

IC 反应器处理水果罐头废水发生酸化及恢复措施

管锡珺, 仇模凯, 张明辉, 夏丽佳, 唐 振
(青岛理工大学 环境与市政工程学院, 山东 青岛 266033)

摘 要: 分析了临沂市某水果罐头食品加工有限公司污水处理站中生产性 IC 反应器产生酸化的原因,并采取了针对性的工程措施,考察了恢复期 IC 反应器的运行情况。结果表明,突然提高负荷并保持持续是导致 IC 反应器酸化的主要原因,可通过提高调节池的 HRT、利用出水回流稀释进水、间歇进水、以投加生石灰代替 NaOH、提高污泥回流比 5 种方法同时进行的方式解决。经过短时间调试运行,反应器能够快速恢复至正常高效运行状态,且对 COD 和氨氮的去除率分别达到 84% 和 45%。

关键词: 水果罐头废水; IC 反应器; 酸化; 恢复措施

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2019)05-0078-05

Acidification and Recovery Measures of Internal Cycle Reactor Treating Canned Fruit Wastewater

GUAN Xi-jun, QIU Mo-kai, ZHANG Ming-hui, XIA Li-jia, TANG Zhen
(School of Environmental and Municipal Engineering, Qingdao University of Technology, Qingdao 266033, China)

Abstract: The cause of acidification in an internal cycle (IC) reactor in wastewater treatment station of a canned food processing company in Linyi City was analyzed. Specific engineering measures were adopted, and the operation of the IC reactor during the recovery period was investigated. The results showed that the sudden increase and sustained load were the main causes leading to the acidification of the IC reactor, which could be solved by five measures including improving the HRT of the regulating tank, using effluent reflux to dilute the influent, intermittent feeding, adding quicklime instead of NaOH, and increasing the available sludge reflux rate of the process. The reactor quickly returned to normal and efficient operation after a short period of debugging, and the removal rates of COD and ammonia nitrogen reached 84% and 45% respectively.

Key words: canned fruit wastewater; IC reactor; acidification; recovery measure

内循环(IC)厌氧反应器根据上流式厌氧污泥床反应器(UASB)研发而成,内部有两个三相分离器,将其分为高负荷反应区和低负荷反应区,对废水中有机污染物的去除具有双重作用,适于处理高浓度难降解的废水^[1]。但是为保证 IC 反应器的高效

运行,对温度、pH 值、氧化还原电位(ORP)、进水浓度、碱度等因素有较高的要求,若运行操作不当或外界环境发生变化,会造成 IC 反应器处理效率下降甚至酸化、跑泥等问题^[2-4]。

笔者以采用 IC 反应器处理临沂市某水果罐头

食品加工有限公司产生的废水为例,此废水的水质和水量随季节变化较大,主要含有果皮、糖类有机物、碳水化合物和果胶等成分^[5],呈酸性,淡黄色,生化性较好。厂区现有一套完整的污水处理系统,其中生化环节采用的是IC反应器+A²/O工艺,但是在运行过程中IC反应器出现酸化现象,出水跑泥严重,导致对有机污染物的去除率严重降低。因此,为了提高反应器进水碱度,每天往调节池投加大量的NaOH,增加了运行费用。针对此问题,笔者经过现场调试及总结,探讨了IC反应器酸化的原因以及在短时间内重新启动运行的方法,旨在为其他实际工程应用提供参考。

1 材料与装置

1.1 废水来源与水质分析

该公司的生产废水主要来自黄桃洗涤、脱皮、酸洗和榨汁废水,车间地面冲洗废水以及公司的生活污水,水量随季节变化较大。现厂区建有一套完整的污水处理设施,工艺流程如图1所示。经调节池处理后的出水水质:COD浓度为1 148~4 704 mg/L, NH₃-N浓度为10.7~37 mg/L,挥发性脂肪酸(VFA)为2.2~4.1 mmol/L,温度为28~40℃, pH值为6.8~8.0。

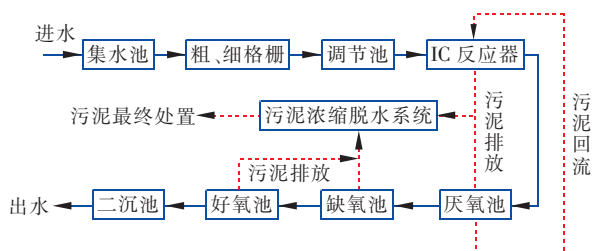


图1 采用IC反应器处理水果罐头废水的工艺流程

Fig.1 Flow chart of IC reactor treating canned fruit wastewater

1.2 生产装置及工作原理

IC反应器的直径为11 m,高度为24 m,容积为2 300 m³,数量为2座。反应器采用钢结构,内部有防腐涂层,外加石棉保温,最外层添加薄钢板作为保护层。反应器罐底为点式布水系统,主体含有两个圆形三相分离器,具体如图2所示。调节池中的废水通过提升泵由IC反应器的底部进入高负荷反应区,与厌氧颗粒污泥均匀混合,废水中大部分有机污染物在此区域被降解,并转化为沼气,由该区上方的三相分离器集气罩收集,然后通过提升管进入反应器最上方的气液分离器。沼气上升的同时,会把该

区的泥水混合液一并提升到气液分离器中进行气液分离,沼气由排气管排走,分离出的泥水混合液将沿着回流管回到高负荷反应区的底部,再次与进水和颗粒污泥充分混合。经过高负荷反应区处理过的废水会自动进入低负荷反应区,从而进一步降解废水中的有机污染物,以提高出水水质,此区域产生的沼气收集与高负荷反应区原理相同^[6]。

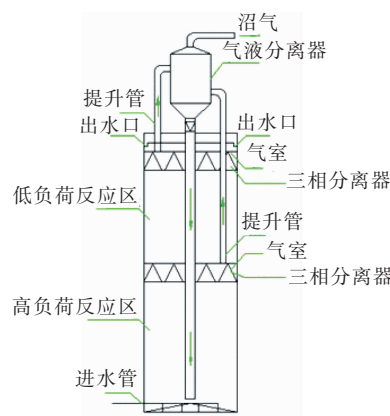


图2 IC反应器结构示意图

Fig.2 Schematic diagram of IC reactor structure

1.3 分析项目及方法

COD采用重铬酸钾法测定,氨氮采用纳氏试剂分光光度法测定,pH值采用pH-2型酸度计测定,VFA采用蒸馏滴定法测定,污泥形貌采用光学显微镜分析。

2 结果与分析

2.1 酸化前运行情况

由于该企业的生产过程具有季节性,分为淡季和旺季。根据企业提供的数据,IC反应器处理效率下降之前处于淡季阶段,厂区生产规模较小,产量低,每天产生的废水量约为1 500 m³,IC反应器的进水COD浓度为2 200~3 000 mg/L,进水pH值为6.8~8.0,出水pH值约为7,对COD的去除率达到80%以上。可见,系统高效运行,出水效果稳定,但IC反应器中厌氧污泥基本上是絮状污泥。

2.2 酸化期间的工艺特征及原因分析

由于企业生产由淡季转向旺季,废水量由1 500 m³/d增加至3 500 m³/d,进水COD浓度升高至约4 500 mg/L。水量和水质的突然提升导致IC反应器中厌氧絮状污泥营养过饱和,对反应器容积负荷造成了较大的冲击,难以完全降解进水中的有机污染物,使得出水COD浓度较高,处理效率降低。为

了不影响正常生产,通过每天往调节池中投加大量的 NaOH 来降低进水 pH 值,从而使 IC 反应器继续运行。但管理人员反映,对废水的处理效果仍然持续下降,并未得到有效控制。经实地考察发现,IC 反应器出水中含有大量絮状污泥,且出水 VFA > 11 mmol/L,说明该反应器酸化、跑泥问题相当严重。

根据文献[7]、[8],并结合实际经验分析了加快反应器酸化、跑泥的原因:一是产甲烷菌对外界环境要求苛刻,由于反应器内部 VFA 逐渐积累,抑制了产甲烷菌与酶的活性,致使产甲烷菌与非产甲烷菌的代谢平衡受到破坏,因而导致产甲烷菌不能将非产甲烷菌产生的有机酸转化为甲烷,造成反应器中有机酸大量积累和 pH 值下降,并使得产甲烷菌的活性又一次降低,如此恶性循环持续下去最终导致 COD 去除率降低、产气量减少,引起 IC 反应器酸化;二是 IC 反应器中三相分离器的设计不规范,缝隙流速过高,分离区的絮状污泥难以沉降反应区,进而随上升的水流流出;三是连续进水流速太快,反应器内的 HRT 较短,而且还会将反应区的絮状污泥快速冲起,随过快的水流流走;四是未合理利用调节池,导致进水预酸化度太低,对反应器具有一定的负荷冲击。

2.3 酸化问题的解决措施及恢复过程

调试过程中,IC 反应器对 COD 的去除效果如图 3 所示(监测时间为 2017 年 8 月 15 日—9 月 5 日,其中 8 月 18 日—21 日停止生产运行)。

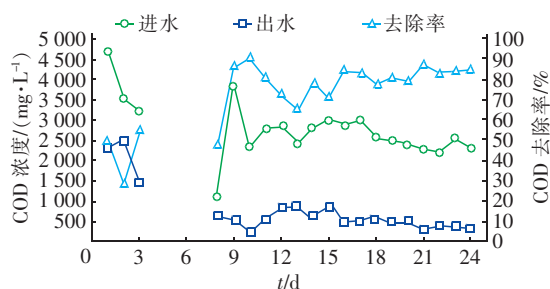


图 3 IC 反应器调试过程中 COD 的变化

Fig. 3 Change of COD during IC reactor debugging process

由图 3 可知,第 1 天进水 COD 浓度为 4 704 mg/L,突然变化的水质对反应器造成了较大的负荷冲击,导致 COD 的去除效率降低。第 2 天和第 3 天,通过投加大量的碱并降低进水 COD,使得反应器对 COD 的去除效果有所改善,但是幅度较小,且造成后续处理设施负荷加重,最终出水水质不达标,

因此厂区停产 4 d。第 8 天开始,结合实际运行情况,同步采用 5 项有效措施使得该反应器在短时间内快速恢复正常高效的运行。

首先将车间排放的废水经过格栅集水池储存在调节池中。污水处理站有 1 座 3 格调节池,但实际只运行了 1 格。由于废水进入厌氧反应器之前应保持足够的预酸化度,可将其余空闲的两格调节池也合理利用起来,并提高废水在调节池中的水力停留时间,以提高 IC 反应器进水的预酸化度,从而在调节池中完成废水的水解酸化。与此同时,为了防止短期进水有机污染物的浓度过高,在反应器调试阶段利用污水处理站的出水稀释进水,并将恢复期前 3 d 的回流比控制在 320%。随着 IC 反应器处理效率的不断提高,后续出水回流比逐渐降低,最终控制在 80%。一方面降低进水浓度,第 8 天的进水 COD 为 1 148 mg/L,减小了对反应器的冲击;另一方面,进水不但可以缓和调节池废水的 pH 值,使 pH 值呈弱酸性,减少碱的投加量,节约运行费用,而且适宜的进水 pH 值可以提高恢复期反应器内微生物的多样性及丰富度,增强微生物群落结构的稳定性,有助于提高反应器的抗酸化能力,缓慢提高 IC 反应器的容积负荷。

针对反应器中大量絮状污泥随废水流出的问题,在调试期间控制了 IC 反应器的进水量,并采用间歇进水的方式,以让上浮的污泥有足够的时间沉降下来,从而提高反应器的污泥负荷,改善对有机污染物的去除效果。同时为了提高反应器内部的碱度,每天投加适量生石灰,降低出水 VFA 值,并辅助增加反应器内的污泥量,降低酸化程度,为反应器中的产甲烷菌创造适宜的生存环境,促进产甲烷菌数量的增加,使得反应器内产氢产乙酸菌与产甲烷菌平衡共存^[9]。为了加快 IC 反应器恢复到正常高效运行的状态,还调整了污泥的回流参数。调试过程中,将厌氧池中的污泥定期回流到 IC 反应器中,结合经验与 IC 反应器的跑泥程度,确定污泥回流比为 100%。但是厌氧池中污泥与 IC 反应器中污泥的活性和生存环境并不一样,因此对有机污染物的去除效果不同^[10]。厌氧池污泥中的产甲烷菌占的比例非常低,当回流至 IC 反应器后,需要一定的驯化培养时间来提高反应器中产甲烷菌的数量。因而适宜的污泥回流比可提高反应器中微生物的多样性,使其种群结构稳定,提高抗冲击能力。

在调试过程中还发现,IC反应器对废水中的氨氮具有一定的去除作用(见图4)。

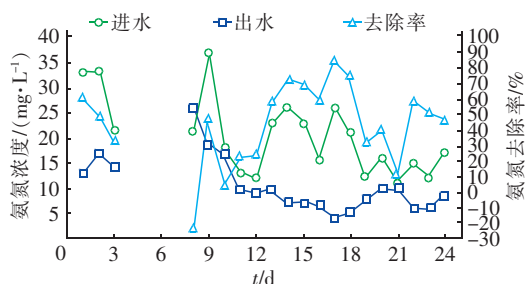
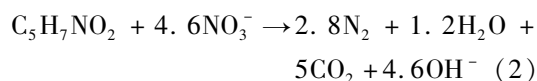
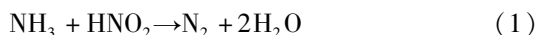


图4 IC反应器调试过程中氨氮的变化

Fig. 4 Change of $\text{NH}_3 - \text{N}$ during IC reactor debugging process

分析原因,一是IC反应器中的微生物生长需要消耗氨氮;二是进水在调节池中进行了预酸化,因此进水中含有硝酸盐和亚硝酸盐,而厌氧反应器污泥中可能含有少量的厌氧氨氧化菌,利用亚硝酸氧化氨氮为氮气,见式(1);三是IC反应器中部分细菌的内源反硝化,该过程以有机物为碳源,以硝酸盐氮为最终电子受体,见式(2)^[11]。因此,反应器对氨氮有一定的去除效果。



调试完成后,IC反应器对COD的去除率达到84%,且对氨氮具有一定的去除作用。经检测,出水VFA低于3 mmol/L,说明IC反应器已恢复正常高效的运行状态,厂区恢复生产,废水经过处理后可达标排放。

3 结论

在进水容积负荷突然大幅上升并持续几天的情况下,IC反应器会发生酸化现象,通过采取提高调节池的HRT、利用出水稀释进水、降低进水量且间歇进水、投加生石灰和增大污泥回流比5项措施同时进行的方式,能够使反应器在短时间内快速恢复正常高效的运行状态,使出水COD浓度降为290~500 mg/L,去除率达到84%,出水VFA稳定在2.8 mmol/L左右,并对废水中的氨氮具有一定的去除作用。

参考文献:

[1] 曾国敏,马邕文. 常温下IC反应器启动过程中的颗

粒污泥性能研究[J]. 环境工程学报,2010,4(1): 67-70.

Zeng Guomin, Ma Yongwen. Study on characteristics of anaerobic granular sludge during IC reactor start-up at normal temperature [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2010, 4(1): 67-70 (in Chinese).

[2] 王罕,杨海亮,赵应群,等. 内循环厌氧反应器处理餐厨废水的酸化及恢复[J]. 水处理技术,2014,40(5): 108-111,120.

Wang Han, Yang Hailiang, Zhao Yingqun, et al. Acidification and recovery of treatment of kitchen wastewater by internal circulation reactor [J]. Technology of Water Treatment, 2014, 40(5): 108-111,120(in Chinese).

[3] Ruan J, Chen X, Huang M, et al. Application of fuzzy neural networks for modeling of biodegradation and biogas production in a full-scale internal circulation anaerobic reactor[J]. J Environ Sci Health, 2017, 52(1):7-14.

[4] Syutsubo K, Onodera T, Choeisai P, et al. Development of appropriate technology for treatment of molasses-based wastewater[J]. J Environ Sci Health, 2013, 48(9): 1114-1121.

[5] 裴红洋. 某罐头食品加工废水处理改造工程实例[J]. 净水技术,2016,35(4):95-98.

Pei Hongyang. Case study of reconstruction project of pectin wastewater treatment in a canned food processing enterprise[J]. Water Purification Technology, 2016, 35(4):95-98(in Chinese).

[6] 郑晓春,刘莹莹,任自成. IC厌氧反应器处理乳酸废水系统酸化后系统恢复的研究[J]. 安徽农业科学, 2010,38(16):8603-8605,8608.

Zheng Xiaochun, Liu Yingying, Ren Zicheng. Research on system restoration following system acidification in the treatment of lactic acid wastewater with IC anaerobic reactor [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010,38(16):8603-8605,8608(in Chinese).

[7] 贾晓凤,王晓睿. 处理酒精废水的UBF反应器酸化问题及重新启动[J]. 中国给水排水,2010,26(18): 147-150.

Jia Xiaofeng, Wang Xiaorui. Acidification and restart up of UBF reactor treating alcohol wastewater [J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(18): 147-150 (in Chinese).

(下转第87页)