



传感器技术与工程应用



周四春 吴建平 祝忠明 等编著

CHUANGANQI
JISHU YU
GONGCHENG
YINGYONG



原子能出版社

传感器技术与工程应用

周四春 吴建平 祝忠明 等编著

原子能出版社

图书在版编目(CIP)数据

传感器技术与工程应用/周四春等编著. —北京:
原子能出版社, 2007. 9

ISBN 978-7-5022-4000-4

I. 传… II. 周… III. 传感器 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 140116 号

内 容 简 介

本书在介绍检测技术的基本知识、测量误差与测量数据处理基本知识的基础上,以传感器的物理原理为主线,系统讨论了各种常用传感器的工作机理,包括电阻式传感器、电容式传感器、压电式传感器、磁电式传感器、热电式传感器、普通光电式传感器、新型光电式传感器、半导体传感器、波与射线式传感器等。同时,本书不仅仅停留在对传感器原理的介绍上,还用一定篇幅介绍了各种传感器的工程应用,这应该是本书的特色之一;此外,还讨论了传感器的补偿与标定问题。本书不仅适用于理工科大学生,作为传感器课程的教材,对相关专业的研究生和工程技术人员也有参考价值。

传感器技术与工程应用

出版发行 原子能出版社(北京市海淀区阜成路 43 号 100037)

责任编辑 卫广刚

责任校对 冯莲凤

责任印刷 丁怀兰

印 刷 保定市中画美凯印刷有限公司

经 销 全国新华书店

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 15.75

字 数 396 千字

版 次 2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5022-4000-4

印 数 1—1500 定 价 32.00 元

版权所有 侵权必究

网址: <http://www.aep.com.cn>

前 言

21 世纪是信息时代。信息技术在信息资源、信息处理和信息传递方面实现微电子与光电子结合,智能计算与认知、脑科学结合等,其应用领域将更加广泛和多样,给人类带来全新的工作方式和生活方式。而传感器技术(信息采集)与通信技术(信息传输)、计算机技术(信息处理)一起,构成了现代信息技术的三大支柱。它们在信息系统中分别起着“感官”、“神经”和“大脑”的作用。由此可见,传感器是信息技术的源头,离开传感器,就无法构建现代信息系统。

现代传感器是自动控制系统和信息技术的關鍵基础器件,直接影响到自动化技术的水平,是自动检测和自动控制系统共用的基础技术,所以传感器技术也是自动化技术的重要支柱。

今天,我们满怀希望地展望智能机器人将在我们的生活与生产中大展身手,但可以预计,如果没有传感器技术做支撑,智能机器人就永远是一种梦想!今天,上至星际探索,下至深海勘探,大到国家安全,小到家庭生活,几乎没有一处能够离开传感器技术。

正是由于传感器技术在现代信息社会具有举足轻重的地位,作为理工科学生应该学习一点传感器知识。为了满足传感器技术教学工作的需要,我们在多年教学与科研的基础上,编写出版了这一本《传感器技术与工程应用》。

本书共 13 章,在介绍检测技术的基本知识、测量误差与测量数据处理基本知识的基础上,以传感器的物理原理为主线,系统讨论了各种常用传感器的工作机理,包括电阻式传感器、电容式传感器、压电式传感器、磁电式传感器、热电式传感器、普通光电式传感器、新型光电式传感器、半导体传感器、波与射线式传感器。作为为理工科本科生编写的教材,本书不仅仅停留在对传感器原理的介绍上,还用一定篇幅介绍了各种传感器的工程应用,这应该是本书的特色之一。此外,本书还讨论了传感器的补偿与标定问题。应该说,本书对传感器技术进行了较为系统和全面的介绍,不仅对理工科大学生,对相关专业的研究生和工程技术人员也有参考价值。全书可供 60 学时的教学之用。

本书由周四春、吴建平、祝忠明、姜海静编写。其中,周四春编写前言、绪论、第 1 章第 1 与第 2 节、第 2 章、第 12 章、第 13 章;吴建平编写第 1 章第 3 节、第 3

章、第 7 章、第 8 章、第 9 章、第 10 章、第 11 章；祝忠明编写第 4 章、第 6 章；姜海静编写第 5 章。最后由周四春统稿。

本书的出版,首先要特别感谢成都理工大学学校领导、成都理工大学教务处的指导和大力支持!

成都理工大学核技术与自动化工程学院测控工程系与自动化系的老师们参与了本教材编写大纲的讨论;核技术应用专业 2006 级研究生陈明驰、李波为本书编绘了部分图件,并整理了部分文稿;核技术应用专业 2005 级研究生赵丹参与了对书稿的校对工作,在此一并致以衷心地感谢!

限于作者水平有限,书中欠妥之处在所难免,恳请专家和读者批评指正。

编者

2007 年 7 月

目 录

绪 论	(1)
第 1 章 检测技术的基础知识	(5)
1.1 检测技术的基本概念	(5)
1.1.1 检测技术	(5)
1.1.2 自动检测系统	(5)
1.1.3 传感器	(6)
1.2 测量方法	(8)
1.2.1 直接测量、间接测量与联立测量	(8)
1.2.2 比较式测量	(8)
1.3 传感器的基本特性	(9)
1.3.1 传感器静态特性	(10)
1.3.2 传感器动态特性	(15)
思考题和习题	(22)
第 2 章 测量误差及其不确定度	(23)
2.1 误差概念与表达方式	(23)
2.2 误差的分类与来源	(24)
2.2.1 误差的分类	(24)
2.2.2 误差的来源	(25)
2.2.3 测量结果的精度	(25)
2.3 测量数据的统计特征	(25)
2.3.1 常见统计分布	(25)
2.3.2 随机误差的统计特征	(27)
2.4 粗大误差的判别与剔除	(27)
2.5 测量误差的合成与分配	(30)
2.5.1 函数系统误差的计算	(30)
2.5.2 函数随机误差计算	(31)
2.5.3 系统误差与随机误差的合成	(31)
2.5.4 测量误差的分配	(33)
2.6 测量不确定度	(34)
2.6.1 测量不确定度的概念	(34)
2.6.2 测量不确定度的确定方法	(34)
2.7 有效数字及其运算	(35)

2.7.1 有效数字的概念·····	(35)
2.7.2 直接测量的有效数字·····	(36)
2.7.3 间接测量量有效数字的运算·····	(36)
思考题和习题·····	(38)
第3章 电阻应变式传感器 ·····	(40)
3.1 电阻应变片的结构原理·····	(40)
3.1.1 电阻应变效应与应变片结构·····	(40)
3.1.2 电阻应变片工作原理·····	(40)
3.1.3 压阻效应和压阻式传感器·····	(41)
3.1.4 应变片种类·····	(42)
3.2 金属应变片的主要特性·····	(43)
3.2.1 应变片的灵敏系数·····	(43)
3.2.2 横向效应·····	(43)
3.2.3 应变片温度误差及补偿方法·····	(44)
3.3 电阻应变片测量电路·····	(45)
3.3.1 直流电桥工作原理·····	(46)
3.3.2 交流电桥工作原理·····	(48)
3.4 应变式传感器测量电路·····	(50)
3.4.1 电阻应变仪·····	(50)
3.4.2 相敏检波器·····	(51)
3.5 应变式传感器的应用·····	(53)
3.5.1 力传感器(测力与称重)·····	(53)
3.5.2 膜片式压力传感器·····	(55)
3.5.3 应变式加速度传感器·····	(56)
3.5.4 压阻式传感器·····	(57)
思考题和习题·····	(58)
第4章 电感式传感器 ·····	(60)
4.1 变磁阻式传感器·····	(60)
4.1.1 结构和工作原理·····	(60)
4.1.2 变气隙式自感传感器·····	(61)
4.1.3 差动式自感传感器·····	(62)
4.1.4 变面积式自感传感器·····	(62)
4.1.5 螺线管式自感传感器·····	(62)
4.1.6 自感式传感器的等效电路·····	(63)
4.1.7 自感式传感器测量电路·····	(64)
4.1.8 变磁阻式传感器的应用·····	(65)
4.2 差动变压器式电感传感器·····	(66)
4.2.1 变隙式差动变压器式传感器·····	(66)

4.2.2 螺线管式差动变压器式传感器	(68)
4.2.3 差动变压器的测量电路	(69)
4.2.4 差动变压器式传感器的应用	(72)
4.3 电涡流式传感器	(73)
4.3.1 电涡流式传感器的基本原理	(73)
4.3.2 电涡流式传感器的等效电路	(74)
4.3.3 电涡流形成范围	(75)
4.3.4 电涡流式传感器的测量电路	(76)
4.3.5 电涡流式传感器的种类	(77)
4.3.6 电涡流式传感器的应用	(78)
思考题和习题	(79)
第5章 电容式传感器	(81)
5.1 电容式传感器工作原理和类型	(81)
5.1.1 变极距型电容传感器	(81)
5.1.2 变面积型电容传感器	(83)
5.1.3 变介电常数式电容传感器	(84)
5.2 电容传感器的特点和设计要点	(85)
5.2.1 电容式传感器的特点	(85)
5.2.2 电容式传感器的设计要点	(85)
5.3 电容式传感器的常用测量电路	(86)
5.3.1 双T电桥电路	(87)
5.3.2 运算放大器式测量电路	(87)
5.3.3 脉冲调制电路	(88)
5.3.4 调频电路	(89)
5.4 电容式传感器的应用	(90)
5.4.1 在物位测控中的应用	(90)
5.4.2 在压力测量中的应用	(91)
5.4.3 电容式加速度传感器	(91)
5.4.4 电容式指纹传感器	(92)
思考题和习题	(93)
第6章 压电式传感器	(95)
6.1 压电效应	(95)
6.2 压电材料	(96)
6.2.1 石英晶体	(96)
6.2.2 压电陶瓷(多晶体)	(98)
6.2.3 聚偏氟乙烯压电材料	(99)
6.3 压电元件结构形式	(100)
6.4 等效电路与测量电路	(100)

6.4.1 压电传感器等效电路	(100)
6.4.2 压电传感器测量电路	(101)
6.5 压电传感器的应用	(103)
思考题和习题	(105)
第7章 磁电式传感器	(106)
7.1 磁电感应式传感器(电动式)	(106)
7.1.1 工作原理和结构形式	(106)
7.1.2 磁电感应式传感器基本特性	(107)
7.1.3 磁电感应式传感器测量电路	(108)
7.1.4 磁电感应式传感器的应用	(109)
7.2 霍尔式传感器	(110)
7.2.1 霍尔效应	(110)
7.2.2 霍尔元件	(112)
7.2.3 霍尔元件的误差及补偿	(112)
7.2.4 霍尔元件的应用	(114)
7.2.5 霍尔集成传感器	(115)
7.3 磁敏元件	(118)
7.3.1 磁敏电阻器	(118)
7.3.2 磁敏晶体管	(120)
思考题和习题	(123)
第8章 热电式传感器	(125)
8.1 温度传感器的分类及温标	(125)
8.1.1 温度传感器分类方法	(125)
8.1.2 温度单位	(125)
8.2 热电偶传感器	(126)
8.2.1 基本原理和热电效应	(126)
8.2.2 热电偶基本定律	(128)
8.2.3 热电偶的分类和结构	(129)
8.2.4 热电偶测温应用电路	(130)
8.3 热电阻与热敏电阻	(131)
8.3.1 热电阻	(131)
8.3.2 热敏电阻	(133)
8.3.3 热敏电阻的应用	(134)
8.4 集成温度传感器	(134)
8.4.1 集成温度传感器的测温原理	(134)
8.4.2 集成温度传感器信号输出方式	(135)
8.4.3 基于1-WIRE总线的DS18B20型智能温度传感器	(137)
思考题和习题	(139)

第 9 章 光电效应及光敏器件	(140)
9.1 光电效应	(140)
9.1.1 外光电效应	(140)
9.1.2 内光电效应	(141)
9.2 光电器件	(142)
9.2.1 光电管	(142)
9.2.2 光电倍增管	(143)
9.2.3 光敏电阻	(144)
9.2.4 光敏二极管和光敏三极管	(146)
9.2.5 光电池	(149)
9.2.6 其他特性的光电器件	(151)
9.2.7 半导体色敏传感器	(153)
9.2.8 光电传感器的应用	(154)
9.3 光栅式传感器	(156)
9.3.1 光栅莫尔条纹	(156)
9.3.2 光栅测量装置	(158)
思考题和习题.....	(159)
第 10 章 新型光电传感器	(160)
10.1 新型固态光电传感器.....	(160)
10.1.1 普通光敏器件阵列.....	(160)
10.1.2 自扫描光电二极管阵列(SSPD)	(163)
10.1.3 光电位置传感器(PSD)	(166)
10.2 电荷耦合器件(CCD).....	(167)
10.2.1 CCD 的工作原理及特性	(167)
10.2.2 CCD 器件	(170)
10.2.3 CCD 传感器的应用	(174)
10.3 光纤传感器.....	(176)
10.3.1 光纤的结构和传输原理.....	(177)
10.3.2 光纤的性能(几个重要参数).....	(177)
10.3.3 光波调制技术.....	(179)
10.3.4 光纤传感器.....	(182)
思考题和习题.....	(185)
第 11 章 半导体传感器	(187)
11.1 气敏传感器.....	(187)
11.1.1 电阻型半导体气敏传感器.....	(188)
11.1.2 非电阻型半导体气敏器件.....	(191)
11.1.3 气敏传感器的应用.....	(192)
11.2 湿敏传感器.....	(194)

11.2.1 湿度及其表示方法	(195)
11.2.2 氯化锂湿敏电阻	(197)
11.2.3 半导体陶瓷湿敏电阻	(198)
11.2.4 湿度传感器应用	(198)
11.3 离子敏传感器	(200)
11.3.1 MOSFET 场效应晶体管	(200)
11.3.2 离子敏传感器的结构与工作原理	(201)
11.3.3 离子敏传感器测量电路	(202)
11.3.4 离子敏传感器的应用	(202)
思考题和习题	(202)
第 12 章 波与射线式传感器	(203)
12.1 红外辐射传感器	(203)
12.1.1 红外辐射的物理基础	(203)
12.1.2 红外探测器(传感器)	(204)
12.1.3 红外辐射传感器的应用	(207)
12.2 超声波传感器	(209)
12.2.1 超声波检测的物理基础	(209)
12.2.2 超声波探头	(211)
12.2.3 超声波传感器的应用	(213)
12.3 核辐射传感器	(214)
12.3.1 核辐射及其物理特性	(214)
12.3.2 核辐射传感器(探测器)	(216)
12.3.3 核辐射传感器的应用	(219)
思考题和习题	(221)
第 13 章 传感器的补偿与标定	(222)
13.1 非线性补偿技术	(222)
13.1.1 硬件线性化方法	(222)
13.1.2 软件线性化方法	(227)
13.2 温度补偿技术	(230)
13.2.1 温度补偿原理	(230)
13.2.2 温度补偿方式	(231)
13.2.3 温度补偿方法	(233)
13.3 传感器的标定	(235)
13.3.1 传感器的静态标定	(235)
13.3.2 传感器的动态标定	(238)
思考题和习题	(240)
参考文献	(242)

绪 论

1. 传感器的作用

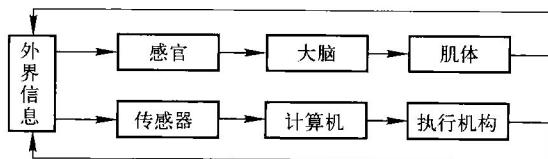
在现代化的日常生活中,我们使用着各种各样的传感器:电冰箱、电饭煲中的温度传感器;空调中的温度和湿度传感器;煤气灶中的煤气泄漏传感器;水表、电表、电视机和影碟机中的红外遥控器;照相机中的光传感器;汽车中燃料计和速度计等等,不胜枚举。

如果没有传感器给我们工作,我们的生活就不会有这样便利、安全和绚丽多彩。

今天,传感器技术已经在越来越多的领域得到应用:在工厂的生产车间、工程现场以及环境与公害的判断和医疗诊断等场合,传感器都在发挥着作用。可以说上至星际探索,下至深海勘探,大到国家安全,小到家庭生活,传感器的身影无处不在。

那么,什么是传感器?

我们可以先用人的五官和皮肤作比喻。如下图所示,人眼有视觉,耳朵有听觉,鼻子有嗅觉,皮肤有触觉,而舌头有味觉,人通过这些感觉器官接收外界信号,将这些信号传送给大脑,大脑把这些信号分析处理传递给肌体,由此人可以感知外界信息。



如果用机器完成这一过程,计算机相当于人的大脑,执行机构相当于人的肌体,传感器则相当于人的五官和皮肤。从这个意义上说,传感器好比人体感官的延长,因此,有人将其称为“电五官”。

科学技术的每一步进展,都是和传感器技术密切相关的。以现代高科技的主要支柱物理学为例:在宏观上可观察到上千光年的茫茫宇宙,微观上可深入到 10^{-13} cm 的粒子世界,长到数十亿年的天体演化,短到 10^{-24} s 的瞬间反应中,几乎都要应用传感器技术。此外,对深化物质认识、开拓新能源、新材料等具有重要作用的各种尖端技术的研究中,诸如为获得超高温($5 \times 10^4 \sim 1 \times 10^8$ °C,有助于物质第四态——等离子体研究)、超低温(接近绝对零度时对核物理发展起着重要作用)、超高压(3 000 个大气压以上,有利于研究地壳、地幔结构及核聚变规律)、超高真空(10^{-15} mmHg, $1 \text{ mmHg} = 133.322 \text{ Pa}$,记录迄今能量最高的粒子)、超强磁场(25 T 以上)、超弱磁场(10^{-15} T,与生命活动有关)及强放电、强辐射、强电子束等技术领域中无不借助于传感器的实际运用。显然要获取上述大量人类感官或单纯电子设备无法直接加以检测的信息,没有高水平的传感器技术,是无法解决信息检测问题的。

许多基础科学研究中的障碍,大都是受制于从研究对象获取信息,而一些新机理和高灵敏度检测传感器的出现,常会导致该研究领域的突破。例如,约瑟夫逊效应(超导隧道效应)器件的出现,不仅解决了对于超弱磁场(10^{-15} T)的检测,同时还解决了高精度(精度达 10^{-13} W、 10^{-17} V、 10^{-12} A 及 10^{-23} J 级)物理量的检测,这对多种基础学科的研究和精密计

量,产生了巨大的影响。

因此,可以毫不夸张地说,如果没有传感器来检测各种有用信息,现代科学技术就不可能发展得这么快。

传感器发展到今天,它的地位越来越重要,并形成了传感器学科(有人曾提出传感工程的术语)。传感器学科是研究如何从被测对象中实现信息传递的一门综合性学科。它包括:传感器的原理研究,即如何利用物理学中的各种现象、效应,化学中的各种反应和生物学中各种反应以及材料的敏感功能作用来实现信息传递;传感器的设计制造,即根据原理、技术要求和加工工艺设计,制造出性能优良、成本低、便于批量生产的传感器;传感器在各领域中的有效应用,即因传感器用途不同,需应用相应检测控制技术、电子技术去解决。

2. 传感器的定义与分类

从广义的角度来说,传感器是一种能把特定的信息(物理、化学、生物)按一定规律转换成某种可用信号输出的器件和装置。我国则在国家标准(GB 7665—87)中对传感器(Sensor/Transducer)作出了这样的定义:传感器是能够感受规定的被测量并按照一定规律转换成可用输出信号的器件和装置。由于目前可以处理的信号一般都是电信号,所以,也有人把传感器定义为:能把外界非电信息转换成电信号输出的器件。

对传感器,目前有以下几种分类。

- (1)按传感器的工作机理:可以分为物理型、化学型、生物型等。
- (2)按构成原理:可以分为结构型和物性型。
- (3)根据传感器的能量转换情况:可以分为能量控制型和能量转换型。
- (4)按照物理原理:可以分为电参量式传感器、半导体式传感器、压电式传感器、光电式传感器、气电式传感器、热电式传感器、波式传感器、射线式传感器、磁电式传感器等。
- (5)按传感器的用途:可以分为位移传感器、压力传感器、振动传感器、温度传感器等。

在物理传感器中,作为传感器工作物理基础的基本定律有:场的定律、物质定律、守恒定律和统计定律等。包括运动场的运动定律,电磁场的电磁定律等。

结构型传感器是利用物理学中场的定律构成的。物理学中的定律一般是以方程式给出的。对于传感器来说,这些方程式也是许多传感器工作时的数学模型。这类传感器的特点是:传感器工作原理是以传感器中元件相对位置变化引起场的变化为基础,而不是以材料特性变化为基础。

物性型传感器是利用物质定律构成的,如虎克定律、欧姆定律等。物质定律是表示物质某种客观性质的法则。这种法则,大多数是以物质本身的常数形式给出。这些常数的大小,决定了传感器的主要性能。因此,物性型传感器的性能随材料不同而异。例如,光电管就是物性型传感器,它利用了物质法则中的外光电效应。显然,其特性与涂敷在电极上的材料有着密切的关系。所有半导体传感器,以及所有利用各种环境变化而引起的金属、半导体、陶瓷、合金等性能变化的传感器,都属于物性型传感器。

能量控制型传感器,在信息变化过程中,其能量需要外电源供给,如电阻、电感、电容等电路参量传感器属于这一类传感器。基于应变电阻效应、磁阻效应、热阻效应、光电效应、霍尔效应等的传感器也属于此类传感器。

能量转换型传感器,主要由能量变换元件构成,它不需要外电源。如基于压电效应、热

电效应、光电动势效应等的传感器都属于此类传感器。

各种传感器,由于原理、结构不同,使用环境、条件、目的不同,其技术指标一般是不相同的。但是,在一些一般要求上,是具有共性的。这些共性要求包括:可靠性,静态精度,动态性能,量程,抗干扰性,通用性,轮廓尺寸,成本,能耗,对被测对象的影响等。

3. 传感器的发展现状

今天传感器技术(信息采集)、通信技术(信息传输)和计算机技术(信息处理)一起构成了现代信息技术的三大支柱。它们在信息系统中分别起着“感官”、“神经”和“大脑”的作用。由此可见,传感器是信息技术的源头,离开传感器,就无法构建现代信息系统。

现代传感器是自动控制系统和信息技术的关键基础器件,直接影响到自动化技术的水平,是自动检测和自动控制系统共用的基础技术,所以传感器技术也是自动化技术的重要支柱。

目前传感器技术应用的领域极其广泛,包括:现代大工业生产、基础学科研究、宇宙开发、海洋探测、军事国防、环境保护、资源调查、医学诊断、智能建筑、汽车、家用电器、生物工程、商检质检、公共安全、文物保护等。

据统计,目前全世界约有 40 个国家从事传感器的研制、生产和应用开发,研发机构达 6 000 余家,其中以美、日、俄等国实力较强。美、日、俄等国建立了包括物理量、化学量、生物量三大门类的传感器产业,研发生产单位 4 000 余家,产品 20 000 多种,对应用范围广的传感器产品已经实现了规模化生产,大企业的年生产传感器的能力达到几千万支到几亿支。

1998 年,全世界传感器市场销售额就达到 325 亿美元。2006 年,销售已经超过 500 亿美元。

我国的传感器技术及产业在国家“大力加强传感器的开发和在国民经济中的普遍应用”等一系列政策导向和资金的支持下,近年来也取得了较快发展。目前全国有近 1 700 余家传感器研发机构,产品超过 6 000 种,年产量 13.2 亿多支,其中约一半产品销往国外。预计到“十一五”期末,敏感元器件与传感器年总产量有望达到 20 亿支,销售总额将达约 120 亿元。

但与发达国家相比,目前,我国的传感器无论是研发水平还是生产规模,都存在较大差距。主要表现为:

- (1) 产业基础还很薄弱,各大类传感器发展不均衡;
- (2) 产品技术档次低,品种规格不齐全;
- (3) 技术创新能力薄弱,投资强度低,关键技术受制于人;
- (4) 市场占有率低,相当一部分中、高档产品被国外公司占领;
- (5) 企业经营机制不活,经济效益低下。

总体上,我国的传感器产业在科技投入(经费、高级人才资源)、产业环境(世界市场占有率、产业结构、企业规模、行销能力)以及科技实力(专利件数、新品开发周期、关键材料与零组件、量产能力)三大方面的综合竞争能力较美国、日本、欧洲等发达国家还有相当距离。

许多自动化领域的专家呼吁:目前系统越来越复杂,自动化已经陷入低谷,其主要原因之一是传感技术落后。一方面表现为传感器在感知信息方面的落后;另一方面也表现为传感器自身在智能化和网络化方面的落后。

自 20 世纪 70 年代以来,以电量为输出信号的传感器技术得到飞速发展,现代传感器已是测量仪器、智能化仪表、自动控制系统等装置必不可少的感知元件。

几十年来传感器技术的发展分为两个方面:

- (1)提高与改善传感器的技术指标;
- (2)寻找新原理、新材料、新工艺。

为改善传感器性能,科学家们采用了多种技术措施:如差动技术、平均技术、补偿修正技术、隔离抗干扰抑制、稳定性处理等等。

目前,传感器发展的趋势是:

- (1)发展、利用新效应,研发新型传感器;
- (2)开发新材料,提高传感器性能;
- (3)提高传感器性能和检测范围;
- (4)微型化与微功耗化;
- (5)集成化与多功能化;
- (6)传感器的智能化;
- (7)传感器的数字化和网络化。

总之,传感器在总体上呈现出多功能、微型化、数字化、集成化、智能化和网络化的发展趋势。科学家预言,未来世界将会是充满传感器的世界,在我们的面前还会出现:智能房屋(自动识别主人,太阳能提供能源)、智能衣服(自动调节温度)、智能公路(自动显示、记录公路的压力、温度、车流量)、智能汽车(无人驾驶、卫星定位)……

作为理工科学生,学好“传感器”课程,是奠定从事各种检测工作的基础。值得指出的是,传感器是与现代科学技术紧密相连的一门新兴学科,其种类很多,涉及的工作原理十分丰富,加上传感器与生产实际和科学研究的关系十分密切,这些决定了“传感器”课程是一门综合性、理论性和实践性都很强的课程。为了学好这门课程,除了理论学习外,还需多动手做实验,在实验中,会领略到更多传感器的奥秘。

第1章 检测技术的基础知识

1.1 检测技术的基本概念

1.1.1 检测技术

检测技术是以研究自动检测系统中的信息提取、信息转换以及信息处理的理论和技术为主要内容的一门应用技术学科。

广义地讲,检测技术是自动化技术四个支柱之一。从信息科学角度考察,检测技术的任务为:寻找与自然信息具有对应关系的种种表现形式的信号,以及确定二者间的定性、定量关系;从反映某一信息的多种信号表现中挑选出在所处条件下最为合适的表现形式,以及寻求最佳的采集、变换、处理、传输、存储、显示等的方法和相应的设备。

信息采集是指从自然界诸多被测量(物理量、化学量、生物量与社会量等)中提取有用的信息。

信息变换是将所提取出的有用信息进行电量形式的幅值、功率等的转换。

信息处理的任务,视输出环节的需要,可将变换后的电信号进行数字运算(求均值、极值等)、模拟量—数字量变换等处理。

信息传输的任务是在排除干扰的情况下经济地、准确无误地把信息进行远、近距离的传递。

虽然检测技术服务的领域非常广泛,但是从这门课程的研究内容来看,不外乎是传感器技术、误差理论、测试计量技术以及电量间互相转换的相关技术等。提高自动检测系统的检测分辨率、精度、稳定性和可靠性是本门技术的主要研究课题和方向(见参考文献[1])。

自动检测技术已成为一些发达国家的最重要的热门技术之一,它可以给人们带来巨大的经济效益并促进科学技术飞跃发展,因此在国民经济中具有极其重要的地位和作用。

1.1.2 自动检测系统

自动检测系统是自动测量、自动计量、自动保护、自动诊断、自动信号处理等诸系统的总称,它的组成如图 1-1 所示。在上述诸系统中,都包含被测量、敏感元件、电子测量电路和输出单元,它们之间的区别仅在于输出单元。如果输出单元是显示器或记录器,则该系统叫做自动测量系统;如果输出单元是计数器或累加器,则该系统叫做自动计量系统;如果输出单元是报警器,则该系统是自动保护系统或自动诊断系统;如果输出单元是处理电路,则该系统是部分数据分析系统、自动管理系统或自动控制系统。



图 1-1 自动检测系统框图

1.1.3 传感器

1. 传感器

在绪论中已经知道,传感器是能够感受规定的被测量并按照一定规律转换成可用输出信号的器件和装置。从信息科学角度看,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。

这一概念包含下面四个方面的含意:

- (1) 传感器是测量装置,能够完成信号获取任务。
- (2) 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。
- (3) 它的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、电量,但主要是电量。
- (4) 输出输入有对应关系,且应有一定的精确度。

2. 传感器的组成

传感器的功能是一感二传,即感受被测信息,并传送出去。传感器一般由敏感元件、转换元件、转换电路三部分组成,如图 1-2 所示。

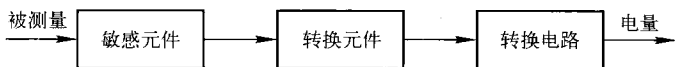


图 1-2 传感器组成框图

- (1) 敏感元件:它是直接感受被测量,并输出与被测量成确定关系的某一物理量的元件。
- (2) 转换元件:敏感元件的输出就是它的输入,它把输入量转换成电路参数量。
- (3) 转换电路:上述电路参数接入转换电路,便可转换成电量输出。

实际上,有些传感器很简单,有些则较复杂,也有些是带反馈的闭环系统。

最简单的传感器由一个敏感元件(兼转换元件)组成,它感受被测量时直接输出电量,如热电偶。有些传感器由敏感元件和转换元件组成,没有转换电路,如压电式加速度传感器,其中质量块是敏感元件,压电片是转换元件。有些传感器转换元件不只一个,要经过若干次转换。

由于传感器空间限制等其他原因,转换电路常装入电箱中。然而,因为不少传感器要在通过转换电路之后才能输出电量信号,从而决定了转换电路是传感器的组成部分之一。

3. 传感器的分类

在绪论中已经知道,目前传感器主要有五种分类方法:根据传感器工作原理分类法;根据传感器的构成原理分类法;根据传感器能量转换情况分类法;根据传感器转换原理分类法和按照传感器的使用分类法。