

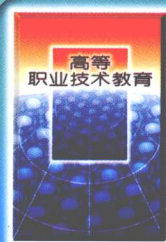


普通高等教育“十一五”国家级规划教材
2007年度普通高等教育国家精品教材
高等职业技术教育机电类专业规划教材
机械工业出版社精品教材

自动检测与 转换技术

第3版

梁 森 王侃夫 黄杭美 编著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



赠电子教案、授课PPT及试
<http://www.sensor-measurement.com>

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
2007年度普通高等教育国家精品教材
高等职业技术教育机电类专业规划教材
机械工业出版社精品教材

自动检测与转换技术

第 3 版

编 著 梁 森 王侃夫 黄杭美
主 审 倪成凤



NLIC2970834418



机械工业出版社

本书是与高职高专国家级“自动检测技术”精品课程配套的普通高等教育“十一五”国家级规划教材,2007年度普通高等教育国家精品教材。主要介绍在生产、科研、生活等领域常用传感器及检测技术的工作原理、特性参数、选型、安装使用、调试等方面的知识。对测量技术的基本概念、误差理论、抗干扰技术、电磁兼容及计算机在检测系统中的应用也作了介绍。

本书反映了近年来的新技术和新器件在自动检测领域中的应用,有较多的应用实例。考虑到近年来学生的实际状况,降低了教材的难度。每章均附有较多的启发性的思考题及应用型习题,可供不同专业方向的教师选择。与教材配套的各章PPT、教案、在线练习及部分习题分析等,可在配套的课程网站上下载。

本书可作为高职高专的电气自动化、机电一体化、生产过程自动化、检测技术及应用等电类专业及数控、机械、材料、能源、汽车、运输、物流、楼宇、安保、轻工、农机、环保、矿业等专业的教材,也可供生产、管理、运行人员及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

自动检测与转换技术/梁森,王侃夫,黄杭美编著. —3版. —北京:机械工业出版社,2013.1

普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 2007年度普通高等教育国家精品教材

ISBN 978-7-111-40710-2

I. ①自… II. ①梁…②王…③黄… III. ①自动检测—高等职业教育—教材②传感器—高等职业教育—教材 IV. ①TP274②TP212

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第299044号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:于宁 责任编辑:于宁

版式设计:霍永明 责任校对:肖琳

封面设计:姚毅 责任印制:张楠

北京振兴源印务有限公司印刷

2013年1月第3版第1次印刷

184mm×260mm·17.75印张·437千字

0001—6000册

标准书号:ISBN 978-7-111-40710-2

定价:36.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

社服务中心:(010)88361066

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

网络服务

教材网:<http://www.cmpedu.com>

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据高职高专教学基本要求及教育部启动的“高等学校教育质量与教学改革工程”的精神编写的,是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,2007年度普通高等教育国家精品教材。从2006年出版至今,已连续印刷三十多次、十几万册,受到广大读者的好评。随着检测技术的不断进步,有必要在保留第2版特色的基础上,对本书进行修订。

在修订中,作者广泛听取了众多读者的各种建议,考虑到学生的现状和就业岗位,降低了教材的难度,删除了过时及不常用的传感器,压缩了公式推导及烦琐的计算,增加了近年来出现的新型传感器和检测技术,突出了应用。在考虑取材深度和广度时,主要着眼于提高高职高专学生的应用能力的培养。

根据高等职业教育培养目标的要求,本书力图使学生学完本书后能获得作为生产一线的技术、管理、维护和运行技术人员所必须掌握的传感器、自动检测系统和抗干扰技术等方面的基本知识和基本技能。

本书着重介绍生产、科研、生活中常用传感器的工作原理、测量转换电路及传感器的应用。各章节的重点放在传感器的选型、调试、测量数据分析等解决实际问题的基本技能上。

本书的素材多来源于最近几年国内外专利文献、科技论文等。在编写过程中,作者还先后深入几十家有关厂商和生产车间,了解、收集了较先进的产品技术资料、图片,甚至实地测绘了许多图样。有相当部分应用电路和实例是作者近十年来从事科研开发、技术改造的成果总结,均编入有关章节中,因此具有较高的真实性和可参考性。

针对本书以测量原理划分章节带来的不足之处,编写中,对经常遇到的诸如温度、压力、流量、液位、振动等被测量以及无损探伤、接近开关、位置检测、频谱分析等有较大实用价值的内容在相关联的章节中作了集中论述,其中温度测量贯彻了ITS-90新标准。

本书可作为高职高专的电气自动化、机电一体化、生产过程自动化、检测技术及应用等电类专业及数控、机械、材料、能源、汽车、运输、物流、楼宇、安保、轻工、农机、环保、矿业等专业的教材,也可供生产、管理、运行人员及有关工程技术人员参考。每章均附有较多的启发性的思考题及应用型习题,可供不同专业方向的教师选择。本书的参考学时为48~60学时。

作者还为本书的出版建立了一个对应的“传感器与检测技术教辅网站”,网址是:<http://www.liangsen.net/>,以及<http://www.sensor-measurement.net/>。

作者将原第2版配套光盘的内容放到上述课程网站上。包含13个章节的电子教案、授课视频、对应的30万字以上专业拓展资料、传感器的现场应用照片、传感器公司的网站链接、多媒体课件、几十个原理动画、上千张实用照片和十几段现场使用录像,部

分录像有英文和德文配音；同时还上传了作业辅导。学生在学习各章时，可以上网同步阅读有关章节的资料，了解检测技术的发展历史，了解传感器的选型、安装、调试和使用，加深对课程内容的理解，增加学习本课程的兴趣，培养自主学习和终身学习的习惯。

配套的课程网站还提供了在线练习，有利于读者检验自己的掌握程度。还建设了在线答疑 BBS。读者和作者可以在 BBS 上提问和交流学习心得，作者将及时回答有关传感器与检测技术的难题。

本书由上海电机学院梁森（绪论、第一、二、三、四、六、八、十、十二章及统稿）、王侃夫（第七、十一、十三章）、杭州职业技术学院黄杭美（第五、九章）编写。

倪成凤研究员担任本书的主审，对书稿进行了认真、负责、全面的审阅。在本书编写过程中，还得到了上海交通大学朱承高、忻建华，上海大学黄正荣、朱铮良，福州大学郑崇苏，上海理工大学孔凡才、谢根涛，河南工业职业技术学院王煜东，原上海机电工业学校阮智利，温州职业技术学院徐虎，广西机电职业技术学院秦培林，上海电机学院苏中义、王海群、刘桂英，东北石油大学曹雪，山东商务技工学校王明霄，上海发电设备成套设计研究院肖伯乐、刘春林，上海电气自动化研究所张玉龙、周宜，上海工业自动化仪表研究所范铠、姜世昌，上海重型机器厂陈克，上海量具刃具厂宋伟强，上海汽轮机厂陈禹明，上海精良电子公司段超，天津图尔克传感器公司李倚天，上海华东电子仪器厂朱美丽、郑学芳，上海轴承滚子厂黄吉平等专家、工程技术人员，以及深圳精星电子公司、上海 803 研究所等多家单位的大力支持，他们对本书提出了许多宝贵意见，作者在此一并表示衷心的感谢。

由于传感器技术发展较快，作者水平有限，本书内容难免存在遗漏和不妥之处，敬请读者批评指正。我们热诚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，并欢迎您将对本书的意见和建议通过 E-mail 告诉我们，E-mail 地址是 liangsen2@126.com，也可以在 <http://www.sensor-measurement.net/> 网站的 BBS 中留言，需要电子教案、授课 PPT 及试卷的教师可与作者联系。

作 者

目 录

前言

绪论	1
----	---

第一章 检测技术的基本概念	9
---------------	---

第一节 测量的基本概念及方法	9
----------------	---

第二节 测量误差及分类	10
-------------	----

第三节 传感器及其基本特性	14
---------------	----

思考题与习题	18
--------	----

第二章 电阻传感器	20
-----------	----

第一节 电阻应变传感器	20
-------------	----

第二节 测温热电阻传感器	32
--------------	----

第三节 气敏电阻传感器	37
-------------	----

第四节 湿敏电阻传感器	39
-------------	----

思考题与习题	42
--------	----

第三章 电感传感器	47
-----------	----

第一节 自感传感器	47
-----------	----

第二节 差动变压器传感器	51
--------------	----

第三节 电感传感器的应用	55
--------------	----

思考题与习题	59
--------	----

第四章 电涡流传感器	63
------------	----

第一节 电涡流传感器的工作原理	63
-----------------	----

第二节 电涡流传感器的结构及特性	64
------------------	----

第三节 电涡流传感器的测量转换电路	65
-------------------	----

第四节 电涡流传感器的应用	67
---------------	----

第五节 接近开关及应用	72
-------------	----

思考题与习题	76
--------	----

第五章 电容传感器	78
-----------	----

第一节 电容传感器的工作原理及 结构形式	78
-------------------------	----

第二节 电容传感器的测量电路	82
----------------	----

第三节 电容传感器的应用	83
--------------	----

第四节 压力和流量的测量	89
--------------	----

思考题与习题	92
--------	----

第六章 压电传感器	95
-----------	----

第一节 压电传感器的工作原理	95
----------------	----

第二节 压电传感器的测量转换电路	97
------------------	----

第三节 压电传感器的应用	99
--------------	----

第四节 振动测量及频谱分析	101
---------------	-----

思考题与习题	107
--------	-----

第七章 超声波传感器	109
------------	-----

第一节 超声波的物理基础	109
--------------	-----

第二节 超声波换能器及耦合技术	112
-----------------	-----

第三节 超声波传感器的应用	115
---------------	-----

第四节 无损探伤	119
----------	-----

思考题与习题	122
--------	-----

第八章 霍尔传感器	124
-----------	-----

第一节 霍尔元件的工作原理及特性	124
------------------	-----

第二节 霍尔集成电路	126
------------	-----

第三节 霍尔传感器的应用	128
--------------	-----

思考题与习题	132
--------	-----

第九章 热电偶传感器	135
------------	-----

第一节 温度测量的基本概念	135
---------------	-----

第二节 热电偶传感器的工作原理	137
-----------------	-----

第三节 热电偶的种类及结构	139
---------------	-----

第四节 热电偶冷端的延长	142
--------------	-----

第五节 热电偶的冷端温度补偿	143
----------------	-----

第六节 热电偶的应用及配套仪表	145
-----------------	-----

思考题与习题	148
--------	-----

第十章 光电传感器	151
-----------	-----

第一节 光电效应及光电元件	151
---------------	-----

第二节 光电元件的基本应用电路	161
-----------------	-----

第三节 光电传感器的应用	163
--------------	-----

第四节 光电开关及光电断续器	173
----------------	-----

第五节 光导纤维传感器及应用	175
----------------	-----

思考题与习题	185
--------	-----

第十一章 数字式位置传感器	188
---------------	-----

第一节 位置测量的方式	188
-------------	-----

第二节 角编码器	190
----------	-----

第三节 光栅传感器	194
-----------	-----

第四节 磁栅传感器	201
-----------	-----

第五节 容栅传感器	204
-----------	-----

思考题与习题	206
--------	-----

第十二章 检测系统的抗干扰技术	210
-----------------	-----

第一节 干扰源及防护	210
------------	-----

第二节 检测技术中的电磁兼容原理	213	思考题与习题	266
第三节 几种电磁兼容控制技术	218	附录	268
思考题与习题	231	附录 A 常用传感器的性能及选择	268
第十三章 检测技术的综合应用	234	附录 B 中华人民共和国法定计量单位	269
第一节 现代检测系统的基本结构	234	附录 C 本书涉及到的部分计量单位	271
第二节 带计算机的检测系统简介	236	附录 D 工业热电阻分度表	271
第三节 带计算机的检测技术应用实例	242	附录 E 镍铬-镍硅(镍铝) K 型 热电偶分度表	273
第四节 传感器在汽车中的应用	246	部分习题参考答案	275
第五节 传感器在数控机床中的应用	250	参考文献	276
第六节 传感器在机器人中的应用	255		
第七节 传感器在智能楼宇中的应用	259		

绪 论

检测（Detection）是利用各种物理、化学效应，选择合适的方法与装置，将生产、科研、生活等各方面的有关信息通过检查与测量的方法赋予定性或定量结果的过程。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。

在信息社会的一切活动领域中，从日常生活、生产活动到科学实验，时时处处都离不开检测。现代化的检测手段在很大程度上决定了生产、科学技术的发展水平，而科学技术的发展又为检测技术提供了新的理论基础和制造工艺，同时对检测技术提出了更高的要求。

一、检测技术在国民经济中的地位和作用

检测技术是现代化领域中很有发展前途的技术，它在国民经济中起着极其重要的作用。

在机械制造行业中，通过对机床的许多静态、动态参数如工件的加工精度、切削速度、床身振动等进行在线检测，从而控制加工质量。在化工、电力等行业中，如果不随时对生产工艺过程中的温度、压力、流量等参数进行自动检测，生产过程就无法控制甚至产生危险。在交通领域，一辆现代汽车中的传感器就有十几种之多，分别用以检测车速、方位、负载、振动、油压、油量、温度和燃烧过程等。在国防科研中，检测技术用得更多，许多尖端的检测技术都是因国防工业需要而发展起来的，例如，研究飞机的强度，就要在机身、机翼上贴上几百片应变片并进行动态测量；在导弹、卫星的研制中，检测技术就更为重要，必须对它们的每个构件进行强度和动态特性的测试，运行姿势测量等。近年来，随着家电工业的兴起，检测技术也进入了人们的日常生活中，例如，自动检测并调节房间温度、湿度的空调机；自动检测衣服污度和重量、利用模糊技术的智能洗衣机等。图 0-1 ~ 图 0-3 所示为检测技术在这些领域应用的一些典型示例。

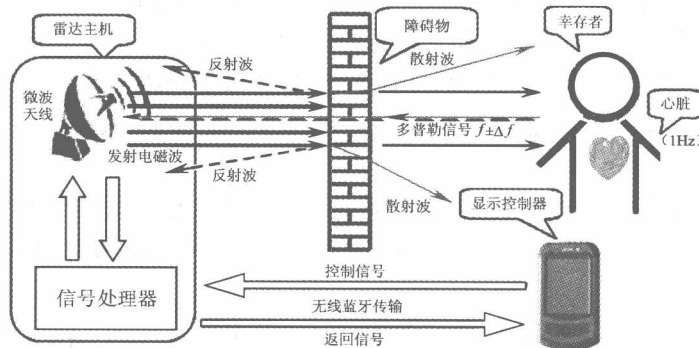


图 0-1 生命探测仪的工作原理

近几十年来，自动控制理论、计算机技术迅速发展，并已应用到生产和生活的各个领域。但是，由于作为“感觉器官”的传感器技术没有与计算机技术协调发展，出现了信息处理功能发达、检测功能不足的局面。目前许多国家已投入大量人力、物力，发展各类新型传感器，检测技术在国民经济中的地位也日益提高。

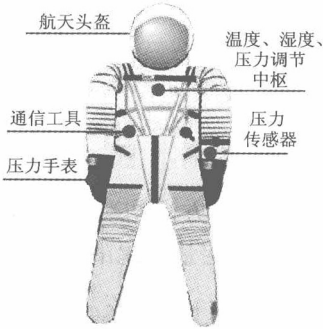


图 0-2 航天服与传感器示意图

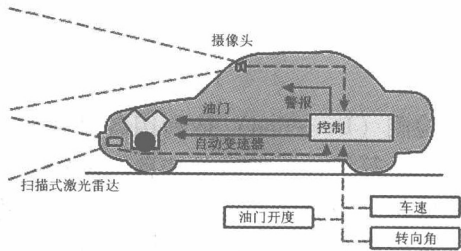


图 0-3 检测技术在车辆碰撞预防系统中的应用

二、工业检测技术的内容

工业检测技术的内容较广泛，常见的工业检测涉及的内容如表 0-1 所示。

表 0-1 工业检测涉及的内容

被测量类型	被测量	被测量类型	被测量
热工量	温度、热量、比热容、热流、热分布、压力（压强）、压差、真空度、流量、流速、物位、液位、界面	物体的性质和成分量	气体、液体、固体的化学成分、浓度、粘度、湿度、密度、酸碱度、浊度、透明度、颜色
机械量	直线位移、角位移、速度、加速度、转速、应力、应变、力矩、振动、噪声、质量（重量）	状态量	工作机械的运动状态（启停等）、生产设备的异常状态（超温、过载、泄漏、变形、磨损、堵塞、断裂等）
几何量	长度、厚度、角度、直径、间距、形状、平行度、同轴度、粗糙度、硬度、材料缺陷	电工量	电压、电流、功率、电阻、阻抗、频率、脉宽、相位、波形、频谱、磁场强度、电场强度、材料的磁性能

显然，在实际工业生产中，需要检测的量远不止以上所举的项目。而且随着自动化、现代化的发展，工业生产将对检测技术提出越来越多的新要求，本教材主要是向读者介绍非电量的检测技术，对霍尔传感器用于电流、电压的测量也做了介绍。

三、自动检测系统的组成

目前，非电量的检测多采用电测量法，即首先将各种非电量转变为电量，然后经过一系列的处理，将非电量参数显示出来，人体信息接受过程框图与自动检测系统框图比较如图 0-4 所示。

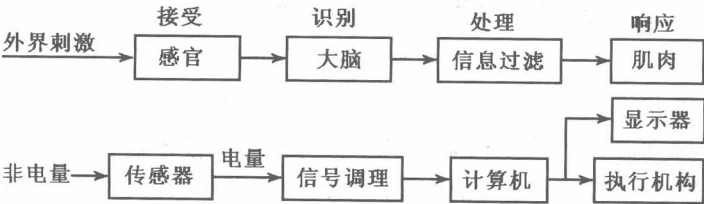


图 0-4 人体信息接受过程框图与自动检测系统框图比较

1. 系统框图

系统框图用于表示一个系统各部分和各环节之间的关系,用来描述系统的输入、输出、中间处理等基本功能和执行逻辑过程的概念模式。在产品说明书、科技论文中,能够清晰地表达比较复杂的系统各部分之间的关系及工作原理。

在检测系统中,将各主要功能或电路的名称画在框内,按信号的流程,将几个框用箭头联系起来,有时还可以在箭头上标出信号的名称。对具体的检测系统或传感器而言,必须将框图中的各项赋予具体的内容。

2. 传感器

传感器(Transducer)在本教材中是指一个能将被测的非电量变换成电量的器件(传感器的确切定义见第一章第三节)。

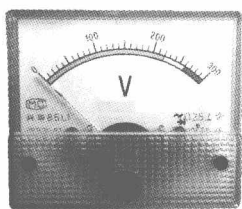
3. 信号调理电路

信号调理电路也称信号处理电路,包括放大(或衰减)电路、滤波电路、隔离电路等。放大电路的作用是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,以推动后级的显示器、数据处理装置及执行机构。

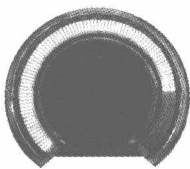
4. 显示器

目前常用的显示器有以下几种:模拟显示、数字显示、图像显示及记录仪等。模拟量是指连续变化量。模拟显示是利用指针对标尺的相对位置来表示读数的,常见的有毫伏表、微安表和模拟光柱等,如图 0-5 所示。

数字显示目前多采用发光二极管(LED)和液晶显示器(LCD)等,以数字的形式来显示读数。前者亮度高、耐振动、可适应较宽的温度范围;后者耗电少、集成度高,如图 0-6 所示。带背光板的 LCD 能在夜间观看,但耗电有所增加。



a) 指针式模拟电压表



b) 光柱式模拟电压表

图 0-5 模拟电压表



a) 电子血压计的LCD显示



b) 压力表的LED显示

图 0-6 数字显示

图像显示是用 CRT 或点阵 LCD 来显示读数或被测参数的变化曲线,有时还可利用图表或彩色图等形式来反映整个生产线上的多组数据。

记录仪主要用来记录被检测对象的动态变化过程,常用的记录仪有笔式记录仪、高速打印机、绘图仪、数字存储示波器、磁带记录仪和无纸记录仪等,如图 0-7 所示。

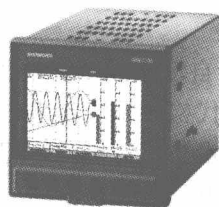


图 0-7 无纸记录仪的图像显示

5. 数据处理装置

数据处理装置用来对测试所得的实验数据进行处理、运算、逻辑判断和线性变换,对动态测试结果做频谱分析等,完成这些工作必须采用计算机技术。

数据处理的结果通常送到显示器和执行机构中去,以显示运算处理的各种数据或控制各种被控对象。在不带数据处理装置的自动检测系统中,显示器和执行机构由信号调理电路直接驱动。

6. 执行机构

所谓执行机构通常是指各种继电器、电磁铁、电磁阀门、电磁调节阀和伺服电动机等,如图0-8、图0-9所示。它们在电路中是起通断、控制、调节和保护等作用的电器设备。许多检测系统能输出与被测量有关的电流或电压信号,作为自动控制系统的控制信号,去驱动这些执行机构。

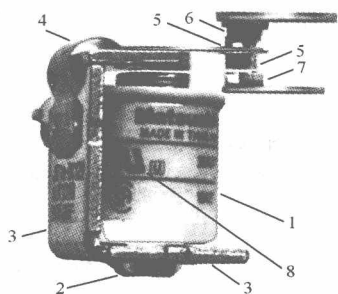


图0-8 电磁继电器

- 1—电磁线圈 2—铁心 3—铁扼 4—簧片
5—动触点 6—动断触点(常闭触点)
7—动合触点(常开触点) 8—安全试验标记

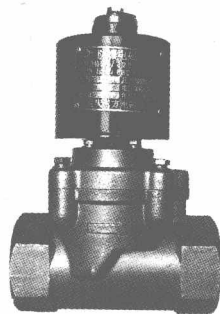


图0-9 电磁阀

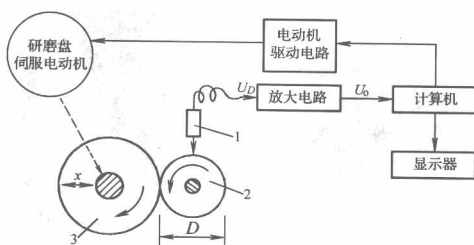


图0-10 自动磨削测控系统

- 1—传感器 2—被研磨工件 3—研磨盘

7. 自动检测系统举例

当代检测系统越来越多地使用计算机或微处理器来控制执行机构的工作。检测技术、计算机技术与执行机构等配合就能构成比较典型的自动控制系统。图0-10所示的自动磨削测控系统就是自动检测的一个典型例子。图中的传感器1快速检测出工件的直径参数 D ,计算机一方面对直径参数做一系列的运算、比较、判断等工作,然后将有关参数送到显示器显示出来;另一方面发出控制信号,控制研磨盘的径向位移 x ,直到工件加工到规定要求为止。

该系统是一个自动检测与控制的闭环系统，也称反馈控制系统。

四、检测技术的发展趋势

近年来，随着半导体、计算机技术的发展，新型或具有特殊功能的传感器不断涌现出来，检测装置也向小型化、固体化及智能化方向发展，应用领域也越加宽广。上至茫茫太空，下至海底、井下，大至工业生产系统，小至家用电器、个人用品，我们都可以发现检测技术的广泛运用。当前，检测技术的发展主要表现在以下几个方面：

1. 不断提高检测系统的测量准确度、量程范围、延长使用寿命、提高可靠性

随着科学技术的不断发展，对检测系统测量准确度的要求也相应地在提高。近年来，人们研制出许多高精度的检测仪器以满足各种需要。例如，用直线光栅测量直线位移时，测量范围可达二、三十米，而分辨率可达微米级；人们已研制出能测量小至几帕的微压力和大到几千兆帕高压的压力传感器；开发了能够测出极微弱磁场的磁敏传感器等。

从 20 世纪 60 年代开始，人们对传感器的可靠性和故障率的数学模型进行了大量的研究，使得检测系统的可靠性及寿命大幅度的提高。现在许多检测系统可以在极其恶劣的环境下连续工作数十万小时。目前人们正在不断努力进一步提高检测系统的各项性能指标。

2. 应用新技术和新的物理效应，扩大检测领域

检测原理大多以各种物理效应为基础，近代物理学的进展如纳米技术、激光、红外、超声、微波、光纤、放射性同位素等新成就都为检测技术的发展提供了更多的依据。如图像识别、激光测距、红外测温、C 型超声波无损探伤、放射性测厚、中子探测爆炸物等非接触测量得到迅速的发展。

20 世纪 70 年代以前，检测技术主要用于工业部门。如今，检测领域正扩大到整个社会需要的各个方面。不仅包括工程、海洋开发、宇宙航行等尖端科学技术和新兴工业领域，而且已涉及生物、医疗、环境污染监测、危险品和毒品的侦察、安全监测等方面，并且已开始渗入到人类的日常生活设施之中。

3. 发展集成化、功能化的传感器

随着半导体集成电路技术的发展，硅和砷化镓电子元件的高度集成化大量地向传感器领域渗透。人们将传感元件与信号处理电路制作在同一块硅片上，从而研制出体积更小、性能更好、功能更强的传感器。例如，已研制出高精度的 PN 结测温集成电路；又如，人们已能将排成阵列的上千万个光敏元件及扫描放大电路制作在一块芯片上，制成彩色 CCD 数码照相机、摄像机以及可摄影的手机等。今后还将在光、磁、温度、压力等领域开发出新型的集成度很高的传感器。

4. 采用计算机技术，使检测技术智能化

自 20 世纪 70 年代微处理器问世以来，人们已迅速将计算机技术应用到测量技术中，使检测仪器智能化，从而扩展了功能，提高了准确度和可靠性，目前研制的检测系统大多都带有微处理器。

5. 发展网络化传感器及检测系统

随着微电子技术的发展，现在已可以将十分复杂的信号处理和电路集成到单块芯片中去。传感器的输出不再是模拟量，而是符合某种协议格式（如可即插即用的数字信号）。

通过企业内部网络,也可以通过互联网,实现多个系统之间的数据交换和共享,从而构成网络化的检测系统。还可以远在千里之外,随时随地浏览现场工况,实现远程调试、远程故障诊断、远程数据采集和实时操作。

总之,检测技术的蓬勃发展适应了国民经济发展的迫切需要,是一门充满希望和活力的新兴技术,目前取得的进展已十分瞩目,今后还将有更大的飞跃。

五、本课程的任务和学习方法

本课程的任务是:在阐明测量基本原理的基础上,使读者逐一了解各种传感器如何将非电量转换为电量,掌握相应的测量转换、信号调理电路和应用。本书对误差处理、弹性元件、电磁兼容原理及抗干扰技术也给予适当的介绍,对自动检测技术的综合应用以及现代测试系统举了较多的实例,以使读者能解决工作现场的实际问题。

本课程涉及的学科面广,需要有较广泛的基础/专业知识和适当的理论知识。学好这门课程的关键在于理论联系实际,要举一反三,富于联想,善于借鉴,关心和观察周围的各种机械、电气、仪表等设备,重视实验,才能学得活、学得好。

本书各章均附有数量较多的思考题与习题,引导读者循序渐进地掌握检测技术的基本概念和实际应用能力。读者可根据自身的专业方向选做其中的一部分。对本书中的分析、思考题及应用型设计题,可利用讨论课的方式来学习和掌握。读者还必须掌握上网查阅资料的技巧,收集网上有关资料后,才能完成课后的一些习题,这种训练方法有利于读者掌握最新的技术发展和学科动态。

利用百度搜索引擎查找“压力传感器”图片的结果如图 0-11 所示,在谷歌网站上搜索到的传感器技术资料如图 0-12 所示。



图 0-11 百度搜索“压力传感器”图片的页面

由于传感器的品种繁多,检测技术的实践性较强,建议对照实物来学习和理解传感器原理。在开卷考试中,学生可以翻阅有关的借阅到的书籍资料,以及作业和笔记,从而模拟工作现场工作环境,培养学生的查阅资料能力。

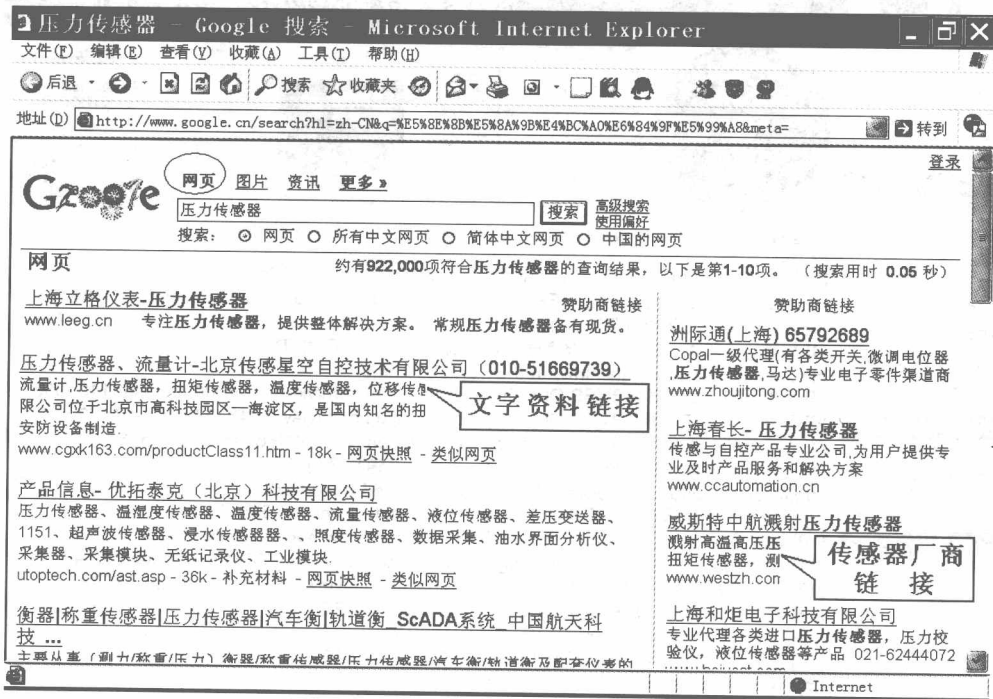


图 0-12 谷歌搜索“压力传感器”资料的页面

在学习过程中,还可以登录与本书配套的 <http://www.liangsen.net/> (自动检测技术课程网) 或 <http://www.sensor-measurement.net/> (检测技术教辅网站), 可以在网站上下载 30 万字以上的有关拓展阅读专业资料, 下载有关章节的多媒体课件、原理动画和众多专业图片, 了解检测技术的发展历史, 掌握传感器的选型、安装、调试和使用, 以便于更好地理解学习本书各部分时所遇到的知识难点。还可以在 BBS 上提问, 并与作者进行讨论。也可以利用百度或谷歌搜索引擎, 找到“自动检测技术课程网”和“检测技术教辅网站”, 该网站的主页如图 0-13 所示。

梁老师答疑网(自动检测技术课程网) - Windows Internet Explorer

http://www.liangsen.net/ 百度搜索

自动检测技术 教辅平台

(梁老师答疑网)

www.liangsen.net 检测技术教学团队努力打造教学答疑网品牌

累计访问人数: 1168331 人次

教学大纲

精品教材简介

师资队伍介绍

课程简介

教案

网上教学资源

多媒体课件

动画演示

在线练习

在线考试

授课录像

专业拓展知识

专业拓展图片

参考文献目录

实践教学环节

检测技术综合实验

小位移传感器综合实验

实习基地

答疑主页 <http://www.sensor-measurement.net/>, 请读者直接注册提问!

绪论

- [1] 张华. 热工测量仪表[EB/OL]. <http://www.bookschina.com/1658504.htm>
- [2] Beckwith T.G. 机械量测量[EB/OL]. <http://www.golden-book.com/booksinfo/38/380193.htm>
- [3] 百度百科. 几何量测量[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/3773713.htm#sub3773713>
- [4] 郭斌, 欧阳烨. 微弱信号调理电路和模数转换电路的探讨[EB/OL]. <http://www.dzsc.com/data/html/2009-9-12/78669.html>
- [5] 百度百科. LED显示器[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/1401900.htm#sub1401900>
- [6] 百度百科. 液晶显示器[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/724312.htm#sub1472>
- [7] 百度百科. 电磁阀[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/89856.htm#sub89856>
- [8] 上海工业自动化仪表研究所. 调节阀、控制阀及通用阀门[EB/OL]. <http://wenku.baidu.com/view/8989313610661ed9ad51f3ad.html>
- [9] 百度百科. 伺服电动机[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/328308.htm>
- [10] 百度百科. 砂轮[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/33841.htm#sub33841>
- [11] 百度百科. 闭环系统[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/330547.htm#sub330547>
- [12] 百度百科. 失效率[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/553212.htm#sub2012692>
- [13] 颜志国, 成诚. 中子探测技术在安全检查中的应用[EB/OL]. <http://www.jingchazhuangbei.com/news/date.asp?lb>
- [14] 童利标, 徐科军. IEEE 1451网络化智能传感器标准的发展及应用探讨[EB/OL]. <http://www.liangsen.net/news.php?id=2426>

第1章

- [1] 施昌彦. 通用计量术语知识讲座[EB/OL]. <http://wenku.baidu.com/view/598041eeaeaad1f346933f56.html>
- [2] 张怡. 自动平衡电桥与电子电位差计的比较[EB/OL]. <http://wenku.baidu.com/view/9877fe1b6bd97f192279e97a.html>
- [3] 杨陶利. γ 射线测厚仪的原理及在中厚板生产线中的应用[EB/OL]. <http://www.wismc.com/show.asp?id=596>
- [4] 南京信息工程大学物理实验教学中心. 测量误差[EB/OL]. http://web.nuist.edu.cn/wlxy/upload/2007_02/07022621301150.pdf
- [5] 上海工业自动化仪表研究所. 工业过程测量和控制用检测仪表和显示仪表精确度等级[EB/OL]. <http://www.synl.ac.cn/org/22/download2/GB-T13283-1991.pdf>

图 0-13 自动检测技术课程网的主页

第一章 检测技术的基本概念

测量是检测技术的主要组成部分，测量得到的是定量的结果。人类生产力的发展促进了测量技术的进步。商品交换必须有统一的度、量、衡；天文、地理也离不开测量；17 世纪工业革命对测量提出了更高的要求，如蒸气机必需配备压力表、温度表、流量表、水位表等仪表。现代社会要求测量必须达到更高的准确度、更小的误差、更快的速度、更高的可靠性，测量的方法也日新月异。本章主要介绍测量的基本概念、测量方法、误差分类、测量结果的数据处理以及传感器的基本特性等内容，是检测与转换技术的理论基础。

第一节 测量的基本概念及方法

测量（Measurement）是借助专门的技术和仪表设备，采用一定的方法取得某一客观事物定量数据资料的认识过程。

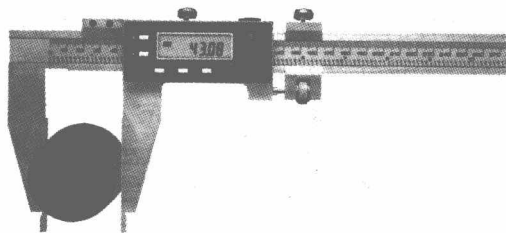
对于测量方法，从不同的角度出发，有不同的分类方法。

1. 静态测量和动态测量

根据被测量是否随时间变化，可分为静态测量和动态测量。例如，用激光干涉仪对建筑物的缓慢沉降作长期监测就属于静态测量；又如，用光导纤维陀螺仪测量火箭的飞行速度、方向就属于动态测量。

2. 直接测量和间接测量

根据测量的手段不同，可分为直接测量和间接测量，如图 1-1 所示。用标定的仪表直接读取被测量的测量结果，该方法称为直接测量。例如，用磁电式仪表测量电流、电压；用离子敏场效应晶体管测量 pH 值和甜度等。间接测量的过程比较复杂，首先要对与被测量有确定函数关系的量进行直接测量，将测量值代入函数关系式，经过计算求得被测量。



a) 用游标卡尺直接测量工件的直径



b) 阿基米德测量比重的构想

图 1-1 直接测量与间接测量

3. 模拟式测量和数字式测量

根据测量结果的显示方式，可分为模拟式测量和数字式测量。数字式测量稳定性较高。

4. 接触式测量和非接触式测量

根据测量时是否与被测对象接触,可分为接触式测量和非接触式测量。例如用多普勒雷达测速仪测量汽车超速与否就属于非接触式测量。非接触式测量不影响被测对象的运行工况,是目前发展的趋势。利用红外线辐射成像仪测量供电变压器的表面温度如图 1-2 所示。



图 1-2 利用红外线辐射成像仪测量供电变压器的表面温度

5. 在线测量和离线测量

为了监视生产过程,或在生产流水线上监测产品质量的测量称为在线测量,反之,则称为离线测量。例如,现代自动化机床采用边加工、边测量的方式就属于在线测量,它能保证产品质量的一致性。离线测量虽然能测量出产品的合格与否,但无法实时监控产品质量。

第二节 测量误差及分类

测量的目的是希望通过测量求取被测量的真值 (True value)。所谓真值,是指在一定条件下被测量客观存在的实际值。真值有理论真值、约定真值和相对真值之分。例如,三角形三个内角之和为 180° ,这种真值称为理论真值。又如,在标准条件下,水的三相点为 273.16K ,银的凝固点是 961.78°C ,这类真值均称为约定真值。相对真值:凡准确度高两级的仪表的误差与准确度低的仪表的误差相比,前者的误差是后者的 $1/3$ 以下时,则高两级仪表的测量值可以认为是相对真值。相对真值在误差测量中的应用最为广泛。

测量值与真值之间的差值称为测量误差 (Measuring error)。测量误差可按其不同特征进行分类。

一、绝对误差和相对误差

1. 绝对误差 (Absolute error)

绝对误差 Δ 是指测量值 A_x 与真值 A_0 之间的差值。即

$$\Delta = A_x - A_0 \quad (1-1)$$

2. 相对误差 (Relative error)

有时绝对误差不足以反映测量值偏离真值程度的大小,所以引入了相对误差。相对误差用百分比的形式来表示,一般多取正值。相对误差可分为实际相对误差、示值相对误差和满度相对误差等。

(1) 示值 (标称) 相对误差 γ_x 示值相对误差 γ_x 是用绝对误差 Δ 与被测量 A_x 的百分比来表示的。即

$$\gamma_x = \frac{\Delta}{A_x} \times 100\% \quad (1-2)$$

(2) 满度 (引用) 相对误差 γ_m 测量下限为零的仪表的满度相对误差 γ_m 是用绝对误差 Δ 与仪器满度值 A_m 的百分比来表示的。即

$$\gamma_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\% \quad (1-3)$$