

# 磺化过程 PLC 控制系统中模拟量的控制方法\*

李文兵 裴伟东

(天津师范大学计算机系 天津 300074)

E-mail: lwb@mail.tjnu.edu.cn

**摘要** 磺化过程 PLC(programmable logic controller)控制系统显示了 PLC 在过程控制方面比其他种类计算机的优越性,结束了磺化过程靠按动按钮控制温度、扭动阀门调节硫酸速度的人工控制的历史,提供了 PLC 模拟扩展单元的连接方法,并且介绍了该系统中模拟量的采集、计算、处理、控制及其有关程序.实践证明,这种模糊逻辑开关控制方法经济、有效,并且是可靠的.

**关键词** 可编程逻辑控制器,过程控制,磺化,模糊逻辑控制,铂电阻.

**中图法分类号** TP273

可编程逻辑控制器(programmable logic controller,简称 PLC)是一种适于过程控制的工业控制计算机.由于它具有可靠性好、抗干扰性强、可与工业现场输入输出信号直接连接、功能模块扩展灵活、编程容易、安装简单、维修方便、比继电器控制速度快等特点,被广泛应用于电力、石油、汽车、轻工、机械等工业领域.

我国颜料工业设备落后,生产工艺陈旧,污染严重,尤其是磺化车间,使用的原料是硫酸和精萘,需甲级防爆.而在这样的车间里,工人靠观察显示仪表,扭动手动阀门或按动按钮来调节硫酸的流速和反应釜内的温度,生产环境恶劣,产品质量难以保证.为改变这一落后的生产状况,我们采用德国西门子公司的 200 系列 PLC,成功地研制出磺化过程 PLC 控制系统,填补了国内外在该领域内的空白.

## 1 温度采样、计算及其程序

(1) 模拟模块的选择及有关电路连接.磺化过程控制的主要参数之一是反应温度.我们用铂电阻(Pt100)作为温度传感器.温度是模拟量,因此,在 PLC 系统中需要有模拟模块,我们采用扩展模块 EM235,该模块与主模块 BM214, Pt100 的连接如图 1 所示.

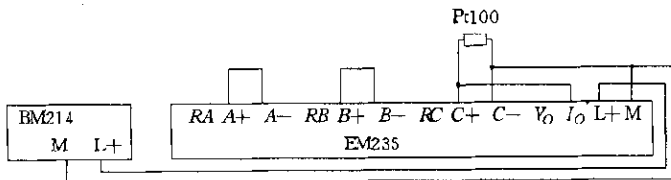


Fig.1 Join of EM235  
图1 EM235的连接

EM235 是具有 3 个输入回路、1 个输出回路的模拟量 I/O 模块.3 个模拟输入回路 A, B, C 可分别检测 3 个反应釜的温度.未使用的输入回路要求短路.  $V_0$  和  $I_0$  分别是输出回路的电压和电流输出端. EM235 的 24 VDC 工作电压可由主模块 214 提供.图中 L+ 和 M 分别是 24 VDC 的正极和负极.

该电路检测温度的原理是, Pt100 的阻值随温度的变化而变化,通过  $I_0$  输出端供给 Pt100 一个恒定电流,这

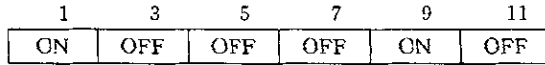
\* 本文研究得到天津市教委科研项目基金(No. 97102)资助. 作者李文兵, 1943 年生, 教授, 主要研究领域为计算机系统结构, 计算机应用, 并行处理. 裴伟东, 1961 年生, 副教授, 主要研究领域为计算方法, CAI.

本文通讯联系人: 李文兵, 天津 300074, 天津师范大学计算机系

本文 1999-05-17 收到原稿, 1999-08-26 收到修改稿

样, Pt100 的阻值变化就转换成了电压变化, 输入端(例如 C+ 和 C-) 接收到该电压, 就可以分析出 Pt100 所在反应釜内的温度。

(2) 输入模拟量的量程设定及其分辨率。上述电路可为输入回路(如 C+, C-) 提供一个直流电压值。如果电压量程取值 0~10V DC, 那么, 只要把模拟量输入量程的设置开关 DIP 中的 1、3、5、7、9、11 这 6 个开关按如下设置即可。



输入 EM235 的电压值, 经 AD 转换, 变成数字量, 存入 EM235 的输入寄存器。EM235 的 A、B、C 三个输入回路各有一个输入寄存器, 分别为 AIW0、AIW2、AIW4; 输入寄存器的 0~2 位为状态位, 数值存在 3~14 位的 12 位中, 如图 2 所示。

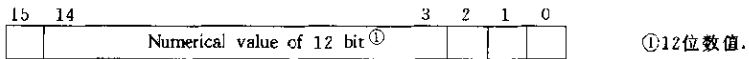


Fig. 2 Show of numerical value for AIWX  
图2 AIWX 的数值表示

可以算出输入寄存器的表示范围为 0~32760, 可取 0~32000。

这样, 输入模拟量程选 0~10V 时, 因数值的最低位为第 3 位, 其权为  $8(2^3)$ , 故其分辨率为

$$\frac{10 \times 10^3 \times 8}{32000} = 2.5(\text{mV}).$$

(3) 电流模拟量输出的分辨率计算。由上述可知, 我们是用  $I_0$  为 Pt100 提供恒流, 根据 Pt100 上的压降, 来测定 Pt100 所处环境的温度。而  $I_0$  值是由 EM235 的模拟量输出寄存器 AQW0 的值决定的。AQW0 用 4~14 位来存放数值, 如图 3 所示。

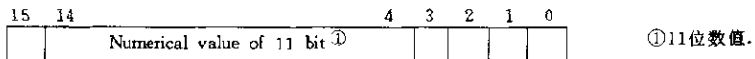


Fig. 3 Show of numerical value for AQWX  
图3 AQWX 的数值表示

可以计算出 AQW0 所表示的数值范围为 0~32752, 可取 0~32000。因为 AQW0 最低数值位为第 4 位, 所以, AQW0 的增量值为  $16(2^4)$ 。因此, 当  $I_0$  取 0~20mA 范围时, 模拟电流输出的分辨率则是

$$\frac{20 \times 10^3 \times 16}{32000} = 10(\mu\text{A}).$$

(4) 电流模拟量输出值的确定及其对应的数值计算。根据铂电阻其阻值与温度的关系表或者公式可知, 环境温度每升高  $1^\circ\text{C}$ , 铂电阻的阻值约增加  $0.4\Omega$ 。如果我们取铂电阻的电压系数为  $5\text{mV}/^\circ\text{C}$ , 那么,  $I_0$  应提供的恒电流应为

$$i_0 = \frac{5\text{mV}/^\circ\text{C}}{0.4\Omega/^\circ\text{C}} = 12.5(\text{mA}).$$

这样, 应赋予 AQW0 的实际数字量应为

$$\text{实际数字量} = \frac{\text{实际模拟量} \times \text{数字量范围}}{\text{模拟量范围}} = \frac{12.5 \times 32000}{20} = 20000.$$

(5)  $0^\circ\text{C}$  偏移量、 $1^\circ\text{C}$  数字量和温度的计算。铂电阻在  $0^\circ\text{C}$  的阻值为  $100\Omega$ , 由此可计算出  $0^\circ\text{C}$  时的数字偏移量:

$$\frac{12.5\text{mA} \times 100\Omega \times 32000}{10 \times 10^3 \text{mV}} = 4000.$$

电压系数为  $5\text{mV}/^\circ\text{C}$ , 就是说温度每升高  $1^\circ\text{C}$ , 铂电阻上的压降就提高  $5\text{mV}$ , 因此, 对应于  $1^\circ\text{C}$  的数字量大

$$\frac{5\text{mV} \times 32000}{10 \times 10^3 \text{mV}} = 16.$$

有了  $0^\circ\text{C}$  偏移量和  $1^\circ\text{C}$  数字量, 就可以计算温度值了。

$$\text{温度值} = \frac{\text{温度数字量} - 0^\circ\text{C 偏移量}}{1^\circ\text{C 数字量}} = \frac{(\text{AIWX}) - 4000}{16}$$

(6) 计算温度值的程序. 我们使用的变量存储单元见表 1.

Table 1 Memory allocation of variables

表 1 变量存储单元分配表

Memory location <sup>①</sup>	Data <sup>②</sup>
VW50	Digital value of 1°C <sup>③</sup>
VW52	Offset value of 0°C <sup>④</sup>
VW60	Temporary variable <sup>⑤</sup>
VD96	Fraction part of temperature <sup>⑥</sup>
VD98	Integer part of temperature <sup>⑦</sup>

①存储单元, ②数据, ③1°C 数字量, ④0°C 偏移量, ⑤中间变量, ⑥温度小数值, ⑦温度整数位.

程序如下:

```
LD      SM0.1      SM0.1 在第一扫描周期为 1
MOVW   0,VD96     在 PLC 第一扫描周期预置常数
MOVW   16,VW50
MOVW   4000,VW52
MOVW   20000,AQW0 使 I0 供出 12.5mA 电流
LD      SM0.0     SM0.0 总为 1
MOVW   AIW4,VW100 把从 Pt100 检测到温度数字量装入 VW100
-I     VW52,VW100 减去 0°C 偏移量
DIV    VW50,VD98
MUL    10,VD96
DIV    VW50,VD96
MOVW   VW98,VW60
MOVW   0,VW98
MUL    10,VD98
+I     VW60,VW100
```

## 2 温度值处理

由以上程序取得温度值后, 为了增加控制的稳定性, 需要对温度进行进一步的处理. 这里, 我们采用求平均值的办法. 因为用移位方法求商, 花费时间较短; 又因为如果采样次数大于 16, 那么累加和的长度将大于一个字 (16 位), 因此我们就取采样次数为 16, 用移位方法来求温度平均值. 程序中所用的变量存储单元见表 2.

Table 2 Variable memory location used to get average value

表 2 求平均值所用变量存储单元

VW0	Counter of sampling times <sup>①</sup>
VW2	Sampling times <sup>②</sup>
VW10	Value of current sampling <sup>③</sup>
VW12	Sum of current sampling <sup>④</sup>
VW14	Average value <sup>⑤</sup>

①采样次数计算器, ②采样次数, ③当前采样值, ④当前采样和, ⑤平均值.

求温度平均值的程序如下:

```
LD      SM0.0
MOVW   0,VW0
MOVW   16,VW2
```

```

MOVW    0,VW10
MOVW    0,VW12
MOVW    0,VW14
MOVW    VW100,VW10
+ I     VW10,VW12
INCW    VW0
LDW>=   VW0,VW2
MOVW    VW12,VW14
ENCO    VW2, AC1
SRW     VW14,AC1
MOVW    0,VW12
MOVW    0,VW0
    
```

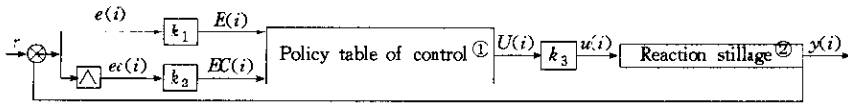
### 3 温度的模糊逻辑控制

磺化反应过程控制的关键问题之一是控制硫酸的流速。解决这个问题,当然可以采用电动调节阀,但业内人士都知道,硫酸是强氧化剂,国内适用于此的电动调节阀产品很难找到,而国外产品的价格又相当昂贵。因此,我们采用电磁阀来控制硫酸的流速。

磺化反应过程控制的另一个关键问题是硫酸加完后的 150 分钟的保温。保温是靠电热棒的开/关控制的。

不论是硫酸流速的控制,还是保温期间釜内温度的控制,都与釜内温度有关。温度除了与电热棒加热有关,还与反应有关,难以用准确的数学方式描述。另外,反应釜容量很大,热惯性也相当大,温度与硫酸流速和电热棒通电/断电的关系曲线也很难得到。鉴于以上原因,上述两种控制采用模糊逻辑控制是很适合的。

我们采用软件模糊逻辑控制调节器来实现模糊逻辑控制,该模糊逻辑控制调节器的原理如图 4 所示<sup>[1]</sup>。



①控制决策表,②反应釜。

Fig.4 Principle diagram of fuzzy logic controller  
图4 模糊逻辑控制调节器原理图

在图 4 中, $y(i)$ 为被控制温度值, $r$ 为给定温度值, $e(i)=y(i)-r$ 为本次温度偏差值, $e(i-1)$ 为上次温度偏差值, $ec(i)=e(i)-e(i-1)$ 为本次温度偏差值变化率; $E(i)$ 、 $EC(i)$ 和  $U(i)$ 为温度偏差值  $e(i)$ 、温度偏差值变化率  $ec(i)$ 和控制量  $u(i)$ 的模糊变量值。

根据工艺和精度要求, $E(i)$ 和  $EC(i)$ 均按 PL(正大)、PM(正中)、PS(正小)、Z(零)、NS(负小)、NM(负中)、NL(负大)定义 7 个模糊子集,确定出 49 条开关控制规则,见表 3。

Table 3 Policy table of switch control

表 3 开关控制决策表

$EC(i)$	$E(i)$						
	$>1$	$=1$	$<1$	$0$	$>-1$	$-1$	$<-1$
$>1$	0	0	0	0	0	0	0
$1$	0	0	0	0	0	0	1
$<1$	0	0	0	0	0	1	1
$0$	0	0	0	0	1	1	1
$>-1$	0	0	0	1	1	1	1
$-1$	0	0	1	1	1	1	1
$<-1$	0	1	1	1	1	1	1

表中  $E$  和  $EC$  值中的 1 表示 1℃,  $U$  值的 0 和 1 分别表示电磁阀或电热棒的不通电和通电,  $\varphi$  值表示维持原值不变。

模糊控制调节器的执行流程如下:

- ① 计算温度偏差值  $e(i)$  及其模糊量  $E(i)$ .
- ② 计算温度偏差变化率  $ec(i)$  及其模糊量  $EC(i)$ .
- ③ 按控制决策表确定输出开关量的值  $U(i)$ .
- ④ 把  $U(i)$  变成驱动输出.

#### 参考文献

- 1 Zhang Nai-yao, Yan Ping-fan. Neural Networks and Fuzzy Control. Beijing: Tsinghua University Press, 1998. 184~215  
(张乃尧, 阎平凡. 神经网络与模糊控制. 北京: 清华大学出版社, 1998. 184~215)

## Control Method of Analogue in PLC Control System for Process of Sulphonation

LI Wen-bing PEI Wei-dong

(Department of Computer Tianjin Normal University Tianjin 300074)

**Abstract** PLC control system for sulphonation process shows the superiority of PLC over other kind of computer process control. It does not need the operator to press the button and turn the valve to control the temperature and regulate the velocity of sulphuric acid. In this paper, the connection method of PLC analogue expansion I/O unit is presented, and the collection, computing, processing, control of analogue data and relevant programs in the system are also presented. The method of fuzzy logic switch control presented in the paper is economical, efficacious and reliable in practice.

**Key words** PLC (programmable logic controller), process control, sulphonation, fuzzy logic control, platinum resistance.