

# 基于 PXI 总线和 SCPI 程控的某型雷达通频带测试系统设计

梁妙元<sup>1</sup>, 印敏<sup>1</sup>, 赵继勇<sup>2</sup>, 刘志华<sup>1</sup>

(1. 解放军理工大学气象海洋学院, 南京 211101; 2. 解放军理工大学通信工程学院, 南京 210007)

**摘要:** 文章主要研究了基于 PXI 总线和 SCPI 命令的雷达通频带测试系统, 该测试系统由虚拟仪器库、性能测试模块、仪器程控模块、性能测试流程管理模块、测试结果分析模块 5 个部分组成; 文章详细描述了测试系统的软硬件组成, 并对测试的数据进行处理分析, 提出了改进雷达通频带测试结果的具体算法, 该算法能有效的滤除测试结果中的飞点, 在对中心频率为 28.5MHz、通频带为 1.5MHz 的雷达通频带性能测试中取得理想效果; 基于本系统, 能实现雷达通频带性能测试的自动化, 降低对操作人员的依赖程度, 并能极大地减少测试时间、提高测试的精度。

**关键词:** PXI; 程控; 通频带测试; 自动测试

## Design of Radar Pass Band Test System Based on PXI Bus and SCPI Commands

Liang Miaoyuan<sup>1</sup>, Yin Min<sup>1</sup>, Zhao Jiyong<sup>2</sup>, Liu Zhihua<sup>1</sup>

(1. Institute of Meteorology and Oceanography, PLA University of Science and Technology, Nanjing 211101, China;

2. Institute of Communication Engineering, PLA University of Science and Technology, Nanjing 210007, China)

**Abstract:** This paper mainly researched on the test system of radar pass band based on PXI bus and SCPI commands. The test system is composed of virtual instrument module, performance test module, instrument control module, process management module and results analysis module. This paper described the hardware and software composition of the test system, and analyzed the result data. At last, one effective algorithm is to be put forward to improve the precision of test results with deleting error point. The ideal effect is obtained on testing the radar which center frequency is 28.5MHz and bandwidth is 1.5MHz. This test system can realize the automation test of radar pass band, reduce dependence on the operator, reduce test time, and improve the test precision.

**Keywords:** PXI; program control; transmission band test; automatic test

## 0 引言

某型测风雷达已大量装备台站, 成为主要的测风手段, 雷达性能的好坏也就大大的影响了作战效能的发挥。如何减少性能测试时间, 提高故障诊断效率, 以降低成本, 实现测试设备的模块化、通用化、自动化要求, 是迫切需要解决的问题。传统的雷达通频带性能检测主要通过人工测试完成, 但人工测试主要存在以下弊端: (1) 需要在测试过程中手动改变输入的频率值, 导致测量时间过长; (2) 测试结果需要手工记录、手工处理, 容易出错; (3) 在测试过程中对测试人员的依赖性较强, 要求测试人员熟练掌握测试流程和测试仪器仪表的操作; (4) 不具备自动化操作, 无法满足日益发展的军事需求。本文介绍一种基于 PXI 总线和网络程控技术的测试系统, 该系统通过 LabView 和 VC++ 完成测试程序的开发, 实现对某型测风雷达的通频带性能测试。

## 1 总体结构与硬件组成

自动化测试系统是指<sup>[1]</sup>: 测试仪器在计算机的控制下, 向被测对象按照一定的时序和顺序提供激励, 同时对被测对象在该激

励下的响应进行测量的系统, 目前 GPIB、PXI、VXI 是常用的几种自动测试系统标准总线。PXI 是一种开放性模块化仪器总线规范<sup>[2-3]</sup>, 其核心是 CompactPCI 结构和 Microsoft Windows 软件, PXI 在机械、电气和软件方面增加了仪器测量所特别需要的性能和特点, 同时增加了专门的系统参考时钟、触发总线、星形触发线和模块间的局部总线, 以此来满足高精度的定时、同步与数据通信要求, 具有较高的性价比。选用 PXI 总线模块, 可以使得系统兼容性强, 驱动开发方便, 大大缩短了整个检测系统的开发周期<sup>[4]</sup>, 并且具有体积小、结构紧凑、便于携带和运输等优点, 比较适用于野外等机动场合的现场测试。

系统硬件组成框图和具体连线如图 1 所示, 本系统主要包括了虚拟万用表和虚拟示波器、虚拟信号源等虚拟仪器, 在本文中主要针对虚拟万用表进行阐述。

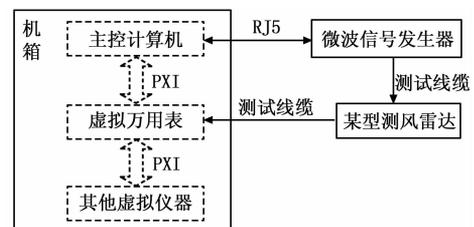


图 1 系统组成框图

在图 1 中, 主控计算机选用 PXI-8110 嵌入式计算机模块,

收稿日期: 2014-01-18; 修回日期: 2014-03-15。

基金项目: 江苏省自然科学基金(BK20130070)。

作者简介: 梁妙元(1979-), 男, 浙江台州人, 讲师, 主要从事装备检测与维修方向的研究。

运行上层测试软件，控制微波信号发生器和虚拟万用表。虚拟万用表选用 PXI-4065 型数字万用表，微波信号源选用 AV1442 微波信号源（含 115dB 程控步进衰减器），可以通过网线用可控仪器标准命令 SCPI 进行程控。虚拟万用表和主控计算机安装在 PXI-9106 型 6 槽便携式 PXI 机箱中，通过 PXI 总线通信。在测试时，主控计算机通过网口控制微波信号发生器输出不同的频率，由虚拟万用表读取测量值，最后在计算机中对测试数据进行处理，绘出通频带曲线，生成测试报告。

## 2 上层软件设计

上层软件主要包括两个方面：虚拟仪器系统和性能测试系统，并选用微软的小型数据库 ACCESS 存放系统数据。

其中，虚拟仪器系统主要包括了基于 PXI 的虚拟仪器模块，采用 NI 公司的图形化软件开发平台 LabView 开发<sup>[5]</sup>。

性能测试系统在 VS2005 开发平台中开发，采用结构化模块设计方法设计，分成性能测试模块、仪器程控模块、性能测试流程管理模块、测试结果分析模块四大模块。性能测试模块以图文形式表述，业务测试人员可在性能测试模块的引导下，逐步完成性能的测试，如在某个测试环节需要连接线缆，则将具体线缆的型号、标号以文字形式给出，并展示实际连接图，关键部分重点标注。性能测试流程管理模块主要负责对性能测试流程的添加、删除、修改，通过该模块可添加其他性能测试流程。仪器程控模块管理在测试过程中需要用到的仪器程控程序，仪器程控程序主要在 VS2005 开发平台中，基于可控仪器标准命令 SCPI 进行开发<sup>[6]</sup>。测试结果分析模块主要对所测试的结果进行分析处理，并给出测试报告。

软件具体组成和工作流程如图 2 所示。

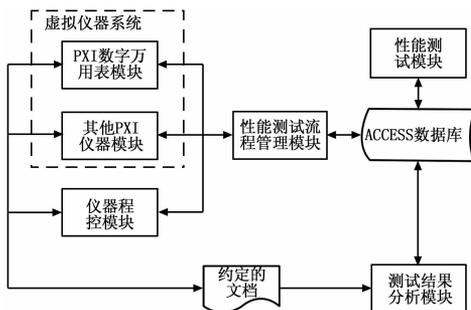


图 2 上层软件组成和工作流程

图 2 中，PXI 数字万用表模块、其他 PXI 仪器模块、仪器程控模块以可执行文件形式存放，以方便将来扩展。在本文中主要应用了 PXI 数字万用表程序和 AV1442 微波信号源程控程序，将来可根据需要编写对应仪器设备的控制程序进行扩展。

ACCESS 数据库是软件所有模块的交互中心，业务测试人员通过性能测试流程管理模块管理性能测试流程，并将测试节点所需要的虚拟仪器程序和仪器程控程序路径添加至数据库中，以实现测试过程中的自动调用。

业务测试人员在使用时，通过性能测试模块访问 ACCESS 数据库，调用对应的性能测试流程，根据流程提示，完成装备的性能测试。虚拟仪器系统和仪器程控模块所产生的测试数据存放在约定的文档中。测试结束后，测试结果分析模块自动从约定的文档中和数据库中读取测试结果，并进行分析处理，将最终结果存入到数据库中，并以图表形式显示。

## 3 测试结果分析

利用本系统对雷达通频带进行测试，测试结果如图 3 所示。从图中可以看出，测试结果中有不少的跳变点存在，经过分析发现，跳变点是由于虚拟万用表的本身性质所导致的。因此，只有寻求合适的算法，对测试结果进行处理。

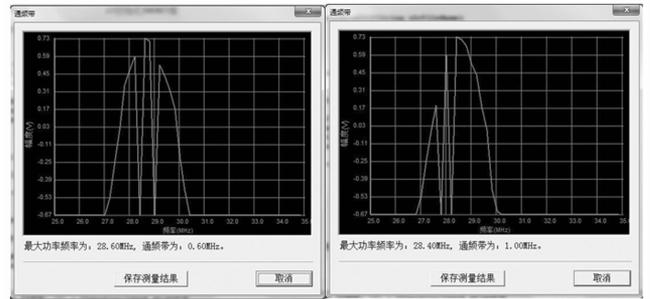


图 3 原始测试数据

在本文中主要处理一维数据，常用的算法有均值滤波法、梯度增长法等。均值滤波算法<sup>[7]</sup>是一种典型的线性滤波算法，其原理是基于领域平均法，它将预处理点  $U_A$  与其周边的  $n$  个点相加，记为  $U_1, U_2, \dots, U_n$ ，最后用求得的平均值  $U'_A = (U_A + U_1 + U_2 + \dots + U_n) / (n + 1)$  取代该点， $n$  的取值影响滤波的效果。

梯度增长算法也是一种典型的线性滤波算法，其原理是根据所要处理的波形特征，寻找连续的两个跳变点，记为  $A, B$ ，值为  $U_A, U_B$ ， $A, B$  之间的间隔记为  $d$ ，再以  $(U_A + U_B) / d$  的增量取代  $A, B$  之间的值。

本文针对雷达通频带不可能在通频带内出现大幅度的尖锐跳变的实际情况，先通过遍历去除大跳变点，一般阈值取通频带之外的点，如图 4 中 26.5 MHz 以下的频率所对应的值。再通过梯度增长法滤去其他跳变点。最后的处理结果如图 4 所示，结果比较理想。

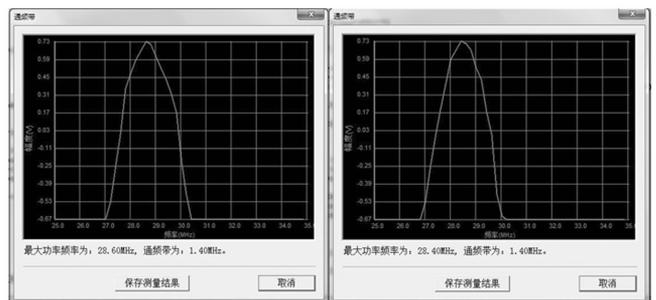


图 4 处理结果

## 4 结语

采用基于 PXI 总线和网络程控的自动化测试系统能大大的减少测试时间、提高测试效率。同时，系统对操作人员的依赖性不强，非专业人员也可以在程序引导下完成测试过程，只要点击几下鼠标就能自动完成测试，最终给出测试报告。因此，本系统能把测试人员从繁琐的检测任务中解放出来，减轻了劳动强度，大大节省了人力消耗，基本上排除了人为误操作产生的差错，提高了测试结果的可信度，保证了系统的安全使用，能够适应信息化条件下装备快速化保障的需求。

