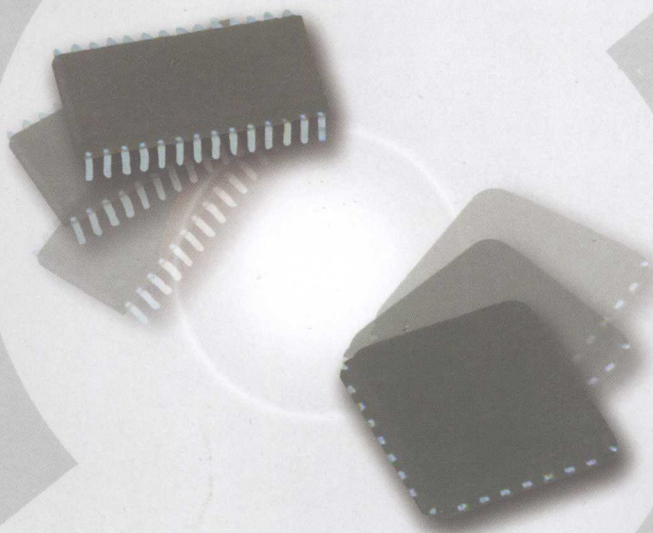


高职高专规划教材

传感器与测试技术

李娟 陈涛 编著



北京航空航天大学出版社

高职高专规划教材

传感器与测试技术

李 娟 陈 涛 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书详细介绍了电阻式、电感式、电容式、磁电式、压电式、热电式、光电式、气敏与湿敏、超声波传感器的工作原理、测量电路和应用,概要介绍了有关传感器测试技术的基本知识。全书共12章,除了第1、2章外,其余各章均具有相对独立性,以便不同层次、不同专业、不同学时的学生选用。并在附录中有针对性地提供了5个实验。

本书理论深入浅出,突出实际应用,既适合作为高职高专机电一体化、自动控制、电气自动化、计算机技术、公路交通、机械制造等电类专业的教材,也可用作工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

传感器与测试技术/李娟,陈涛编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2007.8

ISBN 978-7-81124-011-5

I. 传… II. ①李…②陈… III. 传感器—测试技术—高等学校:技术学校—教材 IV. TP212.06

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第126919号

©2007,北京航空航天大学出版社,版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书内容。侵权必究。

传感器与测试技术

李娟 陈涛 编著

责任编辑 杨波 史海文

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:bhpress@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:14 字数:314千字

2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷 印数:4000册

ISBN 978-7-81124-011-5 定价:22.00元

前 言

传感器常用来采集各种各样的有用信息,可充当电子计算机、智能机器人、自动控制设备的“五官”。随着工业、农业、国防和科学技术的发展,以传感器为核心的传感技术获得了迅速发展,新材料、新原理、新器件、新技术、新工艺不断涌现,应用领域不断扩大。传感技术的研究与应用有着极其广阔的发展前景。

有关传感技术方面的专著及教材很多,这些书的原理性与应用性各有侧重,传统性与新颖性各有所长。为此,作者广取各种专著及教材之长,结合自己多年教学、科研实践的体会,编著此书,力求做到理论深入浅出,突出传感器与测试技术的应用。

全书共 12 章。参考教学课时为 40~60 课时。

第 1 章 介绍测试的基本概念;传感器的定义、组成及分类方法和要求;测试的应用及发展。

第 2 章 介绍传感器静态特性中的各性能指标的定义,传感器静态模型和动态模型的建立与分析方法,提高传感器性能的方法和非线性校正方法;工程信号的分类和测量数据处理方法。

第 3 章 介绍电阻应变式传感器、压阻式传感器和电位器式传感器的工作原理、性能特点及其常用结构形式和应用。

第 4 章 介绍各种形式的电容式传感器的工作原理、性能特点与应用。

第 5 章 介绍自感式电感传感器、差动变压器式电感传感器、涡流式电感传感器的工作原理、性能特点及应用。

第 6 章 介绍磁电感应式传感器、霍尔元件的工作原理、转换电路、性能特点及应用;磁栅式传感器的工作原理与应用;感应同步器的工作原理与应用。

第 7 章 介绍压电式传感器的工作原理、常见压电材料及其转换电路。

第 8 章 介绍热电偶、热电阻的工作原理及常用测量电路。

第 9 章 介绍光电器件的原理、应用;光纤传感器、CCD 传感器、光栅传感器、激光传感器的原理、特点及应用;光电编码器的工作原理及应用、光电器件典型应用。

前 言

第 10 章 介绍气敏传感器与湿敏传感器的工作原理及应用。

第 11 章 介绍超声波传感器的工作原理、性能特点及应用。

第 12 章 介绍传感器输出信号的特点,常用的转换、放大、滤波电路以及抗干扰技术;简要介绍可靠性的概念和传感器的选用原则。

本书的第 1 章、第 2 章、第 6 章、第 7 章、第 8 章、第 9 章由石家庄职业技术学院的李娟编写;第 3 章、第 4 章、第 5 章由河北工业职业技术学院的陈涛编写;第 10 章由石家庄职业技术学院的刘焕平编写;第 11 章由河北工业职业技术学院的时彦林编写;第 12 章由石家庄职业技术学院的张武坤编写。在编写过程中参阅了国内外同行的教材、参考书、手册和期刊文献,在此谨致谢意。河北工业职业技术学院的王丽芬为本书的插图、整理做了大量工作。在编写过程中,得到了童一帆高级工程师的指导和帮助,在此表示衷心的感谢!

传感器技术涉及众多学科,因编者学识有限,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

作 者

2007 年 5 月

目 录

第 1 章 绪 论

1.1 传感器与测试技术概述	1
1.2 传感器的组成及分类	2
1.2.1 传感器的组成	2
1.2.2 传感器的分类	3
1.2.3 传感器与测试技术在工程中的地位	4
1.2.4 传感器与测试技术的发展状况	6
1.3 本课程的学习要求与特点	7
思考与练习题 1	8

第 2 章 传感器与测试技术的基本知识

2.1 传感器与测试系统特性	9
2.1.1 非电量电测系统的组成	9
2.1.2 传感器与测试系统的静态特性	10
2.1.3 传感器与测试系统的动态特性	13
2.2 测量的基础知识	14
2.2.1 测量方法	14
2.2.2 测量数据处理及表述	16
2.2.3 误差的定义和分类	18
思考与练习题 2	20

第 3 章 电阻式传感器

3.1 电阻应变式传感器	21
3.1.1 电阻应变片的工作原理	21
3.1.2 金属丝的灵敏系数	23
3.1.3 电阻应变片的构造和种类	24

3.1.4	电阻应变片的主要特性	27
3.1.5	电阻应变片的选用与防护	30
3.1.6	电阻应变片的温度误差及补偿	32
3.1.7	测量电路	34
3.1.8	电阻应变式传感器的应用	40
3.2	压阻式传感器	41
3.2.1	工作原理	41
3.2.2	结构及主要特性	43
3.2.3	测量电路	46
3.2.4	压阻式传感器的应用	47
3.3	电位器式传感器	48
3.3.1	工作原理	49
3.3.2	主要特性	50
3.3.3	结 构	52
3.3.4	电位器式传感器的应用	53
	思考与练习题 3	53
第 4 章 电容式传感器		
4.1	电容式传感器的工作原理及类型	54
4.1.1	工作原理	54
4.1.2	结构类型	54
4.2	电容式传感器的主要性能和特点	58
4.2.1	主要性能	58
4.2.2	主要特点	60
4.3	电容式传感器的转换电路	61
4.3.1	等效电路	61
4.3.2	测量电路	62
4.4	电容式传感器的应用	67
4.4.1	电容式加速度传感器	68
4.4.2	电容式液位传感器	68
4.4.3	电容式差压传感器	69
4.4.4	容栅式传感器	70
4.4.5	电容式料位传感器	71
4.4.6	电容式温度传感器	72
	思考与练习题 4	72

第 5 章 电感式传感器

5.1 自感式电感传感器	73
5.1.1 自感式电感传感器的工作原理及结构	73
5.1.2 自感计算及线性分析	75
5.1.3 自感式电感传感器的测量电路	78
5.1.4 自感式电感传感器的应用	80
5.2 差动变压器式电感传感器	82
5.2.1 结构、工作原理及输出特性	82
5.2.2 测量电路	83
5.2.3 差动变压器式传感器的应用	86
5.3 涡流式电感传感器	88
5.3.1 涡流式电感传感器原理	88
5.3.2 涡流式电感传感器测量电路	90
5.3.3 涡流式电感传感器的应用	92
思考与练习题 5	93

第 6 章 磁电式传感器

6.1 磁电感应式传感器	94
6.1.1 恒定磁通式磁电感应传感器	94
6.1.2 磁阻式磁电感应传感器	95
6.1.3 磁电感应式传感器的测量电路	96
6.1.4 磁电感应式传感器的应用	96
6.2 霍尔式传感器	98
6.2.1 霍尔效应	98
6.2.2 霍尔元件	99
6.2.3 霍尔元件基本参数与误差补偿	100
6.2.4 集成霍尔元件	102
6.2.5 霍尔式传感器应用举例	103
6.3 磁栅式传感器	105
6.3.1 磁栅的组成及类型	105
6.3.2 磁栅式传感器的工作原理	106
6.3.3 磁栅数显装置	108
6.3.4 磁栅式传感器的应用	109
6.4 感应同步器	109
6.4.1 感应同步器的结构和类型	109

目 录

6.4.2	感应同步器的工作原理	110
6.4.3	感应同步器在数控机床闭环系统中的应用	112
	思考与练习题 6	114
第 7 章 压电式传感器		
7.1	压电式传感器的工作原理	115
7.1.1	压电效应	115
7.1.2	压电材料	115
7.1.3	压电材料的主要特性参数	117
7.2	压电式传感器及其等效电路	118
7.2.1	压电式传感器转换电路	118
7.2.2	压电式传感器等效电路	119
7.3	压电式传感器的应用	120
	思考与练习题 7	121
第 8 章 热电式传感器		
8.1	热电偶	122
8.1.1	热电效应	123
8.1.2	热电偶基本定律	124
8.1.3	热电偶材料及常用热电偶	125
8.1.4	热电偶测温线路	127
8.1.5	热电偶参考端温度	128
8.2	热电阻	131
8.2.1	金属热电阻传感器	131
8.2.2	半导体热敏电阻	132
	思考与练习题 8	133
第 9 章 光电式传感器		
9.1	光电效应与光电器件	134
9.1.1	光电效应及分类	134
9.1.2	光电器件	135
9.1.3	光电传感器应用	141
9.2	光纤传感器	142
9.2.1	光 纤	142
9.2.2	光纤传感器	143
9.3	CCD 传感器	145
9.3.1	电荷耦合器件	145

9.3.2	CCD 传感器的应用	147
9.4	光栅传感器	148
9.4.1	光栅的结构	148
9.4.2	光栅的基本工作原理	149
9.4.3	光栅传感器的应用	152
9.5	激光传感器	153
9.5.1	激光的形成	153
9.5.2	激光的特性	154
9.5.3	常用激光器及其特点	154
9.5.4	激光在测试技术中的应用	154
9.6	光电编码器	157
9.6.1	增量式光电编码器	158
9.6.2	绝对式光电编码器	158
9.6.3	光电编码器的应用	161
	思考与练习题 9	162
第 10 章 气敏传感器与湿敏传感器		
10.1	气敏传感器	163
10.2	湿敏传感器	164
10.2.1	氯化锂湿敏电阻	165
10.2.2	半导体陶瓷湿敏电阻	165
	思考与练习题 10	167
第 11 章 超声波传感器		
11.1	超声波检测的基本原理	168
11.2	超声波换能器	169
11.2.1	压电式换能器的工作原理	169
11.2.2	压电式换能器的种类及结构	170
11.3	超声波传感器的应用	171
11.3.1	超声波探伤	171
11.3.2	超声波测物位	176
11.3.3	超声波测厚度	178
11.3.4	超声波测流量	178
	思考与练习题 11	179
第 12 章 传感器信号的处理		
12.1	传感器信号的预处理	180

目 录

12.1.1. 数据采集系统的组成	180
12.1.2 传感器信号的预处理方法	182
12.2 传感器信号的放大电路	183
12.2.1 高精度、低漂移运算放大器	183
12.2.2 高输入阻抗运算放大电路及仪表放大器	183
12.2.3 隔离放大器和隔离放大系统	184
12.2.4 程控增益放大器	185
12.3 信号的调制与解调	186
12.3.1 信号调制的概念	186
12.3.2 电桥调幅的原理	186
12.3.3 电桥调幅波的解调	188
12.3.4 应用举例	188
12.4 滤波电路	189
12.5 传感器信号的非线性校正	190
12.6 A/D转换器的选择	192
12.7 抗干扰技术	194
12.7.1 干扰的来源	194
12.7.2 抗电磁干扰技术	195
12.8 测试系统的可靠性	198
12.8.1 可靠性的基本概念	198
12.8.2 提高可靠性的措施	199
12.9 传感器的标定与选择	201
12.9.1 传感器的标定与校准	201
12.9.2 传感器的选择	202
思考与练习题 12	203
附录 CYS 型传感器试验仪实验指导	
实验一 电阻应变片性能实验	204
实验二 差动变面积式电容传感器的应用	205
实验三 差动变压器式电感传感器的应用	207
实验四 涡流式传感器的应用	208
实验五 霍尔式传感器的应用	209
参考文献	211

第 1 章

绪 论

人类通过感官来接收外界的信息,并将所接收到的信号送入大脑,进行信号分析、处理后获取有用的信息。对于机电设备来说,计算机相当于人的大脑(即常称为电脑),而传感器就相当于人的感觉器官,或者说是人类感觉器官的延伸。借助于传感器和应用测试手段,人类可以探测感官无法获取的信息。例如,用超声波探测海水深度,用红外遥感器从高空探测地球上的植被和污染情况,等等。在自动控制领域中,自动化程度越高,则控制系统对传感器的依赖就越强。因此,传感器对控制系统功能的正常发挥起着决定性的作用。

本章主要介绍传感器的定义、组成及分类,在工程中的作用以及传感器和测试技术的发展方向,就本课程的特点提出学习本课程时可采用方法的建议。

1.1 传感器与测试技术概述

测试技术是测量技术与实验技术的总称。凡需要观察事物的状态、变化和特征等,并要对其进行定量描述时,就离不开测试工作。人类对客观世界的认识和改造活动都是以测试工作为基础的。人类早期在从事生产活动时,就已经对长度(距离)、面积、时间和质量进行测量了。其最初的计量单位,或是与自身生理特点相联系(如长度),或是与自然环境相联系(如时间),因此在人类发展的历史长河中,测试技术始终起着先导和推动作用。测试技术的发展促进了科学技术水平的不断提高,推动了生产的自动化进程;而科学技术水平的提高,又为测试技术的创新、完善和发展创造了有利条件。

传感器技术是测量技术、半导体技术、计算机技术、信息处理技术、微电子学、光学、声学、精密机械、仿生学和材料科学等众多学科相互交叉而形成的综合性和高新技术密集型前沿技术之一,是现代新技术革命和信息社会的重要基础,是自动检测和自动控制技术不可缺少的重要组成部分。目前,传感器技术已成为我国国民经济不可或缺的支柱产业的一部分。传感器在工业部门的应用普及率已被国际社会作为衡量一个国家智能化、数字化、网络化的重要标志。

传感器技术不仅是现代科技的开路先锋,也是当代科学技术发展的一个重要标志,它与通信技术、计算机技术一起构成了信息产业的三大支柱。如果说计算机是人类大脑的扩展,那么

传感器就是人类五官的延伸。当集成电路、计算机技术飞速发展时,人们才逐步认识到信息摄取装置——传感器没有跟上信息技术的发展而惊呼“大脑发达、五官不灵”。从20世纪80年代起,逐步在世界范围内掀起了一股“传感器热”。美国国防部将传感器技术视为2000年20项关键技术之一,日本把传感器技术与计算机、通信、激光、半导体、超导并列为6大核心技术,德国视军用传感器为优先发展技术,英、法等国对传感器的开发、投资逐年升级,原苏联军事航天计划中的第5条也列有传感器技术。

正是由于世界各国普遍重视和投入开发,传感器发展十分迅速,近十几年来其产量及市场需求年增长率均在10%以上。目前世界上从事传感器研制生产的单位已增加到5000余家,美国、欧洲、俄罗斯从事传感器研究和生产的厂家各有1000余家,日本有800余家。

科学技术和生产力的发展是和传感器与测试技术息息相关的,任何科学理论的建立都要通过大量的实验和测量,对获取的数据进行分析来验证理论的正确性和可靠性。生产向机械化、自动化发展,必须在生产过程中通过对各种参数的测量、分析、控制和监视,才能保证产品的质量和生产的效率。

工程技术中的研究对象往往十分复杂,有许多问题至今还难以用完善的理论分析和计算来解决,而必须依靠实验研究来解决。因此,由传感器与测试技术作为支撑,通过测试工作积累原始数据,在工程设计和研究中是十分必需的,亦是十分重要的。

随着现代科学技术的迅猛发展以及生产规模、生产水平的不断扩大与提高,传感器与测试技术愈来愈引起人们的高度重视,传感器与测试技术不仅能为产品的质量和性能提供客观的评价,为生产技术的合理改进提供基础数据,而且还是进行一切科学探索或技术发明的手段。可以设想,没有材料实验数据,就不能充分合理和有效地进行强度计算;没有有效的参数监护测试仪器,就不能使设备高效率地安全运行;没有公共流程数据的测试和采集,就无法实现任何自动化。所以,传感器与测试技术是一项重要的基础技术。

1.2 传感器的组成及分类

1.2.1 传感器的组成

传感器是能感受被测量并转换为与之有确定对应关系的有用输出信号(一般为电量)的器件或装置,以满足信息的传输、记录、显示和控制等要求。有些国家和一些学科领域,将传感器称为变换器、检测器或探测器等。

传感器一般由敏感元件、传感元件和其他辅助元件组成,有时也将信号调节与转换电路、辅助电源作为传感器的组成部分,如图1-1所示。传感器根据不同的使用要求,既可以做得很简单,也可以做得很复杂;既可以是带反馈的闭环系统,也可以是不带反馈的开环系统。因此,传感器的组成将依不同情况而有所差异。

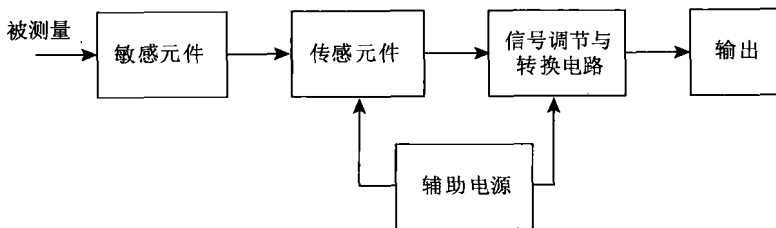


图 1-1 传感器组成原理框图

敏感元件是感受被测量,并输出与被测量成确定关系的其他量的元件。例如膜片和波纹管,可以把被测压力变成位移量。若敏感元件能直接输出电量(如热电偶),就兼为传感元件了。还有一些新型传感器,如压阻式和谐振式压力传感器、差动变压器式位移传感器等,其敏感元件和传感元件完全融为一体。

传感元件又称转换元件,是传感器的重要组成元件。它可以直接感受被测量(一般为非电量)而输出与被测量成确定关系的电量,如热电偶和热敏电阻。传感元件也可以不直接感受被测量,而只感受与被测量成确定关系的其他非电量。例如应变片式压力传感器,并不直接感受压力,而是感受与被测压力成确定关系的弹性膜片的变形量,然后输出电量。一般情况下使用的都是这种传感元件。

信号调节与转换电路是能把传感元件输出的电信号转换为便于显示、记录和控制的有效信号的电路。根据传感元件类型的不同,信号调节与转换电路可分为很多种类,常用的电路有电桥、放大器、振荡器和阻抗变换器等。

1.2.2 传感器的分类

测试中,应用传感器的种类繁多,不胜枚举。有的传感器可以用于测量多种参数,而有时,对于一种物理量又可用多种不同类型的传感器测量。因此,传感器分类方法很多,常用分类方法有以下几种。

1. 按被测非电量分类

传感器的输入非电量大致可分为热工量、机械量、物性和成分量以及状态量四大类。其具体分类详见表 1-1。按照输入非电量分类,可将传感器分为位移传感器、力传感器和速度传感器等。这种分类能够明确地指出传感器的用途,便于使用者选择。这是商业产品常用的分类法,但这种分类法的缺点是品种繁多,对建立传感器的基本概念、掌握基本原理和分析方法是不利的。

表 1-1 被测非电量的分类

输入非电量	测量参数
热工量	温度、热量、比热容、热流、热分布、压力、压差、真空度、流量、流速、风速、物位、液位、界面
机械量	位移(角位移)、长度(尺寸、厚度、角度等)、力、应力、力矩、质量、转速、线速度、角速度、振动、加速度、噪声
物性和成分量	气体化学成分、液体化学成分、酸碱度、盐度、浓度、粘度、湿度、密度
状态量	颜色、透明度、颗粒度、硬度、磨损度、裂纹、缺陷、泄漏、表面质量

2. 按工作原理分类

按工作原理可以分为参量传感器、发电传感器及特殊传感器。其中,参量传感器有电阻式传感器、电感式传感器和电容式传感器等;发电传感器有光电池、热电偶传感器、压电式传感器和磁电式传感器等。特殊传感器是不属于以上两种类型的传感器,如超声波探头、红外探测器和激光检测器等。

这种分类方法的优点是可以把传感器按工作原理分门别类地归纳起来,避免名目过多,且较为系统,有利于专业作者对传感器进行归纳性的研究。本书将基本按照此分类方法介绍各种传感器。

有时还将传感器分为有源传感器和无源传感器两大类。有源传感器犹如一台微型发电机,能将非电功率转换为电功率,传感器起能量转换的作用,因此又称为发电型传感器。例如磁电式传感器、压电式传感器和热电式传感器等,其所配的测量电路通常是信号放大器。无源传感器并不起换能作用,被测量仅对传感器中的能量起控制作用,必须有辅助能源(电源),如电阻式传感器、电容式传感器和电感式传感器等。无源传感器本身不是一个信号源,所以配合的测量电路通常是电桥式谐振电路。该种分类法有利于对传感器的内在联系作统一概括的分析和深入的研究。

由于传感器门类繁多,涉及的学科面广,因此还有不少分类方法。例如按输出信号可把传感器分为模拟式传感器和数字式传感器;按工作特点可把传感器分为结构型和物性型传感器等。这里不再一一介绍。

为了明确地表示传感器的用途,又反映其工作原理,还可将用途和原理结合在一起称谓,如电感式位移传感器、压电式加速度传感器等。

1.2.3 传感器与测试技术在工程中的地位

传感器技术早已广泛渗透到工业生产、军事国防、宇宙探测、海洋开发、环境保护、资源调查、医学诊断、生物工程、文物保护、安全防范以及家用电器等领域。因此,从茫茫太空到浩瀚海洋,从各种复杂工程系统到日常生活的衣食住行,几乎每一个领域都离不开各种各样的传感器,可以毫不夸张地说,21世纪的世界,是充满传感器的世界。

在电力工业中,传感器与测试技术用于检测发电机组各转动部分的轴承温度及转子的动平衡情况;测量和控制汽轮机进汽流量、速度、压力和温度,可调节发电机组的功率和频率等,保证供电质量。同时对锅炉水液位、粉煤仓物位以及锅炉温度自动检测与控制,实行自动加煤、添水,保证安全生产。

在工业生产自动化过程中,利用传感器和测试技术检测、监视和控制温度、压力、流量、液位、pH 等参数,使设备工作在最佳状态,成本消耗最低,产品质量最高,同时,在生产过程中将各个环节的参数转换为电信号,与计算机接口,实现生产自动化。

在机械制造业中,可利用传感器技术对铸件内有无气泡、裂纹进行无损检测;在机械加工过程中,采用各种传感器对刀架压力、工件被夹是否变形、自动进刀量等进行控制,对车床振动的检测以及工件加工完后对加工精度、表面光洁度、平面度、同轴度、圆度、锥度等进行检测,有利于保证和提高工件加工质量。

冶金部门采用传感器技术对液态金属温度的测量,大型钢厂需要 2 万多台传感器和自动化仪器对轧机的压力、转矩、转速以及对板材厚度的在线不停机自动检测和控制等,石油化工部门对温度、压力、流量、液位等参数的多点循环检测与控制,都是保证产品质量的关键。

在航空航天技术中,传感器用得早且多。用来检测飞机及各种宇宙飞行器的飞行参数、运行状态和发动机推力,燃烧室液体燃料喷嘴的压力、温度,管道中液体燃料的流量、流速,空中各种卫星、宇宙飞行器的能源供给,侦察卫星对地面军事设施、重要建筑物的监视、拍照等都离不开传感器。美国阿波罗 10 号宇宙飞船使用大量传感器对 3 295 个参数进行监测。我国“神舟”号宇宙飞船,仅信息产业部第 49 所就提供了 400 余套 2 000 余支各种传感器,以对飞船中各种参数进行检测与控制。

造纸、纺织、烟草等轻工部门也离不开传感器,使用传感器对纸、纱的张力进行测量,检查布匹有无断纱次品,检测、控制空气中的温度和湿度,这对保证纸张、棉纱、卷烟的质量有很大好处。

在交通运输部门,为研究飞机的强度,要在机翼上贴几百个应变片。在试验飞行时,还要利用传感器测量发动机的转速、转矩、振动等参数以及飞机上各相关部位的应力、温度、燃油流量及液位等参数。汽车工业也要用 30 多种传感器检测车速、方位、转矩、振动、油压、油量、温度等参数。美国研制成功的无人驾驶飞机和正在试验的无人驾驶汽车,则要用到更多的传感器。此外,在乘飞机、火车、轮船之前,对旅客行包中是否有危险品或易燃品的检查,海关对集装箱内货物品种的检查,对车、船所装货物重量及载荷分布情况的检测,对桥梁安全运行状态的监控,以及在夜晚、大雾或云层中行驶的车、船、飞机预防相撞等,都要借助传感器。

在军事方面,可以这样说,现代战争是科技战争,是传感器战争。从 20 世纪初的探测地雷,到现代的阻击导弹;从 20 世纪末的海湾战争,到本世纪初的美伊之战,打的都是传感器技术战争。

在医疗卫生方面,众多的检查仪器都采用了传感器,如同位素扫描、B 超、磁振、脑电图、心

电图等。还有利用生物传感器对人体血液内的糖、尿含量进行检测,以便确诊病情。现在还有一种非常小的传感器,用注射器注入人体血管内,用来检测血管壁厚度、血压、血稠、血栓、动脉硬化以及心脏内部结构情况等各种疾病。

在安全防卫和环境保护方面,用传感器检测森林火灾,预报地震、山崩、滑坡、海啸,对洪水、洪峰以及大堤管涌的检测预报等,还有对河流、湖泊、海水、空气的污染程度进行检测,以及对噪声、有害气体环境污染的检测都要用到传感器。

海洋工程需要许多传感器。海洋占地球表面积的70%,海洋是人类21世纪重点开发的新的生存空间,是蕴藏巨大自然资源的宝库,是未来高新技术条件下局部战争的主要战场。要开发、利用海洋,必须首先认识海洋。因此,对海底重力场、磁场强度、地形地貌、地质断层、矿藏种类及含量的检测,对海洋水文信息、气象信息、化学成分以及对潮汐、潮流的检测都要用到传感器。特别是对5000 m以下的深海探测,主要依赖于各种传感器,因为那里有许多值得开采的矿藏,如锰结核等。此外,近海的石油钻探和开采也需要传感器。

考古方面用传感器探测古迹遗址,检测、鉴定文物制造年代;地质勘探方面用传感器探测地下矿藏,检测放射性元素,探测地下水,鉴定化石形成时间。仿生学领域制造电子鼻、电子复眼等仿生传感器,至于智能机器人的视觉、听觉、嗅觉、触觉和味觉,能模仿人的功能,则要用到多种传感器。

用于办公用具和家用电器中的传感器也越来越多。例如,复印机中装有位移、照度、温度等传感器;电冰箱、空调机上都装有温度、湿度传感器;洗衣机上装有液位、振动及湿度传感器;电饭锅中装有热电传感器;抽油烟机中装有防煤气泄漏的气敏传感器和防火灾的烟雾传感器,收录机、录像机、VCD、电视机、血压计等也都装有很多传感器。

1.2.4 传感器与测试技术的发展状况

现代科技的不断发展,为传感器与测试技术水平的提高创造了物质条件;反之,拥有高水平的传感器与测试技术又会促进新科技成果的不断出现和创新。这两者之间,相辅相成。归纳起来,传感器与测试技术有以下几个方面的发展。

1. 传感器向新型、微型和智能型发展

传感器是信号检测的器具,高精度、高灵敏度且大范围测量及小型化是传感器的发展方向。新的材料,特别是新型半导体材料方面的成就,已经促使发展了很多对力、热、光、磁等物理量及气体化学成分敏感的器件。光导纤维不仅可用来作信号传输,而且可作为物性型传感器。另一个引人注目的发展是微电子发展,它很有可能把某些电路乃至微处理器和传感器部分做成一体,而使传感器具有放大、校正、判断和一定的信号处理功能,组成所谓的“智能传感器”。在机器人工程的发展中,需要研制高灵敏度、小型化、微型化的新型视觉、触觉、听觉、嗅觉传感器等。