DOI：10.13700/j.bh.1001-5965.2006.01.007
2006年 1月 北京航空航天大学学报 January 2006
第32卷 第1期 Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics Vol.32 No.1

一种无人机通用综合检测系统

路蔼梅 李新军 何 进

（北京航空航天大学 机械工程及自动化学院，北京 100083） （北京航空航天大学 无人驾驶飞行器设计研究所，北京 100083）

王 松

（北京航空航天大学 机械工程及自动化学院，北京 100083）

摘 要：为了增强无人机系统检测控制设备的通用性，提高检测精度，设计了一种基于面向仪器系统的PCI扩展(PXI)总线及虚拟仪器(VI)的无人机通用综合检测系统.针对无人机系统工作的特点，从功能设计、体系结构、软硬件设计等方面对该系统的通用性进行了探讨.该系统采用了虚拟仪器技术，硬件设计采用PXI体系结构，软件以LabWindows/CVI作为开发平台.通过配备不同的接口适配器和对软件参数设置进行相应更改，可适用于不同型号的无人机电气、舵机、发动机、起飞和回收等系统检测.同时提供矩阵输出，利用系统资源满足无人机各种信号测试/激励的需求.该系统已成功应用于某复杂型号无人机的地面综合检测.

关 键 词：无人机；综合检测；面向仪器系统的PCI扩展(PXI)；虚拟仪器

中图分类号：V 249

文献标识码：A **文 章 编 号**：1001-5965(2006)01-0027-04

General integrative test system of unmanned aerial vehicle

Lu Aimei

(School of Mechanical Engineering and Automation, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Li Xinjun He Jin

(Research Institute of Unmanned Aerial Vehicle, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Wang Song

(School of Mechanical Engineering and Automation, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract: A general integrative test system of UAV (unmanned aerial vehicle) was designed to improve the general capability of integrative test system of UAV and to increase the test system's precision of testing. The general capability of this system was developed in aspects of design of software and hardware, the structure, and the functionality. This system adopted the VI (virtual instrument) technique. The design of hardware based on PXI (PCI extensions for instrumentation) construction and the platform of software was LabWindows/CVI. By changing the interface adaptor and the parameter settings, the system could be used in testing most subsystems of different types of UAV, such as electrocircuit, actors, engines, and so on. The system also provided an output matrix to meet the test requirements. This system was successfully used in the integrative testing of a complicated UAV.

Key words: unmanned vehicles; integrative testing; PCI extensions for instrumentation (PXI); virtual instrument

无人机(无人驾驶飞机)，由于可以达到有人机无法完成的飞行极限，与卫星相比又具有信息实时性及可控性，可以实现优越的性能价格比，从而形成了其不可替代的发展优势，无论是在军事还是民用方面都具有广泛的应用市场，近年来在世界上受到广泛重视.在军事领域，无人机具有侦

收稿日期：2005-02-04

作者简介：路蔼梅(1978－)，女，河北石家庄人，硕士生，aimei.lu@gmail.com.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

察监视、目标定位、毁伤评估、武器试验靶标甚至攻击等功能;民用方面,它则能实现地形侦察、灾难监控、农药喷洒等功能[1~3].随着航空和电子技术的发展,新型无人机飞行性能越来越强,任务设备也越来越精良.为了保证无人机安全可靠地完成任务,特别是在大幅提升无人机使用频次的今天,对其进行日常维检和放飞前的综合测试也就越来越重要.

由于无人驾驶的原因,机载设备的故障隐患及飞行中出现的问题很难像有人驾驶飞机一样得到及时得当的处理,因此无人机的事故率明显高于有人机.无人机地面综合检测控制系统的主要功能就是对无人机系统进行起飞前检测和日常的维护检测,特别是在起飞前对机上的关键部件和重要设备进行在线检测或模拟操控,以确认整个无人机系统工作状态,为最终放飞决策提供充足的信息[4].目前,国内外基本上把研制重点放在了无人机机体平台和机载设备的性能和可靠性以及飞行控制软件上,这固然对提高飞行安全可靠性十分重要,但在如何确认设备飞行前状态是否满足要求方面,其技术发展一直相对滞后.本文针对无人机系统检测控制设备功能单一、操作繁琐、通用性差、精度低等不足,设计了一种基于PXI(面向仪器系统的PCI扩展,PCI extensions for instrumentation)和虚拟仪器的通用无人机地面综合检测控制系统.该系统在某复杂型号无人机上得到了成功应用.

1 检测系统需求

无人机机载设备一般由飞控系统、导航系统、遥控遥测系统、电气系统、发动机系统、起飞和回收系统组成,因此综合检测的对象主要是各个子系统以及整个无人机系统的逻辑功能.

无人机对综合检测系统的共性需求主要包括:①机载设备供电.为了减少机载蓄电池的消耗,综合检测时飞机一般由地面供电;②机载设备自检.各机载设备一般具有自检功能,地面综合检测系统应能够启动自检,并处理自检结果;③舵面及节风门等各伺服功能测试.对无人机各飞行舵面及节风门进行操控,验证其正常作动;④逻辑功能测试.给出激励,验证无人机系统的逻辑功能是否正常;⑤数据可视化及任务载荷的功能测试.将检测结果或控制数据流实时图形化显示在地面终端上,形象且一目了然,便于人机交互;⑥故障提示及分析.根据检测结果进行故障综合分析、定位,并及时报警;⑦数据记录.对检测过程、结果进行记录,便于离线分析或过程回放.

2 系统及设计

系统采用基于PXI总线的虚拟仪器平台.PXI总线功能强、结构紧凑,并能与Compact PCI兼容.使用工业标准计算机,可配上必要的应用软件、硬件及驱动软件,共同完成传统仪器的功能,构成虚拟仪器.应用灵活的计算机软件代替传统仪器的某些硬件,使用计算机直接参与测试信号的产生与测量特征的解析,使仪器中一些功能化硬件从系统中"消失".基于虚拟仪器平台的测试技术已成为目前测试技术发展的主流.

2.1 硬件设计

系统遵循模块化的设计思想,其体系结构如图1所示.其中,电源管理模块连接电源输入,并提供通断控制、电压电流监测及保护;通讯模块实现地面综合检测系统与机载设备之间的数据通讯;信号调理模块主要是对机上需要测量的信号或地面提供给飞机的激励信号进行隔离、放大和保护;接口适配器是地面综合检测系统和无人机连接的通道,是保证本系统通用性的重要环节,针对不同机种可以作相应改变;工控机是系统的核心,既是软、硬件连接的桥梁,又是软件运行的基础;数据输出包括数据的显示、存储、打印等;手动输入主要是某些关键通道的应急备份.

由于系统模块化的结构,硬件设计可以分解进行,其中工控机、电源管理模块、信号调理模块(含通讯模块)、接口适配器分别集成在单独的机箱内,最后采用标准机柜联成有机整体.整个系统可采用市电或油机供电,体积小、重量轻,方便转场和现场使用(图2).

针对无人机的特点和需求,系统提供的资源如下:

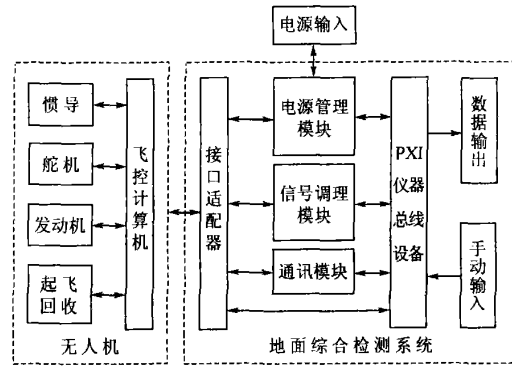


图1 系统体系结构图

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

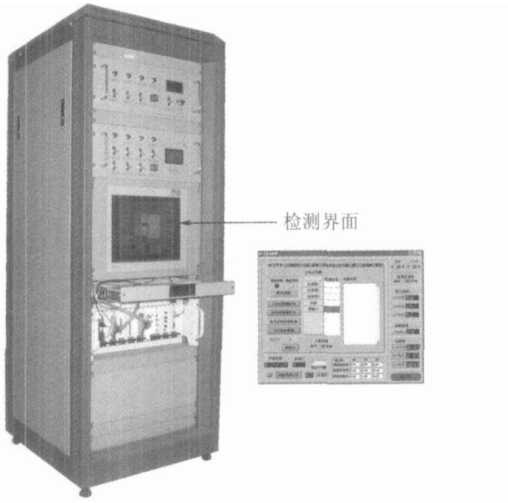


图 2　无人机通用综合检测系统

1) 电源管理模块提供 3 路直流电源和 1 路交流电源的控制和监视. 其中的直流 28 V 是飞机通用电源,主要提供机上供电,并与直流 15 V 一起用于本系统信号调理;在机上不配有逆变电源的情况下,系统还可给惯导和陀螺提供 115 V/400 Hz电源,并根据需要给发动机的启动和检测提供 12V 直流电源. 由于系统是在地面对无人机进行检测,采用电源外接的方式;

2) PXI 工控机如图 3 所示. 工控机配有 4 块接口板卡,提供了 96 路 DI/DO、16 路 12 位 AD 输入和 10 路 12 位 DA 输出,用于机上开关状态量的显示控制,电压、电流、温度等模拟量的采集以及检测控制. 所有接口通道数量按正常结构无人机需求的 2 倍配置. 在大量采用余度配置的某复杂型号无人机上的应用表明,本系统提供的资源完全满足无人机检测的需要;另外还配有信号发生器板卡、示波器板卡和万用表板卡,用来满足不同型号无人机的测试、激励需求. PXI 机箱内共有 18 个槽位,必要时还可通过加、减板卡实现系统资源的添加、裁减;

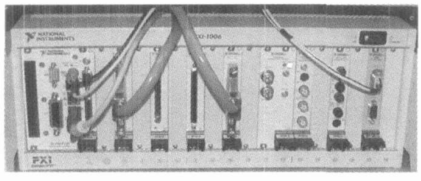


图 3　PXI 工控机

3) 信号调理模块包括对 I/O,AD,DA 信号的隔离处理、信号控制矩阵和手动控制面板 3 部分. 信号的隔离处理提高系统的抗干扰能力;信号控制矩阵通过矩阵开关通路的切换,可根据机载系统检测需要利用的系统资源并输出任意波形激励;手动控制面板包括 13 路手动开关和 1 路手动旋钮,用于无人机调压器的检测以及电源开关;另外考虑到系统的安全性,还包括机上重要开关的备份;

4) 通讯模块包括 2 路隔离的 RS422 异步串口,一路用于检测系统与飞控计算机的通讯,另一路备用;

5) 打印机、显示器用于检测数据的输出. 其中,电源输入采用外接方式,提高了系统适应性. 针对不同机种,只需接入合适的电源,并将外接口板的机械和电气连接部分作相应调整即可,其余硬件资源可直接重用.

2.2　软件设计

软件是基于虚拟仪器技术的测试系统的关键环节. 尤其对于采用了 PXI 测试设备的测试系统,硬件的使用难度已大大降低,在其上所耗费的时间已越来越少,因此能把更多的精力投入到软件的系统开发上.

本系统的软件开发环境为 WINDOWS XP 操作系统,采用 LabWindows/CVI 作为系统软件开发平台,该平台在仪器控制、数据采集、数据分析处理、数据显示等方面给用户提供了强大的功能,并可提供美观、友好的图形化界面. 整个软件体系使用层次化框架,模块化结构,如图 4 所示.

整个软件从逻辑上划分为应用管理层、测试执行层、设备驱动层和硬件设备层 4 个抽象层,每一层为上层提供服务,同时又是下层的客户,层次之间通过接口和协议进行交互,层内的内容被隐藏起来. 这样只要接口协议不变,某一层的改动就不会影响到其它层,提高了软件的可移植性[5].

应用管理层、测试执行层通过用户操作界面与检测人员交互;应用管理层将整个软件按功能分类,调用测试执行层的各功能模块;测试执行层通过设备驱动层的接口驱动硬件和数据库调用,实现各模块的功能. 仪器设备,包括万用表、I/O,AD,DA、示波器等的调用,通过使用虚拟仪器 VXI P&P 规范 VISA 软件接口实现,把仪器驱动函数封装成 API 函数提供给各个功能模块. API 函数构成了软件抽象层,隔离了具体的硬件和调用它的软件,这样软件功能模块的编写与具体设备无关,不必考虑具体仪器的地址、型号等,为软件系统的可重构奠定基础.

软件中的功能模块是构建测试应用软件的基本单元,按照 A/D,D/A,I/O 等信号产生和测量及 RS422、数据库操作等,提供给测试应用软件. 测试

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

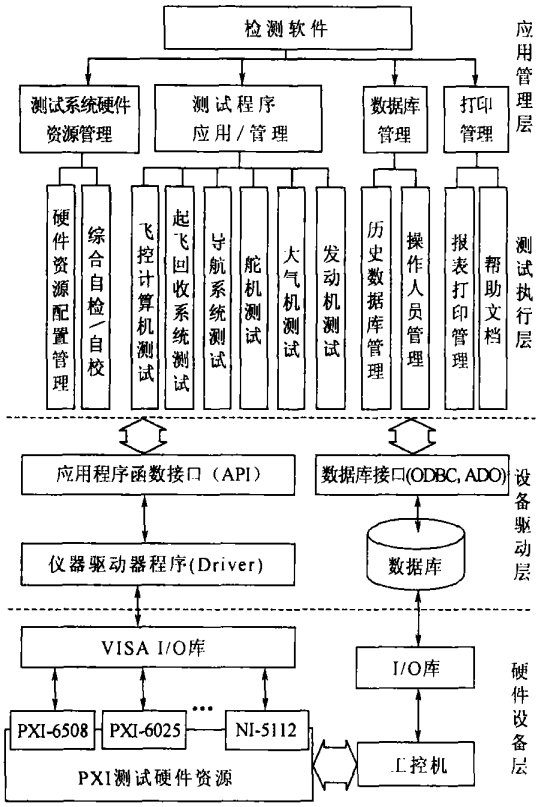


图4 软件体系结构

应用软件是这些模块的组合，通过这种组合，可以针对不同型号的无人机，快速地组建相应的测试软件，大大增强了软件系统的通用性.

3 检测流程

为了确保安全，本无人机地面综合检测系统工作于半自动模式，关键的检测操作必须加入人为干预才能启动，但会按预定规程自动提示操作人员进入下一步操作.检测过程中有实时故障显示；检测完毕后，系统将结果自动生成为综合报表并输出，供指挥决策.

本系统的工作流程如图5所示.

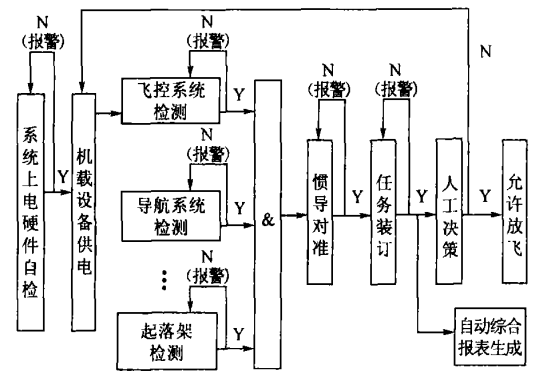


图5 系统检测流程图

4 结 论

本系统通过对某低速型号无人机的飞行前检测及对某高速无人机系统应用移植表明：

1) 软硬件的通用性设计使得针对不同机型，只需更换与其配套的接口适配器，并改动软件的相关参数设置就能进行检测，大大缩短了设计周期，降低了成本；

2) 采用PXI总线设备，检测精度大大提高，另外基于虚拟仪器的动态数据显示直观准确，也避免了以往读取数据容易产生的人为误差；

3) 检测软件通过ADO接口与数据库相连，检测的同时将各检测结果写入数据库，并能对数据库进行管理，方便了检测后的重现和详细分析；

4) 软件编辑中引入了Excel控件，在检测完成后可自动将数据库中存储的检测结果生成Excel报表，并打印输出；

5) 系统功能强大，智能化程度较高，对操作人员的依赖性小，提高了整个系统的可靠性；

6) 系统集成尺寸小，具有较好的机动性.

随着功能的进一步完善和设备小型化，无人机综合检测系统在功能上将更加全面通用，在体积方面也将大大缩小，朝着便携的方面发展.本文介绍的无人机通用综合检测系统，正是这种发展趋势的一个体现.

参考文献 (References)

[1] Xu Yong, Jiang Fukang, Scott Newbern, *et al*. Flexible shear-stress sensor skin and its application to unmanned aerial vehicles[J]. Sensors and Actuators A, 2003, 105(3): 321～329

[2] Sung Kyung Hong. Fuzzy logic based closed-loop strapdown attitude system for unmanned aerial vehicle[J]. Sensors and Actuators A, 2003, 107(1): 109～118

[3] 丛书全，吕晓林，刘志强，等.一种基于虚拟仪器的无人机综合检测控制系统[J].测控技术，2002, 21(5): 53～54
Cong Shuquan, Lv Xiaolin, Liu Zhiqiang, *et al*. The unmanned vehicle comprehensive control system by virtual instrument [J]. Technique of Measure and Control, 2002, 21(5): 53～54(in Chinese)

[4] 邱晓红.无人机飞行器综合检测控制系统[J].测控技术，1999, 18(1): 25～26
Qiu Xiaohong. Monitoring and control integrated system for UAVs [J]. Technique of Measure and Control, 1999, 18(1): 25～26(in Chinese)

[5] 何炎祥，黄 浩，石 莉，等.软件体系结构中五种常见风格的剖析[J].计算机工程，2000, 26(10): 31～32
He Yanxiang, Huang Hao, Shi Li, *et al*. Analysis of common styles of software architecture [J]. Computer Engineering, 2000, 26(10): 31～32(in Chinese)

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net