

传感器应用技术

曾华鹏 主编

王莉 曹宝文 副主编



清华大学出版社

传感器应用技术

曾华鹏 主编

王莉 曹宝文 副主编



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

“传感器应用技术”是一门适用广泛的机电类专业基础课程,伴随着高职学校教学改革与建设的推进,为更好地满足高职层次人才培养需求,“传感器应用技术”这门课程既需要加强基础理论方面的内容,又需要重视学生工程实践能力的培养。本书的编写正是为了满足以上需求。编写人员结合以往传感器课程的教学经验,力求在讲授基础理论的基础上,以工业现场传感器应用实例及特色的实训设备为基础进行情景化教学,按照大型外企的工作模式和流程设计情景进行实训,强化学生的工程实践能力。

本书共分成8章,主要内容包括传感器基础知识、温度、光、压力、物位、运动学量、其他物理量的检测及抗干扰技术。每章在介绍各类传感器必备知识的基础上,注重应用型人才的培养,在应用篇中设计了基础实验和技能拓展环节,结合实训环境设计了大量实验和任务,按照大型外企的工作流程和职业分工,力求提高学生的工程实践能力。本书中各章节都包含思维导图,目的是帮助读者理清思路,方便学习和记忆。每一节都会以一个实际案例作为开头,让学生在生动的例子中快速掌握知识。每章后均附有习题。

本书适合作为应用型本科院校、职业院校的自动化相关专业低年级学生的教材,同时可供对传感器比较熟悉的开发人员、现场安装调试工程师参考。

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

传感器应用技术/曾华鹏主编. —北京:清华大学出版社,2018

ISBN 978-7-302-50090-2

I. ①传… II. ①曾… III. ①传感器—教材 IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 097799 号

责任编辑:刘向威 薛 阳

封面设计:文 静

责任校对:焦丽丽

责任印制:丛怀宇

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:三河市吉祥印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:19.25

字 数:470千字

版 次:2018年9月第1版

印 次:2018年9月第1次印刷

印 数:1~1500

定 价:49.00元

产品编号:077826-01

前言

PREFACE

传感器是工业控制系统的“电五官”，在工业控制系统中占据了非常重要的位置，同时传感器也是物联网感知层的重要组成部分。随着新材料、微电子技术、通信与网络技术的发展，传感器在越来越多的领域中得到应用，并且出现了集成化、智能化发展的趋势。

本书是在原有教材使用了三年的基础上，结合作者在这三年教学中的心得体会，以及在企业中实际应用的经验，重新编写而成。编写过程中根据应用型高校培养应用型人才的需要，对教材整体结构进行了重新规划，本着循序渐进、理论联系实际的原则，教材内容以适量、实用为度，在掌握理论知识的基础上，更加注重理论知识的应用。在理论知识方面，每个章节都引入了思维导图，让学生更加容易理解该章节的脉络，从而更好地掌握知识；在实训方面，大部分实训都按照现有大型外企的工作流程和工作模式进行设计，让学生在通过实训强化知识应用的基础上，潜移默化地学会企业的工作流程和工作模式，为今后的就业打下良好的基础。本书力求叙述简练，概念清晰，通俗易懂，便于自学，是一本体系创新、深浅适度、重在应用、着重能力培养的应用型高校教材。

本书共8章，主要内容有：传感器应用基础；温度的检测；光的检测；压力的检测；物位的检测；流量、运动学量的检测；其他物理量的检测；抗干扰技术。

本书适合作为应用型本科院校、职业院校的自动化相关专业低年级学生的教材，同时可供对传感器比较熟悉的开发人员、现场安装调试工程师参考。

本书第3章、第7章和第8章由曾华鹏编写，第1章基础篇、第2章和第5章由王莉编写，第1章应用篇、第4章和第6章由曹宝文编写。全书由曾华鹏担任主编，完成全书的修改及统稿。本书在编写过程中得到霍尼韦尔环境自控有限公司、丹佛斯(天津)有限公司、美国国家仪器(NI)有限公司和天津锐敏科技发展有限责任公司的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，虽然付出了艰辛的劳动，但书中不当之处在所难免，欢迎广大同行和读者批评指正。

编者

2018年3月

目录

CONTENTS

第1章 传感器应用基础	1
基础篇	2
1.1 测量基础知识	2
1.1.1 测量的基本概念	2
1.1.2 误差的认知	3
1.1.3 量程与精度的选择	5
1.2 传感器的基础知识	6
1.2.1 传感器的认知	7
1.2.2 传感器的分类及一般要求	8
1.2.3 传感器的发展趋势	9
1.3 传感器的特性	10
1.3.1 静态特性	11
1.3.2 动态特性	12
1.3.3 传感器的技术指标	13
1.4 传感器的标定	13
1.4.1 传感器的静态标定	14
1.4.2 传感器的动态标定	15
应用篇	15
1.5 压力开关的校验	15
1.5.1 压力开关	15
1.5.2 压力开关的校验概述	18
小结	22
请你做一做	22
第2章 温度的检测	25
基础篇	26
2.1 温度测量概述	26
2.1.1 温度定义	26
2.1.2 温标	26
2.2 热电阻	28
2.2.1 热电阻测温原理	28
2.2.2 常用热电阻	28
2.2.3 热电阻的测量电路	32
2.3 热敏电阻	33

2.3.1	热敏电阻测温原理及特性	33
2.3.2	热敏电阻的应用	35
2.4	热电偶	37
2.4.1	热电偶测温的工作原理	37
2.4.2	热电偶的种类和基本要求	42
2.4.3	热电偶冷端温度的补偿	45
2.4.4	热电偶的校验和安装	48
	应用篇	52
2.5	基础实训套件介绍	52
2.5.1	虚拟仪器	52
2.5.2	NI ELVIS 虚拟仪器实训套件介绍	53
2.6	基础实验: 温度测量	58
2.6.1	实验目的	58
2.6.2	元器件准备	58
2.6.3	实验内容和步骤	59
2.7	技能拓展: 空调室内环境温度传感器的选型	61
2.7.1	空调室内温度传感器	61
2.7.2	空调室内环境温度传感器选型	62
2.7.3	空调温度传感器的检修技巧	64
	小结	65
	请你做一做	65
第3章	光的检测	68
	基础篇	69
3.1	光电效应与光电器件	69
3.1.1	光电效应	69
3.1.2	常用光电器件	71
3.2	光电开关传感器工作原理及应用	81
3.2.1	基本知识	81
3.2.2	选型及安装	84
3.2.3	光电开关的应用	87
3.3	光栅传感器工作原理及应用	89
3.3.1	光栅基本知识	89
3.3.2	光栅工作原理	91
3.3.3	光栅的选型和安装调试	92
3.3.4	光栅传感器的应用	94
3.4	光电编码器工作原理及应用	95
3.4.1	基础知识	96
3.4.2	安装调试	100
3.4.3	光电编码器的应用	102
	应用篇	104
3.5	基础实验: 硅光电池特性实验	104
3.5.1	实验目的	104
3.5.2	元器件准备	104

3.5.3	实验原理	104
3.5.4	实验内容和步骤	105
3.5.5	思考题	107
3.6	技能拓展：生产线系统中光电传感器的调试	107
3.6.1	实验目的	107
3.6.2	元器件准备	107
3.6.3	实训设备简介	107
3.6.4	实验内容和步骤	111
小结		113
请你做一做		113
第4章	压力的检测	116
基础篇		117
4.1	压电式传感器工作原理及应用	117
4.1.1	压力的概念	117
4.1.2	压电式传感器的工作原理	117
4.1.3	压电式传感器的应用	120
4.2	压阻式传感器工作原理及应用	123
4.2.1	压阻式传感器的工作原理	123
4.2.2	压阻式传感器的应用	127
4.3	其他压力传感器	129
4.3.1	压力变送器	129
4.3.2	多维力传感器	131
4.3.3	成像触觉传感器	132
4.3.4	TIR 触觉传感器	133
应用篇		133
4.4	基础实验：加速度传感器测试	133
4.4.1	实验目的	133
4.4.2	准备工作	134
4.4.3	实验原理	134
4.4.4	实验内容和步骤	135
4.5	技能拓展：玻璃破碎报警系统中压力传感器的选型	137
4.5.1	玻璃破碎报警系统	137
4.5.2	压电式玻璃破碎报警器	137
4.5.3	压力传感器的选型	137
小结		139
请你做一做		139
第5章	物位的检测	142
基础篇		143
5.1	电容式传感器工作原理及应用	143
5.1.1	电容式传感器的结构	143
5.1.2	电容式传感器的工作原理	144
5.1.3	电容式传感器的典型应用	147
5.2	电感式传感器工作原理及应用	150

5.2.1	电感式传感器的工作原理	150
5.2.2	电感式传感器的应用	152
5.3	红外传感器工作原理及应用	153
5.3.1	红外检测基础	153
5.3.2	红外传感器工作原理	154
5.3.3	红外传感器的应用	156
5.4	超声波传感器	158
5.4.1	超声波传感器工作原理	158
5.4.2	超声波传感器的种类及安装调试	160
5.4.3	超声波传感器的应用	163
应用篇		168
5.5	基础实验：热释电红外传感器的应用实验	168
5.5.1	实验目的	168
5.5.2	元器件准备	168
5.5.3	实验原理	168
5.5.4	实验内容和步骤	169
5.5.5	思考题	169
5.6	基础实验：驻极体麦克风实验	170
5.6.1	实验目的	170
5.6.2	元器件准备	170
5.6.3	实验原理	170
5.6.4	实验内容和步骤	171
5.6.5	思考题	171
5.7	技能拓展：接近传感器的选型	172
5.7.1	实验目的	172
5.7.2	实验器材	172
5.7.3	接近传感器的简单介绍	172
5.7.4	接近传感器的选型和检测	173
5.7.5	接近传感器技术指标检测	174
5.7.6	实验准备	174
5.7.7	实验内容和步骤	176
小结		178
请你做一做		178
第6章 流量、运动学量的检测		180
基础篇		181
6.1	电涡流传感器工作原理及应用	181
6.1.1	基础知识	181
6.1.2	电涡流传感器的应用	183
6.2	霍尔式传感器工作原理及应用	185
6.2.1	基础知识	185
6.2.2	霍尔式传感器的应用	188
6.3	磁电感应式传感器工作原理及应用	191
6.3.1	基础知识	191

6.3.2 磁电感应式传感器的应用	192
6.4 电磁流量计工作原理及应用	195
6.4.1 基础知识	195
6.4.2 电磁流量计的应用	197
6.5 光纤传感器工作原理及应用	200
6.5.1 基础知识	200
6.5.2 光纤传感器的应用	204
应用篇	205
6.6 基础实验：霍尔传感器测转速	205
6.6.1 实验目的	205
6.6.2 准备工作	205
6.6.3 实验原理	205
6.6.4 实验内容和步骤	207
6.6.5 学生任务	208
6.7 技能拓展：光纤传感器的选型	209
6.7.1 实验目的	209
6.7.2 实验器材	209
6.7.3 光纤传感器的选型	209
6.7.4 实验内容和步骤	210
小结	213
请你做一做	213
第7章 其他物理量的检测	216
基础篇	217
7.1 气体传感器工作原理及应用	217
7.1.1 基本知识	217
7.1.2 选型及安装	220
7.1.3 气体传感器的应用	225
7.2 湿度传感器工作原理及应用	228
7.2.1 基本知识	228
7.2.2 选型及安装	233
7.2.3 湿度传感器的应用	235
7.3 视觉传感器工作原理及应用	238
7.3.1 基础知识	238
7.3.2 选型及安装	242
7.3.3 视觉传感器的应用	243
应用篇	245
7.4 技能拓展：智能农业管理系统中温湿度传感器的调试	245
7.4.1 实验目的	245
7.4.2 元器件准备	245
7.4.3 实训设备简介	246
7.4.4 实验内容和步骤	248
小结	250
请你做一做	250

第 8 章 抗干扰技术	252
基础篇	253
8.1 干扰的基本概念	253
8.1.1 干扰的定义	253
8.1.2 干扰存在的形式	254
8.1.3 干扰的分类	255
8.1.4 干扰的三要素	256
8.1.5 抗干扰设计的基本原则	256
8.2 接地技术	259
8.2.1 基础知识	259
8.2.2 接地的分类	261
8.2.3 接地制式	264
8.2.4 接地方式	265
8.3 屏蔽技术	266
8.3.1 屏蔽技术的定义	267
8.3.2 屏蔽技术的分类	267
8.4 滤波技术	269
8.4.1 基础知识	269
8.4.2 滤波器	271
8.4.3 软件滤波技术	275
8.5 可靠性测试	277
8.5.1 基础知识	277
8.5.2 软件可靠性测试	278
8.5.3 硬件可靠性测试	280
8.5.4 电磁兼容性测试	284
应用篇	288
8.6 基础实验：滤波算法	288
8.6.1 实验目的	288
8.6.2 元器件准备	288
8.6.3 实训设备简介	288
8.6.4 实验内容和步骤	290
8.6.5 附录	291
小结	295
请你做一做	296
参考文献	298

本章学习目标

- 掌握传感器的定义和组成。
- 掌握测量的一般知识及误差理论基础。
- 了解传感器的静态特性和动态特性。
- 掌握传感器的标定。

本章将向读者介绍一些传感器应用的基础知识。本章首先介绍测量的概念及测量的一般方法,其中重点介绍对测量结果进行分析的误差理论的基本知识。接着引出传感器的基础知识,包括传感器的认知、组成、分类、发展、静态和动态特性以及传感器标定。最后在理论讲解的基础上,应用环节将让学生完成压力传感器校验实训。本章内容的思维导图如图 1-1 所示。

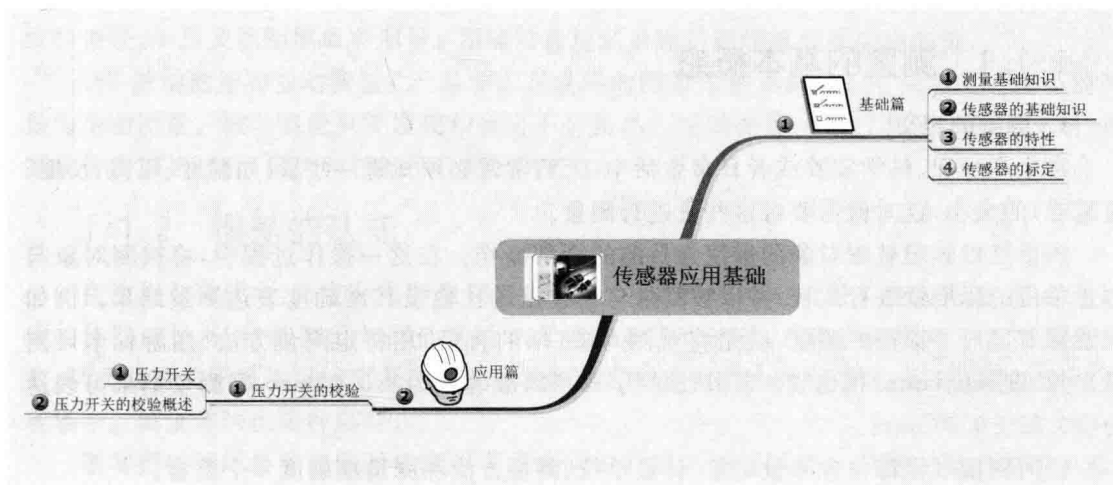


图 1-1 第 1 章思维导图

基 础 篇

1.1 测量基础知识

本节内容思维导图如图 1-2 所示。

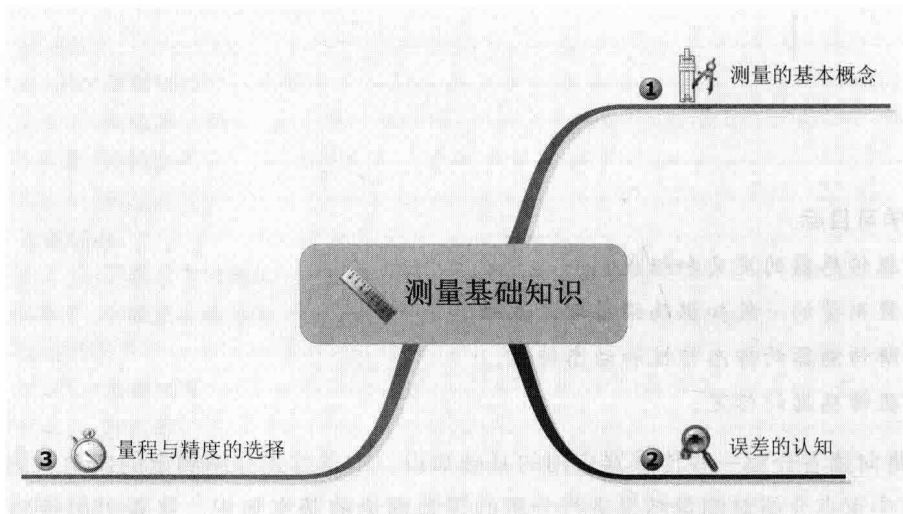


图 1-2 1.1 节思维导图

测量技术是一门具有自身专业体系、涵盖多种学科、理论性和实践性都非常强的前沿科学。熟知测量技术方面的基本知识,是掌握测量技能、独立完成对被测量物体进行检测的基础。

1.1.1 测量的基本概念

1. 测量的定义

在生产过程、科学实验或者日常生活中,人们常常必须知道一些量(如温度、压力、长度、重量等)的大小,这时就需要对这些量进行测量。

测量是以确定被测对象的量值为目的的全部操作。在这一操作过程中,将被测对象与测量单位的标准量进行比较,并以被测量与单位量的比值及其准确度表达测量结果。例如用游标卡尺对一轴径的测量,就是将被测对象(轴的直径)用特定测量方法(用游标卡尺测量)与长度单位(mm)相比较。若其比值为 30.52,准确度为 $\pm 0.03\text{mm}$,则测量结果可表达为 $(30.52 \pm 0.03)\text{mm}$ 。

任何测量过程都包含测量对象、计量单位、测量方法和测量准确度 4 个要素。

(1) 测量对象:主要指几何量,包括长度、角度、表面粗糙度以及形位误差等。由于几何量的特点是种类繁多,形状又各式各样,因此对于它们的特性,被测参数的定义,以及标准等都必须加以研究和熟悉,以便进行测量。

(2) 计量单位:我国国务院于 1977 年 5 月 27 日颁发的《中华人民共和国计量管理条例

(试行)》第三条规定中重申:“我国的基本计量制度是米制(即公制),逐步采用国际单位制。”1984年2月27日正式公布中华人民共和国法定计量单位,确定米制为我国的基本计量制度。例如,在长度计量中单位为米(m),其他常用单位有毫米(mm)和微米(μm)。在角度测量中以度、分、秒为单位。

(3) 测量方法:指在进行测量时所用的按类叙述的一组操作逻辑次序。对几何量的测量而言,则是根据被测参数的特点,如公差值、大小、轻重、材质、数量等,分析研究该参数与其他参数的关系,最后确定对该参数如何进行测量的操作方法。

(4) 测量的准确度:指测量结果与真值的一致程度。由于任何测量过程总不可避免地会出现测量误差,误差大说明测量结果离真值远,准确度低。因此,准确度和误差是两个相对的概念。由于存在测量误差,任何测量结果都是以一近似值来表示的。

2. 测量方法分类

根据获得测量结果的不同方式可分为以下几种测量方法。

(1) 直接测量和间接测量:从测量器具的读数装置上直接得到被测量的数值或对标准值的偏差称为直接测量,如用游标卡尺、外径千分尺测量轴径等。通过测量与被测量有一定函数关系的量,根据已知的函数关系式求得被测量的测量称为间接测量,如通过测量一圆弧相应的弓高和弦长而得到其圆弧半径的实际值。

(2) 绝对测量和相对测量:测量器具的示值直接反映被测量量值的测量为绝对测量。用游标卡尺、外径千分尺测量轴径不仅是直接测量,也是绝对测量。将被测量与一个标准量值进行比较得到两者差值的测量为相对测量,如用内径百分表测量孔径为相对测量。

(3) 接触测量和非接触测量:测量器具的测头与被测件表面接触并有机械作用的测力存在的测量为接触测量。测量器具的测头与被测件表面没有接触的测量为非接触测量,如用光切法显微镜测量表面粗糙度即属于非接触测量。

(4) 单项测量和综合测量:对个别的、彼此没有联系的某一单项参数的测量称为单项测量。同时测量零件的多个参数及其综合影响的测量为综合测量。用测量器具分别测出螺纹的中径、半角及螺距属单项测量;用螺纹量规的通端检测螺纹则属综合测量。

(5) 被动测量和主动测量:产品加工完成后的测量为被动测量;正在加工过程中的测量为主动测量。被动测量只能发现和挑出不合格品。主动测量可通过其测得值的反馈,控制设备的加工过程,预防和杜绝不合格品的产生。

1.1.2 误差的认知

在检测与测量中,必定存在测量误差(Error)。测量是指人们用实验的方法,借助于一定的仪器或设备,将被测量与同性质的单位标准量进行比较,并确定被测量对标准量的倍数,从而获得关于被测量的定量信息。这种测量在日常生活中无处不在,也普遍存在于工业现场中。测量方法也多种多样。

通常把检测结果和被测量的客观真值之间的差值叫测量误差。误差主要产生于工具、环境、方法和技术等方面因素,下面有几个基本概念。

1. 误差的基本概念

1) 绝对误差

绝对误差(Absolute Error)是仪表的指示值 x 与被测量的真值 x_0 之间的差值,记作 δ ,

其表达式为

$$\delta = x - x_0 \quad (1-1)$$

绝对误差愈小,说明指示值愈接近真值,测量精度愈高。但这一结论只适用于被测量值相同的情况,而不能说明不同值的测量精度。例如,某测量长度的仪器,测量 10mm 的长度,绝对误差为 0.001mm;另一仪器测量 200mm 的长度,绝对误差为 0.01mm。这就很难按绝对误差的大小来判断测量精度高低了。这是因为后者的绝对误差虽然比前者大,但它相对于被测量的值却显得较小。为此,人们引入了相对误差的概念。

2) 相对误差

相对误差是仪表指示值的绝对误差 δ 与被测量真值 x_0 的比值,常用百分数表示,其表达式为

$$r = \frac{\delta}{x_0} \times 100\% = \frac{x - x_0}{x_0} \times 100\% \quad (1-2)$$

相对误差能更好地说明测量的精确程度。在上面的例子中,其相对误差分别为

$$r_1 = \frac{0.001}{10} \times 100\% = 0.01\%$$

$$r_2 = \frac{0.001}{200} \times 100\% = 0.005\%$$

显然,后一种长度测量仪表更精确。在实际测量中,绝对准确的真值 x_0 是得不到的。因此,在常规的测量中,一般把比所用的测量仪表更精确的标准表的测量结果作为被测量的真值。

使用相对误差来评定测量精度,也有局限性。它只能说明不同测量结果的准确程度,却不适用于衡量测量仪表本身的质量。因为同一台仪表在整个测量范围内的相对误差不是定值,随着被测量的减小,相对误差变大。为了更合理地评价仪表质量,采用了引用误差的概念。这里先介绍仪表的量程的概念,量程就是仪表测量范围上限值与下限值之差。如果仪表测量的物理量的下限为零,则所能测量的物理量的最大值等于其量程。

3) 引用误差

引用误差是绝对误差 δ 与仪表量程 L 的比值。通常以百分数表示,其表达式为

$$r_0 = \frac{\delta}{L} \times 100\% \quad (1-3)$$

如果在测量仪表整个量程中,可能出现的绝对误差最大值 δ_m 代替 δ ,则可得到最大引用误差 r_{0m} 。

$$r_{0m} = \frac{\delta_m}{L} \times 100\% \quad (1-4)$$

对一台确定的仪表或一个检测系统,最大引用误差就是一个定值。

4) 精度

测量仪表一般采用最大引用误差不能超过的允许值作为划分精度等级的尺度。工业仪表常见的精度等级有 0.05 级、0.1 级、0.2 级、0.5 级、1.0 级、1.5 级、2.0 级、2.5 级和 5.0 级。精度等级为 1.0 级的仪表,在使用时的最大引用误差不超过 $\pm 1.0\%$,也就是说,在整个量程内它的绝对误差最大值不会超过其量程的 1%。

在具体测量某个量值时,相对误差可以根据精度等级所确定的最大绝对误差和仪表指示值进行计算。

2. 系统误差和随机误差

1) 系统误差

系统误差是传感器及检测装置固有的。在相同的条件下,多次重复测量同一量时,误差的大小和符号基本保持不变,或按照一定的规律变化,这种误差称为系统误差。既然它有一定的规律可循,因而可以采用一些办法来补偿与校正。

由于只能进行有限次数的重复测量,真值也只能用约定真值代替,因此如真值一样,系统误差及其原因不能完全获知,可能确定的系统误差只是其估计值,并具有一定的不确定度。这个不确定度也就是修正值的不确定度,它与其他来源的不确定度分量一样贡献给了合成标准不确定度。值得指出的是:不宜按过去的说法把系统误差分为已定系统误差和未定系统误差,也不宜说未定系统误差按随机误差处理。因为这里所谓的未定系统误差,其实并不是误差分量而是不确定度;而且所谓按随机误差处理,其概念也是不容易说得清楚的。

2) 随机误差

在相同条件下,多次测量同一量时,其误差的大小和符号以不可预见的方式变化,这种误差称为随机误差。随机误差符合数学中概率论的正态分布,对于小概率事件,在检测系统中一般属于不可信的数据,应该剔除,可以采用数学的方法实现减少误差。

随机误差大抵来源于影响量的变化,这种变化在时间上和空间上是不可预知的或随机的,它会引起被测量重复观测值的变化,故称之为“随机效应”。可以认为正是这种随机效应导致了重复观测中的分散性,我们用统计方法得到的实验标准(偏)差是分散性,确切地说是来源于测量过程中的随机效应,而并非来源于测量结果中的随机误差分量。

随机误差的统计规律性,主要可归纳为对称性、有界性和单峰性三条。

(1) 对称性是指绝对值相等而符号相反的误差,出现的次数大致相等,即测得值是以它们的算术平均值为中心而对称分布的。由于所有误差的代数和趋近于零,故随机误差又具有抵偿性,这个统计特性是最为本质的;换言之,凡具有抵偿性的误差,原则上均可按随机误差处理。

(2) 有界性是指测得值误差的绝对值不会超过一定的界限,即不会出现绝对值很大的误差。

(3) 单峰性是指绝对值小的误差比绝对值大的误差数目多,即测得值是以它们的算术平均值为中心而相对集中地分布的。

1.1.3 量程与精度的选择

误差是影响测量精度的原因之一,它虽然不可避免,但可以尽量减小。如何选择传感器的精度和量程呢?下面举个例子来比较说明。

例如,有一个10MPa的标准压力源,现有一个量程为0~100MPa、0.5级的压力传感器和一个量程为0~15MPa、2.5级的压力传感器,若用两个传感器来测量这一标准压力源,问哪个传感器测量误差小。

应用第一个传感器测量,最大绝对允许误差为

$$\delta_{m1} = \pm 0.5\% \times 100\text{MPa} = \pm 0.50\text{MPa}$$

应用第二个传感器测量,最大绝对允许误差为

$$\delta_{m2} = \pm 2.5\% \times 15\text{MPa} = \pm 0.375\text{MPa}$$

比较 δ_{m1} 和 δ_{m2} 可以看出:虽然第一个传感器比第二个传感器精度高,但用第一个传感器测量所产生的误差却比第二个传感器测量所产生的误差大。所以,在选用传感器时,并非精度越高越好。精度等级已知的测量仪表只有在被测量值接近满量程时,才能发挥它的测量精度。因此,使用测量仪表时,应当根据被测量的大小和测量精度要求,合理地选择传感器量程和精度等级,只有这样才能提高测量精度。

选择传感器的量程,工程中有一些成熟的经验,为了保证传感器能在安全范围内可靠地工作,传感器量程的选择不仅要依据被测量的大小,还应考虑被测量变化的速度,其量程应留有足够的余地。例如,使用传感器测量稳定压力时,最大工作压力不应超过传感器量程的 2/3。根据工程经验,一般使传感器工作在其量程的 30%~70%。

1.2 传感器的基础知识

本节内容思维导图如图 1-3 所示。

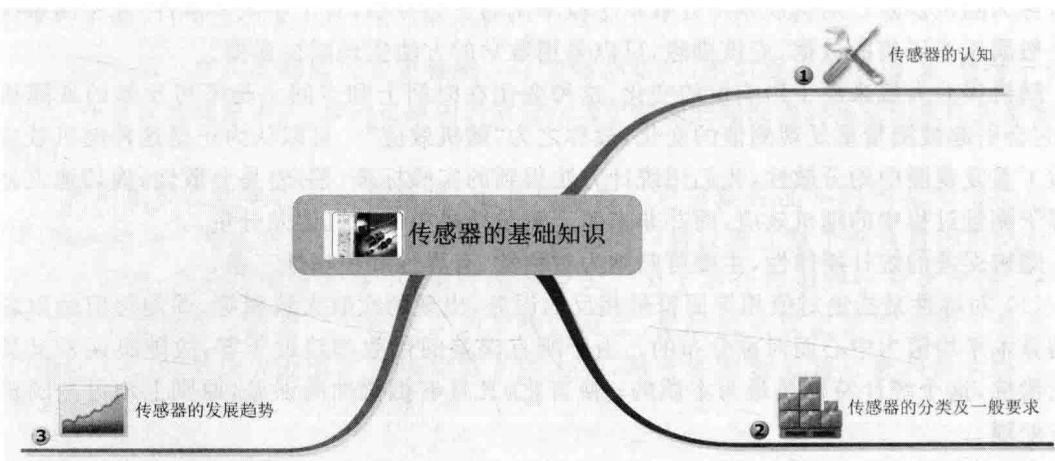


图 1-3 1.2 节思维导图

人类通过五官(视、听、嗅、味、触)接收外界的信息,经过大脑的思维(信息处理)后,做出相应的动作。同样,如果用计算机控制的自动化装置来代替人的劳动,则可以说电子计算机相当于人的大脑(俗称电脑),而传感器则相当于人的五官部分(“电五官”),如图 1-4 所示。为了很好地将体力劳动和脑力劳动进行协调,要求传感器、电子计算机和执行器三者之间相互协调才行。

伴随信息时代的到来,传感器已是获取自然界和生产领域中相关信息的主要途径与手段。作为模拟人脑的电子计算机发展极为迅速,同时“电五官”传感器的缓慢发展也逐渐引起人们的关注和重视。当传感器技术在工业自动化、军事国防和以宇宙开发、海洋开发为代表的尖端科学与工程等重要领域广泛应用的同时,它正以自己巨大的潜力,向与人们生活密切相关的生物工程、交通运输、环境保护、安全防范、家用电器和网络家居等方面渗透,并在日新月异地发展。

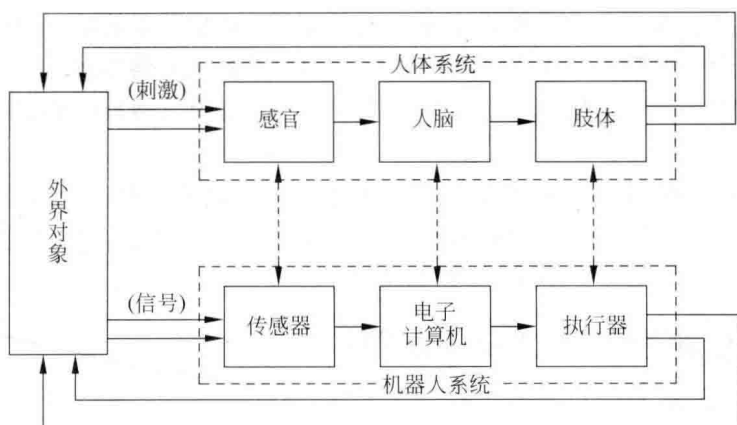


图 1-4 人体与机器人系统的对应关系

1.2.1 传感器的认知

1. 传感器的作用

传感器实际上是一种功能块,其作用是将来自外界的各种信号转换成电信号。近年来传感器所能够检测的信号显著增加,因而其品种也极其繁多。为了对各种各样的信号进行检测、控制,就必须获得尽量简单且易于处理的信号,因为电信号能较容易地进行放大、反馈、滤波、微分、存储和远距离操作等,作为一种功能块,传感器可以狭义地被定义为“将外界的输入信号变换为电信号的一类元件”,如图 1-5 所示。

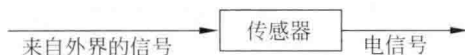


图 1-5 传感器的作用

2. 传感器的定义

根据中华人民共和国国家标准,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。传感器是一种以一定的精确度把被测量转换为与之有确定对应关系的、便于应用的某种物理量的测量装置。其包含以下几层含义:传感器是测量装置,能完成检测任务;它的输入量是某一被测量,可能是物理量,也可能是化学量、生物量等;输出量是某种物理量,这种量要便于传输、转换、处理、显示等,这种量可以是气、光和电量,但主要是电量;输入输出有对应关系,且要求有一定的精确度。

3. 传感器的组成

如图 1-6 所示,传感器一般由敏感元件、转换元件和信号调理与转换电路三部分组成。

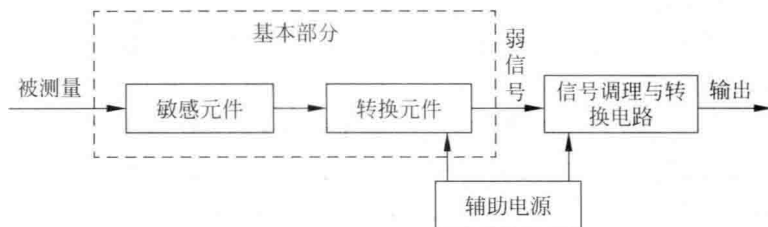


图 1-6 传感器的组成