

21世纪高等职业院校精品规划教材

传感器与检测技术

CHUANGANQI YU JIANCE JISHU

廖跃华 王学斌 / 主编
陈 岚 / 副主编

21 世纪高等职业院校精品规划教材

传感器与检测技术

廖跃华 王学斌 / 主 编
陈 岚 / 副主编



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书改变以往传统教材以讲述系统理论知识为主的编写思路,注重实际应用,通过对教材内容的整合,力求做到通俗易懂,培养学生选择、应用和维护维修传感器的能力。全书共分8章,第1、2、3章着重介绍信号、检测技术和传感器的基本知识,第4~5章介绍常用传感器和新型传感器的原理及应用,第6章介绍检测电路信号的变换,第7章介绍信号处理及检测系统的干扰抑制技术,第8章着重介绍传感器和检测技术应用的常见案例。

本书可作为机电一体化、电子信息和数控技术等专业“传感器与检测技术”课程的教材,也可供相近专业师生及相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

传感器与检测技术/廖跃华,王学斌主编. —天津:天津大学出版社,2009.8

ISBN 978-7-5618-2998-1

I. 传… II. ①廖…②王… III. 传感器-检测 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 152434 号

出版发行 天津大学出版社
出 版 人 杨欢
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742
网 址 www.tjup.com
印 刷 北京市通州京华印刷制版厂
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm×260mm
印 张 14.25
字 数 356 千
版 次 2009 年 8 月第 1 版
印 次 2009 年 8 月第 1 次
定 价 25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

随着工厂企业自动化程度的不断提高,传感器与检测技术的应用越来越广。特别是自动控制,自动检测系统中获取各种信息的传感器已经成为不可缺少的重要技术工具。因此,在当今高职高专教育中掌握传感器与检测技术尤为重要

本书主要针对高职高专工科专业的需要,并结合高职高专学生的特点和编者多年的教学实践而编写,适合于机电一体化、电子信息和数控技术等专业的教材。在课时方面,建议在90课时左右,也可根据不同专业的实际需要做适当调整。

本书改变以往传统教材以讲述系统理论知识为主的编写思路,注重实际应用。通过对教学内容进行整合,力求做到通俗易懂,以任务驱动为教学主线,强调必需、够用,体现教、学、做一体化的教学改革思路。

全书共分8章,包括5个知识模块,第1~3章为基础知识模块,第4章为传统传感器技术模块,第5章为新型传感器技术模块,第6~7章为控制电路、信号处理和抗干扰技术系统模块,第8章为传感器与检测技术应用案例模块。另外,每章均安排了一定的习题,用以检验学生掌握所学知识的情况,充分调动学生的学习积极性。为了加强学生的动手能力和实践操作知识,应配备专门的实训教学,使学生掌握各种传感器的选用、维护和维修以及检测系统的使用。

本书第1、2、4、6、7章由江西工业贸易职业技术学院陈岚编写,第3章由江西渝州科技职业学院王学斌编写,第5、8章由江西工业贸易职业学院廖跃华编写,江西科技师范学院万涛参与编写本教材的部分实例。全书由廖跃华统稿,廖跃华、王学斌主编,陈岚任副主编。

在本书编写过程中,编者查阅了大量的书刊和资料,参考和借鉴了许多图表和相关内容,并得到了许多朋友的热情鼓励和帮助,在此一并表示衷心的感谢。由于编者水平有限,加之时间仓促,书中不妥及错误之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

编者

2009年6月5日

目 录

前言

第 1 章 信号分析基本知识	1
1.1 测试、信息与信号基本知识	1
1.1.1 测试、信息和信号的定义	1
1.1.2 测试、信息处理的基本内容	2
1.1.3 测试、信息处理的发展概况	3
1.1.4 信息与信息技术	4
1.1.5 信息科学	5
1.1.6 信息技术	5
1.1.7 信息与信号	7
1.2 信号分类与描述	7
1.2.1 信号的分类	7
1.2.2 信号的描述	8
1.3 检测与控制系统及检测技术	8
1.3.1 传感器是检测与控制系统的首要环节	8
1.3.2 检测电路是检测与控制系统功能实现的基本电路	9
第 2 章 检测技术的基本知识	12
2.1 检测技术及检测系统	12
2.1.1 检测技术的概念与作用	12
2.1.2 检测技术的发展与展望	13
2.1.3 检测系统的基本组成	14
2.2 测量的基本知识	17
2.2.1 测量的基本概念	17
2.2.2 测量方法	17
2.3 测量误差的分析	19
2.3.1 误差的基本概念	19
2.3.2 测量误差的分析	20
2.3.3 误差的处理	24
2.4 检测装置的基本要求	26
2.4.1 对检测装置的基本要求概述	26
2.4.2 线性系统及其主要性质	26

2.4.3	检测装置的静态特征与动态特征	27
2.4.4	不失真检测的条件	30
2.4.5	负载效应	31
第3章	传感器的基本概念	33
3.1	传感器的地位和作用	33
3.2	传感器的定义与组成	34
3.3	传感器的分类	35
3.4	传感器的基本特性	36
3.5	传感器的应用领域及其发展	36
3.5.1	传感器的应用领域	36
3.5.2	传感器的发展趋势	38
第4章	常用传感器的工作原理及应用	40
4.1	电阻式传感器	40
4.1.1	电位器式传感器	40
4.1.2	电阻应变片	41
4.1.3	热电阻传感器	46
4.1.4	热敏电阻传感器	48
4.1.5	压敏电阻	50
4.1.6	气敏电阻	52
4.1.7	湿敏电阻	55
4.1.8	光敏电阻	57
4.2	电容式传感器	60
4.2.1	电容式传感器的基本原理及性能特点	60
4.2.2	测量电路	62
4.2.3	实际中存在的问题及其解决方法	66
4.2.4	电容式传感器的特点	67
4.2.5	电容式传感器的应用	68
4.3	电感式传感器	71
4.3.1	自感式传感器	71
4.3.2	变压器式传感器	73
4.4	压电式传感器	77
4.4.1	压电式传感器的工作原理	77
4.4.2	压电材料及压电元件的结构	80
4.4.3	压电式传感器的测量电路	82
4.4.4	压电式传感器的应用	84
4.5	霍尔传感器	86

4.5.1	霍尔元件的基本工作原理	86
4.5.2	霍尔元件的基本结构和主要技术指标	88
4.5.3	霍尔元件的测量电路	90
4.5.4	霍尔传感器的应用	94
4.6	热敏传感器	97
4.6.1	热电偶	97
4.6.2	热电阻式传感器	103
4.7	数字式传感器	106
4.7.1	光栅数字式传感器	106
4.7.2	磁栅数字式传感器	114
第5章	新型传感器	120
5.1	仿生传感器	120
5.1.1	机器人内部传感器概述	120
5.1.2	机器人外部传感器	122
5.2	光纤传感器	126
5.2.1	光纤结构	126
5.2.2	光纤传感器的工作原理	127
5.2.3	光纤传感器的特点	128
5.2.4	光纤传感器的应用举例	129
5.3	微型传感器	131
5.3.1	电容式微型传感器	131
5.3.2	电感式微型传感器	132
5.3.3	压阻式微型传感器	132
5.3.4	热敏电阻式微型传感器	133
5.4	集成传感器	133
5.4.1	集成温度传感器	134
5.4.2	智能传感器应用举例	135
第6章	检测电路与信号的变换	138
6.1	传感器与检测电路的一般结构形式	138
6.1.1	传感器输出信号的特点	138
6.1.2	传感器信号的处理方法	139
6.1.3	传感器和传感器接口与检测电路的一般结构形式	139
6.2	传感器接口电路	140
6.2.1	阻抗匹配器	140
6.2.2	电桥电路	142
6.2.3	放大电路	146

6.3 信号处理电路	149
6.3.1 信号滤波	149
6.3.2 调制与解调电路	150
6.4 信号变换电路	157
6.4.1 集成电压比较器	158
6.4.2 采样保持器	160
6.4.3 多路模拟开关	160
6.4.4 电压/电流变换器	162
6.4.5 电压/频率变换器	165
6.4.6 模数转换原理	167
6.5 滤波器	172
6.5.1 概述	172
6.5.2 理想滤波器与实际滤波器	174
第7章 信号处理基础及传感器与检测系统的干扰抑制技术	179
7.1 模拟信号的处理	179
7.2 数字信号的处理	180
7.3 电桥电路	182
7.3.1 直流测量电桥分析	182
7.3.2 交流测量电桥分析	185
7.4 信号的放大与隔离	186
7.5 信号的变换	191
7.6 噪声的形成	193
7.6.1 噪声源	193
7.6.2 噪声的耦合方式	195
7.6.3 噪声的干扰模式	197
7.7 硬件抗干扰技术	199
7.7.1 接地技术	199
7.7.2 屏蔽技术	201
7.7.3 滤波技术	202
7.8 软件抗干扰技术	203
7.8.1 数字滤波	203
7.8.2 软件冗余技术	204
7.8.3 软件陷阱技术	205
7.8.4 “看门狗”技术	205
第8章 传感器与检测技术应用案例分析	206

8.1 可燃性气体报警器 206

 8.1.1 半导体气敏传感器 207

 8.1.2 接触燃烧气敏传感器 209

8.2 测重仪 210

8.3 谷物水份测试仪 211

8.4 温度变送器 212

 8.4.1 主要技术指标 213

 8.4.2 工作原理 213

8.5 智能温度湿度检测与控制仪 216

参考文献..... 218

第 1 章 信号分析基本知识

内容提要:本章重点介绍测试、信息与信号的基本知识,然后简要讨论检测中常用的一些信号描述、分类的基本知识,最后概述检测与控制系统及检测技术的关系。

1.1 测试、信息与信号基本知识

在科学技术高速发展的今天,人们已普遍认识到,科学技术发展的三大支柱(能源、材料、信息)之一的“信息科学”,占有头等重要的地位。

在检测技术领域,被测物理量往往通过测量装置转变成电信号并加以记录。记录的信号是分析事物的依据,其中蕴藏着大量的有用信息。信号分析的任务,就是从信号中提取各种信息。

信息论是信息科学的理论基础,是运用数理统计方法研究信息的获取、变换、传输与处理的一门新兴学科。广义信息论已广泛渗透于各种科学领域。将信息论引进工程测试领域,对于促进工程技术的发展,拓宽和深入理解工程技术的各种问题,具有十分重要的意义。

1.1.1 测试、信息和信号的定义

1. 测试的定义

测试(measurement and test)是具有试验性质的测量。试验是对迄今未知事物的探索性认识过程,测量是为确定被测对象的量值而进行的实验过程。

测试是人类认识自然、掌握自然规律的实践途径之一,是从科学研究中获得感性材料、接受自然信息的途径,是形成、发展和检验自然科学理论的实践基础。

2. 信息的定义

信息比较抽象,有关信息的概念及其数学模型的研究还在不断深入;有关信息的定义,也是一个值得进一步探讨的问题。

信息的定义有多种,但其中经典的、有代表性的定义有两条。其一是控制论的创始人之一,美国数学家维纳(N. Wiener)指出的:“信息就是信息,不是物质也不是能量”。他的这个论断在信息与物质和能量之间画了一条界线。其二是信息论奠基人、美国科学家香农(C. E. Shannon)指出的,信息是“能够用来消除不定性的东西”。所谓不定性,就是“具有多种可能而难以确断”。熵是不定性程度的度量,熵的减少就是不定性的减少。香农的信息定义虽然得到了度量信息的方法,但是这个定义也有局限性,它只描述了信息的功能,并没有正面回答“信息是什么”的问题。后来,被波里昂(L. Brillouin)等人引申为“信息就是负熵”,并且他们进一步提出:“信息是系统有序性和组织程度的

度量”。

随着对信息认识的不断深入,信息的定义也被推广。事物运动的状态和方式具有不定性,而要消除这种不定性,唯一的办法就是要了解事物运动的具体状态和方式,也就是说,要得到信息。因此,广义的信息定义为:描述事物运动的状态和方式。这种广义的定义,统一了维纳、香农等人的定义,既能从概念上抓住信息的本质,又能为定量描述和度量提供可行的方法。

3. 信号的定义

一般地说,传输信息的载体称为信号(signal)。信息蕴涵于信号之中,例如古代烽火,人们观察到的是光信号,它蕴涵的信息是“敌人来进攻了”;又如防空警笛,人们听到的是声信号,其含义则是“敌机空袭”或“敌机溃逃”,等等。

信号是物理性的,是物质,具有能量。人类获取信息,需要借助信号的传播。

1. 1. 2 测试、信息处理的基本内容

人类认识世界,是以感官感知自然信息开始的,物质的颜色、形状、声响及温度变化,可以由人的视觉、听觉、触觉等器官感知,但人的感官感知事物的变化有局限性,人类感官的延伸——传感器,是近代信息探测工程学中的重要内容,传感技术的发展扩展了人类感知信息的智能。科学家断言,如果有一天,信息探测技术发展原子、分子水平,那么,人们将得知各种物质的特性,并可制造出人类所需的任何一种物质。

信息探测涉及任何一项工程领域,无论是生物、海洋、气象、地质、雷达、通信以及机械、电子等工程,都离不开测试与信息处理。

工程中的信号描述了物理量的变化过程,在数学上可表示为1个或几个独立变量的函数,可取为时间或空间变化的图形。例如,机床的振动、发动机的声响、切削过程的温度等,都可表示为一个时间函数;加工零件的表面粗糙度、机床部件的热分布等,则可表示一个二元空间变量的高度函数。

工程中的信息处理,是指从传感器等一次敏感元件获取转换、变换、分析处理、显示及应用等过程。因为信息是以信号形式传输的,故而信息处理又可称为信号处理;而把研究信号的构成和特征值称为信号分析。信号处理和信号分析没有明确的界限。所以,信号分析和处理是密切关联的,有时作为同义语看待。图1-1概略地表示出信息(信号)的转换、传输与处理过程。

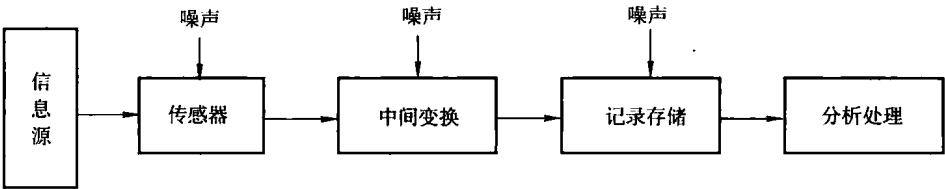


图 1-1 信息(信号)的转换、传输与处理过程

信号分析的经典方法有时域分析法与频域分析法。时域分析又称波形分析,是用

信号的幅值随时间变化的图形或表达式来分析,可以得到信号任一时刻的瞬时值或最大值、最小值、均值、均方根值等;也可以通过信号的时域分解,研究其稳定分量与波动分量;对信号的相关分析,可以研究信号本身或相互间的相似程度;研究信号的幅值取值的分布状态,可以了解信号幅值取值的概率及概率分布情况,此又称为幅值域分析。

测试信号的频域分析,是把信号的幅值、相位或能量变换为以频率表示的函数,进而分析其频率特性的一种方法,又称为频谱分析,例如,幅值谱、相位谱、功率谱密度等。对信号进行频谱分析,可以获取更多的有用信息,是近代信息技术发展中的一个重要手段。

1.1.3 测试、信息处理的发展概况

传感器是测试、控制系统中的信息敏感和检测部件,它感受被测信息并输出与其成一定比例关系的物理量(信号),以满足系统对信息处理、记录、显示和控制的要求。

早期发展的传感器,是利用物理学场的定律(电场、磁场、力场等)所构成的“结构型”传感器,其基本特征是以其结构的部分变化或变化后引起场的变化来反映待测量(力、位移等)的变化。

利用物质特性构成的传感器称为“物性型”传感器或“物性型”敏感元件。新的物理、化学、生物效应应用于物性型传感器,是传感技术的重要发展方向之一。每一种新的物理效应的应用,都会出现一种新型的敏感元件,或者能测量某种新的参数。新材料与新元件的应用,有力地推动传感器的发展,因为物性型敏感元件全赖于敏感功能材料。

现阶段传感器正向多功能、集成化、智能化方向发展。进行快变参数和动态测量,是自动化过程控制系统中的重要环节,其主要支柱是微电子与计算机技术。传感器与微计算机结合,产生了智能传感器。它能自动选择量程和增益,自动校准与实时校准,进行非线性校正、漂移等误差补偿和复杂的计算处理,完成自动故障监控和过载保护等。

人们常常习惯于把传感器比作人的感官,计算机比作人的大脑。因此,传感与计算技术的发展促进了测试系统的智能化。从信息化角度出发,“智能”应体现在三个方面:感知,信息的获取;思维,信息的处理;行为,信息的利用。

信息处理已应用于多种学科。目前它已成为信息科学中一种不可缺少的工具手段。20世纪50年代以前,信号分析技术已应用于多种学科,进入20世纪50年代,大型通用数字计算机在信号分析中有了实际应用。

20世纪60年代,人造卫星、宇航探测及通信、雷达技术的发展,对信号分析的速度、分辨能力提出了更高的要求。

20世纪70年代以后,大规模集成电路的发展以及微型计算机的应用,使信号分析技术具备了广阔的发展前景,许多新的计算方法不断出现。

此外,信号处理芯片是近年来出现的一种用于快速处理信号的器件。它的出现,对简化信号处理系统的结构,提高运算速度,加快信号处理的实时能力等有很大影响。

目前信号分析技术的发展目标是:①在线实时能力的进一步提高;②分辨率和运算精度的提高;③扩大和发展新的专用功能;④专用机结构小型化,性能标准化,价格低廉。

1.1.4 信息与信息技术

1. 信息是一种资源

正像物质和能量是人类生存和发展所必需的资源一样,信息也是一种不可缺少的资源。物质提供各种各样有用的材料,能源提供各种形式的动力,而信息向人类所提供的则是无穷无尽的知识与智慧。

人类生存没有必需的材料和动力不行,没有信息更不行,其他各种生物也是如此。如果人类不能获得外部世界变化的信息,就无法认识世界,当然也就不能有效地改造世界了。没有信息,就没有人类生存的希望。可见,信息对于人类是一种多么重要的资源!在这种意义上完全可以说,信息是生命的资源。

2. 物质、能量、信息三者的关系

现代科学认为,物质、能量、信息是物质世界的三大支柱,是科学史上三个最重要的概念,而这三者之间存在着密切的联系。物质运动的动力是能量,而信息是关于物质运动状态的特征,只要有运动的事物,就需要有能量,也就会存在信息。信息是普遍的,因此也可以说,信息描述了客观事物变化的时空特性,即无时不有,无地不存。

物质、能量和信息作为物质世界的三种资源,具有三位一体相辅相成的关系。例如,一个现代化的自动防空体系(图1-2),雷达监视着空间的特定区域,一旦发现目标,就立即发出信号,把目标物的运动状态和方式以无线电波的一系列参数形式,通过通信系统传递给计算中心。计算中心对所收到的信号作分析处理,估计出目标物的坐标、方位、仰角、运动速度、加速度等参数,并计算出拦截目标时导弹的发射参数。然后,控制系统根据这些参数控制武器的发射。发射出导弹以后,雷达系统又监视着导弹与目标物之间的误差关系,再由通信系统把这一误差信息传递给计算中心,经过计算及时调整导弹的飞行参数,并由控制系统指挥导弹,直到拦截击毁目标为止。

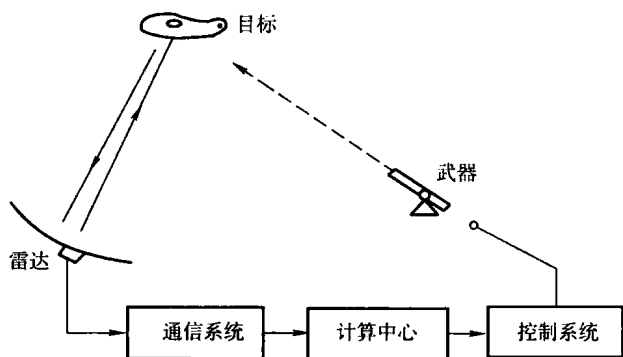


图 1-2 自动化防空体系

显然,在这个防空体系中,如果没有材料,就不存在雷达、计算机、导弹;如果没有能量,计算机、控制系统就不能工作。然而,在这三者之中,驾驭全局的是信息。物质系统具有形体,能量使系统具有力量,而信息则使系统具有了“灵魂”。

3. 信息的基本性质

由信息的定义,可以概括出信息具有以下一些重要的性质。

①可以识别。信息可以通过人的感官直接识别,也可以通过各种探测器间接识别。

②可以转换。信息可以从一种形态转换成另一种形态,如语言、文字、图像、图表等信号;也可以转换成计算机代码及广播、电视等电信号,而电信号和代码又可以转换成语言、文字、图像等。

③可以存储。人用脑神经细胞存储信息(称为记忆);计算机用内存储器 and 外存储器存储信息;录音机、录像机用磁带存储信息等。

④可以传输。人与人之间的信息传递依靠语言、表情、动作;社会信息的传输借助报纸、杂志、广播;工程中的信息则可以借助机械、光、声、电等传输。

⑤信息来源于物质运动,又不等同于物质。

⑥信息与能量息息相关,又互相异质。获取信息需要能量,控制能量又需要信息。一般来说,信息是比较抽象的。虽然它很抽象,却可以被观察者所感知、检测、提取、识别、存储、显示、分析、处理和利用,且为众多的观察者所共享。由于信息具有这性质,因此它对于人类和人类社会具有十分重要的意义。

1.1.5 信息科学

信息科学是以信息为主要研究对象,以信息的运动规律和应用方法为主要研究目标的综合性科学。它包括两个方面的内容:一是信息本身有关的规律;二是有关利用信息方面的规律。因此,也可以说,信息科学是关于如何认识信息以及如何利用信息的科学。

以扩展人的信息功能作为主要的研究目标,这是信息科学区别于其他现代的和传统的科学的又一个根本特点。人类认识世界和改造世界的全部活动,始终贯穿着信息的过程,而且,人的一生也一直都在同信息打交道,把人同信息打交道的本领(包括提取信息、传递信息、处理信息和产生信息的本质)称为人的信息功能。然而,人的信息功能主要是由他的一系列信息器官来承担的。而信息科学的目的和任务,就是在分析、探索和掌握这些功能的机制的基础上,运用信息科学提供的原理和方法以及各种技术(包括机械、电子、激光、生物等),综合出新的人工系统,来延长、增强、补充和扩展人的信息器官的功能。它包括感觉器官感受信息的功能,神经系统传递信息的功能,大脑处理及产生信息的功能等。

1.1.6 信息技术

按照对信息和信息科学的理解,可以认为,凡是能够扩展人的信息功能的技术,都是信息技术。

信息技术的主要内容包括传感技术、通信技术和计算机技术。传感技术主要包括信息的识别、检测、提取、变换以及某些信息处理技术,它是人的感官功能的扩展和延伸;通信技术包含信息的变换、传递、存储、处理以及某些控制和调节技术,它是人的信息传输系统(神经系统)功能的扩展和延长;计算机技术主要包括信息的存储、检索、处理、分析、产生(决策或称指令信息)以及控制等,它是人的信息处理器官功能的延长。传感、通信和计算机技术三者是相辅相成的,它们构成了信息技术的核心,又被称为“3C”技术,即通信、信息收集和计算机技术。

1. 信息技术与新技术革命

信息技术、新材料技术和新能源技术,它们构成了科学技术的和谐的鼎足结构,如图 1-3 所示。微电子技术是由新材料和信息技术派生出来的新技术;而生物、海洋和空间技术则是新材料、新能源和信息技术派生出来的三门新技术。至于光纤通信和计算机技术则是信息技术的分支。

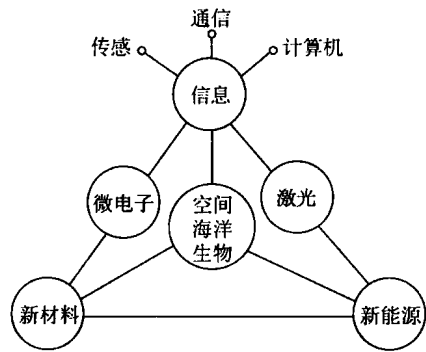


图 1-3 科学技术的结构体系

2. 信息技术和传统技术

信息技术在当代整个技术体系中,担负着对传统技术进行补充、改造和更新的使命。信息技术在改造传统工业方面大有可为,其中最主要的贡献将是实现工业自动化过程的自动化,即所谓 FA(factory automation)。图 1-4 表示了生产过程自动化系统模型。监测系统是由一系列传感器和仪器组成的,由它来观察、记录、测量生产过程的进展情况。数据处理系统一般包括数据的平滑、整理、分析、剔除干扰噪声、归纳、分类等,它是信息处理技术的一种具体形式。计算机主机系统根据来自生产过程的进展信息以及给定的目标信息进行必要的分析计算,作出相应的决策。控制系统根据计算机输出的决策指令,对生产过程进行相应的控制或调节。这个系统具有普遍意义,同样适用于交通管理、气象预报、生产管理等。

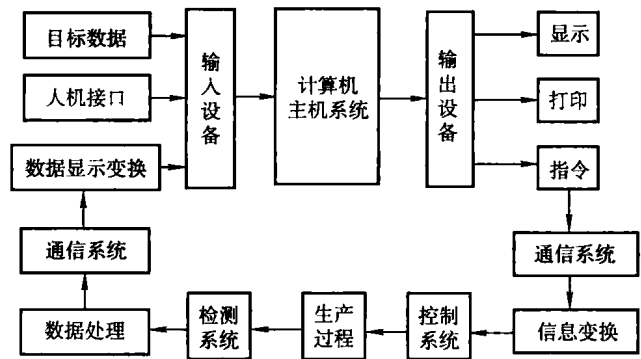


图 1-4 生产过程自动化系统模型

3. 信息技术在工程测试中的应用

工程测试是为了获取有关研究对象的状态、运动和特征方面的信息。从信息论的观点出发,深入理解工程测试中的有关问题,对工程测试有很大的促进作用。20 世纪 60 年代以来,信息论及信息技术逐步引入到测试技术领域。例如,用信息论中的广义通信系统来分析、解释测试系统;传感器被认为是信息检测和转换的装置;用熵的概念,作为评价被测对象不确定性的尺度;在信息处理中,采用时序建模方法的最大熵谱分析,以及用维纳滤波等。实践表明,在工程测试领域中,运用信息论和信息技术来认识、分析、处理问题是卓有成效的。

1.1.7 信息与信号

信号是信息的载体,是物质,具备能量;信息是信号所载的内容,不等于物质,不具备能量。同一个信息,可以用不同的信号来运载。例如,街道上的红灯,用灯光信号来运载和表示交通的指挥信息;而同样的信息也可以通过交警的手势这样的信号来表示。甚至,这个信息还可以通过口令这种声音来表示。反过来,同一种信号也可以运载不同的信息。由此可见,信息和信号并不是同一个概念。

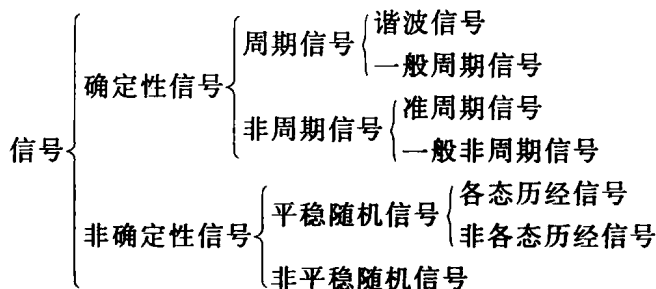
信息是客观存在或运动状态的特征,它总是通过某些物理量的形式表现出来,这些物理量就是信号。从信号的获取、变换、加工处理、传输、显示、记录和控制等方面来看,以电量形式表示的电信号最为方便。所以本书所测得的信号,一般为随时间而变化的电量——电信号。

被研究的对象的信息量是非常丰富的。测试工作总是根据一定的目的和要求,获取有限的、观察者感兴趣的某些特定的信息。例如,研究单自由度的质量——弹簧系统,感兴趣的是该系统的固有频率和阻尼比。所以,可以通过系统中的质量块的位移——时间历程信号来提取信息,而对系统运动中弹簧的微观表现信息则可以舍去。检测工作总要用最简捷的方法获取和研究与任务相联系的、最有用的、表征对象特性的有关信息,而不是企图获取该事物的全部信息。这样,就要求善于从信号中提取有用的信息。

1.2 信号分类与描述

1.2.1 信号的分类

信号按其变化规律可分类如下:



1. 确定性信号

确定性信号随时间作有规律的变化,它可用明确的数学关系式或图表描述其相互关系。若其信号经过一定时间可以重复出现,称为周期信号。周期信号满足条件

$$x(t) = x(t + nT)$$

式中: T 为周期, $T = 2\pi/\omega_0$, ω_0 为基频; $n = 0, \pm 1, \dots$ 。例如机械系统中,回转体不平衡引起的振动,往往是一种周期性运动。

在周期信号中,按正弦或余弦规律变化的信号,称为谐波信号。谐波信号是最简单、最重要的一类周期信号。非谐波的周期信号是一般周期信号,如周期方波、周期三角波等。

非周期信号往往具有瞬变性。准周期信号是周期与非周期的边缘情况,是由有限个周期信号合成的,但各周期信号的频率相互间不是公倍关系,其合成不满足周期条件。例如:

$$x(t) = \sin t + \sin \sqrt{2}t$$

这两个正弦信号的合成,其频率比 $\omega_1/\omega_2 = 1/\sqrt{2}$,不是有理数,不成谐波关系,这种信号往往出现于通信、振动系统。

2. 非确定性信号

非确定性信号不能用数学关系式描述,其幅值相位变化是不可预知的,所描述的物理现象是一种随机过程。

另外,信号按照时间函数取值的连续性与离散性,可分为连续(模拟)信号与离散(数字)信号。

1.2.2 信号的描述

信号的描述包括时域描述和频率描述。

直接观测或记录的信号一般为随时间变化的物理量,是以时间作为独立变量的,称为信号的时域描述。信号的时域描述只能反映信号的幅值随时间变化的特征,不能明确揭示信号的频率组成。

为了研究信号的频率结构和信号的幅值与相位的关系,应对信号进行频谱分析,把时域信号通过变换变成频域信号,此即信号的频域描述。例如,周期信号的频谱具有三个特征:①周期信号的频谱是离散的;②每条谱线只出现在基波频率的整数倍上,基波频率是各分量频率的公约数;③各频率分量的谱线高度表示该谐波的幅值或相位角。

因此信号在不同域的描述,是为了解决不同问题,使所需的信号特征更突出。同一信号无论选用哪种描述方法都会有同样的信息,两种描述方法可以互相转换。

1.3 检测与控制系统及检测技术

1.3.1 传感器是检测与控制系统的首要环节

传感器(Transducer)是一种将被测的非电量转换成电量的装置,是一种获得信息