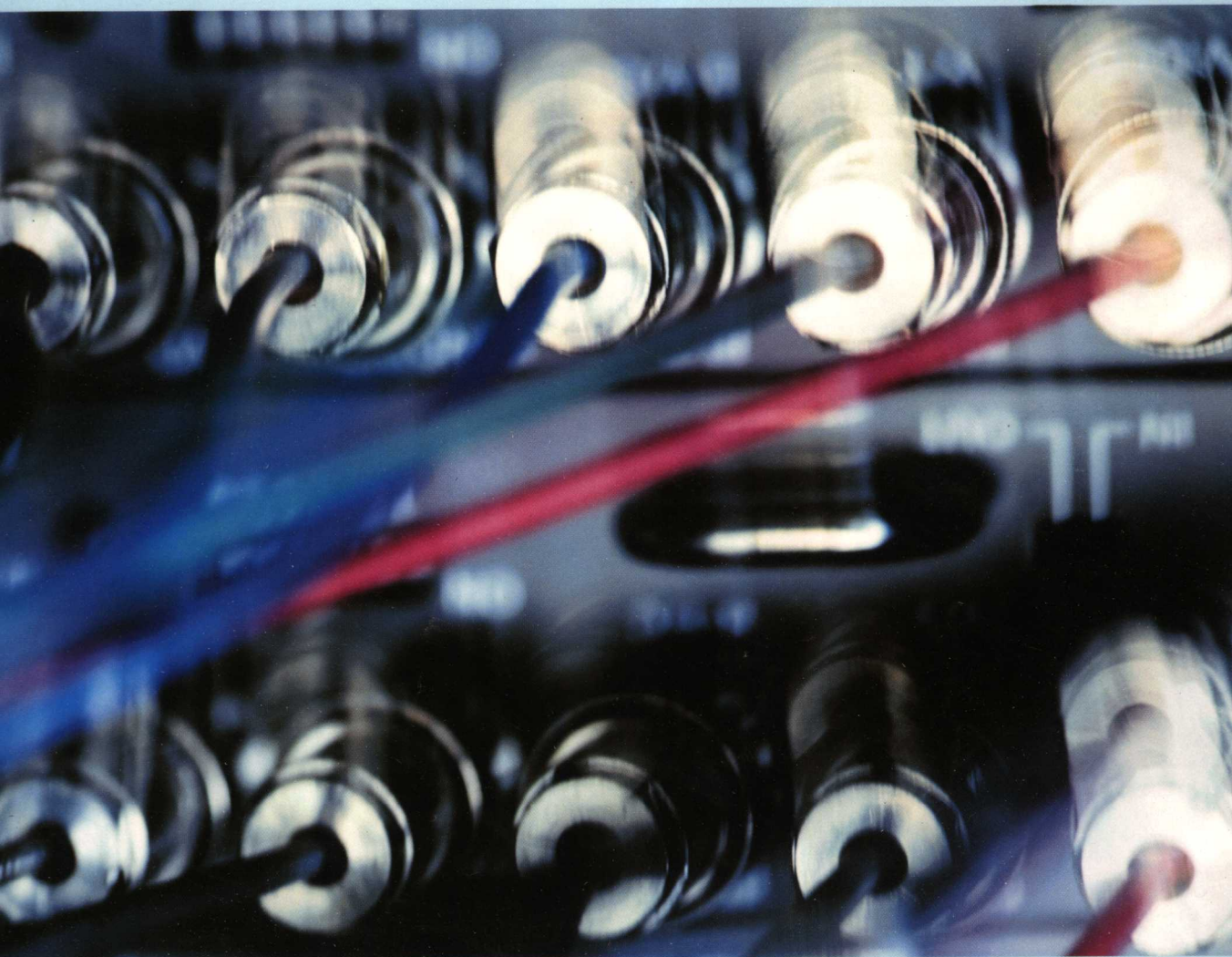


测试技术与信号处理

范云霄 隋秀华 编著

(第二版)



中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE



测试技术与信号处理

(第二版)

范云霄 隋秀华 编著

中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

测试技术与信号处理/范云霄, 隋秀华编著. —2 版. —北京: 中国计量出版社,
2006. 10
ISBN 7-5026-2526-7

I. 测… II. ①范… ②隋… III. ①信号检测 ②信号处理 IV. ①TN911.23
②TN911.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 121977 号

内 容 提 要

本书以信号流为主线, 详细地介绍了动态测试中的基本内容。全书共分为十章, 主要内容为: 信号的描述; 测试装置的基本特性; 信号的获取和交换; 信号的记录、干扰及其抑制; 信号的分析与处理; 计算机测试技术与系统; 机械振动的测试以及温度的测试。每章的最后还附有思考题和习题。

本书可作为高等学校机械设计制造和仪器仪表类等专业的本科教材, 也可作为相关专业的研究生以及从事机械工程动态测试的工程技术人员参考书。

中国计量出版社出版
北京和平里西街甲 2 号
邮政编码 100013
电话 (010) 64275360
<http://www.zgjl.com.cn>
北京市密东印刷有限公司印刷
新华书店北京发行所发行
版权所有 不得翻印

*

787 mm×1092 mm 16 开本 印张 17.5 字数 412 千字
2006 年 11 月第 2 版 2006 年 11 月第 4 次印刷

*

印数 9 001—11 500 定价: 28.00 元

编委会名单

主 编 范云霄 隋秀华

副主编 刘 桦 李 曼 郭迎福 刘廷瑞

编委成员 范云霄 隋秀华 刘 桦 李 曼 郭迎福
刘廷瑞 乔志刚 于 涛 高 丽 苗德俊
张文辉 张建军 张宇睦

前 言

本书根据 2001 年煤炭高校机械与材料学科教材编审委员会审定的《测试技术与信号处理》课程大纲编写,适用于高等学校机械设计制造与自动化和仪器仪表类等专业的本科教材,也可作为相关专业的研究生以及从事机械工程动态测试的工程技术人员参考书。

《测试技术与信号处理》一书以信号流为主线,着重介绍动态测试中的基本内容。全书共分为九章,第一章和第七章是测试信号的描述、分析和处理方法;第二章对测试装置的特性进行了分析讨论;第三、第四和第五章是信号的获取、变换和记录的工作原理和特性;第六章分析讨论了测试过程中信号干扰产生的机理和消除方法,同时还讨论了级间耦合理论与对策;第八章重点介绍计算机辅助测试中的接口知识;第九章是机械振动的测试,它是动态测试理论在实践中的具体应用。

本书力求加深对动态测试中基础知识和基本概念的理解,对一些重要问题进行了详细的分析讨论,但对其数学推导并不强调严密性。本书相对同类教材从内容上有所拓宽,在教学中,可根据不同专业的情况对其内容有所取舍。为教学的需要,在各章的最后配置了思考题和习题。

本书是在大量地参考了国内各类专业的有关教材和相关资料的基础上,结合编者多年从事测试技术课程教学的实践而编写的。书中关于信号干扰的机理和消除的方法是编者结合教学和测试工作的实践新添的内容。

参加本书编写工作的有范云霄、刘桦、张红岩、林明星、李曼、郭迎福、周爱萍、张树青、倪云同志,其中刘桦编写了第一、第二章和绪论,张红岩编写了第四章,林明星编写了第七章,第八章是由李曼和周爱萍共同编写的,第三章由郭迎福、张文辉、张建军、张宇睦编写,第五章由周爱萍编写,范云霄编写了第六和第九章,张树青和倪云也参加了部分章节的编写工作。本书由范云霄和刘桦担任主编,全书由范云霄统稿。

本书在编写过程中参考了许多院校的讲义、资料和参考书,并得到了许多同志的关心和帮助,谨表谢意。在编写过程中得到了山东科技大学的程居山教授和郭洪友高工的指导和帮助,在此一并表示谢意。

本书在编写过程中,尽管编者竭尽全力,但终因自身能力所限,时间仓促,不能尽如人意。书中的缺点,错误在所难免,敬请各位读者指正,不胜感激!

编 者

2001 年 12 月

再版前言

本书自 2002 年出版以来,得到了许多高校同行的鼓励和鞭策,并提出了许多宝贵意见,编者十分感谢。这次再版结合测试技术的最新发展在内容方面进行了相应的增删,并对第一版中出现的印刷错误进行了修订。

结合测试技术的应用情况和最近几年的发展,再版中增加了第十章温度的测试;对第一版中的第八章计算机辅助测试进行了重写;第六章中的负载效应一节,改在第二章讲述。考虑到传感器最近几年的发展,对第一版中的第三章信号的获取增加了光电传感器一节,并增加了光导纤维传感元件和气敏传感器的内容,对第五章信号的记录在内容上也进行了相应修改,其他的章节也有相应的改动。

本次再版仍然沿用第一版中强调的动态测试中的基础知识和基本概念的理解,不追求数学推导的严密性。在内容上再版后相比第一版有所增加,在教学过程中,各校可根据不同专业的情况对其内容有所取舍。

参加本书第二版编写工作的有范云霄、隋秀华、刘桦、李曼、郭迎福、刘廷瑞、乔志刚、高丽、张文辉、张建军、张宇睦,其中隋秀华编写了第二章、第六章;刘桦编写了第一章;李曼编写了第三章、第四章和第八章;隋秀华和李曼共同编写了第十章;郭迎福编写了第七章,张文辉、张建军、张宇睦也参与了第七章的编写;刘廷瑞编写了第五章;范云霄编写了第九章和绪论,乔志刚也参加了第九章的编写工作;于涛、高丽也参加了部分章节的编写工作。这次再版是在第一版的基础上完成的,在第一版的编写过程中刘桦、张红岩、周爱萍等做了大量的工作。本书第二版由范云霄和隋秀华担任主编,全书由范云霄统稿。

测试技术和信号处理是前沿技术领域之一,正处于快速发展的阶段。在其内容上,本书注重前沿技术的介绍,但由于编者水平所限仍显不足,需要探索和研究的问题很多。同时由于编者水平所限,时间仓促,疏漏和谬误之处在所难免,敬请读者给与批评指正。

编 者

2006 年 8 月

目 录

绪 论	1
第一章 信号的描述	5
第一节 概述	5
一、信号的分类	5
二、信号的描述方式	6
第二节 周期信号的频谱	7
一、概述	7
二、傅里叶级数与应用	8
三、周期信号的频谱分析	11
第三节 非周期信号的频谱	14
一、概述	14
二、傅里叶积分与变换	15
三、非周期信号的频谱分析	16
第四节 傅里叶变换的性质及应用	19
一、傅里叶变换的常用性质	20
二、典型信号的频谱	23
思考题	27
习题	27
第二章 测试装置的基本特性	29
第一节 概述	29
一、概念与术语	29
二、线性装置及其主要性质	30
第二节 静态特性	33
第三节 动态特性	35
一、时域动态特性	35
二、频域动态特性	35
第四节 常见装置的特性	40
一、一阶装置的特性	40
二、二阶装置的特性	43
三、串联与并联环节的特性	46
第五节 不失真测试条件	47
第六节 动态特性之间的关系	50
一、时域中装置的单位脉冲响应 $h(t)$	51

二、各域动态特性的关系及差别	51
第七节 测试系统的负载效应	52
一、负载效应的一般关系	52
二、几种阻抗配合的负载效应	55
思考题	57
习题	57
第三章 信号的获取	59
第一节 概述	59
第二节 参数型传感器	60
一、电阻式传感器	60
二、电容式传感器	65
三、电感式传感器	68
第三节 发电型传感器	74
一、磁电式传感器	74
二、压电式传感器	76
三、热电偶式传感器	79
第四节 光电型的传感器	80
一、光敏式传感器	80
二、色敏式传感器	84
三、固态图像传感器	84
四、红外辐射式传感器	89
第五节 其他类型的传感器	92
一、霍尔传感器	92
二、光导纤维传感器	93
三、气敏传感器	94
四、智能传感器概念	95
习题	99
第四章 信号的变换	100
第一节 电桥	100
一、直流电桥	100
二、交流电桥	102
第二节 滤波器	103
一、理想滤波器	103
二、实际滤波器的描述	105
三、滤波器原理	106
四、滤波器的应用	107
第三节 调制器与解调器	108
一、幅值调制	108
二、幅值调制的解调	110

三、频率调制与解调·····	113
第四节 模拟与数字信号转换器·····	115
一、概述·····	115
二、数字/模拟转换器·····	116
三、模拟/数字转换器·····	120
思考题·····	123
习题·····	123
第五章 信号的显示和记录·····	125
第一节 概述·····	125
一、信号显示的作用和分类·····	125
二、记录仪器的作用和分类·····	125
第二节 信号的显示·····	126
一、数码显示·····	126
二、图视显示·····	129
第三节 信号的显性记录·····	131
一、电位计式记录仪器·····	131
二、检流计式记录仪·····	132
第四节 信号的隐性记录·····	141
一、结构与工作原理·····	142
二、记录方式·····	145
三、其他隐性记录器件·····	149
思考题·····	150
习题·····	151
第六章 信号的干扰及其抑制·····	152
第一节 概述·····	152
第二节 干扰源·····	152
一、干扰的分类·····	153
二、自然干扰·····	153
三、电气设备干扰·····	153
四、内部干扰·····	154
第三节 干扰耦合·····	155
一、电阻耦合·····	155
二、容性(电场)耦合·····	156
三、感性(磁场)耦合·····	158
第四节 电磁屏蔽·····	159
一、电场屏蔽·····	159
二、磁场屏蔽·····	161
第五节 接地·····	164
一、安全接地·····	164

二、信号接地·····	165
三、电缆屏蔽层的接地·····	168
四、隔离·····	169
习题·····	171
第七章 信号的分析与处理·····	172
第一节 概述·····	172
第二节 随机信号的统计特征·····	174
一、概述·····	174
二、随机信号的统计特征·····	175
第三节 相关分析·····	178
一、概念与定义·····	178
二、相关函数的工程应用·····	182
第四节 谱分析·····	184
一、功率谱与应用·····	184
二、相干函数与应用·····	188
三、倒频谱与应用·····	189
第五节 数字信号处理概论·····	191
一、数字信号处理的步骤与概念·····	191
二、信号数字化中的问题与对策·····	192
三、离散傅里叶变换(DFT)·····	198
思考题·····	203
习题·····	204
第八章 计算机测试技术与系统·····	205
第一节 概述·····	205
一、计算机测试系统的特点·····	205
二、计算机测试仪器的基本组成·····	206
第二节 计算机测试系统中的输入和输出通道·····	207
一、信号输入通道·····	207
二、数据输出通道·····	208
三、A/D、D/A 通道的设计·····	209
第三节 计算机测试系统中的接口和总线技术·····	211
一、概述·····	211
二、RS 232 C 标准接口总线·····	213
三、USB 标准接口·····	215
四、GPIB 标准接口总线·····	217
五、VXI 总线·····	219
第四节 计算机测试系统·····	222
一、基于单片机的测试系统·····	222
二、虚拟仪器·····	223

思考题	230
第九章 机械振动的测试	231
第一节 概述	231
第二节 单自由度系统的受迫振动	232
一、由交变力引起的振动	232
二、由基础的振动引起的振动	234
第三节 振动的激励	235
一、振动的激励方式	235
二、激振器	237
第四节 振动的测量及测振仪器	239
一、测振传感器	240
二、振动信号的分析仪器	246
第五节 机械系统动态参数的确定	248
一、自由振动法	248
二、共振法	249
习题	251
第十章 温度的测试	252
第一节 温度测试的基本概念	252
一、温标的定义	252
二、温标的种类	253
第二节 常用测温方法	254
第三节 热电阻测温	255
一、铂电阻	255
二、铜电阻	255
三、热敏电阻	255
第四节 热电偶测温	256
一、热电变换原理	256
二、热电偶的基本定律	258
三、常用热电偶	259
四、热电偶的冷端温度补偿	259
五、热电势的测量	262
第五节 辐射式测温	264
一、全辐射测温	264
二、红外测温	264
参考书目	266

绪 论

一、测试技术与信号处理的概念

测试技术与信号处理是对未知的物理量进行测试的一门技术，以及为获取真实信息而对干扰信号进行处理的总称。

测试技术通常被认为是测量技术和试验技术的综合，测量是以确定被测对象的量值而进行的操作过程，而试验则是对未知事物探索性认识的实验过程。

测试的目的是从测试对象获取有用的信息。信息一般不能够直接获取，但是信息能够以信号的形式表现出来，可以通过获取信号的方法，提取信号中有用的信息。信号是运载信息的物理量函数，信号中蕴涵着信息。一般说来，对任何一个信息，总可以找到多个与其对应的信号，反之，一个信号中也往往包含着多种信息。例如，“物体受热”这一信息，反映出来的是温度上升、体积膨胀、磁导率、电阻率变化以及红外线辐射加大等。

测试过程可以认为是被测信号在测试装置中的不断传递的过程。信号在测试装置传递过程中会产生干扰和信号的畸变，从而使信号产生失真，严重时不能被采用。为了获取准确的信息，就需要对信号进行处理。

信号的处理就是在混有干扰的多个信号中提取有用的信号。干扰的存在给测试工作带来了很大的麻烦，测试工作中的一项艰巨的任务就是要从复杂的信号中，提取有用的信号或从含有干扰的信号中提取有用的信息。为了获取真实可信的信息，对信号进行处理往往是必需的。

测试的目的也可以说是把未知的被测信号转化为可观察的信号，并求得所研究对象的有关信息。

二、测试技术与信号处理的作用与应用

人类对客观世界的认识和改造活动是以测试工作为基础的，就像培根所说“科学是建立在试验的基础上的”。测试技术（包括信号处理）属于信息科学的范畴，也称为信息探测工程学。测试控制技术、计算机技术和通信技术并称为信息科学技术的三大支柱。

在各行各业中，由于自动控制技术的使用越来越广泛，测试技术被普遍使用。在自动控制系统当中，被控对象的状态、量值等参数必须通过测试装置才能完成，由测试装置将测试结果传递、反馈给控制器，最后完成各种控制动作。

在现代机械工业的发展中，测试技术起到了越来越重要的作用。例如，宇航、高能物理、红外、激光以及智能机器必须有高、精、尖的测试技术手段与信号处理方法才能发展到今天；矿山提升机的安全运行、现代数控机床正确无误的加工等，都离不开测试系统准确可靠的工作；工程研究、产品开发、生产监控、质量控制和性能试验等，都是依靠各种测试技术手段获得的基础数据完成的。特别是机械工程技术自动化水平的提高，正在越来越多地依

赖测试技术提供准确的数据，测试装置已成为控制系统的重要组成部分。

测试技术对机械工程大体起到以下几个方面的作用。可以对产品、设备等的质量和性能提供客观的评价；为生产技术和设备的合理改进提供基础数据；为探索性、开发性、创造性地科学发现或技术发明提供技术手段；为自动化控制系统提供观测数据。

在现代机械加工行业中测试技术的应用也相当普遍。数控机床和生产流程的各个阶段都离不开参数的测量，例如，自适应控制磨床中，在连续测定加工过程中的力矩、切削温度、工具的挠度、切削力的大小等参数中，计算机控制可以达到最好的加工效果。又如，细长轴的加工是加工工艺中的一个难题。无论是车削或磨削加工，在切削力作用下，由于工件的弹性变形，使加工时工件的旋转轴线呈弓形弯曲，加工以后的工件呈腰鼓状。传统的措施是采用辅助支承以减少工件的弹性变形，例如，采用跟随刀架等。但是，由于在不同的加工位置，支承的条件（夹盘、顶尖和辅助支承）有所不同，支承的刚度在变化，加之热变形的影响，并不能完全抵消切削力造成的弯曲变形，使加工精度受到影响。如果能在加工过程中自动测量工件的直径，并将测量结果反馈给控制机床的进给机构，就提供了一种解决了细长轴加工的工艺加工问题，有效地提高了加工精度。

三、测试系统的组成

测试方法不同，测试系统截然不同。根据不同的测试目的和要求、不同的测试对象和不同的环境，有电测法、光测法和机械法等。由于电测法容易实现，也便于实现自动化和能满足工程中的要求而多被采用。因此，本书仅介绍电测法。

电测法根据测试的目的和要求不同可以分为基本测试系统、试验系统和计算机辅助测试系统等。

1. 基本测试系统

最基本的测试系统有传感器、中间变换器和显示、记录器组成，如图 0-1 所示。

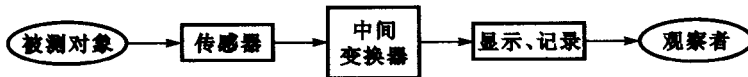


图 0-1 基本的测试系统

传感器部分是测试系统的信号获取环节，它将被测物理量转换成以电量形式的信号，例如，机械振动转换为电压信号，应变转换为电阻信号等。中间变换器对传感器所送出的信号进行加工，例如，将电阻信号变为电压信号，对信号进行放大、调制与解调、滤波以及把模拟信号转换成数字信号等。经过这样的加工处理使信号变为合乎需要、便于传输、便于显示或记录的信号。中间变换器有时可能很复杂很庞大，但也有时会很简单，甚至只是一两根导线，例如热电偶。显示与记录器实现以能为人观察和理解的形式给出测试结果。

2. 试验系统

试验系统是为了测试被测对象的性能，相对于基本测试系统增加了试验装置、反馈控制环节和信号处理环节。试验装置是用于对被测对象进行激励，如图 0-2 所示。

3. 计算机辅助测试系统

计算机辅助测试系统组成如图 0-3 所示。计算机辅助测试系统极大的提高了测试的功能，提高了测试的自动化程度和测试的精确度。

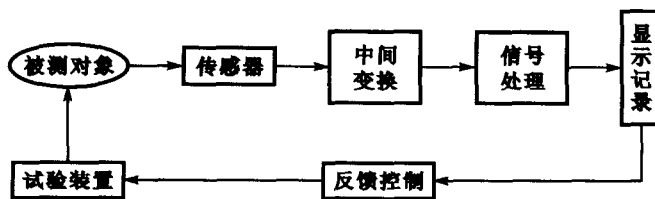


图 0-2 试验系统

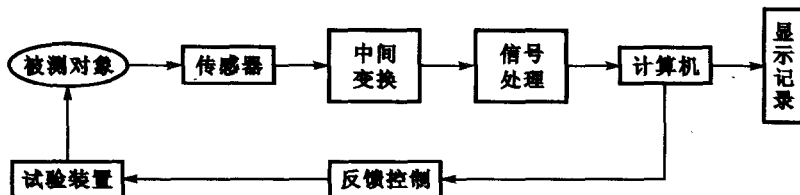


图 0-3 计算机辅助测试系统

测试系统在一定程度上是人类感官的某种延伸，计算机辅助测试系统的实现使获取信息的能力得到了极大的提高。计算机辅助测试相比人的器官获取信息的能力更客观、更准确、更为宽广、更加迅速。不仅如此，辅助计算机测试系统经过对信号的分析处理，还能把最能反映被测对象的物理本质的信息提取出来，并加以诊断，为查询根源和改进设计提供有价值的基础研究资料。

四、测试技术的发展

现代测试技术的发展和与其他科学技术的发展相辅相成。测试技术既是促进科技发展的重要技术，又是科学技术发展的结果。现代科技的发展不断地向测试技术提出新的要求，推动测试技术的进步；与此同时，测试技术迅速吸收和综合各个科技领域（如物理学、化学、材料科学、微电子学、计算机科学和加工工艺学等）的新成就，开发出新的方法和装置。大致来说，测试技术的发展方向有下列几个方面。

(1) 传感器向新型、微型、智能型发展。传感器是信号的检测工具。精度高、灵敏度高且测量范围大及小型化是传感器发展的重要方向。新材料，特别是新型半导体材料的研制成功，促进了很多对于力、热、光、磁等物理量或气体化学成分敏感的器件的发展。光导纤维不仅可用来传输信号，而且可作为物性型传感器。由于微电子技术的发展，使得很有可能把某些电路乃至微处理器和传感测量部分做成一体，即传感器具有放大、校正、判断和一定的信号处理功能，组成所谓的智能传感器。

(2) 测试仪器向高精度和多功能方向发展。测试仪器及整个测试系统精度的提高，使测得数据的可信度也相应提高。在产品研制过程中要进行大量试验，测试某些性能参数，然后对所测数据进行统计分析。在相同条件下要试验若干次，所测参数才具有一定的可信度。仪器精度的提高，可减少试验次数，从而减少试验经费，降低产品成本。在提高测试仪器精度的同时应扩大仪器的功能。计算机技术的发展使测试技术产生了革命性的变化，在许多测试系统中，由于使用了计算机而使仪器的测量精度更高，功能更全。

(3) 测试技术与计算机相结合向着智能化、自动化方向发展。通过计算机使测试系统能够实现自动校准、自动修正、故障诊断、信号调制、多路采集和自动分析处理，并能打印输

出测试结果。同时,出现了将微测试系统直接放入被测体内,直接测试被测体在工作过程中的各种主要参数变化,将数据存储起来,并通过计算机接口读出的存储测试技术,从而得到被测参数随时间变化的曲线。

(4) 量程范围更加宽广。比如,测量位移到微米级,振动测量频率可以到 0.5Hz 以内,压力可达到 $800\text{MPa}\sim 1000\text{MPa}$ 。

五、本课程的要求和特点

《测试技术与信号处理》属于高等院校机械类与其他有关专业的一门技术基础课。通过本课程的学习,要求学生初步掌握动态测试与信号处理的基本知识与技能,培养正确选用和分析测试装置及系统的能力,为进一步学习、研究和解决机械工程动态测试问题打下基础。学完本课程之后,学生应对动态测试中的基本概念、问题、理论、方法、环节、手段有一个比较完整的认识,并能初步运用于常见动态机械量的测试。

学习本课程需要了解和掌握其特点,主要有以下四个方面:

(1) 发展快。测试技术学科发展极为迅速,新型的传感技术与电路,新型记录仪器以及新的测试方法和手段、新的信号分析与处理的理论与方法不断出现。因此,我们应当将主要精力放在掌握动态测试的基本概念、理论、环节、原理以及基本的分析和综合方法上,从而为能够进一步学习本学科更新、更广泛的内容奠定基础。

(2) 理论性强。由于被测信号是随时间变化的动态量,必须对信号和所用测试装量及系统进行定量的描述、分析和研究。因此,经常需要用到有关的数学内容,这就使得课程中的有关内容理论性较强,较为抽象。此外,本课程还经常需要在频率域中研究问题,可能会由于陌生感而给初学者带来一定的难度,针对本课程的这些特殊性,学习过程中应当特别重视定量内容的物理概念及意义,只有在基本概念理解的基础上,才能对本课程入门和深入。此外,对于有关数学内容的把握应侧重在物理概念的理解和方法的运用上,防止抽象地研究数学内容本身。

(3) 工具性。对于机械量动态测试者而言,本课程是解决问题的一种工具,我们是“用”电量仪的,而不是“搞”电量仪的,学过本课程后,应能达到的基本要求是“选得准、用得好”。要能“选得准”就要了解各种电测环节的功能与应用,重点放在它们的外特性及影响测试精度的因素上,至于具体的电路原理和实现的方法则不属于本课程的要求范围。要能“用得好”就必须十分重视培养自己的实际动手能力。

(4) 边缘性。测试技术与信号处理是一门年轻的边缘性学科,它是综合运用其他多学科的内容与成果而发展起来的。因此,本课程所涉及的学科范围较广,与多门课程有关,具体包括:数学(高等数学、工程数学)、物理学、电工电子学、力学、控制工程、机械设计等,此外,还需要机械工程方面的专业知识。这就要求在学习过程中,主动地对先修课程的有关内容能够进行回顾和联系。

第一章

信号的描述

信号中包含着某些反映被测物理系统或过程的状态和特性等方面的有用信息，它是我们认识客观事物内在规律、研究事物之间相互关系、预测事物未来发展的重要依据。

信号通常是时间的函数。信号随时间变化的特性不同，对所用测试装置的要求就不同，相应的分析和处理的方法也不同，而且测试结果的误差直接与信号的频率结构有关。总之，被测信号的特性对测试工作有着直接而重要的影响。因此，我们研究测试技术必须从信号入手，通过对信号的描述与分析，了解信号的频域构成以及时域与频域特性的内在联系。

本章只研究确定性信号的描述，其中分别讨论周期信号与非周期信号的频域描述与频谱分析方法，并为信号的分析、处理和应用提供有关理论基础。

本章要求了解信号的分类，掌握确定性信号的时域描述变换为频域描述的数学方法，建立并理解信号在频域描述中的有关概念及物理意义，熟练掌握对周期信号与非周期信号进行频谱分析的步骤与方法，熟知这两类信号各自的频谱特点。

本章重点是确定性信号的频谱分析方法，本章的难点是频域概念的建立与理解。

第一节 概 述

在工程实践和科学研究中，存在着各种各样的物理量（如机械振动、噪声、切削力、温度、变形等），并且经常由于科学研究或工程技术的需要，要求我们对由物理对象所产生的这些量进行测量，今后把被测的物理量以及由他转换所得的量均统称为信号。

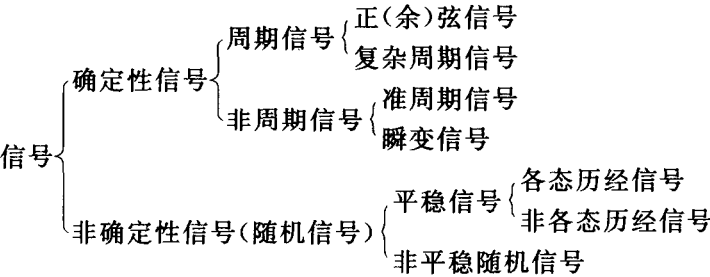
信号是运载信息的物理量函数。它是物理性的，具有能量，信号中蕴涵着我们分析、解决问题所需要的信息，要获得有用信息，就需要测试信号。由于信号本身的特性对测试工作有着直接的重要影响。因此，对信号的研究具有十分重要的意义。

一、信号的分类

为了深入了解信号的物理实质，需要将其分类加以研究。

信号按其随时间变化的特点可以分为确定性信号和非确定性信号两大类。能够用明确的数学关系式来表达的信号，或者可以通过实验方法重复产生的信号称为确定性信号，如振动台的正弦振动，水银温度计的示值变化等。反之，不能用明确的数学关系式表达的或者无法重复产生的信号称为非确定性信号，又称随机信号，如机加工车间内的噪声，汽车行驶中的振动等。

以上两大类信号还可以根据各自的特点做进一步的划分,具体分类如下所示:



信号还可以按取值情况的不同分为连续信号和离散信号。连续信号是指在某一时间间隔内,除若干点外,对任意时间都具有确定函数值的信号,如图 1-1(a)所示。连续信号的幅度可以是连续的,也可以是离散的(只取某些规定值)。时间和幅度均为连续的信号为模拟信号,在实际应用中,模拟信号与连续信号两名词往往不予以区分。离散信号是指只在某些离散的瞬时才具有确定的函数值的信号,如图 1-1(b)所示,如果离散信号的幅度也是离散的,并以二进制的编码表示,则称之为数字信号。

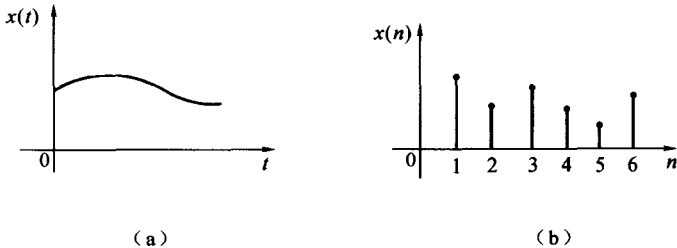


图 1-1 模拟信号与离散信号

严格地说,工程实际中的多数信号都带有一定的随机性质,但是,工程上为了简化问题的研究,常把实际信号近似作为确定性信号来处理。因此,研究确定性信号仍然具有重要的意义。

本章只讨论确定性信号,关于随机信号及其分析将在第七章中予以介绍。

二、信号的描述方式

我们可以从不同的角度或者说在不同的领域中描述信号。以时间 t 为自变量,用一个时间函数来表示信号称为信号的时域描述,如图 1-2(a)所示。这是信号的自然表现形式,也就是说信号是以随时间变化的形式出现或存在的,信号的时域描述只能反映信号随时间变化的总体情况,从测试结果能否反映被测信号出发,我们所关心的是信号的另外一种描述,把信号从时间域变换到频率域,即以频率 f 作为自变量建立信号与频率之间的函数关系,这称为信号的频域描述,如图 1-2(b)所示。它可以揭示信号中各分量的频率构成情况,为准确地测试信号提供必要的理论依据。信号的频率构成需要对信号进行频谱分析才能得到。除时间和频域描述之外,信号的描述方式还有:揭示信号幅值取各种可能值机会的“幅值域描述”,揭示信号自身的瞬时值相关程度或两信号相关程度的“时延域描述”,这两种描述方式将在第七章中介绍。