

运行决策支持系统在城市污水处理厂的应用

柯细勇, 施汉昌, 王玉珏

(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: 某城市污水处理厂初期运行时氨氮去除效果不明显,出水氨氮不能满足排放水质要求。运行决策支持系统首先对此污水处理厂进行模型化,通过分析判断出存在的主要问题是剩余污泥排放量过大、污泥龄短,相应的解决措施是增加污泥回流比、降低污泥排放量以延长污泥龄。然后采用 IAWQ 模型的模拟系统计算出剩余污泥排放量为 $2900 \text{ m}^3/\text{d}$ 、污泥龄为 7 d 时系统能耗较低,出水氨氮可达到排放要求。

关键词: 运行决策支持系统; 专家系统; 模拟系统; IAWQ 模型

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2003)07-0102-03

城市污水处理厂运行决策支持系统 (Operation Decision Supporting System, 以下称 ODSS) 包含专家系统、模拟系统、培训系统三个部分,具有运行预测、分析问题和提出建议、进行人员培训三种功能。其中,专家系统是在运行出现问题的时候,操作人员输入所观察到的问题,系统一步步提示如何对问题进行分解。在进行了必要的实验分析和周边条件清晰之后,得到分析结果,最后给出处理问题的建议报告。模拟系统基于国际上最新的 IAWQ 模型和二沉池模型,通过与实时系统的数据连接,对污水处理厂的运行状态进行模型分析,能够预测污水处理厂未来的运行状态,为该厂可靠运行提供理论依据。其主要功能是通过从数据库取得有效数据,对污水生物处理过程进行数学模拟,计算出生物处理系统主要运行参数发生的变化,提供变化趋势,并对可能发生的故事进行报警。

1 城市污水处理厂模型

某城市污水处理厂处理能力为 $40 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。该厂安装了先进的自动控制系统,同时安装了城市污水处理厂运行决策支持系统。

该污水处理厂主要工艺采用缺氧—好氧活性污泥法,对部分城市污水进行二级处理,对生物处理产生的剩余污泥进行消化处理。

根据该厂曝气池的设计特点,系统将每组曝气池分为 5 个完全混合反应器 (CSTR), 1、2 廊道为第一个 CSTR, 3 廊道为第二个 CSTR, 4 廊道为第三个 CSTR, 5、6 廊道为第四个 CSTR, 7、8、9 为第五个 CSTR。4、6、9 廊道的 DO 仪表读数和剩余污泥排放量读数如表 1 所示。

表 1 实际运行的部分工艺参数

时间	溶解氧 (mg/L)			剩余污泥量 (t)
	4 号表	6 号表	9 号表	
19 日	0.9	1.7	1.7	854
20 日	0.6	2.3	2.2	951

按进水量为 $206413 \text{ m}^3/\text{d}$ 、供气比为 5:1 计算,总气量为 $1032065 \text{ m}^3/\text{d}$ 。采用渐减曝气法,前两个 CSTR 为缺氧状态,后三个为好氧状态,曝气流量百分数为 50%、30%、20%。各个 CSTR 的溶解氧浓度用平均值 (单位 mg/L) 表示,分别为 0.1、0.0、0.8、2.0、2.0。剩余污泥量取平均值 900 t,该值在进行模拟时依据经验确定。回流污泥量与进水量的比值一般为 0.5 到 0.75,该厂现阶段开了两台污泥回流泵,每台流量为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 左右,本次模拟定为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。水从 1、3、5 廊道进入,各廊道无内循环,以推流方式工作,污水全部从最后一个廊道排出,回流污泥全部从第一廊道进入系统。曝气池模型如图 1。

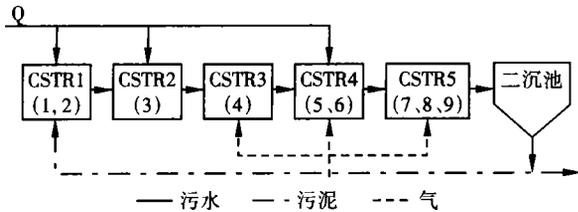


图1 污水处理厂工艺模型结构图

按照上面所给数据可调整模型工艺参数。模型参数的确定是系统调试的主要部分,有些模型参数由于变化很小,可以使用文献推荐值,而有些模型参数则需要实测数据的基础上确定,工艺参数是与实际情况关系最为密切的,必须与实际一致,而废水参数的变化范围较小,可以利用类似污水处理厂的相应参数。通过调整,模拟系统能够较好地模拟该污水处理厂的实际情况。

2 解决氨氮去除率低的问题

该污水处理厂自启动运行两个多月以来,氨氮的去除率非常低,根据实地考察所得数据:氨氮进水平均浓度为 41.4 mg/L,出水平均浓度 43.79 mg/L,即系统的硝化作用不明显。按有关规定,新建污水处理厂排放标准现期出水氨氮为 25 mg/L,将来以 15 mg/L 为目标,目前还达不到要求。

根据该厂运行人员输入的运行数据和现象分析,决策系统初步认为该厂存在的主要问题是氨氮的去除问题,在完成故障初步诊断之后,系统向运行人员询问了有关污泥龄、曝气池挥发性悬浮固体浓度的情况,并提出是否存在有机负荷冲击现象、进水中是否有工业废水等问题。根据运行人员对这些问题的回答,系统认为存在运行故障的主要原因是:剩余污泥排放量过大(3 500 m³/d 左右)、污泥龄短(3.9 d 左右)。由于硝化细菌的生长需要较长的时间,在该厂的运行条件使硝化细菌不能够很好地生长,曝气池中的硝化细菌流失殆尽,硝化反应不能正常进行,氨氮得不到有效去除。

最后,系统给出了相应的解决办法:增加污泥回流比、降低污泥排放量和延长污泥龄。

为了验证专家系统在解决以上运行问题时的准确性,ODSS 采用模拟系统进行了检验。

减少剩余污泥排放量。由 3 500 m³/d 减少到 1 200 m³/d,仍以进、出水的平均检测数据来模拟,结果如表 2。

表 2 减少剩余污泥排放量后模拟出水结果

名称	数值
TCOD [gCOD/(m ³ ·d)]	61.7
TBOD ₅ [gCOD/m ³ ·d]	49.4
TSS [g/(m ³ ·d)]	54.8
TN [gN/(m ³ ·d)]	64.9
氨氮 [gN/(m ³ ·d)]	6.0

从表中可以看出,氨氮得到显著降低,此时模拟系统给出的污泥龄为 11.2 d,足以使硝化菌成熟。

增加初始状态时的自养菌量。在不改变污泥排放量的情况下(即污泥排放量仍为 3 500 m³/d),增加初始状态时自养菌量对照氨氮的去除效果如表 3 所示。

表 3 反应器自养菌量和出水氨氮值 mg/L

项目	C1	C2	C3	C4	C5	出水氨氮
初始情况	121.3	129	142	154.4	150	43
改变后情况	432	306.9	309	243	247.7	10

可以看出,增加了初始状态的自养菌量后,氨氮的去除效果有了明显改善。

通过以上故障专家系统的诊断和模拟系统的验证,得出结论:该厂的氨氮去除问题主要是污泥排放量过大导致污泥龄短和自养菌的浓度低造成的。由于该厂刚运行几个月,污泥没有得到很好的驯化,硝化菌的生长不太理想。为了使氨氮达到国家的排放标准,需要研究该厂合适的污泥排放量。

3 剩余污泥排放量的模拟计算

需要讨论的是:多大污泥排放量、多长时间自养菌生长到要求的值而能使出水氨氮浓度达标。

依据初始情况假设剩余污泥排放量为 3 500 m³/d,污泥龄为 3.9 d,在这么短的时间内自养菌是不可能较好生长起来的。若剩余污泥量设为 1 200 m³/d,污泥龄为 11.2 d,则自养菌的生长比较快,相应的氨氮去除率增加的速率也比较快。按照所设置的计算参数,进行模拟计算直到氨氮的去除率达标为止。结果如表 4 所示。

表 4 自养菌状态值和氨氮模拟值 mg/L

模拟次数	C1	C2	C3	C4	C5	出水氨氮
1	120.0	129.0	142.0	154.4	150.0	42.8
2	244.0	172.8	173.6	135.9	137.9	35.1
3	291.8	206.7	207.6	162.6	164.9	25.9
4	348.4	246.8	247.9	194.1	196.9	15.7
5	414.6	293.7	295.0	231.0	234.2	6.2

在实地考察的几天内,实际出水氨氮的去除情

况基本没有什么变化。于是考虑应该适当增加剩余污泥的排放量,再次进行模拟计算。在增加剩余污泥排放量的同时,污泥龄也在下降,为了同时满足自养菌的生长时间,假设剩余污泥量为 $2\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$,其他的参数设置完全同上,仍按照上述步骤进行模拟计算,所得结果如表5。

表5 反应器自养菌量与出水氨氮模拟值 mg/L

次数	C1	C2	C3	C4	C5	出水氨氮
1	120.0	129.0	142.0	154.4	150.0	41.1
2	230.0	163.2	164.0	128.6	130.8	37.4
3	259.7	184.1	185.1	145.1	147.5	32.6
4	292.7	207.6	208.6	163.6	166.3	27.0
5	329.6	233.7	234.9	184.2	187.2	20.6
6	370.4	262.7	264.0	207.0	210.4	14.0
7	414.9	294.2	295.8	231.9	235.6	7.9

剩余污泥排放量为 $2\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$ 时,污泥龄为6.7 d,比较适合于自养菌的生长。模型在第5次模拟时氨氮出水可以达到二级标准,第6次模拟时可以达到一级标准。

通过以上模拟,找到了自养菌生长运行规律,为改善实际运行提供了有意义的指导。

4 结语

某城市污水处理厂运行初期氨氮去除效果不明显,不能满足出水氨氮的排放要求。运行决策支持系统首先对该污水处理厂进行模型化,通过分析判断出存在的主要问题是剩余污泥排放量过大($3\ 500\ \text{m}^3/\text{d}$)、污泥龄短(3.9 d),这种情况下自氧菌的浓度较低,无法实现氨氮的有效去除。相应的解决措施

是增加污泥回流比、降低污泥排放量以延长污泥龄。通过IAWQ模型的模拟系统计算出剩余污泥排放量为 $2\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$ 、污泥龄为7 d时系统能耗较低,同时出水氨氮可达标。

将运行决策支持系统应用于污水处理厂的实际运行,不仅能验证该系统所设计的模型是否与实际符合,还说明该系统能够采用经验和理论分析的方法有效解决污水处理厂运行中存在的问题。

参考文献:

- [1] Ralf Otterpohl, Thomas Rolf's, Jorg Londong. Optimizing operation of wastewater treatment plants by dynamic simulation[J]. Water Science and Technology, 1999, 39(4): 25 - 31.
- [2] Costa Ladiges, Artur Mennerich. Application and experience with expert systems for the operation of wastewater treatment plants [J]. Water Science and Technology, 1996, 33(12): 265 - 268.
- [3] Xin X Zhu, Angus R. Simpson. Expert system for water treatment plant operation [J]. Journal of Environmental Engineering, 1996, 122(9): 822 - 829.
- [4] 王洪臣. 城市污水处理厂运行控制与维护管理 [M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [5] 吴今培, 肖健华. 智能故障诊断与专家系统 [M]. 北京: 科学出版社, 1997.

电话: (010) 62773095

E-mail: shihch@mail.ied.ac.cn

收稿日期: 2002 - 12 - 22

·工程信息·

我国重点投资的十大环保工程

项目名称	投资额(亿元)
“三河三湖”污水处理厂建设工程	317
三峡库区水污染治理工程	146
南水北调(东线)治污工程	55
渤海“碧海行动”工程	16
“两控区”火电厂脱硫工程	120
国家级自然保护区和生态功能保护区建设工程	30
危险废物集中处置工程	195
国家环境监测网络建设工程	25
国家环境科技创新工程	13
北京“碧水蓝天”工程	117

(哈尔滨工业大学市政环境工程学院 祝贵兵 供稿)