



21世纪高职高专规划教材·机电系列

传感器及应用

牛永奎 冷 芳 主编



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

21 世纪高职高专规划教材·机电系列

传感器及应用

牛永奎 冷 芳 主编

清华大学出版社
北京交通大学出版社

·北京·

内 容 简 介

本书系统地介绍了各类常用传感器的基本概念、工作原理、基本特性、测量电路及典型应用。

全书共分 11 章:第 1 章介绍了传感器的定义、组成、分类及特性;第 2 章至第 10 章介绍了常见的电阻式传感器、电容式传感器、电感式传感器、压电式传感器、磁电式传感器、热电式传感器、光电式传感器、霍尔传感器及超声波传感器;第 11 章介绍传感器在工程监测中的一些应用。

本书取材广泛,内容丰富,注重知识的系统性和适用性,可作为高等职业院校机电一体化、供用电技术、农业电气化、电气技术、应用电子技术等专业的教学用书,也可作为相关技术人员的参考用书。

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 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

传感器及应用/牛永奎,冷芳主编. —北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社, 2007.4
(21 世纪高职高专规划教材·机电系列)

ISBN 978-7-81082-969-4

I. 传… II. ①牛… ②冷… III. 传感器-高等学校:技术学校-教材 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 038743 号

责任编辑:韩 乐 特邀编辑:宋望溪

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京瑞达方舟印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:12.25 字数:312 千字

版 次:2007 年 7 月第 1 版 2007 年 7 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-81082-969-4/TP·336

印 数:1~4000 册 定价:19.00 元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

21 世纪高职高专规划教材·机电系列

编审委员会成员名单

主任委员 李兰友 边莫英

副主任委员 周学毛 崔世钢 王学彬 丁桂芝 赵伟
韩瑞功 汪志达

委员 (按姓名笔画排序)

马春荣	马辉	万志平	万振凯	王一曙
王永平	王建明	尤晓晔	丰继林	尹绍宏
左文忠	叶华	叶伟	叶建波	付晓光
付慧生	冯平安	江中	佟立本	刘炜
刘建民	刘晶	刘颖	曲建民	孙培民
邢素萍	华铨平	吕新平	陈国震	陈小东
陈月波	陈跃安	李长明	李可	李志奎
李琳	李源生	李群明	李静东	邱希春
沈才梁	宋维堂	汪繁	吴学毅	张文明
张宝忠	张家超	张琦	金忠伟	林长春
林文信	罗春红	苗长云	竺士蒙	周智仁
孟德欣	柏万里	宫国顺	柳炜	钮静
胡敬佩	姚策	赵英杰	高福成	贾建军
徐建俊	殷兆麟	唐健	黄斌	章春军
曹豫莪	程琪	韩广峰	韩其睿	韩劼
裘旭光	童爱红	谢婷	曾瑶辉	管致锦
熊锡义	潘玫玫	薛永三	操静涛	鞠洪尧

出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,它的根本任务是培养生产、建设、管理和服务第一线需要的德、智、体、美全面发展的高等技术应用型专门人才,所培养的学生在掌握必要的基础理论和专业知识的基础上,应重点掌握从事本专业领域实际工作的基本知识和职业技能,因而与其对应的教材也必须有自己的体系和特色。

为了适应我国高职高专教育发展及其对教学改革和教材建设的需要,在教育部的指导下,我们在全中国范围内组织并成立了“21 世纪高职高专教育教材研究与编审委员会”(以下简称“教材研究与编审委员会”)。“教材研究与编审委员会”的成员单位皆为教学改革成效较大、办学特色鲜明、办学实力强的高等专科学校、高等职业学校、成人高等学校及高等院校主办的二级职业技术学院,其中一些学校是国家重点建设的示范性职业技术学院。

为了保证规划教材的出版质量,“教材研究与编审委员会”在全国范围内选聘“21 世纪高职高专规划教材编审委员会”(以下简称“教材编审委员会”)成员和征集教材,并要求“教材编审委员会”成员和规划教材的编著者必须是从事高职高专教学第一线的优秀教师或生产第一线的专家。“教材编审委员会”组织各专业的专家、教授对所征集的教材进行评选,对列选教材进行审定。

目前,“教材研究与编审委员会”计划用 2—3 年的时间出版各类高职高专教材 200 种,范围覆盖计算机应用、电子电气、财会与管理、商务英语等专业的主要课程。此次规划教材全部按教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”编写,其中部分教材是教育部《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》的研究成果。此次规划教材编写按照突出应用性、实践性和针对性的原则编写并重组系列课程教材结构,力求反映高职高专课程和教学内容体系改革方向;反映当前教学的新内容,突出基础理论知识的应用和实践技能的培养;适应“实践的要求和岗位的需要”,不依照“学科”体系,即贴近岗位群,淡化学科;在兼顾理论和实践内容的同时,避免“全”而“深”的面面俱到,基础理论以应用为目的,以必需、够用为度;尽量体现新知识、新技术、新工艺、新方法,以利于学生综合素质的形成和科学思维方式与创新能力的培养。

此外,为了使规划教材更具广泛性、科学性、先进性和代表性,我们希望全国从事高职高专教育的院校能够积极加入到“教材研究与编审委员会”中来,推荐“教材编审委员会”成员和有特色、有创新的教材。同时,希望将教学实践中的意见与建议及时反馈给我们,以便对已出版的教材不断修订、完善,不断提高教材质量,完善教材体系,为社会奉献更多更新的与高职高专教育配套的高质量教材。

此次所有规划教材由全国重点大学出版社——清华大学出版社与北京交通大学出版社联合出版,适合于各类高等专科学校、高等职业学校、成人高等学校及高等院校主办的二级职业技术学院使用。

21 世纪高职高专教育教材研究与编审委员会
2006 年 1 月

前 言

本书结合高职教育实际情况,注重理论联系实际。力求详略得当、条理清晰、重点突出。全书共分 11 章:第 1 章介绍了传感器的定义、组成、分类及特性;第 2 章至第 10 章按照工作原理不同介绍常用传感器的工作原理、基本结构、性能、测量电路和应用方法;第 11 章介绍在工程监测中传感器的应用。

本书针对高职高专教育,力求突出以下几个特点。

1. 精选教学内容,以有限的篇幅取得广大的覆盖面。在不削弱传统的较为成熟传感器基本内容前提下,充实了新型传感器的内容,同时注重新技术、新成果的应用。

2. 教材内容以培养学生从事专业实际工作的基本能力和技能为出发点,遵循理论知识以够用为度,以掌握概念、强化应用为重点的原则,从简理论推导,注重应用实例的介绍。

3. 每章末都附有一定数量的思考题与习题,以便对书中的难点和重点进行学习掌握。

4. 结构新颖,层次分明,语言简洁,便于教学和自学。

本书是按照教学时数为 60 学时编写的,教学实施过程中可以结合各学校和各专业特点来合理选用其中内容。本书可作为高等职业院校机电一体化、供用电技术、农业电气化、电气技术、应用电子技术等专业的教学用书,也可作为相关技术人员的参考用书。

本书由大连水产学院职业技术学院牛永奎、冷芳任主编,葛廷友任副主编。其中第 2、5、7、8 章由牛永奎编写,第 1、3、4、6、9 章由冷芳编写,第 10、11 章由葛廷友编写。

本书承蒙沈阳农业大学朴在林教授审阅,并提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心感谢。在本书的编写过程中参阅了许多同类教材和专著,在此向其编、著者致谢。

由于编者水平有限,书中错误和不足之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
2007 年 4 月

目 录

第 1 章 测量技术概述	1
1.1 自动检测技术概述	1
1.1.1 自动检测技术的重要性	1
1.1.2 自动检测系统的组成	1
1.2 传感器的定义、组成和分类	1
1.2.1 传感器的定义	1
1.2.2 传感器的组成	2
1.2.3 传感器的分类	3
1.3 传感器的作用、地位及发展趋势	3
1.3.1 传感器的作用与地位	3
1.3.2 传感器的发展趋势	4
1.4 传感器的特性	5
1.4.1 静态特性	5
1.4.2 动态特性	6
1.5 测量方法	7
1.5.1 直接测量与间接测量	7
1.5.2 偏差式测量、零位式测量和微差式测量	8
1.6 测量误差	8
1.6.1 误差的基本概念	8
1.6.2 误差的分类	9
思考题与习题 1	13
第 2 章 电阻式传感器	14
2.1 电阻应变式传感器	14
2.1.1 电阻应变片的工作原理	14
2.1.2 电阻应变片的种类、特点及粘贴技术	15
2.1.3 电阻应变片的主要特性	18
2.1.4 应变片的温度误差及补偿	19
2.1.5 电阻应变片的测量电路	21
2.1.6 电阻应变式传感器应用	22
2.2 压阻式传感器	24
2.2.1 压阻效应	24
2.2.2 压阻式传感器的应用	25
2.3 电位计式传感器	25

2.3.1 线绕电位计·····	25
2.3.2 非线绕电位计·····	26
思考题与习题 2 ·····	27
第 3 章 电容式传感器 ·····	28
3.1 电容式传感器的工作原理、类型及特性 ·····	28
3.1.1 电容式传感器的工作原理与类型·····	28
3.1.2 变面积型电容式传感器·····	29
3.1.3 变极距型电容式传感器·····	30
3.1.4 变介质型电容式传感器·····	32
3.2 电容式传感器的等效电路·····	34
3.3 电容式传感器的测量电路·····	34
3.3.1 调频测量电路·····	34
3.3.2 运算放大器式电路·····	35
3.3.3 电桥电路·····	36
3.3.4 脉冲宽度调制电路·····	37
3.4 实际中存在的问题及解决办法·····	38
3.4.1 温度对结构尺寸的影响·····	38
3.4.2 漏电阻的影响·····	38
3.4.3 边缘效应与寄生参数的影响·····	38
3.5 电容式传感器的应用·····	39
思考题与习题 3 ·····	42
第 4 章 电感式传感器 ·····	43
4.1 自感式传感器·····	43
4.1.1 自感式传感器工作原理·····	43
4.1.2 测量电路·····	45
4.1.3 电感式传感器的误差因素分析·····	47
4.1.4 电感式传感器的应用·····	48
4.2 差动变压器式传感器·····	49
4.2.1 结构和工作原理·····	49
4.2.2 基本特性·····	50
4.2.3 测量电路·····	54
4.2.4 差动变压器设计·····	55
4.2.5 差动变压器的应用·····	55
4.3 电涡流式传感器·····	57
4.3.1 工作原理 ·····	57
4.3.2 基本特性·····	57
4.3.3 测量电路·····	58
4.3.4 电涡流式传感器的应用·····	60
思考题与习题 4 ·····	63

第 5 章 压电式传感器	65
5.1 压电式传感器的工作原理	65
5.1.1 压电效应	65
5.1.2 石英晶体	65
5.1.3 压电陶瓷	67
5.2 压电材料与压电元件的结构	68
5.2.1 压电材料	68
5.2.2 压电元件的结构	70
5.3 压电式传感器的信号调理电路	72
5.3.1 压电式传感器的等效电路	72
5.3.2 压电式传感器的测量电路	73
5.4 压电式传感器的应用	75
5.4.1 压电式测力传感器	75
5.4.2 压电式加速度传感器	76
5.4.3 压电式玻璃破碎报警器	77
5.4.4 集成压电式传感器	78
思考题与习题 5	78
第 6 章 磁电式传感器	79
6.1 磁电式传感器的工作原理	79
6.2 磁电式传感器的类型及结构	79
6.2.1 变磁阻式磁电传感器	79
6.2.2 恒定磁阻式磁电传感器	81
6.3 磁电式传感器的基本特性	81
6.3.1 非线性误差	81
6.3.2 温度误差	82
6.4 磁电式传感器的应用	82
6.4.1 磁电式转速传感器	82
6.4.2 磁电式扭矩传感器	82
6.4.3 磁电式振动速度传感器	83
思考题与习题 6	84
第 7 章 热电式传感器	85
7.1 热电偶传感器	85
7.1.1 热电效应及测温原理	85
7.1.2 热电回路的基本定律	87
7.1.3 热电偶的材料、类型及结构	88
7.1.4 热电偶的冷端温度补偿	91
7.1.5 热电偶的实用测温电路	94
7.2 热电阻传感器	95
7.2.1 金属热电阻	95

7.2.2 半导体热敏电阻	97
思考题与习题 7	100
第 8 章 光电式传感器	101
8.1 光电效应	101
8.1.1 外光电效应	101
8.1.2 内光电效应	102
8.2 光电器件	102
8.2.1 光电管	102
8.2.2 光电倍增管	103
8.2.3 光敏电阻	104
8.2.4 光敏二极管和光敏三极管	106
8.2.5 光电池	109
8.3 光源及光学元件	111
8.3.1 光源	111
8.3.2 光学元件和光路	112
8.4 光电式传感器的应用	112
8.4.1 光电式带材跑偏仪	112
8.4.2 光电式转速计	113
8.4.3 烟尘浊度连续监测仪	113
8.4.4 光电耦合器	114
8.5 光纤传感器	115
8.5.1 光导纤维导光的基本原理	115
8.5.2 光纤传感器的结构和类型	116
8.5.3 光纤传感器的应用	117
思考题与习题 8	119
第 9 章 霍尔传感器	120
9.1 霍尔传感器工作原理	120
9.1.1 霍尔效应	120
9.1.2 霍尔元件的基本结构和主要技术参数	121
9.1.3 基本误差及其补偿	122
9.1.4 霍尔元件的应用电路	124
9.2 集成霍尔器件	124
9.2.1 霍尔线性集成器件	125
9.2.2 霍尔开关集成器件	127
9.3 霍尔传感器的应用	127
9.3.1 霍尔式位移传感器	127
9.3.2 霍尔加速度传感器	127
9.3.3 霍尔电流传感器	128
9.3.4 霍尔功率传感器	129

9.3.5 霍尔计数装置	130
9.3.6 霍尔转速传感器	130
9.3.7 霍尔开关电子点火器	131
思考题与习题 9	131
第 10 章 超声波传感器	132
10.1 超声波及其基本特性	132
10.1.1 超声波的波型及波速	132
10.1.2 超声波的反射和折射	133
10.1.3 声波的衰减	133
10.1.4 超声波与介质的相互作用	134
10.2 超声波传感器	134
10.3 超声波传感器的应用	135
10.3.1 超声波测厚	135
10.3.2 超声波流量计	135
10.3.3 超声波液位检测与控制	137
10.3.4 超声波探伤	138
10.3.5 医用超声检测	138
思考题与习题 10	139
第 11 章 传感器在工程监测中的应用	140
11.1 传感器的选择	140
11.2 温度测量	141
11.2.1 温度概述	141
11.2.2 膨胀式温度传感器	142
11.3 压力测量	143
11.3.1 压力概述	143
11.3.2 液柱式压力计	143
11.3.3 弹性式压力表	144
11.4 流量测量	147
11.4.1 流量概述	147
11.4.2 差压式流量传感器	148
11.4.3 涡轮流量传感器	149
11.4.4 容积式流量计	150
11.4.5 电磁流量计	152
11.4.6 转子流量计	152
11.4.7 质量流量的测量	153
11.5 物位测量	154
11.5.1 浮力式液位传感器	154
11.5.2 压力式液位计	155
11.6 机械量测量	156

11.6.1 位移测量概述·····	156
11.6.2 位移测量传感器的类型·····	157
思考题与习题 11 ·····	160
附录 A 铂铑 ₁₀ —铂热电偶分度表 ·····	161
附录 B 镍铬—镍硅(镍铝)热电偶分度表 ·····	164
附录 C 镍铬—考铜热电偶分度表 ·····	168
附录 D 铂铑 ₃₀ —铂铑 ₆ 热电偶分度表 ·····	171
附录 E 铂热电阻分度表($R_0=46\ \Omega$) ·····	176
附录 F 铂热电阻分度表($R_0=100\ \Omega$) ·····	179
附录 G 铜热电阻分度表($R_0=50\ \Omega$) ·····	182
参考文献·····	183

第 1 章 测量技术概述

1.1 自动检测技术概述

1.1.1 自动检测技术的重要性

世界由不同形态的物质组成。人类为了认识物质及事物的本质,常常需要对物质特性进行测量。自动检测技术就是人们为了对自然规律进行定性的了解和定量的掌握所采取的一系列技术措施。表征物质特性或运动形式的参数很多,通常根据物质的电特性,表征物质参数可分为电量和非电量。在工程上所要测量的参数大多数为非电量,如温度、压力、流量、位移量、重量、速度等,这就促使人们用电测的方法来研究非电量,即研究用电测的方法测量非电量的仪器仪表,以及如何能正确和快速地测得非电量的技术。

自动检测技术的研究内容包括:一是研究如何正确地获得所需信息的方法;二是研究在当今电子信息时代,对所需信息进行采集、转换、传输和处理的测量仪器及自动检测系统。

1.1.2 自动检测系统的组成

自动检测系统通常由传感器、测量电路和输出单元等部分组成,其中还包括电源和传输通道等不可缺少的部分。自动检测系统组成框图如图 1-1 所示。

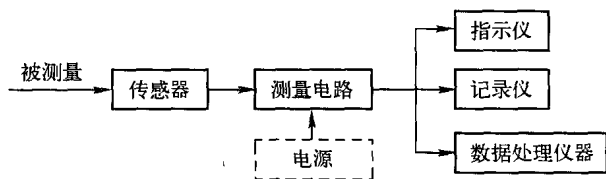


图 1-1 自动检测系统组成框图

系统中传感器的主要作用是将被测非电量转换成与其成一定关系的电量。但是传感器的输出信号一般很弱,且伴有各种噪声,因此需要通过测量电路将它放大,剔除噪声,选取有用信号并进行演算、处理与转换,从而输出能控制执行机构动作的信号。可以看出传感器在自动检测系统中占有重要地位,它获取的信息正确与否,关系到整个系统的测量精度。

1.2 传感器的定义、组成和分类

1.2.1 传感器的定义

根据我国的国家标准(GB 7665—87),传感器的定义是:能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或装置。

这一概念有下面 4 个方面的含义。

- (1) 传感器是测量装置,能完成信号检测任务。
- (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,这种量主要是电量。电量有很多形式,如电压、电流、频率等。随着科学的发展,输出信号将来也可能是光信号或其他信号。
- (4) 输出输入有对应关系,且应有一定的精确程度。

1.2.2 传感器的组成

传感器的功用是“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、辅助电源 4 部分组成,如图 1-2 所示。

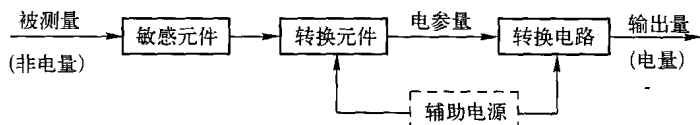


图 1-2 传感器组成框图

传感器的作用是把被测的非电量转换成电量输出,因此它首先应包含一个元件去感受被测非电量的变化。但并非所有的非电量都能利用现有手段直接变换成电量,这时需要将被测非电量先变换成易于变换为电量的某一中间非电量。传感器中完成这一功能的元件称为敏感元件。例如,电感式压力传感器的作用是将输入的压力信号变换成电压信号输出,它的敏感元件是一个膜盒,其作用是将压力转换成膜盒上半部移动,产生相应的位移量。

传感器中将敏感元件输出的中间非电量转换成电路参量输出的元件称为转换元件。例如,电感式压力传感器的转换元件是电感线圈,它将输入的位移量转换成电感的变化量。

需要说明的是,有些被测非电量可以直接被变换为电路参量,这时传感器中的敏感元件和转换元件就合二为一了。例如,热电阻温度传感器利用铂电阻或铜电阻,可直接将被测温度转换成电阻值输出。

转换元件输出的电路参量常常难以直接进行显示、记录、处理和控制,这时需要将其进一步变换成可直接利用的电信号,传感器中完成这一功能的部分称为转换电路。例如,电感式压力传感器中的转换电路是一个电桥电路,它可以将电感值转换为电压信号,经过放大后即可推动记录、显示仪表工作。

有的传感器还需要有辅助电源,其功能是负责给转换元件及转换电路供电。

图 1-3 是测量压力的电位器式压力传感器。当被测压力 P 升高时,弹簧管撑直,从而带动电位器的电刷产生角位移,电位器电阻的变化反映了被测压力 P 的变化。

这里敏感元件是弹簧管,它将压力 P 转换为角位移 α ;转换元件是电位器,它将角位移 α 转换为电阻 R 的变化;转换电路是电位器,将电阻 R 的变化转换为电压 U 的变化。

实际上,最简单的传感器是由一个敏感元件(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

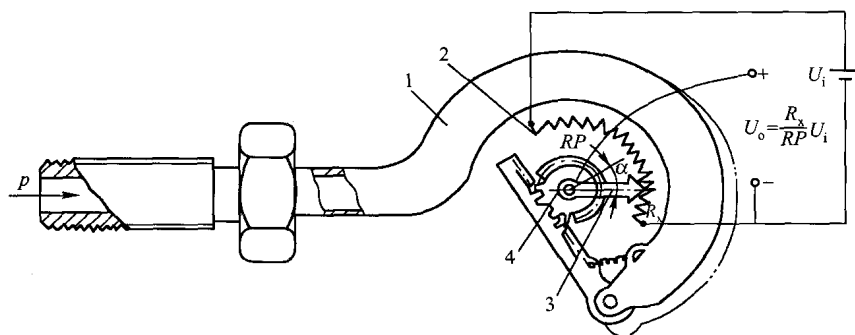


图 1-3 测量压力的电位器式压力传感器结构图

1—弹簧管 2—电位器 3—指针 4—凸轮

感器,其中的质量块是敏感元件,压电片是转换元件。有些传感器的转换元件不止一个,要经过若干次转换。

1.2.3 传感器的分类

由于传感器的快速发展,其品种已达数万,为了很好地掌握它、应用它,需要有一个科学的分类方法。目前传感器主要有4种分类方法:根据传感器工作原理分类;根据传感器能量转换情况分类;根据传感器转换原理分类;按照传感器输出信号分类。表1-1给出了常见的分类方法。

表 1-1 传感器的分类

分类方法	传感器的种类	说明
按工作原理分类	应变式、电容式、电感式、压电式、热电式等	传感器以工作原理命名
按被测量分类	压力传感器、位移传感器、温度传感器等	传感器以被测物理量命名
按能量关系分类	能量转换型传感器	传感器直接将被测量的能量转换为输出量的能量
	能量控制型传感器	由外部供给传感器能量,而由被测量来控制输出的能量
按输出信号分类	模拟式传感器	输出为模拟量
	数字式传感器	输出为数字量

1.3 传感器的作用、地位及发展趋势

1.3.1 传感器的作用与地位

人的行动受大脑支配,而大脑发出各种行动指令的依据,则是人的五官,即眼(视觉)、耳(听觉)、鼻(嗅觉)、舌(味觉)、身(触觉)感知和接收的外界信号。可以设想,没有功能正常而完美的感觉器官,就不能迅速而准确地采集与转换欲获得的外界信息,高度发达的大脑将毫无用武之地。若将计算机比喻为人的大脑,那么传感器则可以比喻为人的感觉器官。目前人类社

会已进入信息时代,一切科学研究与自动化生产过程要获取的信息,都要通过传感器这个感觉器官来获取,并通过它转换为容易传输与处理的电信号,因此传感器的作用与地位特别重要。

传感器的重要性还体现在它已经广泛地应用于各个学科领域。例如,工业自动化、农业现代化、军事工程、航天技术、机器人技术、资源探测、海洋开发、环境监测、安全保卫、医疗诊断、家用电器等领域都与传感器有密切关系,而且传感器的发展会对其他学科发展产生影响。目前,各国都将传感器技术列为重点发展的高新技术。

1.3.2 传感器的发展趋势

当前,传感器技术的主要发展动向,一是开展基础研究,发现新现象,开发传感器的新材料和新工艺;二是实现传感器的集成化与智能化。

1. 新材料的开发与应用

传感器是利用材料的固有特性或开发的二次功能特性,再经过精细加工而成的。传感器的材料和制造是传感器性能和质量的关键。半导体材料在敏感技术中占有较大的技术优势,半导体传感器不仅灵敏度高、响应速度快、体积小、质量轻,且便于实现集成化,在今后的一个时期,仍占有主要地位。

以一定化学成分组成、经过成型及烧结的功能陶瓷材料,其最大的特点是耐热性,在敏感技术的发展中具有很大的潜力。

此外,无机材料、合成材料、智能材料等使用,都可进一步提高传感器的产品质量及降低生产成本。

2. 新制造技术的应用

将半导体的精密细微加工技术应用在传感器的制造中,可极大提高传感器的性能指标,并为传感器的集成化、超小型化提供了技术支撑。借助半导体的蒸镀技术、扩散技术、光刻技术、静电封接技术、全固态封接技术等,也可同样取得类似的功效。

3. 新型传感器的开发

随着人们认识自然的深化,会不断发现一些新的物理效应、化学效应、生物效应等。利用这些新的效应可开发出相应的新型传感器,从而为提高传感器性能和拓展传感器的应用范围提供了新的可能。

4. 传感器的集成化

利用集成加工技术,将敏感元件、测量电路、放大电路、补偿电路、运算电路等制作在同一芯片上,从而使传感器具有了体积小、质量轻、生产自动化程度高、制造成本低、稳定性和可靠性高、电路设计简单、安装调试时间短等优点。

5. 传感器的智能化

智能传感器是一种带微处理器的传感器,它兼有检测、判断和信息处理功能。即将传感器与计算机的功能集成于同一芯片上,就成为智能传感器。其特点是具有自补偿、自诊断、自校正及数据的自存储和分析等功能。

6. 新一代航天传感器研究

众所周知,在航天器的各大系统中,传感器对各种信息参数的检测,保证了航天器按预定程序正常工作,起着极为重要的作用。随着航天技术的发展,航天器上需要的传感器越来越多。例如,航天飞机上安装了 3500 支左右传感器,对其指标性能都有严格要求,如小型化、低

功耗、高精度、高可靠性等都有具体指标。为了满足这些要求,必须采用新原理、新技术研制出新型的航天传感器。

7. 仿生传感器研究

值得注意的一个发展动向是仿生传感器的研究,特别是在机器人技术向智能化高级机器人发展的今天,更应该给予高度重视。仿生传感器就是模仿人的感觉器官的传感器,即视觉传感器、听觉传感器、嗅觉传感器、味觉传感器、触觉传感器等,目前只有视觉与触觉传感器解决得比较好,其他几种远不能满足机器人发展的需要。也可以说,至今真正能代替人的感觉器官功能的传感器极少,需要加速研究,否则将会影响机器人技术的发展。

1.4 传感器的特性

传感器所要测量的信号可能是恒定量或缓慢变化的量,也可能随时间变化较快,无论哪种情况,使用传感器的目的都是使其输出信号能够准确地反映被测量的数值或变化情况。对传感器的输出量与输入量之间对应关系的描述就称为传感器的特性。输入量恒定或缓慢变化时的传感器特性称为静态特性;输入量变化较快时的传感器特性称为动态特性。

1.4.1 静态特性

1. 精确度

与精确度有关的指标有三个:准确度、精密度和精确度。

准确度说明传感器输出值与真值的偏离程度。

精密度说明测量传感器输出值的分散性,即对某一稳定的被测量,由同一个测量者,用同一个传感器,在相当短的时间内连续重复测量多次,其测量结果的分散程度。

精确度是精密度与准确度两者的总和,反映了传感器测量结果的可靠程度。

对于具体的测量,精密度高而准确度不一定高,准确度高的精密度不一定高,但精确度高,则精密度和准确度都高。在测量中我们希望得到精确度高的结果。

如图 1-4 所示是射击例子。图 1-4(a)表示准确度高而精密度低;图 1-4(b)表示准确度低而精密度高;图 1-4(c)表示精确度高。

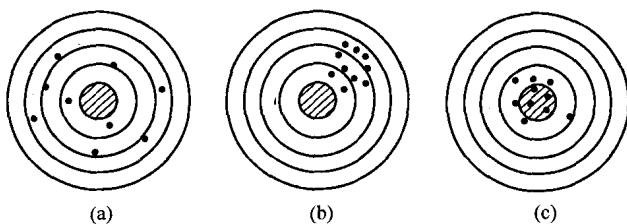


图 1-4 射击举例

2. 灵敏度

传感器的灵敏度 K 是指达到稳定工作状态时,输出变化量与引起此变化的输入变化量之比,可表示为

$$K = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (1-1)$$