

CEKONG JISHU YU YIQI

测控技术与仪器专业

本科系列教材

# 传感技术

Chuangan Jishu

主 编 胡向东 刘京诚

副主编 蔡 军 彭向华 吕霞付

CEKONG JISHU YU YIQI

重庆大学出版社

TP212  
110

# 传感技术

主 编 胡向东 刘京诚  
副主编 蔡 军 彭向华 吕霞付

重庆大学出版社

## 内 容 提 要

本书全面介绍了传感技术的基本概念、基本原理和典型应用。在结构上分为概述、传感技术基础、传感器基本特性、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、热电式传感器、光电式传感器、红外传感器、微波传感器、超声波传感器、数字式传感器、化学传感器、生物传感器和智能式传感器。本书特色鲜明,内容先进、新颖、实用,重点突出、原理分析清楚;举例典型,紧扣原理,易于接受;语言简练,逻辑性强,可读性好,适合自学。

本书可作为高等院校测控技术与仪器、自动化、电气工程及其自动化、计算机应用、通信工程、生物医学工程等专业本科生教材,也可供从事传感与信息检测相关领域应用和设计开发的研究人员、工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

传感技术/胡向东,刘京诚主编. —重庆:重庆大学出版社,2006.2

(测控技术与仪器专业本科系列教材)

ISBN 7-5624-3583-9

I. 传... II. ①胡...②刘... III. 传感器—高等学校—教材 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 003761 号

## 传 感 技 术

主 编 胡向东 刘京诚

副主编 蔡 军 彭向华 吕霞付

责任编辑:何建云 彭 宁 版式设计:彭 宁

责任校对:李定群 责任印制:秦 梅

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鹤盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(市场营销部)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

\*

开本:787×1092 1/16 印张:17.5 字数:437千

2006年2月第1版 2006年2月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 7-5624-3583-9 定价:22.00元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换  
版权所有,请勿擅自翻印和用本书  
制作各类出版物及配套用书,违者必究

# 前言

自从有了计时、剩余产品交换等活动以来,传感与检测技术就与人类的生产活动、科学实验、日常生活的各个方面息息相关;现在,传感技术早已渗透到工农业生产、环境保护、资源调查、医学诊断、生物工程、宇宙开发、海洋探测甚至文物保护等极其广泛的领域,传感技术与计算机、通信和自动控制技术一起构成一条从信息采集、处理、传输和应用的完整信息链。随着人类社会进入信息时代,以信息的获取、转换、显示和处理为主要内容的传感与检测技术已经发展成为一门完整的技术学科,测量科学已成为现代化生产的五大支柱之一,也是整个科学技术和国民经济的一项重要技术基础。在发展国民经济、推动社会进步方面起到了极为重要的作用,而且随着人类认识范围的扩大,这种作用将愈加重要。

在传感技术得到广泛应用、并将得到更大发展的背景下,系统地学习传感技术基本概念及各类传感器的工作原理及其应用方法,已成为从事信息类相关学科工作人员的必要选择。本书是作者根据自己多年的教学和科研工作实践,在学习、总结众多国内外有关传感器与自动检测技术科学文献基础上,特别针对当前传感技术及其应用的发展趋势和教学工作的需要完成了本书的编撰工作。本书是按照 48~64 学时的教学时数要求编写的,在编写过程中,作者力求实现:技术内容体现先进性、结构原理体现清晰性、应用方法体现典型性;在表达上力求通俗易懂、言简意赅、层次清晰、重点突出。

本书全面介绍了传感技术的基本概念、基本原理和典型应用。在体系上分为概述、传感技术基础、传感器基本特性、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、热电式传感器、光电式传感器、红外传感器、微波传感器、超声波传感器、数字式传感器、化学传感器、生物传感器和智能式传感器。各个章节自成一体,可以根据教学需要进行适当组合。

本书特色鲜明,根据教材的需要进行编排和设计,重点突出、原理分析透彻;语言简练、内容先进实用、逻辑性强;举例典型,紧扣内容,易于接受;可读性好、系统性强、适合自学。

本书可作为高等院校测控技术与仪器、自动化、电气工程及其自动化、计算机应用、通信工程、生物医学工程等专业本科生教材,也可供从事传感与信息检测相关领域应用和设计开发的研究人员、工程技术人员参考。

本书由胡向东和刘京诚担任主编,第1、3、4、5、6、7、9、12、14、17章由胡向东编写,第10章由刘京诚编写,第2、8、11章由蔡军编写,第13、15章由彭向华编写,第16章由吕霞付编写。胡向东负责全书的统稿。在这里要特别感谢参考文献中所列各位作者,包括众多未能在参考文献中一一列出资料的作者,正是因为他们各自领域的独到见解和特别的贡献为编写本书提供了宝贵的参考资料,使本书能够在总结现有成果基础上,汲取各家之长,形成一本具有自身特色的传感技术教材。

在本书编写过程中,所有参编人员竭诚合作、精益求精。同时得到了其他方面的广泛支持,包括重庆工学院的余成波教授、昆明理工大学的冯丽辉教授、广西工学院的韩俊峰教授等提供了珍贵的意见和建议,重庆大学出版社的编辑为本书的及时出版付出了辛勤的劳动,在此一并表示衷心的感谢。本书的编写得到了重庆市教委科技研究项目(项目号:040510)的部分资助。

本书另配有相应的CAI课件。读者如有需要,请向出版社免费索取。

传感技术内容丰富、应用广泛,且技术本身尚在不断发  
展,对本书的编写是作者在此领域的一次努力尝试,限于作者的水  
平和学识,书中难免存在疏漏和错误之处,诚望读者不吝赐教,  
以利修正,让更多的读者获益。联系的电子邮箱是:huxd@  
cqupt.edu.cn。

编 者

2005年9月

# 目 录

第1章 概述 .....	1
1.1 传感技术的地位和作用 .....	1
1.1.1 传感技术是产品检验和质量控制的重要 手段 .....	2
1.1.2 传感技术在系统安全经济运行监测中得到 广泛应用 .....	2
1.1.3 传感技术及装置是自动化系统不可缺少的 组成部分 .....	2
1.1.4 传感技术的完善和发展推动着现代科学技 术的进步 .....	2
1.2 传感技术基本概念 .....	3
1.3 传感器的分类 .....	4
1.4 传感技术的发展趋势 .....	5
1.4.1 传感器性能的改善 .....	5
1.4.2 开展基础理论研究 .....	6
1.4.3 传感器的集成化 .....	8
1.4.4 传感器的智能化 .....	8
思考题与习题 .....	9
第2章 传感技术基础 .....	10
2.1 能量变换与信号变换 .....	10
2.1.1 能量变换 .....	10
2.1.2 信号变换 .....	11
2.2 传感基本效应 .....	12
2.2.1 应变效应与压阻效应 .....	12
2.2.2 压电效应 .....	13
2.2.3 电磁效应 .....	13
2.2.4 热电效应 .....	13
2.2.5 光电效应 .....	14
2.2.6 吸附效应 .....	14

2.3	测量概论	15
2.3.1	测量	15
2.3.2	测量方法	15
2.3.3	测量系统	16
2.3.4	参数检测的一般方法	18
2.4	测量误差与数据处理	19
2.4.1	测量误差	19
2.4.2	粗大误差的处理准则	21
2.4.3	随机误差的统计处理	22
2.4.4	系统误差的判别与处理	26
2.4.5	不等精度测量的权与误差	27
2.4.6	测量误差的合成	28
2.4.7	测量误差的分配	29
2.4.8	通用误差数据处理方法	30
	思考题与习题	34
<b>第3章</b>	<b>传感器基本特性</b>	<b>35</b>
3.1	传感器的静态特性	35
3.1.1	线性度	35
3.1.2	灵敏度	37
3.1.3	迟滞	38
3.1.4	重复性	38
3.1.5	漂移	38
3.2	传感器的动态特性	39
3.2.1	传感器的数学模型	40
3.2.2	传递函数	41
3.2.3	频率响应函数	41
3.2.4	传感器的动态特性分析	42
3.2.5	实现不失真测量的条件	45
	思考题与习题	46
<b>第4章</b>	<b>应变式传感器</b>	<b>48</b>
4.1	工作原理	48
4.1.1	应变效应分析与灵敏度系数	48
4.1.2	电阻应变片种类	49
4.2	电阻应变片的温度误差及补偿	51
4.2.1	电阻应变片的温度误差	51
4.2.2	电阻应变片的温度误差补偿方法	52

4.3	测量电路	53
4.3.1	直流电桥	53
4.3.2	交流电桥	56
4.4	应变式传感器的应用	58
4.4.1	应变式力传感器	59
4.4.2	应变式压力传感器	61
4.4.3	应变式液体重量传感器	62
4.4.4	应变式加速度传感器	63
	思考题与习题	63
<b>第5章</b>	<b>电感式传感器</b>	<b>65</b>
5.1	变磁阻式传感器(自感式)	65
5.1.1	工作原理	65
5.1.2	输出特性	66
5.1.3	测量电路	69
5.1.4	变磁阻式传感器的应用	71
5.2	差动变压器式传感器(互感式)	71
5.2.1	变隙式差动变压器	71
5.2.2	螺线管式差动变压器	73
5.3	电涡流式传感器(互感式)	80
5.3.1	工作原理	80
5.3.2	等效电路	81
5.3.3	测量电路	82
5.3.4	电涡流式传感器的应用	83
	思考题与习题	84
<b>第6章</b>	<b>电容式传感器</b>	<b>85</b>
6.1	电容式传感器的工作原理	85
6.1.1	变极距型电容式传感器	86
6.1.2	变面积型电容式传感器	87
6.1.3	变介质型电容式传感器	88
6.2	变极距型电容式传感器的非线性	89
6.3	电容式传感器的等效电路	91
6.4	电容式传感器的信号调节电路	92
6.4.1	调频电路	92
6.4.2	运算放大器	93
6.4.3	二极管双T型交流电桥	93
6.4.4	脉冲宽度调制电路	94



6.5	电容式传感器的应用 .....	97
6.5.1	电容式压力传感器 .....	97
6.5.2	电容式加速度传感器 .....	97
6.5.3	电容式厚度传感器 .....	98
6.5.4	电容式料位传感器 .....	98
6.5.5	电容式位移传感器 .....	99
	思考题与习题 .....	100
<b>第7章</b>	<b>压电式传感器</b> .....	<b>101</b>
7.1	压电材料 .....	101
7.1.1	石英晶体(单晶体) .....	102
7.1.2	压电陶瓷(多晶体) .....	104
7.1.3	压电高分子材料 .....	105
7.1.4	压电材料的选取 .....	105
7.2	压电式传感器的等效电路 .....	107
7.3	压电式传感器的测量电路 .....	108
7.3.1	电荷放大器 .....	108
7.3.2	电压放大器 .....	109
7.4	压电元件的连接与变形 .....	111
7.4.1	压电元件的连接 .....	111
7.4.2	压电元件的变形 .....	112
7.5	压电式传感器的应用 .....	112
7.5.1	压电式力传感器 .....	112
7.5.2	压电式加速度传感器 .....	113
	思考题与习题 .....	114
<b>第8章</b>	<b>磁电式传感器</b> .....	<b>115</b>
8.1	磁电感应式传感器 .....	115
8.1.1	工作原理 .....	115
8.1.2	基本特性 .....	117
8.1.3	测量电路 .....	120
8.1.4	磁电感应式传感器的应用 .....	121
8.2	霍尔式传感器 .....	122
8.2.1	霍尔效应 .....	122
8.2.2	霍尔元件 .....	124
8.2.3	霍尔式传感器的应用 .....	127
	思考题与习题 .....	130

<b>第9章 热电式传感器</b> .....	131
9.1 热电偶 .....	131
9.1.1 热电偶测温原理 .....	131
9.1.2 热电偶的结构与种类 .....	138
9.1.3 热电偶的冷端温度补偿 .....	140
9.1.4 热电偶的实用测温线路 .....	143
9.1.5 热电偶的应用 .....	144
9.2 热电阻 .....	145
9.2.1 铂热电阻 .....	145
9.2.2 铜热电阻 .....	146
9.2.3 热电阻的测量电路 .....	146
9.3 热敏电阻 .....	148
9.3.1 热敏电阻的电阻-温度特性 .....	148
9.3.2 热敏电阻的应用 .....	149
思考题与习题 .....	150
<b>第10章 光电式传感器</b> .....	152
10.1 光电式传感器的基本形式 .....	153
10.2 光电效应与光电器件 .....	154
10.2.1 外光电效应型光电器件 .....	154
10.2.2 内光电效应型光电器件 .....	157
10.3 CCD 固体图像传感器 .....	164
10.3.1 CCD 的工作原理 .....	165
10.3.2 CCD 固体图像传感器的分类 .....	168
10.3.3 CCD 图像传感器的特性参数 .....	169
10.3.4 CCD 固体图像传感器的应用 .....	171
10.4 光纤传感器 .....	174
10.4.1 光导纤维 .....	174
10.4.2 光纤传感器 .....	176
思考题与习题 .....	181
<b>第11章 红外传感器</b> .....	183
11.1 红外传感器的工作原理 .....	183
11.1.1 红外辐射 .....	183
11.1.2 红外探测器 .....	184
11.2 红外传感器的应用 .....	186
11.2.1 被动式人体移动检测仪 .....	186
11.2.2 红外测温仪 .....	187
11.2.3 红外线气体分析仪 .....	188

思考题与习题 .....	189
<b>第 12 章 微波传感器</b> .....	190
12.1 微波传感器的原理和组成 .....	191
12.1.1 微波传感器的原理及分类 .....	191
12.1.2 微波传感器的组成 .....	191
12.1.3 微波传感器的特点 .....	192
12.2 微波传感器的应用 .....	192
12.2.1 微波液位计 .....	192
12.2.2 微波湿度传感器 .....	193
12.2.3 微波辐射计 .....	194
12.2.4 微波无损检测仪 .....	194
12.4.5 微波物位计 .....	195
12.4.6 微波定位传感器 .....	196
12.4.7 微波多普勒传感器 .....	196
思考题与习题 .....	197
<b>第 13 章 超声波传感器</b> .....	198
13.1 超声波传感器的工作原理 .....	198
13.1.1 超声波及其物理性质 .....	198
13.1.2 超声波传感器的工作原理 .....	200
13.2 超声波传感器的应用 .....	201
13.2.1 超声波测厚 .....	201
13.2.2 超声波测物位 .....	202
13.2.3 超声波测流量 .....	203
13.2.4 超声波探伤 .....	205
思考题与习题 .....	207
<b>第 14 章 数字式传感器</b> .....	208
14.1 编码器 .....	208
14.1.1 码盘式编码器 .....	209
14.1.2 脉冲盘式编码器 .....	213
14.2 计量光栅 .....	214
14.2.1 光栅的结构和工作原理 .....	214
14.2.2 计量光栅的组成 .....	216
14.3 数字式传感器的应用 .....	219
14.3.1 光电式编码器的应用 .....	219
14.3.2 计量光栅的应用 .....	220
思考题与习题 .....	221

<b>第 15 章 化学传感器</b> .....	222
15.1 气敏传感器 .....	222
15.1.1 气敏传感器的基本概念及分类 .....	222
15.1.2 半导体式气敏传感器的工作原理 .....	224
15.1.3 气敏传感器的应用 .....	229
15.2 湿敏传感器 .....	231
15.2.1 湿敏传感器的基本概念及分类 .....	232
15.2.2 常用湿敏传感器的基本原理 .....	233
15.2.3 湿敏传感器的应用 .....	238
思考题与习题 .....	240
<b>第 16 章 生物传感器</b> .....	241
16.1 概述 .....	241
16.1.1 生物传感器的定义 .....	241
16.1.2 生物传感器的特点 .....	242
16.1.3 生物传感器的发展 .....	243
16.2 生物传感器的基本原理 .....	244
16.2.1 生物分子特异性识别 .....	244
16.2.2 生物放大 .....	245
16.2.3 信号转换与处理 .....	245
16.3 生物传感器的分类 .....	246
16.3.1 生物传感器的分类 .....	246
16.3.2 几种主要的生物传感器 .....	247
16.4 生物传感器的应用 .....	249
16.4.1 食品工业 .....	249
16.4.2 环境监测 .....	250
16.4.3 发酵工业 .....	251
16.4.4 医学领域 .....	251
思考题与习题 .....	253
<b>第 17 章 智能式传感器</b> .....	254
17.1 概述 .....	254
17.1.1 智能式传感器的分类 .....	255
17.1.2 智能式传感器的构成 .....	255
17.1.3 智能式传感器的功能 .....	256
17.1.4 智能式传感器的特点 .....	256

17.2 非集成智能式传感器 .....	257
17.2.1 实现方式 .....	257
17.2.2 典型应用 .....	258
17.3 集成智能式传感器 .....	259
17.3.1 实现方式 .....	259
17.3.2 典型应用 .....	260
17.4 智能式传感器的发展趋势 .....	262
17.4.1 物理机理的再认识 .....	262
17.4.2 多传感器数据融合技术 .....	262
17.4.3 微传感器系统 .....	263
17.4.4 网络化智能式传感器系统 .....	263
思考题与习题 .....	264
参考文献 .....	265

# 第 1 章 概 述

## 1.1 传感技术的地位和作用

客观世界的一切物质或系统都以不同形式在不断地运动,运动着的物质或系统都将以一定的能量或状态表现出来,这就是信号。人类社会在发展过程中,需要不断地认识自然与改造自然,这种认识与改造必然伴随着对各种信号的感知和测量。随着人类社会进入信息时代,信息在人类社会生活中的作用显得越来越重要,正是基于这样的背景,计算机技术和网络技术得到了空前的发展,但是信息给我们带来好处的前提是我们首先要能采集、获取到准确可靠的信息,因为在人类的各项生产活动和科学实验中,为了了解和掌握整个过程的进展及其最后结果,需要对各种基本参数进行检查和测量,从而获得必要的信息,并将之作为分析判断和决策的依据。可以认为传感技术就是人们为了对被测对象所包含的信息进行定性的了解和定量的掌握所采取的一系列技术措施。信息采集就是测量并取得测量结果的过程,这个过程伴随着相应传感技术的应用,完成相应传感功能的器件或装置统称为传感器。

传感器起源于仿生研究。每一种生物要完成自己的生命周期,都需要经常地与周围环境交换信息,因此都有自己的感知周围环境和自身的器官或组织,如人有眼、耳、口、鼻、皮肤等,能够获取视觉、听觉、味道、嗅觉、触觉等信息。

传感器位于研究对象与测控系统的接口位置,是感知、获取与检测信息的窗口。一切科学实验和生产过程,特别是在自动检测和自动控制系统中要获取的信息,都要通过传感器转换为容易传输和处理的电信号。传感技术可以给人们带来巨大的经济效益和社会效益,一个国家的现代化水平是用自动化水平来衡量的,而自动化水平是用仪表及传感器的种类和数量多少来衡量的,科技越发达,自动化程度越高,对传感器的依赖也就越强烈。这也是自 20 世纪 80 年代以来,世界各国都将传感技术列为重点优先发展的高技术的原因。

自古以来,传感与检测技术就渗透到人类的生产活动、科学实验、日常生活的各个方面,如计时、产品交换、气候和季节的变化规律等;现在,测量科学已成为现代化生产的五大支柱之一,也是整个科学技术和国民经济的一项重要技术基础,它对促进生产力发展与社会进步起到

重要作用。在基础学科研究领域,如宏观上要观察上千光年的茫茫宇宙;微观上要观察小到 $10^{-13}$  cm的粒子世界;要观察长达数十万年的天体演化,短到 $10^{-24}$  s的瞬间反应;为深化物质认识、开拓新能源、新材料等需要的各种极端技术,如超高温、超低温、超高压、超高真空、超强磁场、超弱磁场等,要获取大量人类感官无法直接获取的信息,没有相应的传感技术的支撑和传感器的利用是不可能的。许多基础科学研究的障碍,首先就在于研究对象的信息获取存在困难,而一些新机理和高灵敏度的传感器的出现,往往会带来该领域研究的突破;传感技术的发展,往往是一些边缘学科发展的先驱。我国所确定的八个高技术领域(信息技术、生物技术、新材料技术、先进制造与自动化技术、资源环境技术、航天航空技术、能源技术、先进防御技术)都离不开传感技术和计量测试与仪器仪表的保障作用。

以信息的获取、转换、显示和处理为主要内容的传感技术已经发展成为一门完整的技术学科,在促进生产力发展和科技、社会进步的广阔领域内发挥着重要作用。

### 1.1.1 传感技术是产品检验和质量控制的重要手段

基于传感技术发展起来的在线检测技术使检测和生产加工同时进行,能够及时、主动地用检测结果对生产过程进行控制,使之适应生产条件的变化或自动地调整到最佳状态,从而实现质量控制的目的。

### 1.1.2 传感技术在系统安全经济运行监测中得到广泛应用

保证系统(特别是一些大型设备所组成的系统)的正常运行在国民经济中具有重大的意义。为此,通常设置故障监测系统对温度、压力、流量、转速、振动和噪声等多种参数进行长期动态监测,以便及时发现异常情况,加强故障预防,达到早期诊断的目的。这有助于避免严重的突发事件,保证设备和人员的安全,提高经济效益。即使设备发生故障,也可从监测系统提供的数据找出故障原因,缩短检修周期,提高检修质量。随着计算机技术的发展,这类监测系统已发展为故障自诊断系统,即采用计算机来处理检测信息,进行分析、判断,及时诊断出设备故障并自动报警或采取相应的对策。

### 1.1.3 传感技术及装置是自动化系统不可缺少的组成部分

自动化就是用各种技术工具与方法代替人来完成检测、分析、判断和控制工作。相应地,一个自动化系统通常由多个环节组成,分别完成信息获取、信息转换、信息处理、信息传送和信息利用等功能。在实现自动化的过程中,信息的获取与转换是其重要的组成环节,只有精确及时地将被控对象的各项参数检测出来并转换成易于传送和处理的信号,整个系统才能正常工作。因此,传感技术及装置是自动化系统中不可缺少的组成部分。

### 1.1.4 传感技术的完善和发展推动着现代科学技术的进步

人们在自然科学各个领域内从事的研究工作,一般是利用已知的规律对观测、试验的结果进行概括、推理,从而对所研究的对象取得定量的概念并发现它的规律性,然后上升为理论。因此,现代化检测手段所达到的水平很大程度上决定了科学研究的深度和广度。检测技术达到的水平越高,提供的信息越丰富可靠,科学研究取得突破性进展的可能性就越大。另外,理论研究成果也需要通过实验或观测来加以验证,同样离不开必要的传感技术。

现在,传感技术早已渗透到工业生产、环境保护、资源调查、医学诊断、生物工程、宇宙开发、海洋探测甚至文物保护等极其广泛的领域,在发展国民经济、推动社会进步方面起到了极为重要的作用,而且随着人类认识范围的扩大,这种作用将愈加重要。现代化生产和科学技术的发展不断地对传感技术提出新的要求,成为促进传感技术发展的动力。科学技术的新发现和新成果不断地应用于传感技术中也有力地推动着传感与检测技术的现代化。传感技术与现代化生产和科学技术的密切关系,使它成为一门十分活跃的技术学科,几乎渗透到人类的一切活动领域,发挥着越来越重要作用。

## 1.2 传感技术基本概念

传感技术与信息学科紧密相关,是自动检测和自动转换技术的总称。它是以研究自动检测系统中的信息获取、信息转换和信息处理的理论和技术为主要内容的一门技术性学科,与计算机、通信和自动控制技术一起构成一条从信息采集、处理、传输和应用的完整信息链。

信息获取是指用检测系统从被测量(如物理量、化学量、生物量、社会量等)中提取出有用信息的过程,一般将信息获取的结果转化为电信号,因为电信使用最普遍。

信息转换是将所获取的电信号,根据下一环节的需要,在幅值、功率及精度等方面进行处理和转换。

信息处理就是根据输出环节的需要,将变换后的电信号进行数字运算、A/D 变换等处理。

信息传输的任务是在排除干扰的情况下准确、经济地进行信息传递。

传感器是能感受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。传感器是实现传感功能的基本部件。传感器技术的共性,就是利用物理定律和物质的物理、化学或生物特性,将非电量(如位移、速度、加速度、力等)转换成电量(电压、电流、电容、电阻等)。这里涉及变量的分类问题,如图 1.1 所示。

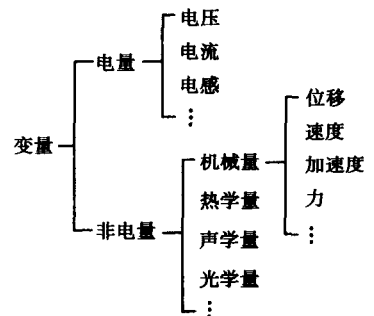


图 1.1 变量分类

由传感器的定义可知,传感器要完成两个方面的功能:检测和转换。因此,传感器通常由敏感元件和转换元件组成。敏感元件是传感器中能直接感受(或响应)被测信息(非电量)的元件(如传感器中的弹性元件)。转换元件则是指传感器中能将敏感元件的感受(或响应)信息转换为电信号的部分(如应变式传感器中的电阻应变片)。

值得指出的是,并不是所有的传感器都能明显地区分这两个部分,如半导体气敏或湿度传感器、热电偶、压电晶体、光电器件等,它们一般是将感受到的被测量直接转换为电信号,即将敏感元件和转换元件两者的功能合二为一了。

由以上分析可知,传感器一般由敏感元件和转换元件组成。但这种组成的传感器通常输出信号较弱,还需要信号调节与转换电路(或称信号调理电路)将输出信号进行放大并转换为容易传输、处理、记录和显示的形式。信号调理电路的作用主要可从两个方面来理解:一是把来自传感器的信号进行转移和放大,使其更适合于作进一步处理和传输,多数情况下是将各种



电信号转换为电压、电流等少数几种便于测量的电信号；二是进行信号处理，即对经过调理的信号，进行滤波、调制和解调、衰减、运算、数字化处理等。常见的信号调节与转换电路有放大器、电桥、振荡器、电荷放大器等。另外，传感元件和信号调节与转换电路还需要辅助电源。传感器的典型组成如图 1.2 所示。

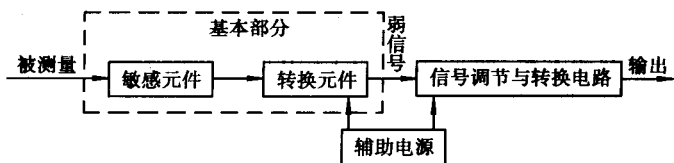


图 1.2 传感器的组成

传感器的输出信号一般为电信号，由于不同种类的传感器的检测原理各不相同，因此它们输出的电信号也有多种形式（每一种传感器的具体电信号输出形式取决于其工作原理），如图 1.3 所示。

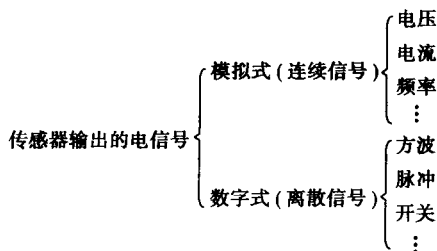


图 1.3 输出信号的分类

### 1.3 传感器的分类

作为实现传感功能的基本器件，传感器的分类方法很多，可按传感器的构成、输入量、输出量、基本效应、工作原理、能量变换关系等分类。其中按输入量和工作原理的分类方式应用较为普遍。

#### (1) 按传感器的构成进行分类

根据传感器的构成，可将传感器分为物性型和结构型。

物性型传感器是指依靠传感转换元件的物理特性变化来实现信号的转换，如水银温度计。

结构型传感器是指依靠传感转换元件的结构参数变化来实现信号的转换，如变极距型电容式传感器就是通过极板间距的变化来实现对位移等物理量的测量。

#### (2) 按传感器的输入量（即被测参数）进行分类

按输入量分类的传感器以被测物理量命名，如位移传感器、速度传感器、温度传感器、压力传感器等。这种分类方法通常在讨论传感器的用途时使用。

#### (3) 按传感器的输出量进行分类

传感器按输出量可分为模拟式传感器和数字式传感器两类。模拟式传感器是指传感器的输出信号为模拟量。数字式传感器是指传感器的输出信号为数字量。