

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2017.07.016

基于模糊控制的螺杆挤出机温度控制系统设计

王子剑, 李庆川

(安阳职业技术学院, 河南安阳 455000)

摘要:以螺杆挤出机温控系统的扰动多、非线性、时变以及大滞后的特性,研究得到了智能化的控制算法,对于现场无法充分预料的情况,这种温度控制系统能够发挥重要的作用。使用 ZigBee 无线传感技术可实现温度监控的远程操作,提升检测效率和水平。对远程无线温度控制系统的硬件系统进行了设计,对 CC2430 射频主控芯片的外围电路、温度传感电路以及温度控制电路进行设计。针对螺杆挤出机温度控制系统进行实例分析,研究结果表明:使用常规 PID 控制器,在阶跃信号和脉冲干扰信号作用下,系统超调量和稳定时间不能够满足螺杆挤出机温度控制的要求。使用模糊 PID 控制器,相比常规 PID 控制器的超调量和稳定时间要明显增强。以尼龙 6 / CaCl₂ 复合材料挤出为例,分别使用常规 PID 控制算法和模糊控制算法进行对比分析,研究温度控制精度对产品成型质量的影响。在模糊控制算法下,三种产品(温度设置分别为 240, 260, 280℃)的缺口冲击强度合格率比较使用常规 PID 控制算法时提高了 6.87%,弯曲应力合格率、断裂伸长率合格率、拉伸强度合格率分别提高了 8.67%, 9.33%, 8.77%。

关键词:模糊 PID; 螺杆挤出机; 温度控制; 无线传感网络

中图分类号: TQ320.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2017)07-0080-06

Design of Temperature Control System for Screw Extruder Based on Fuzzy Control

Wang Zijian, Li Qingchuan

(Anyang Career Technical College, Anyang 455000, China)

Abstract : Many disturbances, nonlinear and time-varying and large time delay characteristics of the temperature control system in extruder screw, intelligent control algorithm has been studied, the temperature control system for the site cannot be fully expected to play a very important role. ZigBee wireless sensor technology can be used to realize the remote operation of temperature monitoring and improve the detection efficiency and level. The hardware system of the remote wireless temperature control system was designed, and the peripheral circuit, temperature sensing circuit and temperature control circuit of the CC2430 RF main control chip were designed. The screw machine temperature control system of extrusion was analyzed, the results show that the use of conventional PID controller, the step signal and pulse interference signal, the system overshoot and settling time cannot meet the requirements of temperature control screw extruder. Using the fuzzy PID controller, the overshoot and the settling time were significantly enhanced compared to the conventional PID controller. Taking nylon 6 / CaCl₂ composite extrusion as an example, the conventional PID control algorithm and fuzzy control algorithm were compared and analyzed respectively, and the influence of temperature control accuracy on the quality of product forming was studied. In the fuzzy control algorithm, the notched impact strength of three kinds of products (temperature settings were 240, 260, 280℃) pass rate compared with the conventional PID control algorithm was increased by 6.87%, the passing rate of bending stress, elongation at break and tensile strength increased by 8.67%, 9.33%, 8.77% separately.

Keywords : Fuzzy PID ; screw extruder ; temperature control ; wireless sensor network

在挤出机运行的过程中熔体温度是非常重要的影响因素,加热段机筒在螺杆挤出机中是相互连接在一起的,而且同时控制和加热数段机筒,在升温的过程中铸铝电热元件具有较大的热惯性和升温速度。同时,塑料制品在原料的采用上存在着比较大的差距,因此具有不一致的最佳挤出温度,当机筒内的操作工艺原理不同时,其温度要求也存在着一定的差距,所以在设计挤出机温控系统的过程中应

当采用分段控制的方法对塑料温度进行控制。在控制挤出机温度时还需要将热惯性问题考虑在内。尽管在控温的过程中并没有提供加热电源,然而在这个过程中机筒的温度依然处于增加的趋势,机筒的温度在进行加热的过程中并不能在短时间内进行回升,会出现温度暂时下降的情况。所以应当在充分

联系人: 王子剑, 讲师, 主要从事电气智能控制设计与研究

收稿日期: 2017-05-03

考虑热惯性影响的基础上准确地控制温度。尽管几年来国内很多生产厂家将 PID 应用到了工业温度控制回路中,相比于位式调节以及手动调节明显地提升了精度,降低了温度波动,然而对于一些结构变化、参数变化以及大时间滞后的控制对象,这种常规的控制方法已经不具有较大的优势^[1-3]。

螺杆挤出机的加热圈具有大滞后的特性,同时加热器电阻的温度系数为负。在进行加热的时候电阻值会逐渐的降低,这样就会使被控对象的参数产生波动。所以在只有对挤出机每段加热过程进行严格控制的基础上才能够保证温度控制方法的有效性,进而是物料挤出的过程中处于规定的温度范围之内^[4]。

笔者以螺杆挤出机温控系统的扰动多、非线性、时变以及大滞后的特性,研究得到了智能化的控制算法,利用这种算法能够调节不同区段的温度,进而有效地整定区间参数,对于现场无法充分预料的情况这种温度控制系统能够发挥非常重要的作用。并使用 ZigBee 无线传感技术实现温度监控的远程操作,提升检测效率和水平。

1 螺杆挤出机温度控制系统总体结构

1.1 系统总体结构

在物料挤出过程中需要对螺杆挤出机各段机筒的温度进行严格的控制,同时保证各段之间存在相应数值的温度梯度,这样对于物料的混合和塑化比较有利。所以通过配置冷却和加热装置以及温度采集一起能够有效控制螺杆挤出温度,进而达到分段控制的目的^[5]。系统总体结构如图1所示。

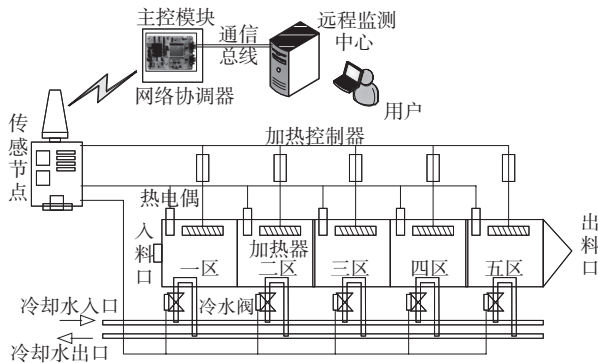


图 1 螺杆挤出机温度控制系统基本组成

笔者研究的螺杆挤出机温度监控系统使用无线传感网络 (WSN) 技术并通过信息处理系统实现温度的实时监测与高精度控制。温度监控系统的内部框架分为三层, 分别是节点层、网关层以及服务器层。此类型的层级分布决定了温度监控系统的三个

构成体分别安置在需要检测螺杆挤出机内部的传感器节点和网关,以及远程监控中心,后者是安装在服务器内部的。网关负责上传采集的温度信息,以及下达加热器及冷却器动作指令。网关内部建立数据传输网络,通过网络将整合后的数据传输到远程监控中心^[6]。

1.2 温度控制实现

实时温度可以通过温度采集传感器进行采集,必须保证温度采集传感器的精度,通过设定温度和当前温度的对比监控中心内部温度控制软件就可以利用智能控制算法对冷却水进出的电磁阀以及电加热器开关的固态继电器进行控制^[7]。

图 2 为温度闭环控制系统的原理示意图。模糊 PID 控制算法为这种控制系统的核心控制算法,通过以下两个方法可以实现温度的冷却:第一,冷却水电磁阀在控制器的控制下会主动地使温度降低。第二,利用空气进行散热。后者无法进行精确的控制,因此属于扰动量的范畴之内,另外在物料的相互摩擦作用下会提升温度。

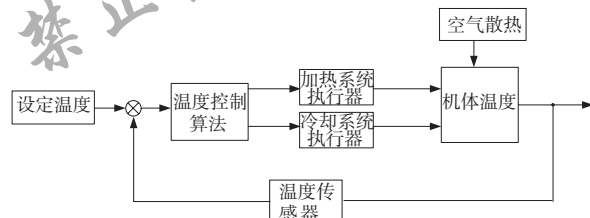


图 2 温度闭环控制原理示意图

2 温度模糊控制算法

2.1 控制模型

料筒的温度在加热器打开以后会逐渐上升,当冷却水阀开启以后料筒温度会逐渐降低,这样输入的突然变化不会影响系统输出,另外因为温度阶跃响应呈现出 S 型,螺杆挤出机温度控制系统传递函数可以通过阶延迟系统近似表达^[8]:

$$G = \frac{K}{TS + 1} e^{-\tau s} \quad (1)$$

式中: K 表示静态增益; T 为惯性常数; τ 为滞后时间; S 为拉普拉斯变换因子。

2.2 模糊 PID 控制器

随着 PID 控制算法的逐渐发展和成熟,其得到了越来越广泛的应用。采用比例控制方法 PID 算法能够成比例地控制系统所产生的偏差,能够快速减少所出现的误差;通过系统静态误差的降低积分控制能够对系统精度进行有效地提升;利用微分控制方法能够有效预测误差变化趋势,如果误差有逐

4,5,6}。控制对象数学模型中: $K=2.5$, $T=3$, $\tau=1.5$ 。设定PID参数的初始值为 $K_{p0}=5.2$, $K_{i0}=-3.6$ 和 $K_{d0}=20.0$ 。

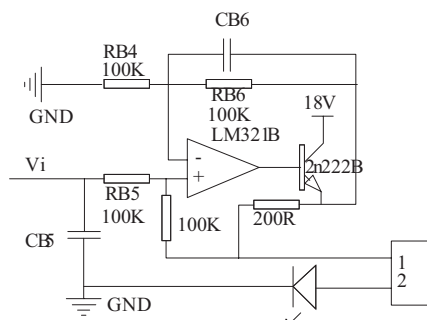


图6 V/I转换电路

首先比较模糊PID和常规PID控制温度的控制效果,将温度设定为 260°C ,温度阶跃响应如图7所示。当温度达到稳定后,施加脉冲扰动信号,得到温度响应曲线如图8所示。

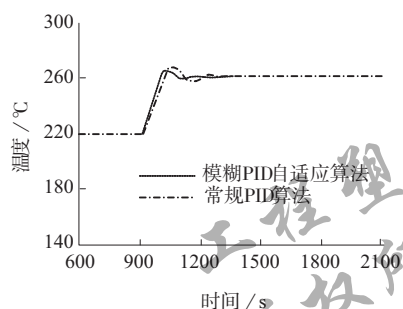


图7 温度阶跃响应曲线

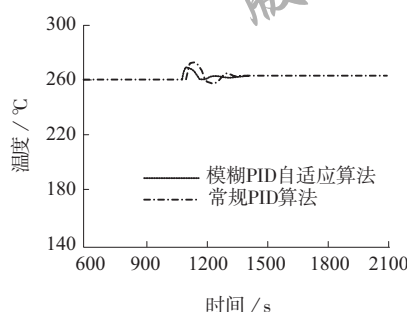


图8 脉冲干扰信号下温度响应曲线

两种控制方法作用下,系统性能指标对比见表1。

表1 系统性能指标对比

控制方法	阶跃信号峰值	阶跃信号超调量/%	阶跃信号稳定时间/s	脉冲干扰峰值	脉冲干扰稳定时间/s
常规PID	1.285	21.8	487.6	1.058	267.5
模糊PID	1.196	15.2	310.4	1.049	192.6

通过对比可以看出,使用常规PID控制器,在阶跃信号和脉冲干扰信号作用下,系统超调量和稳定时间不能够满足螺杆挤出机温度控制的要求。使用模糊PID控制器,相比常规PID控制器的超调量和稳定时间要明显增强。整个系统的五段控制曲线

如图9所示。

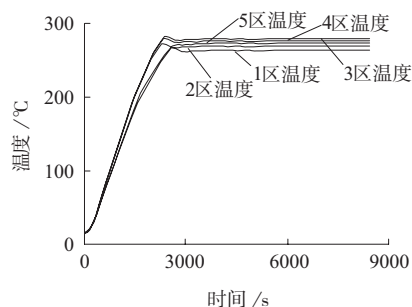


图9 整个系统的五段控制曲线

5 温度控制对产品成型质量的影响

以尼龙6/CaCl₂复合材料挤出为例,分别使用常规PID控制算法和模糊控制算法进行对比分析,研究温度控制精度对产品成型质量的影响。将挤出温度设定值设置为:240,260,280 $^{\circ}\text{C}$,分别将这三种温度下得到的产品称为产品类型1、类型2和类型3,使用缺口冲击强度合格率、弯曲强度合格率、断裂伸长率合格率和拉伸强度合格率作为评价指标,对3种类型产品在常规PID控制算法和模糊控制算法控制下的成型质量进行测试,得到结果如图10所示。从图10可以看出,在模糊控制算法下,温度控制精度较高,常规PID控制算法下,温度控制精度较低。在模糊控制算法下,三种产品的缺口冲击强度合格率比使用常规PID控制算法时提高6.87%,三种产品的弯曲应力合格率比使用常规PID控制算法时提高8.67%,三种产品的断裂伸长率合格率比使用常规PID控制算法时提高了9.33%,三种产品的拉伸强度合格率比使用常规PID控制算法时提高了8.77%。研究表明,使用本文研究的基于模糊控制的挤出机温度控制系统比常规PID控制算法的温度控制系统,在温度控制精度上有所提高,在产品成型质量也有所提高。

6 结论

以螺杆挤出机温控系统的扰动多、非线性、时变以及大滞后的特性,研究得到了智能化的控制算法,对于现场无法充分预料的情况这种温度控制系统能够发挥非常重要的作用。并使用ZigBee无线传感技术实现温度监控的远程操作,提升检测效率和水平。针对螺杆挤出机温度控制系统进行实例分析,研究表明:使用常规PID控制器,在阶跃信号和脉冲干扰信号作用下,系统超调量和稳定时间不能够满足螺杆挤出机温度控制的要求。使用模糊

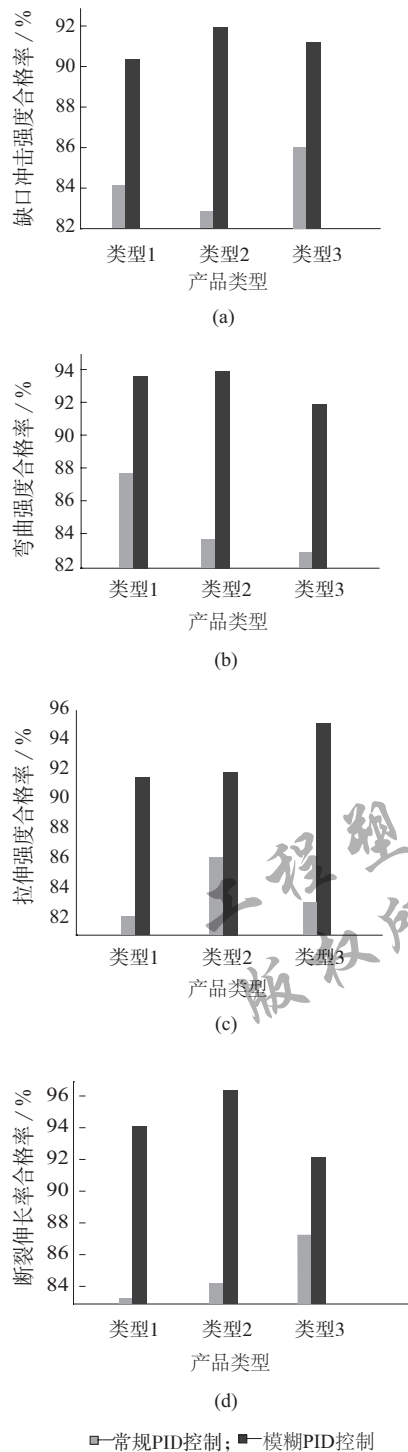


图 10 温度控制对产品成型质量的影响对比

PID 控制器,相比常规 PID 控制器的超调量和稳定时间要明显增强。

参考文献

[1] 王海璇. 基于模糊控制的单螺杆挤出机温度控制系统的设计与实现 [D]. 吉林: 吉林大学, 2016.

Wang Haixuan. Design and realization of the single screw extruder temperature control system based on fuzzy control [D]. Jilin: Jilin University, 2016.

- [2] 郑睿, 汪东芳. 双螺杆挤出机温度控制系统的设计与优化 [J]. 合成树脂及塑料, 2016(4):55-59.
Zheng Rui, Wang Dongfang. Design and optimization for temperature control system of twin screw extruder [J]. China Synthetic Resin and Plastics, 2016, 33(4):55-59.
- [3] 濮成祥. 双螺杆挤出机的温度控制与实践 [J]. 橡胶技术与装备, 2000(5):38-40.
Pu Chengxiang. Temperature control and practice of twin screw extruder [J]. Rubber Technology and Equipment, 2000(5):38-40.
- [4] 路桂明. 基于模糊 PID 控制的电锅炉温度控制系统的研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2007.
Lu Guiming. Study on electric furnace temperature control system based on fuzzy PID control [D]. Harbin: Harbin university of science and technology, 2007.
- [5] 井延波. 双螺杆挤出机控制系统研究 [D]. 济南: 山东科技大学, 2007.
Jing Yanbo. Study of control system of the twin-screw extruder [D]. Jinan: Shandong University of Science and Technology, 2007.
- [6] 张文道, 马娜, 王陈陈, 等. 基于 ZigBee 的温室温度控制系统 [J]. 农机化研究, 2014(4):75-78.
Zhang Wendo, Ma Na, Wang Chenchen, et al. A Temperature controlling system based on zigbee for greenhouse [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2014(4):75-78.
- [7] 闫兵, 马琰. 单螺杆挤出机温度时变性与非线性控制的解决方法 [J]. 计算机测量与控制, 2014(4):1 076-1 078.
Yan Bing, Ma Yan. Single screw extruder temperature time-varying and non-linear control solution [J]. Computer Measurement & Control, 2014(4):1 076-1 078.
- [8] 段江霞. 模糊 PID 控制在大惯量时滞温度控制系统中的应用研究 [D]. 兰州: 兰州大学, 2013.
Duan Jiangxia. Application of duan river fuzzy PID control in large inertia time delay temperature control system [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2013.
- [9] 闫向勇. 基于 ARM 的模糊 PID 温度控制系统的研究与实现 [D]. 呼和浩特: 内蒙古工业大学, 2009.
Yan Yong. Research and realization of fuzzy PID temperature control system based on ARM [D]. Huhehaote: Inner Mongolia University of Technology, 2009.
- [10] 王吉龙. 基于模糊 PID 的温度控制系统 [J]. 电子工程师, 2008(5):77-80.
Wang Jilong. Temperature control system based on fuzzy PID [J]. Electronic Engineer, 2008(5):77-80.
- [11] 曹莉, 曾黄麟, 乐英高. 基于 ZigBee 和 MSP430 无线温度控制系统设计 [J]. 四川理工学院学报: 自然科学版, 2012, 25(1):52-55.

- Cao Li, Zeng Huanglin, Yue Yinggao. Wireless temperature control system design based on ZigBee and MSP430[J]. Journal of Sichuan University of Science & Engineering : Natural Science Edition, 2012, 25(1):52-55.
- [12] 赵富孟,陈寿元,杨泽军. 基于物联网的啤酒发酵过程温度控制系统设计[J]. 计算机技术与发展, 2012, 22(7):154-157.
- Zhao Fumeng, Chen Shouyuan, Yang Zejun. Design of temperature process control system of beer fermentation based on internet of things[J]. Computer Technology and Development, 2012, 22(7):154-157.
- [13] 丁小波. 基于 ZigBee 的智能无线温控系统关键技术研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2015.
- Ding Xiaobo. Research on key technology of Intelligent wireless temperature control system based on ZigBee[D]. Lanzhou: Lanzhou Jiaotong University, 2015.
- [14] 姜堃, 曹长修, 纪强军. 基于 ZigBee 技术的温度控制系统的实现[J]. 自动化博览, 2006(3):36-38.
- Jiang Kun, Cao Changxiu, Ji Qiangjun. Implementation of temperature control system based on zigbee technology[J]. Automation Panorama, 2006(3):36-38.
- [15] 马薇, 王洪凯, 王秀梅. 基于 ZigBee 技术的温室土壤温度控制系统研究[J]. 黑龙江科学, 2016, 19(7):28-29.
- Ma Wei, Wang Hongkai, Wang Xiumei. Research on the soil temperature control system in greenhouse based on zigbee technique[J]. Heilongjiang Science, 2016, 19(7):28-29.
- [16] 孙蔚. 基于 Zigbee 无线通讯协议的温度控制系统分析[J]. 电子测试, 2014, 13:39-40.
- Sun Wei. Analysis report based on temperature control system of zigbee wireless communication protocols[J]. Electronic Test, 2014, 13:39-40.
- [17] 张彩霞. 温度控制系统在化纤设备中的应用[J]. 纺织科学研究, 2011(1):40-45.
- Zhang Caixia. Application of temperature control system in chemical fiber equipment [J]. Textile Science Research, 2011(1):40-45.
- [18] 王志凤. 螺杆挤出机中切片的干燥及输送控制系统中 PLC 的应用[J]. 硅谷, 2013(1):203, 246.
- Wang Zhifeng. Application of PLC in the drying and conveying control system of screw extruder[J]. Silicon Valley, 2013(1):203, 246.

中广核改性塑料打破国外垄断, 高端汽车零部件脱颖而出

中广核技术发展股份有限公司日前对外宣布, 其旗下子公司中广核俊尔新材料有限公司生产的矿物增强聚丙烯(PP)保险杠材料已获得宝马认可, 将作为全新宝马 5 系车型保险杠的原材料。据悉, 另外两大国际汽车巨头奥迪和奔驰的保险杠国产化工作也在同步实施。

中广核俊尔副总经理张磊表示, 高端汽车零部件原材料市场的格局正悄然改变。未来一年, 中广核俊尔预计将为 20 多万辆宝马 5 系和 2 系的车辆提供原材料。据悉, 中广核俊尔继宝马 3 系、X1 成功采用其所生产的“高性能改性工程塑料”后, 又一次在众多国外厂商中脱颖而出。

2017 年 4 月份, 工信部、国家发改委、科技部三部委联合印发的《汽车产业中长期发展规划》明确指出, 汽车“轻量化”能够实现节能减排, 同时带来动力性、车辆控制稳定性及 NVH(噪声、振动、声振粗糙度)等性能改善, 是汽车工业发展的必然趋势和重要方向。同时, 发展高性能塑料、复合材料等先进车用材料更是其中的重要内容。

自 2014 年 10 月份起, 中广核俊尔打破国外企业对配套宝马汽车保险杠材料的垄断, 连续 4 年为宝马提供材料且供量递增。在国家政策支持和市场需求快速增长的双重驱动下, 预计未来我国改性塑料将有万亿元级以上的容量市场, 随着汽车轻量化趋势的发展, 未来汽车行业对改性塑料的应用需求还将不断攀升。作为中广核技在核技术应用领域高

端产业链中的重要一环, 近 5 年, 中广核俊尔产量增长了一倍多, 目前每年产能已达 12 万 t。

“‘汽车轻量化’将成为汽车工业的下一个风口, 我国本土改性材料企业有了与国际一流品牌同台竞技的机会。”中广核技董事长兼总经理张剑锋认为, 虽然全球高端汽车原料市场有很大的进口替代空间, 但如何提高生产技术能力和质量稳定性, 避免同质化竞争, 聚合有限资源, 打通产业链各个闭塞环节, 是包括中广核俊尔在内的本土企业需要面临的挑战和机遇。

汽车“轻量化”的万亿级市场, 正向中国本土企业招手。“一直为国外厂商垄断的高端汽车零部件材料, 将越来越多地出现‘中国造’。”张磊表示, 此次中广核俊尔为宝马提供保险杠原材料, 正是一个缩影。

汽车保险杠是吸收缓和外界冲击力的重要车身构件, 高档汽车对保险杠原材料的强度、韧性、喷涂性等有很高的要求, 大多采用改性塑料注塑成型, 应用市场广阔。

据了解, 目前国内拥有超过 3 000 家改性塑料生产企业, 多数年产量不足 3 000 吨, 过万吨的更少。其中, 大部分企业规模普遍偏小, 生产技术能力和质量保证能力欠缺, 很难满足高档汽车的要求。这是造成高档汽车专用塑料国产化程度低的主要原因。

张剑锋表示, 随着中广核技改性材料高端产业链的延伸、完善和协同, 中广核俊尔在改性工程塑料方面已经走在全国前列, 能够与欧美实力厂商一较高下。(工程塑料网)