



高职高专电子类专业“十二五”规划教材

传感器 应用技术

CHUANGANQIYINGYONGJISHU

GAOZHIGAOZHUANDIANZILIEZHUYANYESHIERWUGUTHUAJIAOCAI

主编 曾全胜

主审 汤光华



中南大学出版社
www.csupress.com.cn





高职高专电子类专业“十二五”规划教材

传感器 应用技术

CHUANGANQIYINGYONGJISHU

GAOZHIGAOZHUANDIANZILEIZHUANYESHIERWUGUIHUAJIAOCAI

主 编 曾全胜

副 主 编 冯泽虎 齐俊平 练 斌

编写人员（按姓氏笔画排序）

王文海 李仲秋 宋 烨

郭晓科 黄 荻 谢佳君

主 审 汤光华



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

传感器应用技术/曾全胜主编. —长沙:中南大学出版社,2012. 8
ISBN 978-7-5487-0610-6

I. 传... II. 曾... III. 传感器 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 188304 号

传感器应用技术

曾全胜 主编

☐责任编辑 陈应征

☐责任印制 周 颖

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙利君漾印刷厂

☐开 本 787 × 1092 1/16 ☐印张 15.75 ☐字数 392 千字

☐版 次 2012 年 8 月第 1 版 ☐2012 年 8 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-0610-6

☐定 价 32.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

前 言

随着电子技术、自动控制技术的迅速发展,传感器及其应用技术已经渗透到机械、电子、通信、航空航天、生物、医学、军事、物联网等各个领域。因此,在大中专院校的电子、通信、机电一体化、电气自动化等专业引入传感器技术的教学已成为共识。

本书根据高职高专教育人才培养目标及规格的要求,在编写的过程中,打破传统理论教材的知识体系结构,以传感器的应用为主线,将知识、能力、职业素养融入真实的任务中,学生通过传感器应用的典型项目、案例来学习知识和技能,并养成良好的职业素养。

本书的主要特色是按照职业岗位和职业能力培养的要求进行内容的取舍,理论知识以“必需、够用”为度;编写上以技能培养为主线,通过典型项目的制作,帮助学生掌握知识和技能、提高能力。

全书共分十三个项目,分别为:认识传感器、基于热敏电阻的测温电路的设计与制作、基于电容式传感器湿度计的设计与制作、基于电感式传感器接近开关的设计与制作、基于热电偶传感器的测温电路的设计与制作、基于压电陶瓷的声波检测仪的设计与制作、基于霍尔传感器的车速测量仪的设计与制作、基于热释电传感器的报警器的设计与制作、基于红外传感器的遥控风扇的设计与制作、基于气敏传感器的自动空气清新器的设计与制作、基于压力传感器的电子秤的设计与制作、基于超声波传感器的测距仪的设计与制作、位移传感器应用。每个项目后附有拓展训练。

本书由长沙航空职业技术学院曾全胜主编,山东淄博职业技术学院冯泽虎、河南周口职业技术学院齐俊平、长沙航空职业技术学院练斌担任副主编,长沙航空职业技术学院郭晓科、王文海、李仲秋、宋烨、黄荻、谢佳君参加编写。其中项目一由李仲秋编写,项目二由曾全胜编写,项目三由冯泽虎编写,项目五、项目六由练斌编写,项目四由黄荻编写,项目七、项目八、项目十由郭晓科编写,项目九由谢佳君编写,项目十一由王文海编写,项目十二由宋烨编写,项目十三由齐俊平编写。全书由曾全胜统稿,湖南化工职业技术学院汤光华教授主审。

在编写过程中,参考了许多学者和专家的著作及资料,在此谨向他们表示诚挚的感谢。由于时间仓促,加之编者水平有限,书中如有不足之处,敬请读者批评指正,以便修订时改进。

编者
2012年7月

目 录

项目一 认识传感器	(1)
一、项目描述	(1)
二、知识准备	(1)
三、任务实施	(18)
四、考核评价	(21)
五、拓展训练	(22)
项目二 基于热敏电阻的测温电路的设计与制作	(23)
一、项目描述	(23)
二、知识准备	(23)
三、任务实施	(38)
四、考核评价	(41)
五、拓展训练	(42)
项目三 基于电容式传感器湿度计的设计与制作	(44)
一、项目描述	(44)
二、知识准备	(45)
三、任务实施	(56)
四、考核评价	(58)
五、拓展训练	(59)
项目四 基于电感式传感器接近式开关的设计与制作	(61)
一、项目描述	(61)
二、知识准备	(61)
三、任务实施	(78)
四、考核评价	(82)
五、拓展训练	(82)
项目五 基于热电偶传感器的测温电路的设计与制作	(84)
一、项目描述	(84)
二、知识准备	(84)
三、任务实施	(92)

四、考核评价	(96)
五、拓展训练	(97)
项目六 基于压电陶瓷的声波检测仪的设计与制作	(98)
一、项目描述	(98)
二、知识准备	(98)
三、任务实施	(112)
四、考核评价	(113)
五、拓展训练	(114)
项目七 基于霍尔传感器的车速测量仪的设计与制作	(115)
一、项目描述	(115)
二、知识准备	(115)
三、任务实施	(123)
四、考核评价	(127)
五、拓展训练	(128)
项目八 基于热释电传感器的报警器的设计与制作	(130)
一、项目描述	(130)
二、知识准备	(130)
三、任务实施	(133)
四、考核评价	(135)
五、拓展训练	(136)
项目九 基于红外传感器的遥控风扇的设计与制作	(137)
一、项目描述	(137)
二、知识准备	(137)
三、任务实施	(143)
四、考核评价	(152)
五、拓展训练	(153)
项目十 基于气敏传感器的自动空气清新器的设计与制作	(155)
一、项目描述	(155)
二、知识准备	(155)
三、任务实施	(159)
四、考核评价	(161)
五、拓展训练	(162)

项目十一 基于压力传感器的电子秤的设计与制作	(164)
一、项目描述.....	(164)
二、知识准备.....	(164)
三、任务实施.....	(193)
四、考核评价.....	(200)
五、拓展训练.....	(201)
项目十二 基于超声波传感器的测距仪的设计与制作	(202)
一、项目描述.....	(202)
二、知识准备.....	(202)
三、任务实施.....	(208)
四、考核评价.....	(219)
五、拓展训练.....	(220)
项目十三 位移传感器应用	(221)
一、项目描述.....	(221)
二、知识准备.....	(221)
三、任务实施.....	(243)
四、考核评价.....	(244)
五、拓展训练.....	(244)
参考文献	(245)

项目一 认识传感器

一、项目描述

(一)教学目标

1. 了解传感器的定义、组成；
2. 理解传感器的特性指标；
3. 认识常见的传感器，能用万用电表检测基本传感器；
4. 能正确选择传感器；
5. 能根据测量结果计算各种误差；
6. 能根据精度要求选择测量仪表；
7. 了解接口电路的基本形式及工作原理。

(二)任务描述

本项目主要学习传感器的相关概念与基础常识。完成干簧管等几种传感元件的认识及功能与特性参数的测试工作。通过本项目的学习，理解传感器的定义，了解传感器在现代测控系统中的地位、作用及其发展趋势；掌握与测量有关的术语、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测量仪表；理解并熟练掌握主要接口电路的形式、原理及作用。

二、知识准备

(一)传感器的基本概念

1. 传感器的定义及组成

国家标准 GB7665—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，能感受被测量的信息，并能将感受的信息，按一定规律变换成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。

传感器的组成如图 1-1 所示。

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

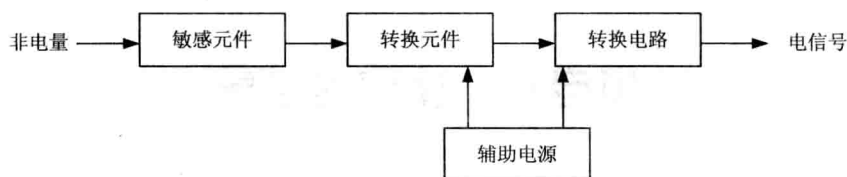


图 1-1 传感器组成框图

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. 传感器的分类

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，但最常用的分类方法有两种，一种是按被测物理量来分；另一种按传感器的工作原理来分。

按被测物理量划分的传感器有温度传感器、湿度传感器、压力传感器、位移传感器、流量传感器、液位传感器、力传感器、加速度传感器、转矩传感器等。

按工作原理可划分为：

(1) 电磁式传感器

利用电磁器件的电参量随被测量变化原理而制成。常见的有：电阻式传感器、电容式传感器、电感式传感器、磁电式传感器、电涡流式传感器等，主要用于位移、转矩等参数的测量。

(2) 光电式传感器

利用光电器件的光电效应和光学原理制成，主要用于光强、光通量、位移、浓度等参数的测量。

(3) 电势型传感器

电势型传感器利用热电效应、光电效应、霍尔效应等原理制成，主要用于温度、磁通、电流、速度、光强、热辐射等参数的测量。

(4) 电荷传感器

电荷传感器利用压电效应原理制成，主要用于力及加速度的测量。

(5) 半导体传感器

半导体传感器利用半导体的压阻效应、内光电效应、磁电效应、半导体与气体接触产生物质变化等原理制成，主要用于温度、湿度、压力、加速度、磁场和有害气体的测量。

(6) 谐振式传感器

利用改变电或机械的固有参数来改变谐振频率的原理制成，主要测量压力。

(7) 电化学式传感器

用于液体中固体成分、液体酸碱度、电导率、氧化还原电位等参数的测量。

3. 传感器的静态特性

传感器的静态特性是指在稳态条件下（传感器无暂态分量）用分析或实验方法所确定

的输入-输出关系。这种关系可依不同情况,用函数或曲线表示,有时也用数据表格来表示。

表征传感器静态特性的主要指标有线性度、灵敏度、迟滞、重复性。

(1) 线性度

通常情况下,传感器的实际静态特性输出是一条曲线而非直线。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;线性度(非线性误差)就是这个近似程度的一个性能指标。

设传感器的理想输入-输出特性是线性的。

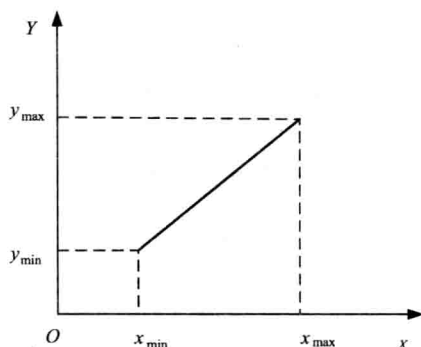


图 1-2 理想变换特性曲线

理想直线可由最小点 $(x_{\min}, y_{\min})$ 和最大点 $(x_{\max}, y_{\max})$ 确定。

这样

$$y - y_{\min} = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}(x - x_{\min})$$

或者

$$y = kx + a$$

其中:

$$k = (y_{\max} - y_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$$

$$a = y_{\min} - Kx_{\min}$$

而实际上,许多传感器并非具有线性的输入-输出特性,在一定程度上存在着非线性。若不考虑迟滞及蠕变效应,表示传感器输入-输出的特性公式为:

$$y = f(x) + a_0 + a_1x + a_2x^2 + \cdots + a_nx^n$$

式中: x ——被测非电量;

y ——输出电量;

a_0 ——零位输出;

a_1 ——理想直线斜率;

$a_i (i = 2, 3, \cdots, n)$ ——非线性系数。

线性度是以一定的拟合直线作基准与校准曲线作比较,其不一致的最大偏差与理论满量程输出值的百分比来进行计算:

$$\delta_L = \pm \frac{|\Delta L_{\max}|}{Y_{FS}} \times 100\%$$

式中: $Y_{FS} = y_{\max} - y_{\min}$, 满量程输出电压。

对于非理想直线特性的传感器,需要进行非线性校正,常采用以下方法。

①端点法

实际特性上分别对应于测量下限 $x_{\min}$ 和测量上限 $x_{\max}$ 的点 A 和 B 的连线称为端点拟合直线。

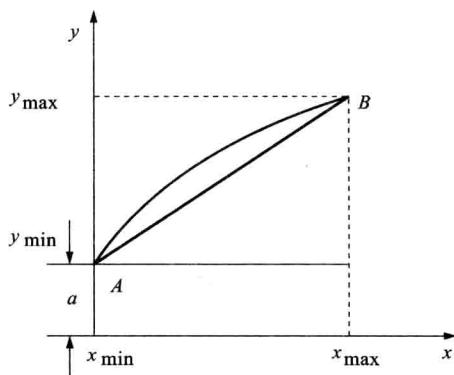


图 1-3 端点拟合直线

设拟合的直线为

$$y = kx + a$$

将校准的两个端点数据 $(x_{\min}, y_{\min})$ 、 $(x_{\max}, y_{\max})$ 代入

$$\begin{cases} y_{\min} = kx_{\min} + a \\ y_{\max} = kx_{\max} + a \end{cases}$$

可求出

$$k = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad a = y_{\min} - kx_{\min}$$

拟合方程为

$$y = y_{\min} + \frac{y_{\max} - y_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}(x - x_{\min})$$

方法简单,但由于数据依据不充分,且计算的线性度值往往偏大,因此不能充分发挥传感器的精度潜力。

②平均选点法

把传感器全量程内的所有校准数据,前后分成两组,分别求出两组的点系中心,这两个点系中心的连线,就是平均选点法的拟合直线。

前半部点系中心坐标为

$$\begin{cases} \bar{x}_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} x_i \\ \bar{y}_1 = \frac{2}{n} \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} y_i \end{cases}$$

后半部点系中心坐标为

$$\begin{cases} \bar{x}_2 = \frac{2}{n} \sum_{i=\frac{n}{2}+1}^n x_i \\ \bar{y}_2 = \frac{2}{n} \sum_{i=\frac{n}{2}+1}^n y_i \end{cases}$$

因此通过两个点系中心 $(\bar{x}_1, \bar{y}_1)$ 和 $(\bar{x}_2, \bar{y}_2)$ 的直线斜率为

$$k = \frac{\bar{y}_2 - \bar{y}_1}{\bar{x}_2 - \bar{x}_1}$$

直线在 y 轴上的截距为

$$a = \bar{y}_1 - k\bar{x}_1 \quad \text{或} \quad a = \bar{y}_2 - k\bar{x}_2$$

把斜率和截距代入 $y = a + kx$ 中即得到平均选点法拟合直线方程。

特点：拟合精度较高，试验点在拟合直线两侧分布，数据处理不复杂。

③ 最小二乘法

把所有校准点数据都标在坐标图上，用最小二乘法拟合的直线 $y = a + kx$ ，其校准点与对应的拟合直线的点之间的残差平方和为最小。

$$\begin{aligned} \text{这样} \quad \sum_{i=1}^n \Delta_i^2 &= \sum_{i=1}^n [y_i - (a + kx_i)]^2 \\ &= (y_1 - a - kx_1)^2 + (y_2 - a - kx_2)^2 + \cdots + (y_n - a - kx_n)^2 \end{aligned}$$

y 为校准点， k 为拟合直线的斜率。

将上式分别对 a 和 k 取偏导数，得

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sum \Delta_i^2}{\partial a} &= -2(y_1 - a - kx_1) - 2(y_2 - a - kx_2) - \cdots - 2(y_n - a - kx_n) \\ \frac{\partial \sum \Delta_i^2}{\partial k} &= -2x_1(y_1 - a - kx_1) - 2x_2(y_2 - a - kx_2) - \cdots - 2x_n(y_n - a - kx_n) \end{aligned}$$

为满足残差最小，则

$$\frac{\partial \sum \Delta_i^2}{\partial a} = 0, \quad \frac{\partial \sum \Delta_i^2}{\partial k} = 0$$

则有

$$\begin{aligned} (y_1 - a - kx_1) + (y_2 - a - kx_2) + \cdots + (y_n - a - kx_n) &= 0 \\ x_1(y_1 - a - kx_1) + x_2(y_2 - a - kx_2) + \cdots + x_n(y_n - a - kx_n) &= 0 \end{aligned}$$

各项相加后得

$$\begin{aligned} \sum y_i - na - k \sum x_i &= 0 \\ \sum x_i y_i - a \sum x_i - k \sum x_i^2 &= 0 \end{aligned}$$

亦即

$$\begin{aligned} \begin{cases} na + (\sum x_i)k = \sum y_i \\ (\sum x_i)a + (\sum x_i^2)k = \sum x_i y_i \end{cases} &\Rightarrow \\ a = \frac{(\sum x_i y_i) \cdot \sum x_i - \sum y_i \cdot \sum x_i^2}{(\sum x_i)^2 - n \cdot \sum x_i^2}; \quad k = \frac{\sum x_i \cdot \sum y_i - n \sum x_i y_i}{(\sum x_i)^2 - n \sum x_i^2} \end{aligned}$$

特点：拟合精度高，计算复杂。

(2) 迟滞

迟滞特性说明传感器在加载(输入量增大)和卸载(输入量减小)的进程中输入-输出

特性曲线不重合的程度。也就是说,达到同样大小的输入量当所采用的行程方向不同时,尽管输入量相同,输出信号大小却不相等。

迟滞大小一般用实验方法确定,用最大输出差值 $\Delta_{\max}$ 对满量程输出 y_m 的百分比来表示。

$$\gamma = \pm \frac{\Delta_{\max}}{2y_m} \times 100\%$$

迟滞产生是由传感器机械部分存在不可避免的缺陷造成的,如轴承摩擦、间隙、紧固件松动、材料内摩擦等。

(3) 重复性

重复性是指传感器输入按同一方向作全量程连续多次变动时所得特性曲线不一致的程度。

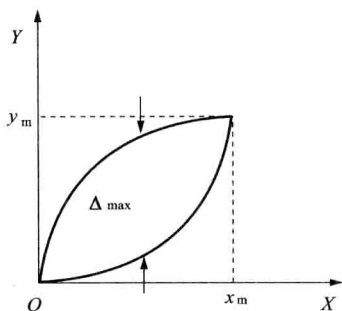


图 1-4 迟滞特性

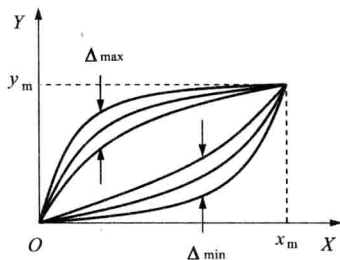


图 1-5 重复性

$$\gamma_R = \pm \frac{\Delta_{\max}}{Y_{FS}} \times 100\%$$

(4) 灵敏度

传感器输出变化量 Δy 与引起该变化量的输入变化量 Δx 之比即为静态灵敏度,即 $k = \Delta y / \Delta x$ 。

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。否则,它将随输入量的变化而变化。

灵敏度的量纲是输出、输入量的量纲之比。例如,某位移传感器,在位移变化 1 mm 时,输出电压变化为 200 mV,则其灵敏度应表示为 200 mV/mm。当传感器的输出、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。

(5) 分辨力

分辨力是指传感器可能检测出被测信号的最小增量。表明传感器可能感受到被测最小变化量的能力。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,上述指标若用满量程的百分比表示,则称为分辨率。

另外传感器的静态特性还有其他一些指标,如测量范围、过载、温度稳定性等,这里不做介绍。

4. 传感器的动态特性

在测量静态信号时,线性传感器的输出-输入特性是一条直线,二者之间有一一对应的关系,而且因为被测信号不随时间变化,测量和记录过程不受时间限制。而在实际测量工作中,大量的被测信号是动态信号,传感器对动态信号的测量任务不仅需要精确地测量信号幅值的大小,而且需要测量和记录动态信号变换过程的波形,这就要求传感器能迅速地准确地测出信号幅值的大小和无失真地再现被测信号随时间变化的波形。

传感器的动态特性是指传感器对激励(输入)的响应(输出)特性。

一个动态特性好的传感器,其输出随时间变化的规律(变化曲线),将能同时再现输入随时间变化的规律(变化曲线),即具有相同的时间函数。但实际上除了具有理想的比例特性环节外,输出信号将不会与输入信号具有相同的时间函数,这种输出与输入间的差异就是所谓的动态误差。

研究动态特性可以从时域和频域两个方面采用瞬态响应法和频率响应法来分析。一般而言,在时域内研究传感器的响应特性时,只研究几种特定输入时间函数如阶跃函数、脉冲函数和斜坡函数等的响应特性,在频域内研究动态特性一般是采用正弦函数得到频率响应特性。

在研究传感器时域动态特性时,为表征传感器的动态特性常用上升时间 t_{rs} 、响应时间 t_{st} 、过调量 c 等参数来综合描述。

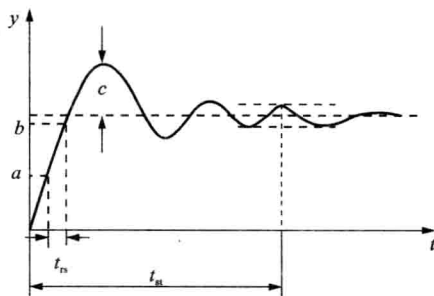


图 1-6 传感器时域动态特性

上升时间 t_{rs} 是指输出指示值从最终稳定值的 5% 或 10% 变到最终稳定值的 95% 或 90% 所需的时间;响应时间 t_{st} 是指从输入量开始起作用到输出指示值进入稳定值所规定的范围内所需要的时间。最终稳定值的允许范围常取所允许的测量误差值 Z_r , 如 $t_{st} = 5s(\pm 2\%)$;过调量 c 是指输出第一次达到稳定值后又超出稳定值而出现的最大偏差。

在研究传感器频域动态特性时,常用幅频特性和相频特性来描述传感器的动态特性。

线性系统在正弦输入作用下的输出幅值与输入幅值的比值称为系统的幅频特性,以 $|H(j\omega)|$ 或 $A(\omega)$ 表示;输出与输入之间随频率而变的相位特性称为相频特性,以 $\varphi(\omega)$ 表示。两者统称为频率特性。

如图 1-7 所示, 在 $0 < \omega < \omega_1$ 区间, 幅频特性是平坦形而相频特性呈线性。由于幅频特性平坦, 对所有落在此区间内的谐波输入都有相同的灵敏度, 因而不产生幅值误差; 而线性变化的相频特性, 可以保证不出现相位误差, 因而处在此区间的各种谐波所组成的任意波形都能被精确地复现。由此可以得出结论: ①频率特性的形状对评估动态误差有重要意义; ②从典型环节的频率特性, 可以了解结构参数对它的影响及暂态响应之间的关系。

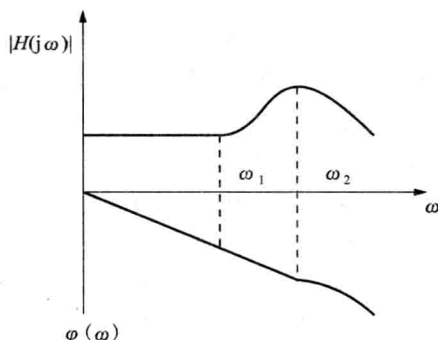


图 1-7 幅频和相频特性

5. 传感器在各领域中的应用

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) 在工业生产过程的测量与控制方面的应用

在工业生产过程中, 必须对温度、压力、流量、液位和气体成分等参数进行检测, 从而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、通信等的结合渗透, 使工业监测自动化, 更具有准确、效率高等优点。如果没有传感器, 现代工业生产程度将会大大降低。

(2) 传感器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, 汽车的安全舒适、低污染、高燃率越来越受到社会重视, 而传感器在汽车中相当于感官和触角, 只有它才能准确地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、底盘控制系统和车身控制系统, 普通汽车上装有 10~20 只传感器, 而高级豪华车有的使用传感器多达 300 个, 因此传感器作为汽车电控系统的关键部件, 它将直接影响到汽车技术性能的发挥。

(3) 在现代医学领域的应用

社会的飞速发展需要人们快速、准确地获取相关信息, 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。例如: 在图像处理、临床化学检验、生命体征参数的监护监测, 呼吸、神经、心血管疾病的诊断与治疗等方面, 传感器使用十分普及, 现传感器在现代医学仪器设备中已无所不在。

(4) 在环境监测方面的应用

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, 众多的生化传感器满足了人们的要求。目前, 已有相当一部分生物传感

器应用于环境监测中,如大气环境监测。二氧化硫是酸雨雾形成的主要原因,传统的检测方法很复杂,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,可对酸雨酸雾样品溶液进行检测,大大简化了检测过程。

(5)在军事方面的应用

传感器技术在军用电子系统的运用促进了武器、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、防空系统、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。

(6)在家用电器方面的应用

20世纪80年代以来,随着以微电子为中心的技术革命的兴起,家用电器正向自动化、智能化、节能、无环境污染的方向发展。自动化和智能化的中心就是研制由微电脑和各种传感器组成的控制系统,如:一台空调器采用微电脑控制及相应的传感器技术,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,随着人们对家用电器方便、舒适、安全、节能的要求的提高,传感器将越来越得到广泛应用。

(7)在学科研究方面的应用

科学技术的不断发展,催生了许多新的学科领域,无论从宏观的宇宙,还是到微观的粒子世界,要认知许多未知的现象和规律要获取大量人类感官无法获得的信息,这没有相应的传感器是不可能实现的。

(8)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,它涵盖智能自动化、信息化、生态化等多方面的内容,具有微型集成化、高精度与数字化和智能化特征的智能传感器将在智能建筑中占有重要的地位。

6. 传感器的发展趋势

科学技术的发展使得人们对传感器技术越来越重视,认识到它是影响人们生活水平的重要因素之一。随着世界各国现代化步伐的加快,对检测技术的要求也越来越高,因此对传感器的开发已成为目前最热门的研究课题之一。而科学技术,尤其是大规模集成电路技术、微型计算机技术、机电一体化技术、微机械和新材料技术的不断进步,则大大促进了现代检测技术的发展。传感器技术发展趋势可以从以下几方面来看,一是开发新材料、新工艺和开发新型传感器;二是实现传感器的多功能、高精度、集成化和智能化;三是通过传感器与其他学科的交叉整合,实现无线网络化。

(1)开发新型传感器

传感器的工作机理是基于各种物理(化学或生物)效应和定律,由此启发人们进一步探索具有新效应的敏感功能材料,并以此研制具有新原理的新型传感器,这是发展高性能、多功能、低成本和小型化传感器的重要途径。

(2)开发新材料

传感器材料是传感器技术的重要基础,随着传感器技术的发展,除了早期使用的材料,如:半导体材料、陶瓷材料以外,光导纤维、纳米材料、超导材料等相继问世,人工智能材料更是把我们带入了一个新的天地,它同时具有三个特征:能感知环境条件的变化(传统传感器)的功能;识别、判断(处理器)功能;发出指令和自采取行动(执行器)功能。

随着研究的不断深入,未来将会有更多更新的传感器材料被开发出来。

(3) 多功能集成化传感器的开发

传感器集成化包含两种含义:一种是同一功能的多元件并列,目前发展很快的自扫描光电二极管阵列、CCD 图像传感器就属此类;另一种含义是功能一体化,即将传感器与放大、运算以及温度补偿等环节一体化,组装成一个器件,例如把压敏电阻、电桥、电压放大器和温度补偿电路集成在一起的单块压力传感器。

多功能是指一器多能,即一个传感器可以检测两个或两个以上的参数,如最近国内已经研制的硅压阻式复合传感器,可以同时测量温度和压力等。

(4) 智能传感器的开发

智能传感器是将传感器与计算机集成在一块芯片上的装置,它将敏感技术与信息处理技术相结合,除了具有感知的本能外,还具有认知能力。例如:将多个具有不同特性的气敏元件集成在一个芯片上,利用图像识别技术处理,可得到不同灵敏模式,然后将这些模式所获取的数据进行计算,与被测气体的模式类比推理或模糊推理,可识别出气体的种类和各自的浓度。

(5) 多学科交叉融合

无线传感器网络是由大量无处不在的有无线通信与计算能力的微小传感器节点构成的自组织分布式网络系统,是能根据环境自主完成指定任务的“智能”系统。它是微传感器与微机械、通信、自动控制、人工智能等多学科的综合技术,其应用已由军事领域扩展到反恐、防爆、环境监测、医疗保健、家居、商业、工业等众多领域,有着广泛的应用前景,因此 1999 年和 2003 年美国商业周刊和 MIT 技术评论 Technology Review 在预测未来技术发展的报告中,分别将其列为 21 世纪最具影响的 21 项技术和改变世界的 10 大新技术之一。

(6) 加工技术微精细化

随着传感器产品质量档次的提升,加工技术的微精细化在传感器的生产中占有越来越重要的地位。微机械加工技术是近年来随集成电路工艺而发展起来的,它是将离子束、电子束、激光束和化学刻蚀等用于微电子加工的技术,目前已越来越多地用于传感器制造工艺,例如:溅射、蒸镀、等离子体刻蚀、化学气相淀积(CVD)、外延生长、扩散、腐蚀、光刻等。另外一个发展趋势是越来越多的生产厂家将传感器作为一种工艺品来精雕细琢,无论是每一根导线,还是导线防水接头的出孔;无论是每一个角落,还是每一个细节,传感器的制作都达到了工艺品水平。如日本久保田公司的柱式传感器,外加一个黑色的防尘罩,柱式传感器的底座一般易进沙尘及其他物质,而底座一旦进了沙尘或其他物质后,对传感器来回摇摆会产生影响,外加防尘罩后,显然克服了上述弊端,这个附件的设计不仅充分考虑了用户使用现场环境要求,而且制作工艺、外观非常考究。

(二) 测量及误差

由于测量方法和仪器设备的不完善,周围环境的影响,以及人的观察力等限制,实际测量值和真值之间,总是存在一定的差异。人们常用绝对误差、相对误差等来说明一个近似值的准确程度。为了评定实验测量数据的精确性或误差,认清误差的来源及其影响,需要对测量的误差进行分析和讨论。由此可以判定哪些因素是影响实验精确度的主要方面,进一步改进测量方法,缩小实际测量值和真值之间的差值,提高测量的精确性。