

文章编号 :1001 - 2486(2005)03 - 0077 - 04

# 基于虚拟仪器技术的微波自动测量系统设计\*

张伟军 梁步阁 焦国栋 袁乃昌

(国防科技大学 电子科学与工程学院 湖南 长沙 410073)

**摘要** 介绍利用虚拟仪器技术,采用 LabView 软件平台,通过多线程技术,实现一套基于测量仪器和转台协调工作的天线以及目标 RCS 自动测量系统的设计。该设计拓展了现有仪器的功能,提高了测试的自动化程度、测试效率。

**关键词** 虚拟仪器技术; LabView; 多线程; 自动测量系统

**中图分类号** TP274 **文献标识码** A

## The Design of Microwave Auto-measurement System Based on the Virtual Instrumental Technology

ZHANG Wei-jun, LIANG Bu-ge, JIAO Guo-dong, YUAN Nai-chang

(College of Electronic Science and Engineering, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract**: Using the virtual instrumental technology of adopting the soft ware of LabView, and utilizing the multithreading technique, we construct the auto-measurement system for the antenna and RCS based on the instrument and the rotation platform working harmoniously. The design makes the instrument more functional, and improves the automation and efficiency of the test.

**Key words**: virtual instrument technology; LabView; multithreading; auto-measure system

近年来,虚拟仪器技术得到迅猛发展,它在通用计算机环境中,利用 LabView<sup>[1,2]</sup>等虚拟仪器软件平台,在屏幕上构建与真实仪器类似的可视化软面板,通过软面板上的虚拟控件控制底层硬件,用功能强大的软件来完成信号的采集、分析、显示和存储,这为由 I/O 接口设备(如数据采集卡 DAQ、GPIB 总线仪器、串口 RS232/485 仪器)和计算机组成的测试系统提供了良好的开发平台。

我们使用对虚拟仪器技术支持良好的 LabView 平台,采用多线程技术,在矢量网络分析仪扫频测量体制基础上,设计出了一套能完成天线测试及目标 RCS 测量的系统。该系统人机界面十分友好,其最大的特色在于(1)采用新的测量方案,测量结果更为准确,测试过程更加快捷;(2)充分挖掘了矢量网络分析仪的内在功能,可同时测量并导出四个通道的八组数据,还可同时完成比幅、比相等功能,极大提高了对天线阵列等测试对象的测量效率;(3)实时显示测量数据的二维图或三维图,可随时了解测量情况,很好地满足了实验需要。

### 1 硬件部分

整个系统的硬件部分主要包括:ADVANTEST R3767CG 型矢量网络分析仪, BJ311 型高精度转台及其控制盒,控制用计算机, Agilent 82350 PCI GPIB 卡,收发喇叭天线。其中,矢量网络分析仪 R3767CG 包括四个端口(PORT1 - 4),四个测试通道(CH1 - 4),每个通道同时最大可测两个数据格式(FORM1/FORM2),因此其最大限度同时可测得 S11-S44 等各个 S 参数中任意 8 组数据格式,并支持 GPIB 接口传输,其工作频段为 100k ~ 8GHz,能实现对天线测量;另一方面它具有频域到时域的转换功能,因而理论上具备了对窄带脉冲的 RCS 进行测量的基础。目标 RCS 测试系统的程序框图如图 1 所示。

在测量目标 RCS 时,收发天线均置于反射面馈源位置,待测目标放置于微波暗室紧凑场反射平面

\* 收稿日期 2004 - 10 - 13  
作者简介 张伟军(1972-)男,工程师,博士生。

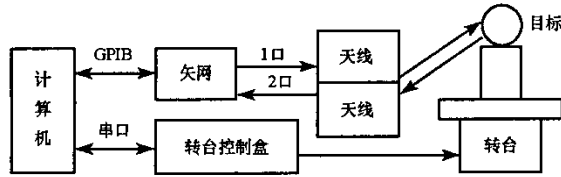


图1 RCS扫频测试系统框图

Fig.1 Block diagram of frequency sweep test system for RCS

口径场区支架上。在测量天线时,反射面馈源位置只放置一个发射天线,待测天线置于支架上(与矢网端口2或其它端口相连)。测试中,主控计算机利用串口与转台控制盒进行通信,实时控制转台,并读取转台控制盒每隔一定角度上报的当前角度。同时,主控计算机通过GPIB口与矢网R3767CG进行实时通信。矢网端口1发射扫频信号,端口2或其它端口接收目标(或天线)的反射回波。当转台转至某一预定角度,计算机通过GPIB口,一次性读取矢网在这一时刻测量的多个采样点的值。我们对读取后的S21数据矩阵进行处理,可得到天线的方向图或目标的RCS。

## 2 软件部分

测试软件采用图形化编程语言LabView 6.1来编写。测试程序的主界面由五大模块组成:转台控制模块、矢网控制模块、测试模块、数据显示模块、数据存取模块。

### (1) 转台控制模块

包括对转台的设置(如起始角、终止角的设置)和对转台的实时控制(如启动、暂停等),这些功能利用LabView事件结构来实现。

### (2) 矢网控制模块

其界面与ADVANTEST R3767CG型矢量网络分析仪的面板几乎一致。通过操纵鼠标能实现操作矢量网络分析仪的硬面板所完成的功能。该模块的实现,真正体现了“软件即仪器”的效果。由于LabView是以“流”的形式运行,因而该模块的实现不能采用事件结构(面板的操作涉及到多个按钮,必将形成多个事件的嵌套,难以实现实时操作)。在实现软面板时,我们采用了多线程技术,即采用两个互不嵌套的While Loop来实现多线程。矢网的实时数据读取与显示的线程在一个循环中实现;矢网的对应按键功能实现的线程在另外一个循环中来实现。

### (3) 测试模块

包括天线测试模块和RCS测试模块。

传统的微波测试软件,一般采用单线程,转台每转到一预定角度,停稳后,通过串口发送信号给主控计算机,主控计算机通过GPIB接口导入矢网数据,依次交替进行测量。

我们摒弃了此种方案,充分利用LabView语言特点及转台性能,采取多线程设计方案,转台以合适的速度连续运行,并将实时角度上传主控计算机。矢网连续测量并通过GPIB接口将数据导入计算机,不断数据刷新(GPIB速度为1Mbps,完全可满足数据实时同步更新要求)。转台转至某一预定角度,主控计算机将当前测量数据录入测试矩阵中与角度对应位置。

新的多线程测试方案与单线程测量方案相比的优越性在于:

① 避免了转台时走时停造成的启动空转、加减速的影响,使转台在整个测试过程中均能够保持平稳的状态,测量结果更为准确;

② 测量速度较大幅度提高。

RCS测试算法较为复杂(特别是宽带RCS),分频域和时域两种情况。矢网以扫频方式工作,一次最多测量1201个频点(这是由矢网自身决定的),这种方式使得我们能实现单频点的测试,其集合即为宽频域RCS,而时域结果可通过整个频域结果进行傅立叶逆变换计算得出。

在测量目标的RCS<sup>[3]</sup>时,需要进行三次测量:测量背景、测量标准球与背景、测量目标与背景,将三

组的散射电场分别记为  $E_0^s, E_b^s, E_t^s$ 。标准球的 RCS( $\sigma_b$ )为已知,则目标的 RCS( $\sigma$ )可由(1)式计算得出:

$$\sigma = \sigma_b \left| \frac{E_t^s - E_0^s}{E_b^s - E_0^s} \right|^2 \quad (1)$$

在实际测试中,我们事先进行标准球的校准,存储为标准文件进行校准。测试完待测目标后,调用标准文件进行校准即可。RCS 测试模块程序流程如图 2 所示。

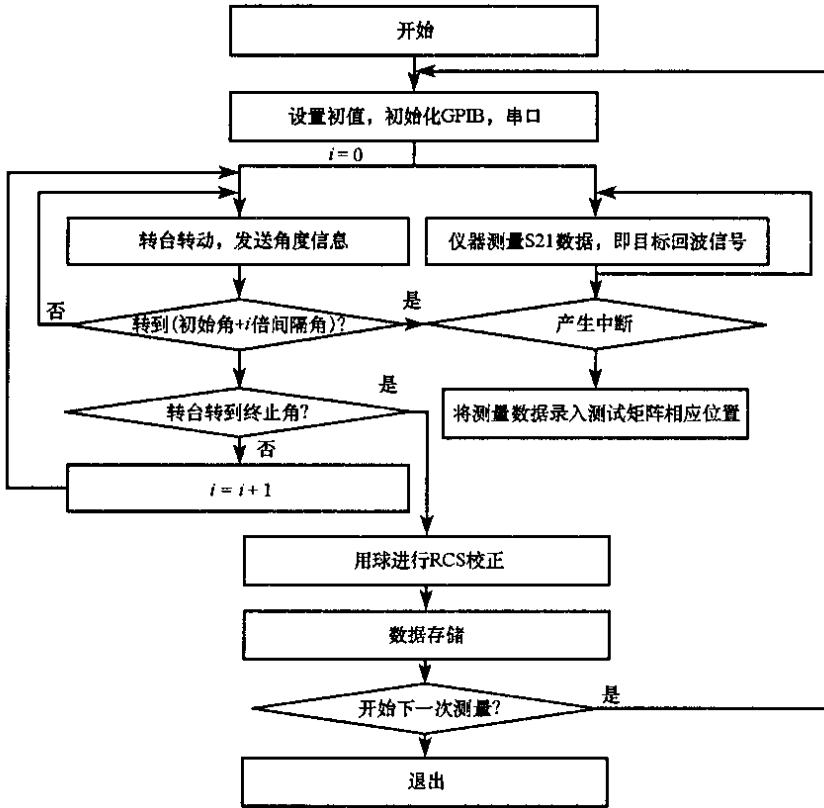


图 2 RCS 测量流程图

Fig.2 Flow block diagram of RCS measure

由于目标的 RCS 散射信号一般很小,尤其是要实现宽带 RCS 测试,将对整套系统的灵敏度提出很高的要求。为此,整个测试过程在微波暗室中进行,并采用软件对消等手段。

软件对消<sup>[4]</sup>可作用于很宽频带,而且容易实现,主要的方法有:多次平均、背景对消、加时间窗。

① 多次平均。理论上取 8 次平均,信噪比可提高 10dB。但由于要实现转台与仪器之间的同步,平均次数不可能取得太多。一般以 8~16 次为宜;

② 背景对消。是指在每次测试前,对背景进行一次测量,将其数据进行存储,在获得目标测量的数据后,与背景的数据进行相减;

③ 加时间窗法。将频域测量所得的结果转换到时域,根据目标与发射天线的距离来加时间窗,将窗中的数据转换到频域,即得目标的频域响应,该方法对于去除收发耦合及多径效应十分有效。

天线测量模块其测量程序流程与 RCS 的几乎一致。但在测试结果的处理上,比 RCS 测量模块要简单许多。只需找出天线在不同角度的 S21 测试结果的最大值,将测试结果与该最大值相减便可得到天线的方向图。

该模块的特色在于能充分利用矢网的多通道测量能力,能同时测得天线阵中某三个阵元的 S21, S31, S41 的幅度和相位(此时端口 1 输出扫频信号),能实现比幅、比相的功能,极大地提高了对天线阵列等测试对象的测试效率。

(4) 数据显示模块

其实现的功能有:测量数据的二维(测量数值—频率、角度—测量数值/选择频率点)、三维(测量数值—角度—频率)动态显示,以及对读取后的数据的显示。在测量过程中,用户能实时观察整个测量数据以及所关心频率点数据的变化规律,及时掌握被测对象的测量情况。

#### (5) 数据存取模块

该模块一方面对当前显示的数据或测量的全部数据,以及测量信息(如转台起始角、终止角、测量频率范围、采样点数)进行存储,另一方面根据用户选择的数据文件进行读取。

目前整个系统已投入使用,图3给出了LPDA天线在频率点1.5GHz和2.0GHz时的方向图,图4给出了LPDA天线在频率范围为0.4~2.4GHz、角度范围为 $-180^{\circ}$ ~ $180^{\circ}$ 的三维方向图测量结果,测试结果准确可信。

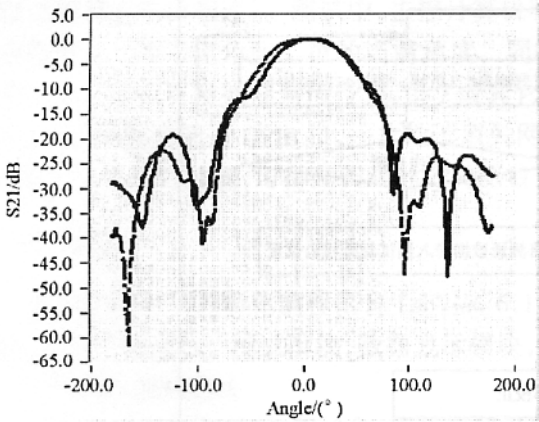


图3 LPDA天线方向图二维显示

Fig.3 Aerial radiation pattern of LPDA(2D)

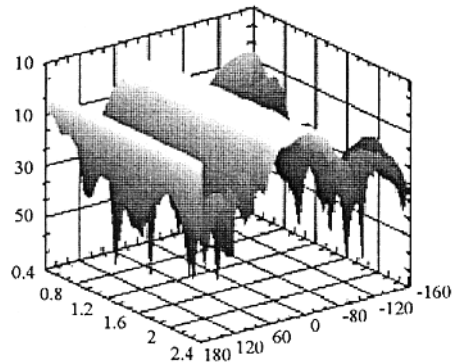


图4 LPDA天线方向图三维显示

Fig.4 Aerial radiation pattern of LPDA(3D)

### 3 结束语

利用 LabView 软件平台,将虚拟仪器技术运用到天线及目标 RCS 测量系统的设计之中,不仅克服了采用其它技术对仪器进行控制的缺点,明显地缩短了测试系统的开发周期,而且拓展了现有仪器的功能。该测量系统原理可行、界面友好、性能稳定、结果正确,能很好地满足实际的测试需要。本系统经过进一步拓展,已能与 8530A 微波接收机组成另一套微波测量系统,该系统测量的精度更高。

### 参考文献:

- [1] 杨乐平,李海涛. LabView 高级程序设计[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [2] 石博强,赵德永. LabView6.1 编程技术实用教程[M]. 北京:中国铁道出版社,2002.
- [3] 庄钊文,袁乃昌. 雷达散射截面测量—紧凑场理论与技术[M]. 长沙:国防科技大学出版社,2000.
- [4] 梁步阁,袁乃昌. 宽带 RCS 自动测试系统设计[J]. 计算机测量与控制,2004,1(X1):64-65.

