

基于软 PLC 的全电子注塑机控制系统设计^{*}

方庆华 康存锋 马春敏 朱贤德 王丽丽

(北京工业大学,北京 100022)

摘要 在介绍 SERCOS 技术的基础上,阐述用软 PLC 和 SERCOS 总线开发全电子注塑机控制系统的方法,并分析了实现注塑过程的高速、高精度运动控制的硬件和软件结构及人机界面的设计。实际应用中,当该系统扫描时间为 3 ms 时,最大注射量达到 80 cm³ 的制品其成型周期能够控制在 10 s 以内,且精度符合要求,从而为全电子注塑机的控制系统设计提供了一个可行的方案。

关键词 全电子 注塑机 软 PLC SERCOS

随着塑料制品应用领域的不断扩大,世界上对塑料成型机械的需求呈现持续攀升的趋势。在塑料成型行业中,注射成型是热塑性或热固性塑料制品的主要成型方法之一。在能源日益匮乏、生态环境日益恶化的今天,油压-机械式注塑机所消耗的能量越来越受到人们的重视和关注。新型塑料的涌现和高精度注塑制品使用范围的扩大,使得环保型“绿色”伺服电动注塑机的开发越来越紧迫和重要。随着自动化和计算机技术的发展,西方工业发达国家已成功推出新一代全电子自动控制注塑机,不仅自动化程度高、易操作,而且生产效率和制品质量也大大提高。

由于注塑机的研究与开发的周期长、投入大,在国内仅由某个厂家独立开发封闭的注塑机控制系统相当困难,这一问题的关键是核心技术,尤其是注塑机控制系统技术掌握在国外厂商手里。因此,要想在较短的时间内开发出经济实用的全电子注塑机,须得另辟蹊径。而近年来数控领域的两大热点技术,即开放式数控技术与软 PLC 技术使之成为了可能。

1 全电子注塑机控制系统的原理

1.1 SERCOS 接口原理简介

SERCOS 数字运动控制接口是一种用于高速、高精度运动控制的现场总线接口和数据交换协议,是目前用于数字伺服和数据通讯的唯一国际标准(IEC1491)^[1],是当今仅有的供应商中立的开放式接口标准。

SERCOS 采用光信号数字同步通讯技术,克服了模拟接口对噪声敏感、分辨率有限、信号漂移不可避免、接线复杂导致干扰量大及安装难度高等弱点,使数控系统具有高的实时响应能力和精密同步功能。它采用环形拓扑结构(见图 1)^[2],其每个光缆

环最多可连接 40 个驱动器及输入/输出设备,控制器与所连接设备间通过每一个运动周期发送一串双向通讯电文来进行彼此间的同步通讯,电文长度可大于 80 个字节,支持多种通讯速率,最快可达 16 Mb/s,同时接口的时钟周期频率可将传输的精度控制在 1 μs 以下,因此它可以完成数据的严格实时同步传输,确保系统的同步运行和控制精度。采用 SERCOS 接口还可以很容易地将不同制造商的数字控制器和驱动器联入一个系统中,实现各自产品的特性和功能^[3]。

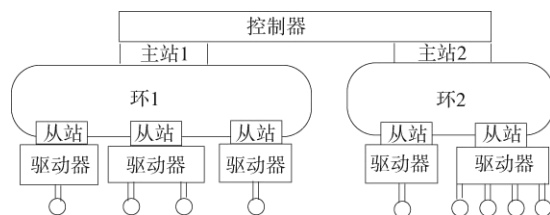


图1 SERCOS 的环形拓扑结构

1.2 采用 SERCOS 接口的控制系统结构

SERCOS 接口技术使运动控制器与驱动器之间成为单一的接口,它不仅传送命令信息,而且也传送反馈信息,有能力处理位置控制、速度控制和力矩控制等三种模式。整个控制体系以插在计算机中采用 SERCOS 接口技术的主站卡来实现对驱动器和 I/O 站的控制,即以 SERCOS 主站卡作为主站与底层运动执行部件的接口,将软件系统建立在具有开放性、通用化的控制平台上,使控制系统的主控功能能够实现软件化。

由于结构中省去了 CNC 和 PLC 专用卡,因此运动控制器的性能只受 PC 机主板 CPU 及 SERCOS 主站卡上的专有芯片的速率影响,而主站卡是直接通

^{*} 北京市重点实验室开放资助项目(KP0100200201)

过总线同计算机进行通讯的,使程序中数据传输的速率可以控制在毫秒级,对于实现注射的高速、高精度及短周期循环都提供了良好的基础。

与传统的注塑机控制系统相比,基于软 PLC 和 SERCOS 接口的控制硬件具有很大的差别。传统结构是基于大量的专用控制器和 PLC 硬件,PLC 广泛应用在过程控制及电-液伺服驱动器和注射控制器之间的通讯、开合模控制和温度控制上。而全电子注塑机中具有对每个伺服轴的单独控制,它的驱动系统主要由伺服电机和智能伺服驱动器构成,每个驱动器中包含能同 SERCOS 主站卡通讯的 SERCOS 从卡,可以方便地与上位机交换数据,根据注塑工艺要求调整执行机构的运转速度,同时满足工作过程中执行机构的运动和动力要求。

另外,通过在合模机构的肘杆、注射料筒或螺杆传动轴上安装传感器或应变仪来测量各部件的变形或熔体压力,可以方便地实现对锁模力、注塑压力、喷嘴接触压力和螺杆转矩的控制。该体系的结构如图 2 所示。

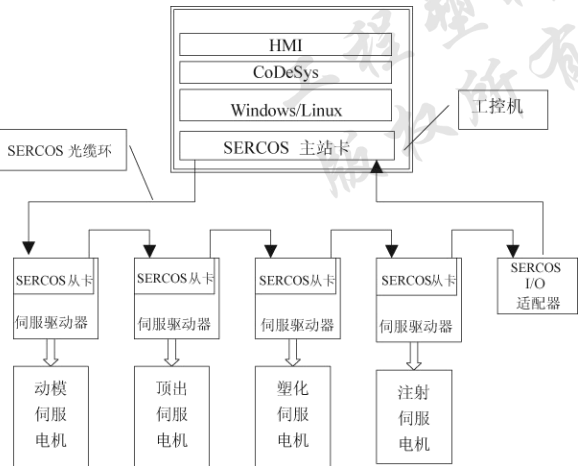


图 2 控制系统结构图

1.3 工艺流程总体结构

程序的总体结构分为手动、自动和半自动 3 种模式,但是总体的工艺流程是相似的^[4],如图 3 所示。分别简述如下:

(1) 手动模式 程序以手动面板来操作,包括手动开合模、手动注射、手动顶出、手动调整模厚、手动调节注射座的前后移动等。

(2) 半自动模式 按下半自动按钮,自动锁模并判断注射电机的位置,如果已到达计量位置则自动开始注射,如果未到达则开始计量(同时塑化),完成设定塑化注射量后开始注射;完成注射后电机以力矩模式进行保压,经过设定的冷却时间后,打开

模具,同时顶出,程序运行结束;此时如果要继续下一次的注塑,需要再次按下半自动按钮。

(3) 自动模式 与半自动模式基本相同,不同之处在于自动模式的工作过程是连续的,完成一个注塑周期后,经过设定的等待时间,自动进入下一个周期,只有关闭自动按钮时才会停止工作。

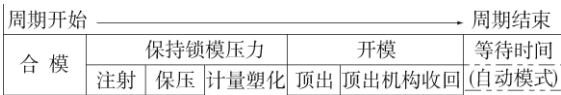


图 3 注塑成型的工艺流程

1.4 软件结构概述

从主要工艺原理可以看出,全电子注塑机控制系统主要需要解决两大问题,一是如何提供高精度的运动控制,具体来说就是位置控制、速度控制、力矩控制及如何在这几种模式之间进行切换。二是如何解决 I/O 尤其是模拟量(如温度、压力等)的精确控制。

基于软 PLC 的运动控制技术取代以前的控制器和 PLC 硬件,它的独立硬件主要是 I/O 模块,将现场信号转换成计算机可以接受的信号电平,同时可把计算机的信号电平转换成控制部分所需要的电平。利用基于 SERCOS 接口的 I/O 输入输出模块,包括上述功能及软件 PLC 的定时和计数等,都可在计算机内由软件来实现,提高了系统的可靠性及性能价格比。

软件系统根据注塑的工艺过程,尤其是压力、温度等重要参数的变化情况来设计。由于各种环境因素的影响,以及注塑生产的各种原材料的性能不同,设计中应保证注塑过程中的各种参数可以在线设定及修改。总体上分为以下几个模块,即初始化、启动加热(温控)系统、注射位回零、选择操作模式、在线参数监控、轴组状态处理等。

本系统的 PLC 程序编写使用德国 3S 公司的 CoDeSys 软件,它是自动控制系统的开发工具,是基于 IEC61131-3 标准定义的,适用于工业控制器和 PLC 组件的编程工具。它支持 IEC61131-3 标准中的 5 种语言,即梯形图(LD)、指令表(IL)、结构文本(ST)、功能块图(FBD)和顺序功能图(SFC)。当系统中安装了 CoDeSys 的 SP-RTE 编译器,并加载 SERCOS 控制卡后,计算机即相当于一台高性能的可编程控制器(PLC),不需要其它的组态软件就可以实现可视化。此外,CoDeSys 中的 Softmotion 集成了运动控制功能,在 SP-RTE 系统中加载后,即使

没有连接硬件,也能实现对程序的编译、设置断点、单步调试及仿真。

使用 CoDeSys 软件编写的运动模块结构如图 4 所示。

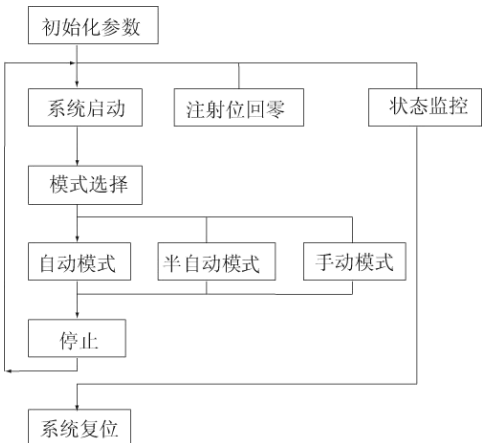


图 4 运动模块结构示意图

2 人机界面(HMI) 的设计

除了利用 CoDeSys 编写程序外,可以调用 CoDeSys 的 Visualization 中的各种仿真模块,建立运动控制界面,当程序编译通过后,不连接硬件也能观察各轴的运动。

人机界面(HMI) 的图例如下。其中图 5 为伺服诊断界面,可以实时观察各伺服电机的状态,选择操作模式,出错时能提示错误类型,且能对错误状态进行复位。图 6 为过程监控界面,可以实时监控注塑过程中的各种参数。此外,还可以根据需要在温度设置、注射设定等控制界面。

3 结语

在实际应用中,当系统扫描时间为 3 ms 时,最大注射量达到 80 cm³ 的制品其成型周期能够控制在 10 s 以内,且精度符合要求。这表明在基于开放式数控技术的 SERCOS 接口的基础上,利用软 PLC

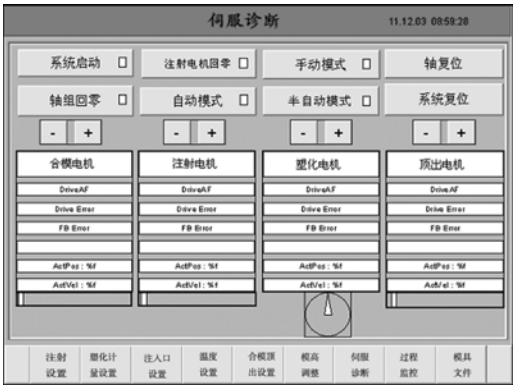


图 5 伺服诊断界面



图 6 过程监控界面

实现了运动的高速、高精度控制。该设计采用当前应用广泛的总线系统并去除了特别的控制硬件,具有更好的开放性,其成功实现为注塑机的全电子控制及精密注射成型提供了一种新的可借鉴的方法。

参 考 文 献

1 陈卫福,杨建武.开放式数控系统及 SERCOS 接口应用技术.北京:机械工业出版社,2003.
2 康存锋,费仁元,陈卫福.开放式数字运动控制结构及 SERCOS 接口技术.机电产品开发与创新,2003(1):60
3 康存锋,陈卫福,黄旭东,等.基于 SERCOS 技术实现高速高精度运动控制.制造技术与机床,2002(6):8
4 郭广思.注射成型技术.北京:机械工业出版社,2002.

THE CONTROL SYSTEM DESIGNS OF FULLY ELECTRIC INJECTION MOULDING MACHINE BASED ON SOFT PLC

Fang Qinghua, Kang Cunfeng, Ma Chunmin, Zhu Xiande, Wang Lili
(Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

ABSTRACT Based on the summarize of SERCOS serial real-time communication system technology, the paper introduce the control system of fully electric injection machine is developed by using soft - PLC and SERCOS. The hardware and software structure which are realized for controlling the high speed, high accuracy motion are analysed, and the HMI design are also introduced. In parctical application, the molding period can be dominated in 10 seconds when the system cycle-time is 3ms and the max injection volume is 80 cm³. Accuracy of product is satisfactory. It provide a feasible technique for the design of control system of fully electric injection machine.

KEYWORDS fully electric, injection moulding machine, soft PLC, SERCOS