

# 智能型减压器试验台的研制

<sup>1</sup>董 飞, <sup>2</sup>周 吉

(<sup>1</sup>西北工业大学, 陕西 西安 710072; <sup>2</sup>西安航天发动机厂, 陕西 西安 710100)

**摘 要:** 主要介绍了基于硬件设备和软件编程基础上的智能型减压器试验台的设计与应用。测试系统保留了最通常的手动操作系统, 增加了全新的自动数据采集系统。试验台可精确、同步测量高入口压力值时的瞬时出口压力值, 同时, 增加了入口压力控制系统, 大大提高了工作效率。

**关键词:** 试验台; 组态软件; A/D 转换; 过程控制

**中图分类号:** V416.8

**文献标识码:** B

**文章编号:** (2005)02-0059-04

## Intelligent test stand for pressure reducer

<sup>1</sup>Dong Fei, <sup>2</sup>Zhou Ji

(<sup>1</sup>Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China; <sup>2</sup>Xi'an Space Engine Factory, Xi'an 710100, China)

**Abstract:** Design and application of intelligent test stand for pressure reducer are presented. The test stand can work both with manual operating system and data auto-recording system. It can measure real-time output-pressure at an elevated input pressure condition with high reliability. The test stand works more efficiently with input pressure control system incorporated.

**Key words:** test stand; programming profiles; A/D converting; process control

### 1 引言

在飞行器燃料供给系统中, 减压阀在指定压力值范围内正确的打开对调整火箭的飞行速度起着至关重要的作用。如果减压阀在飞行过程中没有正确的打开, 将导致发射飞行时推力不够, 后果不堪设想。因此, 对减压阀进行性能检测的检测设备就显得尤为重要。过去的检测一直采用指

针压力表、人工记录的方法, 用手动的方式不断地升高入口压力、关闭控制入口气源电磁阀、人工读数的方法得到试验数据, 费时费力, 而且误差很大。现在改进后的试验台, 采用了目前工业控制领域先进的控制形式, 基于工业控制计算机、面向控制对象的软件编程增加了入口压力控制系统, 使试验台性能大大改善, 实现了试验台测量、记录的自动化。同时, 将民用产品用于军品级的设备中, 降低了成本。

收稿日期: 2004-12-05; 修回日期: 2004-12-30。

作者简介: 董飞 (1966—), 男, 研究员, 研究领域为液体火箭发动机。

## 2 电路系统分析

智能型减压器试验台主要用于测试减压阀的出口压力参数, 根据试验结果数据来判断该减压阀是否符合该型号减压器技术条件中的各项技术指标, 从而判定该减压器装配是否合格。

该试验台主要测试并记录减压器在不同的入口压力时的出口压力值。为了满足这些试验目的, 在设计时将电路分成两部分来考虑: 一部分电路用于控制压缩空气管路系统中的电磁阀; 另一部分电路用于控制减压器出口、入口压力测量系统。所以, 在实际制造中将电路分成两部分来制造, 即可实现该试验目的。管路部分的电路属于常规电路设计, 详细原理不再赘述。

测量系统的电路主要由计算机控制完成, 包括多个控制模块: 继电器控制模块、I/O 控制模块、信号采集与数据处理模块及其他辅助模块。其中, 信号采集与数据处理模块中的 A/D 转换是通过自制的转换卡和可编程的 A/D 卡 PCL-818 实现的。

### 2.1 继电器控制电路分析

该模块主要控制试验台系统中所有的电磁阀的关闭与打开、各类信号指示灯、各种报警等。这一控制模块是自行设计的控制卡, 使设备内部的电器元件井然有序、便于维护, 可以将整个硬件系统中所有需要计算机处理的信号集中在一起, 更有利于进行故障诊断。

### 2.2 I/O 控制电路分析

计算机通过 RS232 串口对继电器控制模块进行实时控制(主要是输入、输出变量), 完成对各种 I/O 量的控制。为了使计算机实现对各种变量的有效控制, 在该模块中对各种输入信号采用了 32 路隔离数字量输入卡 PCL733, 该板卡对各路信号进行了隔离, 有效的保证了各路输入信号的稳定性, 而对各路输出信号则采用了 32 路隔离数字量输出卡 PCL734。这两种板卡是插入式数据采集卡, 并采用了成熟的 ISA 总线, 将所有信号分为输入信号和输出信号使整个系统工作更加有序。

### 2.3 信号采集与数据处理电路分析

试验过程中通过传感器接收信号, 然后经过转换卡, 进入计算机进行 A/D 转换来采集信号。A/D 转换同样也是采用了与 I/O 控制模块同系列

的板卡 PCL-818, 这样可以使系统具有更好的兼容性, 系统运行稳定。PCL-818 具有 12bit 的 A/D 转换, 采样速率为 100K/s, 可以有效的保证信号采集的精度与同步性, 而 16 路单端隔离的信号通道则提高了信噪比。经过处理所得到的数字信号在计算机软件部分中进行后续的数据处理。

在此电路中, 必须实现对动态瞬间变化数据的记录能力, 这在一般的常规电路设计中是难以实现的。采用如上的工业控制计算机使这些问题迎刃而解, 其优越性将在下面的论述中详细阐述。

## 3 方案论证

设计的初级阶段主要是对整体的系统有一个很清晰明确的认识, 使得整个设计从整体入手, 然后才是对局部的技术难点进行攻破。从宏观角度来看, 这套系统就是对两个参数的测量: 入口压力值、减压器出口压力值。从微观角度来看, 传统的测量记录已很陈旧, 无法满足现在高负荷的工作量, 急需提高测量精度与效率, 并要有很强的操作性。因此, 对瞬间压力值的测量与记录将成为重点。本节将集中阐述这一问题。

### 3.1 测试软件设计

为了提高采样速率和精度, 信号采集单元运用单通道的方法、采用同步模式有效的防止了通道间的信号干扰。软件设计采用了组态王的软件平台, 可按照不同型号减压阀技术条件对试验进行功能扩展和发挥。图 1 为本软件程序流程图。

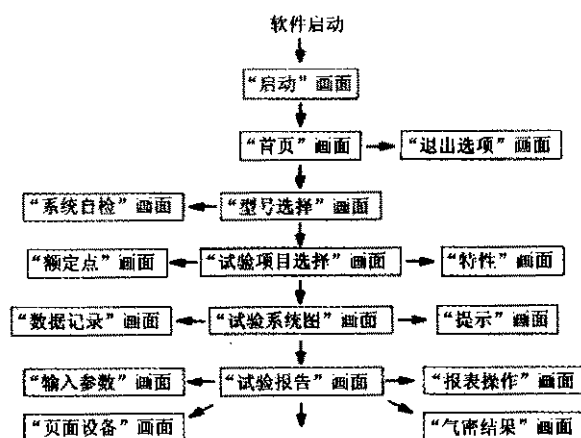


图 1 软件程序流程图

Fig.1 Program flow chart

### 3.1.1 人机界面的设计

智能型减压阀试验系统是对整个试验流程的操作控制,同时实时记录所需数据,试验台所面对的对象是做试验的操作员,因而,用简单的示意性图形已经不足以表示现场复杂的试验过程。该试验台人机界面用更加丰富、生动的画面形象描绘出整个试验流程。如:有气体在管道中经过时,操作者可以看到气体流动的形象图示。

### 3.1.2 软件中变量定义和管理的数据库

组态软件由于购买的版本不同,实际可使用的变量也不尽相同。如何使现有的变量数得到最大限度的使用、不浪费变量点数直接影响着整个软件设计的成本。简单说,就是变量点数用得越少则成本越低,反之,则越高。本测试系统只将所有外部设备的信号输入、输出点列为外部变量,其他则全部用内部变量,大大节约了变量数的使用,降低了设计成本。同时,软件设计完成后,进入运行状态时会维护一个实时数据库,数据库中存放所有变量的最新数据。通过检测变量值的变化,软件改变相应的状态并跟踪报警是否发生。本软件中最为重要的变量就是减压阀的出口压力值,这是取得试验数据的重要信号点,这样的信号点对应的必须是同一个变量,最后所得到的试验数据才具有可比性,才可以作为有效的数据。为保证数据高度的精确性,在采集数据的同时,对其进行了线性处理,这是一种数学方法,可使采样值与实际值更加接近。

### 3.1.3 软件中的精度控制

作为智能型减压器测试系统的软件,不但要做到采集的数据精度有效可靠,还应尽量减小软件与硬件之间的误差。因此,在每次开机时增加了系统自检,以保障每次系统运行时所有硬件都正常工作,同时可自动修正传感器与软件的零点调整。

### 3.1.4 软件中的控制语言

本软件具有很强的扩展性,可对多种型号的减压阀试验流程进行扩展,在编程中使用了多种命令语言格式。这样就可以实现减压阀试验过程中一些细致的调整和扩充功能,并对试验流程进行最精确的控制。

软件的语法是基于 C 语言的语法命令基础,

为了尽可能的不影响计算机的运行速度,在软件中编写了若干个子程序,其中将试验中所需的 7 张试验数据表格分别作为独立的子程序,对入口压力的检测也做成独立的子程序。软件中还编写了其他的子程序,便于随时调用,节省了运行时间。子程序的调用,不但可以大大节省 CPU 的运行时间,提高数据采集精度,而且通过这些子程序函数能够实现测试系统中的特殊要求,使整个程序看起来简单明了。

另外一种程序调用格式同样也对提高数据的采集速度起到了很大的作用——事件命令语言,就是当某条件被满足时,该事件发生。事件命令语言与自定义函数的不同点是:前者是当事件的条件满足时才发生,其发生是随机的;而后者则是人为的在需要的地方调用。

### 3.1.5 采集和显示历史数据

采集历史信息并将过程变量的每一次变化精确地记录到历史数据库的能力是“监控和数据采集系统”的主要要求。历史文件中具有完整的历史数据和精确的事件顺序,据此试验人员可以准确的了解减压阀的各项性能。在采集的同时也可以将数据实时的显示在实时报表中,随时监控。

### 3.1.6 内嵌报表

由于该测试系统要求的测试项目繁多,而每一项试验对应要填写一张试验数据表格,对报表的要求就更高。传统的试验数据都是将打印好的表格在现场进行人工填写,有可能出现数据出错的情况,现在,软件中将报表也做在了一起,做到了试验现场无多余的东西,轻松实现随时随地的记录、打印试验数据。报表中的试验数据被实时记录,计算机自动将满足条件的数据填入对应的表格内,数据的自动记录降低了劳动强度,提高了生产效率。同时,对报表的操作也无须打开 WORD 文档进行操作,所有的工作在该软件中都可以实现。

### 3.1.7 高效的数据采集

作为关键技术之一,软件对通讯程序做了多种优化处理,尽量使通讯瓶颈对系统的影响最小,同时保证数据传递的及时和准确。对各类外部设备的通讯口进行动态优化处理,在本次数据采集中将只采集活动变量。

### 3.1.8 独立式应用程序

独立式应用程序是指每个监视过程只有单个操作者界面, 本系统采用了双显示器, 使操作者工作更加方便。这种结构便于维护和增加试验的项目。

### 3.2 系统硬件

该试验台最主要、最突出的性能就是实现了数据的自动采集、记录。硬件上主要采用的是工业控制计算机, 在这样的平台上构建一个能得到实时信号的硬件系统。这里所采用的设备主要是高性能的板卡, 包括 PCL818、PCL733、PCL734。这样构建的工业控制计算机具有适应长时间运行、机箱具有良好的散热性等优点。同时, 本试验台管路系统的电路与采集系统的电路分离, 提高了设备的可靠性和可维护性。

在信息化社会的今天, 计算机的高速信息处理智能化成为计算机发展的目标。工业控制计算机是新一代的计算机系统, 硬件与软件、算法与结构更紧密结合, 使得其在工业控制和测量方面的应用更加广泛。它代替了仪器仪表的功能, 具有可编程、数据处理和对外接口的能力, 代替了原来由仪器仪表、自动控制、测试装置连接的系统, 从而大大提高了工作效率, 并降低了制造成本。

## 4 主要试验数据

主要试验数据有: 减压器型号、跟踪卡号、减压器气密性、典型试验时动态减压器出口压力值。这里以某次减压器对比测试为例来予以说明。

试验前, 在表格中先填写进行试验的减压器型号及跟踪卡号。试验开始, 选中所做试验项目, 即检查试验中气密性试验一项, 完成结果自动填写。典型试验中, 测量动态减压器出口压力时无

需做任何工作, 已编定的程序会自动控制减压器入口压力, 并在相应的压力点记录减压器出口压力值。

此次测试对比充分显示了该设备强大的数据采集能力。为了检验设备采集数据的准确性, 所试验减压器是经过检验的合格产品, 因此该试验结果完全具有说服力。从试验的数据中, 可以清楚的看到所有的数据均在技术条件要求的范围内, 而所有的数据采集记录都由设计程序执行完成。

对于试验中如此大量的数据, 原来的采集记录方法耗时、费力, 效率很低, 精确度也不高。目前, 这些工作完全是按设定程序自动完成, 省时省力, 且大大提高了精确度。

## 5 结论

智能型减压器试验台所实现的功能与老设备并无不同, 但其在性能上有了很大的提高, 试验结果更加准确、可靠; 在操作上实现了自动化并且维护简便。

### 参考文献:

- [1] 郭霄峰, 液体火箭发动机试验[M], 宇航出版社, 1990.
- [2] 薛群, 固体火箭发动机测试与试验技术[M], 宇航出版社, 1994.
- [3] 张浩, 基于 PCI Core 的链式 DMA 控制器设计[J], 电子技术应用, 2005, (3).
- [4] 张德, 基于 PCI 总线的测控卡的设计[J], 电子技术应用, 2005, (2).

(编辑: 陈红霞)