

文章编号:1000-582X(2005)07-0071-03

# 采用串级结构的溶液浓度——流量控制器的设计\*

黄勤<sup>1</sup>,贺黛芳<sup>2</sup>,甘思源<sup>1</sup>

(1. 重庆大学自动化学院,重庆 400030; 2. 克拉玛依职业技术学院,新疆 克拉玛依 833600)

**摘要:**介绍一种用于自来水处理系统的溶液浓度——流量控制器的设计.该控制器以单片机为主控机,运用串级控制实现对大滞后、大时延对象的控制.在软件设计上运用模块化设计思想,采用C语言编制单片机应用程序.目前该控制器的各项性能指标经测试达到用户要求,并具有较强的现场适应能力.

**关键词:**串级控制;水处理;水浓度;大滞后;单片机;开度值

**中图分类号:**TP273

**文献标识码:**A

水资源的保护、加工、处理现已成为世界各个国家共同关注的问题.发达国家都有自己的水处理加工方式,如:美国对水实行深加工,日本采用双管供水;我国经济、技术较落后,无法达到发达国家对水的深加工程度,因此,对自来水进行水处理通常是在原料水中加入适量的药物以净化水源,消除杂质,使水质达到规定标准.水处理过程中,反应池中浓度的检测,药物流量的测定和增/减药水流量泵的控制均由人工来完成,其控制的自动化程度低,误差较大.为实现高效自动化控制,保证水质,结合我国的国情,提出了溶液浓度——流量控制器的设计.即将原料水和药水分别由2个通道送入反应池,在反应池中混合,根据原料水的加入量控制药水的投加速度使反应池中混合液的浓度保持在预设值(稳态误差为2.5%).

## 1 问题的提出

根据自来水浓度控制系统的工艺过程分析,药水与原料水混合和后大约1h才反应完毕,此时所测的混合液浓度才为真实值,可知控制对象是一个大容积滞后的系统.在结构设计中,笔者提出了“水出口浓度——药水流量串级控制”.该控制结构如图1所示.

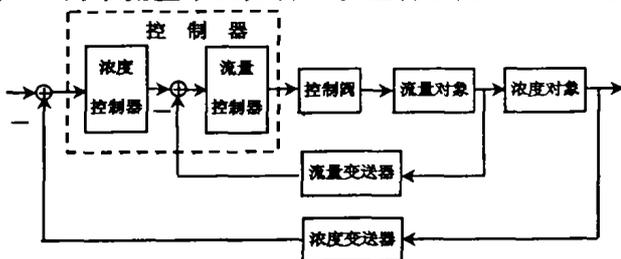


图1 控制结构框图

其中流量控制器具有“粗调”作用,而浓度控制器具有“细调”的作用,有效克服了水浓度对象的大延迟、大滞后及原料水压力波动引起的干扰,实现了快速精确的浓度控制.

采用的结构结合了控制对象的特性、特点,与单回路控制系统相比,串级系统成本相对较高、硬件连接复杂、工作可靠性下降.为此,笔者设计出以单片机为核心、将浓度控制器和流量控制器的主副控制器功能集成在一块芯片中,用软件方法实现的一种新型的溶液浓度控制器.其优点是能够比较及时有效地克服来自原料水压力方面的干扰.

在实际应用中,该控制器不仅要接收来自药水流量变送器和产品出口浓度变送器信号,而且要接收来自原料水流量变送器的信号,这样才能根据原料水的流量和比例系数计算出比例控制的控制目标,以及复合控制的前半段控制目标.

## 2 控制器硬件设计

### 2.1 控制器功能设计

根据用户对控制器要实现功能的要求,对输入输出点分配有:

1) 3路模拟量输入. 1#模拟通道输入——接受1号原料水泵发出的流量信号(4~20 mA); 2#模拟通道输入——校准和药水阀门实际开度反馈信号(1~5 V); 3#模拟通道输入——接收浓度变送器信号(4~20 mA).

2) 4路开关量输入——判断A、B、C、D4台原料水输送水泵是否工作.

3) 1路模拟量输出——控制药水阀门理论开度(4~20 mA).

\* 收稿日期:2005-02-26

基金项目:国家经贸委“2002年国家技术创新计划项目”[2002]566

作者简介:黄勤(1960-),女,重庆人,重庆大学副教授,主要从事计算机控制研究.

- 4) 2 路继电器输出——用于驱动药水阀门驱动电机(220 V).
- 5) 1 路手动/自动切换信号.
- 6) 1 路开关量输出用于故障信号.

为了保证控制器的实用性及运行的可靠性、安全性,该浓度控制器的软硬件设计还具有如下功能:将各参数设置和标定值存于 E<sup>2</sup>PROM;理论值 + PID 控制输出通过 4 ~ 20 mA 模拟量输出;面板上设置有手动/自动、运行异常指示灯;应用先进的容错设计及故障自诊断设计方法,采取强有力的抗电源电磁干扰等抗干扰措施<sup>[1]</sup>;对软硬件加密,进入设置前需输入密码(密码在 LCD 显示为 \*),密码可更改;可显示故障代码等.

### 2.2 硬件结构设计

从基本的控制要求出发,设计了一个典型的单片机最小系统,其中包含 A/D 模块、D/A 模块、人机交互界面和主控制电路部分<sup>[2]</sup>. 为了满足输入和输出量对端口的要求,还进行了端口扩展,利用 3 态收发器和锁存器对总线时序进行调节,避免由于数据传输项目太多造成的总线冲突问题<sup>[3]</sup>. 硬件结构示意图如图 2 所示.

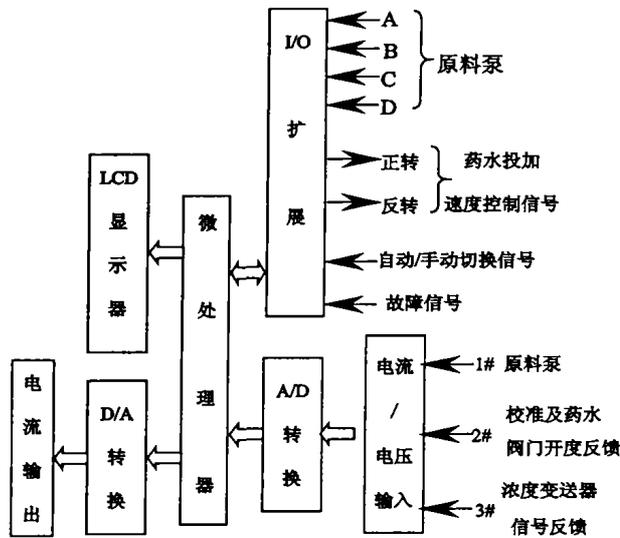


图 2 系统硬件框图

## 3 控制方案设计

### 3.1 控制算法的设计

浓度控制器在自动操作状态下的工作模式有 3 种:比例控制模式、PID 控制模式、复合控制模式.

#### 3.1.1 比例控制模式

1) 系统根据当前原料水流量和比例系数按下列具体计算公式计算出药水阀门的理论开度:

- a. 1 号水泵流量 = 1 号通道最大值 (km<sup>3</sup>/h);
- b. A、B、C、D 4 台水泵的流量为 A 水泵流量 × 1 号开关量 + B 水泵流量 × 2 号开关量 + C 水泵流量 × 3 号开关量 + D 水泵流量 × 4 号开关量;
- c. 原料水的流量 = 1 号水泵流量 + A、B、C、D 4 台水泵流量;

d. 理论开度值 = 原料水流量 × 比例系数.

2) 将由 2# 模拟通道反馈回来的药水实际开度信号 A/D 转换后得到相应电压值,确定电压值在标定表中的位置,查表后经局部线性化后转换为原料水阀门开度:

- a. 从 A/D 转换器读出电压值;
- b. 确定电压值在标定表中的哪一段;
- c. 进行局部线性化<sup>[4]</sup>,

$$k = \frac{v_2 - v_1}{0.2} (v - v_1) + k_1,$$

其中  $K$  为当前开度值,  $K_1$  该段最小的开度值,  $V_1$ 、 $V_2$  为该段的最小和最大电压值,  $V$  为 2 号通道反馈的电压值.

3) 开度值和实际开度值相比较:

- a. 如果实际开度值 - 理论开度值 <  $\Delta$ , 则接通正转继电器;
- b. 如果实际开度值 - 理论开度值 >  $\Delta$ , 则接通反转继电器.
- c.  $\Delta$  = 理论开度值 × 2.5%

#### 3.1.2 PID 控制模式

此模式的最终目的是对浓度进行控制. 用比例控制的原理把药水阀门的开度控制在 PID 初始值要求的点上(稳态误差为 2.5%). 然后,等待滞后时间对浓度进行采样,再按照当前开度和浓度以及设定点之间的关系对阀门开度进行第 2 次控制,如此循环直到实际的浓度值与设定点的偏差小于 2.5%.

#### 3.1.3 复合控制模式

此模式是比例控制和 PID 控制的结合. 在此控制模式下,系统先对原料水的流量进行计算,根据比例系数求得理论开度值,并把实际开度控制在理论开度值上<sup>[5]</sup>. 然后等待滞后时间,对浓度采样,计算新的开度,再次控制开度. 最后把产品浓度控制在设定值上. 算法流程如图 3 所示.

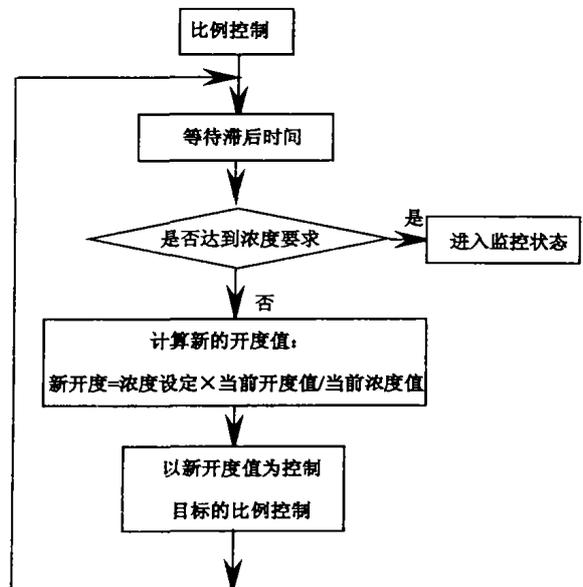


图 3 复合控制模式算法流程图

### 3.2 控制器系统软件设计

系统软件采用模块化设计,函数有50余个。软件模块包括系统初始化、系统自检、后台循环的键盘扫描和数据处理等。系统开机执行初始化和自检后,在没有操作者按键和中断产生的情况下,一直执行此循环。有如下模块:

#### 1) 系统初始化

8255控制字的写入、指定继电器的初始状态、初始数据的读入等。

#### 2) 系统自检

为了保证系统能可靠运行,在开机时对系统的几个硬件模块(如A/D、D/A、多路开关、I/O扩展等)进行检测,及时发现故障而采取措施。

#### 3) 键盘扫描程序

键盘扫描是判断有无操作者操作并在有操作时做出响应的模块。此模块下包含了许多函数,能实现屏幕切换、读取/存储数据、手动控制、修改数据等功能。

#### 4) 定时器A/D中断服务程序

采集外部模拟信号并将其存放在RAM中等待控制程序处理。模块中设有判别模式是根据标志识别当前的控制模式及状态,然后选择相应的通道并对通道进行采样。为了减小外界干扰对A/D转换带来的影响,要对采样信号做滤波处理<sup>[6]</sup>。最后把有效的数据存放在RAM中,并设置好标志位,中断过程结束。

#### 5) 计算控制程序

计算控制程序是整个控制器的控制核心,它负责数据处理、计算、控制输出等工作。由判别模式判断当时的控制模式和程序运行状态,然后系统会从RAM中提取相应的数据按前述算法计算,输出控制信号作用于控制对象。

## 4 结束语

介绍的溶液浓度——流量控制器经自来水公司现场安装、硬件和软件调试后已经投入实际运行,控制效果理想,达到设计要求,结论如下:

1) 将自来水公司原使用的浓度检测器、流量检测器和电机开度检测器这些功能分开、相互独立的部分有机地连为一个整体,实现了自动控制。

2) 有效地克服了水浓度对象的大延迟、大滞后及原料水压力波动引起的干扰,实现了快速精确的浓度控制,达到了稳态误差为2.5%的设计要求。

3) 采用C51语言作为编程语言设计软件,使软件的可读性和可移植性增强;采用单片机设计的硬件系统精简了电路,提高了电路的模块化水平和可靠性。

### 参考文献:

- [1] 吴坚,赵英凯,黄玉清. 计算机控制系统[M]. 武汉:武汉理工大学出版社,2002.
- [2] 宋宏远,杨天怡. 单片微型机原理及应用[M]. 重庆:重庆大学出版社,1989.
- [3] 沈德金. MCS-51系列单片机接口电路与应用程序实例[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1990.
- [4] 杨天怡,黄勤. 微型计算机控制技术[M]. 重庆:重庆大学出版社,1996.
- [5] 谢剑英,贾青. 微型计算机控制技术[M]. 北京:国防工业出版社,2001.
- [6] 马忠梅. 单片机C语言应用程序设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2001.

## Serial Structured Liquid Concentration Flow Controller

HUANG Qin<sup>1</sup>, HE Dai-fang<sup>2</sup>, GAN Si-yuan<sup>1</sup>

(1. College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400030, China;

2. Karamay Vocational and Technical College, Karamay Xinjiang 833600, China)

**Abstract:** This paper introduces a flow controller designed for monitoring the solution density of the water treated system. It uses SCM as the primary computer, and through the series control it realizes to control those objects having the nature of large time-delay in the sense of software designs, it uses the thought of modularization and adopts C language for the application program of SCM. The controller's all characteristics now have met the requirements of users it has the powerful capability of adapting field.

**Key words:** series control; water treatment; water density; large time-delay; SCM; valve opening setpoint