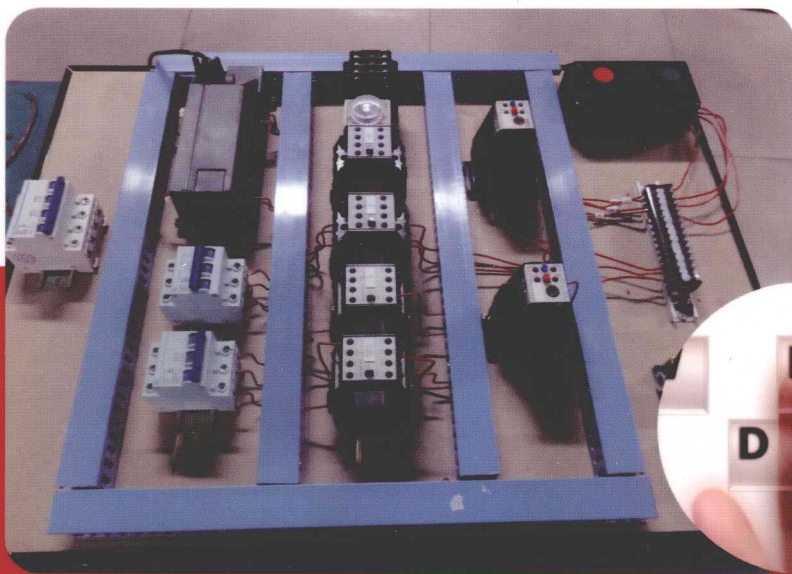




21世纪高等院校**自动化类**实用规划教材

自动检测与转换技术

王振成 主 编
李九宏 副主编
吴耀宇



免费赠送
电子课件

- 全面讲述了各种传感器的原理和应用技术、非电量的检测与信号转换方法的知识。
- 所编写内容注重实用性和可操作性，理论分析以适度、够用为限，突出重点，分散难点，体现高职教学特色。



清华大学出版社

21 世纪高等院校自动化类实用规划教材

自动检测与转换技术

王振成 主 编
吴耀宇 李九宏 副主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书主要介绍机械工程中常见机械参量的检测和信号转换的原理与方法。全书共分9章, 主要内容包括自动检测技术的基本知识、应变和力的测试、位移的测量、速度的检测、机械振动的检测、流量和压力的测量、温度的检测、环境量的检测及无损探伤技术和计算机辅助检测系统。

本书适用于高职高专及成人高校机械、电气及电子工程、汽车和冶金类等工科专业使用, 也可供高等学校本科相关专业选用, 同时可以供传感器技术爱好者自学及从事测控技术工作的工程技术人员参考。

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 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

自动检测与转换技术/王振成主编; 吴耀宇, 李九宏副主编. --北京: 清华大学出版社, 2013
(21 世纪高等院校自动化类实用规划教材)
ISBN 978-7-302-31407-3

I. ①自… II. ①王… ②吴… ③李… III. ①自动检测—高等学校—教材 ②传感器—高等学校—教材 IV. ①TP274 ②TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 015976 号

责任编辑: 李春明

装帧设计: 杨玉兰

责任校对: 周剑云

责任印制: 王静怡

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 装 者: 北京密云胶印厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm 印 张: 14.25 字 数: 343 千字

版 次: 2013 年 5 月第 1 版 印 次: 2013 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 28.00 元

产品编号: 049788-01

前 言

随着自动化技术和信息技术的发展,传感器技术的应用领域日趋扩大。自动检测与信号转换技术课程,全面讲述了各种传感器的原理和应用技术、非电量的检测与信号转换方法方面的知识。高职高专工科类专业学生学习并熟练掌握这些基本内容,将有助于对后续专业课程的学习。

本书从高职高专学生学习特点和岗位需求出发,教材内容的选择、构造和体系适用于应用型教学的需要,力求理论简洁实用、图文并茂、通俗易懂,达到举一反三、融会贯通的目的,体现高职教学特色。在编写安排上力争做到由浅入深、循序渐进,所编写内容注重实用性和可操作性,理论分析以适度、够用为限,突出重点,难点分散。

全书共分9章,具体内容如下。

第1章为自动检测技术的基本知识,主要介绍测量的基本概念及方法、测量误差及其分类、测量结果的数据分析及其处理、传感器及其基本特性。

第2章为应变和力的测试,主要介绍应变的测试、测量电路——电桥、应变片的选择与粘贴。

第3章为位移的测量,主要介绍位移—数字式传感器、其他常用的位移传感器。

第4章为速度的检测,主要介绍运动速度的测量、转速的测量。

第5章为机械振动的检测,主要介绍机械振动的类型、振动的激励和激振器、测振传感器和振动的测量。

第6章为流量和压力的测量,主要介绍总量测量仪表、流体阻力式流量计、测速式流量计和压力的概念。

第7章为温度的检测,主要介绍温度测量的基本概念、热电偶传感器的工作原理、热电偶的种类及结构、热电偶冷端的延长、热电偶的冷端温度补偿、热电偶的应用、膨胀式温度计和压力式温度计和热敏电阻温度传感器。

第8章为环境量的检测及无损探伤技术,主要介绍湿敏电阻传感器、噪声的测量、气体及烟雾的检测和无损检测技术。

第9章为计算机辅助检测系统,主要介绍计算机辅助检测系统、计算机辅助检测技术应用实例。

本书由王振成教授担任主编并负责全书的统稿,具体的编写分工如下:王振成教授编写绪论、第1章、附表和附录;吴耀宇教授编写第2章和第3章;魏瑞娟老师编写第4章和第5章;李九宏教授(院长)编写第6章和第9章;刘瑞礼老师编写第7章和第8章。此外,中州大学工程技术学院的王欣、郑路、狄恩仓、张璐璐、宋海军、刘宏宇六位老师对本书所需资料的收集、实验数据的提供及全书的插图给予了大力协助,在此深表谢意!本书在编写过程中参阅了很多专家老师编纂的教材和专著,在此一并表示感谢!

高职高专教育在新时期具有新的教学模式和特色，其完善需要长期和艰苦的工作，目前，许多院校都在进行这方面的探索。如果我们的努力能为这项教学改革尽到微薄之力，这将是我们的最大心愿。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，敬请专家和广大读者批评指正。

编 者

目 录

绪论.....	1	3.2 位移-数字式传感器.....	36
第 1 章 自动检测技术的基本知识.....	7	3.2.1 光栅式位移传感器.....	36
1.1 测量的基本概念及方法.....	8	3.2.2 数字式角编码器.....	37
1.1.1 测量的基本概念.....	8	3.2.3 磁栅式传感器.....	43
1.1.2 测量方法.....	8	3.2.4 容栅式传感器.....	47
1.2 测量误差及其分类.....	9	3.3 其他常用的位移传感器.....	50
1.2.1 测量误差的表示方式.....	9	3.3.1 电感式传感器.....	50
1.2.2 测量误差的分类.....	10	3.3.2 涡流式传感器.....	58
1.3 测量结果的数据分析及其处理.....	13	3.3.3 电容式传感器.....	62
1.3.1 测量结果的数据分析.....	14	复习思考题.....	68
1.3.2 测量结果的数据处理.....	15	第 4 章 速度的检测.....	71
1.3.3 测量系统静态误差的合成.....	17	4.1 运动速度的测量.....	72
1.4 传感器及其基本特性.....	18	4.1.1 激光多普勒测速.....	72
1.4.1 传感器的定义及组成.....	18	4.1.2 相关法测速.....	73
1.4.2 传感器的分类.....	20	4.2 转速的测量.....	74
1.4.3 传感器的基本特性.....	21	4.2.1 机械式转速计.....	74
复习思考题.....	24	4.2.2 闪光测转速法.....	75
第 2 章 应变和力的测试.....	25	4.2.3 霍尔传感器测量转速.....	75
2.1 应变的测试.....	26	4.2.4 光电式传感器测量转速.....	78
2.1.1 应变片的工作原理.....	26	4.2.5 数字式转速测量系统.....	81
2.1.2 应变片的类型.....	27	复习思考题.....	84
2.2 测量电路——电桥.....	28	第 5 章 机械振动的检测.....	85
2.2.1 直流电桥.....	28	5.1 概述.....	86
2.2.2 交流电桥.....	30	5.2 机械振动的类型.....	87
2.3 应变片的选择与粘贴.....	30	5.2.1 振动的类型及其表征参数.....	87
2.3.1 应变片的选择.....	30	5.2.2 振动计量器具检定系统.....	90
2.3.2 应变片的粘贴.....	31	5.2.3 振动测量仪器的检定.....	93
2.3.3 试件上的布片与接桥.....	32	5.3 振动的激励和激振器.....	95
2.3.4 提高应变测试精度的措施.....	32	5.3.1 振动的激励.....	95
复习思考题.....	33	5.3.2 激振器.....	98
第 3 章 位移的测量.....	35	5.4 测振传感器.....	101
3.1 概述.....	36	5.4.1 压电式加速度传感器 及阻抗头.....	102

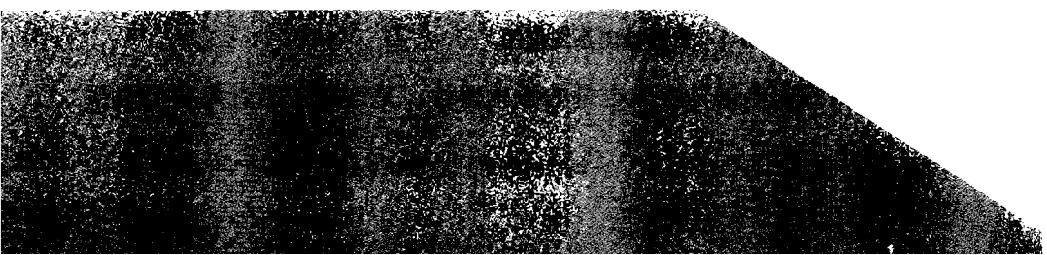
5.4.2 磁电式速度传感器	110	7.4 热电偶冷端的延长	147
5.4.3 电涡流测振传感器	112	7.5 热电偶的冷端温度补偿	148
5.5 振动的测量	113	7.5.1 冷端温度补偿法	148
5.5.1 振动量的测量	113	7.5.2 计算修正法	149
5.5.2 固有频率和阻尼的测量	115	7.5.3 仪表机械零点调整法	150
复习思考题	117	7.5.4 电桥补偿法	150
第6章 流量和压力的测量	119	7.6 热电偶的应用	150
6.1 概述	120	7.6.1 与热电偶配套的仪表	150
6.1.1 流量的概念	120	7.6.2 热电偶的应用举例	151
6.1.2 流量计的分类	120	7.7 膨胀式温度计和压力式温度计	153
6.1.3 流量计的类型	121	7.7.1 膨胀式温度计	153
6.2 总量测量仪表	122	7.7.2 压力式温度计	155
6.2.1 容积式流量计的工作原理	122	7.8 热敏电阻温度传感器	156
6.2.2 容积式流量计的误差	123	7.8.1 铂热敏电阻传感器	157
6.3 流体阻力式流量计	124	7.8.2 铜热敏电阻传感器	157
6.3.1 转子流量计的测量原理	125	7.8.3 半导体热敏电阻传感器	158
6.3.2 转子流量计的特性	126	7.8.4 热敏电阻温度传感器的测量 误差	158
6.4 测速式流量计	127	7.8.5 PN 结与集成温度传感器	160
6.4.1 涡轮流量计	127	复习思考题	161
6.4.2 超声波流量计	128	第8章 环境量的检测及无损探伤 技术	163
6.5 压力的概念	130	8.1 湿敏电阻传感器	164
6.5.1 压力的表示方法及单位	130	8.1.1 大气湿度与露点	164
6.5.2 压力传感器	131	8.1.2 测量湿度的传感器	165
6.5.3 压力测量仪表的选择 和使用	135	8.2 噪声的测量	167
复习思考题	136	8.2.1 噪声的物理量度	167
第7章 温度的检测	137	8.2.2 噪声测试仪器——声级计	169
7.1 温度测量的基本概念	138	8.2.3 噪声测试方法	169
7.1.1 温度	138	8.3 气体及烟雾的检测	170
7.1.2 温标	138	8.4 无损检测技术	175
7.1.3 温度测量及传感器分类	140	8.4.1 无损检测方法	175
7.2 热电偶传感器的工作原理	141	8.4.2 无损检测的应用实例	178
7.2.1 热电效应	141	复习思考题	179
7.2.2 中间导体定律	142	第9章 计算机辅助检测系统	181
7.3 热电偶的种类及结构	143	9.1 计算机辅助检测系统简介	182
7.3.1 热电极材料和通用热电偶	143	9.1.1 计算机辅助检测系统的特点 及功能	182
7.3.2 热电偶的结构形式	145		

9.1.2 计算机辅助检测系统的工作	复习思考题	193
流程	附表	202
9.1.3 系统中的几种重要部件		
9.1.4 可编程序控制器中的传感器	附录 1 测量的基准、标准和单位制	
接口板	简介	199
9.2 计算机辅助检测技术应用实例	附录 2 实验指导	201
9.2.1 陶瓷隧道窑温度、压力监测	参考文献	218
控制系统		
9.2.2 智能化流量积算仪		
9.2.3 传感器在模糊控制洗衣机中		
的应用		



绪 论

信号自动检测与转换技术是现代化领域中发展前景十分广阔的技术，它在机械制造、化工、电力、汽车、航空航天及军事等领域有着广泛的应用。绪论中主要介绍了检测技术的一般概念，自动检测系统的组成、检测技术的作用及检测技术的发展趋势等初步知识；对本课程的任务及如何学好并掌握自动检测与转换技术提出了要求。



检测包含检查和测量两方面,是将生产、科研、生活等方面的相关信息通过选择合适的检测方法与分析或定量计算,以发现事物的规律性。在自动化系统中,首先需要通过检测获取生产流程中的各种有关信息,然后对它们进行分析、判断,以便进行自动控制。

1. 检测技术的概念

检测技术是以研究自动检测系统中的信息提取、信息转换及信息处理的理论和技术为主要内容的一门应用技术学科。从广义上说,检测技术是自动化技术的四个支柱之一,检测技术的任务是寻找与自然信息具有对应关系的各种表现形式的信号,以及确定的定性、定量关系;从反映某一信息的多种信号中挑选出在所处条件下最为合适的表现形式,以及寻求最佳的采集、转换、处理、传输、存储、显示等方法和相应的设备。

信息采集是指从自然界诸多被检查与测量的量(如物理量、化学量、生物量与社会量等)中提取所需要的信息。

信息转换是将所提取出的有用信息向电量、幅值、功率等形式转换。

信息处理的任务是根据输出环节的需要,将转换后的电信号进行数字运算(求均值、极值和误差范围等)以及模拟量、数字量转换等处理。

信息传输的任务是在排除干扰的情况下经济地、准确无误地把信息进行远、近距离传输。

虽然检测技术服务领域非常广泛,但是从这门课程的研究内容来看,涵盖有传感器技术、误差理论、测试计量技术、抗干扰技术以及电量间互相转换技术等。提高自动检测系统的检测分辨率、精度、稳定性和可靠性是本门学科的主要研究方向。

2. 自动检测系统的组成

自动检测系统是自动测量、自动计量、自动保护、自动诊断、自动信号等诸多系统的总称,其原理框图如图 0-1 所示。自动检测系统一般由传感器、信号处理器、显示器、数据处理装置和执行机构等五部分组成。

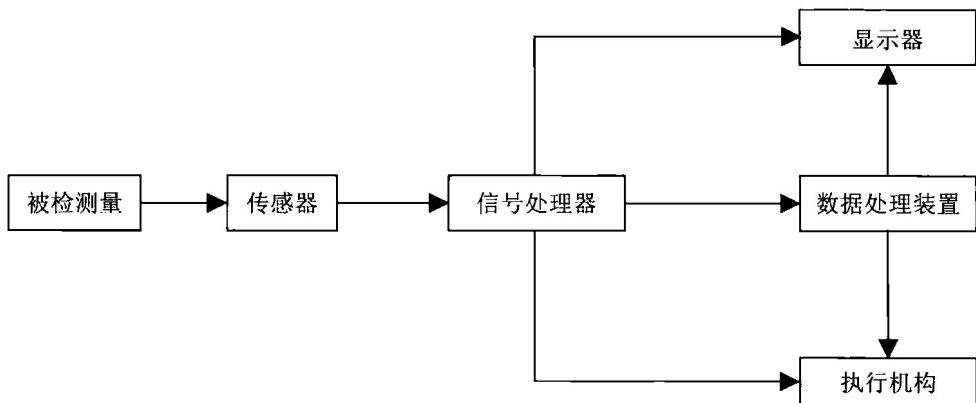


图 0-1 自动检测系统框图

传感器是指一个能将被测的非电量转换成电量的敏感器件,是连接被测对象和检测系

统的接口。它提供给系统赖以进行处理和决策所必需的原始信息,是现代自动控制技术的起点,在很大程度上决定了系统的功能,属于关键性器件。

信号处理器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信号(如电压、电流、频率等),以推动后级的数据处理装置、显示电路及执行机构。

目前常用的显示器有四类:模拟显示、数字显示、图像显示及记录仪等。模拟显示是利用指针在标尺上的相对位置来表示读数的,常见的有毫伏表、微安表、模拟光柱等。

目前数字显示多采用发光二极管(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;后者耗电低,集成度高。目前还研制出了带背光板的 LCD,便于在夜间观看 LCD 显示的内容。

图像显示是用 CRT 或点阵式的 LCD 来显示读数或显示被测参数的变化曲线,有时还可以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、磁带记录仪等。

数据处理装置是用来对测试所得的实验数据进行处理、运算、分析,对动态测试结果作频谱分析(如幅值谱分析、功率谱分析)和相关分析等,完成这些任务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处理器直接驱动,如图 0-1 中的虚线所示。

执行机构通常是指各种接触器、电磁铁、电磁阀门、电磁调节阀、伺服电动机等,它们是在电路中起通断、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来驱动这些执行机构。

3. 检测技术的作用

人类对客观世界的认识和改造总是以检测工作作为基础的。人类早期在从事生产活动时,就已经开始对长度(距离)、面积、时间和质量进行测量了,其最初的计量单位与自身生理特点相联系(如长度),或是与自然环境(如时间)相联系。

工程技术中的研究对象往往十分复杂,有些实际问题必须依靠实验研究来解决,而通过检测工作积累原始数据是工程设计和研究中的一项十分艰巨且十分重要的工作。

随着社会的进步和发展,自动检测技术已成为一些发达国家最重要的热门技术之一,它可以给人们带来巨大的经济效益,并促进科学技术飞跃发展,因此在国民经济中占有极其重要的地位。

在实际工业生产中,检测技术涉及的内容极为广泛,如表 0-1 所示。

在国防科研中,检测技术极为重要,应用也极为广泛,而且许多检测技术都是随着国防科研的需要而发展起来的。在人们的日常生活中,更是离不开检测技术,如家庭煤气泄漏自动报警装置、空气温度的检测装置等。自动检测技术已渗透到各行各业和人们生活的方方面面,可以说,检测技术直接影响着人类文明的发展和人类社会的进步。



表 0-1 工业检测技术的内容

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、固体的化学成分以及浓度、黏度、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	机械的运动状态(启停等)、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、表面粗糙度、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

4. 检测技术的发展趋势

检测技术所涉及的知识非常广泛，渗透到各个学科领域。由于科学和技术的发展，自动化程度越来越高，因而对自动检测系统的要求也越来越高，这促使自动检测系统的研究向着研制“在线”检测和控制，检测系统小型化、一体化及智能化，以及研究故障检测系统化的方向发展。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精度、可靠性、稳定性、抗干扰性及使用寿命。近年来，随着科学技术的不断发展，要求测量精度、可靠性和稳定性等尽可能高。例如超精度的“在线”检测，其精度要求小于 $0.1\mu\text{m}$ 。对传感器的可靠性、故障率的数学模型和计算方法的研究，大大提高了检测系统的可靠性。

为了使自动检测装置在各种复杂条件下都能可靠地工作，要求研制的检测系统具有较高的抗干扰能力和适应生产要求的较长使用寿命。

(2) 检测装置趋向小型化、集成化、多功能化、多维化、智能化和高性能、扩大量程范围的方向发展。随着半导体材料的研究和新工艺的进展，已研制出了一批新型半导体传感器：光刻、扩散及各向异性腐蚀等集成电路新工艺也渗透到传感器的制造过程中，从而使检测系统更趋于小型化、集成化、多维化、多功能化且性能更强。同时若将传感器、放大器、温度补偿电路等集成于同一芯片上，构成“材料—器件—电路—系统”一体化，将进一步增强检测系统的抗干扰能力。

自微处理器问世及迅速应用以来，测量系统、控制技术、显示和记录装置也在向数字化、智能化方向发展，这使得自动检测技术具有精确检测及数据处理等功能，从而提高测量精度和可靠性，扩展检测功能。

另外，检测系统趋于多维化，对于测量信息的采集不是局限于某一点，而是能在较宽范围内立体获得信息且具有较高的空间分辨率，即从计量向状态识别靠近。

(3) 应用新技术和新的物理效应，扩大检测领域的应用。检测原理大多是以各种物理效应为基础的。近代物理学的发展、仿生学的研究、仿造生物感觉功能的新型传感器的开发

21世纪高等院校自动化类实用规划教材

及应用,使得检测技术的应用领域更为广阔。如今的检测领域正向着整个社会需要的各方面扩展,不仅用于工业部门,而且也涉及工程、海洋开发、航空航天等尖端科学技术和新兴工业领域,同时,生物、医疗、环境污染监测、危险品和毒品的侦察、安全监测方面也已渗入到人类的日常生活之中。

(4) 网络化传感器及检测系统逐步发展。在“信息时代”社会里,本着资源共享的原则,信息网络化蓬勃发展。为了能随时随地浏览和控制现场工况,要求传感器及检测系统具有能符合某种协议格式的信息采集及传输的功能。即通过局域网、互联网等实现异地数据交换和共享,从而实现远程调试、远程故障诊断、远程数据采集和实时操作,这些构成网络化的检测系统。

总之,为适应国民经济发展的需求,检测技术的不断发展已取得十分引人瞩目的进展,今后将有更辉煌的飞跃。

5. 本课程的任务和学习要求

本课程的任务是:在阐述测量基本原理的基础上,分析各种传感器如何将非电量转换为电量,并对相应的测量转换电路、信号处理电路及其在各领域中的应用作一介绍,同时也将适当地介绍误差处理、弹性元件、抗干扰技术、信号的处理与转换及自动检测技术的综合应用等知识。目的是使学生掌握各类传感器的基本理论、工作原理、转换电路、主要性能和特点以及自动检测技术的相关知识,从而使学生能合理地选择、使用传感器;了解传感器的发展动向和运用检测技术的相关知识解决各领域中的实际问题等。

由于涉及机、电、光、热等多方面知识,学科面广,需要使用者有较广泛的基础和专业知识,学习本课程之前应有所准备。学习中要把握全书重点和各章重点,弄懂基本概念,做到理论联系实际,富于联想、善于借鉴,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。

第 1 章

自动检测技术的基本知识

自动检测技术的主要组成部分之一是测量，人们采用测量手段来获取所研究对象数量上的信息，通过测量得到定量的结果。现代社会要求测量必须达到准确度高、误差极小、速度更快、可靠性强等。为此要求测量的方法精益求精。本章主要介绍测量的基本概念，测量方法，误差定义及表示方法，误差分类及处理，测量仪表精确度与分辨力，测量结果的数据分析与处理，传感器的定义、分类、静特性及技术指标和传感器中的弹性敏感元件等内容。这些内容是学习后面章节的基础知识。

1.1 测量的基本概念及方法

1.1.1 测量的基本概念

测量是借助专用的技术和设备,通过实验和计算等方法取得被测对象的某个量的大小和符号,或者取得一个变量与另一个变量之间的关系,如变化曲线,从而掌握被测对象的特性、规律或控制某一过程等。

测量是获取被测对象量值的唯一手段。它是将被测量与同性质的标准量通过专门的技术和设备进行比较,获得被测量对比标准量的倍数。标准量是由国际或国家计量部门所指定的,其特性是足够稳定的。

测量结果一般表示为

$$X = AX_0 \quad (1-1)$$

式中 X ——被测量;

X_0 ——标准量;

A ——比值。

可见,比值 A 的大小取决于标准量 X_0 的单位大小。因此在表示测量结果时,必须包含两个要素:一个是比值大小及符号(正或负);另一个是说明比值 A 所采用的单位,不注明单位,测量结果就失去实际意义。

1.1.2 测量方法

测量的方法多种多样。就测量方法而言,测量分为直接测量(如用电压表、电流表等测量属于直接测量)和间接测量(如用伏安法测量电阻的阻值属于间接测量)。它们的共同点是都需要用一块分度(标定)好的仪表盘对某些量进行直接测量,从表盘上直接读出被测数值。若直接测量不方便,或直接测量的仪表不够精确,就利用被测量与某中间量间的函数关系,先测出中间量,再通过相应的函数关系计算出被测量的数值,此法即为间接测量。

根据测量结果的显示方式,测量分为模拟量测量和数字量测量。如用示波器测量交流电压属于模拟量测量。

根据被测量是否随时间变化,测量分为静态测量和动态测量。如在磨削加工中使用无杠杆传动的电触式传感器进行工件检测就是动态测量。

根据测量时是否与被测对象接触,测量分为接触式测量和非接触式测量。

从不同角度考察,测量方法有不同的分类,但常用的具体测量方法有零位法、偏差法和微差法等。

零位法是指被测量与已知标准量进行比较时,使这两种量对仪器的作用抵消为零(指令机构达到平衡),从而得到被测量等于已知标准量。如天平测量质量就是零位法的典型例子,

天平的砝码就是已知标准量。零位法的测量误差主要来自标准量的误差和比较仪器的误差。因此零位法的测量精度较高，误差很小，但平衡复杂。零位法多用于静态信号或缓慢信号的测量。

偏差法是指测量仪表用指针相对于表盘上分度线的位移来直接表示被测量大小。如用弹簧秤测物体的质量是直接从指针偏移的大小来表示被测量的。在这种测量方法中，必须事先用标准量具对仪表分度进行校正。该方法由于表盘上分度的精确度不易做得很高，测量精度一般不高，但测量过程简单、迅速、比较通用。

微差法是零位法和偏差法的组合。先将被测量与已知标准量进行比较，使该标准量尽量接近被测量，这相当于不彻底的零位法。而不足部分即被测量与该标准量之差，再用偏差法测量。例如，图 1-1 的长度测量中标准长度 L_g 与被测量 L_x 进行比较后的差值 ΔL 用偏差法测出，则所得被测物体长度 $L_x = L_g + \Delta L$ 。

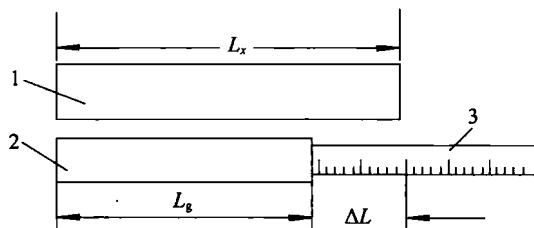


图 1-1 微差法测量示意图

1—被测物体；2—标准长度；3—测量尺

在测量中，即使测得的差值 ΔL 精度不高，但因其值较小，其误差对总的误差影响也较小。另外，微差法没有必要进行反复的平衡操作，因此该法是综合了偏差法速度快和零位法测量精度高等优点而提出的测量方法，在工程测量中被广泛使用。

1.2 测量误差及其分类

测量的目的是对被测量求取真值。所谓真值，是指某被测量在一定条件下其本身客观存在的实际值。由于实验方法和实验设备的不完善、周围环境的影响及人们认识能力所限等，测量和实验所得的数据和被测量的真值间不可避免地存在着差异，在数值上即表现为误差。这种测量值与真值之间的差值即称为测量误差。

1.2.1 测量误差的表示方式

测量误差可用绝对误差表示，也可用相对误差和引用误差表示。

1. 绝对误差

某量值的测量值 A_x 与真值 A_0 之间的差为绝对误差 Δ ，即