

处理汽水类饮料废水的水解酸化 + SBR 工艺

杨文澜¹, 马皆文¹, 蒋家超¹, 何 斌², 李多松¹

(1. 中国矿业大学环境与测绘学院, 江苏 徐州 221008; 2. 深圳市净源环保实业有限公司, 广东 深圳 518017)

摘要 :介绍了水解酸化 + SBR 处理汽水类饮料废水的工艺设计和运行效果。指出该工艺具有处理效果好、低能耗、易管理等特点,在进水 $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$ 为 2000 ~ 4000 mg/L, $\rho(\text{BOD}_5)$ 为 1000 ~ 2000 mg/L 的条件下,经过该工艺处理,平均出水 $\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$ 保持在 130 mg/L 以下, $\rho(\text{BOD}_5)$ 保持在 25 mg/L 以下,出水水质达到 GB 8978—1996《污水综合排放标准》的 II 级标准。

关键词 :废水处理;汽水类饮料;水解酸化法;序批式活性污泥法

中图分类号 :X703 文献标识码 :B 文章编号 :1004-693X(2006)01-0081-03

Application of hydrolysis acidification-SBR to treatment of carbonated beverage wastewater

YANG Wen-lan¹, MA Jie-wen¹, JIANG Jia-chao¹, HE Bin², LI Duo-song¹

(1. College of Environment and Spatial Informatics, CUMT, Xuzhou 221008, China 2. Shenzhen Jingyuan Environment Protection Industry Co., Ltd., Shenzhen 518017, China)

Abstract :Technique design and operation effect of hydrolysis acidification-SBR in the treatment of carbonated beverage wastewater were presented. The process is effective for pollutant removal and has advantage of low energy cost and feasibility in management. Under the condition when the concentration of COD_{Cr} in the raw wastewater is 2 000 – 4 000 mg/L and that of BOD_5 is 1 000 – 2 000 mg/L, the mean concentration of COD_{Cr} in effluent will be lower than 130 mg/L, and that of BOD_5 will be lower than 25 mg/L, which conform to the second grade of integrated wastewater discharge standard, i. e. GB8978-1996.

Key words :wastewater treatment; carbonated beverage; hydrolysis and acidification technique; SBR

1 废水水质及排放标准

广州某饮料公司是国内知名的大型合资企业,主要产品为汽水类饮料,排放的废水属蔗糖有机废水,主要来自洗瓶废水及灌注机、溶糖罐等设备清洗废水以及链板式输送带残留的产品原液和杀菌剂、润滑剂残液,另外废水还包括冲洗地面水以及纯水制备过程中的反冲洗水少量生活污水。废水中所含的主要污染物有糖(蔗糖、焦糖)、咖啡碱、磷酸、水果汁、柠檬酸、抗坏血酸、香料,还含有烧碱、碳酸盐等。废水总量为 2 000 m³/d。废水处理后要求达到 GB 8978—1996《污水综合排放标准》的 II 级标准,其

主要水质指标见表 1。

表 1 废水水质及排放标准

项目	$\rho(\text{COD}_{\text{Cr}})$ (mg·L ⁻¹)	$\rho(\text{BOD}_5)$ (mg·L ⁻¹)	$\rho(\text{SS})$ (mg·L ⁻¹)	pH 值
原水水质	2 000 ~ 4 000	1 000 ~ 2 000	≤ 50	11 ~ 12
排放标准	150	30	≤ 150	6 ~ 9

注:原水水质数据为厂方提供。

2 主导工艺选择

根据该企业原废水处理情况分析,如单纯用好氧工艺(滴滤池 + 活性污泥法),需投加大量的硫酸(投加量为 1 kg/t),将 pH 值从 12 调至 11,吨废水运行费用很高。故本方案不再沿用原有纯好氧工艺,

改用厌氧+好氧工艺。

根据厌氧过程进行的程度不同,厌氧工艺可分为完全厌氧(通常称其为厌氧法)和不完全厌氧(通常称其为水解酸化法)。水解酸化法与完全厌氧法相比有以下优点^[1]:

a. 水解酸化法对于固体、大分子有机物的降解,其功能和厌氧法完全一样,但可以在常温和较低的温度下运行,产生的剩余污泥量很少,易于处置,实现了污水、污泥的一次性处理,节约投资。

b. 不需要密闭的池,不需要水、气、固三相分离器,降低了造价,且便于维护。

c. 由于反应控制在第三阶段前,没有进入产甲烷阶段,因此无完全厌氧反应所具有的不良气味,反应时间也较短,所需的构筑物小;另外,由于没有了产甲烷菌,也就不再对诸多如温度、pH值、电位等环境因素敏感,使控制大大简化。

由于原水pH值较高,如采用完全厌氧,则需在调节池投加大量的酸进行中和,以适应产甲烷菌的生活条件,增加了运行成本,故在厌氧阶段选择水解酸化法。

SBR工艺即序批式活性污泥法,是一种污水生化处理方法,它由一个或多个曝气反应池组成,污水分批进入池中,经活性污泥净化后,上清液排出池外,即完成一个运行周期^[2],目前已用于多种工业废水处理,并取得显著效果^[3-9]。

故本方案采用水解酸化+SBR的工艺组合。

3 工艺流程及主要构筑物设计参数

3.1 流程说明

由生产车间排出的废水含有塑料吸管、塑料片等杂物,应首先经过机械格栅,原水中含有的杂物截留。经机械格栅后的废水进入调节池,调节水质水量,再由提升泵提升,将废水泵入水解酸化池。在水解酸化池中,由于水解菌的作用,废水中含有的大分子、不溶性有机物降解为小分子、溶解性有机物,并且在酸化菌的作用下进一步转化成有机酸,使pH值降低。经水解酸化后的废水进入SBR池,在SBR池中好氧微生物的作用下,废水中的有机物被微生物吸附、降解,生成二氧化碳、水和氮等,并从废水中彻底去除,同时微生物合成新细胞,使活性污泥量增加。好氧生化处理后的水,已满足排放要求,经计量后排放。废水处理工艺流程见图1。

玻璃瓶生产线每日排出的高浓度废碱液,排出量约为40~80m³,为减轻对生化工艺的冲击,需设置浓废液贮存池贮存高浓度废碱液,再将其均匀汇入处理系统。

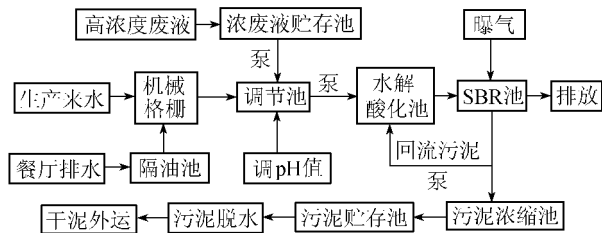


图1 废水处理工艺流程

3.2 主要构筑物及设计参数

a. 格栅井及自动格栅。用于截留大颗粒杂物。格栅井为钢筋混凝土池体,内做防腐处理,规格为3000×600×2100mm,内设自动格栅,过水量为100m³/h,栅距为5mm,宽度为400mm,栅前水深为600mm,井深为2100mm。

b. 调节池。用于调节水质水量。停留时间为12h,有效容积为1360m³。调节池为钢筋混凝土池体,内做防腐处理,1座。内设潜水搅拌机及提升泵,提升泵为潜水泵,设3台,二用一备,每台流量为100m³/h,扬程为13m,功率为7.5kW,潜水搅拌机设2台,转速为100~150r/min。

c. 水解酸化反应池。是微生物进行水解酸化反应的场所。水解酸化反应池有机物容积负荷为1.2kgCOD/(m³·d),污泥质量浓度为3.0mg/L,反应池的有效容积为1090m³,水力停留时间为12h,连续运行。池体为钢筋混凝土,设池顶盖,分2座,每座尺寸为11000×11000×5200mm,内做防腐处理。每池底部均设配水系统,脉冲进水。

d. SBR池。是微生物进行好氧生化反应的场所。在SBR池中,有机物被好氧微生物降解。设SBR池3座,每池一周期为12h,其中进水时间为6h(进水3h后就开始曝气),曝气时间为6h,沉淀时间为1.5h,排水、排泥时间为1.5h。每池每天运行2个周期,有效容积为1000m³,负荷为0.14kgBOD/(kgMLSS·d),污泥质量浓度为3.0~4.0g/L。池体为钢筋混凝土,有效水深为4.5m。内设微孔曝气头,曝气头直径为250mm,每个服务面积为0.6~0.8m²,氧利用率以25%计,共954个,每池318个。每池每周周期排水量为333m³,设滗水能力为350m³/h的滗水器3台,每池1台。每池设排泥泵1台,排泥泵流量为55m³/h,扬程为12m,功率为3.7kW,共3台,用于将SBR池剩余污泥抽入水解酸化池及污泥浓缩池。

e. 鼓风机房及鼓风机。用于SBR池供气,选用罗茨鼓风机,进风量为18.23m³/min,压力损失为5kPa,功率为30kW,4台,三用一备,每个SBR池对应1台鼓风机。

f. 污泥浓缩池。用于浓缩好氧产生的污泥,

SBR 池产生的污泥 30% 回流至水解酸化池。剩余污泥产量为 556 kg/d, 污泥浓缩前含水率为 99.8%, 污泥体积为 278 m³, 设有效容积为 200 m³ 的污泥浓缩池 2 座, 钢筋混凝土池体, 设池顶盖, 间歇式运行。

g. 污泥贮存池。浓缩后污泥含水率为 98%, 污泥体积为 28 m³, 污泥贮存池容积为 30 m³, 钢筋混凝土池体, 1 座。

h. 污泥脱水间及污泥脱水机。用于将好氧过程产生的污泥脱水干化。内设污泥输送泵 2 台, 变频电机, 每台流量为 5 m³/h, 工作压力为 0.6 MPa, 功率为 4 kW, 一用一备。配带式压滤机 1 台, 过滤能力为 120 kg/(m·h), 滤带宽度为 1000 mm, 工作时间为 6 h/d, 配置滤带清洗泵、空压机等。另设絮凝剂投加装置 1 套, 用于投加絮凝剂调理污泥, 絮凝剂投加量为 3 kg/t, 溶液质量分数为 0.15%, 配计量泵、搅拌机各 1 套。

i. 浓废液贮存池。用于贮存生产中排放的高浓度废液, 有效容积为 100 m³。

3.3 成本分析

该工程实际总投资为 863.23 万元, 占地面积为 7220 m² (含道路、绿化), 总装机容量为 380 kW, 处理运转费用为 1.07 元/m³, 其中电费为 0.845 元/m³, 药剂费为 0.054 元/m³, 人工费为 0.17 元/m³。

4 运行效果分析

该工程于 2004 年 8 月初达到设计的满负荷处理要求, 并于 2004 年 8 月底通过了当地环保部门的达标验收。2004 年 10 月当地环境监测站对水解酸化池和 SBR 池的进出水水质进行了连续一个月的监测, 结果如图 2、3 所示。

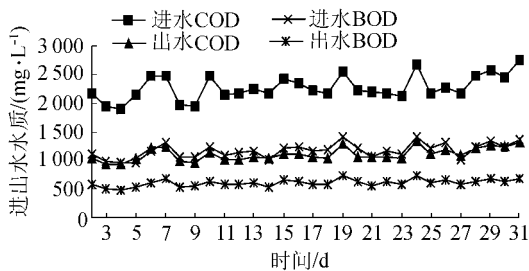


图 2 水解酸化池进出水水质

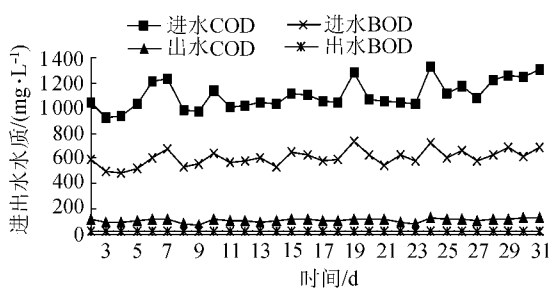


图 3 SBR 池进出水水质

由图 2 可知, 水解酸化池的 COD 去除率在 45% ~ 50% 之间, BOD 去除率在 45% 左右。处理后, BOD/COD 平均值由原来的 0.486 提高到 0.549, 增加了废水的可生化性。

由图 3 可知, SBR 池平均出水水质 (COD) 保持在 130 mg/L 以下, (BOD) 保持在 25 mg/L 以下, 达到 GB 8978—1996《污水综合排放标准》的 II 级标准。

5 结论与分析

a. 采用水解酸化 + SBR 工艺处理汽水类饮料废水, 工艺流程短, 处理效果好且稳定, COD, BOD 去除率分别达到 95% 和 98%, 出水 pH 值为 8.0 左右, (SS) 在 35 mg/L 左右。

b. 原水中含有大量的苛性钠, 由于水解酸化菌对 pH 值的适应范围比较广, 而且对 pH 值的变化不如产甲烷菌敏感^[10], 故对进入水解酸化反应池的废水 pH 值要求不高, 只需在启动初期投加酸以调整 pH 值 (调 pH 值用的酸可以是 H₂SO₄ 或 HCl)。水解酸化菌经一段时间的培养驯化后便能够适应高 pH 值, 而且在水解酸化过程中, 由微生物呼吸作用而产生的二氧化碳将会与 OH⁻ 发生反应而产生 HCO₃⁻, 酸化过程中产生的有机酸也能中和部分 OH⁻, 从而使系统的 pH 值缓冲到 8.0 左右, 无需投加酸进行中和, 节省药剂费。

c. 本工艺厌氧段只采用水解酸化段, 一方面可利用水解酸化菌降解大分子、难溶有机物, 使之成为小分子、易溶解有机物, 改善废水的可生化性, 以利用好氧过程将这部分有机物去除, 降低运行费用; 另一方面可避免因为产甲烷菌对生长环境的严格要求 (如 pH 值、温度、有害物质、缓冲能力等) 而带来的一系列的操作、控制的复杂性, 同时也避免了完全厌氧启动慢、因甲烷气体的产生而带来的安全要求高等问题。

参考文献:

- [1] 陈志莉, 张统. 医院污水处理技术及工程实例 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003: 65-83.
- [2] 刘兴平, 郝晓美. 城市污水处理工艺及其发展 [J]. 水资源保护, 2003(1): 25-28.
- [3] IRVINE R, BUSCH A W. Sequencing batch biological reactors—an overview [J]. J. Water Pollution Control Fed, 1979, 51(2): 235-243.
- [4] ARORA M L, BARTH E F, UMPHRES M B. Technology evaluation of sequencing batch reactors [J]. J. Water Pollution Control Fed, 1985, 57(8): 867-875.

(下转第 86 页)

大略有增加,但是 $\rho(\text{BOD})/\rho(\text{COD})$ 比值得到明显提高,从0.33左右提高到0.48左右,平均提高了27%。

表2 挥发酸(VFA)质量浓度变化情况

运转时间/d	$\rho(\text{VFA})(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$		运转时间/d	$\rho(\text{VFA})(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	
	进水	出水		进水	出水
2	14.7	52.7	10	135.2	268.6
4	81.6	180.6	12	125.8	277.8
6	123.0	149.0	14	145.8	286.3
8	55.2	199.6	16	142.2	282.4

在水解酸化反应器中,主要有水解性发酵细菌和产酸发酵细菌共同参与生化反应,而且随着废水中难降解有机物的进一步分解,产酸发酵细菌增长迅速并处于优势地位。由表2可知,反应器中的挥发酸(VFA)质量浓度随时间推移呈逐步升高趋势。反应器中酸化程度的提高,为后继的好氧处理提供了有利条件。

为了更清楚地了解有机物在生化阶段的分解变化过程,对该单元的进、出水进行色谱-质谱(GC/MS)分析。图5和图6分别为水解酸化反应器进、出水的总离子流色谱图,所有有机物的总离子流色谱中的峰面积总和称为可分析(GC/MS)的有机物总量,混合废水处理前后可分析有机物总量(总峰面积)及种类(总峰数)的变化见表3。

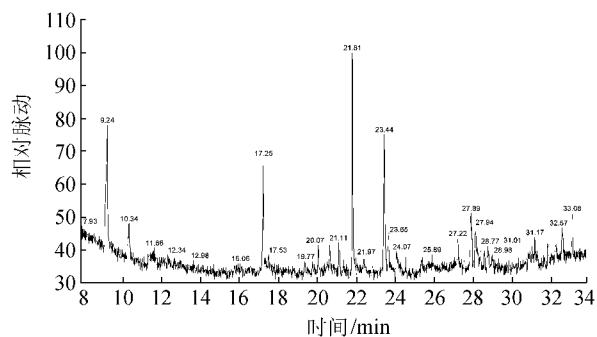


图5 进水(GC/MS)TIC色谱

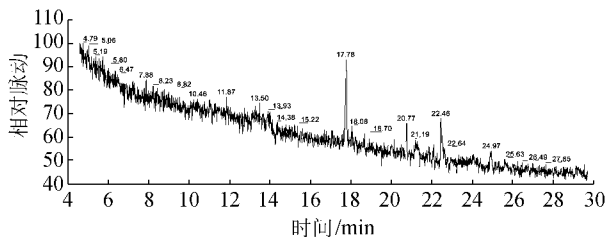


图6 出水(GC/MS)TIC色谱

表3 GC/MS可分析有机物含量的变化

水样	总峰面积	总峰面积当量	总峰数/个	总峰数当量
进水	19927366	1.000	16	1.00
出水	3009861	0.151	4	0.25

根据GC/MS测试结果可以看出,废水经过水解酸化工艺处理后,可分析有机物总量降低了84.9%,可分析有机物种类减少了75%,减轻了后继好氧处理的负荷。

2 结论

水解酸化工艺预处理氯碱废水试验结果表明:经水解酸化反应器处理后COD去除率在20%~34%之间,可分析有机物得到了有效处理,反应器中挥发酸(VFA)质量浓度呈逐步升高趋势, $\rho(\text{BOD})/\rho(\text{COD})$ 的出水值比进水时的比值平均提高了27%,改善了废水的可生化性,为后继的好氧处理提供了有利条件。

参考文献:

- [1] 王凯军,顾国维,沈光范,等.低浓度废水厌氧-水解处理工艺[M].北京:中国环境出版社,1991:109-117.
- [2] LARRY D B, CLIFFORD W R. Biological process design for wastewater treatment[J]. Prentice-Hall Inc., 1993:1103-1109.
- [3] YANG J. Recovery of anaerobic digestion after exposure to toxicant[R]. US Dept of Energy. Contract NO. EC-77-S-02-4391. 101-108.
- [4] WOOLARD C R, IRVINE R L. Treatment of hyper saline wastewater in the sequencing batch reactor[J]. Wat. Res., 1995, 29:1159-1168.

(收稿日期 2005-03-14 编辑:傅伟群)

(上接第83页)

- [5] BOON A G. Squencing batch reactors: A review[J]. Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management 2003, 17(2): 68-73.
- [6] 郝瑞霞,赵英,罗人朋.铁屑过滤-SBR工艺处理印染废水的研究[J].环境科学,1998,19(3):54-57.
- [7] 邓良伟.水解-SBR工艺处理规模化猪场粪污研究[J].中国给水排水,2001,17(3):8-11.
- [8] 于德爽,彭永臻,凌云.水解酸化-气浮-SBR工艺处理亚麻废水[J].给水排水,2002,28(4):32-33.
- [9] GUIMARAES P, MELO H N S, CAVALCANTI P F F, et al. Anaerobic-aerobic sewage treatment using the combination UASB-SBR activated sludge[J]. Journal of Environmental Science and Health Part A 2003, 38(11): 2633-2641.
- [10] 李旭东,杨芸.废水处理技术及工程应用[M].北京:机械工业出版社,2003:26-31.

(收稿日期 2005-04-25 编辑:徐娟)