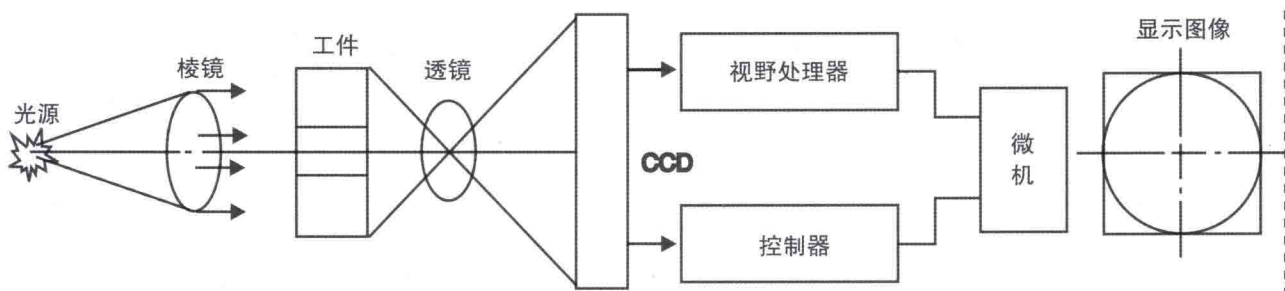


普通高等院校“十五”规划教材

现代传感 与检测技术

XIANDAI CHUANGAN YU JIANCE JISHU

■ 徐兰英 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等院校“十二五”规划教材

现代传感与检测技术

徐兰英 主 编

伍 强 副主编

国防工业出版社

· 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,对传感器原理讲清概念和结构,对传感器应用充分结合生产和工程实际,使教材具有一定的实用和参考价值,在编写过程中,注意补充新器件新技术的内容。第1章主要介绍传感器与检测技术的基础知识;第2章是检测系统的误差合成;第3章是关于传感器的弹性敏感元件的设计和材料;第4章至第10章介绍常见传感器的工作原理、测量电路及应用;第11章主要介绍传感器输出信号的调理电路;附录部分主要介绍传感器常见实验。

本教材适用面广,不仅可作为机械电子工程、机电一体化、自动控制技术等本科相关专业教材,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。

图书在版编目(CIP)数据

现代传感与检测技术/徐兰英主编. —北京:国防工业出版社,2015.4

ISBN 978-7-118-10016-7

I. ①现… II. ①徐… III. ①传感器 IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 065827 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14 $\frac{3}{4}$ 字数 330 千字

2015 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 29.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

21 世纪是人类社会全面进入电子化的信息时代,信息科学技术将迎来更快、更广泛的发展机遇。传感与检测技术不但是信息科学技术的最前端技术,而且随着物联网的实现,它将成为人们在信息科学技术领域争夺的一个制高点。未来,人类社会对传感与检测技术领域人才的需求量势必越来越大,为了适应人才培养的需要,高等学校工科专业加强学生传感与检测技术的教育势在必行。

本书集成了作者多年从事传感与检测技术类课程教学及项目研究的经验,并参考了目前市场上各类相关书刊,以加强工科学生传感与检测技术工程应用能力的培养为宗旨,使学生在传感器原理与特性、传感器输出信号的转换与处理以及传感器在现代检测系统中的应用等方面获得较完整的知识和技能,为日后更深入的学习和工作打下较好的基础。全书可分为 11 章。第 1 章主要介绍传感器与检测技术的基础知识,包括动态及静态特性和性能指标;第 2 章是检测系统的误差合成,包括系统误差的消除和随机误差的估计,测量数据的处理方法等;第 3 章是关于传感器的弹性敏感元件的设计和材料;第 4~10 章介绍常见传感器的工作原理、测量电路及应用,包括应变电阻式、电容式、电感式、热电式、压电式、磁电式、光电式、霍尔式、光纤式、超声波式、微波式、化学式及数字式等;第 11 章主要介绍传感器输出信号的调理电路,主要包括信号放大电路、信号转换电路、信号处理电路和传感器的补偿和抗干扰技术等;附录部分主要介绍传感器常见实验。

本书第 1 章、第 3 章和第 4 至第 8 章由广东技术师范学院徐兰英副教授编写;第 2 章和第 9 章至第 11 章由广东技术师范学院伍强副教授编写;传感器常见实验部分由广东技术师范学院庄智惠实验师编写。本书由华南理工大学叶邦彦教授负责审稿。

本书取材全面、内容丰富、系统性好、可读性强,文字简练、图示清晰、概念准确、便于阅读,欢迎应用型本科院校及其他相关高等院校师生及工程技术人员选用。由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 传感与检测技术基础	1
1.1 传感与检测的概念	1
1.1.1 检测技术	1
1.1.2 自动检测系统	1
1.2 传感器概论	2
1.2.1 传感器的定义	2
1.2.2 传感器的组成	2
1.2.3 传感器的分类	3
1.3 传感器与检测技术的发展方向	4
1.4 检测系统的静态特性与性能指标	6
1.4.1 测量范围	6
1.4.2 灵敏度	6
1.4.3 线性度	7
1.4.4 稳定性和漂移	8
1.4.5 回程误差	8
1.4.6 重复性	9
1.4.7 分辨力	9
1.4.8 精度	9
1.5 检测系统的动态特性与性能指标	10
1.5.1 微分方程	10
1.5.2 传递函数	11
1.5.3 频率响应函数	11
1.5.4 实现不失真测量的条件	13
习题	14
第 2 章 检测系统的误差合成	15
2.1 测量误差的基本概念	15
2.1.1 测量误差的名词术语	15

2.1.2	测量误差的分类	16
2.1.3	误差产生的原因	17
2.1.4	测量误差的表示方法	18
2.2	系统误差的消除方法	19
2.3	随机误差及其估算	21
2.3.1	随机误差的正态分布曲线	21
2.3.2	正态分布的随机误差的数字特征	22
2.3.3	正态分布的概率计算	22
2.4	测量误差的合成及最小二乘法的应用	24
2.4.1	测量误差的合成	24
2.4.2	最小二乘法的应用	25
2.4.3	回归分析	27
2.5	测量结果的数据处理	28
2.5.1	测量结果的表示方法与有效数字的处理原则	28
2.5.2	异常测量值的判别与舍弃	29
2.5.3	等精度测量结果的数据处理步骤	31
2.5.4	不等精度测量的权与误差	32
习题		33

第3章 弹性敏感元件设计

3.1	弹性敏感元件的基本特性	34
3.1.1	弹性特性	34
3.1.2	弹性滞后	35
3.1.3	弹性后效	35
3.1.4	固有振动频率	36
3.1.5	材料要求	36
3.2	敏感材料的转换功能	37
3.2.1	压-电转换功能	37
3.2.2	磁-电转换功能	37
3.2.3	光-电转换功能	38
3.2.4	热-电转换	38
3.3	半导体敏感材料	40
3.3.1	影响半导体物理性能的外场效应	40
3.3.2	常用半导体敏感材料	40
3.4	陶瓷敏感材料	41

3.4.1	压电陶瓷	41
3.4.2	热释电陶瓷	42
3.4.3	半导体陶瓷	42
3.5	有机敏感材料	42
3.5.1	有机热敏器件	43
3.5.2	压电性和热释电性高分子材料	44
3.6	形状记忆合金	44
	习题	45
第4章	电参量式传感器	46
4.1	电阻式传感器	46
4.1.1	金属电阻应变片	46
4.1.2	半导体应变片	47
4.1.3	应变片的命名	48
4.1.4	电阻式传感器的测量电路	49
4.1.5	电阻式传感器的应用	53
4.2	电容式传感器	56
4.2.1	电容式传感器的优点和缺点	56
4.2.2	电容式传感器的工作原理和结构	57
4.2.3	电容式传感器测量电路	62
4.2.4	电容式传感器应用举例	64
4.3	电感式传感器	67
4.3.1	自感式传感器	67
4.3.2	互感式传感器	70
4.3.3	电感式传感器的应用	73
4.4	电涡流式传感器	75
4.4.1	高频反射型电涡流式传感器	75
4.4.2	低频透射型电涡流式传感器	77
4.4.3	测量电路	77
4.4.4	应用举例	78
	习题	80
第5章	压电式传感器	82
5.1	压电效应和压电材料	82
5.1.1	压电效应	82

5.1.2	压电材料简介	82
5.1.3	石英晶体的压电特性	83
5.1.4	压电陶瓷的压电现象	84
5.2	压电式传感器等效电路和测量电路	85
5.2.1	压电式传感器的等效电路	85
5.2.2	压电式传感器测量电路	87
5.3	压电式力传感器的合理使用	89
5.4	压电式传感器应用	90
	习题	92
第 6 章	磁电式传感器	93
6.1	动圈式磁电传感器	93
6.2	磁阻式磁电传感器	94
6.3	磁电式传感器的测量电路	95
6.4	霍尔传感器	95
6.4.1	霍尔元件	95
6.4.2	霍尔集成传感器	99
6.4.3	霍尔传感器的应用	101
	习题	103
第 7 章	热电式传感器	104
7.1	热电偶传感器	104
7.1.1	热电偶工作原理	104
7.1.2	热电偶定律	105
7.1.3	热电偶的测温电路	107
7.1.4	热电偶的结构、种类和特点	108
7.1.5	应用热电偶的注意事项	111
7.1.6	应用举例	112
7.2	热电阻传感器	113
7.2.1	金属热电阻	113
7.2.2	热敏电阻	115
	习题	116
第 8 章	光电式传感器	117
8.1	光电效应和光电器件	117

8.1.1	光电效应	117
8.1.2	光电器件	119
8.1.3	光生伏特器件	119
8.1.4	光电耦合器件	121
8.1.5	电荷耦合器件(CCD)	124
8.1.6	光电式传感器的其他应用	127
8.2	光纤传感器	129
8.2.1	光纤传感器的组成	130
8.2.2	光纤传感器的分类	130
8.2.3	光纤传感器的工作原理	131
8.2.4	光纤传感器的实际应用	133
8.3	红外传感器	136
8.3.1	红外传感器	136
8.3.2	红外传感器的应用	137
8.4	编码器	138
8.4.1	光电式编码器的结构与分类	139
8.4.2	光电式编码器的工作原理	139
8.4.3	光电式编码器分辨力的提高方法	140
8.4.4	光电式编码器的应用	142
8.5	光栅式传感器	143
8.5.1	光栅的基本结构	143
8.5.2	光栅式传感器的结构	145
8.5.3	光栅式传感器工作原理	146
8.5.4	光栅传感器的应用	149
8.6	感应同步器	150
8.6.1	感应同步器的结构	150
8.6.2	感应同步器的工作原理	151
8.6.3	感应同步器的应用	152
8.7	容栅式传感器	153
8.7.1	容栅式传感器的基本结构及工作原理	153
8.7.2	容栅式传感器的特点	154
习题		155

第 9 章 超声波微波传感器 156

9.1	超声波传感器	156
-----	--------------	-----

9.1.1	超声检测的物理基础	156
9.1.2	超声波传感器原理与结构	157
9.2	微波传感器	158
9.2.1	波的基本知识	158
9.2.2	微波传感器及其分类	159
9.2.3	微波传感器的优点与存在问题	160
9.2.4	微波传感器的应用	160
习题		163
第 10 章	化学传感器	164
10.1	气敏传感器	164
10.1.1	气敏传感器基本概念	164
10.1.2	半导体气敏传感器的工作机理	165
10.1.3	半导体气敏传感器的主要参数	165
10.1.4	半导体气敏传感器的结构	166
10.1.5	气敏传感器的应用	167
10.2	湿敏传感器	167
10.2.1	湿度的表示方法	167
10.2.2	湿敏传感器的特性参数	167
10.2.3	半导体陶瓷湿敏电阻导电机理	169
10.2.4	常用半导体湿敏电阻	170
10.2.5	湿敏传感器的应用	171
习题		172
第 11 章	传感器应用技术	173
11.1	信号调理电路	173
11.1.1	信号调理电路的作用	173
11.1.2	测量电桥电路	174
11.1.3	信号放大器电路	177
11.1.4	信号滤波电路	180
11.1.5	信号转换电路	185
11.1.6	调制与解调	186
11.2	传感器中的接口技术	189
11.2.1	A/D、D/A 转换接口技术	189
11.2.2	异步串行通信及其接口技术	190

11.2.3 总线技术 193

11.3 传感器的补偿技术..... 195

11.3.1 非线性误差及补偿 195

11.3.2 温度误差及补偿 199

11.4 传感器的抗干扰技术..... 201

11.4.1 干扰的分类 201

11.4.2 干扰的耦合方式 204

11.4.3 抑制干扰的措施 206

习题..... 210

附录 传感器常见实验 212

实验一 金属箔式应变片——单臂电桥性能实验..... 212

实验二 金属箔式应变片——半桥性能实验..... 215

实验三 金属箔式应变片——全桥性能实验..... 216

实验四 电容式传感器的位移特性实验..... 218

实验五 霍尔转速传感器测速实验..... 220

实验六 光电转速传感器测速实验..... 221

参考文献 222

第 1 章 传感与检测技术基础

随着人类文明的发展,信息技术已成为当今全球性的战略技术,人类为认识世界和改造世界,尤其是提高生产效率和产品质量,越来越多地采用传感和检测技术。随着信息时代的高速发展,国内外对传感与检测技术越来越重视。传感与检测技术正深刻地影响着国民经济和国防建设的各个领域,为更好地掌握传感与检测技术,需掌握传感器的构成、检测系统的性能指标等基本知识,并对传感与检测技术的发展方向有较全面的了解。

1.1 传感与检测的概念

传感与检测是实现自动控制、自动调节的关键环节,它与信息系统的输入端相连,并将检测到的信号输送到信息处理部分,是感知、获取、处理与传输的关键。传感与检测技术是关于传感器设计制造及应用的综合技术,它是信息技术(传感与控制技术、通信技术、计算机技术)的三大支柱之一。

1.1.1 检测技术

检测技术是以研究自动检测系统中的信息提取、信息转换以及信息处理的理论和技术为主要内容的一门应用学科。传感器是检测系统的第一个环节,设计时要充分考虑被测量和被测对象的特点,在了解被测对象和各种传感器特性的基础上,根据被测量精度的要求、被测量变化范围、被测对象所处的环境条件、传感器的体积大小以及整个检测系统的性能要求等限制条件,合理地选择传感器。它所获得信息的正确与否决定了检测系统的精度。因此,传感器在检测系统中占有重要的位置。检测技术的任务是寻找与自然信息具有对应关系的种种表现形式的信号,以及确定二者间的定性、定量关系;从反映某一信息的多种信号表现中挑选出最恰当的表现形式,以及寻求最佳的采集、变换、处理、传输、存储、显示等方法 and 相应设备。

信息采集是指从自然界诸多被测量(物理量、化学量、生物量与社会量等)中提取有用的信息。信息变换是将所提取出的有用信息进行电量形式的幅值、功率等的转换。信息处理的任务,视输出环节的需要,可将变换后的电信号进行数字运算(求均值或峰值等)、模拟量/数字量变换等处理。信息传输是在排除干扰时,经济地、准确无误地把信息进行远、近距离的传递。信息存储和显示是借助相应的设备把上面传输的信息安全地存储和显示出来。

1.1.2 自动检测系统

自动检测系统是自动测量、自动计量、自动保护、自动诊断、自动信号处理等诸多系统

的总称。在上述诸系统中,都包含被测量、敏感元件、电子测量电路、电源和输出单元,其区别仅在于输出单元。如果输出单元是显示器或记录器,则系统叫做自动测量系统;如果输出单元是控制器或报警器,则系统称为自动保护系统或自动诊断系统。

一个完整的检测系统或装置通常由传感器、测量电路和显示记录等部分组成,分别完成信息获取、转换、显示和处理等功能,当然其中包括电源和传输通道等不可缺少的部分。图 1.1 给出了通常的检测系统组成框图,其中传感器是检测系统中最基本的元件,也是检测技术中的关键部分之一,直接关系到系统的测量范围、精度和可靠性。

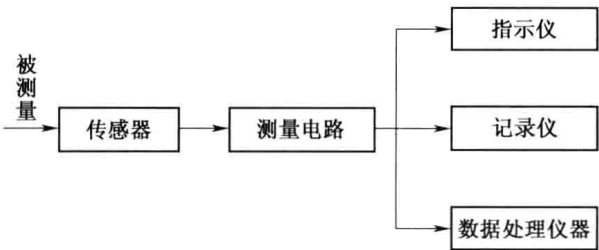


图 1.1 检测系统组成框图

1.2 传感器概论

1.2.1 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》(GB 7665—2005),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,通常由敏感元件和转换元件组成。”

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。

1.2.2 传感器的组成

传感器一般由敏感元件、转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 1.2 所示。

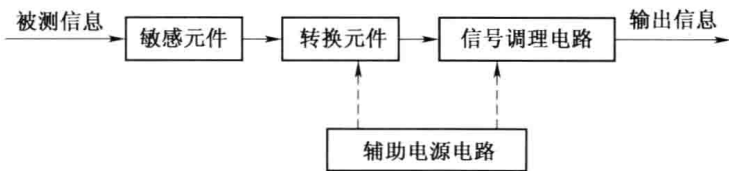


图 1.2 传感器组成框图

敏感元件是感受被测量,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是完全融为一体的。

转换元件又称传感元件,是传感器的重要组成部分。它可以直接感受被测量(一般为非电量)而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后面这种传感元件。

在信号调理与转换电路中,信号调理电路是对传感器的输出电信号作进一步的加工和处理,多数是进行电信号之间的转换,包括对信号的转换、放大、滤波等。通过信号的调理,把传感器输出的电量变成具有一定驱动和传输能力的电压、电流或频率信号等,最终获得便于传输、显示、记录以及作进一步后续处理的信号并推动后级的执行机构。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。

1.2.3 传感器的分类

传感器种类繁多,工作原理各种各样。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。常用的分类方法有以下几种。

1. 按被测量分类

按被测量分类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,可分为机械量、热工量、物性参量、状态参量等。

机械量:位移、力、力矩、转矩、速度、加速度、振动、噪声等。

热工量:温度、热量、流量(速)、风速、压力(差)、液位等。

物性参量:浓度、黏度、比重、酸碱度等。

状态参量:裂纹、缺陷、泄漏、磨损、表面质量等。

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和位置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,这种类型的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 是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。

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)

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;按照测量的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。本书选用第二种分类方法,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。

1.3 传感器与检测技术的发展方向

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;拥有高水平的传感与测量技术又会促进新科技成果的不断出现和创新。这两者相辅相成。传感与检测技术向以下几个方面发展。

1. 测量仪器的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,从而减少实验的经费,降低产品成本。在科学技术进步和社会发展过程中,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量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的自动化发展

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。现代传感与测量技术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。

3. 传感器向智能化、集成化、微型化、量子化、网络化发展

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甚至微型化是传感器的发展方向。新型材料特别是新型半导体材料方面的成就,已经促进发展了很多对力、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进行信号传输,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把某些电路乃至微处理器和传感测量部分很有可能做成一体,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“智能传感器”。智能传感器技术是一门涉及多种学科、多个领域的高新技术,随着当前科学技术的不断提高,其主要发展趋势是:微传感器系统、多传感器数据融合技术、网络化智能传感器系统、蓝牙传感器系统、生物传感器系统。与传统传感器相比,智能传感器具有精度高、可靠性与稳定性高、信噪比与分辨率高、自适应性强及性能价格比高等特点。另外,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。

模糊传感器是在传统数据检测的基础上,经过模糊推理和知识合成,以模拟人类自然语言符号描述的形式输出测量结果。它与一般的基于计算机的智能传感器的根本区别在于它具有实现学习功能的单元和符号产生及处理单元,能够实现专家指导下的学习和符号的推理及合成,从而使模糊传感器具有可训练性。经过学习与训练,使得模糊传感器能适应不同测量环境和测量任务的要求。

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以上不同物理量的传感器。

微型化传感器以 MEMS(Micro - Electro - Mechanical Systems)技术为基础,目前,已有许多较多成熟的微型传感器,如压力传感器、加速度传感器等。量子化是指利用量子力学的一些效应研制用于检测极端微弱信号的传感器,例如:利用核磁共振效应做成的磁敏传感器,可将量程扩展到地磁场的 10^{-7} ;利用约瑟夫森(Josephson)效应做成的热噪声传感器,可测出 10^{-6} K 的超低温等。

传感器技术的网络化主要是将传感器技术、通信技术以及计算机技术相结合,从而构成网络传感器,实现信息采集、传输和处理的一体化。网络传感器是指传感器在现场实现网络协议,使现场测控数据就近登录网络,在网络所能及的范围内实时发布和共享。网络传感器的产生使传感器由单一功能、单一检测向多功能和多点检测发展;从被动检测向主动进行信息处理方向发展;从就地测量向远距离实时在线测控发展;使传感器可以就近接入网络,传感器与测控设备间再无需点对点连接,大大简化了连接线路,节省投资,易于系统维护,也使系统更易于扩充。

此外,在机器人工程的发展中,需要研制灵敏度高、小型化、微型化的新型视觉、触觉、听觉、嗅觉传感器等。

4. 极端测量

一般常规测量技术相对比较成熟,而一些极端情况下的测量,例如超高温与超低温的

测量,大尺寸及微纳尺寸的测量,超高压力的测量等需要解决更多的技术问题。以压力测量为例,在火炮膛压测试技术中,常规火炮膛压小于 600MPa 的测试,采用铜柱(铜球)测压器或电测传感器均可满足要求。为提高火炮的射程和射击精度,增大威力,在高膛压火炮的研究中,膛压可高达 800~1000MPa,并伴随着很高的冲击加速度。这就促使膛压测试技术要有相应的发展,研制量程更大的压力传感器以及配套的压力动态标定装置,而且研制的测压传感器和测温传感器要能在高冲击加速度下稳定工作。

1.4 检测系统的静态特性与性能指标

静态检测是指测量时,检测系统的输入/输出信号不随时间变化或者变化很缓慢。静态检测时,系统所表现出的响应特性称为静态响应特性。通常用来衡量静态响应特性的指标有测量范围、灵敏度、非线性度、回程误差等。一般用标定曲线来评定检测系统的静态特性,理想的线性装置的标定曲线是直线,而实际检测系统的标定曲线并非如此,通常采用静态测量的方法求取输入/输出关系曲线,作为标定曲线。多数情况还需要按最小二乘法原理求出标定曲线的拟合直线。

1.4.1 测量范围

检测系统能正常测量的最小输入量和最大输入量之间的范围。

1.4.2 灵敏度

灵敏度指输出的增量与输入的增量之比,即

$$S = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \tag{1-1}$$

如图 1.3(a)所示,线性系统的灵敏度 S 为常数,即输入输出关系直线的斜率 $k = \frac{y-y_0}{x}$,斜率越大,其灵敏度就越高。非线性系统的灵敏度 S 是变量,是输入输出关系曲线的斜率,如图 1.3(b)所示,输入量不同,灵敏度就不同,即用 $\Delta y/\Delta x$ 表示传感器在某一工作点的灵敏度。

通常用拟合直线的斜率表示系统的平均灵敏度。要注意灵敏度越高,就越容易受外界干扰的影响,系统的稳定性就越差,测量范围相应就越小。

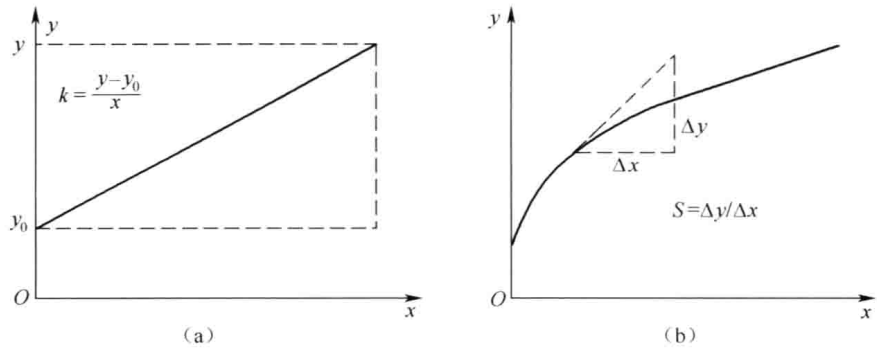


图 1.3 灵敏度定义