

透光率脉动混凝投药模糊控制系统的试验研究

白桦^{1,2}, 李圭白³

(1. 哈尔滨工业大学 机电工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001, E-mail: huabai@0451.com; 2. 同济大学 环境工程学院, 上海 200092; 3. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要: 在变化的水质条件下, 透光率脉动混凝投药控制系统设定值的在线自修正问题, 一直影响这一技术在常规浊度水中的应用. 利用 Takagi-Sugeno 模糊推理形式, 设计了透光率脉动混凝投药系统设定值在线自修正模糊逻辑推理系统, 完成了基于 SIEMENS 小型可编程控制器的透光率脉动混凝投药模糊控制系统的编程. 利用某处理量为 400 L/min 的中试试验模型验证了该系统的性能. 中试试验结果表明, 根据水质参数变化, 该系统能够及时调整系统设定值, 调节投药量, 并且在整个调节过程中沉淀出水稳定、合格.

关键词: 混凝; 透光率脉动; 混凝剂投加量; 模糊控制; 模糊逻辑推理; 优化; 水处理

中图分类号: TU991.2

文献标识码: A

文章编号: 0367-6234(2003)07-0792-05

Fuzzy control system for auto-coagulation control system based on fluctuation of transmitted light

BAI Hua^{1,2}, LI Gui-bai³

(1. School of Mechanical and Electrical Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150080, China, E-mail: huabai@0451.com; 2. School of Environmental Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China; 3. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China)

Abstract: The on-line modification of coagulation control system set points, based on fluctuation of transmitted light, has its influence on the application of this technology in water treatment plants for a long time. A fuzzy control system incorporating the photometric dispersion analyzer was utilized in this coagulation control system. Proposed is a fuzzy logic inference control system by using Takagi and Sugeno's fuzzy if-then rule for the self-correction of set points on line. Programmed is the dosing rate fuzzy control system in SIEMENS small-scale programmable logic controller. A 400 L/min middle-scale water treatment experiment was utilized to simulate the reaction. With the changes in raw water quality, the set point as well as coagulant dosing rate was modified correctly in time, and the residual turbidity before filtration was eligible and stable. Results show that this fuzzy control system performs well on the auto-coagulation control system based on the technology of transmitted light.

Key words: coagulation; photometric dispersion analyzer; dosing rate; fuzzy control; fuzzy logical inference; optimum; water treatment

悬浮液透光率脉动检测技术是一项新型的光

学絮凝检测技术, 可在线连续地反映出悬浮液的絮凝程度及其变化情况, 因而为净水厂混凝投药过程絮凝程度的检测及控制提供了一种有效的检测手段和控制方法^[1]. 目前, 国内外许多研究人员都致力于这项技术的实验与生产应用研究^[2,3], 使其在近 10 年间得到了很大发展.

在我国, 这项技术的研究已取得了一定的生产应用成果^[4], 获得了良好的社会效益. 透

收稿日期: 2001-10-25.

基金项目: 国家九五重点攻关资助项目(96-909-03-04-02); 哈尔滨工业大学科学研究基金资助项目(HIT.2002.24)

作者简介: 白桦(1970-), 女, 博士;

李圭白(1931-), 男, 教授, 博士生导师, 中国工程院院士.

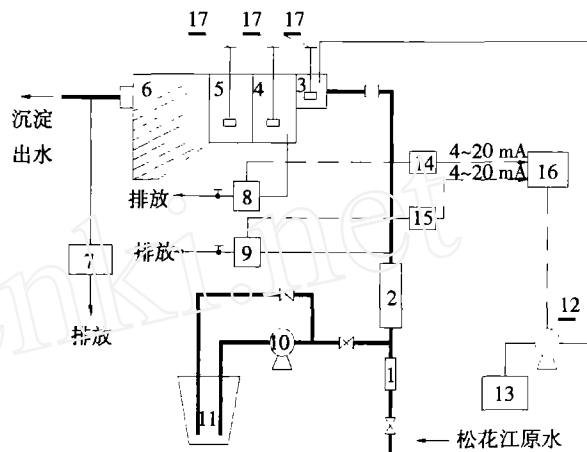
光率脉动混凝控制系统应用于高浊度水时,系统设定值受到原水浊度变化的影响较小,因而混凝控制系统的设定值不需随原水浊度的变化作频繁的调整;而这一技术在常规浊度水的应用中,由于系统设定值受原水浊度的变化影响很显著,存在需要根据原水浊度范围的变化而调整系统设定值的问题,大大限制了这一技术在常规浊度水中的应用.为此,本文设计开发了透光率脉动混凝投药模糊控制系统,进行了中试试验,通过模糊逻辑推理及学习算法,根据原水水质参数的变化,实现系统设定值的在线自修正.

1 试验原理

透光率脉动混凝控制系统应用于常规浊度水范围时,需要根据原水状况的变化对系统设定值进行校正.例如,当原水浊度升高时,透光率脉动检测仪的检测结果会由于原水浊度的升高而呈增加趋势,从而导致投药量减少,这显然是和实际情况相背的.实验研究表明,对常规浊度水,在不同的浊度范围内,设定值的修正量是不同的,这一值可能是检测到的透光率脉动检测值的百分之几或几倍.系统在实际运行过程中,操作人员可以根据观察到的原水水质变化的情况,对系统设定值进行修正.人的这一逻辑思维过程可通过计算机来实现.在分析实验数据和现场操作人员的操作经验基础上,本文建立了可实现系统设定值在线自修正的透光率脉动混凝投药模糊控制系统.以 Takagi - Sugeno 模糊逻辑推理形式建立了系统设定值在线自修正模糊推理系统,并利用 SIEMENS 小型 PLC 完成了投药量模糊控制系统的算法编程.在已有的中试试验模型的基础上,完成了试验装置的设计和改造.试验装置原理见图 1.由于大量实验研究表明,在低浊度范围内,透光率脉动检测值同浊度值呈正相关性,因此在试验装置中采用英国出品的 PDA2000 型透光率脉动检测仪连续监测出水水质.

首先,由检测原水状况的 1[#]透光率脉动检测仪检测出原水的透光率脉动检测值 R_1 及其连续两个周期的变化量 ΔR_1 ,当其变化量超出系统允许的波动范围时,则需要对系统的设定值做相应的修正.分别对检测值 R_1 及其变化量 ΔR_1 做模糊量化处理,确定量化后 R_1 所处的浊度范围和 ΔR_1 变化的趋势和大小,依据已建立的系统设定值修正规则库,确定投药控制系统的设定值是否需要修正及修正量的大小;其次,由检测原水混凝反应程度的 2[#]透光率脉动检测仪得到原水发生混凝反应

后的脉动值 R_2 ,并根据当前控制周期的系统设定值,计算得到其控制偏差 ΔR_2 及偏差的变化率 ΔR_2^2 ,分别对其进行模糊量化处理,依据学习算法和性能指标函数,先判断控制规则是否需要修正并得到相应的修正结果,然后按照控制规则及模糊控制算法,计算得到系统的控制输出量,在对其进行非模糊化处理后作用于系统的执行机构——电磁脉冲泵.应当注意的是,对于各检测值系统应存储至少 6 个采样周期的检测值,以便完成模糊逻辑推理和学习算法.



1—原水流量计; 2—混合器; 3—混合池; 4—一级反应池; 5—二级反应池; 6—沉淀池; 7—PDA2000; 8—透光率脉动检测仪(2[#]检测原水投药反应后絮凝状况); 9—透光率脉动检测仪(1[#]检测原水); 10—浑水自吸泵; 11—浑水储罐; 12—投药泵; 13—药液储罐; 14—测控仪(原水投药反应后); 15—测控仪(原水); 16—电气控制柜; 17—搅拌器

图1 试验系统原理图

Fig. 1 Schematic diagram of experimental system

由于目前水厂运行多采用 PLC 集散型控制,为便于该技术的应用推广,上述模糊逻辑推理和学习算法利用 SIMATIC - S7224DC/DC 型可编程控制器完成了程序设计.

2 试验方法及结果

试验装置的最大处理能力为 400 L/h,从投加混凝剂到沉淀出水的容积滞后时间约为 40 min,混凝剂为复合铝铁.系统控制周期为 2 min,将原水絮凝检测仪的取样管直接安装在混合器的出口端;而将检测投药后反应程度的另一台检测仪的取样管安装在一级反应池水面下 250 mm 处,采用虹吸方式获取水样,这样可使检测值 R 直接反映出浑水在加药后絮凝的程度.取样管管径为 5 mm,取样流量为 200 ml/min,相应的取样流速为 0.16 m/s,从投药点到取样点的滞后时间

约为3 min(实测值)。

在试验装置调试稳定后,进行了连续近一个月的试验.试验是用浑水母液和松花江水配置一定浊度的原水来模拟实际运行工况的.试验期间,松花江水温在 $0 \sim 1^{\circ}\text{C}$,浊度在10 NTU以下.为了模拟在不同浊度条件下,原水以不同速率升高不同幅值时,系统设定值的变化情况及控制系统的响应性能,分别用松花江水和浑水母液配成不同浊度(如65、230、300 NTU等)作为试验系统的原水.对于一定浊度的原水,首先以烧杯实验得出对应的投药量,以手动控制方式使系统运行稳定,

然后转入自动运行状态,稳定运行10 min后,改变浑水母液的泥沙浓度,使原水浊度升高,记录原水浊度的变化、系统设定值的变化、投药量的变化及沉淀出水的变化.试验结果表明,在原水浊度发生变化后,透光率脉动混凝投药模糊控制系统会依据原水的浊度范围及其变化速度,对系统设定值作不同程度的修正,同时调节投药量. PDA2000检测结果表明,在系统运行的过程中,沉淀出水曲线平滑、波动小,出水水质稳定.图2是一组试验结果曲线(图2中时间轴为某一天的实际记录结果)。

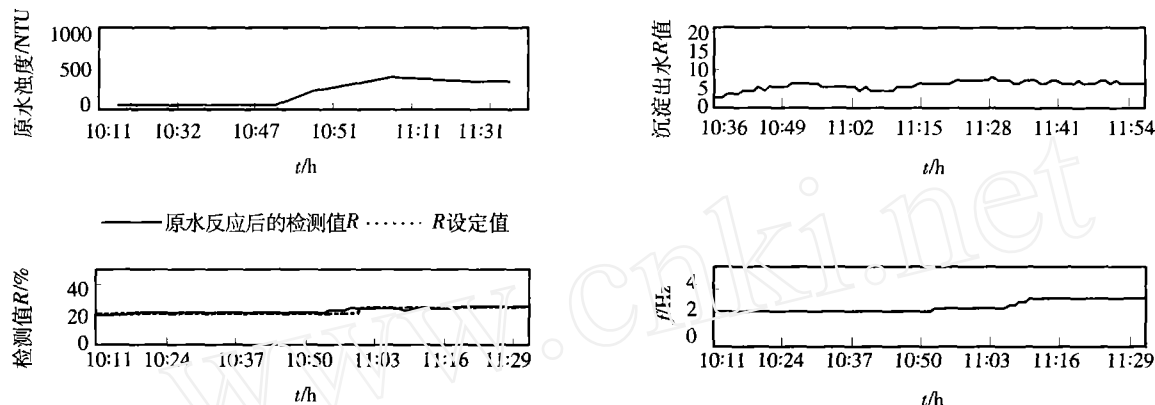


图2 原水浊度变化时(65~350 NTU)控制系统试验结果

Fig. 2 Experimental results of control for fluctuation of inflow turbidity ranging from 65 to 35 NTU

图2是对原水处于低浊度时,产生大幅度增加工况的模拟,这种工况反映了水质发生突变(如突来洪峰)时的状况.这种工况要求控制系统能够随原水浊度的升高而增加投药量,保证出水稳定.从图中曲线可以看出,在检测到原水水质的变化后,系统通过对连续6个周期的水质参数的累积判断是否对系统设定值进行修正及修正量的大小和修正系数.由检测到的 R 值变化曲线可以看出, R 值在原水浊度发生变化的前后,始终能紧紧跟踪系统的设定值,且当设定值改变后能够快速响应,重新稳定在新的设定值.在整个控制过程中 R 值的稳态误差平均为2%.由计量泵频率响应曲线可以看出,在系统设定值改变后,控制器可通过3个控制周期的调节而使系统重新稳定在新的设定值.由沉淀出水曲线可以看出,在整个调节过程中出水基本稳定,且均能满足出水控制指标.

3 结 论

中试试验结果表明,透光率脉动混凝投药模糊控制系统在水质剧烈、频繁波动时,可通过对原水水质状况的监测,适时的修正系统设定值,调节

计量泵的频率,改变投药量,使沉淀出水在水质剧烈波动的状况下仍能保持稳定、合格.该系统具有添加设备少、资金投入少的特点,非常适合目前我国水厂的自动化水平,将会带来显著的社会经济效益.

参考文献:

- [1] 李 星,李 虹,李圭白.一种研究絮凝过程的新方法—透光率脉动检测技术[J].环境科学学报,1997(4):20~22.
- [2] JAE H, EUI S, KWANG B W. Optimization of coagulation dosing process in water purification system [A]. SICE'97[C]. Tokushima; [s. n.], 1997. 1105~1109.
- [3] TOHRU O. Controls, Computers and communications: fusion in instrumentations, control and automation of water and wastewater systems in japan[J]. Water Science Technology, 1998, 37(12): 15~19.
- [4] 于水利,李圭白.高浊度水絮凝投药控制[M].大连:大连理工大学出版社,1997.
- [5] 赵振宇,徐用懋.模糊理论和神经网络的基础与应用[M].北京:清华大学出版社,1997.

(编辑 闫 彤)