

可下载教学资料

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



高等学校教材
电子信息

传感器与现代检测技术

陶红艳 余成波 主编

清华大学出版社

高等学校教材
电子信息

传感器与现代检测技术

陶红艳 余成波 主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本教材是作者在多年从事传感器教学及科研的基础上写成的,内容丰富、全面、新颖,叙述力求由浅入深,对传感器原理力争讲清物理概念,对传感器的应用则充分结合生产和工程实践,使教材具有一定的实用和参考价值。本教材突出应用性和针对性,强化实践能力的培养,将传感器和工程检测方面的知识有机地联系起来,使学生在掌握传感器原理的基础上,更进一步地应用这方面的知识去解决工程检测中的具体问题。同时,在编写过程中,注意补充反映新器件、新技术的内容,力求使读者了解前沿学科。

全书共8章,主要内容包括传感器与检测技术基本概论、检测系统的误差合成、常用传感器的工作原理、常见非电参数的检测方法、微弱信号检测、检测系统抗干扰技术、测量信号的调理及处理、现代检测系统。

本书内容全面而实用,适用面广,不仅可以作为电气工程及其自动化、机械设计制造及其自动化、机电一体化、自动化、电子信息、测控技术与仪器等专业本科相关专业教材,也可作为广大从事检测技术开发与应用的工程技术人员的自学用书。

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。

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

传感器与现代检测技术/陶红艳,余成波主编. —北京:清华大学出版社,2009.3

(高等学校教材·电子信息)

ISBN 978-7-302-18219-1

I. 传… II. ①陶… ②余… III. ①传感器—高等学校—教材 ②自动检测—高等学校—教材
IV. ①TP212 ②TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 111142 号

责任编辑:魏江江 李玮琪

责任校对:白 蕾

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:北京市昌平环球印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:32.5 字 数:785 千字

版 次:2009 年 3 月第 1 版 印 次:2009 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.50 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:027909-01

编审委员会成员

(按地区排序)

东南大学	王志功	教授
南京大学	王新龙	教授
南京航空航天大学	王成华	教授
解放军理工大学	邓元庆	教授
	刘景夏	副教授
上海大学	方 勇	教授
上海交通大学	朱 杰	教授
	何 晨	教授
华中科技大学	严国萍	教授
	朱定华	教授
武汉理工大学	刘复华	教授
	李中年	教授
宁波大学	蒋刚毅	教授
天津大学	王成山	教授
	郭维廉	教授
中国科学技术大学	王煦法	教授
	郭从良	教授
	徐佩霞	教授
苏州大学	赵鹤鸣	教授
山东大学	刘志军	教授
山东科技大学	郑永果	教授
东北师范大学	朱守正	教授
沈阳工业学院	张秉权	教授
长春大学	张丽英	教授
吉林大学	林 君	教授
湖南大学	何怡刚	教授
长沙理工大学	曾喆昭	教授
华南理工大学	冯久超	教授
西南交通大学	冯全源	教授
	金炜东	教授
重庆工学院	余成波	教授
重庆通信学院	曾凡鑫	教授
重庆大学	曾孝平	教授

重庆邮电学院

谢显中 教授

张德民 教授

西安电子科技大学

彭启琮 教授

樊昌信 教授

西北工业大学

何明一 教授

集美大学

迟 岩 教授

云南大学

刘惟一 教授

东华大学

方建安 教授

改革开放以来,特别是党的十五大以来,我国教育事业取得了举世瞩目的辉煌成就,高等教育实现了历史性的跨越,已由精英教育阶段进入国际公认的大众化教育阶段。在质量不断提高的基础上,高等教育规模取得如此快速的发展,创造了世界教育发展史上的奇迹。当前,教育工作既面临着千载难逢的良好机遇,同时也面临着前所未有的严峻挑战。社会不断增长的高等教育需求同教育供给特别是优质教育供给不足的矛盾,是现阶段教育发展面临的基本矛盾。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2001年8月,教育部下发了《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》,提出了十二条加强本科教学工作提高教学质量的措施和意见。2003年6月和2004年2月,教育部分别下发了《关于启动高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作的通知》和《教育部实施精品课程建设提高高校教学质量和人才培养质量》文件,指出“高等学校教学质量和教学改革工程”是教育部正在制定的《2003—2007年教育振兴行动计划》的重要组成部分,精品课程建设是“质量工程”的重要内容之一。教育部计划用五年时间(2003—2007年)建设1500门国家级精品课程,利用现代化的教育信息技术手段将精品课程的相关内容上网并免费开放,以实现优质教学资源共享,提高高等学校教学质量和人才培养质量。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。首批推出的特色精品教材包括:

(1) 高等学校教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 高等学校教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 高等学校教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 高等学校教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 高等学校教材·信息管理与信息系统。

(6) 高等学校教材·财经管理与计算机应用。

清华大学出版社经过二十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会
E-mail:dingl@tup.tsinghua.edu.cn

现代科学技术迅速发展,人们在研究自然现象和规律及生产活动中,必须从外界获得信息,要及时正确地获取这些信息,就必须合理地选择和应用各种传感器和检测技术。21 世纪是信息化时代,其特征是人类社会活动和生产活动的信息化,传感器和检测技术的重要性更为突出。本教材是作者在多年从事传感器教学及科研的基础上写成的。根据高校电气工程及其自动化、机械设计制造及其自动化、机电一体化、自动化、电子信息及测控技术与仪器等专业传感器与检测技术课程的基本要求,吸收近年来各高校的教学经验,在编写过程中力求内容丰富、全面、新颖,叙述由浅入深,对传感器原理力争讲清物理概念,按照少而精和理论联系实践的原则编写,使教材具有一定的实用和参考价值。本教材突出应用性和针对性,强化实践能力的培养。将传感器和工程检测方面的知识有机地联系起来,使学生在掌握传感器原理的基础上,更进一步地应用这方面的知识去解决工程检测中的具体问题。同时,在编写过程中,注意补充反映新器件、新技术的内容,力求使读者了解前沿学科。

全书共 8 章,其主要内容包括传感器与检测技术基本概论、检测系统的误差合成、常用传感器的工作原理、常见非电参数的检测方法、微弱信号检测、检测系统抗干扰技术、测量信号的调理及处理、现代检测系统。

本书由重庆工学院陶红艳,余成波主编并负责全书的统稿和审校。参加编写的有张冬梅(第 1 章);王士彬、张方方(第 2 章);谢东坡、胡柏栋、刘彦飞、刘贺、高云、张睿(第 3 章);彭秋(第 4 章);秦华锋、龚智(第 5 章);许超明、李泉(第 6 章);杨如民、崔焱喆(第 7 章);杨数强(第 8 章)。

本书在编写过程中得到了众多高等学校、科研单位、厂矿企业等的大力支持和帮助,并获得了许多宝贵的意见。在此,一并表示衷心的感谢。

本书内容全面而实用,适用面广,不仅可以作为电气工程及其自动化、机械设计制造及其自动化、机电一体化、自动化、电子信息、测控技术与仪器等专业本科相关专业教材,也可作为广大从事检测技术开发与应用的工程技术人员的自学用书。

热忱地期望各位读者和同仁对本书的错误和不足提出指正和建议。

编 者

2008 年 10 月

第 1 章 传感器与检测技术基本概论	1
1.1 传感器的基本概论	1
1.1.1 传感器的定义	1
1.1.2 传感器的组成	1
1.1.3 传感器分类	2
1.1.4 传感器技术的发展方向	3
1.2 检测技术的基本概论	4
1.2.1 检测系统的定义	4
1.2.2 检测系统的基本结构和类型	4
1.2.3 检测系统的作用	5
1.2.4 检测技术的现状与发展	6
1.3 传感器与检测系统的基本特性	7
1.3.1 传感器的数学模型概述	7
1.3.2 检测系统的静态特性与性能指标	8
1.3.3 检测系统的动态特性与性能指标	11
1.3.4 实现不失真测量的条件	14
第 2 章 检测系统的误差合成	16
2.1 测量误差的基本概念	16
2.1.1 测量误差的名词术语	16
2.1.2 测量误差的分类	17
2.1.3 误差产生的原因	18
2.1.4 测量误差的表示方法	18
2.2 随机误差及其处理	19
2.2.1 随机误差的概率分布	19
2.2.2 随机误差的估计	21
2.3 系统误差的处理	23
2.3.1 系统误差的判别	23
2.3.2 减小或消除系统误差的方法	25
2.4 测量粗大误差的存在判定准则	27
2.4.1 拉依达准则—— 3σ 准则	27
2.4.2 格拉布斯准则——Grubbs	27

2.5	测量系统的误差计算方法	28
2.5.1	测量系统随机误差的计算	28
2.5.2	测量系统系统误差的计算	28
2.5.3	测量系统总误差的计算	29
2.6	测量系统最佳测量方案的确定	30
2.6.1	微小误差准则	30
2.6.2	确定最佳测量条件	31
2.6.3	函数误差的分配	31
第3章	常用传感器的工作原理	32
3.1	电阻式传感器	32
3.1.1	金属电阻应变片	32
3.1.2	半导体应变片	34
3.1.3	应变片的命名	34
3.1.4	电阻式传感器的测量电路	35
3.1.5	电阻式传感器的应用	38
3.2	电容式传感器	40
3.2.1	电容式传感器的特点	40
3.2.2	电容式传感器的工作原理和结构	41
3.2.3	电容式传感器测量电路	44
3.2.4	电容式传感器应用举例	47
3.3	电感式传感器	49
3.3.1	自感式传感器	49
3.3.2	互感式传感器	51
3.3.3	电感式传感器的应用	54
3.4	电涡流式传感器	55
3.4.1	高频反射涡流式传感器	55
3.4.2	低频透射涡流式传感器	56
3.4.3	测量电路	57
3.4.4	应用举例	58
3.5	压电式传感器	59
3.5.1	压电效应和压电材料	59
3.5.2	压电式传感器等效电路和测量电路	63
3.5.3	压电式力传感器的合理使用	65
3.5.4	压电式传感器的应用	66
3.6	磁电式传感器	68
3.6.1	动圈式磁电传感器	68
3.6.2	磁阻式磁电传感器	69
3.6.3	磁电式传感器的测量电路	70
3.7	热电式传感器	70
3.7.1	热电偶传感器	70
3.7.2	热电阻传感器	79
3.8	光电式传感器	85
3.8.1	光电效应	85
3.8.2	光电导器件	87

3.8.3	光生伏特器件	87
3.8.4	光电耦合器件	89
3.8.5	电荷耦合器件	92
3.8.6	光电式传感器的其他应用	94
3.9	霍尔式传感器	96
3.9.1	霍尔元件	97
3.9.2	霍尔集成传感器	102
3.9.3	霍尔传感器的应用	104
3.10	光纤传感器	107
3.10.1	光纤传感器的组成	107
3.10.2	光纤传感器的分类	108
3.10.3	光纤传感器的工作原理	108
3.10.4	光纤传感器的实际应用	110
3.11	超声波传感器	113
3.11.1	超声检测的物理基础	113
3.11.2	超声波传感器原理与结构	115
3.11.3	超声波传感器基本应用电路	116
3.12	微波传感器	119
3.12.1	微波的基本知识	119
3.12.2	微波传感器及其分类	119
3.12.3	微波传感器的优点与存在问题	120
3.12.4	微波传感器的应用	120
3.13	红外传感器	123
3.13.1	红外传感器	123
3.13.2	红外线传感器的应用	124
3.14	核辐射传感器	126
3.14.1	核辐射基本概念	126
3.14.2	核辐射式传感器原理及组成	126
3.14.3	辐射式传感器的应用	129
3.15	化学传感器	131
3.15.1	气敏传感器	131
3.15.2	湿敏传感器	135
3.15.3	离子敏传感器	139
3.16	数字式传感器	142
3.16.1	数字式传感器的概述	142
3.16.2	编码器	143
3.16.3	光栅式传感器	147
3.16.4	感应同步器	158
3.16.5	磁栅式传感器	162
3.16.6	容栅式传感器	166
3.17	生物传感器	170
3.17.1	生物传感器原理、特点及分类	171
3.17.2	几种生物传感器	172
3.18	智能式传感器	176
3.18.1	智能传感器的特点	177

3.18.2	智能传感器的实现	178
3.18.3	智能传感器的应用	179
3.18.4	智能传感器的设计思路	180
3.19	微型传感器	182
3.19.1	MEMS 技术与微型传感器	182
3.19.2	压阻式微型传感器	183
3.19.3	电容式微型传感器	189
3.19.4	电感式微型传感器	192
3.19.5	热敏电阻式微型传感器	193
3.19.6	隧道效应式微型传感器	194
3.20	模糊传感器	195
3.20.1	模糊传感器的概念及特点	195
3.20.2	模糊传感器结构	195
3.20.3	典型模糊传感器举例	198
3.21	网络传感器	200
3.21.1	网络传感器的概念	200
3.21.2	网络传感器的类型	200
3.21.3	基于 IEEE 1451 标准的网络传感器	201
3.21.4	网络传感器所在网络的体系结构	206

第 4 章 常见非电参数的检测方法 207

4.1	力、压力和转矩的测量	207
4.1.1	力的测量	207
4.1.2	压力的测量	212
4.1.3	转矩测量	216
4.1.4	力、压力和转矩的测量的应用	225
4.2	位移、物位和厚度的测量	229
4.2.1	位移测量	229
4.2.2	物位测量	232
4.2.3	厚度测量	238
4.3	速度、加速度与振动的测量	238
4.3.1	速度的测量	239
4.3.2	加速度与振动测量	248
4.4	转速的测量	257
4.4.1	常用转速传感器	258
4.4.2	磁电式传感器数字转速仪测量电路	260
4.4.3	霍尔转速测量装置	262
4.5	噪声测量	262
4.5.1	声测量基础	262
4.5.2	噪声的频谱和频带	266
4.5.3	噪声的主观评价	268
4.5.4	噪声测量的基本原理和常用仪器	271
4.5.5	工业噪声测量	272
4.6	温度的测量	277
4.6.1	温度的概念和测量方法	277

4.6.2	接触式温度测量	277
4.6.3	非接触式温度测量	280
4.6.4	温度传感器的典型应用	282
4.7	流量的测量	287
4.7.1	流量概述和测量方法	287
4.7.2	转速(速度)法测量流量	287
4.7.3	差压(力)法测量流量	289
4.7.4	频率法测量流量	291
4.7.5	时差法流量测量	292
4.8	成分量的测量	293
4.8.1	湿度传感器的典型应用实例	293
4.8.2	气体传感器的典型应用实例	296
4.8.3	浓度的测量	299
4.9	视觉检测技术	300
4.9.1	视觉检测系统组成	300
4.9.2	视觉检测系统的应用	303
第 5 章	微弱信号检测	311
5.1	微弱信号检测的基本概念	311
5.1.1	何谓微弱信号检测	311
5.1.2	噪声的基本性质	311
5.2	微弱信号检测方法	317
5.2.1	微弱信号的时域检测方法	317
5.2.2	微弱信号的频域检测方法	318
5.3	微弱信号检测技术	318
5.3.1	电容检测	318
5.3.2	压阻检测	320
5.3.3	压电检测	320
5.3.4	隧道检测	321
5.3.5	热流式检测	323
5.3.6	谐振式检测	324
5.3.7	光纤式检测	327
5.3.8	混沌检测	329
第 6 章	检测系统抗干扰技术	334
6.1	干扰的分类	334
6.1.1	外部干扰	334
6.1.2	内部干扰	334
6.2	干扰的引入	335
6.2.1	串模干扰	336
6.2.2	共模干扰	336
6.3	干扰的抑制方法	337
6.3.1	计算机检测系统的接地	337
6.3.2	接地的类型	337
6.3.3	隔离与耦合	340

6.3.4	布线抗干扰措施	341
6.3.5	软件抗干扰措施	342
第7章	测量信号的调理及处理	346
7.1	信号调理电路	346
7.1.1	信号放大电路	347
7.1.2	信号滤波电路	352
7.1.3	信号转换电路	366
7.1.4	信号的非线性校正与补偿	378
7.1.5	调制与解调	387
7.2	多传感器信息融合	390
7.2.1	信息融合的基本概念	390
7.2.2	信息融合的基本原理	392
7.2.3	多传感器信息融合的结构及功能模型	392
7.2.4	多传感器信息融合算法	394
7.2.5	多传感器信息融合技术的应用实例	397
第8章	现代检测系统	401
8.1	计算机检测技术	401
8.1.1	计算机检测系统概述	401
8.1.2	数据的采集与保持	402
8.1.3	输入通道的计算机接口技术	405
8.1.4	输出通道的计算机接口技术	407
8.1.5	计算机检测系统的设计	410
8.1.6	计算机检测技术应用实例	413
8.2	虚拟仪器	419
8.2.1	虚拟仪器的概述	420
8.2.2	虚拟仪器的整体设计	423
8.2.3	虚拟仪器系统开发环境	423
8.2.4	虚拟仪器系统的数据采集实现	454
8.2.5	虚拟仪器的综合实例和工程实例	471
8.3	网络监控系统	479
8.3.1	系统总体分析和规划	480
8.3.2	网络监控系统关键技术实现	482
8.4	智能检测系统	489
8.4.1	智能检测系统的组成	489
8.4.2	智能检测系统的分析与设计	491
8.4.3	典型智能检测系统举例	493
参考文献		502

传感器与检测技术基本概论

1.1 传感器的基本概论

1.1.1 传感器的定义

传感器的概念来自“感觉(sensor)”一词。人们为了研究自然现象,仅仅依靠人的五官获取外界信息是远远不够的。于是人们发明了能代替或补充人体五官功能的传感器,工程上也将传感器称为“变换器”。

根据国家标准《传感器通用术语》(GB7665—87),传感器(transducer/sensor)的定义为:“能感受(或响应)规定的被测量并按照一定规律转换成可用输出信号的器件或装置。传感器通常由直接响应于被测量的敏感元件和产生可用输出信号的转换元件以及相应的电子线路所组成。”这一定义所表述的传感器的主要内涵包括:

(1) 从传感器的输入端来看,一个指定的传感器只能感受规定的被测量,即传感器对规定的物理量具有最大的灵敏度和最好的选择性。例如,温度传感器只能用于测温,而不能同时还受其他物理量的影响。

(2) 从传感器的输出端来看,传感器的输出信号为“可用信号”。这里所谓的“可用信号”是指便于处理、传输的信号,最常见的是电信号、光信号等。可以预料,未来的“可用信号”或许是更先进、更实用的其他信号形式。

(3) 从输入与输出的关系来看,输入与输出之间的关系应具有“一定规律”,即传感器的输入与输出不仅是相关的,而且可以用确定的数学模型来描述,也就是具有确定规律的静态特性和动态特性。

由传感器的定义可知,其基本功能是检测信号和信号转换。因此,传感器总是处于测试系统的最前端,用来获取检测信息,其性能将直接影响整个测试系统,对测量精确度起着决定性作用。

1.1.2 传感器的组成

传感器是一个完整的测量装置(或系统),能把被测非电量转换为与之有确定对应关系的有用电量输出,以满足信息的传输处理、记录、显示和控制等要求。

传感器一般由敏感元件、变换元件和其他辅助元件组成。但是随着传感器集成技术的发展,传感器的信号调理与转换电路也会安装在传感器的壳体内或者与敏感元件集成在同一芯片之上。因此,信号调理电路以及所需辅助电源都应作为传感器组成的一部分,如图 1-1 所示。

敏感元件——感受被测量,并输出与被测量成确定关系的其他量的元件,如膜片和波纹管,可以把被测压力变成位移量。若敏感元件能直接输出电量(如热电偶),就兼为传感元件了。还有一些新型传感器,如压阻式和谐振式压力传感器、差动变压器式位移传感器等,其敏感元件和传感器就完全是融为一体的。

变换元件——又称传感元件,是传感器的重要组成元件。它可以直接感受被测量(一般为

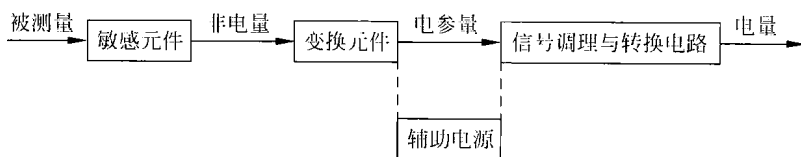


图 1-1 传感器组成框图

非电量)且输出与被测量成确定关系的电量,如热电偶和热敏电阻。传感元件也可以不直接感受被测量,而只感受与被测量成确定关系的其他非电量。例如,差动变压器式压力传感器,并不直接感受压力,而只是感受与被测压力成确定关系的衔铁位移量,然后输出电量。一般情况下使用的都是这种传感元件。

信号调理与转换电路——能把传感元件输出的电信号转换为便于显示、记录和控制的有效信号的电路。信号调理与转换电路根据传感元件类型的不同有很多种类,常用的电路有电桥、放大器、振荡器和阻抗变换器等。

传感器根据使用要求的不同,可以做得很简单,也可以做得很复杂;可以是带反馈的闭环系统,也可以是不带反馈的开环系统。因此,传感器的组成将依不同情况而有所差异。

1.1.3 传感器分类

传感器的种类繁多。往往同一种被测量可以用不同类型的传感器来测量,如压力可用电容式、电阻式、光纤式等传感器来进行测量;而同一原理的传感器又可测量多种物理量,如电阻式传感器可以测量位移、温度、压力及加速度等。因此,传感器有许多种分类方法。常用的分类方法有:

(1) 按被测量分类

机械量: 位移、力、力矩、扭矩、速度、加速度、振动、噪声……

热工量: 温度、热量、流量(速)、风速、压力(差)、液位……

物性参量: 浓度、粘度、比重、酸碱度……

状态参量: 裂纹、缺陷、泄漏、磨损、表面质量……

……

这种分类方法也就是按用途进行分类,给使用者提供了方便,容易根据测量对象来选择传感器。

(2) 按测量原理分类

按传感器的工作原理可分为电阻式、电感式、电容式、压电式、光电式、光纤、磁敏式、激光、超声波等传感器。现有传感器的测量原理都是基于物理、化学和生物等各种效应和定律,这种分类方法便于从原理上认识输入与输出之间的变换关系,有利于专业人员从原理、设计及应用上作归纳性的分析与研究。

(3) 按信号变换特征分类

结构型: 主要是通过传感器结构参量的变化实现信号变换的。例如,电容式传感器依靠极板间距离的变化引起电容量的改变。

物性型: 利用敏感元件材料本身物理属性的变化来实现信号变换,例如,水银温度计是利用水银的热胀冷缩现象测量温度,压电式传感器是利用石英晶体的压电效应实现测量等。

(4) 按能量关系分类

能量转换型: 传感器直接由被测对象输入能量使其工作。例如热电偶、光电池等,这种类型传感器也称为有源传感器。

能量控制型: 传感器从外部获得能量使其工作,由被测量的变化控制外部供给能量的变化。例如电阻式、电感式等传感器,这种类型的传感器必须由外部提供激励源(电源等),因此也称为无源传感器。

表 1-1 按能量转换型和能量控制型对常用传感器的工作原理进行归纳。

除以上分类方法外,还可按照输出信号的形式分为模拟式传感器和数字式传感器,按照测

量方式分为接触式传感器和非接触式传感器等。虽然分类方法各不相同,但了解传感器的分类可以加深理解、便于合理选用传感器。本书选用第2种分类方法,这种分类方法有利于对传感器工作原理的阐述和分析研究。

表 1-1 传感器的工作原理按能量关系分类

能量转换型	能量控制型
压电效应(压电式)	应变效应(应变片)
压磁效应(压磁式)	压阻效应(应变片)
热电效应(热电偶)	热阻效应(热电阻、热敏电阻)
电磁效应(磁电式)	磁阻效应(磁敏电阻)
光生伏特效应(光电池)	内光电效应(光敏电阻)
热磁效应	霍尔效应(霍尔元件)
热电磁效应	电容(电容式)
静电式	电感(电感式)

1.1.4 传感器技术的发展方向

现代科技水平的不断发展,为传感与测试技术水平的提高创造了物质条件;反之,拥有高水平的传感与测试技术又会促进新科技成果的不断出现和创新。这两者之间,相辅相成。大致进行归纳,传感与测试技术有以下几个方面的发展。

1. 测量仪器向高精度和多功能发展

测量仪器及整个测量系统性能的提高,使测得数据的可信度也相应提高。在产品研制过程中要进行大量实验,测量某些性能参数,然后对新测数据进行统计分析。在相同条件下要实验若干次,新测参数才能具有一定的可信度。仪器精度的提高,可减少实验次数,从而减少实验经费,降低产品成本。在科学技术进步与社会发展的过程中,会不断出现新领域、新事物,需要人们去认识、探索和开拓。为此,在提高测量仪器精度的同时,扩大仪器的功能也是目前的发展趋势。特别是计算机技术的发展也使传感与测试技术产生了革命性的变化,在许多测试系统中利用计算机而使仪器的测量精度更高,功能更全。

2. 参数测量与数据处理向自动化方向发展

一个产品的大型综合性实验,准备时间长,待测的参数多,少则有几十,多则有几百个数据通道。这些通道状态如果完全依靠人工检查,就要耗费很长时间;众多的数据若依靠手工去处理,不仅处理周期太长,处理结果精度也低。现代传感与测试技术的发展是采用以计算机为核心的自动测试系统,这种系统能实现自动校准、自动修正、故障诊断、信号调制、多路采集和自动分析处理,并能打印输出测试结果。

实现多参数的自动测量与处理,可以大大提高测量精度,缩短实验周期,加速产品的更新与开发。

3. 传感器向智能化、集成化、微型化、量子化、网络化的方向发展

传感器是信号检测的器具,精度高、灵敏度高且测量范围大及小型化是传感器的发展方向。新的材料特别是新型半导体材料方面的成就,已经促使发展了很多对力、热、光、磁等物理量及气体化学成分敏感的器件。光导纤维不仅可用来作信号传输,而且可作为物性型传感器。另一个引人注目的发展是由于微电子发展使得很有可能把某些电路乃至微处理器和传感测量部分做成一体,而使传感器具有放大、校正、判断和一定的信号处理功能,组成所谓的“智能传感器”。另外,现在的军用智能传感器还大量采用了并行处理、模式识别等先进的信息处理方式,为提高传感器的性能开辟了新的天地。

集成化是指将敏感元件、信号调理电路及电源等部分集成在一个芯片上,从而使检测及信号处理一体化。或者将多个相同传感器配置在同一个平面上形成阵列,或者是研制能检测两个