

城市污水处理厂 Web 决策支持中心的设计与开发

王征, 汪诚文, 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: 研究开发了基于 Web 的城市污水处理厂决策支持系统(模拟系统、专家系统、培训系统), 实现了决策支持中心的思想。介绍了城市污水处理厂 Web 决策支持中心的设计思想, 以及利用 .NET 技术, 以单机版决策支持系统为基础进行软件开发的方法。同时讨论了开发城市污水处理厂决策支持中心的意义, 以及在本研究基础上进行深入科研工作的前景。

关键词: 决策支持系统 DSS; Web; 城市污水处理厂; 模拟系统; 专家系统; 决策支持中心

中图分类号: X32; C934 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-6504(2006)03-0058-03

城市污水处理厂决策支持系统(DSS)的研究是在国际水质协会 IAWQ 20 世纪 70 年代末提出的仪器化、控制化和自动化(ICA)技术^[1]的基础上发展起来的, 它是城市污水处理系统的智能控制理论与技术研究的重要组成部分。

1 城市污水处理厂决策支持中心

1.1 污水处理决策支持系统的研究现状

城市污水处理厂决策支持系统研究中, 两个重要的研究领域是基于污水处理过程模型的模拟系统和基于知识库及推理机的专家系统。活性污泥污水处理模拟系统如 EFOR、GPS-X、West 等, 大多采用 IAWQ 提出的 ASM1、ASM2/ASM2D、ASM3 活性污泥模型。这些模型综合了活性污泥系统中碳氧化、硝化、反硝化和生物除磷等多个过程, 能够用于模拟污水生物处理的全过程^[2]。以污水处理实际运行经验知识为基础创建的专家系统可以解决一些难以建模, 模拟系统无法解决的问题, 是决策支持系统的另一个重要组成部分^[3]。同时包括模拟系统和专家系统的决策支持系统, 也被称为智能决策支持系统^[4]。清华大学 2003 年开发的 Operating Decision Support System(ODSS)智能决策支持系统^[5], 在国内部分污水厂中使用, 取得了良好的效果^[6]。

1.2 现有决策支持系统存在的问题

(1) 单机版决策支持系统的安装、维护和升级需要在各个污水处理厂进行。由于污水处理厂的工艺流程、运行条件、构筑物参数不同, 还需要对系统进行相应调整(如工艺参数的和专家知识库的修改等), 因而系统的技术维护较为繁琐。

(2) 专家系统无法完全替代技术专家, 很多实际

问题仍需要由专家进行分析和决策。

(3) 模拟系统的运行结果, 也需要由技术专家进行分析解释。同时专家无法方便的获取各个污水处理厂的模拟数据, 以对模拟系统进行深入研究。

1.3 城市污水厂决策支持中心的提出

计算机和网络技术的飞速发展, 使得决策支持系统的研究和应用在深度(模型、数据分析)和广度(决策中心、基础)。在广度和深度上作者开发了城市污水处理厂决策支持中心(DSC)。

(1) 首先, 将决策支持系统由原来的单机架构, 转换为基于 Web 的浏览器/服务器(B/S)架构。用户可以通过 Web 浏览器登录决策中心, 而无需安装任何单机软件, 从而解决了目前在软件安装、维护和升级中存在的问题。

(2) 同时, 决策支持中心为用户与专家、用户与用户、专家与专家之间创建一个信息交流和资源共享的平台, 并为进一步科学研究奠定基础。通过技术交流, 少数专家可以为多家污水厂进行决策分析指导和技术咨询, 帮助污水厂技术人员分析和理解决策支持系统的运行结果; 专家可以对多家使用决策支持网站进行决策分析的污水处理厂的运行数据和决策分析结果进行分析; 专家之间可以进行交流, 共同分析解决问题, 实现群决策支持(GDSS)^[7]的思想。

(3) 另外, 还可以利用 Internet 的优势, 在决策支持中心实现污水处理行业的新闻发布、论坛、民意调查、邮件列表等功能。决策支持中心的架构如图 1 所示。

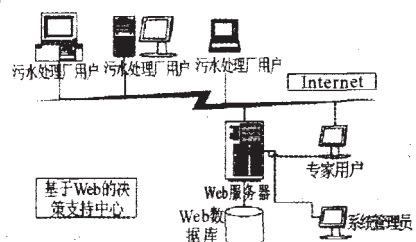


图1 Web决策支持中心的系统架构

作者简介: 王征(1978-), 男, 硕士, 主要研究方向为污水处理过程模拟、决策支持系统以及自动控制, (电话) 010-62797025 (电子信箱) wangzheng02@mails.tsinghua.edu.cn.

2 决策支持中心的系统设计

城市污水处理厂 Web 决策支持中心的开发以 ODSS 城市污水处理厂智能决策支持系统^[9]为基础, 同时实现活性污泥工艺模拟系统和专家系统, 采用的活性污泥模型、模型算法、知识库、推理机算法等以 ODSS 系统为基础。

2.1 系统开发平台

系统开发平台选用 Microsoft.NET 2003, 采用 ASP.NET 和 ADO.NET 技术进行 Web 系统的开发。数据库系统采用关系数据库 SQL Server 2000, SQL Server 支持数据仓库、在线分析处理 (OLAP) 和数据挖掘服务, 这为进行深入数据分析, 扩充决策支持系统的功能打下基础。

2.2 系统设计

城市污水厂 Web 决策支持中心的系统功能模块如图 2 所示。系统采用面向对象思想设计, 同时将每个功能模块划分为表示层 (Web)、业务逻辑层 (Business)、数据层 (Data) 3 层。网站模块的组织通过 .NET 的命名空间机制实现, 文件夹与命名空间对应。其中网站主模块位于 WebCore 目录下, 各层基类位于 Base 目录下, 各个功能模块位于 WebModules 目录下, 如图 3。

Web 系统中用户信息和数据安全, 在用户及安全管理模块中对不同权限级别的用户的账号、口令和操作行为进行管理。

(3) 模拟系统模块是决策支持的一个核心部分, 其功能为: 通过模拟和预测, 对污水处理过程进行静态和动态模拟分析, 对处理过程中的各项参数进行敏感性分析, 以及参数估值和模型校验等^[9]。模拟系统模块采用 IAWQ 系列活性污泥模型 ASM1、ASM2/ASM2D、ASM3 以及二沉池沉淀模型。由于受到网络传输速率和客户端 (Web 浏览器) 功能的限制, Web 系统不易实现很高的界面友好程度, 因此模拟系统中预先存储多种典型的污水处理工艺流程, 供用户选择使用, 如表 2。

表 2 污水处理典型工艺流程系统

| 名称 | 描述 |
|------------------------|--------------------------------------------|
| 传统活性污泥法 | 进水单元- 预处理单元- 初沉池单元- 好氧单元- 二沉池单元- 出水单元 |
| AO 法 | 进水单元- 初沉池单元- 缺氧单元- 好氧单元- 二沉池单元- 出水单元 |
| A ₂ O 法 | 进水单元- 初沉池单元- 厌氧单元- 缺氧单元- 好氧单元- 二沉池单元- 出水单元 |
| 倒置式 A ₂ O 法 | 进水单元- 初沉池单元- 缺氧单元- 厌氧单元- 好氧单元- 二沉池单元- 出水单元 |

(4) 专家系统模块, 基于规则的污水处理厂专家系统以专家知识库 (其中包括污水处理工程领域内专家的经验和本书知识) 为基础, 利用推理机对污水厂运行情况进行决策分析^[3,5]。专家系统模块由知识库、推理机、综合数据库、解释程序、知识获取程序、人机接口等 6 个部分组成。其主要功能包括以下 3 部分:

运行指导和警报: 专家系统中存储城市污水处理厂常规运行参数数值, 并根据污水处理过程实际运行参数值的大小, 对污水处理过程的日常运行进行指导, 及时发现异常运行参数值并发出警报。

故障诊断和分析: 根据污水处理工程领域内专家的经验和本书的知识, 针对污水处理过程中出现的各种运行故障和出水问题进行分析 and 诊断, 并提供解决问题的策略和方法。

故障检索和经验知识: 故障检索功能可以全面地对故障的原因进行分析, 解决故障。

(5) 培训系统模块内容包括对模拟系统、专家系统使用方法的讲解和演示; 污水厂运行流程和单元参数的介绍; 模拟计算采用模型的讲解等。培训系统模块主要由静态网页组成, 与培训系统相关的内容种类、名称、页面导航等采用 XML 文件格式进行存储, 而不存放在数据库中, 这样能够减轻数据库的访问量, 从而提高决策系统运行的稳定性。

(6) 网站管理模块供管理员用户和专家用户使用,

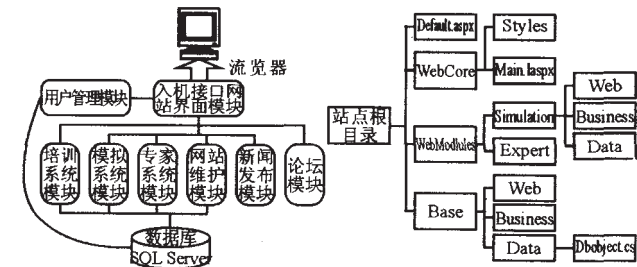


图2 决策支持中心功能模块

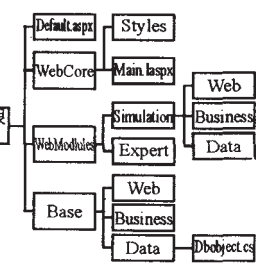


图3 网站模块结构图

(1) 网站界面模块是决策中心的入口, 包含 Web 站点的基本要素, 如主页、页面导航、题头和脚注等, 同时提供与其他功能模块的接口。界面模块同时使用静态 html 页面与动态 aspx 页面构成, 采用 ASP.NET 与其他静态网页开发工具 (如 Dream Weaver) 共同开发。

(2) 用户管理模块, 城市污水处理决策支持中心的主要用户类型及其对应权限、职责如表 1。为了确保

表 1 系统用户及其权限

| 用户类型 | 用户权限和职责 |
|------|--------------------------------------------------------|
| 管理员 | 维护整个站内所有资源, 负责管理页面内容, 数据库数据, 其他用户账号等。 |
| 专家用户 | 维护决策支持系统, 如模拟系统的参数、工艺流程、专家知识库等。并能够查看所有用户的运行数据, 进行汇总分析。 |
| 普通用户 | 可以利用站内提供的决策支持功能, 进行模拟计算和专家决策分析。 |
| 游客 | 只可以浏览站内公开的信息资源。 |

通过在线方式进行站点内容的添加、修改、删除等操作。例如管理员进行功能模块的添加和删除,修改培训系统的内容等。专家用户对模拟系统和专家系统模块的管理,如修改专家知识库,添加污水处理工艺流程,修改模型参数等。

(7) 其他功能模块,决策支持平台上还可以添加其他 Web 功能模块,例如新闻发布、论坛、邮件列表管理,以及专门用于数据分析的功能模块等。

2.3 数据库设计

在本系统中,使用一个数据库存放模拟系统、专家系统、用户管理等多个模块所需的数据表。对于城市污水处理厂决策支持系统中的模拟系统而言,需要在数据库中存放污水处理流程工艺中每个单元的单元参数、模型参数(化学计量学参数和动力学参数)、以及工艺流程的相关信息等。

另外,为了对多个污水厂的运行数据和模拟结果进行综合分析,在数据库中添加了一个表,用以存放所有用户的运算数据。从而可以方便地对使用相同处理工艺的模拟数据和结果进行比较,也可以对使用相同模型的模拟数据和结果进行比较分析。

专家系统的数据库以污水处理工艺流程中每个单元的参数数据表为基础。专家知识库与综合数据库中存放专家系统运行过程中所需要和产生的所有信息,包括问题的描述、中间结果,解题过程的记录等信息^[8],以及每个污水处理单元的参数信息。

用户账号和权限管理由多个数据表构成,其关系图如图4。系统管理员可以通过网站管理模块进行用户数据表的维护操作。与此类似,系统专家知识库、模型参数数据表、工艺流程数据表的更新和维护工作,也由专家用户通过网站管理模块在线完成。

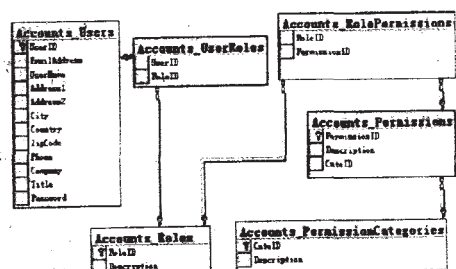


图4 用户管理数据表关系图

3 结论与展望

研究开发了基于 Web 的决策支持中心(模拟系统和专家系统),既解决了单机版系统的局限,又方便了污水处理厂技术人员和专家之间的交流和信息共享;同时,系统采用模块化和面向对象设计方

法,可以继续改进已有模块的功能,添加新的功能模块,使其对污水处理的决策支持功能进一步增强,例如:

(1) 增强决策支持的数据分析能力。重新组织用户决策分析的数据,利用 SQL Server DTS 工具创建数据仓库或数据集市,使用 OLAP 和数据挖掘进行数据分析,也可以利用其他数学模型或是采用其他数理统计方法进行数据分析。

(2) 扩展 Web 决策支持系统的功能。增强 Web 系统界面友好性,例如实现交互式的工艺流程编辑;利用宽带网络实现用户之间的语音或视频交流;使用更先进的污水处理模型;实现自学习的专家系统等。

(3) 加强对单机版决策支持系统的支持。增加决策支持中心与单机版决策支持系统的通讯功能。例如,实现单机版决策支持系统发送数据至决策支持中心,决策支持中心进行决策分析,并把结果发回单机版的决策支持系统的功能。还可以在决策支持中心发布最新版的专家知识库、模型参数等,供单机版决策支持中心下载升级。

(4) 实现区域水环境决策支持。在拥有大量污水厂运行数据、模拟运算结果的前提下,可以在系统中引入区域管网及收纳水体数据,进行区域水环境的决策分析。

[参考文献]

- [1] Barnett M W, Stenstrom M K, Andrews J F. Dynamics and control of wastewater system[M]. PA: Lancaster Technomic publishing Company Inc., 1998.
- [2] Gujer W, Henze M, Mino T. Activated sludge model No.3 [J]. Wat.Sci.Tech., 1999, 39(1): 183- 193.
- [3] 王玉珏. 城市污水处理厂运行决策支持系统[D]. 清华大学工学硕士学位论文, 2001.
- [4] 陈文颖. 环境智能决策支持系统[J]. 上海环境科学, 1998, 17 (7):4- 6.
- [5] 徐丽婕. 专家系统和模拟系统结合的污水处理厂运行决策支持系统[D]. 清华大学工学硕士学位论文, 2003.
- [6] 柯细勇,施汉昌,王玉珏. 运行决策支持系统在城市污水处理厂的应用[J]. 中国给水排水, 2003, 19(7): 102- 104.
- [7] 高洪深. 决策支持系统(DSS)理论方法案例(第二版)[M]. 北京:清华大学出版社,2000.
- [8] Tong R M, Beck M B, Latten A. Fuzzy control of the activated sludge wastewater treatment process[J]. Automatica, 1980, 16 (6): 695- 701.

(收稿 2005- 01- 20; 修回 2005- 04- 17)

Substances from Activated Sludge

FANG Liang, ZHANG Li-li, CAI Wei-min

(College of Environmental Science and Technology, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240)

Abstract ID: 1003-6504(2006)03-0046-03-EA

Abstract: Extraction methods like sonication, heating, formaldehyde plus sodium hydroxide were applied to extract extracellular polymeric substances (EPS) from aerobic activated sludge. The extraction abilities of these methods were evaluated in terms of extraction efficiency and cells destruction through measuring concentrations of polysaccharide, protein and DNA respectively. Of them, sonication was considered an ideal EPS extraction method.

Key words: extracellular polymeric substances (EPS); sonication extraction method

Analysis of Organic Pollutants Using Solid Phase
Micro-extraction/Capillary GC

MU Su

(Environmental Monitoring Center of Jiangsu Province,
Nanjing 210036)

Abstract ID: 1003-6504(2006)01-0048-02-EA

Abstract: Solid phase micro-extraction (SPME), a solvent-free and quick pretreatment method for water-borne organic pollutants, was applied in a study involving analysis of methanol, ethanol, isopropyl alcohol, acetone, acetonitrile and acrylonitrile in water by capillary GC (FID), minimum detection limits ranging 0.003-0.03 mg/L.

Key words: solid phase micro-extraction (SPME); capillary GC; organic pollutant

Environmental Decision Support System: Design
Technology and Progressive TrendJING Ping^{1,2}, WANG Zu-wei¹(1. College of City and Environmental Science, Tianjin
Normal University, Tianjin 3000742. College of Environment Science and Technology, Nankai University,
Tianjin 300074)

Abstract ID: 1003-6504(2006)03-0050-03-EA

Abstract: This paper puts forwards six components in development of Environmental Decision Support System (EDSS): selection of application platforms, selection of developing tools, set-up of construction, planning of fundamental functions and designing of interface. Based on reviewing the history of EDSS development, the paper describes its progressive trend.

Key words: Environmental Decision Support System (EDSS); designing technology; progressive trend

Feasibility Analysis of Environmental Tax System

ZHANG Bing-chun¹, LU Lei²

(1. Northwest College of Politics and Law, Xi'an 710063;

2. Hubei Institute of Economics, Wuhan 430205)

Abstract ID: 1003-6504(2006)03-0054-04-EA

Abstract: Environmental tax is collected from specific people and legal person for the purpose of protecting ecoenvironment and collecting environmental finance. By learning experiences of the developed countries, the feasibility of environmental tax collection in China was analysed.

Key words: environmental tax; feasibility

Design and Development of Web-based Decision
Support Center for Municipal Wastewater
Treatment Plants

WANG Zheng, WANG Cheng-wen, SHI Han-chang

(State Key Joint Lab of Environmental Simulation and Pollution
Control, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract ID: 1003-6504(2006)03-0058-03-EA

Abstract: This is a center based on a decision support system consisting of systems of simulation, expert as well as training. This paper describes the idea for setting up the web-based platform of decision support for wastewater treatment plants within a city, aiming at resolving the present problems of single-machine based decision support system. Outlook of the application of the center is reviewed as well.

Key words: decision support system; web; municipal wastewater treatment plant; simulation system; expert system; decision support center

Recovery and Management of Electronic Wastes: Status
Quo and Needs for Improvement

GE Ya-jun, JIN Yi-ying, NIE Yong-feng

(Department of Environmental Science and Technology,
Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract ID: 1003-6504(2006)03-0061-03-EA

Abstract: Sources and flows of electronic wastes in the country were analyzed based on the situation of wastes collection, storing, reuse and recycle in the country nowadays. To deal with increasingly huge amount of electronic wastes in China, this paper put forward suggestions in terms legislation, institution, and industrialization of electronic wastes recovery.

Key word: electronic wastes; environmental management; recovery

Comprehensive Management of Water Environment
in Hanjiang River ValleyLIU Jun¹, JI Hong-sheng²(1. College of Management, Wuhan University
of Technology, Wuhan 430070;

2. Hubei Environment Protection Bureau, Wuhan 430072)

Abstract ID: 1003-6504(2006)03-0064-02-EA

Abstract: Hanjiang River is an important fine water source in Hubei. The water environment protection has great influence on economic growth and social development to the River Valley. The existing situation of the Valley was analysed, and countermeasures were proposed