

SBR法好氧曝气时间的模糊控制

曾薇, 王淑莹, 彭永臻

(北京工业大学环境与能源工程学院, 北京 100022)

摘要:采用 SBR 工艺处理化工废水, 原水 COD 浓度变化和控制不同的曝气量水平都将引起有机物降解时间的改变。当有机物达到难降解浓度时, DO 和 ORP 迅速大幅度升高。根据 DO、ORP 的这一变化特征可有效控制不同条件下有机物降解所需的曝气时间。结合模糊控制理论, 将 DO、ORP 的特征变化用模糊语言变量描述, 选择 DO 误差的大小 (E_{DO}) 和误差变化的快慢 (CE_{DO})、ORP 随时间的变化率 CE_{ORP} 作为模糊控制器的三个输入变量, 给出 SBR 曝气时间的模糊控制规则, 从而实现 SBR 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。

关键词: SBR; DO; ORP; 模糊控制

中图分类号: X703.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-3770(2005)01-0065-04

SBR 工艺广泛用于中小型污水处理厂, 目前该工艺所采用的传统控制方法的缺点在于不能根据原水水质的变化实时控制反应时间。已有研究指出, DO、ORP 和 pH 可作为活性污泥法的实时控制参数^[1, 2]。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势在必行。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^[3, 4]。本研究目的在于以 DO 和 ORP 联合作为 SBR 好氧曝气时间的模糊控制参数, 实现 SBR 工艺的实时控制。

1 试验材料与方法

1.1 废水来源及水质

试验采用某化工废水作为处理对象, 加适量自来水稀释, 使 COD 浓度在适当范围内变化。按 $BOD_5:N:P=100:5:1$ 的比例投加 NH_4Cl 和 KH_2PO_4 。原水呈酸性, 反应前投加 NaOH 调节 pH 值。

1.2 试验装置与方法

SBR 法试验装置如图 1 所示, 总有效容积 38L。温控仪与加热器控制水温。采用鼓风曝气, 空气流量计控制曝气量和 DO 浓度。反应器进水时采取瞬间进水、限制曝气方式。进水后依次进行曝气、沉淀、排

水。然后再进废水, 按以上顺序开始下一个循环处理周期。一个周期内各个阶段的反应时间可以灵活控制。

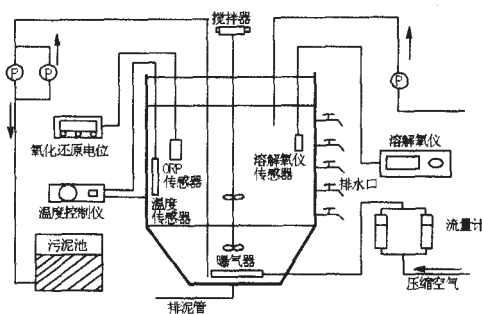


图 1 SBR 试验系统与控制示意图

1.3 分析方法

YSI MODEL 50B 溶解氧仪与 YSI 5739 型溶解氧探头在线检测 DO 值, pH-3C 型精密酸度计和 E414-Q 型 ORP 复合电极在线检测 ORP。间隔取样检测 COD 及 MLSS 等指标。

2 试验结果与分析

为了实现以 DO、ORP 作为 SBR 好氧曝气时间的模糊控制参数, 必须探询在线监测的参数 DO 和 ORP 与有机物降解之间的规律性, 根据参数的变化特征实时控制反应过程。

收稿日期: 2003-04-28

基金项目: “863” 国家重点科技专项 (2003AA601010) 和国家自然科学基金重点项目 (50138010)

作者简介: 曾薇 (1974—), 女, 博士, 主要研究污染生物处理及其自动控制。

2.1 DO、ORP 的变化规律

2.1.1 不同进水 COD 浓度

工业废水的水质是时刻变化的,能够根据原水的 COD 浓度变化实时控制曝气时间是实现 SBR 智能控制的关键。原水 COD 浓度 (S_0) 分别为 600、850、1250mg/L, 试验结果如图 2 所示。控制 MLSS 为 2000mg/L 左右,水温 20~22℃。

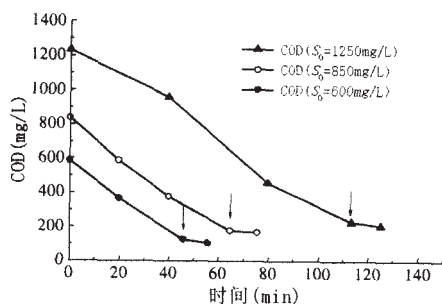


图 2a COD 随时间变化

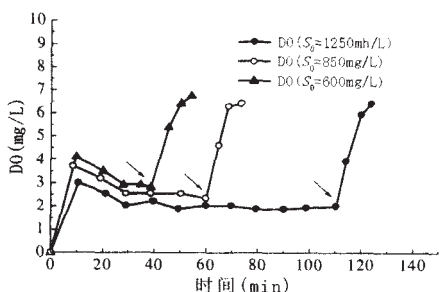


图 2b DO 随时间变化

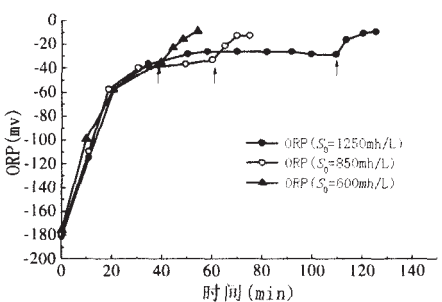


图 2c ORP 随时间变化

如图 2b 所示, DO 在不同原水 COD 浓度下, 各个反应周期的变化规律基本相同, 大致可分为三个阶段。在反应初期(前 10min), DO 大幅度升高, 这是由于反应刚开始时, 供氧速率远远大于耗氧速率。第二阶段是 COD 的快速降解过程, DO 有所下降并逐渐趋于平稳。第三阶段是在 COD 达到难降解浓度时(图 2a 箭头), DO 突然迅速大幅度升高(图 2b 箭头)。DO 的这一变化特点可作为曝气结束的控制信号。这种变化是由于 COD 不再被利用, 微生物的耗氧速率

迅速降低, 此时系统中的供氧速率远大于耗氧速率, 使 DO 迅速大幅度升高。之后继续曝气, 微生物进入内源呼吸期, DO 稳定在较高的范围内。

如图 2c 所示, ORP 在各个反应周期变化规律基本相同。在有机物降解过程中, ORP 一直在升高, 这是还原态物质逐渐被氧化分解的结果。但升高速率不同, 在反应前期, ORP 升高速率较大, 这是受 DO 大幅度升高的影响。之后升高速率越来越小。当 COD 达到难降解浓度时, ORP 迅速大幅度升高(图 2c 箭头), 这一变化特点与 DO 相同, 可作为反应结束的控制信号。之后继续曝气, ORP 升高速率明显减缓, 达到较高的 ORP 范围(-40~0mv)并趋于平稳。

从图 2 还可以看出, 原水 COD 浓度不同, 所需好氧曝气时间明显不同。在 COD 降解结束时, DO 和 ORP 的突然大幅度升高(图 2 箭头)均能可靠地指示不同原水 COD 浓度所需的曝气时间。根据 DO 和 ORP 的特征变化控制曝气时间, 避免了在传统的稳态时间控制中, 常常由于原水 COD 浓度过高、反应时间不足而使出水达不到排放标准, 或是原水 COD 浓度过低、反应时间过长而加大能耗。

2.1.2 不同曝气量

反应初始 COD 浓度 1130mg/L, 三种不同的曝气量水平(A)分别为 0.5、0.7、0.9m³/h, 试验结果如图 3 所示。

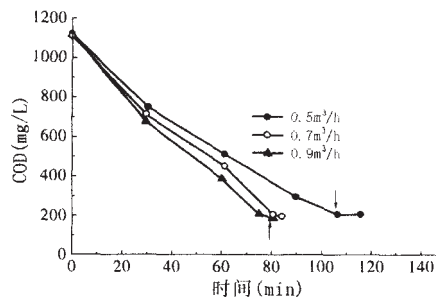


图 3a COD 随时间变化

图 3 的试验结果表明: 在有机物降解过程中, DO 和 ORP 的变化规律与 2.1.1 的试验结果基本相同。最重要的变化特征是当有机物达到难降解程度时, DO 和 ORP 突然迅速大幅度升高(图 3 箭头所示)。对于同一种原水, 控制不同的曝气量会引起反应时间的相应改变。曝气量由 0.5m³/h 提高到 0.7m³/h, 反应时间明显缩短。将曝气量进一步提高到 0.9m³/h, 反应时间几乎不变。所以, 过大的曝气量不能有效提高处理效率, 却浪费了能量。曝气量较大的周期, ORP 的绝对测量值也相对较高, 即周期内 ORP

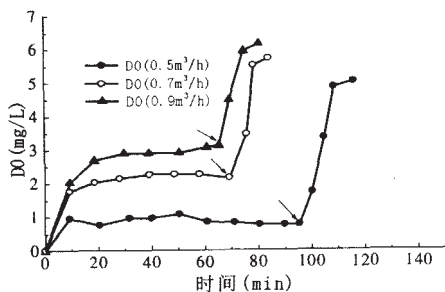


图 3b DO 随时间变化

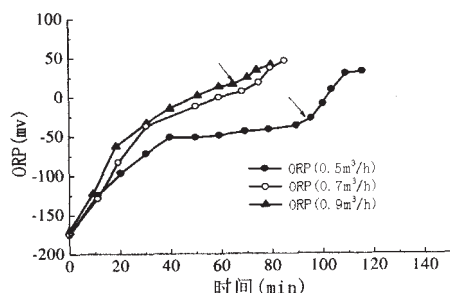


图 3c ORP 随时间变化

的整体水平较高。这是由于在原水水质、COD 浓度、pH 值、温度等条件不变时,曝气量越大,混合液中的 DO 越高,从而引起 ORP 的升高。由此可见,DO 是影响 ORP 绝对测量值的主要因素。

同一种原水,在适当范围内提高曝气量水平可缩短反应时间。根据有机物达到难降解浓度时,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的曝气时间。

2.2 DO、ORP 联合控制反应时间

由于 SBR 法间歇运行的特点,当有机物达到难降解程度时,DO 迅速大幅度升高,在 10min 内 DO 可上升 2.5mg/L,反应结束时 DO 可升到 6mg/L 左右。这一变化特点可用模糊语言变量加以描述,以此作为停止曝气的信号。本研究引入了用 DO 误差的大小 (E_{DO}) 和误差变化的快慢 (CE_{DO}) 作为模糊控制器的两个输入变量。SBR 法处理化工废水的试验结果表明:当 DO 升高的幅度 $>2.5\text{mg/L}$,且 DO 的变化速率 $>0.20\text{mg/L}\cdot\text{min}$ 时,应停止曝气,使反应结束,这是建立模糊控制规则的重要依据。

2.1 的试验表明:当 SBR 内有机物达到难降解程度时,DO 迅速大幅度升高,受 DO 变化的影响,ORP 也随之迅速大幅度升高,上升速率可达到 5mv/min ,是在此之前 ORP 上升速率的 4~6 倍。ORP 的这一变化特点也可以用模糊语言变量加以描述,将 ORP 随时间的变化率 CE_{ORP} 作为模糊控制器的另一个输入

变量。而 ORP 的绝对值由于受温度、原水 pH 值、探头质量等因素影响,当反应结束时上升的范围不是很稳定,因此 ORP 的绝对偏差没有作为输入变量。

在有机物降解过程中有时也会发生 DO 升高,但升高的速率和幅度均较小,不足以引起 ORP 的大幅度升高。只有有机物降解结束时发生的 DO 迅速大幅度升高才能引起 ORP 的相应变化。因此,在有 E_{DO} , CE_{DO} 作为模糊控制器的两个输入变量的前提下,又引入 CE_{ORP} 作为另一个输入变量,可使 SBR 曝气时间的控制更为准确可靠。曝气量的变化量 (Δu) 作为模糊控制器的输出变量。

由于 DO 和 ORP 在反应结束时始终在升高, E_{DO} , CE_{DO} 和 CE_{ORP} 均为正,可以简化对 E_{DO} , CE_{DO} , CE_{ORP} 及控制量 Δu 的模糊集及其论域的定义:

E_{DO} , CE_{DO} 和 CE_{ORP} 的模糊集 e_{DO} , ce_{DO} , ce_{ORP} 均为: $\{PS, PM, PB\}$

模糊语言变量的含义: PS = 正小 (Positive Small); PM = 正中 (Positive Medium); PB = 正大 (Positive Big)。

e_{DO} , ce_{DO} , ce_{ORP} 的论域为: $\{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$

而对控制量 Δu (即曝气量) 而言,只有两种选择:一种是维持原来的曝气量不变,继续等待;另一种是立即停止曝气,不存在改变曝气量大小的问题。模糊规则控制表如表 1 所示。

表 1 SBR 反应时间的模糊控制规则

ce_{ORP}	e_{DO}								
	PS			PM			PB		
	ce_{DO}			ce_{DO}			ce_{DO}		
	PS	PM	PB	PS	PM	PB	PS	PM	PB
Δu									
PS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PM	0	0	0	0	0	0	0	0	-
PB	0	0	0	0	0	0	0	-	-

注: - 代表停止曝气; 0 代表维持原曝气量不变

当 e_{DO} 达到 PB , 且 ce_{ORP} 达到 PB , ce_{DO} 达到 PM 或 PB 时,即 ORP 迅速大幅度升高,DO 升高到最大的范围,DO 上升速率也趋向于最大时,认为有机物降解结束,停止曝气。当 ce_{ORP} 为 PM , 且 e_{DO} , ce_{DO} 均为 PB 时,即 DO 已迅速大幅度升高,ORP 也开始大幅度升高时,也认为有机物降解结束,停止曝气。当 e_{DO} 为 PS 和 PM 时,无论 DO 的变化速率如何,均维持原有的曝气量,避免因曝气时间不够而使出水达不到排放标准。

3 结 论

采用 SBR 工艺处理工业废水,无论是原水 COD 浓度大幅度变化,还是控制不同的曝气量水平,当有机物达到难降解浓度时,DO 和 ORP 迅速大幅度升高。根据 DO、ORP 的这一变化特征可有效控制不同条件下有机物降解所需的曝气时间。

结合模糊控制理论,将 DO、ORP 的特征变化用模糊语言变量描述,选择 DO 误差的大小 (E_{DO}) 和误差变化的快慢 (CE_{DO})、ORP 随时间的变化率 (CE_{ORP}) 作为模糊控制器的三个输入变量,给出 SBR 曝气时间的模糊控制规则,从而实现 SBR 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。

参考文献:

- [1] 曾薇,彭永臻,王淑莹,等. pH 值与温度对 SBR 法反应时间控制的影响[J]. 中国环境科学,2002,22(5):456-459.
- [2] 曾薇,彭永臻,王淑莹. 以 DO、ORP、pH 作为两段 SBR 工艺的实时控制参数[J]. 环境科学学报,2003,23(2):252-256.
- [3] J Ferrer, M A Rodrigo, A Seco, *et al.* Energy Saving in the Aeration Process by Fuzzy Logic Control[J]. Wat.Sci.Tech.,1998,38(3): 209-217.
- [4] Joo-Hwa Tay and Xiyue Zhang. Neural Fuzzy Modeling of Anaerobic Biological Wastewater Treatment Systems[J]. Journal of Environmental Engineering,1999,125(12): 1149-1159.

FUZZY CONTROL OF AERATION DURATION IN SBR PROCESS

Zheng Wei,Wang Shu-ying,Peng Yong-zhen

(College of Environmental and Energy Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract: Chemical wastewater was treated by SBR process; the change of COD concentration in raw water and control of different aeration level shall cause the change of organic degradation time. When organic concentration reaches the level of being difficult to be degraded, DO and ORP rise rapidly and sharply. According to the feature of DO and ORP,the aeration time needed for organic degradation under different conditions can be controlled effectively. By combining the theory of fuzzy control, the change of DO and ORP features is described with the variables of fuzzy language; the size of DO error (E_{DO}), speed of error change (CE_{DO}) and the change rate of ORP with time (CE_{ORP}) are selected as three input variables of fuzzy controller; and the law of fuzzy control for SBR aeration time is derived, thus, realizing real-time control for SBR reaction time, and on the premise of ensuring the quality of effluent water, saving energy consumption and heightening the efficacy of wastewater treatment.

Key words: SBR;DO;ORP;fuzzy control

新产品上市新闻发布会通知

杭州北斗星膜制品有限公司是一家由杭州水处理技术开发中心投资组建的高新技术企业。公司以发展民族膜工业为己任,致力于反渗透、纳滤、超滤和微滤膜制品及膜组件的研发、生产和推广。凭借领先的技术、优良的品质、成熟的应用,在制膜行业脱颖而出,并成为取代国外进口膜元件的新锐势力。

公司已确定参加 2005 年 3 月 29 日至 31 日在上海展览中心举办的第二届上海国际膜与水处理技术与装备展览会(展台编号 C20)。届时,我公司将首次推出全新六大系列卷式膜元件,同时我们计划于 3 月 29 日下午 3:30 至 4:30 在技术交流会场馆举行新产品上市新闻发布会,望水处理行业的新老朋友光临惠顾。

咨询电话:0571—88150582

袁国梁先生