



全国高等专科教育自动化类专业规划教材

自动检测技术 实用教程

周 征 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



教师免费下载
www.cmpedu.com

赠电子课件等

全国高等专科学校教育自动化类专业规划教材

自动检测技术实用教程

主 编 周 征
参 编 贾 达 杨建平 李建民
主 审 李贵山



机械工业出版社

本书以各种被测物理量的分析、检测方法的选择、基本检测电路的应用和按工程实际选用传感器及检测仪表为主线。内容包括：检测技术的基本知识、电参数检测技术、温度检测技术、流量检测技术、压力检测技术、成分分析与检测技术、物位检测技术、机械量检测技术、微机自动检测系统、检测系统的抗干扰技术。书中给出了大量来源于生产实际的实用电路和实例。

本书体系新颖，内容丰富，论述深入浅出，突出实用，可作为高职高专院校、成人高校、本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校的电气自动化技术、生产过程自动化技术、检测技术及应用、电子信息工程技术、应用电子技术、楼宇智能化工程技术和机电一体化等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。

为方便教学，本书配有免费电子课件、习题解答及传感器选型参考等教学资源。凡选用本书作为授课教材的教师均可登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 免费下载。如有问题请致信 cmpgaozhi@sina.com，或致电 010-88379375 联系营销人员。

图书在版编目(CIP)数据

自动检测技术实用教程/周征主编. —北京：机械工业出版社，2008.9

全国高等专科教育自动化类专业规划教材
ISBN 978-7-111-24801-9

I. 自… II. 周… III. 自动检测—高等学校—教材
IV. TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 119012 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 高 倩 责任编辑：曲世海 版式设计：霍永明
责任校对：陈延翔 封面设计：鞠 杨 责任印制：洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2008 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 15.25 印张 · 378 千字

0001—4000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-24801-9

定价：25.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
销售服务热线电话：(010)68326294

购书热线电话：(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010)88379758

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着现代科学技术的发展,检测技术在材料、能源、土建、制造与电子信息等学科中得到广泛应用。检测技术是工业控制领域信息获取的主要手段,是集材料、机械、电子、信息及控制等为一体的综合技术,是从事相关专业技术人员必备知识。

《自动检测技术实用教程》一书针对检测技术在各学科相互交叉、渗透的特点,融合了各学科对信息获取的要求,突出了自动检测技术在工程中的应用,吸取了目前国内外相关教材的优秀成果,补充了当今自动检测技术的最新研究成果。

本书以高职高专学生培养的基本要求为目标,把握学生从认识、认知到学会应用的脉络。在章节的安排上,以各种被测物理量的自动检测技术来划分,突出了教材的针对性和实用性。在内容的取材上,通过对被测物理量的分析,按照工程实际的要求,把握将不同物理量转换成电量的共性关键问题作为切入点,使被测物理量与传感器、检测仪表有机地结合,从而满足了当前对检测类课程的教学要求。全书共10章,第1章检测技术的基本知识,介绍了自动检测技术、传感器与变送器的基本知识、测量误差及其处理方法、检测系统或仪表的性能评价等。第2章电参数检测技术,介绍了频率、周期、相位、电压、电流和阻抗等电参数的测量原理和各种实用测量方法。第3章温度检测技术,介绍了温度的各种检测方法、常用测温器件及其结构形式、测量电路和适用范围等实用技术。第4章流量检测技术,介绍了流量的检测方法,常用流量计的检测原理、主要特点、适用范围和安装使用等实用技术。第5章压力检测技术,介绍了压力的各种检测方法、常用检测器件及其结构形式、测量电路和适用范围等实用技术。第6章成分分析与检测技术,介绍了气体成分分析、气体湿度、物质含水量和密度的分析与检测方法、过程分析仪表的选用等实用技术。第7章物位检测技术,介绍了物位的各种检测方法,常用物位计的检测原理、主要特点、适用范围和安装使用等实用技术。第8章机械量检测技术,介绍了机械量中常见的位移、速度(转速)与厚度的检测方法及其常用传感器和测量仪表的检测原理、主要特点、适用范围和安装使用等实用技术。第9章微机自动检测系统,着重介绍了传感器输出信号的处理及与微型计算机接口的实用技术。第10章检测系统的抗干扰技术,着重介绍了检测系统干扰的来源及传播途径和常用的抗干扰技术。

本书由周征担任主编并编写了第1、9章,李建民编写了第2、7、8章,杨

建平编写了第3、5、6章，贾达编写了第4、10章。李贵山教授担任主审。在编写过程中，我们得到了兰州工业高等专科学校和兰州石化职业技术学院的大力支持和帮助，许多同行提出了很多宝贵意见，在此一并表示衷心的感谢。本书在编写过程中参考了许多教材和文献，在此对其作者也表示谢意。

为方便教学，本书配有免费电子课件、习题解答及传感器选型参考等教学资源。凡选用本书作为授课教材的教师均可登录机械工业出版社教材服务网 www.cmpedu.com 免费下载。如有问题请致信 cmpgaozhi@sina.com，或致电 010-88379375 联系营销人员。

由于编者水平有限，加之时间仓促，缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 检测技术的基本知识	1
1.1 检测的目的和意义	1
1.2 检测与计量的区别	1
1.3 自动检测技术概述	2
1.3.1 自动检测系统的组成和分类	2
1.3.2 测量方法的分类与选择	3
1.3.3 自动检测技术的发展趋势	4
1.4 传感器与变送器的基本知识	5
1.4.1 传感器的定义与特点	5
1.4.2 传感器的组成与分类	6
1.4.3 传感器的命名与代号	7
1.4.4 变送器简介	8
1.5 测量误差及其处理方法	8
1.5.1 测量误差的基本概念和分类	8
1.5.2 误差的表示方法	10
1.5.3 误差的处理	10
1.5.4 误差综合与分配	13
1.6 检测系统或仪表的性能评价	13
思考题与习题	18
第2章 电参数检测技术	20
2.1 频率(周期)和相位的 测量技术	20
2.1.1 频率(周期)的测量技术	20
2.1.2 相位的数字化测量	23
2.2 电压和电流的测量技术	26
2.2.1 电压的测量技术	26
2.2.2 电流的测量技术	29
2.3 阻抗的测量技术	34
2.3.1 直流电阻的测量	34
2.3.2 交流阻抗及 L 、 C 的测量	37

思考题与习题	38
--------------	----

第3章 温度检测技术	39
3.1 概述	39
3.1.1 温度与温标	39
3.1.2 温度检测的主要方法及特点	40
3.2 接触式温度检测技术	41
3.2.1 热电阻及温度检测	41
3.2.2 热敏电阻及温度检测	44
3.2.3 热电偶及温度检测	45
3.2.4 集成温度传感器及温度检测	52
3.3 非接触式温度检测技术	60
3.3.1 光学高温计	60
3.3.2 辐射温度计	61
3.3.3 红外传感器及温度检测	63
3.3.4 光纤传感器及温度检测	66
3.4 选择温度传感器需考虑 的问题	72
思考题与习题	72
第4章 流量检测技术	74
4.1 概述	74
4.1.1 流量检测基础	74
4.1.2 流量的检测方法	74
4.1.3 流量计的分类	75
4.1.4 流量计的主要技术参数	76
4.2 差压式流量计	77
4.2.1 节流式流量计	77
4.2.2 靶式流量计	78
4.2.3 转子流量计	79
4.2.4 差压式流量计标准节流装置 的安装要求	80
4.2.5 差压式流量计的使用	82

4.3 容积式流量计	82	中的应用	111
4.3.1 椭圆齿轮流量计	83	5.5 压电式传感器及其在压力检测	
4.3.2 腰轮流量计	83	中的应用	113
4.3.3 旋转活塞式流量计	84	5.5.1 压电效应	113
4.3.4 刮板式流量计	85	5.5.2 压电式压力传感器的应用	114
4.3.5 容积式流量计的安装与使用	85	5.6 电感式传感器及其在压力检测	
4.4 速度式流量计	85	中的应用	115
4.4.1 涡轮式流量计	86	5.6.1 电感式传感器的工作机理	115
4.4.2 叶轮式流量计	87	5.6.2 电感式传感器在弹性压力检测	
4.4.3 涡街式流量计	88	中的应用	117
4.4.4 电磁式流量计	89	5.7 其他压力传感器的应用	118
4.4.5 超声波流量计	90	5.7.1 霍尔式压力传感器	118
4.5 质量流量计	92	5.7.2 谐振式压力传感器	119
4.5.1 间接式质量流量计	92	5.7.3 智能压力传感器接口芯片	
4.5.2 直接式质量流量计	92	及其应用	120
4.6 流量计的选用	94	5.8 压力检测仪器的使用与校准	121
4.6.1 选用流量计应考虑的因素	94	5.8.1 压力检测仪器的选择与安装	121
4.6.2 流量计的选型步骤	97	5.8.2 压力检测仪器的校准	124
思考题与习题	98	思考题与习题	125
第5章 压力检测技术	99	第6章 成分分析与检测技术	126
5.1 概述	99	6.1 过程分析仪表概述	126
5.1.1 压力的概念及单位	99	6.1.1 过程分析仪表及其分类	126
5.1.2 压力检测的方法	100	6.1.2 过程分析仪表的组成	126
5.1.3 常用压力检测仪表	101	6.1.3 过程分析仪表的主要	
5.2 弹性压力检测技术	102	技术特性	127
5.2.1 弹性压力敏感器	102	6.2 气体成分分析技术	127
5.2.2 机械式弹簧管压力表	103	6.2.1 气敏传感器概述	127
5.2.3 电测式压力传感器的分类	104	6.2.2 半导体式气敏传感器	128
5.3 电阻式传感器及其在压力检测		6.2.3 接触燃烧式气敏传感器	134
中的应用	105	6.2.4 常用气体分析仪介绍	134
5.3.1 电阻应变式传感器及其在压力		6.2.5 气体分析仪的选择	140
检测中的应用	105	6.2.6 使用气体分析仪时需要注意	
5.3.2 压阻式传感器及其在压力检测		的问题	140
中的应用	108	6.3 物质性质检测技术	141
5.4 电容式传感器及其在压力检测		6.3.1 湿度检测技术	142
中的应用	109	6.3.2 物质含水量检测技术	147
5.4.1 电容式传感器	109	6.3.3 物质密度检测技术	148
5.4.2 电容式传感器在压力检测		6.3.4 湿度传感器的选择	150

思考题与习题	152	中的应用	185
第7章 物位检测技术	153	思考题与习题	187
7.1 概述	153	第9章 微机自动检测系统	188
7.1.1 物位的基本概念	153	9.1 微机自动检测系统概述	188
7.1.2 物位的检测方法	153	9.1.1 微机自动检测系统的典型 结构	188
7.2 连续式物位检测技术	154	9.1.2 微机自动检测系统各子系统 的基本功能	189
7.2.1 电容式物位计	155	9.2 数据采集技术	190
7.2.2 浮力式物位计	156	9.2.1 概述	190
7.2.3 静压式物位计	156	9.2.2 典型的数据采集系统	191
7.2.4 超声波物位计	158	9.2.3 模拟信号的数字化	191
7.3 开关式物位检测技术	159	9.3 传感器与微型计算机的接口	193
7.3.1 超声波物位开关	160	9.3.1 测量电路	193
7.3.2 微波物位开关	161	9.3.2 放大器	193
7.3.3 接近开关与物位检测	163	9.3.3 I/V 变换器	196
7.4 物位检测应用举例	165	9.3.4 滤波器	197
7.5 物位检测方法 with 仪表的选用	166	9.4 微机自动检测系统设计实例	197
思考题与习题	167	思考题与习题	204
第8章 机械量检测技术	168	第10章 检测系统的抗干扰技术	205
8.1 位移检测技术	168	10.1 干扰的来源及传播途径	205
8.1.1 常见的位移检测方法	168	10.1.1 噪声源	205
8.1.2 常用的位移传感器	168	10.1.2 噪声干扰的传播途径	207
8.1.3 接触式位移检测技术	169	10.1.3 噪声干扰的模式	208
8.1.4 非接触式位移检测技术	173	10.1.4 抑制干扰的基本原则	210
8.1.5 位移传感器的选用	178	10.2 常用的抗干扰技术	210
8.2 速度检测技术	179	10.2.1 接地技术	210
8.2.1 速度的检测方法	179	10.2.2 屏蔽技术	215
8.2.2 磁电式速度传感器及其在速度 检测中的应用	180	10.2.3 长线传输的干扰及其 抑制技术	217
8.2.3 霍尔式传感器在转速检测 中的应用	182	10.2.4 共模干扰的抑制技术	219
8.2.4 光电式传感器在转速检测 中的应用	183	10.2.5 差模干扰的抑制技术	222
8.2.5 采用多普勒效应测速	183	10.2.6 电源系统的抗干扰技术	223
8.2.6 速度传感器的选用	184	10.2.7 印制电路板的抗干扰技术	225
8.3 厚度检测技术	185	思考题与习题	227
8.3.1 涡流传感器概述	185	附录	228
8.3.2 涡流传感器在厚度检测			

附录 A 传感器命名的构成及各级修饰 语举例一览表	228	代码表	230
附录 B 常用传感器被测量 代码表	229	附录 D DS18B20 测温实验源 程序	230
附录 C 常用传感器转换原理		参考文献	235

第1章 检测技术的基本知识

[内容提要]

本章主要介绍自动检测技术、传感器和变送器的基本知识、测量误差及其处理方法、检测系统或仪表的性能评价。通过本章的学习,了解检测的目的和意义、检测技术的发展趋势;掌握自动检测系统的基本组成、测量方法及其选择;掌握传感器的定义、分类和命名方法;了解变送器的作用;学会误差的表示方法和基本处理手段;对检测系统或仪表的性能评价指标有一定的理解。

1.1 检测的目的和意义

检测是指在生产、科研、试验及服务等各个领域为及时获得被测、被控对象的有关信息而实时或非实时地对一些参量进行定性检查和定量测量。因此,检测是意义更为广泛的测量。

对工业生产而言,要了解一个生产过程的进展情况,就必须经常测试能够表征它们特性、状态的物理量,常见的有温度、压力、流量、物位和成分等。对这些参量的大小、变化速度及变化方向等进行监督和控制,就能使生产过程处于最佳状态,这对于保证产品的产量与质量,对于企业节能降耗、提高劳动生产率和经济效益,对于保障安全生产,都起着十分重要的作用。

对国防建设而言,军工生产和新型武器的研制都离不开检测技术,而且相对民用检测又有更多、更高的要求。如研制一种新型武器,从设计到零部件制造、装配直至样机试验,都要经过成百上千次严格的试验,每次试验都需要高速、高精度地同时检测多种物理参量,有时测量点多达上千个。

对日常生活而言,检测渗透在我们生产、生活和学习的各个方面。如用各种先进的医疗检测仪器可大大提高对疾病检查、诊断的速度和准确性,有利于争取时间、对症治疗,增加患者战胜疾病的机会。

目前,在现代化程度较高的企业中,检测设备的成本已达到装备总成本的50%~70%,它是保证工程装备实际性能指标和正常工作的重要手段,是其先进性及实用性的重要标志。总之,人们对自然界的认识、对生产过程的了解在很大程度上取决于检测。

1.2 检测与计量的区别

检测是测量,计量也是测量,两者有什么区别呢?所谓测量是以确定被测对象的属性和量值为目的的全部操作。

一般来说,计量是指用精度等级更高的标准量具、器具或标准仪器,对被测样品、样机进行性质考核的测量。这种测量,通常具有非实时、离线和标定的性质,一般在规定的具有

良好环境条件的计量室、实验室,采用比对被测样品、样机具有更高的精度并按有关计量法规定期校准的标准量具、器具或标准仪器进行。

检测是指利用各种物理和化学效应,将物质世界的有关信息通过测量的方法赋予定性或定量结果的过程。通常是指在生产、实验等现场,利用某种合适的检测仪器或综合测试系统对被测对象进行在线、连续的测量。检测是意义更为广泛的测量。

1.3 自动检测技术概述

自动检测技术是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,其核心是“测量+信号检出”,是检测方法、检测结构和检测信号处理的综合性技术,是自动化技术的四个支柱之一。从信息科学角度考察,自动检测技术的任务有:寻找与自然信息具有对应关系的种种表现形式的信号,确定二者间的定性、定量关系;从反映某一信息的多种信号表现中挑选出在所处条件下最为合适的表现形式,寻求最佳的采集、变换、处理、传输、存储和显示等的方法和相应的设备。

在生产过程中,完成信息提取、信号转换存储与传输、显示记录、分析处理的仪表,称为检测仪表。利用各种检测仪表对生产过程中的各种工艺变量自动、连续地进行测量、显示或记录,以供操作者观察或直接自动监督生产情况的系统,称为自动检测系统。

1.3.1 自动检测系统的组成和分类

1. 自动检测系统的组成

自动检测系统是自动检测技术的实现方式。由于被测对象复杂多样,因此,检测方法和系统结构也不尽相同。但一般自动检测系统的基本组成如图 1-1 所示。

图 1-1 中各部分的作用如下。

(1) 传感器 传感器处于被测对象与测试系统的接口位置,是一个信号变换器。它直接从被测对象中提取被测量的信息,感受其变化并变换成便于测量的其他量。例如将速度变换成电压,将流量变换成压力等。由于传感器的基本功能就是检测,所以也称为检测仪表。它是检测系统的重要组成部分。



图 1-1 自动检测系统的组成

于传感器的基本功能就是检测,所以也称为检测仪表。它是检测系统的重要组成部分。

(2) 信号调理器或变送器 信号调理器又称中间转换器,它的作用是将传感器的输出信号进行放大、转换和传输等,使其适合于显示、记录、数据处理或控制。例如测量电桥、滤波器、放大器、电压/频率变换器(V/F)、电压/电流变换器(V/I)及交流/直流变换器等。变送器的作用是将传感器的输出信号转换为标准信号并输出。

(3) 一次仪表或二次仪表 一次仪表指现场测量仪表或基地控制仪表;二次仪表指利用一次仪表的信号来完成其他功能,诸如控制、显示等的仪表。目前,由于二次仪表的发展,使检测系统不仅用于检测,还能完成控制和保护操作等功能,是自动检测系统的重要组成部分。

从自动检测系统的组成结构可以看出,要掌握自动检测技术,不仅要具备力学、光学和电磁学等物理学知识,还要具备电子、计算机、自动化和信息等领域的知识和技术。例如,

传感器一般都基于复杂的物理、化学定理和规律；信号的放大和调理又依赖于电子技术；信号的处理和分析则依靠数字信号处理、随机信号分析等信息领域的研究成果；检测仪器的智能化，则是自动化技术、计算机技术、接口与网络技术相结合的产物；此外，检测系统中还要用到测量误差理论、信号与系统分析方法（时域、频域、复频域和I域）、抗干扰技术等知识。因此，自动检测技术是一门综合了现代电子技术、微电子技术、生物技术、材料科学、化学科学、光电技术、精密加工技术、计算机技术和信息技术等的交叉性技术学科。

2. 自动检测系统或仪表的分类

随着生产和检测技术的发展，自动检测系统或仪表所涉及的内容也在不断地得到充实、完善和发展。为满足不同检测任务及目标的要求，需要检测系统具有不同的结构形式和特性。下面介绍工程上常见检测系统或仪表的分类方法。

按被测量值的物理属性分有电量、非电量。

按检测原理（物理的、化学的和生物学的）分有电磁法、光学法、微波法、超声法、核辐射法、电化学分析、色谱分析和质谱分析等。

按检测方法分有主动与被动、直接与间接、接触式与非接触式、动态与静态等。

按仪表的使用性质分有标准表、实验室表和工业用表等三种。

1.3.2 测量方法的分类与选择

1. 测量方法的分类

一个物理量的测量可以通过不同的方法实现。检测方法的选择是否正确，直接关系到测量结果的可信赖程度，也关系到测量的经济性和可行性。测量方法的分类形式多种多样，下面介绍几种常见的分类方法，如表 1-1 所示。

表 1-1 常见测量方法分类表

分类方法	测量形式	注 释
测量条件	等精度测量	在测量过程中，使影响测量误差的各因素（环境条件、仪器仪表、测量人员和测量方法）保持不变，对同一被测量进行次数相同的重复测量
	非等精度测量	在测量过程中，测量环境条件有部分不相同或全部不相同，所得测量结果的可靠程度显然不同
测量手段	直接测量	将被测量与标准量直接比较，或用预先经标准量标定好的测量仪器或仪表进行测量，从而直接测得被测量的数值
	间接测量	被测量本身不易直接测量，但可以通过与被测量有一定函数关系的其他量的测量结果求出被测量数值
	组合测量	如果被测量有多个，而且被测量又与某些可以通过直接或间接测量得到结果的其他量存在着一定的函数关系，则可先测量这几个量，再求解函数关系组成的联立方程组，从而得到多个被测量的数值
测量方式	偏差式测量	在测量过程中，被测量作用于测量仪表的比较装置（指针），使比较装置产生偏移，利用偏移位移直接表示被测量大小的测量方法称为偏差式测量法
	零位式测量	在测量过程中，被测量作用于测量仪表的比较装置，利用指零机构的作用，使被测量和标准量两者达到平衡，用已知的标准量决定被测量的测量方法
	微差式测量	当未知量尚未完全与已知标准量平衡时（被测量大部分被已知的标准量抵消，剩余差值未被抵消），读取它们之间的差值，由已知的标准量和偏差值得被测量的数值

(续)

分类方法	测量形式	注 释
接触情况	接触式测量	测量敏感元件与被测介质直接接触, 来获取测量结果
	非接触式测量	利用物理、化学及声光学的原理, 使被测对象与检测元器件之间不发生物理上的直接接触而对被测量进行检测的方法
被测量变化快慢	静态测量	当被测量可以认为不随时间变化时, 采用静态测量。因此在一段时间内可以重复测量, 以表征被测量的性质和状态
	动态测量	当被测量本身随时间快速变化时, 必须采用动态测量, 动态测量的输出也是变化信号, 它表征被测量的状态变化过程
被测量是否在变化过程中被测	在线测量	检测工作是在被测量变化过程中进行, 即对被检测量进行实时监测
	离线测量	检测工作是在被测量变化过程之外或过程结束后进行

2. 测量方法的选择

在选择测量方法时, 要综合考虑下列主要因素:

1) 从被测量本身的特点来考虑。被测量的性质不同, 采用的测量仪器和测量方法当然不同, 因此, 对被测对象的情况要了解清楚。例如, 被测参数是否为线性、数量级如何、对波形和频率有何要求、对测量过程的稳定性有无要求、有无抗干扰要求以及其他要求等。

2) 从测量的精确度和灵敏度来考虑。工程测量和精密测量对这两者的要求有所不同, 要注意选择仪器、仪表的准确度等级, 还要选择满足测量误差要求的测量技术。如果属于精密测量, 则还要按照误差理论的要求进行比较严格的数据处理。

3) 考虑测量环境是否符合测量设备和测量技术的要求, 尽量减少仪器、仪表对被测电路状态的影响。

4) 测量方法简单可靠, 测量原理科学, 尽量减少原理性误差。

总之, 在测量之前必须先综合考虑以上诸方面的情况, 恰当选择测量仪器、仪表及设备, 采用合适的测量方法和测量技术, 以便较好地完成测量任务。

1.3.3 自动检测技术的发展趋势

检测技术是科学研究的重要手段, 它推进了物理、化学、数学、生物学和材料科学等学科的发展。而这些学科的研究成果, 又形成了新的检测理论、检测方法和检测技术, 为开拓新的检测领域提供了有力的支持。自动检测技术的发展趋势可以从以下几个方面来反映。

1. 传感器水平的提高

人们研究新原理、新材料和新工艺所取得的成果将产生更多品质优良的新型传感器, 例如光纤传感器、液晶传感器、以高分子有机材料为敏感元件的压敏传感器和微生物传感器等。

另外, 代替视觉、嗅觉、味觉和听觉的各种仿生传感器和检测超高温、超高压、超低温和超高真空等极端参数的新型传感器也是今后传感器技术研究和发展的方向。新型传感器技术除了采用新原理、新材料和新工艺之外, 还向着高精度小型化和集成化的方向发展。

传感器集成化的一个方向是具有同样功能的传感器集成化, 从而使对一个点的测量变成

对一个平面和空间的测量。例如,利用电荷耦合器件形成的固体图像传感器来进行的文字和图形识别即是如此。传感器集成化的另一个方向是具有不同功能的传感器集成化,从而使一个传感器可以同时测量多个不同种类的参数。例如,测量血液中各种成分的多功能传感器。

除了传感器自身的集成化之外,还可以把传感器和后续电路集成化。传感器和测量电路的集成化可以减少干扰,提高灵敏度,方便使用。如果将传感器和数据处理电路集成在一起,则可以方便地实现实时数据处理。

2. 非接触检测技术

接触式检测是把传感器安装在被测对象上,直接感受其物理量的变化。在有些情况下,接触式检测会使被测对象的工作状态受到干扰。如温度传感器贴在被测物体上,会使被测物体散热、导热状态发生变化,影响测温精度。此外,有些被测物体上不可能安装传感器,如测量高速旋转体的转速、振动等。因此,非接触检测技术越来越受到重视,已开发出光电式、电涡流式、超声波及微波等传感器,同时人们也正在研究利用其他的原理及方法进行非接触检测。

3. 检测系统由模拟式、数字式向智能化方向发展

检测系统或检测装置目前正迅速地由模拟式、数字式向智能化方向发展。带有微处理器的各种智能化仪表已经出现,这类仪表选用微处理器做控制单元,利用计算机可编程的特点,使仪表内的各个环节自动地协调工作,可对复杂对象或系统的多路、多参数实施检测,完成数据存储、传输、处理或复杂分析加工,并且具有故障诊断功能,成为一代崭新仪表,把检测技术自动化推进到一个新水平。

1.4 传感器与变送器的基本知识

1.4.1 传感器的定义与特点

1. 传感器的定义

传感器的严格定义在国家标准 GB/T 7665—2005 中是这样表述的:“能感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用信号的器件或装置,通常由敏感元件和转换元件组成”。传感器处于检测系统的最前端,起着获取检测信息与转换信息的作用,它是实现自动检测和自动控制的首要环节。

传感器习惯上又被称为发送器、传送器、变送器、检测器或探头等。

2. 传感器的特征

- 1) 传感器是测量装置,能完成检测任务。
- 2) 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) 输出量是某种物理量,便于传输、转换、处理和显示等,可以是气、光、电物理量,主要是电物理量,如电压(U)、电流(I)、频率(F)、功率(P)等。
- 4) 输入输出有对应关系,且应有一定的精确程度。

3. 传感器的功能

传感器的功能可以用“一感二传”来描述,即感受被测信息,并传送出去。

1.4.2 传感器的组成与分类

1. 传感器的组成

由于电量具有便于传输、转换、处理和显示等特点,所以传感器的输出信号通常是电量形式(如电压、电流、电阻和电容等),即传感器将非电量转换成电量输出。

通常,传感器由敏感元件、转换元件和基本转换电路三部分组成,如图 1-2 所示。

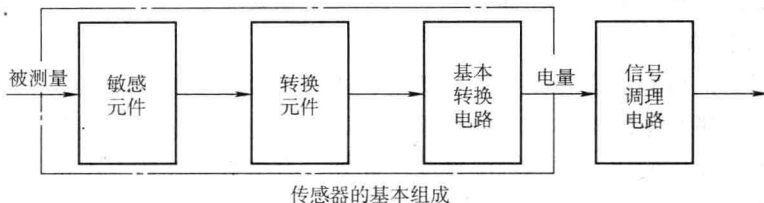


图 1-2 传感器的组成框图

1) 敏感元件。敏感元件能够灵敏地感受被测量并作出响应,且以确定的关系输出某一物理量。如金属或半导体应变片,能感受压力的大小而引起形变,形变程度就是对压力大小的响应程度;铂电阻能感受温度的升降而改变其阻值,阻值的变化就是对温度升降的响应。所以,铂电阻就是一种温度敏感元件,而金属或半导体应变片就是一种压力敏感元件。

2) 转换元件。转换元件实际上就是将敏感元件感受的被测量转换成电路参数的元件。上面介绍的敏感元件,其中有许多可兼做转换元件。如果敏感元件本身就能直接将被测量转换成电路参数,那么,该敏感元件就是具有了敏感和转换两个功能。如热敏电阻,它不仅能直接感受温度的变化,而且能将温度变化转换成电阻的变化,也就是将非电路参数(温度)直接变成了电路参数(电阻)。

3) 基本转换电路。基本转换电路将电路参数转换成便于测量的电量(如电压、电流和频率等)。

由于传感器的输出信号一般都很微弱,需要有信号调理电路,对电量进行放大、运算、分析及特殊处理等,此外,传感器的工作还必须有辅助的电源,因此信号调理电路以及所需的电源都应作为传感器组成的一部分。随着半导体集成技术的发展,现有的集成传感器已能把敏感元件、转换元件、基本转换电路和信号调理电路等都集中到传感器壳体内。

2. 传感器的分类

从量值变换这个观点出发,对每一种(物理)效应都可在理论上或原理上构成一类传感器,因此,传感器的种类繁多。在对物理量的测量中,有的传感器可以同时测量多种参量,而有时对一种物理量又可用多种不同类型的传感器进行测量。目前采用较多的传感器分类方法主要有:

(1) 按被测物理量分类 这种方法明确表明了传感器的用途,便于使用者选择,如位移传感器用于位移测量等。

(2) 按传感器工作原理分类 这种方法表明了传感器的工作原理,有利于传感器的设计和应用,如电感式传感器、电容式传感器等。

(3) 按传感器转换能量的情况分类

1) 能量转换型:又称发电型,不需外加电源而将被测能量转换成电能输出。这类传感

器有压电式、热电偶和光电池等。

2) 能量控制型: 又称参量型, 需外加电源才能输出电能。这类传感器有电阻、电感和霍尔式等传感器以及热敏电阻、光敏电阻和湿敏电阻等。

(4) 按传感器工作机理分类

1) 结构型: 被测参数变化引起传感器的结构变化, 使输出电能变化, 利用物理学中场的定律和运动定律等构成, 如电感式、电容式等。

2) 物性型: 利用某些物质的某种性质随被测参数变化的原理构成。传感器的性能与材料密切相关, 如压电传感器、各种半导体传感器等。

(5) 按传感器输出信号的形式分类

1) 模拟式: 传感器输出为模拟量。

2) 数字式: 传感器输出为数字量, 如编码器式传感器等。

常用传感器的分类如表 1-2 所示。

表 1-2 传感器的分类

分 类 方 法		传 感 器
按被 测量 分类	热工量	温度、热量、比热; 压力、压差、真空度; 流量、流速、风速
	机械量	位移(线位移、角位移)、尺寸、形状; 力、力矩、应力; 重量、质量; 转速、线速度; 振动幅度、频率、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(pH 值)、盐度、浓度、黏度; 密度、比重
	状态量	颜色、透明度、磨损量、材料内部裂缝或缺陷、气体泄漏、表面质量
按测量原理分类		电阻式、电容式、电感式、阻抗式(电涡流式)、电磁式、热电式、压阻式、光电式(红外式、光纤式)、谐振式、霍尔式(磁式)、超声式、同位素式、电化学式、微波式
按传感基理分类		结构型传感器、物性型传感器、复合型传感器
按输出形式分类		数字传感器、模拟传感器
按电源形式分类		无源传感器、有源传感器

1.4.3 传感器的命名与代号

1. 传感器的命名

传感器的命名由主题词加四级修饰语构成, 见附录 A。

主题词——传感器。

第一级修饰语——被测量, 包括修饰被测量的定语。

第二级修饰语——转换原理, 一般可后续以“式”字。

第三级修饰语——特征描述, 指必须强调的传感器结构、性能、材料特征、敏感元件及其他必要的性能特征, 一般可后续以“型”字。

第四级修饰语——主要技术指标(量程、精确度和灵敏度等)。

2. 传感器的代号

传感器的代号: 依次为主称(传感器)被测量—转换原理—序号。

主称——传感器代号 C。

被测量——用一个或两个汉语拼音的第一个大写字母标记。常用被测量代码见附录 B。

转换原理——用一个或两个汉语拼音的第一个大写字母标记。转换原理代码见附录 C。

序号——用一个阿拉伯数字标记，厂家自定，用来表征产品设计特性、性能参数和产品系列等。若产品性能参数不变，仅在局部有改动或变动时，则其序号可在原序号后面顺序地加注大写字母 A、B、C 等(其中 I、Q 不用)。

例如应变式位移传感器：C WY—YB—20；光纤压力传感器：C Y—GQ—2。

1.4.4 变送器简介

传感器是能够感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置的总称。当传感器的输出为规定的标准信号时，则称为变送器。那么，变送器可定义为将物理测量信号或普通电信号转换为标准电信号输出或能够以通信协议方式输出的设备，它是由传感器发展而来的。变送器一般分为：温度/湿度变送器、压力变送器、差压变送器、液位变送器、电流变送器、电量变送器、流量变送器和重量变送器等。

变送器输出的标准信号是物理量的形式且数值范围都符合国际标准的信号。例如直流电流 0~10mA、4~20mA 是当前通用的标准信号。无论被测变量是哪种物理或化学参数，也无论测量范围如何，经过变送器之后的信息都必须包含在标准信号之中。

有了统一的信号形式和数值范围，就便于把各种变送器和其他仪表组成检测系统或调节系统，这些仪表有一次仪表、二次仪表。无论什么仪表或装置，只要有同样标准的输入电路或接口，就可以从各种变送器获得被测变量的信息。这样，兼容性和互换性大为提高，仪表的配套也极为方便。

新一代的智能变送器除具有模拟传输信号外，都带有 HART®^① 通信协议接口，这样模拟信号和数字信号可以同时传输。随着现场总线技术的进一步成熟，带有总线数字接口的智能变送器也已出现，数字信号所传输的信息要比模拟信号大大丰富，除被测参数外，还有测量单位、量程、仪表厂商信息、仪表型号、工位号和自诊断故障信息等。

1.5 测量误差及其处理方法

1.5.1 测量误差的基本概念和分类

测量过程中，首先测量设备或仪表、测量对象、测量方法及测量者本身都不同程度受到本身和周围各种因素的影响，且这些影响因素也不断地变化。其次，被测量对测量系统施加作用之后，才能使测量系统给出测量结果，也就是说，测量过程一般都会改变被测对象原有的状态。因此测量结果反映的并不是被测对象的本来面貌，而只是一种近似，故测量不可避免地总存在测量误差。

1. 测量误差的名词术语

1) 真值。指在一定的时间及空间条件下，某物理量体现的真实数值，即与给定的特定

① HART® 通信协议是国际 HART® 通信基金会(HCF)的 HART® 协议规范，是现有 4~20mA 仪表的主要通信标准，在世界范围内 70% 以上两线制仪表都采用 HART® 通信协议。