

# 某型飞机显控设备通电老炼检测系统的设计与实现

张 扬<sup>1,2</sup> 张 丽<sup>1</sup> 姚传亮<sup>3</sup>

(1. 河南理工大学 计算机科学与技术学院 焦作 454000; 2. 空军第一航空学院 航空电子工程系 信阳 464000;

3. 中国人民解放军空军第 94456 部队 威海 264200)

**摘 要:** 为保证备件的良好程度,解决仓储备件由于长时间存储造成的性能下降或失效问题,针对某型飞机显控系统设备的特点,设计了显控设备通电老炼系统。该系统综合运用自动测试、虚拟仪器、人工智能、面向信号设计等多种技术,以计算机为核心,以 PXI 仪器、GPIB 仪器等通用仪器为主要测试设备,以多种总线接口为纽带,构建一种技术先进、可靠性高、通用性好、操作简便、可扩展性强的综合化通电老炼平台。试用结果表明,该系统的研制成功保证了航材备件的良好性,具有较高的经济和军事效益。

**关键词:** 显控设备;老炼系统;检测

**中图分类号:** V241.8 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 590.6099

## Design and implementation of a certain type of display and control equipment aging test system

Zhang Yang<sup>1,2</sup> Zhang Li<sup>1</sup> Yao Chuanliang<sup>3</sup>

(1. College of Computer Science and Technology, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China;

2. Department of Aviation Electron Engineering, First College of Air Force, Xinyang 464000, China;

3. PLA air force 94456 unit, Shandong Polytechnic University, Weihai 264200, China)

**Abstract:** To ensure the soundness of spare parts and to solve performance degradation or failure caused by prolonged, we focused on the characteristics of some aircraft display and control system equipment, designed the display and control unit is powered aging system. The system used automated test, virtual instruments, artificial intelligence and signal design-oriented technology, treated the computer as the core, GPIB instrument as the base, multiple bus interface as the link, built the aging system which has advanced technology, high reliability, good versatility and easy to operate. The results show that use of the system which with high economic and military benefits can improve the integrity of aviation materials effectively.

**Keywords:** display and control system; aging system; test

## 1 引 言

某型飞机显控数传任务机及头盔瞄准具设备(以下简称显控系统)用来完成综合航空电子系统的集中控制、集中显示和集中管理任务。目前,显控系统在外场的主要维护手段是采用备用外场可更换单元(LRU)来替换相应的故障 LRU。这些备件的调用主要根据机载设备的使用情况,随机性强,时间不确定,很多备件的储存时间都超过了履历本规定的储存期,甚至更长的时间。由于长时间不通电,致使备件性能和可靠性下降。有时当机上设备发生故障,需要调用备用 LRU 时,备件已成为故障件,大大降低了飞机的完好率和出动率。为此,有必要研制针对该型飞机显控

系统的通电老炼设备,保证备件的良好性能,延长存储时间。

## 2 系统组成

由于显控设备数量较多,又需将所有设备在同一种检测设备上进行检测,需要设计 4 个不同的适配器,以满足不同设备的检测需求。通电老炼设备硬件由 PXI 测试平台、老炼设备适配器、交流 400 Hz/115 V 的中频电源、直流电源(DC28 V)、冷却设备、被测 LRU 夹具、电缆等几部分构成。主要通电老炼系统结构框图如图 1 所示<sup>[1]</sup>。

通电老炼设备为各老炼对象 LRU 建立通电工作环境,提供通电老炼必须的电源、控制信号、激励信号,同时具

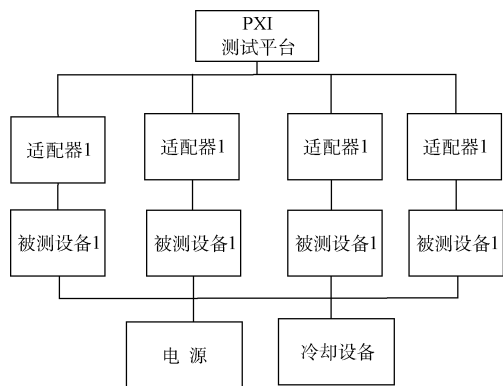


图 1 通电老炼设备结构框图

有告警和保护功能,在通电过程中对被老炼 LRU 进行监控,当老炼对象 LRU 由于外部或内部原因工作异常或发生故障时,自动终止通电老炼,并以声、光等形式向操作人员告警,并在显示器上给出故障提示和操作导航。

通电老炼设备综合运用自动测试、虚拟仪器、人工智能、面向信号设计等多种技术,其中工业控制机为控单元以 PXI 仪器、GPIB 仪器等通用仪器为主要测试设备,以多种总线接口为纽带,构建一种技术先进、可靠性高、通用性好、操作简便、可扩展性强的综合化老炼平台。在系统设计上,贯彻开放式、模块化的原则,通过仪器设备的选择和通用软件平台的开发,使测试系统具有很好的可扩展性和通用性;综合运用多种安全性和可靠性设计技术,确保系统的安全性和高可靠性<sup>[2-3]</sup>。

### 3 系统硬件设计

系统的硬件组成框图如图 2 所示。

通电老炼设备采用 PXI 和 IEEE-488 (GPIB) 总线方式。其中,数据采集、信号转换、状态控制、标准数据总线激励等采用 PXI 总线模块化仪器,而信号的产生及测量采用 GPIB 总线仪器。系统硬件由 PXI 总线仪器、GPIB 总线仪器以及其它总线仪器设备、通用标准测试接口、主控计算机、电源系统、监控系统、系统与测试电缆以及 4 个适配器组成,通过电缆和有关通信数据总线组成一个通用化综合老炼平台。

#### 3.1 测试适配器设计

测试适配接口包括:测试适配接收器(RCV)接口和 ITA 适配接口。

测试适配接收器接口采用 VPC90 标准 25 槽位单层配置结构测试阵列接口(ICA)的形式,如图 3 所示<sup>[4]</sup>。

测试适配 ITA 适配接口包括垂直铰接安装机架、接收器、接口测试适配模块(ITA)、ITA 外壳和适配接口箱构成。适配接口箱内部含有适配箱识别电路、LRU 识别电路等,箱体内部可根据测试设备实际需要放置信号调理电路,如信号放大器、信号衰减器、信号转换、信号匹配负载以

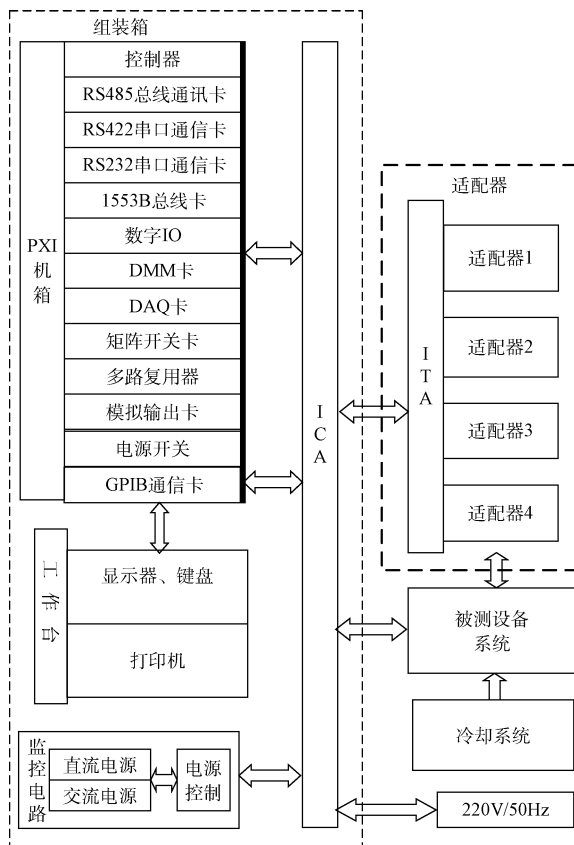


图 2 老炼设备组成框图

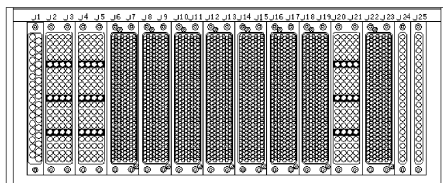


图 3 测试适配接口的接收器结构

及与被测设备的联接插座,可在箱体内、外安装集成等。适配器接口如图 4 所示。

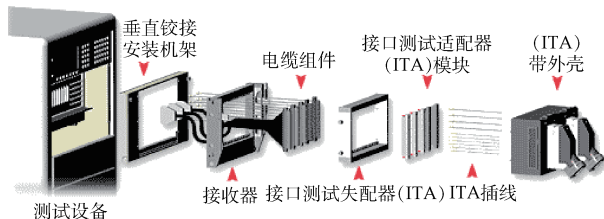


图 4 适配接口示意图

#### 3.2 测试适配器的配置

该系里飞机共有 27 个型号的 LRU 需要测试,在测试之前,为了尽量精简适配器等的资源,需要对这些 27 个组件的测试需求进行优化整合,合理分配和运用 ATS 的测试资

源,并考虑到专业维护的实际需求,优化设计成 4 个可拆卸适配器,分别是显示器类适配器、瞄准类适配器、数传类适配器和信号处理类适配器,适配器采用 ICA 和 ITA 接口与老炼系统进行连接,ICA 和 ITA 接口分别为测试资源的输入输出接口和被测设备适配器接口<sup>[5]</sup>。

## 4 系统软件设计

### 4.1 总体设计思路

在软件设计中,主要考虑了以下几个因素:一是考虑到部队设备更新快,将系统软件按照开放的体系结构进行开发;二是软件设计中,考虑代码的可移植性的要求;三是将测试程序开发成单个独立的模块,并与测试程序互不关联;四是软件界面友好,使用方便。在程序运行过程中,对每一步软件和硬件操作都以图形化的形式提示操作者<sup>[6]</sup>。

测试系统软件包含了如下功能:系统管理;通电老炼任务管理;文件管理;资源配置;具有自动通电老炼、手动/半自动交互通电老炼和训练三种工作方式;系统自检;实现被通电老炼设备的故障定位(到 SRU 级);测试过程的监控,通电老炼设备和通电老炼对象的安全告警和保护;将老炼结果进行处理、显示,形成数据库,并可存储、上报或打印结果;用户可执行测试程序对软件进行开发、调试及维护。

通电老炼设备的软件安全性分为软件安全性分析和软件安全性开发:软件安全性分析工作的主要内容是要通过采用一系列的软件安全性分析方法,验证软件的正确性、合理性和完备性,验证软件安全性设计和编程的正确性、软件安全性测试的充分性;软件安全性开发工作的主要内容是要确定软件安全性需求、开展软件安全性设计、编程和测试<sup>[7]</sup>。

老炼系统采用 GPITS 通用集成测试软件平台,其主要由测试程序开发环境和测试程序运行环境两大部分组成,如图 5 所示。

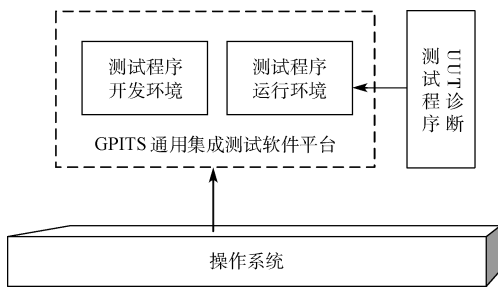


图 5 系统软件组成图

测试程序开发环境的主要功能是在一个统一的软件环境下集成、维护自动测试系统,通过计算机外部设备的信息以及测试仪器、测试对象及之间互连路径等的信息,生成的测试程序运行平台可产生独立的测试程序,完成资源分配,定义测试策略、开发调用仪器的驱动程序以及完成虚拟仪器面板编辑等功能;测试程序运行环境的功能是通过调用

测试运行程序、监控测试设备的工作状态,完成系统测试设备的自检、计量,管理测试程序所需的各种信息,控制测试所使用的软件和硬件及测试程序的运行,并记录测试数据,产生通电老炼结果报告等功能。它的主要功能包括系统管理、系统配置、系统校验、测试执行、数据处理等。

### 4.2 软件组成

测试软件可分为 3 大类 8 个模块,一是测试资源管理类,主要用于测试前资源定义,包含资源建模和测试策略编辑两个模块;二是测试程序调用类,用于完成被测设备的测试,主要包括仪器设备驱动、系统自检和性能测试 3 个模块;三是测试数据管理及帮助类,用于完成测试结果的管理和在线帮助,主要包括系统的管理、测试数据的管理和在线帮助 3 个模块。其软件功能结构如图 6 所示。

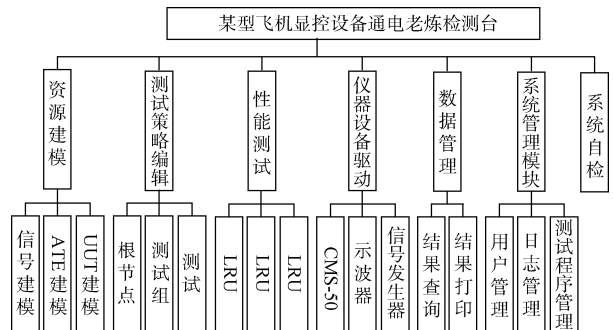


图 6 软件功能结构图

#### 4.2.1 资源建模模块

系统的资源主要包括信号资源、ATE 资源和 UUT 资源三类。资源建模模块主要完成这三类资源的建模。信号资源建模主要包括信号类型、方向等模式的定义,信号的技术范围、分辨率精度等参数的定义;ATE 类资源的建模主要包括对 ATE 设备信息、资源、资源功能和插针的定义等;UUT 建模主要包括对 UUT 信息、插针和连接信号的定义等。

#### 4.2.2 测试策略编辑模块

该模块按照由小到大的顺序由具体测试、测试组和根节点三层构成。测试表示单个而具体的测试动作,测试组表示一个相对独立的测试环节,根节点表示一个相对完整的测试项目。在该模块中,首先需要对测试项目进行需求分析,根据需求分析结果定义根节点,再利用测试和测试组满足根节点的要求,形成一个完成的测试项目,以便性能测试模块或其它模块调用。

#### 4.2.3 性能测试模块

测试项目主要在性能测试模块完成。测试可以根据使用者的实际需求,选择手动模式或自动模式,并调用在测试策略编辑模块中定义过的测试程序,完成被测设备老炼工艺要求需要的测试项目。若选择的是手动模式,使用者可根据实际情况选择测试过程暂停、终止或重新开始等操作。

### 4.2.4 系统自检模块

系统内埋的有 BITE 电路,并有与之配套的自检程序,可用于完成整套系统功能和性能检查,自检程序开机自动运行,开机之后,使用者也可根据需求调用自检程序,监控系统运行和工作状态。

### 4.2.5 仪器设备驱动模块

系统包含的通用仪器调用由该模块采用统一的接口调用。驱动接口标准、功能函数的添加以驱动代码的编写均在该模块中完成,以形成相应的驱动,位于软件的最底层,可被其它模块调用,用于驱动仪器设备<sup>[8]</sup>。

### 4.2.6 数据管理模块

该模块主要完成测试产生的结果的管理。测试完成后,测试数据统一压缩,送至该模块,数据管理模块既可以进行数据的查看、查询、删除、打印等功能,也可将数据送至库管中心,对被测设备的状态监控和健康分析<sup>[9]</sup>。

### 4.2.7 系统管理模块

该模块可对用户、测试日志及测试程序进行管理。用户管理将使用者分为不同级别,每个级别的使用者有对应权限,可进行相应的操作;测试日志管理模块与数据管理模块不同,该模块只用于测试记录的管理,可进行查询、查看删除等操作;测试程序管理模块与性能测试模块配合使用,以完成测试项目、程序的注册和运行状态的配置<sup>[10]</sup>。

系统运行界面如图 7~图 10 所示。



图 7 系统运行首页



图 9 检测界面

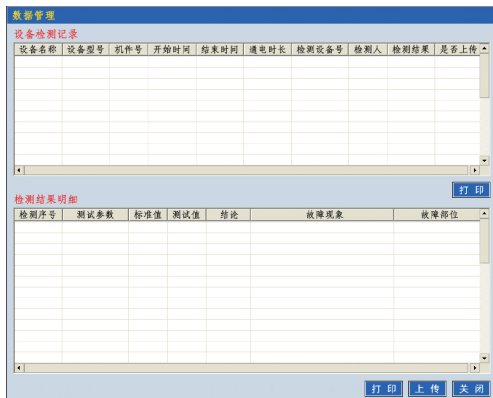


图 10 数据管理界面

## 5 实验验证情况

针对通电老炼设备的设计需求,通电老炼设备必须要满足以下的要求:一是使用对象为仓储保管人员,对维护设备大多不清楚,所以对系统的自动化要求高,二是对主要老练的设备主要是电子设备,通电时间有一定要求,三是除了正常通电以外,还需要对关键的技术参数进行测试。系统研制成功以后,已对多台套的显控设备进行了老炼工作。设备按照使用类型,可分为参数计算类、显示控制类等类型。下面以某型电子存储器为例进行操作说明(处于保密需要,图中部分内容做了处理)。

当用户选择完测试的设备之后(如图 8 所示),为满足要求一的需求,系统会自动出现电缆连接提示。如图 11 所示。

图 11 中,左上角为自研的适配器,根据显控设备的分类,共研制了 4 个适配器,图中所示适配器为数传设备适配器。右下角为将要进行通电老练工作的某型电子存储器。为了满足非专业人员的测试,保证设备安全,系统设计了电缆连接提示界面,连接设备之后,若适配器正常,则会在下方进行提示。点击确认之后系统进入了测试画面,如图 12 所示。

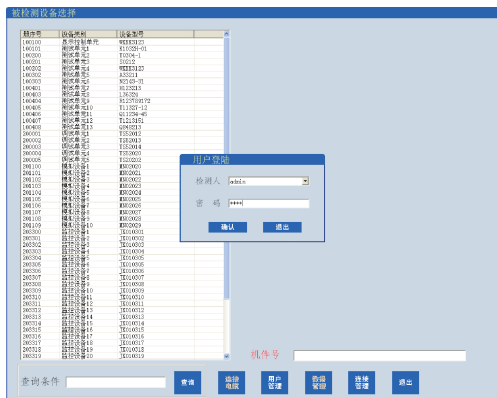


图 8 用户登录界面



图 11 电缆连接提示画面



图 12 测试界面

图 12 中,左上角为北侧设备的基本情况,包括设备名称、型号、机件号等。老炼设备的设计需求是为了保证长期存储的电子设备正常工作,所以对通电来的时间有一定要求,系统设备及了时间要素,一般为 30 min,如图 12 中间部分所示。同时系统可对设备的关键技术参数进行测试,测试结果统一送入库管中心保存如图 13 所示。

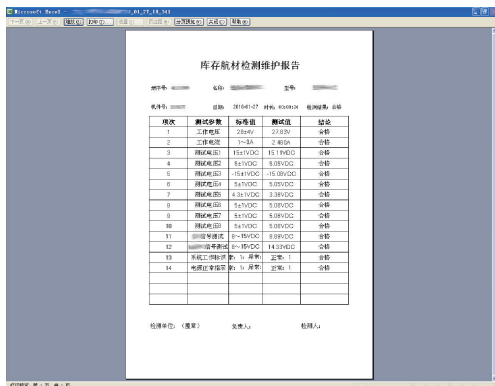


图 13 送入库管中心保存的数据

试用了近一年以后,对长期存储的 63 套设备的测试及故障情况进行了跟踪,并得出结果,如表 1 所示。

结果表明,电子设备经过长期存储,故障率高发,通电老炼检测系统能有效的降低该类设备的故障,尤其对具有高压、高频的发射类设备有很好的老炼效果。

表 1 测试设备结果分析

显控设备类型	老炼周期	老炼数量	老炼前故障率	老炼后故障率
计算类设备	6 个月	23	21%	4.4%
显示类设备	6 个月	16	25%	6.3%
发射类设备	3 个月	9	66%	0%
控制类设备	6 个月	15	12.3%	6.7%

## 6 结 论

目前,该系统已用于部分航材存储仓库,在试用期间,设备运行稳定,各项功能使用正常。试用结果表明,该系统的使用能有效降低储备航材备件的低效率,大大提高显控设备在存储期间的可靠性,具有较高的经济和军事效益。

## 参考文献

- [1] 丁超,唐力伟,邓士杰. 故障装备检测任务分解模型评估[J]. 仪器仪表学报,2015,36(6):1433-1440.
- [2] 朱闻渊,尹家伟,蒋祺明. 新型航空电子系统总线互连技术发展综述[J]. 计算机工程,2011,37(37):422-426.
- [3] TIAN J, HU K, ZHANG H, et al. Design of MIL-STD-1553B protocol simulation system[C]//2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE). IEEE, 2010, 6: V6-389-V6-392.
- [4] 薄志峰. 基于 LabWindows/CVI 的电动舵机自动化测试系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2015(5): 73-76.
- [5] 李鸣,高娜,姜为学. 电子装备测试性分析关键技术研究[J]. 电光与控制,2010,17(11):49-51.
- [6] 周云辉,王娇,钱云飞. 基于嵌入式的环境温湿度监测系统[J]. 电子测量技术,2012,35(9):80-82.
- [7] 石岩,严东. 舰炮对空脱靶量测量声传感器阵设计[J]. 国外电子测量技术,2012,31(12):32-35.
- [8] 过峰,俞建峰,陆振中. 力传感器关键性能参数自动标定系统[J]. 电子测量技术,2015,38(5):85-88.
- [9] 张宁,沈湘衡,叶露,等. 应用光电倍增管模块的杂光系数测试与分析[J]. 电子测量与仪器学报,2015,29(8):1203-1209.
- [10] 丁泽刚,温亮. SAR 自然场景实时回波模拟器的设计与实现[J]. 实验技术与研究,2011,28(2):69-73.

## 作者简介

张 扬,工学硕士,讲师,主要从事自动检测与控制技术方向的教学与科研工作。

E-mail: zy9804020@163.com

张 丽,博士,教授,主要从事航空电子设备的研制、检测与维修工作。

姚传亮,学士,工程师,主要从事航空电子设备的维护保障工作。