

doi: 10.7690/bgzdh.2016.07.007

# 机身/发动机数控组件测试系统的研制

王海斌, 丁发军, 钱 伟

(中国民航飞行学院飞机修理厂, 四川 广汉 618307)

**摘要:** 针对国内尚未拥有机身/发动机数控组件维修、测试能力的现状, 并结合该组件当前故障率, 提出一种基于虚拟仪器技术的维修测试平台。该平台以 GPIB 仪器、VXI 模块为依托完成硬件设计, 利用 labview 驱动模块实现对各类测试仪器的控制, 并进一步完成软件设计。针对此平台进行误差分析的结果表明: 该系统测试精度较高, 参数误差均在性能指标范围内, 能够满足机身/发动机数控组件的维修测试需求。

**关键词:** 数控组件; 虚拟仪器; 测试平台

**中图分类号:** TP274 **文献标志码:** A

## Development of Test System for Airframe/Engine Data Processing Unit

Wang Haibin, Ding Fajun, Qian Wei

(Aircraft Maintenance Factory, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan 618307, China)

**Abstract:** Based on the current situation that China is still not equipped with the ability to maintain and test the airframe/engine data processing unit and with the current failure rate of this unit, this paper puts forward a maintenance test platform based on virtual instrument technology. The hardware design is completed based on the GPIB instrument and the VXI model. The labview driver module is utilized to realize the control of various test instruments and further accomplish the software design. An error analysis of this platform is carried out and as indicated by the analysis result, this system testing possesses a relatively high precision. With all the parameter errors within the scope of performance indicators, the system is able to satisfy the maintenance and testing demand of airframe/engine NC unit.

**Keywords:** NC unit; virtual instrument; test platform

### 0 引言

机身/发动机数控组件的主要功能是将飞机发动机、重要机身参数进行处理, 并传输给驾驶舱显示器, 以便飞行员掌握发动机和机身实时信息<sup>[1-2]</sup>。该组件广泛安装于运输类航空器和通用航空器, 对飞机的安全性构成重要影响<sup>[3]</sup>。

厂家的技术限制因素导致目前国内没有此类计算机的相关能力, 维修水平仅限于更换场外组件, 部件级维修只能返回生产厂家<sup>[4-6]</sup>。中国民航飞行学院是国内通航领域装载此类组件的最大客户, 200余架教练机均安装此类组件。从2005年起, 我院最早装载的一批机身/发动机数控组件, 其平均通电工作时间已近1万小时, 故障率处于上升阶段。机身/发动机数控组件维修测试平台的设计和实现, 能够很好地解决此类故障问题。

笔者采用虚拟仪器和故障数据诊断技术, 使系统最终实现对数控组件的自动测试<sup>[7-8]</sup>。

### 1 总体方案

测试平台由硬件、软件2部分组成。硬件部分主要为平台构建提供硬件资源支撑。根据数控组件

具体的工作原理、物理结构、数据传输类型、接口定义等配置相应硬件资源, 并利用适配系统将硬件资源进行匹配、优化, 最终实现系统硬件部分的构建。软件采用 Labview 2013 的开发环境进行设计和实现<sup>[9-11]</sup>。平台设计如图1。

测试平台能够对机身/发动机数控组件进行维修测试, 并对测试数据进行处理和诊断, 同时为用户提供一定的处理方案。

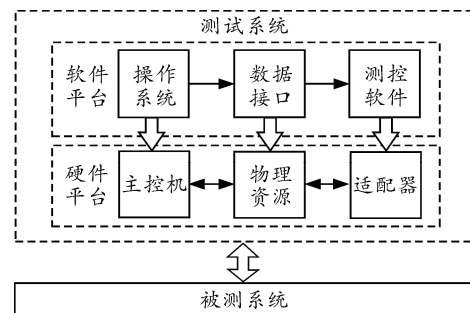


图1 测试平台组成

### 2 系统结构

#### 2.1 平台硬件部分

硬件平台由控制模块和资源模块组成, 系统硬

收稿日期: 2016-03-26; 修回日期: 2016-04-28

基金项目: 国家民航局科技项目(MHRDZ201003)

作者简介: 王海斌(1984—), 男, 内蒙古人, 硕士, 工程师, 从事机载航电设备的维修工作与飞机维修工程研究。

件结构如图 2 所示。控制模块包括高性能主机和相关外部配件，其中，主机内置数据卡 (IEEE、GPIB 等接口卡)。资源模块主要包括测试仪器和适配系统，其中，测试仪器总线类型分为 2 种，VXI 和 GPIB 总线仪器。VXI 总线仪器在数据传输线上采用 IEEE 总线，结构上采用卡式机箱。控制模块的主机接口

卡实现对 VXI 总线仪器的一系列控制。VXI 总线仪器由数字信号输入输出模块、波形测试模块、波形产生模块、状态切换模块和电源转换等组成。GPIB 总线仪器采用目前性能较高的同类设备。包括数据综合测控设备、高频发生仪器、可控供电模块、功率测试设备、频谱分析设备等。

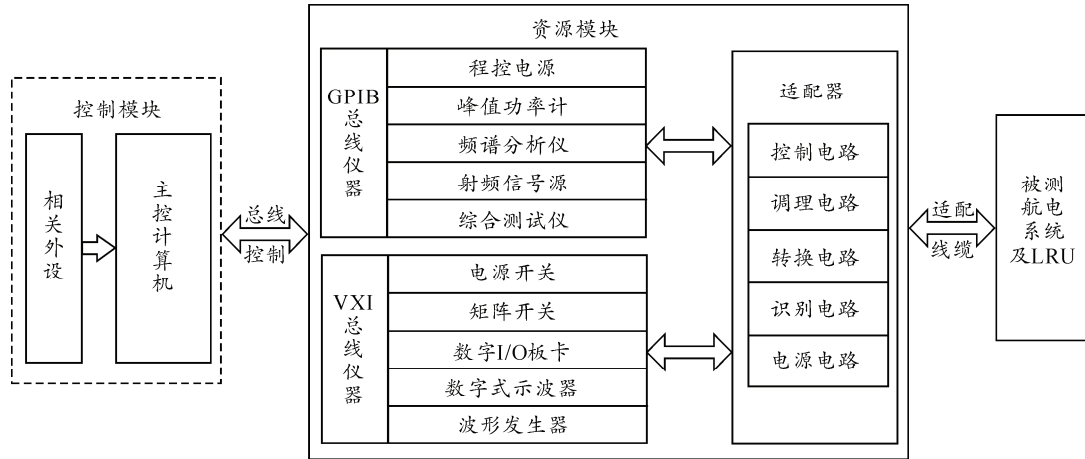


图 2 系统硬件结构

## 2.2 平台软件部分

### 2.2.1 系统软件框架

软件部分选择 Lab VIEW 开发环境，是较为便捷的测控工具。在考虑数控组件测试需求的基础上，笔者搭建平台软件构架如图 3 所示。平台软件部分包括参数检测模块、硬件配置模块、数据处理模块、故障检测模块和使用说明等。

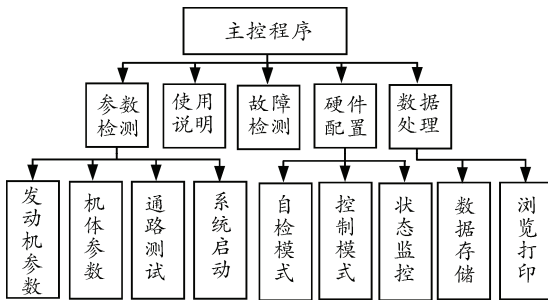


图 3 系统软件结构

1) 参数检测模块：平台软件程序的主体模块，可实现组件性能参数是否满足标准的检测，包括：

① 发动机相关参数测试：利用波形发生器以及数字电阻模块为测试组件提供激励源，对组件输出响应的数字信号进行数据处理、阈值分析，从而实现发动机参数性能测试。发动机参数测试包括：发动机温度、燃油量/流量、滑油温度/压力、气缸头温度以及排气温度等。

② 机体相关参数测试：利用程控数据信号设

备，供给被测组件所需电压、电流信号，并对输出参数数据进行处理，其参数主要包括：汇流条电压、电瓶电流。

③ 通路测试：机身/发动机数控组件共计输出 2 路 RS485 格式的串口通道，输出到综合系统的显控组件。通道出现传输数据异常，会对飞行安全造成较为严重的威胁。根据测试标准，必须对数据通道进行检测。具体的实现方法主要是利用软件程序将数据参数与数据标准实现对比，进而完成判断。

④ 系统启动测试：机身/发动机数控组件在系统启动工作时，首先要实现与航电系统控制组件的初始数据信息链接。没有这些链接信息，组件将无法启动。此类交互信息数据格式有串口协议实现。启动信息内容包括：组件类型、内核版本等。通过对启动信息进行采集和分析，并利用平台控制相应采集卡模拟交互过程，最终实现机身/发动机数控组件的正常启动。

2) 硬件配置模块：平台硬件由总线仪器和测试设备组成，硬件配置就是将测试设备、仪器进行程序控制和工作情况检测。各类测试设备和仪器都具有相应的驱动，主控机通过驱动来对应调用各类测试资源。

笔者以 IEEE 总线驱动调用过程为例做进一步说明。初始模块位于 Labview 函数库中的仪器输入/输出项，将初始模块、读写模块、配置模块以及关

闭模块进行连接。调用的步骤：首先执行初始模块，实现总线的启动；其次调用读和写模块，实现驱动模块的信息交互功能；再次调用配置模块，实现驱动的用户需求设置；最后，调用关闭模块，结束总线的使用。IEEE 总线驱动调用过程如图 4。

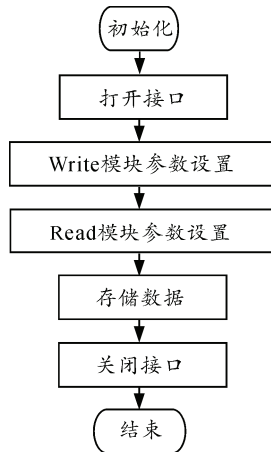


图 4 IEEE 总线的程控流程

4) 数据处理模块：该模块主要实现对测试数据的一系列处理，如数据存储和调用等。

5) 故障检测模块：该模块是通过数据库调用技术来实现的，故障数据库存储着标准数据和用户维修策略。通过测试结果数据和标准数据的比对，并根据故障树算法最终为工作者输出一定维修方案。

6) 使用说明模块：为工作者的使用提供帮助。

### 2.2.2 程序工作流程

平台的程序流程如图 5 所示，平台首先运行软件操作环境，并调用主程序，利用主程序对硬件系统进行判断功能是否正常，并将相应数据库进行调用。上述步骤完成后，工作者可进行系统登录，并按操作要求输入组件厂家标号，按确定进行到连接检测模式。该步骤完成适配系统的功能检查，主要判断平台是否与组件交联成功，将此步骤的检测结论呈现给用户。完成此步骤，即可进入到机身/发动机数控组件的参数测试，此步骤也是测试平台的核心步骤。针对测试异常数据进行处理，与标准数据进行对比分析，并通过一定的解决方案。测试完成，依次关闭相应测试资源。

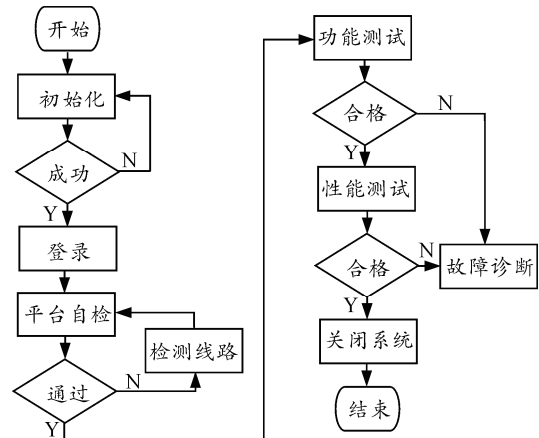


图 5 测试流程

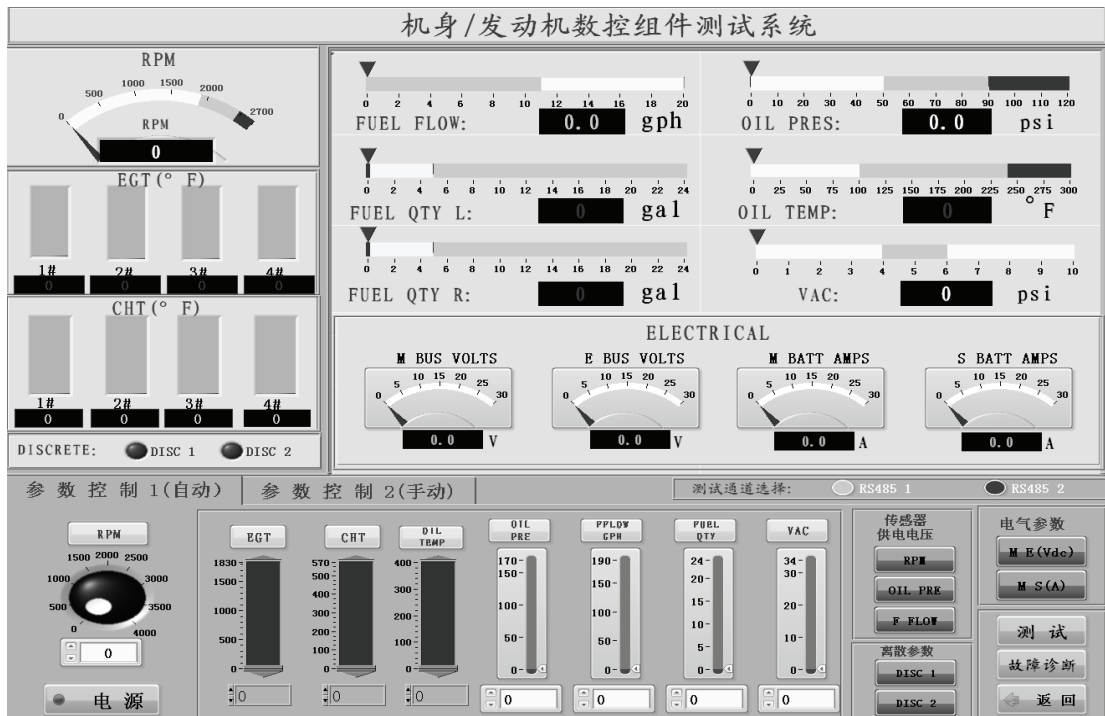


图 6 测试平台界面

### 2.2.3 使用界面设计

在使用界面上，考虑到操作的便捷、美观性，将主界面进行分区域设计，包括操作控制区域、测试结果区域以及状态监控区域，界面如图 6 所示。此外，为使操作具备反复性和针对性，对主参数设置了手动模式；考虑到测试直观性，将数据诊断隐藏，在主界面仅显示相应按键，作为测试辅助界面关联到主界面上。

## 3 平台误差分析

测试平台对多部被测组件(6部)进行数据参数测试，针对关键的参数进行罗列和分析，来验证测试平台的准确度。

考虑到篇幅，笔者在表 1 中列举了部分主要参数及其实测数据。

针对参数测试结果进行分析发现，被测组件的测试结果与标准值存在一定的误差，这是由平台和被测组件引起的。平台误差来自于测试设备、软件

程序以及数据通道的影响。下面对这 3 类可能误差源进行逐一分析：

1) 测试设备：本测试平台所采用设备的测试范围、精度等要求，均经有资质的计量单位进行了标准验证和精度测试，性能符合行业标准。

2) 软件程序：被测组件的数据传输协议主要是串口协议(包括 RS232 和 RS485)，测试软件中的数据分析算法建立在数据解码通用格式的基础上，在数据的编解码上不会产生误差。

3) 数据通道：数据在传输过程中，会受到传输数据通道影响，如电压衰减和瞬间高压影响，会存在数据乱码情况。根据串口数据传输协议，RS232 和 RS485 的数据段具备奇偶校验功能，能够自我纠错。反复进行数据采集验证，数据通道传输不影响测试结果。

经上述分析，平台的误差来源不会影响到测试结果。并通过 6 部被测组件的进行实际测试，测试结果满足测试要求，测试误差来自于被测组件。

表 1 主要参数实测值

测试项	理论值 (误差)	实测值(6部机身/发动机数控组件)						最大误差
		NO.1	NO.2	NO.3	NO.4	NO.5	NO.6	
发电机转速/(r/min)	2 500(±20)	2 501	2 500	2 499	2 498	2 501	2 502	+2
排气温度/°F	1 600(±50)	1 603	1 594	1 605	1 602	1 596	1 607	+7
汽缸体温度/°F	500(±10)	503	498	504	501	499	495	-5
滑油温度/°F	250(±5)	250	249	251	251	249	252	+2
燃油流量/gph	15(±2)	15	14	15	15	15	14	-1
滑油压力/psi	115.0(±0.5)	115.1	115.0	115.0	115.0	115.1	114.8	-0.2

## 4 总结

笔者从平台总体方案入手，进一步介绍了机身/发动机数控组件测试平台设计思路和软硬件设计结构。机身/发动机数控组件测试平台可实现对被测组件的发动机、机身参数测试，利用数据库技术将故障数据定位，达到了故障诊断功能要求。工作者可结合测试结果和维修建议，针对此类组件进行修理。目前，机身/发动机数控组件测试平台已投入实际使用，运用于被测组件的维修和性能工作。

### 参考文献：

[1] 杨鲁峰, 曾嵘, 王敏华, 等. 某型航空发动机试车测控系统[J]. 测控技术, 2012, 31(8): 137-139.  
 [2] 张天宏, 黄向华. 航空小型动力装置试验台测试系统[J]. 航空动力学报, 2001, 16(2): 189-192.  
 [3] 蔡开龙, 孙云帆, 姚武文. 航空发动机传感器故障诊断与自适应重构控制[J]. 电光与控制, 2009, 6(6): 57-61.

[4] 赵旭东, 雷勇, 王志鹏. 基于 VXI 总线的某型涡轴发动机测试系统设计[J]. 测控技术, 2011, 30(1): 39-41.  
 [5] 苏三买, 杨恒辉, 屠秋野, 等. 微型涡轮发动机综合测控系统设计[J]. 航空动力学报, 2009, 24(9): 2139-2144.  
 [6] Sommerville I. Software engineering[M]. 9th Edition. Boston: Addison-Wesley, 2010: 415-461.  
 [7] 张扬, 张丽, 陈国栋. IVI 仪器驱动器在某航电检测系统中的应用[J]. 仪器仪表学报, 2007, 28(8): 398-402.  
 [8] 阙浩, 岳瑞华. 基于虚拟仪器技术的综合测试系统[J]. 微计算机信息, 2007, 23(31): 130-131.  
 [9] Clendenin C K. Flexible test systems-an adaptive architecture to preserve existing investment and enable use of emerging technologies[C]//IEEE Autotestcon 2004. Piscataway: IEEE, 2004: 45-51.  
 [10] 李珊, 骆培, 安军社. 航天器综合电子系统通用测试系统设计[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2014, 46(9): 92-94.  
 [11] 王奇, 潘茂庆, 惠克翔. 飞机发动机参数采集器智能检测设备的设计[J]. 电光与控制, 2003, 10(2): 45-47.