



中国电子学会物联网专家委员会推荐

高职高专物联网应用技术专业“十二五”规划教材

传感器及RFID技术应用

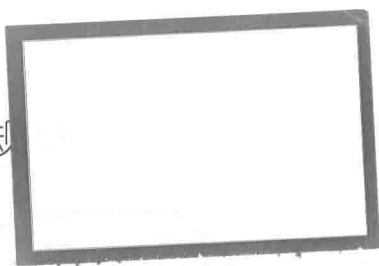
Sensors and RFID Technology Applications

主 编 汤 平 邱秀玲
副主编 陈晶瑾 方 华



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

中国电子学会物联网专家委员会推荐
高职高专物联网应用技术专业“十二五”规划教材



传感器及 RFID 技术应用

主 编 汤 平 邱秀玲
副主编 陈晶瑾 方 华

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

关于传感器技术的内容很多,本书优先选择了在实践上有代表性的典型传感器及物联网感知层的RFID、条码技术等进行讲解。考虑到高职学生的特点,本书对传感器相关的理论知识本着够用的原则进行了简化,突出了传感器实际应用方面的内容。全书共分为九个项目。项目一是认识传感器;项目二是力和压力的测量;项目三是温度测量;项目四是气体和湿度的测量;项目五是位移检测;项目六是转速、流量测量;项目七是位置检测;项目八为RFID技术应用;项目九为传感器的综合应用。

简化理论、突出实践、加强学科联系,以项目化方式编写是本书的特点。本书可作为高职高专物联网应用技术、电子工程技术、应用电子技术、自动控制技术等专业的必修及选修课教材,也可作为相关技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

传感器及RFID技术应用/汤平,邱秀玲主编.

—西安:西安电子科技大学出版社,2013.10

高职高专物联网应用技术专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3205-6

I. ①传… II. ①汤… ②邱… III. ①传感器—无线电信号—射频—信号识别—高等职业教育—教材 IV. ①TP212

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第231263号

策 划 王 飞

责任编辑 王 飞 曹媛媛 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2013年10月第1版 2013年10月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 19.5

字 数 461千字

印 数 1~3000册

定 价 30.00元

ISBN 978-7-5606-3205-6/TP

XDUP 3497001-1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

前 言

随着物联网技术及产业的快速发展,中国、美国、日本、韩国及欧洲各国都将物联网产业置于重要新兴产业的地位,投入大量的人力和物力进行开发。中国经济的发展目前正处于产业升级阶段,迫切需要发展以物联网产业为代表的新兴产业,迫切需要采用以物联网技术为代表的新技术以完成产业升级。物联网产业的发展除了需要领袖级人才、高端设计人才,还需要大量的高素质技能型人才,高职高专的物联网专业就是为完成高素质技能型人才培养这一重要目标而设置的。

物联网高素质技能型人才培养的关键在于课程体系的建设,而建设工学结合、项目驱动的一系列精品教材是其中重要的一环。作为物联网应用技术专业主要专业课程的教材,在内容上如果单纯讲述传感器技术,则显得书本知识落后于物联网感知层技术的发展,所以本书在以讲述传感器技术为主的基础上,增加了物联网专业常用的以 RFID 为主的感知技术的知识。

本书具有以下特点:

(1) 采用项目化编写的方法,将传感器和 RFID 技术融入项目中,通过项目实施带动知识和技能的学习。

(2) 内容以传感器为主,兼顾物联网领域的 RFID 等自动感知技术。

(3) 将传感器技术和生产实际相结合,让学生可学到生产现场的传感器技术。

(4) 在项目制作的过程中,引导学生将传感器技术与其他课程(如单片机技术、无线通信技术、电工电子技术等)的知识相结合,让学生学会将各学科知识融会贯通,以解决实际问题。

(5) 完善资料配套,方便多媒体教学。本书的配套教学资源中,包括电子课件、应用视频资料、模拟试题等内容,以增加学生对传感器和 RFID 知识的感性认识,加深理解,培养学生的观察、理解、判断和推理等能力。

(6) 思考与练习题等内容丰富。

针对近年来传感器、RFID 新技术飞速发展的现状以及项目化教学改革的迫切要求,本书在取材和组稿上,以提高学生的职业能力为主要目标,突出实践环节,力争为扩大学生的就业面,为其今后的继续学习打下良好的基础。全书内容除项目一外,其他各项目均具有一定的独立性。本书可作为高职高专电子信息工程、应用电子技术、物联网应用技术

及自动控制等专业的必修和选修课教材，也可作为相关工程技术人员的参考书。

本书由重庆航天职业技术学院汤平、邱秀玲担任主编，陈晶瑾、方华担任副主编。汤平编写了项目一、八、九；邱秀玲编写了项目二、三、四；陈晶瑾编写了项目五、六；方华编写了项目七。参加本书编写的还有重庆航天职业技术学院叶婧婧、张冬梅。全书由汤平负责统稿。

本书在编写的过程中参考了相关的文献与资料，在此向相关作者表示感谢。

传感器技术涉及的学科内容众多，限于编者水平，书中疏漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2013年5月

目 录

项目一 认识传感器	1
【项目目标】	1
【项目知识】	1
一、传感器的作用及应用	1
二、传感器的概念、分类及发展	5
三、传感器技术基础	11
【项目小结】	20
【思考练习】	20
【阅读材料】	21
项目二 力和压力的测量	29
【项目目标】	29
【项目知识】	29
一、电阻应变式传感器	29
二、压电式传感器	34
【项目实践】	46
【项目小结】	48
【思考练习】	48
【阅读材料】	50
项目三 温度测量	56
【项目目标】	56
【项目知识】	56
一、温度的测量方法	56
二、电阻式温度传感器	57
三、热电偶传感器	63
四、集成温度传感器	72
五、辐射式温度传感器	77
【项目实践】	78
【项目小结】	79
【思考练习】	79
【阅读材料】	81
项目四 气体和湿度的测量	87
【项目目标】	87
【项目知识】	87
一、气体测量	87
二、湿度测量	94
【项目实践】	106

【项目小结】	108
【思考练习】	108
【阅读材料】	110
项目五 位移检测	115
【项目目标】	115
【项目知识】	115
一、电位器式传感器	115
二、电感式传感器	119
三、电容传感器	123
四、光栅位移传感器	128
五、超声波传感器	133
【项目实践】	139
【项目小结】	140
【思考练习】	140
【阅读材料】	143
项目六 转速、流量测量	146
【项目目标】	146
【项目知识】	146
一、霍尔传感器	146
二、光电编码器	155
三、流量传感器	160
【项目实践】	172
【项目小结】	173
【思考练习】	173
【阅读材料】	173
项目七 位置检测	179
【项目目标】	179
【项目知识】	179
一、接近开关	179
二、光电传感器	189
【项目实践】	214
【项目小结】	216
【思考练习】	217
【阅读材料】	218
项目八 RFID 技术应用	221
【项目目标】	221
【项目知识】	221
一、RFID 技术及应用	221
二、条码识别技术	248
三、生物识别技术	256
【项目实践】	257
【项目小结】	258

【思考练习】	258
【阅读材料】	258
项目九 传感器的综合应用	263
【项目目标】	263
【项目知识】	263
一、传感器接口电路	263
二、传感器的综合应用	286
【项目实践】	287
【项目小结】	298
【思考练习】	298
【阅读材料】	298
附录一 Pt100 热电阻分度表	300
附录二 K 型热电偶分度表	302
参考文献	303

项目一

认识传感器

【项目目标】

1. 知识要点

了解传感器的概念、用途、分类及应用；学习传感器的特性与指标。

2. 技能要点

要求能够描述什么是传感器，知道传感器选型的基本原则。

3. 任务目标

要求能够列举出 3 种以上应用在手机上的传感器。

【项目知识】

一、传感器的作用及应用

（一）传感器的作用

世界是由物质组成的，各种事物都是物质的不同形态。人们为了从外界获得信息，必须借助于感觉器官。

人的“五官”——眼、耳、鼻、舌、皮肤分别具有视、听、嗅、味、触觉等直接感受周围事物变化的功能，人的大脑对“五官”感受到的信息进行加工、处理，从而调节人的行为活动。

人们在研究自然现象、规律以及生产活动中，有时仅需要对某一事物的存在与否作定性了解，有时却需要进行大量的测量实验以确定对象的确切数据量值，所以单靠人的自身感觉器官的功能是远远不够的，需要某种仪器设备的帮助，这种仪器设备就是传感器。传感器是人类“五官”的延伸，是信息采集系统的首要部件。

表征物质特性及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：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，需要对物质特性进行测量，其中大多数是对非电量的测量。非电量不能直接使用一般的电工仪表和电子仪器进行测量，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。

非电量需要转化成与其有一定关系的电量,再进行测量,实现这种转换技术的器件就是传感器。传感器是获取自然或生产中的信息的关键器件,是现代信息系统和各种装备不可缺少的信息采集工具。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,传感器技术、通信技术和计算机技术构成了现代信息产业的三大支柱产业,分别充当着信息系统的“感官”、“神经”和“大脑”,它们可构成一个完整的自动检测系统。

在利用信息的过程中,首先要解决的问题是获取可靠、准确的信息,传感器精度的高低直接影响计算机控制系统的精度,没有性能优良的传感器,就没有现代控制技术的发展。

(二) 传感器的应用

随着计算机、生产自动化、现代通信、军事、交通、化学、环保、能源、海洋开发、遥感、宇航等科学技术的发展,各行业对传感器的需求量与日俱增,其应用已渗入到国民经济的各个领域以及人们的日常生活之中。可以说,从太空到海洋,从各种复杂的工程系统到改善人们日常生活的衣食住行,都离不开各种各样的传感器,传感技术对国民经济的发展起着巨大的作用。

1. 传感器在工业检测和自动控制系统中的应用

在石油、化工、电力、钢铁、机械等加工工业中,传感器在各自的工位上担负着相当于人们感觉器官的作用,它们每时每刻地根据需要完成对各种信息的检测,再把测得的大量信息传输给计算机进行处理,用以进行生产过程、产品质量、工艺管理与安全方面的控制。图 1-1 所示为传感器在汽车生产、零件输送系统中的应用。

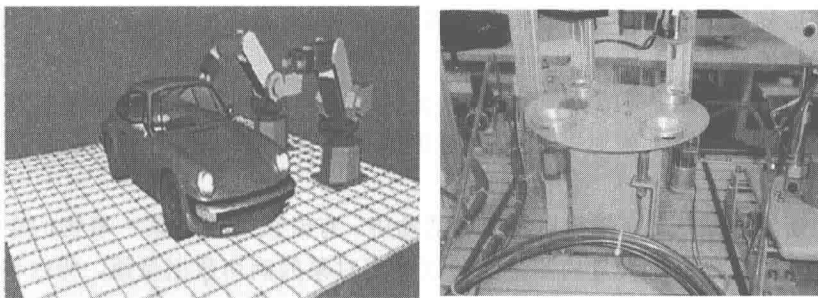


图 1-1 传感器在汽车生产、零件输送系统中的应用

2. 传感器在汽车上的应用

传感器在汽车上的应用已不只局限于对行驶速度、行驶距离、发动机旋转速度以及燃料剩余量等有关参数的测量,汽车安全气囊系统、防盗装置、防滑控制系统、防抱死装置、电子变速控制装置、排气循环装置、电子燃料喷射装置及汽车“黑匣子”等新设施上都应用了传感器。随着汽车电子技术、汽车安全技术和车联网技术的发展,传感器在汽车领域的应用将会更为广泛。图 1-2 所示为传感器在某型轿车上应用的示意图。

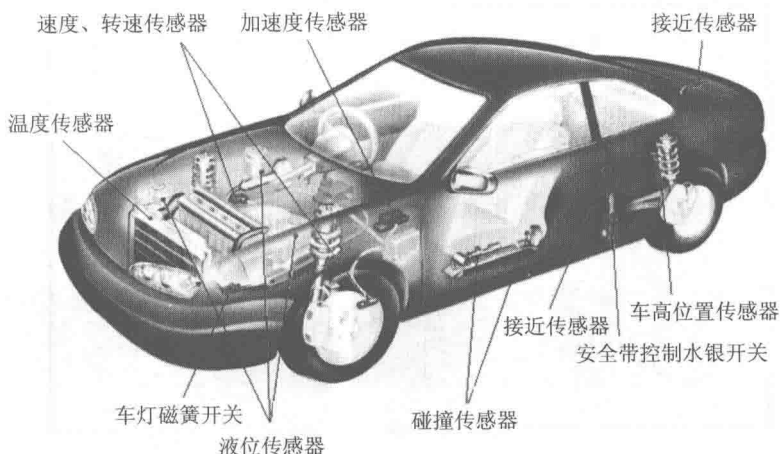


图 1-2 传感器在轿车上的应用

3. 传感器在家用电器上的应用

传感器已在现代家用电器中得到普遍应用，譬如，在电子炉灶、自动电饭锅、吸尘器、空调、电子热水器、热风取暖器、风干器、报警器、电熨斗、电风扇、游戏机、电子驱蚊器、洗衣机、洗碗机、照相机、电冰箱、彩色电视机、录像机、录音机、收音机、电唱机及家庭影院等方面都得到了广泛应用。图 1-3 所示为传感器在家电中的应用。

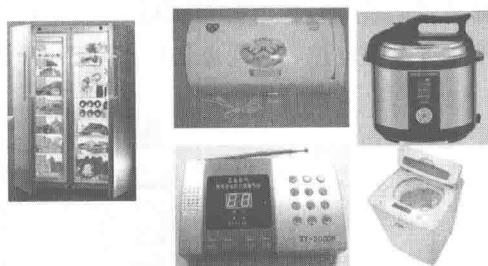


图 1-3 传感器在家电中的应用

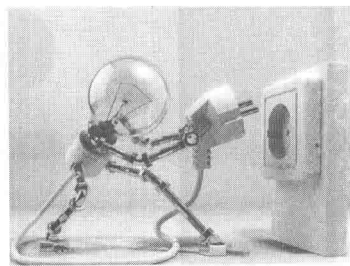
随着物联网技术的发展，增加监控用的红外报警、气体检测报警，将各种家电联网，形成了智能家居系统。

4. 传感器在机器人上的应用

在机器人的开发过程中，让机器人“看”、“听”、“行”、“取”，甚至具有一定的智能分析能力，都离不开各种传感器的应用。图 1-4(a)所示为勇气号火星探测车，图 1-4(b)所示为家庭服务机器人模型。



(a) 勇气号火星探测车



(b) 家庭服务机器人模型

图 1-4 传感器在机器人上的应用

在全国各省市级的电子竞技项目中，可以看到机器人足球赛，避障、循迹、灭火、生活等机器人，这些机器人都采用了众多传感器。图 1-5 所示为传感器在灭火机器人上的应用。

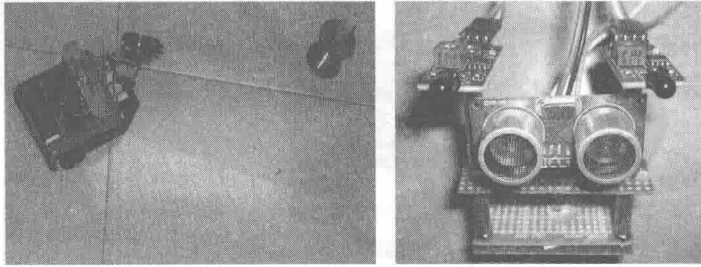


图 1-5 传感器在灭火机器人上的应用

5. 传感器在医疗及医学上的应用

应用医用传感器可以对人体的表面和内部温度、血压及腔内压力、血液及呼吸流量、脉波及心音、心脑电波等进行高准确度的检测。图 1-6 所示为传感器在医疗上的应用。此外，病人的监护、管理也采用了基于 RFID 的跟踪技术。

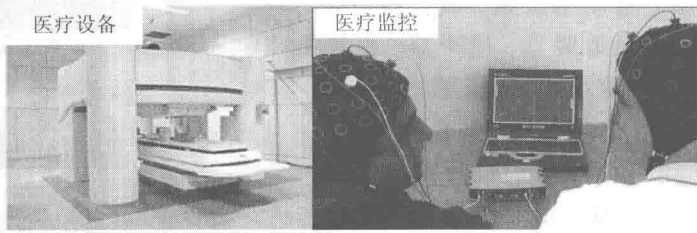


图 1-6 传感器在医疗上的应用

6. 传感器在环境保护上的应用

利用传感器制成的各种环境监测仪器在保护环境、防震减灾等方面正发挥着积极的作用。图 1-7(a)、(b)、(c)所示为三种利用传感器制作的环境监测仪器，图 1-7(d)所示为音视频生命探测仪。



(a) PM2.5 检测仪 (b) 噪声声级计 (c) 核辐射检测仪 (d) 生命探测仪

图 1-7 环境监测仪器和生命探测仪

7. 传感器在航空及航天上的应用

要掌握飞机或火箭的飞行轨迹，并把它们控制在预定的轨道上运行，就要使用传感器进行速度、加速度和飞行距离的测量。

要了解飞行器飞行的方向，就必须掌握它的飞行姿态，飞行姿态可以使用红外水平线传感器陀螺仪、阳光传感器、星光传感器及地磁传感器等进行测量。图 1-8 所示为中国航天的两大标志性技术成果——嫦娥一号和神舟八号。



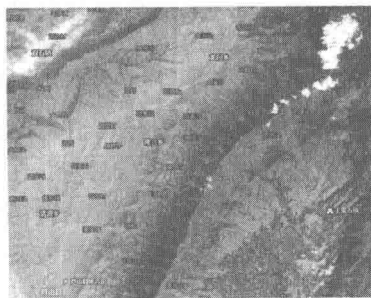
图 1-8 嫦娥一号与神舟八号

8. 传感器在遥感、遥测技术上的应用

所谓遥感技术，简单地说就是从飞机、人造卫星、宇宙飞船及船舶上对远距离的广大区域的被测物体及其状态进行大规模探测的一门技术。图 1-9(a)所示为哈勃望远镜拍摄的照片，图 1-9(b)所示为四川芦山地震灾区的卫星地图。



(a) 哈勃望远镜拍摄的照片



(b) 四川芦山地震灾区的卫星地图

图 1-9 遥感遥测技术

9. 传感器在智能手机上的应用

随着在手机上越来越多地采用传感器技术，手机的智能程度越来越高。请思考一下，我们的手机上都使用了哪些传感器？请在此举出 3 种：_____、_____、_____。

二、传感器的概念、分类及发展

(一) 传感器的基本概念

按照 GB7665-87 国家标准中的规定，传感器(transducer/sensor)的定义为：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。

传感器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和响应被测量的部分;转换元件是指传感器中能将敏感元件感受或响应的被测量转换成适于传输和测量的电信号部分;调理电路是把传感元件输出的电信号转换成便于处理、控制、记录和显示的有用电信号所涉及的有关电路,如放大、滤波、电桥、阻抗变换电路。传感器的结构如图 1-10 所示。



图 1-10 传感器的组成框图

被测量一般理解为非电量或理解为物理量、化学量、生物量等;可用输出信号一般也理解为电信号,即模拟量的电压、电流信号(连续量)和离散量的电平变换的开关信号、脉冲信号。按照现代信息理论理解,测量的输出信号应包括多种信息,如声音、图像、味觉、触觉、空间位置等。

按照控制理论理解,传感器应包括检测以外的识别、检索、侦察、寻找、跟踪、选择拾取、判断等功能。国际电工委员会(IEC)定义传感器是测量系统中将输入变量转换成可供测量的信号的一种前置部件。有人把传感器和传感器系统的概念分开了,即认为传感器是传感器系统的敏感元件。更有人把传感器界定为器件(称为传感器件)。

目前,传统的以弹性元件、光学元件等为基础传感器在向微小型方向发展。传感器产业还与新材料、新工艺、新的制造设备等联系在一起,所以传感器产业是一个产业链,它的产品应用市场除军用外,还可为工业与汽车电子产品、通信电子产品、消费电子产品、专用设备四大类。所以,人们把目前兴起的图像传感器(成像技术)、RFID 射频识别、纳米材料应用、微型机器人等均纳入传感器的市场范围也就不足为奇了。

传感器的任务就是感知与测量。在人类文明史的历次产业革命中,感受、处理外部信息的传感技术一直扮演着一个重要的角色。早在东汉末年,科学家张衡就发明了候风地动仪对地震进行检测,图 1-11 所示为候风地动仪的复制品。

从 18 世纪产业革命以来,特别是在 20 世纪的信息革命中,传感技术越来越多地由人造感官,即工程传感器来实现。目前,工程传感器的应用如此广泛,以至可以说任何机械电气系统都离不开它。现代工业、现代科学探索、特别是现代军事都要依靠传感器技术。一个大国如果没有自身传感技术的不断进步,必将处处被动。



图 1-11 候风地动仪(复制品)

现代技术的发展,创造了多种多样的工程传感器。工程传感器可以轻而易举地测量人体所无法感知的量,如紫外线、红外线、超声波、磁场等。从这个意义上讲,工程传感器超过了人的感官能力。有些量虽然人的感官和工程传感器都能检测,但工程传感器测量得更快、更精确。例如虽然人眼和光传感器都能检测可见光,进行物体识别与测距,但是人眼的视觉残留约为 0.1 s,而光晶体管的响应时间可短到纳秒以下;人眼的角分辨率为 $1'$,而

光栅测距的精确度可达 $1\mu\text{m}$ ；激光定位的精度在月球距离 $3\times 10^4\text{ km}$ 的范围内可达 10 cm 以下；工程传感器可以把人不能看到的物体通过数据处理变为视觉图像。CT技术就是一个例子，它把人体的内部形貌用断层图像显示出来，其他的例子还有遥感技术等。

但是，目前的工程传感器在以下几方面还远比不上人类的感官：多维信息感知、多方面功能信息的感知功能、对信息变化的微分功能、信息的选择功能、学习功能、对信息的联想功能、对模糊量的处理能力以及处理全局和局部关系的能力。这正是今后传感器智能化的一些发展方向。随着信息科学与微电子技术，特别是微型计算机与通信技术的迅猛发展，目前传感器的发展走上了与微处理器相结合的道路，智能(化)传感器的概念应运而生。

传感器技术是涉及传感(检测)原理、传感器件设计、传感器开发和应用的综合技术，因此，传感器技术涉及多学科的交叉研究。在学习、应用传感器的过程中，要注意和电子技术、单片机技术、通信技术相结合，注重应用。

(二) 传感器的分类

传感器主要按其工作原理和被测量来分类，传感器的分类方法如表1-1所示。

表 1-1 传感器的分类

分类法	型式	说明
按构成基本效应分	物理型、化学型、生物型	分别以转换中的物理效应、化学效应等命名
按构成原理分	结构型	以其转换元件结构参数特性变化实现信号转换
	物性型	以其转换元件物理特性变化实现信号转换
按能量关系分	能量转换型	传感器输出量直接由被测量能量转换而得
	能量控制型	传感器输出量能量由外源供给，但受被测输入量控制
按作用原理分	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
按输入量分	位移、压力、温度、流址、气体等	以被测量命名(即按用途分类法)
按输出量分	模拟式	输出量为模拟信号
	数字式	输出量为数字信号

传感器按其工作原理，一般可分为物理型、化学型和生物型三大类；按被测量——输入信号分类，一般可以分为温度、压力、流量、物位、加速度、速度、位移、转速、力矩、湿度、粘度、浓度等传感器。将传感器按其工作原理分类可便于学习研究，把握其本质与共性；按被测量来分类，能很方便地表示传感器的功能，便于选用。

物理型传感器又可分为结构型传感器和物性型传感器。物性型传感器是利用某些功能材料本身所具有的内在特性及效应感受被测量，并转换成电信号的传感器。在物性型传感器中，敏感元件与转换元件合为一体，一次完成“被测非电量→有用电量”的直接转换。结

构型传感器是以结构为基础,利用某些物理规律来感受被测量,并将其转换成电信号的传感器。在结构型传感器里,需要加入转换元件,实现“被测非电量→有用非电量→有用电量”的间接转换。

按照敏感元件输出能量的来源又可以把传感器分成如下三类:

(1) 自源型。指仅含有转换元件的最简单、最基本的传感器构成方式。其特点是:不需外能源;其转换元件具有从被测对象直接吸取能量,并转换成电量的电效应;输出能量较弱,如热电偶、压电器件等。

(2) 带激励源型。它是转换元件外加辅助能源的构成方式。这里的辅助能源起激励作用,它可以是电源,也可以是磁源。如某些磁电式、霍尔传感器等电磁感应式传感器即属此类型。其特点是:不需要变换(测量)电路即可有较大的电量输出。

(3) 外源型。它是由利用被测量实现阻抗变化的转换元件构成,它必须由外电源经过测量电路在转换元件上加入电压或电流,才能获得电量输出。这些电路又称“信号调理与转换电路”。常用的如电桥、放大器、振荡器、阻抗变换器和脉冲宽度调制电路等。

自源型和带激励源型,由于其转换元件起着能量转换的作用,故也叫“能量转换型传感器”。此类传感器中用到的物理效应有:压电效应、磁致伸缩效应、热释电效应、光电动势效应、光电放射效应、热电效应、光子滞后效应、热磁效应、热电磁效应、电离效应等。

外源型又称能量控制型,此类传感器中用到的物理效应有:应变电阻效应、磁阻效应、热阻效应、光电阻效应、霍尔效应以及阻抗(电阻、电容、电感)几何尺寸的控制等。

(三) 传感器技术的发展趋势

1. 采用系列高新技术设计开发新型传感器

(1) 微电子机械系统(Micro Electro Mechanical Systems, MEMS)技术、纳米技术将高速发展,成为新一代微传感器、微系统的核心技术,是 21 世纪传感器技术领域中有革命性变化的高新技术。

(2) 发现与利用新效应,比如物理现象、化学反应和生物效应,发展新一代传感器。

(3) 加速开发新型敏感材料,微电子、光电子、生物化学、信息处理等各种学科各种新技术的互相渗透和综合利用,可望研制出一批先进传感器。

(4) 空间技术、海洋开发、环境保护以及地震预测等都要求检测技术满足观测研究宏观世界的要求。细胞生物学、遗传工程、光合作用、医学及微加工技术等又希望检测技术跟上研究微观世界的步伐。它们对传感器的研究开发提出许多新的要求,其中重要的一点就是扩展检测范围,不断突破检测参数的极限。

2. 传感器的微型化与微功耗

各种控制仪器设备的功能越来越强大,要求各个部件体积越小越好,因而传感器本身体积也是越小越好。微传感器的特征之一就是体积小,其敏感元件的尺寸一般为微米级,是由微机械加工技术制作而成的,包括光刻、腐蚀、淀积、键合和封装等工艺。利用各向异性腐蚀、牺牲层技术和 LIGA 工艺,可以制造出层与层之间有很大差别的三维微结构。这些微结构与特殊用途的薄膜和高性能的集成电路相结合,已成功地用于制造各种微传感器乃至多功能的敏感元件阵列(如光电探测器等),实现了诸如压力、力、加速度、角速率、应力、应变、温度、流量、成像、磁场、温度、pH 值、气体成分、离子和分子浓度以及生物传

感器等。目前形成产品的主要是微型压力传感器和微型加速度传感器等，它们的体积只有传统传感器的几十乃至几分之一，质量从千克级下降到几十克乃至几克。

3. 传感器的集成化与多功能化

传感器的集成化一般包含两方面含义。其一是将传感器与其后级的放大电路、运算电路、温度补偿电路等制成一个组件，实现一体化。与一般传感器相比，集成化传感器具有体积小、反应快、抗干扰、稳定性好等优点。其二是将同一类传感器集成于同一芯片上构成二维阵列式传感器，或称面型固态图像传感器，可用于测量物体的表面状况。传感器的多功能化是与“集成化”相对应的一个概念，是指传感器能感知与转换两种以上的不同物理量。例如，使用特殊的陶瓷把温度和湿度敏感元件集成在一起制成温度、湿度传感器；将检测几种不同气体的敏感元件用厚膜制造工艺制作在同一基片上，制成检测氧、氨、乙醇、乙烯 4 种气体的多功能传感器；在同一硅片上制作应变计和温度敏感元件，制成同时测量压力和温度的多功能传感器，该传感器还可以实现温度补偿。

4. 传感器的智能化

智能传感器技术是测量技术、半导体技术、计算技术、信息处理技术、微电子学和材料科学互相结合的综合密集型技术。智能传感器与一般传感器相比具有自补偿能力、自校准功能、自诊断功能、数值处理功能、双向通信功能、信息存储记忆和数字量输出功能。随着科学技术的发展，智能传感器的功能将逐步增强，它利用人工神经网络、人工智能和信息处理技术(如传感器信息融合技术、模糊理论等)使传感器具有更高级的智能，具有分析、判断、自适应、自学习的功能，可以完成图像识别、特征检测、多维检测等复杂任务。它可充分利用计算机的计算和存储能力，对传感器的数据进行处理，并对内部行为进行调节，使采集的数据最佳。智能化传感器的研究与开发，美国处于领先地位。美国宇航局在开发宇宙飞船时称这种传感器为灵巧传感器(Smart Sensor)，在宇宙飞船上这种传感器是非常重要的。

5. 传感器的数字化

随着现代化的发展，传感器的功能已突破传统的限制，其输出不再是单一的模拟信号，而是经过微电脑处理好的数字信号，有的甚至带有控制功能，这就是所谓的数字传感器。随着计算机技术的飞速发展以及单片机的日益普及，世界进入了数字时代，人们在处理被测信号时首先想到的是电脑(单片机或计算机)，具有输出信号便于电脑处理的传感器就是数字传感器。数字传感器的特点是：

- (1) 将模拟信号转换成数字信号输出，提高了传感器输出信号的抗干扰能力，特别适用于电磁干扰强、信号距离远的工作现场；
- (2) 可利用软件对传感器进行线性修正及性能补偿，进而减少系统误差；
- (3) 一致性与互换性好。

图 1-12 所示为数字化传感器的结构框图。模拟传感器产生的信号经过放大、转换、线性化及量纲处理后变成纯粹的数字信号，该数字信号可根据要求以各种标准的接口形式(如 232、422、485、USB 等)与中央处理机相连，可以线性无漂移地再现模拟信号，按照给定程序去控制某个对象(如电动机)等。