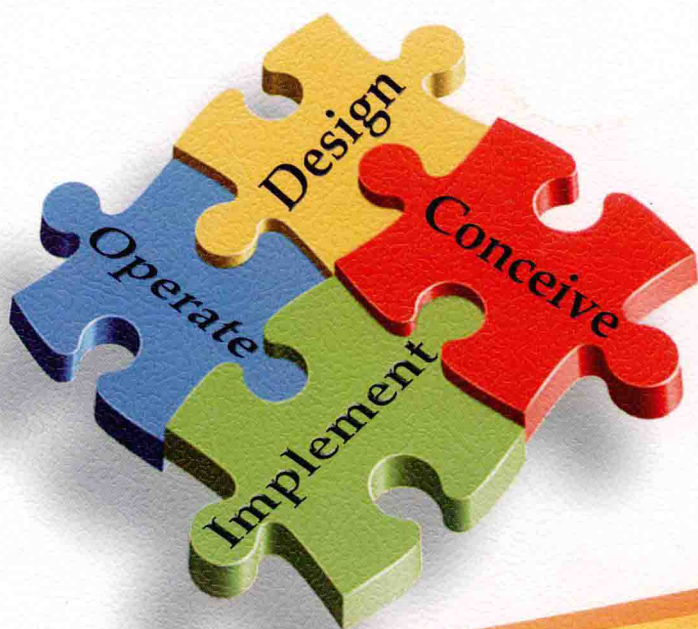


普通高等院校信息类CDIO项目驱动型规划教材

丛书主编：刘平



传感器与检测技术

（项目教学版）

主 编：耿欣

副主编：乔莉 胡瑞 商俊平



清华大学出版社

普通高等院校信息类CDIO项目驱动型规划教材

丛书主编：刘平

传感器与检测技术

（项目教学版）

主 编：耿欣

副主编：乔莉 胡瑞 商俊平

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书按照现代传感器技术在日常生活和工业生产中的典型应用分门别类展开,重点介绍传感器集成应用技术。本书针对每一种传感器提供了实际的应用电路,并做了详尽分析,取材新颖,内容丰富。书中每一种传感器的应用都按照项目的方式展开,按照实践、归纳、再实践的方法不断强化读者对现代传感器技术的应用能力。

本书可作为自动化、建筑电气与智能化、电气工程及其自动化、通信工程、电子工程、轨道交通信号与控制、物联网工程等本科专业教材或教学参考书,也可供相关技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

传感器与检测技术:项目教学版/耿欣主编.--北京:清华大学出版社,2014

普通高等院校信息类 CDIO 项目驱动型规划教材

ISBN 978-7-302-34027-0

I. ①传… II. ①耿… III. ①传感器—检测—高等学校—教材 IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 024309 号



责任编辑:付弘宇 薛 阳

封面设计:常雪影

责任校对:李建庄

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:10.25

字 数:257 千字

版 次:2014 年 2 月第 1 版

印 次:2014 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:22.00 元

产品编号:054083-01

前言

本教材根据高素质技术应用型人才的培养目标,以必需、够用为度,精选必需的内容,其余内容引导学生根据兴趣和需要有目的、有针对性地自学。

全书共分为6大模块,共计十余个传感器应用项目。模块1,传感器与检测技术基本知识;模块2,温度传感器的应用;模块3,压力传感器的应用;模块4,位移传感器的应用;模块5,速度传感器的应用;模块6,其他传感器的应用。

本书的编写突出了以下主要特点:

(1) 在内容安排上,将传感器技术与日常生活和工业生产紧密结合,便于读者提升学习兴趣和学习热情。

(2) 在总体结构上,采用结构式描述,将同一类被测量放在同一模块中,每一个项目介绍一种不同传感器的应用,易读、易懂、易学、易记。

(3) 在每个项目中,以传感器应用为主线,设计出具体应用电路,适当保留理论知识,但放在整个内容的最后;将每个传感器的应用电路放在前面,突出了传感器的应用电路。

通过各个项目学习,可以提高学生的动手能力及分析问题、解决问题的能力,培养学生的职业能力,从课程的层面体现了CDIO的教育理念。

本书由耿欣主编,乔莉、胡瑞和商俊平任副主编,其中第1模块、第2模块由耿欣执笔,第3模块、第4模块由乔莉、耿欣共同执笔,第5模块由胡瑞、耿欣共同执笔,第6模块由商俊平、耿欣、张文静共同执笔,全书由耿欣统稿定稿。在编写过程中得到了刘平院长的大力支持和帮助,刘寅生教授对本书的编写提出了宝贵意见,顾红光、杨徽、邵帅、叶国琛、石晓磊、卢浩、顾金庭、刘嘉伟对本书内容进行了校对,在此一并表示感谢。

由于时间仓促,作者水平有限,书中难免存在疏漏和不妥之处,感谢读者批评指正。

编 者

2013年12月

目 录

模块 1	传感器与检测技术基本知识	1
	引入项目	1
项目 1	传感器的基本知识	2
	一、项目目标	2
	二、项目分析	2
	三、项目实施	2
	四、项目总结	9
项目 2	测量及误差的基本知识	10
	一、项目目标	10
	二、项目分析	10
	三、项目实施	10
	四、项目总结	15
项目 3	传感器接口电路	15
	一、项目目标	15
	二、项目分析	15
	三、项目实施	15
	四、项目总结	17
阅读材料 1	传感器的发展	18
阅读材料 2	中国传感器发展前景	19
阅读材料 3	传感器国家标准	20
	复习与训练	20
模块 2	温度传感器的应用	22
	引入项目	22
项目 1	热电偶在温度测量中的应用	23



一、项目目标	23
二、项目分析	23
三、项目实施	23
四、项目总结	34
项目 2 热电阻在温度测量中的应用	34
一、项目目标	34
二、项目分析	34
三、项目实施	34
四、项目总结	39
项目 3 热敏电阻在温度测量中的应用	40
一、项目目标	40
二、项目分析	40
三、项目实施	40
四、项目总结	43
项目 4 AD590 温度传感器在温度测量中的应用	43
一、项目目标	43
二、项目分析	44
三、项目实施	44
四、项目总结	46
阅读材料 数字温度传感器及其应用	47
复习与训练	48
模块 3 压力传感器的应用	51
引入项目	51
项目 1 应变式压力传感器在电子秤中的应用	51
一、项目目标	51
二、项目分析	52
三、项目实施	52
四、项目总结	61
项目 2 LED 显示排压力计设计	62
一、项目目标	62
二、项目分析	62
三、项目实施	62
四、项目总结	64
项目 3 压力变送器在恒压供水系统中的应用	65
一、项目目标	65
二、项目分析	65
三、项目实施	65

四、项目总结	68
阅读材料 1 压力传感器的现状及发展状况	68
阅读材料 2 全球最小压力传感器的应用	71
复习与训练	72
模块 4 位移传感器的应用	76
引入项目	76
项目 1 电位器式位移传感器在位置检测与控制中的应用	76
一、项目目标	76
二、项目分析	77
三、项目实施	77
四、项目总结	80
项目 2 差动变压器式位移传感器在微小测量中的应用	80
一、项目目标	80
二、项目分析	81
三、项目实施	82
四、项目总结	95
项目 3 光栅位移传感器在数控机床中的应用	95
一、项目目标	95
二、项目分析	95
三、项目实施	98
四、项目总结	104
阅读材料 位移测量技术及其传感器的最新发展	104
复习与训练	107
模块 5 速度传感器的应用	108
引入项目	108
项目 1 霍尔开关传感器在转速测量中的应用	109
一、项目目标	109
二、项目分析	109
三、项目实施	110
四、项目总结	115
项目 2 光电传感器在转速测量中的应用	115
一、项目目标	115
二、项目分析	115
三、项目实施	117
四、项目总结	121
项目 3 磁电传感器在转速测量中的应用	121



一、项目目标	121
二、项目分析	121
三、项目实施	122
四、项目总结	126
阅读材料 速度传感器在汽车中的应用	127
复习与训练	128
模块 6 其他传感器的应用	130
引入项目	130
项目 1 光敏电阻在报警器中的应用	131
一、项目目标	131
二、项目分析	131
三、项目实施	131
四、项目总结	137
项目 2 光敏二极管在路灯控制器中的应用	137
一、项目目标	137
二、项目分析	138
三、项目实施	139
四、项目总结	143
项目 3 气敏传感器在有害气体检测中的应用	143
一、项目目标	143
二、项目分析	143
三、项目实施	144
四、项目总结	148
项目 4 电阻型湿度传感器在简易湿度计中的应用	148
一、项目目标	148
二、项目分析	148
三、项目实施	150
四、项目总结	154
阅读材料 无线传感器网络	154
复习与训练	155
参考文献	156

模块 1

传感器与检测技术 基本知识

引入项目

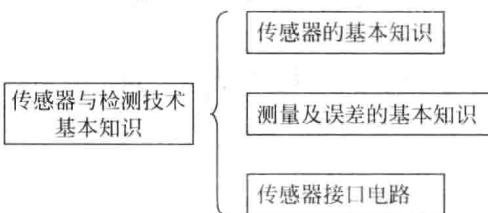
概述

本模块主要学习传感器的概念、测量及误差知识及传感器接口电路等知识。通过本模块的学习,应明白传感器在现代测控系统中的地位、作用,知道传感器的定义,了解其发展趋势;掌握与测量有关的名词、测量的分类、误差的表示形式及根据测量精度要求如何选择仪表。

传感器是现代测控系统的感知元件,一般情况下,要通过接口电路实现传感器与控制电路的连接,所以接口电路也非常重要,应理解并熟练掌握接口电路的形式、原理及作用,在工作中,能根据现象判断故障的位置。

在学习本模块前,应复习一下电路基本理论、电子技术相关的知识,通过学习能制作一些简单的接口电路,以锻炼自己的动手和解决问题的能力。

模块结构



预备知识

- 基尔霍夫电压定律
- 基尔霍夫电流定律
- 同相放大电路
- 反相放大电路



项目 1 传感器的基本知识

一、项目目标

了解传感器在各领域中的应用,掌握传感器的静态特性。

二、项目分析

通过各种手段查阅传感器静态特性的相关资料,传感器的主要静态特性包括线性度、灵敏度、迟滞性、重复性等。

三、项目实施

1. 基本特性

传感器的静态特性是指对静态的输入信号,传感器的输出量与输入量之间的关系。因为输入量和输出量都和时间无关,它们之间的关系,即传感器的静态特性可用一个不含时间变量的代数方程,或以输入量作横坐标,把与其对应的输出量作纵坐标而画出的特性曲线来描述。表征传感器静态特性的主要参数有:线性度、灵敏度、分辨力和迟滞等,传感器的参数指标决定了传感器的性能以及选用传感器的原则。

1) 传感器的灵敏度

灵敏度是指传感器在稳态工作情况下输出量变化对输入量变化的比值。传感器的灵敏度示意图如图 1.1 所示。

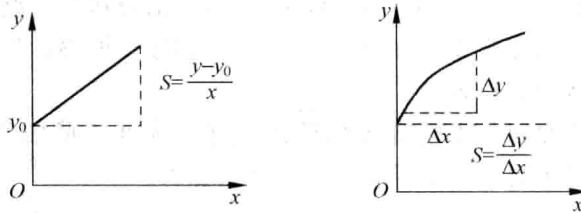


图 1.1 传感器的灵敏度示意图

$$K = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (1.1)$$

式中, K ——灵敏度;

Δx ——输入变化量;

Δy ——输出变化量。

如果传感器的输出和输入之间呈线性关系,则灵敏度 K 是一个常数,即特性曲线的斜率。如果传感器的输出和输入之间呈非线性关系,则灵敏度 K 不是一个常数,灵敏度的量纲是输出量、输入量的量纲之比。例如,某位移传感器,在位移变化 1mm 时,输出电压变化为 200mV,则其灵敏度应表示为 200mV/mm。当传感器的输出量、输入量的量纲相同时,灵敏度可理解为放大倍数。

提高灵敏度,可得到较高的测量精度。但灵敏度愈高,测量范围愈窄,稳定性也往往愈差。

例 1.1 某一型号温度传感器,量程为 $0\sim 300^{\circ}\text{C}$,输出信号为直流电压 $1\sim 5\text{V}$ 。当温度 $T=150^{\circ}\text{C}$ 时,输出电压 $U'_0=3.004\text{V}$ 。求:

(1) 写出该传感器理想的静态特性方程式。

(2) 该传感器在温度 $T=150^{\circ}\text{C}$ 时,输出的绝对误差。

答:(1) 该传感器理想的静态特性是一个线性方程,即:

$$\frac{U_0-1}{T-0} = \frac{5-1}{300-0} \quad (1.2)$$

整理式(1.2)得:

$$U_0 = \frac{1}{75}T + 1 \quad (1.3)$$

将 $T=150$ 代入式(1.3)得到该温度点输出的真值为:

$$U_0 = \frac{1}{75} \times 150 + 1 = 3\text{V} \quad (1.4)$$

(2) 该温度点输出的绝对误差为:

$$\Delta U = U'_0 - U_0 = 3.004 - 3 = 0.004\text{V} \quad (1.5)$$

例 1.2 已知某一压力传感器的量程为 $0\sim 10\text{MPa}$,输出信号为直流电压 $1\sim 5\text{V}$ 。求:

(1) 该压力传感器的静态特性表达式。

(2) 该压力传感器的灵敏度。

答:(1) 由于压力传感器是一线性检测装置,所以输入输出应符合下列关系:

$$\frac{V-1}{P-0} = \frac{5-1}{10-0} \quad (1.6)$$

整理式(1.6)得:

$$V = 0.4P + 1 \quad (1.7)$$

(2) 对该特性方程式求导得灵敏度为:

$$S = \frac{dV}{dP} = 0.4 \quad (1.8)$$

2) 传感器的线性度

线性度是指实际特性曲线近似理想特性曲线的程度。通常情况下,传感器的实际静态特性输出是条曲线而非直线。在实际工作中,为使仪表具有均匀刻度的读数,常用一条拟合直线近似地代表实际的特性曲线。拟合直线的选取有多种方法,如将零输出和满量程输出点相连的理论直线作为拟合直线,线性度就是这个近似程度的一个性能指标。传感器的线性度示意图如图 1.2 所示。

$$r = \Delta L_{\max} / Y_{\text{FS}} \times 100\% \quad (1.9)$$

式中, r ——线性度;

$\Delta L_{\max}$ ——实际曲线和拟合直线之间的最大差值;

Y_{FS} ——传感器的量程。

3) 传感器的分辨力

分辨力是指传感器可能感受到的被测量的最小变化

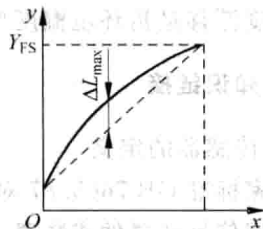


图 1.2 传感器的线性度示意图



的能力。也就是说,如果输入量从某一非零值缓慢地变化,当输入变化值未超过某一数值时,传感器的输出不会发生变化,即传感器对此输入量的变化是分辨不出来的。只有当输入量的变化超过分辨力时,其输出才会发生变化。

通常传感器在满量程范围内各点的分辨力并不相同,因此常用满量程中能使输出量产生阶跃变化的输入量中的最大变化值作为衡量分辨力的指标。

4) 传感器的重复性

传感器在输入量按同一方向做全量程多次测试时,所得特性曲线不一致的程度。传感器的重复性示意图如图 1.3 所示。

$$E = \Delta_{\max} / 2Y_{\text{FS}} \times 100\% \quad (1.10)$$

式中, E ——重复性;

$\Delta_{\max}$ ——多次测量曲线之间的最大差值;

Y_{FS} ——传感器的量程。

5) 传感器的迟滞性

传感器在正向行程(输入量增大)和反向行程(输入量减小)期间,特性曲线不一致的程度。传感器的迟滞特性示意图如图 1.4 所示。

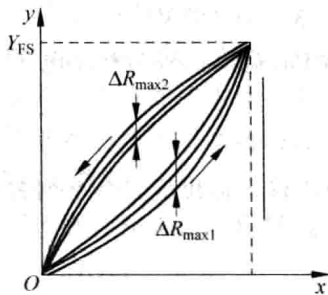


图 1.3 传感器的重复性示意图

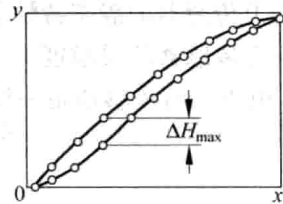


图 1.4 传感器的迟滞性示意图

$$E = \Delta_{\max} / 2Y_{\text{FS}} \times 100\% \quad (1.11)$$

式中, E ——迟滞误差;

$\Delta_{\max}$ ——正向曲线与反向曲线之间的最大差值;

Y_{FS} ——传感器的量程。

6) 传感器的漂移

传感器的漂移是指在外界的干扰下,输出量发生与输入量无关的、不需要的变化。漂移分为零点漂移和灵敏度漂移等。漂移还可分为时间漂移和温度漂移。

时间漂移是指在规定的条件下,零点或灵敏度随时间的缓慢变化。

温度漂移是指环境温度变化而引起的零点或灵敏度的漂移。

2. 知识链接

1) 传感器的定义

国家标准 GB 7665.87 对传感器的定义是:“能感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用信号的器件或装置,通常由敏感元件和转换元件组成”。传感器是一种检测装置,能感受到被测量的信息,并能将检测感受到的信息,按一定规律变换成为电信号或其他所需

形式的信息输出,以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等要求。它是实现自动检测和自动控制的首要环节。传感器的输出信号多为易于处理的电量,如电压、电流、频率等。传感器的组成框图如图 1.5 所示。

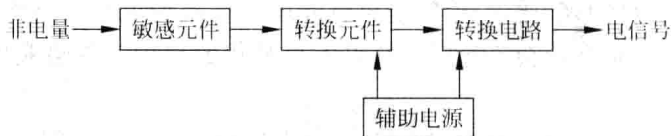


图 1.5 传感器的组成框图

图中敏感元件是在传感器中直接感受被测量的元件。即被测量通过传感器的敏感元件转换成一个与之有确定关系、更易于转换的非电量。这一非电量通过转换元件被转换成电参量。转换电路的作用是将转换元件输出的电参量转换成易于处理的电压、电流或频率量。应该指出,有些传感器将敏感元件与转换元件合二为一了。

2) 传感器分类

根据某种原理设计的传感器可以同时检测多种物理量,而有时一种物理量又可以用几种传感器测量,传感器有很多种分类方法。但目前对传感器尚无一个统一的分类方法,但比较常用的有如下三种。

(1) 按传感器的物理量分类,可分为位移、力、速度、温度、湿度、流量等传感器。

(2) 按传感器工作原理分类,可分为电阻、电容、电感、电压、霍尔、光电、光栅、热电偶等传感器。

(3) 按传感器输出信号的性质分类,可分为:输出为开关量(“1”和“0”或“开”和“关”)的开关型传感器;输出为模拟型传感器;输出为脉冲或代码的数字型传感器。

3) 传感器数学模型

传感器检测被测量,应该按照规律输出有用信号,因此,需要研究其输出、输入之间的关系及特性,理论上用数学模型来表示输出、输入之间的关系和特性。

传感器可以检测静态量和动态量,输入信号不同,传感器表现出来的关系和特性也不尽相同。在这里,将传感器的数学模型分为动态和静态两种,本书只研究静态数学模型。

静态数学模型是指在静态信号作用下,传感器输出与输入量之间的一种函数关系。表示为:

$$y = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \cdots + a_n x^n \quad (1.12)$$

式中, x ——输入量;

y ——输出量;

a_0 ——零输入时的输出,也称零位误差;

a_1 ——传感器的线性灵敏度,用 K 表示;

$a_2 \cdots a_n$ ——非线性项系数。

根据传感器的数学模型一般把传感器分为以下三种。

(1) 理想传感器,静态数学模型表现为 $y = a_1 x$ 。

(2) 线性传感器,静态数学模型表现为 $y = a_0 + a_1 x$ 。



(3) 非线性传感器,静态数学模型表现为 $y=a_0+a_1x+a_2x^2+\cdots+a_nx^n$ ($a_2\cdots a_n$ 中至少有一个不为零)。

4) 传感器的应用

传感器是利用各种物理、化学、生物现象将非电量转换为电量的器件,传感器可以检测自然界所有的非电量,它在社会生活中发挥着不可替代的作用。传感器技术是自动控制技术的核心技术。

当今社会的发展,就是信息技术的发展。早在 20 世纪 80 年代,美国首先认识到世界已进入传感器时代,日本也将传感器技术列为十大技术之首,我国将传感器技术列为国家八五重点科技攻关项目,建成了“传感器技术国家重点实验室”、“国家传感器工程中心”等研究开发基地。传感器产业已被国内外公认为是具有发展前途的高技术产业。它以其技术含量高、经济效益好、渗透力强、市场前景广等特点为世人所瞩目。

随着现代科技技术的高速发展,人们生活水平的迅速提高,传感器技术越来越受到普遍的重视,它的应用已渗透到国民经济的各个领域。

(1) 在工业生产中的应用

在工业生产过程中,必须对温度、压力、流量、液位等参数进行检测,实现对工作状态的监控,诊断生产设备的各种情况,使生产系统处于最佳状态,从而保证产品质量,提高效益。目前,传感器与微机、通信技术的结合,使工业监测实现了自动化。如果没有传感器,现代工业生产自动化程度会大大降低。

举例来说,自动化生产线要保证食用油能准确地注入油桶,并能控制一定的重量,装完后能拧好顶盖,然后在合适的位置贴好商标,整个过程都需要通过仪器检测出油桶的位置、注油量、油桶盖的安装位置以及商标粘贴位置,以达到自动化控制的目的。现代化的生产过程大都采用了自动计数系统,它轻而易举地解决了生产中工件数目繁多、难以计数的问题。光电计数机,它运用了光电传感器,可实现自动计数、缺料报警及剔除不良计数工件的功能。工业用光电计数机实物图如图 1.6 所示。

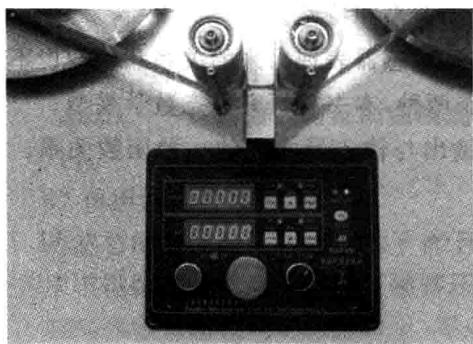


图 1.6 工业用光电计数机实物图

(2) 在汽车电控系统中的应用

随着人们生活水平的提高,汽车已逐渐走进千家万户。传感器在汽车中相当于感官和触角,只有它才能采集汽车工作状态的信息,提高自动化程度。汽车传感器主要分布在发动机控制系统、地盘控制系统和车身控制系统中。汽车配备的传感器数量在不断增加。

举例来说,仅发动机的燃料喷射系统就需要配备 15 个传感器,再加上车辆控制系统、车身控制系统以及信息通信系统,一台汽车上的传感器数量甚至 would 超过 150 个。就是将汽车称为诸多

传感器的集合体也不为过。混合动力车及电动汽车因电动部件增加,传感器的定位就更高。汽车传感器应用示意图如图 1.7 所示。

(3) 在现代医学领域中的应用

医学传感器作为拾取生命体征信息的五官,它的作用日益显著,并得到广泛应用。在图

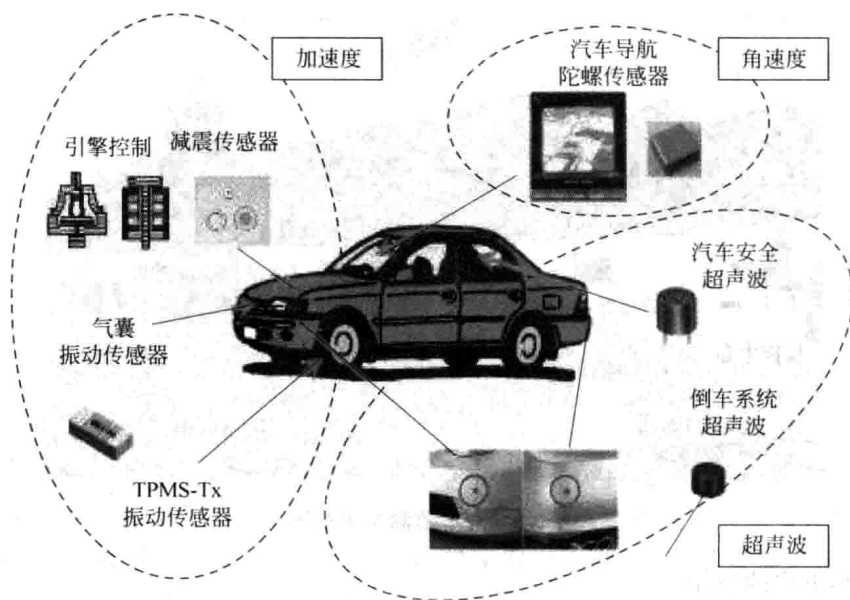


图 1.7 汽车传感器应用示意图

像处理、临床化学检验、生命体征参数监护、疾病的诊断与治疗方面,广泛使用传感器。医学传感器分为物理传感器、化学传感器、生物传感器。被测量生理参数均为低频或超低频信息,频率分布一般低于 300Hz。生理参数的信号微弱,测量范围分布在 $\mu\text{V}\sim\text{mV}$ 数量级。传感器在现代医学中已无处不在。

举例来说,医用传感器在医学上的用途主要是检测、监护、控制。检测即测量正常或异常生理参数,如先心病病人手术前须用血压传感器测量心内压力,估计缺陷程度。监护即连续测定某些生理参数是否处于正常范围,以便及时预报,如在 ICU 病房,对危重病人的体温、脉搏、血压、呼吸、心电等进行连续监护的监护仪。控制即利用检测到的生理参数控制人体的生理过程。比如,用同步呼吸器抢救病人时,要检测病人的呼吸信号,以此来控制呼吸器的动作与人体呼吸同步。家庭医用监护仪示意图如图 1.8 所示。



图 1.8 家庭医用监护仪示意图

(4) 在环境监测方面的应用

人们工作、生活、娱乐等场所都需要一个安全的环境。家庭中对煤气泄漏的及时发现,公共场所对火灾初期情况的及时掌握,对人员疏散、最大限度减少生命及财产损失至关重要。

近年来,环境污染问题日益严重,人们迫切希望拥有一种能对污染物进行连续、快速、在线监测的仪器,传感器满足了人们的要求。目前,已有相当一部分传感器应用于环境监测中。

举例来说,二氧化硫是酸雨形成的主要原因,传统的方法很多,现在将亚细胞类脂类固定在醋酸纤维膜上,和氧电极制成安培型生物传感器,可对酸雨酸雾溶液进行检测,大大简化了检测方法。环境监测站示意图如图 1.9 所示。

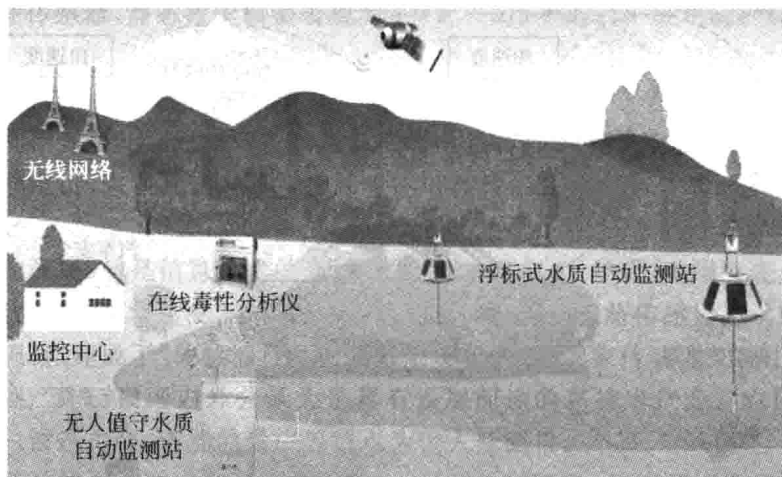


图 1.9 环境监测站示意图

(5) 在军事中的应用

当今,传感器在军事上的应用极为广泛,可以说无时不用、无处不用,大到飞机、舰船、坦克、火炮等装备系统,小到单兵作战武器,从参战的武器系统到后勤保障,遍及整个作战系统及作战的全过程。传感器在军用电子系统中的运用促进了武器、作战指挥、控制、监视和通信方面的智能化。传感器在远方战场监视系统、防控系统、雷达系统、导弹系统等方面,都有广泛的应用,是提高军事战斗力的重要因素。

举例来说,美国航天飞机上的传感器有一百多种四千多个;用于陆军单兵作战的多功能电子设备,包括各类 MEMS 传感器,如夜视仪、红外瞄准器等;有多种微型传感器的机器人坦克、自主式地面车辆已投入使用。红外夜视仪效果图如图 1.10 所示。



图 1.10 红外夜视仪效果图

(6) 在家用电器中的应用

随着电子技术的兴起,家用电器正向自动化、智能化的方向发展。自动化和智能化的中心就是研制计算机和各种类型的传感器组成的控制系统。

举例来说,一台空调器采用微型计算机控制配合传感器技术,可以实现压缩机的启动、停机、风扇摇头、风门调节、换气等,从而对温度、湿度和空气浊度进行控制。测量空调压缩机转速示意图如图 1.11 所示。

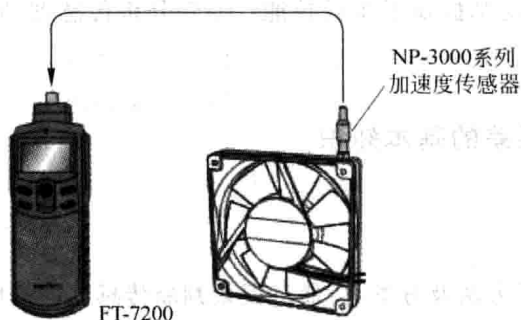


图 1.11 测量空调压缩机转速示意图

(7) 在智能建筑领域中的应用

智能建筑是未来建筑的一种必然趋势,它涵盖自动化、信息化、生态化等多方面的内容,具有微型集成化、高精度、数字化特征的智能传感器将在智能建筑中占有重要位置。

举例来说,如闭路监控系统、防盗报警系统、楼宇对讲系统、停车场管理系统、小区一卡通系统、红外周界报警系统、电子围栏、巡更系统、考勤门禁系统、电子考场系统、智能门锁等。防盗报警系统示意图如图 1.12 所示。

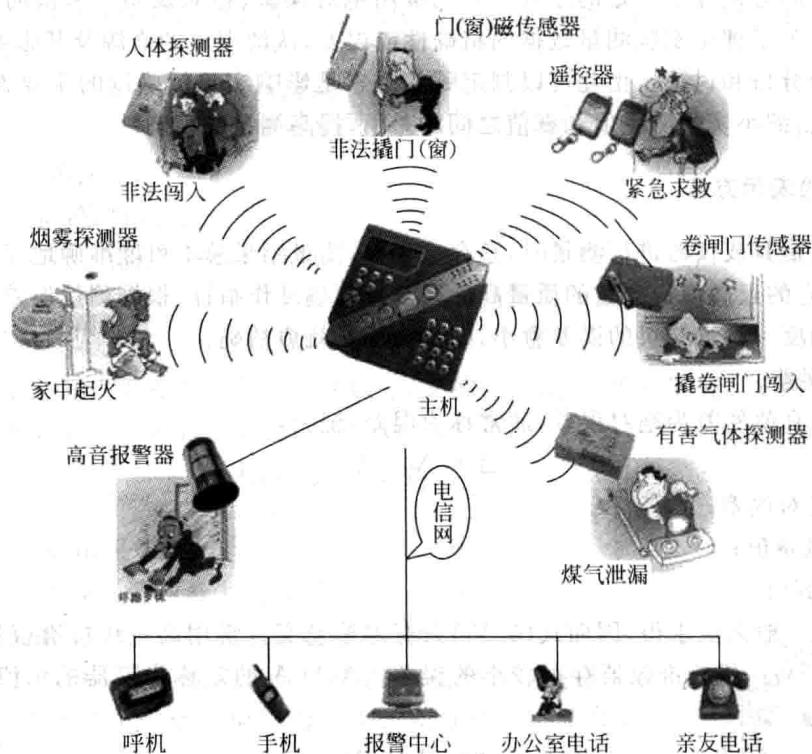


图 1.12 防盗报警系统示意图

四、项目总结

通过本项目的学习,应掌握如下知识重点: ①掌握传感器的定义、组成; ②传感器的静态特性指标。