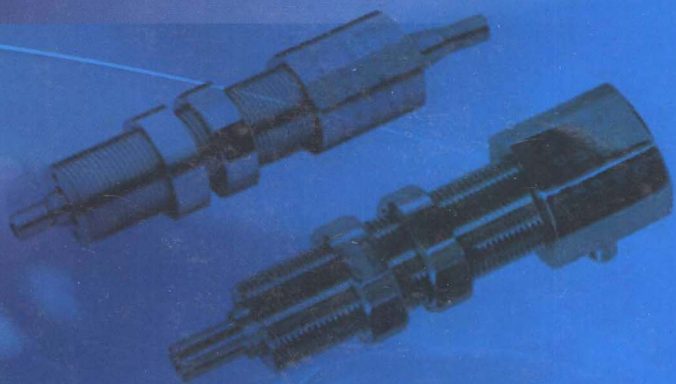


传感器原理与 实用技术

王雅芳 编著



本书配电子课件

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



传感器原理与实用技术

王雅芳 编著



机械工业出版社

本书主要介绍了传感器的基本知识、工作原理、转换电路及其在工业等领域的应用和检测方法。本书主要内容包括传感器的基本特性、应变式传感器及其应用、电感式传感器及其应用、电容式传感器及其应用、超声波传感器及其应用、霍尔传感器及其应用、热电式传感器及其应用、光电式传感器及其应用、传感器接口电路等。

本书突出了新技术、新器件在传感器自动检测领域的新应用,具有较强的实用性,能帮助读者提高理论联系实际的能力。本书可作为高职高专电子与信息技术应用专业、机电一体化、电气技术及相关专业的通用教材,也可作为电气类有关工程技术人员的培训教材和高职电气、电子、机电类实训教师的技术参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

传感器原理与实用技术/王雅芳编著. —北京:机械工业出版社, 2014. 7

ISBN 978-7-111-46657-4

I. ①传… II. ①王… III. ①传感器 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 092928 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:阎洪庆

版式设计:常天培 责任校对:纪敬

封面设计:路恩中 责任印制:刘岚

北京中兴印刷有限公司印刷

2014 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 15.5 印张 · 374 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-46657-4

定价: 39.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010)88361066 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010)68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010)88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010)88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

传感器技术是测量技术、半导体技术、微电子学、光学、声学、精密机械、仿生学和材料学等众多交叉学科的综合型前沿高新技术之一，是自动检测和自动控制技术不可缺少的重要组成部分。传感器在工业部门的应用普及被作为衡量一个国家智能化、数字化、网络化的重要标志。传感器已渗透到工业生产、环境探测、生物工程、医学诊断及智能化控制生产领域。几乎每一种现代化项目都离不开各种各样的传感器。

本书从行业从业人员和电子爱好者的实际需要出发，简单介绍了工业常用传感器的工作原理、测量转换电路，并从理论联系实际，以技术应用为主的出发点着重介绍传感器的应用。在内容上力求简洁实用、通俗易懂、图文并茂、点面结合，以达到举一反三、融会贯通的目的，不仅能为初学者打下坚实的基础，而且可帮助行业技术人员提高应用能力和解决实际问题的能力，通过对各种传感器快速有效地掌握，可以快速投入到实际的开发工作中去。本书具有极高的实用性、可操作性。

本书还根据国家职业标准，结合企业生产实际，介绍了常见的传感器的接口电路和其他较新型的智能化、多功能化传感器。

本书可作为高职高专电子与信息技术应用专业、电气技术及相关专业的教材，也可作为有关工程技术人员的培训教材及高职电气、电子、机电类实训教师的技术参考书。

本书由福建水利电力职业技术学院王雅芳编写。由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
★1.1 传感器概述	2
1.1.1 传感器的组成和定义	2
1.1.2 传感器的作用	3
1.1.3 传感器的分类	4
1.1.4 传感器的代号和图形符号	6
★1.2 传感器的基本特性	7
1.2.1 传感器的静态特性	8
1.2.2 传感器的动态特性	15
1.3 传感器的应用领域及发展趋势	17
1.4 传感器的选用	19
第 2 章 应变式传感器及其应用	21
★2.1 应变式传感器原理	21
2.1.1 金属的电阻应变效应	21
2.1.2 硅的压阻效应	22
2.1.3 弹性敏感元件的基本特性	26
★2.2 电阻应变片的结构及主要特性	30
2.2.1 金属丝应变片	31
2.2.2 金属箔式应变片	36
★2.3 电阻传感器的温度误差及其补偿	37
2.3.1 温度误差	37
2.3.2 温度补偿	38
★2.4 电阻传感器测量电路	41
2.4.1 等臂电桥	41
2.4.2 第一对称电桥	43
2.4.3 第二对称电桥	43
★2.5 应变式传感器的应用	44
2.5.1 应变式测力与称重传感器	44
2.5.2 应变式压力传感器	46
2.5.3 应变式加速度传感器	47

2.5.4 扩散硅压力传感器	47
第3章 电感式传感器及其应用	49
★3.1 自感式传感器的工作原理	49
3.1.1 变气隙式电感传感器	50
3.1.2 螺线管式电感传感器	53
3.1.3 差动变压器式传感器	55
3.1.4 电涡流式传感器	60
★3.2 自感式传感器的测量电路	63
3.2.1 电感式传感器的等效电路	63
3.2.2 交流电桥式测量电路	64
★3.3 自感式传感器的应用	69
3.3.1 变磁阻式传感器的应用	69
3.3.2 差动变压器式传感器的应用	70
3.3.3 电涡流式传感器的应用	70
第4章 电容式传感器及其应用	73
★4.1 电容式传感器工作原理	73
4.1.1 电容式传感器的工作原理和结构	73
4.1.2 变极距型电容式传感器	74
4.1.3 变面积型电容式传感器	75
4.1.4 变介质型电容式传感器	77
4.1.5 电容式传感器的灵敏度及非线性	79
★4.2 电容式传感器的测量电路	80
4.2.1 等效电路	80
4.2.2 测量电路	81
★4.3 电容式传感器的应用	85
4.3.1 差动电容式压力传感器	85
4.3.2 电容式加速度传感器	86
4.3.3 差动式电容测厚传感器	87
4.3.4 电容式液位限位传感器	88
4.3.5 电容式油量传感器	89
第5章 超声波传感器及其应用	90
★5.1 超声波的基本知识	90
5.1.1 超声波及其物理性质	90
5.1.2 超声波的超声效应	93
★5.2 超声波传感器的工作原理	94

5.2.1	超声波传感器概述	94
5.2.2	超声波传感器的类型与组成	95
5.2.3	超声波传感器检测范围	96
5.2.4	超声波换能器	96
★5.3	超声波传感器的应用	97
5.3.1	超声波物位传感器	97
5.3.2	超声波流量传感器	98
5.3.3	超声波传感器探伤	99
5.3.4	超声波测厚	100
5.3.5	超声波测液体密度和液位	100
第6章	霍尔传感器及其应用	102
★6.1	霍尔传感器及其集成电路	102
6.1.1	霍尔效应	102
6.1.2	磁阻效应	104
6.1.3	霍尔元件基本结构	104
6.1.4	电磁特性	105
6.1.5	霍尔元件的主要特性参数	106
6.1.6	霍尔集成传感器	108
★6.2	霍尔传感器的工作原理	111
6.2.1	霍尔元件的测量电路	111
6.2.2	霍尔元件补偿	111
★6.3	霍尔传感器的应用	113
6.3.1	霍尔式微位移传感器	114
6.3.2	霍尔式转速传感器	115
6.3.3	霍尔计数装置	115
6.3.4	霍尔转速表	116
第7章	热电式传感器及其应用	117
★7.1	热电偶的原理、结构及测量电路	117
7.1.1	热电偶测温的基本原理	117
7.1.2	热电偶的结构和种类	120
7.1.3	热电偶的冷端温度补偿	123
7.1.4	热电偶的测量电路	128
★7.2	热电阻的原理、结构及测量电路	131
7.2.1	常用的热电阻传感器及其性能	131
7.2.2	热电阻传感器的结构形式	132
7.2.3	热电阻传感器的测量线路	133

★7.3	热电式传感器的应用	134
7.3.1	金属热电阻式温度传感器	134
7.3.2	半导体热敏电阻器	138
7.3.3	PN 结型测温传感器	145
7.3.4	集成电路温度传感器	149
7.3.5	热释电式传感器	155
第 8 章	光电式传感器及其应用	159
★8.1	光电器件	159
★8.2	光敏电阻	160
8.2.1	光敏电阻的结构与工作原理	160
8.2.2	光敏电阻的主要参数	161
8.2.3	光敏电阻的基本特性	161
★8.3	光敏二极管和光敏晶体管	163
8.3.1	结构原理	163
8.3.2	基本特性	164
★8.4	光电池	167
★8.5	光耦合器件	170
8.5.1	光耦合器	170
8.5.2	光电开关	170
★8.6	电荷耦合器件	171
★8.7	光电传感器的应用	176
8.7.1	火焰探测报警器	176
8.7.2	光电式纬线探测器	176
8.7.3	燃气器具中的脉冲点火控制器	177
8.7.4	CCD 图像传感器的应用	177
★8.8	光纤传感器	178
8.8.1	光纤结构及其传光原理	178
8.8.2	光纤基本特性	179
8.8.3	光纤传感器的工作原理、组成与应用	180
第 9 章	传感器接口电路	183
★9.1	传感器信号的特点和处理方法	183
9.1.1	传感器信号的特点	183
9.1.2	传感器信号的处理方法	184
★9.2	传感器常用的典型接口电路	184
9.2.1	电桥电路	184
9.2.2	信号放大接口电路	187

9.2.3	A-D 转换接口电路	188
9.2.4	电压-频率转换电路	189
★9.3	噪声抑制电路	190
9.3.1	噪声来源分析	190
9.3.2	噪声抑制的方法	192
第 10 章	其他类型传感器	196
★10.1	磁电式传感器	196
10.1.1	磁电式传感器的工作原理	196
10.1.2	磁电式传感器的基本特性	197
10.1.3	磁电式传感器的测量电路	199
10.1.4	磁电式传感器的应用	199
★10.2	光栅传感器	200
10.2.1	光栅分类及结构	200
10.2.2	光栅的基本工作原理	202
10.2.3	光栅传感器的组成	203
10.2.4	光电转换原理	206
10.2.5	辨向原理	206
★10.3	生物传感器	207
10.3.1	概述	207
10.3.2	生物传感器的工作原理及结构	207
★10.4	红外传感器	208
10.4.1	红外辐射	208
10.4.2	红外探测器	209
10.4.3	红外传感器的应用	210
★10.5	微波传感器	212
10.5.1	微波传感器的分类	212
10.5.2	微波传感器的组成	212
10.5.3	微波传感器的特点	213
10.5.4	微波传感器的应用	213
★10.6	气敏传感器	216
10.6.1	半导体气敏元件的分类及必备条件	216
10.6.2	表面控制型电阻式半导体气敏元件	217
10.6.3	基于 MEMS 的新型微结构气敏传感器	220
★10.7	湿敏传感器	223
10.7.1	湿度及其表示	223
10.7.2	对湿敏传感器的基本要求	224
10.7.3	电阻式湿敏传感器	224
10.7.4	电容式湿敏传感器	226

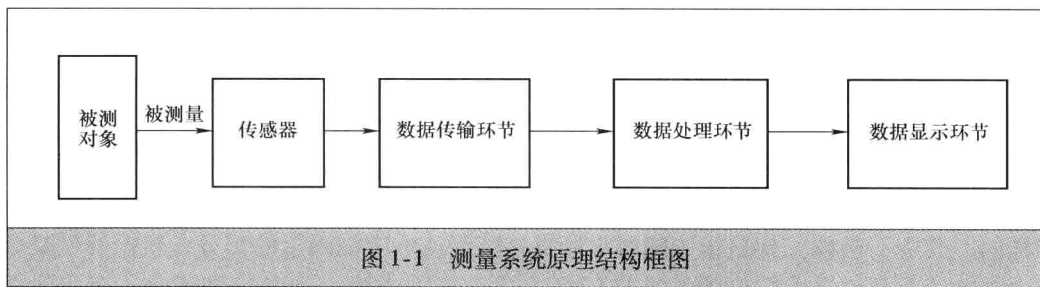
10.7.5 电解质式湿度传感器	227
★10.8 智能式传感器	227
10.8.1 智能传感器的功能和构成	228
10.8.2 传感器的智能化概念	229
10.8.3 传感器的智能化实例	230
10.8.4 集成智能传感器的发展方向	230
10.8.5 智能传感器的研究热点	231
10.8.6 集成智能传感器系统举例	232
★10.9 常用传感器应用实例	234
10.9.1 电阻应力传感器制作电子秤	234
10.9.2 水位指示传感器	235
10.9.3 热释电红外探头报警器	235
10.9.4 超声波遥控照明	237
参考文献	238

绪 论

在科学技术高度发达的现代社会中，人类已进入瞬息万变的信息时代。人们在从事工业生产和科学实验等活动中，主要依靠对信息资源的开发、获取、传输和处理。传感器处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，特别是自动检测和自动控制系统要获取的信息，都要通过传感器将其转换为容易传输与处理的电信号。在工程实践和科学实验中提出的检测任务是正确及时地掌握各种信息，大多数情况下是要获取被测对象信息的大小，即被测量的大小。而参数承载了信息而成为信号，选择其中适当参数作为测量信号，例如热电偶温度传感器的工作参数是热电偶的电动势，差压流量传感器中的孔板工作参数是差压 ΔP 。测量过程就是传感器从被测对象获取被测量的信息，建立起测量信号，经过变换、传输、处理，从而获得被测量的量值。

“测量系统”这一概念是传感技术发展到现在一定阶段的产物。在工程中，需要有传感器与多台仪表组合在一起，才能完成信号的检测，这样便形成了测量系统。尤其是随着计算机技术及信息处理技术的发展，测量系统所涉及的内容也不断得以充实。

测量系统是传感器与测量仪表、变换装置等的有机组合。图 1-1 所示为测量系统原理结构框图。



系统中的传感器是感受被测量的大小并输出相对应的可用输出信号的器件或装置。数据传输环节用来传输数据。当测量系统的几个功能环节独立地分隔开的时候，则必须由一个地方向另一个地方传输数据，数据传输环节就是完成这种传输功能的。传输通道将测量系统各环节间的输入、输出信号连接起来，通常用电缆连接，或用光导纤维连接，以用来传输数据。

数据处理环节是将传感器输出信号进行处理和变换。如对信号进行放大、运算、线性化、数—模或模—数转换，变成另一种参数的信号或变成某种标准化的统一信号等，使其输出信号便于显示、记录，既可用于自动控制系统，也可与计算机系统连接，以便对测量信号进行信息处理。

数据显示环节将被测量信息变成人感官能接受的形式,以完成监视、控制或分析的目的。测量结果可以采用模拟显示,也可采用数字显示或图形显示,还可以由记录装置进行自动记录或由打印机将数据打印出来。

☆☆☆ 1.1 传感器概述 ☆☆☆

★1.1.1 传感器的组成和定义

1. 传感器的定义

传感器是一种装置或器件,是与人的感觉器官相对应的元件。国家标准(GB/T 7665—2005)给传感器的定义是:能感受被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置。它包含以下几层意思:

传感器是测量器件或装置,能完成一定的检测任务;它的输入量是某一被测量,可能是物理量,也可能是化学量、生物量等。它的输出量是某种物理量,这种量要便于传输、转换、处理、显示等,这种量可以是气、光、电量等,一般情况下是电量;电量有很多形式,如电压、电流、电容、电阻等,输出信号的形式由传感器的原理确定,输出/输入有对应关系,且应有一定的精确度。

在有些学科领域,传感器又称为敏感元件、检测器、转换器等。这些不同提法,反映了在不同的技术领域中,只是根据器件用途对同一类型的器件使用着不同的技术术语而已。如在电子技术领域,常把能感受信号电子元件称为敏感元件,如热敏元件、磁敏元件、光敏元件及气敏元件等,在超声波技术中,则强调的是能量的转换,如压电式换能器。变送器将传感器输出的信号变换成便于传输和处理的信号,大多数变送器的输出信号是统一的标准信号(目前多为4~20mA直流电流),信号标准是系统各环节之间的通信协议。

2. 传感器的组成

传感器是能感受被测量(物理量、化学量、生物量等)的大小,并按照一定的规律将其转换成可用输出信号(一般多为电量)的被测量的器件或装置。

通常传感器由敏感元件和转换元件组成。传感器转换能量的理论基础都是利用物理学、化学、生物学现象和效应来进行能量形式的变换。被测量和它们之间的能量的相互转换是各种各样的。其中,敏感元件是指传感器中能直接感受或响应被测量的部分;转换元件是指传感器中将敏感元件感受或响应的被测量转换成适于传输或测量的电信号部分。在实际情况中,由于有一些敏感元件直接就可以输出变换后的电信号,而一些传感器又不包括敏感元件在内,故常常无法将敏感元件与转换元件严格加以区别。

常见的转换元件中,例如,可以将位移量直接变换为电容、电阻及电感的电容变换器、电阻变换器及电感变换器;能直接把温度变换为电动势的热电偶变换器等。

但是有些传感器输出信号微弱,需要其他技术处理。例如,半导体、气体和湿度传感器等都是将其感受的被测量直接转换为电信号,没有中间转换环节。但由于传感器的输出信号一般都很微弱,因此需要有信号调理与转换电路对其进行放大、运算调制等,将其放大或变换为容易传输、处理、记录和显示的形式。随着半导体器件与集成技术在传感器中的应用,传感器的信号调理与转换电路可能安装在传感器的壳体里或与敏感元件一起集成在同一芯片

上。此外，信号调理转换电路以及传感器工作必须有辅助的电源，因此，信号调理转换电路以及所需的电源都应作为传感器组成的一部分。压电晶体、热电偶、热敏电阻、光电器件等是敏感元件与转换元件两者合二为一的传感器。

图 1-2 所示是一种气体压力传感器的示意图。膜盒 2 的下半部与壳体 1 固接，上半部通过连杆与铁芯 4 相连，铁芯 4 置于两个电感线圈 3 中，后者接入转换电路 5。这里的膜盒就是敏感元件，其外部与大气压力 p_a 相通，内部感受被测压力 p 。当被测压力 p 变化时，引起膜盒上半部移动，即输出相应的位移量。转换元件：敏感元件的输出就是它的输入，它把输入转换成电路参量。在图 1-2 中，转换元件是可变电感线圈 3，它把输入的位移量转换成电感的变化。基本转换电路：上述电感变化量接入基本转换电路（简称转换电路），便可转换成电量输出。传感器只完成被测参数至电量的基本转换，然后输入到测控电路，进行放大、运算、处理等进一步转换，以获得被测值或进行过程控制。

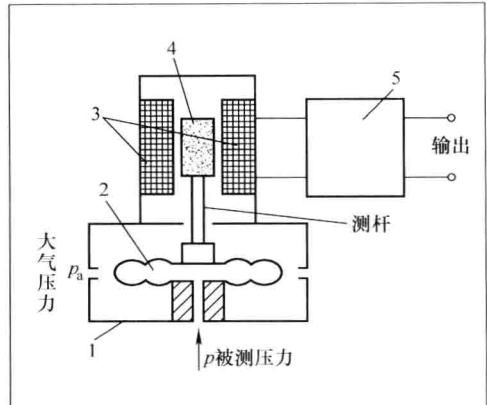


图 1-2 气体压力传感器的示意图

1—壳体 2—敏感元件膜盒
3—转换元件电感线圈 4—铁芯 5—转换电路

如果把传感器看作一个二端口网络，则其输入信号主要是被测的物理量（如长度、力）等时，必然还会有一些难以避免的干扰信号（如温度、电磁信号）等混入。严格地说，传感器的输出信号可能为上述各种输入信号的复杂函数。就传感器设计来说，希望尽可能做到输出信号仅仅是（或分别是）某一被测信号的确定性单值函数，且最好呈线性关系。对使用者来说，则要选择合适的传感器及相应的电路，保证整个测量设备的输出信号能唯一、正确地反映某一被测量的大小，而对其他干扰信号能加以抑制或对不良影响能设法加以修正。

图 1-3 所示为传感器组成框图，此图说明了传感器的基本组成和工作原理。

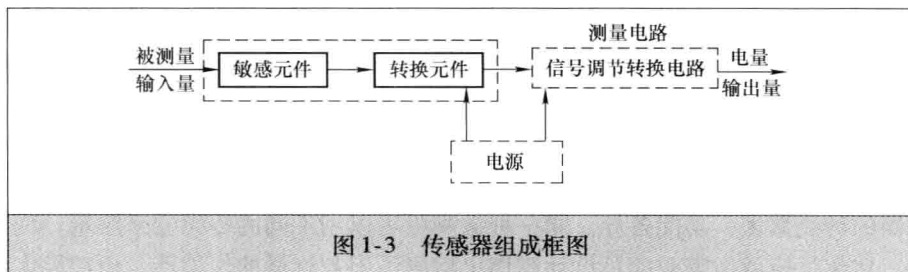


图 1-3 传感器组成框图

★1.1.2 传感器的作用

1. 感受外界信息的电五官信息技术的源头

传感器相当于人体的感觉器官，它能将各种非电量（如机械量、化学量、生物量及光学量等）转换成电量，从而实现非电量的电测技术。在自动控制系统中，检测是实现自动控制的首要环节，没有对被控对象的精确检测，就不可能实现精确控制。如数控机床中的位移测量装置是利用高精度位移传感器（光栅传感器或感应同步器）进行位移测量，从而实现了对零部件的精密加工。因而人们往往把传感器与人类五官相比喻，誉为电五官，而把计算

机誉为人的大脑,把通信技术作为人的经络。因此通过感官来获取信息(传感器),由大脑(计算机)发出指令,由经络(通信技术)进行传输,现代信息技术缺一不可。

信息技术包括信息获取、信息处理、信息传输三部分内容。传感技术作为信息技术的三大支柱技术之一,起着源头的作用。没有传感器获取信息,或信息获取不准确,那么信息的存储、处理、传输都是毫无意义的。因而,信息获取是信息技术的基础,是信息处理、信息传输的源头,也是信息技术中的关键技术。

2. 获取人类感官无法获得的大量信息

在科学研究和基础研究中,传感器能获取人类感官无法获得的信息,源源不断地向人类提供宏观与微观世界的种种信息,成为人们认识自然、改造自然的有利工具。

由于传感器在感知某一种特定信息方面比人类灵敏,所以传感器可以帮助人类获取人类感官无法获得的大量信息。

如利用传感器和传感技术,可以观察到 10^{-10} cm的微粒;能测量 10^{-24} s的时间;一艘宇宙飞船可以看作一个高性能传感器的集合体,可以捕捉和收集宇宙之中的各种信息;一辆小轿车上所用的传感器有百余种之多,利用传感器可以测量油温、水温、水压、流量、排气量、车速、姿态等,所以传感器可以帮助人类获取人类感官无法获得的大量信息。

3. 传感器应用无处不在

传感器已渗透到诸如工农业生产、航空航天、宇宙开发、海洋探测、环境保护、资源调查、医学诊断、生物工程、文物保护,甚至日常生活等极其广泛的领域。从茫茫的太空到浩瀚的海洋,以至各种复杂的工程系统,几乎每一个现代化项目,都离不开各种各样的传感器。

4. 没有传感器就没有现代科学技术

计算机技术革命被认为是20世纪最伟大的科学技术成就,而没有传感技术,计算机将只是一种计算能力很强的计算器,也就没有现代科学技术的辉煌。

传感技术是多学科相互交叉、新技术密集型学科。传感技术始终以各种高新技术作为其发展动力,利用新原理、新概念、新技术、新材料和新工艺等最新科学技术集成为传感技术所用,使传感技术学科成为对高新技术最敏感的学科,它的多学科交叉而形成的边缘学科属性和多技术集成的特点越来越鲜明。

★1.1.3 传感器的分类

传感器的种类繁多,功能各异。同一种被测量可以用不同的传感器来测量,利用同一种物理法则、化学反应或生物效应可设计制作出检测不同被测量的传感器,而功能大同小异的同一类传感器可用于不同的技术领域,故传感器有不同的分类法。

1. 按感知外界信息所依据的基本效应分类

按感知外界信息所依据的基本效应,分成物理、化学、生物传感器三大类。

基于物理效应,如光、电、声、磁、热等效应进行工作的物理传感器;基于化学效应,如化学吸附、离子化学效应等进行工作的化学传感器;基于酶、抗体、激素等分子识别功能的生物传感器。

2. 按传感器的构成原理分类

按传感器的构成原理,物理传感器分为结构型与物性型两大类,两者组合兼有两者特征

的传感器称为复合型传感器。

结构型传感器是利用物理学中场的定律构成的，场的定律是关于物质作用的定律，如动力场的运动定律、电磁场的感应定律、光的干涉现象等。利用场的定律制作成的传感器，如电动式传感器、电容式传感器、激光检测器等。物理学中的定律一般是以方程式给出的，特点是传感器的工作原理是以传感器中元件相对位置变化引起场的变化为基础，而不是以材料特性变化为基础。

物性型传感器是利用物质定律构成的，物质的定律是指物质本身内在性质的规律，定律、法则大多数是以物质本身的常数形式给出。这些常数的大小，决定了传感器的主要性能，如弹性体的胡克定律、晶体的压电性与半导体材料的压阻、热阻、光阻、湿阻、霍尔效应等。利用物质的定律制作成的传感器，如压电式传感器、热敏电阻、光敏电阻、光电管等。因此，物性型传感器的性能随材料的不同而异。例如，光电管，它利用了物质法则中的外光电效应。显然，其特性与涂覆在电极上的材料有着密切的关系。

3. 按作用原理分类

按作用原理可分为应变式、电容式、电感式、电磁式、压电式、热电式等传感器，如图1-4所示。

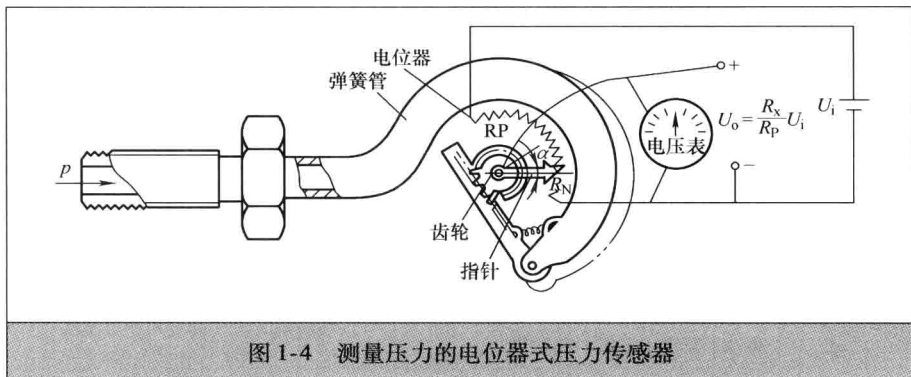


图 1-4 测量压力的电位器式压力传感器

4. 按能量关系分类

按能量关系可分为能量控制型和能量转换型两大类。能量控制型是指其变换的能量是由外部电源供给的，而外界的变化（即传感器输入量的变化）只起到控制的作用，如应变电阻效应、磁阻效应、热阻效应等电桥。用电桥测量电阻温度变化时，温度的变化改变了热敏电阻的阻值，热敏电阻阻值的变化使电桥的输出发生变化（注意电桥的输出是由电源供给的）。

能量转换型是由传感器输入量的变化直接引起能量的变化，如热电效应中热电偶、光电池等，又称有源型或发生器型，传感器将从被测对象获取的信息能量直接转换成输出信号能量，主要由能量变换元件构成，它不需要外电源。如基于压电效应、热电效应、光电动势效应等的传感器都属于此类传感器。

5. 按传感器使用的敏感材料分类

按传感器使用的敏感材料可分为半导体传感器、光纤传感器、陶瓷传感器、金属传感器、高分子材料传感器、复合材料传感器等。

6. 按被测量分类

按被测量，可分为力学量传感器、热量传感器、磁传感器、光传感器、放射线传感器、

气体成分传感器、液体成分传感器、离子传感器和真空传感器等。

7. 按输出信号分类

按输出量是模拟量还是数字量，可分为模拟量传感器和数字量传感器。

8. 按与某种高新技术结合分类

按与某种高新技术结合分类，可分为集成传感器、智能传感器、机器人传感器、仿生传感器等。

9. 按有源和无源工作分类

按依靠还是不依靠外加能源工作，可分为有源传感器和无源传感器。有源传感器敏感元件工作需要外加电源，无源传感器工作不需外加电源。

表 1-1 列出了传感器的分类。

表 1-1 传感器的分类

分类方法	传感器的类型	说明
按基本效应分类	物理型、化学型、生物型	分别以效应命名为物理、化学、生物传感器
按构成原理分类	结构型 物性型	以其转换元件结构参数变化实现信号转换 以其转换元件结构物理特性变化实现信号转换
按作用原理分类	应变式、电容式、压电式、热电式等	以传感器对信号转换的作用原理命名
按能量关系分类	能量转换型（自源型） 能量控制型（外源型）	传感器输出量直接由被测量能量转换而得 传感器输出量能量由外源供给但受被测输入量控制
按敏感材料分类	半导体传感器、光纤传感器、陶瓷传感器、高分子材料传感器、复合材料传感器等	以使用的敏感材料命名
按被测量分类	位移、压力、温度、流量、气体、振动、湿度、黏度等	以被测量命名（即按用途分类法）
按输出信号分类	模拟式 数字式	输出量为模拟信号 输出量为数字信号
按与某种高新技术结合	集成传感器、智能传感器、机器人传感器、仿生传感器等	按基于的高新技术命名

★1.1.4 传感器的代号和图形符号

国家标准 GB/T 7666—2005 规定了传感器的命名方法及图形符号，并将其作为统一传感器命名及图形符号的依据。

1. 传感器的代号

传感器完整的代号包括主称、被测量、转换原理及序号四部分。传感器代号各部分定义如下：

第一部分—主称（传感器），用汉语拼音字母“C”标记。

第二部分—被测量，用一个或两个汉语拼音的第一个大写字母标记。当这组代号与该部分的另一个代号重复时，则取汉语拼音的第二个大写字母作为代号，以此类推。对于有两个或两个以上被测量的多功能传感器，应做同样处理。当被测量为离子、粒子或气体时，可用

其元素符号、粒子符号或分子式加圆括号 () 表示。

第三部分—转换原理，用其一个或两个汉语拼音的第一个大写字母标记。当这组代号与该部分的另一个代号重复时，则用汉语拼音的第二个大写字母作为代号，以此类推。

第四部分—序号，用阿拉伯数字标记。序号可表征产品设计特性、性能参数、产品系列等。如果传感器产品的主要性能参数不改变，仅在局部有改动或变动，则其序号可在原序号后面加注大写汉语拼音字母 A、B、C… (I、O 两个字母不用)。序号及其内涵可由传感器生产厂家自行决定。

传感器代号在被测量、转换原理、序号三部分代号之间有连字符“-”连接。例如：

代号为 C WY - YB - 10 的传感器是序号是 10 的应变式位移传感器。

代号为 C Y - GQ - 1 的传感器是序号是 1 的光纤压力传感器。

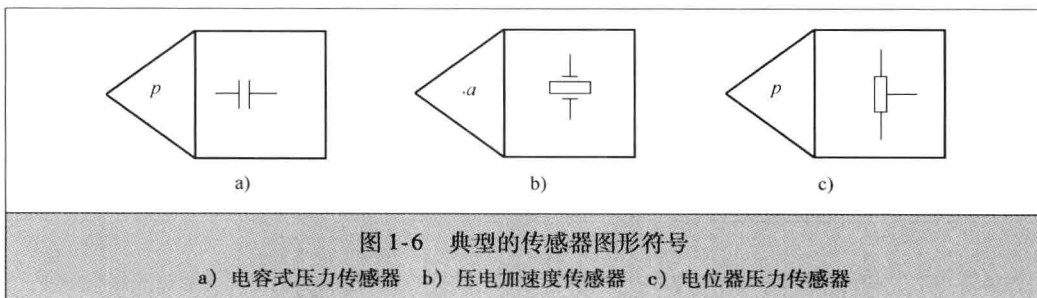
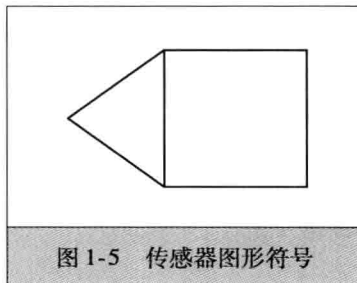
代号为 C Y - XZ - 50 的传感器是序号是 50 的谐振式压力传感器。

代号为 C A - DR - 2 的传感器是序号是 2 的电容式加速度传感器。

2. 传感器的图形符号

传感器的图形符号是电气图用图形符号的一个组成部分。GB/T 14479—1993《传感器图用图形符号》规定，传感器的图形符号由符号要素正方形和等边三角形组成，如图 1-5 所示。其中，正方形表示转换元件，三角形表示敏感元件。

国家标准 GB/T 14479—1993 给出了 43 种常用传感器的图形符号示例。如图 1-6 所示，给出三种典型的传感器图形符号。图 1-6a 所示为电容式压力传感器，图 1-6b 所示为压电加速度传感器，图 1-6c 所示为电位器压力传感器。



☆☆☆ 1.2 传感器的基本特性 ☆☆☆

在生产过程和科学实验中，要对各种各样的参数进行检测和控制，就要求传感器能感受被测非电量的变化并将其不失真地变换成相应的电量，这取决于传感器的基本特性，即输出/输入特性。如果把传感器看作二端口网络，即有两个输入端和两个输出端，那么传感器的输出/输入特性是与其内部结构参数有关的外部特性。

对传感器性能特性的研究，一般可从两个方面进行，即静态特性研究和动态特性研究。在某些应用场合下，传感器只需测量不变的或变化缓慢的被测量。这时，便可确定传感器的一套静态性能指标，这些指标的确定不必借助解微分方程。在另外一些情况下，传感器可能