

# WEST 仿真软件在污水处理中的应用研究

揭大林 操家顺 花月 孙大伟

(河海大学环境科学与工程学院, 南京 210098)

**摘要** 介绍了活性污泥系统仿真软件 WEST 的模型机理及其建模的过程, 通过实例分析了 WEST 软件在无锡城北污水处理厂中模拟应用, 结果表明, 模拟值能较好地反映污水处理厂实际运行状况, 并分析讨论了模拟过程中应注意的几点事项。

**关键词** 活性污泥模型 WEST 软件 污水处理

**中图分类号** X703.1 **文献标识码** A **文章编号** 1673-9108(2007)03-0138-04

## Application research of WEST software to sewage treatment

Jie Dalin Cao Jiashun Hua Yue Sun Dawei

(College of Environmental Science and Engineering, Hohai University, Nanjing 210098)

**Abstract** The model mechanism and the modeling process in terms of WEST software which is a kind of activated sludge system simulation software were introduced in this article, the analogy application of this software in a sewage treatment plant in Wuxi city was analyzed. The facts show that the analogy value can reflect the real operation status of the plant fairly. At the end of the article, some items which should be paid special attention to in the simulation process were discussed.

**Key words** activated sludge model; WEST software; sewage treatment

活性污泥法在废水生物处理中应用广泛, 其工艺流程的选择设计和处理系统的优化运行一直深受重视。20 世纪 80 年代以来, 数学模型和计算机技术在活性污泥法中的应用日趋活跃, 模型研究经历了从简单拟合到采用经典的微生物生长动力学模型, 进而根据废水生物处理过程的特性进行过程动态分析。同时, 国际水质协会(ICWWQ)在总结前人工作的基础上相继推出了活性污泥 1~3 号模型(ASM1、ASM2、ASM2d、ASM3), 为国际上污水处理新技术开发、工艺设计研究提供了通用平台<sup>[1]</sup>。与此同时, 出现了相应的商业化活性污泥工艺软件, 如美国 Clemson 大学基于 ASM1 开发的 SSSP 程序、DHI 的 EFOR 软件、Hydromantis 公司开发的 GPS-X 软件、比利时 HEMMIS 公司和 DHI 合作开发的基于 ASMs 机理模型的 WEST 仿真软件<sup>[2,3]</sup>等。

本课题组在研究活性污泥数学模型的同时, 在实际应用中对 WEST 软件中的模型参数进行了合理调整, 使 WEST 软件更适用于当地城市污水处理厂。在此对 WEST 软件的使用功能与经验等作一分析介绍。

### 1 WEST 软件的主要特点

WEST 软件目前最新的版本是 2006 年 5 月更

新的 WEST3.73, 其机理模型中包括 IWA 推出的所有活性污泥数学模型, 如除碳脱氮的 ASM1、ASM3 模型及脱氮除磷的 ASM2、ASM2d 模型等, 模型库提供的反应器、沉淀池、分离器、传感器和控制器等组件单元, 用户可以使用分级图形编辑器(HGE)构建模拟对象, 并建立组件单元间的关联, 实现对污水厂模型的构建。流程各单元中的水质变化过程, 既可用数据文件格式输出, 也可以用图表直观地显示整个变化过程; 同时, 可通过对操作单元(如曝气池、二沉池和回流井等)的运行参数建立阀点控制条, 来调整该系统的运行参数或对其进行相应的操作, 分析污水厂的处理状况; 另外, WEST 是一个多功能、开放式的仿真软件, 高级用户通过 MSL 数据库可以实现对模型库的自定义扩展和二次开发<sup>[4]</sup>。

与同类型的活性污泥软件比较, WEST 软件具有友好的人机对话界面, 操作简洁灵活, 可以迅速地组建起各种活性污泥处理工艺。在应用功能上, WEST 软件开发了多种功能, 除了可对污水厂进行

收稿日期: 2006-07-20; 修订日期: 2006-10-24

作者简介: 揭大林(1982~), 男, 硕士研究生, 主要从事市政水处理技术研究工作。E-mail: ilikeit0712@126.com

实时模拟外,还可以通过灵敏度分析等进行污水厂的实验分析,研究敏感性关键参数;通过污水厂各运行参数的正交试验和网格试验的情景分析,通过对污水厂的不同运行方案的分析,进而确定高效率低能耗的最佳运行方案<sup>[4]</sup>。这样就可以用计算机代替实验,实现工艺上的优化设计。

此外, WEST 软件提供的自动化控制功能强大:各种参数传感器(如 COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub>-N 和 DO 等),可实时反馈过程中各种信息,及时诊断各种工艺故障;内置 PI、PDI 控制和超前滞后、前馈控制等模拟程序,对于相对复杂且有一定控制要求的工艺如 MSBR 等也可实现较理想地仿真<sup>[5]</sup>。

## 2 WEST 软件的应用过程

在全面分析污水水质与过程的基础上, WEST 软件能够较好地模拟实际污水厂的运行。模拟主要

分 5 步<sup>[4,6]</sup>:

(1)分析实际工艺流程,根据需要选定模型机理(ASM1、ASM2、ASM2d 或 ASM3),然后利用模型库中各种工艺组件单元建立用户需要的工艺构造。

(2)根据污水厂的设计参数,输入污水处理单元构筑物尺寸与系统的流量关系,并把常规碳、氮、磷水质参数转化成模型组分,确定污水厂进水水质并输入。

(3)确定模型化学计量系数和动力学参数,选定计算方法与步长,进行稳态模型运算,并根据需要输出各种过程的图形或数值结果。

(4)用稳态模拟运行结果作为动态模拟的初值,对动态进水水质进行动态模拟分析,反复校正与验证参数值。

(5)结合实际数据进行结果分析与参数校正,确定模型可靠性,实现合理模拟。

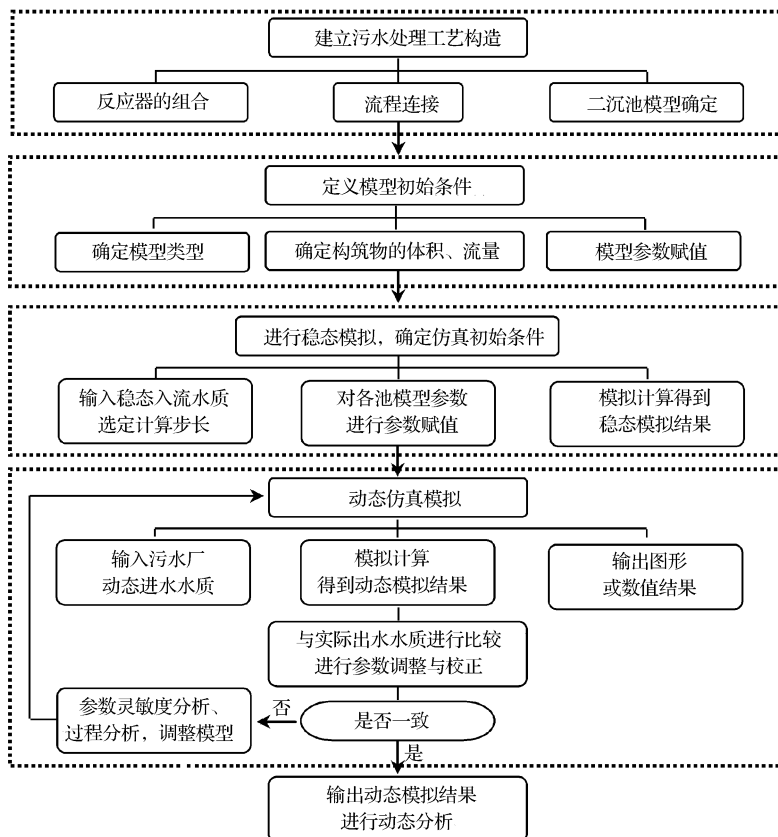


图 1 WEST 对活性污泥处理系统模拟过程

Fig.1 Simulating process of activated sludge system in WEST software

## 3 实例分析

### 3.1 污水厂设计运行参数

无锡城北污水厂采用 Orbal 氧化沟工艺,设计

日处理水量 10 万 m<sup>3</sup>/d,共设 4 座氧化沟。单座 25 000 m<sup>3</sup>/d,其生活污水与工业废水之比为 6:4。污水依次流经中心岛沟、外沟、中间沟和内沟。

中心岛沟为一个推流式厌氧选择器,池容

1044.3 m<sup>3</sup>,加上管道体积 30 m<sup>3</sup>,厌氧停留时间为 62 min。外沟是 Orbal 氧化沟发生硝化反应和反硝化反应的主要场所,沟宽 9 m,有效水深 4.2 m,有效容积 9408.8 m<sup>3</sup>,占氧化沟总池容积的 56.7%。沟内溶解氧控制为 0 mg/L,呈亏氧状态。中间沟宽 5 m,沟渠容积 4271 m<sup>3</sup>,占氧化沟总池容积的 28.32%,池内溶解氧控制在 1 mg/L,继续完成有机物的转化和硝化反应。内沟宽 4 m,沟渠容积 2915.6 m<sup>3</sup>,占氧化沟总池容积的 14.98%,池内溶解氧为 2 mg/L,内沟的混合液通过内回流泵进入氧化沟的外沟,共设 2 台 RPC 回流泵,回流比 100% ~ 300%。

设 4 座直径 42 m 的辐流式沉淀池。设计参数:表面负荷  $q_{\max} = 1.02 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ,旱季为  $0.75 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ,固体负荷  $m_{\max} = 144 \text{ kg MLSS}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ ,沉淀时间为 2 h,池边水深 4.0 m。设圆形露天回流泵房 2 座,直径 8 m,回流比  $R = 70\% \sim 100\%$ 。

### 3.2 WEST 仿真模拟

经过课题组 1 个月的现场实验和考察,获得无锡城北污水厂 2005 年常规进、出水水质数据、运行控制参数、水质组分比例以及模型典型参数等。利用 WEST 软件建立模型,选用 ASM1 对污水厂除碳脱氮效果进行模拟。

在模型中,如图 2 中所示,以一个 3 格式厌氧完全混合反应器(anaerobic)替代中心岛沟推流式厌氧选择器,以 6 个串联的完全混合反应器(ASU1 ~ 6)模拟外沟处理效果,并设置成厌氧-缺氧-好氧交替,体积比为 2:1:1;以 4 个和 2 个串联的完全混合反应器(ASU7 ~ 12)分别模拟中沟和内沟处理效果,分别设置成缺氧和好氧;外沟、中沟、内沟总的 DO 分别控制在 0、1 和 2 mg/L;并以 3 个内回流和 2 个外回流实现氧化沟的环状推流状态、内沟混合液回流及污泥回流;二沉池采用分层模型。构造图中 Transformer、CtoF、FtoC、loop、SP、Com 分别为模型组分转换器、浓度-通量转换器、通量-浓度转换器、循环开关、分流器和合流器。

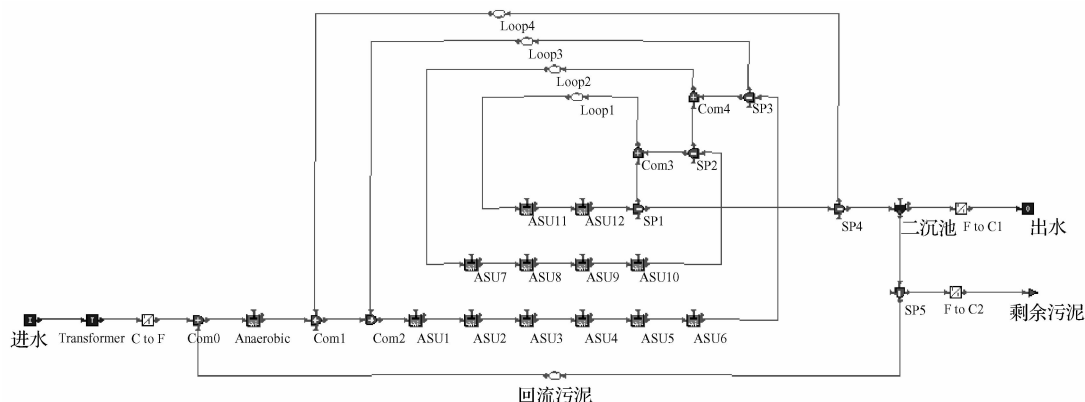


图 2 Orbal 氧化沟工艺模型构造

Fig. 2 WEST configuration of the Orbal oxidation ditch

稳态模拟过程中,动力学、化学计量学系数及入流组分划分均采用国际水协推荐的典型值输入模型中计算,通过软件中敏感性分析功能确定出模型的敏感性参数( $Y_h$ 、 $\mu_{\max}$ 、 $b_H$ )。在此基础上,通过现场实验研究,确定出敏感参数及典型组分的比例范围。

在动态模拟过程中,输入一组污水厂动态入流水质,根据实验结果调整入流组分划分,并反复校正参数,进一步优化模拟结果。最后,以其他几组数据进行模型验证,最终确定合适的模型参数和组分划分比例,建立污水厂仿真模型。经计算比较,模拟结果与实测结果趋势吻合一致,认为模拟值与实测值吻合较好,模拟是合理的。

经过反复校正后得到的 Orbal 氧化沟动态模型,对 2005 年 5 ~ 6 月份水质进行动态模拟(其间污水厂进水 COD 为 450 mg/L 左右,BOD<sub>5</sub> 为 200 mg/L 左右,TSS 为 300 左右,TN 为 40 mg/L 左右,进水量为  $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  左右),得到二沉池出水水质的模拟值,图 3 和图 4 所示为 2005 年 5 ~ 6 月 COD、NH<sub>3</sub>-N 出水模拟值与实测值之间的比较结果。

### 3.3 讨论

由以上二沉池 COD、NH<sub>3</sub>-N 实测值与模拟值比较可见,模拟值与实测值符合性较好,说明在进行对氧化沟工艺模拟过程中,以多个串联的完全混合反应器代替环状推流式的反应池是可行的。同时通过

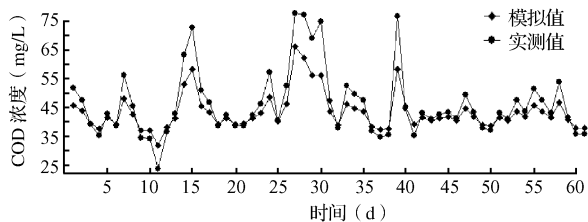
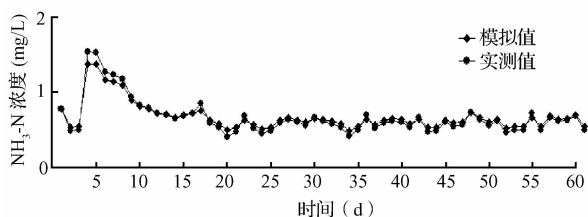


图3 二沉池出水 COD 实测值与模拟值比较

Fig.3 Comparison between model COD and effluent COD

图4 二沉池出水  $\text{NH}_3\text{-N}$  实测值与模拟值比较Fig.4 Comparison between model values and effluent  $\text{NH}_3\text{-N}$ 

设置不同完全混合反应器中的  $K_{\text{la}}$  (氧传质系数) 值, 可以近似模拟氧化沟中转刷前后厌氧-缺氧-耗氧的环境。但是在进水浓度出现峰值时, 模拟值与实际值还有相当的差距, 经过调查研究发现, 当污水厂进水浓度较高时, 虽然加大了氧化沟内的曝气转刷的浸没深度和转速, 但仍然难以控制各池中的溶解氧在设计值范围内运行, 而在模拟计算时是严格按设计参数运行的, 从而模拟出水水质优于实际的出水水质。

通过本课题组的研究经验, 建议在进行模型拟合时, 应避免瞬时的异常值, 采用前一天的数据作为模拟计算起点。在计算机模拟的基础上, 对于敏感

性参数 (如  $Y_{\text{h}}$ 、 $\mu_{\text{max}}$ 、 $b_{\text{H}}$  等) 和入流组分 (如  $S_{\text{s}}$ 、 $X_{\text{s}}$ 、 $X_{\text{h}}$  等) 的确定, 应辅以试验研究确定出适合该污水厂水质的值。

## 4 结 论

国际水协推出的 ASM<sub>s</sub> 系列动态机理模型, 在一定的试验分析和污水厂现场调研的基础上, 经过合理的参数校正可以较准确地表征活性污泥系统, 进而分析污水厂处理情况, 优化污水厂的运行。WEST 仿真软件能提供较好模拟污水厂的平台, 在污水厂分析与管理上具有很大的优势, 可以作为一种经济有效的污水厂设计和优化的辅助工具。

## 参 考 文 献

- [1] 张亚雷, 李咏梅. 活性污泥数学模型. 上海: 同济大学出版社, 2002
- [2] 孙德荣, 吴星五. 活性污泥数学模型的发展及运用. 中国给水排水, 2003, 19(2): 40~43
- [3] 施汉昌, 刁惠芳, 刘恒, 等. 污水处理厂运行模拟、预测软件的应用. 中国给水排水, 2001, 17(10): 61~63
- [4] 郭亚萍, 顾国维. ASM2d 在污水处理中的应用与研究. 中国给水排水, 2006, 22(6): 8~10
- [5] Henze M., Gujer W., Mino T., et al. Activated Sludge Models ASM1, ASM2, ASM2d, and ASM3, Scientific and Technical Report No. 9. London: IWA Publishing, 2002
- [6] Peter A. Vanrolleghem, Guclu Inse, Britta Petersen, et al. A Comprehensive Model Calibration Procedure for Activated Sludge Models. Water Environment Federation. No 9, 2003. 1~28