

述评与讨论

污水处理厂全程模型化的软件选择

徐丽婕, 王志强, 施汉昌

(清华大学 环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100084)

摘 要: 介绍了国内外几种以活性污泥法和其他生物反应动力学、水力学模型为基础的污水处理过程模拟软件,重点介绍了 GPS-X、WEST 和 EFOR 等著名软件。基于我国污水处理厂全厂模型化的构想,对各种模拟软件的功能结构及特点进行了比较。

关键词: 污水处理厂; 活性污泥模型; 模拟软件; 全厂模型化

中图分类号: X505 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2004)05-0021-03

1 国内外污水处理厂模拟软件

1.1 GPS-X

GPS-X 于 1991 年 9 月由加拿大 Hydromantis 公司研制开发^[1,2]。GPS-X 所能描述和模拟的水处理工艺过程非常全面,包括活性污泥法及其各种变形工艺(CSTR、推流式、多点进水等)、SBR、Hybrid 系统(固定膜和悬浮生长)、初沉池、二沉池、生物滤池、膜过滤、厌/好氧消化池、生物转盘以及用户自定义流程。

作为污水处理工艺模拟软件的前驱,在经过多年不断的修正和扩充后, GPS-X 几乎包括了其他各种软件的大部分功能并形成了自己的特点: 能实现污水处理过程的稳态模拟和动态模拟,并能进行在线自动实时监控; 具有敏感性分析模块和模型校正及参数估值优化模块,能在稳态和动态情况下运行; 用户可对系统内置的模型进行更改和编辑,并能自定义添加描述工艺过程的模型; 能帮助进行污水处理过程的设计、改进及优化,并向员工提供水厂运行决策的培训; 读取和利用实际污水处理厂的数据作为模拟输入,或者将其与模拟输出结果对比; 对工艺过程实行自动检查、警告和自动校正、传感器探错、过程检错及预测等功能; 可与 SCADA 系统连接,也可与 PID 控制连接。

GPS-X 的模型种类、模拟工艺及数据处理功能非常全面,适合于大部分污水处理厂日常运行的模拟和指导新建、扩建、改建污水处理厂的设计优

化,是比较理想和全面的全厂模型化软件。

GPS-X 曾在 St. Catharines Ontario、Mt. Vernon 等多家城市污水处理厂及工业废水处理厂中得到实际应用,著名的环境咨询公司 CH2M 也将其作为主要专业软件之一。

1.2 WEST

WEST 由 Hemmis 公司于 1995 年开发,适合不同层次的人员使用(模型编写研究人员、模型构建应用人员和污水处理厂管理人员)。

WEST 的活性污泥模型库中包含 ASM1、ASM2、ASM2d、ASM3 以及 ASM 系列的温度校正模型以及沉淀池模型等,加上各种单元模块就可以用于模拟活性污泥法及 AO、A²O、延时曝气等各种变形工艺。WEST 仍在不断地扩充其模型库,现已能描述的其他工艺有 UASB、IDEA 和 BAF,以及污泥浓缩、脱水及焚烧等处理单元。

WEST 软件包含的功能与 GPS-X 的类似。每个污水处理单元都可由用户选择相应的子模型,子模型间相互独立,能方便地进行自由组合,搭建成污水处理厂的工艺流程。此外,用户可以根据原水的种类选择模型(如工业废水模型),能实现多种实际功能,如模型校正、不确定性分析、敏感性分析和模型有效性判定等。WEST 的界面相当友好,各种图表能在模拟过程中实时显示并可随时调节过程参数,清晰且直观。

由于该软件输入的参数是以模型组分的形式表

达,从文件中读取模型参数进行模拟计算,对于操作人员来说极为不便,因此 WEST 软件更适合用于对污水处理过程的模拟研究和教学培训,用于全厂模型化有一定的难度。

WEST 软件在欧洲的应用比较广泛,C. Printemps 等人用它对法国的 Tougas 污水处理厂进行了优化^[3],该软件在比利时等国的高校中(如 Ghent University)也作为教学和研究软件来使用。

1.3 EFOR

EFOR 由丹麦技术大学开发于 20 世纪 80 年代末至 90 年代初,1991 年底被 EFOR ApS 公司收购,2000 年 12 月由 DHI 正式接管。该软件包含 ASM 的系列模型,其核心模型被称为 CNDP 模型,是以 ASM1 和 ASM2d 为基础构建的,能模拟有机物质的去除、硝化反硝化过程以及生物除磷和化学除磷过程。EFOR 软件在沉淀池模型的处理上较有特色,它包含有三种水力学模型:split - point settler、simple 2 - laye settler 和 full flux - model,这使得该程序能够模拟沉淀池内不同污泥层的状况和污泥回流等生物过程。EFOR 内置了一些工艺流程,例如传统活性污泥法以及多种脱氮除磷工艺,用户也可以自定义建构工艺流程。

与前两种软件相比,EFOR 的功能相对较少,能描述的工艺过程也不够全面,但是比较简单实用,适合做非常简化的污水处理厂模拟。

EFOR 软件大多集中在沉淀池的应用研究上,L. Piirtola 和 F. Gohle 等人分别用 EFOR 模拟污泥床不同层面的沉降情况^[4],国内的陈立等也曾将 EFOR 用于模拟某市的奥贝尔氧化沟^[5],刘艳臣利用 EFOR 对污水处理厂进行静态和动态的模拟分析,主要模拟了二沉池不同污泥层的 SS 变化及泥位变化情况^[6]。

1.4 SIMBA

SIMBA 于 1994 年由 ifak 开发,其基础模型为 IAWQ 工作组开发的 ASM 模型、消化模型(Siegrist)以及污染负荷模型。这些模型存放在模型程序库中,用户可以对这些模型进行修改,编辑自定义模型。软件中包括进水、初沉池、二沉池等单元模块以及描述污泥存储等过程的模块,此外还有独立的一些模块,如 SBR 模块可模拟 SBR 系统,Netfox 模块可实现推流式反应器和氧化沟等结构的模拟。这些模块化的单元都在一个开放式结构下,用户可以自

行编辑修改。SIMBA 还设有其他单元模块来描述生物膜工艺和污水运送过程等,此外 SIMBA 中有很多辅助工具,如图表显示和结果分析的终端支持工具,参数敏感性分析及参数估值校正等功能,也能用于全厂模型化。

1.5 国内软件 TH - ASSS

国内有关活性污泥模型及污水处理过程模拟软件的研究均较晚。现阶段仍集中在利用国外软件对活性污泥模型进行研究和应用,而在软件开发上的研究非常少。张代钧等以 ASM1 模型为基础利用 matlab 编写了程序,对传统活性污泥法的运行过程进行计算机动态模拟^[7],但是没有将其进一步开发为模拟软件。

清华大学环境科学与工程系于 1993 年开展了对 IAWQ 活性污泥过程模型的研究,1995 年成功编制了国内第一个以 ASM1 为核心的汉化废水生物处理模拟软件。2000 年开发了 TH - ASSS,该软件以 ASM1 为基础,并增加了沉淀池一维模型,能对污水处理厂进行更为全面的描述。该软件曾在北京市方庄污水处理厂和河南省郑州市污水处理厂得到应用^[8],解决了郑州市污水处理厂的氨氮处理率低的问题并对该厂的运行管理起到了一定的预测和指导作用,但是该软件的应用还属于初步探索阶段。

2 存在的问题

国外模拟软件的发展相对成熟,软件中包含的模型库内容丰富,可模拟的工艺过程覆盖面广,有些软件几乎适用于任何工艺的污水处理厂,但是也存在一些问题:

没有中文界面或者中文提示,若直接用于我国的污水处理厂则对操作人员有较高要求,可考虑将其汉化后使用,例如 WEST 公司正试图将其软件汉化后推广到中国来。

价格昂贵,例如 WEST 软件面向污水处理厂用户的价格在 2 万美元左右,面向模型研究人员的价格更在 3 万美元以上;而 GPS - X 的价格标准配置为 9 900 美元左右,全套配置(企业版)价格为 22 100 美元;虽然 EFOR 的早期版本可以免费获取,但做为全厂模型化的模拟软件还远远不够,只能作为教学和研究来使用。

模型中的参数及术语过于理论化,某些软件没有建立与常规水质参数之间的关系,在实际污

水处理厂运行时需要专家的指导,比较适合用做模型研究。

某些软件对动态数据的组织处理不够完善,不能进行实时模拟,这就不能给污水处理厂的运行提供实时的监测和预报。

很难做到与其他系统(例如 SCADA 系统)的实时接口(GPS - X 可以),因而无法在国内的一些监控软件中作为核心控制算法来应用。

3 软件的选择依据和配套要求

结合模拟软件的特点和功能,选择适合我国国情的模拟软件是全厂模型化的首要任务。模型选择的依据为:

模拟软件中含有合适的模型,可将污水处理厂的工艺流程较完整地体现出来;

模拟软件中所选择模型的易读性和模型中输入参数的可测性;

模拟软件能与国内污水处理厂目前拥有的各种离线、在线仪器直接进行数据传递;

模拟软件应与现场总线系统有数据交互的友好性;

适合一般污水处理厂运行人员操作使用;
经济性及有效性。

模拟软件的配置要求主要包括以下几个方面:首先,模型组分参数、系数及模拟条件参数的测量需要配置一些在线和离线仪器,以提供模型计算所需要的参数(例如氨氮、磷酸盐和 COD 等),同时这些仪器设备必须定时维护、及时清洗和经常校准,以保证数据的有效性;其次是现场总线系统和数据通信系统的搭建,即数据管理和传输系统,现在国内许多新建的污水处理厂基本上都配有 SCADA 系统,但是仅对水流量、污泥流量、ORP 和曝气量等物理参数进行监控和传输,水质参数的仪器和传输跟不上;最后是技术人员的软硬件培训,让污水厂的操作人员熟悉和了解模拟软件的常规操作,以及各种硬件设施的调整和控制,这是污水处理厂全厂模型化成功的保证。

4 结语

污水处理是基于异常庞大而复杂的系统实现的,要将污水处理过程进行得有条不紊,单纯通过

人工控制是远远不够的,将污水处理厂模型化会为污水处理的运行和控制带来极大的便利。

活性污泥法系列模型的产生带来了模拟软件的大量发展,如何有效地利用这些软件进行污水处理厂的全厂模型化将成为今后的研究重点。

在对各种模拟软件的模型库、功能和其他方面的比较后,用户可以根据污水处理厂的特点和要求选择适合全厂模型化的软件。

在完成全厂模型化的模拟软件选择后,还需要对污水处理厂的全厂模型化进行全面的配套参数设置,使软件能充分地发挥其运行控制和管理的作用。

参考文献:

- [1] Schutze M, Butler D, Beck M B. Modelling, simulation and control of urban wastewater systems[M]. London: Springer, 2002.
- [2] Hidromantis. GPS - X Technical Reference[M]. Ontario: Hidromantis, Inc., 1995.
- [3] Printemps C, Baudin A. Optimisation of a large WWTP thanks to mathematical modeling[A]. 9th IWA Specialised Conference on design, operation and economics of large wastewater treatment plants[C]. Prague: Vodni hospodarsvi s. r. o., 2003.
- [4] Gohle F, Finnson A. Dynamic simulation of sludge blanket movements in a full - scale rectangular sedimentation basin[J]. Wat Sci Tech, 1996, 33(1): 89 - 99.
- [5] 陈立. EFOR 程序的仿真模拟功能应用研究[J]. 中国给水排水, 1998, 14(5): 15 - 19.
- [6] 刘艳臣. EFOR 在污水处理厂模拟控制中的应用[A]. 第三届环境模拟与污染控制学术研讨会[C]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [7] 张代钧, 卢培利. 传统活性污泥法 COD 去除及脱氮改造的模拟[J]. 环境科学学报, 2002, 22(4): 448 - 453.
- [8] 施汉昌, 刁惠芳. 污水处理厂运行模拟、预测软件的应用[J]. 中国给水排水, 2001, 17(10): 61 - 63.

电话: (010) 62787033

传真: (010) 62771472

E - mail: xulijie00@mails. tsinghua. edu. cn

收稿日期: 2003 - 10 - 22