

机械设计制造及其自动化专业本科系列规划教材

JIXIE
GONGCHENG CESHU JISHU

机械工程测试技术

主 编 周传德
副主编 文 成 李 俊
余 愚 陈 刚



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

机械工程测试技术

主 编 周传德
副主编 文 成 李 俊
余 愚 陈 刚

重庆大学出版社

内 容 提 要

机械设计、机械制造和机械测试是机械工程领域的三大分支。随着科学技术的发展,以及自动化、计算机、信息技术、微机电系统和机械测试的多学科交叉,机械测试技术得到迅速发展和越来越广泛的应用。编者以卓越工程师培养教育培养计划和机械工程专业人才培养标准为指导,针对普通应用型本科编写本教材。本教材吸收编者多年的教学经验和相关参考书的优点,着重于工程应用的阐述,重点突出,内容符合教学大纲的要求。全书共11章,其内容包括测试系统的基本特征、信号分析基础、信号调理及信号处理(含数字信号处理)、振动测试、噪声测试、机械参量测试等应用。

本书可作为高等学校机械类、自动化类及相关专业本科生的教材和参考书,也可供从事机械工程测试工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

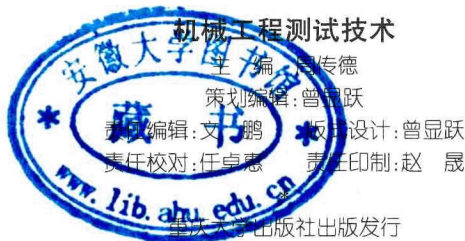
机械工程测试技术/周传德主编. —重庆:重庆大学出版社,2014.1

机械设计制造及其自动化专业本科系列规划教材

ISBN 978-7-5624-7959-8

I. ①机… II. ①周… III. ①机械工程—测试技术—高等学校—教材 IV. ①TG806

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第002446号



重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

自贡兴华印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:15 字数:374千

2014年1月第1版 2014年1月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-7959-8 定价:29.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

设计、工艺和检测是机械工程三大组成部分。在工业自动化、机械制造业信息化和创新型人才培养中,测试技术和测试技术课程起着极为重要的作用。测试技术涉及电子、工程数学、计算机和信息技术等多学科的交叉,知识点较多,该课程虽进行过多次大面积更新,但被认为较为难学的课程之一。本教材根据卓越工程师教育培养计划和机械工程工程师标准要求,以工程应用为重点,借助已有的工程工具 Matlab 和 LabVIEW 等,以解决实际工程问题为主线,穿插传感器、机械特性等知识点,满足普通应用型本科的人才培养需要,以培养学生能完成一般机械测试系统为目标。

本书共分 3 篇 11 章。第一篇测试概述,系统地论述了测试系统及其基本特性;第二篇信号处理,包括测试系统中的信号调理与数据采集,信号处理和数字信号处理基础等,并配以 Matlab 和 LabVIEW 演示多媒体或案例;第三篇典型机械测试系统,包括振动、噪音、机械参量、工业自动化等测试系统的构建与应用,内容包括机械系统分析、传感器选择、基于计算机的测试系统搭建及测试结果分析,每章至少含有一个工程案例。前两篇为基础,第三篇为综合,教材从测试系统基本理论与传感器原理、特点及应用领域,信号分析方法物理含义、特点及应用,到典型测试系统的构建、应用与分析进行深入浅出的阐述,配以实际工程案例,力求使读者对测试系统有一个“一体化”的完整理解。

本书在编写过程中,吸取了相关教材和参考书的优点,本书可作为高等院校“机械工程及自动化”“机械设计”“机械电子工程”“车辆工程”“测试技术与仪器”“能源动力”和其他相近专业的教材,也可供从事测试技术的科技人员参考。由于编者水平有限,且时间紧迫,未能广泛汇集意见,恳切希望教师、学生和读者对本书的内容编排、材料取舍以及书中的错误、欠妥之处提出批评、指正和修改意见。

编者

2012 年 12 月

目 录

第1章 概 论	1
1.1 测试技术概述	1
1.2 测试系统的组成	2
1.2.1 试验装置	2
1.2.2 测量装置	2
1.2.3 数据处理装置	3
1.2.4 记录装置	3
1.3 测试技术的发展趋势	5
1.4 本书主要内容和学习要求	5
习题与思考题	6
第2章 测试系统特性分析	7
2.1 测试系统概述	7
2.2 测试系统的静态特性分析	9
2.2.1 静态传递方程	9
2.2.2 线性度	9
2.2.3 灵敏度	10
2.2.4 分辨力	10
2.2.5 迟滞误差(回程误差)	11
2.2.6 漂移	11
2.2.7 重复性	11
2.2.8 稳定性	11
2.3 测试系统的动态特性	12
2.3.1 频率响应函数及频率特性	13
2.3.2 脉冲响应函数	14
2.3.3 常见测试系统的动态特性	15
2.3.4 测试系统动态特性参数的识别	19
2.5 测试系统不失真测量的条件	22
2.6 测试系统的抗干扰及负载效应	24
2.6.1 测试系统的干扰	24
2.6.2 测试系统的抗干扰设计	24

2.6.3 测试系统的负载效应	26
习题与思考题	27
第3章 信号转换与调理	29
3.1 放大电路	29
3.1.1 反相放大器	30
3.1.2 同相放大器	30
3.1.3 差动放大器	30
3.1.4 交流放大电路	31
3.1.5 电荷放大器	32
3.1.6 测量放大器	32
3.1.7 隔离放大器	34
3.2 测量电桥	34
3.2.1 直流电桥	34
3.2.2 交流电桥	37
3.3 调制与解调	38
3.3.1 调制的类型	38
3.3.2 调幅及其解调	40
3.4 滤波器	42
3.4.1 滤波器的分类	43
3.4.2 理想滤波器	43
3.4.3 实际滤波器	44
3.4.4 无源滤波器	45
3.4.5 有源滤波器	46
3.4.6 滤波器的应用	47
习题与思考题	48
第4章 测试信号分析与处理	50
4.1 信号的概念和分类	50
4.1.1 信号的概念	50
4.1.2 信号的分类	51
4.2 信号的时域分析	55
4.2.1 均值	55
4.2.2 均方值	55
4.2.3 方差	55
4.2.4 波形图	56
4.3 信号的幅值域分析	56
4.3.1 概率密度函数	56
4.3.2 概率分布函数	57

4.3.3	直方图分析	58
4.4	信号的频域分析	59
4.4.1	周期信号的频谱	60
4.4.2	非周期信号的频谱	64
4.4.3	随机信号的频谱	68
4.5	信号的相关分析	71
4.5.1	相关函数	71
4.5.2	相关函数的性质及物理含义	71
4.5.3	随机信号的相关函数与其频谱的关系	72
4.6	数字信号分析与处理	73
4.6.1	数据采集	73
4.6.2	信号数字化与采样定理	76
4.6.3	离散傅里叶变换	79
4.6.4	DFT 及其变换过程出现的问题	82
4.6.5	DFT 常用窗函数及其特性	88
	习题与思考题	89
第5章	虚拟仪器测试系统	92
5.1	虚拟仪器概述	92
5.1.1	虚拟仪器的概念	92
5.1.2	虚拟仪器系统的组成	93
5.1.3	虚拟仪器的开发平台	96
5.2	信号调理器和数据采集卡	96
5.2.1	概述	96
5.2.2	数据采集卡	97
5.2.3	信号调理器	98
5.3	软件开发平台 LabVIEW	99
5.3.1	LabVIEW 应用程序的构成	99
5.3.2	LabVIEW 的操作模板	100
5.3.3	VI 程序设计方法	104
5.4	LabVIEW 信号分析与处理	105
5.4.1	信号的产生	105
5.4.2	FFT 变换	106
5.4.3	窗函数	106
5.4.4	数字滤波器	107
5.5	基于虚拟仪器的测试系统组建实例	108
5.5.1	测试系统硬件设计	108
5.5.2	测试系统软件设计	110
	习题与思考题	114

第6章 振动参数的测量	115
6.1 振动测量方法	115
6.1.1 概述	115
6.1.2 振动的分类	116
6.1.3 振动测量方法	116
6.2 振动测量系统	117
6.2.1 振动测试仪器的分类	117
6.2.2 常用振动测试系统	118
6.3 激振设备	118
6.3.1 力锤激振器	119
6.3.2 电磁式激振器	119
6.3.3 电动式激振器	121
6.3.4 电液式激振器	122
6.4 测振传感器	122
6.4.1 测振传感器的类型	122
6.4.2 惯性式测振传感器的工作原理	123
6.4.3 相对式测振传感器的工作原理	125
6.4.4 压电式加速度传感器	126
6.4.5 磁电式速度传感器	127
6.4.6 涡流式位移传感器	129
6.4.7 选择测振传感器的原则	130
6.5 机械阻抗测量与实验模态分析	130
6.5.1 机械阻抗测量	130
6.5.2 实验模态分析	131
习题与思考题	133
第7章 机械噪声测量	134
7.1 机械噪声概述	134
7.1.1 机械噪声分类	134
7.1.2 噪声基本参数	134
7.2 噪声测量设备	137
7.2.1 声级测量	137
7.2.2 声强测量	140
7.3 噪声频谱分析	143
7.3.1 窄带频谱和声压谱级	143
7.3.2 频带声压级与倍频程频谱	144
7.4 噪声控制	145
7.4.1 噪声控制的基本原理	145

7.4.2	机械噪声控制	146
7.5	车内噪声测量	148
7.5.1	测试内容及分析系统	148
7.5.2	测试结果与分析	149
	习题与思考题	150
第8章	力、扭矩测量	151
8.1	电阻应变片	151
8.1.1	电阻应变片工作原理	151
8.1.2	电阻应变片的结构	152
8.1.3	电阻应变片的应用	153
8.2	力传感器	154
8.2.1	应变测力传感器	154
8.2.2	压电式测力传感器	156
8.2.3	压阻式测力传感器	156
8.2.4	压磁式测力传感器	157
8.2.5	动态切削力的测量	157
8.3	扭矩传感器	159
8.3.1	扭矩概述	159
8.3.2	扭矩传感器	159
8.4	机械传动效率测量	162
8.4.1	传动效率测量原理	162
8.4.2	传动效率测试系统	163
	习题与思考题	164
第9章	机械几何量的测量	166
9.1	几何量测量方法与测量夹具	166
9.1.1	几何量测量的概念	166
9.1.2	几何量测量的四大要素	166
9.1.3	几何量测量系统的组成	167
9.1.4	测量夹具	168
9.2	位移测量	170
9.2.1	常见位移传感器	170
9.2.2	位移测量应用实例	180
9.3	转速测量	181
9.3.1	常见转速传感器	181
9.3.2	转速测量实例	185
9.4	三坐标测量机及其应用	186
9.4.1	三坐标测量机类型和结构	186

9.4.2	三坐标测量机的测量	189
9.4.3	三坐标测量机的应用	190
	习题与思考题	192
第 10 章	测试技术在机械故障诊断中的应用	193
10.1	机械故障诊断的内容	193
10.1.1	信息采集	194
10.1.2	信号处理	194
10.1.3	状态识别	194
10.1.4	诊断决策	194
10.2	机械故障诊断技术	194
10.2.1	状态特征信号	194
10.2.2	振动判别标准	195
10.3	滚动轴承故障诊断及其应用实例	196
10.3.1	滚动轴承故障的基本形式	196
10.3.2	滚动轴承的故障振动分析	197
10.3.3	滚动轴承振动监测诊断技术	199
10.3.4	滚动轴承故障诊断实例	202
10.4	齿轮故障诊断及其应用实例	207
10.4.1	齿轮常见故障	207
10.4.2	齿轮振动监测诊断技术	208
10.4.3	齿轮故障诊断实例	211
	习题与思考题	213
第 11 章	测试技术在自动控制中的应用	214
11.1	测试技术在工业机器人中的应用	214
11.1.1	零位和极限位置的检测	215
11.1.2	位移量的检测	215
11.1.3	速度、加速度的检测	216
11.2	测试技术在数控机床与加工中心中的应用	217
11.2.1	传感器在位置反馈系统中的应用	217
11.2.2	传感器在速度反馈系统中的应用	218
11.2.3	传感器在位置检测中的应用	219
11.3	测试技术在汽车机电一体化中的应用	220
11.3.1	汽车用传感器	220
11.3.2	传感器在发动机中的典型应用	224
11.3.3	传感器在汽车空调系统中的应用	227
	习题与思考题	228
	参考文献	229

第 1 章 概 论

1.1 测试技术概述

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。在测试过程中,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。广义来看,测试属于信息科学的范畴。一般说来,信息的载体称为信号,信息则蕴涵于信号之中。信息总是通过某些物理量的形式表现出来的,这些物理量也就是信号。例如,单自由度质量—弹簧系统的动态特性可以通过质量块的位移—时间关系来描述,质量块位移的时间历程就是信号,它包含着该系统的固有频率和阻尼比等特征参数,也就是所需要的信息。分析采集到的这些信息,就可以掌握这一系统的动态特性。

测试技术包含了测量(measurement)和试验(test)两方面的含义。机械工程测试的对象是机械系统(包括各种机械零件、机构和部件)及其组成部分(包括与机械系统有关的电路、电器等)。机械工程测试过程包括测量、试验、计量、检验、故障诊断等过程。测量的基本任务有两个:①提供被测对象(如产品)的质量依据;②提供机械工程设计、制造、研究所需的信息。因此,设计、工艺、测试三者共同构成了机械工程的三大技术支柱。产品从设计、制造、运行、维修到最终报废,都与机械测试与测量密不可分。现代机械设备的动态分析设计、过程检测控制、产品的质量检验、设备现代化管理、工况监测和故障诊断等,都离不开机械测试。机械测试是实现这些过程的技术基础。同时,测试技术还是进行科学探索、科学发现和技术发明的技术手段。

从机械结构动力学分析的角度看,测试技术的任务又可归结为研究系统的输入(激励 $x(t)$)、输出(响应 $y(t)$),以及系统本身的特性(系统传递特性 $h(t)$)和它们三者之间的相互关系,如图 1.1 所示。它具体表现为:

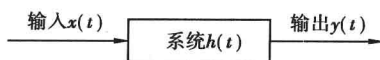


图 1.1 测试系统及其输入和输出

①已知激励、响应,求系统的动态特性(传递函数),用以验证系统特性的数学模型。在工

程模型试验方面,可进行产品的动态设计、结构参数设计和模型特征参数的研究等。

②已知系统的特性(传递函数)和响应(输出),求激励(输入),用以研究载荷或载荷谱。某些工程系统(如火箭、车辆、井下钻具等)的载荷(如阻力、风浪等)很难直接测得,设计这些系统时往往凭经验和假设,因此误差较大。采用参数识别的方法能准确地求得载荷。为此目的而组成的测试系统称为载荷识别系统,它为产品的优化设计提供了依据。

③由已知的测量系统对被测系统的响应进行测量分析(即数据采集分析系统)。被测量可以是电量,也可以是非电量。该系统的功用是测量响应的大小、频率结构和能量分布等,也可用于计量、系统监测以及故障诊断等。

当系统响应超过其特定输出时,控制装置的功能将调整被测系统的参数,使响应(输出)改变,从而使系统工作在最佳响应状态或使系统按规定的指令工作。这种响应控制系统常用于参数的自动测量与控制。

1.2 测试系统的组成

测试系统的概念是广义的。在测试信号的流通道中,任意连接输入输出并具有特定功能的部分,均可视为测试系统。系统的特性不可避免地会给流经系统的信号带来影响,进而影响测试结果的精度和可靠性。建立测试系统的概念并掌握系统的基本特性,对于正确选用测试系统、校准测试系统以及提高测试的准确性等尤为重要。

系统是由若干相互作用和相互依赖的事物组合而成的具有特定功能的整体。测试系统的特定功能是对研究对象进行具有试验性质的测量,以获取研究对象的有关信息。机械工程测试过程一般包含了从被测对象拾取机械信号,再将非电性质的机械信号转换为电信号,经放大后输入后续信号处理设备进行分析处理等步骤。信号分析处理可采用模拟系统或数字分析处理系统。由于后者有很高的性能价格比、高稳定性、高精度,故目前多采用数字式分析处理系统。

为了从被测对象提取所需要的信息,需要采用适当的方式对被测对象实行激励,使其既能产生特征信息,同时又能产生便于检测的信号。例如,在测取机械系统的固有频率时,采用瞬态激振或稳态正弦扫描激振,激发该系统的振动响应,拾取其响应信号,通过分析便可求出系统固有频率。图 1.2 所示为测试系统的基本构成。可见,一个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等所组成。

1.2.1 试验装置

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。

1.2.2 测量装置

测量装置是把被测量通过传感器变换成电信号,经过后接仪器的变换、放大、运算,将其变成易于处理和记录的信号。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。

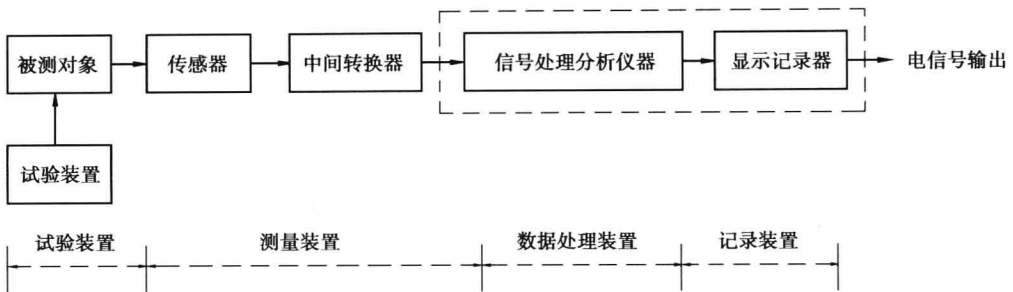


图 1.2 测试系统的基本结构

1.2.3 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,获取有用的特征信息。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,这是数据处理的前提。

1.2.4 记录装置

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效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。

测试系统中,传感器是测量装置与被测量之间的接口,处于测试系统的输入端,完成被测量的感知和能量转换工作,其性能直接影响着整个测试系统,对测量精确度起着主要作用。由于被测机械量种类繁多,加之同种物理量可以用多种不同转换原理的传感器来检测,同一转换原理也可以用于不同测量对象的传感器中,如加速度计按其敏感元件不同就有压电式、应变式和压阻式等多种,因此传感器具有多样性。表 1.1 汇总了机械工程常用的传感器。

表 1.1 机械工程测试常用的传感器

类型	传感器名称	变换原理	被测量
机械类	测力杆	力—位移	力、力矩
	测力环	力—位移	力
	纹波管	压力—位移	压力
	波登管	压力—位移	压力
	纹波薄皮	压力—位移	压力
	双金属片	温度—位移	温度
	微型开关	力—位移	物体尺寸、位置、有无
	液柱	压力—位移	压力
	热电偶	热—电位	温度

续表

类 型	传感器名称	变换原理	被测量
电阻类	电位计 电阻应变片 热敏电阻 气敏电阻 光敏电阻	位移—电阻 变形—电阻 温度—电阻 气体浓度—电阻 光—电阻	位移 力、位移、应变、加速度 温度 可燃气体浓度 开关量
电感类	可变磁阻电感 电涡流 差动变压器	位移—自感 位移—自感 位移—互感	力、位移 测厚度、位移 力、位移
电容类	变气隙、变面积型电容 变介电常数型电容	位移—电容 位移—电容	位移、力、声 位移、力
压电类	压电元件	力—电荷,电压—位移	力、加速度
光电类	光电池 光敏晶体管 光敏电阻	光—电压 光—电流 光—电阻	光强等 转速、位移 开关量
磁电类	压磁元件 动圈 动磁铁	力—磁导率 速度—电压 速度—电压	力、扭矩 速度、角速度 速度
霍尔效应类	霍尔元件	位移—电势	位移—转速
辐射类	红外 X 射线 γ 射线 β 射线 激光 超声	热—电 散射、干涉 射线穿透 射线穿透 光波干涉 超声波反射、穿透	温度、物体有无 厚度、应力 厚度、探伤 厚度、成分分析 长度、位移、角度 厚度、探伤
流体类	气动 流量	尺寸、间隙—压力 流量—压力差、转子位置	尺寸、距离、物体大小 流量

作为一个重要的测试单元,传感器首先必须在其的工作频率范围内满足不失真测试的条件。在选择和使用传感器时还应该注意:传感器对微弱信号要有足够的感知度。通常用灵敏度、分辨力等技术指标表示传感器对微弱信号的感知度。灵敏度高意味着传感器能检测信号的微小变化,但高灵敏度的传感器较容易受噪声的干扰,其测量范围也较窄。因此,同一种传感器常常做成一个序列,有高灵敏度而测量范围较小的,也有测量范围宽而灵敏度较低的,使用时要根据被测量的变化范围(动态范围)并留有足够的余量来选择灵敏度适当的传感器。

其次,传感器的输出量与被测量真值要有足够的一致性。精密度和精确度是评价一致性的技术指标,精确度越高,其价格也越高,对测量环境的要求也越高。因此,应当从实际出发,选择能满足测量需要的、有足够精确度的传感器。另外,传感器应该有高度的可靠性,能长期完成它的功能并保持其性能参数不变,同时传感器在与被测对象建立连接关系时,传感器与被测物之间的相互作用要小,应尽可能减小其对被测对象运行状态以及特性参数的影响,如质量和体积要尽可能小、选择非接触传感器等。关于各类传感器工作原理、变换电路与应用等,本书将在具体参量测量系统中详细介绍。

1.3 测试技术的发展趋势

随着科学技术水平的不断提高和生产技术的高速度发展,机械工程测试技术也随之向前迈进。在传感器技术方面,当前信息时代对于传感器的需求量日益增多,同时其性能要求也越来越高。随着计算机辅助设计技术(CAD)、微机电系统(MEMS)技术、光纤技术、信息理论以及数据分析算法不断迈上新的台阶,传感器系统正朝着微型化、智能化和多功能化的方向发展。在测试系统方面,卡式仪器、总线仪器、集成仪器、智能控件化虚拟仪器直至网络仪器等,不断地丰富、拓展着测试领域的测试手段。此外,测试系统的体系结构、测试软件、人工智能测试技术等也有很大的发展。仪器与计算机技术的深层次结合产生了全新的测试仪器的概念和结构。近年来,计算机技术在现代测试系统中的地位显得越来越重要,软件技术已成为现代测试系统的重要组成部分。当然,计算机软件不可能完全取代测试系统的硬件。因此,现代测试技术要求从事测试科技的人员不仅要具备良好的计算机技术基础,更要求深入掌握测试技术的基本理论和方法。

在现代测试技术中,通用集成仪器平台的构成技术、数据采集技术、数字信号分析处理软件技术是决定现代测试仪器系统性能与功能的三大关键技术。以软件化的虚拟仪器和虚拟仪器库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就在于:用户可在集成仪器平台上按自己的要求开发相应的应用软件,构成自己所需要的实用仪器和实用测试系统,仪器及系统功能不局限于厂家的束缚。特别是当测试仪器系统进一步实现网络化以后,仪器资源将得到很大的延伸,其性能价格比将获更大的提高,机械工程测试领域将出现一个更加蓬勃发展的新局面。

1.4 本书主要内容和学习要求

本课程主要研究机械工程中常见物理量的测量与测试。例如对机器及其零部件的长度、角度及其精度的测量;对机器设备的振动、噪声的测试;对机器设备的各种物理参量如应力应变、力、压力、扭矩、转速的测量;分析测试技术在机械设备故障诊断和自动控制领域的应用情况,并通过以上的测量与测试对机器设备的质量进行评价和控制。同时还要研究测量测试的方法与系统特性,从而实现正确的设计测试方案、正确地使用仪器设备以及正确地进行测量测试结果的分析处理。本书通过综合实例分析,力求使学生对测试系统有一个“一体化”的完

整理解。

根据本门学科的对象和任务,对高等学校机械类各有关专业来说,“机械工程测试技术”是一门主干技术基础课。通过对本课程的学习,培养学生能合理地选用测试装置并初步掌握静、动态机械参量测试方法和常用工程试验所需的基本知识和技能,做到“选得准,用得好”,为在工程实际中完成对象测试任务打下必要的基础。

具体而言,学生在学完本门课程后应具备以下的知识和技能:

①对机械工程测试工作的概貌和思路有一个比较完整的概念,对机械工程测试系统及其各环节有一个比较清楚的认识,并能初步运用于机械工程中某些静、动态参量的测试和产品或结构的动态特性试验。

②了解常用传感器、中间转换放大器的工作原理和性能,并能依据测试工作的具体要求进行较为合理的选用。

③掌握测试装置静、动态特性的评价、测试方法,测试装置实现不失真测量的条件,并能正确地运用于测试装置的分析 and 选择。

④掌握信号在基本变换域的描述方法,信号模拟分析、信号数字分析的一些基本概念;掌握信号频谱分析、相关分析的基本原理和方法,并对其延拓的其他分析方法有所了解。

⑤掌握虚拟仪器、虚拟测试系统和信号分析处理软件系统的基本原理和使用。

⑥通过本课程的学习和实践,应能对机械工程中某些静、动态参数的测试自行选择、设计测试仪器仪表、组建测试系统和确定测试方法,并能对测试结果进行必要的数据处理。

本课程具有很强的实践性,在教与学的过程中应紧密联系实际,既要注意掌握基本理论、弄清物理概念。同时,必须加强对动手能力的培养,必须通过教学实验和实践环节,使学生尽可能熟练掌握有关的测试技术和测试方法,达到具有初步处理实际测试工作的能力。

习题与思考题

- 1.1 信号和信息是测试技术中两个基本的概念,请描述信号与信息之间的关系。
- 1.2 机械测试技术是机械工程的三大技术支柱之一,机械生产、机床设备和机电产品质量都离不开机械测试技术。从机械测试技术的工程应用看,它可分为哪些类型的应用?
- 1.3 测量(measurement)和试验(test)主要区别是什么?
- 1.4 举例说明什么是测试。

第 2 章

测试系统特性分析

测试系统即测试装置,即相关事物按照一定关系组成能够完成指定测试任务的整体。根据测试对象的不同,测试系统结构的复杂程度差异较大,相应的系统特性也不相同。了解测试系统的特性是开展测试技术应用和研究的基础。本章主要讨论测试系统及其输入信号和输出信号三者之间的关系,重点讨论测试系统的静态特性、动态特性及其相关特性参数的求取方法,并对测试系统的主要干扰及其抑制措施进行介绍。

2.1 测试系统概述

在测试系统中,被测信号可分成两种形式:一种是不随时间变化或变化极其缓慢的信号,称为静态信号;另一种是随时间变化而变化的周期信号、瞬时信号或随机信号,称为动态信号。无论是静态信号或动态信号,都要求测试系统能够不失真地复现输入信号的变化,而这主要取决于测试系统的性能。由于输入信号的状态不同,测试系统所呈现出来的输入输出特性也不同,从而使得测试系统根据被测信号的不同存在所谓的静态特性和动态特性。

理想的测试系统应具有单值和确定的输入输出关系,并且这种关系以线性关系最佳。由于线性系统处理起来较简单,所以线性系统发展比较早且相对较成熟,能够进行较完善的数学处理与分析;而非线性系统一般具有较高的复杂程度、处理难度和处理成本,非线性系统的处理一般通过在一定范围内以线性系统进行近似处理。虽然实际测试系统大多不可能在整个工作范围内完全保持线性,但在一定范围和一定的(误差)条件下可作线性处理,从而把测试系统看作一个线性系统。本书也主要考虑测试系统的线性特性。

测试系统的特性主要通过测试装置及其输入信号、输出信号三者之间的关系来反映,如图 2.1 所示。

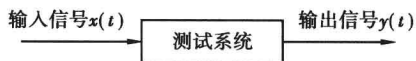


图 2.1 测试装置及其输入输出之间的关系