

全国高职高专教育电子电气类专业规划教材

传感器与检测技术

俞云强 编著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

全国高职高专教育电子电气类专业规划教材

传感器与检测技术

Chuanganganqi yu Jiance Jishu

俞云强 编著



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书在讲述了传感器与检测技术的基本概念、测量及误差处理知识、传感器的特性及正确选用等内容的基础上,以温度、力、位移、速度、液位、气体、湿度、噪声及生物量等参数检测为主线,介绍了各类常用传感器的结构、性能和原理,传感器的测量转换电路和应用。同时对智能传感器、微型传感器、自动检测系统和系统的抗干扰技术、无线传感器网络技术等进行讲述。还介绍了几个传感器的综合应用实例。

本书在内容编排上,由实例引入,按照“任务提出”、“相关知识”、“任务实施”、“其他案例”和“训练一下”几个部分递进完成。采用任务引领的项目课程教学,将传感器与检测技术的知识和技能点融入项目的工作任务之中。

本书可作为高等职业院校机电一体化、自动化、应用电子、数控、机械等专业的教学用书,也可作为有关工程技术人员参考与自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

传感器与检测技术/俞云强编著. --北京:高等教育出版社,2013.7

ISBN 978-7-04-037207-6

I. ①传… II. ①俞… III. ①传感器-检测-高等教育教育-教材 IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 067733 号

策划编辑 孙 薇	责任编辑 孙 薇	封面设计 张 志	版式设计 马敬茹
插图绘制 尹 莉	责任校对 刘丽娴	责任印制 刘思涵	

出版发行	高等教育出版社	咨询电话	400-810-0598
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	网 址	http://www.hep.edu.cn
邮政编码	100120		http://www.hep.com.cn
印 刷	北京人卫印刷厂	网上订购	http://www.landaco.com
开 本	787mm×1092mm 1/16		http://www.landaco.com.cn
印 张	17.75	版 次	2013 年 7 月第 1 版
字 数	430 千字	印 次	2013 年 7 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	28.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 37207-00

前 言

随着科学技术的飞速发展,传感器与检测技术也在迅猛发展,它的应用已进入科学研究、国防、工农业生产和人们日常生活的各个领域。因此,在当今信息时代掌握传感器与检测技术显得十分重要。

当前,高等职业教育改革在不断推进,高职教育的教学模式、教学方法在不断地创新,高职教材也必须与之相适应,进行重新调整和定位,突出高职特色,以利于培养技术应用型人才的需要。

本课程教学内容的组织与安排:由实例引入,按照“任务提出”、“相关知识”、“任务实施”、“其他案例”和“训练一下”几个部分递进完成。采用任务引领的项目课程教学,将传感器与检测技术的知识和技能点融入项目的工作任务之中,在符合工作过程的基础上,充分考虑了学习者的认知心理过程,将课程内容划分为十个项目,再具化为多个工作任务的教学内容。每个工作任务从典型检测对象着手,选择合适的传感器,通过认识该类传感器的外形、性能指标、基本结构和基本概念,到测量原理的介绍,在掌握基本知识的基础上,介绍相应的测量转换电路、信号处理电路,来完成检测任务。再安排一个训练,供学习者在实践中掌握知识、提高技能。

书中还介绍了测量及误差处理的基本知识;传感检测新技术;自动检测系统和系统的抗干扰技术;无线传感器网络技术及传感器的几个综合应用实例等内容。

在本书的编写中,编者结合了多年来从事传感器与检测技术的教学、科研和生产的实践与体会,学习、吸收了国内外文献资料的精华。本书的编写以“够用、实用”为原则,尽可能地紧密结合生产实践和日常生活,突出应用,满足高职教育的需求。

全书由无锡职业技术学院俞云强编著,无锡市德瑞尔机电设备有限公司王亚南总经理、无锡市蓝新科技有限公司袁玉国总工程师等多位企业实践专家参与了本书部分章节的编写,并提供了很多素材。本书配套授课用电子教案由无锡职业技术学院黎雪芬制作。

深圳职业技术学院汤旭慧老师审阅了全部书稿,并提出了宝贵的建议,在此表示感谢。在本书的编写过程中还参阅了多种教材和专著,在此向其编著者一并表示衷心的感谢。

由于本书编者水平有限,时间仓促,书中难免有欠妥和错误之处,恳请广大读者批评、指正。

编 者

2013 年 3 月

目 录

绪论	1	三、热电偶的基本定律	29
一、传感器与检测技术概述	1	* 任务实施	31
二、传感器与检测技术的作用和地位	1	* 其他案例	33
三、检测系统简介	2	* 训练一下	34
四、传感器与检测技术的发展趋势	3	任务二 管道温度检测	35
五、本课程的内容、任务和学习方法	5	* 任务提出	35
思考与练习题	5	* 相关知识	35
项目一 传感器与检测技术的认知	6	一、热电阻的外形、结构及性能	35
任务一 传感器的认知	6	二、热电阻的测温原理	36
一、传感器的定义	6	* 任务实施	37
二、传感器的组成	6	* 其他案例	39
三、传感器的分类	7	* 训练一下	39
任务二 测量误差的认知及处理	8	任务三 电冰箱温度检测	40
一、测量的概念及方法	8	* 任务提出	40
二、测量误差的认知	10	* 相关知识	40
三、测量误差的分类	12	一、热敏电阻的外形结构及符号	40
四、测量误差的处理	13	二、热敏电阻的测温原理	41
任务三 传感器与检测系统的特性		三、热敏电阻的分类	41
认知	18	* 任务实施	42
一、静态特性	18	* 其他案例	42
二、动态特性	19	* 训练一下	44
任务四 传感器的选用	20	任务四 空调器的温度检测	45
一、传感器的常用性能指标	20	* 任务提出	45
二、传感器的选择要求	20	* 相关知识	45
三、传感器的选用原则	21	一、AD590 系列集成温度传感器	45
思考与练习题	22	二、AN6701S 集成温度传感器	46
项目二 温度检测	23	* 任务实施	47
任务一 轧钢炉的温度检测	25	* 其他案例	48
* 任务提出	25	* 训练一下	48
* 相关知识	25	任务五 非接触式体温检测	49
一、热电偶的外形结构、种类和特性	25	* 任务提出	49
二、热电偶的测温原理	28	* 相关知识	49

一、红外辐射	49	三、互感式电感式传感器	91
二、红外探测器	50	* 任务实施	94
三、红外测温的特点	52	* 其他案例	95
* 任务实施	52	* 训练一下	95
* 其他案例	54	* 实验二 差分变压器检测位移	96
* 训练一下	55	任务二 振动和偏心检测	97
思考与练习题	57	* 任务提出	97
项目三 力检测	58	* 相关知识	98
任务一 电子台秤的重量检测	59	一、电涡流传感器外形结构和性能指标	98
* 任务提出	59	二、电涡流传感器的工作原理	99
* 相关知识	59	三、高频反射式电涡流传感器	99
一、测力传感器中的弹性敏感元件	59	四、低频透射式电涡流传感器	100
二、电阻应变式传感器	62	五、电涡流传感器的测量电路	100
三、扩散型压阻式压力传感器	67	* 任务实施	101
* 任务实施	68	* 其他案例	102
* 其他案例	70	* 训练一下	105
* 训练一下	70	* 实验三 电涡流传感器检测位移	105
* 实验一 金属应变片与单臂、半桥和 全桥电路检测重量	70	任务三 数控机床的位移检测(光栅 传感器)	107
任务二 桥墩水下部位缺陷的检测	75	* 任务提出	107
* 任务提出	75	* 相关知识	107
* 相关知识	75	一、光栅传感器的外形与结构	107
一、压电传感器、压电材料的外形和技术 指标	75	二、光栅的类型与结构	108
二、压电传感器的工作原理	76	三、光栅传感器的组成	108
三、压电传感器的等效电路与测量电路	78	四、莫尔条纹	109
四、压电传感器使用的注意事项	80	五、光栅传感器测量位移的原理	110
* 任务实施	80	六、光栅传感器的测量电路	111
* 其他案例	81	* 任务实施	114
* 训练一下	83	* 训练一下	116
思考与练习题	83	任务四 数控机床的位移检测(磁栅 传感器)	116
项目四 位移检测	85	* 任务提出	116
任务一 轴承滚柱的直径检测	85	* 相关知识	116
* 任务提出	85	一、磁栅传感器的外形	116
* 相关知识	86	二、磁尺	116
一、电感式测微传感器的外形与结构	86	三、磁头的结构和原理	117
二、自感式电感式传感器	86	四、磁栅传感器的组成和测量原理	118

* 任务实施	118	* 相关知识	150
* 训练一下	119	一、光电编码器和码盘的外形图	150
思考与练习题	119	二、增量式编码器	150
项目五 速度检测	121	三、绝对式编码器	151
任务一 汽车行车速度检测	121	* 任务实施	152
* 任务提出	121	* 其他案例	155
* 相关知识	122	* 训练一下	156
一、霍尔传感器的外形结构和性能	122	思考与练习题	156
二、霍尔传感器的工作原理	124	项目六 液位检测	159
三、霍尔传感器的测量电路及补偿	125	任务一 汽车油箱的液位检测	160
四、霍尔集成传感器	126	* 任务提出	160
* 任务实施	127	* 相关知识	160
* 其他案例	129	一、电容式液位传感器的外形	160
* 训练一下	131	二、各种电容式传感器的结构	160
* 实验四 直流激励时霍尔传感器检测		三、电容式传感器的工作原理	160
位移	132	四、电容式传感器的测量电路	164
任务二 磁电传感器用于转速检测	133	* 任务实施	167
* 任务提出	133	* 其他案例	169
* 相关知识	133	* 训练一下	172
一、磁电式传感器的工作原理	133	* 实验五 电容式传感器检测位移	172
二、变磁通式磁电传感器	134	任务二 高压密闭容器的液位检测	173
三、恒磁通式磁电传感器	134	* 任务提出	173
* 任务实施	134	* 相关知识	174
* 其他案例	136	一、超声波传感器的外形、结构和特性	174
* 训练一下	137	二、超声波的特性	175
任务三 光电传感器用于转速检测	138	三、超声波传感器的工作原理	176
* 任务提出	138	四、超声波探测用耦合剂	176
* 相关知识	138	* 任务实施	176
一、光电传感器的工作原理	138	* 其他案例	178
二、光电器件	139	* 训练一下	180
三、光电传感器的组成及原理	143	思考与练习题	181
* 任务实施	143	项目七 环境量检测	183
* 其他案例	144	任务一 厨房可燃气体泄漏检测	183
* 训练一下	149	* 任务提出	183
任务四 光电编码器用于数控机床		* 相关知识	184
位移与转速检测	149	一、半导体气敏传感器	184
* 任务提出	149	二、接触燃烧式气敏传感器	186

三、固体电解质气体传感器	186	五、免疫传感器及应用	214
四、电化学气体传感器	187	任务三 微型传感器及应用	214
* 任务实施	187	一、微机电系统	215
* 其他案例	188	二、微型传感器	216
* 训练一下	190	三、常用微型传感器及应用	217
任务二 粮仓湿度检测	190	思考与练习题	218
* 任务提出	190	项目九 传感器的综合应用	219
* 相关知识	191	任务一 传感器在自动生产线中的	
一、湿度的概念	191	应用	219
二、湿敏器件的外形	191	一、光电开关及应用	219
三、湿敏传感器的结构与工作原理	192	二、磁性开关及应用	221
四、湿敏传感器的使用注意事项	193	三、霍尔接近开关及应用	223
* 任务实施	194	四、电涡流式接近开关及应用	224
* 其他案例	196	五、光纤传感器及应用	225
* 训练一下	198	六、电容式接近开关及应用	226
任务三 噪声检测	199	任务二 传感器在模糊控制洗衣机中的	
* 任务提出	199	应用	227
* 相关知识	199	一、模糊控制系统的介绍	227
一、声波	200	二、模糊控制洗衣机	227
二、声敏传感器的分类	200	三、模糊控制洗衣机中的传感检测系统	228
三、常用传声器的介绍	200	任务三 传感器在现代汽车中的	
* 任务实施	201	应用	230
* 其他案例	201	一、汽车工作过程概述	231
* 训练一下	202	二、发动机控制用传感器	231
思考与练习题	203	三、底盘控制用传感器	233
项目八 传感检测新技术	205	四、车身控制用传感器	234
任务一 智能传感器及应用	205	五、胎压监测传感器	234
一、智能传感器的概念	205	六、车用传感器发展趋势	234
二、智能传感器的功能与特点	206	思考与练习题	235
三、智能传感器的组成	207	项目十 自动检测系统与无线传感器	
四、智能传感器的实现	207	网络	236
五、智能传感器的应用	208	任务一 自动检测系统	236
任务二 生物传感器及应用	210	一、自动检测系统的基本结构	236
一、生物传感器概述	210	二、自动检测系统的简介	238
二、生物传感器的基本原理	211	三、自动检测系统各部分介绍	239
三、酶传感器及应用	212	任务二 抗干扰技术	247
四、微生物传感器及应用	213	一、干扰与噪声	247

二、干扰的分类	248	四、无线传感器网络的应用	256
三、干扰信号的耦合方式	249	思考与练习题	257
四、两种测量干扰	249	附录 1 热电偶分度表	258
五、干扰的抑制方法	250	附录 2 热电阻分度表	265
任务三 无线传感器网络	252	附录 3 测量的基准、标准和单位制 简介	266
一、无线传感器网络的概念	253	附录 4 几种常用传感器的性能比较	268
二、无线传感器网络的主要特征	253	参考文献	270
三、无线传感器网络的组成	254		

绪 论

学习目标

1. 了解传感器与检测技术的作用和地位。
2. 了解检测系统的组成及各组成部分的作用。
3. 了解传感器与检测技术的发展趋势。
4. 了解本课程的内容、任务和学习方法。

一、传感器与检测技术概述

传感器的概念来自“感觉(Sensor)”一词。它是一种以一定的精确度把被测量(主要为各种非电的物理量、化学量、生物量等)转换为另一种与之有确定对应关系的、并且便于测量的量(通常为电参量)的器件或测量装置。

在一些国家和有些学科领域,传感器也被称为检测器、探测器、感应器、转换器等。这些不同叫法其内容和含义都相同或相近。

传感器的基本功能是检测信号和实现信号的转换。因此,传感器总是处于检测系统的最前端,它是系统的“感官”,用来获取外部信息,其性能将直接影响整个检测系统,对测量精度起着决定性作用。

所谓检测(Detection)是指在生产、科研、生活等各个领域,人们采取一系列技术措施对被测对象所包含的信息进行定性了解和定量掌握的过程,是更为广泛的测量。

“检测”是测量,“计量”也是测量,两者是有区别的。一般说来,“计量”是指用精度等级更高的标准量具、器具或标准仪器对被测样品、样机的鉴定测量,具有非实时和标定的性质。而“检测”通常是指在生产、实验等现场,利用合适的测试设备进行在线、连续的测量、检验。

检测技术是对生产过程和运动对象实施定性检查和定量测量的技术。能够自动地完成整个检测处理过程的技术称为自动检测与转换技术。

二、传感器与检测技术的作用和地位

人类社会已进入了瞬息万变的信息时代。在各种生产、科学研究和社会活动中无处不涉及信息的交换和利用,人们需要实时获取各种信息。人类是通过耳、眼、鼻、舌、皮肤这“五官”所具有的听、视、嗅、味、触觉功能来感知外界事物的。而检测系统对来自生产过程和自然界的各种信息是通过传感器进行采集的,通常人们把传感器比作人的“五官”,它是检测和自动化系统、智能化系统的“感觉器官”。

传感器与检测技术是自动化和信息化的基础与前提。在当今科学技术发达,自动化、信息化程度较高的国家与地区,对传感器的依赖性和需求量更大。从 20 世纪 80 年代以来,世界上许多国家都将传感器技术列为重点发展的高新技术予以支持。

在工业生产中,采用各种传感器与检测技术对生产全过程进行检查、监测,它是确保安全生产,保证产品质量,提高产品合格率,降低能耗和原材料消耗,提高劳动生产率和经济效应的重要手段。

在各种现代装备系统中,传感器与检测技术是其安全经济运行的重要保证,是其先进性和实用性的重要标志。检测系统的成本一般已达到该装备系统总成本的 50% ~ 70% ,甚至更高。

在自动控制系统中,传感器是不可缺少的组成部分。要实现自动化,只有通过传感器精确检测出被控对象的参数并转换成易于处理的信号,控制系统才能正常地工作。

在一辆现代轿车的电子控制系统中,其水平的高低关键在于采用传感器的水平和数量,通常达几十只,多则达 200 多只,用来完成对温度、压力、位置、距离、车速、加速度、流量、湿度、电磁、光电、气体及振动等各种信息的实时准确测量和控制。

在人们的日常生活中,家庭室内的温湿度、防火、防盗、煤气、装饰材料有害成分是否超标的检测、自动洗衣机、空调、冰箱、电子血压计等都离不开传感器与检测技术。

在现代国防工业中,飞机、潜艇、火箭、导弹、卫星等都装备了大量的传感器,组成了几十种检测系统,实时监测和指示各部位的工作状况,检测技术水平越高,其性能就越好。没有高精度、高可靠性的各类传感器和检测系统,要使导弹精确命中目标、卫星准确入轨是根本不可能的。

在医疗检查中,检测设备可大大地提高疾病的检查、诊断速度和准确性。

可见,传感器与检测技术已涉及现代社会的方方面面,它推进着现代科学技术的进步,推进着生产自动化水平的提高,推进着人们生活水平的改善。从中不难看出传感器与检测技术在现代社会中的重要作用和地位。

三、检测系统简介

(一) 检测系统的组成

尽管检测系统的种类繁多,用途、性能千差万别,但它们都是被用作参量检测,用来获取有关参量的信息,因此其组成通常按信号传递的流程来划分。一般可分为传感器、信号调理、信号处理、信号显示、信号输出和电源等。它的基本组成框图如图 0-1 所示。

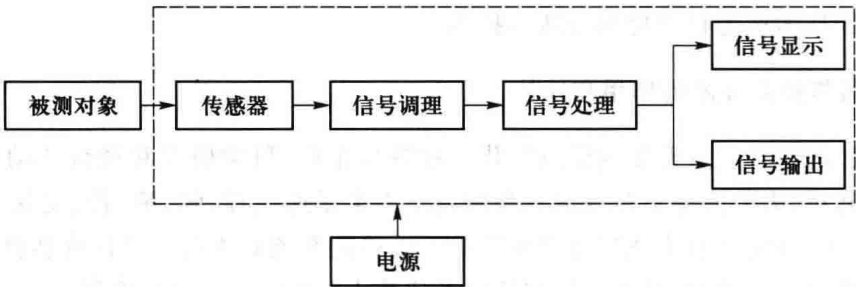


图 0-1 检测系统的基本组成框图

（二）传感器

传感器是检测系统的第一个环节,其性能的好坏直接决定了检测系统的精度和其他指标。因此要求传感器必须准确地反映输入被测量的变化,稳定性好,灵敏度高。

（三）信号调理

信号调理电路将传感器输出的微弱信号进行滤波、放大、线性化、传递和转换,把传感器输出的电量变成具有一定驱动和传输能力的电压、电流或频率信号等,以便于进一步处理和显示。不同的传感器所要求的信号调理电路是不同的。对调理电路的一般要求是能准确、稳定、可靠地传输、放大和转换信号,并具有抗干扰的能力。

（四）信号处理

信号处理通常采用各种微控制器、可编程集成电路或工业控制计算机对测试所得的数据进行运算、逻辑判断、线性变换、频谱分析等。对该环节的设计是只要能满足对信号处理的要求,越简单、越可靠、成本越低就越好,这样能使检测系统具有更高的性价比。

（五）信号显示

信号显示是检测系统与人联系的主要环节之一。通过显示器,人们能及时了解被测量的大小和变化情况,以便进行分析处理。目前常用的显示器有:模拟显示、数字显示、屏幕显示和记录仪等。

（六）信号输出

检测系统在信号处理器计算出被测量的各种参数后除了送显示器进行实时显示外,通常还需要将测量值传送至上位机(计算机、PLC等),以便集中显示和控制。

（七）电源

工业现场通常只能提供交流 220 V 工频电源,而检测系统各个环节需要多组规格的直流电源。因此根据实际情况,统一设计各组直流电源,供系统各部分使用。

四、传感器与检测技术的发展趋势

随着时代的发展,现代化步伐的加快,传感技术在工农业生产、科学研究和日常生活中发挥着越来越重要的作用,人们对传感器与检测技术的要求也越来越高。而科学技术,特别是微机电技术、大规模集成电路技术、新材料技术、计算机技术和网络技术等的不断进步,大大促进了传感器与检测技术的发展,主要表现在以下几方面:

（一）深入基础研究,开发新型传感器

1. 发现新效应

传感器的工作原理是基于各种物理、化学和生物的现象和效应,探索新现象、发现新效应是传感器研发的一项重要工作,是研制新型传感器的重要基础。它为提高传感器的性能,扩大传感器的检测极限和拓展传感器的应用领域提供了可能。

2. 开发新材料

传感器材料是传感器发展的重要物质基础,随着物理学和材料学的发展,人们可以根据所需材料功能的要求来控制材料的成分,制造出各种新型传感器的功能材料。

3. 采用新技术新工艺

将硅集成电路技术加以移植并发展,形成传感器的微细加工技术。这种技术能将电路尺寸

加工到光波长数量级,形成低成本超小型传感器的批量生产。可极大地提高传感器的性能指标,实现传感器的微型化。

(二) 传感器的集成化、微型化、智能化和仿生化

1. 集成化

传感器的集成化分为三种情况:一是具有同样功能的传感器集成化,即将同一类型、统一规格的众多敏感元件排成阵列,集成组合为阵列传感器;二是不同功能的传感器集成化,即将具有不同功能的传感器一体化,组装成一个器件,从而使一个传感器能同时测量不同种类的多个参数;三是将传感器和相应的信号调理(信号放大、滤波、温度补偿、信号变换)等电路集成在一起,这样有助于减小干扰、提高灵敏度和方便使用。

2. 微型化

微型传感器的敏感元件尺寸通常为微米级,质量仅为传统传感器的几十分之一,甚至几百分之一,它对航空、航天、医疗、传感网等领域的发展影响巨大。随着微机械加工技术、微米/纳米技术和大规模集成电路技术的进步,为微型传感器的研制奠定了坚实的基础。

3. 智能化

将传感器与微处理器集成在同一芯片上,使它不仅具有信号检测与转换的功能,而且还具有记忆、存储、处理、自诊断、自校正和自适应等功能。实现传感器的智能化。

4. 仿生化

仿生传感器是模仿人的感觉器官的传感器。至今真正能代替人的感觉器官功能的传感器还极少,在当今机器人技术向智能化高级机器人发展的时代,需要加速研究,跟上机器人发展的步伐。

(三) 不断拓展测量范围,提高检测精度和可靠性

随着科学技术的不断发展,对检测系统的性能要求,特别是精度、测量范围和可靠性指标的要求越来越高。如测高温,尽管目前已能研制和生产最高上限超过 2 800 ℃ 的热电偶,但测温范围一旦超过 2 500 ℃,其准确度将下降,而且极易氧化,严重影响测量的可靠性和使用寿命。因此,寻找能可靠测量高温的新材料、新方法,研制出相应的测温传感器是要解决的一个课题。事实上,目前在超高温检测、超低温检测、超高压检测、高温高压下物质成分检测、分子量检测、高精度检测、大吨位重量检测、微差压检测、脉动流量检测、混相流量检测等方面都是需要攻克检测难题。

(四) 推进新的检测方法,发展非接触法检测技术

在检测过程中,把传感器置于被测对象上,可灵敏地感知被测量的变化,这种接触式检测方法直接、可靠,测量精度较高,但在某些情况下,传感器的装入会影响测量精度或根本不能装入传感器,这就要用非接触式检测。目前,已有光电传感器、电涡流传感器、超声波传感器、核辐射传感器等得到了广泛的应用,今后将更快地发展非接触法检测技术,改进和克服非接触法检测易受外界干扰及检测绝对精度较低等问题。

(五) 实现无线网络化

以互联网为代表的计算机网络技术是二十世纪计算机科学的一项伟大成果,它给人们的生活带来了深刻的变化,然而网络功能再强大,网络世界再丰富,也终究是虚拟的,与人们所生活的现实世界还是相隔的,在网络世界中,很难感知现实世界,很多事情还是不可能的。

时代呼唤着新的网络技术,传感网络正是在这样的背景下应运而生的,它综合了微传感器、微机电、通信和人工智能等技术,它是随机分布的,集成有传感器、数据处理单元和通信单元的微小节点,通过自组织的方式构成的无线网络。传感网络的首要环节就是借助于节点中内置的传感器来测量周边环境中的热、红外、声呐、雷达和地震波信号,从而探测包括温度、湿度、噪声、光强度、压力、土壤成分、移动物体的大小、速度和方向等物质现象。通过无线网络,极大地增强了传感器的探测能力,其应用前景是十分广泛的。

五、本课程的内容、任务和学习方法

“传感器与检测技术”课程是机电一体化、自动控制、电气自动化、应用电子技术等专业的一门专业课程。它是以“高等数学”、“大学物理”、“电路基础”、“模拟电子技术”、“数字电子技术”、“概率论与数理统计”等课程为基础,着重培养学生掌握传感器与检测技术基本理论、基本方法与典型应用的一门实践性很强的课程。它要求学生能认识常用传感器,掌握其工作原理、输出特性、误差补偿,理解各种测量转换电路,掌握各类传感器的应用等知识,并通过实训,达到能正确使用常用传感器的目的。

“传感器与检测技术”的主要内容包括了自动检测系统中的信息提取、信息转换以及信息处理,或测量理论、测量方法,相应的测量工具、装置,以及对测量结果进行正确的处理分析。它涵盖了传感器技术、误差理论、测试计量技术、电工与电子技术、计算机技术、控制技术、抗干扰技术以及电量间的互相转换技术等。

本课程教学内容的组织与安排:由实例引入,按照“任务提出”、“相关知识”、“任务实施”、“其他案例”、“训练一下”几个部分递进完成。采用任务引领的项目课程教学,将传感器与检测技术的技能和知识点融入项目的工作任务之中,在符合工作过程的基础上,充分考虑了学习者的认知心理过程,将课程内容划分为十个项目,再具化为多个工作任务的教学内容。从检测的对象着手,选择合适的传感器,通过认识该类传感器的外形、性能指标,再到测量原理的介绍,在掌握基本知识的基础上,介绍相应的测量转换电路、信号处理电路,来完成该类检测任务,最后安排一个训练,供学习者在实践中掌握知识、提高技能。

本课程的学习方法是:要理论联系实际,举一反三,富于联想,善于借鉴,关心和观察周围的各种机械、电气等设备,重视实验和实训,这样才能学得活、学得好,才有利于提高今后解决实际问题的能力。

思考与练习题

- 0-1 简述传感器与检测技术的作用和地位。
- 0-2 描述检测系统的组成,说出各部分的作用。并举例说明。
- 0-3 说出日常生活中见到、用过的传感器,它们检测的各是什么非电量?
- 0-4 简述传感器与检测技术的发展趋势。

项目一

传感器与检测技术的认知

学习目标

1. 掌握传感器的基本概念。
2. 掌握传感器的组成及各组成部分的作用。
3. 了解传感器的各种分类方法。
4. 掌握误差的基本概念,熟悉几种测量误差的定义和表示。
5. 能区分各种测量误差并进行处理。
6. 掌握传感器的基本特性和传感器的选用原则。

任务一 传感器的认知

一、传感器的定义

根据国家标准(GB/T 7665—2005)《传感器通用术语》,传感器(transducer/sensor)的定义为:“能感受(或响应)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或装置。传感器通常由直接响应于被测量的敏感元件和产生可用输出信号的转换元件以及相应的电子线路所组成。”这一定义表述了传感器的主要内涵包括了以下含义:

- ① 传感器是测量器件或装置,它完成信息的获取任务。
 - ② 传感器的输入量是某一被测量。它可以是物理量、化学量、生物量等,但不能受其他量的影响。例如,温度传感器只能用来测温,不能受其他物理量的影响。
 - ③ 传感器的输出量是某种可用的物理量,这种量要便于传输、转换、处理和显示等。它可以是光、气或电量等。
 - ④ 传感器的输入/输出间有对应关系,且应具有一定的精确度。
- 由于电量(电压、电流、电阻等)便于测量、转换、传输和处理,因此传感器一般都是以电量输出的,以至于可以简单地说:传感器是一种以一定的精确度把某种非电量转换为电量的器件或装置。

二、传感器的组成

传感器从字面上理解,具有一感二传的功能,即感受被测信息,再传送出去。因此,传感

器由敏感元件和转换元件组成,但由于它的输出信号较弱,需要由后续的信号调节与转换电路进行放大或转换为容易传输、处理、记录和显示的信号。随着半导体和集成电路技术的发展,传感器的信号调节与转换电路往往直接安装在传感器的壳体里或与敏感、转换元件一起集成在同一芯片内,这样,传感器就由敏感元件、转换元件和转换电路组成。其组成框图如图 1-1 所示。

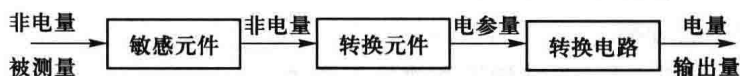


图 1-1 传感器的组成框图

1. 敏感元件

敏感元件直接感受被测量,并输出与被测量成确定关系的某一物理量的元件。它是传感器技术的核心,是设计和制作传感器的关键。

2. 转换元件

转换元件是将敏感元件的输出量转换成电路参数量的元件。

3. 转换电路

转换电路是将电参量转换成可直接利用的电信号的电路。

需要说明的是有些被测非电量可直接变换为电参量,这时传感器中的敏感元件和转换元件就合二为一了。

三、传感器的分类

传感器的种类繁多,即使同一种被测量也可以用不同类型的传感器来测量,如位置检测,可以用光电、磁电、电感、电容等多种传感器进行测量;而一种传感器又可测量多种物理量,如电容式传感器可用来测位移、压力、荷重、加速度等。因此,传感器的分类方法很多,常用的分类方法有:

1. 按被测量分类

按被测量分类,即按照传感器的输入信号分类,它能够很方便地表示传感器的功能,便于用户的选择。常见的被测量有以下几类:

机械量:位移、力、力矩、转矩、速度、加速度、振动、噪声等;

热工量:温度、热量、流量、流速、物位、液位等;

物性和成分量:浓度、黏度、密度、比重、酸碱度、气体成分、液体成分、固体成分等;

光学量:光强、光通量、光照度、辐射能量等;

电工量:电压、电流、功率、电阻、电容、频率、磁场强度、磁通密度等;

状态量:颜色、透明度、裂纹、缺陷、泄漏、磨损、表面质量等。

2. 按传感器的工作原理分类

按传感器的工作原理可分为电阻式、电感式、电容式、磁电式、光电式、压电式、热电式、霍尔式、超声波、激光、光纤等传感器。这种分类便于从原理上认识输入与输出之间的变换关系,有利于专业人员从原理、设计及应用上进行归纳性的分析与研究。

3. 按能量关系分类

按能量关系分类,可分为能量转换型和能量控制型两类。

能量转换型又称为发电型或有源传感器。这种传感器直接由被测对象输入能量使其工作,无需外加电源。如热电偶、压电片、光电池等传感器。

能量控制型又称参量型或无源传感器。这种传感器要从外部获得能量使其工作,需外加电源。如电阻式、电容式、电感式等传感器。

4. 按信号转换特征分类

按信号转换特征分类,可分为结构型和物性型两类。

结构型:通过传感器的结构参量发生变化实现信号变换。如电容式传感器是根据两极板的间距或面积发生变化,从而使电容量发生改变。

物性型:利用某些物质的某些性质随被测参数变化来实现信号变换。如压电式传感器是利用石英晶体的压电效应实现测量的。

除了以上分类方法外,还可按照输出信号的形式分为模拟式传感器和数字式传感器,按照测量方式分为接触式传感器和非接触式传感器等。

任务二 测量误差的认知及处理

一、测量的概念及方法

(一) 测量的概念

测量是人们认识和改造客观世界的一种必不可少的重要手段。它是把被测未知量与同性质标准量进行比较,确定被测量对标准量的倍数,并用数字表示这个倍数的过程。

测量的结果包括了数值大小和测量单位两个部分。数值的大小可以用数字表示,也可以用曲线或图形表示,但都必须标明单位,否则测量结果没有任何意义。

测量的步骤包括了比较、示差、平衡和读数四个步骤。以天平测量为例:

- ① 比较:被测量和标准量(砝码)分别放到天平两边秤盘上比较。
- ② 示差:观察指针位置的变化值,即示差。
- ③ 平衡:调整砝码数值,使之平衡。
- ④ 读数:根据砝码多少,读出物体质量的值,即读数。

(二) 测量方法

测量方法是实现测量过程所采用的具体方法。

1. 按测量手续分类

测量方法按测量手续分类:一般有直接测量和间接测量两类。

(1) 直接测量

直接测量是用精度较高的设备直接对被测量进行测量并得到测量结果。例如:温度计测温、万用表测电压、卡尺测工件的长度等。

特点:直接测量过程中不需要进行任何运算,简单而迅速。但是测量精度往往不容易达到