

注塑机实现 PLC 机械控制改造的研究^{*}

王锦红

(广州城建职业学院, 广东 广州 510925)

摘要: 介绍了注塑机作为塑料制品生产的常用机械设备所具有的生产工艺流程, 并在此基础上分析注塑机的结构和其核心控制系统的作用, 提出传统控制系统缺陷, 探寻有效的机械控制改良方法。对比传统机械控制系统和可编程过程控制器 (PLC), 着眼于 PLC 在工业生产运用中的优势, 分析其结构和组成并讨论具体的设计方法。以一台老式注塑机进行 PLC 机械控制改造为例, 阐述其可能出现的问题并提出有效解决方案。

关键词: 注塑机; 可编程过程控制器; 自动调模

doi: 10.3969/j.issn.1005-5770.2016.06.019

中图分类号: TQ320.5

文献标识码: B

文章编号: 1005-5770 (2016) 06-0073-04

Development of PLC Machine Control by Injection Molding Machine

WANG Jin-hong

(Guangzhou City Construction College, Guangzhou 510925, China)

Abstract: This paper introduced the production technology process of the injection machine as a commonly used machinery and equipment for the plastic products production. On the basis, the structure of injection molding machine and the function of its core control system were analyzed. The defects of the traditional control system were proposed and effective improvements for the mechanical control were investigated. By comparing the traditional mechanical control system with programmable logic controller (PLC), the advantages of PLC used in industrial production were emphasized. And its configuration and composition were analyzed and the design methods were proposed as well. An old injection molding machine was used as an example for PLC machine control reform. The problems and effective solutions were analyzed.

Keywords: Injection Molding Machine; Programmable Logic Controller; Automatic Mold Adjustment

塑料作为一种新型材料, 已经与钢材、水泥和木材共同组成新的四大基础原材料, 塑料产业已成为我国轻工业支柱产业之一, 其发展速度和经济效益均取得了令人瞩目的成绩^[1-2]。注塑成型技术是塑料生产最主要的技术之一, 包括热塑成型和热固成型^[3]。注塑机是注塑成型所需设备, 其技术参数和性能参数对塑料产品质量有着决定性的作用, 因此对注塑机性能的不断探究必定会为塑料制品质量的完善和产品的开发创造有利条件^[4]。注塑机是一种机电液一体化系统, 传统注塑机的控制系统存在生产效率低、次品产出率高、后期维护困难以及产品适用范围窄等问题, 难以满足现代塑料产品需求多样化的趋势^[5]。然而进口注塑机属于贵重产品, 大多数国产企业难以接受直接将老式注塑机淘汰的做法, 因此亟需寻求一

种老式注塑机改造方法, 一方面能够充分利用注塑机使用寿命, 另一方面也可提高老式注塑机使用性能^[6]。

目前使用可编程过程控制器 (PLC) 实现注塑机的机械控制改造是最常用且最有效的注塑机改造方法之一。本文基于注塑机和可编程过程控制器工作原理, 对老式注塑机实现机械控制改造过程进行研究。

1 注塑机工作原理

1.1 注塑机工作过程

注塑机工作大致过程为: 首先将塑料颗粒状物料装入螺杆筒中, 物料通过螺杆向前传送, 在传送过程中逐步被压缩且加热成熔融状, 形成黏滞性较高的半流态物质; 接着将该熔融物在一定压力下通过注射喷嘴进入模具型腔中, 并保持足够压力以防止熔融物质

^{*} 2015 广东教育教学成果奖 (高等教育) 培育项目, 广东省教育科学“十二五”规划 2014 年度教育信息技术研究项目 (编号 14JXN008)

作者简介: 王锦红, 女, 1972 年生, 博士, 副教授, 研究方向为模具技术、机械设计制造及其自动化。

流出,同时需适时补充物料;随着物料的冷却凝固,即可脱模并进行下一轮循环。注塑机的注塑工艺过程见图 1。

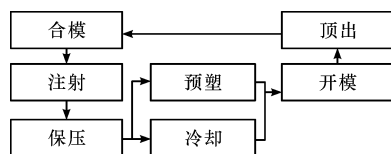


图 1 注塑机注塑工艺流程图

Fig 1 The flow diagram of injection molding

1.2 注塑机结构与控制系统性能要求

注塑机包含的主要部件包括注塑模具系统、保压设备和控制系统,其中模具形态根据产品种类而定,分动态模板和定态模板两大类;保压设备具有两种不同的部件形式,机械形式是液压系统直接驱动动态模板,机液结合形式是依靠液压系统推动机械系统再驱动动态模板来实现;控制系统包括注射控制、液压控制、电气机械控制等。

早期的机械控制主要通过电磁继电器来实现,然而这种通过电磁铁电流来控制注塑机整体运作的手段在使用过程中效果并不理想,容易出现反应速度慢、控制不够精确等问题,且后期维护投入多,难以运用于大规模产业化生产中^[7]。目前由于注塑机注塑工艺流程限制,要顺利完成注塑工艺过程中复杂多变的动作以及应对波动压力变化,注塑机机械控制系统应满足以下要求:

1) 能够适当调节开、合模速度,例如开模时和距离完全合模一定距离时需要较高的运动速度,而快要到达合模时则需要将速度减缓以防止冲击碰撞破坏模具。

2) 能够为注塑系统提供足够的合模力,防止因模腔内部压力过大引起模具闭合后出现缝隙,导致塑料成品产生溢边等现象。

3) 能够调节注塑座位置,注射过程中机械控制压力要维持稳定以防止模具与注射口之间的缝隙发生物料泄露,所以注塑座位置应能够根据推力需要前后移动。

4) 能够调节注塑过程压力及速度变化,注塑过程需利用压力维持稳定状态以保持物料凝固过程中的紧密型和精确性,同时不同塑料产品注塑过程模具浇注系统工艺要求不同,所要求的压力及速度大小也不同,因此要求注塑过程压力及速度变化可调。

5) 脱模过程稳定,塑料产品冷却脱模是整个注塑过程最后一步,此时产品已基本成型,因此脱模过

程应在稳定而温和的条件下进行以保护产品。

传统的控制模式已经无法满足注塑机精确复杂的控制要求,因此考虑使用可编程控制器对注塑机机械控制系统进行改造。

2 可编程过程控制器的原理和设计

2.1 可编程过程控制器及其系统组成

可编程过程控制器(PLC)是现代工业自动化进程中一种重要的电子控制系统,它可以通过数字运算操纵存储器内部程序,从而进行循序控制及逻辑运算等过程,根据指令模拟机械生产过程,是一种安全可靠的操作系统^[8]。PLC 顺序控制具有诸多优点,包括编程控制操作简便,灵活性强,适用于各种不同要求的生产线路,使用过程中后期维护投入少,不易被其他信号干扰等,因而被广泛运用于大规模工业生产中。

PLC 作为一种可编程的电子系统,其组成可划分为硬件和软件两个部分。其中硬件系统的核心是中央处理器(CPU),其次还包括外部存储装置、输入输出装置信号连接装置、电源及其他外部设备等。软件部分主要有两个程序:一是应用程序,用户可以按其语言要求自由编写应用程序,以此来实现过程控制,该程序一般固化后存放于可擦除可编程只读存储器(EPROM)中或者直接存放于随机存储器(RAM)里;二是监控程序,一般用来监控应用程序的执行情况,并诊断编程器的运行状态,该程序是固化于只读存储器镜像(ROM)中。

2.2 注塑机 PLC 程序设计及编程步骤

常用 PLC 程序设计方法包括梯形图、流程图、逻辑图等。其程序设计内容包括机械动作时序、顺序图、输入输出分配、计数器和定时器分配、内存分配、程序输入及编码表等,具体流程为:首先在进行基本分析和构思后绘制机械操作流程,即时序图,使用特定计算机程序语言对时序图进行转换描述,接着在编排好输入输出及存储地址等内容后编写完整代码。需要注意的是,在 PLC 系统中,梯形图可自动转换成编码,因此梯形图在 PLC 系统中的应用更普遍,而其他代码则需经过技术人员手动转换才能用于 PLC 系统,这也体现了 PLC 系统的开放性和可操作性,使系统易于维护和使用。

注塑机 PLC 程序具体编程步骤为:1) 确定 PLC 输入输出属性并按其属性的不同进行分类,分类后编号以确定输入输出的数量,将数据绘制成输入输出属性图表。2) 绘制 PLC 时序图,即注塑机机械操作程序图和流程图,PLC 时序图是注塑机工艺流程在

PLC 编程上的体现依据。3) 根据 PLC 输入输出属性及时序图, 结合注塑机本身气电原理进行编程, 即绘制梯形图。根据注塑机电气原理图建立注塑机内部继电器属性, 并将该属性转化成 PLC 程序能够识别的逻辑符号, 进而利用 PLC 进行编程。

3 注塑机实现 PLC 机械控制改造

本文以一台老式电控系统控制的注塑机为例, 对其进行基于 PLC 的机械控制改造, 该注塑机控制系统老化严重、维修困难、严重影响塑料制品的生产工作。

3.1 PLC 控制系统结构

注塑机的核心控制系统包括液压控制系统、电气控制系统等, 该系统能够操纵整个注塑机的运行工作, 实现对运行速度、时间等动作要素的精确控制。若将该控制系统改造为 PLC 系统, 输入端应为控制面板、传感器等、输出端为液压阀等, 当对控制面板进行操作或传感器感知的物理条件有所改变时, PLC 将会做出相应指令, 控制液压系统压力、速度等因素, 从而达到改善注塑机系统运行性能的目的。注塑机 PLC 系统框图如图 2 所示。

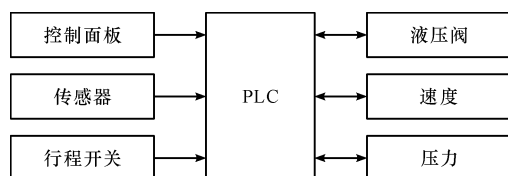


图 2 注塑机控制系统框图

Fig 2 Block diagram of injection modeling machine control system

3.2 PLC 控制系统设计

该 PLC 硬件控制系统将可选择手动、全自动和半自动三种模式, 整个程序以顺序控制为主。其中当设置开关转到手动工作方式, 则可人工控制按钮设定当前步骤注塑机的操作, 包括持续时间、运行速度和压力值等, 该步骤运行结束后, 液压系统自动停止运行, 需手动设定才能进入下一道工序。当设置开关转到半自动工作方式, 经过人工设定后, 系统将自动运行一周, 但一周结束后便停止生产, 并不循环运行, 如需继续使用则要再次手动设定开启。当设置开关转到全自动工作方式, 则只需启动系统后按设定程序拨动控制面板上的按钮, 系统便对当前设定的操作自动循环进行, 其步骤之间的协调由传感器自动控制。

具体输出指令包括: 1) 合模: 动态模具移动距离、速度及合模时间; 2) 注射: 注射口移动速度和

时间, 注射物料压力和速度, 同时检测注射口与模具之间是否密闭; 3) 保压: 对模具内物料压力、冷却温度进行检测, 同时需根据材料情况设定补料; 4) 顶出: 设定合适的顶出压力和时间, 防止塑料制品损毁; 5) 开模: 检测工作完成自动开模, 时间速度要求较合模低。

根据本次生产所需功能, 注塑机设计 PLC 控制系统的输入输出操作如图 3 所示。

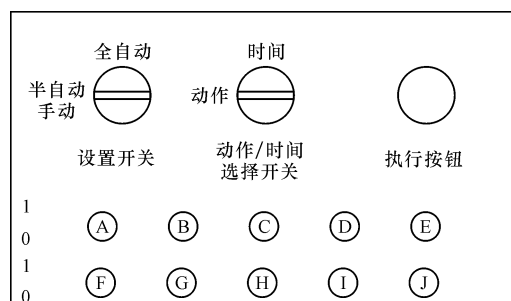


图 3 控制面板示意图

Fig 3 Control panel sketch map

根据图 3 的控制面板所示, A ~ J 按钮有 1、0 两种可操作状态, 拨动按钮以各按钮的状态组成一组二进制数字, 换算成十进制数可代表某种动作或时间。举例来说, 在设置开关拨动到手动状态, 时间/动作旋钮转到动作时, 代表可设定手动操作的动作参数, 即使可以使控制系统发出相应操作命令, 此时 A ~ J 的不同操作状态可代表合模、注射、保压、顶出等工艺流程的步骤数。若 D 和 E 同时在 1 状态, 则代表讯息 0011, 转换成十进制数 3, 即执行动作 3, 再根据 PLC 程序设定中 3 的具体含义执行相应操作。另外, 在时间/动作旋钮指向时间状态时, 则 A ~ J 的 1 或 0 状态代表当前操作需要维持的时间。当设置开关为手动模式时, 则 A 的状态改变可调整机械运行压力, 若 A 处于 1 状态则液压系统压力较大, 处于 0 状态则液压系统压力较小; F 的状态代表运行速度, F 处于 1 状态则机械运行速度较快, 处于 0 状态则机械运行速度较慢。该 PLC 控制系统所需的输入输出点数不多, 因此选用小型 PLC 控制系统即可。

本次注塑机的机械控制改造目的在于将原本难以适应多元化产品需求的传统控制系统改造为便于维护和能够按产品需求调整的控制系统, 因此重点研究了软件设计过程中自动调模的实现。

此次程序设计所用 PLC 系统梯形图包含合模、注射、保压、顶出及自动检查并修正等多个模块, 且可以直接作为编码在系统中运行。当计划生产多种不同注塑制品时, 所用模具不相同, 因此这些模具在合

模过程中会出现不同需求,且这些需求可能会差异很大、缺乏规律。正常情况下动态模板向静态模板靠拢时,动态模板运动到位时恰好镶嵌其中的公母模板完全合拢。但若控制过程出现问题,则可能会导致:1) 动态模板向静态模板靠拢时,动态模板已运动到位,可公母模板还未合拢,即动模板位移不够,导致合模产生缝隙,会导致次品产生。2) 动态模板向静态模板靠拢时,动态模板还未停止运动前公母模板已经合拢,动态模板继续高速向前运动则会产生机械碰撞,严重时损坏注塑机。

所以自动调模系统应能够自动分析出现问题的状态并给出相应反应,包含自动获取动态模板的合理运动速度和距离,然后按该获取数据进行快速而准确的移动。确定自动调模起始时间后,可运行自动调模程序,步骤如下:

(1) 运行现用合模程序,观察动态模板前进过程中与静模板的结合和公母模板结合之间的关系,判定其状态,根据其状态调整动态模具运动起点位置,将该位置作为编程依据。

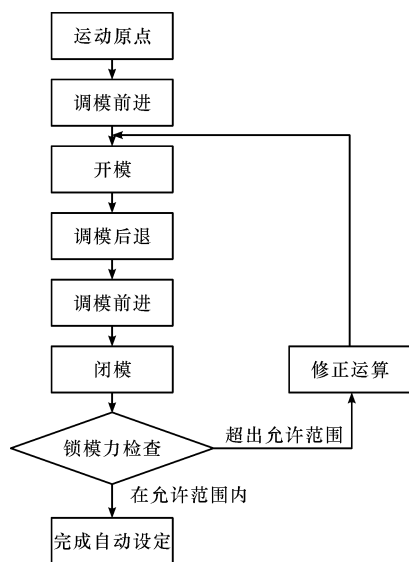


图4 程序设计流程图

Fig 4 Flow diagram of program design

(2) 观察分析新模具的形状和尺寸,得出其复杂程度和闭合所需压力(锁模力),将新模具安装在动、静态模板上,压力设定为计算得出的理论锁模力,运行合模步骤,得出一实测锁模力值,对比分析

理论锁模力和实测锁模力来计算调整距离,该距离可以用脉冲数来标定。反复进行这样的开、合模并测算实际锁模力及调模距离,直到实际锁模力与理论锁模力的相对误差小于一定数值。若原本调整距离过小,则可将动态模具运动起点位置定的远些,足够的距离将使自动调模操作性更强,得到的结果也更加可靠。一般来说在5个循环之后自动调模基本能够准确完成,具体操作参考图4所示。

4 结语

介绍了PLC可编程过程控制器在注塑机的机械控制改造中的运用。PLC系统以其方便快捷、精确度高、易维护等优势,实现了将配备传统控制系统的老式注塑机改造成适用于多元化产品诉求的新型PLC机械控制注塑机,大大提高了企业生产效率,降低了次品产出率,并且减轻了企业后期维护工作负担。由此实践可以看到PLC可编程控制器在改造注塑机机械控制系统中的重要作用,可以为今后需要采用此技术的工作提供参考。

参考文献

- [1] 曹菁,金卫国,洪雪峰. 基于PLC和触摸屏的注塑机控制系统研究[J]. 机电产品开发与创新, 2007, 20(6): 184-185.
- [2] 许焰,李钢. PLC在注塑机电气控制系统改造中的应用[J]. 数控技术: 机械工程师, 2007, 23(4): 78-80.
- [3] 倪卫涛. 基于PLC控制的注塑机自动调模的实现[J]. 机电工程, 2006, 23(10): 55-57.
- [4] 向鹏,李绣峰. 基于PLC的注塑机控制系统改造[J]. 机电工程技术: 设备应用与改造, 2006, 35(4): 67-69.
- [5] 杨轶霞. 变频器和PLC在注塑机电气化改造中的应用[J]. 自动化与仪器仪表, 2015, 37(9): 138-139.
- [6] 张文利. 基于PLC的注塑机控制系统改造[J]. 机电产品开发与创新, 2010, 23(1): 156-158.
- [7] 唐立伟,祖国建. 基于PLC注塑机温控系统的研究和实现[J]. 太原师范学院学报: 自然科学版, 2007, 6(4): 82-85.
- [8] 何志朋. 变频器和PLC在注塑机中的节能改造应用[J]. 北京电力高等专科学校学报: 自然科学版, 2011, 8(15): 34-38.

(本文于2016-04-08收到)

欢迎订阅《塑料工业》杂志!