

注塑机料筒温度的模糊神经网络控制研究

孙锡红 苏 兴

(上海理工大学,上海 200093)

摘要 以精密注射成型中的料筒温度控制为研究对象,应用现代人工智能控制理论,将模糊控制和人工神经网络控制二者有机结合,创建了注塑机料筒温度模糊神经网络控制的基本结构及其算法模型;运用 Matlab 软件编写模糊神经网络代码,对3段料筒温度的模糊神经网络控制进行了仿真,获得了比较满意的控制效果。仿真表明,提出的新型控制策略,对于提高精密注塑机料筒的温度控制精度,具有重要的参考价值。

关键词 模糊神经网络 注塑机料筒温度控制 Matlab 仿真

随着 VCD、DVD、MP3 等微电子数字通讯产品的飞速发展,精密注塑件的尺寸精度要求越来越高,由此促进了精密注塑机的研发和制造控制水平的高速发展。笔者以精密注射成型中的料筒温度控制为研究对象(图1),应用现代人工智能控制理论,创建了注塑机料筒温度模糊神经网络控制的基本结构及其算法模型,对其控制结果进行了仿真研究。

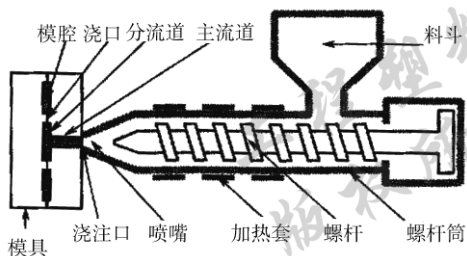


图1 注塑机3段料筒温度与加热套位置

1 模糊神经网络的控制原理

1.1 模糊控制技术

模糊控制技术是一种模糊数学、计算机科学、人工智能、知识工程等多学科交叉、理论性很强的科学技术,实现这种模糊控制技术的理论,即称为“模糊控制理论”。模糊控制系统通常由模糊控制器,输入、输出接口,执行机构,被控对象和测量装置等5部分组成,如图2所示。

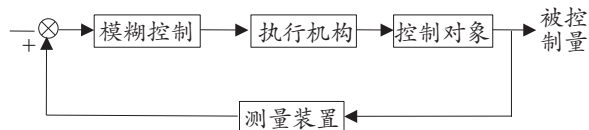


图2 模糊神经网络控制系统组成

(1) 被控对象 可以是确定的或模糊的,单变量或多变量的,有滞后或无滞后的,也可以是线性的或非线性的、定常的或时变的,以及具有很强耦合和干扰等多种情况。更适合于难以建立精确数学模型的复杂对象。

(2) 执行机构 如各类交、直流电动机,伺服电动机等,还可以是气动、液压元件等。

(3) 控制器 由于被控对象的不同,以及对系统的静态、动态特性的要求和所应用的控制规则(或策略)相异,可以构成各种类型的控制器。但在模糊控制理论中,则采用基于模糊知识表示和规则推理的语言型“模糊控制器”,这是模糊控制系统区别于其它自动控制系统的点。

(4) 输入、输出接口 实际系统中,由于多数被控制对象的控制量及可观测状态量是模拟量,因此,模糊控制系统与通常的全数字系统控制或混合控制系统一样,必须具有模糊转换单元,不同的只是在模糊控制系统中,还应该适用于模糊逻辑处理的“模糊化”与“解模糊化”环节,这部分通常也被看作是模糊控制器的输入、输出接口。

(5) 测量装置 它是将被控对象的各种非电量,如电流、温度、压力、速度、浓度等转换为电信号的一类装置。通常由各类数字的模拟测量仪器、检测元件或传感器等构成。它在模糊控制系统中占有重要的地位。

模糊逻辑控制系统中的模糊控制器,主要完成以下三个步骤的任务。

(1) 通过传感器和模数转换器把要监控的物理量转换成精确的数字量,精确量输入模糊逻辑控制器后,首先要转换成模糊集合的隶属函数,这一步骤称为精确量的模糊化。

(2) 根据有经验的专家或者专家的经验制定出模糊控制规则,并进行模糊逻辑推理,这一步骤称为模糊控制规则形成和推理。

(3) 根据模糊逻辑推理得到的输出模糊隶属函

数,用不同的方法找一个具有代表性的精确值作为控制量,称为模糊输出量的反模糊化,其目的是把分布范围概括合并成单点输出值,加到执行器上实现控制。

1.2 神经网络^[1-2]

人工神经网络是对生物神经系统的某种抽象、简化和模拟。神经网络系统揭示了存在于大脑的大规模并行处理及分布表征的特点。因此,具有如下基本特点。

(1) 并行处理性 网络的各单元可以同时进行类似的处理过程,整个网络的信息处理方式是大规模并行的。因此,它能迅速地完成所谓的“百步程序”决策,单个神经网络的系统通常能在 1 s 内即可做出对外界事物的判决和决策。因而能够有较好的耐故障能力和较快的总体处理能力,特别适于实时控制和动态控制。

(2) 可塑性和自适应性 神经元之间的连接具有多样性,各神经元间的连接强度具有可塑性,这使得网络可以通过学习与训练进行自组织,以适应不同信息处理的要求。

(3) 分布储存和容错性 神经网络内存储的信息类似于全息图的信息储存性质,部分信息丢失仍然可以复原信息,因而使网络具有容错性和联想记忆功能。

(4) 层次性 神经网络的信息处理过程是分层逐级进行加工、处理的过程。

(5) 极强的映射能力 单个神经元的输入-输出关系虽然较简单,但多个和多层神经元构成的神经网络,其输入-输出关系常常是复杂的,也就是说神经网络具有极强的映射能力。

(6) 通过训练进行学习 神经网络是通过系统研究过去的记录数据进行训练的。一个经过适当训练的神经网络具有归纳全部数据的能力。因此,神经网络能够解决那些由数学模型或描述规则难以处理的控制过程问题。

著名的控制理论权威 Austrom 曾经指出,模糊逻辑控制、神经网络和专家系统控制是三种典型的智能控制方向。近年来,智能信息处理和智能控制的研究则主要集中在模糊系统、神经网络及二者相结合的模糊神经网络技术方面。特别对于用数学模型难以描述的非线性问题,可采用把经验和知识数字化的模糊处理,把规则、推理变成神经网络映射处理和直接从数据样本中抽取经验规则的模糊神经网络

络技术方法。笔者就采用该方法来提取注塑机料筒温度模糊神经网络控制的基本结构。

2 注塑机料筒温度的模糊神经网络结构

2.1 影响注塑过程中熔体温度的因素

注塑过程中,影响熔体温度的主要因素很多,在众多影响因素中,通常认为电加热器功率和螺杆转速对熔体温度的影响最为重要。料筒以热能(料筒外部电加热)和供给料筒中物料的机械功(电动机驱动螺杆)使物料升温、塑化而达到工艺操作所要求的温度。同时又使它克服在工作过程中所遇到的各种阻力(如摩擦阻力、粘性阻力等)而向模具内注塑形成制品。其热量平衡关系见式(1)。

$$[q_1 + q_2] - [q_3 + q_4] = [q_5] \quad (1)$$

式中: q_1 ——外加热供给热量;

q_2 ——熔体的耗散生热;

q_3 ——熔体带走的热量;

q_4 ——注塑机在空气中的损失热;

q_5 ——系统中由于熔融和升温带来的存储热。

由上述热平衡关系同时可以看出,当螺杆转速、注射速率变化,熔体耗散和带走的热量也随之变化,整个注塑机的热传递状态发生改变。这时若想使熔体的温度保持原值,就需调节外加热器达到热平衡。而熔体温度的变化,又影响到熔体的粘度,从而使注塑量偏离给定值。这些因素之间的耦合现象是相当严重的。

通过对注塑机注塑过程机理和实验数据分析可以知道,注塑机的温度控制对象不仅与环境温度、螺杆转速、注塑压力及注射温度有关,而且料筒的各加热段之间特别是相邻段之间还存在严重的相互耦合关系。通常使用的注塑机温度控制方式如简单的开关控制、传统 PID 控制、基于 Smith 预估器 Dahilin 算法的滞后补偿控制,都是把注塑机的温度控制对象看成各个独立的、控制模型结构和参数不变的单输入单输出系统,并没有将各个通道之间的温度相互影响及由于散热、螺杆转速变化、加热电压波动等外界干扰因素的影响考虑进去。自适应 PID 控制虽然有自动调整控制参数的功能,但当某种原因而导致控制模型结果有大的变化时,也不能获得满意的控制效果。因此,为了实现注塑机温度的高精度控制,就不能把注塑机控制对象当成简单的结构和参数的单输入单输出系统,它们是参数和结构时刻在变化的控制对象,所以在设计控制系统时,必须选择能消除这些干扰因素的控制方案。

2.2 注塑机料筒温度的传递函数矩阵和神经网络模型

注塑机料筒加热系统属于多输入多输出多变量系统,为了便于讨论方便,首先用传统的方法建立料筒温度系统的模型。

以3段加热区域的注塑机料筒温度系统为例求取系统的连续传递函数模型,为求取各回路的传递函数及回路间的耦合关系,实测时在其中一路输入端加阶跃电压信号,而其它两端的加热电压为零,同时记录3个回路的温度变化曲线,然后在另一路上加电压再测。依次测得3组9条曲线,利用飞升曲线法,以一阶惯性加纯滞后环节来拟合各路传递函数,求得传递函数矩阵近似如下:

$$G(s) = \begin{bmatrix} \frac{1.796e^{-s}}{72.3s+1} & \frac{1.012e^{-2s}}{133.7s+1} & \frac{0.396e^{-3s}}{171.3s+1} \\ \frac{1.087e^{-2s}}{134.6s+1} & \frac{1.499e^{-s}}{88.1s+1} & \frac{0.654e^{-2s}}{88.1s+1} \\ \frac{0.627e^{-3s}}{140.7s+1} & \frac{0.9e^{-2s}}{132.7s+1} & \frac{1.015e^{-s}}{65.6s+1} \end{bmatrix} \quad (2)$$

3段料筒温度的耦合关系如图3所示。 $G(s)$ 也是近似的矩阵,要得到一个准确的数学模型十分困难,必须寻找一种能够 and 料筒温度模型更相近的数学模型,运用神经网络来建立一种更能体现料筒温度的数学模型。

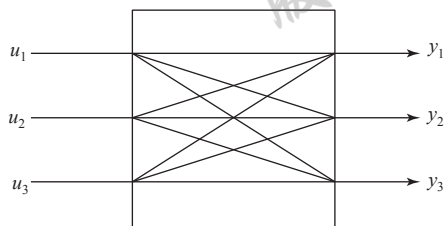


图3 3段料筒温度之间耦合关系

2.3 3段料筒温度之间的模糊神经网络模型

神经网络为这种难以建立准确数学模型的对象提供一种新的方法,它不需要输入和输出的数据,经过训练就可以建立起对象的数学模型,在过程中也可以不断地改变权值,使网络更加接近对象的实际模型,针对此3段料筒温度控制系统,设计3输入3输出的神经网络,如图4所示。中间的隐含层根据经验取20个节点,输入3组数据,每组51个点,即把350℃以正弦分布分成51个点,这样在输出端可以得到3组数据,每组51个点运用最普遍的BP神经网络进行训练,运用 trimlm(Levenberg-Marquardt) 函数进行训练,训练286次,最后得到训练符合精度的网络(图5)。然后取出此网络的权重和阈值,组

成一个网络,就得到模糊神经网络数学模型。

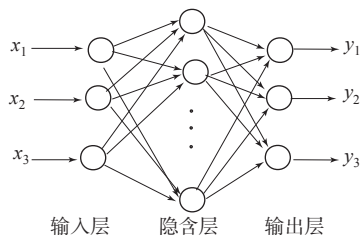


图4 3段料筒温度之间的模糊神经网络

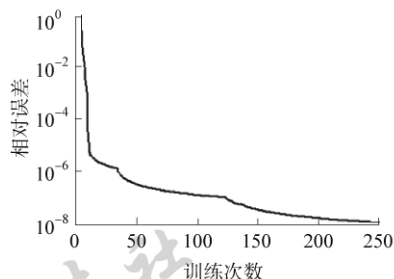
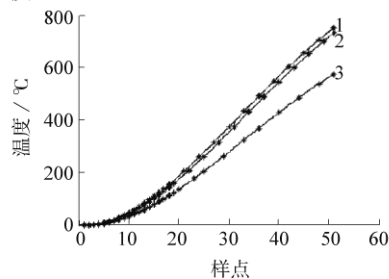


图5 相对误差随训练次数变化曲线

3 料筒温度模糊神经网络控制的仿真

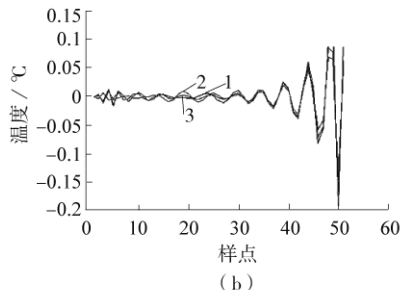
3.1 料筒温度模糊神经网络控制的 Matlab 编程与仿真

图6所示为注塑机3段料筒温度仿真结果。由图6可以看出,神经网络能很好地仿真实际的温度,在320~350℃的情况下,误差在0.15℃以内,表明设计的神经网络能很好地反映注塑机料筒温度的实际数学模型。



•—温度仿真值; —温度实测值

(a)



(b)

1、2、3—分别为第1、2、3段料筒温度

a—注塑机3段料筒温度仿真结果;

b—注塑机3段料筒温度实测值和仿真值间的误差

图6 注塑机3段料筒温度仿真结果及实测值和仿真值间的误差

3.2 料筒温度模糊神经网络控制中激活函数的选用

连接控制结构的基本处理单元与神经生理学类比称为神经元。每个构造起网络的神经元模型模拟一个生物神经元, 图 7 示出一个具有 r 个输入分量的人工神经元。其中输入分量 $P_j (j = 1, 2, 3, \dots, r)$ 相连, 激活函数的另一个输入是神经元的偏差 b 。

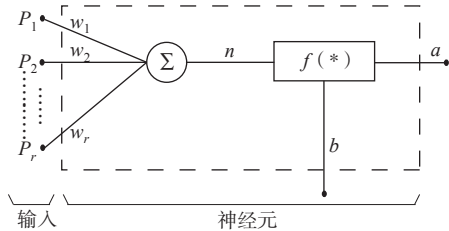


图 7 人工神经元模型

作为神经网络基本单元的神经元模型, 它有 3 个基本要素。

(1) 一组连接权, 对应于生物神经元的突触, 连接强度由各连接上的权值表示, 权值为正表示激励, 为负表示抑制。

(2) 一个求和单元, 用于求取各输入信息的加权。

(3) 一个非线性激励函数, 起非线性映射作用并限制神经元输出幅度在一定的范围之内{一般限制在 $[0, 1]$ 或 $[-1, 1]$ 之间}。

神经元是人工神经网络的基本处理单元, 它一般是一个多输入单输出的非线性元件。神经元输出除受输入信号影响外, 同时也受到神经元内部其它因素的影响, 所以在人工神经元的建模中, 常常还加有一个额外的输入信号, 称为偏差, 有时也称为阈值或门限值。

权值 W_j 和输入分量 P_j 的矩阵形式可以由 W 和 P 的列矢量来表示:

$$W = [w_1, w_2, w_3 \cdots w_r] \tag{3}$$

$$P = [p_1, p_2, p_3 \cdots p_r] \tag{4}$$

神经元模型的输出矢量 A 可以表示为:

$$A = f(W^* P + b) = f \sum_{j=1}^r w_j p_j + b \tag{5}$$

由式(5)可以看出, 偏差 b 被简单地加在 $W^* P$ 上作为激活函数的一个分量, 实际上偏差也是一个权值, 只是它具有固定常数为 1 的输入。在网络的设计中, 偏差起着重要的作用, 它使得激活函数的图形可以左右移动而增加了解决问题的可能性。

激活函数是一个神经元及网络的核心。网络解决问题的能力与功效除了与网络结构有关, 在很大程度上取决于网络所采用的激活函数。

常用的激活函数有阈值型(硬限制型)、线性型、S 型。笔者采用 S 型激活函数。S 型激活函数将任意输入值压缩到 $[0, 1]$ 的范围内, 此种激活函数常用对数或双曲正切等一类 S 形状的曲线来表示, 对数 S 型激活函数关系为:

$$f = \frac{1}{1 + \exp[-(n + b)]} \tag{6}$$

双曲正切 S 型曲线的输入/输出函数关系为:

$$f = \frac{1 - \exp[-2(n + b)]}{1 + \exp[-2(n + b)]} \tag{7}$$

4 结语

目前螺杆式注塑机料筒的温度控制大多采用 PID 控制, 控制精度在 $\pm 2^\circ\text{C}$ 。笔者将模糊控制和人工神经网络控制二者有机结合, 创建了注塑机料筒温度模糊神经网络控制的基本结构及其算法模型; 运用 Matlab 软件编写模糊神经网络代码, 对 3 段料筒温度的模糊神经网络控制进行了仿真, 获得了比较满意的控制效果。仿真表明, 提出的料筒温度模糊神经网络模型可以使控制精度达到 $\pm 0.15^\circ\text{C}$; 对于精密注射和超精密注射的料筒温度控制有重要的参考价值。

参考文献

[1] 朱金辉. 注射过程中的制品质量控制智能系统的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2002.
[2] 傅南红, 张建国, 高世权. 环保式伺服电动注塑机控制技术研究[J]. 塑料工业, 2002, 30(2): 34 - 36.

THE CONTROL RESEARCH OF THE FUSSY NERVES NETWORK ON THE BARREL TEMPERATURE OF THE INJECTION MACHINE

Sun Xihong, Su Xing

(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

ABSTRACT Taking the barrel temperature controlling as the research object in the precision injection molding, applying the modern artificial intelligence control theory, organically combining the fussy control with the artificial nerves network control, the basic structure and the arithmetic module of the temperature fussy nerves network controlling of the injection machine barrel was created. The code of the fussy nerves network was programmed by using the matlab software and the three stages temperatures controlling of the fussy

nerves network controlling of the injection machine barrel was simulated. Satisfied controlling results was obtained. The simulation results showed that the new controlling strategy was of the import reference value for enhancing the barrel temperature controlling precision of the precision injection molding.

KEYWORDS fussy nerves network, barrel temperature controlling of the injection machine, matlab, simulation

需求衰退冲击聚碳酸酯和尼龙工厂开工率

需求的衰退很可能将使全球聚碳酸酯(PC)和尼龙(PA)开工率在近期保持在90%左右的水平。总部位于美国得州休斯顿的咨询公司ChemicalMarketAssociatesInc.的全球工程树脂总监AdrianBeale预测说,到2012年,多余的PC产能——包括SaudiKayam公司将在2011年投产的一座25.9万t产能的大规模石化设施——将使全球开工率降至70%的水平,而PA纤维将在聚酯纤维的竞争下继续衰退。

CD和DVD需求的衰退对全球PC行业造成了重击。此前光学媒体是PC最大的终端市场。Beale说,随着人们更多地通过下载来观看电影和收听音乐,很快光学媒体将不再是PC最大的应用市场了。他说,虽然蓝光DVD技术的问世可能带来些许帮助,但从总体上看,“只会使PC需求更有序地下降。”

消费者对奶瓶中双酚A含量和其它种类包装的关注也将对该领域的PC需求产生影响。PC的潜在增长可能来自于汽车零部件及片材和薄膜应用。Beale估计,2008年的全球PC产能约为331万t。PC市场“将需要找到一个重要的新应用”。Beale认为汽车窗玻璃就是不错的选择,尽管在这一应用上可能需要对PC的性能做一些改进。

至于PA方面,Beale说,由于面临着聚酯发起的竞争,PA纤维市场将继续衰退。在全球每年227万t的PA树脂产量中,约有60%被纤维行业使用。剩余40%的PA用于工程塑料用途,而这一领域受到汽车市场萧条的影响,也处于衰退中。因此,预计从现在起到2013年,全球的PA66树脂开工率将保持在80%左右,而PA6树脂的开工率将略低于这一水平。

Beale说,较小型的高能效汽车可能为PA带来新的机遇。这类汽车的零部件较小,因此需要更耐热的材料。而且,随着里程数目标的提升,人们越来越关注减重和金属替换问题,这也对提升PA需求有所帮助。他说:“今后,推动PA材料市场发展的将是工程树脂,而不是纤维。”(慧聪网)

英公司开发出研磨煤灰中提炼塑料填充料新技术

RockTronEngineers公司开发出从燃煤发电厂产生的灰渣中提炼高性能填充料的一种新型再加工技术。

这家英国公司由一群私人及商业投资者斥资3500万英镑(3.987亿元人民币)建成,并由英国电站运营商Scottis-handSouthernEnergy公司持有多数股份,正在位于英格兰西北部Widnes的FiddlersFerry电站旁运营其首个商用规模的再加工装置。该装置每小时可处理200t研磨煤灰(PFA)废弃物并从中提炼出各种产品,包括玻璃微珠(铝硅酸盐空心玻璃微珠)、实心铝硅酸盐微珠、碳和磁石。这些再生产品已

被大量应用,比如将碳作为燃料,其它材料则作为水泥生产中的低成本填充料。现在,该公司有意将其中部分材料作为高性能填充料推向市场。

RockTron高性能产品的业务开发总监GodfreyShort透露说,贝尔法斯特女王大学高分子加工中心对尼龙(PA)66和聚对苯二甲酸丁二酯(PBT)复合料进行的测试显示,Rock-TronMinTron微珠在流变性、张力与弯曲弹性模量、断裂伸长率和抗冲性能上丝毫不亚于同类的商用产品。在这些初步实验中使用的是一种市售的偶联剂,据Short预期,如果改用性能优化的偶联剂,实验结果会更好。

Fiddler'sField电站目前采用的技术将微珠分为两种尺寸:一种为7 μm ,也是最适合塑料应用的规格,另一种为70 μm 。鉴于欧洲填充料市场每年对热塑性塑料的需求总量约为150万t,加上RockTron在成本上远远优于现有产品,Short相信,RockTron很有机会取代现有填充料,并针对现有微珠填充料成本过高的缺点开拓新应用。他说:“这可能将成为一种突破性的技术。”(中聚网)

巴斯夫推出更耐用发泡聚乙烯垫

巴斯夫推出一种更耐用的发泡聚乙烯(PE)运动垫,命名为Neopolen E。由于这种轻质泡沫垫即使在大量使用后也能保持良好的回弹性和最佳的能量吸收性能,因此可以用作体操垫的核心材料。这种轻质体操垫首先应用于学校运动会的自由体操项目。

Neopolen E是一种孔洞闭合、粒子间发生物理交联的发泡PE材料,这就意味着分子间的结合几率比无交联材料高很多。正是因为这种出色的孔洞结构,以Neopolen E为核心材料制成的垫子更稳定而且形状保持更长久。放置后能吸收能量并更快的恢复到原有形状。而其它用未交联PE为核心材料制成的运动垫却不具有Neopolen E如此优越的回弹性,它们在使用后很容易变形。巴斯夫材料始终如一的高缓冲性能还可以降低运动员的受伤几率,因为体操运动员完成动作后可以更稳更扎实的站定。Neopolen E的弹性和挠性能够在-70~85 $^{\circ}\text{C}$ 之间大范围保持。

巴斯夫提供的Neopolen E运动垫型号大约是2m $\times$ 1m、厚度在40~120mm之间。体操垫的质量约为4kg,为传统的聚氨酯运动垫的1/4。

Neopolen E泡沫材料具有优越的缓冲性能、良好的回弹性及高弹性。这些性能使Neopolen E成为包装、汽车制造及运动休闲设施的理想材料。它还具有一定的水吸收性、长久的使用寿命和很好的耐热性、耐化学药品性,可以用作诸如建筑业中长距离加热管的补偿器。这种泡沫材料不含氟氯碳和氟氯烷,可以多种方式回收。(慧聪网)