

高等职业院校规划教材

检测技术基础

曹才开 主编

清华大学出版社



高等职业院校规划教材

检测技术基础

曹才开 主编

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

全书共分12章,内容包括:检测技术与测试系统;测试系统的基本电路;温度与湿度测量;气体与烟雾测量;位移与位置测量;速度、加速度测量;力、压力测量;物体探伤与缺陷测量;电量与流量测量;光电测控电路;软测量与虚拟仪器测量技术;检测技术实训。

本书共设计了17个检测技术实训项目,其中基础实训项目9个,综合性实训项目7个,设计性实训项目1个。可供各个层次、多种专业的教学选用。

本书可作为应用型本科、高职高专电类和机械类各专业的检测技术课程教材使用,也可供电大、函大、成人自考等有关专业选用,还可供广大工程技术人员参考。

除标有“*”的内容外,适用讲课时为48学时左右。

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

检测技术基础/曹才开主编. —北京:清华大学出版社,2009.1

高等职业院校规划教材

ISBN 978-7-302-18888-9

I. 检… II. 曹… III. 技术测量—高等学校:技术学校—教材 IV. TG806

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 175663 号

责任编辑:刘 青

责任校对:李 梅

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

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

印 刷 者:北京市昌平环球印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:22.5 字 数:517 千字

版 次:2009 年 1 月第 1 版 印 次:2009 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:31.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:022170-01

第 1 章 检测技术与测试系统	1
1.1 检测技术概述	1
1.1.1 检测技术的作用和任务	1
1.1.2 检测技术的发展趋势	2
1.1.3 传感器的发展动态	5
1.2 信号分析基本知识	8
1.2.1 信号的基本概念	9
1.2.2 连续时间信号变换与频谱	13
1.2.3 连续时间信号的采样	16
1.3 测试系统的基本结构与类型	17
1.3.1 测试系统的基本结构	17
1.3.2 测试系统的标准接口型	19
1.3.3 测试系统的闭环控制型	20
1.4 测试系统的基本特性	21
1.4.1 测试系统的静态特性	21
1.4.2 测试系统动态特性的数学描述	23
1.4.3 典型系统的动态特性	25
1.4.4 测试系统的动态误差	30
1.5 线性系统的性质与理想测试系统	32
1.5.1 线性系统的性质	32
1.5.2 理想系统含义及其条件	33
本章小结	34
习题	35
第 2 章 测试系统的基本电路	37
2.1 运算放大器概述	37
2.1.1 运算放大器的符号与封装	37
2.1.2 理想运算放大器	38
2.2 基本运算电路	39
2.2.1 比例运算电路	39

2.2.2	加法运算电路	40
2.2.3	减法器与积分器	41
2.2.4	有源 T 型网络比例器	43
2.2.5	指数与对数运算电路	44
2.2.6	乘法与除法运算电路	44
2.3	信号放大电路	45
2.3.1	集成仪表放大器	46
2.3.2	电桥放大器	48
2.3.3	程控增益放大器	49
2.3.4	电荷放大器	51
2.3.5	隔离放大器	53
2.4	有源滤波器	56
2.4.1	滤波器的基础知识	56
2.4.2	RC 有源滤波器	57
2.5	电压/电流转换电路	60
	本章小结	61
	习题	62
第 3 章	温度与湿度测量	63
3.1	温度传感器类型与测温范围	63
3.2	热电阻温度传感器及其温度测量电路	64
3.2.1	常用热电阻及其主要性能	65
3.2.2	热电阻的测温误差及引线误差的消除	67
3.2.3	热电阻温度传感器的基本测量电路	68
3.3	热电偶传感器及其温度测量电路	71
3.3.1	热电偶测温原理	71
3.3.2	常用热电偶结构、材料及种类	73
3.3.3	冷端温度的影响及其消除	75
3.3.4	热电偶传感器的基本测温电路	78
3.4	智能集成温度传感器及其应用	79
3.4.1	智能集成温度传感器概述	80
3.4.2	典型智能集成温度传感器及其应用	81
3.4.3	基于 MAX6675 和 K 型热电偶的高精度智能测温系统	89
3.5	湿度传感器及其测量电路	92
3.5.1	湿度传感器的类型及性能	92
3.5.2	基于湿敏电阻的相对湿度测量电路	94
3.5.3	基于湿敏电容的相对湿度测量电路	96
3.5.4	SHT11/15 型单片智能湿度/温度传感器及其应用	98

本章小结	102
习题	103
第 4 章 气体与烟雾测量	106
4.1 气体传感器概况	106
4.1.1 气体传感器的基本概念	106
4.1.2 几种气体检测传感器简介	108
4.2 可燃性气体浓度检测电路	110
4.2.1 接触燃烧式传感器的基本结构和工作原理	110
4.2.2 电桥接触燃烧式气敏元件的检测电路	111
4.2.3 使用 U257B 驱动数码管的气体浓度检测电路	112
4.2.4 采用 QM-N2 型气敏元件构成的可燃性气体报警电路	113
4.3 毒性气体检测电路	114
4.3.1 基于接触燃烧式传感器检测一氧化碳	114
4.3.2 恒电位电解式传感器及其毒气检测电路	115
4.4 烟雾报警器电路	116
4.4.1 采用直热式气体传感器 TGS109 构成的气体烟雾报警电路	116
4.4.2 采用 TGS202 气体传感器构成的气体烟雾报警器电路	117
4.4.3 采用 QM-N5 型气体半导体传感器的家用报警系统	118
4.4.4 可燃性气体、毒性气体两用检测电路	119
4.5 酒精与氢气检测电路	120
4.5.1 简易酒精测试器	120
4.5.2 氢气浓度计	120
本章小结	121
习题	122
第 5 章 位移与位置测量	123
5.1 电感式位移传感器及其应用电路	123
5.1.1 自感式位移传感器及其测量电路	123
5.1.2 差动变压器式传感器及其测量电路	125
5.2 电容式传感器的位移与物位置测量电路	128
5.2.1 电容传感器	128
5.2.2 电容传感器的测量电路	130
5.2.3 电容传感器位置测量举例	133
5.3 霍尔传感器的位移测量电路	137
5.3.1 霍尔传感器的工作原理	138
5.3.2 霍尔元件的连接方式与输出电路	141
5.3.3 霍尔元件的温度补偿电路	143

5.3.4	不等位电势的产生与补偿	144
5.3.5	基于霍尔传感器的位移测量电路	146
5.4	光位置传感器及其测量电路	150
5.4.1	光位置传感器	150
5.4.2	基于一维 PSD 的距离测量电路	151
本章小结		154
习题		155
 第 6 章 速度、加速度测量		157
6.1	速度传感器的类型	157
6.2	风速传感器及其测量电路	158
6.2.1	热敏电阻式风速传感器的测量电路	158
6.2.2	热线式风速传感器的应用电路	159
6.2.3	离子式风速传感器及其测量电路	160
6.3	液体流速传感器及其实用电路	162
6.3.1	萨沃纽斯液体流速传感器及其测量电路	163
6.3.2	电阻式旋桨流速传感器及其测量电路	164
6.3.3	光电式流速传感器及其测量电路	165
6.4	压电式加速度传感器与测量电路	165
6.4.1	压电效应与压电材料	166
6.4.2	压电式加速度传感器	167
6.4.3	压电式加速度传感器的测量电路	170
6.5	光电式转速传感器与测量电路	173
6.5.1	光电式转速传感器	173
6.5.2	光电数字转速表	173
本章小结		175
习题		176
 第 7 章 力、压力测量		178
7.1	应变片压力传感器及其测量电路	178
7.1.1	应变片压力传感器	178
7.1.2	应变片压力传感器的变换电路	181
7.1.3	应变片压力传感器的测量电路设计	185
7.1.4	半导体应变片压力传感器测量电路的设计	188
7.1.5	应变片压力传感器实用检测电路	190
7.2	压阻式压力传感器及其典型应用电路	192
7.2.1	压阻式压力传感器	193
7.2.2	典型测量电路	196

7.3 振动式压力传感器的测量电路设计	200
7.3.1 振弦式压力传感器及其测量电路	201
7.3.2 谐振膜压力传感器及其测量电路	202
7.3.3 石英谐振式压力测量系统	204
7.3.4 音叉振子压力传感器及其测量电路	204
7.4 利用差动变压器测量压差	206
本章小结	207
习题	208
第8章 物体探伤与缺陷测量	209
8.1 红外传感器及其探伤测量电路	209
8.1.1 红外光的基本特点	209
8.1.2 红外传感器的工作原理与基本参数	210
8.1.3 红外探伤检测举例	212
8.2 超声波探伤传感器与检测电路	214
8.2.1 超声波的基本特性	214
8.2.2 超声波传感器	216
8.2.3 超声波诊断仪的工作原理	218
8.2.4 超声波探伤金属材料的检测电路	221
8.2.5 超声波物体探测电路	224
8.3 声发射传感器与探伤检测电路	226
8.3.1 声发射及其效应	226
8.3.2 声发射(AE)传感器探伤检测电路	229
8.3.3 声发射检测方法的优点	230
本章小结	231
习题	232
第9章 电量与流量测量	233
9.1 电压的测量	233
9.1.1 峰值电压的测量	233
9.1.2 电平(分贝)的测量	235
9.1.3 脉冲电压的测量	236
9.2 基于霍尔传感器的直流电流检测电路的设计	237
9.2.1 UGN-3501M 霍尔传感器及其线性度分析	237
9.2.2 直流电流检测电路的设计	239
9.3 涡轮流量传感器及其应用电路	240
9.3.1 涡轮流量传感器工作原理	240
9.3.2 涡轮流量计电路设计	241

9.4	热气流控制器电路	242
9.5	孔板流量传感器及其应用电路	246
9.5.1	孔板流量传感器的工作原理	246
9.5.2	压差流量计电路	246
	本章小结	248
	习题	248
第 10 章	光电测控电路	250
10.1	概述	250
10.2	光敏晶体管 and 光敏电阻	251
10.2.1	光敏晶体管	251
10.2.2	光敏电阻	256
10.3	光电耦合器及其开关电路	258
10.3.1	光电耦合器的工作原理	258
10.3.2	光电耦合器的特性与实用技术	259
10.3.3	由光电耦合器组成的开关电路	261
10.4	光电测控的应用举例	264
10.4.1	光电传感器应用的几种基本形式	264
10.4.2	辐射型测温电路	265
10.4.3	烟尘浊度监测仪	266
10.4.4	声控光敏延时开关电路	266
10.4.5	光电输液监测器的设计	267
10.4.6	光电耦合器缺相保护电路	269
10.5	光电池及其应用	270
10.5.1	光电池	270
10.5.2	光电池的应用	272
	本章小结	274
	习题	275
* 第 11 章	软测量与虚拟仪器测量技术	277
11.1	软测量技术的基本概念	277
11.1.1	辅助变量的选取	277
11.1.2	测量数据的处理	278
11.1.3	软测量模型的建立	279
11.1.4	软测量模型的在线校正	280
11.1.5	软测量的工业应用	280
11.2	虚拟仪器简介	281
11.2.1	概述	281

11.2.2	LabVIEW 的组成和运行环境	282
11.2.3	LabVIEW 的窗口工具栏	284
11.3	基于虚拟仪器的软测量举例	285
11.3.1	基于 VI 测量开关电源谐波信号	286
11.3.2	基于相关估计辨识传感器输出微弱信号中的工频噪声	289
11.3.3	语音信号的短时分形维数模糊控制滤波	292
11.4	微波双口网络 S 参数的精密测量	296
	本章小结	301
	习题	302
* 第 12 章	检测技术实训	304
实训 1	金属箔式应变片的研究	304
实训 2	金属箔式应变片构成的交流全桥与应用 (综合性实训)	307
实训 3	MPX 压力传感器的性能测量	310
实训 4	热电偶测温与标定	311
实训 5	温度传感器与温度测试 (综合性实训)	314
实训 6	HT7500 型高精度数字体温计设计 (综合性实训)	317
实训 7	基于电容式传感器测量位移	321
实训 8	差动变压器的性能测量与应用 (综合性实训)	322
实训 9	电涡流传感器与应用 (综合性实训)	327
实训 10	霍尔式传感器的交、直流激励测量位移	330
实训 11	酒精浓度测试器(综合性实训)	332
实训 12	湿度的测试	333
实训 13	光敏电阻和光敏管	334
实训 14	光电传感器(对射型)测速电路的设计	335
实训 15	声控光敏延时照明开关电路的设计 (设计性实训)	336
实训 16	光纤传感器的位移和转速测量(综合性实训)	337
实训 17	色差/V 传感器的测试	339
附录 A	CJS-1 传感器与自动检测实验装置使用说明	341
附录 B	CSY2001B 型实验台简介	345
参考文献		348

检测技术与测试系统

本章讨论了检测技术的作用和任务、检测技术的发展趋势、传感器的发展动态、测试系统的基本结构与类型、信号及其基本运算、信号变换与频谱、连续时间信号的采样、测试系统的静态特性、测试系统的动态特性、理想测试系统的条件等内容。这些内容是检测技术的基本概念和基本知识,是后续各章学习所必备的基本知识。

1.1 检测技术概述

1.1.1 检测技术的作用和任务

检测的过程是借助专门的设备、仪器、测试系统,通过适当的实验方法与必需的信号分析及数据处理,由测得的信号求取与研究对象有关信息量值的过程,最后将其结果进行显示和输出。因此,检测技术属于信息科学的范畴,是信息技术三大支柱(检测控制技术、计算技术和通信技术)之一。

测量是以确定被测物属性量值为目的的一组操作。测试是具有实验性质的测量,或者可理解为测量与实验的综合。

人类对客观事物的认识和改变离不开检测技术。特别是科学技术迅速发展的今天,在日常生活、商品流通、机械工程、交通运输、电子通信、军事技术以及宇宙科学等领域中均离不开检测技术。

在工程中,通过对有关物理量(如位移、速度、加速度、力、力矩、功率、机械振动、噪声、温度、电流、电压等)的测量,不仅能够对产品的质量提供客观的评价,而且还能够为生产、科研提供可靠的数据和反馈信息,成为探索、开发、创造和实现生产自动化的一种重要手段。

检测技术的主要任务有以下四个方面:

(1) 对产品的质量进行检定,确保产品质量达到预定的规格。对各类机械、仪器产品的性能进行测试,检查其产品性能是否达到了产品标准规定的指标,如对机床、汽轮机主轴回转误差的测定,内燃机的转速、功率、耗油量的测定,各种机械量测量仪器准确性的鉴定,等等。

(2) 对生产过程进行监视或控制,保证生产过程正常运行。例如,随时测定与运行条件有关的物理量,经过适当的转换由记录指示装置进行监视。一般地说,运行中的被测

量大多是动态参数,因此又往往涉及动态测量。

(3) 在工程设计中,利用检测技术可以提供大量实验数据。在实际工程中,许多复杂的问题仅凭已有的理论公式和经验公式进行计算是不够的,有时甚至没有理论公式和经验公式可以作为依据,往往以模拟经验经过实验来寻找或判断最佳条件,在这个过程中都涉及测试工作。

(4) 在许多科学研究项目中,测试工作也都占有很重要的地位,如气象学、地震学、海洋学的研究都是与测试分不开的。至于人造地球卫星的发射与回收、宇宙空间的探测、航天工程等尖端技术的科学研究,都与检测技术紧密相关。因此,检测技术是一切科学技术发展的一项重要的基础技术。

获取所研究对象的相关信息,有些是可以直接检测的。例如,弹簧在外力作用下产生变形,其变形量就是可以直接检测的。但是,对于有些系统动态特性的测试就不容易直接检测,对于这样的系统,首先要设计测试系统,并且要根据信息量的性质选择相应的传感器,对传感器获取的信息进行加工、处理才能获得相关的量值;有些系统的动态特性则只有通过对它进行激励和系统响应测试才能求得。

从广义的角度来讲,测试工作涉及实验设计、模型理论、传感器、信号处理、误差理论、控制工程和参数估计等内容。从狭义的角度来讲,测试工作则是指在一定激励方式下,信号的检测、变换、显示、记录或直接以电量输出数据等内容,与之相对应的具体环节构成系统。本书是在狭义的范围内来论述检测技术中的一些基础知识,包括基本理论、基本物理量测试技能两个方面。

1.1.2 检测技术的发展趋势

1. 检测技术的发展过程

检测技术与科学研究、工程实践密切相关。科学技术的发展促进检测技术发展,检测技术的发展反过来又促进科学技术的提高,二者相辅相成,推动社会生产力不断前进。第一代测试仪器是以电磁感应基本定律为基础的模拟指针式仪表。当20世纪50年代出现了电子管、60年代出现晶体管时,便产生了以电子管或晶体管为基础的第二代测试仪器——分立元件仪表。20世纪70年代出现集成电路,产生了以集成电路芯片为基础的第三代仪器——数字式仪表。随着微电子技术的发展和微处理器的普及,20世纪80年代以微处理器为中心的第四代仪器——智能式仪表迅速普及。现在,由于微电子技术 with 计算机技术的飞速发展,检测技术与计算机深层次的结合正引起测试仪器领域里一场新的革命,一种全新的仪器结构概念导致新一代仪器——虚拟仪器的出现,进而产生集成仪器,再由单台仪器子系统向多台仪器组成的大的测试系统方向发展。

科学技术与生产水平的高度发达,要求有更先进的检测技术与仪器作基础。据统计:

- 大型发电机组需要 3000 台传感器及其配套监测仪表;
- 大型石油化工厂需要 6000 台传感器及其配套监测仪表;
- 一个钢铁厂需要 20000 台传感器及其配套监测仪表;

- 一个电站需要 5000 台传感器及其配套监测仪表；
- 一架飞机需要 3600 只传感器及其配套监测仪表；
- 一辆汽车需要 30~100 只传感器及其配套监测仪表。

在各种现代装备的设计和制造工作中,测量工作内容已占首位。测试系统的成本已达到该装备系统总成本的 50%~70%,它是保证现代工程装备系统实际性能指标和正常工作的重要手段,是其先进性能及实用水平的重要标志。以电厂为例,为了实现安全高效供电,电厂除了实时监测电网电压、电流、功率因数进而监测频率、谐波分量等电量外,还要实时监视电机各部位的振动(振幅、速度、加速度)以及压力、温度、流量、液位等多种非电量,并实时分析处理、判断决策、调节控制,以使系统处于最佳工作状态。如果测试系统不够完备,例如,汽车温度测量值有+1%的测量偏差,则汽车高压缸效率减小 3.7%;若主气流量值有-1%的测量偏差,则电站燃烧成本增加 1%。又如,为了对工件进行精密机械加工,需要在加工过程中对各种参数,如位移量、角度、圆度、孔径等直接相关量以及振动、温度、刀具磨损等间接相关量进行实时监测,实时由计算机进行分析处理,然后由计算机实时地对执行机构给出进刀量、进刀速度等控制调节指令,才能保证预期高质量的要求,否则得到的将是次品或废品。再如,我们不能设想一个微米级、纳米级线宽的集成电路生产线,它们的测量准确度达不到微米级、纳米级。

在科学技术与社会生产高度发达的今天,要求与之适应的测试仪器与系统虽然错综复杂,被测对象的跨度既广泛又具多样性,但是归纳起来主要是:

- (1) 能够测量多种参量,包括非电气量;
- (2) 具有多个输入通道,可进行多点测量;
- (3) 能够快速进行在线实时测量,因为 95% 的被测信号是随时间变化的动态信号;
- (4) 能够实时快速进行信号分析处理,排除噪声干扰、消除偶然误差、修正系统误差,从而实现测量结果的高准确度以及具有对被测信号的高分辨能力。

唯有以计算机为中心的测试系统能够实现上述要求。

2. 检测技术发展的主要标志

可以说,采用先进的检测技术是科学技术现代化的重要标志之一,也是科学技术现代化必不可少的条件。由于科学技术的发展,使检测技术达到了一个新的水平,其主要标志如下:

(1) 由于物理学和化学、材料学尤其是半导体物理学、微电子学等方面的新成就,使传感器向着精度高、灵敏度测量范围大而体积小的方向发展。并且已经研制成功很多可以检测力、热、光、磁等物理量和气体化学成分的传感器。光纤不仅可以用来作信号的传输,而且可作为传感器。微电子技术的发展使得有可能把某些电路乃至微处理器功能融入传感器中。可以说传感器的小型化与智能化已经成为当代科学技术发展的标志,也是检测技术发展的明显趋势。

(2) 计算机的发展使检测技术发生了根本变化。利用电子技术可以使信号的分析理论和方法不断发展,日趋完善。在很多情况下还可以利用计算机做后续处理工作,直接显示出所需要的结果。计算机技术在检测技术中的应用突出地表现在整个测试工作可

在计算机控制下,自动按照给定的测试实验程序进行,直接给出测试结果,构成自动测试系统。其他诸如微波存储、数据采集、非线性校正和系统误差的排除、数字滤波、参数估计等方面也都是计算机技术在测试领域中应用的重要成果。

(3) 检测技术已经成为自动控制中一个重要的组成部分。众所周知,宇宙空间站的建立、航天飞机的发射和返回、人造地球卫星的发射和返回,都是自动控制技术的重要成果。生产过程自动化已经成为当今工业生产实现高精度、高效率的重要手段。而一切自动控制过程都离不开自动检测技术,利用测试得到的信息,自动调整整个运行状态,使生产、控制过程在预定的理想状态下进行,实现“以信息流控制物质和能量流”的自动控制过程。

(4) 随着科学技术的发展,检测技术应用的领域不断扩大。可以说,它涉及所有几何量和物理量,诸如力、位移、速度、硬度、流量、时间、频率、温度、热量、电声、噪声、超声、光度、光谱、色度、激光、电学、磁学等。检测技术不仅广泛应用于机械工程、电子信息工程中,而且应用于生物工程之中,目前已经研制出用于将检测分析物的生物分子或细胞的结果转化成电信号的换能器,可以用来探测生物发展的奥秘。

3. 现代电测技术的发展趋势

随着微电子技术、计算机技术及数字信号处理(DSP)等先进技术在检测技术中的应用,就共性及基础技术而言,现代电测技术的发展趋势是:集成仪器、测试系统的体系结构、测试软件、人工智能检测技术等方面,在此诸方面中我们着重说明下述两个方面。

(1) 集成仪器概念

仪器与计算机技术的深层次结合产生了全新的仪器结构概念。从虚拟仪器、卡式仪器、VXI总线仪器直至集成仪器的概念,至今还没有正式的定义。一般来说,将数据采集卡插入计算机空槽中,利用软件在屏幕上生成虚拟面板,在软件引导下进行信号采集、运算、分析和处理,实现仪器功能并完成测试的全过程,这就是所谓的虚拟仪器。即由数据采集卡、计算机、输出(D/A)及显示器这种结构模式组成仪器通用硬件平台,在此平台基础上调用测试软件完成某种功能的测试任务,便构成该种功能的测试仪器,成为具有虚拟面板的虚拟仪器。在同一平台上,调用不同的测试软件就可构成不同功能的虚拟仪器,故可方便地将多种测试功能集于一体,实现多功能集成仪器。因此,出现了“软件就是仪器”的概念,如对采集的数据通过测试软件进行标定和数据点的显示就构成一台数字存储示波器;若对采集的数据利用软件进行快速傅里叶变换(FFT),则构成一台频谱分析仪。

(2) 测试软件

在测试平台上,调用不同的测试软件就构成不同功能的仪器,因此,软件在系统中占有十分重要的地位。在大规模集成电路迅速发展的今天,系统的硬件越来越简化,软件越来越复杂;集成电路器件的价格逐年大幅下降,而软件成本费用则大幅上升。测试软件不论对大的测试系统还是单台仪器子系统来讲都是十分重要的,而且是未来发展和竞争的焦点。有专家预言:“在测试平台上,下一次大变革就是软件。”信号分析与处理要求取的特征值,如峰值、真有效值、均值、均方值、方差、标准差等,若用硬件电路来获取,其

电路是极为复杂的；若要获得多个特征值，电路系统则很庞大；而另一些数据特征值，如相关函数、频谱、概率密度函数等则是不可能用一般硬件电路来获取的，即使是具有微处理器的智能化仪器，如频谱分析仪、传递函数分析仪等（其价格极其昂贵，是“贵族式”仪器）同样如此。而在测试平台上，信号数据特征的定义式用软件编程很容易实现，从而使那些只能是“贵族式”分析仪器才具有的信号分析与测量功能得以在一般工程测量中实现，使信号分析与处理技术能够广泛普及，为工程生产实践服务。

软件技术对于现代测试系统的重要性，表明计算机技术在现代测试系统中的重要地位。但不能认为，掌握了计算机技术就等于掌握了检测技术。这是因为，其一，计算机软件永远不可能全部取代测试系统中的硬件；其二，不懂测试系统的基本原理不可能正确地组建测试系统，不可能正确应用计算机。一个专门的程序设计者，可以熟练而又巧妙地编制科学计算的程序，但若不懂检测技术则根本无法编制测试程序。测试程序是专业程序编制人员无法编写的，而必须且只能由精通检测技术的工程人员来编写。因此，现代检测技术不仅要求测试人员熟练掌握计算机应用技术，更要深入掌握检测技术的基本理论。

因此，通用集成仪器平台的构成技术与数据采集、数字信号分析处理的软件技术是决定现代测试仪器、系统性能与功能的两大关键技术。以虚拟/集成仪器为代表的现代测试仪器、系统与传统测试仪器相比较的最大特点是：用户在集成仪器平台上根据自己的要求开发相应的应用软件，就能构成自己需要的实用仪器和实用测试系统，其仪器的功能不限于厂家的规定。因此，学习、了解测试原理是非常必要的。

1.1.3 传感器的发展动态

检测技术的发展与传感器技术的发展息息相关，先进的测试系统离不开先进的传感器。

传感器技术是材料学、力学、电学、磁学、微电子学、光学、声学、化学、生物学、精密机械、仿生学、测量技术、半导体技术、计算机技术、信息处理技术，乃至系统科学、人工智能、自动化技术等众多学科相互交叉的综合性高新技术密集型前沿技术，广泛应用于航空航天、兵器、信息产业、机械、电力、能源、交通、冶金、石油、建筑、邮电、生物、医学、环保、材料、灾害预测预防、农林渔业、食品、烟酒制造、建筑、汽车、舰船、机器人、家电、公共安全等领域，可以说是无所不在。敏感元件与传感器技术发展迅猛，是当代科学技术发展的重要标志。

1. 传感器分类

传感器种类繁多，而且在不断地涌现各类新型传感器。传感器分类，从不同的角度就有不同的分类，常见的几种分类方法如下。

（1）按被测物理量分类

按传感器输入端被测物理量分类，也就是按用途进行分类，便于使用者获得最基本的使用信息，下面列举这种分类方法的若干类型。

- ① 机械量：力参量、质量、力、扭矩、速度、加速度、应力……
- ② 热工量：温度、热量、热流、压力(差)、流速、流量、液位、物位……
- ③ 物性参量：密度、浓度、粘度、酸碱度……
- ④ 光学量：光强、光通量、辐射能量……
- ⑤ 化学量：气体的成分、液体的成分……
- ⋮

(2) 按传感器输出量变换原理分类

传感器的“可用输出信号”的类型是有限的,例如,电信号有电压、电流、电荷、电阻、电感、电容、互感等几种。这样划分的类型少,易于从原理上认识输入量与输出量的变换关系。其中输出量为电参数(电阻、电感、电容、互感)者,称为电参数型传感器;输出量为电量(电压、电流、电荷)者,称为电量型传感器。

(3) 按能量传递方式分类

按能量传递方式分为有源(或称为能量转换型)传感器和无源(或称为能量控制型)传感器两大类。

① 能量转换型。传感器将从被测对象获取的信号能量直接转换成另一种输出信号能量,如把热量(或温度)转换成电压信号。如热电偶、光电池、压电式、光电式、磁电式、霍尔式等传感器。

② 能量控制型。传感器将从被测对象获取的信号能量用于调制或控制外部激励源,使外部激励源的部分能量载运信息而形成输出信号。这类传感器必须由外部提供激励源,如电源、光源、声源等,才能输出信号。如电阻式、电感式、电容式等传感器。这类传感器的检测电路一般是谐振电路和电桥电路。

常用传感器的分类法如图 1.1 所示。

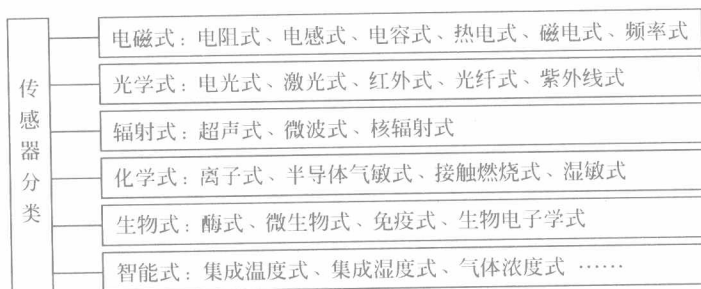


图 1.1 常用传感器的分类方法

2. 传感器技术发展的主流方向

传感器是人类探知自然界信息的触觉,为人们认识和控制相应的对象提供条件和依据。当计算机技术和通信技术飞速发展的今天,信息获取装置即传感器发展的相对滞后造成了“大脑发达、五官不灵”,这已经开始引起人们的警觉和各发达国家的重视,对传感器技术和产品的需求迅速提升。传感器技术将成为 21 世纪各国在高新技术发展方面争夺的一个重要领域。

在今天的信息时代,各种控制系统自动化程度、复杂性以及环境适应性(如高温、高速、野外、地下、高空等)要求越来越高,需要获取的信息量越来越多,它不仅对传感器的测量精度、响应速度、可靠性提出了很高的要求,而且需求信号远距离传输。显然,传统的传感器已很难满足要求,发展集成化、微型化、智能化、网络化传感器将成为传感器技术的主流方向。

(1) 传感器的集成化

传感器的集成化是利用集成电路制作技术和微机加工技术将多个功能相同、功能相近或功能不同的传感器件集成为一维线形传感器或二维面形(阵列)传感器;或利用微电子电路制作技术和微型计算机接口技术将传感器与信号调理、补偿等电路集成在同一芯片上。前一种集成具体可分为三种类型。

① 将多个功能相同的敏感元件集成在同一芯片上,检测被测量的线状、面状甚至体状的分布信息,例如,固态图像传感器(CCD)阵列光敏器件,它不仅在自动化生产线上发挥“视觉”作用(例如,纺织品质量检查及大规模集成电路图形检查等),而且在天文罗盘、星体跟踪、卫星遥感装置上也开始应用。

② 将多个结构相似、功能相近的敏感元件集成在同一芯片上,在保证测量精度的前提下扩大传感器的测量范围。例如,将不同气敏元件集成在一起组成,利用各种气敏元件对不同气体的敏感效应,采用神经网络及模式识别等先进的数据处理技术,对混合气体的各组成成分同时进行检测,得到混合气体的有关信息,同时提高气敏传感器的测量精度。这种方式还可将不同量程的传感元件进行集成,根据被测量的大小在各传感元件之间进行切换。

③ 将多个不同功能的敏感元件集成在同一芯片上,使传感器能测量不同性质的参数,实现综合检测。例如,集成压力、温度、湿度、流量、加速度、化学等不同功能敏感元件的传感器,能同时检测外界环境的物理特性或化学特性,从而实现多环境的多参数综合监测。

多传感元件集成具有以下优点:可使传感器检测由点到面甚至到体,从而实现信息多维化;若加上时序,变单参数检测为多参数检测。

另一种集成可使传感器由单一的信号变换功能,扩展为兼有放大、运算、补偿等功能。显然,集成化将降低对单一传感器的性能要求,但在多敏感元件集成时,应充分考虑传感元件的性能互补性、电磁兼容性以及资源共享性等问题。

(2) 传感器微型化

20世纪80年代末,随着微电子技术的高速发展和工艺成熟,一种具有重大影响的核心技术——微电子机械加工技术(micro electro-mechanical technology, MEMT)已获得飞速发展,为制作传感器、微电子机械系统(简称MEMS)创造了条件。

微传感器一般是指敏感元件的特征尺寸从几 μm 到几mm的这类传感器的总称,它包括三种结构形式:①微型传感器,通常它是单一功能的简单传感器,其敏感元件工艺一般与集成工艺兼容;②具有微机械结构敏感元件的机电一体化的微结构传感器,如微电容加速度传感器、微谐振梁式压力传感器等,其制造工艺具有微机械加工特点;③具有数字接口、自检、EPROM(CPU)、数字补偿和总线兼容等功能的微传感器系统。

微系统是指各微型化部件组装成系统,组装工艺均采用MEMT,形成了微系统,包