

可编程控制器 (PLC) 在发动机 冷调试验中的应用

张志红

(西安航天动力研究所, 陕西 西安 710100)

摘 要: 为满足各型号发动机对冷调试验的设计要求, 利用可编程控制器准确的时序控制, 在水试状态下考核发动机流量调节器、换向阀、发生器燃料阀的工作协调性。验证调节器转级时发生器点火路和推力室点火路的充填特性, 获得了流量调节器和换向阀的工作特性参数。为各型号发动机的深入研究提供了有效的依据。

关键词: 可编程控制器; 发动机冷调试验; 应用技术

中图分类号: V433.9

文献标识码: A

文章编号: (2007) 01-0059-04

Application of programmable logic controller (PLC) to cold flow regulation tests of rocket engines

Zhang Zhihong

(Xi'an Aerospace Propulsion Institute, Xi'an 710100, China)

Abstract: Accurate time sequences of the programmable logic controller (PLC) were used to examine coordination of the flow rate regulator, change valve and the gas generator fuel valve of the rocket engine under water test conditions and to demonstrate filling characteristics of the gas generator ignitor line/thrust chamber ignitor line during transition period of the regulator. Operational parameters of the flow rate regulator and the change valve were obtained. The successful tests show that the engine is reliable and the dynamic parameters obtained can serve as reference for further study of rocket engines.

Key words: programmable logic controller; engine cold flow regulation test; application technology

收稿日期: 2006-08-18; 修回日期: 2006-09-25。

作者简介: 张志红 (1967—), 男, 技师, 研究领域为火箭发动机组件试验测试。

1 引言

为了模拟发动机真实情况下发生器燃料供应系统各组件的工作协调性, 必须通过可编程控制器对发动机各组件在水试状态下进行准确的时序控制, 保证流量调节器转级控制系统状态与发动机上的控制系统状态保持一致。试验最终目的是要通过设置在整个系统中的 10 个压力传感器和由可编程控制器控制的 6 路燃料供应系统来考核发动机流量调节器、换向阀、发生器燃料阀的工作协调性。验证调节器转级时发生器点火路和推力室点火路的充填特性, 获得流量调节器和换向阀的工作特性。取得发生器燃料供应系统在实际工况下的动态特性参数。

为保证发动机工作的稳定性和安全性, 在冷调试验中当发动机工作过程的综合参数达到并维持给定参数值后, 要求控制程序使起动和转主级时间尽量短, 并保证发动机的要求工况。采用可编程控制器可以满足上述控制要求。

本文主要介绍了发生器燃料供应系统冷调试验, 并针对设计人员提出的试验目的、试验要求、特别是对所要满足的多项试验步骤, 如协调性试验、调节器提前转级试验、点火导管挤压试验、燃料换向阀试验, 进行了一系列对可编程控制器的技术开发和应用。

在近两年几十次的发生器燃料供应系统冷调试验中, 每次都完整取得了动态特性参数, 试验均满足了设计人员要求。

2 可编程控制器 (PLC) 的结构和性能分析

在试验过程中, 采用了 FX2N 系列可编程序的存储器, 用来存储执行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算等操作的指令, 通过对数字信号或模拟信号的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。FX2N 系列可编程控制器, 可靠性高, 抗干扰能力强。使用其自我检测功能, 出现故障时及时能发出报警信息。其功耗

低, 逻辑功能强, 具有完善的数据运算能力, 可用于各种数字控制领域, 例如, 开关量的逻辑控制、模拟量的控制、运动控制等等。

通过应用 PLC 作为精确时间控制, 以大量重复试验模拟验证发动机的试车模式, 减少了发动机的试车次数, 加快了研制进度, 节约了研制经费, 获得了很大的经济效益。

2.1 结构

选用的三菱公司生产的 FX2N 系列微型可编程控制器, 主要由中央处理器 (CPU)、存储器 (RAM, ROM)、输入输出器件 (I/O 接口)、电源及编程设备构成。

FX2N 系列所包含的主要结构特征参数如下:

最大存储器容量: 16K 步;

指令种类: 128 种、298 个;

运算处理速度: $0.08\mu\text{s}$ /指令;

输入输出总点数 (扩展并用时): 256 点;

辅助继电器 (一般用): 500 点;

状态寄存器 (一般用): 490 点;

定时器: 246 点;

计数器: 256 点。

2.2 可编程控制器 (PLC) 性能分析

FX2N 系列微型可编程控制器其基本单元包括 CPU 存储器、输入/输出及电源。主要完成计算机内部各项工作单元之间的速度、监控及与外部设备的通讯。最终执行用户程序所要完成的工作。扩展单元、扩展模块用于输出时, 需要增加外部配线。扩展模块最多可连接 16 点, 通过这种结构和其扩展可以实现更为复杂控制的逻辑功能。

此外, 基本单元通过一个可编程寄存器对时钟和控制信号进行统一管理, 从而可以稳定地实现高速逻辑运算。PLC 的工作原理与计算机的工作原理是一致的, 可表述为在系统程序的管理下, 通过运行应用程序完成用户任务。

PLC 在实验过程中的应用:

(1) 把可编程控制器联接到控制系统。联接可编程控制器的输入输出口, 将发出指令信号的按钮形成反馈信号的各种传感器和输入口联接, 联接输出口时发出执行信号, 继电器、接触器及

电磁阀等执行器件接在输出口上。此外,还要选择一些机内器件参加控制工作,如定时器、计数器等;

(2) 编制程序。当机外的信号接入了输入输出口后,被控制系统的要求就体现为机内元器件间的关系。控制工程的控制要求实质上就是控制现场各种信号之间、各种信号与时间之间、各种信号与空间之间的控制关系的总和,为完成这个控制功能的可编程控制器的软件就是要实现这种控制要求。所以,PLC 的优异性能保证了发动机各组件试验对各试验工况时序控制的准确性和先进性。

3 试验系统结构及试验控制系统结构

3.1 试验系统结构

冷调试验采用泵压试验系统,试验介质为工业自来水。利用 5# 泵试验系统作为动力源,保证在调节器主流路入口形成 15MPa 稳定压力源。控制气体为 22MPa 压缩空气,由 1B516 电动气阀控制,用于试验过程中对发生器进行吹除。起动箱出口与流量调节器的连接与试车状态相同。流量调节器转级控制系统状态保持一致,保证发生器燃料阀之间的管路容积。换向阀入口,换向阀出口到多级孔板之间管路均采用发动机上实际使用的产品。

在整个冷调试验过程中,要求提供 0~3.2 秒的试验数据,采样速率为 100 点/秒。试验中要测量的参数有:调节器主流路入口压力、调节器起动路入口压力、多极孔板前压力、调节器出口压力、调节器腔内压力、发生器燃料喷前压力、换向阀 A 口、B 口压力,以上所有参数的测量和采集均要保证与控制的同步性。

3.2 试验控制系统结构

试验中控制系统见图 1。它由 PLC (可编程控制器)、固态继电器、开关电源、直流电源及 1B516 电磁阀等构成。

工作过程如下:首先将编写完整的正确时序控制指令程序写入 PLC 存储器中。试验开始时,

程序以循环扫描方式执行。PLC 中的时间继电器,精确地按指令运行,对固态继电器进行触发开起,从而完成对试验系统中的起动箱、电液阀、发生器燃料阀以及换向阀的准确控制。试验过程中测量并记录协调性试验参数、调节器转级试验参数、点火导管挤压试验参数及燃料换向阀试验参数,从而获得流量调节器和换向阀的工作特性、工作协调性和发生器点火路、推力室点火路的充填特性。

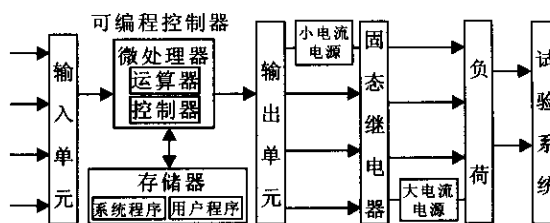


图 1 试验控制系统

Fig.1 Control system of the test

4 PLC 编程实现

对于发动机发生器燃料供应系统的冷调试验,关键是对工作时钟延时功能的实现。在第一步协调性试验中,设计要求在主路入口压力为 15MPa 时给电液阀通电; -5 秒时,通过 1#1B516 阀控制 22MPa 空气对发生器进行吹除; 0 秒时,通过 2#1B516 阀控制气体挤压起动箱,并开始采集数据; 0.25 秒时,3#1B516 阀打开第一路发生器燃料阀; 1.2 秒时,电液阀断电; 1.4 秒时,5#1B516 阀控制第三路发生器燃料阀打开; 1.6 秒时,关闭 2#1B516 阀停止气体挤压起动箱; 3.0 秒时,4#1B516 关闭换向阀; 3.2 秒时,3#和 5#1B516 关闭,同时停止采集数据; 5.0 秒时,1#1B516 阀关闭,停止发生器的吹除,至此协调性试验完成。按任务书要求,此过程重复 15 次,更换 4 台调节器进行试验。

在调节器提前转级试验和点火导管挤压试验中,为方便试验操作,只需将电液阀的电源插头拔掉,就可以继续进行试验,对整个控制过程不会产生任何影响。

为了达到冷调系统各试验步骤时钟的精确控制,满足任务书对时序的精确要求,因此采用 10ms 定时器。

在具体编程中,为方便某一路的单独控制,将程序设计为一个主程序和两个子程序。主程序中设置两个子程序项,其中一个子程序项设计为单独的通道控制,可以对任何一路进行单独控制;另一个子程序项是任务书中要求的工作时序。在主程序中加入一个互锁触点,以保证在同一时间只能有一个子程序运行,防止两个子程序同时运行造成控制混乱。程序中共使用 5 个输入继电器、6 个输出继电器、2 个 100ms 定时器及 2 个辅助继电器。所有定时器共用一个起点同时计时,并在不同的时段对输出继电器发出指令,完成试验中各工作时段의准确控制。

在程序中加入一个外控中断按钮,在程序运行的任何时段如果试验系统发生任何意外,并防止试验时水击现象对试验系统的影响,可以通过这一按钮中断程序运行,并且回复到起始状态。待试验系统入口关闭后,程序结束并自动复位。待意外排除后重新运行程序。

试验时在开启按钮运行程序的同时,同步触发数据采集系统。从而保证试验数据采集与被控制试验件的工作状态保持同步。保证了试验数据的准确性、同步性。

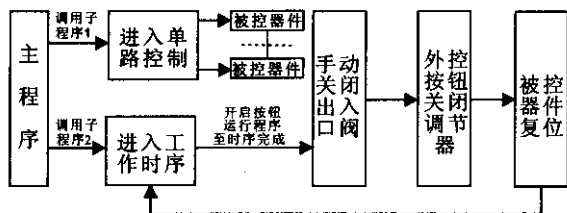


图 2 程序流程

Fig.2 Procedure flow chart

发动机冷调试验涉及六路控制、十路采集,为保证操作的简单和方便,在编程时将程序设计为只用 1 个按钮,就可以完成整个程序执行,并在程序结束时自动复位到初始待运行状态。程序流程见图 2。

5 相关应用

2004 年以来,经多次冷调试验证明,可编程控制器工作安全可靠。在发动机组件的大量重复性试验中,可编程控制器稳定性高;硬件未发生任何问题;软件运行准确、顺畅;程序运行无错误。在验证姿控发动机和高空发动机系统模拟试验中,在不同时间段用以控制多路推力装置,通过与记录仪和计算机的结合使用,完成了多路控制和多路数据采集;满足了设计人员所提任务书要求。

在电磁阀类的控制试验和寿命试验中,可编程控制器可以发挥很大的作用,可在程序中任意一段可设置中断点,对试验系统进行检查,以利于后续试验继续进行。

6 结束语

通过可编程控制器开关量逻辑控制指令,可以方便地实现继电器电路的功能及精确的延时。目前,它的控制系统与数据采集系统的结合都已成功地应用在各种发动机组件的液流试验中。

参考文献:

- [1] 张万忠. 可编程控制器应用技术[M]. 北京:化学工业出版社, 1998.
- [2] 陈锦. 泵水力试验测控系统故障模式分析 [J]. 火箭推进, 2006,(2).

(编辑: 马 杰)