水世界-中国城镇水网
www.Chinacitywater.org
水业焦点 | 水业手册 | 企业之窗 | 求职招聘 | 学术论坛
行业论文 | 专家咨询 | 会展信息 | 行业分析 | 下载专区

生物接触氧化法处理柑桔罐头废水的研究

蔡 涛[1,2], 宋碧玉[1]

(1.武汉大学 资源环境学院, 武汉 430079; 2.华北水利职业学院 土木工程系, 郑州 450008)

摘 要:通过对柑桔罐头生产企业产生废水的特点分析,提出了采用酸化水解+接触氧化处理工艺处理柑桔罐头废水的方案,并对试验结果进行动力学模型推导,利用作图法得出接触氧化法处理柑桔加工废水的反应速率方程。

关键词:生物接触氧化法; 柑桔罐头废水; 动力学模型

中图分类号:X703 **文献标识码**:A **文章编号**:1672-9900(2006)S1-0001-03

Researches of the orange can wastewater treatment which using the method of biological contact oxidation

CAI Tao[1,2], SONG Bi-Yu[1]

(1.*School of Resource and Environmental Science, Wuhan University, Wuhan* 430079, *China*; 2.*Department of Civil Engineering, North China Vocational Institute of Water Conservancy, Zhengzhou* 450008, *China*)

Abstract: Though the analysis of the orange can wastewate properties from the processing, the technology of acidification hydrolysis combined with the contacting oxidation was offered. The flow pattern in the contacting oxidation tank was CSTR in this experiment. The kinetic model was obtained according to the data from the experiment.

Key words: biological contact oxidation; orange can wastewater; kinetic model

1 柑桔罐头加工废水处理工艺

柑桔罐头废水是一种生物性较好的食品污水,因其含有柑桔肉、柑桔皮及果胶等物质,目前绝大部分处理工艺采用先经过格栅去除较大颗粒的悬浮物,再加药混凝沉淀或气浮去除小颗粒的悬浮物及果胶,最后经不同的好氧生化工艺处理。实际运行情况表明,若加药混凝沉淀或气浮不能很好地去除污水中的果胶,后续的好氧生化工艺处理后出水水质会很差,难以达标排放,而且加药混凝沉淀或气浮增加了药剂成本,使总处理成本较高。因此,柑桔废水中的柑桔肉、柑桔皮和果胶处理成为关键。本试验工艺流程为先经过机械格栅去除较大颗粒的悬浮物,然后直接进入酸化水解池(该池同时具有沉淀和水解功能,经过合适的酸化水解时间,可以使废水中的果胶得到分解转化[1-2]),最后经生物接触氧化池的生化处理后达标排放。该工艺流程与单纯的加药沉淀或气浮去除果胶相比,处理成本较低。

试验流程如图 1。

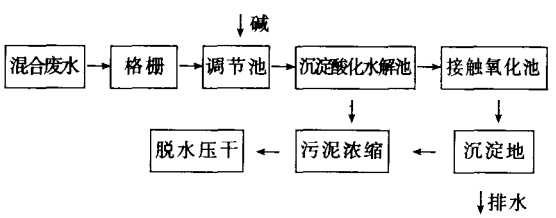

图 1 试验流程图

试验所处理的废水取自宁波某食品厂柑桔罐头生产混合废水,当进水 $COD_G \leqslant 1000mg/L$、$BOD_5 \leqslant 486mg/L$、$SS \leqslant 250mg/L$ 时,处理后最终出水水质达到综合污水排放一级标准。

2 生物接触氧化池的特点

生物接触氧化属生物膜法。即在池内设置生化填料,经过充氧的污水以一定的速度流经填料,使填料上长满生物膜,污水与生物膜相接触。在生物膜微生物作用下,污染物得到分解,污水得到净化。生物接触氧化池均为生物膜所布满,形成了生物膜的主体结构,有利于维护生物膜的净化功能,且能提高充氧能力和氧的利用率,有利于维护高浓度的生物量[3]。

本系统具有以下特点[4]:

(1)体积负荷高,处理时间短,节约占地面积。

(2)生物活性高。生化池曝气管设在填料下,不仅供气充分,而且对生物膜起到搅拌作用,加速生物膜的更新,提高生物膜的活性。

(3)有较高的微生物浓度。绝大多数微生物附着在填料上,浓度高,有利于提高容积负荷。

(4)污泥产生量低,不需要污泥回流,操作方便。

(5)出水水质好且稳定,耐冲击负荷。短时间内毒性物质和 pH 值的冲击对生物膜影响小,且恢复快。

(6)挂膜方便,可以间隙运行,不存在污泥膨胀问题。

该池为推流式反应器,活性污泥与生物膜形成共生系统。生化池内设生化填料利于挂膜,填料表面积大,不会堵塞。采

用 ABS 可变微孔曝气器，不易堵塞。填料停留时间 10h，填料容积负荷 1.3 kgCOD/m³·d，水力停留时间 13h。

3 动力学模型的推导

经测定，反应器内流体的 COD_{Cr} 沿深度方向分布基本相同，由此可知反应器内流态为完全混合型。可以认为反应器内各空间点的底物浓度相同，出水浓度即池中浓度，附着在填料表面的生物膜呈均匀分布，反应器为独立体系[5]，得如下物料平衡式：

$$(-ds/dt)V=QS_0-[(-ds/dt)_aV_a+(-ds/dt)_sV_s+QS] \quad (1)$$

式中 $-ds/dt$——氧化池中基质变化的速率(mg/Ls)

$(-ds/dt)_a$——附着生物膜去除基质的速率(mg/Ls)

$(-ds/dt)_s$——悬浮的生物体去除基质的速率(mg/Ls)

V——氧化池的容积(L)

V_a——附着的生物膜体积(L)

V_s——悬浮生物体体积，即氧化池液体体积(L)

S_0——进水基质浓度(mg/L)

S——出水基质浓度(mg/L)

忽略维持反应所需的能量与生物的内源衰减，则生物增长与基质利用有如下关系：

$$(-dX/dt)_{Ag}=Y_A(-ds/dt)_a \quad (2)$$

$$(-dX/dt)_{Sg}=Y_S(-ds/dt)_s \quad (3)$$

式中 $(-dX/dt)_{Ag}$——附着生物膜的绝对生长速率(mg/Ls)

$(-dX/dt)_{Sg}$——悬浮生物体的绝对生长速率(mg/Ls)

Y_A——附着生物膜的产生系数

Y_S——悬浮生物体的产生系数

式(2)和式(3)两边分别乘以 X_a/X_a 和 X_s/X_s，并改写成：

$$\{[(dX/dt)_{Ag}/X_a]X_a/Y_A\}=U_aX_a/Y_A=(-ds/dt)_a \quad (4)$$

$$\{[(dX/dt)_{Sg}/X_s]X_s/Y_S\}=U_sX_s/Y_S=(-ds/dt)_s \quad (5)$$

式中 X_a——附着生物膜的活性生物量(mg/L)

X_s——悬浮生物体的活性生物量(mg/L)

U_a——附着生物膜的比增大速率(L/s)

U_s——悬浮生物体的比增大速率(L/s)

将式(4)和式(5)代入(1)式得：

$$(-ds/dt)V=QS_0-QS-U_aX_aV_a/Y_A-U_sX_sV_s/Y_S \quad (6)$$

设填料的比表面积为 A(m²/m³)，活性生物膜的平均厚度为 D(m)，池内填料体积为 N(m³)，则附着在填料表面积上的生物膜总体积为 $V_a=NAD$。在稳态条件下，低底物浓度时，微生物的比增大速率遵循 Monad 式，则(6)式可写成：

$$Q(S_0-S)=\frac{U_aX_aNAD}{Y_A}\frac{S}{K_s+S}+(U_sX_sV_s/Y_s)[S/(K_s+S)] \quad (7)$$

接触氧化池中的生物膜量多且活性高，当主要的有机物被微生物解体时，脱落的生物膜悬浮体量少且趋于老化，代谢能力差。故池内悬浮生物代谢可忽略不计，于是式(7)可表示为：

$$Q(S_0-S)=(U_{max}X_aNAD)/Y_A[S/(K_s+S)] \quad (8)$$

式中 U_{max}——附着生物膜最大比增大速率(L/s)

当进水基质负荷达到一定值以后，在溶解氧保持一定值及其他环境条件(如水温、pH 值等因素)均保持不变时，附着在填料上的生物膜平均厚度可认为是不变的。因此，附着在单位填料表面积上的活性生物量是一定的，因而式(8)中：

$$U_{max}X_a/Y_A=(-ds/dt)_{amax}$$

式中 $(-ds/dt)_{amax}$——附着生物膜最大去除基质的速率(mg/Ls)

上式两边同乘以 $NAD=V_a$，即为氧化池附着膜总的最大去除基质的速率。上式两边同乘填料表面积 NA，可得单位填料表面积上附着生物膜最大利用基质的速率：

$$U_{max}X_aNA/Y_A=-(ds/dt)_{amax}NA \quad (9)$$

由于基质利用率在数值上等于基质的去除率，用 μ_{max} 代表单位填料表面积上附着的生物膜最大去除基质的速率，由式(9)表示为 $\mu_{max}=U_{max}X_a/Y_AD$。由此，氧化池附着生物膜总的最大去除基质的速率可表示为：

$$Q(S_0-S)/NA=\mu_{max}S/(K_s+S) \quad (10)$$

其中，$Q(S_0-S)/NA$ 为单位填料表面积基质去除速率，即单位填料表面积的基质去除负荷率。令 $U=Q(S_0-S)/NA$，并代入式(10)，得：

$$U=\mu_{max}S/(K_s+S) \quad (11)$$

式中 U——填料表面基质去除速率(mg/m²·s)

μ_{max}——饱和浓度时填料表面附着的生物膜最大基质去除速率(mg/m²·s)

K_s——饱和常数

4 生物接触氧化池动力学常数 K_s、μ_{max} 与反应速率的确定

经测定，氧化池填料总体积为 1550ml，填料的比表面积为 1458m²/m³，填料总表面积为 2.26m²，试验结果列于表 1。

表 1 试验结果平均值

试验组合	进水号 Q (m³/d)	进水浓度(基质) S_0(COD_{Cr})(mg/L)	出水浓度(基质) S (COD_{Cr})(mg/L)	去除率 (%)	$Q(S_0-S)$	U (g/m²·d)	$1/U$ (m²·d/g)	$1/(S-S_n)$ (L/mg)
1	0.240	744	50	89.1	166.56	73.70	0.0136	0.025
2	0.240	725	45	89.0	163.2	72.21	0.0138	0.029
3	0.240	752	51	89.4	168.24	74.44	0.0134	0.024
4	0.240	722	44	88.8	162.72	72.00	0.0139	0.029
5	0.240	700	42	88.9	157.92	69.87	0.0143	0.031

注：本表中数据为水力停留时间 10h 时测定值的平均值，不可降解 COD_{Cr}(S_n)由试验求得为 10mg/L。

对(11)式两边取倒数得下式：

$$1/U=1/\mu_{max}+(K_s/\mu_{max})(1/S) \quad (12)$$

根据表中所得数据，做 $1/U$~$1/S$ 的直线图，如图 2。其回归直线方程为：

$$1/U=1.082\times10^{-2}+0.1108/S \quad (13)$$

可以确定 μ_{max}=92.4g/m²·d，K_s=10.2mg/L（相关系数 r=0.990）。

图解值代入式(11)可得柑桔罐头加工废水的反应速率方程为：

$$U=92.4S/(10.2+S) \quad (14)$$

www.chinacitywater.org

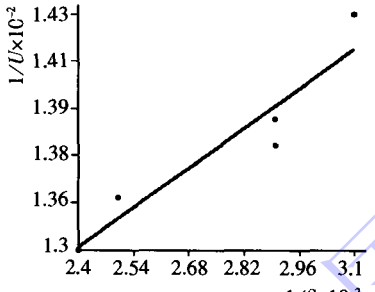

图 2　直线回归图

5　结语

通过理论分析，对生物接触氧化池降解柑桔罐头加工废水有机物的动力学机理及动力学模型进行了探讨，推导得出了动力学模型，该方程对于预测柑桔罐头加工废水出水水质，并据此确定合理水力停留时间具有重要意义。

参考文献：

[1]Sakai Y, Nitta Y, Takahashi F. A submerged filter system consisting of magnetic tubular support media covered with a biofilm fixed by magnetic force[J]. Water Research, 1994, 28:1175~1179.

[2]Rusten B. Wastewater treatment with aerated submerged biological filters[J]. Journal WPCF, 1984, 56:424~431.

[3]蒋展鹏.环境工程学[M].北京：高等教育出版社，2001.

[4]高廷耀，顾国维.水污染控制工程[M].北京：高等教育出版社，2002.

[5]陈玉莉，卞华松，张仲燕.探求生物接触氧化法处理含合成洗涤剂废水的动力学模型 [J]. 上海大学学报（自然科学版），1995, 1: 177~181.