出水 VFA 较为稳定, 且数值较

低, 基本上在 210 mg/L 以下。

第一阶段共计 6 d, 主要目的是驯化接种来的污泥, 从中温条件转为常温条件, 从柠檬酸废水转为屠宰鸡废水。

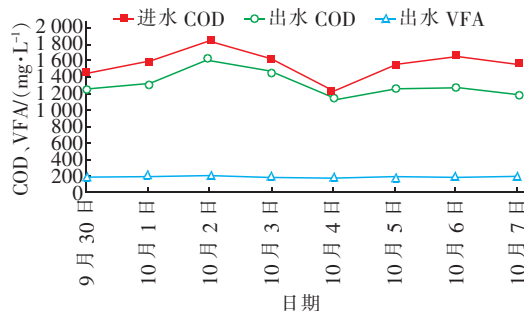


图2 第一阶段 IC 的进、出水 COD 及 VFA

Fig. 2 Influent and effluent COD and VFA in the first stage of IC

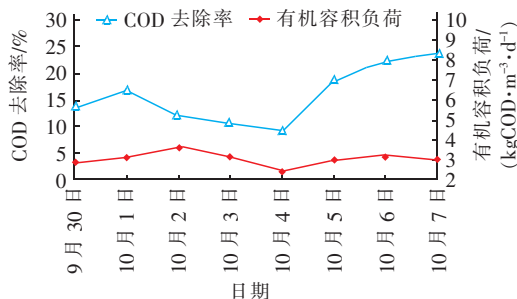


图3 第一阶段 IC 的 COD 去除率及有机容积负荷

Fig. 3 COD removal rate and VLR in the first stage of IC

3.2 第二阶段的调试

从 10 月 8 日起进入第二阶段的调试, 考虑到水温较低时污水的黏度相对加大^[2], 故将进水量提高至 $50\text{ m}^3/\text{h}$, 以提高混合能力, 上升流速提高至 $2.1\text{ m}^3/\text{h}$ 。这个阶段维持的时间较长, 一直运行到 10 月底, 共计 23 d, 水温波动范围为 $23 \sim 24\text{ }^\circ\text{C}$ 。当 COD 去除率稳定达到 40% 左右时, 第二阶段结束。这个阶段的主要任务是逐步恢复菌种的活性, 提高 COD 的去除率。第二阶段反应器的进、出水 COD 及 VFA 变化见图 4, COD 去除率及有机容积负荷见图 5。

该阶段进水 COD 为 $1\,200 \sim 1\,600\text{ mg/L}$, 均值 $1\,421\text{ mg/L}$; 出水 COD 保持在 $780 \sim 1\,050\text{ mg/L}$, 逐步降低, 均值 879 mg/L ; COD 去除率虽然偶有波动但是保持逐步升高的趋势, 自 10 月 25 日后已经达到 40%。出水 VFA 较为稳定, 保持在 $160 \sim 260\text{ mg/L}$; 有机容积负荷 $3 \sim 4\text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 均值 $3.41\text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

在此期间已经产生明显的气提现象,间断时间不断缩短,而持续时间不断增加。上层三相分离器产生的沼气在水封中产生的声音较小,但是较为连续。

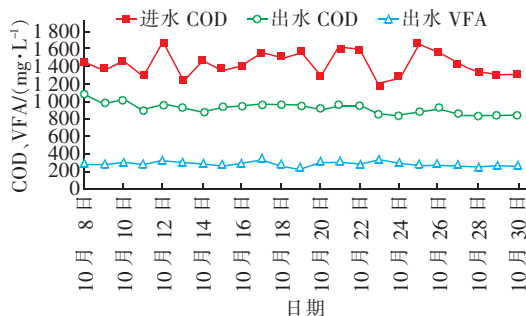


图4 第二阶段IC的进、出水COD及VFA

Fig. 4 Influent and effluent COD and effluent VFA in the second stage of IC

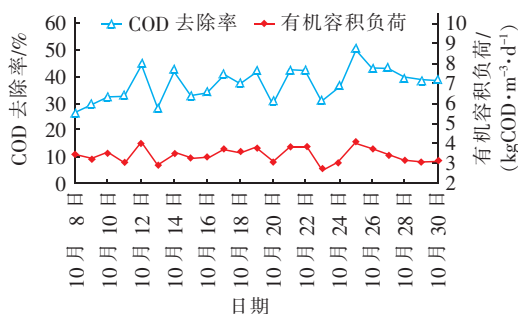


图5 第二阶段IC的COD去除率及有机容积负荷

Fig. 5 COD removal rate and VLR in the second stage of IC

3.3 第三阶段的调试

从10月31日起进入第三阶段,主要目的是提高厌氧罐的容积负荷,进一步提高COD的去除率。10月31日—11月10日进水量为 $60 \text{ m}^3/\text{h}$,水温 $23 \sim 24^\circ\text{C}$,进水COD的均值 1451 mg/L ,出水COD的均值为 823 mg/L ;11月11日—26日进水量为 $70 \text{ m}^3/\text{h}$,水温 $21.5 \sim 23^\circ\text{C}$,进水COD的均值为 1302 mg/L ,出水COD的均值为 628 mg/L 。

第三阶段共计57 d,反应器的进、出水COD及VFA变化见图6,COD去除率及有机容积负荷变化见图7。

反应器的COD去除率总体保持上升趋势,仅在负荷提升的几天内略微有所降低,很快又恢复并继续提高,第三阶段的后期基本保持在50%以上。

虽然有机容积负荷逐步升高,11月11日—26日的均值达到 $4.45 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,已经接近设

计值,但是出水VFA呈逐步下降的趋势,这表明接种的颗粒污泥活性已经恢复,并保持增殖。

该阶段后期每次气提现象可以维持 $15 \sim 20 \text{ min}$,产生的振动较大,间隔时间 20 min 左右。上层三相分离器产气较为连续,且能明显听到水封发出的声音。

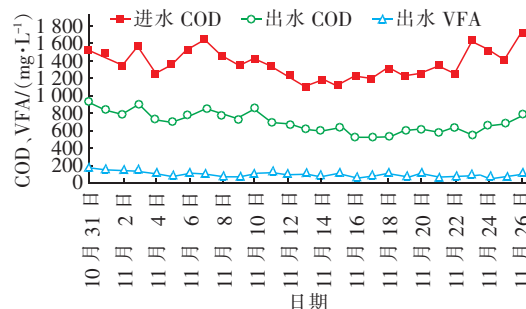


图6 第三阶段IC的进、出水COD及VFA

Fig. 6 Influent and effluent COD and effluent VFA in the third stage of IC

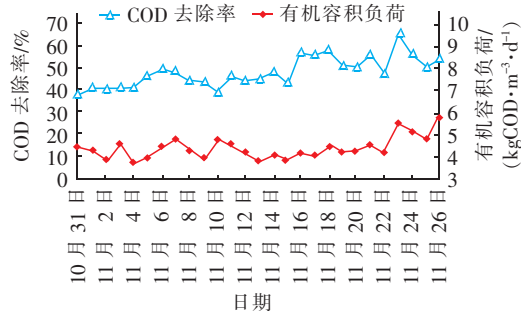


图7 第三阶段IC的COD去除率及有机容积负荷

Fig. 7 COD removal rate and VLR in the third stage of IC

3.4 第四阶段的调试运行

11月17日—12月20日,进水量 $80 \text{ m}^3/\text{h}$,其间羽毛粉及血粉车间有少量废蒸汽及热水引入调节池内,水温 $21.5 \sim 23^\circ\text{C}$ 。进水COD的均值为 1307 mg/L ,出水COD的均值为 608 mg/L ,平均去除率53.4%;有机容积负荷均值 $5.02 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,VFA均值 98 mg/L 。12月21日至来年的1月22日进水量达 $90 \text{ m}^3/\text{h}$,已经满负荷运转,水温为 $21.5 \sim 23^\circ\text{C}$ 。进水COD的均值为 1314 mg/L ,出水COD均值为 598 mg/L ,平均去除率为54.5%。出水VFA均值为 103 mg/L ,有机容积负荷均值为 $5.68 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

第四阶段共计56 d,反应器的进、出水COD及VFA变化见图8,该阶段的COD去除率及有机容积负荷变化见图9。

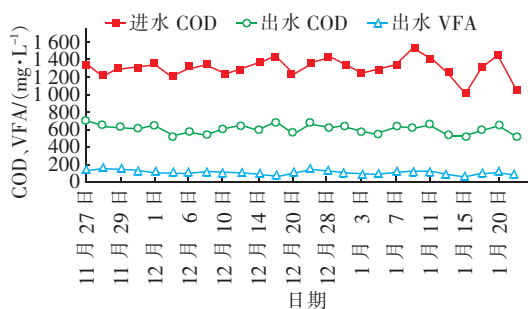


图8 第四阶段 IC 的进、出水 COD 及 VFA

Fig. 8 Influent and effluent COD and effluent VFA in the fourth stage of IC

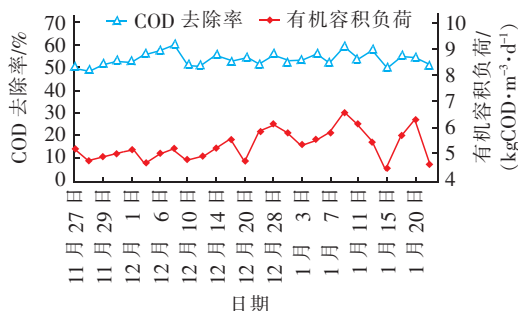


图9 第四阶段 IC 的 COD 去除率和有机容积负荷变化

Fig. 9 COD removal rate and VLR in the fourth stage of IC

此阶段气提现象持续时间进一步增加,可长达 30 min,反应器内水位出现明显波动现象,当气提现象剧烈时,反应器内水位明显下降,可达 5 cm 左右。气提现象仍然有间断,但气液分离罐内声音不再间断。上层三相分离器连续产气,能明显听到水封发出的声音。

反应器内的 pH 值在整个调试、运行期间较为稳定,进水 pH 值保持在 6.66 ~ 6.95,出水 pH 值略有升高,为 6.76 ~ 6.98。

3.5 调试、运行结果分析

调试初期水温较低,认为产甲烷菌活性降低,其结果一是导致反应器负荷较低、COD 去除率降低;二是 VFA 较高,反应器控制难度较大。实际运行发现,反应器容积负荷及 COD 的去除率较中温运行确实有明显降低,但是 VFA 一直较低且稳定,与另外一台接近中温时启动的反应器相比,操作难度更低。分析认为,进入反应器的屠宰废水中的 COD 主要由蛋白质及小部分脂肪酸构成,在常温下,其水解酸化

过程的速率相比产甲烷过程的速率降幅更大,水解酸化成为整个厌氧过程的限速阶段,因此 VFA 一直保持低位运行。若将调节池的停留时间延长,在调节池取得更高的酸化度,可能进一步提高反应器的负荷。

屠宰废水总氮含量较高,为满足总氮的排放标准,厌氧系统的出水 COD 不宜设计得过低,否则后续的 A/O 系统会因碳源不足而外加碳源或者采取超越厌氧反应器的配水措施。该反应器出水 COD 最终在 600 mg/L 左右,既降低了 A/O 系统的有机负荷、产泥量和鼓风机的能耗,又保证了去除总氮的碳源。

4 结论

① 在屠宰鸡废水处理工程中,IC 反应器可在冬季稳定运行,获得较好的运行效果。

② IC 反应器的设计有机容积负荷建议为 5 ~ 6 kgCOD/(m³·d),COD 去除率为 50% ~ 55%。

③ 常温条件下 IC 反应器的启动时间较长,VFA 及进、出水 pH 值一直保持稳定,启动成功的主要标志应为 COD 去除率及容积负荷达到设计要求。

参考文献:

- [1] 王立军,张耀英. 屠宰废水处理工程设计与运行[J]. 中国给水排水,2016,32(14):83-87.
WANG Lijun,ZHANG Yaoying. Design and operation of slaughterhouse and cooked food wastewater treatment engineering[J]. China Water & Wastewater, 2016, 32(14):83-87(in Chinese).
- [2] 贺延龄. 废水的厌氧生物处理[M]. 北京:中国轻工业出版社,1998.
HE Yanling. Anaerobic Biological Treatment of Wastewater[M]. Beijing: China Light Industry Press, 1998(in Chinese).

作者简介:王立军(1980-),男,山东潍坊人,大学本科,高级工程师,注册一级建造师,主要从事污水处理工程设计与项目管理工作。

E-mail:lijun1880@163.com

收稿日期:2019-02-02

修回日期:2020-03-02

(编辑:衣春敏)