

聚合反应釜温度控制系统设计

摘要

聚合反应机理复杂，是强放热反应，过程具有大滞后、大惯性、非线性等特性。温度、压力、浓度及催化剂的活性与牌号等都对化学平衡产生重要影响。因此，反应釜温度控制的效果将直接影响产品的质量及装置的正常运行，为此将反应釜温度控制回路列为重点监控回路，严格将反应釜温度控制在要求范围内。

传统的 PID 控制是一种基于过程参数的控制方法，具有控制原理简单、稳定性好、可靠性高、参数易调整等优点，但其设计依赖于被控对象的精确数学模型，在线整定参数的能力差，因反应釜机理复杂，各个参数在系统反应过程中时变。因而采用一般的 PID 控制器无法实现对反应釜的精确控制。模糊控制和预测控制都是对不确定系统进行控制的有效方法。本文将模糊控制和预测控制结合起来运用于聚合反应釜温度控制器的设计，设计以聚合反应釜温度控制系统为中心，从控制系统的硬件系统组成、软件选用到系统的设计。单片机以其功能强、体积小、可靠性高、造价低和开发周期短等优点，成为自动化和各个测控领域中广泛应用的器件，在温度控制系统中，单片机更是起到了不可替代的核心作用。在工业生产中，如用于热处理的加热炉、用于融化金属的坩锅电阻炉等，都用到了电阻加热的原理。鉴于单片机技术应用的广泛性和优越性，温度控制的重要性，因而设计一种较为理想的温度控制系统是非常有价值的。本文就是根据这一思想来展开的。

结果说明预测模糊控制作为模糊控制和预测控制相结合的产物该控制方法具有使系统超调量小、调整时间短、对系统参数变化和外界干扰有较强的鲁棒性等优点，是一种提高聚合反应釜温度控制效果的有效方法。

关键词：聚合反应 ； 预测控制 ； 模糊控制 ； 单片机

Summary of polymerization Kettle temperature control system design

ABSTRACT

Polymerization reaction mechanism for complex, is a strong exothermic reaction, process with large time delays, large inertia, nonlinear and other features. Temperature, pressure, density and chemical equilibrium catalyst activity and grades, and so on have a major impact. Therefore, the effect of the temperature control of reactors will directly affect the normal operation of the quality of the products and equipment, for which the reactor temperature control circuit as a key monitoring circuit, strictly within the reactor temperature control requirements. Traditional PID control is a control method based on process parameters, with the control principle of simple, good stability, high reliability, easy parameter adjustment, and other advantages, but its design relies on precise mathematical model of the controlled object, poor online tuning parameters of power, reactor mechanism of complex, individual parameters in the system to time-varying reactions. Thus average PID controller to achieve precise control of reactor. Fuzzy control and prediction control are effective methods of control for uncertain systems. This article combines the fuzzy control and prediction control applied to the design of polymerization Kettle temperature controller, design centered on the polymerization Kettle temperature control systems, hardware system, from the control system design of the software to the system. Monolithic integrated circuit with its powerful, small size, high reliability, low cost and short development cycles, and other advantages, become widely used devices in the field of automation and control, temperature control system, single-chip computer a is at the core has played an irreplaceable role. In industrial production, such as heat treatment furnace, Crucible resistance furnace used for melting metal, are used to the principle of resistance heating. Given the breadth of application of single-chip microcomputer and superiority, the importance of temperature control and temperature control system design of an ideal is a valuable. This article is based on this idea to expand. Results indicate that predictive fuzzy control as a product of the combination of fuzzy control and prediction control method of the control has a small amount of overshoot the system, adjust the time is short, on the system parameter change and outside interference robustness of strong advantages, is an effective method of improving the effect of polymerization Kettle temperature control.

KEYWORDS: Polymerizing—kettle; Predictive control; Fuzzy logic control; temperature control; Single-chip ;

目录

摘要	I
ABSTRACT	II
第1章 绪论	1
1.1 国内研究开展现状	1
研究现状	1
1.1.2 开展前景	2
1.2 选题背景和研究意义	4
第2章 聚合反响釜生产工艺和结构特点	6
2.1 聚合反响釜工艺简介	6
2.2 聚合反响釜结构与工艺特点	6
第3章 相关理论介绍	8
3.1 预测模糊控制算法的根本原理	8
第4章 聚合反响釜控制方案	11
4.1 预测模糊控制方案的选择	11
4.2 聚合反响釜温度控制流程图	12
第5章 系统硬件设计和设备选型及调试	13
5.1 温度控制器的选择	13
5.2 单片机的选择	13
5.3 数据采集输入通道设计	15
5.4 输出控制电路设计	16
5.5 温度超限报警电路设计	17
5.6 键盘接口电路设计	17
5.7 LED 显示接口电路设计	18
5.8 单片机温控系统的调试过程	19
第六章 结论	21
参考文献	22
谢辞	23

第1章 绪 论

聚合反响机理复杂,是强放热反响,过程具有大滞后、大惯性、非线性等特性。温度、压力、浓度及催化剂的活性与牌号等都对化学平衡产生重要影响。因此,反响釜温度控制的效果将直接影响产品的质量及装置的正常运行,为此将反响釜温度控制回路列为重点监控回路,严格将反响釜温度控制在要求范围内。

伴随着我国经济的开展,高分子聚合物在各个领域得到了广泛的应用,同时也对聚合物的产品质量和生产过程自动化提出了更高的要求,比方碳纤维的生产研制。在影响聚合反响的参数(如温度、压力、流量、速度等)中,最重要的是反响器的温度控制,其控制品质直接影响产品质量和产量。间歇式反响釜具有时变、非线性、反响机理复杂等特点,一直是过程控制领域的研究热点。但单纯的经典控制理论难以在聚合反响釜温度控制上取得好的控制效果,所以建立起反响过程的数学模型并对生产过程进行仿真研究,对于实现聚合反响过程的先进控制具有重要的理论和实际意义。本文全面的分析了反响釜温度变化的特点以及控制难点,在对反响釜夹套加热系统的传热原理系统分析的根底上,根据热量平衡原理和反响釜的热量传递关系,采用机理建模和阶跃响应曲线方法建立了釜内温度的数学模型,并利用实验数据和理论分析验证了模型的有效性。在算法研究方面,参阅了大量的中外文献并结合实际控制要求的根底上,提出了基于模糊控制的间歇反响温度控制系统,设计了模糊PID自整定控制器,给出了详细分析步骤和控制算法研究。同时把常规PID控制和模糊PID自整定控制策略进行比拟论证、仿真分析和研究。实验结果说明,与常规的PID控制方案相比,该方案提高了系统的鲁棒性和适应性,较好的解决了反响釜温度控制的难题,对其它类似的被控对象的控制问题有一定的参考价值。

1.1 国内研究开展现状

1.1.1 研究现状

自上个世纪70年代以来,由于工业过程控制的需要,特别在微电子技术和计算机技术的突飞猛进开展以后及自动化控制理论和设计方法的推动下,国外温度控制系统开展迅速并在智能化、自适应、参数自整定等发面取得成果,在这方面,一日本、美国、德国、瑞典等国技术领先,都生产出了一批商品化的、性能优异的温度控制器及仪器仪表,并在各行各业广泛应用。它们主要具有以下的特点:

- (1) 适用于大惯性、大滞后等复杂温度控制系统的控制。
- (2) 能够使用于受控系统数学模型难以建立的温度控制系统的控制。

(3) 能够适应于受控系统过程复杂、参数时变的温度控制系统。

(4) 这些温度控制系统普遍采用自适应控制、自校正控制、模糊控制、人工智能等理论及计算机技术，运用先进的算法，适应的范围更广泛。

(5) 普遍温控器具有参数自整定的功能。借助计算机软件技术，温控器具有对控制对象控制参数及特性进行自动整定的功能。有的还具有自学习功能，它能够根据历史经验及控制对象的变化情况，自动调整相关控制参数，以保证控制效果的最优化。

(6) 温度控制系统具有控制精度高、抗干扰力强、鲁棒性好的特点。

结合温度控制器的开展，多年来，许多学者在反响釜的温度控制问题上做了大量的探索并提出一些有效地解决方案。比方：

①Shinsky或weinstein提出反对的双模控制，采用Bang-Bang+PID控制，其大致步骤为；过程开始时，全力加热，直至反响釜温度举起设定值为 t_1 度，然后全力冷却，持续 TD_1 分钟，此后，将夹水套水温设定在某个适宜的中间温度，持续 TD_2 分钟，最后，串级PID控制器控制夹套水温。如果选择参数得当，双模控制是有效的。

②Arthur Jutan与Ashok Uppal提出将反响热作为一种扰动，采用适当的方法估计出来，用前馈控制抵消；余下的局部近似为线性系统，可以用PID控制。

③Barry与Sandro (1989) 采用GMC方法控制反响釜温度，得到了很好的仿真效果，并且进一步考察了操作条件与过程参数变动是被控对象的鲁棒性，发现GMC的鲁棒性明显强于双模控制。

④与D. HUNKELER采用模糊控制与PID混合控制的策略控制间歇放热聚合反响釜的温度，在他们的方法中，模糊控制器的输出用来调整PID控制器的设定值，以补偿反响放热对过程温度造成的扰动；将此方案应用与乳液聚合的实验设备上，发现能明显提高控制性能。

⑤此外还有一些研究者采用预测控制解决这一难题，如Nagy与Agachi S采用非线性预测控制算法控制间歇PVC聚合釜的温度；Xia等采用基于小波神经网络的预测控制算法控制间歇聚丙烯反响器温度；栾志业等采用基于模型分解的预测控制算法也取得了较好的效果

1.1.2 开展前景

几十年来，

化工行业工业自动化技术随着工艺和装备技术的不断开展而开展，从初期简单的手工操作到连续工业及负荷不断加大，对生产稳定性要求越来越高，对控制及自动化水平的要求也越来越高，仪表使用越来越普遍，从简单回路的闭环控制到单元装置的全面自动化，使用的控制工具也从控制单元组合仪表、电动单元组合仪表到DCS的广泛应用；控制水平也从单参数简单控制回路到多变量复杂控制回路，先进控制系统、优化控制系统在各种场合都有成功应用的典范。随着工业规划的进一步开展，快速反响、林杰文泰工艺、能量综合平衡等工艺的开发成功，对自动化提出了更高的要求。另外，剧烈的市场竞争也对自动化提出了新的目标与要求。同时，信息技术对化工行业自动化技术的开展也注入了新的活力。

为适应化工生产的新特点，一些过程控制领域的新技术正在有理论研究转向生产时间，如综合信息处理技术、现场总线控制系统、各种智能控制技术、软计算技术和快速仿真技术、多媒体及时等。过程控制产生的技术工具，由基地是仪表、气动单元式组合式仪表、电动单元组合式仪表 I 型、II 型、III 型，开展到现在的可编程单回路、双回路、三回路调节器和分散综合控制系统（DCS）。当前，传统的DCS正借助于微处理器硬软件和通信网络技术，朝着标准化、开放化和尽量采用市场通用的优良硬、软的方向，逐渐的、相互融合地向开放的DCS开展。如Honeywell的TPS(Total Plant Solution System), 它采用通用的软件将企业的internet网与局部控制网、通用控制网和系统总线连接在一起，配备各种平台、操作站以满足不同层次使用人员的要求。

另外，最近开展起来的现场总线网络控制系统（FCS）也是一种新的开放式的分布式控制系统。它把专用封闭协议变成标准开放协议，是系统有完全是数字计算和数字通信能力：在结构上，采用了全分布式方案，把控制功能彻底下放到现场，提高了系统的灵活性和可靠性：它突破了集散型控制系统DCS中采用专用网络的缺陷。因此对于现场总线的工业控制系统研究具有重大的意义。据报道，美国犹他州盐湖城Flying炼油厂、孟山都化工厂、我国安陵化工厂、吉林油田甲醇厂以采用FCS，取得了明显的经济效益。专家估计，FCS将在石化行业得到广泛的应用。

过程检测控制仪表和控制器也将由现场总线以及由此产生的现场总线智能仪表和控制系统所代替。新一代的检测仪表主要特点是智能化和数字化。这些检测仪表均是以微型计算机为核心，可以实现自动校零、线性化补偿环境因素变化等功能甚至包括模型运算和人工智能的应用。一次检测技术采用超声波、微波、激光等新技术，是自动化控制的精度得到进一步的提升。研制新型的传感器，广泛应用新技术，如核磁共振、激光和相关技术等，使传感器集成化。专用集成电路的广泛应用将促进传感器和执行器沿着多功能和智能化的方向开展，便于形成现场控制回路子系统，还将极大方便仪表的安装调试和维护工作。在硬件条件得到改善后，将目前分散研究的软测量技术、先进控制技术开发成通用的商品化软件包，也是开展方向之一。现有的工业软件包大局部是以多变量控制技术为主，在此根底上进一步采用了神经网络、模糊技术及遗传学算法等软计算技术，开发包括初级数据预处理、数据挖掘、软测量技术的先进控制软件，国内的高校和科研机构先后在一些石化企业的典型装置上通过各种方法实现了软测量和先进控制技术。但是我们也应该看到，国产开发软件在设备上无关性、软件通用性、运行可靠性机界面友好性等几个方面与国外的一些成熟的商业软件包相比还有一定的差距。如何将理论研究的最新成果反开展成工程化、标准化和商品化的软件包，是我国过程自动化的研究重点之一。

在控制理论上，自从美国数学家魏拿在20世纪七十年代中期以后出现的大系统理论和智能控制理论，为石化工业的开展与控制要求的提高，提供了理论根底。智能理论的研究应运而生，也成为当前控制理论的研究热点之一。因此，石化工业的过程控制也由串级、比值、前馈、选择性、均匀控制等简单控制系统开展到解祸、时滞补偿、推断预估、预测、非线性。状态反响、双重、自适性、人工神经网络、模糊、智能等高级控制系统。据setpiont公司统计，在生产过程中采用先进过程控制以取得良好的效果。例如：1994年Gensym公司和Neuralware公司联合将神经网络和优化软件与专家系统联合，用于Star炼油厂的非线性工艺过程，一年内就收回资金，英国帝国化工研究员院（ICI）实时操作优化专家系统在威尔顿石油联合企业应用，并取得实效；日本三菱化学合成公司开发成功了乙烯工程模糊控制系统；美国杜邦公司研究出用于化工聚合中间物生产强度的Pace专家系统。

1.2 选题背景和研究意义

反响釜是化工生产过程中的重要设备，反响过程中伴随有大量的吸、放热现象，具有大滞后、时变、非线性、反响机理复杂等特点。

传统的PID控制是一种基于过程参数的控制法，具有控制原理简单、稳定性好、可靠性高、参数易调整等优点，但其设计依赖于被控对象的精确数学模型，而反应釜因为机理复杂各个参数在系统响应过程中时变，不能建立精确地数学模型，参数调整往往比拟困难，难以解决系统的相对稳定性和快速性的矛盾，因而采取一般的PID控制器无法实现对

反响釜的精确控制。模糊控制是一种基于规那么的控制，在设计中不需要建立被控对象的精确数学模型，鲁棒性强，干扰和参数变化作为输入变量，这种控制器具有模糊比例—微分控制作用，精度不太高、稳态误差较大、自适应能力有限和易产生震荡现象。预测控制是一种优化控制算法，它是通过对某一种性能指标是我最优来确定未来的控制作用的，具有对模型要求低，鲁棒性好。适用于数字计算机控制的优点，但稳定性仍待提高。

本文针对反响釜的温度变化特点，将模糊控制、PID控制与预测控制结合起来，设计处温度控制系统，并根据反响釜装制的特点，采用比例调节阀控制液体流量，增加系统功能并提高响应速度。

第2章 聚合反响釜生产工艺和结构特点

2.1 聚合反响釜工艺简介

聚合反响釜是利用导热介质通过反响釜的夹套来提高釜内物料的温度，通过搅拌机的搅拌使物料均匀、提高导热速度，并使其温度均匀。反响釜内物料的温度常常要求被恒定在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 或更小的范围内。导热介质的选择是根据各厂产品的工艺温度要求确定的，常见的导热介质有热水、过热蒸汽和导热油。温度测量常用热电阻或热电偶及其变送器组成。通入反响釜的导热介质要求保持温度恒定，通过调节流入反响釜夹套的导热介质的流量，来控制反响釜内物料的温度使之符合工艺要求。

2.2 聚合反响釜结构与工艺特点

反响釜是化工生产中常用的反响器，结构示意图见图2-1。反响釜温度控制是通过俩个阀门即加热水阀门和冷水阀门来实现的，通过搅拌机的搅拌使物料均匀、提高到热速度，并使其温度均匀。在升温阶段，翻开加热水阀门，对釜内的蛇管同一家热水，使釜温升高，通过控制阀门开度来控制阀门温度升高的速率，当加热到预定反响温度后就停止加热，反响过程中在夹套中通以冷却水，将反响产生的多余热量移走，控制温度保持恒定。导热介质的选择根据各厂产品的工艺温度要求确定的，常见的导热介质有过热蒸汽和导热油。温度测量常用热电阻或热电偶机器变送器组成。通入反响釜的导热介质要求保持温度恒定，通过调节流入反响釜夹套的导热介质的流量，来控制反响釜内物料的温度符合工艺要求。

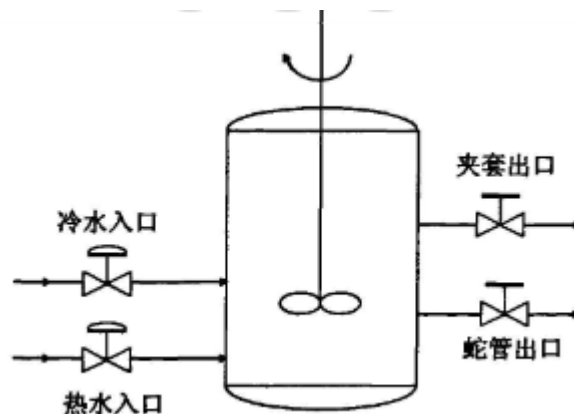


图2-1反响釜结构示意图

按照工艺要求，反响釜的操作流程一般包括以下几个阶段：

- (1) 投料：反响物计量后一批或几批投入反响釜。
- (2) 加热升温阶段：

投料完毕后，向反应釜同热水升温，原料在与催化剂充分混合的根底上，吸收热水提供的热量，当加热到一定值时，放热反响开始。该阶段须在较短的时间内把釜内温度或压力升至开始反响的状态，并且必须保持连续升温升压。

〔3〕反响放热阶段：本阶段开始后，反响过程中伴有强烈的放热效应，并且反响的放热速率与反响温度之间是一种正反响自激的关系。如果不及时移走反响热，将使温度超出正常范围，造成反响不可控制，易引起“爆聚”或产生平安阀跳；如果参加过量的冷水又将使反响激落，甚至造成“僵釜”现象。该阶段控制时，不仅要求釜内温度或压力连续上升，同时又要求不能产生超调。因此，这一阶段是控制的难点，直接影响能否获得高质量的产品。

〔4〕恒温，恒压阶段：这是正常反响阶段，该阶段反响时间长，对控制精度要求较高。因此，恒温段是反响工艺的关键阶段。

〔5〕冷却、回收及放料阶段。

按反响过程的生产环境及其动态特性来分析，反应釜具有以下几条工艺特点：

〔1〕反响一般包括两个过程：一个是有自衡能力的开环稳定的过程〔加热升温阶段和反响初期〕；另一个是无自衡能力的、部可逆的开环不稳定的强放热反响过程〔反响中后期〕。

〔2〕工业用反应釜容量大、釜壁厚，因此是一个热容量大、纯滞后时间长的被控对象。

〔3〕聚合反响具有较大的时变性、不确定性和高度非线性。例如过程增益变化很大，甚至增益变化的方向都不一样的；随着反响的进行，釜内固体颗粒增多，釜的传热系数也会发生变化。

〔4〕外界环境的变化〔如催化剂活性、原料质量、循环水、热水及环境温度变化等〕对系统的干扰很大。

〔5〕难以建立其机理模型。

第3章 相关理论介绍

3.1 预测模糊控制算法的根本原理

模糊控制系统输出的采样值 $y(t)$ ($t=1, 2, \dots, n$) 可看作一个时间序列, 对这个序列总可以找到某个连续函数 $H(t)$, 来精确地刻划出其变化规律, 于是, 系统下一个采样值, 即将来时刻的值可以表示为当前采样值的 Taylor 展开式:

$$y(t+1) = y(t) + \frac{1}{1!} H'(t) \Delta T + \frac{1}{2!} H''(t) \Delta T^2 + \dots \quad (1)$$

其中 ΔT 为采样周期, 以差商代替微商, 那么上式变为

$$e(t+1) = e(t) + \Delta e(t) + \Delta^2 e(t) + \dots \quad (2)$$

对上式只取一阶近似, 记为

$$\hat{e}(t+1) = e(t) + \Delta e(t) \quad (3)$$

称: $\hat{e}(t+1)$ 为 t 时刻对 $(t+1)$ 时刻的误差预报值。

在对模糊控制规则的解析描述式中, 假设取 $a=0.5$, 那么控制规则可写为

$$u(n) = -0.5[e(n) + \Delta e(n)] \quad (4)$$

比拟式(4)与(3), 不难看出, 模糊控制规则中隐含着一一种预报控制的思想
对式(2)取二阶近似, 并引进加权系数可得

$$e(n+1) = \alpha e(n) + \beta \Delta e(n) + \gamma \Delta^2 e(n) \quad (5)$$

其中 α, β, γ 为实数。作变换, $(n-i) \leftrightarrow n$ 并注意到

$\Delta e(n) = e(n) - e(n-1)$, $\Delta^2 e(n) = \Delta e(n) - \Delta e(n-1)$ 那么式(5)可写为

$$[1 - (\alpha + \beta + \gamma)q^{-1} + (\beta + 2\gamma)q^{-2} - \gamma q^{-3}] e(n) = 0 \quad (6)$$

其中 q^{-1} 为单位后移算子, 显然, 上式为一般自回归 (AR) 模型

$$A(q^{-1}) e(n) = 0 \quad (7)$$

的一种特殊形式, 其中

$$A(q^{-1}) = 1 + a_1 q^{-1} + \dots + a_{na} q^{-na} \quad (8)$$

假设再进一步考虑控制量 $u(n-\theta)$ 的作用及有色噪声 $\xi(n)$ 的影响, 那么有更一般的 CARMA 模型

$$A(q^{-1})e(n) = q^{-\theta} B(q^{-1})u(n) + C(q^{-1})\xi(n) \quad (9)$$

式中

$$B(q^{-1}) = b_0 + b_1 q^{-1} + \dots + b_{nb} q^{-nb} \quad (10)$$

$$C(q^{-1}) = c_0 + c_1 q^{-1} + \dots + c_{nc} q^{-nc} \quad (11)$$

可以证明, 按式(9)使预测误差方差为最小的预报值为

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/737120000016006146>