

微机控制味精发酵过程的实用软件系统开发

南京电子技术研究所 凌 棕

提要： 本文介绍了一种成功地应用于味精生产工艺的发酵过程微型计算机自动控制软件系统。该系统以TP—86A单板计算机为主控设备，完成对发酵过程主要工艺参数的闭环实时控制和自动监测记录。经生产实践验证，该系统具有操作简便、修改工艺参数灵活、监测显示参数直观调节控制平稳可靠等优点，对于提高味精产量、质量，降低生产成本减轻工人劳动强度等都具有实际意义。

一、概述

1.味精发酵工艺简介

味精生产的一般工艺流程如图1。

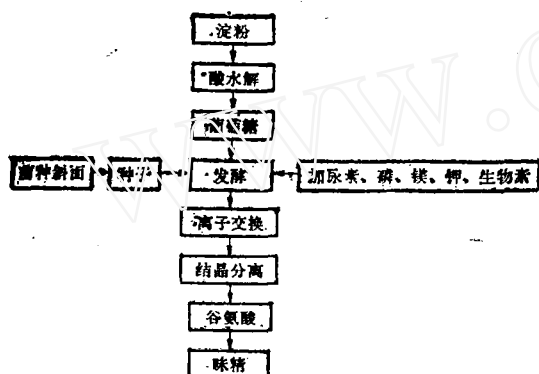


图1.味精生产工艺流程

其中，发酵过程作为糖的需氧化和氨同化的生物化学合成过程，是个关键性环节。只有保证发酵过程正常进行，才能提高谷氨酸产率，进而提高味精产量和质量。

由于发酵过程十分复杂，涉及到许多不确定因素，难以寻求固定的数学模型来描述整个过程。故一般只由操作人员根据经验数据对主要工艺参数加以控制和监测，其结果依操作人员的技术水平和工作态度不一而大相庭径。采用自动控制系统除了可以稳定可靠地完成预定任务外，还可依一定规律寻找

最佳控制方式，故尔是提高发酵工艺生产水平的重要发展方向。

2.控制系统构成

系统构成见图2。

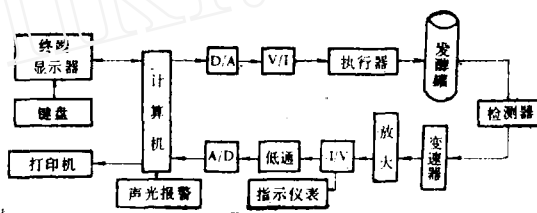


图2、控制系统框图

由传感器组成的检测器实时地将发酵罐内工艺参数转换成电讯号，经放大、流/压转换、低通滤波、A/D变换后形成数字信号进入计算机。计算机中控制软件根据被调参数的测量值与给定值之间的偏差，按适当调节规律形成调节输出数字信号，经D/A、压/流转换至执行器，完成闭环调节过程。遇有读入数据值不合理等异常状态，计算机自动形成音响与灯光报警信号。键盘与终端显示器主要用于实现人工干预和数据显示。打印机用来记录数据及表格、曲线等。

此外，为保证生产过程不至于因为微机控制系统出故障而中断，我们还配置了DDZ—II型工业自动控制仪表系统作为备用的自

动控制系统。

3. 计算机硬件环境

我们选用了16位单板计算机TP—86A作为本系统的主控设备。主要考虑到TP—86A单板计算机具有如下优点：

①功能强：指令系统含133条基本指令、易于进行复杂运算编程。

②容量大：板上便可寻址32K字节EPROM，16K字节RAM，且仍可扩充。

③接口方便：板上配有一个RS232标准串行口，两个并行口。

④易于总线扩展：仅需在板上总线扩展布线区增加8259可编程中断控制器，便可完成对单板机的实用性功能扩充。

二、软件系统

本系统主要任务是实现对生物菌体培养温度，无菌空气流量、罐内气压、发酵液酸度等工艺参数的闭环自动控制，同时对溶解氧、排气中氧与二氧化碳含量等工艺参数进行自动监测记录。在生产过程中，还要依具体情况完成人工干预、显示工艺参数和控制参数、打印数据曲线等任务。所以，软件系统采用模块式结构，分管理软件与控制软件两大部分。

1. 管理软件：由自检、初始化、键扫描人工干预、显示、打印、中断等子模块组成（见图3）。

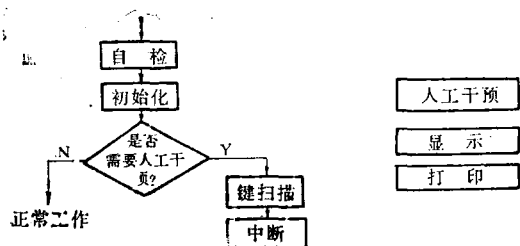


图3、管理软件框图

其中正常工作状态指操作人员无意修改工艺参数的给定值，则控制系统按程序内安排的参数形式与工作方式开始运行。

各子模块功能如下：

①自检模块：检查CPU及RAM是否能正

常工作。

②初始化模块：对控制程序中将要用到的RAM区工作单元及有关寄存器清0或赋初值；向有关芯片送工作方式控制字。

③键扫描模块：读取键值并根据不同的键值命令将工作程序转向相应的功能模块。

④人工干预模块：接受以键盘键入的工艺参数给定值或强制输出调节值等，以实现操作人员的意图及其对非常情况的处理。

⑤显示模块：在显示器上显示控制系统投运时间、监测参数、修改前后的工艺参数等。

⑥打印模块：打印有关数据记录、报警信息、曲线、表格等。

⑦中断模块：响应中断请求并转入相应的中断服务程序。

2. 控制软件：本部分作为中断服务程序由自检、定时、取A/D值、运算、D/A输出等子模块构成（见图4）。

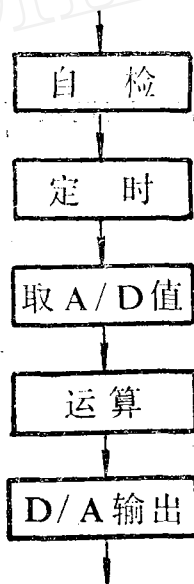


图4、控制软件框图

各子模块的功能如下：

①自检模块：检查输入、输出通道是否完好。

②定时模块：计算系统运行时间；控制对模拟输入信号的采样速率。

③取A/D值模块：将各路工艺参数模拟输入信号分别转换为数字信号并存入指定的内存单元，为运算模块的工作做准备。

④运算模块：依一定的数学规律将采样值投入运算，得出控制执行器的适当数字输出量。

⑤D/A输出模块：将数字输出量转换

成模拟输出量，去控制执行器。

三、关于运算模块的设计

一般认为，计算机控制系统的实现最终要把注意力集中在应用软件方面，而控制软件系统的核心是运算模块。运算模块的设计直接关系到整个控制系统的控制质量，故有必要着重介绍一下设计运算模块时的一些考虑。

1. 数字滤波：数字滤波的作用是通过一定的计算公式对采样得到的信号进行平滑加工，去掉或减弱随机干扰脉冲对信号的影响。

在现场调试过程中，我们曾尝试过一阶滞后数字滤波与常系数卡尔曼滤波。结果表明，对于发酵过程，两种滤波方式效果差别不大，而后者耗费大量计算量和程序量，故本系统只采用前者。

一阶滞后数字滤波方程为

$$\overline{Mn} = \alpha \overline{M}_{n-1} + (1 - \alpha) Mn$$

其中： Mn 为第 n 次采样值，

\overline{Mn} 为第 n 次滤波值，

α 为滤波系数。

2. 工程量转换。

为进行代数运算，需将A/D转换后得到的采样值 V_i 换算成相应测量点的工程量值 Δe 。假定测量值与工程量值之间呈线性关系，设 V_0 为输入0时的采样值，对应的工程量值为 Ve_0 ， V_1 为满量程输入时的采样值，对应的工程量值为 Ve_1 ，则对任一采样值 V_i 、有对应的工程量值 Ve 相对，

$$Ve = Ve_0 + (Ve_1 - Ve_0) \frac{V_i - V_0}{V_1 - V_0}$$

本系统主要工艺参数的工程量标度范围见表一。

	Ve_0	Ve_1	V_0	V_1
温度	25(℃)	50(%)	0	255
空气流量	0(m ³ /n)	1000(m ³ /n)	0	255
罐内气压	0(kg)	100(kg)	0	255
酸度	2(PH值)	10(PH)	0	255

表一：工程量标度

3. 控制规律

鉴于目前工业自动控制系统中常用的是采用PID控制规律的调节器，我们决定首先试用PID控制规律进行微机系统控制调节，以后将逐步试验对不同受控工艺参数分别采用前馈、大纯滞后补偿、多变量解耦等新型控制规律，以求达到对动态过程实现最佳控制的目的。

PID增量型控制公式为

$$\Delta Pn = Kp(e_n - e_{n-1}) + K_I e_n +$$

$$KD(e_n - 2e_{n-1} + e_{n-2})$$

式中： ΔPn 为第 n 次采样时控制装置的输出增量调节值。

e_n 为第 n 次采样时的偏差值 $e_n = \overline{Mn} - SP$ ， SP 为工艺参数给定值。

Kp 、 K_I 、 K_D 分别为比例、积分、微分系数。

4. ΔPn 对执行器的控制

按照公式(3)进行调节时，

①为避免过小的调节量引起执行器频繁动作，也要避免过量调节造成执行器损坏，必须对 ΔP_n 以上、下限值的限制。

②执行器的具体特性决定了 ΔP_n 应当成为正输出还是负输出，无视这一点将导致控制失败。

③经乘法运算后得到的 ΔP_n 为采样数据的双倍字长，故需据控制对象的变化规律确定适当字长的有效输出。

四、控制参数的整定

控制规律一旦确定，控制参数的整定就成为系统投运时一项细致而重要的工作。这里简单概述对采样时间、滤波系数与比例、积分、微分系数的选取和整定。

①采样时间 T_s ：理论上，对于不同受控对象都应有一个满足采样定理的最佳采样时间间隔。在实际调试过程中，考虑到发酵过程的具体情况，四个受控工艺参数的采样时间取为同一数值。由于积分系数 $K_I = Kp \cdot$

T_s/T_i , 微分系数 $K_D = K_D \cdot T_s/T_i$ (T_i 和 T_D 分别为积分、微分时间常数), 固定 T_s 后, 细调 K_I 和 K_D , 仍可得到满意的结果, 从而减少了联合调试数个控制参数的工作量。

②滤波系数 α : 一般应有 $0 < \alpha < 1$, α 取大值则系统抗干扰能力强, 但对受控工艺参数的真实变化反应迟钝; α 取小值可增加系统灵敏度, 但易受瞬时脉冲干扰的影响对于快变化受控参数, 宜将 α 取得高一些。

③比例系数 K_P : K_P 过大时, 易出现超

调, 此时控制曲线呈振荡状, 系统稳定性降低, K_P 过小, 则余差较大, 调节过程缓慢。对于空气流量回路, 由于输入的工艺参数变化剧烈、频繁, K_P 取值不宜超过 5.0。

④积分系数 K_I : 主要作用是消除工艺参数输入值与给定值之差, K_I 选取得合适, 这一差值将逐次递减, 直至为 0, 此时积分作用亦消失。 K_I 过大, 控制曲线有增幅振荡趋势, 使系统控制失灵; K_I 过小, 则不起积分作用; 系统存在余差, 影响控制准确度。

⑤微分系数 K_D : 其作用是按工艺参数输入值与给定值之差的变化速度来形成输出调节量值, 因而对于具有容量滞后特性的受控对象可收到显著效果。但 K_D 过大时会出现当偏差变化速度不大时仍产生较大输出调节量的现象, 从而影响控制质量与安全生产。

本系统经现场调试选定的控制参数见表二。

表二: 控制参数选择

控制参数	T_s (秒)	α	K_P	K_I	K_D
温度	4	0.70	206.00	1.70	100.30
空气流量	4	0.95	2.00	0.50	1.00
罐内气压	4	0.90	200.00	5.00	0.00
酸度	4	0.70	210.00	2.00	100.0

五、控制回路编程举例

以温度参数调节控制回路为例, 给出基本程序设计框图(见图 5)

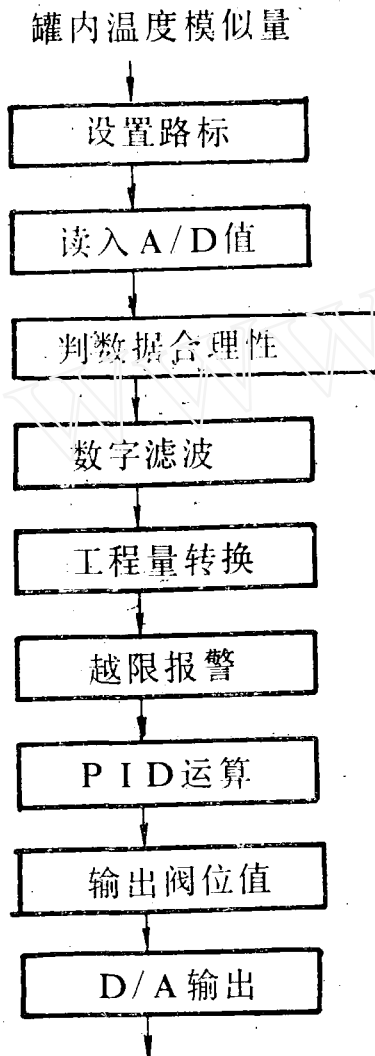
PID 运算子程序流程图如图 6。

六、系统运行效果

现将对温度、空气流量的控制曲线示意性地绘出, 见图 7、8, 着重指出调节变化过程。

七、参考文献

- 1.《过程控制系统》 重庆大学 涂植英主编 1983.5 机械工业出版社
- 2.《微处理器在仪器与(下转第 6 页)》



去控制冷却水阀门的开度

图 5、温度回路调节框图

(二) 自适应控制算法中子程序的自动生成:

自适应控制回旋式烘窑实现步骤如下:

1. 对温度测量信号及控制信号进行平均值滤波。
2. 对上述结果再进行滑动平均滤波。
3. 用上述二次滤波结果组成观测向量。
4. 用最小二乘法进行预报模型的参数估计。
5. 求控制量 $U(K)$ 。
6. 求出下一步所需最优预测。
7. 继续循环。

我们还没有形成自适应控制程序的生成程序, 而是利用脱离硬件结构的程序自动生成, 即通用运算处理软件的自动生成部分。在自适应控制中要用到的是四则运算和矩阵运算部分。在形成各个算式的人机对应过程中, 首先是输入表达式及相应的各个变量和

它们的地址及计算结果的地址。所生成的程序是以子程序的形式来表示, 因而可供用户调用。其起始地址由用户来决定, 每个程序生成之后, 屏幕上和打印机均能输出程序的起始地址和终止地址及程序的入口地址和出口地址。在每个计算表达式形成之后, 就可分段拼装成整个控制计算程序。

(三) 测量和控制程序的修改和固化。

生成的应用程序由生成母机通过双机通讯传到模拟子机, 模拟子机上能把程序固化固化后的ROM即能应用, 避免人工按键输入。

实践证明: 一个能实用的程序, 需反复修改和优化。使用程序自动生成系统之后, 不仅可以使所生成的程序参数可以方便地改变, 而且还可以使程序的结构方便地改变, 这对于某些需要迭代式的改变对象的计算表达式或修改数学模型时, 尤为适用, 这是手编程序所不能比拟的。

(上接第10页)

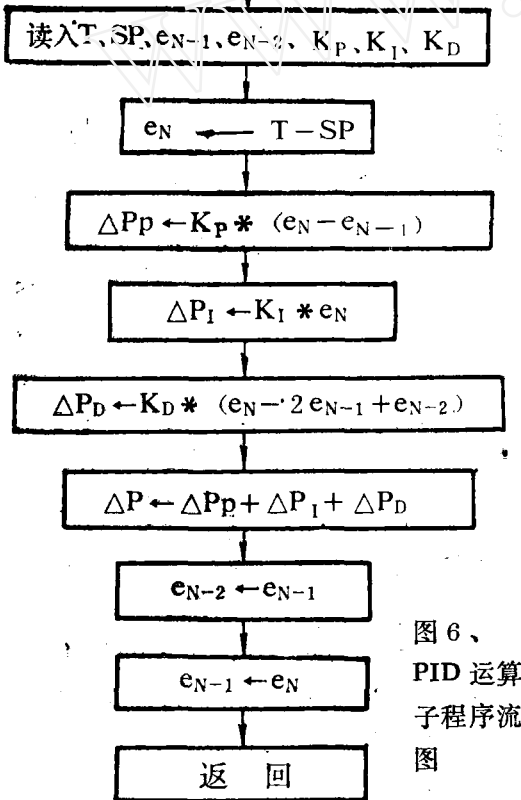


图 6、PID 运算子程序流程图

控制系统中的应用》

[美] R.J. 比伯罗著 汪汉春译
1984.2. 国防工业出版社

3. 《计算机控制系统》

[日] 松本吉弘编 李兴烈等译
1985.3 冶金工业出版社

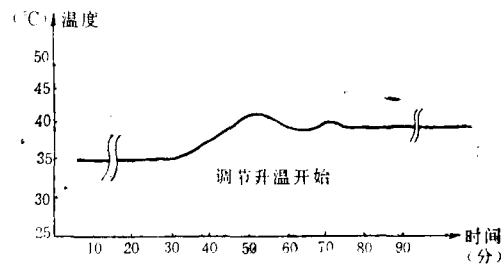


图 7、温度调节时控制曲线变化示意图

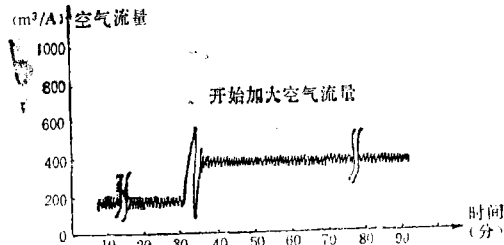


图 8、加大空气流量时控制曲线示意图