

生物接触氧化法处理污水的动力学分析

王银川¹ 王松²

(1. 武汉市市政工程设计研究院有限责任公司 武汉 430015; 2. 中钢集团武汉安全环保研究院 武汉 430081)

摘要 对生物接触氧化法处理污水进行动力学分析,通过一相说对生物接触氧化法反应器底物降解、微生物增长以及需氧量模式进行了推导。

关键词 生物接触氧化 底物降解 微生物增长 需氧量

Study on Dynamic Mechanism of Wastewater Treatment by Bio-contact Oxidation Process

WANG Yin-chuan¹ WANG Song²

(1. Wuhan Municipal Engineering Design & Research Institute Co., Ltd. Wuhan 430015)

Abstract Dynamic mechanism of wastewater treatment by bio-contact oxidation process is analyzed in this paper. The organics degradation model, the microbe growth model and oxygen demand model of bio-contact oxidation reactor are deduced by Monod model.

Keywords bio-contact oxidation organics degradation microbe growth oxygen demand

在生物接触氧化反应系统中,有机物的去除是通过吸附阻留过程、生物氧化过程和食物链转移过程完成的。其中生物氧化过程是一种以生物酶为催化剂,在生物反应器内完成的生物化学反应,是水中有机物得以去除的关键步骤。由于各反应器内载体填料的不同,污水可生化性的差异,各反应器有机物降解速率,生物有机体增长速率和氧利用速率都各不相同。因此,从动力学角度研究各接触氧化反应器的生物处理规律是非常重要的。

1 生物接触氧化反应器反应动力学分析

1.1 有机物降解模式

生物接触氧化法过滤系统兼有生物膜法和活性污泥法的特点,其流态从整体上视为推流式,而对于每个局部,由于填料、上升污水和上升气流的作用其流态表现为完全混合式,所以将生物接触氧化过滤反应器视为一个由许多连续流完全混合反应器串联起来的大推流式反应器,如图1所示。

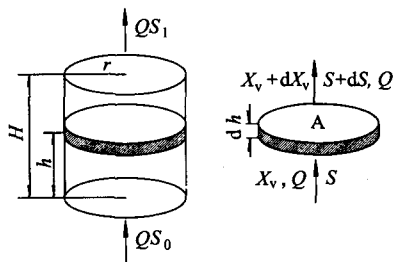


图1 生物接触氧化反应器模型

在生物降解过程中,每一种食料的去除在高浓度时呈零级反应,但总的各种食料整体去除过程为1级反应;而食料浓度较低,即微生物处于快速生长期末端或内源呼吸期时,基质的降解去除也呈1级反应。在反应器实际运行中,通过调控使微生物处于减速增长期和內源呼吸期,亦即在较低浓度的BOD状态运行,因此生物降解有机物呈1级反应,即

$$dS/dt = -K_2S \quad (1)$$

式中 S —— t 时间内残留的有机物浓度;

K_2 —— 有机物降解速率常数。

根据化学反应动力学理论,接触氧化反应器中的每一个局部单元都存在着如下的物料平衡关系:

$$\text{输入量} - \text{去除量} - \text{输出量} = \text{积累量}$$

式中的输入量和输出量分别表示进入反应器局部单元的有机物和流出的有机物;去除量是指由于反应而减少的有机物;积累量是指有机物在局部单元的变化量。如图1所示,在生物接触氧化反应器高为 h 的过水断面处取一微元 dV ,设反应器过水断面面积为 A ,反应器总高度为 H ,则微元内有机物物料平衡方程为:

$$Q(-dS) - (dS/dt)_{uA}dV - (-dS/dt)_{uS}dV = (dS/dt)dV \quad (2)$$

$$dV = Adh = \pi r^2 dh \quad (3)$$

式中, Q 为反应器的进水流量; r 为反应器半径; $(dS/dt)_{uA}$ 为单位容积内附着生物膜有机物降解速率; $(dS/dt)_{uS}$ 为单位容积内悬浮状微生物有机物降解速率; (dS/dt) 为单位容积有机物浓度变化速率; dS 为经过 dh 高度有机物的增量。

当反应器处于稳态运行时,单位容积有机物浓度变化速率为0,即 $(dS/dt) = 0$,则式(2)改写为:

$$Q(-dS) - (dS/dt)_{uA}dV - (-dS/dt)_{uS}dV = 0 \quad (4)$$

与附着生物膜相比,接触氧化反应器中悬浮生长的微生物量很少,式中可以忽略不计,可进一步简化为:

$$Q(-dS) = (-dS/dt)_{uA}dV \quad (5)$$

为了推导接触氧化反应器的动力学模式,引入生化反应动力学。在废水生物处理中,一般情况下有机物浓度与微生物比增长速率之间的关系符合 Monod 关系式,当有机物浓度不高时,基质去除反应为一级反应,即 Monod 模式和 Eckenfelder 模式是一致的。将式(1)和式(3)代入式(5),整理可得:

$$dS/dh = -(K_2\pi^2 S)/Q \quad (6)$$

该试验认为 Q 、 r 、 K_2 、 π 为常量,则可设:

$$K = (K_2\pi^2)/Q \quad (7)$$

式(7)代入式(6)得:

$$dS/dh = -KS \quad (8)$$

对上式进行积分得:

$$S = S_0 e^{-Kh} \quad (9)$$

式中, S_0 为反应器进水的有机物浓度; S 为反应器自下而上 h 处的有机物浓度; h 为反应器自下而上的滤料高度。

式(9)即为生物接触氧化反应器有机物降解模式,它反映了反应器中底物浓度与反应器高度之间的动力学关系。

式(9)中 K 为生物接触氧化过滤反应器底物降解动力学常数。 K 值的大小与底物性质、微生物种群、填料种类、反应器大小、进水流量及环境条件有关。对于特定底物和填料,在一定的进水流量,反应器形状一定,微生物种群和环境条件均相对稳定的情况下,其 K 值也应该是基本恒定的, K 值可以通过作图法求得。将式(9)整理可得

$$\ln(S_0/S) = Kh \quad (10)$$

再分别以一定截差的 h 值在反应器自上而下设取样点,测定多个点多组 COD 值。最后整理所测定数据,以 $\ln(S_0/S)$ 对 h 拟合直线,该直线的斜率即为生物接触氧化过滤反应器的基质降解动力学常数 K 的值。

1.2 生物量增长模式推导

活性污泥与污水中的有机物一经接触,首先是吸附这些有机物在污泥絮体上,同时代谢也就开始了。但在初期,污水中有机物的降低主要是吸附。根据生化反应机理指导,有机物在微生物的作用下最后转化为无机物,是经过了一系列复杂的中间过程的。由此可见,活性污泥增长量的多少与有机物的转化程度有关,与微生物处于什么增殖阶段有关,亦即与 F/M 有关。 F/M 愈小,转化也愈深入。因此,同样数量的有机物转化成活性污泥的量也不一定相同。所以,同样的废水,同样的有机物去除量,若污泥的 BOD 负荷不同,剩余活性污泥量也不会相同。显然若水质不同,剩余活性污泥量也将不同。

根据生物量增长与有机物降解的关系,可知:

$$\Delta x = aQS_r - bX_v V + I \quad (11)$$

式中, Δx 为污泥净增长量; a 为污泥增长系数,即降解单位 BOD 所产生的剩余活性污泥的量(以挥发性悬浮固体计),此系数取决于废水水质; Q 为污水流量; S_r 为单位流量废水有机物(BOD)去除的量; b 为污泥自身氧化率,即单位挥发性污泥通过自身氧化而每日减少的量;决定于污泥性质与温度; X_v 为混合液挥发性悬浮性固体浓度; V 为反应器容积; I 为微生物未能利用的悬浮固体。

如图 1 所示,同样在生物接触氧化反应器模型中自下而上 h 处取一微元 dV ,稳态运行时,微元生物量保持平衡,有:

$$QX_v + (dX_v/dt)dV = Q(X_v + dX_v) \quad (12)$$

即有:

$$QdX_v = (dX_v/dt)dV \quad (13)$$

与有机物降解反应类似,生物量增长呈 1 级反应,即

$$dX_v/dt = K_2' X_v \quad (14)$$

式中, X_v 为 t 时间内的生物量浓度; K_2' 为生物量增长速率常数。

将式(12)和式(14)代入式(13)整理得:

$$dX_v/dt = (K_2'\pi^2 X_v)/Q \quad (15)$$

该试验认为 Q 、 r 、 K_2' 、 π 为常量,则可设:

$$K' = (K_2'\pi^2)/Q \quad (16)$$

式(16)代入式(15)得:

$$dX_v/dh = K' X_v \quad (17)$$

对上式进行积分得:

$$X_v = X_{v0} e^{K'h} \quad (18)$$

式中, X_{v0} 为反应器进水的有机物浓度; X_v 为反应器自下而上 h 处的有机物浓度; h 为反应器自下而上的滤料高度。

1.3 需氧模式推导

在活性污泥的增长过程中,细胞物质的增长和氧的消耗,反映了有机物被代谢的两个侧面,前者反映了有机物被用于增殖(合成),后者反映了有机物被分解氧化(呼吸)。因此,需氧量与剩余污泥量的推算是以同一概念为基础的。埃肯费尔德与奥康诺根据这一概念提出了下列推理公式:

$$O_2 = a' BOD_t + b' X_v V \quad (19)$$

式中, O_2 为需氧量; a' 为系数,即氧化单位 BOD 所需的氧量,决定于污水水质; b' 为系数,即污泥自身氧化的需氧率,决定于污泥性质与温度。

如图 1 所示的生物接触氧化反应器模型,反应器自下而上 h 处微元内需氧量计算公式为:

$$dO_2 = a' Q(-dS) + b' X_v Adh \quad (20)$$

由式(15)得, $Q(-dS) = K_2\pi^2 Sdh$,代入式(20)得

$$dO_2 = a' K_2\pi^2 Sdh + b' X_v Adh = a' K_2 S Adh + b' X_v Adh \quad (21)$$

则在反应器进水处需氧量计算公式为:

$$dO_{20} = a' K_2 S_0 Adh + b' X_v Adh \quad (22)$$

由式(21)和式(22)得:

$$R = \frac{dO_2}{dO_{20}} = \frac{a' K_2 S Adh + b' X_v Adh}{a' K_2 S_0 Adh + b' X_v Adh} = \frac{a' \frac{K_2 S}{X_v} + b'}{a' \frac{K_2 S_0}{X_v} + b'} \quad (23)$$

式中, R 为需氧比率。

式(23)即为生物接触氧化反应器需氧量模式推导公式,它反映了生物接触反应器自下而上任意高度处需氧量与反应器进水处需氧量的比率关系。

3 结语

通过对生物接触氧化法处理污水的动力学分析,特别是对改进工艺生物反应器底物降解、生物增长以及需氧量模式的推导,为工程实际设计提供了理论基础。

但是在推导各种模式时,都假定反应遵循一相说,即不同底物浓度下,底物的降解或微生物的增殖用一个统一的数学模式来描述。但是实际运行时,底物浓度不可能总处于低浓度状态,因此推导模式存在误差,需进行进一步研究。

漂粉精生产过程中危险有害因素分析

关文玲^{1,2} 蒋军成¹ 崔辉² 赵代英²

(1. 南京工业大学安全工程研究所 南京 210009; 2. 天津理工大学环境科学与安全工程学院 天津 300191)

摘要 通过对天津市漂粉精生产企业进行研究,分析了漂粉精生产过程可能存在的危险有害因素是尘毒、火灾、爆炸、灼伤、机械伤害等,并针对上述危险有害因素提出相应的防毒,防火防爆,防灼伤,防机械伤害等安全技术措施及安全管理措施。

关键词 漂粉精生产 危险有害因素 对策措施

Analyses on Dangerous and Hazardous Factors in the Production of Calcium Hypochlorite

GUAN Wen - ling^{1,2} JIANG Jun - cheng¹ CUI Hui² ZHAO Dai - ying²

(1. Research Institute of Safety Engineering, Nanjing University of Technology Nanjing 210009)

Abstract Based on study on factories produced calcium hypochlorite in Tianjin city, the possible existed dangerous and hazardous factors in the production of calcium hypochlorite are analyzed, including toxicity, fire, explosion, burn, machinery injuries, and so on, and according to these hazards, some corresponding safety technical and management measures are put forward.

Keywords production of calcium hypochlorite dangerous and hazardous factors countermeasures

漂粉精主要成分次氯酸钙,具有高效漂白、消毒和杀菌作用,广泛用于造纸,棉麻织品的漂白,工业污水的处理及工业制造的中间体,饮用水和水产养殖的消毒,公共场所的清洁卫生,食品工业的细菌控制等方面。漂粉精产品以及原材料氯气和氧化钙均在国家公布的危险化学品名录之列,该类企业属于危险化学品生产企业,根据安全生产许可条例,漂粉精生产企业被列为高危行业,其安全性要求较高。目前国

内漂粉精生产方法有两种:钠法和钙法。钙法工艺简单,有效氯质量浓度可达60%~65%^[1],目前天津市漂粉精生产企业基本采用钙法生产漂粉精。在此工艺过程中,存在多种危险有害因素,一旦发生事故可能造成较为严重的后果。本文通过对天津市西青区某漂粉精厂生产过程中存在的危险有害因素进行深入分析,并针对其危险性,提出相应的安全对策措施,为该类企业的安全生产提供技术性指导。

参考文献

- [1]许立新,汪艳霞,等. 生物接触氧化法处理污水的动力学探讨. 山西建筑,2004,30(16):115-116.
 - [2]邱立平. 生物接触氧化过滤处理生活污水的动力学研究. 本溪冶金高等专科学校学报,2001,3(3):33-35.
 - [3]姜应和. 推流式曝气池计算模式的探讨. 环境科学与技术,1995(3):35-37.
 - [4]杨开,庄仲辉. 活性污泥法动力学模型解析(1)-CSTR型反应器. 武汉理工大学学报,2002,24(10):10-12.
 - [5]杨开,贺佳杰. 活性污泥法动力学模型解析(2)-PF型反应器. 武汉理工大学学报,2002,24(11):45-48.
 - [6]严宜怀. 曝气池设计计算的新方法. 给水排水,1995(12):5-8.
 - [7]陈玉莉,卞华松,等. 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. 上海大学学报,1995(01/02):177-181.
 - [8]张自杰,等. 活性污泥生物学与反应动力学. 北京:中国环境科学出版社,1989.
 - [9]L D Benefield, C W Randall. Biological process design for wastewater treatment. Prentice - Hall, Englewood Cliff, NJ 1980.
 - [10]Chen Yuli, et al. A study of bio - contact oxidation for treating pharmaceutical wastewater. Water Treatment, 1990,5(1):59-68.
 - [11]Lu Lin. An anaerobic treatment process model: development and calibration (Waste activated sludge, methanogenesis). Michigan, Michigan Technological University, 1991.
 - [12]Eckenfelder W W Jr. Trickling filter design and performance. Trans ASCE, 1963, 128.
 - [13]Willi Gujer, Mogens Henze, Takahashi Mino, et al. Activated sludge model No 3. Wat Sci Tech, 1999, 39(1):183-193.
 - [14]Lawrence A W, McCarty P L. Unified basis for biological treatment design and operation. J Santis Engi Div, ASCE, 1996(3): 757-778.
 - [15]Christensen D R, McCarty P L. Multiprocess biological treatment model. J Water Pollut Control Fed, 1975, 47:2652.
 - [16]Rodman B L, Englands A J. A unified model of the activated sludge process. J Water Pollut Control Fed, 1974, 46:312.
 - [17]张自杰. 排水工程(下册). 北京:中国建筑工业出版社, 2000.
 - [18]顾夏声. 废水生物处理数学模式. 第2版. 北京:清华大学出版社, 1993.
 - [19]郑元景,等. 生物膜法处理污水. 北京:中国环境科学出版社, 1983.
- 作者简介 王银川,1981年生,男,湖北武汉人,硕士学位,现从事市政给排水工程设计工作。

(收稿日期:2007-01-15)