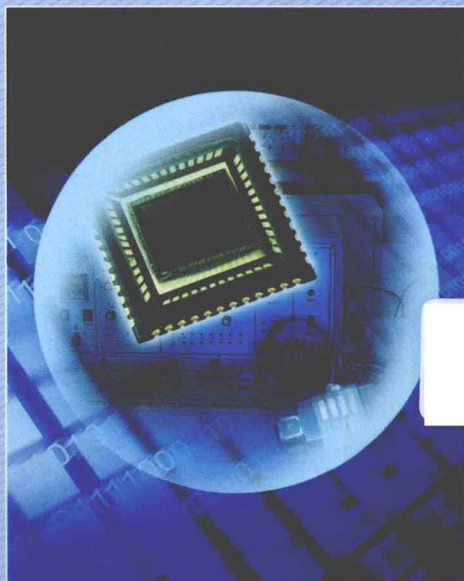


传感器 及自动检测技术

CHUANGANQI
JI ZIDONG JIANCE JISHU

■ 主 编 宋 宇 朱伟华

■ 副主编 董 括 梁玉文



传感器及自动检测技术

主 编 宋 宇 朱伟华
副主编 董 括 梁玉文
参 编 李俊涛 杨欣慧 钱海月



 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书以传感器应用中所必需的基本技术和技能为目标,系统地介绍了传感器的原理及其特性和参数,测量及误差处理的基本知识,传感器的选择与安装调整技术,位移、力、扭矩、荷重、速度、加速度等机械量的检测技术,温度、压力、流量、物位等过程量的检测技术,湿度检测与气体分析技术。书中全面介绍了电阻式、电容式、电感式、电涡流式、压电式、超声波、霍尔式、光电式、光纤、热敏、气敏、湿敏传感器的原理及其特性。本书突出培养学生应用传感器的技能,如接近传感器、压力传感器,红外、超声波、微波探测防盗报警器的安装技术等。另外,书中还列举了较多传感器的实用示例。

本书可作为高等院校电气自动化技术、生产过程自动化技术、计算机控制技术、机电一体化技术及相关专业的教材或教学参考书,也可供测控领域的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

传感器及自动检测技术 / 宋宇, 朱伟华主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2013. 8
ISBN 978 - 7 - 5640 - 7923 - 9

I. ①传… II. ①宋… ②朱… III. ①传感器 ②自动检测 IV. ①TP212 ②TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 159222 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 12

字 数 / 295 千字

版 次 / 2013 年 8 月第 1 版 2013 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 36.00 元

责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 陈莉华

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

Foreword 前言

Foreword

自动检测技术在现代生活和生产中越来越被人们所熟知,它是自动控制技术、计算机科学、微电子学和通信技术的有机结合和综合发展的产物,其内容广泛,包括各种数据采集和处理、自动测量、生产过程控制等知识。自动检测技术不但在国防、航空、航天、铁路、冶金、化工等国民经济的各个行业中得到广泛应用,而且已经渗透到办公自动化、商业自动化、家庭自动化等人类生活的各个领域。本书是将传感器与自动检测技术有机地结合在一起,使学生能够更全面地学习和掌握信号传感、信号采集、信号转换、信号处理和信号传输的整个过程;通过认识传感器的外形、基本结构和性能指标,到详细介绍其测量原理、测量转换电路,再到列举生产生活中的实例,分析检测技术在生产生活中的应用,使学生对这门学科有更深入的理解。

本书由宋宇、朱伟华担任主编,董括、梁玉文担任副主编。全书共分10章,由宋宇对全书编制提纲、统稿,绪论由朱伟华老师编写,第1章由钱海月老师编写,第2、3、10章由宋宇老师编写,第4、6章由董括老师编写,第5、9章由梁玉文老师编写,第7章由李俊涛老师编写,第8章、附录部分由杨欣慧老师编写。

本书是根据高等院校培养目标的要求和目前高校学生的特点而编写的,本书在编写过程中,参阅了许多专家的著作、论文和教材;在取材和体系编排上注重理论基础和应用技术相结合,突出实用性和针对性,以有限的篇幅尽量拓宽知识领域。

由于传感器发展较快,编者水平有限,书中难免有遗漏和欠妥之处,敬请广大读者批评指正。我们热忱希望本书能对从事和学习自动检测技术的广大读者有所帮助,并希望您将对本书的意见和建议通过 E-mail: smith. ssss@163. com 告诉我们,感谢您的支持。

编 者

Contents 目录

Contents

绪论	1
第1章 测量的基本知识	8
1.1 测量方法及检测系统的组成	8
1.2 传感器的测量误差	11
1.3 传感器的基本特性	12
1.4 习题	16
第2章 电阻式传感器	17
2.1 电阻应变片式传感器	17
2.2 气敏电阻传感器	22
2.3 湿敏电阻传感器	32
2.4 热电阻	34
2.5 习题	42
第3章 电感式传感器	45
3.1 自感式传感器	45
3.2 互感式传感器	49
3.3 电感式传感器的应用	55
3.4 习题	60
第4章 电容式传感器	61
4.1 电容式传感器的工作原理及结构形式	61
4.2 电容式传感器测量电路	65
4.3 电容式传感器的应用	70
4.4 习题	75
第5章 电涡流传感器	77
5.1 电涡流传感器的工作原理	77

5.2	电涡流传感器的结构及特性	78
5.3	电涡流传感器的测量转换电路	80
5.4	电涡流传感器的应用	81
5.5	习题	85
第6章 压电传感器		86
6.1	压电传感器的工作原理	86
6.2	压电传感器的等效电路和测量电路	91
6.3	压电传感器的组成及结构	95
6.4	压电传感器的应用	96
6.5	习题	101
第7章 超声波传感器		102
7.1	超声波传感器的工作原理	102
7.2	超声波换能器及耦合技术	103
7.3	超声波传感器的应用	106
7.4	习题	112
第8章 磁电传感器		113
8.1	磁电传感器	113
8.2	霍尔传感器	116
8.3	磁敏电阻器	124
8.4	习题	130
第9章 热电偶传感器		131
9.1	温度测量的基本概念	131
9.2	热电偶传感器的工作原理	132
9.3	热电偶的基本定律	134
9.4	热电偶的种类及结构形式	135
9.5	热电偶的冷端温度补偿	139
9.6	热电偶传感器在连铸漏钢中的应用	141
9.7	集成温度传感器	142
9.8	DS18B20 温度传感器应用实例	146
9.9	习题	152
第10章 光电传感器		153
10.1	光电传感器的工作原理	153
10.2	光电元件	155

10.3	光电传感器的组成、结构及类型	168
10.4	热释电红外传感器	169
10.5	光电传感器的应用	171
10.6	习题.....	177
附录 热电偶与热电阻分度表		178
参考文献		184

绪 论

传感器是人类五官的延长，又称之为电五官。传感器是获取信息的主要途径与手段。没有传感器，现代化生产就失去了基础；传感器是边缘学科开发的先驱；传感器已渗透到诸如工业生产、宇宙开发、海洋探测、环境保护、资源调查、医学诊断、生物工程甚至文物保护等极其广泛的领域。从茫茫的太空到浩瀚的海洋，以至各种复杂的工程系统，几乎每一个现代化项目，都离不开各种各样的传感器。

一、传感器的组成

传感器是一种以测量为目的，以一定精度把被测量转换为与之有确定关系的，便于处理的另一种物理量的测量装置、器件或元件。因此，传感器直接与被测对象发生联系，采集并获取被测对象的信息。由于一般的被测对象是非电信号，如位移、速度、温度、压力、流量等，所以传感器还必须将上述信号转换成便于传输和处理的电信号。

传感器一般由敏感元件和转换元件两部分组成，有时也将转换电路及辅助电源作为传感器的组成部分，其组成框图如图 0-1 所示。

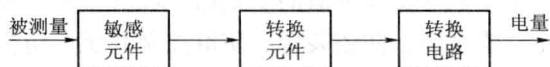


图 0-1 传感器的组成

敏感元件是指传感器中能直接感受被测量的部分。在完成非电量到电量的变换时，并非所有的非电量都能利用现有手段直接转换成电量，往往是先变换为另一种便于变成电量的非电量，然后再转换成电量。各种类型的弹性元件常被称为弹性敏感元件。

转换元件是指能将感受到的非电量直接转换成电量的器件或元件。如应变片将应变转换为电阻量。

转换电路是指将无源型传感器输出的电参量转换成电量。常用的转换电路有电桥电路、谐振电路等，它们将电阻、电容、电感等电参量转换成电压、电流或频率。实际上，有些传感器的敏感元件可以直接把被测非电量转换成电量输出，如光电池、压电晶体、热电偶等，它们为有源型传感器。

二、传感器的作用

人们为了从外界获取信息，必须借助感觉器官。而单靠人们自身的感觉器官，在研究自然现象和规律以及生产活动时它们的功能就远远不够了。为适应这种情况，就需要传感器。因此，传感器的作用可包括信息的收集、信息数据的交换及控制信息的采集三大内容。通过传感器对自然界的各种物质信息进行采集。

1. 信息的收集

科学研究中的计量测试,产品制造与销售中所需的计量都要由测量而获得准确的定量数据。对于某种特定的要求,需测量目标物的存在状态,把某状态信息转换为数据。

对系统或装置的运行状态进行检测,也由传感器来实现,发现异常情况时,发出警告信号并启动保护电路工作。这样可以对系统或装置进行正常运行与安全管理。判断产品是否合格或人体各部位的异常诊断都须由传感器的测量来完成。

2. 信息数据的交换

把以文字、符号、代码、图形等多种形式记录在纸或胶片上的信号数据转换成计算机、传真机等易处理的信号数据。或者读出在各种媒体上的信息并进行转换。例如,磁盘与光盘的信息读出,磁头就是一种传感器。

3. 控制信息的采集

检测控制系统处于某种状态的信息,并由此控制系统的状态,或者跟踪系统变化的目标值。

三、传感器的应用领域

随着电子计算机、生产自动化、航空、遥测、遥感等科学技术的发展,对传感器的需求量与日俱增,其应用领域已渗入到社会的各个领域,并起着巨大的作用。下面仅将传感器在一些主要领域中的应用做以简介。

1. 传感器在汽车中的应用

目前,家用轿车越来越多,传感器在汽车中的应用已不只局限于对行驶速度、行驶距离、发动机旋转速度等,由于汽车交通事故的不断增多和汽车对环境的危害,传感器在一些新的设施,如汽车安全气囊系统、防盗装置、防滑控制系统、防抱死装置、电子变速控制装置、排气循环装置、电子燃料喷射装置及汽车“黑匣子”等都得到了实际应用。可以预测,随着汽车电子技术和汽车安全技术的发展,传感器在汽车领域的应用将会更为广泛。

2. 传感器在家用电器中的应用

现代家用电器中普遍应用着传感器。传感器在电子炉灶、自动电饭锅、吸尘器、空调器、电子热水器、热风取暖器、风干器、报警器、电熨斗、电风扇、游戏机、电子驱蚊器、洗衣机、洗碗机、电冰箱、彩色电视机、录像机、录音机、收音机、电唱机及家庭影院等方面得到了广泛的应用。

随着人们生活水平的不断提高,对提高家用电器产品的功能及自动化程度的要求极为强烈。为满足这些要求,首先要使用能检测模拟量的高精度传感器,以获取正确的控制信息,再由微型计算机进行控制,使家用电器的使用更加方便、安全、可靠,并减少能源消耗,为更多的家庭创造一个舒适的生活环境。

目前,家庭自动化的蓝图正在设计之中,未来的家庭将由作为中央控制装置的微型计算机,通过各种传感器代替人监视家庭的各种状态,并通过控制设备进行着各种控制。家庭自动化的主要内容包括:安全监视与报警、空调及照明控制、耗能控制、太阳光自动跟踪、家务劳动自动化及人身健康管理等。家庭自动化的实现,可使人们有更多的时间用于学习、教育或休闲娱乐。

3. 传感器在工业检测和自动控制系统中的应用

传感器在工业自动化生产中占有极其重要的地位。在石油、化工、电力、钢铁、机械等加工工业中,传感器在各自的工作岗位上担负着相当于人们感觉器官的作用,它们每时每刻地按需要完成对各种信息的检测,再把大量测得的信息通过自动控制、计算机处理等进行反馈,用以进行生产过程、质量、工艺管理与安全方面的控制。

在自动控制系统中,电子计算机与传感器有机地结合在实现控制的高度自动化方面起到了关键的作用。

4. 传感器在机器人上的应用

目前,在劳动强度大或危险作业的场所,已逐步使用机器人取代人的工作。一些高速度、高精度的工作,由机器人来承担也是非常合适的。但这些机器人多数是用来进行加工、组装、检验等工作,属于生产用的自动机械式的单能机器人(能力比较单一)。

要使机器人和人的功能更为接近,以便从事更高级的工作,要求机器人具有判断能力,这就要给机器人安装物体检测传感器,特别是视觉传感器和触觉传感器,使机器人通过视觉对物体进行识别和检测,通过触觉对物体产生压觉、力觉、滑觉、冷热觉等与接触有关的感觉。这类机器人被称为智能机器人,它不仅可以从事特殊的作业,而且一般的生产、事务和家务,全部可由智能机器人去处理。

5. 传感器在医疗及人体医学上的应用

随着医用电子学的发展,仅凭医生的经验和感觉进行诊断的时代将会结束。现在,应用医用传感器可以对人体的表面和内部温度、血压及腔内压力、血液及呼吸流量、肿瘤、血液的分析、脉搏及心音、心脑电波等进行高难度的诊断。显然,传感器对促进医疗技术的高度发展起着非常重要的作用。

为增进全国人民的健康水平,我国医疗制度的改革,将把医疗服务对象扩大到全民。以往的医疗工作仅局限于以治疗疾病为中心,今后,医疗工作将在疾病的早期诊断、早期治疗、远距离诊断及人工器官的研制等广泛的范围内发挥作用,而传感器在这些方面将会得到越来越多的应用。

6. 传感器在遥感技术中的应用

所谓遥感技术,简单地说就是从飞机、人造卫星、宇宙飞船及船舶上对远距离的广大区域的被测物体及其状态进行大规模探测的一门技术。

在飞机及航天飞行器上装用的传感器是近紫外线、可见光、远红外线及微波等传感器。在船舶上向水下观测时多采用超声波传感器。例如,要探测一些矿产资源埋藏在什么地区,就可以利用人造卫星上的红外接收传感器对地面发出的红外线的量进行测量,然后由人造卫星通过微波再发送到地面站,经地面站计算机处理,便可根据红外线分布的差异判断出埋有矿藏的地区。

遥感技术目前已在农林业、土地利用、海洋资源、矿产资源、水利资源、地质、气象、军事及自然灾害等领域得到了应用。

7. 传感器在航空及航天中的应用

在航空及航天的飞行器上广泛地应用着各种各样的传感器。为了解飞机或火箭的飞行轨迹,并把它们控制在预定的轨道上,就要使用传感器进行速度、加速度和飞行距离的测量。要了解飞行器飞行的方向,就必须掌握它的飞行姿态。飞行姿态可以使用红外水平线

传感器陀螺仪、阳光传感器、星光传感器及地磁传感器等进行测量。此外,对飞行器周围的环境、飞行器本身的状态及内部设备的监控也都要通过传感器进行检测。

8. 传感器在环境保护中的应用

目前,环球的大气污染、水质污浊及噪声已严重地破坏了地球的生态平衡和我们赖以生存的环境,这一现状已引起了世界各国的重视。为保护环境,利用传感器制成的各种环境监测仪器正在发挥着积极的作用。

四、传感器的分类

传感器的种类繁多,目前没有统一的分类方法,常用的分类方法归纳如下。

1. 按传感器转换原理分类

1) 结构型传感器

结构型传感器是利用机械构件(如金属膜片等)在动力场或电磁场的作用下产生变形或位移,将外界被测参数转换成相应的电阻、电感、电容等物理量,它是利用物理学运动定律或电磁定律实现转换的。

2) 物性型传感器

物性型传感器是利用材料的固态物理特性及其各种物理、化学效应(即物质定律,如虎克定律、欧姆定律等)实现非电量的转换。它是以半导体、电介质、铁电体等作为敏感材料的固态器件。例如,电阻式、电感式、电容式、压电式、光电式、热敏、气敏、湿敏传感器等。

3) 复合型传感器

复合型传感器是由结构型传感器和物性型传感器组合而成的,兼有两者的特征。

2. 按能量转换的方式分类

1) 有源型传感器

有源型也称能量转换型或发电型,它把非电量直接变成电压量、电流量、电荷量等,如磁电式、压电式、光电池、热电偶等。

2) 无源型传感器

无源型也称能量控制型或参数型,它把非电量变成电阻、电容、电感等量。

3. 按照输入量(被测对象)分类

1) 物理量传感器

物理量传感器又可分为光学量传感器、力学量传感器、温度学量传感器、电学量传感器、磁学量传感器、位移传感器等。

2) 化学量传感器

化学量传感器包括气体传感器、离子传感器和湿度传感器等。

3) 生物量传感器

生物量传感器包括生化量传感器和生理量传感器。

4. 按输出信号的形式分类

按输出信号的形式,传感器可分为开关式、模拟式和数字式。

5. 按输入和输出的特性分类

按输入和输出特性,传感器可分为线性和非线性两类。

五、传感器的发展

传感器技术是 21 世纪人们在高新技术发展方面争夺的一个制高点,在国外,各发达国家都将传感器技术视为现代高新技术发展的关键,从 20 世纪 80 年代起,日本就将传感器技术列为优先发展的高新技术之首,美国等西方国家也将此技术列为国家科技和国防技术发展的重点内容。我国在 20 世纪 80 年代以来也已将传感器技术列入国家高新技术发展的重点。21 世纪是人类全面进入信息电子化的时代,作为现代信息技术的三大支柱之一的传感器技术必将有较大的发展,概括起来有以下几个方面。

1. 集成化

半导体集成技术与厚、薄膜技术,使传感器集成化成为可能。把信息摄取、放大、变换、传输以及信息处理和存储都制作在同一基片上,它具有反馈功能。传感器的集成化为敏感元件的小型化与薄型化以及为提供高质量、长寿命、低功耗、低售价和特殊功能的新一代敏感元件创造了条件。

传感器集成化的另一含义是把一些同样的单个传感器配置于同一个面上。将一些传感器配成一行,称为一维传感器;将一些传感器配成矩阵,称为二维传感器。

2. 多功能化

传感器的多功能化一般是指传感器本身不仅具有检测功能,而且还兼有信号处理等其他功能。并且,传感器与其他功能复合,从而产生出新的功能,也是多功能化的一种类型。例如,有一种热敏传感器,它是由温度传感器与开关元件集成化而构成的。对这种元件,要将其集电结的反向饱和电流设计成灵敏的随温度而变化、能起控温作用的结构形式。这种器件同时具备温度传感器与开关两种功能。

利用多种物理、化学、生物效应或传感器与相应电子测量电路相结合,使传感器多功能化,这是目前传感器的一种趋势。例如,超微粒热/湿/气敏多功能敏感器件以及集成温度传感器、集成压力传感器、集成磁阻传感器等都属于此类。

3. 智能化

1) 提供了过程数据处理功能智能传感器

这种传感器不但能放大信号,并能使信号数字化,再用软件实现信号调节。一般来说,传感器不能输出线性信号,而过程控制却把线性度作为重要的追求目标。智能传感器通过查表方式可使非线性信号线性化。当然对每个传感器要单独编制这种数据表。另外,智能传感器还能通过数字滤波器对数字信号滤波,从而减少噪声和其他相关效应的干扰。还能用软件实现非线性补偿和其他更复杂的补偿,这是因为查询表几乎能产生任意形状的曲线。

有时必须测量和处理几个不同的物理量,这样将给出各自的数据,智能传感器中的微处理器使用户很容易实现多个信号的加、减、乘、除运算。最重要一点是智能传感器可把过程的数据处理放到接近信号产生点进行,这样带来了极大的好处:其一是因为把附加信号发送到控制室成本较高,而智能传感器就省去了附加传感器和引线的成本;其二是由于附加信息是在信息的应用点检测到的,这样就大大降低了长距离传输的负效应,如噪声、电压降等,从而使信号更准确;其三是可以简化主控制器中的软件,提高控制环的速度。

2) 自诊断能力

智能传感器提供先进的自诊断功能。一是专为特定物理条件下工作而设计的装置,智

能传感器可以监视其工作环境,并当环境条件接近临界条件时能给出报警信号;二是智能光电传感器能通过分析其输入信号状态给出诊断信息,如果反射器校直发生偏移或透镜表面受污染则给出报警信息;三是当传感器内部发生故障时,智能传感器可自己监测出内部出现的临界参数,如果某个参数超出规定的指标,将给出报警信号。通过内部测试环节,传感器可检测出不正常现象或部分故障。

3) 组态功能

灵活的组态功能大大减少了用户需要研制和更换必备的不同传感器类型和数目,利用智能传感器的组态功能可使同一类型的传感器工作在最佳状态,并且能在不同的场合从事不同的工作。

4) 存储功能

智能传感器可以存储大量的信息,用户可随时查询。

5) 数字通信

智能传感器本身带有微控制器,因此属于数字式的,能配置与外部连接的数字串行通信,把串行通信配置到装置上,可以有效地管理信息的传输,使数据只在需要时才输出。

6) 自适应技术

自适应技术可延长器件或装置的寿命,同时也扩大其工作领域,因为它能自动适应不同的环境条件。自适应技术提高了传感器的重复性和准确度。因为其校正和补偿数值已不再是一个平均值,而是测量点的真实修正值。

六、传感器的发展动向

随着新型敏感元件材料和采用新的加工工艺的发展,利用微电子技术、微型计算机技术、现场总线技术与仪器仪表和传感器的结合,使测量精度、自动化水平进一步提高。

1. 开发新型传感器

新型传感器包括采用新原理、填补传感器空白、仿生传感器等方面。它们之间是互相联系的。

传感器的工作机理是基于各种效应和定律,由此启发人们进一步探索具有新效应的敏感功能材料,并以此研制出具有新原理的新型物性型传感器件,这是发展高性能、多功能、低成本和小型化传感器的重要途径。结构型传感器发展得较早,目前日趋成熟。结构型传感器,一般来说它的结构复杂,体积偏大,价格偏高。物性型传感器大致与之相反,具有不少诱人的优点,加之过去发展也不够。世界各国都在物性型传感器方面投入大量人力、物力加强研究,从而使它成为一个值得注意的发展动向。

2. 开发新材料

传感器材料是传感器技术的重要基础,由于材料科学的进步,人们在制造时,可任意控制它们的成分,从而设计制造出用于各种传感器的功能材料。用复杂材料来制造性能更加良好的传感器是今后的发展方向之一。如半导体氧化物可以制造各种气体传感器,而陶瓷传感器工作温度远高于半导体,光导纤维的应用是传感器材料的重大突破,用它研制的传感器与传统的相比有突出的特点。有机材料作为传感器材料的研究,引起国内外学者的极大兴趣。

3. 新工艺的采用

在发展新型传感器中,离不开新工艺的采用。新工艺的含义范围很广,这里主要指与

发展新型传感器联系特别密切的微细加工技术。该技术又称微机械加工技术，是近年来随着集成电路工艺发展起来的，它是离子束、电子束、分子束、激光束和化学刻蚀等用于微电子加工的技术，目前已越来越多地用于传感器领域。

例如利用半导体技术制造出压阻式传感器，利用薄膜工艺制造出快速响应的气敏、湿敏传感器，日本横河公司利用各向异性腐蚀技术进行高精度三维加工，在硅片上构成孔、沟棱锥、半球等各种开关，制作出全硅谐振式压力传感器。

4. 集成化、多功能化

为同时测量几种不同被测参数，可将几种不同的传感器元件复合在一起，做成集成块。例如一种温、气、湿三功能陶瓷传感器已经研制成功。把多个功能不同的传感元件集成在一起，除可同时进行多种参数的测量外，还可对这些参数的测量结果进行综合处理和评价，可反映出被测系统的整体状态。

5. 智能化

对外界信息具有检测、数据处理、逻辑判断、自诊断和自适应能力的集成一体化多功能传感器，这种传感器具有与主机互相对话的功能，可以自行选择最佳方案，能将已获得的大量数据进行分割处理，实现远距离、高速度、高精度传输等。

智能传感器是传感器技术与大规模集成电路技术相结合的产物，它的实现取决于传感器技术与半导体集成化工艺水平的提高与发展。这类传感器具有多功能、高性能、体积小、适宜大批量生产和使用方便等优点，是传感器重要的发展方向之一。

第 1 章

测量的基本知识

测量和检测问题广泛地存在于各行各业,存在于生产、生活等领域,而且随着生产力水平与人类生活水平的不断提高,对测量和检测问题提出了越来越高的要求。一方面要求检测系统具有更高的速度、精度、可靠性和自动化水平,以便尽量减少人力,提高工作效率;另一方面要求检测系统具有更大的灵活性和适应性,并向多功能化、智能化方向发展。传感器的广泛使用使这些要求成为可能。传感器处于研究对象与测控系统的接口位置,是感知、获取检测信息的窗口,一切科学实验和生产过程,特别是自动检测和自动控制系统要获取的信息,都要通过传感器将其转换成容易传输与处理的电信号。

1.1 测量方法及检测系统的组成

一、测量的基本概念

在科学实验和工业生产中,为了及时了解实验进展情况、生产过程情况以及它们的结果,人们需要经常对一些物理量,如电流、电压、温度、压力、流量、液位等参数进行测量,这时人们就要选择合适的测量装置,采用一定的检测方法进行测量。

测量是指人们借助于专门的设备,通过一定的方法,对被测对象收集信息、取得数据概念的过程。测量的结果可以表现为数值,也可以表现为一条曲线或某种图形等。但不管以什么形式表现,测量结果总包含为数值(大小和符号)和单位两部分。例如,测得某一电流为 20 A,表明该被测量的数值为 20,单位为 A(安培)。

二、测量方法

测量方法是指实现测量过程所采用的具体方法。在测量过程中,由于测量对象、测量环境、测量参数的不同,因而采用各种各样的测量仪表和测量方法。针对不同的测量任务进行具体分析,以找出切实可行的测量方法,这对测量工作是十分重要的。

对于测量方法,从不同的角度有不同的分类方法。根据获得测量值的方法可分为直接测量、间接测量和组合测量;根据测量的精度情况可分为等精度测量和非等精度测量;根据测量方式可分为偏差式测量、零位式测量和微差式测量;根据被测量变化快慢可分为静态测量和动态测量;根据测量敏感元件是否与被测介质接触可分为接触测量和非接触测量;根据测量系统是否向被测对象施加能量可分为主动式测量和被动式测量,等等。

1. 直接测量、间接测量与组合测量

1) 直接测量

用事先分度或标定好的测量仪表,直接读取被测量值的方法称为直接测量。例如,用电磁式电流表测量电路的某一支路电流、用电压表测量电压、用温度计测量温度等,都属

于直接测量。直接测量是工程技术中大量采用的方法，其优点是测量过程简单而又迅速，但不易达到很高的测量精度。

2) 间接测量

首先对与被测量有确定函数关系的几个量进行测量，然后再将测量值代入函数关系式，经过计算得到所需结果，这种测量方法称为间接测量。间接测量手续多，花费时间较长，一般用在直接测量不方便或没有相应直接测量仪表的场合。

3) 组合测量

若被测量必须经过求解联立方程组才能得到最后结果，则这种测量方法称为组合测量。组合测量是一种特殊的精密测量方法，操作手续复杂，花费时间长，多用于科学实验等特殊场合。

2. 等精度测量与不等精度测量

用相同仪表与测量方法对同一被测量进行多次重复测量，称为等精度测量。用不同精度的仪表或不同的测量方法，或在环境条件相差很大时对同一被测量进行多次重复测量称为非等精度测量。

3. 偏差式测量、零位式测量和微差式测量

1) 偏差式测量

在测量过程中，用仪表指针的位移（即偏差）决定被测量值，这种测量方法称为偏差式测量。仪表上有经过标准量具校准过的标尺或刻度盘。在测量时，利用仪表指针在标尺上的示值，读取被测量的数值。偏差式测量简单、迅速，但精度不高，这种测量方法广泛应用于工程测量中。

2) 零位式测量

用已知的标准量去平衡或抵消被测量的作用，并用指零式仪表来检测测量系统的平衡状态，从而判定被测量值等于已知标准量的方法称为零位式测量。用天平测量物体的质量、用电位差计测量未知电压都属于零位式测量。在零位式测量中，标准量是一个可连续调节的量，被测量能够直接与标准量相比较，测量误差主要取决于标准量具的误差，因此可获得较高的测量精度。另外，指零结构越灵敏，平衡的判断越准确，越有利于提高测量精度。但这种方法需要平衡操作，测量过程复杂，花费时间长，因此不适用于测量迅速变化的信号。

3) 微差式测量

微差式测量综合了偏差式测量和零位式测量的优点。它将被测量先与已知的标准量相比较，取得差值后，再用偏差法测得此差值。

三、检测系统的组成

在自动检测系统中，各个组成部分是以信息流的过程来划分的。检测时，首先获取被测量的信息，并通过信息的转换把获得的信息变换为电量，然后进行一系列的处理，再用指示仪或显示仪将信息输出，或由计算机对数据进行处理，最后把信息输送给执行机构。所以一个检测系统主要分为信息的获得、信息的转换、信息的处理和信息的输出等几个部分。要完成这些功能主要依靠传感器、信号处理电路、显示装置、数据处理装置和执行机构等。其具体组成框图如图 1-1 所示。



图 1-1 自动检测系统的组成

1. 传感器

传感器是把被测量（如物理量、化学量、生物量等）变换为另一种与之有确定对应关系，并且容易测量的量（通常为电学量）的装置。它是一种获得信息的重要手段，它所获得信息的正确与否，关系到整个检测系统的精度，因而在非电量检测系统中占有重要的地位。

2. 信号处理电路

通常传感器输出信号是微弱的，需要由信号处理电路加以放大、调制、解调、滤波、运算以及数字化处理等。信号处理电路的主要作用就是把传感器输出的电学量变成具有一定功率的模拟电压（或电流）信号或数字信号，以推动后级的输出显示或记录设备、数据处理装置及执行机构。

3. 显示装置

测量的目的是使人们了解被测量的数值，所以必须有显示装置。显示装置的主要作用就是使人们了解检测数值的大小或变化的过程。目前常用的显示方式有模拟显示、数字显示、图像显示 3 种方式。

（1）模拟显示是利用指针对标尺的相对位置来表示被测量数值的大小，如毫伏表、毫安表等，其特点是读数方便、直观，结构简单，价格低廉，在检测系统中一直被大量使用。但这种显示方式的精度受标尺最小分度限制，而且读数时易引入主观误差。

（2）数字显示是指用数字形式来显示测量值，目前大多采用 LED 发光数码管或液晶显示屏等，如数字电压表。这类检测仪器还可附加打印机，打印记录测量数值，并易于计算机联机，使数据处理更加方便。

（3）图像显示是指用屏幕显示（CRT）读数或被测参数变化的曲线，主要用于计算机自动检测系统中。如果被测量处于动态变化中，用一般的显示仪表读数就十分困难，这时可将输出信号送给计算机进行图像显示或送至记录仪，从而描绘出被测量随时间变化的曲线，并以此作为检测结果，供分析使用。常用的自动记录仪器有笔式记录仪、光线示波器、磁带记录仪和计算机等。

4. 数据处理装置和执行机构

数据处理装置就是利用微机技术，对被测结果进行处理、运算、分析，对动态测试结果进行频谱、幅值和能量谱分析等。在自动测控系统中，经信号处理电路输出的与被测量对应的电压或电流信号还可以驱动某些执行机构动作，为自动控制系统提供控制信号。随着计算机技术的飞跃发展，微机在自动检测系统中已得到了非常广泛的应用。