

环保与安全 本栏目由中国化工防治污染技术协会协办

IAWPRC 模型在焦化废水 生化处理模拟中的应用

王梓先 张志群

(北京化工大学环境工程系, 北京 100029)

摘要:介绍了国际水污染控制与研究协会(IAWPRC)活性污泥模型及在此基础上所开发工艺软件的进展情况。依据有关文献数据确定适合我国焦化废水处理的 IAWPRC 模型的 19 个参数值和 13 个组分的进水浓度值,应用基于 IAWPRC 模型自主开发的活性污泥稳、动态模拟程序,模拟厌氧-缺氧/好氧工艺处理焦化废水的运行情况,并检验该工艺系统设计的合理性,模拟结果与实际符合较好。

关键词:活性污泥;IAWPRC 模型;焦化废水

中图分类号:X703;TU832.13

文献标识码:A

Applications of the IAWPRC activated sludge water model to the coking wastewater treatment

WANG Zi-xian, ZHANG Zhi-qun

(Department of Environmental Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: IAWPRC activated sludge model and the development of some software based on it are introduced. A set of kinetic and stoichiometric parameters of IAWPRC and the conversion from real coking wastewater compositions to the IAWPRC model compositions are calibrated by investigating pertinent literature. Consequently the simulation of an anaerobic-anoxic/aerobic process (A-A/O process) for coking wastewater treatment is carried out and the configuration of the system is checked. The results are positive.

Key words: activated sludge; IAWPRC model; coking wastewater

活性污泥法是废水处理中应用十分广泛的生化操作技术,其数学模型与过程模拟的研究一直深受重视^[1]。活性污泥模型经历了从简单拟合实验数据到采用经典的微生物生长动力学方程,20 世纪 80 年代以来活性污泥模型发展到根据废水生物处理过程的特性进行动态分析、探索辨识建模阶段。其中, M. Hense 等^[2]提出的国际水污染控制研究协会(IAWPRC)活性污泥模型,已广泛用于活性污泥法计算机过程模拟及其工艺软件和污水处理新技术的研究与开发。笔者应用基于 IAWPRC 模型自主开发的活性污泥稳、动态模拟程序,依据相应的文献数据^[3~6]确定了适合我国焦化废水处理的各个参数,并与厌氧-缺氧/好氧工艺(简称 A-A/O 工艺)处理

焦化废水的运行结果进行比较,取得了令人满意的结果。

1 IAWPRC 模型及工艺软件

1986 年 M. Hense 等人^[2]在总结前人工作的基础上,提出了 IAWPRC 活性污泥模型。该模型综合了有机物氧化、硝化和反硝化作用,将水中的有机物(底物)划分为易生物降解和缓慢生物降解两大类,并以存在形态划分为溶解和非溶解底物,认为不同底物具有不同的转化途径:易于生物降解的有机物是惟一可为微生物生长过程利用的底物;而非溶解底物须先经过捕集、机械截留等途径被活性污泥吸附,然后再在活性污泥细胞外水解成易降解有机物

收稿日期:2001-10-16

作者简介:王梓先,男,1977 年生,硕士生,主要从事污水生化处理模拟研究;张志群,男,1955 年生,双硕士,北京化工大学环境工程系系主任,教授,导师,主要从事大气污染治理和水污染治理的研究。

才能被生长过程利用。模型对活性污泥生物絮体的组成也作了定性划分。由于该模型着重于生物处理的基本过程和原理,综合考虑了可能影响反应的各种环境因素,并以矩阵形式表述各基本反应过程及相关的组分,便于使用计算机编程计算,使各个生物过程中的物质变化一目了然,目前已成为国际上污水处理新技术开发、工艺设计计算方法研究和计算机模拟软件开发的通用平台。基于 IAWPRC 开发的软件能在一定条件、时间和空间条件下,模拟实际污水处理厂的运行,尤其是市政污水处理设计和运行情况。

1988 年,美国 Clemson 大学将 IAWPRC 模型编制成计算机程序 SSSP(simulation of single sludge process),这就是公认的第一个活性污泥法处理工艺软件^[7]。此后,活性污泥法处理工艺软件发展迅速,如 EFOR、STOAT、SASSPRO、DSP 和 GPS-X 等。

笔者以 IAWPRC 模型矩阵为基础,对 13 个模型组分分别建立物料平衡方程,并联立成为方程组,再结合实际的污水生物处理流程,就能将一个特殊的生物处理系统模型化,进而开发能用于实际的活性污泥稳态、动态计算程序。采用赛德尔迭代法求解稳态方程组。动态计算中,积分步长选用 10 s,既保证了稳定性,又有较快的计算速度。

2 模拟背景

以文一波等人^[8,9]建立的一套 A-A/O 工艺的中试运行数据为依据,用基于 IAWPRC 开发的计算程序进行模拟。该套工艺的实验装置流程如图 1 所示。

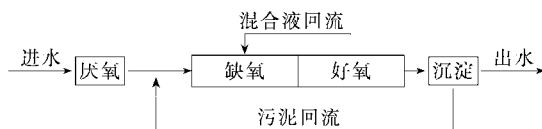


图 1 焦化废水生物脱氮 A-A/O 工艺流程

除了依据该模型建立包含各组分的物料平衡方程组,还需要结合实际的污水生物处理流程。通过对活性污泥法各种工艺流程的归纳总结,可分别建立单池子模型和多池子模型。

厌氧池容积为 1.6 m³,内为半软性填料;缺氧池、好氧池均为悬浮污泥系统,容积分别为 3.3 m³和 6.7 m³,好氧池使用微孔曝气。实验规模为 200 L/h。混合液和污泥回流分别采用离心泵和气动隔膜泵,回流比分别为 4~5 和 0.5%~1.0%。缺氧段

溶解氧一般在 0.1 mg/L 以下,曝气池中的溶解氧维持在 4.0~5.0 mg/L。整套系统的 pH 值为中性,固体停留时间(SRT)为 50~100 天。其稳定运行阶段进出水水质见表 1。

表 1 稳定运行阶段各主要污染物指标 mg/L

	COD _{Cr}	NH ₃ -N	总氮	NO ₂ -N	NO ₃ -N
进水	1537.0	225.7	310.2	0.14	17.1
出水	63.5	1.99	73.5	0.16	70.2
去除率/%	95.7	99.0	76.3	—	—

3 模拟结果与讨论

依据相关文献,由实际焦化废水组分浓度确定了 IAWPRC 模型中所采用的 13 个进水浓度值(表 2)和适合于该污水生化处理系统的 IAWPRC 模型的 5 个化学计量常数和 14 个动力学常数(表 3)。

表 2 IAWPRC 模型表示的进水浓度值 g/m³

参数及符号	数值
单位体积异氧性活性生物质量 $X_{B,H}$	0
单位体积自氧性活性生物质量 $X_{B,A}$	0
单位体积生物量衰减而成的颗粒产物质量 X_p	0
单位体积颗粒性惰性有机物质量 X_i	15
单位体积颗粒性可生物降解有机物质量 S_i	37
单位体积溶解氧质量 S_o	0
碱度 S_{Alk}	50
单位体积慢速可生物降解有机物质量 X_s	500
单位体积可溶性生物降解有机物质量 S_s	1000
单位体积氨氮质量 S_{NH}	225.7
单位体积溶解性硝基氮质量 S_{NO}	17.2
单位体积溶解性可生物降解有机物质量 S_{ND}	15.7
单位体积颗粒性硝基氮质量 X_{ND}	20

将以上进水浓度和模型参数代入活性污泥稳态、动态模拟程序,计算得到出水中各组分浓度值与实际值的比较见表 4。由于 IAWPRC 模型将 NO₂-N 和 NO₃-N 合并为 NO_x-N,故将实际出水的 NO₂-N 和 NO₃-N 合并为 NO_x-N 进行比较,模型计算结果与实际值还是很接近的。

通过模拟计算,不仅可以得到出水中各组分浓度的理论值,还可以检验该工艺系统设计的合理性。在原中试报告中指出“缺氧和好氧段容积比采用 1:2 时,对 COD、NH₃-N 及总氮的控制效果较好”。根据原报告在保持缺氧和好氧段容积总和为 10 m³ 的

前提下,改变缺氧和好氧段容积比(A/O容积比)得到的模拟结果支持该结论,如表5所示。

表3 IAWPRC模型的参数值

参数及符号	数值
自养菌或污泥的产率系数 $Y_A/g \cdot g^{-1}$	0.13
异养菌或污泥的产率系数 $Y_H/g \cdot g^{-1}$	0.67
颗粒性衰减产物的比例 f_p	0.008
N在生物量COD中的质量比 $i_{XB}/g \cdot g^{-1}$	0.086
N在惰性悬浮COD中的质量比 $i_{XP}/g \cdot g^{-1}$	0.06
异养菌的最大比增长速率 u_H/d^{-1}	3.0
基质饱和常数 $K_S/g \cdot m^{-3}$	40.0
异养菌的氧半饱和系数 $K_{OH}/g \cdot m^{-3}$	0.5
反硝化菌的硝酸盐半饱和系数 $K_{NO}/g \cdot m^{-3}$	0.1
异养菌的衰减系数 b_H/d^{-1}	1.2
缺氧条件下的 u_H 校正因子 η_g	0.8
缺氧条件下的水解校正因子 η_h	0.4
氨化速率 $K_a/m^3 \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$	0.16
最大比水解速率 K_h/d^{-1}	3.0
慢速可生物降解基质水解的半饱和系数 $K_X/g \cdot g^{-1}$	0.03
自养菌最大比增长速率 u_A/d^{-1}	0.65
自养菌的氨半饱和系数 $K_{NH}/g \cdot m^{-3}$	1.0
自养菌的氧半饱和系数 $K_{OA}/g \cdot m^{-3}$	4.0
自养菌的衰减系数 b_A/d^{-1}	0.07

表4 实际出水与模拟出水中各组分质量浓度 mg/L

	COD _{Cr}	NH ₃ -N	总氮	NO _x -N
实际值	63.5	1.99	73.5	70.36
计算值	61	3.60	81.2	73.30

表5 不同A/O容积比的模拟出水水质 mg/L

A/O容积比	COD _{Cr}	NH ₃ -N	总氮	NO _x -N
2:1	196.2	119.97	215	3.225
1:1	69.3	48.22	82.93	28.79
1:2	61.0	3.60	81.2	73.30
1:4	60.8	1.95	124.72	119.05

此外,还进行了固体停留时间、水力停留时间及混合液回流比变化对系统处理效果影响的模拟计算,得到了肯定的结果。

参考文献

- [1] 张志群,王梓先.活性污泥模型研究及其工艺软件的发展[J].环境污染治理技术与设备,2001,2(6):1~8
- [2] Hense M, Gujer W, Mino T, et al. IAWPRC task group on mathematical modeling for design and operation of biological wastewater treatment: Activated sludge model No. 1 [R]. IAWPRC Scientific and Technical Reports, 1986
- [3] 张敏.焦化废水生物处理实验研究[D].北京:清华大学,1989
- [4] 张喜悦.焦化废水厌氧-缺氧、好氧工艺生产性实验研究[D].北京:清华大学,1995
- [5] 张辉明.焦化废水生物脱氮的研究[D].北京:清华大学,1991
- [6] 赵健夫.焦化废水中有机生物降解性能研究[D].北京:清华大学,1989
- [7] 汪汇贞,曹秀芹.活性污泥模型NO.1及“SSSP程序”在中国污水厂适用性的初步探讨[J].北京建筑工程学院学报,1996,12(3):66~73
- [8] 文一波,张辉明,钱易.A-A/O法处理焦化废水中试研究[J].中国给水排水,1992,8(3):7~12
- [9] 文一波,张辉明,钱易.焦化废水生物脱氮研究[J].环境科学,1992,13(3):45~50

《中国化工产品目录》2001~2002年第10版

该书是由中国化工信息中心、中化信富邦信息技术有限公司主编的大型化工工具书,第10次出版,经过每年的更新充实,积累了丰富翔实的信息,可满足不同读者的要求。

上册(产品):十九大类24000余种(类)产品。

下册(企业):全国18000余家企业。

附录:石油化工上市企业简介、化工进出口贸易公司名录、化工社团机构名录、化工企业网址名录、石油科研院所及设计院名录、化工产品中英文

名称索引及CA登记号索引。

订价:350元/套(含邮资)

中化信富邦信息技术有限公司

网上书店:WWW.cheminfo.gov.cn

地址:北京安外小关街53号(100029)

联系人:马立红

电话:010-64444193

传真:010-64437137

开户行:北京农行亚运村支行

帐号:230101040004176