

模糊控制在污水处理系统中的应用

陆 杰

(同济大学电子信息工程学院, 上海 200092)

摘要: 介绍了模糊控制技术在三沟式氧化沟污水处理中的应用, 对模糊控制系统的结构和原理进行了详细的讨论。该系统已成功应用到上海闵行污水处理厂三期工程中, 运行效果良好。

关键词: 模糊控制; 预估补偿; 污水处理

中国分类号: X703 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-858X(2000)02-0029-04

0 引言

三沟式氧化沟污水处理, 一般是把池子的容积比例分配为硝化段、反硝化段和沉淀段, 针对三沟中各沟的曝气、硝化一反硝化和沉淀时间的组合来有效脱氮去磷, 净化污水。属活性污泥法的一种变型, 通常以较低的运行负荷, 以延时曝气的模式运行^[1]。污水处理的运行模式有: 硝化模式和硝化一反硝化模式见^[2]。其出水的指标参数有 BOD_5 、 COD 、 NH_3-H 等^[2], 这些都是控制对象的指标要求。工程应用中一般采用溶解氧反馈控制, 通过溶氧参数间接控制生物菌的硝化和硝化一反硝化反应。在工程实践中, 用单一的溶解氧控制系统对稳定的入水参数起到了良好的控制作用。但在运行初期和实际运行中入水的状况不可能始终处于稳态, 往往扰动性较大。这就需要人为地通过操作者的工艺经验来修正, 控制效果不佳, 人为因素较大, 鉴于实际工程应用效果, 本文提出了模糊控制在三沟式氧化沟污水处理中的应用。

1 控制原理

一般的反馈控制系统结构如图1所示^[3]。

该反馈控制系统的输入为 $W(S)$, 输出为 $Y(S)$, 控制器传递函数为 $G_R(S)$, 被控对象为 $G_S(S)$, 干扰作用为 $G_{SZ}(S)$ 。其结构如图1所示。如果采用闭环PI控制, 则

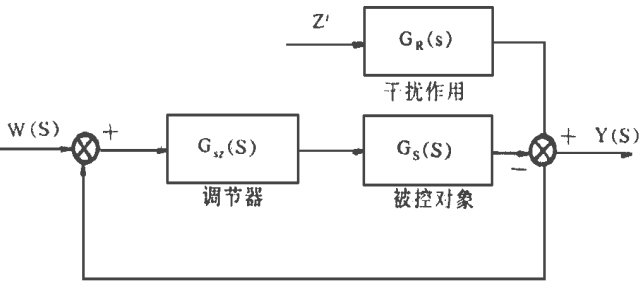


图1 反馈控制系统的结构

Fig.1 Structure of feedback control

收稿日期: 2000-03-31

作者简介: 陆杰(1963-), 男, 讲师。信息工程, 计算机控制和智能仪器。

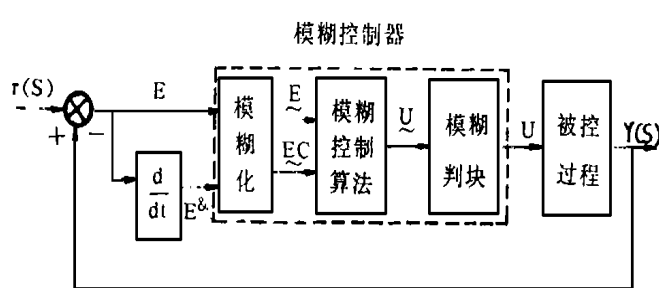


图 2 模糊控制结构

Fig.2 Structure of fuzzy control

器进行决策控制。模糊控制结构如图 2 所示,其基本思想是:控制系统的设定值与输出值之间存在误差 E ,且 E 是时间的函数。因此求得误差变化率 $\dot{E}$,把 E 和 $\dot{E}$ 模糊化,按照由人的经验总结出来的语言控制规则进行模糊推理,给出模糊输出判决,再将其转化为精确量,对被控对象实施控制。设模糊化后的误差为 $\tilde{E}$,误差变化率为 $\tilde{\dot{E}}$,控制量 $\tilde{U}$ 的语言分档可按以下方式给出^[4]:

$\tilde{E}$:NB(负大)、NM(负中)、NS(负小)、ZE(零)、PS(正小)、PM(正中)、PB(正大)

$\tilde{\dot{E}}$:NB(负大)、NS(负小)、ZE(零)、PS(正小)、PB(正大)

$\tilde{U}$:NB(负大)、NM(负中)、NS(负小)、ZE(零)、PS(正小)、PM(正中)、PB(正大)

其控制结构图如图 2 所示。

考虑到测试指标的迟延效应,采用受控对象: $G(S) = K_p G_p(S) e^{-\tau s}$,如果采用 PI 控制,则其闭环特征方程为:

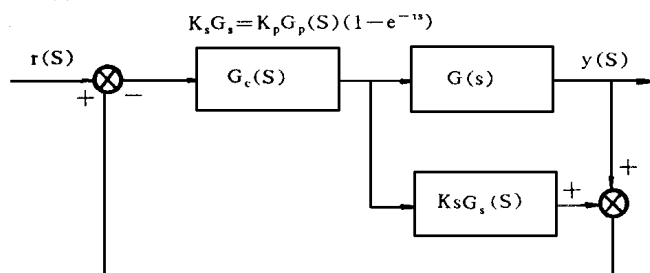


图 3 Smith 预估控制结构

Fig.3 Structure of Smith predict control

此时特征方程中不含 τ 项,即系统消除了纯迟对系统控制品质的影响。但前提是被控对象的数学模型要精确。而本系统很难用数学模型精确表示。而模糊控制器是按控制规则表进行控制的。如表 1 所示,这张表是根据人的控制经验总结出来的。由模糊控制规则得到模糊关系,经模糊推理及判决后可得模糊查询表,由此得到模糊控制规律。

$$GR(S) = K_c \left\{ 1 + \frac{1}{TS} \right\}$$

式中 K_c ——比例系数; T ——积分环节的常数。

显然纯迟后特性的化学指标值对系统的扰动较大,且很难用数学模型精确说明。而模糊控制则不需要建立控制对象的完整数学模型。控制规律建立在控制规律的基本概念和人的直观经验基础上,将人的自然语言和控制经验进行提炼加工,使之成为微机能够接受的控制法则,然后由微控制器

$$G_1(S) = 1 + K_p G_c(S) G_p(S) e^{-\tau s}$$

显而易见,特征方程中的纯迟延项使控制器参数很难整定,当 τ 较大时,PI 控制系统的性能会急剧恶化。若采用 Smith 预估补偿法控制^[5],则在图 2 中要增加一补偿环节,如图 3 所示。其中,若被偿项如图 3:

则闭环传递函数为:

$$\frac{y(S)}{r(S)} = \frac{K_p G_c(S) G_p(S) e^{-\tau s}}{1 + K_p G_c(S) G_p(S)}$$

表 1 模糊控制规则表
Table 1 Regulation of fuzzy control

控 制 量		误 差						
		NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
误	NB	PB	PM	PS	ZE	ZE	NS	NM
差	NS	PB	PM	PB	ZE	ZE	NS	NM
变	ZE	PM	PM	PS	ZE	NS	NM	NM
化	PS	PM	PS	ZE	NS	NS	NM	NB
率	PS	PS	PS	ZE	NS	NM	NB	NB

研究及应用表明,模糊控制迟延及对参数的变化不敏感,鲁棒性好,但往往有较大的稳态误差;PI 控制是一种近似最优控制,控制精度较高,但大滞后环节令其系统的动态性能变差;Smith 预估控制器虽解决了大滞后系统的有效办法,但需要控制对象的模型精确。若参数变化时,其控制效果不佳。为此实际应用中,采用模糊控制与 PI 控制相结合的办法,通过一个切换装置对被控对象进行控制,如图 4 所示。切换时机由误差变化来确定。

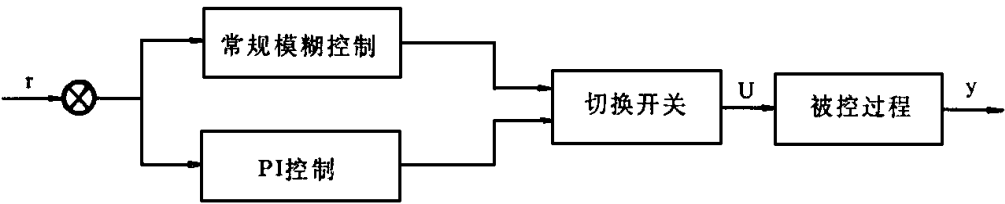


图 4 PI 模糊控制结构图
Fig.4 Structure of fuzzy control

在过渡过程中,因系统的误差和误差变化率较大,即进水水质和量发生大变化时,主要是模糊控制起作用,当系统接近稳态时,系统的误差变化率较小,如果误差较大,则模糊控制切换到 PI 控制;如果稳态误差在允许的要求内,则仍由模糊控制;当系统受到扰动,模糊控制在克服扰动后仍有误差,则系统切换到 PI 控制,待稳态误差消除后又回到模糊控制。

2 模糊控制应用

三沟式氧化沟的控制,主要对转刷电机进行间歇式和组合的控制,以此来改变三沟中的充氧量,达到工艺要求。本系统以计算机为核心,实现对流量、溶解氧的在线监测及对 BOD、COD、NH₃⁺ 等水质指标的监测。经有模糊控制的专家系统来完成污水处理的工艺要求。时间序列控制器主要功能是完成对转刷电机的组合运转情况及定时的控制。系统结构如图 5 所示。为了获得模糊控制的实际应用效果建有模糊控制专家系统,在此略。

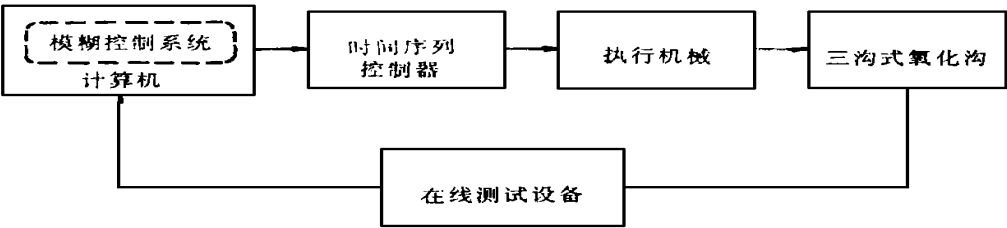


图 5 控制系统结构图
Fig.5 Structure of control system

通过引入模糊控制的方法,可获得一个阶段长度的系统动态控制,该系统是以标准函数^[1]来控制各阶段的时间。当氨氮浓度低时,硝化阶段自动减少,当硝酸盐浓度低时反硝化阶段减少。同样可通过改变电机转刷的运行状态,改变冲氧量的大小,以此影响硝化和反硝化反应的速率。此外还可以根据要求的出水标准、污水和污水处理后的特点,改变模糊控制规则,使得系统的控制灵活性大为增强。

3 结语

本文提出模糊控制和模糊控制与优化控制交替运用的方法,实现对三沟式氧化沟的自动控制,增大了污水处理的负荷,能使硝化、反硝化作用随负荷而变化,其出水稳定、波动系数小,起到了良好的控制作用。在上海闵行污水处理厂三期工程应用中,运行效果良好。

参考文献:

[1] 刘燕,等.三槽式切换氧化沟工艺研究[J].中国环境科学.1994,11(2).
[2] 马鲁铭,等.三槽式切换氧化沟运行工况数学模式及应用[J].环境科学学报.1995,5(2).
[3] [德]Heinz Unbehauen. Regelungstechnik[M]. Friedr. Vieweg& Sohn braunschweig/Wiesbaden.
[4] 李友善,李军.模糊控制理论及其在过程控制中的应用[M].北京:国防工业出版社,1993.
[5] 王永初.滞后过程的预估与控制[M].北京:机械工业出版社,1986.

Application of Fuzzy Control in Sewerage Processing System

Lu Jie

(Institute of Electronic Information Engineering, Tongji University, Shanghai, China, 200092)

Abstract: The application of fuzzy control in sewerage processing system is described. The principle and structure of fuzzy control system are discussed in detail. This control system is in use successfully in third project of Shanghai Minhang Sewerage processing factory, and has obtained good result.

Keywords: Fuzzy control, Predict control, Sewerage processing