

文章编号 :1009 - 038X( 2001 )03 - 0288 - 03

# 生物接触氧化法处理三甲氧基苯甲醛废水的动力学过程分析

陈新<sup>1</sup>, 张显球<sup>2</sup>, 邹家庆<sup>2</sup>

(1. 无锡轻工大学化学工程与材料学院, 江苏无锡 214036; 2. 南京化工大学, 江苏南京 210009)

**摘要:**对三甲氧基苯甲醛(TMBA)废水的生物接触氧化处理过程进行了动力学分析,根据实验结果归纳出动力学方程,同时求出 TMBA 废水在 20~30℃时的动力学参数,为废水生物处理系统的设计和运行提供了依据。

**关键词:**生物接触氧化法;三甲氧基苯甲醛废水;动力学

中图分类号:X172

文献标识码:A

## Bio-Contact Oxidation Treatment on TMBA Medicine Intermediate Effluents

CHEN Xin<sup>1</sup>, ZHANG Xian-qiu<sup>2</sup>, ZHOU Jia-qin<sup>2</sup>

(1. Institute of Chemical technology, Wuxi University of Light Industry, Wuxi 214036, China 2. Nanjing University of Chemical Technology, Nanjing 210009, China)

**Abstract:** The kinetic process of bio-contact oxidation treatment on TMBA effluents was discussed. According to the experimental data, a mathematical model was proposed in reaction period and the kinetic parameters between 20-25℃ were achieved, which might provide a reliable basis for industrial design and engineering parameters.

**Key words:** biology contact oxidation; TMBA medicine intermediate; kinetics

生物接触氧化法由于填料浸没在污水中,而且采用强制曝气,因此具有活性污泥法和生物膜法的特点,接触氧化池内生物量大,存在大量丝状菌,处理能力强,体积负荷高,维护管理方便,是一种理想的中小型污水处理工艺。

生物接触氧化法的动力学模式目前国内正处于研究和探索阶段,尚无公认的模式,因此构筑物的设计和运行大多根据污水量标准或经验公式进行。作者首次对 TMBA 废水的接触氧化处理过程进行了动力学分析,确定了运行参数,为处理系统的

最优化设计及运行研究提供了新的依据。

## 1 实验部分

### 1.1 废水水质

废水取自张家港某化工厂,经过前期处理后为本实验水样,其水质分析结果为:COD 1 610 mg/L; BOD 650 mg/L; pH 6.5~7.5;色度 150 倍。

### 1.2 实验方法

生物接触氧化试验采用 2L 自制的反应器,放

收稿日期 2000-11-02;修订日期 2001-04-09.

作者简介:陈新(1972-),女,江苏扬州人,工学硕士,助教。

万方数据

入挂好膜的组合填料,以压缩空气为氧源曝气,按一定的配比加入氮、磷源,在恒温室内保持水温 20~25℃之间,以微波消解 COD<sub>Cr</sub> 快速测定装置测定 COD<sub>Cr</sub>。

## 2 动力学模型的建立

### 2.1 莫诺特 (Monod) 关系

微生物降解废水中有机物的实质是一系列酶促反应的生物化学过程。1942 年,Monod<sup>[1]</sup>把酶促反应的米-门(Michaelis-Menten)关系式应用到微生物生长上,提出了类似于米-门关系式的公式来描述基质浓度与微生物比增长速率之间的关系。

$$\mu = \frac{\mu_{\max} S}{K_S + S}$$

式中: $\mu$ —微生物比增长速率; $\mu_{\max}$ —在饱和浓度中微生物最大比增长率; $K_S$ —饱和常数,其值为  $\mu = \frac{\mu_{\max}}{2}$  时的基质浓度; $S$ —为溶液中限制细菌增殖的基质浓度(mg/L)。

Monod 关系式是通过在单一基质中培养纯菌种的实验而得到的,后来被广泛地引入废水生物处理领域中。由于微生物比增长速率与基质比降解速率之间存在一定的比例关系,所以将 Monod 关系式演变为基质浓度与比基质降解速率之间的关系具有更大的意义。

### 2.2 生物接触氧化法动力学方程的建立

1985 年,胡纪萃和顾夏声提出了接触氧化反应器动力学计算式<sup>[4]</sup>,假定接触氧化反应器中的液体处于完全混合状态,填料上附着的生物膜为均匀分布,基质浓度是决定生化反应速率的主要因素,对基质进行物料平衡,在稳态条件下,得:

$$QS_0 + \left(\frac{dS}{dt}\right)_A V_A + \left(\frac{dS}{dt}\right)_S V_S = QS_e \quad (1)$$

式中: $Q$ —进水流量; $V_A$ —附着生物膜的体积; $V_S$ —反应器内液体(混合液)体积; $S_0$ —进水基质浓度; $S_e$ —出水基质浓度; $\left(\frac{dS}{dt}\right)_A$ —单位体积附着生物膜去除基质的速度; $\left(\frac{dS}{dt}\right)_S$ —单位体积悬浮生物固体去除基质的速度。

与  $\left(\frac{dS}{dt}\right)_A V_A$  项相比  $\left(\frac{dS}{dt}\right)_S V_S$  项很小,可以忽略,因此(1)式变为:

$$Q(S_0 - S_e) = -\left(\frac{dS}{dt}\right)_A V_A \quad (2)$$

$\therefore \left(\frac{dX}{dt}\right)_A$  为数据  $Y_{OA} \left(\frac{dS}{dt}\right)_A \left(\frac{dX}{dt}\right)_A = \mu_A X_A$

$$\therefore Q(S_0 - S_e) = \frac{\mu_A X_A}{Y_{OA}} V_A \quad (3)$$

式中: $X_A$ —单位体积附着生物膜质量; $\mu_A$ —附着生物膜最大比增长速度; $Y_{OA}$ —附着生物膜的表观产率。

$$\text{其中 } V_A = Nad \quad (4)$$

式中: $N$ —填料体积; $a$ —填料比表面积; $d$ —填料上生物膜厚度; $V_A$ —附着生物膜体积。

把(4)代入(3)式,得:

$$Q(S_0 - S_e) = \frac{\mu_A X_A}{Y_{OA}} \cdot Nad \quad (5)$$

利用莫诺特方程,得

$$Q(S_0 - S_e) = \frac{(\mu_{\max})_A X_A}{Y_{OA}} \cdot Nad \cdot \frac{S_e}{K_S + S_e} \quad (6)$$

$$\text{令 } \frac{Q(S_0 - S_e)}{Na} = U = \frac{(\mu_{\max})_A X_A}{Y_{OA}} \cdot d = U_{\max}$$

于是(6)式变为

$$U = \frac{U_{\max} S_e}{K_S + S_e} \quad (7)$$

$U$ —单位面积填料基质去除速率; $U_{\max}$ —单位面积填料最大基质去除速度; $U_{\max}$  和  $K_S$  都是动力学常数。

当接触氧化池运转正常时,设填料体积与流量恒定,则池内所挂生物膜的比表面积  $a$  是一个确定的值,可视为一个常数,所以可把比表面积纳入到动力学常数中。

$$\text{即 } \frac{Q(S_0 - S_e)}{N} = \frac{U_{\max} S_e}{K_S + S_e} \quad (8)$$

设  $Q/N = 1/t$ ,  $t$  为废水在系统中的停留时间,即水力停留时间,则式(8)可改为:

$$\frac{S_0 - S_e}{t} = \frac{U_{\max} S_e}{K_S + S_e} \quad (9)$$

将式(9)线性化可得:

$$\frac{t}{(S_0 - S_e)} = \frac{K_S}{U_{\max}} \cdot \frac{1}{S_e} + \frac{1}{U_{\max}} \quad (10)$$

利用此式可得常数  $U_{\max}$  和  $K_S$ , 式(10)即为在稳定工作状态下 TMBA 废水接氧化池生物处理动力学模式。

以最小二乘法回归分析确定动力学参数,在一个无回流、连续流的小型试验装置(实验温度条件为 20~25℃)所得的数据如表 1 所示:

$$\text{令 } y = \frac{t}{S_0 - S_e}, \quad x = \frac{1}{S_e}$$

$$\text{则(10)式变为: } y = \frac{K_S}{U_{\max}} \cdot x + \frac{1}{U_{\max}} \quad (11)$$

经线性相关分析,可求得方程(11)的相关系数:

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = 0.9703$$

表1 试验结果及数据处理

Tab.1 Experiment results and data processing

$t/h$	$S_0/(mg/L)$	$S_e/(mg/L)$	$t/(s_0 - S_e)$	$1/S_e$
4	1 610	1 254	$1.124 \times 10^{-2}$	$7.97 \times 10^{-4}$
8	1 610	885	$1.103 \times 10^{-2}$	$1.130 \times 10^{-3}$
12	1 610	542	$1.124 \times 10^{-2}$	$1.845 \times 10^{-3}$
16	1 610	408	$1.330 \times 10^{-2}$	$2.450 \times 10^{-3}$
20	1 610	270	$1.493 \times 10^{-2}$	$3.702 \times 10^{-3}$
24	1 610	170	$1.667 \times 10^{-2}$	$5.870 \times 10^{-3}$

查表得  $n = 6$  时  $\gamma_{0.05} = 0.811$ ,  $\gamma_{0.01} = 0.917$ ,  $\gamma > \gamma_{0.01}$ , 可以说明方程中的变量之间线性相关关系显著, 说明该方程有意义. 通过该方程, 根据不同的进、出水基质浓度可以推算水力停留时间, 从而对指导实际生产中的运行时间有一定的参考价值.

### 3 动力学参数的确定

考察 TMBA 废水在接触氧化法处理过程中的动力学参数对于指导生产实践具有一定的意义. 由于  $U_{max}$  和  $K_S$  的值的大小与基质的性质、微生物种群、填料的种类和环境条件有关, 所以应通过试验求得.

利用最小二乘法根据表 1 中的计算数据作一元线性回归分析, 可求得回归方程:

$$\text{斜率} = \frac{\sum_{i=1}^6 x_i y_i - 6 \bar{x} \bar{y}}{\sum_{i=1}^6 (x_i - \bar{x})^2} = \frac{K_S}{U_{max}} = 1.1835,$$

$$\text{截距} = \bar{y} - \text{斜率} \cdot \bar{x} = \frac{1}{U_{max}} = 9.9706$$

$$\text{得 } U_{max} = 1.187 \times 10^2 \text{ mg/(L} \cdot \text{h)},$$

$$\text{得 } K_S = 1.103 \times 10^2 \text{ mg/L}$$

$$\text{因此动力学方程为: } \frac{t}{S_0 - S_e} = 1.1835 \frac{1}{S_e} + 9.9706$$

9706

除了公式计算法, 动力学参数可以用图解法求

$\frac{t}{S_0 - S_e} = 1.1835 \frac{1}{S_e} + 9.9706$  得, 具体求法如图 1.

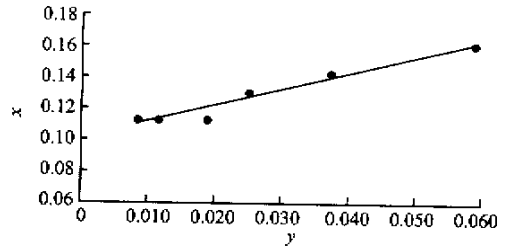


图1 按 Monod 关系式拟合的结果

Fig.1 The results deduced from Monod equation

由图 1 可知, 按 Monod 关系式拟合所得的结果相关关系显著. 所以生物接触氧化法处理 TMBA 废水, 停留时间在 24 h 以内, 废水中基质的降解近似地符合 Monod 关系式.

### 4 结论

1) 生物接触氧化法处理 TMBA 废水过程中, 当停留时间在 24 h 以内, 近似地符合 Monod 关系式.

2) 在本试验条件下, 生物接触氧化法处理 TMBA 废水基质降解动力学的数学模式为  $\frac{t}{S_0 - S_e} = 1.1835 \frac{1}{S_e} + 9.9706$ .

3) 试验温度为 20 ~ 25 °C 时, 动力学常数  $U_{max} = 1.187 \times 10^2 \text{ mg/(L} \cdot \text{h)}$ , 得  $K_S = 1.103 \times 10^2 \text{ mg/L}$ .

### 参考文献:

- [1] 侯立安. 接触曝气法处理小规模生活污水的动力学模型[J]. 水处理技术, 1994, 20(1): 40~44.
- [2] 张自杰. 活性污泥微生物学与反应动力学[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1989.
- [3] 李正凯, 马肖卫. 高负荷生物接触氧化法处理污水的特性[J]. 水处理技术, 1994, 20(1): 45~50.
- [4] 顾夏生. 废水生物处理数学模式[M]. 北京: 清华大学出版社, 1993.

(责任编辑 朱明)