

XIANDAI CELIANG JISHU

现代测量技术

主 编 叶丽娜

副主编 韩 玮 袁魏华 李从利

安徽人民出版社

现代测量技术

主 编 叶丽娜

副主编 韩 玮 袁魏华 李从利

安徽人民出版社

责任编辑:杜宇民 张胜莲 封面设计:钱 晔

图书在版编目(CIP)数据

现代测量技术/叶丽娜主编. —合肥:安徽人民出版社,2008.8
ISBN 978-7-212-03214-2

I. 现… II. 叶… III. 测量学 IV. P2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 002195 号

现代测量技术

主编 叶丽娜

出版发行:安徽人民出版社

地 址:合肥市政务文化新区圣泉路 1118 号出版传媒广场 邮编:230071

发 行 部:0551-3533258 0551-3533292(传真)

编 辑 室:0551-3533272

经 销:新华书店

制 版:合肥市中旭制版有限责任公司

印 刷:合肥现代印务有限公司

开 本:16K 印张:16.5 字数:410 千

版 次:2008 年 2 月第 1 版 2008 年 2 月第 1 次印刷

标准书号:ISBN 978-7-212-03214-2

定 价:34.00 元

本版图书凡印刷、装订错误可及时向承印厂调换

前 言

测量技术与科学研究、工程实践密切相关。科学始于测量,没有测量就没有科学。随着科学技术水平的不断提高和生产技术的高速发展,工程测量技术也随之向前发展。科学技术与生产水平的高度发达,要求以更先进的测量技术与仪器为基础。计算机、微电子和网络等技术迅猛发展并逐步渗透到测量、测试和仪器仪表技术领域。在其推动下,测量技术与仪器仪表技术不断改进,出现了以计算机为核心的自动测量系统,测量仪器也从早期的模拟式、数字式仪表,发展到现在的智能化仪表、虚拟仪器和远程网络化测量系统等先进的测量手段。

测量是以确定量值为目的的一组操作,是为确定被测对象量值而进行的实验过程。测试是具有试验性质的测量,是广义的测量。测量和测试过程中各环节有专门的设备来完成,这些设备组成的系统称为测量系统和测试系统。测量系统、测试系统工作原理组成结构相同,但测量系统强调保证被测参数的量值准确一致,即量值的溯源性。

本书立足现代测量技术的发展趋势及其应用领域,以实际应用为主线,围绕现代测量技术的基础理论、实际应用、发展趋势等方面进行深入浅出的讲解和论述。系统地介绍了现代测量系统的原理、构成、组建方法和系统的应用成果。

本书主要为已初步掌握计算机原理和微电子电路原理,想要和正在从事测试系统开发及研究的工程技术人员、高校有关专业的师生编写。可用于高等院校测试与控制工程、仪器仪表自动化等专业的本科生和研究生的教材和教学参考书,也可供工程技术人员、科研人员和大专院校师生进行相关专业工作时学习和参考。

全书共分8章。第1章是绪论,介绍现代测量技术的基本概念、作用,测量系统的组成结构和发展趋势。第2章是测量系统的基本知识,介绍测量原理、误差理论、测量信号和系统的基本特性。第3章是传感器技术,介绍了几种典型传感器的工作原理、现代新型传感器的技术特点和应用。传感器是测量系统的源端,用于从被测对象获取有用的信息,各类新型传感器层出不穷。第4章是信号调理技术,介绍了信号的转换、放大、滤波、特殊运算等处理方法。经前端传感器传送出的信号往往比较弱并混有许多干扰和噪声,不便于提取出能用于测量的信息。信号调理是将从传感器所输出的信号进一步加工成适宜于电路传输、显示记录的电信号处理。第5章是现代测试总线技术,介绍了测试总线的基本概念、性能指标、应用现状,测试总线是测量系统的重要组成部分,选择好的测试系统平台总线,不仅便于以低成本满足高性能要求,而且可以使系统更加容易扩充、升级。第6章是虚拟仪器技术,介绍了虚拟仪器的概念和技术特点,虚拟仪器的硬件组成和软件技术。虚拟仪器系统更新了仪器的概念,既有传统仪器的特征,又有一般仪器所不具备的特殊功能,在现代测量应用中有着广泛的应用前景。第7章是网

络测量技术,介绍了现代远程网络测量技术的基本概念、系统结构、应用现状、发展趋势、网络化虚拟仪器系统开发集成技术等内容。第8章是现代测量技术的工程应用,介绍了现代测量系统的组建方法和技术应用,从整体上给测量系统一个较全面的认识。

本书第1、2、3章由叶丽娜编写,第4、5章由韩玮编写,第6、7、8章由袁魏华、李从利编写,全书由叶丽娜统稿。

在编写本书的过程中,作者应用了书末参考文献中所列书的部分内容,在此向这些作者表示感谢。

由于现代测量技术发展迅速,涉及的技术面广,许多理论与实际问题有待进一步探讨更新,加之作者水平有限,书中难免存在错误与不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言	(1)
第1章 现代测量技术概论	(1)
1.1 现代测量技术的地位和作用	(1)
1.2 现代测量系统的组成	(2)
1.3 现代测量技术的发展趋势	(5)
第2章 测量与测量系统的基本知识	(10)
2.1 测量方法、量值传递与溯源	(10)
2.2 测量误差及其分析	(12)
2.3 测量不确定度	(26)
2.4 测量系统的基本特性	(32)
第3章 现代传感集成技术	(51)
3.1 传感器技术概论	(51)
3.2 几种典型传感器	(55)
3.3 现代传感技术	(69)
第4章 信号调理技术	(90)
4.1 信号放大电路	(90)
4.2 电桥	(96)
4.3 信号的调制与滤波	(104)
4.4 测量系统的干扰和抑制	(123)
第5章 现代测控总线技术	(127)
5.1 概述	(127)
5.2 GPIB 总线	(133)
5.3 VXI 总线	(139)

5.4	CPCI 总线	(144)
5.5	PXI 总线	(149)
5.6	USB 总线	(155)
5.7	IEEE 1394 总线	(161)
5.8	现场总线	(165)
5.9	LXI 总线	(169)
第 6 章	虚拟仪器技术	(173)
6.1	虚拟仪器的概念、特点及意义	(173)
6.2	虚拟仪器的现状及发展前景	(175)
6.3	虚拟仪器的构成形式	(176)
6.4	虚拟仪器的开发平台	(178)
6.5	虚拟仪器的开发思路	(181)
6.6	基于 LabVIEW 的虚拟仪器设计	(183)
第 7 章	现代网络化测控系统概述	(189)
7.1	网络化测控系统的发展	(189)
7.2	网络化测控系统的结构	(192)
7.3	网络化测控系统功能与特点	(197)
7.4	网络化虚拟仪器	(200)
7.5	网络化测控系统集成	(213)
第 8 章	自动测试系统集成技术	(238)
8.1	自动测试系统概述	(238)
8.2	自动测试设备及软件设计	(242)
参考文献		(258)

第1章 现代测量技术概论

1.1 现代测量技术的地位和作用

无论是现代化大生产和科学研究,还是人们的日常生活与身心健康,无不包含着大量有用的信息需要提取。信息工业的要素包括信息的获取、存储、处理、传输和利用,而信息的获取主要靠仪器仪表来实现。信息测量技术是基础,如果获取的信息量是错误的,那么存储、传输、处理都毫无意义。所以信息测量是信息工业的源头,应予以高度重视。

为实现对某一特定物理量的检测,需要涉及测量原理、测量方法和测试系统等。所谓测量原理是指实现测量所依据的物理、化学、生物等现象与有关定律的总体。例如,热电偶测温时所依据的热电效应,压电晶体测力时所依据的压电效应,激光测速时所依据的多普勒效应等。一般说来,对应于任何一个信息,总可以找到多个与其对应的信号;反之,一个信号中也往往包含着许多信息。这种信息、信号表现形式的多样化给测试技术的发展提供了广阔的天地。一种物理量的测量可通过若干种不同的测量原理来实现。要选择好的测量原理,必须充分了解被测量的物理化学特性、变化范围、性能要求和外界环境条件等。这些都要求测试技术人员知识面广,具有扎实的基础理论和专业知识。

测量原理确定后。根据对测量任务的具体要求可以采用不同的方法:电测法或非电测法;模拟量测量法或数字量测量法;单次或多次测量;等精度或不等精度测量;直接测量或间接测量;偏差测量法或零位测量法等。确定了测量原理和测量方法,便可着手设计或选用各类装置组成测量系统。

信息测量是人类认识客观世界的手段,是科学研究的基本方法。为了认识客观世界,改造客观世界,往往要求对一些现象或物体进行定量的描述,并以量值的方法来表示。所谓量值是指数值和计量单位的乘积,如 1 m 、 5 kg 。测量就是为确定被测对象的量值而进行的实验过程。

为了获得可靠的测量结果,必须有统一、可靠的计量单位;必须根据被测对象的特征和要求,选择合适的测量方法与计量器具;必须保证测量的准确度。因此,任何测量都包括被测对象、计量单位、测量方法和测量准确度四个要素。

所谓测量技术,就是使用测量技术装置把被测对象中的某种信息检测出来,并加以量度。科学探索需要测量技术,它用准确而简明的定量关系和数学语言表述了科学规律及理论。测量技术的主要功能是整个信息处理过程中参数的监测控制及数据分析判断。用于测量的仪表必须具备三种功能:物理量的转换功能,信号的处理传输功能,测量结果的显示功能。

1.2 现代测量系统的组成

信号,就其具体的物理性质而言,有位移信号、速度信号、加速度信号、力信号、光信号和电信号等。从信息的提取和信息的采用来看,目前以电信号最为方便。因此,各种非电信号多被转换为电信号,通过构建测试系统来获取信号,再传输、处理和运用。现代测量系统包含测量硬件构成、测量开发软件平台、测量信号分析等。

1.2.1 基本型测试系统结构

一般来说,测量系统由传感器、中间变换装置和显示记录装置三部分组成。测量过程中传感器将反映被测对象特性的物理量,如压力、加速度、温度等,检出并转换为电量,然后传输给中间变换装置;中间变换装置对接收到的电信号用硬件电路进行分析处理,或经 A/D 变换后用软件进行计算,再将处理结果以电信号或数字信号的方式传输给显示记录装置;最后由显示记录装置将测量结果显示出来,提供给观察者或其他自动控制装置。

一般情况下,一个基本型测量系统的组成可用图 1.1 来表示。

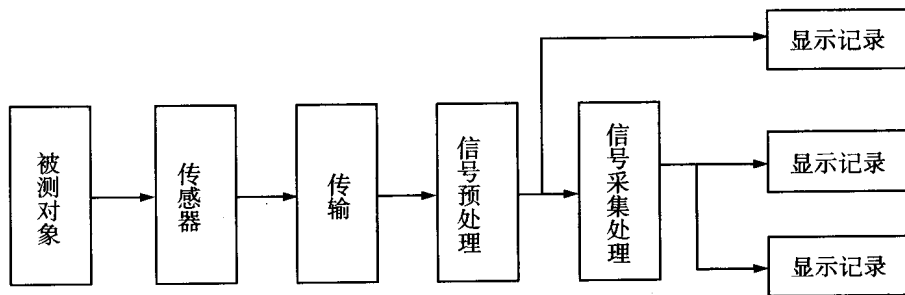


图 1.1 基本型测量系统框图

根据测量任务复杂程度的不同,测量系统中传感器、中间变换装置和显示记录装置等每个环节又可划分为多个模块组成。

1.2.2 现代测量系统组成结构

随着微电子技术、计算机技术及数字信号处理器(DSP)等先进技术在测量技术中的应用,就共性及基础技术而言,现代电测技术在集成仪器、测量系统的体系结构、测量软件、人工智能测量技术等方面有了长足发展。现代测量系统主要是以通用计算机为核心,采用标准总线,选取标准硬件模板及必要的专用接口与设备,构造满足领域中多种应用要求的分布式测试系统。

由于测量系统的规模大小各异,且存在各类模板的集成以及在异构和分布环境下设备互连、传输介质共享、数据通信和设备互操作等问题,因此,早先的测控系统大多是针对特定的试验要求进行开发研制的,通用性较差,且实现的技术难以扩展和移植。之后的研究一般采用简单的扩大规模法来集成系统,这种方法只能满足系统对于试验规模变化所带来的要求。

现在分布式系统的集成,不仅包括结构集成,还包括功能集成、信息集成和集成环境。图 1.2 是一个典型的分布测控系统。

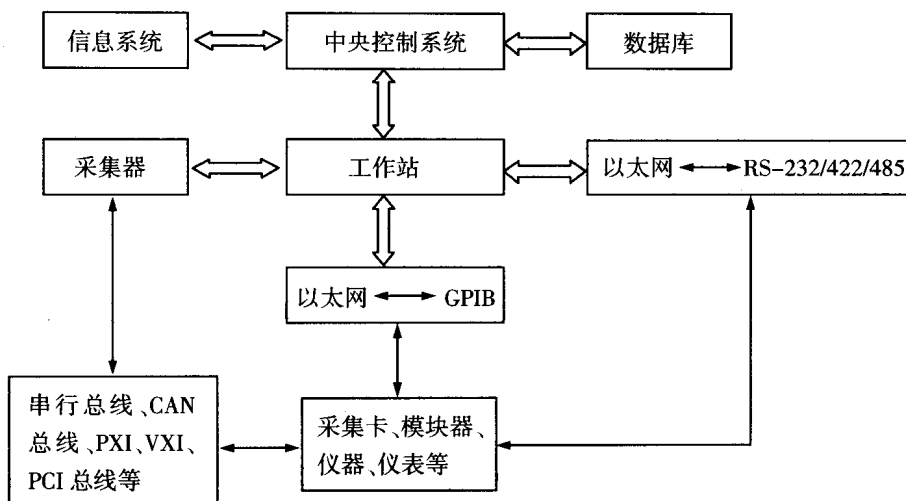


图 1.2 分布测控系统框图

1.2.3 测量应用软件平台

20 世纪 80 年代中期,传统模拟式仪器、测控系统的设计遇到计算机技术强有力的冲击,模拟式系统逐步被计算机数字系统所取代。进入 90 年代后,随着软件技术的迅速发展,智能仪器、虚拟仪表、数字化测控系统形成了蓬勃发展之势。为了缩短开发周期,统一设计标准,降低开发费用,各种面向仪器与测控系统的计算机软件应用平台应运而生,其中,HPVIEE、LabVIEW、LabWindows/CVI 等是应用较为广泛和具有典型特征的应用开发平台。这些应用平台的出现为智能仪器、虚拟仪表、数字化测控系统的迅猛发展提供了有利条件。

1.2.3.1 LabVIEW 开发平台

LabVIEW 是 National Instruments Corporation 公司开发的一种与 HPVIEE 十分相似的图形编程语言,它也具有一个集成化软件环境,在该环境下可以完成仪表设计、调试与运行。该环境由面板设计窗和逻辑设计窗组成,面板设计窗负责完成仪器面板的设计工作,逻辑设计窗负责完成面板上各个部件的逻辑连接工作。

LabVIEW 是一套专为数据采集与仪器控制、数据分析和数据表达而设计的图形化编程软件。它增强了用户在标准的计算机上配以高效经济的硬件设备来构建自己的仪器系统的能力。将 LabVIEW 与一般的数据采集以及仪器设备加以组合,就可以设计出虚拟仪器,并将其应用于许多领域,而不像传统的仪器那样,受生产商所设计功能的限制。

LabVIEW 提供一种像数据流一样的编程方式,用户只要连接各个逻辑框即可构成程序。它的基本程序单位是 VI。LabVIEW 通过图形编程的方法,建立一系列的 VI,来完成用户指定的测试任务。对于简单的测试任务,可由一个 VI 完成;对于复杂的测试任务,则可按照模块设计的概念,把一项复杂的测试任务变成一系列的子任务。设计时,先设计各种 VI 以完成每项子任务,然后把这 VI 组合起来以完成更大的任务,最后建成的顶层虚拟仪器就成为一个包括众多功能子虚拟仪器的集合。

1.2.3.2 LabWindows/CVI 开发平台

LabWindows/CVI 是 National Instruments Corporation 公司开发的一种用 C 语言编程的软件开发环境,它包含一个交互式的开发环境和用于数据采集和仪器控制应用的函数库。LabWin-

dows/CVI 还包含一个面向数据采集、分析和描述的软件工具集。它继承了 LabVIEW 的许多特点,并具有可进一步发展和鲜明的技术特色。

LabWindows/CVI 开发平台具有如下优点:

1. 为数据采集提供了 7 个函数库:仪器库、GPIB/GPIB488.2 库、数据采集库、DAQ 的 I/O 库、RS-232 库、VISA 库、VXI 库。
2. 为数据分析提供了 3 个函数库:格式化与 I/O 库、分析库和可选的高级分析库。
3. 为数据描述提供了用户界面库。
4. 为网络和通信提供了 4 个函数库:动态数据交换 (DDE) 库、传输控制协议 (TCP) 库、X 特性库 (UNIX)、Active X 自动化库。
5. 内含虚拟仪器软件体系结构 (VISA) 库及智能虚拟仪器 (M) 库,为用户开发仪器驱动程序提供了捷径。

LabWindows/CVI 较 HPVee 和 LabVIEW,除保留了图形化设计的特点外,还增加了标准 C 的编程环境,极大地增强了用户开发系统的能力。用户可以开发专用信号处理模块和灵活改变程序调度机制,应用范围十分广泛。

1.2.3.3 工控组态软件

工控组态软件是利用系统软件提供的工具,通过简单形象的组态工作,实现所需的软件功能。其优点是:提高了系统的成功率和可靠性,缩短了项目开发周期。

近年来,国内外众多厂商提供了许多成功的组态软件,如西屋的 WDPF, Honeywell 的 TDC-3000、Plantscape, Foxboro 的 Spectrum, Wonderware 的 Intouch, Intellution 的 Fix, Iconics 的 Genesis, Advantech 的 Genie 等。虽然不同厂商生产的组态软件各具特色,但他们的功能也有一些共同之处,即均具有数据采集和处理、动态数据显示、报警、自动控制、历史数据库、报表、图形、宏调用等功能以及专用程序开发环境。

组态软件一般具有以下几个特点:

1. 组态软件完善,功能多样。提供标准数学函数库和控制功能库,对测控信息的历史记录进行存储、分析、计算、打印,操作灵活方便。
2. 具有强大的通信功能与良好的开放性。支持 TCP/IP、Ethernet 协议,实现向上通信,支持多种硬件设备,如 AeB PLC、Modicon PLC、Siemens PLC、GE PLC、Hitachi PLC 等。
3. 提供丰富的画面显示功能。这些画面有常用工业设备图符、仪表图符、趋势图、历史曲线、数据分析图等。
4. 工作于多任务运行环境。组态软件可运行于 Windows NT 4.0 环境,从而支持多任务调度。
5. 测控规模大。提供支持 3000 点的控制器。

组态软件一般对硬件的要求相对严格,程序逻辑相对固定,但实现相对容易,可靠性高。根据系统规模的大小,开发平台软件的价格差别较大,一般适用于中、大规模的测控系统开发。

1.2.4 测试信号处理

由于信号在系统间传递时不可避免地被变形、失真以及叠加噪声和背景信号,因而系统中的信息很难通过信号完整地传递、复制和利用。要充分地利用实际的信号获取信息,必然要讨论信号处理技术,因为信息只有通过有效的信号处理才能被充分地提取和利用。因此,信号处理技术可以理解为使信息被有效利用而对信号采用的各种方法和措施。它可以是信号传递前

的组织、传递中的增强,也可以是获取后有效地分离、补偿、复原、归类、识别等。

信息与信号处理技术是仪器仪表设计和制造的重要依据。现代仪器仪表的设计制造有许多指标,如性能价格比、可用度、可靠性、安全性等,然而从信息和信号利用的角度看,如何实现信息的最佳检测、估计、识别是对仪器仪表性能的根本要求。现代仪器仪表的一个重要运用是从具有统计特性的噪声和背景中,检测信号、表征信号及信号赖以存在的系统的特征,因此,仪器仪表的设计制造必须面向信号、噪声、背景和系统的具体特性。例如,在一个最简单的通信系统中,发射机发射了一组 0、1 编码的脉冲信号,在这组信号的传输和接收过程中,必然叠加了信道中具有随机性质的干扰,为了在接收端尽可能准确地识别和恢复出这组编码,可以在接收端利用 0、1 脉冲分别叠加干扰后在统计特性方面的差异,设定门限来恢复出这组编码。但是这种恢复的精度是有限的,也就是说可能存在误差。如何定量而准确地分析、控制和降低这种误差,从而指导通信系统的设计和制造,就必须依赖于对信道的准确建模和统计信号处理理论的研究和发展了。

信号处理技术的新发展、新突破带来了仪器仪表的飞跃与更新换代。信号处理理论和技术已经成为现代仪器仪表设计制造的理论依据和发展的重要推动力。一个大家都非常熟悉的例子是,在 20 世纪 60 年代,随着 Cooley 和 Tukey 提出了 FFT(快速傅里叶变换)算法,使得对信号进行实时在线的傅里叶分析(频谱分析)成为可能,从而使原来只能停留在离线、后期分析阶段的技术在仪器仪表中达到了实用。以雷达运用领域为例,FFT 使得数字动目标显示较以往传统雷达模拟处理实现的 MTI 更加精确,更具灵活度,并且可以做到以往模拟处理难以做到的动目标检测(MTD),可以说 FFT 已经成为 PD 雷达、相控阵雷达、合成孔径与逆合成孔径雷达等各种新体制雷达的核心与技术基础之一。当然,目前在 FFT 基础上发展起来的短时傅里叶分析、时频分析和小波分析,也同样使得现代信号处理技术在现代仪器仪表中的应用达到了一个新的高度。

信号处理与仪器仪表之间的关系是一个相互依赖、相互促进的互动双赢关系。这一点在这两个领域当今的发展中体现更为明显。现代信号处理在非平稳、非高斯、非线性方面的发展必然会使现代仪器仪表出现质的突破。现代信号处理与现代仪器仪表的相互依赖、相互促进的双赢互动已经确立,它们之间必然会有一段相随相伴的螺旋上升的轨迹。

1.3 现代测量技术的发展趋势

测量技术与计算机技术几乎是同步、协调向前发展的。计算机技术是测量技术的核心,若脱离计算机、软件、网络、通信发展的轨道,测试技术产业就不可能壮大。测量采用开放式工业标准、互换性、互操作性的产品,基于此出发点,20 世纪 80 年代末出现了 VXI 总线技术,1995 年前后又推出了 Compact PCI、PXI 体系结构。VME 总线自 20 世纪 70 年代推出已发展了 20 余年,可以预计,VXI、Compact PCI、PXI 技术在未来 10 年的测量领域中将扮演重要角色。此外,以现场总线(Field Bus)、IEEE 1394(Fire wire)、Internet 分布、高速、互连体系等为特征的测量系统也将越来越广泛地得到应用,总线和网络将是测量工程师未来关注的热点问题。对综合测量技术的发展,当前软件的发展要远远落后于硬件,综合技术本身的软件比硬件更重要。

系统开放化、通信多元化、远程智能化、人机交互形式多样化、测控系统大型化和微型化、数据处理网络化等将成为工业仪器与测控系统新的发展方向。

1.3.1 传感器的发展

传感器的作用主要是获取信息,是信息技术的源头。在现代社会中,所有以计算机为核心的测控系统,都需要传感器,而系统中的信息处理、转换、存储和显示等都与计算机直接相关,属于共性技术,唯独传感器是千变万化、多种多样的,所以系统的功能更多体现在传感器方面。

今天的传感器,正在从传统的结构设计和生产转向以微机械加工技术为基础、仿真程序为工具的微结构设计,优先选用硅材料,研制各种敏感机理的硅传感器和智能化传感器。

新的物理、化学、生物效应用于物性型传感器是传感技术的重要发展方向之一。每一种新的物理效应的应用,都会出现一种新型的敏感元件,或者能测量某种新的参数。例如,除常见的力敏、压敏、光敏、磁敏之外,还有声敏、湿敏、色敏、气敏、味敏、化学敏、射线敏等。新材料与新元件的应用,有力地推动了传感器的发展,因为物性型敏感元件全赖于敏感功能材料,例如嗅敏、味敏传感器,集成霍尔元件、集成固态 CCD 图像传感器等。被开发的敏感功能材料有半导体、电介质(晶体或陶瓷)、高分子合成材料、磁性材料、超导材料、光导纤维、液晶、生物功能材料、凝胶、稀土金属等。

1.3.1.1 智能化传感器

进行快变参数和动态测量,是自动化过程控制系统中的重要一环,其主要支柱是微电子与计算机技术。传感器与微计算机结合,产生了智能传感器。它能自动选择量程和增益,自动校准与实时校准,进行非线性校正、漂移等误差补偿和复杂的计算处理,完成自动故障监控和过载保护等。

智能化是最近传感器技术的发展动向。智能化就是将传感器与计算机接合在一起。也就是说,所谓智能传感器,就是实现“信息识别+信息处理+信息存储+信息提取”一体化的传感器。

1.3.1.2 多传感器

近年来,传感器由点(零维)到线(一维),由线到面(二维),进而由空间(三维)到时空间(四维)发展。只有传感器的微细化、小型化才可能实现多维传感器。

可以把几个传感器在同一基板上制成一体。传感器数量多时,可把内部用于持续切换的电子电路也集成在其中。在多传感器中,有的是把同一传感器沿一维或二维配置成传感器阵。对于流速等矢量信息的检测,使检测各方向分量的传感器一体化是最佳方案。另外,把其他种类的传感器,例如做温度补偿用的温度传感器集成化,或把同种类但测量量程不同的传感器集成化,可扩大测量范围。

1.3.1.3 多功能化和高精度化

现代传感技术的另一个发展趋势是以传感器为核心,积极引入各种先进技术和方法。如智能型传感器,就是利用微处理器来提高传感器精度和线性度,修正温漂和时漂的。有的传感器不仅具有测量功能,还具有选择和判断多种信息的功能。

1.3.1.4 传感器的融合

目前,传感器高精度化和微型化的特长还没有得到充分体现,特别是在总体的融合方面。大多数生物体能很自如地把检测、判断、控制、行动等实施到最佳状态。把握该机理,并作为传感器信息处理系统在工程上加以实现,这就是传感器融合所要研究的内容。今后把各个微传

传感器的单一功能加以融合,得出综合的输出信息会变得越来越重要。

1.3.2 测量手段的发展

进入20世纪90年代后,随着个人计算机价格的大幅度降低,出现了用“PC机+仪器板卡+应用软件”构成的计算机虚拟仪器。虚拟仪器采用计算机开放体系结构来取代传统的单机测量仪器。将传统测量仪器中的公共部分(如电源、操作面板、显示屏幕、通信总线和CPU)集中起来由计算机共享,通过计算机仪器扩展板卡和应用软件在计算机上实现多种物理仪器。虚拟仪器的突出优点是与计算机技术结合,仪器就是计算机,主机供货渠道多,价格低,维修费用低,并能进行升级换代;虚拟仪器功能由软件确定,不必担心仪器永远保持出厂时既定的功能模式,用户可以根据实际生产环境变化的需要,通过更换应用软件来拓展虚拟仪器功能,适应实际科研、生产需要;另外,虚拟仪器能与计算机的文件存储、数据库、网络通信等功能相结合,具有很大的灵活性和拓展空间。在现代网络化、计算机化的生产、制造环境中,虚拟仪器更能适应现代制造业复杂、多变的应用需求,能更迅速、更经济、更灵活地解决工业生产和新产品实验中的测试问题。

在现阶段,测量技术正向多功能、集成化、智能化方向发展。

1.3.2.1 硬件功能软件化

随着微电子技术的发展,微处理器的速度越来越快,价格越来越低,使得一些实时性要求很高,原本要由硬件完成的功能,可以通过软件来实现。甚至许多原来用硬件电路难以解决或根本无法解决的问题,也可以采用软件技术很好地加以解决。数字信号处理技术的发展和高速数字信号处理器的广泛采用,极大地增强了仪器的信号处理能力。数字滤波、FFT、相关、卷积等是信号处理的常用方法,其共同特点是,主要的运算都是由迭代式的乘和加组成的,这些运算如果在通用微机上用软件完成,运算时间会较长,而数字信号处理器通过硬件完成上述乘、加运算,大大提高了仪器性能。

1.3.2.2 集成化、模块化

大规模集成电路LSI技术发展到今天,集成电路的密度越来越高,体积越来越小,内部结构越来越复杂,功能也越来越强大,从而大大提高了每个模块进而整个仪器系统的集成度。模块化功能硬件是现代仪器仪表的一个强有力的支持,它使得仪器更加灵活,仪器的硬件组成更加简洁。比如在需要增加某种测试功能时,只需增加少量的模块化功能硬件,再调用相应的软件来使用此硬件即可。

仪器与计算机技术的深层次结合产生了全新的仪器结构概念。从虚拟仪器、卡式仪器、VXI总线仪器直至集成仪器概念,就是所谓的虚拟仪器。简单的由数据采集卡、计算机、输出(D/A)及显示器这种结构模式组成仪器通用硬件平台。在此平台基础上,在软件导引下进行信号采集、运算、分析、输出和处理,实现仪器功能并完成测试和控制的全过程,便构成了该种功能的测量或控制仪器,成为具有虚拟面板的虚拟仪器。在同一平台上,调用不同的测控软件就可构成不同功能的虚拟仪器,故可方便地将多种测控功能集于一体,实现多功能集成仪器,因此,出现了“软件就是仪器”的概念。如对采集的数据通过测试软件进行标定和数据点的显示,就构成一台数字存储示波器;若对采集的数据利用软件进行FFT变换,则构成一台频谱分析仪。

1.3.2.3 参数整定与修改实时化

随着各种现场可编程器件和在线编程技术的发展,仪器仪表的参数甚至结构不必在设计时就确定,而是可以在仪器使用的现场实时置入和动态修改。

1.3.2.4 硬件平台通用化

现代仪器仪表强调软件的作用,选配一个或几个带共性的基本硬件来组成一个通用硬件平台,通过调用不同的软件来扩展或组成各种功能的仪器或系统。一台仪器大致可分解为三个部分:

1. 数据的采集。
2. 数据的分析与处理。
3. 存储、显示或输出。

传统的仪器是由厂家将上述三类功能部件,根据仪器功能按固定的方式组建,一般一种仪器只有一种或数种功能。而现代仪器则是将具有上述一种或多种功能的通用硬件模块组合起来,通过编制不同的软件来构成任何一种仪器的。

1.3.3 测量信号处理的发展

信号处理芯片是近年来出现的一种用于快速处理信号的器件。它的出现,对简化信号处理系统的结构,提高运算速度,加快信号处理的实时能力等有很大影响。美国 Texas 公司 1986 年推出的 TMS320C25 芯片,运算速度达 1000 万次每秒,用其进行 1024 复数点 FFT 运算,只需 14 ms 便可完成。这一进展,在图像处理、语言处理、谱分析、振动噪声、生物医学信号的处理方面,展示了很宽的应用前景。

目前,信号分析技术的发展目标是:进一步提高在线实时能力;提高分辨力和运算精度;扩大和发展新的专用功能;专用机结构小型化,性能标准化,价格低廉。

1.3.4 开发平台的发展趋势

面向仪器与测控系统的计算机软件,应用平台技术的发展十分迅速,20 世纪 90 年代末以来,各种面向仪器与测控系统的计算机软件应用平台层出不穷,使仪器与测控系统的设计方法产生了革命性的进步,极大地缩短了开发周期,降低了开发费用。随着计算机技术的进一步发展,可以相信,基于网络平台的应用开发环境将成为主流,网络技术、虚拟现实技术、三维成像技术将成为新一代软件应用平台的新特点。流场测试、天文测试、生物工程等领域的测试、控制需求将使传统测量系统产生巨大的革命。

在测量平台上,调用不同的测量软件就构成不同功能的仪器,因此软件在系统中占有十分重要的地位。在大规模集成电路迅速发展的今天,系统的硬件越来越简化,软件越来越复杂;集成电路器件的价格逐年下降,而软件成本费用则上升。测试软件不论对大的测试系统还是单台仪器子系统都是十分重要的,而且是未来发展和竞争的焦点。有专家预言:“在测量平台上,下一次大变革就是软件。”信号分析与处理要求的特征值,如峰值、有效值、均值、均方值、方差、标准差等,若用硬件电路来获取,其电路是极为复杂的,若要获得多个特征值,电路系统则很庞大。而另一些数据特征值,如相关函数、频谱、概率密度函数等则是不可能用一般硬件电路来获取的,即使是具有微处理器的智能化仪器,如频谱分析仪、传递函数分析仪等,因其价格极其昂贵,而使人们对这种“贵族式”仪器往往望而却步。而在测试平台上,信号数据特征的定义式用软件编程很容易实现,从而使得那些只能是“贵族式”分析仪器才具有的信号分析与测量功能得以在一般工程测量中实现,使得信号分析与处理技术能够广泛地为工程生产实

践服务。

软件技术对于计算机测试系统的重要性,表明了计算机技术在现代测量系统中的重要地位。但不能认为,掌握了计算机技术就等于掌握了测量技术。这是因为,其一,计算机软件永远不可能全部取代测量系统的硬件;其二,不懂得测量系统的基本原理就不可能正确地组建测量系统,也不可能正确地应用计算机。因此,现代测量技术既要求测量人员熟练掌握计算机应用技术,又要求测量人员深入掌握测量技术的基本理论。

通用集成仪器平台的构成技术与数据采集、数字信号分析处理的软件技术是决定现代测量仪器、系统性能与功能的两大关键技术。以虚拟/集成仪器为代表的现代测量仪器、系统与传统测量仪器相比较的最大特点是:用户在集成仪器平台上根据自己的要求开发相应的应用软件,就能构成自己需要的实用仪器和实用测控系统,其仪器的功能不限于厂家的规定。

第2章 测量与测量系统的基本知识

2.1 测量方法、量值传递与溯源

2.1.1 测量的基本概念

测量是检测技术的主要组成部分,是借助于专门的技术和仪器装置,采用一定的方法获取某一客观事物定量数据资料的认识过程。根据国际通用计量学基本名词的定义,测量是以确定被测量值为目的的一组操作,也就是说,测量是将被测量与标准量(单位)进行比较从而确定被测量对标准量的倍数,并用数字表示这个结果。测量结果也可以表示为一条曲线,或显示成某种图形,既包含数值(大小和符号),又包含单位。传统测量就在于追求被测量与标准量的比值的精确数值,是一种数值测量,其测量结果的表示是一种数值符号描述。这种数值符号描述方式有许多优点,如精确、严密、可以给出许多定量的算术表达式等。

随着测量领域的不断扩大与深化,由于被测对象的多维性或被分析问题的复杂性,或由于信息的直接获取、存储方面的困难等原因的存在,只进行传统的单纯的数值测量,其测量结果单纯以数值符号来描述,在很多情况下被发现是不完备的。如人体血压测量,血压计量的高压值为18 kPa,进一步给出更精确的数值(17.9 kPa)的数值符号描述是没有意义的。实际上更需要的是给出血压是“高”、“偏高”、“正常”还是“偏低”、“低”的语言符号描述。这可视为定性的“符号”,它属于语义测量领域。虽然它的精度低、不严密、具有主观随意性等,但是与数值测量结果的数值符号表示(简称数值表示)相比较有很多优点:它非常紧凑,信息存储量少,无需建立精确的数学模型,允许数值测量有较大的非线性和较低的精度,可以进行推理、学习,并可以将人类经验、专家知识与智能事先完成,因而容易被人们理解,不需要专家亲临现场,等等。

如上面所述,测量结果的语言符号表示具有数值符号表示所不具有的优越性,并且它是实际的需求,这就导致学者们设法采用人类的自然语言定性描述被测对象,进而对传统测量定义与概念进行延拓,如提出“测量是以确定被测量的定量描述符号或定性描述给出符号的全部操作”。

2.1.2 测量的方法

1. 按测量过程分类

按测量过程分类,测量可以分为直接测量、间接测量和联立测量。

(1) 直接测量

在使用仪表进行测量时,对仪表读数不需要经过任何运算,就能直接表示测量所需要的结果,称为直接测量。例如,用磁电式电流表测量电路的支路电流,用弹簧管式压力表测量锅炉