

注塑机料筒多段温度控制系统的设计与研究

李明辉¹, 张孝杰²

(1.西京学院, 西安 710021; 2.濮阳市自来水公司, 濮阳 457000)

摘要: 目的 提高注塑机料筒温度控制的精度和稳定性, 解决注塑机多段温度控制系统存在的非线性、强耦合、时变性问题。方法 通过分析注塑机的结构及工作原理, 利用基于神经网络的静态解耦策略, 将相互耦合的回路解耦成单回路系统, 并采用粒子群算法优化模糊 PID 的量化因子。结果 仿真及测试表明, 各料筒温度响应较迅速, 料筒温度超调小, 稳态控制误差小, 能够获得良好的控制效果。结论 通过仿真显示, 该控制策略能够克服料筒各段之间的耦合影响, 适应性强, 稳定性好, 有一定的抗干扰能力, 使注塑机的温度控制效果得到明显改善, 具有一定的实用价值。

关键词: 料筒温度; 静态解耦; 自适应控制

中图分类号: TB486; TP273+.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2017)19-0179-06

Research and Design of the Multi-stage Temperature Control System of the Injection Molding Machine Barrel

LI Ming-hui¹, ZHANG Xiao-jie²

(1.Xijing University, Xi'an 710021, China; 2.Tap Water Company of Puyang City, Puyang 457000, China)

ABSTRACT: The work aims to improve the accuracy and stability of the temperature control of the injection molding machine barrel, and solve such problems as nonlinearity, strong coupling and time variation in the multi-stage temperature control system of the injection molding machine. By analyzing the structure and working principle of the injection molding machine, the intercoupled circuits were decoupled as a single-circuit system with the static decoupling strategy based on the neural network; and the quantization factor of fuzzy PID was optimized by particle swarm optimization. The simulation and test showed that, the temperature response of each barrel was relatively fast, the barrel temperature overshoot was small, and the homeostatic control error was small, so that good control effects could be achieved. The simulation shows that, the proposed control strategy can overcome the coupling effects occurring between sections of the barrel. With strong adaptation, good stability and certain capacity of resisting disturbance, the temperature control effects of the injection modeling machine can be significantly improved, which has certain practical value.

KEY WORDS: barrel temperature; static decoupling; adaptive control

塑料包装是包装业中重要的生产材料, 由于其可塑性好、质量轻、成本低、可重复利用率高等特点, 在食品、工业、医药、化妆品等领域中广泛应用。注塑机是实现塑料成型的机电设备, 在塑料成型方面有着良好的适应性和较高的生产效率, 能方便地对具有复杂外形、高精确尺寸、有镶嵌材料的塑料制品进行一次成型, 是塑料加工业中主要生产设各之一^[1]。我国的注塑机事业还处在发展阶段, 国内研发的包装制品注塑机于国际上同类产品相比, 存在成型速率低,

没有明显的竞争优势等问题, 其整体技术水平明显落后于欧、美、日等工业发达国家^[2-3]。注塑机在注射成型过程中, 料筒的温度是一个重要控制指标, 使其料筒温度在一定的时间内达到稳定值并且具有较小的波动, 从而提高产品成型质量, 因此注塑机料筒温度控制直接成为影响产品质量的关键技术^[4]。

传统的 PID 控制因算法简单、性能可靠, 被广泛应用于工业控制中。注塑机料筒温度控制一般采用多个单回路调节器控制, 其料筒各段温度相互影响, 存

收稿日期: 2017-03-27

作者简介: 李明辉 (1972—), 男, 博士, 西京学院教授、硕导, 主要研究方向为智能检测与控制。

在着时变性、非线性、强耦合等特点,难以建立精确的数学模型^[5]。传统的PID控制器往往需要操作人员反复调节各参数,存在着反复整定、自适应差等缺点,很难达到理想的温度控制效果^[6-7]。目前,对于改进型的控制方法如自适应模糊控制算法、自整定PID控制方法等,虽然提高了料筒温度控制的自适应性,但对于料筒温度的非线性、强耦合、时变性等问题并没有得到很好解决^[8-9],因此,文中采用基于神经网络的静态解耦和粒子群优化模糊PID的控制策略,在克服了料筒温度具有非线性、强耦合、时变性等问题的情况下,对料筒温度进行自适应控制,仿真及测试表明,该控制策略减小了系统超调量,提高了稳态精度,具有一定的抗干扰能力,使注塑机的温度控制效果得到明显改善,具有一定实用价值。

1 注塑机的结构组成及其工作原理

注塑机的塑化装置由加热器、料筒、喷嘴、模具、油缸、料斗等组成,见图1^[10]。注塑机料筒温度控制精度的好坏直接影响塑料制品的质量,是保证塑料制品质量的重要因素,根据聚合物在料筒中的塑化机理,可分为3段加热环节:固体输送段、压缩段和计量段。料筒温度加热一般采用筒外壁的3组电热丝,由3个单回路控制器分别调节各个电热丝的供电电压,从而控制料筒各个阶段的温度,料筒加热系统见图2^[11]。

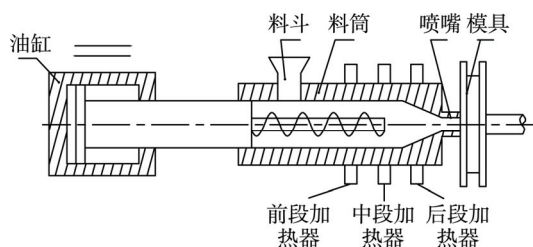


图1 注塑机加热系统

Fig.1 Heating system of injection molding machine

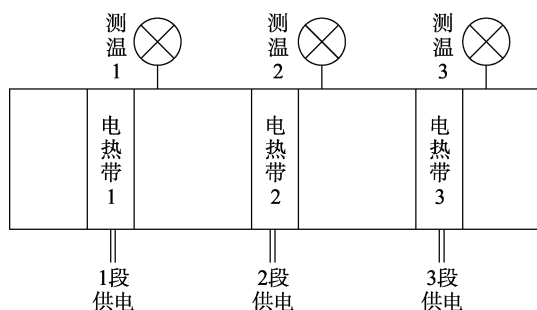


图2 料筒加热系统

Fig.2 Barrel heating system

注塑机的塑料成型过程一般经过合模、注射、保压、冷却、开模等工序,可以得到所需形状的塑料产品。在注射循环工作过程中,首先,合模机构进行合

模。然后,在螺杆的带动下,物料经过料斗进入料筒中,由注塑机料筒外壁上的加热圈对其塑料材料进行加热,加热圈工作一段时间后可以塑料颗粒加热至熔融状态。在这个过程中,注塑机螺杆在熔融塑料的作用下以某种方式向后运动,在储料室内形成足够的空间,为注射成型做好准备。其次,螺杆以高速、高压的方式,将熔料通过喷嘴注射到模具的型腔中。型腔中熔融后的塑料经过保压,冷却固定定型后,进行开模,可以得到所需形状的产品。

2 神经网络解耦和模糊控制

2.1 神经网络与静态解耦算法

目前,解耦方法可分为传统解耦方法、自适应解耦方法、智能解耦方法。由于智能解耦方法在解决非线性、强耦合、时变性等方面具有独特的优势,它可以实现对线性和非线性系统在线的解耦,因此智能解耦方法得到广泛的应用^[12]。由于神经网络可以实现多输入多输出(MIMO)的映射,能够处理系统的非线性、时变性等问题,同时具有可训练性、自适应能力等特点,因此文中采用基于神经网络静态解耦算法,来实现对料筒温度的解耦控制。利用人工神经网络的优良特点,在不清楚精确的对象模型情况下,可以逼近任意非线性函数,能够满足解耦控制的要求。基于神经网络静态解耦和化PID相结合的控制系统见图3^[13]。

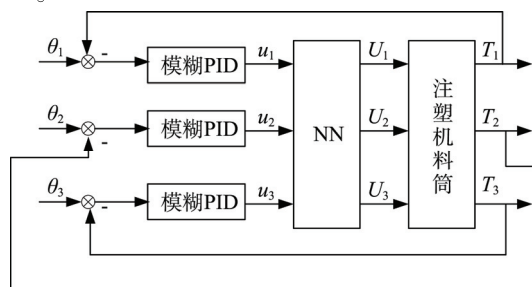


图3 神经网络解耦与PSD控制

Fig.3 Neural network decoupling and PSD control

在图3中, θ_1 为注塑机料筒温度第1段的设定值, θ_2 为注塑机料筒温度第2段的设定值, θ_3 为注塑机料筒温度第3段的设定值。 u_1 为PID控制器第1段输出的控制信号, u_2 为PID控制器第2段输出的控制信号, u_3 为PID控制器第3段输出的控制信号。 U_1 为解耦后料筒加热丝上第1段控制的电压, U_2 为解耦后料筒加热丝上第2段控制的电压, U_3 为解耦后料筒加热丝上第3段控制的电压。 θ_1 为第1段料筒加热段实际温度输出值, T_2 为第2段料筒加热段实际温度输出值, T_3 为第3段料筒加热段实际温度输出值。文中采用Bristol矩阵,对3段料筒温度进行解耦,有:

$$Y=PU \quad (1)$$

式中： Y 为被控矢量； U 为控制矢量，即 $Y=[T_1\ T_2\ T_3]^T$ ， $U=[u_1\ u_2\ u_3]^T$ 。

$$P=\begin{bmatrix}\frac{\partial T_1}{\partial u_1}&\frac{\partial T_1}{\partial u_2}&\frac{\partial T_1}{\partial u_3}\\\frac{\partial T_2}{\partial u_1}&\frac{\partial T_2}{\partial u_2}&\frac{\partial T_2}{\partial u_3}\\\frac{\partial T_3}{\partial u_1}&\frac{\partial T_3}{\partial u_2}&\frac{\partial T_3}{\partial u_3}\end{bmatrix}\tag{2}$$

若对象是不存在耦合，则矩阵 P 一定为对角阵，因此，对于注塑机料筒温度控制系统，BP 神经网络的解耦训练目标定义为：

$$\min E=\frac{1}{3}\sum_{i=1}^3\left(-\frac{\partial T_i}{\partial u_i}+p_i\right)^2+\frac{1}{3}\sum_{\substack{i,j=1\\i\neq j}}^3\left(\frac{\partial T_i}{\partial u_j}\right)^2\tag{3}$$

式中： p_i 为料筒温度解耦控制系统中广义对象第 $i(i=1,2,3)$ 通道的增益。

神经网络解耦补偿环节及其结构见图 4。

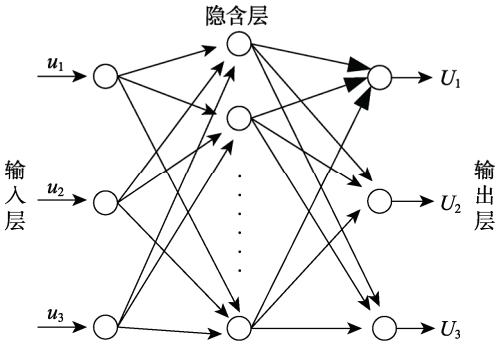


图 4 BP 神经网络结构
Fig.4 BP neural network structure

神经元的活化函数为：

$$g(x)=K\frac{1-e^{-ax}}{1+e^{-ax}}\tag{4}$$

对解耦控制系统采用剃度算法来修正网络加权系数^[14]，见式(5)。

$$\Delta\omega=-\eta\frac{\partial E(\omega)}{\partial\omega}\tag{5}$$

式中： η 为神经网络的学习速率。对式(3)以 ω 为自变量对其求导，代入式(5)可求得 $\Delta\omega$ 。

2.2 模糊 PID 控制

2.2.1 模糊控制器设计

采用二维三输出模糊控制器见图 5，其中，温度误差 e 和误差变化率 e_c 其模糊控制器的论域都设为 $[-6,6]$ ，对应的模糊论域语言变量值设为 7 个，即 { 负大，负中，负小，零，正小，正中，正大 }；模糊输出的语言变化量为 $\Delta k_p, \Delta k_i, \Delta k_d$ ，论域为 $[-5,5]$ ，将模糊论域的模糊变量值设为 7 个，即 { 负大，负中，负小，零，正小，正中，正大 }；上述都采用三角函数为隶属函数，采用 Mamdani 推理和重心法去模糊的方

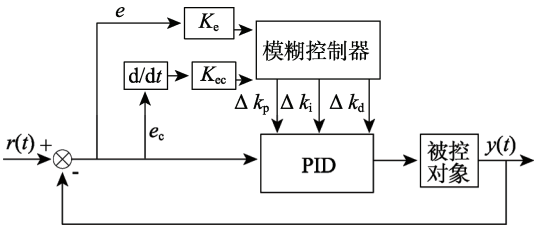


图 5 模糊 PID 控制器结构
Fig.5 Structure of fuzzy PID controller

法。根据系统的误差和误差变化率与 k_p, k_i, k_d 这 3 个参数之间的某种规则，即可设计模糊规则。

1) 当存在较大误差时，为提高系统的快速性及避免出现较大的超调量，应该使选较大的 k_p ，较小的 k_i 和 k_d 。

2) 当系统输出误差和误差变化率都不太大时，为了减小系统响应超调量及有一定的快速性，适当选取 3 个参数值。

3) 当误差变化率较小时，为了使系统有一定的稳定性，削减系统偏差，适应增大 k_p, k_i 的值， k_d 值应略小。由以上整定原则，建立 $\Delta e, \Delta e_c$ 与 $\Delta k_p, \Delta k_i, \Delta k_d$ 之间对应的模糊规则见表 1—3。

表 1 Δk_p 模糊控制规则
Tab.1 Δk_p fuzzy control rule

e	e_c						
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	PB	PB	PM	PS	PS	ZO	ZO
NM	PB	PB	PM	PS	PS	ZO	NS
NS	PM	PM	PM	PS	ZO	NS	NS
ZO	PM	PM	PS	ZO	NS	NM	NM
PS	PS	PS	ZO	NS	NS	NM	NM
PM	PS	ZO	NS	NS	NM	NM	NB
PB	ZO	ZO	NM	NM	NM	NB	NB

表 2 Δk_i 模糊规则
Tab.2 Δk_i fuzzy control rule

e	e_c						
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	NB	NB	NB	PM	NS	ZO	ZO
NM	NB	NB	NM	PS	NS	ZO	ZO
NS	NM	NM	NS	PS	ZO	PS	PS
ZO	NM	NM	NS	ZO	PS	PM	PM
PS	ZO	NS	ZO	ZO	PS	PM	PB
PM	ZO	ZO	PS	NM	PM	PB	PB
PB	ZO	ZO	PS	NM	PM	PB	PB

2.2.2 粒子群寻优量化因子

文中采用时间乘以误差绝对值积分(ITAE)准则作为最优目标函数：

$$J_{\min}=\int_0^{\infty}t|e(t)|dt\tag{6}$$

表3 Δk_d 模糊规则
Tab.3 Δk_d fuzzy control rule

e	e_c						
	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB	PS	NS	NB	NB	NM	NM	NM
NM	PS	NS	NB	NM	NS	NS	NS
NS	ZO	NS	NM	NS	NS	NS	ZO
ZO	ZO	NS	NS	NS	NS	NS	ZO
PS	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO	ZO
PM	PB	NS	PS	PS	PS	PS	PB
PB	PB	PM	PM	PS	PS	PS	PB

选取惯性因子 $w=0.6$, 加速常数 $c_1=c_2=2$, 最大迭代次数为 100, 最小适应值 $J_{\min}=0.01$, 当满足其中一条时, 停止运行, 输出优化结果。

3 料筒温度控制系统的控制仿真

在料筒熔融瞬时工作状态可以认为各段料筒温度之间没有耦合作用, 认为此时系统的各料筒温度可以稳定在某个设定的温度下, 因此采用反应曲线法来确定该数学模型。由热量守恒定律知, 料筒温度壁上加热丝的热量 Q 等于塑料熔融时所吸的热量 Q_1 和料筒系统散出的热量 Q_2 , 则:

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (7)$$

$$Q_1 = C \frac{dT_H}{dt} \quad (8)$$

$$Q_2 = \frac{T_H - T_0}{R} \quad (9)$$

式中: C 为注塑机料筒的热容量; T_H 为料筒温度系统的稳态温度; t 为料筒上加热丝的加热时间; T_0 为初始状态下的温度; R 为注塑机料筒加热丝的热阻。

由 Laplace 换得可得到注塑机料筒温度各加热段的数学模型:

$$G(s) = \frac{ke^{-\tau s}}{Ts + 1} \quad (10)$$

由式(10)可得, 料筒温度的数学模型为一阶惯性加延时。式中: k 为比例因子; T 为惯性时间常数; τ 为延时时间。对文中所述的控制系统以注塑机料筒的 3 段温度作为被控对象进行仿真研究, 可得 3 个对象的近似传递函数为^[15-16]:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{V(s)} = \begin{bmatrix} \frac{K_{11}e^{-\tau_{11}s}}{T_{11}s+1} & \frac{K_{12}e^{-\tau_{12}s}}{T_{12}s+1} & \frac{K_{13}e^{-\tau_{13}s}}{T_{13}s+1} \\ \frac{K_{21}e^{-\tau_{21}s}}{T_{21}s+1} & \frac{K_{22}e^{-\tau_{22}s}}{T_{22}s+1} & \frac{K_{23}e^{-\tau_{23}s}}{T_{23}s+1} \\ \frac{K_{31}e^{-\tau_{31}s}}{T_{31}s+1} & \frac{K_{32}e^{-\tau_{32}s}}{T_{32}s+1} & \frac{K_{33}e^{-\tau_{33}s}}{T_{33}s+1} \end{bmatrix} \quad (11)$$

式中: $T_{11}=72.3$, $T_{12}=133.7$, $T_{13}=171.3$, $T_{21}=134.6$, $T_{22}=88.1$, $T_{23}=88.1$, $T_{31}=140.7$, $T_{32}=132.7$, $T_{33}=65.6$;

$K_{11}=1.796$, $K_{12}=1.012$, $K_{13}=0.396$, $K_{21}=1.087$, $K_{22}=1.499$, $K_{23}=0.654$, $K_{31}=0.627$, $K_{32}=0.9$, $K_{33}=1.015$; $\tau_{11}=1$, $\tau_{12}=2$, $\tau_{13}=3$, $\tau_{21}=2$, $\tau_{22}=1$, $\tau_{23}=2$, $\tau_{31}=3$, $\tau_{32}=2$, $\tau_{33}=1$ 。

对文中所提出的控制策略通过 Matlab 进行了仿真研究。解耦前后系统响应曲线见图 6, 对应曲线 1, 2, 3 分别表示注塑机温度控制系统中第 1, 2, 3 段料筒温度仿真曲线, 它们的设定值分别为 180, 200, 220 °C。对比分析可知, 系统响应曲线存在超调量, 这是由于料筒相邻加热段之间温度的热传递造成的, 而解耦后系统各段加热区响应曲线上升平稳, 无明显超调量。将第 2 段加热区的温度设为 100 °C, 其响应曲线见图 7。由图 7 可知 3 条响应曲线平稳上升, 很快达到设定值, 稳定性好, 并且第 2 段温度设定值改变没有明显影响其他 2 条温度响应曲线。由此说明该解耦策略存在一定优势, 能很好地解除耦合影响。

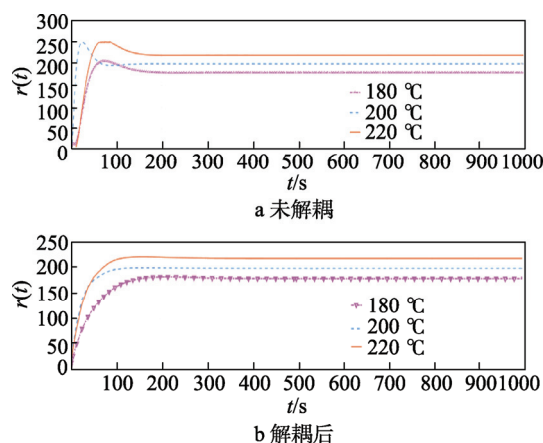


图6 注塑机料筒三段温度仿真曲线
Fig.6 Three-section temperature simulation curve of injection modeling machine barrel

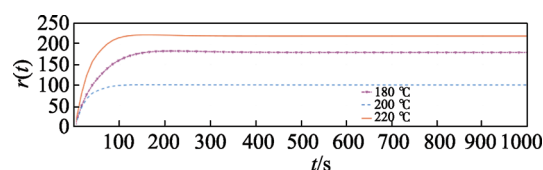


图7 改变第2段温度设定值的响应曲线
Fig.7 The response curve of the second-section temperature set value after change

由于螺杆旋转推动塑料向前运动, 使螺杆与塑料颗粒之间产生摩擦热以及电压波动造成的加热圈功率变化等引起的干扰。在 500 s 处, 给第 2 段加热区加入值为 15 的干扰, 系统响应曲线见图 8。从图 8 可看出解耦前, 第 2 段加热区的干扰引起了第 1, 2 段加热区温度的波动。解耦后加入干扰, 第 1, 2 段响应曲线几乎没有影响, 并且很快的达到稳定状态, 说明模糊 PID 控制策略具有一定的抗干扰性, 由于针对料筒 3 段加热温度进行控制, 它们的温度数学模型互不相等, 由此也体现了该控制策略具有一定的自适应。

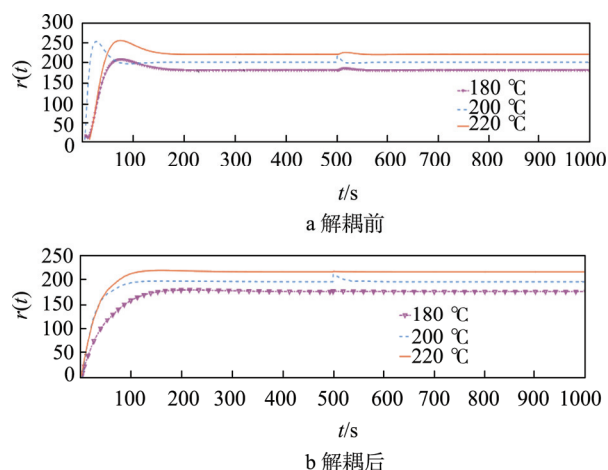


图 8 加干扰响应输出曲线

Fig.8 Output curve of disturbance response without decoupling

对文中所提出的控制策略进入了测试,得到注塑机料筒温度测试曲线见图 9。图 9 中曲线 1, 2, 3 分别表示注塑机料筒第 1, 2, 3 段温度响应曲线, 对应的设定值分别为 180, 200, 220 °C。这 3 段料筒温度响应曲线大约在 900 s 达到其设定值, 料筒温度控制系统的温度曲线几乎没有超调量, 稳态精度高, 稳态误差可以控制在一定范围内。

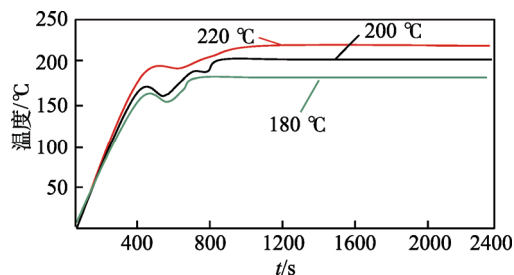


图 9 注塑机料筒温度实际运行曲线

Fig.9 Actual operating curve of injection modeling machine's temperatures

4 结语

针对注塑机料筒温度具有强耦合、时变性、多变量等问题,采用基于神经网络的解耦策略克服了注塑机料筒温度的模型不清晰、强耦合、非线性等问题,并针对料筒温度的多变量、时延性问题,提出了基于粒子群优化模糊 PID 的控制策略,并对文中提出的控制策略进行了 Matlab 仿真。由仿真曲线可以得出,该算法可以很好地克服料筒温度加热区之间的耦合影响,减少了系统的超调量,具有良好的抗干扰能力和自适应性。通过该控制算法在某型号注塑机上进行测试,可以分析得料筒温度控制系统的温度曲线超调量小,没有明显波动,大约 900 s 可以达到设定值,稳态误差可以控制在一定范围内。由此可见,该控制策略具有一定的优越性,在工程应用中具有一定的实用价值。

参考文献:

- [1] 文生平, 江剑强. 注塑机节能控制技术的最新发展与应用[J]. 工程塑料应用, 2006, 34(5): 59—62.
WEN Sheng-ping, JIANG Jian-qiang. the Latest Development and Application of Energy Saving Control Technique for Injection Molding Machine[J]. Engineering Plastics Application, 2006, 34(5): 59—62.
- [2] 张友根. 我国注塑机的特点及发展方向[J]. 上海塑料, 2004(1): 4—8.
ZHANG You-gen. Discussion about the Character and Developing of Plastic Injection Molding Machine for China[J]. Shanghai Plastics, 2004(1): 4—8.
- [3] 于斌, 李素玲, 郑薇. 基于变论域模糊 PID 控制的注塑机无合模定位系统[J]. 山东理工大学学报, 2017, 31(3): 60—67.
YU Bin, LI Su-ling, ZHENG Wei. the Positioning System of Injection Molding Machine in Opening and Closing Mold Based on Fuzzy PID Controller with Variable Universe[J]. Journal of Shandong University of Technology, 2017, 31(3): 60—67.
- [4] 张奇苗, 张培仁, 王康正. 注塑机温度控制系统设计[J]. 自动化与仪表, 2005, 20(2): 29—31.
ZHANG Qi-miao, ZHANG Pei-ren, WANG Kang-zheng. Design of Temperature Control System of Plastic Injecting Machine[J]. Automation and Instrumentation, 2005, 20(2): 29—31.
- [5] 夏马子, 余先涛. 注塑机温度控制系统的研究与实现[J]. 现代机械, 2007(4): 22—23.
XIA Ma-zi, YU Xian-tao. Study and Design of Temperature Control System of Plastic Injecting Machine[J]. Modern Machinery, 2007(4): 22—23.
- [6] 杨达飞, 黄力. 混沌模糊神经网络算法在注塑机温度实时控制中的应用[J]. 塑料工业, 2016, 44(4): 64—65.
YANG Da-fei, HUANG Li. Application of Fuzzy Neural Network Algorithm in the Real time Temperature Control of Injection Molding Machine Temperature[J]. Plastics Industry, 2016, 44(4): 64—65.
- [7] 金波, 沈海阔, 汤进举, 等. 注塑机料筒温度模糊变系数 PID 控制研究[J]. 中国机械工程, 2005, 16(5): 395—398.
JIN Bo, SHEN Hai-kuo, TANG Jin-ju, et al. Research on Fuzzy Variable-coefficient PID Control for Injection Machine Material Canister Temperature[J]. China Mechanical Engineering, 2005, 16(5): 395—398.
- [8] 张鹏飞, 党开放, 张亚军, 等. 基于自适应模糊 PID 的注塑机温度控制及仿真[J]. 中国塑料, 2013(4): 85—89.
ZHANG Peng-fei, DANG Kai-fang, ZHANG Ya-jun, et al. Control and Simulation of Temperature for Injection Molding Machines Based on Self-adaptive Fuzzy PID Control Method[J]. China Plastics, 2013(4): 85—89.
- [9] 彭斐, 彭勇刚, 韦巍. 注塑机料桶温度模糊解耦控制

- 系统[J]. 工程塑料应用, 2010, 38(3): 71—73.
- PENG Fei, PENG Yong-gang, WEI Wei. Bucket Temperature Fuzzy Decouple Control of Injection Molding Machine[J]. Engineering Plastics Applications, 2010, 38(3): 71—73.
- [10] 孙振强. 单片机在注塑机温度控制中的应用研究[D]. 济南: 山东大学, 2008.
- SUN Zhen-qiang. Application of Single Chip Micro-computer in Temperature Control of Injection Molding Machine[D]. Jinan: Shandong University, 2008.
- [11] 舒怀林, 郭秀才, 舒杰磊. 注塑机料筒多段温度 PID 神经网络解耦控制系统[J]. 计算技术与自动化, 2004, 4(23): 55—56.
- SHU Huai-lin, GUO Xiu-cai, SHU Jie-lei. PID Neural Network Control System for Temperature of Plastic Injection Machine[J]. Computing Technology and Automation, 2004, 23(4): 55—56.
- [12] 马平, 杨金芳, 崔长春, 等. 解耦控制的现状及发展[J]. 控制工程, 2005, 12(2): 97—100.
- MA Ping, YANG Jin-fang, CUI Chang-chun, et al. Current Situation and Development of Decoupling Control[J]. Control Engineering of China, 2005, 12(2): 97—100.
- [13] 舒迪前. 预测控制系统及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 1996.
- SHU Di-qian. Predictive Control System and Application[M]. Beijing: China Machine Press, 1996.
- [14] 袁增任. 人工神经网络及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- YUAN Zeng-ren. Artificial Neural Network and Application[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1999.
- [15] 李士勇. 模糊控制神经网络和智能控制[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1998.
- LI Shi-yong. Fuzzy Control Neural Control and Intelligent Control[M]. HarBin: Harbin Institute of Technology Press, 1998.
- [16] 孙锡红, 苏兴. 注塑机料筒温度的模糊神经网络控制研究[J]. 工程塑料应用, 2009, 37(10): 67—70.
- SUN Xi-hong, SU Xing. the Control Research of the Fussy Nerves Network on the Barrel Temperature of the Jinection Machine[J]. Engineering Plastics Application, 2009, 37(10): 67—70.