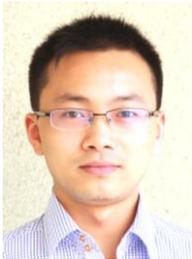




差压铸造液面加压控制系统设计与程序实现

邹文兵 侯正全 李宝辉 陈 斌
(上海航天精密机械研究所, 上海 201600)



摘要: 从差压铸造工艺原理出发, 构建了由工控机、PLC、IPC 系列工控板卡组成的液面加压控制系统。基于工控板卡的 DLL 技术, 采用增量式 PID 算法, 在 MFC 平台下编制了控制程序。现场调试结果表明, 本文构建的控制系统能根据设定的工艺曲线控制电磁气动阀门的开闭及调节阀的开度大小, 满足差压铸造浇注过程对实时性的要求。

关键词: 液面加压; 系统设计; 程序实现

Design and Program Realization of Counter Pressure Casting Pressure Loading Control System

Zou Wenbing Hou Zhengquan Li Baohui Chen bin
(Shanghai Spaceflight Precision Machinery Institute, Shanghai 201600)

Abstract: Pressure loading control system is the nucleus of counter pressure casting system. According to counter pressure casting principles, this article designed a pressure loading control system, which consisted of IPC, PLC and IPC cards. Based on DLL technology, the system was built up under MFC platform. Practice debugging results showed that the system can realize real time control and satisfy production requirements.

Key words: pressure loading; system design; program realization

1 引言

差压铸造是一种反重力铸造工艺, 该工艺使合金液从下而上充填型腔, 并在压力下结晶成型, 兼有低压铸造和压力釜铸造的优点^[1, 2], 特别适合生产气密性和内部质量要求高的铸件。航空航天产品的镁合金、铝合金舱体采用了该工艺, 在型号研制和生产中发挥了重要作用。

液面加压控制系统是差压铸造设备控制系统的核心^[1]。工艺人员根据合金铸造性能、铸件结构和技术要求等工艺因素设计出合理的差压铸造工艺曲线后, 由差压铸造设备自动完成浇注, 浇注过程能否按

照设计的铸造工艺曲线执行, 完全依赖于液面加压控制系统性能及其控制精度, 这极大地影响最终产品质量^[3]。型号产品舱体为 I 类铸件, 内部质量要求高, 100%进行 X 射线检验。因此, 液面加压控制系统的控制精度对铸件合格率的影响非常大^[1]。

2 工艺原理与系统设计

差压铸造的浇注过程包括升液、充型、结壳增压、结壳保压、保压增压、结晶保压、排气卸压等 7 个阶段, 如图 1 所示。 ΔP_1 、 ΔP_2 、 ΔP_3 、 ΔP_4 分别表示各工艺阶段对应的压力差。

作者简介: 邹文兵 (1986-), 在读硕士, 飞行器设计专业; 研究方向: 镁合金差压铸造成形工艺。

收稿日期: 2011-04-29

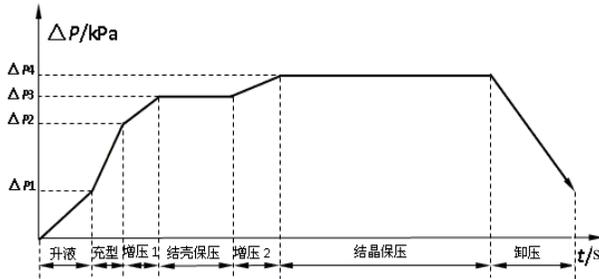


图1 差压铸造工艺曲线 (增压1为结壳增压, 增压2为保压增压)

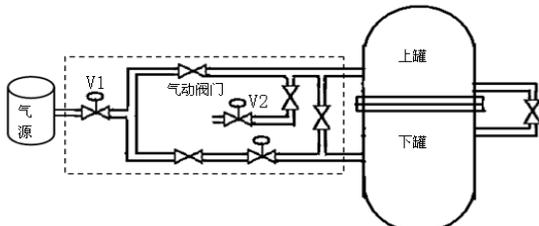


图2 液面加压控制系统示意图

根据工艺原理, 构建液面加压控制系统如图2所示。铸型位于上罐, 合金液位于下罐, 图中虚线框部分是液面加压控制系统执行机构的主要组成部分, 包括电磁气动阀门及调节阀。电磁气动阀门的开闭由PLC控制, PLC从工控机中的工控板卡接收开关量信号, 控制管路的通断; V1、V2两个调节阀从工控板卡接收模拟量指令, 将4~20mA电流信号转换为0~

100%的阀门开度, 通过调节两个阀门的开度大小, 控制管路中的气体流量, 进而控制上下罐体中的压力差。

3 控制策略

PID算法是最早发展起来的控制策略之一, 该算法简单、鲁棒性好、可靠性高, 被广泛应用于工业过程控制。由于本文采用的执行机构V2阀需要的是控制量的增量, 因此本文采用增量式PID控制算法。系统框图如图3所示, 其中 $S_{(k)}$ 表示设定值, $P_{(k)}$ 表示实际采样值, $e_{(k)}$ 为两者之差, $\Delta u_{(k)}$ 为控制量。

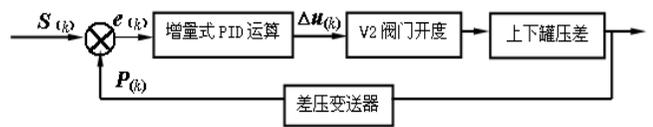


图3 增量式PID控制系统框图

控制算法程序框图如图4所示。本控制系统采样周期设定为100ms, 使用前3次测量值的偏差计算得到控制量 $\Delta U_{(k)}$ 。

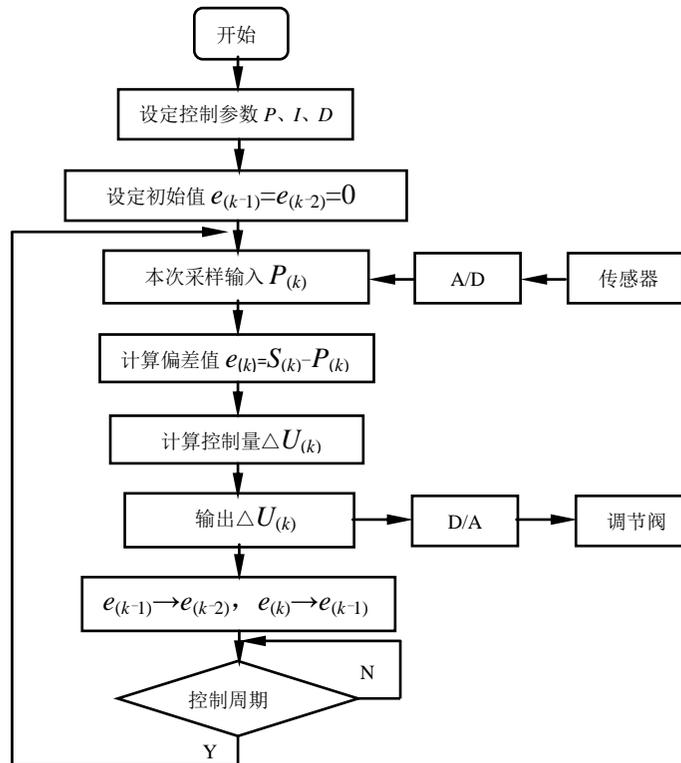


图4 PID算法程序框图

4 MFC 平台下的程序实现

使用 Visual C++ 编制的程序具有代码尺寸小、运行速度快和移植能力强的特点, MFC 是微软公司提供的一种面向对象的可视化编程平台, 它实现了对大多数 Windows API 的封装, 是目前最受欢迎的开发工具

之一。

4.1 控制界面的设计

结合差压铸造工艺规程以及工人的操作习惯, 在 MFC 平台下, 设计了如图 5 所示的界面。通过点击主控面板上的“参数修改”、“差压执行”、“故障诊断”、“数据保存”等按钮, 即可进入相关模块。



图 5 控制系统界面

4.2 基于 DLL 的控制技术

动态链接库 (DLL: Dynamic Link Library) 实质是一种“仓库”, 它提供一些可以直接使用的变量、函数或者类, 是 Windows 的一个标准机制。Microsoft Windows 操作系统本身的正常运行也需要一些关键 DLL 的支持, 如 kernel32.dll、user32.dll、gdi32.dll 等^[4~7]。在工控系统中, 常利用板卡厂商提供的 DLL 中相应函数实现板卡功能^[4]。

函数, 采集现场信号及发送指令, 使用流程如图 6 所示。在编制程序时, 使用 LoadLibrary() 函数加载板卡的动态链接库, 调用其中提供的相关函数, 实现板卡初始化、A/D、D/A、I/O 等功能。在程序结束时, 再调用 FreeLibrary() 函数卸载动态链接库。

4.3 计时器的选用

计算机控制是一种采样离散控制, 是根据采样时刻的输入量来计算控制量。基于 DOS 的控制软件常用时间中断实现时间控制。在 Windows 下直接调用时间中断比较困难。在 Windows 中提供了两种使用定时器的方式, 一种是使用 SetTimer() 函数, 另一种是采用多媒体定时器。第一种方式使用简单, 产生的 WM_TIMER 消息优先级低, 定时精度不高; 本系统采用第二种方式, 虽然多媒体定时器比较复杂, 但是计时精度高, 能满足本系统对实时性的要求^[5~7]。

在控制程序中加载 winmm.lib 后, 调用 timeBeginPeriod() 函数设定定时器分辨率, 然后调用 timeSetEvent(100, 1, Proc, LPTIMECALLBACK lpTimeProc, DWORD dwUser, UINT fuEvent) 函数开始计时, 其中 lpTimerProc 是回调函数, 每隔 100ms 调

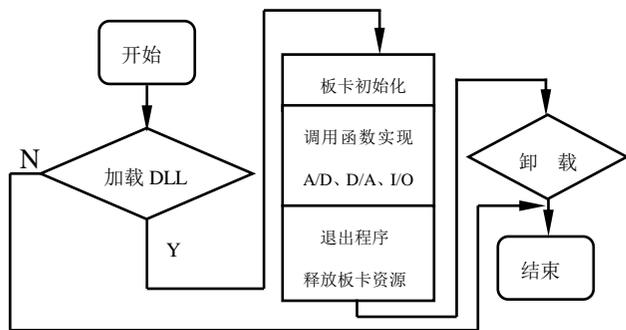


图 6 板卡 DLL 的使用流程图^[5]

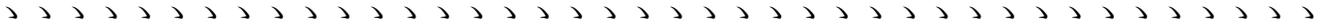
本系统采用康拓工控提供的 IPC 系列产品, 包括 A/D、D/A 及 I/O 板卡。通过调用板卡 DLL 中提供的

用一次，完成数据采集、PID 运算、控制信号输出、过程曲线显示等功能，实现差压铸造工艺过程的实时监控。

任务完成后，调用 `timeKillEvent()`函数删除定时器句柄，然后用 `timeEndPeriod()`函数删除定时器的分辨率，否则占用系统内存太多，系统会越来越慢^[7]。

5 结束语

本文根据差压铸造工艺原理，构建了液面加压控制系统。在 MFC 平台下，完成了 PID 控制算法、界面设计、过程监控等实时控制程序的编制，并设定工艺曲线在设备现场进行了调试。现场调试结果表明，本文构建的控制系统能根据设定的工艺曲线控制电磁气动阀门的开闭及调节阀的开度大小，满足差压铸造浇注过程对实时性的要求。



(上接第 45 页)

来说， $k=0.9$ 。

加强筋的形式也根据承载情况及贮箱结构形式，通过计算确定纵向加强筋和横向加强框的形状、尺寸及间隔距离。加强筋可以通过挤压成型构成整体壁板，也可以采用厚板机械铣加工而成，还可以将加强筋焊接在蒙皮上。

4.3 贮箱制造技术发展趋势

面对发射市场对大型运载器的需求，大型贮箱制造技术越来越被关注，随着基础技术、信息技术、集成技术的发展，制造技术也向可控化、柔性化、集成化方向发展。

贮箱制造过程涉及成型、焊接、热处理、表面处理、化铣、机械加工、铆接、装配、检测等多种技术领域，而这中间成型和焊接工艺是制造贮箱的关键技术。

搅拌摩擦焊、等离子焊、电子束焊等将越来越广泛地应用于贮箱焊接装配中，自动化焊接装配等新型工艺也将日趋成为制造的主力军。成型、机械加工、表面工程等工艺技术的综合应用，可以提高生产效率与产品质量和可靠性。

参考文献

- 1 王友发, 曲万春, 王连齐, 等. 液面加压控制系统在低压及差压铸造中的应用[J]. 特种铸造及有色合金, 1999 增刊, 1
- 2 白富荣, 薛永军. 差压铸造的工艺特点及设备[J]. 铸造设备与工艺, 2009, 6(3)
- 3 沙镇嵩, 韩建民, 李荣华, 等. 差压铸造及其液面加压控制系统[J]. 铸造技术, 2004, 25(8)
- 4 田敏, 郑瑶, 李江全, 等. Visual C++数据采集与串口通信测控应用实践[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010
- 5 汤红忠, 黄辉先, 尹令. VC++DLL 在工控软件设计中的应用[J]. 兵工自动化, 2003, 22(6)
- 6 叶英德, 胡德金, 等. Windows 中的时间控制和软件时间基准[J]. 微型机与应用, 1998, 12
- 7 Charles Petzold. Windows 程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2010

5 结束语

通过对贮箱结构形式和布局的特点分析，并以 10m 直径的土星 V 为例分析了大型贮箱结构特点和制造工艺，从中看出，因大型贮箱工作环境的复杂性、功能的多样性，决定了其不仅是一个结构复杂的多功能的容器，还是一个承力结构件，对其刚性、重量、气密性均提出了较高的要求，这对贮箱结构形式、布局及材料、制造工艺选择提出了更高的要求。因此，在研制大型贮箱时，需开展大量的工艺性试验和研究，确保贮箱结构形式合理、工艺方法可靠、工艺流程规范、制造风险小、可靠性高，从而保证产品质量，确保飞行成功。

参考文献

- 1 И.Н.Пенцак, Теория полета и конструкция баллистических расчет, Москва, Машиностроение, 1974 с 188~190
- 2 Конструкция ракеты Сатурн-V, Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
- 3 熊焕. 低温贮箱及铝锂合金的应用. 导弹与航天运载技术, 2001(6)