



中国机械工程学科教程配套系列教材
教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

测试与传感技术

沈艳 郭兵 杨平 编著
巨辉 主审

中国机械工程学科教程研究组
China Mechanical Engineering Curricula
中国机械工程学科教程

清华大学出版社

清华大学出版社



中国机械工程学科教程配套系列教材
教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

测试与传感技术

沈艳 郭兵 杨平 编著
巨辉 主审

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以测试流程为主线,着重介绍测试系统的基本知识,内容主要包括测试系统的组成及基本特性、常用传感器以及一些新型传感器的原理及应用、信号变换与调理、信号分析与处理、现代测试技术以及测试技术在工程中的应用。

本书文字简练,条理清晰,列举大量的实例,避免了繁杂的数学推导,便于教学和自学。

本书可作为机械类、仪器仪表类、机电类等相关专业的教材,也可供高等学校相关专业教师和从事测试技术工作的工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

测试与传感技术/沈艳,郭兵,杨平编著.--北京:清华大学出版社,2011.2

(中国机械工程学科教程配套系列教材暨教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材)

ISBN 978-7-302-24524-7

I. ①测… II. ①沈… ②郭… ③杨… III. ①传感器-高等学校-教材 IV. ①TP212

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第007632号

责任编辑:庄红权

责任校对:王淑云

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:14.25

字 数:340千字

版 次:2011年2月第1版

印 次:2011年2月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:26.00元

我曾提出过高等工程教育边界再设计的想法,这个想法源于社会的反映。常听到工业界人士提出这样的话题:大学能否为他们进行人才的订单式培养。这种要求看似简单、直白,却反映了当前学校人才培养工作的一种尴尬:大学培养的人才还不是很适应企业的需求,或者说毕业生的知识结构还难以很快适应企业的工作。

当今世界,科技发展日新月异,业界需求千变万化。为了适应工业界和人才市场的这种需求,也即适应科技发展的需求,工程教学应该适时地进行某些调整或变化。一个专业的知识体系、一门课程的教学内容都需要不断变化,此乃客观规律。我所主张的边界再设计即是这种调整或变化的体现。边界再设计的内涵之一即课程体系及课程内容边界的再设计。

技术的快速进步,使得企业的工作内容有了很大变化。如从 20 世纪 90 年代以来,信息技术相继成为很多企业进一步发展的瓶颈,因此不少企业纷纷把信息化作为一项具有战略意义的工作。但是业界人士很快发现,在毕业生中很难找到这样的专门人才。计算机专业的学生并不熟悉企业信息化的内容、流程等,管理专业的学生不熟悉信息技术,工程专业的学生可能既不熟悉管理,也不熟悉信息技术。我们不难发现,制造业信息化其实就处在某些专业的边缘地带。那么对那些专业而言,其课程体系的边界是否要变?某些课程内容的边界是否有可能变?目前不少课程的内容不仅未跟上科学研究的发展,也未跟上技术的实际应用。极端情况甚至存在有些地方个别课程还在讲授已多年弃之不用的技术。若课程内容滞后于新技术的实际应用好多年,则是高等工程教育的落后甚至是悲哀。

课程体系的边界在哪里?某一门课程内容的边界又在哪里?这些实际上是业界或人才市场对高等工程教育提出的我们必须面对的问题。因此可以说,真正驱动工程教育边界再设计的是业界或人才市场,当然更重要的是大学如何主动响应业界的驱动。

当然,教育理想和社会需求是有矛盾的,对通才和专才的需求是有矛盾的。高等学校既不能丧失教育理想、丧失自己应有的价值观,又不能无视社会需求。明智的学校或教师都应该而且能够通过合适的边界再设计找到适合自己的平衡点。

我认为,长期以来,我们的高等教育其实是“以教师为中心”的。几乎所有的教育活动都是由教师设计或制订的。然而,更好的教育应该是“以学生

为中心”的,即充分挖掘、启发学生的潜能。尽管教材的编写完全是由教师完成的,但是真正好的教材需要教师在编写时怀有“以学生为中心”的教育理念。如此,方得以产生真正的“精品教材”。

教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会、中国机械工程学会与清华大学出版社合作编写、出版了《中国机械工程学科教程》,规划机械专业乃至相关课程的内容。但是“教程”绝不应该成为教师们编写教材的束缚。从适应科技和教育发展的需求而言,这项工作应该不是一时的,而是长期的;不是静止的,而是动态的。《中国机械工程学科教程》只是提供一个平台。我很高兴地看到,已经有多位教授努力地进行了探索,推出了新的、有创新思维的教材。希望有志于此的人士更多地利用这个平台,持续、有效地展开专业的、课程的边界再设计,使得我们的教学内容总能跟上技术的发展,使得我们培养的人才更能为社会所认可,为业界所欢迎。

是以为序。



2009年7月

前 言

PREFACE

以社会市场对人才的需求为导向,实际工程为背景,工程技术为主线,紧跟测控领域的最新发展趋势,以培养具有理论基础扎实和工程实践能力强的人才为目标,在贯彻“拓宽学科基础”、“夯实专业基础”以及“理论与实践紧密结合”的原则下,作者总结了多年的教学经验,参考了国内外有关书籍和文献,编写了本教材。本教材收录了一定数量的工程实例以及运用 Matlab 软件研究测试的方法,在内容编排上力求精练严谨、循序渐进,在叙述方法上,力求深入浅出、突出重点,便于读者更好地掌握本课程的基本理论和学习方法。

本书按照典型的测试系统所完成的测试过程安排内容,共 7 章,第 1 章简要介绍测试技术与传感器技术的适用范围及发展趋势;第 2 章讨论测试系统的基本特性;第 3 章介绍常用传感器以及一些新型传感器的原理及应用;第 4 章介绍信号的变换及调理;第 5 章介绍信号的分析与处理;第 6 章介绍现代测试技术;第 7 章介绍了振动、温度和噪声的具体测试方法以及测量系统的方案选择与调试,此章可以看作是测试与传感器技术基础知识的应用举例。

本书由沈艳编写第 2、3、4、5 章和 7.1 节、7.2 节,郭兵编写第 6 章,杨平编写第 1 章、7.3 节、7.4 节及附录,由沈艳统稿。本书由巨辉教授主审,他仔细审阅了书稿,提出了许多建设性意见和宝贵的建议,在此向他表示诚挚的谢意!

本教材在编写过程中,得到了古天祥教授、姚伯威教授、习友宝教授、陈亮老师、梁巍老师的指导和帮助,为本书提出了很好的建议。同时,本书吸取了许多兄弟院校测试与传感技术教材的优点,得到了许多老师的帮助,在此致以衷心的感谢!

限于编者水平,书中难免存在错误与不妥之处,殷切希望广大读者及同行批评指正。

编 者

2010 年 12 月

目 录

CONTENTS

第 1 章 绪论	1
1.1 测试的含义	1
1.2 测试基本原理及过程	2
1.3 测试技术的典型应用	3
1.4 测试技术的发展动向	4
1.5 课程的性质和任务	5
小结	6
习题	6
第 2 章 测试系统的基本特性	7
2.1 测试系统概述	7
2.2 测试系统的静态特性	9
2.3 测试系统的动态特性	13
2.3.1 传递函数	14
2.3.2 频率响应函数	14
2.3.3 脉冲响应函数	17
2.3.4 动态特性参数的测定	18
2.4 测试系统不失真测试条件及分析	22
2.4.1 不失真测试条件	22
2.4.2 不失真测试分析	23
2.5 Matlab 编程实验	25
小结	26
习题	26
第 3 章 传感器及其应用	28
3.1 概述	28
3.2 电阻传感器	30
3.2.1 电位器	30
3.2.2 电阻应变式传感器	31
3.2.3 热电阻式传感器	35

3.2.4	光敏电阻传感器	37
3.2.5	湿敏电阻传感器	38
3.2.6	气敏电阻传感器	38
3.3	电容传感器	39
3.3.1	电容传感器的工作原理和分类	39
3.3.2	电容传感器应用实例	42
3.4	电感传感器	43
3.4.1	自感式传感器	43
3.4.2	差动变压器式电感传感器	46
3.4.3	涡流式电感传感器	46
3.4.4	电感传感器应用实例	49
3.5	磁电传感器	50
3.5.1	动圈式磁电传感器	51
3.5.2	磁阻式磁电传感器	52
3.5.3	磁电传感器应用实例	52
3.6	压电传感器	54
3.6.1	压电效应	54
3.6.2	压电元件及其等效电路	56
3.6.3	压电传感器应用实例	60
3.7	光电传感器	61
3.7.1	光电效应	61
3.7.2	光电池	62
3.7.3	光敏二极管和光敏三极管	62
3.7.4	光电传感器应用实例	63
3.8	热电传感器	64
3.8.1	工作原理	65
3.8.2	基本定律	66
3.8.3	热电偶的冷端温度处理	67
3.8.4	热电偶应用实例	69
3.9	磁敏传感器	70
3.9.1	霍尔传感器	70
3.9.2	磁敏电阻传感器	71
3.9.3	磁敏传感器应用实例	72
3.10	其他新型传感器	73
3.10.1	光栅传感器	73
3.10.2	编码式传感器	79
3.10.3	CCD 传感器	81
3.10.4	光纤传感器	83
3.10.5	超声传感器	85

3.10.6 集成传感器及智能传感器	87
小结	88
习题	88
第4章 信号变换及调理	90
4.1 电桥	90
4.1.1 直流电桥	90
4.1.2 交流电桥	92
4.1.3 变压器式电桥	93
4.2 调制与解调	94
4.2.1 调幅与解调	95
4.2.2 调频与解调	101
4.3 滤波器	103
4.3.1 滤波器的分类	103
4.3.2 滤波器特性及参数	104
4.3.3 实际滤波器的应用	110
4.4 A/D 转换	114
4.4.1 采样	114
4.4.2 量化和量化误差	117
4.4.3 编码	119
4.4.4 常用 A/D 转换器转换原理	119
4.4.5 A/D 转换器主要技术指标	120
4.5 MATLAB 编程实验	121
小结	122
习题	123
第5章 信号分析与处理	124
5.1 信号的分类与描述	124
5.1.1 信号的分类	124
5.1.2 信号的描述	129
5.2 周期信号	130
5.2.1 周期信号的时域描述	130
5.2.2 周期信号的频域描述	130
5.2.3 周期信号的强度表述	137
5.3 非周期信号	138
5.3.1 非周期信号的时域描述	138
5.3.2 非周期信号的频域描述	139
5.4 随机信号	146
5.4.1 随机信号的主要特征参数	146

5.4.2	随机信号的强度特征·····	146
5.4.3	概率密度函数·····	147
5.4.4	随机信号的相关分析·····	148
5.4.5	随机信号的功率谱分析·····	154
5.5	数字信号处理基础·····	159
5.5.1	截断、泄漏和窗函数·····	159
5.5.2	快速傅里叶变换·····	163
5.6	MATLAB 编程实验·····	170
小结	·····	172
习题	·····	172
第 6 章	现代测试技术 ·····	174
6.1	概述·····	174
6.2	现代测试系统的概念和特点·····	174
6.3	测试总线与接口技术·····	177
6.4	虚拟仪器·····	179
6.4.1	虚拟仪器的特点·····	179
6.4.2	虚拟仪器的组成·····	180
6.4.3	虚拟仪器开发平台·····	183
6.4.4	虚拟仪器的应用·····	184
小结	·····	186
习题	·····	186
第 7 章	测试技术在工程中的应用 ·····	187
7.1	振动测试·····	187
7.2	温度测试·····	195
7.3	噪声测试·····	198
7.4	测量系统的选择与调试·····	202
小结	·····	209
习题	·····	209
附录	常见信号分析 ·····	210
参考文献	·····	213

绪 论

社会的发展是基于人类对客观世界的不断认识,测试则是人类认识客观世界的主要方法,是进行各种科学实验研究和生产过程参数检测等必不可少的手段,是实验科学的一部分。通过测试,可以揭示事物的内在联系和发展规律,从而利用它和改造它,推动科学技术的发展。著名科学家钱学森院士明确指出:“信息技术包括测试技术、计算机技术和通信技术。测试技术对信息进行采集和处理,是信息技术的源头,是关键中的关键。”

1.1 测试的含义

测试技术是一项综合运用了多种学科知识的学科,特别是现代测试技术,几乎应用了所有近代新技术和新理论。从广义的角度讲,测试工作的范围涉及试验设计、模型理论、传感器、信号加工与处理、控制工程、系统辨识、参数估计等诸多学科的内容;从狭义的角度讲,测试的目的就是借助专门设备,通过合适的试验和必要的数据处理,从研究对象中获取有用的信息,而信息蕴涵于信号之中。因此,测试就是对信号的获取、加工、处理、显示记录及分析的过程。“测试与传感技术”课程主要从狭义的角度来介绍测试的原理和工作过程。

所谓测试泛指测量和试验两个方面的技术,是具有试验性质的测量,是测量和试验的综合。

测量是指一个被测量与一个预定标准之间进行定量比较,从而获得被测对象的数值结果,即以确定被测对象的量值为目的的全部操作。测量分为直接比较法和间接比较法。

直接比较法无须经过函数关系的计算,直接通过测量仪器得到被测量值。如图 1.1 所示,为了确定被测物体的质量(被测量),通过被测量与预定标准(砝码)之间的定量比较,得到被测物体的质量。间接比较法利用仪器仪表把待测物理量的变化变换成与之保持已知函数关系的另一种物理量的变化。如图 1.2 所示的弹簧秤,是通过度盘完成质量的间接测量。

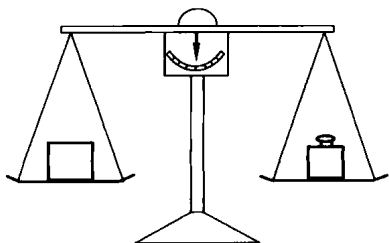


图 1.1 直接比较测量法

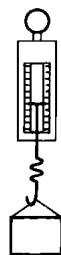


图 1.2 间接比较测量法

试验是对被研究的对象或系统进行试验性研究的过程。通常是将被研究对象或系统置于某种特定的或人为构建的环境条件下,通过试验数据来探讨被研究对象的性能的过程。例如,座椅处的加速度是衡量乘坐舒适性的指标之一,汽车乘坐舒适性的台架试验如图 1.3 所示。座椅的加速度由置于座椅处的加速度计测量,液压振动台则提供汽车在颠簸道路上行驶的状态模拟,测量得到的加速度的试验数据反映了汽车乘坐舒适性的一个指标。

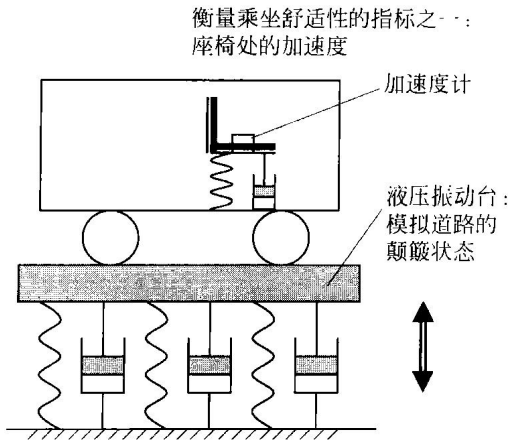


图 1.3 试验与测量的关系

例如,为了解周边工厂的设备噪声对生活区环境的影响,人们可用声级计实测生活区的噪声,这是对环境噪声的测量;为了进一步了解噪声的传播途径、确定周边的哪些设备对生活区的环境噪声贡献最大,或需要提出降噪措施,则要以试验的方式,安排设备的运行顺序和工况,在设备与生活区之间布置更多的振动和噪声测点,并对所测的信号进行深入的分析,如频谱分析、相关分析,得到较客观的认识,这称为测试。

综上所述,测量是被动的、静态的、较孤立的记录性操作,其重要性在于它提供了系统所要求的和实际所取得的结果之间的一种比较;测试是主动的、涉及过程动态的、系统的记录与分析的操作,通过试验得到的试验数据成为研究对象的重要依据。

综上所述,测量是被动的、静态的、较孤立的记录性操作,其重要性在于它提供了系统所要求的和实际所取得的结果之间的一种比较;测试是主动的、涉及过程动态的、系统的记录与分析的操作,通过试验得到的试验数据成为研究对象的重要依据。

1.2 测试基本原理及过程

在工程测试中,要测试的信号往往是一些非电量的物理量,如位移、速度、加速度、力、力矩、功率、压力、流量、温度、重量、振动、噪声等。工程中普遍使用的测量方法是电测法,即将非电量先转换为电量,然后用各种电测仪表和装置乃至计算机对电信号进行处理和分析。电量分为电能量和电参量,如电流、电压、电场强度和电功率属于电能量;电阻、电容、电感、频率、相位属于电参量。由于电参量不具有能量,在测试过程中还要将其进一步转换为电能量。电测法具有测试范围广、精度高、灵敏度高、响应速度快等优点,特别适于动态测试。一个典型非电量电测法测量过程如图 1.4 所示。

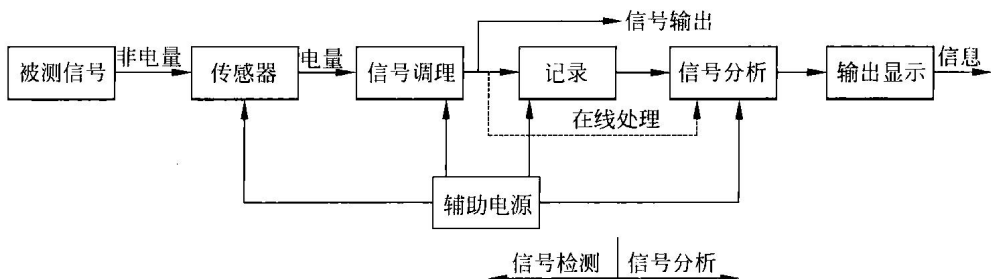


图 1.4 典型非电量电测法测量过程

由图 1.4 可知,传感器是测试系统的第一个环节,其主要作用是感知被测的非电量(如压力、加速度、温度等),并将其转换为电量。传感器输出的电信号经过信号调理电路(中间变换装置)加工处理,例如衰减、放大、调制与解调、滤波和数字化处理等,其输出的测量结果是被测信号的真实记录。被测量的变化过程,可以用示波器、记录仪、屏幕显示器、打印机等输出装置显示和记录,也可以用磁记录仪存储被测信号,以便反复使用。至此,测试系统完成信号检测的任务。如果要从这些客观记录的信号中,找出反映被测对象的本质规律,必须对信号进行分析和处理,从中提取有用的信息,如频谱信息、相关分析等,因此,信号分析是测试系统更为重要的一个环节。将调理电路输出的信号直接送到信号分析设备中进行处理,称为“在线处理”,并以数据或图像的形式通过输出显示装置进行显示。

1.3 测试技术的典型应用

在工程技术领域,工程研究、产品开发、生产监督、质量控制和性能试验等,都离不开测试技术。以下介绍测试技术的几个典型的应用。

1. 产品质量测量

在汽车、机床等设备和电机、发动机等零部件出厂时,必须对其性能质量进行测量和检验。图 1.5 是汽车制造厂发动机测试系统原理框图,发动机测量参数包括润滑油温度、冷却水温度、润滑油压力、燃油压力以及每分钟的转速等。通过对抽取的发动机进行彻底的测试,工程师可以了解产品的质量。

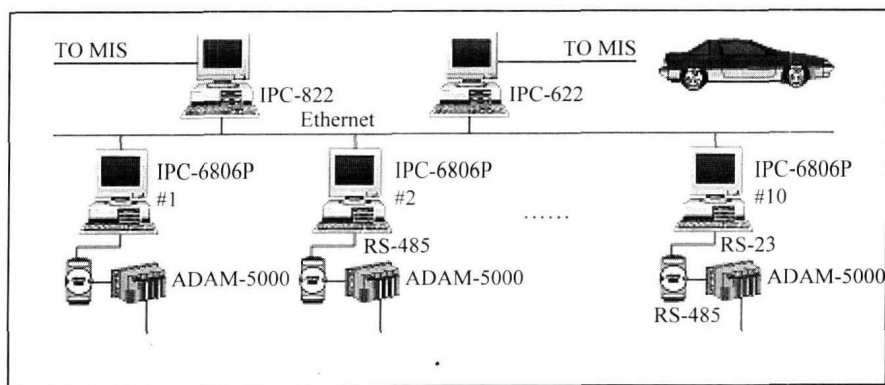


图 1.5 汽车制造厂发动机测试系统原理框图

2. 设备运行状态监控系统

在电力、冶金、石化、化工等众多行业中,某些关键设备的工作状态关系到整个生产线正常流程,如:汽轮机、燃气轮机、水轮机、发电机、电机、压缩机、风机、泵、变速箱等。对这些关键设备运行状态实施 24 h 实时动态监测,可以及时、准确地掌握其变化趋势,为工程技术人员提供详细、全面的机组信息,是实现设备事后维修或定期维修向预测维修转变的基础。

3. 家电产品中的传感器

在家电产品设计中,人们大量应用传感器和测试技术来提高产品的性能和质量。例如全自动洗衣机以人们洗衣操作的经验作为模糊控制的依据,采用多种传感器将洗衣状态信息检测出来,并将这些信息送到微电脑中,经微电脑处理后,选择出最佳的洗涤参数,对洗衣全过程进行自动控制,达到最佳的洗涤效果。

4. 楼宇自动化

楼宇自动化系统,或称建筑物自动化系统是将建筑物(或建筑群)内的消防、安全、防盗、电力系统、照明、空调、卫生、给排水、电梯等设备以集中监视、控制和管理为目的而构成的一个综合系统,如图 1.6 所示。它的目的是使建筑物成为安全、健康、舒适、温馨的生活环境和高效的工作环境,并能保证系统运行的经济性和管理的智能化。

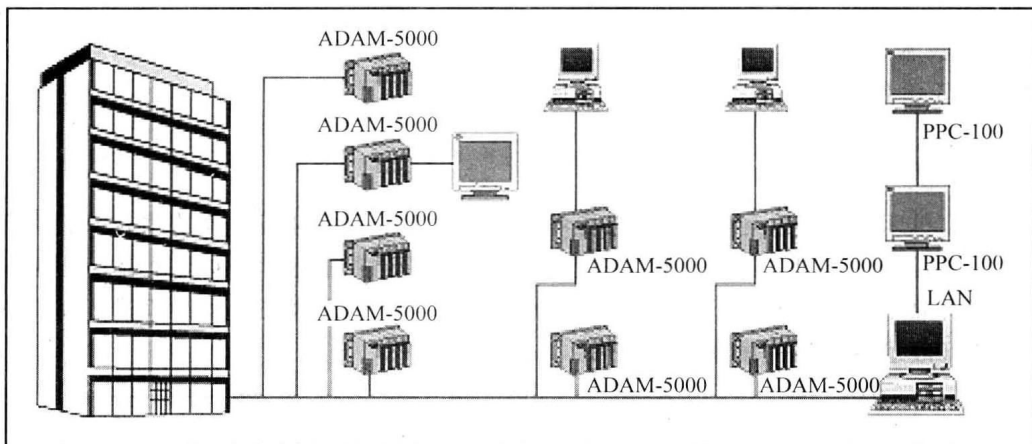


图 1.6 楼宇自动化系统

1.4 测试技术的发展动向

测试技术是随着现代技术的进步而发展起来的边缘学科,它总是从其他关联学科吸取营养而得以发展。科学技术的发展历史表明,一方面,科学上很多新的发现和突破都是以测试为基础的;另一方面,科学技术的发展和进步不断向测试技术提出新的要求,各学科领域的新成就为测试提供了新的方法和装备,推动测试技术的发展。

目前,综合国内外的动态,测试技术的发展趋势是在不断提高灵敏度、精度和可靠性的基础上,主要向小型化、非接触化、多功能化(多参数测量、测量和放大一体化)、智能化和网络化方向发展。

1. 传感器技术的发展

传感器是信息的源头,传感技术是测试技术的关键内容之一,当今传感器开发中有以下

两方面的发展趋势:

(1) 物理型传感器的开发。物理型传感器依据机敏材料本身的物性随被测量的变化来实现信号转换的装置。这类传感器的开发实质上是新材料的开发。目前,应用于传感器开发的机敏材料主要有声发射材料、电感材料、光纤及磁致伸缩材料、压电材料、形状记忆材料、电阻应变材料和 X 感光材料等。这些材料的开发,不仅使可测量大量增多,也使传感器集成化、微型化,甚至使高性能传感器的出现成为可能。总之,传感器正经历着从机构型为主向以物性型为主的转变。

(2) 集成化、智能化传感器的开发。随着微电子学、微细加工技术的发展,出现了多种形式集成化的传感器。这类传感器将测量电路、微处理器与传感器集成一体,具有智能化功能。同时,多种不同功能的敏感元件集成一体,成为可同时进行多种参数测量的传感器。

2. 多功能化、网络化仪器系统

测试技术与计算机的深层次结合,产生了全新的测试仪器概念和结构。虚拟仪器就是在此背景下开发出的新一代仪器,即在以计算机为核心组成的硬件平台上,调用不同的测试软件就可构成不同的虚拟仪器,完成不同功能的测试任务,可方便地将多种测试功能集成一体,实现多功能仪器,从而有效增加测试系统的柔性,降低测量工作的成本,达到不同层次、不同目标的测试。随着网络技术的普及和发展,当测试仪器系统进一步实现网络化后,不但可实现对测试系统的远程操作与控制,而且还可以把测试结果通过网络显示在 Web 浏览器中,以实现测试系统资源和数据的共享,仪器资源得到很大的延伸,其性价比将获得更大的提高。

3. 新型信息处理技术

新型信息处理技术是解决测量过程中信息获取的方法,在现代测试技术中得到有效的应用。例如,多传感器融合技术,由于多传感器是以不同的方法、从不同的角度获取信息的,因此可以通过它们之间的信息融合去伪存真,提高测量信息的准确性。

1.5 课程的性质和任务

“测试与传感技术”课程是一门专业技术基础课。通过本课程的学习,培养学生合理选用测试仪器、配置测试系统并初步掌握进行动态测试所需要的基本知识和技能,为进一步学习、研究和处理工程技术问题打下基础。

学生在学完本课程后应具有以下知识和技能:

(1) 对工程测试工作有一个比较完整的概念和思路,对工程测试系统及其各个环节有一个比较清晰的认识,掌握测试系统基本特性的评价方法和不失真测试条件,并能正确地进行测试系统的分析和选择。掌握一、二阶系统的动态特性及其测定方法。

(2) 了解常用传感器,并能进行较合理地选用。

(3) 掌握信号调理方法的原理及应用。

(4) 掌握信号的时域和频域的描述方法,形成明确的信号频谱结构的概念;掌握谱分析

和相关分析的基本原理和方法;掌握数字信号分析中一些最基本的概念和方法。

(5) 能初步进行工程中某些参数的测试,具有设计测试方案、分析和处理测试信号的能力。

本课程具有很强的实践性,在学习过程中应该密切联系实际、注意物理概念、加强试验,只有这样才能真正掌握有关理论,初步具有处理实际测试工作的能力。

小 结

人类从事的社会生产、经济交往和科学研究活动是与测试技术息息相关的。许多新的科学发现与技术发明往往是以测试技术的发展为基础的,因此,测试技术能达到的水平,在很大程度上决定了科学技术的发展水平。测试工作是一件非常复杂的工作,需要多种科学知识的综合运用。本章主要内容:

- (1) 测试的含义。测试是具有试验性质的测量,是测量和试验的综合。
- (2) 非电量电测法工作过程。
- (3) 测试技术的发展动态。



习题

1. 举例说明什么是测试。
2. 测试技术的发展动态是什么?
3. 分析计算机技术的发展对测试技术发展的作用。
4. 分析说明信号检测与信号处理的相互关系。

测试系统的基本特性

为了获得被测对象的有关信息,在整个测试过程中需要借助专门的装置和仪器,通过合适的测试手段和必要的数学处理方法,获得被测对象的相关信息。因此,建立测试系统的概念并掌握测试系统的基本特性,对于正确描述或反映被测的物理量,从测试结果中正确评价研究对象的特性,正确选用测试系统以及提高测试系统的准确性尤为重要。

本章将围绕测试结果能否真实反映被测信号这一测试中的重要问题,探讨测试系统的输入、测试系统的特性和输出三者的关系,测试系统静态、动态特性以及不失真测试条件。

2.1 测试系统概述

1. 测试系统基本概念

所谓测试系统是指为完成某种物理量的测量而由具有某一种或多种变换特性的物理装置构成的总体。

根据测试的内容、目的和要求等不同,测试系统的组成可能会有很大差别。例如,简单的温度测试装置只需要一个液柱式温度计,如图 2.1 所示;而图 2.2 所示的轴承振动信号的测量系统要复杂得多,测量系统中传感器为振动加速度计,它将机床轴承振动信号转换为电信号,中间变换装置由带通滤波器、A/D 变换和计算机中的 FFT 分析软件 3 部分组成。带通滤波器用于滤除传感器测量信号中的高、低频干扰信号和对信号进行放大;A/D 信号采集卡对放大后的测量信号进行采样,将其转换为数字信号;FFT 分析软件则对转换后的数字信号进行 FFT 变换,计算出信号的频谱,最后由计算机显示器对频谱进行显示。

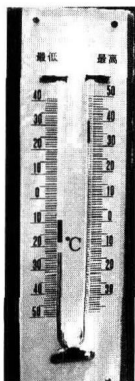


图 2.1 液柱式温度计

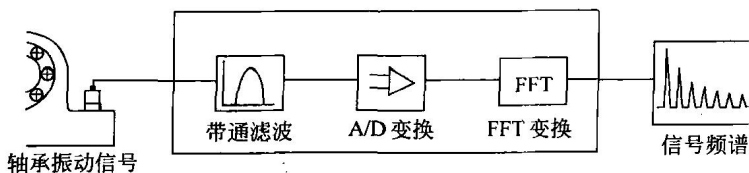


图 2.2 轴承振动信号的测试系统