



普通高等院校“十三五”规划教材

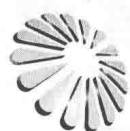
工程测试与信息处理

GONGCHENG CESHI YU XINXI CHULI

王妍玮 胡 琥 编著



化学工业出版社

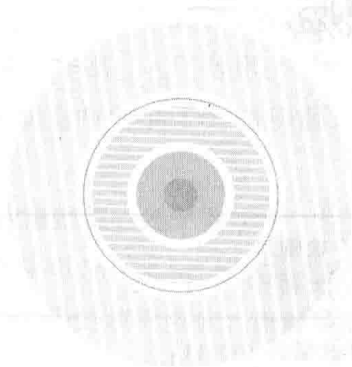


普通高等院校“十三五”规划教材

工程测试与信息处理

GONGCHENG CESHI YU XINXI CHULI

王妍玮 胡 琥 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

工程测试与信息处理/王妍玮, 胡琥编著. —北京:
化学工业出版社, 2017. 2
ISBN 978-7-122-28809-7

I. ①工… II. ①王…②胡… III. ①工程测量-信
息处理-高等学校-教材 IV. ①TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 321404 号

责任编辑: 高墨荣
责任校对: 宋 玮

文字编辑: 徐卿华
装帧设计: 史利平

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 北京云浩印刷有限责任公司
787mm×1092mm 1/16 印张 11 $\frac{3}{4}$ 字数 281 千字 2017 年 4 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

工程测试与信息处理是一门实践性很强的专业基础课，它涉及工业自动化、楼宇监测、交通领域中常见物理量（如温度、光、声音、压力、位移、加速度、温度等）的传感器测量原理，测量电路搭建、信号处理、分析方法和工程应用背景。

为了适应 21 世纪机械、电子、智能控制的飞速发展和高等院校应用型本科教育的客观要求，本着整合、拓宽、更新的原则，本书在注重基础理论知识和实际应用能力的讲授、强调基础理论与实际应用结合的基础上，重点介绍测试方法和测试信号中数字处理的原理、仪器设备的构成特点以及应用技术，为解决工程中测试技术问题奠定了坚实基础。

本书主要介绍工业自动化、环境监测、交通系统、信息领域的温度、湿度、压力、声音、光、位移、速度、加速度、流量、压力等常见物理量的测量过程、电路分析及信号处理的方法。

本书共分为 7 章，从信号的描述、测试系统的组成与基本特性、传感器、信号的调理与处理、测试信号的显示、记录和分析等方面由浅入深、循序渐进地对测试系统进行阐述。从最初的信号描述为切入点，到最终的信号显示、记录及分析为终点，阐述了信号在测试系统中的一系列变换过程，本书结合实例，直观、清晰地展现常见工程量的测试过程，也符合应用型本科院校注重学生动手实践能力的培养方针，本书在编写中具有以下特点。

1. 案例丰富，入门容易

本书编写中列举了大量例题，由浅入深，使读者易于参考书中实例理解理论，易于上手。

2. 软硬结合，易于教学

本书采用 MATLAB 软件编程仿真实际的测试信号，通过模拟仿真的方式观测信号处理的过程和信号的波形变化，直观易懂，有利于教学，激发学生的学习兴趣。

3. 内容精练，突出实践

本书根据工程实践需要，对于原理本着系统、够用的原则进行了精练，避免了复杂的理论知识推导，同时，本书不断吸收最新的测试技术相关知识，注重教学知识点的更新。

本书的应用实例来自编者多年的教学实例、科研和生产实践中的新研究成果。此外，工程测试技术是一门快速发展的学科，为了进一步丰富本书的知识点拓展，本书配有多媒体课件及 MATLAB 安装程序，增强本书的实用性。

本书可以作为机械专业、自动化相关专业的必修课教材，也可作为从事机电方面研究人员的参考用书。

本书由哈尔滨石油学院王妍玮、黑龙江东方学院胡琥共同编写。王妍玮编写第 1~4 章及附录部分，胡琥编写第 5~7 章。全书由王黎明主审。普渡大学 George Chiu、Steven T. Wereley，哈尔滨工程大学梁洪、李丽洁，东北林业大学徐凯宏、李滨、谷志新，哈尔滨石油学院于惠力为本书的出版提供了帮助，在此一并表示感谢。

本书在编写中参考了已有的工程测试与信息处理相关教材和资料，并在书后的参考文献中列出，这些宝贵的资料对本书的编写起到重要作用，在此对所有参考文献的作者表示感谢。

由于水平有限，书中不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

目录

CONTENTS

◎ 第1章 绪论

1

1.1 概述	1
1.2 测量的基本方法及单位	2
1.2.1 测量的基本方法	2
1.2.2 测量单位	3
1.3 非电量测试系统的组成	4
1.4 测试技术的应用	6
1.5 测试系统与控制系统	7
1.5.1 系统、输入和输出	8
1.5.2 开环测试系统和闭环测试系统	8
1.5.3 反馈测试系统和反馈控制系统	8
1.6 测试技术的发展趋势	9
1.7 MATLAB 软件概述	9
复习思考题	14

◎ 第2章 信号描述及分析

15

2.1 信号分类与描述	15
2.1.1 信号的概念	15
2.1.2 信号的分类	15
2.1.3 动态信号的分类	16
2.1.4 信号的描述	19
2.2 周期信号与离散频谱	20
2.2.1 周期信号的傅里叶级数三角函数形式	20
2.2.2 周期信号的傅里叶级数的复指数函数形式	23
2.2.3 周期信号三角函数形式与复指数函数形式傅里叶 展开式之间的关系	26

2.2.4	周期信号的强度表述	28
2.3	非周期信号与连续频谱	29
2.3.1	傅里叶变换	29
2.3.2	傅里叶变换的主要性质	33
2.3.3	几种典型信号的频谱	38
2.4	随机信号	41
2.4.1	随机信号与样本函数	42
2.4.2	随机信号的主要特征参数	42
2.5	信号波形的 MATLAB 实现	44
2.5.1	连续阶跃信号的产生	44
2.5.2	连续指数信号的产生	44
2.5.3	连续正弦信号的产生	44
2.5.4	连续矩形脉冲信号的产生	45
2.5.5	连续周期矩形波信号的产生	45
2.5.6	连续抽样信号的产生	46
2.5.7	单位脉冲序列的产生	46
2.5.8	单位阶跃序列的产生	47
2.5.9	指数序列的产生	47
2.5.10	正弦序列的产生	48
2.5.11	离散周期矩形波序列的产生	48
2.5.12	白噪声序列的产生	48
	复习思考题	49

◎ 第3章 测试系统的组成与基本特性

51

3.1	测试系统概念及基本要求	51
3.2	测试系统的基本特性	52
3.2.1	测试系统的输入与输出特性	52
3.2.2	测试系统的静态特性	54
3.3	测试系统的动态特性	57
3.3.1	传递函数	57
3.3.2	频率响应函数	59
3.3.3	脉冲响应函数	63
3.3.4	测试系统动态特性的测试	68
3.4	不失真测试	71
3.4.1	不失真测试的数学模型	71
3.4.2	实现不失真测试的条件	71
3.5	测试系统的负载效应和适配	73

3.6 MATLAB 测试系统的分析	74
复习思考题	75

◎ 第4章 传感器

77

4.1 概述	77
4.1.1 传感器定义	77
4.1.2 传感器分类	78
4.1.3 传感器的选用原则	78
4.2 变(电)阻式传感器	79
4.2.1 变阻器(电位计)式位移传感器	79
4.2.2 电阻应变式传感器	80
4.3 电感式(位移)传感器	85
4.3.1 可变磁阻式(位移)传感器	85
4.3.2 涡流式(位移)传感器	87
4.3.3 差动变压器式传感器	88
4.4 电容式位移传感器	90
4.4.1 极距变化型电容传感器	90
4.4.2 面积变化型电容传感器	90
4.4.3 介质变化型电容传感器	91
4.4.4 电容传感器适配测量电路	92
4.5 压电式传感器	94
4.5.1 压电效应原理	94
4.5.2 压电式传感器及其等效电路	96
4.5.3 测量电路	97
4.6 磁电式传感器	99
4.6.1 动圈式传感器	99
4.6.2 磁阻式传感器	100
4.7 光电式传感器	100
4.7.1 光敏电阻	101
4.7.2 光电池与光敏晶体管	101
4.7.3 光电式转速传感器	102
4.8 MATLAB 信号检测及处理	103
4.8.1 矩形函数的频域变换——辛格函数	103
4.8.2 矩形函数的卷积运算	104
复习思考题	105

◎ 第5章 测试信号的调理

106

5.1 信号的调理	106
5.1.1 直流电桥	106
5.1.2 交流电桥	110
5.2 信号的放大	113
5.2.1 直流放大器	114
5.2.2 交流放大器	116
5.3 调制与解调	116
5.3.1 调幅与解调	117
5.3.2 调频与鉴频	122
5.4 滤波器	124
5.4.1 概念与分类	124
5.4.2 理想滤波器	125
5.4.3 实际滤波器	126
5.4.4 常见滤波器	127
复习思考题	130

◎ 第6章 测试信号的数字处理

132

6.1 数字信号处理概述	132
6.2 数字信号转换器	132
6.2.1 数-模转换器 (D/A 转换器)	133
6.2.2 模-数转换器 (A/D 转换器)	135
6.3 采样定理	137
6.4 信号的截断与能量泄漏	138
6.4.1 信号的截断	138
6.4.2 能量的泄漏	138
6.5 离散傅里叶变换 DFT	138
6.6 栅栏效应与窗函数	139
复习思考题	140

◎ 第7章 测试信号的显示记录与分析

141

7.1 测试信号的显示	141
7.2 测试信号的记录	142
7.3 测试信号的分析	143
7.3.1 信号的时域分析	143

7.3.2 信号频域分析	148
复习思考题	152

◎ 附录

练习题	153
练习题参考答案	165

◎ 参考文献

第 1 章

绪 论

学习要点

本章在概述测试系统基础上,介绍了测试的基本概念和方法,测试系统的组成,测试技术的应用,比较了测试系统与控制系统的异同,最后,给出测试系统的发展趋势,对现代测试技术和虚拟仪器进行了介绍,并对常用的测试技术常用软件 MATLAB 的安装方法进行了介绍。

工程测试与信息处理课程是培养学生解决实际问题能力的专业基础课,它具有一定的实践性。测试是进行各种科学实验研究和生产过程参数测量必不可少的手段,相当于人的感觉器官。

测量一般指以确定被测物理量值为目的进行的实验过程,测试则是指具有试验性的测量,它包含测量和试验两方面的内容,在测试过程中,借助专门的仪器设备,通过试验和运算,求得所研究对象的信息,它包括工业自动化设备、环境检测、智能交通等常见物理量(如温度、声音、压力、位移、速度等)的检测原理、测量电路、信号分析与处理及工程应用等。

1.1 概述

随着信息化的发展,测试技术也不断地发展,并已成为信息技术的一个重要分支,但它与常规的测量和计量又有所不同。测量通常是指以确定被测对象“量值”为目的的实验过程,计量是实现单位统一和量值准确的测量。而测试是测量和试验(Measurement & Test)的综合,它具有测量和试验两方面的含义,是指具有试验性质的测量。

宏观地说,测试是人们从客观事物中提取所需信息,借以认识客观事物,并掌握其客观规律的一种科学方法。

测试技术是实验科学的一部分,主要研究各种物理量的测量原理和信号处理的方法,它是人们探索、认识事物不可缺少的技术手段,它在各种科学实验和生产过程参数测量中起到感官作用。它是现代新的科学发现、技术发明及其发展的基础和前提。因此,在测试过程中借助专门的仪器设备、通过试验和运算,可获得研究对象的有关信息。

简单的测试系统只有一个模块，例如水银柱温度计，它将温度值直接转化为液面显示值，没有电量的转换和分析电路，组成简单，但精度低，无法实现自动测量，如图 1-1 所示。

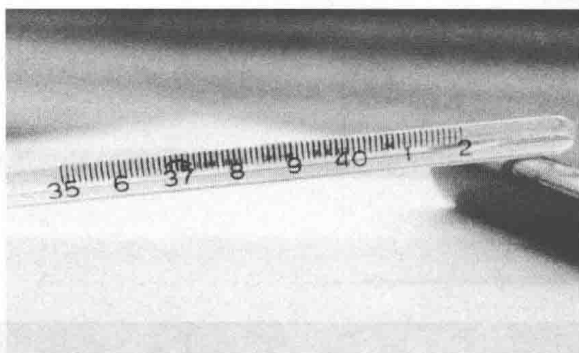


图 1-1 简单温度计测量温度

为了提高测量精度和智能化水平，常将被测物理量转换为电量，再对电信号进行处理和输出，如马路上的噪声检测器，如图 1-2 所示。



图 1-2 噪声检测器

因此，在现代测试过程中，常需要选用专门的仪器设备，设计合理的实验方法和进行必要的数据处理，从而获得被测对象有关信息及其量值。

随着机电一体化和生产过程自动化的发展，先进的测试与信号分析设备已成为生产系统不可缺少的组成部分。因为，测试技术与信号分析技术在生产过程和机构运行中起着类似人的感觉器官的作用，如宇航测控、木材干燥、生产过程控制、生产线控制、产品质量测控等。同时，也为新产品设计、开发提供基础数据。

1.2 测量的基本方法及单位

1.2.1 测量的基本方法

测量的最基本形式是比较，即将待测的未知量和预定的标准作比较，由测量所得到的被测对象的量值表示为数值和计量单位的乘积。测量可分为直接测量、间接测量和组合测量等方式。

直接测量指无需经过函数关系的计算,直接通过测量仪器得到被测量值的测量。如用米尺测量物体长度,测量导体的电阻,利用水银温度计测体温及弹簧测力等。

间接测量是指在直接测量的基础上,根据已知的函数关系,计算出所要测量的物理量的大小,如用线圈靶测弹丸速度。

一般尽可能地不采用间接测量,因为它的准确度往往不如直接测量高,但是,有时所要测的物理量本身就是根据数学关系定义的,没有比较的标准可供使用(如冲量、马赫数等),或者没有能够探测所要测量的物理量的仪器,在这些场合,就不得不采用间接测量了,例如用线圈靶测弹丸速度。

组合测量指将直接测量值或间接测量值与被测量值之间按已知关系组合成一组方程(函数关系),通过解方程组得到被测值的方法。组合测量实质是间接测量的推广,其目的就是在不提高计量仪器准确度的情况下,提高被测量值的准确度。

1.2.2 测量单位

国际单位规定七个基本单位:米、千克、秒、安培、开尔文、坎德拉、摩尔。

① 米:长度单位,单位符号为 m。1884 年曾规定 1 米等于保存在巴黎国际标准计量局内的铂铱合金棒上两根细线在 0°C 时的距离。1960 年第十一次国际计量会议重新规定,1 米等于真空中氪-86 ($\text{Kr}-86$) 在 $2p_{10}$ 和 $5d_5$ 能级间跃迁时辐射的橘红光的波长的 $1,650,763.73$ 倍。1983 年新基准定义 1 米是光在真空中 $1/299,792,458\text{s}$ 时间内运动的距离。

规定英制长度单位和 SI 制长度单位之间的换算关系为

$$1 \text{ 英寸} = 2.54 \text{ 厘米} \quad (1-1)$$

② 千克(公斤):质量单位,单位符号为 kg。1889 年规定以保存在巴黎国际标准计量局内的高度和直径均为 39mm 的铂铱合金圆柱体——国际公斤原器为质量标准。质量标准可保持 $(1\sim 2)\times 10^{-8}$ 的准确度。

规定英制质量单位与 SI 制质量单位之间的换算关系为

$$1 \text{ 磅} = 453.59237 \text{ 克} \quad (1-2)$$

③ 秒:时间单位,单位符号为 s。规定以英国格林威治 1899 年 12 月 31 日正午算起的回归年的 $1/31,556,925.9747$ 为 1 秒。但该标准的建立需要依靠天文观测,使用起来不方便,1967 年第十三次国际计量会议上规定 1 秒为铯-133 ($\text{Cs}-133$) 原子基态的两个超精细能级之间跃迁所产生的辐射周期的 $9,192,631,770$ 倍的持续时间。该标准的准确度可达 3×10^{-9} 。

④ 安培:电流强度单位,单位符号为 A。真空中两根相距 1 米的无限长的圆截面极小的平行直导线内通以恒定的电流,使这两根导线之间每米长度产生的力等于 2×10^{-7} 牛顿,这个恒定电流就是 1 安培。它由电流天平(安培天平)来实现。

⑤ 开尔文:热力学温度单位,单位符号为 K。是水的三相点(即水的固、液、气三相共存的温度)的热力学温度的 $1/273.15$ 。热力学温标是建立在热力学第二定律的基础上的,它和工作介质的性质无关,因此是一种理想的温标。热力学温标因绝对零度无法达到而难以实现,故又规定用国际温标来复制温度基准。国际温标由基准点、基准温度计和补插公式三部分组成。它选择一些纯净物质和平衡态温度作为温标的基准点,1968 年国际温标共规定了 11 个基准点,然后又规定了在不同温度区间中使用的基准温度计和插值公式。例如,在冰点 (0°C) 和铟点 (630.5°C) 之间,采用纯铂电阻温度计为基准温度计,在这个温度区间

内各中间点的温度,用纯铂电阻温度计按下式计算:

$$R_t = R_0(1 + A_t + B_t) \quad (1-3)$$

式(1-3)中, R_0 为温度 t 时的铂电阻值, Ω ; A_t 和 B_t 为铂电阻温度系数,可通过冰点 (0°C)、汽点 (100°C)、硫点 (444.600°C) 来测定。

摄氏温标是工程上通用的温标。摄氏温度和国际温标间的换算关系为

$$t = T - 273.15(^{\circ}\text{C}) \quad (1-4)$$

$$T = t + 273.15(\text{K}) \quad (1-5)$$

式(1-4)、式(1-5)中, t 为摄氏温度, T 为国际温标。

⑥ 坎德拉:发光强度单位,单位符号为 cd。规定 1 坎德拉是一光源在给定方向上的发光强度,该光源发出频率为 $540 \times 10^{12}\text{Hz}$ 的单色辐射,且在此方向上的辐射强度为 $(1/683)\text{W/sr}$ 。

⑦ 摩尔:物质的量单位,单位符号为 mol。规定构成物质系统的结构粒子数目和 0.012kg 碳-12 中的原子数目相等时,这个系统的物质的量为 1 摩尔。使用这个单位时,应指明结构粒子,它们可是原子、分子、离子、电子、光子及其他粒子,或是这些粒子的特定组合。

在国际单位制中,其他物理量的单位可通过与基本单位相联系的物理关系来定。例如,速度单位用物理方程来定义,若长度 l 和时间 t 的单位分别为米 (m) 和秒 (s),并令 $k=1$,得速度单位 (m/s)。

1977 年 5 月 17 日,国务院发布《中华人民共和国计量管理条例》规定:“国家基准计量仪器是实现全国量值统一的基本依据,由中华人民共和国标准计量局(简称国家计量局)根据生产建设的需要组织研究和建立,经国家鉴定合格后使用”。1984 年 2 月 27 日国务院又发布了统一实行法定计量单位的命令,进一步统一我国的计量单位,颁布了《中华人民共和国计量单位》。1993 年 12 月 27 日国家技术监督局参照先进的国际单位制,结合我国实际情况发布了新的国家标准 GB 3100~GB 3102—93《量和单位》。

为适应全国各地、各部门生产建设和科学研究的需要,除国家标准计量局管理的国家计量基准器外,还要根据不同等级的准确度建立各级计量标准器及日常使用的工作标准器。例如温度测量,除国家标准计量局遵照国际温标规定,建立一套温度基准(包括基准温度计和定点分度装置)作为全国温度最高标准外,还设立了一级和二级标准温度计,逐级比较检定,把量值传递到工作温度计,使全国温度计示值都一致,以得到统一的温度测量。

对于各个导出单位,我国也建立了相应的测量标准,如力的标准、加速度标准等。这些量的标准制定和建立及量值的传递,是进行准确测量的基础,对实际测量具有重大意义。

1.3 非电量测试系统的组成

现代测量技术的一个显著特点是采用非电量的电测法。即首先将输入物理量转换成电量,然后再进行必要的调节、转换、运算,最后以适当的形式输出。这一转换过程决定了测量系统的组成。只有对测试系统有一个完整的了解,才能按照实际需要设计或搭配出一个有效的测试系统,以解决实际测试课题。另一个特点是采用计算机作为测量系统的核心器件,具有数据处理、信号分析及显示功能。

因此,测试系统由一个或若干个功能元件组成。一般说来,简单的测试系统由传感器、

中间变换装置和显示记录装置组成。广义地说，一个测试系统应具有以下的功能，即将被测对象置于预定状态下，并对被测对象所输出的特征信息进行拾取、变换放大、分析处理、判断、记录显示，最终获得测试目的所需要的信息。图 1-3 表示测试系统的构成。

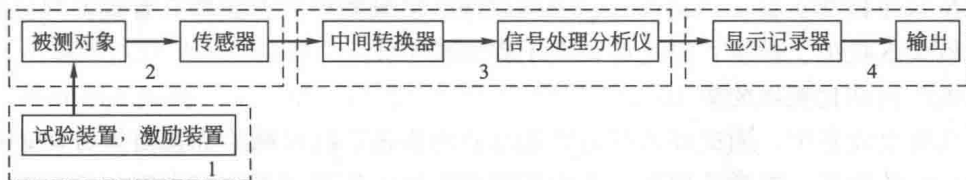


图 1-3 测试系统框图

由图可见，测试系统一般由试验装置、测量装置、数据处理装置和显示记录装置四个主要部分组成。

(1) 试验装置（激励装置）

试验装置是使被测对象处于预定的状态下，并将其有关方面的内在联系充分显露出来，以便进行有效测量的一种专门装置。测定结构的动力学参数时，所使用的激振系统就是一种试验装置。激振系统由虚拟仪器中的信号发生器（也可以是单独的信号源）、功率放大器、激振器等组成。信号发生器提供频率在一定范围内可变的正弦信号，经功率放大后，驱动激振器。激振器便产生与信号发生器频率一致的交变激振力，此力作用于被测构件上，使构件处于该频率激振下的强迫振动状态。为保证试验进行所需的各种机械结构也属于试验装置。

(2) 测量装置

测量装置是把被测量（如激振力和振动所产生的位移）通过传感器转换成电信号，经过后接仪器的变换、放大、运算，变成易于处理和记录的信号，例如在图 1-5 所示系统中，需要观察在各种频率正弦激振力的作用下，构件产生振动的位移幅值和激振力幅值之比，以及这两个信号相位差的变化情况，为此，采用测力传感器和测力仪组成力的测量装置；用测振传感器和测振仪组成振动位移的测量装置。被测的机械参量经过传感器转换成相应的电信号，然后再输入到后接仪器进行放大、运算等，转换成易于处理和记录的信号形式。所以，测量装置是根据不同的机械参量，选用不同的传感器和相应的后接仪器所组成的测量环节。不同的传感器要求的后接仪器也不相同。

(3) 数据处理装置

数据处理装置是将测量装置输出的信号进一步进行处理，以排除干扰和噪声污染，并清楚地估计测量数据的可靠程度。虚拟仪器中的信号分析仪就是一台数据处理装置，它可以将被测对象的输入（力信号）与输出（构件的振动位移信号）通过相关的分析运算，得到这两个信号中不同频率成分的振动位移和激振力幅值之比、相位差，并能有效地排除混杂在信号中的干扰信息（噪声），提高所获得信号（或数据）的置信度。

(4) 显示记录装置

显示记录装置是测试系统的输出环节，它可将对被测对象所测得的有用信号及其变化过程显示或记录（或存储）下来，数据显示可以用各种表盘、电子示波器和显示屏等来实现。数据记录则可采用模拟式的各种笔式记录仪、磁带记录仪或光线记录示波器等设备来实现，而在现代测试工作中，越来越多的是采用虚拟仪器直接记录存储在硬盘或软盘上。

1.4 测试技术的应用

测试技术在科学实验、产品开发、工程设计、质量监控等方面都有着重要的应用，其应用涉及到航天、机械、控制、石化等许多工程领域中。

(1) 工业自动化领域的应用

在现代机电设备中，测试环节起着感觉器官的作用。在机械手和机器人方面，存在着角度传感器、力传感器、视觉传感器、听觉传感器、接近传感器等许多类型的传感器；在智能车检测中，使用红外传感器检测小车路径，使用超声波传感器感测人和物所在的位置；在生产加工中，使用到切削力传感器、加工噪声传感器等检查工件工艺过程。图 1-4 列出了测试技术应用在 AGV 小车巡线运动的示例，图中利用红外传感器检测黑色跑道，再通过单片机控制，使得小车沿着黑线行驶。

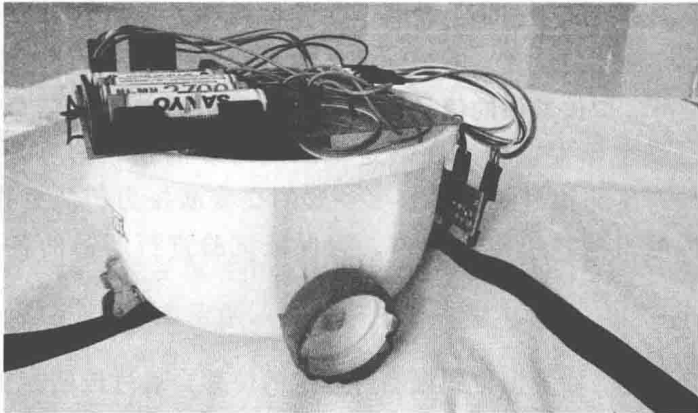


图 1-4 AGV 小车巡线运动

(2) 在工业设备运转中的监控

测试技术广泛应用于电力、冶金、石油化工等作业中，在线检测设备运行状态，一旦发生故障及时监测。在电力设备中使用监测系统对电力设备运行状态实时监测；在冶金中使用网络化监测系统对风机运行状态、冷轧钢振动纹等进行检测；在石油化工行业，常对输油管道、储油罐压力容器的破损和泄漏进行检测。在电力设备检修过程中，利用 X 射线光机对 GIS 中常用的电压互感器进行检测，如图 1-5 中所示，这种检测方法可以实现电压互感器的

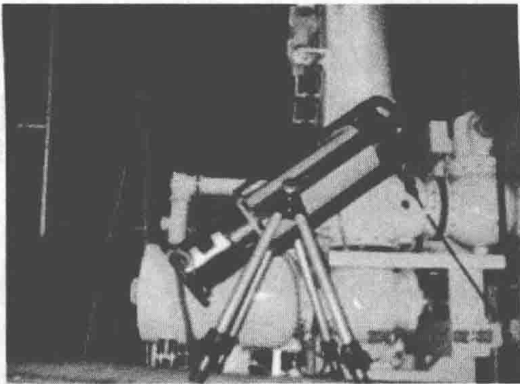


图 1-5 X 光机对 GIS 设备检测

非接触式无损检测，在不拆卸设备的条件下，判断设备中壁厚、异物等缺陷。

(3) 产品质量鉴定

在机床设备中，应用测试技术对电机、发动机等零部件生产和出厂校验，保证产品的质量和性能。特别在汽车行业中，常通过对润滑油温度、冷却水温度、燃油压力及发动机转速、汽车扭矩等信息量进行检测，进而了解产品质量；在机床运转时，也常把机床精度分为静精度、尺寸加工精度、几何加工精度、定位精度、重复定位精度5种，进而完成机床动态性能的评价。在产品质量检测和鉴定中，也利用测试技术完成，如图1-6所示标准螺母自动检测和分拣设备，根据图像处理的方法检测加工的螺母是否符合标准，并将合格的螺母和不合格的螺母进行有效分拣。

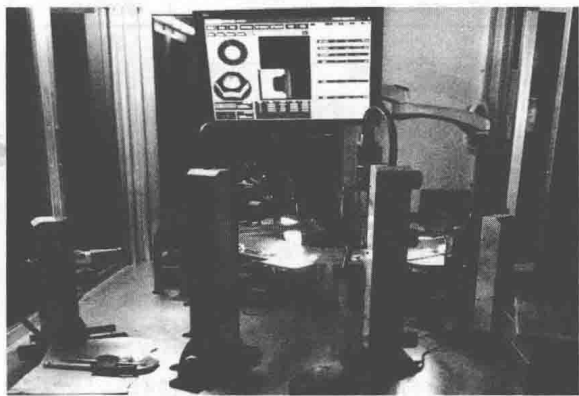


图 1-6 螺母缺陷检测及自动分拣系统

(4) 日常生活中的应用

在智能化设备中，测试技术广泛存在于楼宇管理和安全状态监测中，通过声控传感器实现楼道的声光控制，通过温湿度传感器检测室内温湿度，通过烟雾传感器检测房屋中是否存在危险因素。此外，在家电产品和办公自动化中，测试技术也有着广泛应用，图1-7所示为温度检测系统，温度传感器采用DS18B20总线式温度传感器，通过检测环境温度，当达到设定值30℃时候，蜂鸣器发出高温报警。

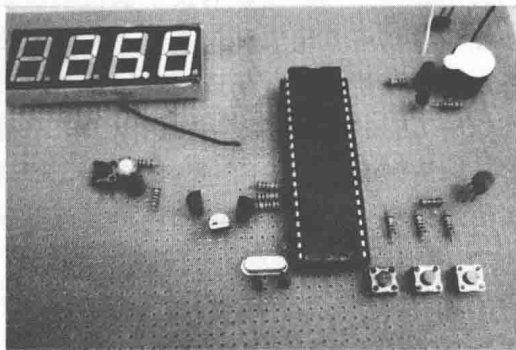


图 1-7 洗衣机中测试技术的应用

1.5 测试系统与控制系统

在非电量电测技术和机电控制技术中，经常遇到机械量和电量的相互变换问题，即一个