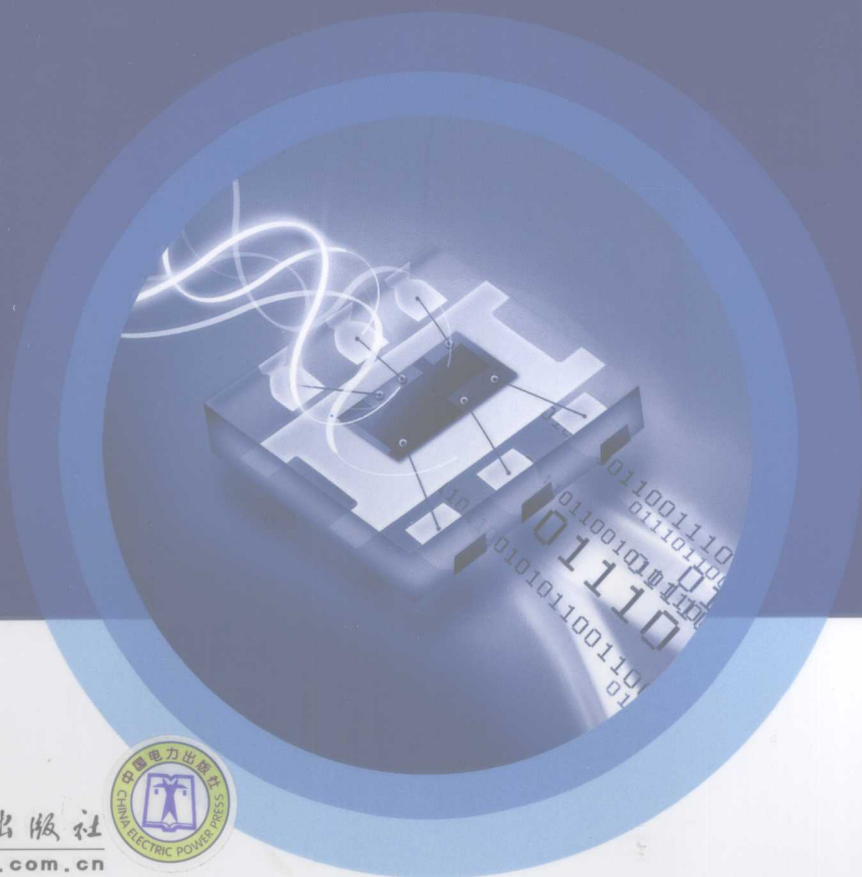


图解机电一体化技术应用丛书

图解

传感器技术及应用电路

陈圣林 侯成晶 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



——图解机电一体化技术应用丛书——



传感器技术及应用电路

主 编	陈圣林	侯成晶
副主编	何彦虎	魏润仙
参 编	吴 方	郭 云
	宋清龙	孙淑红
主 审	王 平	



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书是《图解机电一体化技术应用丛书》之一。

传感器技术已成为电子信息工程、自动控制工程、机械工程等领域中不可缺少的关键技术。全书共 12 个项目, 内容包括传感器概述、电阻式传感器、电容式传感器、电感式传感器、霍尔传感器、压电式传感器、光电式传感器、温度传感器、气敏传感器、湿度传感器、特殊类型传感器和智能传感器。本书旨在以最通俗的形式帮助广大读者理解和认识各类常用传感器的结构、工作原理和应用, 提高其综合应用能力。

本书可作为普通高等学校电子信息工程、自动控制、电子工程、应用电子技术、机械工程及自动化等专业的项目式教学用书, 也可作为相关工程技术人员学习和参考用书, 还可以作为传感器技术爱好者的入门书。

图书在版编目 (CIP) 数据

图解传感器技术及应用电路/陈圣林, 侯成晶主编. —北京: 中国电力出版社, 2009

(图解机电一体化技术应用丛书)

ISBN 978 - 7 - 5083 - 8559 - 4

I. 图… II. ①陈…②侯… III. 传感器—图解 IV. TP212 - 64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 097317 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 [http: //www. cepp. com. cn](http://www.cepp.com.cn))

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 8 月第一版 2009 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 14.75 印张 351 千字

印数 0001—3000 册 定价 29.80 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

对于从事传感器技术教学的广大师生以及传感器技术的爱好者而言,如何找到一本好的教学用书或者学习资料一直困扰着我们,笔者就深有体会。目前,与传感器技术相关的书籍有很多,在原理性、实用性以及广度和深度等方面都各有特色,但是随着新技术的发展,为了专业面的拓宽和适应传感器的开发与应用,更希望有一本二者兼顾而且通俗易懂的书籍。本书正是以这一思想为启示,在中国电力出版社的大力指导与帮助下编写了该书。

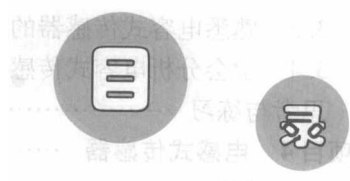
作为信息技术三大支柱之一的传感器技术,在科学技术领域中的地位是不言而喻的。传感器的种类繁多,所涉及的知识领域非常广泛,鉴于篇幅有限,本书所选择的传感器都是目前应用最为广泛且技术比较成熟的传感器装置。在编写中力求通俗易懂、明了直观,使学习传感器的人员能够轻松入门。

全书共12个项目,项目1为传感器概述,项目2为电阻式传感器,项目3为电容式传感器,项目4为电感式传感器,项目5为霍尔传感器,项目6为压电式传感器,项目7为光电式传感器,项目8为温度传感器,项目9为气敏传感器,项目10为湿度传感器,项目11为特殊类型传感器,项目12为智能传感器。

本书由陈圣林、侯成晶等人编写,其中项目1和项目6由侯成晶编写,项目2由郭云编写,项目3和项目5由魏润仙编写,项目4、7、11由陈圣林编写,项目8和项目12由何彦虎编写,项目9和项目10由吴方编写,宋清龙与孙淑红负责对本书所给的硬件线路与程序进行仿真调试。全书由陈圣林统稿。本书在编写的过程中得到了北京交通大学刘晓东博士的大力支持,在此表示感谢。

传感器技术发展迅猛,各种传感器装置层出不穷,限于编者的学识与能力,肯定有很多不足之处,恳请广大读者批评指正。联系方式:chen2297@163.com。

编 者
2009年6月



前言

项目1 传感器概述	1
1.1 绪论	2
1.1.1 了解传感器的地位与作用	2
1.1.2 熟悉传感器的定义与组成	3
1.1.3 了解传感器的分类	4
1.2 传感器的特性	4
1.2.1 熟悉传感器的静态特性	5
1.2.2 理解传感器的动态特性	8
1.2.3 熟悉传感器的标定	8
思考与练习	9
项目2 电阻式传感器	10
2.1 应变片式传感器	11
2.1.1 认识应变片的结构	11
2.1.2 熟悉应变片的粘贴	12
2.1.3 熟悉应变片的工作原理	12
2.1.4 掌握应变片的测量电路	13
2.1.5 学会分析应变片式传感器的应用电路	14
2.2 压阻式传感器	17
2.2.1 认识压阻式传感器的结构	17
2.2.2 熟悉压阻式传感器的工作原理	17
2.2.3 学会分析压阻式传感器的应用电路	18
思考与练习	20
项目3 电容式传感器	21
3.1 电容式传感器的构成及特点	22
3.1.1 认识电容式传感器的结构	22
3.1.2 熟悉电容式传感器的特点	22
3.2 电容式传感器的工作原理	23
3.2.1 熟悉电容式传感器的工作原理及类型	23
3.2.2 认识变极距型电容式传感器	24
3.2.3 认识变面积型电容式传感器	26
3.2.4 认识变介质型电容式传感器	27

3.3 熟悉电容式传感器的测量电路·····	27
3.4 学会分析电容式传感器的应用电路·····	30
思考与练习·····	34
项目4 电感式传感器 ·····	35
4.1 概述·····	36
4.1.1 了解电感式传感器的分类·····	36
4.1.2 熟悉电感式传感器的特点·····	36
4.2 自感式传感器·····	37
4.2.1 认识自感式传感器的结构·····	37
4.2.2 熟悉自感式传感器的工作原理·····	37
4.2.3 认识差动式自感传感器·····	38
4.2.4 学会分析电感式传感器的应用电路·····	39
4.3 差动变压器·····	41
4.3.1 认识差动变压器的结构·····	41
4.3.2 熟悉差动变压器的工作原理·····	42
4.3.3 掌握差动变压器的测量电路·····	42
4.4 电涡流传感器·····	45
4.4.1 认识电涡流传感器的结构·····	46
4.4.2 掌握电涡流传感器的测量电路·····	46
4.4.3 学会分析电涡流传感器的应用电路·····	47
思考与练习·····	49
项目5 霍尔传感器 ·····	50
5.1 概述·····	51
5.1.1 认识霍尔传感器·····	51
5.1.2 学会霍尔传感器的命名方法·····	51
5.1.3 熟悉霍尔传感器的工作原理·····	51
5.1.4 熟悉霍尔传感器的技术参数·····	52
5.2 测量电路和误差分析·····	53
5.2.1 熟悉霍尔传感器的测量电路·····	53
5.2.2 学会霍尔传感器电路的误差分析·····	54
5.3 学会分析霍尔传感器的应用电路·····	55
思考与练习·····	57
项目6 压电式传感器 ·····	59
6.1 概述·····	60
6.2 压电式传感器的测量电路·····	63
6.2.1 理解压电式传感器的等效电路·····	63
6.2.2 掌握压电式传感器的测量电路·····	63

6.3 学会分析压电式传感器的应用电路·····	65
思考与练习 ·····	68
项目7 光电式传感器 ·····	69
7.1 概述·····	70
7.1.1 熟悉光电式传感器的基本知识·····	70
7.1.2 熟悉光电式传感器的分类·····	70
7.1.3 熟悉光电式传感器的作用·····	71
7.2 光敏电阻·····	71
7.2.1 熟悉光敏电阻的结构·····	71
7.2.2 熟悉光敏电阻的工作原理与主要参数·····	72
7.2.3 学会分析光敏电阻的应用电路·····	73
7.3 光敏二极管·····	74
7.3.1 认识光敏二极管·····	74
7.3.2 熟悉光敏二极管的类型·····	74
7.3.3 熟悉光敏二极管的工作原理与主要参数·····	74
7.3.4 学会分析光敏二极管的应用电路·····	75
7.4 光敏三极管·····	77
7.4.1 认识光敏三极管·····	77
7.4.2 熟悉光敏三极管的工作原理·····	77
7.4.3 学会分析光敏三极管的应用电路·····	78
7.5 光电池·····	80
7.5.1 认识光电池·····	80
7.5.2 熟悉光电池的使用方法·····	81
7.6 热释电红外传感器·····	81
7.6.1 了解热释电红外传感器的分类·····	82
7.6.2 认识热释电红外传感器的结构·····	82
7.6.3 学会分析热释电红外传感器的应用电路·····	83
7.7 光纤传感器·····	83
7.7.1 认识光纤传感器·····	84
7.7.2 熟悉光纤传感器的工作原理·····	84
7.7.3 学会分析光纤传感器的应用电路·····	85
思考与练习 ·····	86
项目8 温度传感器 ·····	87
8.1 概述·····	88
8.1.1 了解温度传感器的分类·····	88
8.1.2 熟悉温度传感器的工作原理和特点·····	88
8.1.3 了解温度传感器的应用·····	89

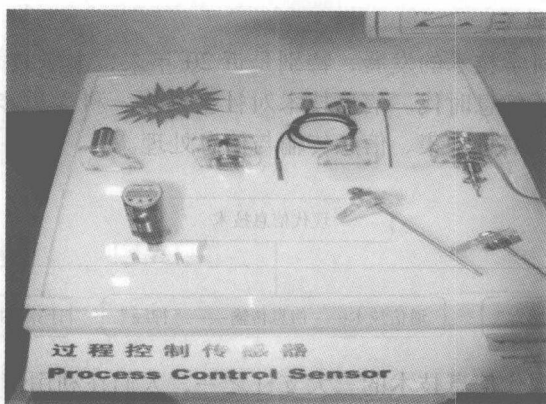
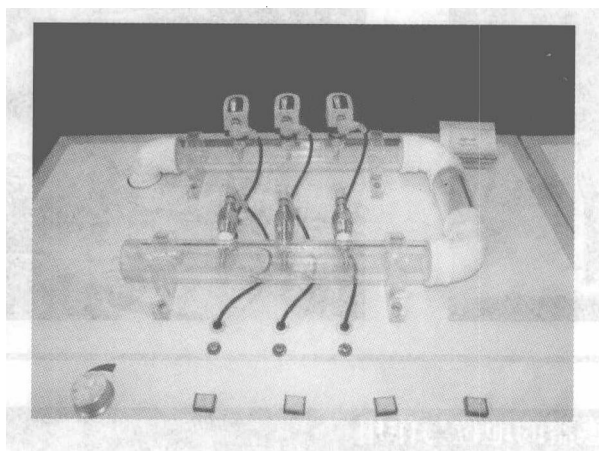
8.1.4 了解温度传感器的发展	89
8.2 热敏电阻	91
8.2.1 认识热敏电阻	91
8.2.2 熟悉热敏电阻的工作原理	91
8.2.3 熟悉热敏电阻的主要参数	92
8.2.4 学会分析热敏电阻的应用电路	93
8.3 金属热电阻	96
8.3.1 认识金属热电阻	96
8.3.2 认识金属热电阻的结构	97
8.3.3 熟悉金属热电阻的工作原理	97
8.3.4 学会分析金属热电阻的应用电路	99
8.4 热电偶	103
8.4.1 认识热电偶	103
8.4.2 熟悉热电偶的分类与结构	103
8.4.3 熟悉热电偶的工作原理	105
8.4.4 熟悉热电偶的参数	106
8.4.5 熟悉热电偶的特点	107
8.4.6 了解常用热电偶	107
8.4.7 熟悉热电偶的冷端延长	109
8.4.8 熟悉热电偶的冷端温度补偿	109
8.4.9 学会分析热电偶的应用电路	110
8.5 PN 结温度传感器	113
8.5.1 认识 PN 结温度传感器	113
8.5.2 熟悉 PN 结温度传感器的工作原理	113
8.5.3 学会分析 PN 结温度传感器的应用电路	114
8.6 红外传感器	116
8.6.1 认识红外传感器	117
8.6.2 了解红外传感器的分类	117
8.6.3 熟悉红外传感器的原理与基本结构	117
8.6.4 学会分析红外传感器的应用电路	118
8.7 集成温度传感器	120
8.7.1 了解集成温度传感器的分类	120
8.7.2 认识集成温度传感器 LM35	120
8.7.3 认识集成温度传感器 AD590	121
8.7.4 认识精密温度传感器 LM135、235、335	123
8.7.5 认识精密温度传感器 AN6701S	125
8.7.6 认识智能化风扇集成控制电路 ADT7460	126

8.7.7 了解其他集成温度传感器	126
思考与练习	127
项目9 气敏传感器	129
9.1 概述	130
9.1.1 熟悉气敏传感器的检测对象与应用	130
9.1.2 了解气敏传感器的分类	131
9.1.3 认识气敏传感器的结构	131
9.2 气敏传感器测量电路与应用	132
9.2.1 掌握气敏传感器的测量电路	132
9.2.2 学会分析气敏传感器的应用电路	133
9.3 烟雾传感器	135
9.3.1 了解烟雾传感器的类型	135
9.3.2 熟悉烟雾传感器的特点	136
思考与练习	137
项目10 湿度传感器	138
10.1 概述	139
10.2 陶瓷与高分子湿度传感器	140
10.2.1 认识陶瓷湿度传感器	140
10.2.2 认识高分子湿度传感器	141
10.3 湿度传感器的测量电路	142
思考与练习	143
项目11 特殊类型传感器	145
11.1 超声波传感器	146
11.1.1 认识超声波传感器的结构	147
11.1.2 熟悉超声波探头及耦合技术	147
11.1.3 学会分析超声波传感器的应用电路	149
11.2 CCD 图像传感器	153
11.2.1 了解 CCD 图像传感器的类型	153
11.2.2 熟悉 CCD 图像传感器的工作原理	154
11.2.3 熟悉 CCD 图像传感器的应用	154
11.3 激光传感器	156
11.3.1 认识激光传感器	156
11.3.2 熟悉激光传感器的应用	157
11.4 生物传感器	159
11.4.1 生物传感器的分类	159
11.4.2 熟悉生物传感器的工作原理	160
11.4.3 熟悉生物传感器的特点	160
11.4.4 熟悉生物传感器的应用	161

11.5 无损探伤技术	163
思考与练习	165
项目 12 智能传感器	167
12.1 概述	168
12.1.1 认识智能传感器	168
12.1.2 熟悉智能传感器的基本功能	168
12.1.3 认识智能传感器的基本结构	169
12.1.4 了解智能传感器的实现途径	169
12.2 硬件设计	171
12.2.1 熟悉智能传感器的硬件组成	171
12.2.2 掌握智能传感器的信号处理电路	171
12.2.3 掌握智能传感器输入输出通道的设计	173
12.2.4 熟悉智能传感器的微处理器电路	176
12.3 软件设计	177
12.3.1 熟悉智能传感器软件设计的内容	177
12.3.2 熟悉智能传感器软件设计的体系结构	178
12.3.3 掌握智能传感器的监控程序	178
12.3.4 掌握智能传感器的常见处理程序	179
12.4 A/D 转换技术	181
12.4.1 熟悉 A/D 转换技术的基本知识	181
12.4.2 掌握 A/D 转换技术的应用	182
12.5 集成化智能传感器	186
12.5.1 了解集成化智能传感器的发展方向	186
12.5.2 了解集成化智能传感器的应用	187
12.6 非线性校正与抗干扰技术	189
12.6.1 认识非线性补偿	189
12.6.2 认识传感器的干扰	190
12.6.3 熟悉传感器的抗干扰技术	190
12.7 智能传感器应用实例	198
12.7.1 认识智能式应力传感器	198
12.7.2 认识智能化温度传感器 DS18B20	199
12.7.3 认识智能化多功能温度传感器 DS1629	207
12.7.4 认识四通道智能温度传感器 MAX6691	207
12.7.5 认识 ADT75 型温度传感器	208
思考与练习	210
附录 A 智能化温度传感器 DS18B20 温度检测与显示总程序	213
附录 B Pt100 温度传感器分度表	221
参考文献	224

项目 1

传感器概述

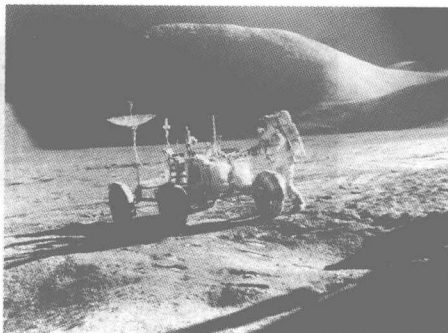
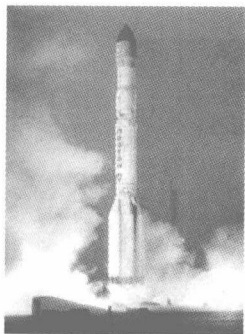


项目导读

- 传感器的地位与作用。
- 传感器的静态特性和动态特性。衡量传感器静态特性的重要指标有线性度、灵敏度、迟滞、重复性、分辨率、漂移。
- 传感器的分类。
- 传感器的标定。

1.1

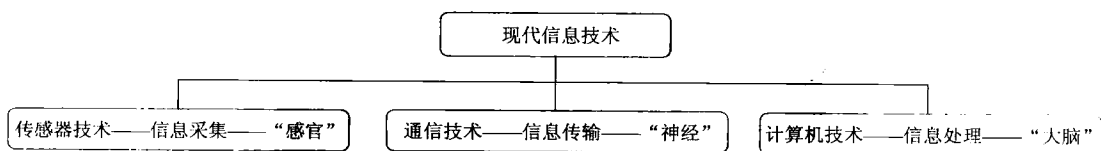
绪 论



1.1.1 了解传感器的地位与作用

1. 传感器的地位

随着社会的进步,科学技术的发展,特别是近 20 年来,电子技术日新月异,计算机的普及和应用把人类带到了信息时代。信息技术对社会发展、科学进步起到了决定性的作用。现代信息技术的基础包括信息采集、信息传输与信息处理。



传感器技术是构成现代信息技术的三大支柱之一,人们在利用信息的过程中,首先要获取信息,而传感器是获取信息的主要手段和途径。例如在自动检测系统中,传感器的任务是把被测非电量转换成相应的物理量(通常为电量)。传感器获得信息的正确与否,关系到整个检测系统的精度,因而在检测系统中占有很重要的地位。

2. 传感器的作用

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,从而实现对零部件的精密加工。

目前传感器涉及的领域主要有现代工业生产、基础学科研究、宇宙开发、海洋探测、军事国防、环境保护、医学诊断、智能建筑、汽车、家用电器、生物工程等。

在工农业生产领域,工厂的自动流水生产线、全自动加工设备、许多智能化的检测仪器设备,都大量地采用了各种各样的传感器,它们在合理化地进行生产,减轻人们的劳动强度,避免有害的作业发挥了巨大的作用;在家用电器领域,像全自动洗衣机、电饭煲和微波炉都离不开传感器;医疗卫生领域中电子脉搏仪、血压计、医用呼吸机、超声波诊断仪、断层扫描(CT)及核磁共振诊断设备,都大量地使用了各种各样的传感技术,这些对改善人们的生活水平,提高生活质量和健康水平起到了重要的作用;在军事国防领域,各种侦测设备、红外夜视探测、雷达跟踪、武器的精确制导,没有传感器是难以实现的;在航空航天领域,空中管制、导航、飞机的飞行管理和自动驾驶,仪表着陆盲降系统,都需要传感器。人造卫星的遥感遥测都与传感器紧密相关。此外,在矿产资源、海洋开发、生命科学、生物工程等领域传感器都有着广泛的用途。总而言之,在信息技术不断发展的今天,传感器将会在信息的采集和处理过程中发挥出巨大的作用。传感器技术已受到各国的高度重视,并已发展成为一种专门的技术学科。

1.1.2 熟悉传感器的定义与组成

1. 传感器的定义

传感器是一种以一定精确度把被测量(主要是非电量)转换为与之有确定关系、便于应用的某种物理量(主要是电量)的测量装置。这一定义包含了以下几方面的含义:

- (1) 传感器是测量装置,能完成检测任务。
- (2) 输出与输入间有对应关系,且有一定的精确度。
- (3) 它的输入是某一被测量,如物理量、化学量、生物量等。
- (4) 它的输出是某种物理量,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,但主要是电量。

2. 传感器的组成

传感器一般由敏感元件、转换元件和测量电路三部分组成,组成框图如图 1-1 所示。

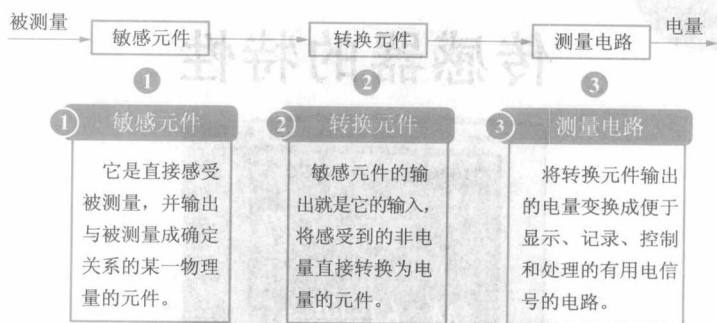


图 1-1 传感器的组成

实际上,有些传感器很简单,有些则较为复杂,大多数是开环系统,也有些是带反馈的闭环系统。最简单的传感器由一个敏感元件(兼转换元件)组成,它感受被测量时直接输出电量,如热电偶传感器。有些传感器由敏感元件和转换元件组成,没有测量电路,如压电式加速度传感器。有些传感器,转换元件不止一个,需经过若干次转换。需要指出的是并非所有的传感器都能包括敏感元件和转换元件,如热敏电阻、光电器件无敏感元件。另外一些

传感器，其敏感元件和转换元件可合二为一，如固态压阻式压力传感器等。测量电路的类型视转换元件的分类而定，经常采用的有电桥电路及其他特殊电路，如高阻输入电路、脉冲调宽电路、振荡回路等。

1.1.3 了解传感器的分类

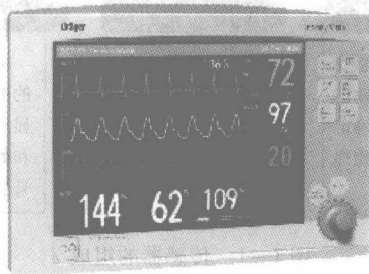
传感器技术是一门知识密集型技术。传感器的原理各种各样，它与许多学科有关，种类繁多，分类方法也很多，目前广泛采用的分类方法见表 1-1。

表 1-1 传感器的分类

分类方法	传感器种类	说 明
按输入量	位移传感器、速度传感器、温度传感器、压力传感器等	传感器以被测物理量命名
按工作原理	应变式传感器、电容式传感器、电感式传感器、压电式传感器、热电式传感器等	传感器以工作原理命名
按物理现象	结构型传感器	传感器依赖其结构参数变化实现信息转换
	特性型传感器	传感器依赖其敏感元件物理特性的变化实现信息转换
按能量关系	能量转换型传感器	直接将被测量的能量转化为输出量的能量
	能量控制型传感器	由外部供给传感器能量，而由被测量来控制输出的能量
按输出信号	模拟式	输出为模拟量
	数字式	输出为数字量

1.2

传感器的特性



传感器所测量的物理量基本上有两种形式：一种是稳态（静态或准静态）的形式，这种形式的信号不随时间变化（或变化很缓慢）；另一种是动态（周期变化或瞬态）的形式，这种形式的信号是随时间而变化的。

由于输入物理量形式不同，传感器所表现出来的输出一输入特性也不同，因此存在所谓

静态特性和动态特性。不同传感器有着不同的内部参数，它们的静态特性和动态特性也表现出不同的特点，对测量结果的影响也就各不相同。

一个高精度传感器，必须同时具有良好的静态特性和动态特性，这样它才能完成对信号的（或能量）无失真的转换。

以一定等级的仪器设备为依据，对传感器的动、静态特性进行实验检测，这个过程称为传感器的动、静态标定。本节讨论传感器的特性及标定。

1.2.1 熟悉传感器的静态特性

传感器的静态特性是指被测量的值处于稳定状态时，传感器的输出与输入之间的关系。衡量传感器静态特性的重要指标如图 1-2 所示。因为这时输入量和输出量都与时间无关，传感器的静态特性可用一个不含时间变量的代数方程表示 [见式 (1-1)]，或以输入量作横坐标，输出量作纵坐标的特性曲线（见图 1-3）来描述。

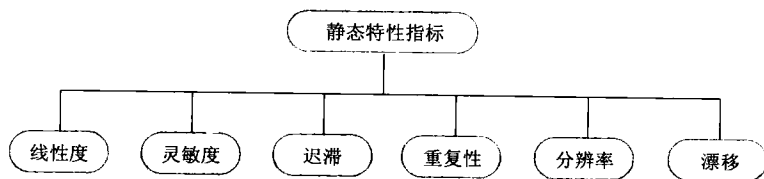


图 1-2 传感器的静态特性指标

1. 线性度

传感器的线性度是指其输出量与输入量之间的实际关系曲线（即静特性曲线）偏离直线的程度，又称非线性误差。理想的输出—输入关系是一条直线，即 $y = a_1x$ ，那么称这种关系为线性输出—输入特性。实际使用中大多数传感器为非线性的，为了得到线性关系，常引入各种非线性补偿环节。

(1) 非线性输出—输入特性。

传感器的输出—输入特性是非线性的，在静态情况下，如果不考虑滞后和蠕变效应，输出—输入特性总可以用式 (1-1) 来逼近。

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots + a_nx^n \quad (1-1)$$

输出量

↓

y

零点输出

↓

a_0

传感器线性灵敏度

↓

a_1

输入量

↓

x

非线性项系数

↓

$a_2, a_3, \dots, a_n$

(2) 多项式方程。

式 (1-1) 有以下 4 种情况，分别表示不同类型的传感器输出—输入特性。

1) 理想线性特性如图 1-3 (a) 所示。

2) 输出—输入特性方程仅有偶次非线性项，见图 1-3 (b)，具有这种特性的传感器，其线性范围窄，且对称性差，用两个特性相同的传感器差动工作，即能有效地消除非线性

误差。

3) 输出一输入特性方程仅有奇次非线性项, 如图 1-3 (c) 所示, 具有这种特性的传感器, 在靠近原点的相当大范围内, 输出一输入特性基本上呈线性关系。并且, 当大小相等而符号相反时, y 也大小相等而符号相反, 相对坐标原点对称。

4) 输出一输入特性有奇次项, 也有偶次项时的特性曲线, 如图 1-3 (d) 所示。

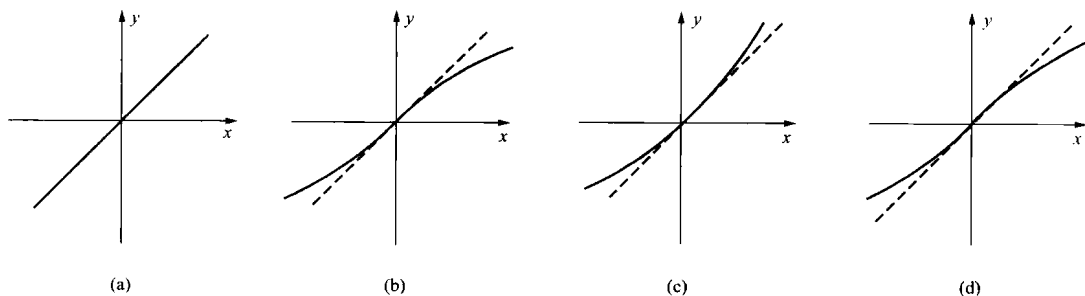


图 1-3 输出一输入特性曲线

(3) 非线性特性的“线性化”。

在实际使用非线性特性传感器时, 如果非线性项次不高, 在输入量不大的条件下, 可以用实际特性曲线的切线或割线等直线来近似地代表实际特性曲线的一段, 如图 1-4 所示, 这种方法称为传感器的非线性特性的线性化, 所采用的直线称为拟合直线。实际特性曲线与拟合直线之间的偏差称为非线性误差 (或线性度) 通常用相对误差表示, 即

$$\gamma_L = \pm (\Delta L_{\max} / Y_{FS}) \times 100\% \quad (1-2)$$

——→ 满量程输出
- - - - - 最大非线性绝对误差

非线性误差是以拟合直线作基准直线计算出来的, 基准线不同, 计算出来的线性度也不相同。因此, 在提到线性度或非线性误差时, 必须说明其依据了怎样的基本直线。拟合直线的几种常见方法有:

1) 理论拟合: 拟合直线为传感器的理论特性, 与实际测试值无关。方法十分简单, 但一般说 $\Delta L_{\max}$ 较大。如图 1-4 (a) 所示。

2) 过零旋转拟合: 曲线过零的传感器, 拟合图像如图 1-4 (b) 所示。

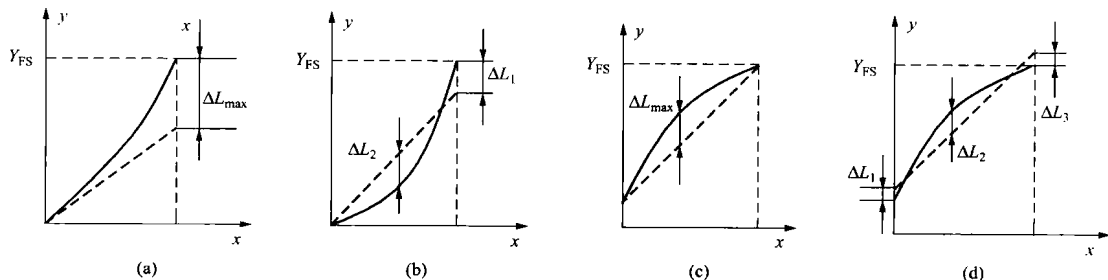


图 1-4 拟合直线

- 3) 端点连线拟合: 把输出曲线两端点的连线作为拟合直线, 如图 1-4 (c) 所示。
- 4) 端点连线平移拟合: 在端点连线拟合基础上使直线平移, 移动距离为原先的一半, 如图 1-4 (d) 所示。

2. 灵敏度

灵敏度是指传感器在稳态下的输出变化量 Δy 与引起此变化的输入变化量 Δx 之比, 用 K 表示, 即

$$K = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (1-3)$$

式中 K ——传感器对输入量变化的反应能力。

对于线性传感器, 灵敏度就是其静态特性的斜率, 即 $K = \frac{y}{x}$ 为常数, 而非线性传感器的灵敏度为一变量, 用 $K = \frac{dy}{dx}$ 表示。一般希望传感器的灵敏度高, 在满量程范围内是恒定的, 即传感器的输出—输入特性为直线。如位移传感器, 当位移量 Δx 为 1mm, 输出量 Δy 为 0.2mV 时, 灵敏度 K 为 0.2mV/mm。

3. 迟滞

传感器在正 (输入量增大) 反 (输入量减小) 行程期间, 其输出—输入特性曲线不重合的现象称为迟滞, 如图 1-5 所示。也就是说, 对于同一大小的输入信号, 传感器的正反行程输出信号大小不相等。产生这种现象的主要原因是传感器敏感元件材料的物理性质和机械零部件的缺陷, 例如弹性敏感元件的弹性滞后、运动部件的摩擦、传动机构的间隙、紧固件松动等。

迟滞 γ_H 的大小一般要由实验方法确定。用最大输出差值 $\Delta H_{\max}$ 或其一半对满量程输出 Y_{FS} 的百分比表示:

$$\gamma_H = \pm (1/2) (\Delta H_{\max} / Y_{FS}) \times 100\% \quad (1-4)$$

$$\gamma_R = \pm (\Delta R_{\max} / Y_{FS}) \times 100\% \quad (1-5)$$

4. 重复性

重复性是指传感器在输入按同一方向连续多次变动时所得特性曲线不一致的程度, 如图 1-6 所示。正行程的最大重复性偏差 $\Delta R_{\max 1}$, 反行程的最大重复性偏差 $\Delta R_{\max 2}$ 和 $R_{\max 1}$ 中的最大者。

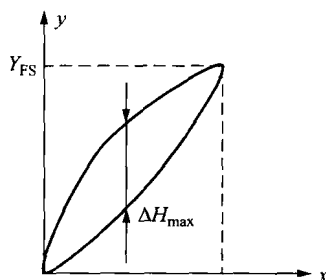


图 1-5 传感器迟滞特性

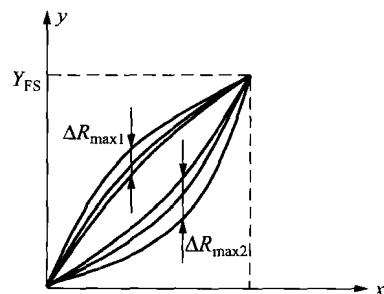


图 1-6 传感器重复性