

基于RBF神经网络塑料成型生产线温度控制系统研究

周奎

(江苏电子信息职业学院, 江苏 淮安 223003)

摘要: 基于RBF神经网络的生产线控制方案, 采用Matlab搭建实验仿真平台对温度控制系统进行实验设计, 并对控制系统进行验证分析。仿真结果表明: 基于RBF神经网络塑料成型生产线温度控制系统具有较好的抗干扰性、稳定性, 控制系统能够有效满足于控制需求, 在塑料成型生产线温度控制中, 恒定性和鲁棒性控制效果良好。基于RBF神经网络塑料成型生产线温度控制系统能更大程度上提高系统智能化水平与温度控制精度, 提升产品质量。

关键词: RBF神经网络; 塑料成型生产线; 温度控制

中图分类号: TP183; TQ320.52

文献标识码: A

文章编号: 1005-3360(2021)03-0092-03

DOI: 10.15925/j.cnki.issn1005-3360.2021.03.022

Temperature Control System of Plastic Molding Production Line Based on RBF Neural Network

ZHOU Kui

(Jiangsu Vocational College of Electronics and Information, Huai'an 223003, China)

Abstract: Based on the production line control plan of radial basis function(RBF) neural network, Matlab is used to build an experimental simulation platform for the experimental design of the temperature control system, and at the same time for the verification and analysis of the control system. The simulation results show that the temperature control system of the plastic molding production line based on RBF neural network has good anti-interference and stability, and the control system can effectively meet the control requirements. In the temperature control of the plastic molding production line, the constancy and robustness control effect is better. The temperature control system of plastic molding production line based on RBF neural network can improve the system's intelligence level and temperature control accuracy to a greater extent, and improve product quality.

Key words: RBF neural network; Plastic molding production line; Temperature control

塑料成型加工是生产各种塑料产品的重要工艺环节, 温度控制在塑料制品的质量中占据重要作用^[1]。传统的控制策略过于依赖人工经验进行控制参数调节, 模型的控制精度低, 控制效果不理想, 无法很好地满足高精度控温要求, 为进一步提升系统控制精度, 提升注塑产品质量, 本实验基于径向基函数(RBF)神经网络塑料成型生产线温度控制系统进行研究, 进一步提升塑料产业的智能化水平。

1 塑料成型工艺概述

对于塑料成型生产, 当前应用较为广泛的是螺杆挤出设备。在挤出机的生产作用下, 根据特定的生产口型挤出熔融状态的塑料, 形成塑料半成品, 通过延压机的延压操作, 在工业水冷条件下实现定长裁剪, 实现半成品的加工, 完成技术成型的工艺过程。

塑料成型的温度控制部分主要由料筒温度和胶料温度组成, 胶料的内在塑化效果受料筒温度影响, 塑料成型过程中若料筒温度过高, 会导致胶料焦化和起泡^[2]。国内外大多数厂商采用的温控系统一般包含闭路水循环系统和电控系统。水循环系统由一路热水和一路冷水组成, 在料筒外部流道流动。电控系统由电加热器以及换热器组成, 电加热器将水加热到设定温度, 冷却水经过换热器进行热量转换。通过热传导控制启动时模具部分的预热, 保持塑化过程的温度恒定^[3]。

塑料生产过程中塑料温度的精准控制十分必要^[4]。挤出成型过程中温度过低则塑料成型困难; 若控制温度过高, 塑料容易降解, 严重的情况产生焦烧。挤出成型过程中, 静液压设备功率、胶料挤出产生的阻力、机筒电加热器功率、冷却水温度指标等都会对温度控制产生影响。

2 塑料成型温度控制策略

随着工艺的升级与进步, 对于温度控制精度提出了新

收稿日期: 2020-05-18

联系人, zhokui—hcit@126.com

的要求,采用模糊控制器难以实现对于注射温度的精准控制。塑料在塑化过程中,温度受注射压力变化,保压时间调整,材料塑化程度等因素影响难以取得较为良好的温度控制效果。熔料温度的获取可以通过在喷嘴部分安装温度传感器实现对于熔体温度的测量。温度控制的精准程度对注塑产品的质量有较大的影响。

温度控制是塑料生产制造的关键环节。加工生产的乙基纤维素、聚氯乙烯、磷酸三氯乙酯等,在其生产过程中都需要有较为精准的温度控制,同时全自动注射机生产过程中对温度有着严格的控制要求^[5],传统的温度控制方法通常运用前馈-反馈控制思路进行温度控制系统的构建。图1为反馈-前馈控制系统结构图。

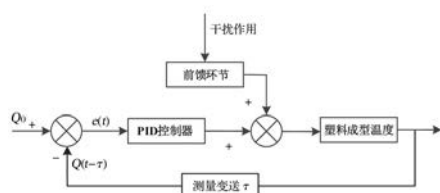


图1 前馈-反馈温度控制原理图

Fig.1 Feedforward-feedback temperature control principle diagram

实际控制的过程中采用前馈环节与反馈环节相结合进行控制。前馈控制效果需要依据挤出机较为精准的数学模型,由于建立的数学模型计算值与真实值一定程度上存在着误差,通常采用PID控制进行调节。前馈环节越精准,系统误差越小,PID控制的初始环境越佳,控制效果越好^[6]。但对于塑料成型过程的温度控制系统,由于其控制系统的复杂性,且为实现高控制精度和效果的要求,使用常规控制器已经不容易产生优良的控制效果^[7]。

实际生产过程中,某些干扰占据主要因素易于测量,对于可测量占主要部分的干扰,可以通过预测干扰法进行控制,其他不可测干扰虽然不构成主要影响因素,但仍影响系统性能。传统控制方案可以在一定程度上完成挤出机系统的控制,但依赖于较为精确的前馈环节,对于外来干扰较为严重的工作环境很难保证控制品质^[8]。

3 RBF神经网络

RBF神经网络具有良好的非线性映射能力和泛化作用,能在粗糙集和精度目标下实现对于非线性函数的逼近操作^[9]。径向基隐含层节点可直接将输入矢量映射到隐含层空间中,有效处理线性不可分问题。神经网络参数确定后,非线性映射关系进而得到确定,从输入层空间到输出层空间的变换是线性的,网络输出为隐含层节点输出的线性加权之和。

RBF网络权值可以借助线性优化算法进行优化计算,常用的优化算法主要有LMS算法、RLS算法,网络权值优化主要为了避免局部最小值问题。RBF神经网络是一种三层前向网络,RBF神经网络不同于多层感知器,图2为其神经元结构。图3为RBF神经网络典型结构。其中, R_j

(x)为径向基函数, $j=1,2,\dots,m$ 。

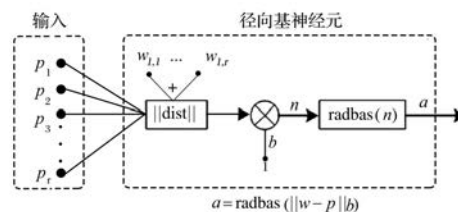


图2 RBF神经元的神经元结构图

Fig.2 Neuron structure diagram of RBF neural network

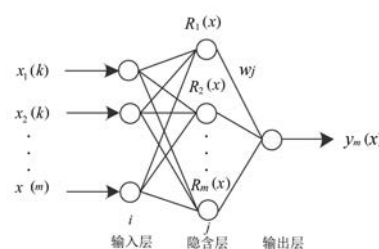


图3 RBF神经网络原理图

Fig.3 Schematic diagram of RBF neural network

网络的输入层 x 为:

$$x = [y(k-1), \dots, y(k-n_y); u(k-d), \dots, u(k-n_u)]^T \quad (1)$$

隐含层的激励函数采用高斯基函数:

$$R_j = \exp\left(-\frac{\|x - c_j\|^2}{2b_j^2}\right), j=1,2,\dots,m \quad (2)$$

式(2)中: c_j 为第 j 个基函数的中心点, $c_j=[c_{j1}, c_{j2}, \dots, c_{jn}]^T$; b_j 为自由选择的参数; m 为隐含层节点个数。

对激励函数求偏导可得:

$$\begin{aligned} \frac{\partial R_j(x)}{\partial b_j} &= \exp\left(-\frac{\|x - c_j\|^2}{2b_j^2}\right) \frac{\|x - c_j\|^2}{b_j^3} = R_j(x) \frac{\|x - c_j\|^2}{b_j^3} \\ \frac{\partial R_j(x)}{\partial c_{ji}} &= \exp\left(-\frac{\|x - c_j\|^2}{2b_j^2}\right) \frac{\|x - c_{ji}\|}{b_j^2} = R_j(x) \frac{\|x - c_{ji}\|}{b_j^2} \end{aligned} \quad (3)$$

自适应控制算法为:

$$\Delta u(k) = K_p(k-1)x_{c1}(k) + K_i(k-1)x_{c2}(k) + K_d(k-1)x_{c3}(k) \quad (4)$$

式(4)中: K_p, K_i, K_d 为PID的调节参数,且:

$$\begin{cases} e_c(k) = r(k) - y(k) \\ x_{c1}(k) = e_c(k) - e_c(k-1) \\ x_{c2}(k) = e_c(k) \\ x_{c3}(k) = e_c(k) - 2e_c(k-1) + e_c(k-2) \end{cases} \quad (5)$$

控制率可以表示为:

$$u(k) = u(k-1) + \Delta u(k) \quad (6)$$

定义性能指标函数为:

$$E_c(k) = \frac{1}{2} e_c^2(k) = \frac{1}{2} [y(k) - r(k)]^2 \quad (7)$$

采用梯度下降法调整PID参数为:

$$\begin{aligned} \Delta K_p(k) &= -\eta_c \frac{\partial E_c(k)}{\partial K_p(k-1)} = -\eta_c \frac{\partial E_c(k)}{\partial y(k)} \frac{\partial y(k)}{\partial u(k)} \frac{\partial u(k)}{\partial K_p(k-1)} = \\ &= \eta_c e_c(k) \frac{\partial y(k)}{\partial u(k)} x_{c1}(k) \end{aligned} \quad (8)$$

$$\Delta K_i(k) = -\eta_c \frac{\partial E_c(k)}{\partial K_i(k-1)} = -\eta_c \frac{\partial E_c(k)}{\partial y(k)} \frac{\partial y(k)}{\partial u(k)} \frac{\partial u(k)}{\partial K_i(k-1)} = \eta_c e_c(k) \frac{\partial y(k)}{\partial u(k)} x_{c2}(k) \quad (9)$$

$$\Delta K_d(k) = -\eta_c \frac{\partial E_c(k)}{\partial K_d(k-1)} = -\eta_c \frac{\partial E_c(k)}{\partial y(k)} \frac{\partial y(k)}{\partial u(k)} \frac{\partial u(k)}{\partial K_d(k-1)} = \eta_c e_c(k) \frac{\partial y(k)}{\partial u(k)} x_{c3}(k) \quad (10)$$

4 基于RBF神经网络塑料成型生产线温度控制设计

基于MATLAB仿真平台搭建控制系统,进行塑料成型生产中温度控制系统的验证分析。参考塑料加热器的控制系统模型,进行温度模型的构建设计,采用M文件编写RBF神经网络控制器,结合式(5)~(10)实现对于温度控制系统的构建。图4为系统仿真模型。

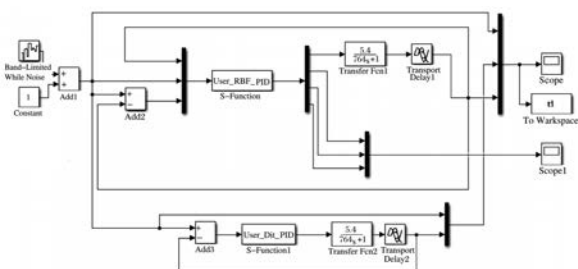


图4 系统仿真模型

Fig.4 System simulation model

在进行仿真实验的过程中,加入随机噪声信号对于外来扰动进行仿真模拟。图5为系统仿真结果。

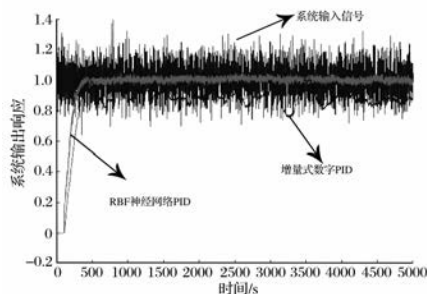


图5 温度控制仿真

Fig.5 Temperature control simulation

从图5可以看出,基于RBF神经网络具有较好的抗干扰性能,自适应环节有效完成了系统控制参数的自动订正,对于塑料温度控制,给定阶跃信号以及随机噪声信号,系统得以迅速响应,在系统上升时间内,塑料温度有小范围的波动,但迅速恢复到稳定状态。传统控制策略在随机噪声频率过高的情况下,系数输出出现大范围波动,控制效果不佳,可见基于RBF神经网络具有良好的控制效果。

为更好地验证控制器的性能,进行了塑料成型环节塑料成型机的温度控制仿真测试。图6为控制器仿真测试对比试验(模拟扰动环境)。从图6可以看出,基于RBF神经网络的温度系统上升时间较短,系统对于外来扰动能够迅速恢复,可以较好地实现温度控制。采用基于RBF神经网络塑料成型生产线温度控制方案在作用时间、上升时

间、峰值时间、稳定时间以及超调量方面的动态性能明显要优于传统PID控制方法,本实验的温度控制方法能更好地应对被控过程的大惯性、大时滞及外部干扰等特性且具有良好的动态性能。系统存在外部干扰的情况下,控制方法在温度控制系统的鲁棒性、跟踪性及抗干扰性上各动态性能指标上更优,且在结构设计以及实现上更容易让工程人员操作,具有一定的工程实用价值。

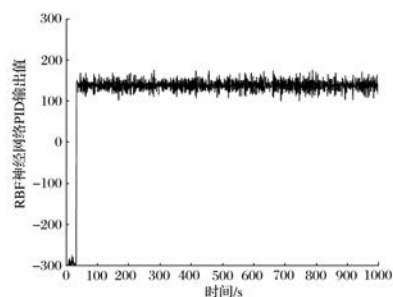


图6 控制器仿真测试对比试验

Fig.6 Controller simulation test comparison test

5 结论

针对塑料成型生产线温度控制系统具有非线性、时变性以及大时滞问题,选取料筒温度作为被控对象,采取前馈-反馈、RBF神经网络控制策略,对全自动注射机温度控制系统分别设计了基于前馈-反馈、基于RBF神经网络的控制器,并在Matlab软件上进行了仿真实验。对比分析结果可知,本实验的温度控制方法能更好地应对被控过程的大惯性、大时滞及外部干扰等特性,具有良好的动态性能。系统存在外部干扰的情况下,控制方法在温度控制系统的鲁棒性、跟踪性及抗干扰性上各动态性能指标上更优,基于RBF神经网络温度控制方案对于系统强扰动环境下,能够迅速寻找到最优控制参数,具有良好的控制效果。

参考文献

- [1] 李村. 注塑机料筒温度控制设计与研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2011.
- [2] 汤霖晓, 朱茂桃, 吴蕾. 基于Moldflow和代理模型的注塑工艺参数优化[J]. 塑料科技, 2019, 47(6): 99-103.
- [3] 陈明霞, 张寒, 郑谊峰. 基于RBF神经网络的自动包装机温度控制算法研究[J]. 包装工程, 2018, 39(19): 150-156.
- [4] 韩会山, 程德芳, 赵胜. 基于NFOA-RBF神经网络的食用盐包装封口温度控制系统[J]. 包装工程, 2020, 41(21): 239-243.
- [5] 雷翔霄, 唐春霞, 徐立娟. 基于RBF-PID的热回流焊温度控制[J]. 邵阳学院学报: 自然科学版, 2020, 17(4): 31-38.
- [6] 张雯, 王耀弘, 周中木. 一种基于RBF神经网络的温度控制系统设计[J]. 中国计量, 2020(5): 88-90.
- [7] 周信. 基于模糊RBF神经网络PID的加热炉温度控制系统设计[D]. 鞍山: 辽宁科技大学, 2020.
- [8] 季鹏, 刘继亭, 张懿, 等. 基于RBF神经网络的船舶电站PID控制器研究[J]. 重庆理工大学学报: 自然科学版, 2020, 34(2): 203-209.
- [9] 张子蒙, 章家岩, 冯旭刚. 基于RBF神经网络整定的热风炉温控系统设计[J]. 河北科技大学学报, 2019, 40(6): 503-511.