

· 数学模型 ·

ASM 模型中四个基质组分测定研究

李昀涛¹, 隋 军², 周恭明¹

(1. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092; 2. 广州市市政工程设计研究院, 广州 510060)

摘要: 随着 ASM 系列数学模型的发展, 废水特性的鉴定成为一个重要的研究课题。与传统的废水特性鉴定不同, 按照 ASM 模型要求, 传统的 COD 被划分为四个部分。在对广州市污水和污泥特性的研究中, 针对这四个部分, 结合物理方法和生物方法, 采用了一种简单与便于实施的测定方法。

关键词: 活性污泥; ASM 模型; 废水特性

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 1001-3644(2004)01-0092-02

Research for Characterizing the Four Parts of COD in ASM

LI Yun-tao¹, SUI Jun², ZHOU Gong-ming¹

(1. School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China

2. Guangzhou Municipal Engineering Design & Research Institute, Guangzhou 510060, China)

Abstract: Following the development of ASM (Activated Sludge Models), the determination of wastewater characteristics become an important issue. According to the requirement of ASM, COD should be divided into four parts, which is far different from the traditional method. In the experiments to study the characteristics of wastewater and sludge in Guangzhou, a simple and feasible method, which is based on physical-biological experiments, is used to characterize the four parts of COD.

Key words: Activated sludge; ASM; wastewater characteristics

1 前 言

近十几年来, 活性污泥法有了很大的发展, 但是在生物处理理论深度的发展上, 却还做得远远不够, 随着活性污泥法涵盖对营养物质氮磷的去除, 活性污泥法的过程日趋复杂, 必须开展数学模型的研究, 从而更深刻地认识所研究的现象和规律。针对这一趋势, 早在 1982 年, 国际水污染控制协会就成立了活性污泥法设计和操作数学模型攻关研究课题组, 20 年来相继推出了 ASM 1 号模型, 2 号模型和 3 号模型。有力促进了活性污泥法数学模型的研究^[1]。

废水的特性鉴定是随着活性污泥法过程模型化的研究及其应用的进展而提出的新课题。随着活性污泥法的工艺创新和功能扩展, 传统的废水有机物、污泥生物量的测定方法和由这两种组分构建的模型早已不能适应需要。以 ASM 模型为代表的结构化动力学模

型得到了深入系统的研究, 模型应用也有了相当的进展。结构化模型对活性污泥系统中发生的众多物理、化学, 尤其是生物反应过程进行描述时, 需要根据系统的特点、建模的目的和要求等, 对系统的组成物质进行分类鉴别, 建立描述系统的模型组分, 并提出适宜的方法确定这些组分的含量。这就是废水特性鉴定的涵义和内容。由于国际水污染控制协会在推出其 ASM 模型的同时, 并没有就模型中涉及到的废水组分, 化学计量学系数以及动力学参数等废水特性提出标准化的监测方法。而废水特性的鉴定关系到如何获得符合要求的模型输入信息, 是模型付诸实际应用的关键, 因而成为目前活性污泥法过程模型化研究和应用中最受关注和重视的课题^[2]。

国外对废水特性鉴定作了大量的研究。国内这方面的工作还做得很少, 这也是我国目前普遍还不能把活性污泥模型用于指导工程设计和污水厂运行管理的一个重要原因。参照 ASM 模型的要求, 在所需要监测的水质组分中, 一个与传统的废水监测的巨大差别就是与传统废水监测中仅仅用一个值——COD 表示底物浓度不同, 在 ASM 中, 根据在生物降解中的不同

收稿日期: 2003-03-26

作者简介: 李昀涛(1976-) 男, 四川三台人, 现为同济大学环境科学与工程学院 2001 级在读硕士研究生, 主要从事水污染控制方向研究。

作用和不同的物理形态, COD 被划分为四个部分, 易生物降解有机底物 (S_s), 慢速可生物降解底物 (X_s), 惰性溶解性有机物质 (S_I) 和惰性颗粒性有机物质 (X_I)。这样划分的结果使数学模型的模拟更接近于真实的生物降解过程。这就要求我们要能够准确地测定进水 COD 中四个部分的组成。目前, 由于没有标准化的方法, 实际使用的方法很多。笔者在对广州市污水、污泥特性以及用 ASM1 号模型对广州市猎德污水厂进行模拟的研究过程中, 基于忠实于四种组分划分的依据和实验简便可行两条原则, 采用了以下的监测方法。

2 方 法

由于显然有等式 $COD_{tot} = S_s + X_s + S_I + X_I$, 所以通过用标准法测定常规的 COD 值, 然后再测定后面四项中的三项便可以得到所有四项需要测定的组分的值了。采用标准法测定常规的 COD 值, 移取水样的时候要保证水样中悬浮物质的均匀分布, 最好每次测定 2~3 个平行样取均值。

惰性溶解性有机物的质量浓度很容易就能确定。取污泥龄超过 10d 的活性污泥适量, 用蒸馏水洗涤几次后离心脱水。将脱水污泥加入到用 0.1 微米滤膜过滤的待测污水中, 在间歇实验中曝气, 每天取样以 0.1 微米滤膜过滤后分析 COD 的变化, 直到 COD 浓度恒定, 这样便得到了惰性溶解性有机物 (S_I) 的值。

在四种组分中, 按照生物的降解能力, 可划分为两类, 一类是可生物降解组分, 包括 S_s 和 X_s , 另一类则是生物惰性物质, 包括 S_I 和 X_I , 利用这种性质上的差别可以把两类物质分开。 S_s 和 X_s 实际就是可生物降解 COD (BCOD)。通过对污水样的 BOD 分析可以获取 BCOD 值, 之所以选择 BOD 分析是因为 BOD 是传统污水分析中的常规指标, 有利于该分析方法在污水厂或相关单位中实施。

通常的监测中, 我们测定 BOD_5 值, 但这并不能代表 BCOD 值。根据水质不同, 50%~95% 的 BCOD 在 5 天后被氧化, 20 天后, 95%~99% 的 BCOD 被氧化。但并不推荐采用测定 BOD_{20} 的方法确定 BCOD, 这是因为测定 BOD_{20} 不仅麻烦, 更重要的是 BOD_{20} 的测定很不稳定。一个替代方法是通过绘制以时间为参数的 BOD 曲线, 利用 BOD_5 计算 BOD_{tot} , 其数学表达式为:

$$BOD_{tot} = \frac{1}{1 - e^{-k_{BOD} \cdot t}} \cdot BOD_t$$

式中: K_{BOD} 的值的取值范围在 $0.15 \sim 0.8 d^{-1}$ 之间, 影响 K_{BOD} 的值得主要因素就是污水中 S_I 和 X_I 的比例, 而这又由排水系统的类型和长度、污水中工业污水的比例, 以及前处理的方式几个因素决定^[3]。所以, 可以认为对于某个特定的污水处理厂, 进水的 K_{BOD} 是固定不变的, 测定 K_{BOD} 的办法是取污水样测定第 1、2、3、4、6、8、10 天时的 BOD 值, 绘出时间—BOD_t 散点图, 利用上面的表达式, 采用最小二乘法进行曲线拟合得到 K_{BOD} 值。考虑到季节变化对水质的影响, 定期对 K_{BOD} 值进行校正。需要提醒的是在所有测定 BOD 的实验中, 为了避免硝化作用的影响, 应该在反应器中投加烯丙基硫脲 (ATU) 抑制硝化菌生长, 一般浓度控制在 10mg/L 左右。

在 BOD 的测量期间会发生微生物的合成和衰减, 由于 BOD 的测量时间较长, 会导致相当部分的 BCOD 转变为惰性颗粒性有机物质 (X_I), 所以在利用 BOD_{tot} 确定 BCOD 时, 需要引入一个误差校正系数 f_{BOD} , 取值范围在 0.1~0.2 之间。根据麦金尼的有氧化理论, 在好氧过程中, 1/3 的底物被降解, 2/3 的底物合成有机体, 有机体衰减过程中, 4/5 的有机体被氧化分解, 1/5 的有机体转变为惰性颗粒性有机物质 (X_I), 可以知道每一份底物降解要导致约 0.13 份 X_I 的生成, 所以确定校正系数 f_{BOD} 的取值为 0.13。这样可以得到以下的表达式:

$$BCOD = \frac{1}{1 - f_{BOD}} \cdot BOD_{tot}$$

确定了 COD_{tot} 、 S_I 和 BCOD (即 $S_s + X_s$) 后, 利用式 $COD_{tot} = S_s + X_s + S_I + X_I$ 可以得到 X_I 的值。最后需要确定的是 S_s 或 X_s 的值, 目前普遍采用的方法主要有两种: 一种是根据 S_s 基本是溶解性物质, X_s 主要是大分子的颗粒物质的特征, 利用过滤的方法分离两种物质; 但通过大量实践, 一种普遍的共识是利用 0.45 微米滤膜过滤的时候, 由于部分 X_s 可以透过滤膜, 将导致 S_s 测量值比实际值偏高。近年来有人通过实验提出用 0.1 微米的滤膜过滤的方法测得的结果和利用生物法测得的结果有很好的一致性^[4]。但考虑到 S_s 和 X_s 的区分是基于生物反应中的差异, 最好是采用生物的方法给予确定。

在一个完全混合反应器中, 采用日脉冲式进水 (进水 12h, 停止进水 12h), 通过测定其耗氧速率 (OUR), 我们可以发现, 当保持连续进水的时候, 反应器的氧吸收速率逐渐趋向于一个恒定的值, 当突然

(下转第 104 页)

项环境管理制度的执行。为了更好地执行这八项管理制度,有必要对这些制度作规范化研究,同时结合环境保护经济政策、环境保护技术政策、环境保护产业政策和国际环境与法制合作政策作进一步的完善与改进;制订行政纲领或计划,将环境行政管理体系的改进和完善纳入政府的计划 and 目标之中^[8];

二是健全环境法制:我国已颁布多部环境类的法律,但其可操作性仍不强,实施困难。因此应以国家环境立法为基础,制订现行环境保护管理急需的法律法规及其实施细则和条例,以确保环境法律的实施;制订环境保护的组织法规和环境监督管理的法规,同时制订公众参与的法规和相应的行政规章,以保证法规切实得到实施;在继续完善并制订环境立法的同时,强调法律的实施,通过强化执行,严格执行环境保护的规范,及时查处和纠正违法行为,维护环境法律的权威,依法强化环境管理,从而保证环境的法律保护;开展和加强环境行政管理组织结构立法,规范政府环

境行政行为,提高效率,完善行政决策程序,为环境保护结构建立和发展提供法律依据。

参考文献:

- [1] 李典仪. 可持续发展与马克思主义自然观——人类社会生存与发展的永恒主题[J]. 武汉水利电力大学学报, 1999, 19(1): 1-6, 19.
- [2] 李双成. 生态思维[J]. 环境科学进展, 1999, 7(4): 147-153.
- [3] 闵庆文, 欧阳志云. 可持续发展的生态学思考[J]. 农村生态环境, 1998, 14(2): 40-44.
- [4] 臧玉祥. 实现 2000 年环境保护战略目标必须依靠科技进步九十年代我国环保科技发展策略设想[J]. 新疆环境保护, 1992, 14(4): 1-9.
- [5] 蔡宁. 国外环境与发展协调理论的研究[J]. 环境科学进展, 1998, 6(2): 66-70.
- [6] 海热提 涂尔逊, 杨志峰. 试论城市环境与可持续发展[J]. 环境科学进展, 1998, 6(6): 48-54.
- [7] 李士安. 可持续发展是环保追求的最高目标[J]. 城市环境, 1999, 13(1): 1-3.
- [8] 蔡荣春, 颜慧超. 可持续发展深化管理实论[J]. 城市环境, 1999, 13(1): 4-7.

(上接第 93 页)

停止进水后,氧吸收速率有一个突然的明显下降,这是因为任何积累的易生物降解物质(S_s)都被迅速地利用。然而 OUR 并不会降到零,这是因为累积的慢速生物降解物质(S_s)在一段时间内继续以相同的速率被利用。所以 OUR 的突然降低只与 S_s 有关^[5]。利用这个性质可以计算 S_s 的浓度:

$$S_s = \frac{\Delta OUR \cdot V}{Q \cdot (1 - Y_H)}$$

式中: ΔOUR —停止进水后 OUR 的变化 [$M/(L^3 \cdot T)$];

V —反应器的容积 (L^3);

Q —进水流量 (L^3/T)。

式中的 Y_H 可以通过过滤后底物去除过程中观察到的细胞物质生成量来估计。废水首先用 0.1 微米滤膜过滤去除颗粒物, 溶液中只有可溶基质, 从完全混合反应器中取出少量已经驯化的微生物接种。定期取出混合液, 测量溶解性 COD 和总的 COD。异养菌的产率可以由下式得到:

$$COD(\text{细胞}) = COD(\text{总}) - COD(\text{可溶})$$

$$Y_H = \frac{\Delta COD(\text{细胞})}{\Delta COD(\text{可溶})}$$

实验中要注意的问题是要控制污泥龄和保持合适的 F/M 值。污泥龄最好控制在 2 到 3 天以有效抑制硝化过程的产生, 避免硝化过程导致的 OUR 测定误差。调整 F/M 值使连续进水时期的氧吸收速率保持在 30 ~ 50 mg/l·h 之间, 使两个氧吸收速率阶段既保持一定

的时间以利于 OUR 的测定, 又存在明显的速率跳跃式变化。

3 结 语

以上简要介绍了笔者在研究中采用的针对 ASM1 模型中水质 COD 的四个组成部分的测定方法。在方法的设计上着重考虑了实验的可行性和忠实于组分划分的基本依据两个方面, 采用了物理手段与生物手段相结合的方法。虽然实验忽略了进水中的微生物量, 导致进水 X_s 略微偏大, 但考虑到研究进水微生物影响所需要的大量研究工作, 以及模型中其它参数测定时对误差的弥补, 本文的方法是实用的。

参考文献:

- [1] 张亚雷, 李咏梅[译]. 活性污泥数学模型[M]. 上海: 同济大学出版社, 2002.
- [2] 黄勇, 李勇, 潘阳. 几种废水特性鉴定方法的比较研究[J]. 苏州城建环保学院学报, 2000, 13(3): 9-17.
- [3] P J Roeleveld, M C M van Loosdrecht. Experience with guidelines for wastewater characterization in The Netherlands[J]. Water Science and Technology, 2002, 45(6): 77-87.
- [4] Mamais D, Jenkins D, Pitt P. A rapid physical chemical method for the determination of readily biodegradable soluble COD in municipal wastewater[J]. Water Research, 1993, (27): 195-197.
- [5] Torrijos M, Cerro R M, Capdeville B, Zeghal S, Payraudeau M, Leseouf A. Sequencing batch reactor: A tool for wastewater characterization for the IAWPRC model[J]. Water Science and Technology, 1994, 31(2): 149-160.