

基于 PXI 总线的智能弹药电参数通用检测系统设计

张炬工, 许路铁, 陈雷

(军械工程学院三系, 石家庄 050000)

摘要: 针对目前我军缺乏智能弹药电参数通用测试系统的问题, 利用 PXI 总线和虚拟仪器技术, 设计开发了面向电参数的智能弹药通用检测系统; 首先提出了该系统的总体设计要求, 其次搭建了系统的硬件平台, 包括总线以及测试仪器的选择, 连接器和适配器的设计; 在 LabWindows/CVI 环境下开发了测试系统软件, 介绍了软件结构和各软件模块功能, 论述了软件测试流程; 最后介绍了系统设计的难点和对下一代通用测试系统的展望。

关键词: PXI 总线; 智能弹药; 测试系统

Design of Universal Test System about Electric Parameters of Intelligent Munitions Based on PXI Bus

Zhang Xuangong, Xu Lutie, Chen Lei

(Third Department, Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: Aimed at the problem of lacking universal test system about electric parameters of intelligent munitions, an universal test system used to test electric parameters was designed for intelligent munitions based on PXI bus and virtual instrument technology. This paper first came up with the overall design requirements, then the hardware platform was built, including choosing test equipments and buses and designing connectors and adapters. With the development of test software by LabWindows/CVI, the structure of the test software and functions of each part was introduced and the test circuit was discoursed. At last, the paper discussed the difficulties during the whole design and expectations on the test system of the next generation.

Keywords: PXI bus; intelligent munitions; test system

0 引言

智能弹药是在现代局部战争需求牵引和新技术革命推动下出现的高技术武器, 它与普通武器相比结构复杂, 被测信号种类多。此外, 智能弹药电参数检测系统在研制过程中往往面临着“一种弹药对应一个测试系统”的问题^[1]。这使得我军的智能弹药测试保障装备没有统一的技术标准和规范, 没有进行统一的顶层设计, 造成部队保障装备所采用的技术体制、技术标准五花八门, 新老技术参差不齐, 测试系统一旦出现技术问题, 只能依赖原来的研制单位进行保障, 给各级保障分队的保障工作带来了极大的难度。同时, 由于各个智能弹药测试系统型号杂、数量多, 需要维护保养的人员也多, 不仅消耗费用大, 也增加了部队工作的负担。

因此, 为了适应弹药保障的实际要求, 需要设计能够准确完成弹药检测的通用自动化设备。本文运用基于 PXI 总线技术和虚拟仪器, 利用 LabWindows/CVI 软件设计开发了智能弹药电参数通用测试系统, 该系统能够完成包括弹药控制和探测单元在内的各光电部件的测试, 具有通用化性能和模块化结构。此外, 该通用测试平台的硬件采集板卡插槽留有空白余地, 而软件开发采取模块化设计, 使得系统具有良好的扩展性。

1 测试系统总体设计分析

智能弹药电参数通用测试系统主要检测智能弹药各个部件的电参数。通过对目前列装部队的高价值弹药测试资源需求进行分析整合, 归纳出相同的测试资源需求, 分列出不同的测试资源需求。在相同测试资源需求的基础上求得测试资源的最优化组合, 再将不同测试资源

需求导致的测试资源在应用时分立于不同的检测模块中。在智能弹药中, 控制单元与探测单元往往是一个焊接整体, 控制单元与其他部件多通过电缆进行通信传输。因此, 在单独对其他部件进行检测时, 还需要加载电源信号和测试激励信号。此外, 弹药测试与其他系统测试的不同之处在于弹药含有某些一次性使用的危险部件, 相比其他测试而言更加危险, 检测时稍不注意, 轻则弹药报废, 重则发生人员安全事故。因此, 在掌握弹药工作全过程的基础上, 梳理出严格的弹药测试流程, 并且在系统硬件设计上采用不同的插座、接口等, 在系统软件设计时进行“锁死”设计, 只能按照预定测试流程进行测试, 以防操作人员误操作而发生事故。

综上, 该测试系统应满足以下要求:

- 1) 能为被测对象提供必要的电源和相应的激励信号, 模拟该弹的工作过程。
- 2) 通用检测系统主体应采用同一硬件系统、同一软件系统、同一信息化系统的技术体制, 应能满足所有高价值弹药电子系统的检测要求, 实现对所有被测对象的检测。
- 3) 通用检测系统硬件结构要按模块化进行设计, 具有

收稿日期:2014-04-15; 修回日期:2014-05-15。

作者简介:张炬工(1991-),男,河北秦皇岛人,硕士研究生,主要从事弹药技术保障方向的研究。

开放性和互换性,软件系统可重构,升级组件可重用,以便灵活组件,不断满足新的测试功能和的需求。4) 测试系统参考被测对象的电性能评价标准,能够完成被测对象电参数的测试和性能判定,可以将部件故障定位到电路板级。5) 测试系统要具有良好的人机界面,且具有自检功能;要有一定的抗干扰能力和可靠性保证。6) 测试系统在检测时要有安全性,首先要保证操作人员的安全,其次是被测对象和检测仪器的安全,在某些危险环节的关键技术指标的安全阈值要绝对小于其可靠作用下限值。7) 可以保存测试结果,方便地对结果进行整理存档。

2 系统硬件设计与分析

2.1 系统硬件总体结构设计

结合我军的通用电子装备保障工程实践,可以将测试系统开发分成两大部分:测试平台与测试适配器。其中测试平台由测试和测量仪器、主计算机、通信总线、连接器和系统软件组成。测试适配器由连接测试对象和测试平台的适配器、电缆等组成。其系统结构示意图如图 1 所示。



图 1 系统结构概念示意图

主控计算机运行软件/测试程序对整个测试系统进行管理和控制,并通过各种标准总线与测试仪器连接。测试资源与被测对象之间采用标准的连接器—适配器接口进行连接。连接器与测试资源相对应,是测试资源对外的统一的标准接口;适配器与被测对象相对应,针对一种被测对象,只需要更换适配器模块就可以完成该对象的测试,从而较好地实现了系统的通用性。换言之,平台是开放的,一种智能弹药对应一台相应的适配器,在电参数检测之前,通过适配器与连接器的勾搭,即可使被测对象与检测资源间接相连,从而达到测试的目的。

2.2 测试仪器与系统总线设计

在本测试系统中,测试仪器主要包括如下几方面,如图 2 所示。

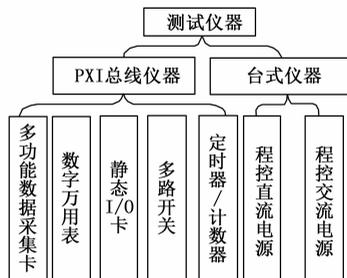


图 2 测试仪器的主体硬件构成示意图

主控计算机的控制分为两种方式:外置式计算机和嵌入式计算机。箱体结构采用 PXI 嵌入式计算机,机柜式结构采用工控计算机^[2]。第一种方式由于体积小,便于携带和搬运,同时实时性好,故本系统采用前一种方式。PXI 总线仪器的各个模块通过 PXI 总线与主控计算机相连,程控电源与主控计算机通过 GPIB 总线相连。

多功能数据采集卡是测试仪器的重点。由于面向的测试对

象是不同种类的高价值弹药,因此在前期工作中要认真梳理各类响应信号的大小、幅值、频率等表征指标。所以在选择板卡时,要全面考量弹上测试信号的输入方式和通道数,板卡的采样率、量程、精度等,要以被测对象中测试要求最苛刻的为基准,同时还要留出一定的拓展空间。其余测试仪器的选型也是同理。经过仔细考虑,决定采用 PXI-6259 或 PXI-6251 数据采集卡完成对电源电压信号和弹上控制单元的指令信号采集。数字万用表采用 PXI-4070,多路开关采用 PXI-2575,两者配合来完成被测对象对接电阻或是不同检测节点电阻的测量。静态 I/O 卡采用 PXI-6509 负责控制继电器的开和关。定时/计数器采用 PXI-6602,主要负责时序测量时多通道计时和频率测量。程控电源采用 4NIC 系列电源,为被测对象提供相应的电源激励。

2.3 连接器设计

连接器的用处在于测试信号经过适配器后对信号进行转换,即通用测试系统中的测试资源并不直接面向用户,而是通过标准的连接器接口提供给用户。同时,由于连接器接口的标准性和统一性,使得可以由装备领域专家面向连接器接口直接完成测试程序集的编写和适配器的开发。另外被测对象的信号不同,在信号转换和电磁兼容性上有较高要求。因此综合以上考虑,连接器接口采用可更换和可扩展的 VPC 公司的 90 系列产品。该部件由通信接口连接器 ICA 和测试接口连接器 ITA 组成,其中前者与总线仪器相连,后者与适配连接模块相连,都是插接的方式。这样就使连接器也具有了可扩展空间,符合通用化要求。

2.4 适配器设计

适配器主要是为了完成模拟信号的转换、幅值调整、信号变换、数字信号的整形、电平转换、电源激励的隔离和变换等。适配器的设计采取分立式,即一种弹药对应一种适配器,检测时将适配器与连接器进行插接就可以完成检测。适配器的基本构成包括电源馈电电路和信号调理电路。前者主要功能在于完成对信号调理电路和被测对象供电控制,后者主要功能在于电阻测量、信号转换等。至于具体到一种智能弹药,适配器的内部电路进行适当增加或者裁剪即可。被测对象与适配器用该弹专用的测试电缆相连接,最终经由连接器送入测试仪器,实现测试信号的采集。

3 系统软件设计与分析

3.1 系统软件设计概述

在虚拟仪器中,软件即仪表。因此软件的设计是整个系统的核心和关键。NI 公司专为虚拟仪表推出了 Labview 编程环境,它的集成化开发环境、交互式编程方法、函数面板和丰富的库函数大大增强了语言的功能,在仪器控制、虚拟面板设计、信号分析与处理、硬件访问方面具有强大功能^[3]。因此在本系统中采用它作为开发平台。

本着“规范化、模块化、层次化”的软件设计思想^[4],开发了系统操作软件,与硬件资源有机融合为一体形成了具有操作简单、测试高效、使用便捷的自动化测试系统。

3.2 测试系统软件结构

虽然被测对象在测试资源需求、测试流程和测试结果上不尽相同,但是测试软件的功能需求总体上是一样的,即软件结构是相同的。本系统软件结构如图 3 和图 4 所示。

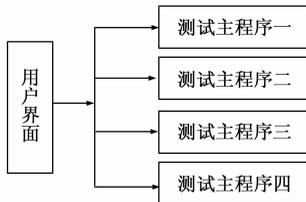


图 3 测试系统软件结构框图 (一)

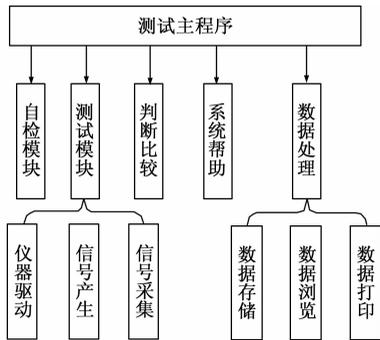


图 4 测试系统软件结构框图 (二)

在用户界面上, 通过选择不同的被测对象的主测试程序进入不同的测试流程。虽然不同的被测对象的主测试程序是相互分立的, 但是不同的被测对象的主测试程序结构是相同的, 仅仅是某些具体的测试程序和测试时序不同。

自检模块是在系统测试之前进行, 每次系统运行前都必须强制自检, 以保证系统硬件模块运行正常, 完毕之后才能进行测试。测试模块包括仪器驱动、信号产生、信号采集 3 个子模块。仪器驱动衔接系统软件与硬件, 通过软件调用实现仪器的控制。信号产生模块能够产生用户定义的多种波形信号作为测试的激励协助完成测试。信号采集模块按模块测量功能, 或通过开关模块进行通道切换配合, 将测试模块和相应的测量通道连接, 对不同的测试通道实现电压、电流、频率、延迟时间和电阻等的测量。判断比较模块负责被测对象的质量判断。将出厂标准的检验验收规范置于判断比较模块中, 系统自动完成测试数据的比较和判断, 输出判断结果, 同时进行保存。系统帮助模块主要是为了帮助仪器操作人员熟悉系统的操作流程和操作方法, 顺利进行测试。数据处理模块由数据库接口和数据库管理软件组成, 它将自动测试系统记录的数据以数据库的格式保存和管理, 便于试验数据的长期保存和调用。

3.3 测试系统软件流程

进入人机主界面之后, 选择不同的被测对象检测程序, 完成系统自检, 之后按照预先设定的测试流程逐步测试, 待检测结束后对数据进行处理判断和存储, 最终将数据以表格形式打印出来。具体流程如图 5 所示。

4 结果分析

本文基于 PXI 总线设计了智能弹药的通用电参数检测系统, 主要完成了系统构建必要性的论证、总体结构的设计、硬件平台的搭建以及测试软件的开发。就本系统而言, 系统测试的难点在于弹药检测时序的梳理, 适配器的设计和电源的选择。从严格意义上来讲, 测试项目的自由选择在某些情况下是可以做到的, 但是为了防止操作人员误加激励信号, 所以仔细

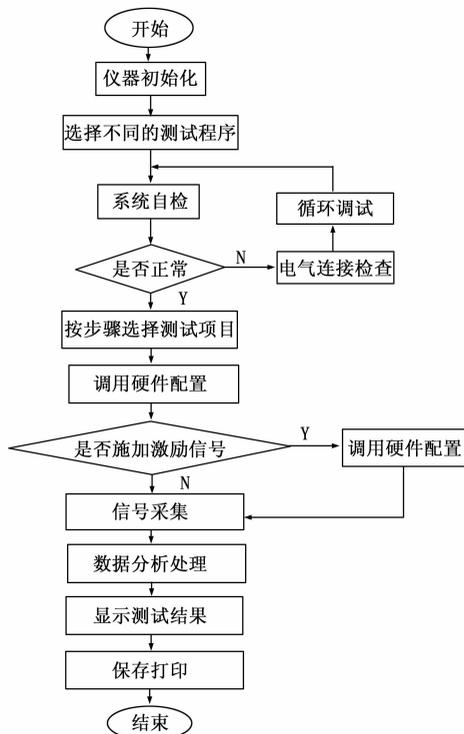


图 5 测试流程图

梳理了弹药检测时序, 规定了严格的测试流程。智能弹药与其他被测对象不同的是其含有某些危险部件, 因此对电源的要求很高, 不能波动太大或是突然断电, 否则会非常危险。本测试系统选取了某智能弹药进行电参数检测, 结果表明可以很好的满足测试需求。具体检测结果如图 6 所示。

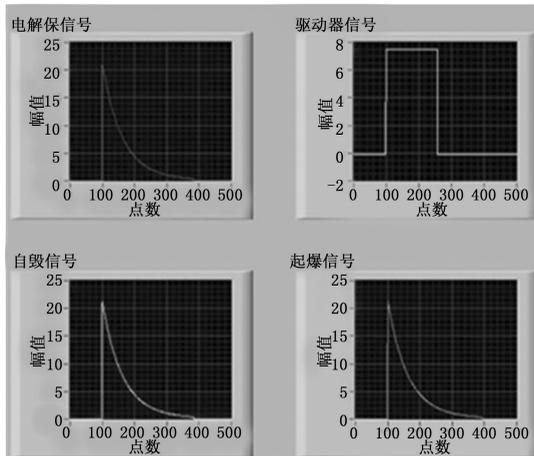


图 6 部分曲线放大后图形

5 结束语

本系统可以与部队通用电子检测设备相兼容, 这是该系统的一个很大优点。该系统可以检测出智能弹药的电解保信号、驱动器信号、自毁指令信号和起爆指令信号等关键技术指标。但是任何系统总有其难以完善之处, 本系统也不例外。系统的判断标准以出厂标准为准, 但是出厂标准是针对新品而言, 对于长期储存的弹药其判断标准仍然沿用出厂标准是否合适也

(下转第 2721 页)

根据汽车轴温检测系统的控制原理以及设计任务, 结合控制系统硬件电路, 将控制系统的软件体系结构分为上、下两层, 如图 4 所示。

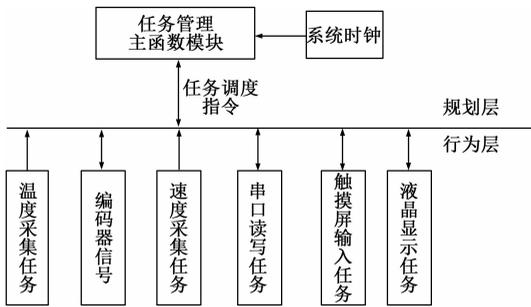


图 4 软件控制流程图

在图 4 中, 上层为规划层, 规划层的主函数主要任务是根据全局情况进行计算和判断, 对各个任务进行统一的安排和调度。下层是行为层, 根据规划层传递的指令代码完成底层的伺服控制以及信号采集功能。采集得到的信息通过行为层初步处理, 再交给规划层进行最终处理, 以便得到控制系统的全局状态信息。规划层和行为层都有一个主函数模块, 分别为 planMain () 和 executeMain ()。Timer () 是一个定时器模块, 用来给系统提供时钟。所有的汽车控制系统是一个复杂的系统, 因汽车运行时的高震动、高冲击等工作环境的复杂性, 要求检测系统必须具备高抗干扰能力, 同时, 对检测系统自身也应具有故障自诊断性, 进一步保证了系统的安全性。

故障自诊断是采用专家控制模式^[5]。利用 if...then... 语句对控制系统信号进行判别, 诊断检测系统是否正常。若发生故障, 并将故障点进行报告。结果在触摸屏上显示, 并发出报警声。

5 实验验证

利用大众捷达系列变速箱做测试, 检测变速箱在运动过程中的温度变化情况。在不破坏变速箱运行特性和承受力的情况下, 将温度传感器埋在变速箱的内壁上。在汽车变速箱运行中, 为了克服润滑油温度变化的局限性, 在变速箱的内壁上安装多个温度传感器, 利用贝叶斯估计算法, 将各个传感器信号进行融合, 从而可以估算得到与实际最接近的温度。通过对变速箱加减速模式运行, 将温度值经 STM32 芯片卡尔曼滤波后发送至上位机中, 得到温度曲线, 如图 5 所示。

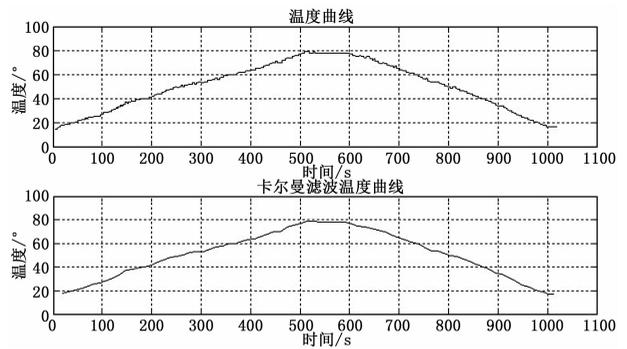


图 5 温度传感器经滤波后的曲线图

在图 5 中, 上图为未经卡尔曼滤波后的温度曲线, 下图为通过卡尔曼滤波后, 显示的温度曲线, 由图可以看出, 经卡尔曼滤波后, 温度曲线变化平缓, 保存了温度的固有特征, 同时在液晶显示器上直观形象。

6 结论

通过对汽车变速箱工作机理分析, 搭建了温度采集电路硬件。基于 STM32 控制芯片的控制系统能够实时的监测机车各车轴的温度, 并记录各温度检测点的数据, 采用 LabVIEW 软件设计上位机采集界面, 并将数据进行保存。利用 Matlab 进行数据分析, 检测油温上升是否正常。实验结果表明, 基于 STM32 控制器的汽车轴温检测系统动态性能高, 响应时间 $t < 50 \text{ ms}$, 温度分辨率 $\delta \leq 0.01 \text{ }^\circ\text{C}$, 满足对汽车传动系统轴温检测的使用要求。

参考文献:

- [1] 李 贞, 王怀玲. 汽车用冷却液温度传感器浅谈 [J]. 内燃机, 2012, (6): 20-23.
- [2] 王晓飞. 汽车用温度传感器性能试验台系统的研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2004.
- [3] 李晓波. 基于 LabVIEW 的汽车水温传感器检测系统 [J]. 仪表技术与传感器, 2013, (1): 59-61, 67.
- [4] 万 鹏, 于海勋. 基于 ARM 的温度与应力采集系统的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2010, 18 (6): 1449-1451.
- [5] 胡 鹏, 胡沁春, 邵 波. 基于 LabVIEW8.6 的发电机轴承温度监测系统 [J]. 湖南工业大学学报, 2012, 26 (3): 82-86.
- [6] 乔守全. 基于单片机的温度监测系统的研究与实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2011.
- [7] 马继伟, 马继梅, 伦翠芬, 等. 基于 STC12C 的多点温度监测报警系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (5): 1168-1170.

(上接第 2715 页)

仍然有待研究。当然, 这一问题目前还尚未有定论, 所以只能沿用已知的判断标准作为衡量手段。再有就是检测项目问题。智能弹药在出厂之后不可以拆解, 只能通过预留的检测接口进行检测。但是弹药在设计之初留下的检测接口并不能将所有电参数测试出来, 进而导致操作人员不能全面掌握弹药的电性能参数。以上 3 个问题是目前整个智能弹药检测体系的问题。希望日后在智能弹药的设计上适当考虑弹药电参数检测系统的优化问题, 推动智能弹药电参数通用检测系统更加全面和完善。

参考文献:

- [1] 杨泽望, 苏建刚. 基于 PXI 总线的制导弹药通用测试系统设计 [J]. 火力指挥与控制, 2004, 29 (6): 90-93.
- [2] 卢慧卿, 孟 晨, 方 丹, 等. 通用检测系统的研究与实现 [J]. 弹箭与制导学报, 2010, 30 (5): 185-2188.
- [3] 杨为民. 采用虚拟仪器技术的电子设备通用检测系统 [J]. 舰船电子对抗, 2007, 30 (3): 110-113.
- [4] 陈 雷, 张志巍, 单体强. 基于 PXI 总线的某智能弹药电参数测试系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (4): 1008-1010.