

实时控制在污水生物处理中的研究进展^{*}

高大文^{**} 彭永臻¹

(东北林业大学森林资源与环境学院 哈尔滨 150040)

(¹北京工业大学环境与能源工程学院 北京 100022)

摘要 针对目前污水处理厂采用固定时间控制策略所暴露出的问题,从污水生物处理反应机理上分析了溶解氧(DO)、氧化还原电位(ORP)和pH值作为污水生物处理实时控制参数的可行性,得出污水处理过程中反应器内DO、ORP和pH的变化可以间接反应有机物降解和脱氮除磷过程,因此,在理论上可以应用DO、ORP和pH作为实时控制参数控制污水处理过程。综述了当前国内外应用DO、ORP和pH作为实时控制参数控制污水处理过程的研究进展,并分析了目前我国在此研究方向存在的问题,指出进一步加强对污水处理实时控制技术应用基础研究的必要性和紧迫性,并使其与智能控制技术相结合,最终实现污水处理自动化。参 27

关键词 实时控制; DO; ORP; pH; 污水处理

CLC X703.1

ADVANCES IN WASTEWATER BIOLOGICAL TREATMENT USING REAL-TIME CONTROL STRATEGIES^{*}

GAO Dawen^{**} & PENG Yongzhen¹

(College of Forest Resources and Environment, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China)

(¹School of Environmental and Energy Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

Abstract In this review, considering the problems existing in wastewater treatment plants using fix-time strategy, the feasibilities of dissolved oxygen (DO), oxidation-reduction potential (ORP) and pH value used as real-time control parameters were analyzed according to the reaction mechanism of wastewater bio-treatment. The results showed that the changes of DO, ORP and pH could indirectly express the situation of COD, N and P removal during wastewater treatment. So theoretically, the DO, ORP and pH used as real-time control parameters could control wastewater treatment process. On the basis of this, the application of DO, ORP and pH as real-time control parameters in wastewater treatment is summarized, and the problems in this research fields were reviewed. This paper points out that the applied fundamental research of real-time control in wastewater treatment should be strengthened and this process should be combined with intelligent control in order to make wastewater treatment automatized. Ref 27

Keywords real-time control; DO; ORP; pH; wastewater treatment

CLC X703.1

实时控制系统具有广泛的实际应用,如自动化生产线控制系统、机器人控制系统、军事指挥控制系统及民航调度系统等。所有这些应用的共同特性就是实时性,即在一定的有效时间内对所发生事件进行及时处理,否则将导致严重后果。因此,实时控制系统的开发要求比一般应用系统更严谨、更全面。

由于污水生物处理系统是一个相当复杂的动态过程,仅仅依靠固定时间控制,很难获得理想的处理效果。因此,随着实时控制系统在其它领域的成功应用,越来越多的水处理工作者开始探索研究污水处理实时控制策略。近年来实时控制在美国、欧洲和日本的污水生物处理和生物化学处理中都有典型的成功应用,正在研究与开发的更是不胜枚举。其中在污水生物处

理实时控制研究中,普遍采用的控制参数为DO、ORP和pH。

1 DO、ORP 和 pH 作为实时控制参数的理论依据

1.1 DO 作为实时控制参数的理论依据

构成活性污泥法有3个基本要素,一是引起吸附和氧化分解作用的微生物,也就是活性污泥;二是废水中的有机物,它是处理对象,也是微生物的食料;三是溶解氧(DO),没有充足的溶解氧,好氧微生物既不能生存也不能发挥氧化分解作用^[1]。微生物降解有机物所需的氧气是通过曝气设备传递到溶液中的,然后才被微生物利用。这种传递机理可以用几种传质理论来解释,但最简单和最普遍使用的是Lewis和Whitman在1923年提出的双膜理论。在污水生物处理系统中,氧是难溶的气体,它的传递速率通常正比于溶液中的饱和浓度差。而溶液中溶解氧的变化速率又与氧传递速率密切相关,有关这方面的

收稿日期:2003-11-17 接受日期:2004-02-09

*黑龙江省自然科学基金资助项目(No. E0230)、北京市教委重点项目(No. KZ200310005003) Supported by the Heilongjiang Natural Sciences Foundation and the Project of Beijing Education Committee

**通讯作者 Corresponding author(E-mail: gdw@mail.tsinghua.edu.cn)

分析和公式推导见文献[1].

污水生物处理过程中,根据污水中溶解氧浓度的变化,可以把供氧方式分为恒定曝气量和恒定 DO. 所谓恒定曝气量,是指污水中的溶解氧是随时间变化的. 由于污水中的微生物要耗氧,因而氧的传递方程变为:

$$\text{或} \begin{cases} d(\text{DO})/dt = \alpha K_{L,a}(\text{DO}_{\text{sw}} - \text{DO}) - \gamma \\ d(\text{DO})/dt = \alpha K_{L,a}(\beta \text{DO}_s - \text{DO}) - \gamma \end{cases} \quad (1)$$

式中: $d\text{DO}/dt$ ——污水中氧的变化速率, mg L^{-1} ; $K_{L,a}$ ——氧的总转移系数, L s^{-1} ; DO_{sw} ——污水中的溶解氧饱和浓度, mg L^{-1} ; DO_s ——清水中的溶解氧饱和浓度, mg L^{-1} ; DO ——污水中实际溶解氧浓度, mg L^{-1} ; α —— $K_{L,a}$ 的修正系数; β —— DO_s 的修正系数; γ ——微生物的需氧速率, $\text{mg L}^{-1} \text{h}^{-1}$.

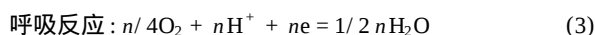
当曝气量和 $K_{L,a}$ 不变时,反应器内混合液的实际溶解氧浓度越小,单位容积内氧的转移速率越大,转移的氧均被微生物利用降解有机物,说明耗氧速率增大,间接地反映出有机物降解速率的增大. 微生物对氧的需求不仅仅在降解有机物时,同时,微生物为了维持自身的生命及生长繁殖而进行的新陈代谢活动也需要氧,即内源呼吸. 因此,可以看到,DO 在整个生物处理过程中,起着非常重要的作用,它的变化必将对生物反应的进程产生影响.

综上,可以通过污水处理过程中 DO 的变化,预测反应器内有机物的降解情况,从而控制曝气量和曝气时间. 因此,应用 DO 作为污水处理实时控制参数在理论上是可行的.

1.2 ORP 作为实时控制参数的理论依据

对于污水生物处理系统,往往同时进行着大量的生化反应,是一个相当复杂的体系,所以,该系统的氧化还原电位(ORP)是多种氧化物质与还原物质进行氧化还原反应的综合结果. 来自污水和由细菌代谢作用产生的许多氧化还原物质也对 ORP 有影响. 而且生物处理中的氧化还原反应有的可能达到平衡,有的可能未达到平衡,因此,对生物处理系统而言,ORP 已不再是一个热力学平衡概念,也不能作为某种氧化物和还原物的浓度指标,但它对整个系统的氧化还原状态给出一个综合指标,这为讨论 ORP 与生化反应进程的相关关系提供了理论依据.

污水生物处理过程中最基本的反应是微生物的合成和呼吸活动,可简单用以下方程式表达^[2]:



式中: $A_{\text{red-H}}$ ——微生物进行合成代谢所利用的有机物; A_{ox} ——新合成的细胞物质.

以上反应的平衡氧化还原电位可以用能斯特方程表示:

$$E_{h(1)} = E_{h(1)}^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[A_{\text{ox}}][\text{CO}_2]^m[\text{H}^+]^n}{[A_{\text{red-H}}]} \quad (4)$$

$$E_{h(2)} = E_{h(2)}^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{O}_2]^{n/4}[\text{H}^+]^n}{[\text{H}_2\text{O}]^{n/2}} \quad (5)$$

当反应处于平衡状态时:

$$E_h = E_{h(1)} = E_{h(2)} =$$

$$\frac{1}{2} \left[E_{h(1)}^0 + E_{h(2)}^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[A_{\text{ox}}][\text{CO}_2]^m[\text{H}^+]^{2n}[\text{O}_2]^{n/4}}{[A_{\text{red-H}}][\text{H}_2\text{O}]^{n/2}} \right] \quad (6)$$

公式(6)描述了好氧微生物在平衡状态下的 ORP.

从以上分析,可以得出,ORP 在污水处理过程中的变化规律,能够反映出微生物降解有机物的情况. 因此,可以应用 ORP 作为污水处理的实时控制参数.

1.3 pH 作为实时控制参数的理论依据

微生物的生长、繁殖和环境中的 pH 值密切相关,不同的微生物有不同的 pH 值适应范围. 因此,在污水生物处理系统中,保持微生物的适宜 pH 值显得十分重要. 另外,通过对污水生物处理反应机理的研究以及实践表明,反应器内生化反应的进行导致了 pH 上升或下降. 下面以生物脱氮为例说明 pH 作为污水生化处理控制参数的可行性.

生物脱氮机理是在微生物的作用下,将有机氮和氨态氮转化为 N_2 和 N_2O 气体的过程,整个过程包括两个阶段:硝化和反硝化.

硝化反应是在好氧条件下,将 NH_4^+ 转化为 NO_2^- 和 NO_3^- 的过程. 此作用是由亚硝酸菌和硝酸菌两种菌共同完成的. 这两种菌属于化能自养型微生物. 其反应方程式见文献[1]. 从反应方程式可以看出,在硝化反应过程中,有 H^+ 释放出来,使 pH 值下降.

反硝化反应是指在无氧条件下,反硝化菌将硝酸盐氮(NO_3^-)和亚硝酸盐氮(NO_2^-)还原为氮气的过程. 其反应方程式见文献[1]. 从反应方程式可以看出,在反硝化反应过程中,有 OH^- 释放出来,使 pH 值上升.

从以上生物脱氮的反应机理分析可以得到,在硝化过程中,反应混合液的 pH 随时间应逐渐减小,而在反硝化过程中,反应混合液的 pH 随时间应逐渐增大. 因此,可以应用 pH 的变化间接判断硝化、反硝化的进程.

综上所述,DO、ORP 和 pH 在污水生物处理过程中,都将随水质的特征和反应条件发生变化,因此,应用 DO、ORP 和 pH 作为实时控制参数在理论上是可行的.

2 DO、ORP 和 pH 在污水处理实时控制中的应用

发达国家在二级处理基本普及以后,投入大量资金和科研力量加强污水处理设施的监测运行管理,实现计算机控制、报警、计算和瞬时记录. 美国在 20 世纪 70 年代中期开始实现污水处理厂的自动控制,目前主要污水处理厂已实现了污水处理工艺流程中主要参数的自动测试和控制. 80 年代以来在美国召开了两次水处理仪器化和自动化的国际学术会议,会上发表的数百篇论文反应了水处理自动化已发展到实用水平^[3]. 与国外相比,我国污水处理自动化控制起步较晚,进入 90 年代以后修建的污水处理厂才开始引入自动控制系统^[4,5],但多是直接引进国外成套自控设备,如山东济宁市污水处理厂全套引进德国的机电、自控工艺和设备. 因此,开发适合我国国情的污水处理自动控制系统还有很大潜力.

目前,即使在国外污水处理厂采用的自动控制许多是开环控制,然而开环控制在运行中存在许多问题,如进水污染物浓度较高时,出水水质不达标;污染物浓度较低时,容易引起污泥解体和浪费能源. 为寻求更精确、可靠的方法实施自动控制,近年来,国内外许多学者开展了污水生物处理实时控制参数的研

究^[6~10].

彭永臻等^[6]进行了以 DO 作为 SBR 法过程和反应时间控制参数的试验研究. 结果表明, 无论使曝气量或初始污泥浓度大幅度变化, 还是逐渐或突然改变初始有机物浓度, 在反应阶段开始几分钟后都会出现 DO 浓度基本稳定的平衡 DO 浓度现象; 当 COD 达到其难降解浓度时, DO 浓度迅速地大幅度升高, 之后又出现新的平衡. DO 浓度的这一变化特点可以使 DO 作为有机物基本被去除及反应结束的信号. 因此, 提出以 DO 作为 SBR 法反应时间的计算机控制参数是可行与可靠的.

Wareham 等^[7,8]研究应用氧化还原电位 (ORP) 对污水处理系统和污泥的好氧/缺氧消化进行适时控制, 取得了良好的效果. 并在此基础上, 对污泥好氧/缺氧消化过程分别实施 ORP 适时控制和固定时间控制进行了比较. 研究结果显示, 采用 ORP 控制好氧/缺氧时间的反应器比固定反应时间的反应器抗干扰能力强, 同时, 提高了有机物和氮的去除效率.

Ghusain 等^[9,10]进行了 pH 作为废水处理和污泥消化过程实时控制参数的研究, 得出: 可以根据反应器内 pH 的变化控制废水处理和污泥消化过程. 在污泥消化处理中, 交替好氧/缺氧消化比传统的好氧或厌氧消化具有很多优点. 而对交替好氧/缺氧周期的控制是该污泥消化工艺的关键. 通过检测污泥好氧/缺氧消化过程中 pH 的变化, 发现在 pH 变化曲线上存在两个特征点, 并且这两个特征点分别与硝化和反硝化结束相对应. 基于这一发现, 开发出两个适时控制策略, 一个是根据预先设定的 pH 绝对值控制好氧/缺氧周期; 另一个是采用 pH 微分值判断硝化和反硝化终点. 因此, 在污泥交替好氧/缺氧消化过程中, 可以根据反应器内 pH 的变化控制消化过程.

Chang 等^[11]研究了 SBR 法去除有机物和脱氮除磷过程中 ORP 和 pH 的变化规律. 结果显示, pH 曲线上存在着表征硝化结束、磷释放结束和磷吸收结束的特征点, 而 ORP 曲线上却没有出现清晰的特征点. 因此, 在应用 SBR 法处理废水时, 采用 pH 作为实时控制参数更可靠.

为了找到低负荷活性污泥工艺曝气控制的最好方法, Plisson-Saune 等^[12]对完全硝化反硝化期间 $\text{NO}_x - \text{N}$ 与 ORP 的关系进行了研究. 结果发现硝化反硝化期间 ORP 曲线上共存在 3 个弯点: α 、 β 和 χ , 分别表示前置反硝化阶段累积氨氮消耗终点、缺氧阶段的开始和厌氧状态的出现. 因此, 在应用低负荷活性污泥工艺的污水处理厂中, 可以根据 ORP 曲线上的 3 个弯点适时控制脱氮工程. 同时这一适时控制策略对于入水负荷变化有较大的适应性. 将 ORP 控制策略应用到中试污水处理厂中, 取得了较好的效果.

Zipper 等^[13]开发了适用于小型污水处理厂的自动控制系统, 该系统采用基于氧化还原电位 (ORP) 的控制器. 这个控制器自动工作, 并可以在硝化和反硝化之间进行优化, 从而减少能耗. 在中试试验中, 他们发现, 污水处理厂的实际负荷与 ORP 曲线变化具有很强的相关性. 采用两点 ORP 控制保证了在增加负荷时硝化时间占运行时间的比率也随着增加. 这些都为开发小型污水处理厂控制规则奠定了基础.

John 等^[14]采用两种 SBR 反应器对家禽生产废水进行处理, 并且评价了它们的处理效率. 同时也考察了脱氮与反应器氧化还原电位 (ORP) 之间的关系, 并且使用了用于实时 pH、ORP 和 DO 监控的先进仪器设备和基于 ORP 设定值控制曝气

时间的实时控制. 当处理变组分废水时, 该研究不仅取得了稳定的出水水质, 而且依靠 ORP 控制曝气时间, 减少了空压机的运行时间. 试验结果显示, COD 和氨的去除率分别达到 93 % 和 35 %.

Yu 等^[15~17]设计研究了一套带有实时 ORP 和 pH 控制系统的连续进水 SBR 反应器. 该实时监测和控制系统由传感器、计算机、人机对话界面和控制部件组成. SBR 反应器中安装了 4 个带有 Ag/AgCl 电极的 ORP 仪表、1 个 DO 仪和 1 个 pH 仪表, 传感器的模拟信号通过 AD/DA 转换器转换成数字信号, 并且依靠计算机每秒钟采集一次信号. 计算机对采集来的数据进行分析后, 通过控制线路传递到继电器, 由它开/关搅拌机、滗水器和鼓风机. 该系统通过在线 ORP 和 pH 监测去实时控制连续进水 SBR 反应器不同运行阶段的持续时间, 从而强化 SBR 反应器的系统性能. 试验结果显示, 采用实时控制的 SBR 反应器在底物去除效率和降低能耗方面均优于采用时序控制的 SBR 反应器. 与时序控制相比, 实时控制 SBR 反应器具有较高的 COD、TKN 和氨氮的去除率, 分别为 93 %, 89 % 和 91 %, 尤其在总氮的去除上, 采用时序控制的 SBR 反应器由于反硝化不完全, 使得总氮的去除率为 81 %, 而应用实时控制的 SBR 反应器使总氮的去除率提高到 91 %. 试验结果还得出, 在实时控制 SBR 反应器中, 完成硝化 - 反硝化所需的好氧和缺氧的时间较短, 减少了大约总运行周期的 11 % ~ 29 %, 这意味着采用实时控制 SBR 反应器将减少 11 % ~ 29 % 的系统容积. 缩短曝气时间有利于节省曝气量, 经过计算, 每天将节省 14 % ~ 32 % 的曝气量. 由此可见, 采用实时控制 SBR 反应器的建造、运行和维护费用远远低于时序控制.

Suescun 等^[18]开发了一种控制城市污水处理厂出水中氨和硝酸盐浓度的实时控制方法. 通过适时控制好氧段 DO 浓度实现了氨氮的去除, 而硝酸盐控制是根据取样检测缺氧段硝酸盐氮浓度来实现. 控制器采用定量反馈理论 (QFT) 设计, 通过该控制器对出水的氨氮、硝酸盐浓度和硝化 - 反硝化作用进行自动控制. 除此之外, 该控制方法还有降低曝气量的作用. 这项实时控制方法被用在西班牙的 Vitoria 污水处理厂, 结果显示, 在抗外界干扰方面, 该控制器具有较好的性能和稳定性.

Puznava 等^[19]在同步硝化/反硝化的生物滤池中引入了实时曝气控制, 建立了基于溶解氧在线监测的反馈控制和基于氨氮和溶解氧在线监测的串联控制. 这种实时曝气控制可以维持处理系统在低溶解氧水平下工作, 即 DO 浓度在 $0.5 \sim 3 \text{ mg L}^{-1}$ 之间, 保持低溶解氧主要有两点好处, 首先它可以防止生物膜的穿透, 其次可以在生物膜的大量区域完成反硝化作用. 因此, 硝化和反硝化作用就可以在生物膜的不同深度同步进行. 与传统硝化 - 反硝化生物曝气滤池 (BAF) 相比, 采用实时曝气控制的生物滤池在达到相同处理效果 (出水 $\text{TN} < 20 \text{ mg L}^{-1}$) 时, 曝气量低于传统方法的 50 %. 根据出水水质的要求, 可以应用这两种控制中的一种控制实施实时控制, 这两种控制方法在保证出水水质和降低能耗方面都是非常有效的.

Chen 等^[20]在应用固定化细胞反应器处理废水时, 通过对反应期间的 ORP 实施在线检测, 考察了 ORP 作为该系统实时控制参数的可行性. 试验结果显示, 在 ORP 随时间的变化曲线上存在着与有机物降解和脱氮过程相关的特征变化点. 应用这些变化点建立的适时控制技术和预先设定时间两种方法对反

反应器曝气时间实施控制,试验结果表明,采用适时 ORP 控制的处理工艺能有效地避免缺氧发酵的发生,同时运行时间也减少了大约 30%。适时控制系统不仅在脱氮效率上比预先设定时间高,而且当 HRT 在 3~8 h 之间变化时,出水水质仍能保持稳定。因此,该系统有更强的抗冲击负荷能力。

Holman 等^[21]以人工配制废水作为处理对象,采用两个试验室规模 SBR 反应器研究了低溶解氧废水处理工艺的实时控制。在检测反应过程 ORP、DO 和 pH 的同时,跟踪取样分析 COD 和 TN 的浓度变化,找出能准确反映低溶解氧下废水处理工艺的实时控制参数。试验结果显示,在 ORP 曲线上能够清晰地观察到有机物和氨氮的去除。因此,在低溶解氧工艺(如同步硝化反硝化工艺)中应用 ORP 作为实时控制参数是可行的。

在高硫酸盐废水的厌氧处理中,Khanal 等^[22]对硫化物的氧化采用了 ORP 控制。在 ORP 控制氧化期间,COD 去除率和甲烷产率分别提高了 4.7%和 56.3%。因此,采用 ORP 作为控制参数调节加氧量,能够使硫化物氧化充分,并且消除它的毒性。

尽管应用 DO、ORP 和 pH 作为实时控制参数已成为污水处理自动控制领域的研究热点,但是我国从事这方面研究的人员很少,哈尔滨工业大学市政环境工程学院彭永臻教授所领导的课题组^[23,24]曾有报告。1997 年,彭永臻等^[25]研究 ORP 作为 SBR 反应器有机物降解程度的间接指标,结果表明,无论是在很大范围内改变曝气量或者改变 MLSS 浓度,还是使反应初始 COD 在 230~2180 mg L⁻¹之间逐渐变化或突然变化,当 COD 达到难降解浓度时,ORP 都有迅速大幅度地升高,随后又很快趋于平稳,并在某一特定范围内稳定下来。因此,可以用 ORP 作为 SBR 法反应时间的计算机控制参数,实现计算机在线自动控制。2000 年,彭永臻等^[26]采用 SBR 法处理石油化工废水时,根据反应器内有机物去除与 DO 浓度的相关性,探索了以 DO 作为 SBR 法模糊控制参数。通过大量实验,总结出反应初始阶段(8~10 min)溶解氧浓度不仅能够间接地反映进水有机物浓度,而且对整个反应过程都有重要影响。溶解氧高低主要受曝气量大小控制,因此可根据初始阶段溶解氧的浓度及变化情况预测进水有机物浓度,进而实现对曝气量的模糊控制。同时,还证实当有机物不再被降解时,DO 迅速大幅度升高,根据 DO 这一变化特点实现对反应时间的模糊控制。2002 年,研究了啤酒原水及其不同投加量、不同投加方式以及乙酸钠、甲醇和内源呼吸碳源对反硝化过程中 pH 和 ORP 变化规律的影响^[27]。结果证明,pH 不断上升直至反硝化结束转而持续下降;ORP 则减速下降,在反硝化结束时突然下降速率增加出现拐点。不论使用何种碳源以及不论投加碳源的方式和数量如何都证明在反硝化结束时 pH 和 ORP 有特征点出现。同时,通过 pH 上升速度的差别可以判断碳源是否充足,从而调控碳源的投加。

3 结论

我国在污水处理自动控制研究方面才刚刚起步,与发达国家相比,还存在很大差距。下面就我国目前污水处理自动控制现状及今后的发展方向作以简要分析:

(1)目前我国污水处理厂所采用的自动控制系统绝大多数是整套引进国外设备,国产自动控制系统在污水处理厂应用很

少,研究开发适合我国国情的污水处理自动化设备是摆在我国污水处理专家面前的一项重要课题,同时也是加入 WTO 以后的必然趋势。

(2)与发达国家相比,我国在污水处理的基本理论、工艺流程和工程设计等方面并不明显落后,但是在其运行管理与自动控制方面却存在着较大的差距。目前,我国城市污水处理厂的吨水耗电量是发达国家的近两倍,而运行管理人员数又是其若干倍,因此,我国加强污水处理系统实时控制的研究与应用,具有重要的科学意义与应用价值。同时该研究又为建立污水处理智能控制体系奠定了理论基础。

(3)由于智能控制的优越性及其研究与应用的迅速发展,目前国外许多已经具有很成熟的普通自动控制系统的城市污水和工业废水处理厂正在通过技术改造,向实现智能控制的方向过渡。对此,我们受到的启发是:我国应当总结经验少走弯路,在有条件的地方和可能的情况下,在污水处理厂的规划、设计与建设初期就尽可能采用或部分采用智能控制。因此,我们必须加快智能控制研究与应用的步伐,在污水处理厂自动控制方面用较短的时间赶上世界先进水平。

(4)智能控制技术在污水处理中应用较晚,只是近 20 a 才逐渐得到应用,而且大多数仍停留在实验室研究阶段,很多地方还很不完善。以神经网络控制为例,目前研究较多的模型属于静态模型,在一定程度上,不太适合污水处理在线控制,因为活性污泥法污水处理随时间变化较大,而且具有大滞后性。因此,在污水处理智能控制研究中,应以实际污水处理厂为研究目标,找出各种控制参数随时间的变化规律,运用动态模型建立污水处理智能控制系统。

(5)从文献来看,我国从事污水处理自动控制研究人员太少,这也是制约我国污水处理自动控制发展的主要因素。随着计算机技术的飞速发展,无论从硬件还是从软件都给发展智能控制带来了机遇。为缩短我国同发达国家在污水处理智能控制领域上的差距,我国的科研人员应抓住这次机遇,勇于探索,开发出世界领先水平的智能控制技术。

References

- 1 高廷耀,顾国维. 水污染控制工程(下册). 第2版. 北京:高等教育出版社,1999. 140~141
- 2 藤井正博(日). 生物学的废水处理の酸化还原电位. 产业公害, 1989, 25(8):33~37
- 3 Li SW(李树伟). Some opinions of autocontrol with microcomputer in the wastewater treatment plant. *Petrochem Environ Protec*(石油化工环境保护), 1994, 17(1):55~57
- 4 Niu XY(牛学义). Automatic control system in Jining WTP. *Water & Wastewater Eng* (给水排水), 2000, 26(6):75~78
- 5 Song J(宋颀). Automatic control system for SBR process in the wastewater treatment plant attached to Lianhua Monosodium Glutamate Group Company. *China Water & Wastewater* (中国给水排水), 1999, 15(6):41~43
- 6 Zeng W(曾薇), Wang SY(王淑莹), Gao JF(高景峰), Li TW(李探微), Peng YZ(彭永臻). Relationship between COD and DO in SBR treatment of beer brewery wastewater. *Water & Wastewater Eng* (给水排水), 2000, 26(5):28~30
- 7 Wareham DG, Hall KJ, Mavinic DS. real-time control of aerobic -

- anoxic sludge digestion using ORP. *J Environ Eng*, 1993, **119**(1): 120 ~ 136
- 8 Wareham DG, Mavinic DS, Hall KJ. Sludge digestion using ORP - regulated aerobic - anoxic cycles. *Wat Res*, 1994, **28**(2): 373 ~ 384
 - 9 Ghusain IA, Huang J, Hao OJ, Lim BS. Using pH as a real-time control parameter for wastewater treatment and sludge digestion processes. *Wat Sci Tech*, 1994, **30**(4): 159 ~ 168
 - 10 Ghusain IA, Hao OJ. Use of pH control parameter for aerobic/ anoxic sludge digestion. *J Environ Eng*, 1995, **121**(3): 225 ~ 235
 - 11 Chang CH, Hao OJ. Sequencing batch reactor system for nutrient removal: ORP and pH profiles. *J Chem Technol & Biotechnol*, 1996, **67**(1): 27 ~ 38
 - 12 Plisson - Saune S, Capdeville B, Mauret M, Deguin A, Baptiste P. realtime control of nitrogen removal using three ORP bending - points: signification, control strategy and results. *Wat Sci Tech*, 1996, **33**(1): 275 ~ 280
 - 13 Zipper T, Fleischmann N, Haberl R. Development of a new system for control and optimization of small wastewater treatment plants using Oxidation - Reduction Potential (ORP). *Wat Sci Tech*, 1998, **38**(3): 307 ~ 314
 - 14 John AP, Spyros GP. real-time monitoring and control of sequencing batch reactors for secondary treatment of a poultry processing wastewater. *Wat Environ Res*, 2000, **72**(5): 585 ~ 592
 - 15 Yu RF, Liaw SL, Chang CN, Lu HJ, Cheng W Y. Monitoring and control using on - line ORP on the continuous - flow activated sludge batch reactor system. *Wat Sci Tech*, 1997, **35**(1): 57 ~ 66
 - 16 Yu RF, Liaw SL, Chang CN, Cheng WY. Applying real-time control to enhance the performance of nitrogen removal in the continuous - flow SBR system. *Wat Sci Tech*, 1998, **38**(3): 271 ~ 280
 - 17 Yu RF, Liaw SL, Cheng WY, Chang CN. Performance enhancement of SBR applying real-time control. *J Environ Eng*, 2000, **126**(10): 943 ~ 948
 - 18 Suescun J, Ostolaza X, Garcia - Sanz M, Ayesa E. real-time control strategies for predenitrification - nitrification activated sludge plants biodegradation control. *Wat Sci Tech*, 2001, **43**(1): 209 ~ 216
 - 19 Puznava N, Payraudeau M, Thornberg D. Simultaneous nitrification and denitrification in biofilters with real time aeration control. *Wat Sci Tech*, 2001, **43**(1): 269 ~ 276
 - 20 Chen KC, Chen CY, Peng JW, Houn J Y. real-time control of an immobilized - cell reactor for wastewater treatment using ORP. *Wat Res*, 2002, **36**(1): 230 ~ 238
 - 21 Holman JB, Wareham DG. Oxidation - Reduction Potential as a monitoring tool in a low dissolved oxygen wastewater treatment process. *J Environ Eng*, 2003, **129**(1): 52 ~ 58
 - 22 Khanal SK, Huang JC. ORP - based oxygenation for sulfide control in anaerobic treatment of high - sulfate wastewater. *Wat Res*, 2003, **37**(9): 2053 ~ 2062
 - 23 邵剑英. 间歇式活性污泥法自动控制的理论研究:[硕士学位论文]. 哈尔滨:哈尔滨建筑大学, 1996
 - 24 姜慧勇. SBR 法计算机自动控制理论的基础研究:[硕士学位论文]. 哈尔滨:哈尔滨建筑大学, 1996
 - 25 Peng YZ(彭永臻), Shao J Y(邵剑英), Zhou L(周利), Seiwa K(黑田正和), Xu YQ(许燕青). Using ORP as a parameter for computer controlling of reaction time of SBR process. *China Water & Wastewater* (中国给水排水), 1997, **13**(6): 6 ~ 9
 - 26 Zeng W(曾薇), Peng YZ(彭永臻), Wang SY(王淑莹), Gao JF(高景峰), Li TW(李探微). Fuzzy control of SBR process using DO as parameter. *China Water & Wastewater* (中国给水排水), 2000, **16**(4): 5 ~ 10
 - 27 Peng YZ, Gao JF, Wang SY, Sui MH. Use pH and ORP as fuzzy control parameters of denitrification in SBR process. *Wat Sci Tech*, 2002, **46**(4 ~ 5): 131 ~ 137

本刊影响因子(FI)、引频次数(NC)及相关数据

数据库*(统计刊数)	FI(总排序,生物类排序)	NC(总排序,生物类排序)	数据公布时间
CSCD(996)	0.4089(107,16)	207(275,-)	2003年5月
CSTPCD(1447)	0.498(-,22)	492(-,26)	2004年11月
CAJCED(5716)	0.5865	566	2004年11月

* CSCD:中国科学引文数据库

CSTPCD:中国科技论文与引文数据库

CAJCED:中国学术期刊综合评价数据库

本刊被收入 2004 年《中国生物学文摘》和中国生物学文献数据库

经专家评估和遴选,将我刊收录至 2004 年度《中国生物学文摘》和中国生物学文献数据库。

本刊正式入编《中文核心期刊要目总览》2004 年版

据北京大学图书馆《中文核心期刊要目总览》2004 年版编委会 2004 年 4 月 26 日来函,本刊被确定为环境科学、安全科学类的核心期刊,并被编入《中文核心期刊要目总览》2004 年版(第 4 版)。《总览》已于 2004 年 7 月由北京大学出版社出版。