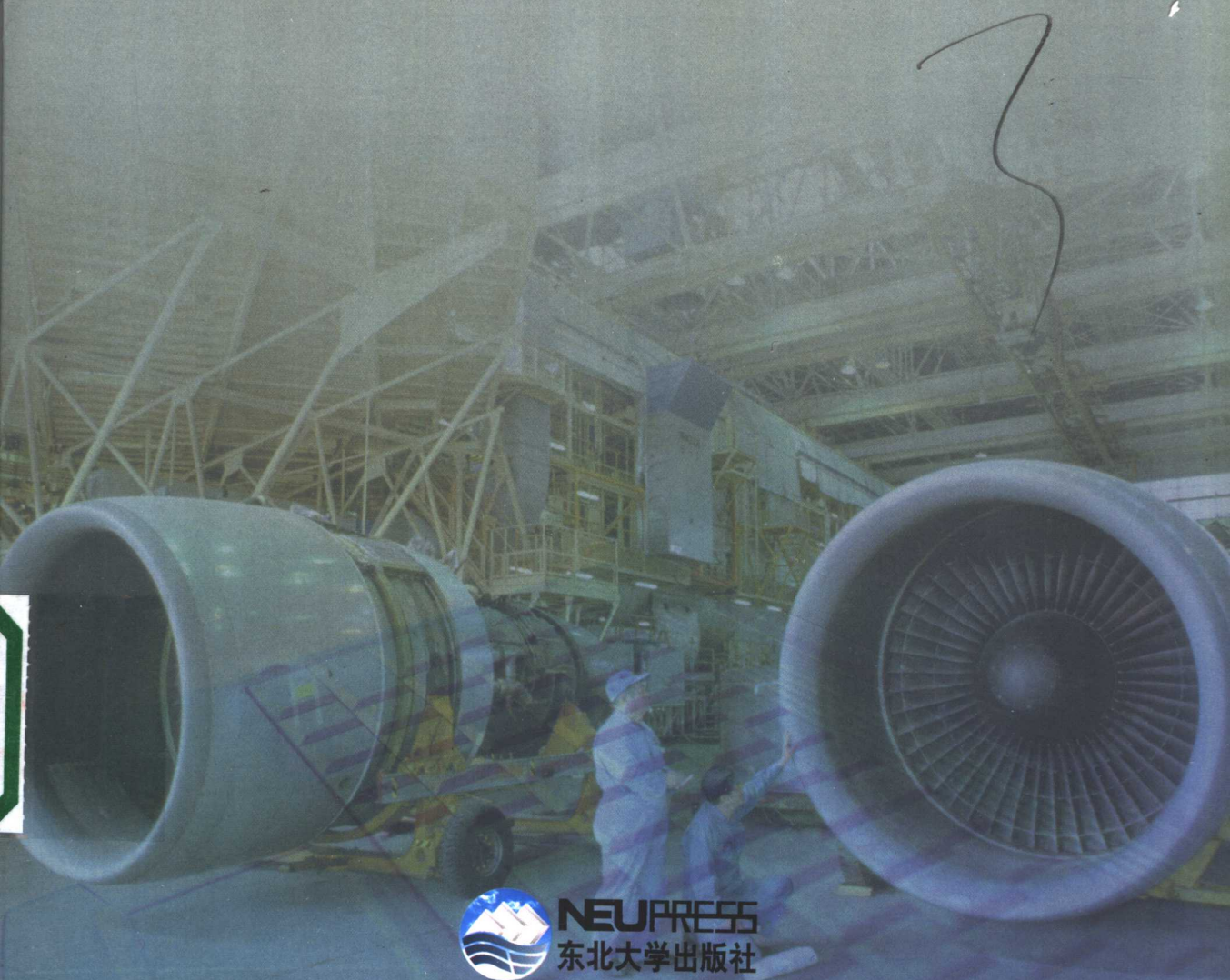


测试技术

张洪亭 王明赞 主编



NEUPRESS
东北大学出版社



东北大学资助

测 试 技 术

张洪亭 王明赞 主编

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 张洪亭等 2005

图书在版编目 (CIP) 数据

测试技术 / 张洪亭, 王明赞主编. — 沈阳: 东北大学出版社, 2005.2
ISBN 7-81102-123-4

I. 测… II. ①张… ②王… III. 测试技术-高等学校-教材 IV. TB4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 006426 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳航空发动机研究所印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 184mm × 260mm

印 张: 21.25

字 数: 544 千字

出版时间: 2005 年 2 月第 1 版

印刷时间: 2005 年 2 月第 1 次印刷

责任编辑: 刘 莹 责任校对: 文 玉

封面设计: 唐敏智 责任出版: 秦 力

定 价: 23.00 元

前 言

随着现代科学技术的发展和进步,大学测试技术课程教学的内容和方法也不断地改革,其重要性得到越来越广泛的认同。本书是根据机械类各专业测试技术课程的教学需要而编写的。编写过程中,注意了选题的通用性。本书只是测试技术概论,着重介绍了测试技术常用的基本理论及其应用。为了适应当前科研及生产发展的需要,本书除对静态测量有一定的描述外,着重介绍动态测量系统、测试方法、信号分析与数据处理理论及其应用。参数测试的编写特点是力求自成系统,以便学习各章节后,有一个完整的概念,也便于根据各专业的特点及课时选学有关章节。

全书共分13章,前7章为测试技术的基础部分,介绍信号的分类与描述、测量误差的分析与处理、测量系统的特性、常用传感器变换原理、信号的调理与记录、信号分析与处理,还有计算机数据采集与分析系统;后6章为测试技术的应用部分,介绍常用机械参数的测试,包括力和扭矩的测量、振动的测量、噪声的测量、温度和湿度的测量、流体参数的测量等。书后给出了计算类型习题的答案,书中一些名词术语后面标注了英语词汇,均供参考。尽管实验是本课程极其重要的环节,但受篇幅所限,本书未包括实验指导书,请读者参考其他有关教材或参考书。

本书由东北大学张洪亭、王明赞担任主编,参加编写工作的有张洪亭(第1, 6, 10章);王明赞(第5, 7章);李佳(第3, 9章);林贵瑜(第2, 11章);孙红春(第4, 12章);梅国晖(第8, 13章),全书由张洪亭、王明赞统稿。

感谢东北大学和东北大学出版社对本书的大力支持。同时,感谢书后所列参考文献的作者,本书编写过程中,参考了大量文献,有漏登之处,深表歉意。

由于编者水平所限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2004年12月

内容简介

本书系统地介绍了非电量测试技术中的测试基本理论与方法。基础部分包括信号的分类与描述、测试系统基本特性、传感器原理、误差理论与数据处理、信号分析及其应用；参数测试部分包括应力、应变、力、压力、位移、振动、噪声、流量等参数的测试技术，且各部分自成体系。为了帮助读者掌握各章内容，设有一定数量的习题。

本书可作为高等学校本科机械类各专业“机械工程测试技术”课程的教材，也可作为自动控制、仪器仪表类有关专业“测试技术”课程的教材。同时，对于工厂、研究院以及其他从事机械工程性能试验和机电一体化产品设计、开发的工程技术人员，亦有参考价值。

目 录

0 绪论	1
1 信号的分类和描述	5
1.1 信号及其分类	5
1.2 周期信号	6
1.2.1 周期信号强度的描述	6
1.2.2 周期信号的频谱	7
1.3 瞬变信号	11
1.3.1 瞬变信号的频谱	11
1.3.2 傅立叶变换的常用性质	13
1.3.3 几种典型信号的频谱	16
1.4 随机信号	19
1.4.1 随机过程的概念及分类	19
1.4.2 各态历经信号的数字特征	21
2 测量误差的分析与处理	24
2.1 误差的基本概念	24
2.1.1 真值与误差	24
2.1.2 误差的分类	24
2.1.3 精度	25
2.2 随机误差	26
2.2.1 随机误差的分布规律	26
2.2.2 随机误差的统计分析	28
2.2.3 可疑数据的取舍	33
2.3 系统误差	34
2.3.1 系统误差对测量结果的影响	35
2.3.2 系统误差的消除	36
2.4 间接测量误差的传递	39
2.4.1 函数误差的基本关系式	39
2.4.2 函数误差的计算	40
2.5 误差分析方法	41
2.5.1 误差中系统误差和随机误差成分的分析	41
2.5.2 基本误差源	45
2.5.3 单样本测量最终结果的误差	46
2.5.4 误差分析的步骤	49
2.6 测试数据的处理	50

2.6.1 最小二乘线性拟合	50
2.6.2 用数据变换做线性回归	51
2.6.3 实验数据统计分析计算机软件的应用	51
3 测量系统的特性	53
3.1 测量系统及其主要性质	53
3.1.1 测量系统概述	53
3.1.2 线性系统的主要性质	53
3.2 测量系统的静态特性	55
3.2.1 线性度	55
3.2.2 灵敏度和分辨力	56
3.2.3 滞后和重复性误差	56
3.2.4 其他特性	57
3.3 测量系统的动态特性	58
3.3.1 传递函数	58
3.3.2 脉冲响应函数	60
3.3.3 频率响应函数	61
3.3.4 一阶系统和二阶系统的动态特性	62
3.4 测量系统在典型输入下的响应	65
3.4.1 测试系统在单位阶跃输入下的响应	66
3.4.2 测试系统在正弦输入下的响应	67
3.5 实现不失真测试的条件	67
3.6 测量系统特性参数的测定	69
3.6.1 测量系统静态特性参数的测定	69
3.6.2 测试系统动态特性参数的测定	70
4 常用传感器的变换原理	75
4.1 概述	75
4.1.1 传感器的定义和分类	75
4.1.2 传感器的主要技术指标	76
4.1.3 传感器技术的发展趋势	77
4.2 电阻式传感器	78
4.2.1 电阻应变传感器	78
4.2.2 压阻式传感器	81
4.2.3 变阻式传感器	82
4.3 电感传感器	84
4.3.1 自感式传感器	84
4.3.2 互感式传感器	87
4.3.3 压磁式传感器	88
4.4 电容传感器	90
4.4.1 工作原理及分类	90
4.4.2 特点与应用	93

4.4.3 电容传感器应用举例	94
4.5 压电传感器	94
4.6 磁电传感器	97
4.6.1 磁电感应传感器	97
4.6.2 霍耳传感器	98
4.7 光电传感器	100
4.7.1 光电效应及光电器件	100
4.7.2 光电传感器的应用	103
4.8 光纤传感器	105
4.9 其他类型传感器	106
4.9.1 气敏传感器	106
4.9.2 湿度传感器	106
5 信号的调理与记录	108
5.1 电桥	108
5.1.1 概述	108
5.1.2 直流电桥	108
5.1.3 交流电桥	111
5.2 信号的放大与衰减	113
5.2.1 信号放大器的主要特性	113
5.2.2 使用运算放大器的放大器	115
5.2.3 信号衰减	118
5.3 调制与解调	119
5.3.1 幅值调制与解调	119
5.3.2 频率调制与解调	122
5.4 滤波器	124
5.4.1 滤波器的分类	124
5.4.2 采用运算放大器的巴特沃斯低通滤波器	129
5.4.3 恒带宽比和恒带宽滤波器	130
5.5 信号指示和记录装置	132
5.5.1 笔式记录仪	132
5.5.2 X-Y 记录仪	133
5.5.3 示波器	134
5.5.4 磁带记录器	135
5.5.5 数据采集系统	138
5.6 测量信号的传输	138
5.6.1 低电平模拟电压信号的传输	138
5.6.2 高电平模拟电压信号的传输	139
5.6.3 电流型模拟信号的传输	140
5.6.4 数字信号的传输	140
6 信号的分析与处理	143
6.1 信号的时域分析	143

6.1.1 信号的时域统计参数·····	143
6.1.2 信号的概率密度函数·····	145
6.2 信号的相关分析·····	148
6.2.1 相关系数·····	148
6.2.2 自相关函数分析·····	149
6.2.3 互相关函数分析·····	152
6.2.4 互相关函数的应用·····	154
6.3 信号的频域分析·····	156
6.3.1 功率谱密度函数·····	156
6.3.2 功率谱的应用·····	159
6.3.3 相干函数·····	162
6.3.4 倒频谱分析及其应用·····	163
7 计算机数据采集与分析系统·····	168
7.1 数据采集与分析系统的构成·····	168
7.1.1 数据采集与分析系统的基本构成·····	168
7.1.2 接口和总线·····	169
7.1.3 虚拟仪器·····	171
7.2 信号数字化处理中的主要问题·····	172
7.2.1 量化及量化误差·····	172
7.2.2 迭混和采样定理·····	174
7.2.3 窗函数的选择·····	176
7.2.4 频域采样和栅栏效应·····	179
7.3 快速傅立叶变换原理·····	181
7.3.1 离散的傅立叶变换·····	181
7.3.2 傅立叶变换的快速算法(FFT)·····	182
7.3.3 FFT的逆变换(IFFT)·····	186
7.4 数据采集元件·····	187
7.4.1 多路转换器·····	187
7.4.2 数模(D/A)转换器·····	187
7.4.3 模数(A/D)转换器·····	188
7.4.4 同步采样-保持子系统·····	191
7.4.5 数据采集卡·····	191
7.4.6 数据采集卡的接口编程·····	193
8 力和扭矩的测量·····	196
8.1 电阻应变计的应用·····	196
8.1.1 电阻应变计的工作特性及选择·····	196
8.1.2 电阻应变计的安装·····	199
8.2 应力测量·····	201
8.2.1 应变仪·····	201
8.2.2 单向应力测量·····	202

8.2.3 平面应力状态下主应力的测量	209
8.2.4 常用的测力装置	210
8.3 扭矩测量	217
8.3.1 应变式扭矩测量	217
8.3.2 扭矩信号的传输	217
8.3.3 扭矩的标定	219
9 机械振动测试	222
9.1 概 述	222
9.1.1 振动测试的内容与目的	222
9.1.2 测振系统的基本组成	222
9.2 振动的基础知识	223
9.2.1 振动的类型及其表征参数	223
9.2.2 单自由度系统的受迫振动	224
9.3 测振传感器	227
9.3.1 测振传感器的分类及原理	227
9.3.2 常用振动传感器	230
9.3.3 接触式测振传感器的校准	236
9.4 常用的测振放大器	237
9.4.1 电压放大器	238
9.4.2 电荷放大器	239
9.5 振动的激励与激振器	240
9.5.1 振动的激励	240
9.5.2 激振器	241
10 噪声的测量	245
10.1 噪声测量的主要参数	245
10.1.1 声压与声压级	245
10.1.2 声强与声强级	246
10.1.3 声功率及声功率级	246
10.1.4 多声源的噪声强度	246
10.2 噪声的分析方法与评价	248
10.2.1 噪声的频谱分析	248
10.2.2 噪声的响度分析及评价	249
10.3 噪声测量仪器	253
10.3.1 传声器	254
10.3.2 声级计	255
10.3.3 声级计的校准	255
10.4 噪声测量及其应用	256
10.4.1 噪声测量应注意的问题	256
10.4.2 声功率的测量和计算	257
10.4.3 噪声诊断的应用	258

11 位移的测量	261
11.1 常用位移传感器	261
11.2 光栅式传感器	262
11.2.1 光栅式传感器的基本原理和分类	262
11.2.2 光栅的光学系统	266
11.3 光电盘和编码盘	269
11.3.1 光电盘	269
11.3.2 编码盘	269
11.4 磁尺	273
11.4.1 磁尺和磁头	273
11.4.2 检测电路	275
11.5 激光	276
11.5.1 激光干涉法测距原理	277
11.5.2 激光干涉仪	277
11.6 位移测量实例	279
11.6.1 回转轴径向运动误差的测量	279
11.6.2 厚度测量	280
12 温度的测量	283
12.1 温度标准与测量方法	283
12.1.1 温度和温标	283
12.1.2 温度测量方法	284
12.2 常用的测温传感器	284
12.2.1 热电偶	284
12.2.2 热电阻温度计	289
12.2.3 热敏电阻	290
12.2.4 机械温度传感器	291
12.3 辐射测温	292
12.3.1 红外测温	292
12.3.2 高温计	293
12.4 常见的温度测量误差	294
13 流体参数的测量	296
13.1 压力的测量	296
13.1.1 压力测量原理	296
13.1.2 压力传感器	296
13.1.3 测压传感器的标定	299
13.2 流量的测量	300
13.2.1 压差式流量计	301
13.2.2 阻力式流量计	302

13.2.3 涡轮流量计	304
13.2.4 容积式流量计	305
13.2.5 质量流量计	307
13.2.6 流量计的标定	308
13.3 流速测量系统	309
13.3.1 皮托管流速计	309
13.3.2 热线和热膜风速计	310
13.3.3 利用激光多普勒效应的流速测量	313
13.4 液位测量	315
13.4.1 浮力式仪表	315
13.4.2 压差式仪表	316
13.4.3 电容式仪表	316
13.4.4 电阻式仪表	317
13.4.5 超声波式仪表	317
13.4.6 称重法	318
13.5 空气污染物的测量	318
13.5.1 不分光红外探测器	319
13.5.2 荧光分析仪	319
13.5.3 火焰离子探测器	320
13.5.4 其他气体分析仪表	321
13.5.5 污染气体的采样和测量中应注意的主要问题	321
部分习题参考答案	323
主要参考文献	325

0 绪 论

(1) 测试技术的内容和任务

测试技术(Technique of Measurement and Test)是含有试验性质的测量技术,包括测量和试验两个方面。测量指确定被测对象属性量值的全部操作,试验指的是在科学研究和工程实际中进行的测量。例如,测量轧钢机在轧制过程中轧件的厚度、轧制力和传动轴的扭矩。测试技术通过技术手段获取研究对象的状态信息,以一定的精度描述和分析其运动状态,是科学研究的基本方法。它的范围非常广泛,本课程主要介绍非电量电测技术,即把非电物理量转换成电流、电压等电量,通过处理电量,获取对象的信息。作为机械工程测试技术,本书讨论如下被测量参数:

- ① 运动参数,包括固体位移、速度、加速度和流体的流量、流速等;
- ② 力参数,包括应力、应变、力、扭矩和压力(压力均指流体压力)等;
- ③ 振动参数,包括固有频率、阻尼比、振型等,是反映物体振动特征的特殊参数;
- ④ 其他与设备状态密切相关的参数、温度和噪声等。

随着科学技术的发展,在生产实践和科学研究中,日益广泛地应用各种测试技术来研究和鉴定生产及实验中所发生的物理现象。测试技术已经发展成为一个领域相当宽广的学科,它促进了科学技术的进步和生产力的发展,而科学技术水平的提高,又为测试技术的创新、完善和发展创造了条件。

冶金、矿山、机械制造和生产过程中所使用的机械设备不仅运动规律及结构形状非常复杂,而且大多在重载、高温及多灰尘等恶劣环境中工作。对这些生产机械及其组成部件的运动情况、强度和变形等问题的分析研究与设计计算,单靠理论分析的方法是很难得到可估结果的,因此,人们便以测试技术为手段,用实验研究的方法,对各种物理现象进行检测、分析和研究。与理论计算一样,实验研究是解决工程实际问题的有效途径。

例如,为了确定轧钢机的真实载荷水平和应力状态,以便评价设备的可靠程度、改进工艺和提高设备的生产能力,需要测定轧制力、传动轴扭矩等;为了研究汽车的载荷谱和车架的疲劳强度,需要测定汽车的随机载荷和车架的应力分布;为了研究飞机零部件的可靠性和使用寿命,需要在试验场地进行风洞试验,对其强度、动负荷以及发动机的有关参数进行严格测试和分析;为了消除刀架系统的颤振,以保证机床的加工精度,必须测定机床的振动速度、加速度以及机械阻抗等动态特性参数;板材轧机的颤振会使产品表面出现振纹,甚至损坏设备,为此,需要测量轧机的振动参数和工艺参数,分析振源,以便采取相应措施;设备过度的振动和噪声会严重地降低工作效率及损害人们的身体健康,因此,有必要现场实测设备的振动和噪声,分析其传播途径,采取隔离、预防及监测等有效措施。

综上所述,测试技术的作用和任务主要有以下几个方面。

① 在设备设计中,通过对新旧产品的模型试验或现场实测,为产品质量和性能提供客观的评价,为技术参数的优化和效率的提高提供基础数据。

② 在设备改造中,为了挖掘设备的潜力,以便提高产量和质量,经常需要实测设备或零件的载荷、应力、工艺参数和电机参数,为设备强度校验和承载能力的提高提供依据。

③ 在工作和生活环境的净化及监测中,经常需要测量振动和噪声的强度及频谱,经过分析,找出振源,并采取相应的减振、防噪措施,改善劳动条件与工作环境,保证人们的身心健康。

④ 科学规律的发现和新的定律、公式的诞生都离不开测试技术。从实验中可以发现规律,验证理论研究结果,实验与理论可以相互促进,共同发展。

⑤ 在工业自动化生产中,通过对工艺参数的测试和数据采集,实现对设备的状态监测、质量控制和故障诊断。

测试技术研究的主要内容包括测量原理、测量方法、测量系统以及数据处理四个方面。

测量原理指实现测量所依据的物理、化学、生物等现象及有关定律的总体。例如,用压电晶体测量振动加速度时所依据的是压电效应;用电涡流位移传感器测量静态位移和振动位移时所依据的是电磁效应;用热电偶测量温度时所依据的是热电效应等。不同性质的被测对象用不同的原理去测量,同一性质的被测对象亦可用不同的原理去测量。

测量原理确定后,根据对测量任务的具体要求和现场的实际情况,需要采用不同的测量方法,如直接测量法或间接测量法、电测法或非电测法、模拟量测量法或数字量测量法、等精度测量法或不等精度测量法等。

在确定了被测量的测量原理和测量方法以后,就要设计或选用装置,组成测量系统。

对实际测试得到的数据必须进行处理,才能得到正确、可靠的结果。

(2) 测试系统的组成

测试系统是由相关的器件、仪器和测试装置有机组合而成的具有获取某种信息之功能的整体,如图 0.1 所示。

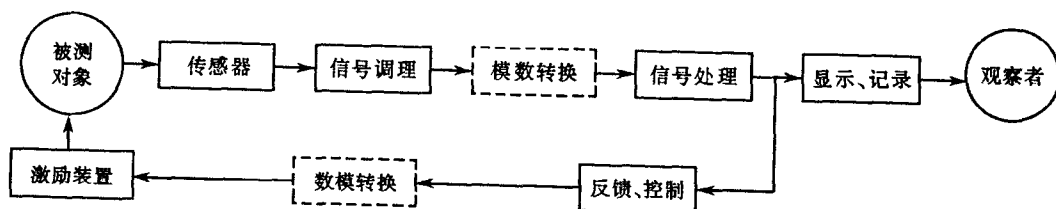


图 0.1 测试系统的组成

测试对象的信息总是通过一定的物理量——信号——表现出来。信号通过不同的系统或环节传输,流入时被称为输入,流出时被称为输出。有些信息可以在测试对象处于自然状态时显现出来,而有些信息无法显现或不明显。在后一种情况下,需要通过激励装置作用于被测对象,使之产生便于测量的输出信号。

传感器是可将被测量转换成某种电信号的器件。它包括敏感器和转换器两部分。敏感器可以把温度、压力、位移、振动、噪声等被测量转换成某种物理量,然后通过转换器,把这些物理量转换成某种容易检测的电量,例如电阻、电容、电感的变化。一些传感器产品被称为变送器,其中包括变换电路,可输出标准范围的电压或电流信号(例如 $1 \sim 5\text{V}$ 或 $4 \sim 20\text{mA}$)。

信号的调理环节把传感器的输出信号转换成适合于进一步传输和处理的形式。这种信号的转换多数是电信号之间的转换,例如,把阻抗变化转换成电压变化,还有滤波、幅值放大或者把幅值的变化转换成频率的变化等。

信号处理环节对来自信号调理环节的信号进行各种运算、滤波和分析。

信号显示、记录环节将来自信号处理环节的信号,即测试的结果,以易于观察的形式显示

或存储。

反馈、控制环节主要用于闭环控制系统中的测试系统。

图中虚线框的模数(A/D)转换和数模(D/A)转换环节是在采用计算机、PLC等测试、控制系统时进行模拟信号与数字信号相互转换的环节。

需要指出的是,任何测量结果都存在误差,必须把误差限制在允许范围内。为了准确获得被测对象的信息,要求测试系统中每一个环节的输出量与输入量之间必须具有一一对应关系,并且其输出的变化在给定的误差范围内,反映其输入的变化,即实现不失真的测试。系统的传输特性确定了输出与输入之间的关系,若通过理论分析或测试确定了其中两者的数学描述,则可以求出第三者的数学描述。所以工程测试问题都可以归结为输入、输出和系统传输特性三者之间的关系问题。

(3) 测试技术的发展动向

测试技术的水平标志科学技术的发展水平,作为信息科学的重要组成部分,它与计算机技术、通讯技术和自动控制技术一起日新月异地发展和进步。从软件技术的角度,不断拓展新的测量原理和测试方法,开发新的信号分析理论。从硬件技术的角度,不断开发新型的、高性能的测量仪器和设备,其中传感器技术、测试信息处理技术占有极其重要的地位。测试系统的发展具体体现在以下几方面:

- ① 传感器朝新型、微型、智能型方向发展;
- ② 测试仪器朝高精度、多功能、小型化、在线监测、性能标准化和低价格方向发展;
- ③ 参数测量与数据处理以计算机为核心,使测量、分析、处理、打印、绘图、状态显示及故障预报朝自动化方向发展。

就机械学科而言,测试技术需要在以下几个方面发展。

- ① 多传感器融合技术在制造现场中的应用。多传感器融合是测量过程中获取信息的新方法,它可以提高测量信息的准确性。由于多传感器以不同的方法或从不同的角度获取信息,因此,可以通过它们之间的信息融合,去伪存真,提高测量精度。
- ② 柔性测试系统。采用积木式、组合式测量方法,实现不同层次、不同目标的测试目的。
- ③ 虚拟仪器。虚拟仪器是虚拟现实技术在精密测试领域的应用:一种是将多种数字化的测试仪器虚拟成一台以计算机为硬件支撑的数字式的智能化测试仪器;另一种是研究虚拟制造中的虚拟测量,如虚拟量块、虚拟坐标测量机等。
- ④ 智能结构。它属于结构检测与故障诊断,是融合智能技术、传感技术、信息技术、仿生技术、材料科学等的一门交叉学科,使监测的概念过渡到在线、动态、主动的实时监测与控制。
- ⑤ 视觉测试技术。视觉测试技术是建立在计算机视觉研究基础上的新兴测试技术。与计算机视觉研究的视觉模式识别、视觉理解等内容不同,它重点研究物体的几何尺寸及物体的位置测量,如三维面形的快速测量、大型工件同轴度测量、共面性测量等。它可以广泛应用于在线测量、逆向工程等主动、实时测量过程。
- ⑥ 大型设备的测试。国民经济的快速发展和迫切需要使得很多方面的生产与工程中测试的要求超过了人们所能测试的范围,例如飞机外形的测量、大型设备关键部件测量、高层建筑电梯导轨的校准测量、油罐车的现场校准等,都要求能进行大尺寸测量。为此,开发了便携式测量仪器,例如便携式光纤干涉测量仪、便携式大量程三维测量系统等,用于解决现场大尺寸的测量问题。

⑦ 微观系统的测试。大型设备测量的另一个极端就是对微机械的测试。近年来,微电子技术、生物技术的快速发展对探索物质微观世界提出了迫切要求,为了提高测量精度,又要求进行微米、纳米级的测试。

(4) 测试技术课程的学习要求

测试技术是一门综合性技术。现代测试系统常常是集机、电于一体,软、硬件相结合的自动化、智能化系统。它涉及传感技术、微电子技术、控制技术、计算机技术、信号处理技术、精密机械设计理论等众多技术领域。因此,要求测试工作者具有深厚的多学科(如力学、机械学、电学、信号处理、自动控制、机械振动、计算机、数学等)知识背景。

测试技术也是实验科学的分支,学习中,必须把理论学习与实验密切结合在一起,参加必要的实验,以便得到基本实验技能训练。

通过本课程的学习,要求学生能做到以下几点:

① 掌握测试技术的基本理论,包括信号的时域和频域的描述方法、频谱分析和相关分析的原理及应用、信号调理和信号处理基本概念与方法;

② 熟练掌握常用传感器、记录仪器的基本原理及其适用范围;

③ 掌握常用机械参量的测量原理和方法,具有一定的测试系统机、电、计算机方面的设计能力;

④ 具有实验数据处理和误差分析能力。

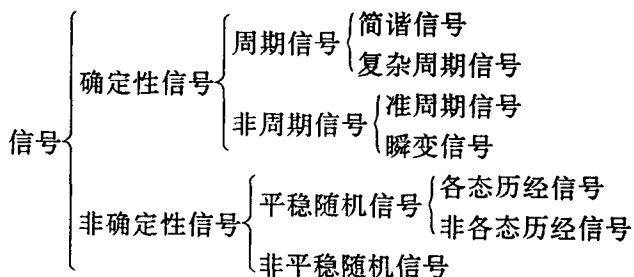
1 信号的分类和描述

1.1 信号及其分类

在生产实践和科学研究中,为了获取有用的、特定的信息,经常要测量各种物理量。信息指物体的存在和运动方式,它总是以某些物理量的形式表现出来,这些物理量就是信号。其中,电量较容易检测、处理和传输,在测试中,经常把各种非电量转换成电量,所以电信号的应用最广泛。信号是信息的载体,人们通过所测量的温度、声音、振动等变化的(数据形式或图像形式)信号,获取有关信息,测试过程就是信号的采集、分析、处理、显示和记录的过程。

根据考虑问题的角度不同,可以按照不同的方式对信号进行分类。

① 按照信号随着时间变化的规律,有



可以用明确的时间函数表示的信号称为确定性信号(Deterministic Signal)。例如集中参量的单自由度振动系统做无阻尼自由振动时的位移就是确定性信号。

周期信号(Periodic Signal)是其振幅按照一定时间间隔 T (周期) 做有规则的连续变化的信号,可表示为

$$x(t) = x(t + T).$$

按照谐波成分多少,周期信号分为简谐信号(Simple Harmonic Signal)和复杂周期信号。简谐信号为单一频率的正弦信号,复杂周期信号是由两种以上的频率比为有理数的简谐信号合成的。

在非周期信号(Aperiodic Signal)中,准周期信号(Quasi-Periodic Signal)也是由两种以上的简谐信号合成的,但在其组成分量之间无法找到公共周期,所以无法按照某一周期重复出现。瞬变信号(Transient Signal)是在一定时间区间内存在或者随着时间的增长而衰减至零的信号。例如有阻尼的集中参量的单自由度振动系统的位移是一种瞬变非周期信号。

非确定性信号又称为随机信号(Random Signal),不能用准确的数学关系式来描述,只能用概率统计方法估计其参数。

② 按照信号的取值特征,有

