

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.12.026

## PID 控制在中药制剂自动提取中的应用

李作武, 赵凯, 汪炼

(中国兵器工业第五八研究所 国防科技工业弹药自动装药技术研究应用中心, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 为了提高中药制剂的产品质量和生产效率, 设计适合中药制剂自动提取的 PID 控制系统。介绍 PID 控制理论和中药制剂的控制流程, 通过在中药制剂自动提取过程中对调节阀进行不同阶段的 PID 控制, 使夹套压力稳定地保持在设定值上, 从而使反应釜中的药液在不同的工艺阶段保持在不同的温度状态下。该系统已成功应用于企业中药制剂自动提取并取得了良好的效果。

**关键词:** 中药制剂; 自动提取; PID**中图分类号:** TP273 **文献标识码:** A

## Application of PID Control in Traditional Chinese Medicine Preparation Automatic Extraction

Li Zuowu, Zhao Kai, Wang Lian

(Research &amp; Application Center of National Defense Science &amp; Technology Industry for Ammunition Automatic Charging &amp; Assembly, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

**Abstract:** In order to enhance the traditional Chinese medicine preparation the product quality and the production efficiency, the design suits the traditional Chinese medicine preparation automatic extraction the PID control system. Introduced that the PID control theory and the traditional Chinese medicine preparation's control flow, through carries on the different period in the traditional Chinese medicine preparation automatic foliation to the regulating valve the PID control, causes the clamp cover pressure maintains in stably the setting value, thus causes in the reaction still the solution temperature, in the different craft stage maintains under the different temperature condition. This system has succeeded applies withdraws and has made the good progress automatically in the enterprise traditional Chinese medicine preparation.

**Keywords:** traditional Chinese medicine preparation; automatic extraction; PID

### 0 引言

目前, 在中药生产过程中普遍存在着生产设备及监测技术落后, 各工艺环节缺乏联动性, 控制凭直觉和经验, 大部分工艺环节尚需手工操作, 产品质量不稳定等问题, 严重影响了药品的用药安全, 故将中药制剂自动提取过程进行智能化控制。

### 1 PID 控制基本公式

PID 是比例 (P)、积分 (I)、微分 (D) 之意。标准 PID 的控制值是与偏差 (设定值与实际值之差)、偏差对时间的积分、偏差对时间的微分, 三者之和成正比。如用式子表示, 即

$$p = Ke + 1/Ti \int_0^t e dt + Td de/dt + M \quad (1)$$

式中

p 为控制值;

e 为偏差;

Td 为微分常数;

K 为放大倍数 (比例系数);

M 为偏差为零时的控制值, 有积分环节存在此

项也可不加。

PID 控制是用这里的控制量 p, 去进行对控制对象的控制。在 p 中, 除了 M, 其它 3 项均与偏差有关。计算偏差要使用反馈信号, 所以它是闭环控制。这里的偏差、偏差对时间的积分、偏差对时间的微分, 又分别称为比例输出、积分作用和微分输出。

比例输出由偏差与比例系数相乘构成。比例系数越大, 同样偏差, 其控制作用也越强。但没有偏差, 即使比例系数再大, 也没有这个控制输出。显然, 如仅用此一项, 对需要有控制输出的系统, 尽管加大比例系数, 可减少偏差, 但无法消除偏差。

积分输出与偏差对时间的积分以及积分系数有关。同样偏差, 经历时间越长, 积分系数越小, 其控制作用也越强。积分可加强及累积控制输出。当前偏差可以为 0, 有了积分, 则仍可产生控制输出。显然用此一项, 对需经常要有控制输出的系统, 也可消除偏差, 使系统成为无差系统。

微分输出由偏差对时间的微分, 即偏差的变化率, 与微分系数相乘构成。同样偏差变化率, 微分

收稿日期: 2010-07-08; 修回日期: 2010-09-20

基金项目: “重大新药创制” 科技重大专项资助 (2009ZX09313-024)

作者简介: 李作武 (1977-), 男, 四川人, 工程师, 从事自动控制技术应用研究。

系数越大, 其控制输出也越强。但没有偏差变化率, 即使微分系数再大, 也没有这个控制作用。而且, 它的作用是抑制偏差变化的。如偏差加大, 它的控制输出增强, 以抑制偏差加大; 同样, 如偏差减小, 它的控制输出为负值, 将减小控制作用, 以抑制偏差的减小。显然, 用此一项, 主要是使系统保持稳定。有强的稳定要求时, 可加大微分系数。

PID 控制的最大好处是, 可以不必了解系统的数学模型, 只要能检测出偏差, 就可以对系统实现准确、没有静差及稳定控制。

上式 (1) 用于连续系统的 PID 控制。如在 PLC 控制中用它, 则必须将其“离散化”, 用相应的数值计算, 代替这里的积分、微分。

如选择的采样周期为  $T$ , 积分初值为 0, 离散化后的式 (1) 为

$$P(n) = Ke(n) + T/Ti \sum e(j) + Td/T[e(n) - e(n-1)] + M \quad (2)$$

式 (2) 的计算仅仅是加、减、乘、除等基本运算。所以, 如选定了采样周期  $T$ 、积分常数  $Ti$ 、微分常数  $Td$ 、放大倍数  $K$ 、偏差为零时的控制值  $M$  以及各个时刻的偏差值, 用 PLC 的算术运算指令完全可以进行这个运算, 以求出不同时刻  $n$  的控制值。进而再把这个控制值输出即可实现 PID 控制。

PID 控制在使用时, 只需设定好 3 个参数 ( $Kp$ 、 $Ki$  和  $Kd$ ) 即可。在很多情况下, 并不一定需要全部 3 个控制, 可以取其中的一或两个控制, 但比例控制是必不可少的。虽然很多工业过程是非线性或时变的, 但通过对其简化可以变成基本线性和动态特性不随时间变化的系统, 这样 PID 控制就可以用了。

PID 参数  $Kp$ 、 $Ki$  和  $Kd$  可根据过程的动态特性及时整定, 以达到较好的 PID 控制效果。如果过程的动态特性变化, 例如可能由负载的变化引起系统动态特性变化, PID 参数就可以重新整定。

PID 控制结构如图 1。

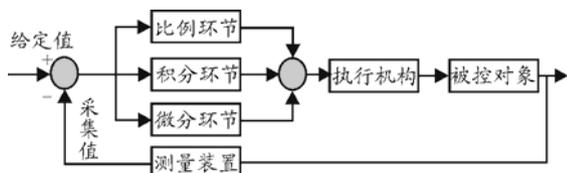


图 1 PID 控制器结构图

## 2 中药提取工艺流程简介

某中药提取的工艺分为几个阶段, 分别是投料、加水→浸泡→升温→保温→1 次药液提取→加水升温→保温→2 次药液提取, 工艺流程图如图 1。

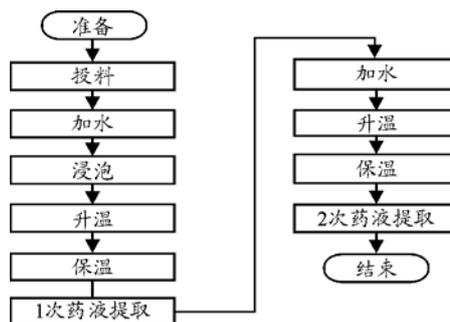


图 2 中药提取工艺流程图

根据工艺流程图, 在投入原料到提取罐后, 加水到一定量, 在一定的温度下浸泡一定的时间后, 开始升温。升温到沸腾时, 降温保持药液微沸腾到一定时间后, 进行第 1 次药液提取; 完成 1 次提取之后, 再次加水到一定量, 同时进行升温到药液沸腾后, 降温保持药液微沸腾到一定时间后, 进行第 2 次药液提取。通过上述过程药液经过两次提取后, 完成该批次的某中药的提取过程。中药自动提取就是根据该工艺实现各工艺阶段的自动控制。

上述工艺流程中的浸泡、升温 and 保温阶段都需要通过蒸汽调节阀门对夹套压力进行控制, 使其保持在一个稳定的设定值上。不同的工艺阶段对夹套压力的要求是不同的。如浸泡阶段需要夹套压力保持在 0.2 MPa, 升温阶段需要夹套压力保持在 0.1 MPa 上, 而保温阶段则需要夹套压力保持在 0.5 MPa 上。因此对每一个工艺阶段的夹套压力都需要应用 PID 控制。当各工艺阶段的夹套压力控制在不同的设定值时, 罐内的中药药液的温度才能得到有效的控制。比如, 升温阶段时, 当夹套压力保持在设定的 0.1 MPa 时, 使用蒸汽对罐内药液进行加热升温时才能使罐内的药液温度迅速沸腾, 但却不会使药渣过分粉碎而使药液提取困难。

## 3 PID 控制应用

根据上述工艺, 需要根据公式 (1) 对各工艺阶段的 PID 参数进行整定。要使 PID 控制取得好的效果, 关键是选定 PID 的控制参数。

1) 参数  $M$  是偏差为零时的控制值, 即系统平衡时所要求的控制输出, 可依系统静态特性确定; 2) 参数  $Ti$  为积分常数。此值太小, 积分作用增强, 但有可能影响系统的稳定; 太大, 稳定性好, 但积分作用弱; 3) 参数  $Td$  为微分常数, 此值大, 将增强微分作用; 此值小, 微分作用弱; 4) 参数  $K$  为比例作用, 即整个控制作用的放大倍数。此值太大, 将增强偏差的控制作用, 减少控制误差。但有可能影响系统的稳定, 以至于使系统出现振荡; 太小, 稳定性好, 但控

制作用弱，减少控制误差的时间将加长。

根据上述 PID 整定原则进行各工艺阶段的 PID 整定。首先取 P 值，P 值从小到大逐渐增加，观察夹套压力输出曲线，当认为 P 值合适时，由于只有 P 值无法使偏差为 0，因此必须再增加 I 值，I 值也是从小到大逐渐增加。I 值的增加使偏差能够快速缩小，但却使系统不稳定，因此还需要增加 D 值。实际调试获得在各工艺阶段的 PID 参数各不相同。如在浸泡阶段夹套压力的 PID 控制参数分别为 P=0.1, I=0.001, D=0.25, 其设定值为 0.2 MPa。

### 4 结束语

现场运行证明，该系统运行良好，满足了各工艺阶段的质量要求，保证了产品的一致性和产品质量，提高了中药提取的效率，减少了资源浪费，降低了工人的劳动强度，具有一定的推广价值。

\*\*\*\*\*

(上接第 79 页)

如图 1、图 2 所示，采用模块化设计，将 X 轴进给机构独立化为驱动单元，提高其可维护性及可借用性。其中，推杆穿过主轴控制拉刀刀具；驱动推杆的滑动套筒、滚珠丝杠副、电机等的作用力也在同一作用线上，保证 X 轴运动时作用力都通过拉刀刀具。这也就使驱动力直接通过被驱动物体的重心，达到重心驱动的目的，从驱动端直接减少引起振动的可能。

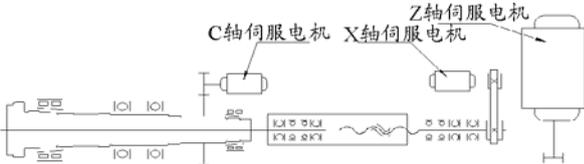


图 2 数控深孔螺旋拉床驱动部分机构简图

在应用重心驱动的基础上，使用有限元的方法优化箱体结构。如图 3，对 X 轴箱体进行三维建模，依照“施加约束及作用力、划分网格、静态结构分析”的步骤，进行有限元分析，并采用最优化设计步骤运算得到作用力、变形与结构之间的最优解，从结构上保证重心驱动的效果。

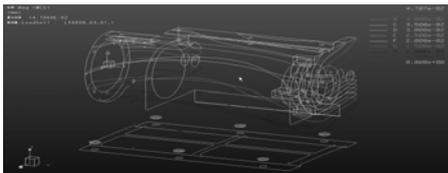


图 3 X 轴箱体变形有限元分析图

### 4 效果

在机床实际加工过程中，控制循环简单来说就

### 参考文献:

[1] 宋伯生. PLC 编程实用指南[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006: 6.

[2] 黎志钟. 中医药学走向世界的若干理论问题—接轨、改轨还是铺轨[J]. 中国医药学报, 1997, 12(1): 49-53.

[3] 黄保民. 中药提取分离工艺中高新技术应用的进展(续)[J]. 中医研究, 1998, 11(6): 44-47.

[4] 梁凯, 沈公槐, 戎兵. 中药生产过程的可控性分析和计算机控制技术[J]. 医药工程设计杂志, 2002, 23(5): 31-38.

[5] 沈平阶, 邵忠法, 唐青华, 等. 新技术在中成药工业中的应用与展望[J]. 中成药, 1998, 20(5): 1-3.

[6] 丁洪涛. 中药提取生产自动系统的研制[J].

[7] 韩焕平, 聂俊岚, 刘恩海, 等. 模糊自寻优 PID 在中药生产自动控制系统中的应用[J]. 河北科技大学学报, 2001, 22(4): 58-61.

[8] 陶永华, 尹怡欣, 葛芦生. 新型 PID 控制及其应用. 北京: 机械工业出版社, 1998: 123-130.

是“给定指令、运行、判定是否到达指定位置、修正指令”的循环，如图 4。

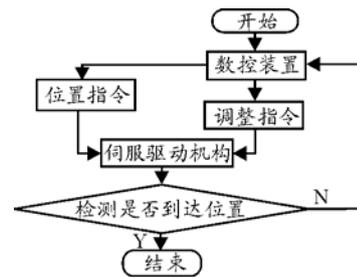


图 4 数控深孔螺旋拉床控制简图

在设备运动过程中，驱动力不仅驱动设备按指令运动，也会引起设备产生。在将原设计与应用重心驱动后的设计对比后，可以明显看到系统动作引起的振动不仅振幅大幅度缩小也使振动快速衰减消失，如图 5。

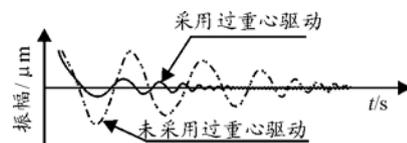


图 5 振幅与时间关系图

### 5 结束语

数控深孔螺旋拉床及类似设备对振动都较敏感，在引入重心驱动的设计后，可以在结构上减少机床振动，有利于提高机床的性能。

### 参考文献:

[1] 森精机, 森精机的重心驱动, www.moriseiki.com.

[2] 杨奕昕, 黄泽森, 范青. 数控系统及研发技术研究[J]. 兵工自动化, 2009, 28(10): 78-81.