

新型 SMBR 工艺实时自动控制研究

张立果 夏世斌 唐艳 叶锦盛 张荣德 李倩

(武汉理工大学资源与环境工程学院,湖北省、武汉市,430070)

摘要 自主开发的新型 SMBR 具有良好的强化反硝化生物除磷效果。本文主要介绍了以 DO、ORP 和 NO_3^- 作为 SBR 好氧曝气时间的联合模糊控制参数,实现新型 SMBR 工艺实时控制的研究构想。

关键词 实时控制 反硝化除磷 SMBR

1 引言

本文作者自主开发的 SMBR 反应器是一种将 SBR 与膜生物反应器(MBR)工艺有机结合的一种新型废水生物处理技术,具有强化反硝化生物除磷效果^[1],与传统的生物处理工艺相比,具有生化处理效率高、抗负荷冲击能力强、出水水质好且稳定、占地面积小、排泥周期长、易实现自动控制等优点,可用于城市污水的回收利用如绿化、冲洗、补充观赏水体等非饮用目的。

已有研究指出:现有 SBR 大多只采用稳态时间程序控制,因而影响了控制效果。为提高污水处理过程的自动化水平,由传统的稳态时间控制向实时的智能控制转化已成为研究的热点之一。模糊控制作为智能控制的一个分支,适用于高度复杂的、非线性、动态的过程控制,而活性污泥法正是适合采取模糊控制的领域之一。通常选择 DO、ORP 和 pH 作为活性污泥法的实时控制参数^[2,3]。已有研究表明^[1,3]:在 SMBR 反应器中,运行效果与营养物浓度(NH_4^+-N 、 NO_3^--N 和 PO_4^{3-})有直接关系。本文主要介绍了以 DO、ORP 和 NO_3^- 联合作为 SBR 好氧曝气时间的模糊控制参数,实现新型 SMBR 工艺实时控制的研究构想。

2 新型 SMBR 污水处理工艺

新型 SMBR 主体反应部分在 SBR 的生化反应区,它与常规的 SBR 法一样,设置有进水、厌氧、缺氧、好氧、沉淀、出水等几个阶段。MBR 采用国产的 $0.25\text{ }\mu\text{m}$ 的中空纤维微滤膜,它主要起过滤作用,截

留大分子难降解的物质,并使其回流到 SBR 中进行再处理。其滤过液作为最终出水排放。其工艺流程见图 1。

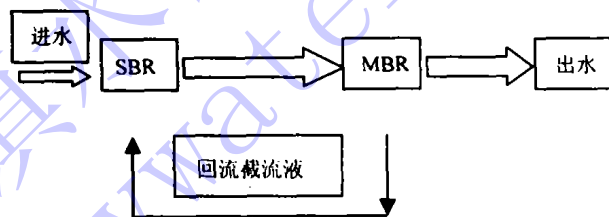


图 1 SMBR 工艺流程示意图

3 控制参数的选定

SBR 法污水处理系统本身属于复杂的动态系统,无法确定精确的数学模型。同时,随着水体的富营养化现象成为人类所面临的严重的水环境问题之一,降低废水中的 N 尤其是 P 含量是防止水体富营养化的主要任务。控制各污水处理厂出水的 N、P 的含量已成为越来越迫切的问题,它们也成为了当代水处理的一个非常重要的工艺参数。

3.1 ORP

根据资料表明,在反硝化除磷工艺中控制释磷的厌氧条件极为重要。厌氧段的溶解氧含量($<0.2\text{ mg/L}$)通常用氧化还原电位(ORP)来度量。研究表明,ORP 值和 P 含量之间呈良好的相关关系,能直观地反映 PO_4^{3-} 中 P 浓度的变化,从而能定量反映聚磷菌的性能特征,因此可把它作为厌氧释磷过程扰动的一个实时指标。当 ORP 值为正值时聚磷菌不释磷,而当 ORP 为负值时绝对值越高则其释磷能力就越强,一般认为应为把 ORP 控制在 $-200\sim-300\text{ mV}$ 。因此,在厌氧段可以以 ORP 的值作为对除

磷的一个实时控制参数,设定当 ORP 达到其绝对值最大时为厌氧段结束的信号。

3.2 NO₃⁻

在现在的测试方法中还没有找到可以在线监测 P 的方法,因此如果以 P 作为反应系统中的在线监测的指标是不可能实现的,而 NO₃⁻ 的硝酸根电极法可以实现其在线监测。而反硝化除磷是以 NO₃⁻ 作为电子受体的,这样通过测定反应系统中的 NO₃⁻ 浓度的变化可以间接地反映系统的反硝化除磷效果,从而可以达到脱氮除磷的目的。

资料表明,只要厌氧段存在 NO₃⁻,则反硝化菌就能优先利用碳源进行反硝化反应而抑制聚磷菌的释磷和 PHB 的合成^[3];但另一方面,缺氧段的吸磷量和硝酸盐投量有关^[3]。Merzouki 等在考察硝酸盐投量对 A₂NSBR 工艺除磷效果的影响时发现:系统的除磷效果主要依赖于缺氧段所投加的硝酸盐量及 SRT。根据反硝化除磷的理论,反硝化聚磷菌在缺氧段主要利用 NO₃⁻ 作为电子受体,进行聚磷作用,随着系统中的 NO₃⁻ 浓度的变小,可以直观的反映出系统中除磷的效果。因此,在缺氧段可以以 NO₃⁻ 的浓度作为对除磷的一个实时控制参数,设定当 NO₃⁻ 浓度达到其最小值时为缺氧段结束的信号。

3.3 DO

DO 是反应系统中的一个非常重要的参数,它是系统处反应阶段的唯一指标。资料表明,由于 SBR 法的间歇运行的特点,当有机物达到难降解程度时,DO 和 ORP 突然迅速大幅度升高的变化特征能够可靠控制不同曝气量水平下所需要的曝气时间。

4 控制理论与思路

污水处理是一个多参量(如液位、水质成分、流量、压力等)、多任务(如污水输送、风量控制、水泵的启停等)、多设备(如格栅机、水泵、鼓风机、阀门等)且具有随机性、时变性和耦合性的复杂系统。因此,污水处理应由一个智能监控与综合管理系统来进行现代化的管理,使之安全可靠地运行。

将模糊集合理论运用于自动控制而形成的模糊控制理论,在近年来得到了迅速的发展,其原因在于对那些时变的非线性的复杂系统,当无法获得精确的数学模型的时候,利用具有智能的模糊控制器能给出有效的控制。

模糊控制是指不需要掌握控制对象的精确数学模型,而是根据控制规则决定控制量的大小,这种控制方法对于存在滞后或随机干扰的系统具有良好的控制效果。用 PLC 构成模糊控制器用于 SBR 法污水处理系统是一种新的尝试,使 SBR 法污水处理在工业化过程中得到更好的使用效果。

根据 DO、ORP、NO₃⁻ 的以上分析的变化特征,可有效控制不同条件下有机物降解所需的各反应阶段的时间。结合模糊控制理论,将 DO、ORP、NO₃⁻ 特征变化用模糊语言变量描述,选择 DO 误差的大小(EDO)和误差变化的快慢(CEDO)、ORP 随时间的变化率(CEORP)、NO₃⁻ 随时间的变化率(CENO₃⁻)作为模糊控制器的 4 个输入变量,给出 SBR 各反应阶段时间的模糊控制规则,从而实现 SMBR 反应时间的实时控制,在保证出水水质的前提下节约能耗,提高处理效率。新型 SMBR 实时自动控制点分布见图 2,PLC 系统 I/O 点统计见表 1。

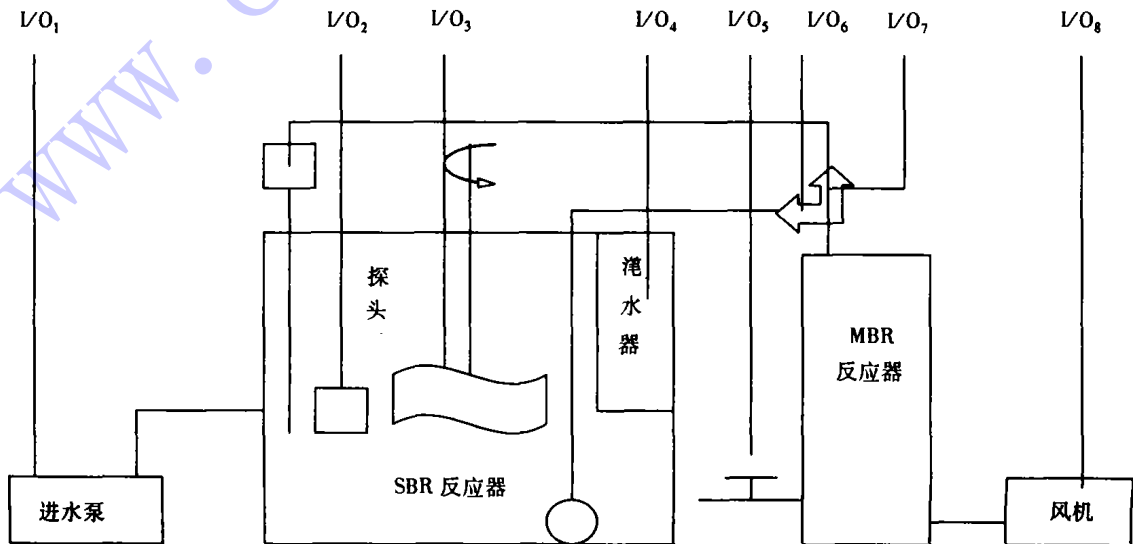


图 2 新型 SMBR 实时自动控制点分布示意图



5 自控系统软件

在 SMBR 的整个控制系统中,使用组态软件作为工具平台,能快速开发出合理的结构设计和具有良好的人机界面,可以处理、储存各类数据,并将各种实时数据通过画面功能形象化地显示出来,令人一目了然。另外,可以设置各种长期保存的数据,并用历史曲线、报表等形式显示及储存起来,待有需要时打印或浏览。

6 自控系统的组成

6.1 数据的采集

a. 开关量数据采集:对系统内部水泵、阀门、机器设备等的运转状态进行开关量信号采集,通过 I/O 接口送入 PLC,作为设备状态的参数;

b. 模拟量数据的采集:采集废水的 pH 值、DO 浓度、 NO_3^- 浓度、ORP 值等模拟信号,通过 I/O 接口送入计算机,以分析判断之用。

表 1 PLC 系统 I/O 点统计表

序号	设备名称	设备数量	开关输入	开关输出	模拟输入	模拟输出	详细说明
1	进水泵	1 台	3	1	0	0	I(开、关、故障);O(启、停)
2	探头	4 个	0	0	4	0	AI(pH 值、DO 值、ORP 值、 NO_3^- 浓度)
3	搅拌机	1 台	3	1	0	0	I(开、关、故障);O(启、停)
4	滗水器	1 台	3	1	0	0	I(开、关、故障);O(启、停)
5	出水阀	1 个	3	1	0	0	I(开、关、故障);O(启、停)
6	三通下阀	1 个	3	1	0	0	I(开、关、故障);O(启、停)
7	三通上阀	1 个	3	1	0	0	I(开、关、故障);O(启、停)
8	风机	1 台	3	3	0	0	I(开、关、故障);O(高速、低速、停)

对各个设备进行手动操作,此功能为设备调试、故障检修时使用。

总之,本研究的控制系统尚需调试和不断的完善,才能满足污水处理过程自动化控制的要求。

7 参考文献

- [1] 蔡宇峰. 计算机自动控制应用于蓄电池废水处理工程. 环境, 2004(增刊)
- [2] 曾薇、王淑莹、彭永臻. SBR 法好氧曝气时间的模糊控制. 水处理技术, 2005, 31(1)

(收稿日期:2005.05.09)

6.2 控制方式的设置

本自控系统拟设置三种控制方式:自动控制、点动控制、手动控制。整个控制系统中以自动控制为主,点动控制和手动控制只是作为应急时的控制方式。

6.2.1 自动控制状态时,PLC 根据采集的各开关量参数、模拟量数据与工艺流程设定的参数作对比或运算,自动地控制各工艺设备的正常运转,并可通过参数设定窗口,对各种设定值进行改写。

6.2.2 点动控制状态时,可在控制室的工控机上对各阀门的启闭和各设备的启停进行操作。

6.2.3 手动控制状态时,可通过控制柜上的按钮