

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2012.01.016

基于软 PLC 的总线型全电动注塑机控制系统设计

孙正昌¹, 李培杰¹, 董天舒², 冯志远²

(1. 清华大学新材料国际研发中心, 北京 100084; 2. 力劲集团深圳领威科技有限公司, 广东深圳 518109)

摘要:介绍全电动注塑机新型控制系统的设计方法。硬件架构采用软 PLC 和 CANopen 总线搭建。软件设计借鉴面向对象的思想,采用 UML 建模,用符合 IEC61131-3 标准的编程工具 CoDeSys 实现代码。此外还介绍了多任务划分的经验和技巧。经测试验证,这种新型控制系统满足工艺生产的需要,并且具有强大、高效、简洁、灵活的优点,非常具有推广价值。

关键词:软 PLC; 全电动注塑机; CANopen; IEC 61131-3; UML

中图分类号: TP273

文献标识码: A

文章编号: 1001-3539(2012)01-0062-04

Designs of Soft-PLC and Fieldbus Type Control System for All-electronic Injection Molding Machine

Sun Zhengchang¹, Li Peijie¹, Dong Tianshu², Feng Zhiyuan²

(1. Tsinghua University New Material International Cooperate R&D Center, Beijing 100084, China;

2. Shenzhen Leadwell Technology Co., L.K.Group, Shenzhen 518109, China)

Abstract: A new design method for control system of all-electronic injection molding machine was introduced. Soft-PLC technology and CANopen fieldbus were used to build the main hardware structure. With the object-oriented consideration, UML tool was used to model the software, and CoDeSys was used to do the programming, which is in conformity with IEC 61131-3 standard. The task assignment skill was also introduced. From testing, this kind of control system was proved to be powerful, high-efficiency, simple and flexible, which could fully meet the requirements. This method was of a wide application value and development future.

Keywords: Soft-PLC; all-electronic injection molding machine; CANopen; IEC 61131-3; UML

近年来,我国的塑料机械产业处于高速发展期,注塑机产量已连续 8 年居世界第一位^[1]。但是,我国的产品在国际市场上大都属于中、低端产品,附加值并不高。

全电动注塑机是国际市场上高端机型的代表。其本质特征是所有机构的驱动都是电动式,而非传统的液压式。由于优点众多,这种机型发展势头迅猛。研发具有自主知识产权的全电动注塑机将是我国注塑机产业跻身高端的重要一步。其中,很重要的内容是控制系统的研发设计。

本课题基于一款全电动微型立式注塑机。该机型的机械结构设计新颖:全电式驱动,配有少量的气动机构;熔射胶分离,高精度螺杆熔胶,柱塞自下而上射胶,如图 1 所示。该机型的原控制系统由于架构及技术不合理、电气设计复杂等原因,存在着实时性差、稳定性差、精度不足、难以维护和扩展等缺陷。基于这种情况,笔者立足于该机械平台,运用先进的设计方法,重新构建一套强大高效的控制系统,并将改良后的机型推向市场。现将控制系统作一介

绍。

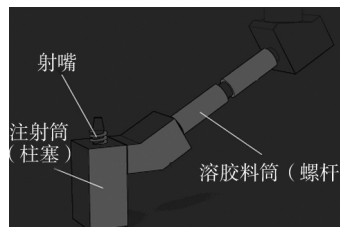


图 1 熔胶与注射机构

1 控制系统硬件架构设计

1.1 软 PLC (Soft-PLC) 技术

传统的基于硬件 PLC 的控制系统虽能够实现各种控制功能,但由于不同厂家的硬件专有性和封闭性,使得扩展和程序移植都比较困难。软 PLC 系统是基于 PC 机开放架构的控制装置,遵循 IEC 61131-3 国际标准。它继承了硬 PLC 在功能、可靠性、速度、故障查找等方面的优点,同时也具有 PC

联系人:孙正昌,在读硕士研究生,研究方向为工业控制系统、设备自动化等

收稿日期:2011-10-28

在开放性、兼容性以及数值处理、通讯网络等方面的优势^[2],因此具有很好的应用前景。

1.2 CANopen 总线型通讯

传统的控制系统中,控制器通过脉冲或模拟量信号向伺服发送指令。随着现场总线技术的发展,当系统中出现多个智能设备时,总线型通讯成为了更优选择。它具有传输效率高、实时性好、稳定性和抗干扰能力强等优点。目前伺服产品支持的总线型通讯端口主要有 CANopen, Sercos, EtherCAT 等。通过对功能和价格的权衡,笔者采用 CANopen 现场总线。CANopen 是世界上应用最广泛的工业现场总线之一。

在选择总线类型时需保证总线上的峰值数据量在波特率允许的范围内,否则易出现丢帧现象。一般可以先确定电气架构和通讯所需数据帧数量,再对所需的峰值数据量进行估算,最后根据该数值选择合适的总线及波特率。

1.3 架构设计

根据以上分析,设计了新型控制系统的硬件架构,如图 2 所示。

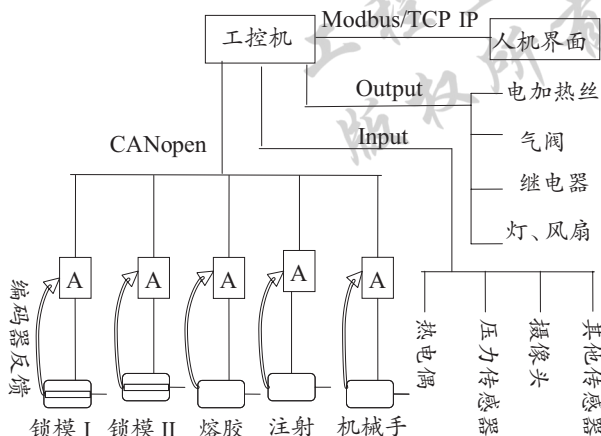


图2 控制系统硬件架构

控制器采用 Automata 公司专为注塑机设计制造的一体化 PC-Based 工控机 OptinJect,该控制器具备优秀的硬件资源和很好的设计弹性。运动控制方面,控制器和各伺服驱动器之间采用 CANopen 总线通讯。温度控制方面,由于 IO 已集成在控制器上,包括热电偶输入端口和继电器输出端口,因此只需将温控功能集成到控制软件中,并将相应信号线接好即可。人机界面方面,OptinJect 自带触摸屏,并通过一根 DVI 线缆(Modbus/ TCP IP 通讯)和控制器连接。这样的硬件构架是专为具有硬实时要求的工业设备设计的,电气系统干净整洁,具有很好的

可维护性和可扩展性。

2 控制系统软件设计

2.1 IEC 611 标准

IEC 61131-3 是国际电工委员会制定的 PLC (硬 PLC 和软 PLC) 标准编程语言。随着该标准的推广,PLC 编程的方式方法在世界范围内得到统一,程序的通用性和可移植性得到了极大的提高。

IEC 61131-3 规定了 PLC 编程时的五种语言,各有特色。图形化语言中, SFC 描述不同状态之间的转换关系,简洁直观,适于描述过程流程以及软件的高层框架; FBD 则适于表现各模块间的信息流关系,以及组合逻辑; LD 是电气关系在软件中的模拟,适合表现逻辑关系; 文本类语言中, ST 类似于 Pascal 或 C,适于描述各种复杂的算法; IL 类似于汇编语言,适于在硬件资源有限或者需要直接控制底层硬件时使用。3S 公司的 CoDeSys V2.3 IDE 支持 IEC 61131-3,用于代码实现。

2.2 软件建模

传统的工控软件是面向过程的,当系统变得复杂时,面向过程的软件将难以处理。面向对象技术是近年来软件领域的一个趋势,并逐渐向工控领域推广。

笔者采用面向对象的思想,并采用统一建模语言 UML 对软件建模。初期任务是需求分析,并绘制用例图,如图 3 所示。

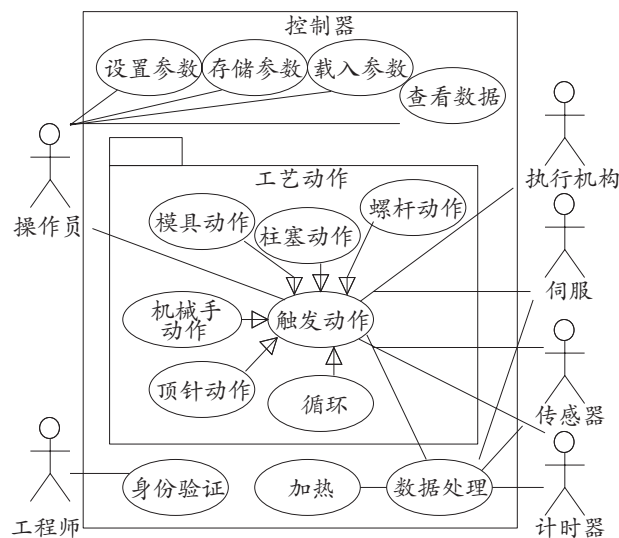


图3 系统用例图

由于工艺动作部分用例较多,为构图简洁,现只将每个执行机构绘制为一个用例。事实是每个执行机构包含数个用例,如模具动作包含校准、锁模、

开模、点动锁模、点动开模等。物理域的静态类图如图4所示,该图中的各元素大都可对应到物理域中

的某一元件。在后续设计中,会将这些类的内容映射到程序模块中。

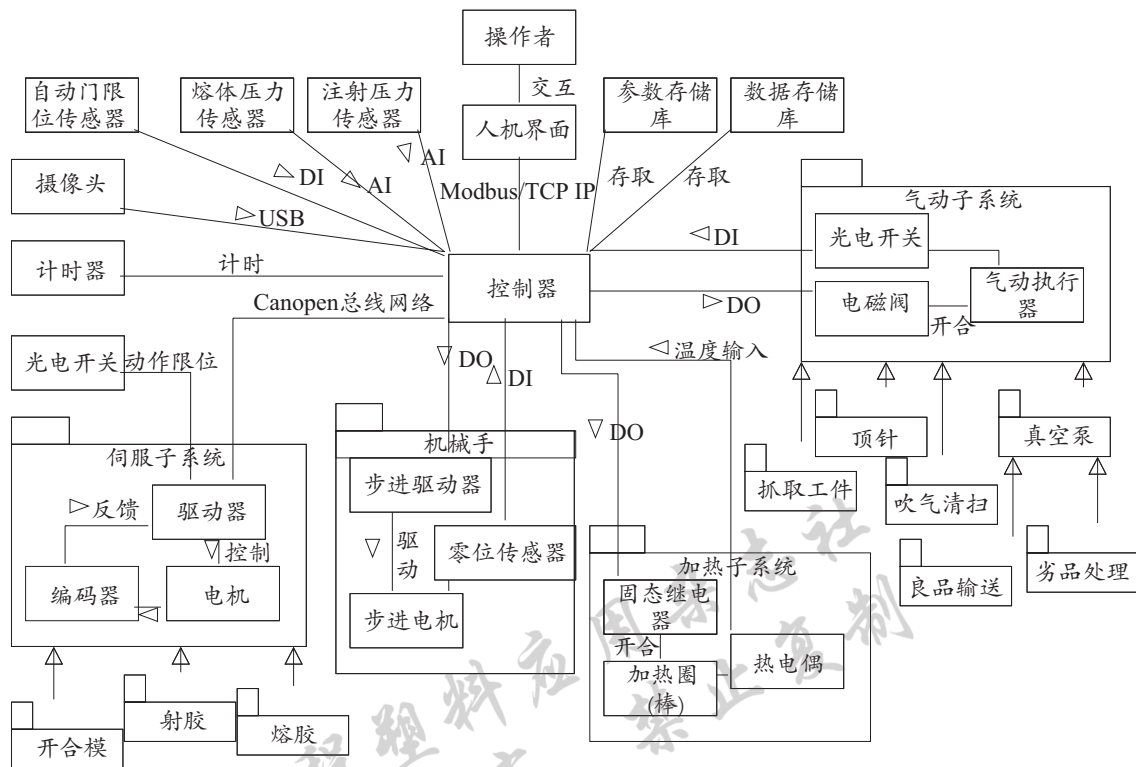


图4 系统静态类图

动态建模方面,首先对各执行机构的状态转换进行分析,并绘制状态图。由于UML中的状态图和IEC 61131-3中的SFC语言有很多共通之处,因此在程序的实现阶段,从状态图转换为SFC程序很方便。由于同一个执行机构应根据不同的指令执行不同的动作,于是在其状态图中将不同的动作序列设计为不同的分支(选择结构),根据特定的指令跳转到相应的分支去执行。又为每个执行机构的各个动作绘制了对应的通讯图(交互图)。图5为执行机构“螺杆”的状态图,有两个动作序列:熔胶和清料。

在注塑机的自动循环模式下,应尽可能缩短生产周期,提高工作效率。方法一是提高各执行机构的效率,缩短其所占周期比例,但潜能有限。方法二是在不引起干涉的前提下,尽量让执行机构同时工作。因此,在设计“循环”的状态图时,应充分利用状态图和SFC中的“并行结构”来模拟现实中的动作同时执行,如图6所示。其中锁模和熔胶是并行的;开模和柱塞顶出浇口的动作是并行的;柱塞退回和顶针、取件动作是并行的。

需要注意的是,由于所用的注塑机结构与传统的注塑机结构有较大差异,因此该设计方法可以借

鉴,但具体细节应因地制宜,灵活处理。

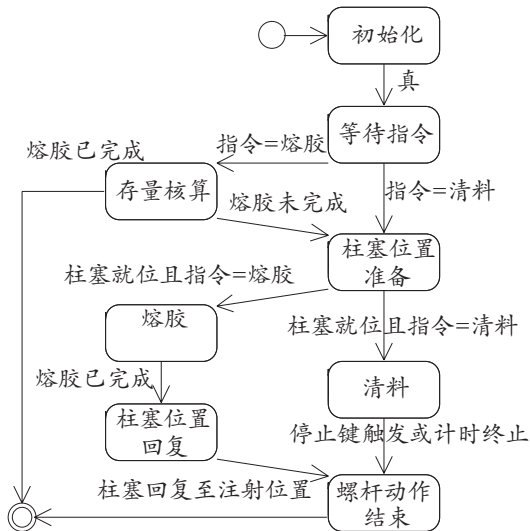


图5 螺杆状态图

2.3 任务划分

当设计复杂系统软件构架时,将程序模块划归到不同的任务是非常重要的工作。划分的依据是程序模块的优先级和运行周期,但二者具有一定相关性:优先级越高,对实时性的要求也越高,运行周期就越短。

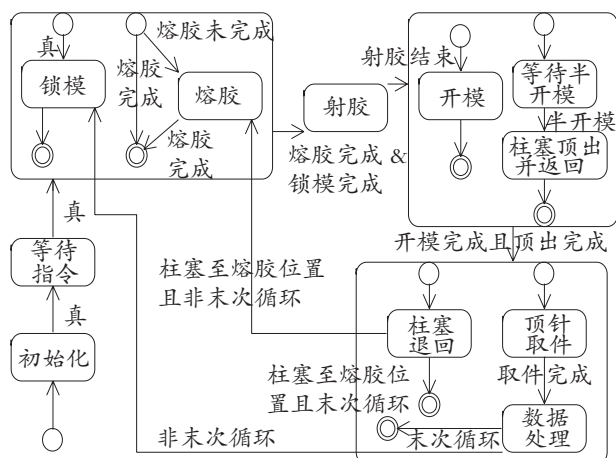


图6 自动循环状态图

由于各任务在调度时会消耗操作系统资源,因此不能设置过多任务,应将内容相关的程序模块划归到同一个任务中。当两个程序模块优先级相同,但运行周期不同时,可先把两周期中较短者,设定为所属任务的基准周期;再根据两周期的倍数关系,在任务中对执行次数计数,当达到两周期的倍数关系时才调用一次长周期的程序模块。例如, A 模块的周期是 B 模块的 5 倍,则可在所属任务中计数,每当 B 模块执行第 5 次时,才调用 A 模块执行一次。

分析系统的功能需求对应的软件模块,将其划分到五个任务,如表 1 所示。

表 1 任务划分

任务	内容	优先级	周期/ms
TaskHigh	底层运动控制	1	1
TaskMain	系统、运动控制的逻辑部分、其他	2	10
TaskCAN	CAN 通讯异常处理	3	1
TaskModbus/TCP	Modbus/TCP 通讯处理	4	10
TaskLow	温度控制	5	50

运动控制和工艺动作的表现直接相关,因此是软件设计中最重要的一部分。由于底层的运动控制(如同伺服的位置闭环控制)对于系统的响应性要求很高,因此周期必须很短,取 1 ms。如果将所有运动控制相关的程序模块都放到该 1 ms 任务中,那么任务很可能负担过重,无法在一个周期内执行完成。基于以上考虑,在 TaskHigh 中处理对实时性要求非常高的部分,而将对实时性要求稍低的模块划归到周期为 10 ms 的 TaskMain 中。当操作者触发动作按键时,信号被系统接收后首先在 TaskMain 中进行组合逻辑处理,即判断该运动在当前情况下是否允许执行。只有该动作被允许时,才能通过 TaskMain 中

某变量的置位来同步触发 TaskHigh 中的动作控制模块。即实质性的动作控制模块在 TaskHigh 中,而触发该模块的组合逻辑模块在 TaskMain 中。这样能够较好地处理程序负载过重和实时性要求高的矛盾。

2.4 人机界面设计

在人机界面设计中,主要考虑了以下几点:(1)直观,操作简单、方便;(2)功能和信息齐全;(3)界面整洁、美观。另外,普通操作者和工程师在使用该软件时涉及的权限有所不同,应区别对待。温度控制界面如图 7 所示。

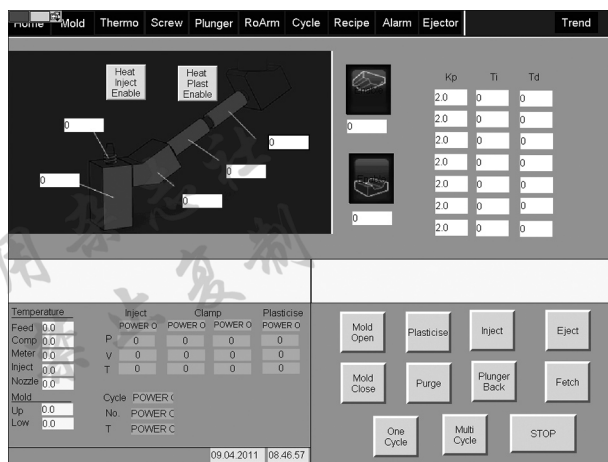


图7 温度控制页面

3 结语

经测试发现,使用上述方法设计的控制系统,具有反应快速、高效、稳定、模块化强、易维护、易扩展等优点,能够满足工艺需要。同时也验证了,这种基于软 PLC 技术和总线型的硬件架构,以及采用面向对象思想、系统建模和 IEC61131-3 语言实现的软件体系,是强大而灵活的,非常具有推广价值。

参考文献

- [1] 林宏权,蒋卫东,林达. 全电动式注塑机的发展现状及展望[J]. 塑料工业, 2005, 33(4): 1-4.
- [2] 时永刚,杨建武,康存锋,等. 软 PLC 在全电动注塑机控制系统设计中的应用[J]. 微计算机信息, 2006, 22(10-1): 18-22.
- [3] 方庆华,康存锋,马春敏,等. 基于软 PLC 的全电子注塑机控制系统设计[J]. 工程塑料应用, 2006, 34(4): 58-60.
- [4] 容启亮. 立式微型注塑机[P]. 中国专利: ZL 200820007206.7, 2009-02-18.
- [5] 钟汉如. 注射机控制系统[M]. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [6] 蔡恒志,谢树清,王文广. 注塑操作工(初、中级)[M]. 广东: 广东省出版集团广东科技出版社, 2008.