

右旋糖酐发酵罐自校正调节器*

金奎焕 黄元三 金永灿 李辉锋

(延边大学物理系)

申长铨

袁著祉

(延边计量局) (南开大学计算机与系统科学系, 天津)

摘 要

本文介绍右旋糖酐发酵罐微型机温度控制自校正调节器和有关的参数确定问题。

一、引 言

在制药、食品和酿酒等行业中利用微生物(细菌)繁殖来制造各种产品, 发酵罐是培植细菌的主要装置。发酵是比较复杂的生物化学变化过程, 影响发酵的主要因素是菌种的好坏、温度和酸碱度等条件。

目前, 我国右旋糖酐发酵罐的温度、pH 值控制都采用人工控制, 精度不高, 产量不稳定。我们研制的 SCC—1 型右旋糖酐发酵罐微机控制系统, 对温度采用自校正调节器加前馈控制, 对 pH 值采用下限闭环控制, 长期运行表明, 该系统控制精度高, 产量稳定, 粗酐产量提高 7.26% 以上, 深受工人欢迎, 已经通过省级鉴定。

本文叙述 SCC—1 型右旋糖酐发酵罐微机控制系统中温度自校正调节器。

二、发酵罐温度控制方案

右旋糖酐发酵是发热过程, 为了保证发酵最佳温度为 $y_r = 25^\circ\text{C}$, 必须通过发酵罐外壁夹套的循环冷却水撤走热量, 如图 1 所示。

工业用发酵罐容积大, 发酵液随时间增长其粘度也增大, 温度变化受环境温度、冷却水温度、水压和蒸汽压力等随机因素的严重干扰, 因此, 发酵罐温度控制系统是一个有大时延、慢时变、随机干扰的系统, 用常规控制方法很难保证精度。我们采用了可以克服随机干扰、能够在线整定参数的自校正调节器^[1]。

根据工艺要求, 我们选择发酵罐内介质温度作为预测模型的输出变量 y , 冷却水阀与蒸汽阀开通时间作为控制变量 u (当 u 为负值时加冷水, 当 u 为正值时加蒸汽), 于是发酵罐温度 y 的预测模型为

* 此项研究系国家自然科学基金资助项目。

本文于1986年6月2日收到。1986年12月29日收到修改稿。

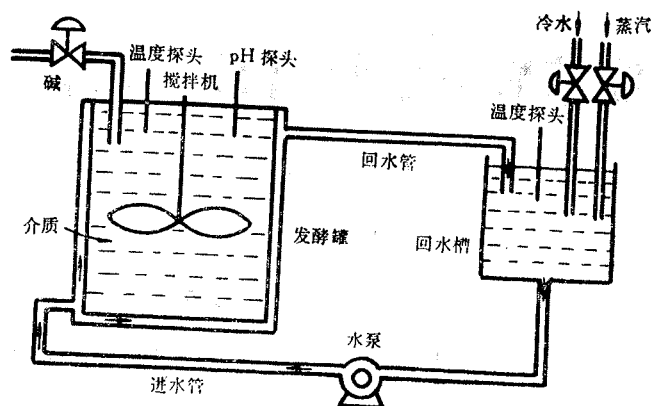


图 1 右旋糖酐发酵工艺流程图

$$y(k+m) = \alpha_0 y(k) + \dots + \alpha_p y(k-p+1) + \beta_0 u(k) + \dots + \beta_q u(k-q) + \varepsilon(k+m), \quad (1)$$

其中 m 是纯时延, $p=n$ 是模型阶次, $q=n+m$, 希望输出为 $y_r = 25^\circ\text{C}$, 控制目标为

$$J[u(k)] = E[y(k+m) - y_r]^2 \quad (2)$$

最小.

三、自校正调节器参数的确定

通过数字仿真与实际实验,我们对时延、模型阶次、采样间隔、遗忘因子等参数进行了选择;对控制量 u 实行了限幅,防止了发散现象;加了冷却水前馈处理,进一步改善了控制精度.

1. 初步确定时延

通过阶跃输入实验,绘出输出变量 y 的响应曲线,初步估计时延,由于发酵介质的粘度随时间增长而增大,因此,温度变化时时延 m 也改变,大约在 6~15 分钟之间.

2. 初步确定模型阶次等参数

利用数字仿真大致估计模型阶次 n 在 2~4 之间,采样间隔 T 在 2~5 分钟之间,参数 β_0 在 0.05~1.0 之间,参数估计协方差阵初值 $P_0 = \alpha^2 \cdot I$, $\alpha^2 = 10^6 \sim 10^8$,遗忘因子 λ 在 0.95~1.0 之间.

3. 各参数的最后确定

在上述 1、2 两步的基础上,在实际装置上进行闭环实验,以协方差阵 P 收敛到零的速度为目标,最终确定一组较好的参数为: $n=2$, $m=3$, $T=3$ 分钟, $\lambda=0.98$, $\beta_0=0.1$. 此时发酵罐温度 y 的预测模型 (1) 具体写作

$$y(k+3) = \alpha_0 y(k) + \alpha_1 y(k-1) + \beta_0 u(k) + \beta_1 u(k-1) + \beta_2 u(k-2) + \beta_3 u(k-3) + \beta_4 u(k-4) + \varepsilon(k+3). \quad (3)$$

自校正调节器为

$$u(k) = \frac{1}{0.1} [25 - \hat{\alpha}_0 y(k) - \hat{\alpha}_1 y(k-1) - \hat{\beta}_1 u(k-1) - \hat{\beta}_2 u(k-2) - \hat{\beta}_3 u(k-3) - \hat{\beta}_4 u(k-4)].$$

4. 克服发散的措施

调试中发现自校正调节器有发散现象, 为了防止发散, 对控制变量 $u(k)$ 与控制增量 $\Delta u(k)$ 都实行幅度限制, 效果较好, 这种限幅方法对偶然出现的较大采样误差引起的干扰也有抑制作用, 在正常工作时, 控制量一般不超过限幅值。

5. 冷却水的前馈处理

为了节约用水, 工艺上要求冷却水供应系统采取重复利用回水的循环系统。因此, 回水槽温度是影响发酵罐温度的重要因素, 我们把它作为前馈量来处理。显然, 水槽温度低时, 冷水阀可开小一些, 水槽温度高时, 冷水阀开大一点, 根据这种考虑, 调节阀的输出量为

$$U_{\text{调节阀}} = \Delta y_{\text{槽}} \cdot U_0 - U_{STR} \cdot U_p, \quad (5)$$

式中 U_{STR} 是自校正调节器算出的控制量, $\Delta y_{\text{槽}} = y_r -$ 水槽温度, U_0 与 U_p 是比例系数, 由实验决定。实践表明, 引入前馈后提高了控制精度。

四、实际运行结果

鉴定测试结果表明, SCC—1 型右旋糖酐发酵罐温度误差由人工控制的 $\pm 1^\circ\text{C}$ 降低为 $\pm 0.3^\circ\text{C}$, pH 值误差可达 $\pm 0.2\text{pH}$ 。图 2 是计算机打印的温度 T (设定值 25°C) 与酸碱度 (设定值 6.8pH) 连续运行 6 小时的记录。

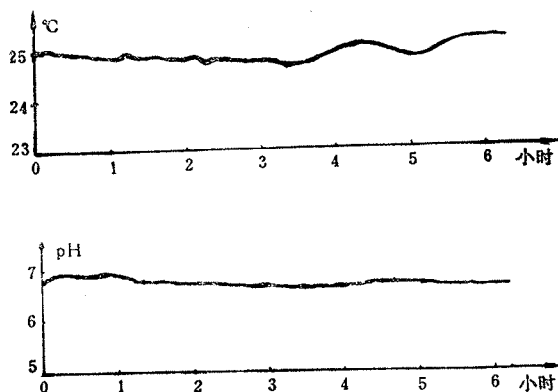


图 2 自校正控制下的温度和 pH 值曲线

实际运行结果表明, 自校正调节器适应环境变化能力较强, 适合于发酵罐温度控制。

参 考 文 献

- [1] 袁著祉、阮荣耀、高 龙、熊光楞, 现代控制理论在工程中的应用, 科学出版社, 北京, (1985), 287~289.

A Self-tuning Regulator for the Dextran Fermentation Pot

Jin Kuihuan et al.

(Department of Physics, Yanbian University)

Abstract

This paper described a microcomputer-based self-tuning temperature regulator for the Model SCC-1 dextran fermentation pot. The problem of parameter selection was discussed.