

城市污水处理厂运行决策支持系统(WWTP ODSS[®]) 的介绍和应用

徐丽婕 施汉昌

(清华大学环境科学与工程系环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100084)

摘要 介绍了基于经验知识和活性污泥数学模型 ASM_s 的城市污水处理厂运行决策支持系统 (WWTP ODSS[®]) 的开发历程、主要结构功能以及应用情况, 重点介绍了 ODSS 中专家系统和模拟系统在北京市清河污水处理厂的应用实例。ODSS 系统集预警、故障诊断、过程模拟和预测等多种功能于一体, 通过系统内置的溶解氧、回流比和排泥量等单元控制模块实现了前馈 - 反馈控制策略, 为污水处理厂的运行和控制提供有力的指导和支持。

关键词 污水处理厂 运行决策支持系统(WWTP ODSS[®]) 故障诊断 模拟预测

Introduction and application of the operation decision support system for wastewater treatment plants (WWTP ODSS[®])

Xu Li-jie, Shi Han-chang

(State Key Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, Department of Environmental Science & Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: General information of the operation decision support system for wastewater treatment plants (WWTP ODSS[®]), which based on empirical knowledge and activated sludge models, was given including development, structure, functions and application. A detailed introduction on the combination of expert system and simulation system in ODSS was then brought forth in the application in Qinghe WWTP. ODSS can afford abundant functions such as operation alert, fault diagnosis, process simulation and prediction etc., and can achieve the strategy of feed back-forward control with the support of control modules inside ODSS such as DO, recycle ratio and excess sludge. ODSS construct a systematic and powerful intelligent control system for municipal wastewater treatment on operation and control.

Keywords: Wastewater treatment plant; Operation decision support system (WWTP ODSS[®]); Fault diagnosis; Simulation and prediction.

本文将基于经验知识的专家故障诊断分析和活性污泥数学模型的模拟预测结合, 研究开发了“城市污水处理厂运行决策支持系统”Operation Decision Support System for Wastewater Treatment Plants, 即 WWTP ODSS[®], 以下简称 ODSS), 用于帮助和指导污水处理厂的日常运行控制。

1 ODSS 介绍

1.1 系统开发历程

1993 年起, 清华大学环境科学与工程系开使了对活性污泥模型软件的研究, 李国辉于 1995 年编制了国内第一个以 ASM1 为核心的污水生物处理模拟软件, 即 ODSS 第一版; 王玉珏从 1998 年将专家系统和培训系统添加到运行决策支持系统中; 同时柯细勇在生物反应器模拟的基础上增加了二沉池模型, 并于 2000 年开发了综合的活性污泥模拟系统, 即 ODSS 第二版; 2002 年徐丽婕对专家系统和模拟

系统结合的运行决策支持系统进行深入的研究,结合实际污水处理厂的调试和应用对该系统的总体结构和功能进行了完善和扩充,完成了 ODSS 第三版。

1.2 ODSS 系统主要结构和功能

ODSS 主要包括用于城市污水处理厂活性污泥工艺处理系统故障诊断的专家系统、用于动态模拟污水处理厂运行状况及出水水质的模拟系统和向员工培训污水处理、数学模型和 ODSS 软件基本知识的培训系统^[1]。ODSS 将定量计算的数学模型(国际水协会的活性污泥系列模型 ASM_s^[2])与定性推理的专家系统结合应用于污水处理过程,可解决水质水量多变、微生物反应复杂和大滞后等问题,实现城市污水处理厂脱氮除磷的优化与控制。

1.3 ODSS 系统应用

第一、二版 ODSS 的模拟系统在北京市方庄污水处理厂^[3]、氧化沟工艺^[4]和河南郑州污水处理厂^[5]以 ASM1 为基础对传统活性污泥法进行了模拟预测;专家系统也在郑州污水处理厂和方庄污水处理厂得到验证;第三版 ODSS 则是以北京市清河污水处理厂为基地进行实时调试和在线应用,并进行了优化和控制研究。

2 ODSS 的在线应用实例

ODSS 在清河污水处理厂的应用是在与现场在线仪器、传感器等结合的基础上^[6],以 ASM2D 模型为模拟计算的核心,以活性污泥法及脱氮除磷的专家经验故障树为依据,对倒置 A²/O 脱氮除磷工艺进行的实时模拟和在线诊断,由专家系统和模拟系统结合功能实现污水处理的智能诊断和控制。

2.1 专家系统和模拟系统结合应用

专家系统和模拟系统结合方式灵活多变,可先根据进水数据模拟预测出水结果,再返回专家系统进行诊断分析^[3-5];或者将专家系统诊断分析及参数调整方案传给模拟系统进行验证^[6]。用户可以根据不同的应用目的随时调用这两个子系统。

2.2 模拟系统的在线模拟和预测

首先,ODSS 系统根据在线仪器获得动态的实时模拟预测结果(数据产生间隔为 0.1 h),其中出水总氮浓度见图 1,在高于 15 mg/L 时(采用 GB 18918—2002^[7]中 1 级 A 标准,用户可根据当地排放标准进行修改),系统会发出警报。

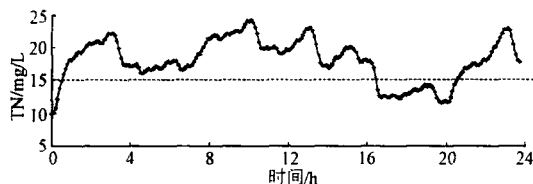


图 1 出水总氮浓度在线预测结果

将模拟系统预测结果读入专家系统,则专家系统的故障警报系统会显示“出水 TN 浓度偏高”、“出水 NH₃-N 偏高”等预警信息,提醒用户及时采取调控措施,防患于未然,这为前馈控制奠定了基础。

2.3 专家系统的运行指导和警报

专家系统读取在线仪器的运行数据,对生物反应器内状态进行判别,并发出警报信息。根据 MLSS 和 DO 的在线检测以及参数计算获得曝气池内运行状况,发出警报指导运行。警报信息显示“MLSS、SRT 和 DO 偏低, HRT 偏高”。用户可根据警报信息确定是否进行反馈控制或结合出水预测结果进行详细的故障诊断。

2.4 专家系统的故障诊断和分析

根据 2.2 的预测结果和 2.3 的警报结果对曝气池进行更为详细的故障诊断,图 2 为曝气池硝化反应的故障树诊断结果。

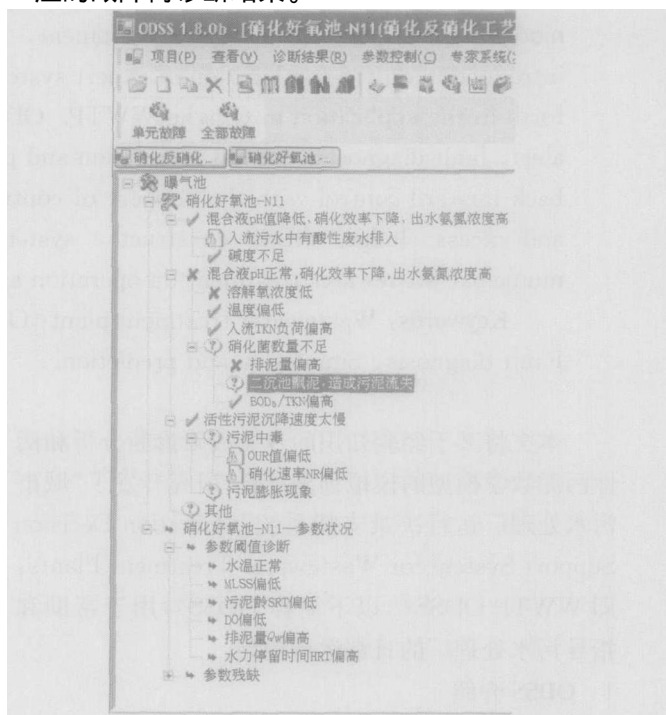


图 2 专家系统故障诊断树

首先由 2.2 的预测结果判断故障为“pH 正常时出水氨氮偏高”,将其标记为已发生故障“×红色”(×表示故障前标记,红色为故障字段显示的颜色,下同);再由 2.3 的警报信息得到“DO 偏低”和“排泥量偏高”,标记为“×红色”;由“排泥量偏高”正向推理得到“硝化菌数量不足”为可能发生故障,标记为“? 粉红色”,提醒运行人员注意并核实;未确定是否发生的故障(如“污泥膨胀”等)标记为“? 蓝色”,必要时运行人员可现场检查。其余根据参数判别未发生的故障(如图中温度和入流 TKN 负荷)标记为“√绿色”;参数值残缺(如 OUR 值等)为“! 黑色”。

2.5 综合分析结果和控制策略

最后由专家系统综合诊断分析过程,给出综合分析结果和控制策略。如图 3 所示,依次为已发生故障、解决策略和控制参数列表。这些分析结果为污水处理厂的运行维护和控制提供了依据,运行人员可根据实际情况进行决策。其中右图为建议控制的参数,运行人员可通过单元控制的模拟计算进一步确定参数值。

2.6 ODSS 控制单元和应用

根据专家系统建议的参数控制列表,可进一步通过模拟系统内置的 DO、回流比和排泥量等单元控制模块进行优化控制计算,以实现专家系统和模拟系统结合的前馈-反馈控制策略。如图 3 显示好

氧池的 DO 偏低,需要调整。DO 的控制主要由池内氨氮浓度决定,好氧池内引起氨氮浓度变化的主要过程为硝化菌生长,池内氨氮变化方程为:

$$\frac{dS_{NH_4}}{dt} = \frac{Q(S_{NH_4,0} - S_{NH_4})}{V} - \left(\frac{1}{Y_A} + i_{N,BM} \right) \mu_{AUT} \left(\frac{S_{O_2}}{K_{O_2} + S_{O_2}} \right) \left(\frac{S_{NH_4}}{K_{NH_4} + S_{NH_4}} \right) \left(\frac{S_{PO_4}}{K_{PO_4} + S_{PO_4}} \right) \left(\frac{S_{ALK}}{K_{ALK} + S_{ALK}} \right) X_{AUT}$$

稳态状况下, $dS_{NH_4}/dt = 0$, 可得 DO 设定值为:

$$S_{O_2, set} = \frac{K_{O_2}}{\frac{V(1 + Y_A i_{N,BM}) \mu_{AUT} X_{AUT} S_{NH_4}}{Y_A Q(S_{NH_4,0} - S_{NH_4})(K_{NH_4} + S_{NH_4})} - 1}$$

在应用时,利用模拟系统实时模拟计算好氧池内氨氮浓度,利用上式可得到相应的 DO 浓度,从而可调节曝气量达到节省能耗的目的。

3 ODSS 的离线应用

ODSS 也可以离线使用,尤其是作为污水处理厂设计和优化的辅助工具。利用模拟系统对活性污泥过程的模拟和预测,了解微生物和废水特性的变化过程,获取最优的运行参数以达到优化设计或改造的目的。此外还有故障查询、培训等离线功能。

4 结论

(1) ODSS 系统具有成熟的理论和应用基础,可直接应用于实际污水处理厂,能较好地反映实际污水处理过程并对污水处理的运行有指导作用。

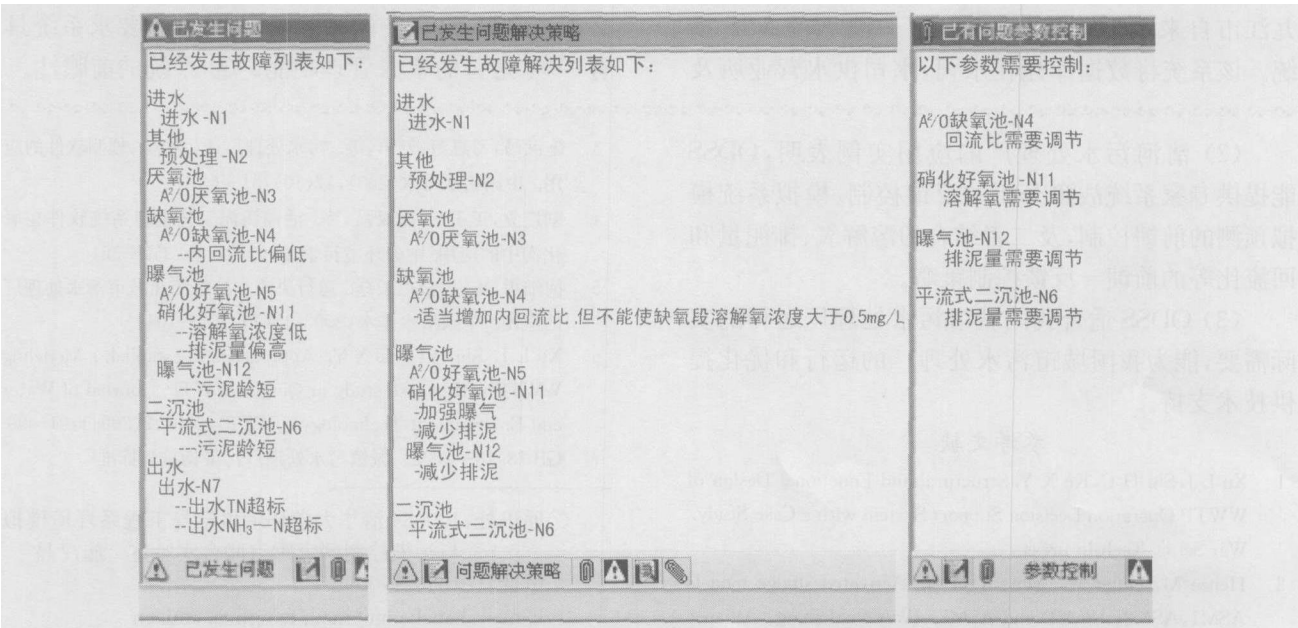


图 3 专家系统分析结果和控制策略

浅谈 MIS 在水费系统中的应用

张 剑 张吉海 黄保全 黄 捷 韩必雄 金 耀

(九江市水务有限公司,九江 332000)

摘要 为有效地服务用户,提高管理水平,建立了九江市水务水费的 MIS 系统。结合系统在九江市水务有限公司的实际应用,指出了原来工作方式中存在的问题,并从设计要求、结构、交易过程、网络、稳定性及安全性、运行结果等方面对 MIS 系统进行了分析讨论。

关键词 MIS 网络 水费系统

自来水公用事业是一个城市的窗口,与人民群众的日常生活紧密联系。水费业务是其中的重要环节,应具有一流的管理水平和成熟的计算机应用系统的支持。九江市供水量约为 $25 \text{ 万 m}^3/\text{d}$,用户达 5.8 万户。水费既由水司所属的 4 个供水营业所收取,也可由中国建设银行和九江市商业银行的各营业网点代收。由于历史原因,九江水司的水费系统数据库建在建设银行。因制度原因,银行的数据不能由外单位直接修改,所以收费三方采取隔天对帐的方式,即在每天早上营业之前,通过中间件实现前一工作日的数据交换,再由各单位自行刷新数据。这样,在同一天,同一用户在不同银行可以重复缴进水费。因此,为了方便群众,提高信息化管理水平,九江市自来水公司开发并采用了一套新的 MIS 系统。该系统将数据库建在水司,水司供水营业所及

银行通过访问水司的数据库,实现实时数据交换,从而杜绝重复缴费现象。

1 设计要求

根据自来水行业特点与实际工作情况,MIS 系统的设计主要有以下几点要求: 数据的准确性。

数据的安全性。水费数据对水司的极端重要性要求采用必要的措施,防止对数据的任意修改,保证数据在遭到破坏后的可恢复能力。 响应的及时性。目前,建设银行有 23 个代收点,商业银行有 25 个代收点,水司有 4 个供水营业所,并且缴纳水费多在每月月底,因此,必须保证在多点高密度访问的情况下,中心数据库能做出及时的响应。 完善的票据管理系统。水费发票作为一种有效的票据凭证,必须遵守财务、税务的相关规定,这也就要求系统具有一套完善的票据管理功能。 系统的前瞻性。

(2) 清河污水处理厂的应用实例表明,ODSS 能提供专家系统故障分析的反馈控制、模拟系统模拟预测的前馈控制,及二者结合的溶解氧、排量量和回流比等的前馈 - 反馈控制策略。

(3) ODSS 适合我国城市污水处理厂运行的实际需要,能为我国城市污水处理厂的运行和优化提供技术支持。

参考文献

- 1 Xu L J, Shi H C, Ke X Y. Structural and Functional Design of WWTP Operation Decision Support System with a Case Study. Wat Sci & Tech In press
- 2 Henze M, Gujer W, Mino T et al. Activated sludge models ASM1, ASM2, ASM2D and ASM3. IWA Publishing, Alliance House, 12 Caxton Street, London SW1H 0QS, U K, 2000

- 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 刘广立,王玉珏,施汉昌,等. 活性污泥工艺模拟系统软件在氧化沟中的应用. 中国环境科学,2001,21(4):359~361
- 5 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. 中国给水排水,2003,19(7):102~104
- 6 Xu L J, Shi H C, Ke X Y. Approaches to establish a Modeling WWTP with a case study in Qinghe WWTP. Journal of Water and Environment Technology (JWET), 2004,2(2004):91~99
- 7 GB 18918—2002 城镇污水处理厂污染物排放标准

○通讯处:100084 清华大学环境科学与工程系环境模拟与污染控制国家重点联合实验室 施汉昌
电话:(010)62773095
E-mail:hanchang@mail.tsinghua.edu.cn
收稿日期:2005-09-14