



中国仪器仪表学会

测量控制与仪器仪表工程师资格认证培训教材

测量控制与仪器仪表 现代系统集成技术

Modern System Integration Techniques
for Measurement & Control and Instrumentation

丁天怀 李庆祥 等编著



清华大学出版社





中国仪器仪表学会

测量控制与仪器仪表工程师资格认证培训教材

测量控制与仪器仪表 现代系统集成技术

Modern System Integration Techniques
for Measurement & Control and Instrumentation

丁天怀 李庆祥 等编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书为测量控制与仪器仪表工程师资格认证(MCIEA)培训教材。对现代测量控制与仪器仪表系统集成技术的理论和成果进行了系统全面的阐述,反映了这一学术领域的当代发展水平。

本书共分6章,内容包括绪论、仪器仪表中的传感集成技术、系统及系统特性描述、仪器仪表计算机系统集成技术、典型仪器仪表集成系统应用实例、现代测控与仪器微纳米系统集成技术。

本书可供从事测控技术与仪器、电子精密机械、机电一体化、光学仪器、精密仪器与机械、微纳米机电系统的研究、设计、制造、使用和调修的工程技术人员学习和参考。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

测量控制与仪器仪表现代系统集成技术/丁天怀,李庆祥等编著. 北京:清华大学出版社,2005.7
ISBN 7-302-11255-X

I. 测… II. ①丁… ②李… III. 测量仪器—自动控制系统—技术培训—教材 IV. TH761

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第068090号

出版者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦
http://www.tup.com.cn 邮 编:100084
社总机:010-62770175 客户服务:010-62776969
组稿编辑:庄红权
文稿编辑:庄红权 曾 洁
版式设计:刘祎森
印装者:三河市春园印刷有限公司
发 行 者:新华书店总店北京发行所
开 本:185×260 印张:22 字数:522千字
版 次:2005年7月第1版 2005年7月第1次印刷
书 号:ISBN 7-302-11255-X/TH·167
印 数:1~2000
定 价:46.00元

序 言

当今世界已进入信息时代,信息技术成为推动科学技术和国民经济发展的关键技术。测量控制与仪器仪表作为对物质世界的信息进行采集、处理、控制的基础手段和设备,是信息产业的源头和重要组成部分。仪器仪表是工业生产的“倍增器”,科学研究的“先行官”,军事上的“战斗力”,国民活动中的“物化法官”,应用无所不在。

现代测量控制与仪器仪表是机械、电子、计算机、材料、物理、化学、生物等领域先进技术的高度综合,是一个国家科技和国民经济发展水平的重要标志。测量控制与仪器仪表工程师是国家急需的专业技术人才。为了适应我国经济发展的需要和政府职能的转变,发展和规范专业人才评价工作,推动人才的合理交流和用人单位的量才录用,促进工程师资格国际互认,经中国科学技术协会批准,中国仪器仪表学会已正式开展测量控制与仪器仪表工程师资格认证(Measurement & Control and Instrumentation Engineer Accreditation, MCIEA)工作。为保证 MCIEA 工作的顺利进行和确保 MCIEA 的质量,将 MCIEA 与专业继续教育、培训和资格考试紧密结合,中国仪器仪表学会委托授权 15 所高校建立第一批 MCIEA 培训考试中心,开展培训和组织考试。为此,中国仪器仪表学会组织专家、教授专门编写了这套 MCIEA 培训教材,经 MCIEA 教材编审委员会及有关单位的专家审定正式试用。

这套 MCIEA 培训教材包括《测量控制与仪器仪表的前沿技术及发展趋势》与《测量控制与仪器仪表现代系统集成技术》两本教材。两本教材对测量控制与仪器仪表应用最多且发展较快的一些前沿技术及发展趋势进行了全面描述,对测量控制与仪器仪表现代系统集成技术的原理、应用和发展进行了重点说明。这套教材内容广泛、深入浅出、条理分明,在突出技术先进性的同时,兼顾技术的实用性,力求学员在领会测量控制与仪器仪表的前沿技术及发展趋势、提高接受和运用新技术能力的同时,了解测量控制与仪器仪表现代系统集成技术的本质、提高解决实际问题的能力。这些知识和能力是一个现代测量控制与仪器仪表工程师需要具备的。

中国仪器仪表学会名誉理事长



前言

随着经济的全球化,制造业也正快速地走向国际化、集成化和柔性化。现在已经进入了信息时代,信息工业的发展仰赖于信息的获取,而信息的获取是由仪器仪表来实现的,仪器仪表是现代科技的前沿技术,是复杂大系统集成基础。

为适应我国政府职能的转变,发展和规范专业人才评价工作,充分发挥工程技术人员的积极性和创造性,促进人才的合理交流,鼓励他们在推进技术进步、振兴经济中作出贡献;为适应科技发展的需要,赶上世界科技进步的步伐,提高我国测控技术的水平,在政府宏观指导下,开展社会化的测量控制与仪器仪表工程师资格认证工作,推进测量控制与仪器仪表工程师资格国际互认,中国仪器仪表学会和人事部全国人才交流中心推出了测量控制与仪器仪表工程师资格培训、考试和认证。本书就是根据测量控制与仪器仪表工程师资格认证标准(MCIEA)的教学大纲编写而成的。

本书总结了编著者长期的教学经验与科研工作成果,荟萃了有关现代测量控制与仪器仪表系统集成技术的理论和成果,着力反映这一学术领域的当代发展水平,使培训学员在系统掌握测控系统的基础理论、技术与方法的基础上,重点学会系统集成,以提高解决实际问题的能力。同时本书力图做到概念清楚、深入浅出,对测量控制与仪器仪表现代系统集成技术有关的共同性理论和方法进行了系统全面的阐述。

本书共分6章。

第1章 绪论。人类在其自身的社会发展中创造并发展了仪器测量学,本章介绍了仪器仪表在国民经济中的地位、仪器仪表技术的发展现状、现代仪器仪表系统的基本结构与组成、仪器仪表集成的基本概念及意义。

第2章 仪器仪表中的传感集成技术。传感器是测控技术的基础,本章介绍了现代传感技术的发展、现代传感技术在仪器仪表集成系统中的位置和作用、测量系统的基本功能、传感器的分类、典型传感器及其在仪器仪表系统集成中的应用,以及光电传感技术和微型传感集成系统。

第3章 系统及系统特性描述。集成信息化大系统向着开放、集成、高速和网络管理智能化方向发展。本章介绍了系统集成的概念、基本集成模

块,阐述了系统建模及仿真以及系统控制集成技术。

第4章 仪器仪表计算机系统集成技术。仪器仪表计算机系统是大生产的重要组成部分。本章论述了计算机集成仪器仪表系统的基本功能结构、系统集成中的计算机接口技术、智能仪器系统的硬件处理技术、智能仪器系统处理技术及基于虚拟仪器技术的系统集成。

第5章 典型仪器仪表集成系统应用实例。本章介绍了典型仪器仪表集成系统应用实例,包括集成多传感技术的产品质量检测系统、基于虚拟仪器的大型桥梁结构动态特性测试系统集成、大型电站设备状态监测与故障诊断系统、锅炉燃烧质量监测控制系统、惯性仪表自动测试系统。

第6章 现代测控与仪器微纳米系统集成技术。微纳米技术是近年来发展起来的新技术,在测控系统中应用越来越广泛。本章系统地阐述了微纳米测试系统集成技术,介绍了生物工程中测控集成技术与纳米自组装技术。

本书由丁天怀教授主持编写。参加编写的人员有:王伯雄教授(1.1~1.4,5.1),王伯雄教授和丁天怀教授(2.1~2.5),董景新教授(3.1~3.4,4.1,4.2,5.5),王东生教授(2.6,5.4),李庆祥教授(2.7,6.2),王雪副教授和丁天怀教授(4.3,4.4,5.3),李玉和副教授(6.1,6.3),邓焱副教授(4.5,5.2)。第1章和第2章由王伯雄教授统稿,第3章和第4章由董景新教授统稿,第5章和第6章由李庆祥教授统稿。全书由丁天怀、李庆祥教授统稿。

本书为测量控制与仪器仪表工程师资格培训教材,同时也可供从事测控技术与仪器、电子精密机械、机电一体化、光学仪器、精密仪器与机械、微纳米机电系统的研究、设计、制造、使用和调修的工程技术人员学习和参考。

由于编著者水平有限,书中难免有不妥甚至错误之处,殷切希望读者提出宝贵意见。

编著者

2005年3月于清华园

目录

1 绪论

1 1.1 仪器仪表在国民经济中的地位

2 1.2 仪器仪表技术的发展现状

5 1.3 现代仪器仪表系统的基本结构与组成

7 1.4 仪器仪表系统集成的基本概念及意义

8 思考题

8 参考文献

2 仪器仪表中的传感集成技术

9 2.1 现代传感技术的发展

10 2.2 现代传感技术在仪器仪表集成系统中的
位置和作用

10 2.3 测量系统的基本功能

10 2.3.1 测量系统的功能模块组成

11 2.3.2 功能模块间的相互作用

12 2.4 传感器的分类

12 2.4.1 按被测物理量进行分类

12 2.4.2 按作用原理进行分类

12 2.4.3 按能量转换关系进行分类

12 2.4.4 常用传感器的种类

14 2.5 典型传感器及其在仪器仪表系统集成中的
应用

14 2.5.1 电阻式传感器及其应用

21	2.5.2 电感式传感器及其应用
27	2.5.3 涡流传感器及其应用
30	2.5.4 电容式传感器及其应用
34	2.5.5 压电传感器及其应用
38	2.5.6 磁电式传感器及其应用
40	2.6 光电传感技术
40	2.6.1 光电传感技术基础
43	2.6.2 光谱测试技术
46	2.6.3 莫尔条纹测量技术
50	2.6.4 干涉测量技术
51	2.6.5 光纤传感技术
54	2.7 微型传感集成系统
54	2.7.1 概述
58	2.7.2 微型传感器
65	2.7.3 微型传感集成系统的应用
69	思考题
70	参考文献
71	3 系统及系统特性描述
71	3.1 系统集成的概念
71	3.1.1 系统集成概念的提出和发展
73	3.1.2 系统集成的基本结构形式
75	3.2 基本集成模块
75	3.2.1 物理层配置
77	3.2.2 应用层
77	3.3 系统建模及仿真
78	3.3.1 系统需求分析
78	3.3.2 建模及仿真
85	3.4 系统控制

85	3.4.1 分散型控制系统	851
87	3.4.2 现场总线控制系统	852
91	3.4.3 可编程逻辑控制	853
104	3.4.4 数字信号处理器	854
108	3.4.5 嵌入式控制器	855
113	3.4.6 PID 控制器	856
120	3.4.7 最优控制	857
122	3.4.8 自适应控制	858
124	思考题	859
124	参考文献	860
126	4 仪器仪表计算机系统集成技术	861
126	4.1 计算机集成仪器仪表系统的基本功能结构	862
126	4.1.1 数据的融合与综合利用	863
128	4.1.2 网络体系结构与网络协议	865
133	4.1.3 Internet 国际互联网	868
138	4.1.4 现场总线技术	872
142	4.2 系统集成中的计算机接口技术	873
142	4.2.1 接口技术概述	874
147	4.2.2 简单 I/O 接口	875
149	4.2.3 中断	878
150	4.2.4 异步串行 I/O	880
152	4.3 智能仪器系统的硬件处理技术	882
152	4.3.1 概述	883
155	4.3.2 智能仪器的输入通道及数据采集	885
159	4.3.3 智能仪器的输出通道	889
164	4.3.4 智能仪器的通信原理与人机接口	893
168	4.4 智能仪器系统处理技术	895
168	4.4.1 智能仪器的典型处理功能	897

172	4.4.2 智能仪器硬件电路的抗干扰	68
177	4.4.3 智能仪器的设计与实现	78
185	4.5 基于虚拟仪器技术的系统集成	78
185	4.5.1 虚拟仪器的概念及系统构成	79
187	4.5.2 虚拟仪器的软件技术	80
190	4.5.3 虚拟仪器的硬件技术	81
194	思考题	82
194	参考文献	83
196	5 典型仪器仪表集成系统应用实例	84
196	5.1 集成多传感技术的产品质量检测系统	85
196	5.1.1 概述	86
199	5.1.2 融合接触与非接触测量技术的产品集成检测系统	87
200	5.1.3 系统模块设计与功能介绍	88
202	5.1.4 传感器的选择与系统的集成	89
208	5.1.5 测量装置的协调与测量过程自动化	90
209	5.2 基于虚拟仪器的大型桥梁结构动态特性测试系统的集成	91
210	5.2.1 桥梁结构动态特性测试需求分析	92
212	5.2.2 桥梁结构动态特性测试系统功能设计	93
213	5.2.3 基于虚拟仪器技术的大型桥梁测试系统的集成	94
215	5.2.4 便携式桥梁结构测试系统集成案例	95
220	5.2.5 长期监测的桥梁结构测试系统集成案例	96
222	5.3 大型电站设备状态监测与故障诊断系统	97
222	5.3.1 概述	98
223	5.3.2 电站机械设备状态监测常用传感器	99
226	5.3.3 电站机械设备状态参数监测	100
232	5.3.4 电站机械设备故障的机理与诊断	101
238	5.3.5 设备状态监测与故障诊断典型系统介绍	102
242	5.3.6 新华电站 XDPS-400 分散控制系统	103

250	5.4 锅炉燃烧质量监测控制系统
250	5.4.1 概述
252	5.4.2 锅炉燃烧质量监测控制系统设计
262	5.5 惯性仪表自动测试系统
262	5.5.1 性能指标要求
263	5.5.2 总体方案
266	5.5.3 部件选择
272	5.5.4 控制器及接口电路
280	5.5.5 控制系统框图
280	思考题
280	参考文献
282	6 现代测控与仪器微纳米系统集成技术
282	6.1 微纳米测试系统集成技术
282	6.1.1 微纳米测试技术概述
283	6.1.2 表面粗糙度测试系统
293	6.1.3 线条宽度测试系统
295	6.1.4 台阶高度测试系统
300	6.1.5 膜厚测量系统
302	6.2 生物工程中测控集成技术
302	6.2.1 生物单元测控集成技术
312	6.2.2 典型应用系统
317	6.3 纳米自组装技术
317	6.3.1 纳米自组装技术概述
319	6.3.2 纳米自组装原理、特点
328	6.3.3 纳米自组装技术的典型应用
336	思考题
336	参考文献

1.1 仪器仪表在国民经济中的地位

知识的获取往往从测量开始。人类在其自身的社会发展中创造并发展了仪器测量学。英国物理学家开尔文勋爵(William Thomson, 温度单位 K 即以他的名字来命名)说过:“凡存在之物,必以一定的量存在。”他又说:“我经常说,当你能测量你在谈及的事物并将它用数字表达时,你对它便是有所了解的;而当你不能测量它,不能将它用数字表达时,你的知识是贫瘠的和不能令人满意的。”开尔文勋爵的这两段话指出了测量的广博性,也指出了测量的内涵及其科学性。人类早期的测量活动涉及对长度(距离)、时间、面积和重量等量的测量。随着社会的进步和科学的发展,测量活动的范围不断扩大,测量的工具和手段,即仪器仪表,也不断地精细和复杂化,从而也不断地丰富和完善了仪器测量科学的理论。早在公元前 3000 年,古埃及人出于对工程和生产的需要便已建立了长度的统一标准——埃尔,他们将当时统治埃及的法老的自肘关节起到其中指指尖的长度加上他手中一根棕榈枝长的总长定义为“1 埃尔”,并将该长度用黑色花岗岩来实现而作为原始标准。埃及人在建造众多的祠庙和金字塔的浩大工程中正是使用了这一长度标准。秦始皇在统一六国后便立即建立了统一的度量衡制度,并对破坏这一制度的人课以严厉的刑罚。这些都说明了测量及仪器对促进当时生产发展和社会进步的重要性。今天,测量和仪器仪表已渗透到人类活动的每个领域。从日常生活的三表(水、电、煤气表)、每日的天气预报、医院中的病人监护设施、汽车中的各种指示仪表,直至宇宙飞船的姿态控制装置、飞机的导航仪表,测量和仪器仪表无处不在。科学技术的迅猛发展给仪器测量科学这一古老的学科注入了新的活力,现代电子技术尤其是信息技术的发展更推动了该学科的迅猛发展。因此仪器测量学科是一门多学科交叉的边缘学科。毫不夸张地说,任何一门学科都可以在仪器测量学科中找到它的踪迹。反过来说,仪器测量学科的发展也进一步促进了其他学科的发展。

世界已进入信息化时代,信息技术正成为推动国民经济和科技发展的关键技术。信息技术包括计算机、通信技术和仪器测量技术。而仪器测量技术是对客观世界的信息进行感知的基本手段,因此它是信息技术的基础,具有任何技术不可替代的作用,在当今社会的发展中起着举足轻重的作用。

在工业生产中,无论是基础性的电力、化工、冶炼等行业,还是制造业的飞机、汽车,各类工作母机等行业,都离不开各种用于测量和控制目的的仪器仪表。尽管仪器仪表产业本身的产值在整个工业总产值中所占的比例不大,但由它所推动和制造的相关经济产值却远远超出其自身产值的数十倍。我们常常说,制造业的水平是衡量一个国家综合实力的一个主要标志,而制造业的发展却是首先建立在信息化技术,因此也是先进的仪器仪表业发展的基础上的。因此离开了仪器仪表业的发展,就谈不上制造业的发展。

仪器仪表技术在科学研究中的作用更是显著。一切的科学实验和研究,都必须借助于各种科学仪器才能得以实现。宇宙飞船从其发射到太空的飞行探测,都是依靠众多的科学仪器和仪表,从而取得大量宝贵的试验数据和资料。而人类基因的研究也完全得益于基因测量仪器的发明。可以说,一切科学的发现,都离不开仪器科学技术的进展,现代科学的进步越来越依靠尖端仪器的发展。实际上,在诺贝尔奖的获得者中有 38 人是与科学仪器的发明有关的,这一数字足以说明仪器科学的重要性。

现代战争中,夺取技术优势已成为军事战略的根本目标。在 1991 年的海湾战争中,美国使用的精密制导炸弹和导弹仅占 8%;在 12 年以后的伊拉克战争中,精密制导炸弹和导弹的使用率提高到 90% 以上。而这些先进武器都是靠先进的测控仪器系统来装备并实施其功能的。1994 年,美国国防部成立了“自动测试系统执行局”,来统一海陆空三军的测试产品的规格标准,确保立体作战的方式在未来战争中的实施。因此,现代化的战争完全建立在先进的仪器仪表技术基础之上。

此外,仪器仪表在气象预报、环境监测、交通运输、质量监控、公安刑侦、海关缉私、医药卫生,以及人们的日常生活中都起着越来越大的作用。可见,仪器仪表的发展水平代表了一个国家的科技水平和综合国力,也是国家文明程度的体现。为此,各发达国家都高度重视仪器仪表技术和产业的发展。除美国外,日本科技厅也将测量传感技术列为 21 世纪首先发展的技术之一;欧盟在其第三个科技发展总体规划中将测量与检测技术列为 15 个专项之一。我国也在“十五”规划纲要中将发展仪器仪表技术放到重要位置,国家发改委和科技部也列有专项支持该项技术的发展。

1.2 仪器仪表技术的发展现状

由于各国政府部门的重视,近年来仪器仪表技术得到了迅速的发展。以科学仪器中的分析仪器为例,世界市场分析仪器的年销售额由 2000 年的 256 亿美元增到 2002 年的 316 亿美元,平均年增长率为 11% 以上,是全球经济增长速度的 3~4 倍。更由于 IT 技术和相关技术产业的发展,近年来仪器仪表技术的发展也出现了一些引人注目的特点。

1. 测量技术指标的不断提高

仪器仪表技术指标的提高不仅仅体现在精度上,也体现在测量的范围、速度、可靠性及稳定性等方面。新型传感器的发明、各种先进的数字信号处理技术的应用、新的设计哲理、新材料和新工艺的使用都促进了全新概念的仪器仪表的发展。数字技术的发展打破了传统的模拟仪器一统天下的局面,出现了半数字化和全数字化仪器,从而也将仪器的精度、分辨率和测量速度提高了好几个量级。以工业测量仪器为例,工业参数的测量精度普遍提高到 0.02% 以上。仪器仪表测量和控制的范围也大幅度提高,如电压测量的范围从纳伏到 10^6 V,电阻范围从超导到 10^{14} Ω ,频率测量最高达 10^{10} Hz,压力测量最高到 10^8 Pa,温度范围则从接近绝对零度到 10^{10} °C 等。尺度的测量向着纳米测量发展,测量的灵敏度也达到纳米甚至亚纳米的量级。仪器的可靠性一般均在 2 万~5 万 h 以上,高的则能达到 25 万 h 以上,稳定性最高则能够达到仪器的年变精度 $<0.05\%$ 。

2. 高新技术和最新科技成果的大量采用

由于仪器仪表是人类用以认识客观实际和改造客观世界的工具,因此必然要及时地利用一切先进的科技成果和技术手段来不断地更新和发展这一工具,以不断地加深人类认识的尺度和深度。仪器仪表技术本来就是一门跨学科的边缘技术学科,因此许多新的技术领域成果,如计算机软硬件技术、激光技术、微纳米技术、网络技术、传感技术的成果,以及新的理论成果,如信息论、控制论、系统工程理论、宏观和微观领域的各种理论研究成果,均大量地、及时地,甚至经常是最先地被应用到仪器仪表科学技术领域中来。在此基础上,结合仪器仪表技术的新设计概念、新的材料和工艺技术的应用,使现代仪器仪表技术得到了迅猛的发展。如利用高温超导量子干涉理论开发出的计量仪器、地质仪器、化学分析仪器、医疗仪器等,利用光学椭圆偏振技术、光纤技术和近场光学技术开发出检测表面精细结构和材料种类的仪器,利用微纳米技术新原理开发出纳米量级的位移检测装置,各类新型传感器和执行器等。

3. 仪器仪表的微型化、智能化、功能化和固体化

微电子技术和微纳米技术的发展使得仪器仪表不断微型化,微型化不仅是仪器尺寸上的缩小,更体现在仪器的集成化程度和功能的增加。这方面微机电系统(micro electro mechanical system, MEMS)技术的发展便是一个明证。出现了集传感、检测、信号处理和执行等功能为一体的微系统器件,即各种 MEMS 器件,如微泵、微喷、微流量控制芯片、微生物芯片,甚至芯片实验室等大量涌现,使得仪器仪表的发展呈现一个崭新的前景。计算机技术的发展,包括数字信号处理(DSP)技术和芯片的应用加强了仪器数字信号处理的能力,结合新的物理学效应和原理,出现了具有理解、分析、判断和控制等多种功能的智能化仪器。而仪器的智能化也体现了仪器的多功能化。许多原本要用多台仪器来实现的功能,现在可通过集成在一个芯片上的智能化仪器便可完成。如集成有测量温度和湿度以及显示和报警功能的 MEMS 温-湿度测量系统。又如在航天领域,出现了质量仅为几千克的小卫星、微星,甚至纳星。这些卫星体积小、重量轻,但其执行的功能在某种程度丝毫

也不亚于普通的卫星。

仪器仪表的固体化也体现在原本为分离式的仪器仪表系统,现在可集成在一块芯片上,做成一个封装的系统。这样做不仅缩小了体积,也相应地提高了固体化仪器仪表的功能和抗干扰能力。

4. 仪器仪表工作方式的立体化、系统化和网络化

新技术的应用,尤其是 Internet 和 Intranet 技术、现场总线技术、图像处理和传输技术以及自动化控制技术的发展和运用,使得现代仪器仪表不断地朝着立体化、系统化和网络化的工作模式发展。所谓立体化,从小的方面来说,是指单个仪器仪表不仅仅只能测量处理一维的信息,而是能同时处理二维,甚至三维的信息。从大的方面来说,立体化是指将一系列的传感器或仪器进行空间配置,通过计算机和数据传输技术,实施对一个大型的工业装置、工业控制过程的立体化和网络化监测。如一个大型的水力发电站要监测水电站大坝的安全运行状态,需要布置和监控的传感器就达数千个。各发电机组的状态及大坝水位状态的信息均要通过众多的测控点来加以传输和处理,数据点甚至逾万个。借助于网络技术的应用,可将不同地点的不同仪器仪表联系在一起,实施网络化测量、数据的传输与共享、故障的网上诊断以及技术的网络化培训等。近年来出现的虚拟仪器技术是计算机技术和网络技术发展的产物。在“软件即仪器”的概念下,一台仪器不再是传统意义上的仪器,而是通过计算机软件来实现原本仪器所能实施的测控功能。结合网络技术,虚拟仪器具有更大的灵活性。虚拟仪器的出现使得仪器科学技术进入了一个新的发展阶段。

5. 便携式和具有个性化仪器仪表的发展

仪器仪表技术的发展使仪器仪表不断地渗透到人们日常生活的各个领域。为适应现代生活的需要,迎合人们对生活质量和身体健康水平提高的要求,这些领域的仪器仪表也不断地朝着便携和个性化的方面发展。从各类测检商品、食品质量的仪器,到日常的信息传递、交通以及防病治病的仪器,仪器仪表可以说是种类繁多。拿人们日常使用的手机来说,已经有了集通话、信息传递和拍摄图片等功能于一身的多功能手机。又如数码照相机也普遍具有拍摄和录像的功能。再如一些利用声、光、电控制的家用医疗护理辅助仪器等,无一不体现了仪器的便携性、灵活性和个性化的特色。未来仪器仪表在这方面的发展还十分广阔,市场前景十分诱人。

我国的仪器仪表产业经过几十年的建设和发展已形成了一个产品门类品种较齐全,具有较大的生产规模和开发能力的产业体系。我国已成为亚洲除日本外第二大仪器仪表生产国家。“九五”以来,尤其是近几年来,我国仪器仪表产业的发展势头很好。行业的工业总产值和销售收入年平均增长均超过 12%,2003 年与 2002 年同比增长达 26.2% 和 25.4%。涌现了一批有国际竞争力的先进产品。仪器仪表产品进出口贸易迅速增长,2003 年进出口总额达 121 亿美元,出口 29.5 亿美元,与 2002 年同比增长 52.6%。出口产品已不单单是技术含量较低的仪器仪表,而是包括了高技术含量的一些工控系统和精密科学仪器,如微型电动色谱系统、微波等离子体炬光谱仪等。此外,我国的仪器仪表企

业体制也发生了很大的变化。三资企业和民营企业的迅速发展给我国仪器仪表业的发展注入了新的动力,已成为产业的主体。2003年,三资企业销售收入已占全行业的40%以上。

尽管我国的仪器仪表技术和工业取得了很大的发展,但还远远不能满足国民经济、科研、国防建设和人民日常生活的需要。我国的仪器仪表产品大部分还属中、低档产品,技术水平也仅相当于国外发达国家20世纪90年代初中期水平,而高档产品还大多依赖进口。2003年我国仪器仪表产品进口额达91.5亿美元,相当于国内全行业总产值的73%,除去出口,我国国产仪器仪表产品仅占国内市场的51.4%份额,缺口高达一半。

仪器仪表产品方面的差距主要表现在:①产品的可靠性差,对基础技术和工艺的研究不够;②产品的性能落后,精度一般要差于国外同类产品一个数量级;③产品的自动化程度低,尤其在医药行业,许多产品尚停留在初级的手工操作阶段;④产品更新周期慢,这跟企业的科研力量差有关。此外还有如行业规模小、劳动生产率低、技术研发投资不足等差距。因此要赶上世界发达国家的水平,我国的仪器仪表业尚有一段较长的路要走。这也是摆在每个仪器仪表工程技术人员面前的迫切任务。

1.3 现代仪器仪表系统的基本结构与组成

仪器仪表测量系统的结构可用图1-1所示的框图来表达。

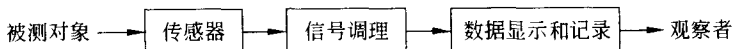


图 1-1 仪器仪表测量系统的结构框图

传感器是测试系统中的第一个环节,用于从被测对象获取信息或能量,并将其转换为适合测量的变量或信号。如在测量物体受力时,采用弹簧秤,其中的弹簧便是一个传感器或称敏感元件,它将物体所受的力转换成弹簧的变形——位移量。又如在测量物体的温度变化时,采用水银温度计作传感器,将热量或温度的变化转换为汞柱亦即位移的变化。同样,可采用热敏电阻来测温,此时温度的变化被转换为电参数——电阻率的变化。再如在测量物体振动时,采用磁电式传感器,将物体振动的位移或振动速度通过电磁感应原理转换成电压变化量。由此可见,对于不同的被测物理量要采用不同的传感器,由此所依据的构成传感器作用原理的物理效应也是千差万别的。对于一个测量任务来说,第一步便是能够(有效地)从被测对象来取得能用于测量的信息,因此传感器在整个测量系统中的作用是十分重要的。

信号调理部分是对从传感器所输出的信号做进一步的加工和处理,包括对信号的转换、放大、滤波、储存、重放和一些专门的信号处理。这是因为从传感器输出的信号往往除了有用信号外还夹杂各种有害的干扰和噪声,因此在进行进一步处理之前必须要将干扰和噪声去除掉。另外,传感器的输出信号往往具有光、机、电等多种形式,而对信号的后续处理往往都采取电的方式和手段,因而有时必须对传感器的输出信号进行进一步的转换,转换为适合电路处理的电信号,其中也包括信号的放大。通过信号调理部分的处理,最终

希望获得能便于传输、显示和记录以及可进行进一步后续处理的信号。

显示和记录部分是将经信号调理部分处理过的信号用便于人们观察和分析的对象和手段进行记录或显示。

以上三个方框中的功能都是通过传感器和不同的测量仪器和装置来实现的,它们构成了一个仪器仪表系统的核心部分。但是,被测对象和观察者也是仪器仪表系统的组成部分,它们同传感器、信号调理部分以及数据显示和记录部分一起构成了一个完整的测试系统。这是因为在用传感器从被测对象获取信号时,被测对象通过不同的连接或耦合方式也对传感器产生了影响和作用。同样地,观察者通过自身的行为和方式也直接或间接地影响着系统的传递特性。因此在评估一个测试系统的性能时必须也考虑这两个因素的影响。

一个仪器仪表系统是用来测量被测信号的,被测信号在经系统的加工和处理之后在系统的输出端以不同的形式被输出。系统的输出信号应该真实地反映原始被测信号,这样的测试过程称为精确测试或“不失真测试”,而这样的仪器仪表也称为精确的仪表。如何实现一个精确的或不失真的测试?系统各部分应具备什么样的条件才能实现上述目标?这正是在建造一个仪器仪表系统时必须解决的主要问题。

图 1-2 为一个接收物体振动信号的测试系统结构框图,图中被测的物理量假设为一物体的简谐振动,其振动的位移为 x ,频率为 f_x 。采用位移传感器将该振动信号转换为毫伏量级的电压信号。但同时该传感器也敏感到邻近设备的高频干扰信号,该信号叠加到有用信号上。采用放大器将上述信号放大到足以方便计算机进行记录和处理的电平(比如图 1-2 中的放大器增益为 100)。同时为了去除不希望的干扰噪声信号,在放大之后设置了一级低通滤波器。经过滤波后的信号再传送给计算机进行记录或显示。在上述的测试系统中,放大器和低通滤波器组成了系统的信号调理部分,而计算机则组成了系统的记录和显示部分。

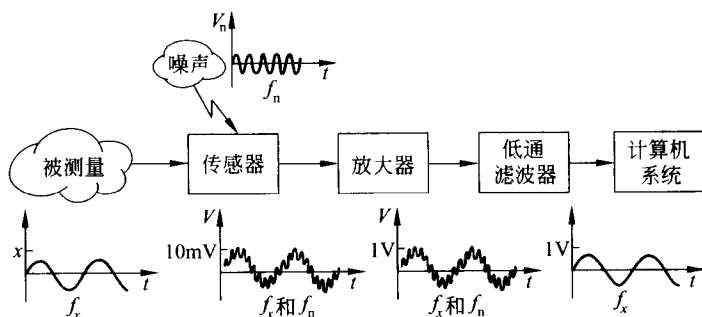


图 1-2 简谐振动信号测试系统结构框图

对于不同的被测参量,仪器或测量系统的构成及作用原理可以不同。另外,根据测试任务的复杂程度,一个仪器仪表系统也可以有简单和复杂之分。较复杂的系统可以像图 1-2 所示的系统那样,包括有数个功能部件;但有时候一个简单的系统可能仅包括传感器本身。系统中变化着的各种物理量,如力、位移、加速度、电压、电流、光强等称为信号。根据不同的作用原理,仪器仪表系统可以是机械的、电的、液压的等。尽管这些系统