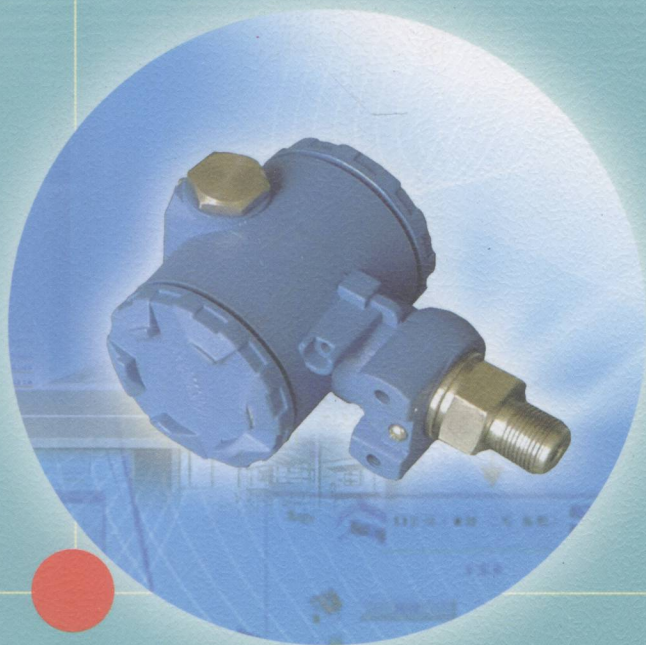


全国高等职业教育机电类专业“十二五”规划教材

# 传感器与自动检测技术

CHUANGANQI YU ZIDONGJIANCE JISHU

刘丽 主编



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

ELECTRO  
MECHANICAL

7P212  
201712

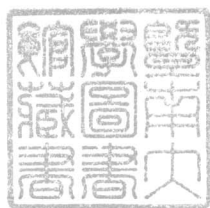
阅 览

全国高等职业教育机电类专业“十二五”规划教材

# 传感器与自动检测技术

刘 丽 主 编

周国娟 副主编



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

## 内 容 简 介

本书以传感器的应用技术为主线安排内容,通过丰富的图示、详细的应用实例、新颖的取材,将传感器和工程检测方面的知识和技能有机地联系在一起。本书主要介绍了工业、生活等领域常用传感器和一些新型传感器的结构原理、基本使用和综合应用,同时,在编写过程中,注意补充反映新器件、新技术的内容。全书共有9章,主要内容包括认识传感器与自动检测系统、温度的检测、力与压力的检测、物位和流量的检测、速度的检测、位移的检测、气体成分与湿度的检测、检测系统的抗干扰技术、检测技术的综合应用。

本书适合作为高职高专电类、仪器仪表类和机电类等专业的教材,也可供在企业生产一线从事技术、管理、运行等工作的相关技术人员参考使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

传感器与自动检测技术 / 刘丽主编. —北京: 中国铁道出版社, 2012. 8  
全国高等职业教育机电类专业“十二五”规划教材  
ISBN 978-7-113-14543-9

I. ①传… II. ①刘… III. ①传感器—高等职业教育—教材 ②自动检测—高等职业教育—教材 IV. ①TP212  
②TP274

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第072361号

书 名: 传感器与自动检测技术  
作 者: 刘 丽 主编

策 划: 秦绪好  
责任编辑: 祁 云 彭立辉  
封面设计: 刘 颖  
责任印制: 李 佳

读者热线: 400-668-0820

出版发行: 中国铁道出版社(100054, 北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.51eds.com>

印 刷: 三河市华业印装厂

版 次: 2012年8月第1版

2012年8月第1次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 16.75 字数: 402千

印 数: 1~3 000册

书 号: ISBN 978-7-113-14543-9

定 价: 32.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话:(010) 63550836

打击盗版举报电话:(010) 63549504

随着科学技术的发展与进步,作为信息获取与信息转换的重要手段,传感器与检测技术已经成为各个应用领域重要的基础性技术,掌握传感器与检测技术,合理应用传感器几乎是所有技术领域工程技术人员必须具备的基本素养。

本书共分为9章:第1章认识传感器与自动检测系统;第2章温度的检测;第3章力与压力的检测;第4章物位和流量的检测;第5章速度的检测;第6章位移的检测;第7章气体成分与湿度的检测;第8章检测系统的抗干扰技术;第9章检测技术的综合应用。每章后都附有一定量的习题。

本书根据学科特点和专业培养目标对学科的要求,结合现代高职高专学生的理论基础和学习特点而编写,具有以下特点:

- 以传感器的应用技术为主线安排内容,各章节以工业生产中参数检测的任务划分,将传感器知识点贯穿于检测任务中。
- 强调职业技能、专业技术应用能力的培养,设计了一些检测电路或系统的具体制作环节。
- 符合高职高专学生的学习特点和学习规律,简化了理论,不做过多的公式推导和电路分析,配合图示对传感器基本原理和应用进行介绍,使内容更容易理解。
- 教材内容紧跟传感器和检测技术的发展,及时将新技术、案例引入教材,并且教材中拓展阅读部分也介绍了本领域的先进技术,供学生学习参考。

本书由刘丽任主编,周国娟任副主编,其中第1章、第3章、第8章由安徽工业经济职业技术学院沈杰编写,其余部分由安徽职业技术学院刘丽编写。本书在编写过程中得到了安徽职业技术学院程周、杨林国、洪应、张栩、孙忠献、胡继胜、温晓玲、常辉、马为民、高燕、李治国、杨洁霞、钟俊的大力支持,他提出了很多宝贵意见;另外陈郁松、赵国芝也给予了全力支持,在此表示衷心感谢!在教材编写过程中,参考并引用了许多专家、学者的教材、论著及有关专业网站内容,在此谨向这些资料的作者表示衷心的感谢!

本书适合作为高职高专电类、仪器仪表类和机电类等专业的教材,也可供在企业生产一线从事技术、管理、运行等工作的相关技术人员参考使用。

由于传感器与检测技术的发展日新月异,我们的认识和专业水平有限,书中不足和错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2012年3月

第 1 章 认识传感器与自动检测系统.....	1
1.1 认识自动检测系统.....	1
1.1.1 自动检测系统基本概念.....	1
1.1.2 自动检测系统组成.....	1
1.2 认识传感器.....	2
1.2.1 传感器的组成及其分类.....	2
1.2.2 传感器的特性与指标.....	3
小结.....	5
习题.....	6
第 2 章 温度的检测.....	7
2.1 热电阻传感器测量温度.....	7
2.1.1 温度检测的主要方法及特点.....	7
2.1.2 金属热电阻.....	8
2.1.3 半导体热敏电阻.....	12
2.1.4 热电阻传感器的应用.....	14
2.2 热电偶传感器测量温度.....	17
2.2.1 热电偶测温原理.....	17
2.2.2 热电偶的外形结构和种类特性.....	18
2.2.3 热电偶的冷端补偿.....	22
2.2.4 热电偶传感器的使用.....	25
2.3 集成温度传感器测量温度.....	27
2.3.1 半导体管温度传感器.....	28
2.3.2 集成温度传感器.....	28
2.3.3 几种常用的集成温度传感器.....	29
2.4 电动机温控电路的制作与调试.....	36
2.4.1 电路制作.....	36
2.4.2 电路调试.....	37
小结.....	41
习题.....	42
第 3 章 力与压力的检测.....	44
3.1 电阻应变式传感器测量压力.....	44
3.1.1 压力检测的方法.....	44
3.1.2 电阻应变效应.....	45

3.1.3	电阻应变片结构类型及特性.....	46
3.1.4	电阻应变片的测量电路及温度补偿.....	48
3.1.5	电阻应变式传感器的应用.....	51
3.2	压电式传感器测量压力.....	55
3.2.1	压电效应及压电材料.....	55
3.2.2	压电传感器的测量电路.....	57
3.2.3	压电式传感器的应用.....	58
3.3	简易电子秤的制作与调试.....	60
3.3.1	电路制作.....	61
3.3.2	电路调试.....	61
	小结.....	61
	习题.....	62
<b>第4章</b>	<b>物位和流量的检测</b> .....	<b>63</b>
4.1	电容传感器检测液位.....	63
4.1.1	物位检测的方法.....	63
4.1.2	电容式传感器的基本工作原理.....	65
4.1.3	电容式传感器的转换电路.....	69
4.1.4	差压式物位检测.....	72
4.1.5	电容式传感器的应用.....	77
4.2	超声波传感器检测物位.....	80
4.2.1	超声波传感器的物理基础.....	80
4.2.2	超声波换能器及耦合技术.....	82
4.2.3	超声波传感器的应用.....	85
4.3	流量的检测.....	92
4.3.1	流量检测的方法.....	93
4.3.2	差压式节流流量计.....	94
4.3.3	超声波式流量计.....	100
4.4	超声波测距装置的制作和调试.....	104
4.4.1	电路制作.....	104
4.4.2	电路调试.....	106
	小结.....	114
	习题.....	114
<b>第5章</b>	<b>速度的检测</b> .....	<b>116</b>
5.1	电涡流式传感器测量转速.....	116
5.1.1	高频反射式和低频透射式电涡流传感器.....	116
5.1.2	电涡流传感器测量转换电路.....	117
5.1.3	电涡流传感器的结构及技术指标.....	118

5.1.4	电涡流传感器的应用.....	120
5.2	霍尔传感器测量转速.....	123
5.2.1	霍尔传感器的基本工作原理.....	124
5.2.2	霍尔元件.....	125
5.2.3	霍尔传感器.....	128
5.2.4	霍尔传感器的应用.....	130
5.3	光电式传感器测量转速.....	132
5.3.1	光电效应和光电元件.....	133
5.3.2	光电式传感器的应用.....	144
5.4	光电式测速装置的制作和调试.....	152
5.4.1	电路制作.....	152
5.4.2	电路调试.....	153
	小结.....	159
	习题.....	160
<b>第6章</b>	<b>位移的检测.....</b>	<b>162</b>
6.1	电感式传感器测量位移.....	162
6.1.1	位移检测的主要方法及特点.....	162
6.1.2	自感式传感器.....	163
6.1.3	差动变压器.....	167
6.1.4	电感式测微仪.....	170
6.1.5	电感式传感器的应用.....	171
6.2	光栅传感器测量位移.....	172
6.2.1	光栅的结构和种类.....	173
6.2.2	光栅传感器的工作原理.....	173
6.2.3	光栅传感器的使用.....	176
6.3	光电编码器测量角位移.....	179
6.3.1	增量式光电编码器.....	180
6.3.2	绝对式编码器.....	181
6.3.3	光电脉冲编码器的使用.....	182
6.3.4	光电脉冲编码器的应用.....	183
6.4	位移检测控制系统的制作和调试.....	184
6.4.1	系统设计目的.....	184
6.4.2	系统的工作原理.....	184
6.4.3	系统的主要器件.....	185
6.4.4	系统设计步骤.....	186
	小结.....	192
	习题.....	193

<b>第7章 气体成分与湿度的检测</b> .....	194
7.1 气敏传感器测量气体成分.....	194
7.1.1 气体成分检测的主要方法及特点.....	194
7.1.2 半导体气敏传感器.....	195
7.1.3 半导体气敏传感器的应用.....	199
7.2 湿度检测.....	202
7.2.1 湿度检测的主要方法及特点.....	202
7.2.2 常见的湿度传感器.....	204
7.2.3 湿度传感器的特性参数.....	207
7.2.4 湿度传感器的使用.....	209
7.2.5 湿度传感器的应用实例.....	210
7.2.6 结露传感器.....	212
7.3 粮食湿度检测器的制作与调试.....	214
7.3.1 电路制作.....	214
7.3.2 电路调试.....	215
小结.....	215
习题.....	215
<b>第8章 检测系统的抗干扰技术</b> .....	216
8.1 干扰的类型及形成要素.....	216
8.1.1 干扰源的类型.....	216
8.1.2 电磁干扰的途径.....	217
8.1.3 电子测量装置的两种干扰.....	218
8.2 抑制干扰措施.....	219
8.2.1 硬件抑制干扰措施.....	219
8.2.2 软件抗干扰技术.....	222
小结.....	222
习题.....	222
<b>第9章 检测技术的综合应用</b> .....	223
9.1 传感器在家用电器中的应用.....	223
9.1.1 传感器在电冰箱中的应用.....	223
9.1.2 传感器在电压力锅的中应用.....	224
9.1.3 传感器在模糊控制洗衣机中的应用.....	225
9.1.4 传感器在笔记本式计算机中的应用.....	227
9.2 传感器在汽车中的应用.....	229
9.2.1 汽车电子控制系统.....	229
9.2.2 汽车中的温度传感器.....	234



9.2.3	汽车中的流量传感器.....	235
9.2.4	汽车中的压力传感器.....	236
9.2.5	汽车中的位置和转速传感器.....	237
9.3	传感器在数控机床中的应用.....	238
9.3.1	数控机床中的传感器.....	238
9.3.2	位置检测传感器.....	239
9.3.3	温度检测传感器.....	243
9.3.4	振动检测传感器.....	244
9.4	传感器在智能楼宇中的应用.....	246
9.4.1	空调系统.....	246
9.4.2	给排水系统.....	247
9.4.3	电梯监控系统.....	248
9.4.4	照明系统监控.....	249
9.4.5	防火监控系统.....	249
9.4.6	安全技术防范系统.....	251
	小结.....	257
	习题.....	257
	参考文献.....	258

# 第1章

# 认识传感器与自动检测系统

传感检测技术是一种随着现代科学技术的发展而迅猛发展的技术，是机电一体化系统不可缺的关键技术之一。本章将简要介绍自动检测系统的基本构成以及传感器的基本概念和性能指标。

## 学习目标

- 熟悉自动检测系统的基本组成。
- 熟悉传感器的组成及分类。
- 掌握传感器的性能指标。

## 1.1 认识自动检测系统

### 1.1.1 自动检测系统基本概念

检测是指在生产、生活、科研等各个领域为获得被测对象的有关信息而实时或非实时地对一些参量进行定性检查和定量测量。自动检测就是在测量和检查过程中完全不需要或仅需要很少的人工干预而自动进行并完成的。实现自动检测可以提高自动化水平和程度，减少人为干扰因素和人为差错，可以提高生产过程或设备的可靠性及运行效率。

### 1.1.2 自动检测系统组成

尽管现代检测系统的种类繁多，但它们的作用都是用于各种物理或化学成分等参量检测，检测过程通常先通过各种传感器获得被测量的信息，将其变换成电量，然后经信号调理、数据采集、信号处理后显示并输出。传感检测系统的组成框图如图 1-1 所示。

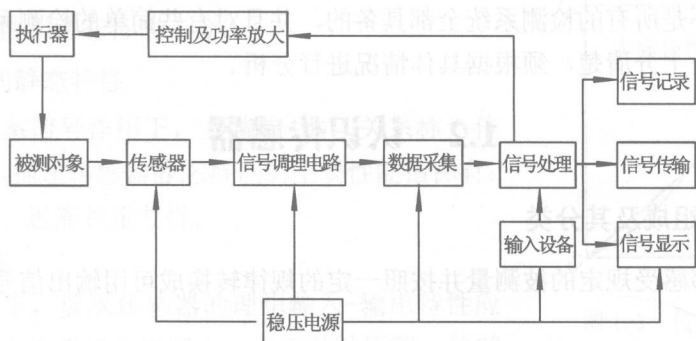


图 1-1 检测系统组成框图

### 1. 传感器

传感器是把被测的非电量转换成电量的装置，因此是一种获得信息的手段，它在自动检测系统中占有重要的位置。传感器是检测系统与检测对象直接发生联系的器件或装置。

### 2. 信号调理电路

信号调理电路在检测系统中的作用是对传感器输出的微弱信号进行检波、转换、滤波和放大等，以方便检测系统后续环节进行处理或显示。对信号调理电路的一般要求：能准确转换、稳定放大、可靠地传输信号；信噪比高，抗干扰性能要好。

### 3. 数据采集

数据采集在检测系统中的作用是对信号调理后的连续模拟信号进行离散化并转换成与模拟信号电压幅度相对应的一系列数值信息，同时以一定的方式把这些转换数据及时传递给微处理器或依次自动存储。数据采集系统通常以模/数(A/D)转换器为核心，辅以模拟多路开关、采样/保持器、输入缓冲器、输出锁存器等。

### 4. 信号处理

信号处理模块是现代检测系统进行数据处理和各种控制的中枢环节，通常以单片机、微处理器为核心，或直接采用工业控制计算机，对检测的结果进行处理、运算、分析，对动态测试结果作频谱分析、幅值谱分析、能量谱分析等。

### 5. 信号输出

信号输出包括信号显示、信号传输和信号记录。信号显示是把转换来的信号显示出来，便于人机对话，显示方式有模拟显示、数字显示、图像显示等，显示器是检测系统与人联系的主要环节之一。检测系统在信号处理器计算出被测参量的瞬时值后除送至显示器进行实时显示外，通常还需要把测量值及时传送给控制计算机、可编程序控制器或其他执行器。有时还需要打印机打印或者记录仪等。

### 6. 输入设备

输入设备主要用于输入设置参数、有关命令等。最常用的输入设备包括各种键盘、条码阅读器等。近年来，随着工业自动化、办公自动化和信息化程度的不断提高，通过网络或各种通信总线利用其他计算机或数字化智能终端实现远程信息和数据输入的方式愈来愈普遍。

上述各部分不是所有的检测系统全都具备的，并且对有些简单的检测系统来说，各环节之间的界线也不是十分清楚，须根据具体情况进行分析。

## 1.2 认识传感器

### 1.2.1 传感器的组成及其分类

传感器是能够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(一般为电信号)的器件或装置。

## 1. 传感器的组成

传感器一般由敏感元件、转换元件、基本转换电路和辅助电源组成,如图 1-2 所示。敏感元件是能够直接感受被测物理量,并以确定关系输出另一物理量的元件,如应变式传感器中的敏感元件是一个弹性膜片,它将力、力矩转换成位移或应变输出;转换元件是将敏感元件的非电量转换成电路参数(电阻、电容、电感)及电流或电压等电信号。基本转换电路则将该电信号转换成便于传输、处理的电量,如应变式压力传感器的基本转换电路是一个电桥电路,它将应变片输出的电阻值变化转换成一个电压或电流的变化,经过放大后即可驱动记录、显示仪表的工作;随着半导体器件与集成电路技术在传感器中的应用,一般也把转换元件和基本转换电路所需的辅助电源作为传感器的组成部分。

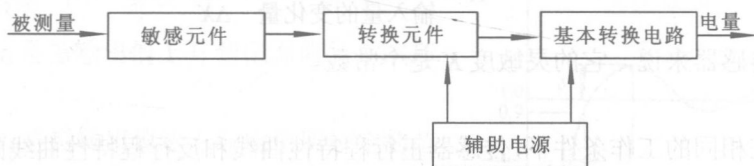


图 1-2 传感器的基本组成

## 2. 传感器的分类

在实际工程应用中,传感器的种类很多。同一种被测量可以用不同的传感器进行测量,而同种原理的传感器又可以测量多种物理量。比较常用的分类方法如下:

### (1) 按照传感器用途分类

可分为位移传感器、压力传感器、速度传感器、温度传感器、流量传感器、气敏传感器、湿度传感器等。

### (2) 按照传感器工作原理分类

可分为电阻式传感器、电容式传感器、电感式传感器、压电式传感器、霍尔式传感器、光电式传感器、光纤式传感器、热电式传感器等。

### (3) 按照输出信号的性质分类

可分为数字传感器、模拟式传感器等。

## 1.2.2 传感器的特性与指标

传感器的特性主要是指传感器的输入与输出之间的关系,有静态特性和动态特性之分。

### 1. 传感器的静态特性

传感器在稳态信号作用下,其输出-输入关系称为传感器的静态特性。描述传感器静态特性的主要性能指标有:线性度、灵敏度、迟滞和重复性。

#### (1) 线性度

在多数情况下,要求传感器的理想输入-输出特性应是线性的,如图 1-3 所示。实际上,由于种种原因,传感

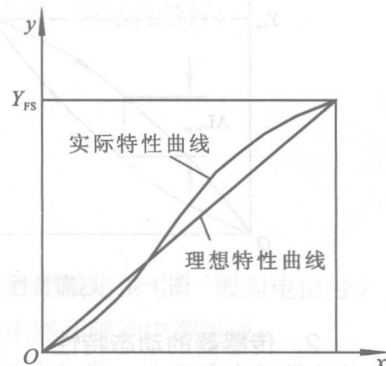


图 1-3 传感器的实际特性曲线与理想特性曲线

器总是具有不同程度的非线性，反映非线性误差的程度即是线性度。线性度是以一定的拟合直线为基准与校准曲线作比较，用其不一致的最大偏差  $\Delta L_{\max}$  与理论输出值  $Y=y_{\max}-y_{\min}$  的百分比进行计算，即

$$\delta_L = \frac{|\Delta L_{\max}|}{Y} \times 100\% \quad (1-1)$$

### (2) 灵敏度

灵敏度是指传感器输出量的变化量  $\Delta Y$  与引起此变化的输入量的变化量  $\Delta X$  之比，用  $K$  表示，即

$$K = \frac{\text{输出量的变化量}}{\text{输入量的变化量}} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad (1-2)$$

对于线性传感器来说，它的灵敏度  $K$  是个常数。

### (3) 迟滞

迟滞是指在相同的工作条件下，传感器正行程特性曲线和反行程特性曲线的不一致程度，如图 1-4 所示。也就是说，对应于同一大小的输入信号，传感器的正反行程的输出信号大小会有不相等的情况。产生这种现象的主要原因是传感器机械部分存在不可避免的缺陷，如轴承摩擦、间隙、紧固件松动、材料的内摩擦、积尘等。

迟滞大小一般要由实验方法确定，其值用正反行程输出值间最大偏差  $\Delta L_{\max}$  对满量程输出  $y_{FS}$  的百分比表示，即

$$\gamma_t = \frac{\Delta L_{\max}}{y_{FS}} \times 100\% \quad (1-3)$$

### (4) 重复性

重复性是衡量在同一工作条件下，对同一被测量进行多次连续测量所得结果之间的一致程度的指标，如图 1-5 所示。产生不一致的原因与产生迟滞现象的原因相同。多次重复测试的曲线越重合，说明该传感器重复性越好，使用时误差越小。

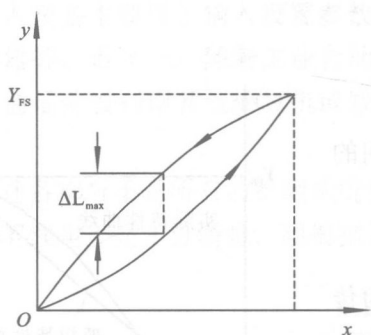


图 1-4 迟滞特性

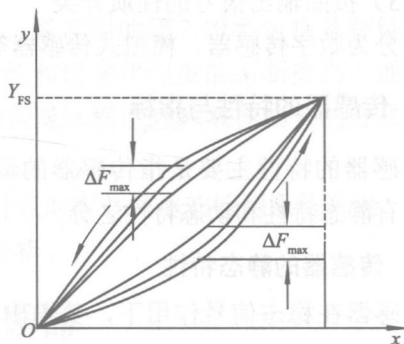


图 1-5 重复性

## 2. 传感器的动态特性

传感器的动态特性反映了传感器对于随时间变化的动态量的响应特性。在实际测量中，大多数被测量是随时间变化的动态信号，传感器的输出不仅要精确地显示被测量的大小，还

要显示被测量随时间变化的规律。动态特性好的传感器,其输出随时间的变化规律将再现输入随时间变化的规律,即它们具有相同的时间函数。但是,在实际应用中,传感器的输出信号与输入信号不会具有相同的时间函数,输出与输入之间会出现差异。这种输出与输入之间的差异称为动态误差,研究这种误差的性质称为动态特性分析,常用的分析方法有时域分析法和频率响应法。

### (1) 时域分析法

当输入信号为阶跃函数时,因为它是时间的函数,故传感器的响应是在时域内发生的,因此称这种分析方法为时域分析法。传感器的阶跃响应曲线如图 1-6 所示。

主要参数有上升时间  $t_r$ 、响应时间  $t_s$ 、峰值时间  $t_p$ 、超调量  $\delta$  等。

上升时间  $t_r$  是指输出值上升到稳态值的 90% 所需的时间。

响应时间  $t_s$  是指输出值进入稳定值所规定的范围内所需的时间。

峰值时间  $t_p$  是指输出值到达最大值所需的时间。

超调量  $\delta$  是指输出量最大值  $y(t_p)$  与稳态值的最大偏差与稳态值之比。

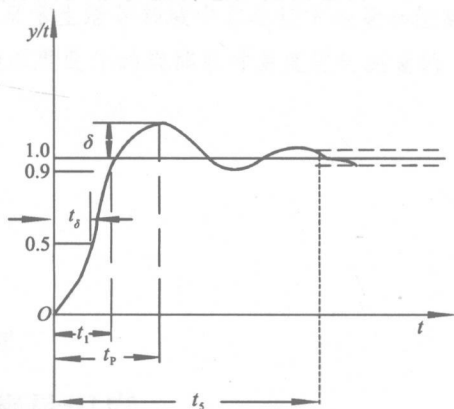


图 1-6 传感器的阶跃响应曲线

### (2) 频率响应法

当输入信号为正弦函数时,因为它是频率的函数,故传感器的响应是在频域内发生的,因此称其为频率响应法。

频率响应特性是指将频率不同而幅值相等的正弦信号输入传感器,输出正弦信号的幅值、相位与频率(或角频率)之间的关系。常用的评定指标有:通频带  $B_W$ 、时间常数  $\tau$ 、固有角频率  $\omega_0$ 。

- 通频带  $B_W$ : 指传感器的增益保持在一定值之内的频率范围,对应有上、下截止频率。
- 时间常数  $\tau$ : 用来表征一阶传感器的动态特性,  $\tau$  越小,频带越宽。
- 固有角频率  $\omega_0$ : 用来表征二阶传感器的动态特性,  $\omega_0$  越大,快速性越好。

## 拓展训练

找出家用电器中的传感器。

## 小 结

传感器是能够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(一般为电信号)的器件或装置。传感器一般由敏感元件、转换元件、基本转换电路和辅助电源组成。

传感器的分类方法有:按照工作原理分类,按照传感器用途分类,按照输出信号的性质分类。

传感器的静态特性是指当传感器的输入信号为稳态信号时输出与输入的关系，主要性能指标有：线性度、灵敏度、迟滞和重复性。传感器的动态特性是指当传感器的输入信号随时间变化而变化时输出与输入的关系，主要分析方法有：时域分析法和频率响应法。

### 习 题

1. 传感器有哪几个组成部分？每部分的作用是什么？
2. 传感器静态特性有哪些性能指标？它们各自的定义是什么？
3. 传感器的动态特性有哪几种研究方法？各有哪些评定指标？

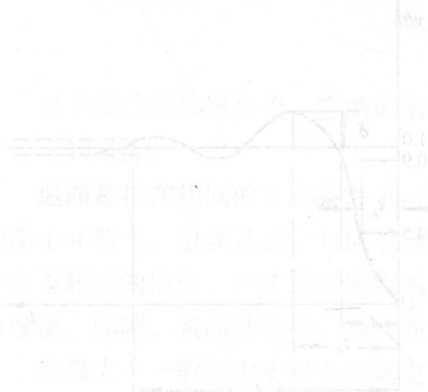


图 1-1 传感器的动态特性

### 参 考 文 献

1. 传感器与自动检测技术
2. 传感器的静态特性
3. 传感器的动态特性

## 第2章

## 温度的检测

温度是国际单位制中7个基本量之一，它是工业及日常生活等领域中需要经常测量和控制的主要参数。温度的测量是利用一些物质的某些特性随温度变化的规律来对温度进行测量的。

### 学习目标

- 熟悉热电阻的工作原理和应用电路。
- 熟悉热电偶的工作原理和冷端补偿方法。
- 熟悉用集成温度传感器测量温度的方法。
- 学会使用温度传感器进行温度的检测与信号处理。

### 2.1 热电阻传感器测量温度

#### 2.1.1 温度检测的主要方法及特点

根据传感器的测温方式，温度基本测量方法通常可分成接触式和非接触式两大类。

接触式温度测量是感温组件直接与被测对象相接触，两者进行充分的热交换，最后达到热平衡，由此得出被测对象的温度。常用的接触式测温的传感器主要有热膨胀式温度传感器、热电偶、热电阻和半导体集成温度传感器等。这类传感器的优点是结构简单、工作可靠、测量精度高、稳定性好、价格低；缺点是有较大的滞后现象，不方便对运动物体进行温度测量，被测对象的温场易受传感器的影响，测温范围受感温组件材料性质的限制等。图2-1、图2-2所示为两种不同的接触式温度计。

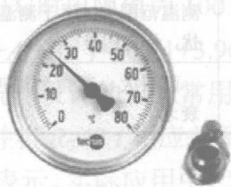


图 2-1 双金属温度计

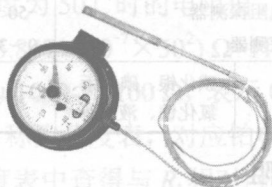


图 2-2 压力温度计

非接触式温度测量是感温组件不与被测对象直接接触，而是通过接受被测物体的热辐射能实现热交换，测出被测对象的温度。常见的非接触式测温传感器主要有光电高温传感器、红外辐射传感器等。这类传感器的优点是不存在测量滞后和温度范围的限制，可测高温、腐蚀、有毒、运动的物体及固体、液体表面的温度，不影响被测温度；缺点是受被测对象热辐



射率的影响,测量精度低,使用中测量距离和中间介质对测量结果有影响。图 2-3、图 2-4 所示为两种不同的非接触式温度计。

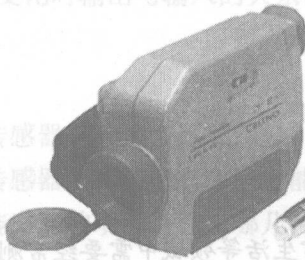


图 2-3 辐射式温度计

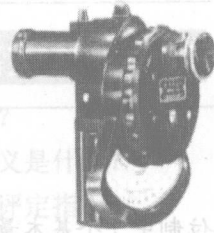


图 2-4 光学高温计

各种温度检测方法都有自己的特点和各自的测温范围,常用的测温方式、类型及特点如表 2-1 所示。

表 2-1 常用的测温方式、类型及特点

类型及特点 方式	温度计或传感器类型		测温范围/℃	精度/%	特点
接触式	热膨胀式	水银	-50~350	0.1~1	简单方便,易损坏,感温部大
		双金属	0~300	1	结构紧凑,牢固可靠
		压力	液 气	-30~600 -20~350	1 1
	热电偶	铂铑-铂	0~1 600	0.2~0.5	性能稳定,结构简单,测温范围宽,测量精度高,动态响应较好
		其它	-200~1 100	0.4~1.0	
	半导体集成温度传感器		-50~150	0.5~1	体积小,线性好;测温范围好
	热电阻	铂	-260~600	0.1~0.3	精度及灵敏度均较好,感温部大,须注意环境温度的影响
		镍	-50~300	0.2~0.5	
		铜	0~180	0.1~0.3	
		热敏电阻	-50~350	0.3~0.5	
非接触式	辐射温度计		800~3 500	1	非接触测温,不干扰被测温度场,辐射率受干扰小,能作远距离测量,不能用于低温测量
	光学高温计		700~3 000	1	
	热敏探测器		200~2 000	1	非接触测温,不干扰被测温度场,响应快,测温范围大,适于测温度分布,易受外界干扰,标定困难
	热敏电阻探测器		-50~3 200	1	
光子探测器		0~3 500	1		
其它	示温涂料	碘化银、碘化汞、氯化铁、液晶等	-35~2 000		面积大,可得到温度图像,精度低,易衰老

### 2.1.2 金属热电阻

利用电阻随温度变化特性制成的传感器称为热电阻传感器。它主要用于对温度或与温度有关的参量进行检测。在工业上被广泛用来测量-200~+500℃范围内的温度。按热电阻性质的不同,热电阻传感器可分为金属热电阻和半导体热电阻两大类,前者通常简称为热电阻,后者称为热敏电阻。图 2-5 所示为热电阻传感器。