

基于 PXI 总线的导弹火控自动测试系统设计*

王瑞¹, 孙虎元², 刘星¹, 李波¹, 刘晃春¹

(1 中国兵器工业第203研究所, 西安 710065; 2 解放军边防学院, 西安 710107)

摘要:针对某型导弹火控系统部件多, 结构复杂, 测试困难等问题, 文中采用开放式平台结构, 设计了以 PXI 总线为平台的自动测试系统, 实现了导弹火控系统的自动测试, 完成了对导弹火控系统各部件的状态检测、故障模拟、故障诊断与定位。实践表明: 该系统具有易操作、测试精度高、便于扩展等优点, 具备一定的通用性, 提高了测试的效率。

关键词:自动测试系统; PXI 总线; 故障诊断

中图分类号: TJ768.4 文献标志码: A

A Design for Automatic Test System of Missile Control System Based on PXI Bus

WANG Rui¹, SUN Huyuan², LIU Xing¹, LI Bo¹, LIU Huangchun¹

(1 No. 203 Research Institute of China Ordnance Industries, Xi'an 710065, China;

2 Frontier Defence Academy of PLA, Xi'an 710107, China)

Abstract: Aimed at the problems of one missile control system, including many components, complex structure and difficult test, an automatic test system (ATS) which adopts an open platform structure was designed for missile control system based on PXI bus. The ATS of the missile control system actualizes the performance test, fault simulation, fault diagnosis and fault location of the parts of the missile control system. Experiments show that the developed ATS with high precision is easy to operate, upgrade and generalize, improving the test efficiency mostly.

Keywords: automatic testing system (ATS); PXI bus; fault diagnosis

0 引言

随着现代科学技术的发展, 导弹火控系统的复杂性越来越高, 组成火控系统的各部件能安全高效的运行, 对导弹火控系统的正常可靠工作起着越来越重要的作用。因此, 可靠性与维修性成了关键性问题, 这就对测试系统提出了更高的要求。研制精度高、可靠性高、自动化程度高的自动化测试设备, 具有重要的军事、经济意义。

文中以集成度高、控制方便的 PXI 总线系统为基础平台, 配合专用适配器、资源分配接口和程控电源组成火控自动测试系统和故障诊断系统。本测试系统实现了对导弹火控系统各个部件的自动测试以及故障诊断与模拟, 真正实现了测试系统的模块化、通用化、标准化设计, 提高了测试效率, 降低了维修成本。该系统可以自动完成导弹火控系统的各项测试任务, 且可以将测试的数据进行显示、存储、传输和打印。

1 系统硬件结构的设计

1.1 系统硬件结构设计

火控自动测试系统采用“PXI 总线系统 + 资源分配接口 + 专用适配器”的结构。主要由主控计算机、PXI 总线、电源模块、数字万用表模块、A/D 模块、D/A 模块、I/O 模块、CAN 总线模块、串口通讯模块、多路复用开关模块、矩阵开关模块组成, 其结构如图 1 所示。测试时, PXI 总线系统控制多个功能模块, 对被检对象所需要数据流、控制流及其接口激励信号进行模拟, 对输入的信号进行采集和数据处理及分析, 准确地发现故障并将其隔离到现场可更换单元。

1.2 资源分配接口的设计

PXI 总线系统作为公共资源是需要分配给各被检对象用的。为了保证适配器的通用性, 资源分配接口将 PXI 模块与外部电气信号标准化。文中采用可靠性高、灵活性强、保护性好的 VPC90 标准阵列接口

* 收稿日期: 2012-03-30

作者简介: 王瑞 (1981-), 女, 陕西合阳人, 工程师, 研究方向: 自动测试技术。

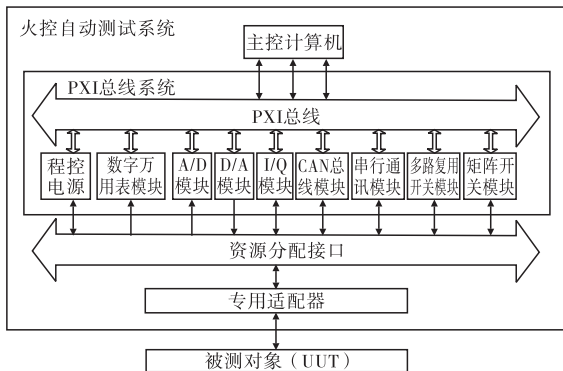


图 1 测试系统的硬件结构图

对 PXI 总线进行合理分配,一套 VPC9025 接口最多可提供 4200 个信号点,共 25 个模。按照导弹火控平台资源设计,共使用了 M1、M2、M5 ~ M7、M11 ~ M14、M16 ~ M19、M21、M22、M24 共 16 个模块,空余 9 个模块用于平台资源的后续扩展。

1.3 自检适配器的设计

自检适配器具备专用计量接口,与 PXI 总线系统结合,完成 PXI 总线系统的自检与计量。PXI 总线系统各功能模块的自检由自检适配器通过适配器内部连线,如图 2 所示,将由输入输出关系的同类信号组合,如 PXI 总线系统功能模块的数字输入接入数字输出、模拟量输出经矩阵开关接入模拟输入或万用表、电源信号通过矩阵开关切换分别接入万用表等、RS422 收发通道互连、CAN 通道互联等,完成各通道的自检;同时,将有精度及计量要求的模拟信号测试通道引致适配器前面板,用于 PXI 总线系统计量的溯源接口,通过通用仪器并配合相应检测软件完成总线平台的计量。

专用适配器是 PXI 总线系统与被测部件之间的连接,主要完成测试信号的调理工作,并能完成其本身的自检。适配器内部以直接连线为主,对于必要的信号调理电路,采用无源器件,避免采用受环境参数影响大的有源器件,以减少测试结果的不确定性因素,适配器结构采用标准化设计,增加适配器可靠性与可维护性,适配器信号调理模块优先考虑采用总线结构的标准化设计和“底板 + 插板”的结构形式。其电路由 4 部分组成:负载与驱动电路、模拟信号滤波单元、模拟信号调理单元、数字信号隔离单元、击发信号生成电路。其中,负载与驱动电路为检测点火信号提供大功率负载,工作条件电路主要是提供被测部件脱离开导弹火控系统独立工作时所需要的一系列条件信号源,检测电路主要是完成被检信号的隔离变换和处理工作,以满足 PXI 总线系统对信号的要求,其工作原理及信号流向图如图 3 所示,其中,虚线部分为开关系统分别与电源模块和数字万用表的连线关系。

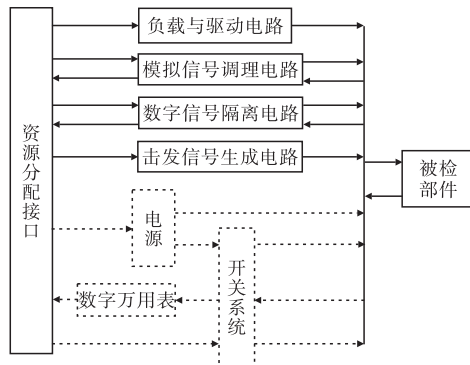


图 3 适配器硬件组成及信号流向图

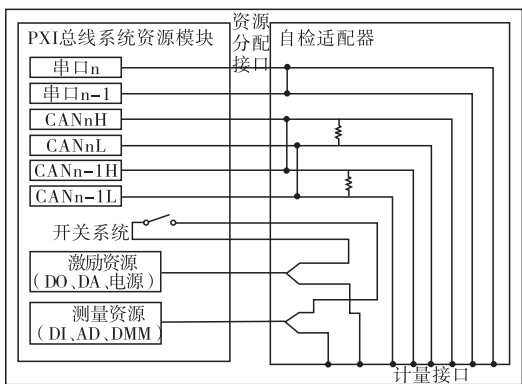


图 2 PXI 总线系统自检工作原理图

1.4 专用适配器的设计

在专用适配器的研制过程中,设计了 55 芯和 100 芯两种统一的检测接口,并规定了接口引脚的输入、输出特性及各被检电子设备的特征标志,实现了检测平台的通用化、标准化,提高了测试性,为检测设备与被检设备之间的安全性设计的实现打下基础。

2 测试系统的软件设计

2.1 软件的总体框架

整个测试系统采用 Windows XP Professional 操作系统,Lab Windows/CVI 软件开发环境。通过虚拟仪表直观反应被测对象状态,动态显示被测信号数据变化规律。

Lab Windows/CVI 是建立在开放式软件体系结构之上,集成了应用程序开发所需的用户界面编程工具和测试应用开发所需的各种测控界面开发、测试硬件控制、数据采集和信息处理的软件包,还提供了对数据库和网络应用开发的支持能力。它的集成化开发环境、交互式编程方法、函数面板以及丰富的库函数,大大增强了语言的功能,为开发人员提供了一个理想的软件开发平台。文中主要从用户的应用出发,针对用户的测试需求,充分发挥总线测试设备的硬件特

性,将硬件模块灵活组合与配置形成一个完整的检测系统。检测软件针对用户的应用特点,不仅完全需要满足用户的基本需求,还要针对单一用户的习惯(包括菜单、布局、显示和操作方法等)进行专门设计。

为实现系统软件的功能,并使所开发的软件具有高度的可靠性和可维护性,采用模块化设计方法和结构设计方法构造软件的结构。如图 4 所示,检测软件主要功能模块可划分为测试流程模块、数据处理模块、仪器驱动模块、故障诊断模块、数据管理模块。其中,测试流程模块由测试序列、解释器、仪器类三部分组成。其中仪器类用于表示不同类型仪器的属性、功能和操作,负责与仪器驱动模块中的硬件接口库传递消息。测试序列是将测试流程以脚本语言的形式展现,用于描述仪器的操作方法、状态、功能。不同类型的仪器由不同的脚本模型搭建。

对不同的测试项目来说,最终的测试结果表的内容都能划分为序号、信号名称、测试值、公差和检测结果六项。因此数据管理模块利用 Word 建立测试结果表,一个测试项目对应一张测试结果表。检测软件根据不同的测试项目调用不同的测试结果表。

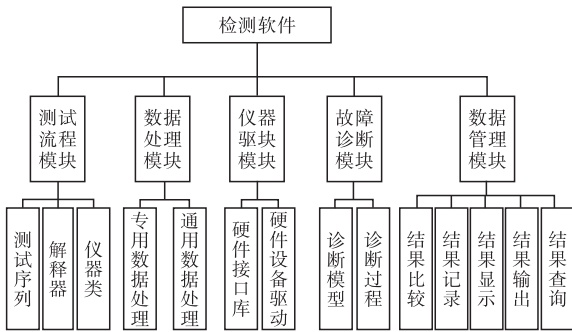


图 4 软件结构功能图

部件和电路板故障诊断是建立在专家系统和数据库基础之上,文中采用建立故障树,对系统和分系统及各单体设计层面进行研究,从被检对象设计原理角度分析故障存在的可能性及排除方法。

2.2 软件的测试流程

用户登录进入测试界面后,进行适配器识别,选择平台自检或进行测试,选用自检适配器进行平台自检或计量,选用专用适配器进行测试。专用适配器自检通过后选择自动测试或分步测试,自动测试识别被检对象后进行测试,显示测试结果并判断是否正常,根据测试结果判断故障部位,测试结果分别显示在测试结果表和故障诊断结果表中,最后自动保存测试结果。分步测试根据需要选择测试项目进行测试。软件的测试流程如图 5 所示。

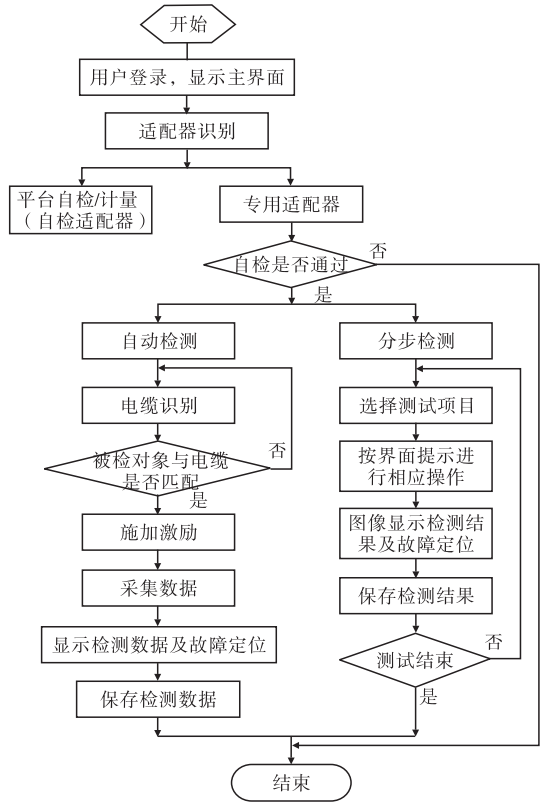


图 5 软件的测试流程图

3 系统应用

本测试系统能够模拟导弹火控系统各个电子部件的各种输入信号,并实时采集工作时各电子部件的输出信号,对电子部件的各种性能参数进行自动测试,同时具有测试数据管理、分析和测试报告自动生成等功能,实现了对各个电子部件的状态检测、故障诊断和状态复检。其测试子程序界面如图 6 所示。该自动测试系统具有良好的通用性和扩展性,用户不需要对硬件和软件平台做大的改动,只需增加相应的接口适配器和测试数据库,修改相应的测试软件,即可完成其他电子设备的检测与故障定位。

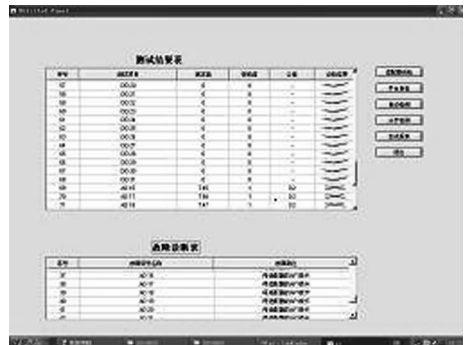


图 6 测试子程序界面

弹体在 535m/s 速度下和 53° 倾角下侵彻混凝土靶板,图 6 为混凝土跳弹弹道^[9],弹道上方混凝土材料由于自由面拉伸作用,会产生全部崩落,最终形成可见弹道,仿真结果与试验结果比较,基本一致。

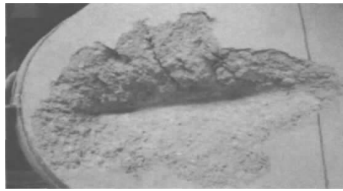


图 6 混凝土跳弹弹道

6 结论

由于斜侵彻试验难度大,国内外斜侵彻试验数据比较少,因此在做混凝土斜侵彻这一方面的研究时,数值模拟可为试验以及理论研究提供很好的依据。文中采用大型动力有限元软件 LS-DYNA 对弹丸侵彻混凝土靶板进行了三维数值模拟,与实验的分析结果吻合。从中可得到如下结论:

1) 弹丸侵彻混凝土靶数值模拟中,采用 H-J-C 损伤材料模型,能够较准确的模拟混凝土靶板成坑,并伴随有明显的裂纹扩展情况。当撞击靶板的倾斜角度过大时,会发生跳弹现象。

2) 弹道轨迹随倾角的变化而发生变化。超出一定倾角范围(30°左右)弹道轨迹发生偏转,逐渐出现上凹的趋势。

3) 在弹体侵彻混凝土靶过程中,侵彻初期,速度随时间的变化是非线性关系。随着侵彻深度的不断增加,轴向速度降低,弹体运动速度随时间的变化几乎成线性关系。同时,侵彻加速度具有不同的变化规律。

(上接第 47 页)

4 结论

实际应用证明该测试系统性能稳定,操作简单,而且有较强的通用性。测试结果显示,本系统能够较快的完成对导弹火控系统的测试,火控系统各部件测试时间为 1min15s ~ 4min5s, 平均测试时间为 3min20s,故障诊断的覆盖率能达到 90% 以上,与传统的火控测试设备相比,测试效率得到大大提高。

参考文献:

[1] 王建新,杨世风,隋美丽. Labwindows/CVI 测试技术及工

参考文献:

- [1] 张启信,高玉水. 地地战术弹道导弹武器系统技术发展 [C]//2010 年国外导弹武器系统技术发展,1999:20 - 25.
- [2] 郭少华. 混凝土破坏理论研究进展 [J]. 力学进展,1993 (4):520 - 529.
- [3] Brown S J. Energy release protection for pressurized systems Part II: Review of studies into impact/Terminal ballistics [J]. Applied Mechanics Reviews, 1986, 39 (2):177 - 202.
- [4] Holmquist T J, Johnson G R, Cook W H. A computational constitutive model for concrete subjected to large strains, high strain rates, and high pressure [C]//The 14th International Symposium on Ballistics,1993:519 - 600.
- [5] 纪冲,龙源,万文乾. 弹丸侵彻钢纤维混凝土数值模拟 [J]. 解放军理工大学学报:自然科学版,2005,6 (5): 459 - 463.
- [6] LSTC. LS-DYNA keyword user's manual [M]. California: LSTC,2003.
- [7] J Glucklich. Fracture of plain concrete [J]. Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE 1963,89 (6):127 - 138.
- [8] 吕中杰,徐钰巍,黄风雷,等. 带弱连接结构弹体斜侵彻混凝土试验研究 [C]//第四届全国计算爆炸力学会议论文集 488 - 493.
- [9] 伊放林,王明洋,钱七虎. 弹丸斜入射对侵彻深度的影响 [J]. 爆炸与冲击,1998,18 (1):69 - 76.

程应用 [M]. 北京:化学工业出版社,2006.

- [2] 孔德仁,王芳,狄长安,等. 仪表总线技术及应用 [M]. 北京:国防工业出版社,2010.
- [3] 刘佳栋,张雏,牛燕雄,等. 基于 PXI 总线的故障诊断设计 [J]. 微计算机信息,2009,25 (1):181 - 182.
- [4] 孙国伟,汤霞清,杨国振. 基于 PXI 总线的坦克炮控自动测试系统的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制,2010, 18 (10):2335 - 2336.
- [5] 方丹,崔少辉,卢慧卿,等. 通用检测系统中检测适配器及描述软件的研究 [J]. 弹箭与制导学报,2011,31 (1): 185 - 188.