

基于 DDE 的 PH 值参数自调整模糊控制系统

PH Parameter Self-adjustment Fuzzy Control System Based on DDE

肖应旺 徐保国 (江苏无锡 江南大学通信与控制工程学院 214036)

摘要: 设计了一套发酵控制系统, 其中上位机采用工业通用组态软件“组态王”进行设计, 现场控制部分采用 OMRON 公司的 C200HE 系列 PLC。该系统投入到某制药厂多粘菌素生产后效果良好, PH 值控制误差达到 $\pm 0.05\text{PH}$ 、控制精度提高 100%, 取得了良好的经济效益。

关键词: DDE 参数自调整模糊控制 PH PLC



1 引言

PH 是微生物生长的一个重要的环境参数。在发酵过程中, 必须严格加以控制, 否则会影响微生物代谢的进行和代谢产物的合成。PH 值一般具有以下一些特点: 1) 由于不同时期菌体和酶活力的变化, 在发酵过程中 PH 值呈现出明显的时变性, 这种时变导致 PH 值严重的非线性, 在不同的工作点会引起放大倍数的改变。2) PH 具有不确定性, 在发酵过程中测试结果由于影响因素太多而几乎不可重复。3) PH 值在加氨调节时, 具有较大的时滞现象。由于上述复杂性, 从机理建立模型是相当困难的。常规 PID 控制具有较强的鲁棒性, 结构简单, 对模型依赖程度小等特点, 但是其控制精度较低, 参数的整定及在线自适应调整都是常规 PID 控制器难以解决的问题。参数自调整模糊控制器能在线调整控制参数, 提高控制精度, 为解决 PH 的时变、滞后、非线性提供了新的途径。

2 系统硬件结构

系统硬件结构如图 1。上位机为研华 PIII866 工业控制机并配飞利浦 19" 彩显+19" 触摸屏, 由于欧姆龙 C200HE 内嵌的 RS232 口要接其他的外部设备, 故通过 ADAM4520 将计算机的 RS232 转化为 RS485 口与欧姆龙 PLC 的通信模块 C200HW-COM06 PLC 的 ARS485 口相连。

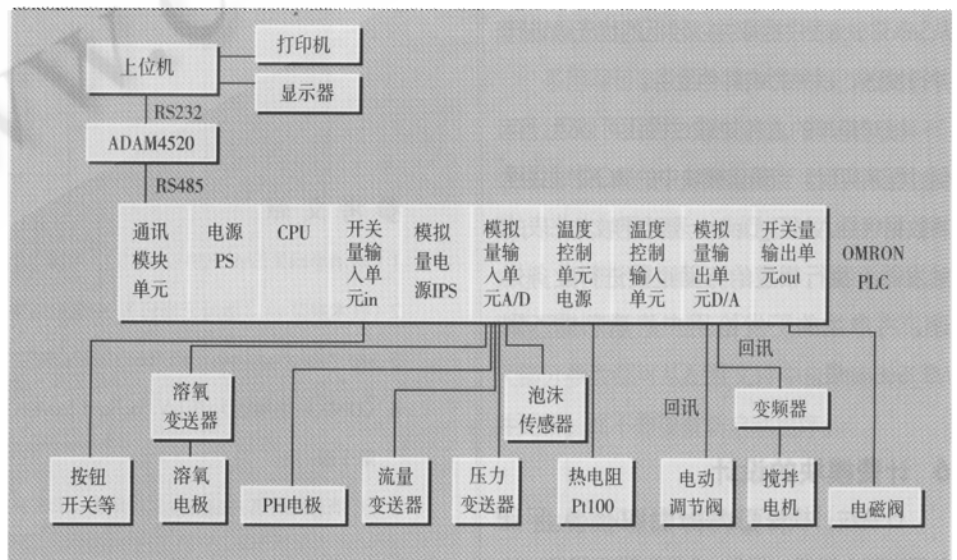


图 1 系统硬件结构图

由于实际被控对象要求PH参数的控制具有很高的精度，所以对PH参数采用参数自调整模糊控制。在图1中，PH电极检测到的模拟量转化为数字量后送到上位机显示与运算。加氨控制电磁阀与PLC的开关量输出模块相连。下面具体介绍PH参数控制的实现。

3 PH控制的软件实现

PH控制的软件构架如图2

DDE

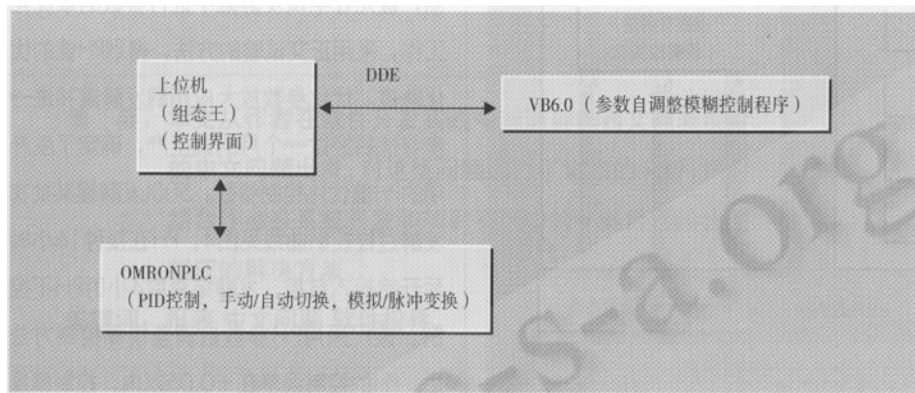


图2 PH控制的软件构架

3.1 动态数据交换(DDE)的功能

组态王具有动态数据交换的功能，它能够极为方便地与VB以及其它的应用程序交换数据。由于组态王函数功能的局限性，在本系统中我们利用VB6.0编制参数自调整模糊控制程序，而它与组态王之间的数据交换就通过DDE来实现。从PH电极检测到的数据经过PLC模拟量输入模块转换成数字量送到上位机，一方面在组态王界面予以显示，另一方面组态王此时作为服务程序将此数据提供给VB，VB获得此数据后在后台运行参数自调整模糊控制程序，并将运行结果返回给组态王，此时组态王作为顾客程序从VB中获得数据。然后组态王将数据传给OMRON PLC开关量输出模块控制电磁阀的动作。有关组态王与VB动态数据交换的实现读者可查阅相关的文章或到组态王网站查阅相关的资料，笔者在此不再赘述。

3.2 手动、PID控制、参数自调整模糊控制之间的切换

在本系统中，对PH值的控制除了参数自调整模糊控制外，还设置了手动控制和常规PID控制。PID控制由PLC来完成，OMRON C200HE PLC中提供了PID控制指令，能极为方便地设置其控制参数，关于此控制指令的用法读者可参阅OMRON PLC使用手册。为实现三者之间的切换以及互锁，具体设计如下：

- (1) 在组态王界面上设计三个按钮，它们分别为：手动、PID控制、参数自调整模糊控制。
- (2) 在组态王数据词典中定义三个相应的变量，其具体情况见下表：

变量名称	变量类型	连接设备	寄存器	数据类型	读写属性
手动	I/O离散	OMRON PLC	IR232	UINT	只写
PID控制	I/O离散	OMRON PLC	IR232	UINT	只写
参数自调整模糊控制	内存离散				

(3) 将以上三个按钮进行动态连接。当手动按钮按下时，将寄存器IR232的第一位置位，同时将0赋给参数自调整模糊控制变量；当PID控制按钮按下时，将寄存器IR232的第二位置位，同时也将0赋给参数自调整模糊控制变量；当参数自调整模糊控制按钮按下时，将1赋给参数自调整模糊控制变量，将寄存器IR232的第一位、第二位复位，同时在组态王应用程序命令语言的“运行时”对话框中使用if 参数自调整模糊控制=1；

StartApp("d\PH控制\vbControl")来调用VB中的参数自调整模糊控制程序。对IR232寄存器某一位位置位、复位使用组态王的bitset函数。手动、PID控制的互锁在PLC程序中能轻易地实现，这样当使用三个控制中的任何一个时，其它的两个不参与控制。

3.3 参数自调整模糊控制程序的实现

PH值参数自调整模糊控制结构见图3。在PH值参数自调整模糊控制中，选择PH值和给定值之差 Δe 和 Δe 的变化率 ΔI 作为过程输入，加氨的量为过程输出。将PH值经模糊化后，转换成模糊变量值，根据相应的模糊规则和模糊关系，做出模糊判断，求出加入的氨量。为提高控制精度应用Fuzzy修改表对量化因子参数 k_1 、 k_2 、 k_3 进行自调整。自调整的原则是：当误差 Δe 或误差变化率 ΔI 较大时，进行“粗调”控制，这时可以降低对 Δe 或 ΔI 的分辨率，而采用较大的控制改变量，这可以缩小 k_1 和 k_2 、放大 k_3 。当 Δe 或 ΔI 较小时，也就是系统已接近稳态，就实行“细调”控制，这时要提高对 Δe 或 ΔI 的分辨率，而采用较小的控制改变量，要求放大 k_1 和 k_2 、缩小 k_3 。为简化起见 k_1 和 k_2 放大（或缩小）的倍数与 k_3 缩小（或放大）的倍数相同。

3.4 PH控制和显示界面

在上位机中利用组态王设计界面如下：

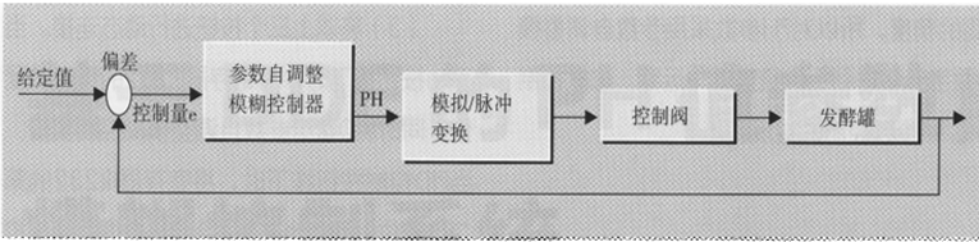


图 3

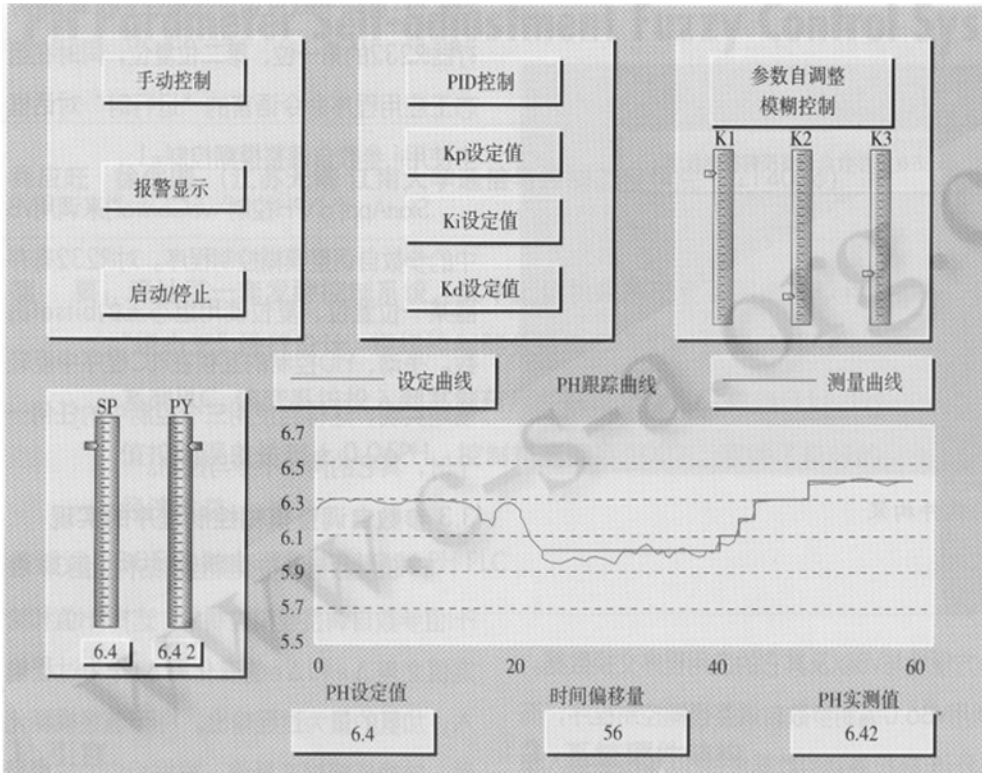


图 4

图4的控制界面是当PH采用参数自调整模糊控制时发酵进行了56个小时的界面。从PH跟踪曲线可以看出, PH从16小时开始参数自整定模糊控制到56小时结束, 其设定值与实测值之间的误差很小。k1、k2、k3的三个游标动态地显示了发酵过程的参数自调整。在实际控制中, 将vbControl的frmControl的visible设置为false, 利用组态王函数StartApp调用VB中的参数自调整模糊控制程序, 使之在后台运行。同时在组态王的应用程序命令语言的“运行时”对话框中设定控制算法的采样周期T, 即每隔T时间组态王就调用参数自调整模糊控制算法一次, 在本系统中设置T为120秒。PID控制算法三个参数的设定由组态王设定传给PLC。

4 PH参数自调整模糊控制在工业生产中的应用

在工业生产上, 若发酵液PH值偏低, 则通过加氨水的办法, 使其PH值回升; 若PH值偏高, 在发酵前期可适当补加基质来调整, 一般不采用加酸的控制手段。为避免一般的调节阀有泄漏量的缺陷, 在PH控制中所使用的阀门常用开关电磁阀, 所以相应的控制方式采用时钟脉冲的控制方式即开关的模拟调节来进行, 时钟脉冲的周期T是根据系统的滞后时间长短而设定的。输出脉冲宽度 τ 是根据模糊控制算法得出的输出控制信号按比例来确定。这种方法可靠性高、调试容易, 只要选好时钟脉冲的周期T均能达到满意的控制效果。通过改变开关阀的开关频率和开关脉冲宽度来调节氨水的加入量, 使PH值逐步逼近设定值, 从而克服了非线性和滞后对控

制的影响。时钟脉冲周期T的选择与发酵罐的体积有关, 几十升的罐T为60-120秒, τ 为几秒可调。上述功能(即图3中的模拟/脉冲变换)在PLC程序中予以实现, PLC能轻易地实现开关频率和开关脉冲宽度的调节控制。

在某制药厂多粘菌素研制生产中, 对20L的中试发酵罐、500L的生产发酵罐实行控制, 首先在中试发酵罐中进行参数的最优化工作, 采用正交试验的方法, 得到PH值的优化轨迹。优化参数放大应用到发酵罐并进一步寻优后经过一个月的试生产, 确定了生产用的PH值优化控制参数。500L发酵罐某批次发酵过程控制曲线见图4, PH在接种16小时后开始投入自控, 发酵结束前4小时PH不控制。该厂采用PH参数自调整模糊控制方法后, PH的控制误差在 ± 0.05 以内, 控制精度提高100%, 调节迅速。

5 结束语

在为某制药厂多粘菌素研制生产的发酵过程设计了一套控制系统的基础上, 利用组态王无需编制通信程序就能方便可靠地与PLC、智能仪表等外部设备进行通信以及与VB和其它高级应用程序通过DDE交换数据的功能, 对PH采用参数自调整模糊控制。由于参数自调整模糊控制能在线自动地调整三个量化因子, 具有较强的自适应性, 所以该套系统投入实际应用后满足了对PH控制精度的要求。对于发酵过程中其它参数的控制如温度、溶氧等, 该套系统具有极大的推广价值。

参考文献

- 1 OMRON可编程控制器编程手册[M], 上海, OMRON公司, 2000。
- 2 组态王6.0使用手册[M], 北京, 亚控公司, 2001。
- 3 模糊自适应控制理论及其应用[M], 北京航空航天大学出版社, 2002。