

高等学校教材

# 传感器与 测试技术

第2版

李晓莹 主编  
张新荣 任海果 副主编

高等教育出版社

高等学校教材

# 传感器与 测试技术

第2版

李晓莹 主 编  
张新荣 任海果 副主编  
李晓莹 张新荣 任海果  
刘笃喜 叶 芳 谢建兵  
王斌华 张 军 任 森 编 著  
申 强 贾恒信 顾海荣  
金伟清

高等教育出版社·北京

## 内容提要

本书是在第1版的基础上修订而成的。全书共分三篇17章,包括工程测试技术基础和传感器技术概论篇、常用传感器原理及应用篇、新型传感与检测技术篇,系统地介绍了工程测试技术和传感技术基础、常用传感器的原理及应用、微型传感器、智能传感器、生物传感器等新型传感器以及无线传感器网络、物联网技术等新型传感与检测技术的最新进展及新成果的应用。

本书体系完整,结构清晰,内容丰富,广深兼顾,以典型工程应用案例将理论与工程实际有机结合,实用性强。将知识拓展、图片、动画等素材以二维码展现,表现形式新颖,体现了体系新、内容新、方法新、手段新的教材特色。

本书可作为机械工程、测控技术及仪器、自动化、电子信息工程、电气工程及自动化、物联网工程等专业的教材或参考书,也可供其他专业的学生和相关领域的工程技术人员选用。

## 图书在版编目(CIP)数据

传感器与测试技术 / 李晓莹主编. --2版. --北京:高等教育出版社,2019.7

ISBN 978-7-04-051785-9

I.①传… II.①李… III.①传感器-测试技术-高等学校-教材 IV.①TP212.06

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第075302号

策划编辑 吴陈滨 责任编辑 孙琳 封面设计 王洋 版式设计 于婕  
插图绘制 于博 责任校对 陈杨 责任印制 田甜

出版发行 高等教育出版社  
社址 北京市西城区德外大街4号  
邮政编码 100120  
印刷 三河市华润印刷有限公司  
开本 787mm×1092mm 1/16  
印张 31.5  
字数 650千字  
购书热线 010-58581118  
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>  
<http://www.hepmall.com>  
<http://www.hepmall.cn>  
版 次 2004年11月第1版  
2019年7月第2版  
印 次 2019年7月第1次印刷  
定 价 53.00元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物料号 51785-00

《传感器与测试技术》于2004年11月首次出版,被国内多所高校选做教材,也被从事传感器和测试技术的工程技术人员作为参考书,已累计印刷15次,印数达41000多册。本书是在第1版基础上进行了系统修订、补充和完善,在修订过程中力求突出体系完整性和教学适用性,注重应用创新实践及最新技术发展等新技术、新成果的应用。

在第2版的修订中,教材的整体框架基本保持不变。修订内容包括:(1)对教学及使用过程中发现的问题进行了修订并完善;并对有关章节内容和结构进行了调整,如将光电式传感器、光纤传感器和图像传感器合并为一章、删去应用不多的核辐射传感器等。(2)兼顾近年来有关测试理论、方法和技术的最新进展及新成果的应用,增补了“固态压阻式传感器”“磁电感应式传感器”“微波传感器”“磁栅传感器”“智能传感器”“生物传感器”“无线传感器网络”“物联网技术”等相关内容,满足新的教学需要。(3)考虑到课程涉及学科面广,实践性强,在第二篇每一章中增加了“工程应用案例”,将理论与工程实际有机结合;同时,补充了较多的启发性思考题和应用性习题,培养学生的综合应用能力。

本次教材再版修订体现三个特色:一是每章由“本章要点提示”开始,给出教学目标,引领学生自主学习;二是知识拓展(阅读材料、图片、动画或视频等素材)以二维码形式展现,激发学生的求知欲望;三是“工程应用案例”密切结合科研项目,培养学生的工程实践应用和创新能力。

本书共分三篇17章,主要由李晓莹修订及统稿。其中,李晓莹编写第1~5章,第5章“工程应用案例”由贾恒信编写;任海果编写第6、7、11章,顾海荣参与第11章修订;张新荣编写第8、9、10章,其中“工程应用案例”由张军编写;刘笃喜编写第12、13、17章,其中“磁栅传感器”“微波传感器”由金伟清编写,“信号调理及转换电路”由申强编写;谢建兵编写第14章,其中“微型压力传感器”由任森编写;王斌华编写第15章;叶芳编写第16章。

感谢朱名铨教授、焦生杰教授审阅并提出的宝贵意见和建议!感谢中航电测仪器股份有限公司高工贾恒信专家的支持!

本书修订出版获得了西北工业大学精品教材建设项目的支持,在此表示感谢!

本书编写过程中,编者参阅了大量国内外相关的书籍、文献、专利及网站等,在此特向有关作者表示衷心的感谢。同时感谢教材使用过程中各位同行提出的宝贵意见和建议;感谢高等教育出版社编辑们付出的辛勤劳动。

传感器与测试技术应用广泛,技术发展快,限于编者的学识和水平,书中难免存在疏漏和不足,敬请同行和读者批评指正。

编者

2019年1月

传感器与测试技术是集机械、电子、信息及控制等为一体的综合技术。随着现代科学技术的飞速发展,特别是微电子技术、计算机技术及信息处理技术的发展,各个领域需要获取的信息量(物理量、化学量、生物量等等)越来越多,对信息测试准确度的要求越来越高,测试的难度越来越大,从而对传感器与测试技术提出了更高更新的要求。当前国内外都将传感器与测试技术作为优先发展的科技领域之一。

本书力求从突出工程应用、强化理论联系实际的角度出发,着重对工程测试技术及常用传感器应用技术的基本理论、基本方法进行较为系统的阐述;从适应学科发展需要的角度出发,对国内外传感器与测试技术新成果与新技术做实用性论述;最后对计算机辅助测试系统及虚拟测试仪器做概要性介绍。本书采用将传感器与测试技术结合起来介绍的方法,充分考虑了传感器的应用及教学内容的需要,以此促进传感器与测试技术的教学。

本书取材新颖,内容丰富,每章内容相对独立,不同专业可对内容适当进行取舍。本书将理论与工程实际紧密结合,实用性强,具有一定的深度与广度,可作为机械工程、测控技术及仪器、自动化等专业的教材,也可供相关专业工程技术人员参考。

全书共分 17 章。参与编写的有李晓莹(绪论、第 1、2、3、4、5 章,附录)、张新荣(第 8、9、10、13、14 章)、刘笃喜(第 12、15、17 章)、任海果(第 6、7、11 章)、马炳和(第 16 章)。全书由李晓莹统稿、整理及补充。

本书由西北工业大学朱名铨教授审阅。朱名铨教授对本书的总体结构和内容细节等进行了全面审订,提出了许多宝贵意见,在此深表感谢。

本书从编写大纲的制定到全书的完成,得到了朱名铨教授、冯凯昉教授、石秀华教授和焦生杰教授的指导和帮助,在编写过程中也得到其他兄弟院校许多同志的关心和帮助,在此表示衷心的感谢。

本书涉及的知识面较广,尽管作者已做了很大努力,但由于水平所限,书中欠妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2004 年 3 月

绪论 ..... 1

**第一篇 工程测试技术基础和传感器技术概论**

**第 1 章 测试的基础知识** ..... 5

1.1 测试的基本概念 ..... 5

1.1.1 测量、计量、测试 ..... 5

1.1.2 测试方法的分类 ..... 5

1.1.3 测试系统的组成 ..... 6

1.2 测量误差与不确定度 ..... 7

1.2.1 测量误差的定义及分类 ..... 7

1.2.2 测量误差的处理 ..... 11

1.2.3 测量不确定度 ..... 16

1.3 测量数据的处理方法 ..... 21

1.3.1 测量数据的统计特性 ..... 21

1.3.2 测量数据的表述方法 ..... 21

1.3.3 回归分析及应用 ..... 22

习题与思考题 ..... 24

**第 2 章 信号分析基础** ..... 26

2.1 信号的分类与描述 ..... 26

2.1.1 信号的分类 ..... 26

2.1.2 信号的描述 ..... 30

2.2 周期信号与离散频谱 ..... 31

2.2.1 傅里叶级数与周期信号的分解 ..... 31

2.2.2 周期信号的频域描述实例 ..... 34

2.2.3 周期信号频谱的特点及物理意义 ..... 38

2.2.4 周期信号的强度描述 ..... 39

2.3 非周期信号与连续频谱 ..... 41

2.3.1 傅里叶变换 ..... 41

2.3.2 典型非周期信号的频谱 ..... 43

2.3.3 非周期信号的能量谱与频带 ..... 47

2.3.4 傅里叶变换的基本性质 ..... 49

2.4 随机信号的分析与处理 ..... 53

2.4.1 随机信号的统计特性分析 ..... 54

2.4.2 随机信号的相关分析 ..... 56

2.4.3 随机信号的功率谱分析 ..... 64

习题与思考题 .....	69
<b>第3章 测试系统的特性 .....</b>	<b>72</b>
3.1 测试系统与线性系统 .....	72
3.1.1 测试系统的基本要求 .....	72
3.1.2 线性系统及其主要特性 .....	73
3.1.3 测试系统的传输特性 .....	74
3.2 测试系统的静态特性 .....	75
3.3 测试系统的动态特性 .....	83
3.3.1 动态特性的数学描述 .....	84
3.3.2 常见测试系统的频率响应 .....	88
3.3.3 常见测试系统的阶跃响应 .....	96
3.4 实现系统不失真测试的条件 .....	100
3.5 测试系统的标定与校准 .....	102
3.5.1 测试系统的静态标定 .....	103
3.5.2 测试系统的动态标定 .....	106
3.6 组建测试系统应考虑的因素 .....	110
3.6.1 负载效应 .....	110
3.6.2 测试系统的抗干扰技术 .....	113
习题与思考题 .....	117
<b>第4章 传感器技术概论 .....</b>	<b>120</b>
4.1 传感器的基本概念 .....	120
4.1.1 传感器的定义及组成 .....	120
4.1.2 传感器的分类 .....	121
4.1.3 常用的技术指标及性能要求 .....	122
4.1.4 传感器的选用 .....	123
4.2 弹性敏感元件 .....	124
4.2.1 弹性敏感元件的基本特性 .....	124
4.2.2 弹性敏感元件的材料 .....	127
4.2.3 常用弹性敏感元件的力学特性 .....	128
4.3 传感器技术的应用及发展趋势 .....	139
4.3.1 传感器技术的主要应用 .....	139
4.3.2 传感器技术的发展趋势 .....	140
习题与思考题 .....	142
<b>第二篇 常用传感器原理及应用</b>	
<b>第5章 应变式和压阻式传感器 .....</b>	<b>145</b>
5.1 电阻应变片 .....	145
5.1.1 电阻应变片的结构原理 .....	145

5.1.2	电阻应变片的种类及材料	150
5.1.3	电阻应变片的主要特性	154
5.1.4	电阻应变片的测量电路	158
5.1.5	电阻应变片的温度误差及其补偿	163
5.2	电阻应变式传感器	166
5.2.1	电阻应变片的布置和接桥方式	167
5.2.2	电阻应变式传感器的应用	167
5.3	固态压阻式传感器	174
5.3.1	压阻效应与压阻系数	174
5.3.2	固态压阻式传感器的应用	176
5.4	工程应用案例——飞机重量和重心测量系统	179
	习题与思考题	182
<b>第 6 章</b>	<b>电感式传感器</b>	<b>186</b>
6.1	自感式电感传感器	186
6.1.1	工作原理、类型及特性	186
6.1.2	测量电路	191
6.1.3	自感式传感器的应用	198
6.2	互感式传感器	199
6.2.1	工作原理	199
6.2.2	测量电路	200
6.2.3	差动变压器的应用	201
6.3	电涡流式传感器	203
6.3.1	工作原理、特性及类型	203
6.3.2	测量电路	207
6.3.3	电涡流式传感器的应用	209
6.4	工程应用案例——电感式滚柱直径自动检测分选装置	210
	习题与思考题	211
<b>第 7 章</b>	<b>电容式传感器</b>	<b>213</b>
7.1	工作原理、类型及特性	213
7.1.1	变极距型电容式传感器	214
7.1.2	变面积型电容式传感器	215
7.1.3	变介电常数型电容式传感器	217
7.2	测量电路	218
7.2.1	电容式传感器的等效电路	218
7.2.2	测量电路	219
7.3	电容式传感器的特点及应用	222
7.3.1	电容式传感器的特点	222
7.3.2	电容式传感器的应用	224

7.4	工程应用案例——电容式测厚仪在轧机中的应用	225
	习题与思考题	228
<b>第 8 章</b>	<b>压电式传感器</b>	<b>230</b>
8.1	压电效应	230
8.1.1	压电效应	230
8.1.2	压电材料	234
8.2	测量电路	236
8.2.1	等效电路	236
8.2.2	测量电路	237
8.3	压电式传感器的应用	239
8.3.1	加速度传感器	239
8.3.2	力传感器	244
8.3.3	压力传感器	245
8.4	工程应用案例——结构件阻尼特性分析	246
	习题与思考题	249
<b>第 9 章</b>	<b>磁电式传感器</b>	<b>250</b>
9.1	磁电感应式传感器	250
9.1.1	动圈式磁电传感器	250
9.1.2	磁阻式磁电传感器	252
9.1.3	磁电感应式传感器的应用	252
9.2	霍尔传感器	253
9.2.1	霍尔效应与霍尔元件	253
9.2.2	测量误差及其补偿	256
9.2.3	霍尔集成传感器	258
9.2.4	霍尔传感器的应用	260
9.3	工程应用案例——钢丝绳损伤的无损检测	263
	习题与思考题	267
<b>第 10 章</b>	<b>光电式传感器</b>	<b>269</b>
10.1	光电检测基础	269
10.1.1	光谱及光的度量	269
10.1.2	光电效应	271
10.1.3	光电传感器件的基本特性	272
10.1.4	光源	273
10.2	光电器件	275
10.2.1	光电管及光电倍增管	275
10.2.2	光敏电阻	276
10.2.3	光电池	277
10.2.4	光电二极管和光电三极管	277

10.2.5	光电器件的应用	279
10.3	固态图像传感器	282
10.3.1	CCD 图像传感器	282
10.3.2	CMOS 图像传感器	285
10.3.3	固态图像传感器的应用	286
10.4	光纤传感器	287
10.4.1	光纤检测的基本原理	288
10.4.2	光纤传感器的组成及工作原理	292
10.4.3	光纤传感器的应用	294
10.5	工程应用案例——果实分拣系统	297
	习题与思考题	301
<b>第 11 章</b>	<b>热电式传感器</b>	<b>302</b>
11.1	概述	302
11.2	热电阻	304
11.2.1	金属热电阻	305
11.2.2	半导体热敏电阻	307
11.3	热电偶	310
11.3.1	热电偶的测量原理	310
11.3.2	热电偶的类型、结构及测量电路	314
11.3.3	热电偶的冷端温度补偿	318
11.3.4	热电偶的校准和标定	320
11.4	新型热电式传感器	321
11.4.1	PN 结温度传感器	321
11.4.2	压电式温度传感器	321
11.4.3	光纤温度传感器	322
11.5	工程应用案例——基于 AD590 的温度测量及控制	324
	习题与思考题	326
<b>第 12 章</b>	<b>辐射式传感器</b>	<b>329</b>
12.1	红外辐射传感器	329
12.1.1	红外辐射的物理基础	329
12.1.2	红外探测器及测量系统	332
12.1.3	红外辐射传感器的应用	334
12.2	超声波传感器	336
12.2.1	超声波检测的物理基础	336
12.2.2	超声波传感器的原理及检测模式	339
12.2.3	超声波传感器的应用	341
12.3	微波传感器	343
12.3.1	微波的性质和特点	343

12.3.2	微波传感器的原理及分类	344
12.3.3	微波传感器的应用	346
12.4	工程应用案例——雷达测距	349
	习题与思考题	351
<b>第 13 章</b>	<b>数字式传感器</b>	<b>353</b>
13.1	光栅传感器	353
13.1.1	光栅的类型和结构	353
13.1.2	光栅传感器的工作原理	354
13.1.3	光栅传感器的测量电路	357
13.1.4	光栅传感器的应用	361
13.2	感应同步器	361
13.2.1	感应同步器的基本结构	362
13.2.2	感应同步器的工作原理	364
13.2.3	感应同步器的测量电路	365
13.2.4	感应同步器的应用	367
13.3	光电编码器	368
13.3.1	光电式绝对编码器	369
13.3.2	光电式增量编码器	371
13.3.3	光电编码器的应用	372
13.4	容栅传感器	372
13.4.1	容栅传感器的结构和工作原理	372
13.4.2	容栅传感器的测量电路	374
13.4.3	容栅传感器的应用	375
13.5	磁栅传感器	376
13.5.1	磁栅传感器的结构和工作原理	376
13.5.2	磁栅传感器的测量电路	379
13.5.3	磁栅传感器的应用	381
13.6	工程应用案例——光栅在三坐标测量机中的应用	381
	习题与思考题	383

### 第三篇 新型传感器与检测技术

<b>第 14 章</b>	<b>微型传感器</b>	<b>387</b>
14.1	微机电系统与微型传感器	387
14.1.1	微机电系统(MEMS)	387
14.1.2	微型传感器	390
14.2	微型加速度计	391
14.2.1	压阻式微加速度计	392
14.2.2	电容式微加速度计	393

14.2.3	谐振式微加速度计	393
14.2.4	隧穿式微加速度计	394
14.3	微机械陀螺	395
14.3.1	音叉式微机械陀螺	396
14.3.2	框架式微机械陀螺	396
14.3.3	环形谐振式微机械陀螺	397
14.4	微型压力传感器	398
14.4.1	压阻式微型压力传感器	398
14.4.2	电容式微型压力传感器	399
14.4.3	谐振式微型压力传感器	400
	习题与思考题	401
<b>第 15 章</b>	<b>智能传感器</b>	<b>402</b>
15.1	基本概念	402
15.1.1	智能传感器的基本功能及特点	402
15.1.2	智能传感器的结构	404
15.2	智能化功能的实现方法	406
15.2.1	非线性自校正	406
15.2.2	自诊断	409
15.2.3	自校准与自适应量程	410
15.2.4	自补偿	411
15.3	典型的智能传感器	414
15.3.1	智能压力(差)传感器	414
15.3.2	SHT11/15 智能温湿度传感器	416
	习题与思考题	418
<b>第 16 章</b>	<b>生物传感器</b>	<b>419</b>
16.1	概述	419
16.1.1	生物传感器的基本原理	419
16.1.2	生物传感器的分类	420
16.2	典型生物传感器	422
16.2.1	酶传感器	422
16.2.2	微生物传感器	423
16.2.3	免疫传感器	424
16.2.4	核酸(DNA)传感器	426
16.2.5	细胞传感器	429
16.2.6	组织传感器和细胞器传感器	430
16.3	生物芯片	431
16.3.1	生物芯片的基本概念	431
16.3.2	典型生物芯片	434

16.4	生物传感器的应用及其发展趋势	438
16.4.1	生物传感器的应用	438
16.4.2	生物传感器的发展趋势	440
	习题与思考题	441
<b>第 17 章</b>	<b>自动测试技术及其应用</b>	<b>442</b>
17.1	自动测试系统	442
17.1.1	概述	442
17.1.2	自动测试系统的类型	442
17.1.3	自动测试系统 I/O 通道设计	446
17.1.4	信号调理与转换电路	449
17.2	虚拟仪器	460
17.2.1	概述	460
17.2.2	虚拟仪器软件开发平台	462
17.2.3	虚拟仪器应用实例	464
17.3	无线传感器网络	467
17.3.1	传感器网络的发展	467
17.3.2	无线传感器网络的体系结构及特点	467
17.3.3	无线传感器网络的开发与应用	470
17.4	物联网技术	475
17.4.1	物联网概述	475
17.4.2	物联网的关键技术——RFID 技术	478
17.4.3	物联网的应用	480
	习题与思考题	481
	<b>附录 1 镍铬-镍硅(镍铝)K 型热电偶分度表</b>	<b>483</b>
	<b>附录 2 习题与思考题参考答案</b>	<b>484</b>
	<b>参考文献</b>	<b>485</b>

# 绪论

传感器与测试技术是一门随着现代科学技术发展而迅猛发展的综合性技术学科,广泛应用于人类的社会生产和科学研究中。它是人类认识世界和探索世界的基本手段,也是科学研究的基本方法,是实现自动化和信息化的基础,已经成为国民经济和社会发展的一项必不可少的重要技术,也是衡量一个国家科技发展水平的重要标志,许多国家都将其列为重点发展的科技领域之一。当前,物联网技术的发展和以智能制造为主导的第四次工业革命——工业 4.0 时代的来临,对推动传感器与测试技术的发展带来新的机遇与挑战。

测试的基本任务就是获取有用的信息,借助专门的仪器、设备,设计合理的实验方法,进行必要的信号分析和数据处理,从而获得与被测对象有关的信息,最后将其结果提供显示或输入其他信息处理装置、控制系统。因此,传感器与测试技术是属于信息科学范畴,它与通信技术、计算机技术并称为信息技术的三大支柱。

在进入信息社会的今天,人们对信息的提取、处理、传输等要求越来越高,需求也更加迫切。无论是国防军事、航空航天、海洋探测、环境监控、生命科学等领域,还是工业制造、农业生产以及人们的日常生活,都离不开传感器与测试技术。例如,一架飞机需要几千种传感器及配套测试仪表,用来监测飞行参数(飞行高度、速度、加速度、姿态角等)和发动机状态(转速、温度、压力、振动、燃油量等)等;一辆汽车需要几十到数百种传感器及配套测试仪表,用以检测车速、温度、方位、转矩、振动、油压、油量、气体浓度等。在现代机械工程中,从产品设计、质量控制、性能监测到设备的故障检测,传感器与测试技术占有非常重要的地位,是先进制造技术的重要标志。

测试技术的发展与科学技术的发展是相辅相成的。近年来,传感器技术、材料科学、微电子技术、计算机技术、信号处理技术的不断发展,极大地推动了测试技术的发展和变革,新的测试方法和先进的测试仪器不断更新换代,为科学研究提供了有力的工具和先进的手段。同时,随着人们对客观世界的认识不断深入,现代科学技术的发展不断地对测试技术提出更高的要求 and 新的挑战。

综合国内外的技术动态,传感器与测试技术的发展趋势归纳起来主要是:

## 1. 传感器向新型化、微型化、智能化方向发展

传感器的工作机理是基于各种效应和定律,因此探索新效应、开发新型敏感功能材料是研制新型传感器的重要基础。微米/纳米技术和微细加工技术的发展为实现传感器的集成化和微型化奠定了坚实的基础。同时,传感器与计算机的紧密结合,使传感器不仅具有信号检测、转换和信息处理功能,还具有存储、记忆、自诊断、自校准、自适应和双向通信等功能,从而实现了传感器的智能化。

## 2. 测试仪器向高精度、宽量程、多功能方向发展

科技的发展,对测试仪器和测试系统的精度、测量范围、可靠性等性能的要求越

来越高。测试仪器及整个测试系统精度的提高,不仅能提高测试数据的可信度,而且可以减少试验次数,缩短产品的研制周期,降低产品成本。同时,随着研究的不断深入和领域的不断拓展,测量范围向极端测量方向发展,测试仪器的量程范围必须适应不同的测量要求。近年来,随着计算机辅助测试系统(CAT)和虚拟仪器技术的发展,测试仪器的结构和功能发生了根本的变化,用户可在集成仪器平台上按自己的要求构成所需要的实用仪器和实用测试系统,使得仪器和系统的功能具有很大的灵活性和拓展空间。

### 3. 测试系统向自动化、智能化、网络化方向发展

目前,越来越多的测试系统都采用以计算机为核心的多通道自动测试系统,不仅可以实现不同参数的在线实时测量,同时利用软件的强大功能实现系统的自校准、自诊断、自动量程、故障诊断等智能化功能,并通过数字通信接口快速地进行数据的传输及信号分析和处理。网络化测试系统的特点是能够实现资源共享、多目标、多任务的协同测试,并能实时进行过程测控。

本教材主要讨论机械工程领域中常用物理量的测试原理及方法。全书共分三篇,第一篇着重介绍工程测试技术基础和传感器技术概论,内容包括:测试的基本概念、信号分析基础、测试系统的特性及传感器技术概论。第二篇着重从应用的角度,介绍常用传感器的工作原理、结构特性、调理电路及应用,包括:电阻应变式传感器、电感式传感器、电容式传感器、压电式传感器、磁电式传感器、光电式传感器、热电式传感器、辐射式传感器和数字式传感器。在第二篇中,结合学科发展及编者多年从事教学、科研的成果和经验,每章给出一个典型的传感器综合应用案例,将理论与工程实际有机地结合起来。第三篇主要介绍新型传感器与检测技术,包括微型传感器、智能传感器、生物传感器等新型传感器以及自动测试系统、虚拟仪器、无线传感器网络、物联网技术等的最新进展及新成果的应用。

传感器与测试技术涉及的学科面广,是多门学科(包括数学、物理学、力学、机械学、电工电子学、自动控制、计算机技术和信号处理技术等)的交叉融合和综合应用。对高等学校机械工程各有关专业来说,“传感器与测试技术”是一门技术基础课,且实践性很强。通过课程的学习和相关实验,学生获得信号分析、误差分析及数据处理的基本知识,建立起测试系统的完整概念;掌握各类典型传感器的原理、工作特性及适用场合,并能根据测试要求合理选用或设计测试装置。通过掌握并运用动态测试的基本理论、方法和技能,为进一步研究和处理工程实际问题打下坚实的基础。

---

# 第一篇

## 工程测试技术基础和传感器技术概论

---

