

某大气数据计算机自动测试系统

王海斌^a, 丁发军^a, 段容宜^b, 杨江^a

(中国民航飞行学院, a. 飞机修理厂; b. 航空工程学院, 四川 广汉 618307)

摘要: 为实现某大气数据计算机高效、可靠测试, 开发设计了基于总线结构的自动测试系统。系统在框架上采用 ATE 结构, 以测控计算机为核心, 采用 IEEE488, VXI 总线控制方式以及虚拟仪器技术, 实现了某大气数据计算机的气压数据、外界温度等大气参数的性能自动测试。目前, 该维修测试系统已投入使用, 从实际应用情况来看, 该测试系统可靠性高、测试准确且易操作, 能够满足某大气数据计算机的维修、测试要求。

关键词: 大气数据计算机; 虚拟仪器; 自动测试

中图分类号: V271.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2016)01-0067-04

An Automatic Testing System for a Certain Type of Atmosphere Data Computer

WANG Hai-bin^a, DING Fa-jun^a, DUAN Rong-yi^b, YANG Jiang^a

(Civil Aviation Flight University of China, a. The Aircraft Maintenance Factory;

b. Aviation Engineering Institute, Guanghan 618307, China)

Abstract: In order to make efficient and reliable test to a certain type of air data computer, an automatic test system was designed based on bus structure. With the measurement and control computer as the core, the test system adopts ATE structure on system framework, the IEEE488, VXI bus control mode and virtual instrument technology to implement automatic test on such performance parameters as air pressure data and atmospheric temperature of a certain type of air data computer. The test system has been put into practical application. The application result shows that: the system is reliable, accurate, and easy to operate, and can satisfy the maintenance and testing requirements of this type of air data computer.

Key words: Atmosphere Data Computer (ADC); virtual instrument; automatic test

0 引言

大气数据计算机简称大气机(ADC), 是飞机上重要的航空电子设备^[1]。其功能是实时处理飞机大气数据信息, 将全压、静压和总温进行模数转换和数据处理后, 输出气压高度、马赫数、指示空速、升降速度等参数信息, 为飞机控制系统、导航系统和仪表指示系统提供必要的信息^[2-3]。较早的大气数据计算机测试均采用半人工的方式进行, 这样测试虽能够满足需求, 但测试效率低^[4-5]。本文所设计的大气数据计算机测试系统是以自动测试为基础, 利用主控计算机驱动软、硬件资源, 按照标准测试步骤完成整个测试, 提高了测试效率。

绝大多数民/军用各机型飞机均拥有机上测试设备^[6], 但这些设备的测试环境要求较高, 必须在机上航电系统工作状况下完成, 导致测试成本较高^[7-8]。本文研发的 ADC 测试系统, 适用于被测机件在脱离航电系统交联状态下的地面离线测试, 降低了测试成本, 从而有可能实现大量定检和维修。

1 系统功能和工作原理

1.1 系统功能

测试系统可实现一键自动测试功能, 整个测试过程无需人工参与, 测试系统按程序步骤自动完成 ADC 性能指标检测, 并输出检测结果。为提高系统灵活性, 还设置了人工方式, 可对重要性能测试项进行逐点和重复测试。

测试系统本身具备自检功能, 能够有效保障系统始终处于良好的工作状况。

收稿日期: 2015-01-30 修回日期: 2015-11-27

基金项目: 国家民航局科技项目(MHRDZ201003)

作者简介: 王海斌(1984—), 男, 内蒙古赤峰人, 硕士生, 工程师, 研究方向为机载航电设备的维修与飞机维修工程。

1.2 系统工作原理

系统通过程序调用相关测试仪器,为 ADC 提供全静压、总温等激励信号;通过相应采集卡对输出接口的数据进行采集,利用程序算法完成数据处理;通过与标准性能指标比对实现性能测试。针对数据异常情况进行处理,将故障进行定位,最终为用户提供维修指导策略。

2 硬件组成

测试系统在设计结构上采用了主控机 + IEEE488 总线 + 测试仪器设备 + 系统适配器的模式。根据此模式选择了硬件平台物理资源,如图 1 所示。

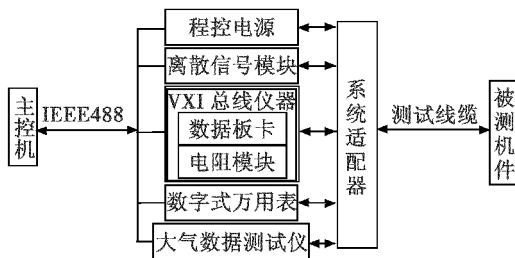


图 1 硬件组成

Fig. 1 The hardware composition of system

硬件组成模块功能如下所述。

1) IEEE488 总线。该总线为标准并行接口,采用母线方式使主控机和所有测试仪器建立通信,传输系统的全部信号。

2) VXI 总线仪器。该仪器内部集成了数据板卡和高精度电阻模块。其中,数据板卡包括串口 RS232、航空专用 ARINC429 板卡,实现被测机件相应格式参数的测试。高精度电阻模块为被测机件提供大气温度参数的模拟输入,大气温度测量范围为 $-55 \sim +100 \text{ }^{\circ}\text{C}$,对应的电阻范围是 $396.1 \sim 691.6 \text{ } \Omega$ 。该模块的阻值可控,精度可达 $0.01 \text{ } \Omega$ 。

3) 程控电源。为被测机件提供工作电源 (28.0 V);为系统提供配置模块电源 ($+3.3 \text{ V}$);为仪器设备提供所需交流、直流电源。

4) 离散信号模块。被测机件需要 8 组离散数据输入,作为 ADC 系统 ID 识别、工作状态判断。离散信号模块采用继电器方式实现,完成对这些离散信号的输入控制。

5) 数字式万用表。采用 HP3457A 数字万用表,测试被测机件传感器的输出电压。

6) 大气数据测试仪 (Model6300)。为被测机件提供全、静压气源,其内置有真空和压力泵,且采取紧急手动放气阀,安全系数较高。Model6300 提供的大气数据精度较高,满足最新的 RVSM 标准要求,而且还能对

整个全静压气路进行泄漏测试,以确保系统气路的连接可靠性。

7) 系统适配器。将被测机件的专属接口转换为公共标准接口,完成被测机件和测试系统之间的硬件连接匹配。

程控电源、离散信号模块、数字式万用表和大气数据测试仪均为 IEEE488 总线接口设备,可实现程控。这些测试仪器、设备以功能模块方式,嵌入到主控程序中,并按照测试需求完成自动调用。

3 软件结构

3.1 软件平台

该系统软件平台选择 LabVIEW 开发环境,其采用图形化语言编程,是高效的测控软件。根据 ADC 的测试需求,将测试系统软件结构进行层次化、模块化设计,如图 2 所示。主控程序分为性能测试、资源管理、数据管理、故障诊断和在线帮助 5 个功能模块。

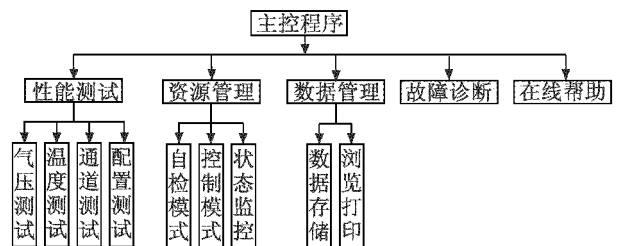


图 2 系统软件结构

Fig. 2 Framework of system software

1) 性能测试模块。整个测试程序的核心,检测被测机件各性能参数是否满足测试标准,主要包括如下 4 个方面。

① 气压测试。系统通过程控大气数据测试仪,供给被测机件所需气压参数输入值,并对被测机件输出 ARINC429 气压相关参数进行处理,从而实现检测 ADC 气压参数性能。气压参数测试包括全/静/动压、气压高度/密度高度、指示空速/真空速、升降速度和马赫数。

② 温度测试。系统通过程控电阻模块,供给被测机件所需不同阻值输入,并对被测机件输出 ARINC429 温度参数 (包括总温 OAT、静温 SAT) 进行处理。

③ 通道测试。ADC 共计输出 5 路 ARINC429 数据通道,分别供给航电系统的显示、导航、控制等相关系统,若其中一路通道出现传输故障,会对整个航电系统造成严重影响。因此,必须对 ARINC429 每路数据通道进行测试、验证。测试程序通过对各通道传输的 ARINC429 参数与标准值进行比较,以判断通道传输数据的正确性。

④ 配置测试。根据 ADC 工作原理,在启动工作时,

ADC 首先需要与航电系统主机进行配置信息交互,才能正常工作。这些配置信息是由 RS232 数据格式组成,内容包括软件版本、接口配置和机件型号、序号(S/N)等数据信息。系统程控数据板卡,模拟航电系统主机与 ADC 完成数据交互,从而实现系统配置功能。

2) 资源管理模块。系统物理资源包括 IEEE488 总线、VXI 模块以及相关测试仪器。该模块完成系统物理资源的初始化、自检、控制及状态监控。针对不同仪器编写或直接调用相应驱动程序,并将其模块化,方便主程序调用和扩展。

以 IEEE488 总线驱动模块实现为例进行说明。首先调用 Lab VIEW 程序面板中 Functions→Instrument I/O 中初始化模块,完成仪器初始化配置、检测;再调用 Read 和 Write 模块,完成总线传输数据所需配置,如数据位、速率、结束码以及校验方式等;程序结束使用 Clear 指令模块,关闭接口通信。其流程如图 3 所示。

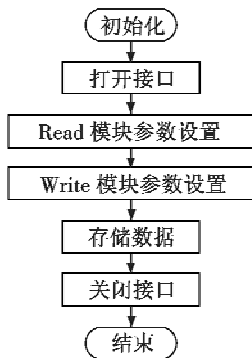


图 3 IEEE488 的流程图

Fig. 3 Flow chart of the process control for IEEE488

3) 数据管理模块。完成数据的实时显示、存储、浏览、查询以及打印等处理。

4) 故障诊断模块。故障诊断是在数据库基础上开发设计的,测试数据结果及对应的维修信息均储存在数据库中。通过测试、分析等一系列过程,与专家系统数据库进行信息交互,最终将故障信息进行定位,为用户提供维修指导策略。

5) 在线帮助模块。为用户使用和培训提供便利。

3.2 测试流程

软件平台测试流程如图 4 所示。首先启动系统,并进行自检,判断系统工作是否良好,输出自检结果,自检成功后,针对 ADC 进行功能、性能测试,若测试过程中出现异常,就要对系统进行故障诊断,然后对测试结果进行相应处理(存储、浏览及打印),关闭系统软硬件资源,结束测试。

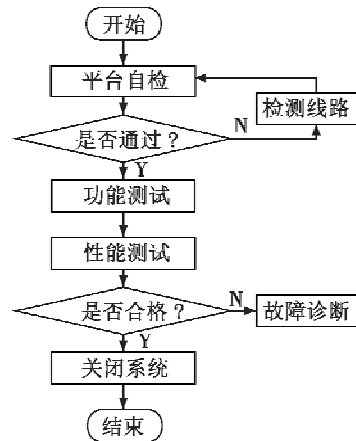


图 4 测试流程

Fig. 4 Flow chart of test

3.3 系统界面

采用分区模式设计测试系统界面,主界面分为数据显示区、状态监控区以及系统控制区,如图 5 所示。为使测试主界面简洁,手动测试模块采用子界面连接方式实现,在主界面系统控制区仅添加相应控件,可根据测试需求选择。



图 5 测试系统主界面

Fig. 5 The main interface of test system

4 误差分析

利用测试系统对大量被测机件(8 件)进行自动测试,并记录测试数据。将不同测试机件的同一参数进行提取,来比较分析、验证系统误差。

本文列举了 10 组气压高度值,其实测结果如表 1 所示,其中,SN 为被测机件。

误差分析:被测机件的测试误差来源为测试系统和被测机件本身。对于测试系统而言,其可能误差来

源为仪器设备、ARINC429 数据编解码以及传输电路的影响。

1) 仪器设备。大气数据测试仪 Model6300 和精密电阻均经国家标准计量单位进行计量,其精度、范围符合国家行业测试标准。

2) ARINC429 数据编解码。其数据格式是由美国航电委员会制定的标准格式,在该格式基础上系统完成了 ARINC429 的编解码功能,因此 ARINC429 数据编解码不产生附加误差。

3) 传输电路误差分析。多通道转换电路在转换瞬间会产生脉冲信号,对系统 RS232 和 ARINC429 数字信号会造成瞬时干扰,存在产生误码的可能性。根据 RS232, ARINC429 通信协议,传输数据均具有自校、纠错功能。经验证,瞬时干扰误码不会对传输信号产生附加误差。

通过表 1 中 8 件被测机件的实测数据验证,测试数据误差均在性能指标范围内,且误差来源为被测机件本身。

表 1 气压高度实测值表
Table 1 Actual test value of altitude

理论值 (误差)/ft	被测机件								最大 误差
	ADC 1 SN:6129	ADC 2 SN:6150	ADC 3 SN:6085	ADC 4 SN:5959	ADC 5 SN:6174	ADC 6 SN:6151	ADC 7 SN:6177	ADC 8 SN:6133	
-1400 (±20)	-1408	-1397	-1401	-1400	-1401	-1395	-1396	-1402	-8
0 (±20)	0	-2	1	0	-1	5	5	-1	+5
500 (±20)	504	498	502	505	500	508	503	499	+8
1000 (±20)	1008	1000	1000	1005	999	1009	1002	999	+9
1500 (±20)	1504	1496	1504	1500	1500	1511	1505	1499	+11
2000 (±30)	2010	2000	2003	2000	1999	2010	2004	1999	+10
3000 (±30)	3008	2998	3002	3005	3000	3009	3006	2990	-10
4000 (±35)	4006	3999	4003	4008	3998	4009	4005	3999	+8
6000 (±40)	6012	5995	6001	6000	6000	6011	6004	5999	+12
8000 (±60)	8001	7996	8000	8010	8000	8015	8003	7998	+15

5 结论

目前,该测试系统已通过维修项目认证,投入到拥有此 ADC 的飞机修理厂中使用。从实际应用情况来看,该测试系统能够满足某大气数据计算机的维修、测试要求,其性能测试准确、可靠性高且易操作。

参 考 文 献

- [1] 张建强,冯建华,冯建科. 基于自动测试系统的 ADC 测试开发[J]. 仪器仪表学报, 2007, 28(2): 279-283. (ZHANG J Q, FENG J H, FENG J K. Testing development for ADC on automatic test system[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2007, 28(2): 279-283.)
- [2] 张新习. 某型大气机综合测试平台研制[J]. 计算机测量与控制, 2009, 17(8): 1495-1497. (ZHANG X X. Research on integrated test equipment for air data computer [J]. Computer Measurement & Control, 2009, 17(8): 1495-1497.)
- [3] 柳爱利,周绍磊. 某型飞机大气数据系统自动测试系统的设计[J]. 测控技术, 2001, 20(3): 30-31. (LIU A L, ZHOU S L. Design of the test system for the aircraft air data system [J]. Measurement & Control Technology, 2001, 20(3): 30-31.)
- [4] 陈学江,李学仁,沈祝山,等. 某大气数据计算机自动测试系统的设计[J]. 空军工程大学学报: 自然科学版, 2002, 3(3): 5-7. (CHEN X J, LI X R, SHEN Z S, et al. Design of a certain atmosphere data computer automatic testing system[J]. Journal of Air Force Engineering University: Natural Science Edition, 2002, 3(3): 5-7.)
- [5] TONG G Q. High accurate test standard of ADC, DAC and its experiment results, CPEM digest [C]//Conference on Precision Electromagnetic Measurements, 2005: 369-370.
- [6] 牛双诚,许爱强,姜静. 基于自动测试系统的装备远程测试与故障诊断[J]. 测控技术, 2006, 25(8): 7-10. (NIU S C, XU A Q, JIANG J. Remote test and fault diagnosis for equipments based on ATS [J]. Measurement & Control Technology, 2006, 25(8): 7-10.)
- [7] 宋东,叶浩,周宇晗. 大气数据计算机仿真系统设计与可信度分析[J]. 计算机仿真, 2009, 26(1): 65-69. (SONG D, YE H, ZHOU Y H. Design and credibility analysis of air data computer simulation system [J]. Computer Simulation, 2009, 26(1): 65-69.)
- [8] 周庆,刘斌,余正伟,等. 综合模块化航电软件仿真测试环境研究[J]. 航空学报, 2012, 33(4): 722-733. (ZHOU Q, LIU B, YU Z W, et al. A framework of simulation testing environment for integrated modular avionics software [J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 2012, 33(4): 722-733.)