

高等工业专科学校联编试用教材

现代测试技术

上海纺织工业专科学校 徐文泉编

上海科学技术文献出版社

内 容 简 介

本书以信号流通过程为顺序,比较全面地阐述了测试技术(电测技术)的基础理论。内容有:测试系统的基本特性;常用传感器的构成和原理;信号的转换及传输;信号的记录及显示;测试结果的处理及分析。对实验设计和实验报告的问题也作了简要的介绍。最后列举了一些较为实用的典型测试项目。每章均有思考题。

本书可作为高等工业专科学校机械制造类、纺织类和部分自动化类专业的教材;也可作为职工大学、职业大学、在职工程师进修班和部分中等专业学校的教材;也可供有关工程技术人员参考。

高等工业专科学校联编试用教材
现代测试技术
上海纺织工业专科学校 徐文泉编
责任编辑 龚九峰
上海科学技术文献出版社出版
(上海市武康路2号)
新华书店上海发行所发行
上海商务印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 18.5 字数 468,000

1986年7月第1版 1986年7月第1次印刷

印数 1—6,200

书号: 15192·448 定价 3.45元

《科技新书目》118-120

前 言

为了教学的需要,编者遵照高等工业专科学校培养目标的特点、参考本科院校有关《测试技术》的教学大纲和历届毕业生在实际工作中遇到的问题,在原来的讲义基础上编写了本书。在内容上,减少基本理论叙述中过多的数学推导,注重基本理论中物理概念的阐述,增加实际应用的篇幅,编入离子电极传感器(对化学成分的检测),实验设计、实验报告等实用章节和典型项目测试方法。并从实用角度出发讨论实验结果的处理分析方法,以期学生在学习后,能对现代测试技术的基本理论、实验方法、实验结果的处理和分析等有一个比较系统的了解和一定程度的掌握。

本书分上下两篇共十三章,上篇为测试技术的基本理论,下篇为典型项目的测试方法。总学时拟为50学时,每周2~3学时,一学期讲完。

本书可以作为高等工业专科学校、职业大学、基础大学、业余大学、职工大学的机械和纺织类专业的“测试技术”课的教材。经过适当处理后,也可以作为自动化专业、仪器仪表专业的教材。处理的方法是:由于自动化等专业的学生已在其他课程中学过“拉普拉斯变换”和“传递函数”,因此,第一章中的有关上述内容可以精简,对第二章传感器原理的内容作详细讲授,增加实验。第五章实验结果的处理和分析,在自动化等专业的有关教学大纲中,并不强调,但对扩大学生的知识面、加强对智能的培养是必要的。

本书上篇所述的基本理论,对各类专业都是必需的,下篇的内容可根据各专业的服务对象和学时数选讲,其余的可作为学生的参考材料。书中编入的典型仪器的使用方法和有关元器件的技术资料,是供学生在实验前阅读的自学材料,一般不作课堂讲授。

本书也可以作为有关中等专业学校的教材,现职工程技术人员知识更新的学习参考书。

本书在拟定编写大纲时,得到了姜怀副教授的帮助;王元熊副教授提供了有关元器件的电原理图;沈伟明助教帮助绘制了大量的插图。

参加本书书稿讨论会的有:北京工业管理专科学校丁裕栋,哈尔滨机电专科学校徐晓希,湘潭机电专科学校丁庆军,常德基础大学张运芝、肖次明,邵阳基础大学段行星,洛阳职业大学辛伊波、张旦闻,上海市虹口区业余大学张梦麟、华建林,上海黄浦区业余大学何国莹、王伟鸣,无锡市纺织工业职工大学王晓明、盐城纺织工业职工大学王如淦,上海市化纤公司职工大学许长庚,上海市自行车公司职工大学张庆裕,成都纺织工业专科学校李冰雪、朱德成、周宇,盐城纺织工业学校文光华、马建兴,上海市机电工业学校阮智利等老师。

谨对以上诸位表示衷心感谢。

由于编者学识水平浅薄,实践经历不长,教学经验有限,书中可能存在着不妥之处,敬请读者批评、指正。

编者于上海纺织工业专科学校

1985年2月

目 录

绪论	1
----	---

上篇 测试技术的理论基础

第一章 测试系统的基本概念	5
§ 1-1 测试系统的组成	5
§ 1-2 测试系统的基本特性及其描述方法	6
一、描述测试系统特性的通式	6
二、线性系统的两个重要特性	8
(一) 迭加性	
(二) 频率不变性	
三、测试系统的静态特性及其描述方法	8
(一) 灵敏度	
(二) 线性度	
(三) 滞后量	
四、测试系统的动态特性及其描述方法	11
(一) 拉普拉斯变换	
(二) 拉普拉斯变换的两个重要性质	
(三) 用拉普拉斯变换解线性常系数微分方程	
(四) 用拉普拉斯变换求测试系统的动态特性——传递函数	
(五) 传递函数的特例——频率响应函数及其表示方法	
五、典型测试系统的动态特性及其描述方法	18
(一) 电位计式位移测量仪的动态特性及其描述	
(二) 液柱温度计的动态特性及其描述	
(三) 弹簧测力仪的动态特性及其描述	
六、测试系统动态特性的其他描述方法	23
(一) 波德图描述法	
(二) 奈奎斯特图描述法	
(三) 尼柯尔斯图描述法	
思考题	24
第二章 传感器的原理	25
§ 2-1 传感器的分类和构成	25
一、常见的三种传感器分类方法	25
二、传感器的构成	26
§ 2-2 电阻式传感器	28
一、电位器式电阻传感器	28
(一) 电位器式电阻传感器的传感原理	
(二) 电位器式电阻传感器的分辨率	
(三) 电位器式电阻传感器的线性度	
(四) 几种电位器式电阻传感器的应用	
二、应变片式电阻传感器	31
(一) 电阻应变片的传感原理	
(二) 电阻应变片的结构和种类	
(三) 电阻应变片的主要工作特性及其质量等级指标	
(四) 电阻应变片的温度影响及其补偿	
(五) 电阻应变片的选用	
(六) 几种电阻应变片式电阻传感器的应用	

三、热电阻式传感器	37
(一)热电阻温度传感器 (二)热电阻式真空度传感器 (三)热敏电阻传感器	
四、其他电阻式传感器	38
(一)气敏电阻传感器 (二)湿敏电阻传感器 (三)光敏电阻传感器	
§ 2-3 电容式传感器	40
一、电容式传感器的传感原理	40
(一)变面积型电容传感器 (二)变介电常数型电容传感器 (三)变极间距离型电容传感器 (四)差动式电容传感器	
二、电容式传感器的特点	46
(一)输出阻抗高、功率小 (二)动态特性好 (三)结构简单、能在恶劣环境中工作 (四)可以进行非接触式测试 (五)对杂散电容的影响比较敏感	
三、几种电容式传感器的应用	48
(一)差动式电容压力传感器 (二)电容式加速度传感器 (三)电容式纱条均匀度测量仪	
§ 2-4 电感式传感器	49
一、自感式电感传感器	49
(一)变隙型电感传感器的传感原理 (二)差动式变隙型电感传感器的传感原理 (三)变面积型电感传感器的传感原理 (四)螺管式电感传感器的传感原理	
二、互感式电感传感器——差动变压器	53
(一)差动变压器的传感原理 (二)差动变压器存在的两个问题	
三、几种电感式传感器的应用	54
(一)用于测量气体压力的变隙型差动式电感传感器 (二)YST-1型微压力传感器 (三)用差动变压器测棉条的均匀度 (四)用差动变压器检测浆丝过程中复丝的张力	
§ 2-5 电涡流式传感器	56
一、电涡流式传感器的传感原理	56
二、影响电涡流式传感器灵敏度的因素	58
(一)被测体材料性质的影响 (二)被测体的形状和大小的影响 (三)传感器的安装位置的影响	
三、几种电涡流式传感器的应用	58
(一)位移的测量 (二)振幅的测量 (三)转速的测量	
§ 2-6 压电式传感器	60
一、压电式传感器的传感原理	60
二、几种压电式传感器的应用	63
(一)压电式力传感器 (二)压电式加速度传感器 (三)压电式力、加速度组合传感器——阻抗头	
三、压电式传感器的特点	64
§ 2-7 热电式传感器	65
一、热电偶的传感原理	65

二、对热电偶的要求	67
三、热电偶自由端温度变化引起的误差的补偿	67
四、几种热电偶传感器的应用	70
(一)普通热电偶 (二)铠装热电偶 (三)薄膜热电偶 (四)表面热电偶	
§ 2-8 霍尔式传感器	71
一、霍尔式传感器的传感原理	71
二、霍尔元件的主要技术参数	72
三、几种霍尔式传感器的应用	74
(一)霍尔式微压力传感器 (二)霍尔式测振传感器 (三)霍尔式加速度传感器	
(四)集成霍尔器件	
§ 2-9 光电式传感器	75
一、光电管和光电倍增管	75
(一)光电管的光电转换原理 (二)光电管的主要特性 (三)光电倍增管的光电转换原理	
(四)光电倍增管的主要特性参数	
二、光导管和光敏晶体管	79
(一)光导管的光电转换原理 (二)光导管的主要特性参数 (三)光敏晶体管的光电转换原理	
三、光电池	80
(一)硒光电池及氧化亚铜光电池 (二)硅、锗光电池 (三)硫化镉光电池	
四、几种光电式传感器的应用	81
(一)光电温度探测仪 (二)用光电传感器测定纺纱锭子的动态振幅 (三)用光电传感器测转轴的转速	
§ 2-10 磁电式传感器	82
一、磁电式传感器的传感原理	83
二、磁电式传感器的非线性	83
三、几种磁电式传感器的应用	83
(一)磁电式转速传感器 (二)CD-1型绝对式速度传感器 (三)CD-2型相对式速度传感器 (四)电磁式激振器	
§ 2-11 离子电极传感器	88
一、离子电极传感器的转换原理	88
(一)离子的活度和活度系数 (二)离子电极的转换原理	
二、离子电极的结构和种类	90
三、离子电极的选择性	91
四、几种离子电极传感器的应用	91
(一)用玻璃电极测定溶液的pH值 (二)用氟离子选择电极测定废水中的氟浓度	
(三)臭氧与氧化剂总量的连续测试	
§ 2-12 其他类型传感器	94
一、压磁式传感器	94
二、谐振式传感器	94

思考题	95
第三章 中间变换及测量电路	97
§ 3-1 电桥电路	97
一、直流电桥	97
(一)半桥单臂输入时的灵敏度 (二)半桥双臂输入时的灵敏度 (三)全桥输入时的灵敏度 (四)利用电桥的特性解决应变片传感器的温度补偿问题	
二、交流电桥	101
(一)交流电桥各桥臂阻抗的组合要求 (二)电容电桥 (三)电感电桥 (四)变压器电桥	
三、平衡电桥与不平衡电桥	104
四、几种电桥的应用	104
(一)DGS-20C/A型电感比较仪的测量电桥 (二)CW-6型电容测微仪中的测量电桥	
五、用电桥作调幅器	104
(一)信号调制的概念 (二)电桥调幅的原理 (三)电桥调幅波的解调	
六、Y6D-3型动态应变仪	108
(一)结构与工作原理 (二)主要技术数据 (三)使用方法	
§ 3-2 谐振电路	115
一、谐振电路的变换原理	115
二、谐振电路作调频器	116
三、谐振电路调频波的解调	117
四、谐振电路作调频器的应用	117
§ 3-3 阻抗匹配电路	118
一、阻抗匹配的原理	118
二、阻抗匹配的方法	118
(一)匹配变压器匹配的方法 (二)匹配电阻的匹配方法 (三)射极跟随放大器匹配的方法 (四)电荷放大器匹配的方法	
§ 3-4 运算电路	121
一、微分电路	121
二、积分电路	121
思考题	122
第四章 记录与显示装置	123
§ 4-1 记录、显示装置的分类	123
§ 4-2 光线示波器	124
一、光线示波器的工作原理	124
二、振动物	125
(一)振动物的数学模型 (二)振动物的静态特性 (三)振动物的动态特性 (四)振动物的阻尼 (五)振动物的种类	
三、光学系统和时标装置	132

四、磁场系统	133
五、灵敏度	133
六、记录纸	134
七、分辨线装置	135
八、光线示波器的特点	135
九、SC-16型光线示波器	137
§ 4-3 笔式记录仪	139
一、检流计式笔式记录仪的原理	139
二、伺服式笔式记录仪的原理	140
三、 x - y 记录仪的原理	141
四、LZ3型X-Y函数记录仪	141
(一)工作原理 (二)仪器的使用	
§ 4-4 磁带记录仪	145
一、磁带记录仪的基本结构	145
二、磁带记录仪的录、放原理	148
(一)磁滞现象和剩磁曲线 (二)记录磁头的记录原理 (三)重放磁头的重放原理	
三、磁带记录的非线性及其消除	150
(一)直流偏置法消除磁带记录的非线性 (二)交流偏置法消除磁带记录的非线性	
四、重放时幅频特性的补偿	151
五、磁带记录仪的种类	151
六、磁带记录仪的技术性能参数	152
七、磁带记录仪的使用注意事项	154
§ 4-5 电子示波器	155
一、电子示波器的结构和工作原理	155
(一)阴极射线示波管 (二) y 轴偏转系统(垂直通道) (三) x 轴偏转系统(水平通道) (四)其它的电路	
二、电子示波器的使用注意事项	158
思考题	162
第五章 实验结果的处理和分析	163
§ 5-1 动态实验结果的特点及其定度	163
§ 5-2 动态实验结果的处理和分析方法	166
一、几个统计学术语的解释	166
(一)总体与样本 (二)各态历经(遍历)过程 (三)真值与估计	
二、连续曲线的离散	167
三、实验结果的时域分析	169
(一)均值与方差分析 (二)相关分析	
四、实验结果的频率域分析	180
(一)频谱分析 (二)功率谱分析	

五、实验结果的幅值域分析	194
(一) 概率密度函数的定义 (二) 概率密度函数的计算方法	
§ 5-3 实验结果的误差估计	196
一、直接测量的误差	196
二、间接测量的误差	197
三、误差的表示方法	197
(一) 绝对误差 (二) 相对误差	
四、实验结果的误差估计	198
(一) 根据实验数据来估计综合误差 (二) 根据测试系统各环节可能产生的误差来估计实验结果的误差 (三) 用实验方法直接估计综合误差	
思考题	200
第六章 实验设计和实验报告	202
§ 6-1 实验设计	202
§ 6-2 实验报告	204

下篇 测试技术的典型应用

第七章 机械位移的测试	207
§ 7-1 纺织机械中的大位移测试	207
一、测试装置	207
二、电路分析	207
三、测试实例	209
§ 7-2 转轴回转误差的测试(微位移测试)	211
一、敏感方向	211
二、测试方法	212
(一) 转轴回转误差(运动)测试结果的表示方法 (二) 双向测试法 (三) 单向测试法	
三、测试结果的处理和分析	215
(一) 平均误差(运动)圆图象 (二) 随机误差(运动)圆图象 (三) 外接误差(运动)圆图象 (四) 内接误差(运动)圆图象	
第八章 机械振动的测试	217
§ 8-1 机械振动的概念	217
§ 8-2 机械振动的实时测试	220
一、实时测试装置的组成	222
二、实时测试的方法	222
(一) 空运转试验 (二) 机床的切削试验	
§ 8-3 机械的激振试验——机械阻抗试验	224
一、激振力的产生	224
二、单自由度受迫振动的性质	225

三、机械阻抗及其描述	226
四、激振试验的方法和试验结果分析	228
(一)动刚(柔)度的测试 (二)激振试验结果的分析	232
五、振型的测试	235
第九章 三度成分的测试	235
§ 9-1 电测物质成分的概念	235
§ 9-2 氟成分的连续测试	236
一、离子电极	236
二、连续测定装置	236
三、连续测定的误差	237
§ 9-3 氟、氨成分的连续测试	238
一、测试装置	238
二、标准溶液及总离子强度调节缓冲剂(TISAB)的配制	238
三、测试程序及程序控制	239
四、测试结果的记录及电子计算机处理	240
第十章 流体流量的测试	241
§ 10-1 流体流量测试的概念	241
§ 10-2 用电磁法测试流量	243
一、电磁法测试流量的原理	244
二、电磁流量测试系统的组成	244
三、测试时应注意的几个问题	246
四、测试系统的现场标定	246
五、测试系统容易出现的故障及其原因和排除方法	246
六、电磁法流量测试的特点	247
第十一章 流体物位的测试	248
§ 11-1 物位测量的概念	248
§ 11-2 利用电感原理测量硫酸液位	249
一、测试系统的组成	249
二、浮子的设计	250
三、测试系统的标定	251
四 电感法液位测试系统的特点	252
第十二章 温度的测试	253
§ 12-1 温度测试的概念	253
§ 12-2 温度的非接触式测试	254
一、非接触式温度传感器的原理及结构	255
二、测试系统的组成和安装	256
三、测试系统的工作特点	257
第十三章 机械噪声的测试	258
§ 13-1 从物理学角度度量噪声的参数	258

一、声压与声压级	258
二、声强与声强级	259
三、声功率与声功率级	259
§ 13-2 从人的主观感受度量噪声的参数	259
一、响度和响度级	260
二、声级网络	260
§ 13-3 噪声的频谱	261
§ 13-4 噪声的测试仪器——声级计	263
一、声电传感器——传声器	263
二、声级计	264
三、声级计的校准	265
§ 13-5 噪声的测试方法	266
一、声级的测试	266
二、声功率级的测试	267
§ 13-6 纺织厂车间噪声的测试	268
一、测点的选择	268
二、数据及计算	271
三、纺织工厂噪声概况	271
§ 13-7 机床噪声的测试与分析	272
一、机床噪声的测试方法	272
二、机床空载时的噪声测试	273
三、机床噪声频率特性的判定	273
四、机床噪声频谱的测试和分析	273
五、机床噪声的标准及目前的水平	275
附录 I 精密声级计的使用方法	277
附录 II 分贝值的相加和平均值的简算法	279
附录 III 国际单位制(SI)及其换算	279
主要参考文献	284

绪 论

随着科学技术的迅猛发展,新技术革命将把人类社会从工业化社会推进到信息化社会。对于信息来说,都有一个检测、转换、存贮和加工的过程。以检测、转换为主要内容的“测试技术”已形成了一门专门的技术科学。它在科学研究、工业生产、医学卫生、文化体育等各个领域起着重要的作用。

从“测试”词义来说,它包含着测量和试验两个内容。测量,就是把被测系统中的某种信息,如运动物体的位移、速度、加速度,检测出来,并加以量度;试验,就是通过某种人为的方法,把被测系统所存在的许多信息中的某种信息,用专门的装置,人为地把它激发出来,以便测量。“测试技术”就是以解决上述两个课题为目的的一门技术科学。

由于现代化的需要,各种测量中的静态测量(被测的量不随时间而变化)已愈来愈显出它的局限性。现代的科学、工程过程都要求对动态量(被测的量随时间而变化)加以测量。对动态量的测量(动态测量)可以用机械的方法,光的方法,电的方法。随着电子技术、半导体器件及电子计算机的发展,特别是微电子技术和微型电子计算机技术的成熟,对电量的测量技术已达到了比较完美的程度。它的高精确度、高灵敏度、高响应速度,以及耗能少、结构小、可以连续测量、自动控制等特点,达到了用机械方法和一般光的方法测量时很难达到的水平,致使电测法(把被测的非电量变换成电量后,再加以测量)在动态测量中得以应用、发展并趋于成熟。“现代测试技术”就是它的产物。

在机器制造工业中,对于机床,以前只是测量一些静态或稳态下的参数(静态特性),如导轨平直度、主轴径向跳动和主轴轴向窜动等等。而现在,则普遍要求测量它的动态参数(动态特性),如主轴的回转误差,在切削状态下的稳定性、自激情况以及它的动刚度,振型等等,以便更好地了解机床在运行时的确切情况,找出薄弱环节,改进机床设计。

在纺织工业中,纺织机械各机件的运动比较复杂,依靠这些机件的相互运动,将纺织材料制成成品。如经编机的成圈机构(包括钩针、沉降片、压板、导线针等)的编织运动,织机的打纬运动;要测量这些机构的运动规律,就是一个动态测量的问题。采用其他的测量方法就比较难于办到,只有采用电测的方法比较容易做到。又如对经纱张力变化的测量,以前用机械的方法进行测量(机械式张力仪),只能测得张力波的最大幅值,现在采用电测的方法(应变式张力仪、电容式张力仪、电涡流式张力仪等)不仅可以连续测出纱线张力波幅值变化的波形,而且可以测出高速经编机编织时纱线张力波的变化波形。

在自动化控制中,运用测试技术将生产过程中的一些参数变化,及时检测、量度,并通过比较后,作为反馈信号对自动化系统进行调节和控制。

我国的测试技术,原先大多应用于航天、航空、原子能等一些尖端科学技术部门,以及兵器部门和一些医学卫生部门。在其他工程部门的广泛应用,是近一、二十年的事。特别是一九七八年以来,各类高等学校把“测试技术”作为一门技术基础课或专业课列入教育计划。一九七九年在太原成立了全国高等院校测试技术研究会。高等院校测试技术研究的广泛开展,将为我国测试技术的发展和提高创造了有利的条件。随着各类高等院校毕业生的参加工作,

也必将会促进我国测试技术进一步的发展。测试技术的发展,很大程度上依赖于传感器的发展。一九八四年五月,国务院国家经委机电局、国家科委发展局和中国仪器仪表学会在武汉召开了首次全国传感器及其应用学术讨论会。传感器和测试技术的发展,必将在我国社会主义现代化建设中作出贡献。

测试技术的发展趋势,综合国内外的动态,除不断提高灵敏度、精度和可靠性外,主要是向小型化、非接触化、测量放大一体化和智能化发展。

一个完整的测试过程,一般应包括:

信息的检拾——用传感器来完成;

信号的变换和传输——用中间变换装置来完成;

信号的显示和记录——用电压表、电流表、显示器和记录仪来完成;

信号的处理和分析——用数据分析师、频谱分析仪、电子计算机来完成。

它的任务,首先是把被测信息用传感器检拾转换成电信号;随后,利用一定装置(放大、调制、解调、滤波、运算、阻抗匹配等)把它转换成传输方便、功率足够、可以记录和显示的电流或电压量;再用记录和显示仪器进行记录和显示;最后,用信号处理设备对记录下来的代表被测信息的电信号进行处理分析(如特征参数、频率结构、能量分布等),找出被测信息的规律,为研究或鉴定工作提供有效依据。

有时,为了研究被测对象中某一信息的规律,常用专门的试验装置人为地把需要的信息从被测对象中激发出来,再加以测试。典型测试过程的方框图如图 0-1 所示。

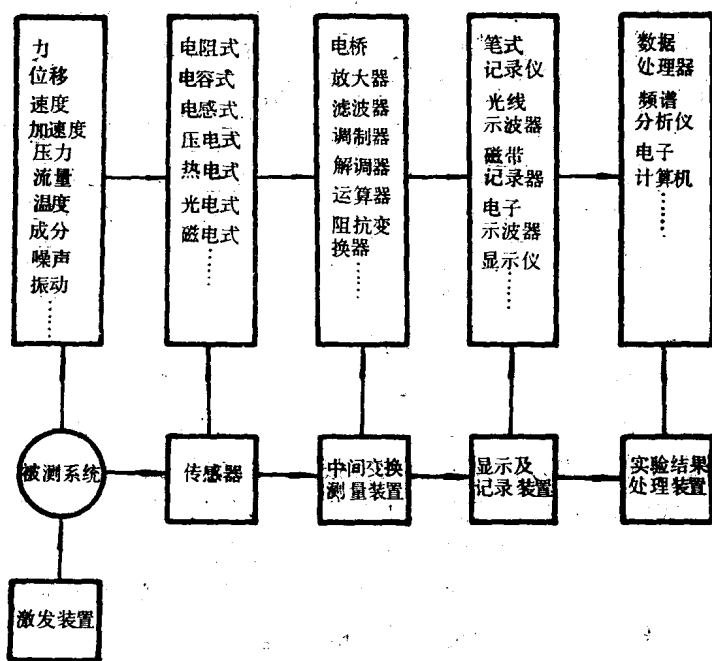


图 0-1 典型测试过程方框图

从研究信号的观点来看,也可以把测试过程看成以下过程,如图 0-2 所示。

本课程将围绕着上述测试过程,从讨论测试系统的基本特性开始,按信号流通过程,分别介绍信号检拾仪器(传感器)的工作原理,信号传输、处理等电路的工作原理,信号记录、显

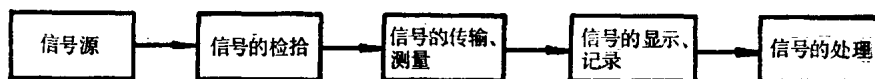
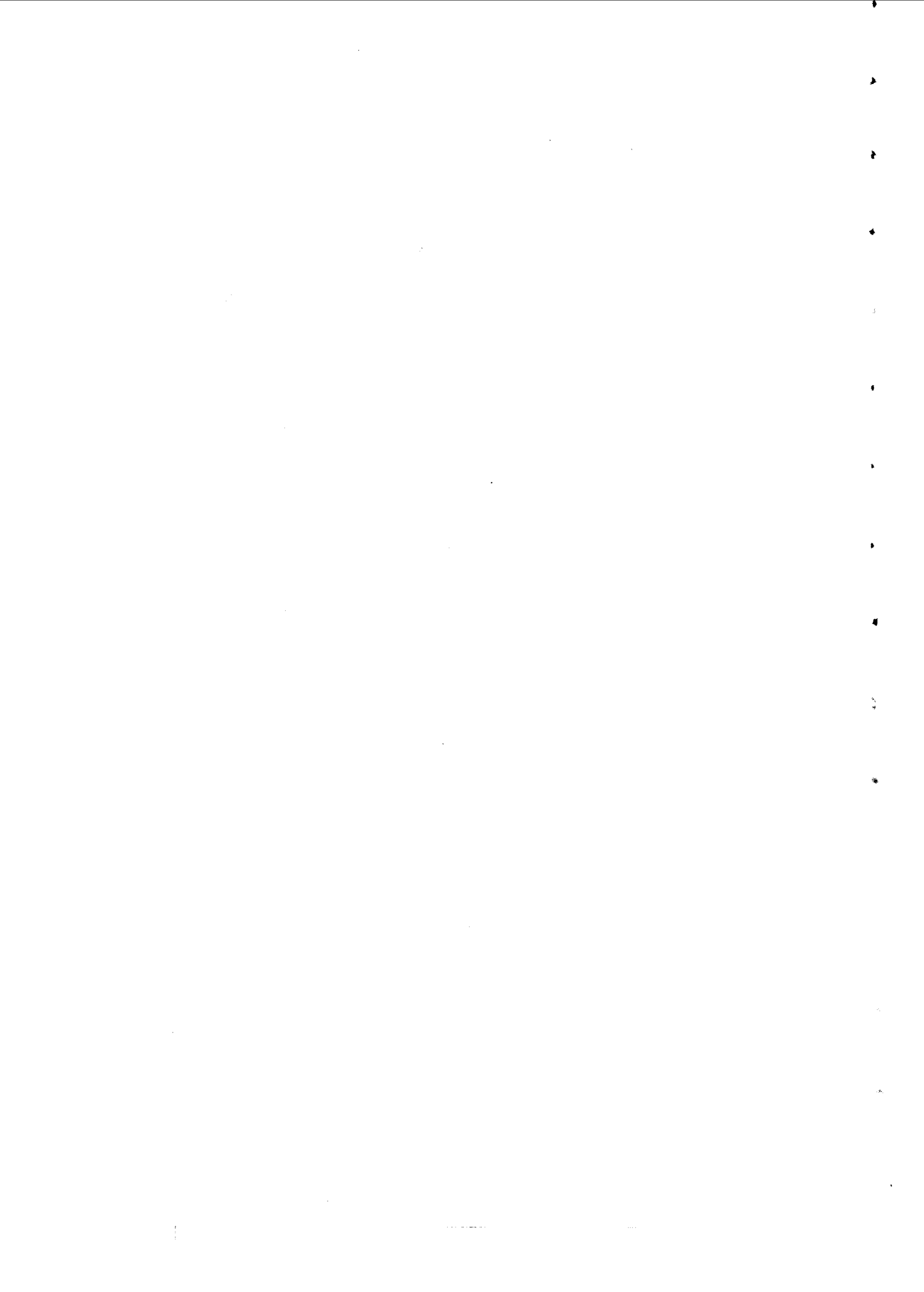


图 0-2 从信号分析角度研究测试过程

示仪器的工作原理及信号分析处理的方法。上篇主要介绍有关测试技术的基本理论，它是下篇的基础；下篇主要介绍几种典型参数的测试方法，它是上篇的应用。

本课程需要的前期知识较多，在数学方面，除数学分析外，应有傅里叶变换、拉普拉斯变换及数理统计方面的知识。在电工及电子学方面，除电路基础外，应有运算放大器等知识。在物理学方面应有压电效应、霍尔效应等各种物理效应和物理原理的知识。

本课程涉及的学科面广，要求有广泛的基础知识和实践的锻炼。因此在学习本课程时，除必须学好基础理论外，必须重视实验环节。



上 篇

测试技术的理论基础

第一章 测试系统的基本概念

本章概要地介绍了基本测试系统的组成,以及测试系统由于它本身对输入信号的影响而表现出来的特性。

阐明了测试系统在进行静态测量时(输入的被测信号不随时间而变化的测量过程)的主要特性——灵敏度、直线性(线性度)、滞后量的物理意义及其描述方法。

通过传递函数及其特殊形式——频率响应函数的讨论,阐明了测试系统在进行动态测量时(输入的被测信号随时间而变化的测量过程)的重要特性——幅频特性、相频特性的物理意义及其描述方法。

本章的知识为如何研究和评价测试系统打下基础,为今后合理选用和设计测试系统贮备知识。

§ 1-1 测试系统的组成

一个具体的测试系统,总是由传感器、变换及测量装置、记录及显示装置和实验结果的分析处理装置组成。有时,还有试验激发装置,如图 1-1 所示。

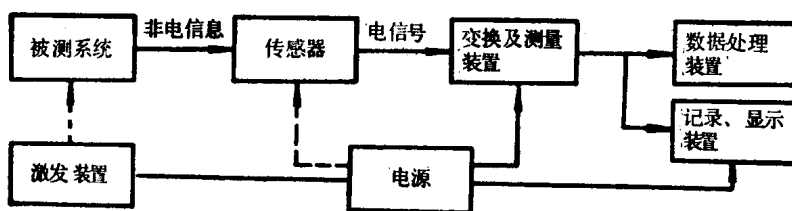


图 1-1 测试系统的组成

(图中虚线,表示可根据需要接入)

传感器,是一种能把某种信息从被测对象中检拾出来,并将它转换成电信号的装置。它是一种获得信息的手段,在整个测试系统中占有首要的地位,它的灵敏度、精确度直接影响着整个测试系统的灵敏度和精确度。传感器也有称为变送器、发送器或检测头,在生物医学仪器及超声检测仪器中,常被称为换能器。

变换及测量装置,它的作用是把传感器送来的电信号变换成具有一定功率的电压或电流信号,以推动下一级的记录和显示装置。有时,传感器送来的信号变化频率很低,近似直流信号。为了传输方便,需要在这里把它调制成高频大信号。对一些简单信号,常在这里进

行测量。测量的主要过程是比较,即是把要测的量与某一标准量进行比较,获得被测的量为标准量若干倍的数量概念。这部分常有电桥电路、调制电路、解调电路、阻抗匹配电路、放大电路、运算电路等组成,是测试系统中比较复杂的部分。

记录与显示装置,它的作用是把变换及测量装置送来的电压或电流信号不失真地记录下来和显示出来。记录和显示这两个功能有时可以在一个装置中实现,如光线示波器。有的装置只具有一个功能,如电子示波器,它只能显示而不能记录;又如磁记录器,它只能记录而不能显示。记录和显示的方式一般有模拟和数字两种。前者记录的是一条或一组曲线,后者则是一组数字或代码。

数据处理装置,它是用以对测试所得的实验结果(曲线或数据)进行处理、运算、分析。如大量数据的数理统计分析,实验曲线的拟合,特别是对动态测试结果的频谱分析,幅值谱分析,能量谱分析等。

试验激发装置,它的作用是人为地模拟某种条件把被测系统中的某种信息激发出来,以便检测。如用激振器来模拟各种不同条件的振动,在将激振器作用在机械或构件上后,把机械或结构产生的振动幅度、应力变化等信息激发出来,以便检测后对它在振动中的状态和抗振能力进行研究分析。

§ 1-2 测试系统的基本特性及其描述方法

测试系统的特性,是指测试系统对其输入量的影响。常用测试系统的输出量与输入量之间的关系来描述。

一、描述测试系统特性的通式

假如有一个测试系统,它对输入量没有任何影响,那末,它的输出量与输入量完全相同。这时,这个测试系统的输出量 y 与它的输入量 x 之间的关系为:

$$y = x \quad (1-1)$$

若有一个具有放大倍数为 K 的测试系统,任何输入量通过它后,都能放大 K 倍。这时,测试系统的输出量 y 与它的输入量 x 之间的关系为:

$$y = Kx \quad (1-2)$$

显然, K 就是测试系统对它的输入量的影响,而有:

$$K = \frac{y}{x} \quad (1-3)$$

这里的 K 是测试系统的放大倍数,是测试系统的一种特性。(1-2)式和(1-3)式都称为测试系统的特性方程。它表示了测试系统的输出量与它的输入量之间的关系。

当测试系统在进行动态测量时,它的输入量是一个随时间而变化的时间函数,它的输出量也必然是一个随时间而变化的时间函数,若测试系统对它的输入量没有任何影响,则有:

$$y(t) = x(t) \quad (1-4)$$

式中 $y(t)$ ——测试系统的输出量;

$x(t)$ ——测试系统的输入量

这种对它的输入量没有任何影响的测试装置是不存在的。在实际中,任何一种测试系统对它的输入量必定存在着某种影响,只是影响的方式和程度不同而已。此时,测试系统的