



全国高等职业教育规划教材

# 传感器技术与应用

## 第3版

金发庆 主编



电子课件下载网址 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

## 全国高等职业教育规划教材精品推荐

书 名	作 者	ISBN
音响技术及应用	黄永定	ISBN 978-7-111-17754-8
彩色电视机原理与维修技术	黄永定	ISBN 978-7-111-17754-8
数字电视技术实训教程 第2版	刘修文	ISBN 978-7-111-36890-8
数字平板电视技术	朱胜泉	ISBN 978-7-111-33394-4
电视原理与接收机 第2版	张丽华	ISBN 978-7-111-08306-1
家用电器基础与维修技术 第2版	黄永定	ISBN 978-7-111-15455-6
家用电器维修技术	詹新生	ISBN 978-7-111-28831-2
电力电子技术 第2版	周渊深	ISBN 978-7-111-29255-5
电力电子技术	张静之	ISBN 978-7-111-31030-3
Verilog HDL 与 CPLD/FPGA 项目开发教程	聂章龙	ISBN 978-7-111-31365-6
自动化专业英语	徐存善	ISBN 978-7-111-31432-5
电子与通信工程专业英语	徐存善	ISBN 978-7-111-31355-7
电子信息技术专业英语 第2版	丁 宁	ISBN 978-7-111-37504-3
光纤通信技术	李方健	ISBN 978-7-111-31290-1
室内电气线路安装	张晓艳	ISBN 978-7-111-31366-3
高级维修电工实训教程	张静之	ISBN 978-7-111-34092-8
传感器技术与应用 第3版	金发庆	ISBN 978-7-111-37739-9
传感器技术及其工程应用	金发庆	ISBN 978-7-111-30269-8
单片机原理与控制技术 第2版	张志良	ISBN 978-7-111-08314-6
单片机学习指导及习题解答	张志良	ISBN 978-7-111-15551-5
单片机技术与应用	刘 松	ISBN 978-7-111-32301-3
单片机应用技术学程	徐江海	ISBN 978-7-111-33054-7
电机与电气控制	任志锦	ISBN 978-7-111-08317-7
集成电路芯片制造实用技术	卢 静	ISBN 978-7-111-34458-2
集成电路制造工艺	林明祥	ISBN 978-7-111-17300-7
半导体器件物理	顾晓清	ISBN 978-7-111-18251-1
集成电路版图设计	曾庆贵	ISBN 978-7-111-22699-4
EDA基础与应用	于润伟	ISBN 978-7-111-28854-1
Protel 99 SE 印制电路板设计教程	郭 勇	ISBN 978-7-111-14466-3
Protel DXP 2004 SP2 印制电路板设计教程	郭 勇	ISBN 978-7-111-26608-2
Protel DXP 2004 SP2 印制电路板设计	朱小祥	ISBN 978-7-111-33152-0
SMT-表面组装技术	何丽梅	ISBN 978-7-111-19671-6
SMT基础与工艺	何丽梅	ISBN 978-7-111-35230-3
MATLAB应用技术	于润伟	ISBN 978-7-111-36131-2
MATLAB基础及应用 第3版	于润伟	ISBN 978-7-111-37424-4

图例说明: 网上提供电子课件下载 普通高等教育“十一五”国家级规划教材 附赠光盘

地址:北京市百万庄大街22号  
电话服务  
社服务中心: (010)88361066  
销售一部: (010)68326294  
销售二部: (010)88379649  
读者购书热线: (010)88379203

邮政编码: 100037  
网络服务  
门户网: <http://www.cmpbook.com>  
教材网: <http://www.cmpedu.com>  
封面无防伪标均为盗版

定价: 29.00元

ISBN 978-7-111-37739-9



9 787111 377399 >

全国高等职业教育规划教材

# 传感器技术与应用

第3版

金发庆 主 编  
李瑜芳 审



机械工业出版社

本书主要讲述了传感器的工作原理、结构、性能和应用。书中介绍了传感器的分类和特性指标,介绍了温度、力、光、图像、磁、位移、湿度、气体等基本传感器,介绍了生物、微波、超声波、机器人、指纹和机电系统等新型传感器,还介绍了智能传感器和传感器网络,同时介绍了它们在工农业生产、科学研究、医疗卫生、家用电器等方面的应用实例。全书共分为11章,每章均附有实训和习题。

本书可供大学专科和高职应用电子技术、自动控制、仪器仪表、测量、机电技术、计算机应用等专业作为教学用书,也可作为有关工程技术人员的技术参考和自学用书。

本书配套授课电子教案,需要的教师可登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 免费注册、审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ:1239258369,电话:010-88379739)。

## 图书在版编目(CIP)数据

传感器技术与应用/金发庆主编. —3版. —北京:  
机械工业出版社, 2012.6  
全国高等职业教育规划教材  
ISBN 978-7-111-37739-9

I. ①传… II. ①金… 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(2012)第 046536 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王颖 版式设计:刘岚

责任校对:申春香 责任印制:乔宇

北京铭成印刷有限公司印刷

2012年6月第3版第1次印刷

184mm×260mm·14印张·345千字

0001—3000册

标准书号:ISBN 978-7-111-37739-9

定价:29.00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

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

## 全国高等职业教育规划教材 电子类专业编委会成员名单

主 任 曹建林

副 主 任 张中洲 张福强 董维佳 俞 宁 杨元挺 任德齐  
华永平 吴元凯 蒋蒙安 祖 炬 梁永生

委 员 (按姓氏笔画排序)

尹立贤	王用伦	王树忠	王新新	邓 红	任艳君
刘 松	刘 勇	华天京	吉雪峰	孙学耕	孙津平
朱咏梅	朱晓红	齐 虹	张静之	李菊芳	杨打生
杨国华	汪赵强	陈子聪	陈必群	陈晓文	季顺宁
罗厚军	姚建永	钮文良	聂开俊	袁 勇	袁启昌
郭 勇	郭 兵	郭雄艺	高 健	崔金辉	曹 毅
章大钧	黄永定	曾晓宏	蔡建军	谭克清	

秘 书 长 胡毓坚

副秘书长 戴红霞

## 出版说明

根据《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》中提出的高等职业院校必须把培养学生动手能力、实践能力和可持续发展能力放在突出的地位,促进学生技能的培养,以及教材内容要紧紧密结合生产实际,并注意及时跟踪先进技术的发展等指导精神,机械工业出版社组织全国近60所高等职业院校的骨干教师对在2001年出版的“面向21世纪高职高专系列教材”进行了全面的修订和增补,并更名为“全国高等职业教育规划教材”。

本系列教材是由高职高专计算机专业、电子技术专业和机电专业教材编委会分别会同各高职高专院校的一线骨干教师,针对相关专业的课程设置,融合教学中的实践经验,同时吸收高等职业教育改革的成果而编写完成的,具有“定位准确、注重能力、内容创新、结构合理和叙述通俗”的编写特色。在几年的教学实践中,本系列教材获得了较高的评价,并有多品种被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。在修订和增补过程中,除了保持原有特色外,针对课程的不同性质采取了不同的优化措施。其中,核心基础课的教材在保持扎实的理论基础的同时,增加实训和习题;实践性较强的课程强调理论与实训紧密结合;涉及实用技术的课程则在教材中引入了最新的知识、技术、工艺和方法。同时,根据实际教学的需要对部分课程进行了整合。

归纳起来,本系列教材具有以下特点:

- 1) 围绕培养学生的职业技能这条主线来设计教材的结构、内容和形式。
- 2) 合理安排基础知识和实践知识的比例。基础知识以“必需、够用”为度,强调专业技术应用能力的训练,适当增加实训环节。
- 3) 符合高职学生的学习特点和认知规律。对基本理论和方法的论述要容易理解、清晰简洁,多用图表来表达信息;增加相关技术在生产中的应用实例,引导学生主动学习。
- 4) 教材内容紧随技术和经济的发展而更新,及时将新知识、新技术、新工艺和新案例等引入教材。同时注重吸收最新的教学理念,并积极支持新专业的教材建设。
- 5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、配套素材光盘、实训指导和习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于我国高等职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更适用的教材。

# 前 言

本书讲述的是作为一门新兴学科的传感器技术与应用。今天，人类已经进入了科学技术迅猛发展的信息社会，传感器处在信息技术的前端。电子计算机、互联网、机器人、自动控制以及单片机嵌入系统的迅速发展，迫切需要形形色色的传感器。作为“感觉器官”，传感器用于各种各样信息的感知、获取和检测，并转换为工作系统进行处理的信息。显而易见，传感器在现代科学技术领域中占有极其重要的地位。了解和掌握传感器技术与应用成为了应用电子技术、自动控制技术、仪器仪表技术、测量技术、机器人技术及计算机应用等专业的必修课。

本书介绍了传感器的分类和特性指标，介绍了温度、力、光、图像、磁、位移、湿度、气体等基本传感器，介绍了生物、微波、超声波、机器人、指纹和微机电系统等新型传感器，还介绍了智能传感器和传感器网络，同时介绍了它们在工农业生产、科学研究、医疗卫生、家用电器等方面的应用实例。本书是第3版，在第2版的基础上作了一些删节，增添了一些最新内容，力求内容新颖、叙述简练、实例面广、侧重应用。全书共分为11章，每章均附有实训和习题，参考学时为60学时。

实训内容提供给学生用于制作一些传感器的应用电路，以增强对知识的理解和提高动手能力。在讲授和学习本书的实训内容时，可根据实际情况和具体条件，选择完成部分或全部实训课题，也可以选择课余时间完成。

本书第1、5、10、11章由金发庆编写，第2、3章由孙卫星编写，第4、8、9章由李晴编写，第6、7章由张天伟编写。全书由金发庆统稿，李瑜芳审稿。

在本书编写过程中，得到了许多同行、同事的热情关心和帮助，并提出了许多宝贵的意见，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免会有不足，恳请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

出版说明

前言

<b>第 1 章 传感器概述</b> .....	1
1.1 自动测控系统与传感器 .....	1
1.1.1 自动测控系统 .....	1
1.1.2 传感器 .....	2
1.2 传感器的分类 .....	3
1.2.1 按被测物理量分类 .....	3
1.2.2 按传感器工作原理分类 .....	3
1.3 传感器性能指标 .....	5
1.3.1 静态特性 .....	5
1.3.2 动态特性 .....	7
1.3.3 性能指标 .....	8
1.4 实训 .....	9
1.4.1 电子秤静态特性测试 .....	9
1.4.2 红外线传感器来人自动闪灯电路装配与调试 .....	9
1.5 习题 .....	10
<b>第 2 章 温度传感器</b> .....	11
2.1 温度测量概述 .....	11
2.2 热电偶传感器 .....	11
2.2.1 热电偶测温原理 .....	12
2.2.2 热电偶的结构形式和标准化热电偶 .....	14
2.2.3 热电偶测温及参考端温度补偿 .....	17
2.3 金属热电阻传感器 .....	18
2.3.1 热电阻的温度特性 .....	19
2.3.2 热电阻传感器的结构 .....	19
2.4 热敏电阻 .....	20
2.4.1 热敏电阻的( $R_t-t$ )特性 .....	20
2.4.2 负温度系数热敏电阻的性能 .....	20
2.4.3 负温度系数热敏电阻的温度方程 .....	21
2.4.4 负温度系数热敏电阻的主要特性 .....	22
2.5 集成温度传感器 .....	23
2.5.1 集成温度传感器的基本工作原理 .....	23
2.5.2 电压输出型集成温度传感器 .....	24



2.5.3	电流输出型集成温度传感器	24
2.6	温度传感器应用实例	24
2.6.1	双金属温度传感器温度计	24
2.6.2	热电偶用于电加热炉温度控制	25
2.6.3	热敏电阻温度传感器的应用	26
2.6.4	晶体管温度传感器的应用	27
2.6.5	集成温度传感器的应用	28
2.6.6	家用空调专用温度传感器	29
2.6.7	电冰箱、电冰柜专用温度传感器	30
2.6.8	热水器专用温度传感器	31
2.6.9	汽车发动机控制系统专用温度传感器	32
2.7	实训	32
2.7.1	熟悉集成温度传感器的性能指标	32
2.7.2	电冰箱温度超标指示电路的装配与调试	33
2.8	习题	33
<b>第3章</b>	<b>力传感器</b>	<b>35</b>
3.1	弹性敏感元器件	35
3.1.1	弹性敏感元器件的特性	35
3.1.2	弹性敏感元器件的分类	36
3.2	电阻应变片传感器	38
3.2.1	电阻应变片的工作原理	39
3.2.2	电阻应变片的分类	39
3.2.3	电阻应变片的测量电路	41
3.3	压电传感器	42
3.3.1	石英晶体的压电效应	42
3.3.2	压电陶瓷的压电效应	43
3.3.3	压电元器件的并联和串联	44
3.3.4	压电测力传感器结构	45
3.3.5	单片集成硅压力传感器	45
3.4	电容式传感器	46
3.4.1	变极距式电容传感器	46
3.4.2	变面积式电容传感器	48
3.4.3	变介电常数式电容传感器	49
3.5	电感式传感器	50
3.5.1	自感式传感器	50
3.5.2	互感式传感器	52
3.6	加速度传感器	53
3.6.1	加速度传感器的组成	53
3.6.2	ADXL320 双轴加速度传感器	54

3.6.3	物体移动或倾倒报警电路	55
3.6.4	MMA1220D 单轴加速度传感器	55
3.6.5	手机跌落关机保护	56
3.7	力传感器应用实例	57
3.7.1	煤气灶电子点火器	57
3.7.2	压电式玻璃破碎报警器	57
3.7.3	带温度补偿的压力电子开关	58
3.7.4	电阻应变片称重传感器	58
3.7.5	指套式电子血压计	58
3.7.6	CL-YZ-320 型力敏传感器	59
3.7.7	手机和平板电脑的横竖显示转换	60
3.8	实训	61
3.8.1	电阻应变片力传感器的装配与调试	61
3.8.2	LED 条图显示压力计电路的装配与调试	61
3.9	习题	63
<b>第4章</b>	<b>光电式传感器</b>	<b>65</b>
4.1	光电效应	65
4.1.1	外光电效应	65
4.1.2	内光电效应	65
4.1.3	光生伏打效应	66
4.2	光电器件	66
4.2.1	光电管和光电倍增管	66
4.2.2	光敏电阻	67
4.2.3	光敏二极管和光敏晶体管	68
4.2.4	光电池	69
4.2.5	光电元器件的特性	69
4.2.6	光耦合器件	73
4.3	红外线传感器	75
4.3.1	概述	75
4.3.2	热释电型红外传感器	76
4.4	色彩传感器	78
4.5	CZG-GD-500 系列紫外火焰传感器	80
4.6	光纤传感器	81
4.6.1	光纤传感元器件	81
4.6.2	常用光纤传感器	82
4.7	光传感器应用实例	84
4.7.1	自动照明灯	84
4.7.2	物体长度及运动速度的检测	84
4.7.3	红外线自动水龙头	85

4.7.4	手指光反射测量心率方法	85
4.7.5	条形码扫描笔	86
4.7.6	插卡式电源开关	87
4.8	实训	88
4.8.1	熟悉常用光敏元器件的性能指标	88
4.8.2	测光文具盒电路的装配与测试	88
4.9	习题	89
<b>第5章</b>	<b>图像传感器</b>	<b>91</b>
5.1	CCD 图像传感器	91
5.1.1	CCD	91
5.1.2	CCD 图像传感器	93
5.1.3	CCD 图像传感器的应用	94
5.2	CMOS 图像传感器	95
5.2.1	CMOS 型光电转换器件	95
5.2.2	CMOS 图像传感器的结构及原理	96
5.2.3	CMOS 图像传感器的应用	97
5.3	CCD 和 CMOS 图像传感器应用实例	97
5.3.1	月票自动发售机	97
5.3.2	数字摄像机	98
5.3.3	数码相机	98
5.3.4	平板电脑和手机摄像头	99
5.3.5	外置式计算机摄像头	100
5.3.6	光纤内窥镜	101
5.4	实训	101
5.4.1	工作现场图像传输网络的安装与调试	101
5.4.2	汽车倒车提醒和后视电路的装配与调试	102
5.5	习题	103
<b>第6章</b>	<b>霍尔传感器及其他磁传感器</b>	<b>104</b>
6.1	霍尔传感器工作原理	104
6.1.1	霍尔效应	104
6.1.2	霍尔元件的主要技术参数	106
6.2	霍尔传感器	107
6.2.1	霍尔开关集成传感器	107
6.2.2	霍尔线性集成传感器	108
6.3	其他磁传感器	108
6.3.1	磁阻元件	108
6.3.2	磁敏二极管	109
6.3.3	磁敏晶体管	110
6.4	霍尔传感器及其他磁传感器应用实例	111

6.4.1	霍尔汽车无触点点火器 .....	111
6.4.2	霍尔无刷直流电动机 .....	112
6.4.3	磁卡及磁卡阅读器 .....	112
6.5	实训 .....	113
6.5.1	干簧管开门播放音乐电路的装配与调试 .....	113
6.5.2	磁感应强度测量仪电路的装配与调试 .....	114
6.6	习题 .....	114
<b>第7章</b>	<b>位移传感器</b> .....	<b>116</b>
7.1	机械位移传感器 .....	116
7.1.1	电位器式机械位移传感器 .....	116
7.1.2	电容式机械位移传感器 .....	117
7.1.3	螺线管电感式机械位移传感器 .....	118
7.1.4	差动变压器式机械位移传感器 .....	118
7.2	光栅位移传感器 .....	119
7.2.1	莫尔条纹 .....	119
7.2.2	光栅位移传感器的结构及工作原理 .....	120
7.2.3	光栅位移传感器的应用 .....	120
7.3	磁栅位移传感器 .....	120
7.4	热释电式接近传感器 .....	122
7.5	磁电式转速传感器 .....	123
7.6	多普勒传感器 .....	123
7.6.1	多普勒效应 .....	123
7.6.2	多普勒雷达测速 .....	124
7.7	导电式液位传感器 .....	124
7.8	流量及流速传感器 .....	126
7.8.1	电磁式流量传感器 .....	126
7.8.2	电磁式流速传感器 .....	127
7.8.3	涡轮式流速传感器 .....	127
7.9	实训 .....	128
7.9.1	灯光照射测转盘转速 .....	128
7.9.2	太阳能热水器水位报警器的装配与调试 .....	128
7.10	习题 .....	129
<b>第8章</b>	<b>气体和湿度传感器</b> .....	<b>130</b>
8.1	气体传感器 .....	130
8.1.1	半导体气体传感器 .....	131
8.1.2	固体电解质式气体传感器 .....	132
8.1.3	接触燃烧式气体传感器 .....	132
8.1.4	电化学式气体传感器 .....	133
8.1.5	集成型气体传感器 .....	134

8.1.6	烟雾传感器	134
8.2	湿度传感器	135
8.2.1	概述	135
8.2.2	陶瓷湿度传感器	137
8.2.3	有机高分子湿度传感器	138
8.2.4	半导体湿度传感器	139
8.2.5	含水量检测	139
8.3	气体和湿度传感器的应用	140
8.3.1	煤气浓度检测电路	140
8.3.2	自动空气净化换气扇	140
8.3.3	自动去湿装置	141
8.3.4	空气湿度检测电路	141
8.4	实训	141
8.4.1	结露报警电路的装配与调试	141
8.4.2	酒精测试仪电路的装配与调试	142
8.5	习题	143
<b>第9章</b>	<b>几种新型传感器</b>	<b>144</b>
9.1	生物传感器	144
9.1.1	概述	144
9.1.2	生物传感器的工作原理及结构	145
9.1.3	生物芯片	148
9.2	微波传感器	150
9.2.1	概述	150
9.2.2	微波传感器及其分类	151
9.2.3	微波温度传感器	151
9.2.4	非接触式公交 IC 卡和读写器	152
9.3	超声波传感器	153
9.3.1	超声波传感器的物理基础	153
9.3.2	超声波换能器及耦合技术	155
9.3.3	超声波传感器的应用	156
9.4	机器人传感器	159
9.4.1	机器人与传感器	159
9.4.2	机器人传感器的分类	159
9.4.3	触觉传感器	160
9.4.4	接近觉传感器	162
9.4.5	视觉传感器	163
9.4.6	听觉、嗅觉、味觉及其他传感器	165
9.5	指纹传感器	168
9.5.1	指纹识别技术	168

9.5.2	指纹传感器	168
9.6	触摸屏	170
9.6.1	触摸屏技术	170
9.6.2	多点触控滑屏的应用	172
9.7	微机电系统	173
9.7.1	微机电系统的特点	173
9.7.2	声表面波叉指换能器	174
9.7.3	叉指换能器振荡器式微传感器	174
9.8	实训	175
9.8.1	参观、使用和体会新型传感器的功能	175
9.8.2	敲击报警器电路的装配与调试	175
9.9	习题	176
<b>第10章</b>	<b>智能传感器</b>	<b>177</b>
10.1	智能传感器概述	177
10.1.1	智能传感器的功能	177
10.1.2	智能传感器的层次结构	178
10.1.3	智能传感器的实现	179
10.2	计算型智能传感器	180
10.2.1	计算型智能传感器的构成方式	180
10.2.2	计算型智能传感器的基本结构	180
10.3	特殊材料型智能传感器	182
10.4	几何结构型智能传感器	183
10.5	多传感器融合系统	183
10.5.1	多传感器融合	184
10.5.2	数据融合	184
10.5.3	多传感器融合系统的应用	184
10.6	模糊传感器	185
10.6.1	模糊语言和模糊传感器结构	185
10.6.2	模糊传感器的应用	186
10.7	智能传感器实例	186
10.7.1	DSIJ-3000 智能压力传感器	186
10.7.2	气象参数测试仪	187
10.7.3	汽车制动性能检测仪	188
10.7.4	轮速智能传感器	189
10.7.5	车载信息系统	190
10.7.6	虚拟仪器	191
10.8	实训	191
10.8.1	模糊洗衣机体验	191
10.8.2	智能压阻压力传感器体验	192

10.9	习题 .....	192
<b>第 11 章</b>	<b>传感器网络 .....</b>	<b>194</b>
11.1	传感器网络概述 .....	194
11.1.1	传感器网络的作用 .....	194
11.1.2	传感器网络的结构 .....	195
11.2	传感器网络信息交换体系 .....	196
11.3	OSI 开放系统互连参考模型 .....	197
11.3.1	OSI 参考模型的层次结构 .....	197
11.3.2	OSI 参考模型各层规范的功能 .....	198
11.4	传感器网络通信协议 .....	199
11.4.1	汽车协议及其应用 .....	200
11.4.2	工业网络协议 .....	202
11.4.3	办公室与楼宇自动化网络协议 .....	203
11.4.4	家庭自动化网络协议 .....	203
11.5	无线传感器网络 .....	205
11.5.1	无线传感器网络的结构 .....	205
11.5.2	无线传感器网络的应用 .....	206
11.6	实训 .....	207
11.6.1	传感器信号无线通信网络的方案设计 .....	207
11.6.2	调频无线传声器电路的装配与调试 .....	208
11.7	习题 .....	209
<b>参考文献</b>	.....	<b>210</b>

# 第 1 章 传感器概述

## 本章要点

- 通过传感器实现从非电物理量到便于测量的电量的转换；
- 将传感器按被测输入量分类以及按工作原理分类；
- 传感器有线性度、灵敏度、重复性及滞迟现象等静态特性。

世界是由物质组成的，各种事物都是物质的不同形态。表征物质特性或运动形式的参数很多，根据物质的电特性，可分为电量和非电量两类。电量一般是指物理学中的电学量，例如电压、电流、电阻、电容及电感等；非电量则是指除电量之外的一些参数，例如压力、流量、尺寸、位移量、重量、力、速度、加速度、转速、温度、浓度及酸碱度等。人类为了认识物质及事物的本质，需要对物质的特性进行测量，其中大多数是对非电量的测量。

非电量的测量不能直接使用一般的电工仪表和电子仪器，因为一般的电工仪表和电子仪器只能测量电量，要求输入的信号为电信号。需要将非电量转换成与非电量有一定关系的电量，再进行测量。实现这种转换技术的器件被称为传感器。采用传感器技术的非电量电测方法，就是目前应用最广泛的测量技术。随着科学技术的发展，也出现了测量光通量、化学量的传感器。

随着电子计算机技术的飞速发展，自动检测技术、自动控制技术显露出非凡的能力，而大多数设备只能处理电信号，这就需把被测、被控非电量的信息通过传感器转换成电信号。可见，传感器是实现自动检测和自动控制的首要环节。没有传感器对原始信息进行精确可靠的捕获和转换，就没有现代化的自动检测和自动控制系统；没有传感器，就没有现代科学技术的迅速发展。

## 1.1 自动测控系统与传感器

### 1.1.1 自动测控系统

自动检测和自动控制技术是人们对事物的规律进行定性了解和定量分析预期效果所从事的一系列的技术措施。自动测控系统是完成这一系列技术措施的装置之一，它是检测控制器与研究对象的总和。自动测控系统通常可分为开环与闭环两种，如图 1-1 和图 1-2 所示。

由图 1-1 和图 1-2 可以看出，一个完整的自动测控系统，一般由传感器、检测电路、显示记录装置或调节执行装置以及电源 4 部分组成。



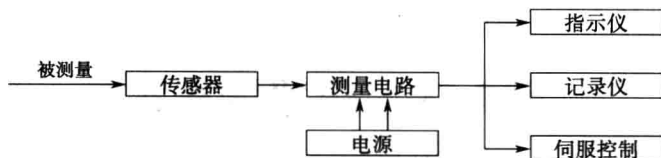


图 1-1 开环自动测控系统框图

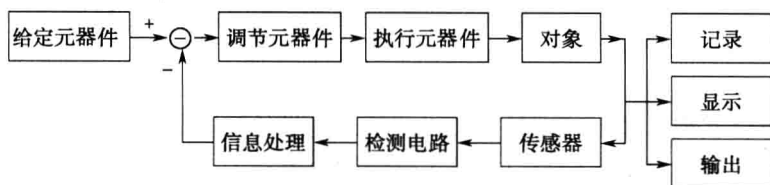


图 1-2 闭环自动测控系统框图

### 1.1.2 传感器

传感器的作用是将被测非电物理量转换成与其有一定关系的电信号，它获得的信息正确与否，直接关系到整个系统的精度。依据中华人民共和国国家标准(GB/T 7665—1987 传感器通用术语)的规定，传感器的定义是：能感受规定的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，通常由敏感元件和转换元件组成。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能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。传感器的组成框图如图 1-3 所示。

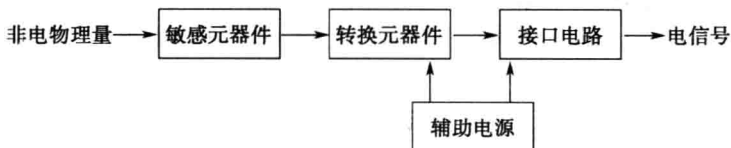


图 1-3 传感器的组成框图

应该指出的是，并不是所有的传感器必需包括敏感元件和转换元件。如果敏感元件直接输出的是电量，它就同时兼为转换元件；如果转换元件能直接感受被测量而输出与之成一定关系的电量，此时传感器就无敏感元件。例如，压电晶体、热电偶、热敏电阻及光电器件等。将敏感元件与转换元件两者合二为一的传感器是很多的。

图 1-3 中接口电路的作用是把转换元件输出的电信号变换为便于处理、显示、记录 and 控制的可用电信号。其电路的类型视转换元件的不同而定，经常采用的有电桥电路和其他特殊电路，例如高阻抗输入电路、脉冲电路、振荡电路等。辅助电源供给转换能量。有的传感器需要外加电源才能工作，例如应变片组成的电桥、差动变压器等；有的传感器则不需要外加电源便能工作，例如压电晶体等。

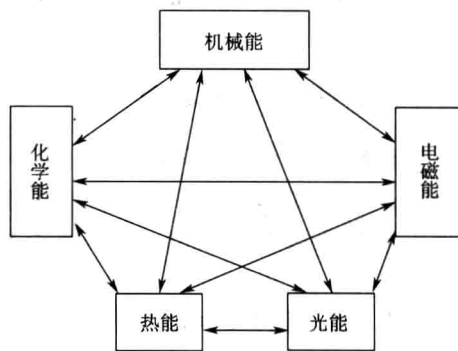


图 1-4 传感器各种能量之间的转换关系