

活性污泥 3 号模型(ASM3)的修正过程

徐伟锋, 顾国维, 张 芳, 李咏梅

(同济大学 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

摘 要: 介绍了对活性污泥 3 号模型的修正过程,同时描述了其结构框架。在修正后的 ASM3 中,包括了基于易生物降解的直接生长这种情况,认为易生物降解基质的贮存过程和基于水中原基质的增殖过程是同时发生的,并且这两个过程相互竞争基质和电子受体。大量研究结果表明,基于原有基质的生长繁殖是一个非常重要的生物过程。

关键词: ASM3 模型; 直接生长; 模型修正

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000 - 4602(2004)06 - 0029 - 03

IWA 于 1999 年推出了活性污泥 3 号模型(ASM3),ASM3 所涉及的主要反应过程和 ASM1 相同——以处理生活污水为主的活性污泥系统中的氧消耗、污泥产率、硝化和反硝化,两者的最大区别在于在 ASM3 中反应过程的重点由水解过程转到了有机底物的贮存过程^[1]。

1 ASM3 存在的问题

ASM3 假设微生物首先将易生物降解有机物贮存于体内,然后依靠体内贮存物进行增殖。从机理上讲,假定贮存和基于贮存聚合物进行生长这两个过程同时发生是不太确切的。以往的试验表明,微生物只有先耗尽水中的原基质后才能利用胞内贮存物作为碳源和能源,同时 ASM3 在描述从小试中测得的试验数据时也并不十分令人满意。另外,它也不能模拟营养物过剩阶段时氧利用速率偏高和营养物缺乏阶段时氧利用速率偏低这两种情况。因此,这就产生了一个基于水中原基质的异养生长这个主要问题,这是一个与贮存过程相互竞争的过程。ASM3 代谢模型没有考虑到这个问题,即如果水中存在原基质时,它被利用于微生物生长的同时,过剩的基质被贮存起来。Krishna 等人^[2]认为,当需要考虑不同反应器类型、污水处理厂结构和水力流态或者温度变化时,这种机理起着重要的作用。

2 ASM3 修正模型的背景

异养微生物在好氧条件下对易生物降解有机物的储存包括两个不同的机理: 当进水中含有醋酸

时,在体内贮存聚- β -羟基丁酸盐(PHB); 当碳源是葡萄糖时则在体内贮存糖原。Van Aalst - van Leeuwen 等人^[3]提出了 PHB 代谢机理,Beun 等人^[4]对 PHB 代谢的化学计量式和动力学进行了研究。图 1 是贮存 PHB 的代谢模型。可见醋酸盐被吸收后转变为乙酰辅酶 A,然后乙酰辅酶 A 用于合成微生物和 PHB,同时它也可作为能源。当所有醋酸盐被消耗后微生物则处于饥饿状态,这时贮存于体内的 PHB 进行水解并重新生成乙酰辅酶 A。Van Aalst - van Leeuwen 等人报道了在营养物过剩的环境条件下,微生物的增长率为 0.47 g 细胞 COD/gCOD,贮存产率为 0.73 gCOD/gCOD,PHB 的增长率为 0.60 g 细胞 COD/gCOD。

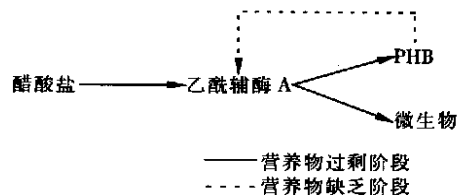


图 1 PHB 的代谢途径

2001 年 Dircks 等人^[5]研究了在混合培养基中糖原代谢的化学计量系数和动力学参数。图 2 为糖原代谢的示意图。葡萄糖被吸收后在体内合成为 6-磷酸葡萄糖(G6P),然而 G6P 转变为糖原和合成微生物,G6P 也可用于异化作用并消耗氧气。当水中原基质都耗尽后,微生物就利用糖原合成 G6P。

OUR 测出的这两个模型的动力学参数和化学计量参数,具体见表 3。

表 3 基质为葡萄糖的动力学参数和化学计量参数

模型参数	ASM3	修正后的 ASM3
$k_{STO}(d^{-1})$	12	8
$K_S(mgCOD/L)$	18	18
$Y_{STO}(gCOD/gCOD)$	0.88	0.90
$\mu_{HI}(\text{直接生长})(d^{-1})$		2
$\mu_{H2}(\text{基于糖原的生长})(d^{-1})$	2.5	2.5
K_{STO}	1	1
$Y_{HI}(\text{直接生长})(g \text{ 细胞 } COD/gCOD)$		0.67
$Y_{H2}(\text{基于糖原的生长})(g \text{ 细胞 } COD/gCOD)$	0.60	0.70
$b_{STO}(d^{-1})$	0.10	0.10
$b_H(d^{-1})$	0.20	0.20
$f_1(gCOD/gCOD)$	0.20	0.20

从糖原的贮存量、氮氮的消耗量和微生物增量方面来看,所得的结果和由修正模型得出的模拟结果具有很好的相关性。然而,由 ASM3 模拟出的结果则糖原的贮存量偏高、氮氮的消耗量偏低,从而会导致微生物增量偏低。在营养物过剩的环境条件下,两个模型在基质利用率和系统的氧气利用率方面的模拟结果相差不多。然而,ASM3 不能处理营养物缺乏阶段氧气利用率下降的情况。

系统中观察到有两个不同增长速率,这是由于同时发生了两个不同生长过程而引起的,即基于水中原基质的生长和基于微生物体内贮存物的生长。只考虑一个生长过程的 ASM3 既不能预测微生物增量,也不能模拟在营养物缺乏的环境条件下电子受体的低利用率。在 ASM3 的基础上增加以原基质为食料的生长过程后得到的修正模型,可导出两个不同的比增长速率,即在营养物缺乏阶段的比增长速率是营养物过剩阶段的 33%。可以看出,ASM3 模拟出的增长速率偏低,从而导致微生物产率偏低。

O. Karahan - Gul 等人^[6]以醋酸盐为基质得出的试验结果能很好地描述氧气利用率的情况,但得出两个生长过程的产率偏高。原因是根据 ASM3 假定出的内源衰减速率偏高,而用醋酸盐作为培养基得出的内源速率又偏低。在以葡萄糖为基质的 SBR 系统中,其模拟结果是基于微生物体内贮存物的最大比增长速率(μ_{H2})比基于水中原基质的最大比增长速率(μ_{HI})要高。

4 结语

ASM3 假定所有易生物降解 COD 首先转换成贮存物质,同时微生物只以消耗贮存聚合物进行生长繁殖,这一假设并不是十分确切。因为基于微生物

体内贮存物质的生长机制只有在外源基质被消耗完的情况下才具有活性,基于水中原基质的生长与基质贮存是同时进行的,在活性污泥模型中应当考虑这个问题。

ASM3 不能模拟从小试中获得的数据,其模拟结果表明糖原贮存量的预测过高,消耗的氮量预测过低,因而导致预测的微生物增量过低。由于 ASM3 采用了单一的增长过程,因此它不能处理营养物缺乏阶段溶解氧利用水平较低的情况,只采用一个较低的比增长速率。

为了更好地对实际生产运行情况和小试模型参数的确定进行预测,ASM3 必须根据贮存方式和生长过程进行修正。有必要考虑基于水中原基质的直接生长这种情况,提出一个增补微生物依靠外源基质进行生长的新 ASM3。继续使用原有的 ASM3 可能会在微生物增量、剩余污泥中贮存的聚合物含量以及异养生长时利用的氮氮量等方面有一些偏差。

参考文献:

[1] 张亚雷,李咏梅. 活性污泥数学模型[M]. 上海:同济大学出版社,2002.

[2] Krishna C, Van Loosdrecht M. Substrate flux into storage and growth in relation to activated sludge modeling[J]. Wat Res, 1999, 34 (14): 3580 - 3590.

[3] Van Aalst - van Leeuwen M A, Van Loosdrecht M, Heijnen J J. Kinetic modeling of PHB reduction and consumption by P. P under dynamic substrate supply[J]. Biotech Bioeng, 1997, 55(5): 773 - 782.

[4] Beun J J, Van Loosdrecht M, Heijnen J J. Stoichiometry and kinetics of PHB metabolism in aerobic, slow growing, activated sludge cultures [J]. Biotech Bioeng, 2000, 67 (4): 379 - 389.

[5] Dicks K, Beun J J, Van Loosdrecht M C M, et al. Glycogen metabolism in aerobic mixed cultures[J]. Biotech Bioeng, 2001, 73 (2): 85 - 94.

[6] O Karahan - Gul, Van Loosdrecht M C M, Orhon D. Modifying of Activated sludge model No3 considering direct growth in primary substrate [J]. Wat Sci Tech, 2003, 47(11): 219 - 225.

电话: (021) 65985914
E- mail :steve78107@sina.com
收稿日期: 2003 - 12 - 03