

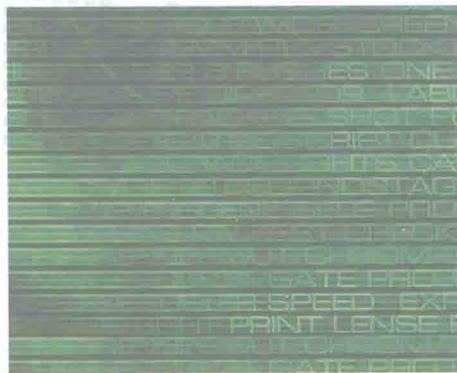


远程教育“十二五”规划教材

传感器与测试技术

CHUANGGANQI YU CESHI JISHU

王明赞 张洪亭 编



东北大学出版社
Northeastern University Press

传感器与测试技术

王明赞 张洪亭 编

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

©王明赞 张洪亭 2014

图书在版编目 (CIP) 数据

传感器与测试技术 / 王明赞, 张洪亭编. — 沈阳: 东北大学出版社, 2014. 2
ISBN 978-7-5517-0485-4

I. ①传… II. ①王… ②张… III. 传感器—测试技术 IV. ①TP212. 06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 029531 号

内容简介

本书较系统地介绍了传感器与测试技术的基本理论与方法。基础部分包括传感器与测试技术的基础知识、测试系统基本特性、测量误差的分析与处理, 信号的调理与显示记录装置、计算机数据采集与分析系统, 信号的分析 and 处理; 传感器部分包括位移、应变和力、机械振动、噪声、温度和压力、流量、流速和液位等流体参数测试的传感器。为了帮助读者掌握所学内容, 各章均设有有一定数量的习题。

本书可作为高等学校本科机械类各专业传感器与测试技术课程的教材, 也可作为自动控制、仪器仪表类专业有关传感器与测试技术课程的教材。同时, 对于工厂、研究院以及其他从事机械工程性能试验和机电一体化产品设计、开发的工程技术人员, 也具有参考价值。

出版者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110819

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress. com

http: // www. neupress. com

印刷者: 沈阳航空发动机研究所印刷厂

发行者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm×260mm

印 张: 18

字 数: 466 千字

出版时间: 2014 年 2 月第 1 版

印刷时间: 2014 年 2 月第 1 次印刷

责任编辑: 孙 锋 责任校对: 辛 思

封面设计: 刘江旻 责任出版: 唐敏志

ISBN 978-7-5517-0485-4

定 价: 34.00 元

远程教育“十二五”规划教材建设指导委员会

主 任 姜茂发

常务副主任 卢俊杰 刘常升

委 员 (以姓氏笔画为序)

于天彪 马 明 吕文慧 孙新波

巩亚东 宋叔尼 李鸿儒 李 晶

杜宝贵 陈国秋 周成利 赵 文

徐文清 栗 志 黄卫祖 蒋 敏

总 序

2010年，党中央、国务院召开了新世纪第一次全国教育工作会议，发布了《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020年）》。纲要中明确指出：“加快发展继续教育。更新继续教育观念，加大投入力度，加快各类学习型组织建设，基本形成全民学习、终身学习的学习型社会。”“大力发展现代远程教育……为学习者提供方便、灵活、个性化的学习条件。”指明了教育事业科学发展的方向，描绘了教育改革发展的宏伟蓝图。

2012年6月，教育部颁布《国家教育事业第十二个五年规划》，对我国未来五年继续教育体系建设做出了科学规划。强调要发挥现代信息技术在继续教育中的作用，把发展现代远程教育作为建设学习型社会的重要战略举措。

自教育部1999年3月批准现代远程教育第一批试点高校以来，已有68所高校开展远程教育的试点工作。到2010年底，远程教育在校本专科学生数达到453万人，占当年全国继续教育人数的35%（数据来源：教育部网站）。远程教育已经成为继续教育体系中的重要组成部分。

教材是与远程学习者关系最为密切的一个要素，是资源建设的一个重要组成部分。随着试点工作的不断深入，各高校在人才培养模式、资源建设、学习支持服务等方面开展了积极的探索与实践，远程教育教材建设工作越来越为各试点高校重视。开发建设适合远程教育学习的教材，直接影响学习者的学习成效，关系到远程教育的质量。

在十几年来远程教育试点工作经验基础上，针对远程教育的特点及学生的实际情况，我们开发了“远程教育‘十二五’规划教材”。在教材开发过程中，从教材建设指导委员会到每一位编著者，都对远程

教育的现状与特点做了认真研究；教材编著者都是远程教育的课程主讲教师，熟悉远程教育教学模式，了解学生实际情况及需求，保证了教材具有较强的先进性、针对性和实用性。

教材是远程教育资源的重要组成部分，教材建设工作是一项长期而艰巨的任务。符合远程教育实际，能够满足学生实际需求的教材，对于提高学生学习效率、构建学生自主学习环境具有重要意义。我们希望通过“远程教育‘十二五’规划教材”的建设工作，探索出一条教材建设工作的新思路、新方法，为我国远程教育事业的发展起到积极的推动作用。

(东北大学) 远程教育“十二五”规划教材建设指导委员会

2012年11月18日

前 言

随着现代科学技术的发展和进步，在大学中，传感器与测试技术课程教学的内容和方法也不断地改革，其重要性得到越来越广泛的认同。本书是根据机械类各专业传感器与测试技术课程的教学需要而编写的。在编写过程中，注意了选题的通用性。本书只是传感器与测试技术的概论，着重介绍了工程中常用的传感器与测试技术的基本理论及其应用。为适应当前科研及生产发展的需要，本书除对静态测量有一定的描述外，还着重介绍了动态测量系统、测试方法、信号分析与数据处理理论及其应用。传感器各章的编写特点是基本按照被测量参数分类，主要介绍它们的工作原理及应用，希望有助于传感器的比较和正确选择。光电和光纤传感器是较新型的传感器，在各种物理量的测量中得到越来越多的应用，为了说明它们涉及的光学原理，我们为光学量传感器单独设立一章，简单介绍光电和光纤传感器的典型应用。

全书共分 13 章，前 6 章为传感器与测试技术的基础部分，介绍传感器与测量系统的基础知识、测量系统的特性、测量误差的分析与处理、信号的调理与显示记录装置、计算机数据采集与分析系统、信号分析与处理；后 7 章介绍各种传感器及其在工程测试中的应用，包括常用位移传感器的变换原理、应变和力传感器的原理应用、机械振动传感器及其应用、噪声的测量、温度传感器、流体参数的测量和光学量传感器。本课程属于数理学科，必须通过足够的习题达到教学的基本要求，读者可参考与本书有关的习题集。书后给出部分计算类型习题的答案，书中一些名词术语后面标注了英语词汇，均供参考。尽管实验是本课程极其重要的环节，但受篇幅所限，本书未包括实验内容，请读者参考其他有关教材或参考书。

本书由东北大学王明赞和张洪亭编写，在编写过程中，参考和引用了国内和国际的现行标准文件、中文和外文的论文与著作等大量的参考文献，特此感谢这些参考文献的作者，书后未能一一列举，深表歉意。

感谢东北大学继续教育学院和东北大学出版社对本书出版的大力支持。

由于编者水平所限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2013 年 10 月

目 录

1 测量系统的基础知识	1
1.1 概 述	1
1.1.1 工程测试技术的基本任务	1
1.1.2 测量系统的组成	3
1.2 信号的描述和变换	4
1.2.1 信号的分类和描述	5
1.2.2 周期信号的频谱	9
1.2.3 非周期信号的频谱	12
1.2.4 傅里叶变换的常用性质	14
1.2.5 几种典型信号的频谱	16
1.3 测量误差和准确度	18
1.3.1 误差的分类及其定义	18
1.3.2 测量准确度	20
1.4 传感器的分类和命名法	20
1.4.1 传感器的分类	20
1.4.2 传感器命名法	21
习 题	22
2 测量系统的特性	23
2.1 测量系统的静态特性	23
2.1.1 系统性特性	23
2.1.2 统计性特性	26
2.1.3 静态校准	27
2.2 测量系统的动态特性	28
2.2.1 线性系统传输特性的数学描述	28
2.2.2 一阶系统和二阶系统的动态特性	31
2.2.3 测量系统对典型输入的响应	35
2.2.4 测量系统动态特性参数的测定	37
2.3 实现不失真测试的条件	40
2.4 传感器的负载效应和二端口网络	42
2.4.1 传感器的等效电路和负载误差	42
2.4.2 二端口网络	44
2.5 测量仪器的选择	45
2.5.1 传感器的选择和安装	46
2.5.2 放大器、电源和其他装置的选择	46
习 题	47

3 测量误差的分析与处理	48
3.1 系统误差.....	48
3.1.1 系统误差的分类.....	48
3.1.2 系统误差的修正.....	48
3.2 随机误差.....	49
3.2.1 随机误差的分布规律.....	49
3.2.2 随机误差的统计分析.....	51
3.3 测试数据的处理.....	55
3.3.1 可疑数据的取舍.....	55
3.3.2 最小二乘线性拟合.....	56
3.3.3 用数据变换做线性回归.....	58
3.4 测量结果的不确定度分析.....	58
3.4.1 间接测量不确定度的传递.....	58
3.4.2 不确定度中的系统不确定度和随机不确定度处理.....	59
3.4.3 测量实验最终结果的不确定度.....	63
习 题.....	65
4 信号的调理与显示记录装置	67
4.1 电 桥.....	67
4.1.1 概 述.....	67
4.1.2 直流电桥.....	67
4.1.3 交流电桥.....	70
4.2 信号的放大与衰减.....	71
4.2.1 信号放大器的主要特性.....	71
4.2.2 使用运算放大器的放大器.....	73
4.2.3 信号衰减.....	76
4.3 调制与解调.....	77
4.3.1 幅值调制与解调.....	77
4.3.2 频率调制与解调.....	78
4.4 滤波器.....	81
4.4.1 滤波器的分类.....	81
4.4.2 恒带宽比和恒带宽滤波器.....	86
4.5 信号的显示记录装置.....	87
4.5.1 指针式记录仪.....	87
4.5.2 数字显示原理.....	89
4.5.3 图像显示装置.....	90
4.5.4 数据采集系统.....	92
4.6 模拟信号的传输.....	92
4.6.1 低电平电压信号的传输.....	92
4.6.2 电流信号的传输.....	93

习 题	94
5 计算机数据采集与分析系统.....	96
5.1 数据采集与分析系统的构成.....	96
5.1.1 数据采集与分析系统的基本构成	96
5.1.2 虚拟仪器	97
5.2 信号数字化的基本原理.....	98
5.2.1 采样和采样定理	98
5.2.2 量化及量化误差.....	100
5.2.3 窗函数的选择.....	102
5.2.4 频域采样和栅栏效应.....	105
5.3 快速傅里叶变换原理	107
5.3.1 离散的傅里叶变换.....	107
5.3.2 傅里叶变换的快速算法(FFT)	108
5.3.3 FFT的逆变换(IFFT)	112
5.4 数据采集器件	112
5.4.1 数模(D/A)转换器.....	112
5.4.2 模数(A/D)转换器.....	113
习 题.....	116
6 信号的分析与处理	117
6.1 信号的时域分析	117
6.1.1 信号的时域统计参数.....	117
6.1.2 概率密度函数的应用.....	118
6.2 信号的相关分析	120
6.2.1 相关系数.....	120
6.2.2 自相关函数分析.....	121
6.2.3 互相关函数分析.....	123
6.2.4 互相关函数的工程应用.....	125
6.3 信号的频域分析	128
6.3.1 功率谱密度函数.....	128
6.3.2 功率谱的应用.....	130
6.3.3 相干函数.....	133
6.3.4 倒频谱分析及其应用.....	134
习 题.....	137
7 常用位移传感器的变换原理	138
7.1 电位器式位移传感器	138
7.2 电感式位移传感器	139
7.2.1 可变磁阻式位移传感器.....	140
7.2.2 LVDT 位移传感器	142

7.3 电容式位移传感器	143
7.3.1 电容式位移传感器的工作原理	143
7.3.2 电容传感器的特点	144
7.4 霍尔式位移传感器	145
7.4.1 霍尔效应	146
7.4.2 霍尔元件及其位移传感器	146
7.5 光栅式位移传感器	147
7.5.1 光栅式位移传感器的基本原理	147
7.5.2 光栅的光学系统	150
7.6 磁栅式位移传感器	151
7.6.1 磁尺和磁头	152
7.6.2 测量电路	153
7.7 激光干涉仪	154
7.7.1 激光干涉法测距原理	154
7.7.2 双频激光干涉仪	155
7.8 轴角编码器	156
7.8.1 光电轴角编码器的工作原理	156
7.8.2 循环码盘	157
7.9 厚度测量仪表	158
7.9.1 非接触式测厚仪	159
7.9.2 接触式测厚仪	160
习 题	161
8 应变和力传感器的原理与应用	162
8.1 电阻应变式传感器的工作原理	162
8.1.1 金属粘贴式电阻应变计	162
8.1.2 压阻式传感器	165
8.2 电阻应变计的应用	166
8.2.1 电阻应变计的工作特性及选择	166
8.2.2 电阻应变计的安装	169
8.3 应力测量	170
8.3.1 电阻应变仪	171
8.3.2 单向应力测量	171
8.3.3 平面应力状态下主应力的测量	175
8.4 常用力传感器	180
8.4.1 电阻应变式力传感器	180
8.4.2 压电式力传感器	184
8.4.3 压磁式力传感器	187
8.5 传动轴扭矩的测量	188
8.5.1 应变式扭矩测量	188
8.5.2 扭矩信号的传输	189

8.5.3 扭矩的校准	190
习 题	191
9 机械振动传感器及其应用	193
9.1 概 述	193
9.1.1 振动测试的内容与目的	193
9.1.2 机械振动的基本参数	193
9.1.3 常用振动传感器及其直接测量参数的选择	194
9.2 常用振动传感器	195
9.2.1 惯性式振动传感器的频率响应特性	195
9.2.2 涡流式位移传感器	197
9.2.3 磁电式速度传感器	200
9.2.4 压电式加速度传感器	202
9.2.5 TEDS 加速度计简介	204
9.2.6 接触式振动传感器的校准	205
9.3 常用测振放大器	206
9.3.1 电压放大器	206
9.3.2 电荷放大器	207
9.4 振动的激励与激振器	208
9.4.1 振动的激励	208
9.4.2 激振器	209
习 题	210
10 噪声的测量	212
10.1 空气中声和噪声的表示法	212
10.1.1 空气中声和噪声强弱的客观表示法	212
10.1.2 空气中声和噪声强弱的主观表示法	213
10.2 噪声的计算与分析方法	215
10.2.1 多声源的噪声强度	215
10.2.2 噪声的频谱分析	216
10.2.3 宽带噪声的响度	217
10.2.4 声级计的计权网络	218
10.2.5 噪声评价标准与等效 A 声级	219
10.3 噪声测量仪器	220
10.3.1 传声器	221
10.3.2 声级计	222
10.3.3 声校准器	222
习 题	223
11 温度传感器	224
11.1 温度标准与测量方式	224

11.1.1	温 标	224
11.1.2	温度测量方式	224
11.2	常用接触式温度传感器	225
11.2.1	常用温度传感器的类型	225
11.2.2	热电偶	225
11.2.3	电阻温度计	228
11.2.4	热敏电阻	229
11.2.5	双金属温度计	231
11.3	辐射式温度计	231
11.3.1	黑体辐射定律	231
11.3.2	光学高温计	233
11.3.3	辐射温度计	233
11.3.4	红外热像仪	234
11.4	温度测量误差的主要原因	235
11.4.1	温度传感器导致的测量误差	235
11.4.2	热传输引起的温度测量误差	235
	习 题	237
12	流体参数的测量	238
12.1	压力传感器	238
12.1.1	压力弹性元件和传感器	238
12.1.2	压力传感器的校准器	241
12.2	流量传感器	243
12.2.1	差压式流量计	243
12.2.2	阻力式流量计	245
12.2.3	涡轮流量计	246
12.2.4	容积式流量计	247
12.2.5	涡街流量计	248
12.2.6	超声流量计	249
12.2.7	质量流量计	249
12.3	流速测量仪表	251
12.3.1	皮托管流速计	251
12.3.2	热线和热膜风速计	252
12.3.3	激光多普勒速度计	254
12.4	液位测量仪表	256
12.4.1	浮力式液位计	256
12.4.2	差压式液位计	256
12.4.3	电容式液位传感器	257
12.4.4	超声波式液位计	257
12.4.5	称重法	258
	习 题	258

13 光学量传感器	259
13.1 光电传感器.....	259
13.1.1 光电效应	259
13.1.2 光电器件	260
13.1.3 光电传感器的应用	262
13.2 光纤传感器.....	262
13.2.1 光纤和光纤传感器的特点和分类	262
13.2.2 本征型光纤传感器	265
13.2.3 非本征型光纤传感器	267
习 题.....	268
部分习题参考答案	269
主要参考文献	271

1 测量系统的基础知识

1.1 概 述

1.1.1 工程测试技术的基本任务

(1) 工程测试技术的基本术语及定义

量(Quantity)是处处存在的,它是现象、物体或物质的特性,其大小可用一个数和一个参照对象表示。其中,参照对象可以是一个测量单位、测量程序、标准物质或其组合。量值(Quantity Value)是用数和参照对象一起表示的量的大小,例如,在给定杆轴向施加的拉力为102N。工程测试中的量有位移、速度、加速度,应力、应变、力和扭矩,固有频率、阻尼比和振型,温度,噪声,流体压力、流量、流速和液位等。与量的定义一致的值称为量的真值(True Quantity Value, True Value of Quantity),简称真值(True Quantity)。

当量值为时间的函数时,时间和量值均连续的量称为模拟量,时间和量值均离散的量称为数字量。

测量(Measurement)是通过实验获得并可赋予某量一个或多个量值的过程。测量的先决条件是对测量结果预期用途相适应的量的描述、测量程序和根据规定测量程序(包括测量条件)进行操作的经校准的测量系统。

实际上,基本测量过程就是被测量与测量标准的比较,如图 1.1 所示。测量标准(Measurement Standard, Etalon)是具有确定的量值和相关联的测量不确定度,实现给定量定义的参照对象,例如,具有标准测量不确定度 $3\mu\text{g}$ 的 1kg 质量测量标准。用于比较的测量标准必须与被测量特性相同,通常由法定或公认的机构或组织规定和定义,如中国国家标准化管理委员会、中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、国际标准化组织(International Organization for Standardization, ISO)等。按照度量衡等级,测量标准的分级层次为原始(一级)标准、二级标准和工作标准。一级标准的不确定度最好,工作标准的不确定度最差。工作标准用于对测量仪器或实体量具进行校准或检验的日常工作。工作标准应定期地与同种量的二级标准进行比较。

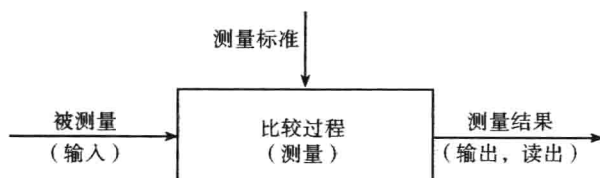


图 1.1 基本测量过程

被测量(Measurand)指拟测量的量。对被测量的说明要求了解量的种类,以及含有该量的现象、物体或物质状态的描述,包括有关成分及所涉及的化学实体。测量包括测量系统和实施测量的条件,它可能改变研究中的现象、物体或物质,使被测量的量可能不同于定义的被测

量。在这种情况下,需要进行必要的修正。在直接测量中不影响实际被测的量,但会影响示值与测量结果之间关系的量称为影响量(Influence Quantity),例如用安培计直接测量交流电流时的频率,不同频率下的示值可能不同。间接测量涉及各直接测量的合成,每项直接测量都可能受到影响量的影响。

测量结果(Measurement Result, Result of Measurement)是与其他有用的相关信息一起赋予被测量的一组量值。代表测量结果的量值称为测得的量值(Measured Quantity Value),又称量的测得值(Measured Value of Quantity),简称测得值(Measured Value)。对于不同情况,可以用不同的方式表述测得值,规定如下。

① 对重复示值的测量,每个示值可提供相应的测得值。用这一组独立的测得值可计算作为结果的测得值,如均值或中位值,通常它附有一个以减小了的与其相关联的测量不确定度。

② 当认为代表被测量的真值范围与测量不确定度相比小得多时,量的测得值可认为是实际唯一真值的估计值,通常是通过重复测量获得的各独立测得值的均值或中位值。

③ 当认为代表被测量的真值范围与测量不确定度相比不太小时,被测量的测得值通常是一组真值的均值或中位值的估计值。

(2) 工程测试的基本任务

测试技术(Technique of Measurement and Test)是测量和试验技术的结合,试验意指为了观察事物的结果或了解其性能而进行的尝试性工作,需要设计测量方案并对测量结果进行分析和处理,得出测试对象的相关信息。工程实验(Experimentation)是在工程上为了检验某种科学理论或假设而进行的某种操作或从事的某种活动,必须建立在测试技术的基础上。

测试技术随着科学技术水平的提高而不断发展和进步,同时是科学技术水平的重要标志。测试技术在科学研究和生产实践中具有极其重要的作用,工程测试的基本任务和作用如下。

① 通过实验,发现科学规律,验证科学理论。科学规律和科学理论必须通过实践的检验,检验过程离不开测试技术。辩证唯物论的认识论就是以实践、认识、再实践、再认识的形式,循环往复以至无穷,而实践和认识每一次循环之内容,都比较地进到了高一级的程度。

② 为产品设计和设备改造提供依据。在产品设计中,通过对新旧产品的模型试验或现场实测,为产品质量和性能提供客观的评价,为优化技术参数和提高效率提供基础数据。在设备改造中,为了挖掘设备的潜力,提高产量和质量,需要实测设备或零件的负荷、应力、工艺参数和电机参数,校验设备的强度和承载能力。

冶金、矿山、机械制造和生产过程中所使用的机械设备不仅运动规律及结构形状非常复杂,而且大多在重载、高温及粉尘等恶劣环境中工作。对这些生产机械及其组成部件的运动情况、强度及变形等问题的分析研究与设计计算,单靠理论分析的方法,很难得到可估结果,于是,必须以测试技术为手段,用实验研究的方法,对各种物理现象进行检测、分析和研究。实验研究是解决工程实际问题的有效途径。例如,为了确定轧钢机的真实负荷水平和应力状态,以便评价设备的可靠程度、改进工艺和提高设备的生产能力,需要测定轧制力、传动轴扭矩等;为了研究汽车的载荷谱和车架的疲劳强度,需要测定汽车的随机载荷和车架的应力分布;为了研究飞机零部件的可靠性和使用寿命,需要在试验场地进行风洞试验,对其强度、动负荷和发动机的有关参数进行严格的测试与分析;为了消除刀架系统的颤振,以保证机床的加工精度,必须测定机床的固有频率和机械阻抗等动态特性参数;板材轧机的颤振会使产品表面出现振纹,甚至损坏设备,为此,需要测量轧机的振动参数和工艺参数,分析振源,以便采取相应的措施。

③ 对环境和生产过程进行状态监测。例如,为了保障人民的健康,在环境监测过程中,通常需要测量污染物的种类和浓度,如空气中PM10和PM2.5的浓度等。设备过度的振动和噪声会严重地降低工作效率与损害人们的身体健康。因此,在工作和生活环境的净化及监测中,经常需要测量振动和噪声的强度及频谱,经过分析,采取相应的减振、防噪措施,改善劳动条件与工作环境。测试技术也用于设备的状态监测和故障诊断,以保证流程工业的正常生产、关键和重要设备的正常运行。例如,通过测试滚动轴承的滚珠通过内圈频率、滚珠通过外圈频率、滚珠自旋频率和轴承保持架损坏频率,诊断轴承相应零部件的故障。

④ 在工业自动化生产过程中,为了程序控制,进行状态参数的检测。生产流程的自动控制建立在工艺参数自动检测的基础上,例如,金属热处理炉温曲线的自动控制,必须实时、正确地检测炉温;粮食、化肥等散装物料的自动包装,必须准确地检测每袋物料的灌装重量或体积。通过对工艺参数的测试和数据采集,实现生产程序的自动控制和质量控制。

测试技术研究的主要内容包括测量原理、测量方法、测量系统和信号处理四个方面。

① 测量原理(Measurement Principle)指用作测量基础的现象。例如,用于应力测量的应变产生电阻变化的应变效应;用于振动加速度测量的压电晶体受力产生电荷量的压电效应;用于测量温度的热电效应。不同性质的被测对象可以用不同的原理测量,同一性质的被测对象也可用不同的原理测量。

② 测量方法(Measurement Method)是对测量过程中使用的操作所给出的逻辑性安排的一般性描述。根据测量任务的具体要求和现场实际情况,需要采用不同的测量方法,如替代测量法、微差测量法、零位测量法、直接测量法、间接测量法。

③ 测量系统(Measuring System)是一套组装的并适用于特定量在规定区间内给出测得值的一台或多台测量仪器,通常还包括其他装置,诸如试剂和电源。任何测量结果都存在误差,必须把误差限制在允许范围内。为了准确获得被测对象的信息,要求测试系统中每一个环节的输出量与输入量之间必须具有一一对应关系,并且其输出的变化在给定的误差范围内反映其输入的变化,即实现不失真的测试。系统的传输特性确定了输出与输入之间的关系,若通过理论分析或测试确定了其中两者的数学描述,则可以求出第三者的数学描述。所以,工程测试问题都可以归结为输入、输出和系统传输特性三者之间的关系问题。

④ 信号处理(Signal Processing)是使转换被测量所得的信号数字化,使数据通过指定函数关系的运算,把数字信号再转换为模拟信号等数字处理的技术。所谓数据(Data),即对物理量进行测量的采样值。通过去干扰、变换、分析、综合等信号处理方法,提取反映被测量变化本质的或感兴趣的信息,为分析者的判断和决策提供可靠的依据。

1.1.2 测量系统的组成

通用测量系统框图如图1.2所示,其中包括三个基本环节:传感器、信号调理器和终端输出器。测试对象的信息总是通过一定的物理量即信号表现出来。信号通过不同的系统或环节传输,流入时被称为输入(Input),流出时被称为输出(Output)。

(1) 传感器

传感器(Transducer)是将一种能量转换为另一种能量形式的装置,这种转换将输入能量所期望的特征在输出中表示出来。这个输出通常为电参数,因此,有时称传感器的应用为非电量电测技术。传感器包括敏感器和变换器两部分。敏感器可以把温度、压力、位移、振动、噪声