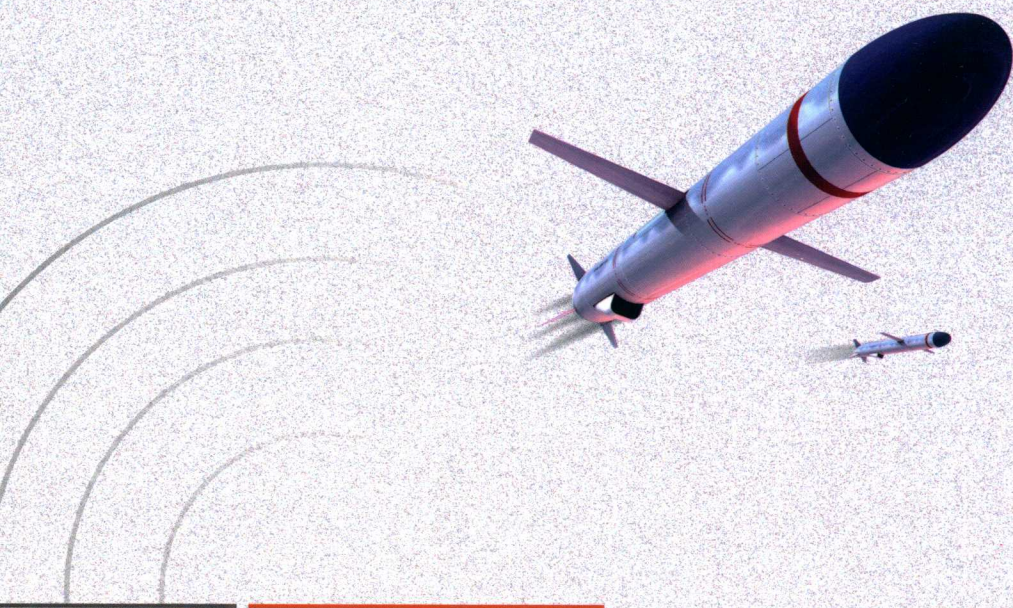




武器装备

电磁性能测试系统集成技术

■ 梁步阁 张伟军 杨德贵 吴锋涛 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

武器装备电磁性能测试 系统集成技术

梁步阁 张伟军 杨德贵 吴锋涛 著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书主要包括三大部分内容:第一部分(第1~3章),论述了武器装备电磁性能测试系统硬件与软件集成技术;第二部分(第4~8章),阐述了频域测量系统的集成技术,涉及天线方向图、目标 RCS、天线罩瞄准误差、电子侦察设备效能、复合材料介电参数等测量系统的软件与硬件集成技术;第三部分(第9章),介绍了时域测量系统集成技术。

本书可作为从事微波暗室、外场等电磁场测量系统软、硬件集成任务的科研人员的工程指导书,也可作为电磁场与微波技术专业高校教师和研究生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

武器装备电磁性能测试系统集成技术/梁步阁等著.

—北京:国防工业出版社,2016.5

ISBN 978-7-118-10732-6

I. ①武… II. ①梁… III. ①武器装备—电磁
性质—测试系统—系统集成技术 IV. ①E237

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 073627 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京京华虎彩印刷有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 14 字数 272 千字

2016 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—1600 册 定价 68.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

目前,我国的武器装备正在快速发展,越来越多的装备依靠电磁场与微波技术实现自身战术功能以及相互之间的互联互通,对武器装备的电磁性能实现准确、高效、自动化的测试在诸多装备的研发、生产过程中具有广泛需求,有的甚至成为某些装备研制阶段的技术瓶颈和关键环节。因此,必须高度重视武器装备电磁性能测试系统集成技术的发展与运用,以促进装备快速形成战斗力。

本书围绕武器装备电磁性能测试系统集成技术这一研究主题,融合了作者在这方面长期积累的工程经验,对系统硬件集成与软件集成技术进行了详细介绍,并分章节对各种不同用途与功能的武器装备电磁性能测试系统的集成技术进行了详细说明,力求使读者对武器装备电磁性能测试系统集成技术具有清晰的了解。

本书的主要内容包括武器装备电磁性能测试系统硬件与软件集成技术、频域测量系统集成技术和时域测量系统集成技术三大部分。第1章概述了武器装备电磁性能测试系统集成技术,包括电磁性能测试系统的应用范围、主要特点和发展趋势等;第2章详细介绍了武器装备电磁性能测试系统硬件集成技术,包括电磁性能测试系统集成基本步骤与规范、硬件组成、硬件集成基本方法等;第3章详细介绍了武器装备电磁性能测试系统软件集成技术,包括电磁性能测试系统常用编程语言、软件标准与体系、总体设计和软件集成方法等;第4章详细介绍了天线自动测试系统的集成技术,包括集成策略、构建实例等;第5章详细介绍了目标 RCS 自动测量系统的集成技术,包括集成技术基础和构建实例等;第6章详细介绍了天线罩自动测量系统的集成技术,包括天线罩自动测量系统的论证与设计等;第7章详细介绍了电子侦察半实物仿真与测量系统的集成技术,包括工作原理与具体方案等;第8章介绍了复合材料介电性能测量系统的集成技术,包括自由空间法介电参数测量系统以及弓形法反射率测量系统等;第9章详细介绍了电磁性能时域测量系统的集成技术,包括时域目标 RCS 测量系统和时域天线测量系统等。

本书由中南大学航空航天学院副院长梁步阁设计框架结构,梁步阁、张伟军、杨德贵、吴锋涛撰写。在本书写作过程中,国防科技大学袁乃昌教授、张光甫副教授、朱畅副教授给予了大力支持,中南大学航空航天学院蒋炳炎教授,张锋、容睿智等研究生提供了大力帮助,在此一并表示衷心的感谢!

由于作者水平有限,书中错误在所难免,望读者不吝指正!

作者

2016年1月于长沙

目 录

第 1 章 武器装备电磁性能测试系统集成技术概述	001
1.1 电磁性能测试系统的定义与组成	001
1.2 电磁性能测试系统的应用范围	003
1.3 电磁性能测试系统的主要特点	004
1.4 电磁性能测试系统的发展趋势	005
1.4.1 电磁性能测试系统的发展历史	005
1.4.2 电磁性能测试系统集成技术的发展新趋势	006
第 2 章 武器装备电磁性能测试系统硬件集成技术	009
2.1 电磁性能测试系统集成基本步骤与规范	009
2.1.1 电磁性能测试系统集成基本步骤	009
2.1.2 电磁性能测试系统集成的“四性”规范	011
2.1.3 武器装备电磁性能测试系统集成特殊性	015
2.2 电磁性能测试系统的硬件组成	015
2.2.1 微波测量仪器设备	016
2.2.2 机械定位装置	033
2.2.3 常用仪器程控总线	036
2.3 电磁性能测试系统的硬件集成基本方法	052
2.3.1 电磁性能测试系统硬件集成策略	052
2.3.2 电磁性能测试系统的集成方法	052
第 3 章 武器装备电磁性能测试系统软件集成技术	055
3.1 电磁性能测试系统软件集成的基本规范与开发工具	055
3.1.1 电磁性能测试系统软件的技术特点与要求	055
3.1.2 电磁性能测试系统软件集成的基本规范	056
3.1.3 电磁性能测试系统软件集成的标准体系与开发工具	060

3.2	电磁性能测试系统软件开发环境构建与编程方法	071
3.2.1	电磁性能测试系统软件集成的基本步骤与方法	071
3.2.2	电磁性能测试系统软件集成开发环境的构建	072
3.2.3	电磁性能测试系统软件程序的开发	074
3.3	电磁性能测试系统软件编程实例	077
第4章	天线自动测量系统	081
4.1	天线自动测量系统集成策略	081
4.1.1	天线自动测量系统的基本形式	081
4.1.2	天线测量系统基本方案设计	085
4.2	天线自动测量系统构建实例	086
4.2.1	系统信噪比指标确定	087
4.2.2	系统射频信号链路构建	087
4.2.3	指标分解计算与设备选型	088
4.3	系统软件编程与实际测试结果	091
4.3.1	系统软件编程	091
4.3.2	实际测试结果	092
4.3.3	天线自动测量系统软件例程源代码	093
第5章	目标 RCS 自动测量系统	116
5.1	目标 RCS 测量系统集成技术基础	116
5.1.1	RCS 自动测量基本原理	116
5.1.2	目标 RCS 自动测量系统的基本形式	119
5.2	目标 RCS 自动测量系统构建实例	120
5.3	实际测试结果	123
第6章	天线罩自动测量系统	128
6.1	天线罩电性能参数的基本定义	128
6.1.1	天线罩电性能参数定义	128
6.1.2	天线罩电性能参数测量的特殊性分析	129
6.2	天线罩自动测量系统构建实例	130
6.2.1	接收信噪比的计算分析	131
6.2.2	射频收发链路的指标分解与设计计算	138
6.2.3	定位装置指标论证与设计	148
6.3	实际测试结果	160

第7章 电子侦察半实物仿真与测量系统 163

7.1 电子侦察半实物仿真与测量系统工作原理 163

7.2 电子侦察半实物仿真与测量系统具体方案 165

7.2.1 宽带接收天线阵列 165

7.2.2 宽带接收本振分系统 166

7.2.3 测频分系统 168

7.2.4 测向分系统 179

7.3 实际测试结果 189

第8章 复合材料介电性能测量系统 192

8.1 自由空间法介电参数测量系统 192

8.1.1 系统基本组成与工作原理 192

8.1.2 系统主要配置与实际测试结果 194

8.2 弓形法反射率测量系统 196

8.2.1 系统基本组成与工作原理 197

8.2.2 系统主要配置与实际测试结果 198

第9章 电磁性能时域测量系统 200

9.1 时域目标 RCS 测量系统 200

9.1.1 时域目标 RCS 测量的基本理论分析 200

9.1.2 时域目标 RCS 自动测量系统硬件组成 202

9.1.3 时域目标 RCS 自动测量系统软件设计 202

9.2 时域天线测量系统 206

9.2.1 时域天线测量的基本理论分析 206

9.2.2 时域天线测量系统硬件组成 206

9.2.3 实际测试结果 207

缩略语 212

参考文献 215

第 1 章

武器装备电磁性能测试系统集成技术概述

自 20 世纪以来,电磁场与微波技术在雷达、通信、航空、航天等领域的应用获得巨大成功,彻底改变了人类生活方式。电磁场与微波作为一种能量形式存在,既看不见又摸不着,对它的测量手段的研究一直是电磁场与微波学科发展的一个重要分支。20 世纪 90 年代以来,随着微波暗室建造、射频测量仪器生产、计算机通信等技术的迅猛发展,微波测量技术正朝着自动化、智能化方向快速迈进。

武器装备电磁性能测试属于电磁场与微波测量技术的范畴,但是由于国防武器功能、参数指标与民用电子设备之间存在显著差异,因此其测量手段具有自身的特殊要求。目前,全球各国国防装备正进入信息化建设阶段,我国的飞机、舰船等装备也快速发展,越来越多的装备依靠电磁场与微波技术实现自身战术功能以及相互之间的互联互通。对武器装备的电磁性能实现准确、高效、自动化的测试在诸多装备的研发、生产过程中具有广泛需求,甚至成为某些装备研制阶段的技术瓶颈和关键环节,正日益受到重视。

1.1 电磁性能测试系统的定义与组成

武器装备电磁性能测试系统是指利用自动测量手段来获得装备电磁特性的测量系统,此类系统一般属于微波自动测量系统。

自动测量系统(ATS)是指能够在人员极少参与或不参与的情况下,对待测物件自动进行参数测量、数据处理,并以适当方式显示、输出测试结果的系统。与人工测量相比,自动测量省时、省力,能够有效提高测试重复性和准确度,它对科研和生产都有积极作用。

微波自动测量系统,即指在微波暗室或外场测试环境下,无须人员过多干预,微波测量仪器(多数情况下还需结合专业的定位装置)能够按照事先设计好的专业化测试程序对待测物件微波性能参数进行自动化测量的系统。这些微波自动测

量系统,通常是在标准总线,如 GPIB、VXI、PXI、LXI 基础上组建而成,往往只针对一定的测试对象和应用领域,并以该测试对象命名,如天线自动测量系统、天线罩自动测量系统、目标 RCS(雷达散射截面)自动测量系统、复合材料介电常数自动测量系统等;也可以按照应用场合来划分,如生产过程专用自动测量系统、场站维护专用自动测量系统等。

本书重点针对武器装备电磁性能测试系统的集成技术进行阐述,但是其基本技术思路亦适用于一般的微波自动测量系统集成任务中。

电磁性能自动测量系统主要包括硬件系统和软件系统两大部分,如图 1.1 所示。

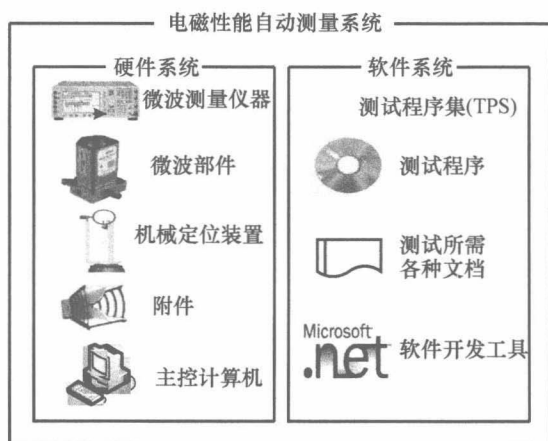


图 1.1 电磁性能自动测量系统的组成

1. 硬件系统

硬件系统一般由主控计算机、微波测量仪器、微波部件、机械定位装置以及相应的附件构成。

(1) 主控计算机是整个自动测量系统的大脑,它利用测控软件系统完成对仪器以及待测件工作状态的自动控制和参数测量。

(2) 微波测量仪器主要包括矢量网络分析仪、频谱分析仪、信号源、功率计等,随着采样技术的快速发展,采样率达到 GHz 量级以上的高速采样示波器也越来越多地应用于微波频段的时域测量系统中。

(3) 微波部件主要包括收发天线、放大器、滤波器、混频器等。它们仅完成信号的收发、放大、变频等功能,并不实现具体的信号测量。

(4) 定位装置主要指模拟收发站点之间角度、姿态、运动变化的机械装置,包括转台、极化旋转器、寻零架、扫描架等。

(5) 附件主要包括电缆、接头、夹具等辅配件。

2. 软件系统

软件系统包括测试程序集(TPS)和软件开发工具等。

测试程序集与被测对象及其测试要求密切相关。测试程序集由两部分组成:测试程序;测试所需的各种文档。

(1) 测试程序通常用标准测控语言(LabVIEW、LabWindows等)及高级语言(VC、VB等)编写而成。被测对象(UUT)的输入/输出端口一般与自动测量设备(ATE)的测试端口直接或间接相连。主控计算机与ATE或UUT之间,通常利用现有的标准接口,如 GPIB、VXI、PXI、LXI等,实现对UUT或ATE的正确、可靠控制测量。测试程序需要根据用户在参数设置界面中设置的参数,为ATE到UUT相应的I/O端口设定正确的信号。

(2) 测试所需的各种文档,包括配置文件、校准文件、测试文件、日志文件、异常记录文件等,主要用途是:配置硬件系统的参数;利用校准文件对系统进行校准;跟踪、记录系统测试结果;记录系统工作日志;记录系统异常状态。

软件开发工具主要指测控软件的编译环境和语言工具。主要有VC、VB、Java、Delphi、LabVIEW、LabWindows等开发工具。

1.2 电磁性能测试系统的应用范围

电磁性能测试系统主要应用在以下场合:①实验室环境下的研究测量,该场合下主要关心测量范围、测量精度、测量适用性、可扩展性等因素,对测量效率、系统建设成本等因素考虑较少;②批量生产时的检验测量,该场合下主要应考虑测量效率、稳定性、重复性等指标,另外还应关心系统建设成本等因素,对于测量精度、测量范围等指标要求可以有一定程度的降低;③装备维护保养中的快速检测,该场合下主要关心测量系统便携性、稳定性等因素,系统测量精度等指标要求可以降低,甚至有时只要能检测信号有无、强弱、变化趋势即可,并不非常关心具体数值。

按照测试对象不同,电磁性能测试大致可分为以下几种:

(1) 微波部件及电路的驻波比、增益、损耗等性能测试。本书重点论述辐射场测量方式,不涉及微波部件的电路参数测试。

(2) 天线的方向图、增益测试。天线参数是微波电磁场测量的基本测试对象,在本书第4章详细叙述;关于时域天线的辐射特性测试将在第9章进行叙述。

(3) 介质材料的透波率、反射率、介电常数测试。介质材料的电性能测试,在本书第8章详细论述。

(4) 天线罩的透波率、瞄准误差等电性能测试。利用介质材料制成的天线罩电性能测试,在本书的第6章详细论述。

(5) 雷达目标散射截面测试。对于雷达目标特征的研究,除采用电磁计算方法进行仿真计算外,经常还需要通过测试系统对目标的散射矩阵、雷达散射截面RCS进行测试。RCS频域测试在本书的第5章叙述,RCS时域测试在本书的第9章叙述。

(6) 电子战装备的仿真与评估测试。随着我军电子战水平的快速发展,出现了大量的电子侦察与干扰设备,需要建立专门的自动测量系统,对这些设备的性能进行准确测试与评估。电子战装备的评估测试在本书第7章讲述。

1.3 电磁性能测试系统的主要特点

近年来,一方面,各种性能优良的新器件、新技术,如 GaAs FET(砷化镓场效应晶体管)晶片、SAW(声表面波)器件、YIG(钇铁石榴石)电调振荡器、数字滤波器、变频锁相环路、微处理器等在微波测试仪器设备中广泛采用,使仪器设备的性能显著提高;另一方面,嵌入式计算机技术的普遍应用,极大地促进了电磁性能测试系统自动化水平的提升。

当前,电磁性能测试系统具有以下特点:

1. 高速度

由于整个测量过程是在预先编制的程序管理下自动进行的,速度一般比人工快几十倍、上百倍。

2. 高精度

仪器内部采用误差模型修正、精度增强等技术,可以对测量结果进行系统误差修正,从而达到很高的测试精度。同时,由于测量速度快,可多次重复进行,用统计平均法提高测量的置信度,而且由于测量速度快,使环境变化、温度漂移等影响也降到最低程度。

3. 多参数测量

利用计算机的快速运算能力,从一种参数可以转换出多种参数。例如,自动网络分析仪,通过 S 参数的测量,可以算出网络的 A 、 Z 、 Y 等参数,还可以进行时域和频域特性的转换。

4. 高重复性

由于每次测量都是按同一程序进行,因此避免了人为操作误差,重复测量一致性高。

5. 操作简便

由于测量过程按程序进行,测试人员无须具备高深的理论知识和熟练的操作技巧,只需按显示器上的提示,做出相应的选择和操作即可。

测试系统的集成设计是测量任务能否顺利完成的前提、保障。测试系统集成设计一般采用成熟的商业仪器搭建硬件系统,集成任务主要集中在编制测试程序等软件方面。要求编制测试程序的技术人员应具备有关微波测量、自动控制和计算机通信等多领域知识。而程序一旦编好,就可由只具备初级水平的一般技术人员进行测量操作。

1.4 电磁性能测试系统的发展趋势

1.4.1 电磁性能测试系统的发展历史

随着微波测量仪器功能的不断提高和完善,与其息息相关的电磁性能测试系统也经历了以下发展过程。

第一代:定制化专用型电磁性能测试系统。

第一代专用型电磁性能测试系统主要针对具体测试要求进行研制。一般用于工作量很大的重复性测试以及人员难以进入的恶劣环境中,从而提高测试速度、稳定性和安全性。

由于第一代专用型自动测量系统中的测试设备需要针对不同测试对象进行定制化设计,因此其缺点突出表现为:针对被测对象多样化的型号、功能、参数测试,所需要的自动测量系统数目繁多、重复建设费用高昂、研发周期漫长。在紧急状况下,系统间互补保障能力低。而且一旦某个被测对象退役,为其服务的大批专用自动测量系统也随之报废,造成资源严重浪费。

第二代:台式接口型电磁性能测试系统。

随着仪器工业化水平的提高、计算机技术的飞速发展,第二代电磁性能测试系统普遍采用了台式仪器设备,通过电缆与接口(一般是串口、并口、GPIB)实现信号互联。由计算机扮演整个系统的控制中枢,其操作系统一般为DOS或Windows 3.1。此后,台式仪器的性能逐步提高,其接口更加丰富;控制计算机的硬件配置及操作系统也有了进一步的发展。

第二代电磁性能测试系统在标准接口总线的基础上,以搭积木方式组建。系统中的各个设备(计算机、可编程仪器、可编程开关等)均为台式设备,每台设备都配有符合总线标准的接口电路。组装系统时,用标准的接口总线电缆将系统所含的各台设备连在一起构成系统。这种系统组建方便,组建者一般不需要自己设计测试设备或接口电路。积木式特点使得这类系统更改、增减测试内容很灵活,而且设备资源的复用性好。系统中的通用仪器既可作为自动测量系统中的设备,也可作为独立工作的仪器。利用基本的通用智能仪器可以在不同时间,针对不同的要求,灵活地组建不同的自动测量系统。

第三代:模块化集成型电磁性能测试系统。

第三代电磁性能测试系统主要由模块化的仪器、设备基于VXI、PXI测试总线组成。VXI总线是VME计算机总线向仪器/测试领域的扩展,具有高达40MB/s的数据传输速率。PXI总线是PCI总线(其中的Compact PCI总线)向仪器、测量领域的扩展,其数据传输速率为132~264MB/s。以这两种总线为基础,可组建高速率、大数据吞吐量的自动测量系统。第三代系统中,众多模块化仪器、设备均可以插入VXI(或PXI)总线机箱中,机箱自带有VXI(或PXI)总线插座、插槽、电源。仪器的

显示面板及操作按钮利用统一的计算机显示屏以软面板的形式实现,避免了系统中各仪器、设备在机箱、电源、面板、开关等方面的重复配置,大大降低了整个系统的体积、重量,并能在一定程度上节约了成本。

第三代自动测量系统具有数据传输速率高、数据吞吐量大、体积小、重量轻、系统组建灵活、易于扩展、资源复用性好、标准化程度高等优点,是当前先进的自动测量系统特别是军用自动测量系统的主流组建方案。

第四代:网络化集成型电磁性能测试系统。

第四代电磁性能测试系统,是基于 LXI 总线而建立的网络化自动测试系统。

2004 年 9 月,安捷伦科技公司(Agilent)和 VXI Technology 公司为自动测量系统推出基于 LAN 的下一代模块化平台标准——LXI(LAN Extension for Instrument)。VXI 总线为所有高密度、高速度应用提供了理想的标准,而 LXI 同时融合了 VXI 和以太网的优势,具有紧凑灵活的封装、高速输入/输出和测量功能可靠等特点,没有带宽、软件或计算机底板结构限制,能满足未来测试系统的发展要求。支持 LXI 的仪器在航空航天等领域特别适用。

这种基于 LXI 组成的电磁性能测试系统,在微波射频仪器的更新、互换、维护等方面给用户带来极大的便利,目前 LAN 典型的传输速率为 100MB/s,随着 10Gb/s 以太网技术的稳定与成熟,基于 LXI 总线的系统测量速度与效率将得到飞速提升。利用日益提高的以太网吞吐量,LXI 可以为下一代自动测量系统提供理想的解决方案。

LXI 仪器具备以下五大特点:

(1) 开放式工业标准。由于 LAN 是开放式的工业标准,开发成本低廉,各厂商很容易将现有的仪器产品移植到该 LAN - Based 仪器平台上来。

(2) 向后兼容性。因为 LAN - Based 模块只占 1/2 的标准机柜宽度,体积上比可扩展式(VXI/PXI)仪器更小。同时,升级现有的自动测量系统(ATS),不需重新配置,并允许扩展为大型卡式仪器(VXI/PXI)系统。

(3) 成本低廉。利用台式仪器的核心技术,同时结合最新科技,LAN - Based 模块的成本低于相应的台式仪器和 VXI/PXI 仪器。

(4) 互操作性好。作为合成仪器(Synthetic Instruments),只需 30 ~ 40 种的通用模块即可解决大多数客户的主要测试需求,可以高效、灵活地组合成面向目标服务的各种测试单元,从而彻底缩小 ATS 系统的体积,提高系统的灵活性。

(5) 新技术的引入方便。由于这些模块具有完备的 I/O 定义文档,所以模块和系统的升级仅需核实新技术是否涵盖其替代产品的全部功能即可。

1.4.2 电磁性能测试系统集成技术的发展新趋势

上文对电磁性能测试系统进行了简要介绍。如何综合分析场地环境、待测对象、现有仪器、用户要求等因素,搭建一套有效的电磁性能测试系统,即为电磁性能

测试系统的集成技术。电磁性能测试系统集成技术仍然属于微波测量技术的范畴,需要将电磁场与微波技术、计算机技术、测控技术、机械与电子技术等有机融合。随着科学技术日新月异的发展,特别是系统论、信息论和计算机技术的迅猛发展,整个微波测量系统集成技术从思想到方法、从理论到手段、从技术到仪器都正经历着一场巨大的变革:一方面,测量仪器正向着数字化、智能化、自动化、标准化、模块化方向发展;另一方面,随着测量仪器“软件化”的趋势,“软件就是仪器”、“网络就是仪器”等概念的提出,必然改变传统的测试系统集成设计方法。

总的来说,电磁性能测试系统集成技术主要在以下几个方面呈现新的发展趋势。

1. 数字化、智能化和自动化

数字化是微波测试系统集成技术发展的大趋势,目前 16 位分辨力的 A/D 转换取样速度已经达到 GHz 量级,随着 A/D、D/A 转换器件的进一步发展,高速度的 A/D 直接对微波信号进行取样的频率上限将越来越高,测量结果、预设值都以数字化的形式显示和存储,测量数据可由仪器内部送到外部计算机进行处理,通过标准接口或总线组成自动测量系统。

微波测试系统集成的智能化主要归结于微处理器和人工智能技术的发展与应用:①借助快速傅里叶变换、小波变换等数字信号处理技术,用软件实现信号滤波,简化了硬件,提高了信噪比,改善了传感器动态特性;②运用神经网络、遗传算法、进化计算混沌控制、模糊决策等智能技术,使仪器仪表实现了高速、高效、自适应、多功能、高机动灵活等测试能力。

随着微处理器和通用接口总线的出现,微波测量的数字化、自动化、智能化迅速普及。以矢量网络分析仪为例,作为经典的微波参数测量仪器,全球主要厂商已经相继推出新一代更新产品。具有代表性的 Agilent PNA 系列和 Rohde & Schwarz 的 ZVA 系列矢量网络分析仪,很好地满足了电磁性能测试系统的测试要求。

2. 标准化和模块化

由于单一的微波测量仪器的功能往往不能满足复杂的应用测试需求,因此经常需要由多台不同功能的测量设备和计算机构成整套测量系统。随着测量仪器接口总线的不断进步,测量仪器集成技术逐渐朝着标准化与模块化的方向发展。

接口总线分为内部总线和外部总线,内部总线包括 VXI、PCI、PXI。这些插卡式的总线在虚拟仪器中得到了比较广泛的应用。外部总线,包括串口、并口、IEEE 488 (GPIB)、USB、LAN/LXI 等。这些总线接口在分立式的传统仪器中必不可少。GPIB 具有 30 多年的历史,是传统的台式仪器控制方式;USB 接口非常通用,即插即用;LAN/LXI 在分布式或远程系统中具有一定的优势;PXI 基于 PCI 和 PCI Express,从带宽和延迟这两个判断总线性能的指标来看,它具有最高的性能。

对于外部总线而言,以前的主流是 GPIB。下一代的测量接口总线毫无疑问是

LAN/LXI。原因如下:①LAN 成本低,寿命长,速度快,在触发和同步上相对于传统的总线更有优势;②LAN 与计算机和因特网连接方便,支持节点数多,传输距离远;③LXI 把局域网技术和多种成熟的标准(TCP/IP、UDP 协议、Web 浏览器、可互换的虚拟仪器驱动)结合起来,可以简化模块化测试系统的集成。

3. 软件化和虚拟化

随着计算机、信号处理、软件技术的飞跃发展,微波测量系统中许多原来由硬件才能完成的功能,今天依靠软件就能实现,NI 公司所提出的“软件就是仪器”的口号,彻底打破了传统测试仪器只能由生产厂家定义、用户无法改变的局面,使人们认识到软件框架才是数据采集和仪器控制系统实现自动化的关键所在。

虚拟仪器是在通用计算机环境中,利用软件平台,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 GPIB、PC-DAQ、VXI、PXI 和 LXI)和计算机组成的测试系统提供了良好的开发平台。使用虚拟仪器技术,用户可以根据自己的需要定义仪器的功能,完成各种测试系统集成任务。

4. 网络化

随着网络技术的发展,其方便、快捷的特点使网络成为人们生活、工作中必不可少的一部分。实现微波仪器的网络化,将极大扩展测试能力,提高测试系统集成工作的灵活性、便捷性。特别是在某些测试过程中,由于现场测试条件具有一定危险性或测试仪器笨重不便携带等限制,通过网络进行远程测试是一种高效、便捷的办法。

“网络就是仪器”等概念的提出,必然会改变传统测试系统集成技术的设计方法,其中包括仪器的应用软件。当前高端的微波测量仪器都配置了 LAN 接口,用户在常规编程的基础上,对程序稍作修改,便能实现测量系统的网络化测试。不久的将来,微波测量用户将可以通过网络连接到专营测量的企业或专用测试室,完成分布在不同区域的各种微波设备的测量、监控与诊断。网络测量所带来的巨大效益,也必将促进自动化测量集成技术的进一步完善。

第 2 章

武器装备电磁性能测试系统硬件集成技术

武器装备电磁性能测试系统集成技术不仅需要对系统指标进行详细的分析论证,还需对相关测试设备、平台以及总线的功能、特点有清晰的了解,才能最终构建出一套能满足用户需要的电磁性能测试系统。

简要地讲,完整的硬件系统主要包括微波测量仪器设备、机械定位装置、连接电缆与仪器接口,并通过主控计算机(内部安装专业测控软件)实现互联互通。

本章首先阐述硬件集成指导思想和规范,然后介绍常用的微波测量仪器设备、机械定位装置以及接口总线等硬件基本组成,最后给出电磁性能测试系统的硬件集成基本策略和示例。

2.1 电磁性能测试系统集成基本步骤与规范

目前,针对型号众多的武器装备电磁性能测试任务而言,指标需求五花八门,缺乏统一的指导性测试规范,也没有相应的测试系统集成标准,客观上加大了测试系统集成技术风险。

虽然诸多测试系统的具体需求千差万别,但是实现集成任务的基本指导思想和原则仍具有一致性。

2.1.1 电磁性能测试系统集成基本步骤

众所周知,电磁性能测试系统和设备种类繁多,功能各异;测试对象从雷达整机到天线部件,同样种类繁多。但是基于系统集成思想和技术共性,通过研究其软、硬件集成方法,可概括出其基本的工作步骤和指导思想。

电磁性能测试系统的构建与集成主要按照以下基本步骤进行:

1. 分析测试集成的主要因素

虽然被测对象种类繁多,用户需求也千差万别,但是电磁性能测试系统集成任