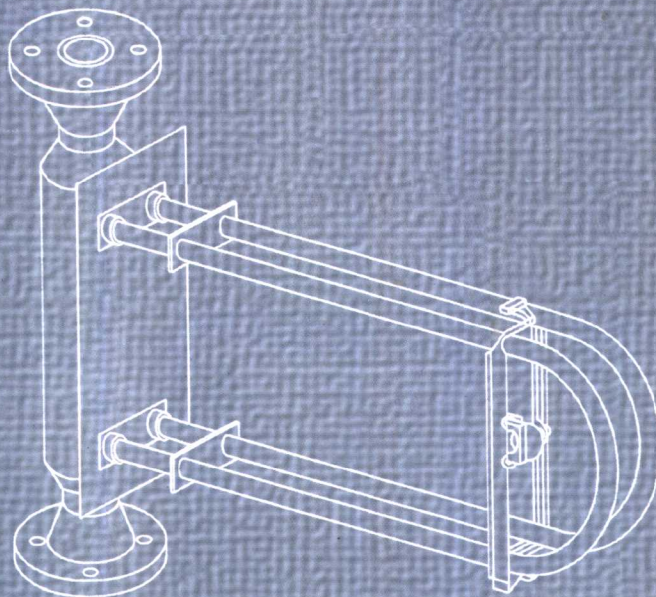
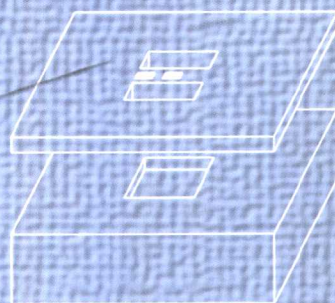
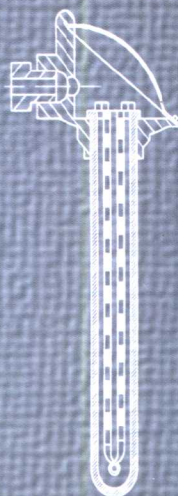


高等学校通用教材

信号与测试技术

樊尚春
周浩敏
编著



北京航空航天大学出版社

<http://www.buaapress.com.cn>

信号与测试技术

樊尚春 周浩敏 编著

北京航空航天大学出版社

<http://www.buaapress.com.cn>

内 容 简 介

本书详细介绍了连续时间信号分析、离散时间信号分析;介绍了自动化检测系统中常用的电阻变换原理、电容变换原理、电磁变换原理、压电式测量原理和谐振式测量原理等;介绍了相对位移、运动速度、加速度、转速、振动、力、转矩、压力、温度、流量等参数的测量系统;介绍了测试系统静态与动态基本特性与测试数据处理方法。

为便于读者学习与掌握本书的主要内容,在个别章节配有一定的实例分析;在每一章都配有习题与思考题。

本书可作为电气工程与自动化、信息工程、检测技术与自动化装置、精密仪器及机械、测控技术与仪器、机械电子工程等专业的教科书或参考书,也可供相关专业的师生和有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

信号与测试技术/樊尚春等编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2002.3

ISBN 7-81077-152-3

I. 信… II. 樊… III. ①信号分析②信号检测技术 IV. TP911

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 001171 号

信号与测试技术

樊尚春 周浩敏 编著

责任编辑 刘晓明

责任校对 陈 爽

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话(010)82317024 传真(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn>

E-mail: pressell@publica.bj.cninfo.net

河北省涿州市新华印刷厂印制 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:24 字数:614 千字

2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-152-3/TP·084 定价:28.00 元

前 言

测试是人们通过实验认识客观世界并取得对实验对象的定性或定量信息的一种基本方法,它在日常生活、科学研究、工农业生产、交通运输、医疗卫生及国防建设中发挥着基础性作用。测试技术的水平与发展状况充分反映了人类认识客观世界的能力与程度。

本教材是根据北京航空航天大学本科生电气工程与自动化专业、信息工程专业 2000 版教学计划制定的教学大纲而编写的,也适用于其他相关专业。

本教材以信号处理与分析、信息敏感变换原理、测试系统性能分析与处理为基础,以参数检测为目的,介绍位移、速度、加速度、转速、振动、力、转矩、压力、温度、流量等参数的测量系统。

本教材以测试技术涵盖的主要经典内容为重点,且适当介绍测试技术发展过程中的新进展、新内容,力求使学生较为系统、全面地掌握测试技术。

本教材共分 17 章,其中第 1,2,3 章由周浩敏教授编著,其余由樊尚春教授编著,由樊尚春教授主编并统稿。

第 0 章介绍了有关测试技术的基本概念、功能、研究的主要内容,构成测试系统的基本要求以及信号与测控技术的关系等。

第 1 章主要介绍信号分析与处理的基础知识,包括连续周期信号、连续非周期信号和抽样信号的傅里叶分析,即频谱分析,以建立信号频谱的基本概念,为离散信号的频谱分析奠定基础。

在第 2 章中,对离散时间信号序列及其 z 变换的基本知识作了必要的讨论。序列 z 变换的作用相当于连续时间信号的拉氏变换,是进一步讨论离散时间信号频谱分析的数学基础。

第 3 章为离散时间信号分析,即数字信号的频谱分析,包括序列傅里叶变换、离散傅里叶级数 DFS、离散傅里叶变换 DFT、快速傅里叶变换 FFT 及其应用,是本书的重点章节之一。

第 4 章介绍了变电阻测量原理,包括电位器、应变片、压敏电阻、热电阻等。在电位器中,介绍了其基本构造、工作原理、特性;阶梯特性和阶梯误差、非线性电位器的特性及其实现;电位器的负载特性、负载误差以及改善措施等。在应变式变换原理部分,介绍了金属电阻丝产生应变效应的机理;金属应变片的结构及应变效应,应变片的横向效应及减小横向效应的措施;电阻应变片的温度误差及补偿方法;并详细介绍了电桥原理、差动原理及其应用特点等。在压阻式变换原理部分,介绍了半导体材料产生压阻效应的机理、特点及与金属应变效应的比较;单晶硅的压阻系数等。在热电阻变换原理部分,重点介绍了金属热电阻和半导体热

敏电阻的特性及应用特点。

第5,6章分别对变电容和变磁路测量原理进行了讨论。介绍了电容式和电感式变换元件的基本结构形式、特性、等效电路以及信号转换线路等。在变磁路测量原理中还特别对电涡流效应、霍尔效应进行了详细介绍。

第7章介绍了压电式测量原理。分析、讨论了石英晶体、压电陶瓷、聚偏二氟乙烯等常用压电材料的压电效应,同时还介绍了压电换能元件的等效电路及信号转换电路。

第8章介绍了先进的谐振式测量原理。详细讨论了谐振现象、谐振子的机械品质因数 Q 值、闭环自激系统基本结构及实现条件、敏感机理及特点、谐振式传感器的输出等。

第4~8章中介绍的是具有普遍意义的敏感机理和变换原理,这些属于测试技术中的基础内容。

第9~14章介绍了在工业测量及控制过程中常用的一些参数,如相对位移、运动速度、转速、加速度、振动、力、转矩、压力、温度和流量等的检测系统,对上述各种参数常用的测试系统的实现方式、组成、工作原理等进行了较详细的分析与讨论。考虑到同一个被测参数,可以采用多种不同的敏感机理、测量方式、系统结构来实现测试系统,因此,特别对它们的不同之处进行了论述。另外,还特别介绍了一些测量原理与第4~8章介绍的敏感原理不同的典型测试系统,如激光位移测量系统、光栅位移测量系统、激光测速系统、伺服式加速度测量系统、机械式力平衡装置、活塞压力计、位置反馈式压力测量系统、力反馈式压力测量系统、热电偶测温系统、全辐射测温系统、亮度式测温系统、比色测温系统、半导体 $P-N$ 结测温系统、涡轮流量计、漩涡流量计、热式质量流量计等。

第9~14章的内容是本教材的重点内容。

第15,16章则重点介绍了测试系统的静、动态特性的描述与数据处理。包括测试系统特性的一般描述方式;典型静、动态测试数据的获取过程;典型数据处理过程,即利用实际数据计算、分析、评估测试系统自身的静、动态特性等;这些也属于测试技术内容中重要的基础部分。

本教材在编写过程中,参考、引用了许多专家学者的论著和教材;清华大学督导吴正毅教授审阅了全稿并提出了许多宝贵的意见和建议;中国计量科学研究院张鹏程高级工程师提供了ITS-90等资料;郑德智博士绘制了绝大部分图稿,李晓蕾博士录入了部分书稿;在此一并表示衷心的感谢。

测试技术内容广泛且发展迅速,由于编者学识、水平有限,教材中的错误与不妥之处,敬请读者批评指正。

作者

2002年1月

目 录

第 0 章 绪 论

0.1 引 言	1
0.2 测试技术的功能	1
0.3 测试技术研究的主要内容	2
0.3.1 测量原理	2
0.3.2 测量方法	2
0.3.3 测量系统	3
0.3.4 数据处理	4
0.4 信号与测控技术	5
习题与思考题	5

第 1 章 信号分析和处理基础

1.1 概 述	6
1.1.1 信号的定义与分类	6
1.1.2 抽样信号、阶跃信号和冲激信号	9
1.1.3 信号分析、信号处理	13
1.2 连续时间信号的时域分析	14
1.2.1 引 言	14
1.2.2 连续时间信号的时域分析	14
1.3 周期信号的频谱分析——傅里叶级数	16
1.3.1 三角函数形式的傅里叶级数	17
1.3.2 指数形式的傅里叶级数	19
1.3.3 周期信号的功率谱	24
1.4 非周期信号频谱分析——傅里叶变换	26
1.4.1 傅里叶变换	26
1.4.2 典型非周期信号的频谱	28
1.4.3 傅里叶变换的性质	32
1.5 周期信号的傅里叶变换	43
1.5.1 复指数、余弦、正弦信号的傅里叶变换	43
1.5.2 一般周期信号的傅里叶变换	45
1.5.3 周期信号与单周期脉冲信号频谱间的关系	45

1.6	能量谱	47
1.6.1	非周期信号的帕斯瓦尔定理	47
1.6.2	能量密度与能量带宽	47
1.7	抽样信号的傅里叶变换	49
1.7.1	时域抽样	50
1.7.2	矩形脉冲抽样	51
1.7.3	冲激抽样	51
1.7.4	抽样定理	52
	习题与思考题	54
第2章 离散时间序列及其 z 变换		
2.1	离散时间信号——序列	58
2.1.1	序列	58
2.1.2	基本序列	58
2.1.3	序列的运算	61
2.2	序列的 z 变换	62
2.2.1	z 变换的定义	62
2.2.2	z 变换的收敛域	63
2.2.3	典型离散时间信号(序列)的 z 变换	69
2.3	z 变换的性质	70
2.4	z 反变换	73
	习题与思考题	71
第3章 离散时间信号分析		
3.1	序列的傅里叶变换	76
3.2	信号的傅氏变换、拉氏变换与 z 变换的关系	78
3.3	离散傅里叶级数(DFS)	81
3.3.1	傅里叶变换在时域和频域中的对称规律	81
3.3.2	离散傅里叶级数	83
3.4	离散傅里叶变换(DFT)	85
3.4.1	离散傅里叶变换 DFT 定义式	85
3.4.2	离散傅里叶变换 DFT 与序列傅里叶变换的关系	87
3.5	离散傅里叶变换的性质	88
3.6	快速傅里叶变换(FFT)	93
3.6.1	DFT 运算的特点	93
3.6.2	基2按时间抽取的FFT算法(时析型)	94
3.7	IDFT 的快速算法(IFFT)	99
3.8	离散傅里叶变换的应用	99
3.8.1	FFT 的软件实现	99

3.8.2	用 FFT 计算线卷积	101
3.8.3	用 DFT 逼近连续时间信号的频谱	103
3.8.4	FFT 在动态测试数据处理中的应用	108
	习题与思考题	112
第 4 章 变电阻测量原理		
4.1	电位器原理	114
4.1.1	基本构造及工作原理	114
4.1.2	线绕式电位器的特性	115
4.1.3	非线性电位器	116
4.1.4	电位器的负载特性及负载误差	118
4.1.5	非线性绕式电位器	121
4.2	应变式变换原理	121
4.2.1	金属电阻的应变效应	121
4.2.2	金属应变片的结构及应变效应	122
4.2.3	横向效应及横向灵敏度	123
4.2.4	电阻应变片的种类	125
4.2.5	电阻应变片的温度误差及补偿方法	126
4.2.6	电桥原理	129
4.2.7	小 结	133
4.3	压阻式变换原理	133
4.3.1	半导体材料的压阻效应	133
4.3.2	单晶硅的晶向、晶面的表示	135
4.3.3	压阻系数	135
4.4	热电阻变换原理	140
4.4.1	热电阻	140
4.4.2	金属热电阻	140
4.4.3	半导体热敏电阻	142
	习题与思考题	144
第 5 章 变电容测量原理		
5.1	基本电容式敏感元件	147
5.2	电容式敏感元件的主要特性	148
5.2.1	变间隙电容式敏感元件	148
5.2.2	变面积电容式敏感元件	149
5.2.3	变介电常数电容式敏感元件	151
5.2.4	电容式敏感元件的等效电路	151
5.3	电容式变换元件的信号转换电路	151
5.3.1	交流不平衡电桥	151

5.3.2	变压器式电桥线路	152
5.3.3	二极管电路	153
5.3.4	差动脉冲调宽电路	155
5.3.5	运算放大器式电路	156
	习题与思考题	157

第6章 变磁路测量原理

6.1	电感式变换原理	158
6.1.1	简单电感式原理	158
6.1.2	差动电感式变换元件	162
6.2	差动变压器式变换元件	163
6.2.1	磁路分析	164
6.2.2	电路分析	165
6.3	电涡流式变换原理	166
6.3.1	电涡流效应	166
6.3.2	等效电路分析	166
6.3.3	信号转换电路	167
6.4	霍尔效应及元件	169
6.4.1	霍尔效应	169
6.4.2	霍尔元件	170
	习题与思考题	171

第7章 压电式测量原理

7.1	石英晶体	172
7.1.1	石英晶体的压电机理	172
7.1.2	石英晶体的压电常数	173
7.1.3	石英晶体几何切型的分类	176
7.1.4	石英晶体的性能	176
7.2	压电陶瓷	177
7.2.1	压电陶瓷的压电机理	177
7.2.2	压电陶瓷的压电常数	177
7.2.3	常用压电陶瓷	178
7.3	聚偏二氟乙烯(PVF ₂)	178
7.4	压电换能元件的等效电路	179
7.5	压电换能元件的信号转换电路	180
7.5.1	电荷放大器与电压放大器	180
7.5.2	压电元件的并联与串联	181
	习题与思考题	182

第 8 章 谐振式测量原理

8.1 谐振状态及其评估	183
8.1.1 谐振现象	183
8.1.2 谐振子的机械品质因数 Q 值	184
8.2 闭环自激系统的实现	186
8.2.1 基本结构	186
8.2.2 闭环系统的实现条件	186
8.3 敏感机理及特点	187
8.3.1 敏感机理	187
8.3.2 谐振式测量原理的特点	188
8.4 频率输出谐振式传感器的测量方法比较	188
习题与思考题	189

第 9 章 相对位移测量系统

9.1 概 述	190
9.2 相对位移测量装置的标定	190
9.3 激光位移测量装置	191
9.3.1 光干涉原理	191
9.3.2 激光干涉仪	192
9.4 光栅位移测量系统	194
9.4.1 光栅的结构和分类	194
9.4.2 莫尔条纹	194
9.4.3 辨向和细分电路	195
9.5 感应同步器系统	198
9.5.1 感应同步器的结构与分类	198
9.5.2 感应同步器的工作原理	198
9.5.3 信号的处理方式和电路	199
习题与思考题	202

第 10 章 运动速度、转速、加速度和振动测量系统

10.1 运动速度测量	205
10.1.1 微积分电路法	205
10.1.2 平均速度测量法	205
10.1.3 磁电感应式测速度法	206
10.1.4 激光测速法	207
10.2 转速测量	208
10.2.1 离心式转速表	208
10.2.2 磁性转速表	209

10.2.3	测速发电机	210
10.2.4	频率量输出的转速测量系统	211
10.3	加速度测量	215
10.3.1	理论基础	215
10.3.2	位移式加速度传感器	218
10.3.3	应变式加速度传感器	219
10.3.4	压电式加速度传感器	221
10.3.5	伺服式加速度测量系统	223
10.4	振动测量	226
10.4.1	振动位移(振幅)测量	226
10.4.2	振动速度测量	228
10.4.3	振动测量系统的组成	229
	习题与思考题	230
第 11 章 力、转矩测量系统		
11.1	力的测量	232
11.1.1	机械式力平衡装置	232
11.1.2	磁电式力平衡装置	233
11.1.3	液压式测力系统	233
11.1.4	气压式测力系统	233
11.1.5	位移式测力系统	234
11.1.6	应变式测力系统	235
11.1.7	压电式测力传感器	240
11.1.8	压磁式测力传感器	240
11.2	转轴转矩测量	241
11.2.1	电阻应变式转矩传感器	242
11.2.2	压磁式转矩传感器	242
11.2.3	扭转角式转矩传感器	243
	习题与思考题	244
第 12 章 压力测量系统		
12.1	概 述	245
12.1.1	压力的概念	245
12.1.2	压力的单位	245
12.1.3	压力测量系统的分类	246
12.2	液柱式压力计和活塞式压力计	247
12.2.1	液柱式压力计	247
12.2.2	活塞式压力计	248

12.3 开环压力测量系统	249
12.3.1 机械式压力表	249
12.3.2 电位计式压力传感器	250
12.3.3 应变式压力传感器	250
12.3.4 压阻式压力传感器	253
12.3.5 电容式压力传感器	256
12.3.6 压电式压力传感器	256
12.3.7 变磁阻式压力传感器	258
12.4 伺服式压力测量系统	259
12.4.1 位置反馈式压力测量系统	259
12.4.2 力反馈式压力测量系统	262
12.5 谐振式压力传感器	267
12.5.1 谐振弦式压力传感器	267
12.5.2 振动筒式压力传感器	269
12.5.3 谐振膜式压力传感器	273
12.5.4 石英谐振梁式压力传感器	273
12.5.5 硅谐振式压力微传感器	275
12.6 动态压力测量时的管道和容腔效应	279
12.6.1 管道和容腔的无阻尼自振频率	279
12.6.2 管道和容腔存在阻尼时的频率特性	279
12.7 压力测量设备的静、动态标定	281
12.7.1 压力测量设备的静态标定	281
12.7.2 压力测量设备的动态标定	282
习题与思考题	284

第 13 章 温度测量系统

13.1 概 述	285
13.1.1 温度的概念	285
13.1.2 温 标	285
13.1.3 温度标准的传递	286
13.1.4 温度计的标定与校正	286
13.1.5 测温方法与测温仪器的分类	286
13.2 热电偶测温	287
13.2.1 热电效应	287
13.2.2 热电偶的工作机理	288
13.2.3 热电偶的基本定律	290
13.2.4 热电偶的误差及补偿	291
13.2.5 热电偶的组成、分类及特点	294

13.3	热电阻电桥测温系统	296
13.3.1	平衡电桥电路	296
13.3.2	不平衡电桥电路	296
13.3.3	自动平衡电桥电路	297
13.4	非接触式温度测量系统	297
13.4.1	全辐射测温系统	297
13.4.2	亮度式测温系统	298
13.4.3	比色测温系统	299
13.5	半导体 P-N 结测温系统	300
	习题与思考题	301

第 14 章 流量测量系统

14.1	概 述	303
14.2	流体力学的基本知识	304
14.2.1	流体的主要物理性质	304
14.2.2	雷诺数	305
14.2.3	流体流动的连续性方程	305
14.2.4	伯努利方程	305
14.3	转子流量计	306
14.3.1	工作原理	306
14.3.2	流量方程式	307
14.3.3	转子流量计的刻度修正	308
14.3.4	转子流量计的特点	310
14.4	节流式流量计	310
14.4.1	工作原理	310
14.4.2	流量方程式	311
14.4.3	取压方式	312
14.4.4	节流式流量计的特点	313
14.5	靶式流量计	313
14.5.1	工作原理	313
14.5.2	流量方程式	313
14.5.3	靶式流量计的特点	314
14.6	涡轮流量计	315
14.6.1	工作原理	315
14.6.2	流量方程式	315
14.6.3	涡轮流量计的特点	316
14.7	电磁流量计	317
14.7.1	工作原理	317
14.7.2	电磁流量计的结构特点	317

14.7.3 电磁流量计的特点·····	318
14.8 漩涡流量计·····	318
14.8.1 卡门涡街式漩涡流量计·····	318
14.8.2 旋进式漩涡流量计·····	319
14.9 超声波流量计·····	320
14.10 质量流量测量·····	321
14.10.1 间接测量质量流量·····	321
14.10.2 热式质量流量计·····	322
14.10.3 谐振式科里奥利直接质量流量计·····	323
14.11 流量标准与标定·····	327
习题与思考题·····	329

第 15 章 测试系统的静态特性与数据处理

15.1 测试系统的静态特性一般描述·····	330
15.2 测试系统的静态标定·····	330
15.2.1 静态标定条件·····	330
15.2.2 测试系统的静态特性·····	331
15.3 测试系统的主要静态性能指标及其计算·····	331
15.3.1 测量范围·····	331
15.3.2 量 程·····	332
15.3.3 静态灵敏度·····	332
15.3.4 分辨力与分辨率·····	332
15.3.5 漂 移·····	333
15.3.6 温 漂·····	333
15.3.7 测量过程的精密度、准确度、精确度和不确定度·····	334
15.3.8 线性度·····	335
15.3.9 符合度·····	337
15.3.10 迟 滞·····	337
15.3.11 非线性迟滞·····	337
15.3.12 重复性·····	338
15.3.13 精 度·····	339
15.3.14 计算实例·····	341
习题与思考题·····	343

第 16 章 测试系统的动态特性与数据处理

16.1 概 述·····	345
16.2 测试系统动态特性方程·····	345
16.2.1 微分方程·····	345
16.2.2 传递函数·····	346

16.2.3 状态方程·····	346
16.3 测试系统动态响应及动态性能指标·····	347
16.3.1 测试系统时域动态性能指标·····	347
16.3.2 测试系统频域动态性能指标·····	353
16.4 测试系统动态特性测试与动态模型建立·····	359
16.4.1 测试系统动态标定·····	359
16.4.2 由实验阶跃响应曲线获取系统的传递函数的回归分析法·····	360
16.4.3 由实验频率特性获取系统的传递函数的回归法·····	365
习题与思考题·····	367

参考文献

第0章 绪 论

0.1 引 言

测试是测量与试验(实验)的简称。

试验离不开测量,测试中最基本的是测量。测量是利用各种装置对可观测量(或称被测参数)进行定性和定量的过程。

从计量学的角度看,测量是指:对被检测对象的物理、化学、工程技术等方面的参量作数值测定工作。

信息论认为:“此点复现彼点的信息”为测量。

总之,定性定量、数值测定、复现信息都表明:测试的基本任务是获取信息。因此,测试技术是信息科学的重要分支。

测试总是需要一定的测试设备,而测试系统是把被测参数自动转换成具有可直接观测的指示值或等效信息的测试设备,其中关键部件是传感器。传感器是由敏感元件直接感受被测量,并把被测量转变为可用电量(电信号)的一套完整的测量装置。因此,传感器属于测试系统。

信息本身不具备传输、交换的功能,只有通过信号才能实现这种功能,所以测试技术与信号密切相关。信息、信号、测试与测试系统之间的关系可以表述为:获取信息是测试的目的,信号是信息的载体,测试是得到被测参数信息的技术手段。

0.2 测试技术的功能

人类的日常生活、生产活动和科学实验都离不开测试技术。那么,测试技术有哪些主要功能呢?从本质上说,测试的功能是人们感觉器官(眼、耳、鼻、舌、身)所产生的视觉、听觉、嗅觉、味觉、触觉的延伸和替代。

例 1:飞行中的飞机。

飞行员想要知道“飞行状态”信息并正确驾驶飞机安全飞行,必须知道:

飞行参数:高度 H ,速度 v ,航向 ψ 等;

发动机参数:温度 t ,压力 p ,转速 n ,流量 Q 等。

上述物理量的测量在飞机刚发明时,许多参数还能靠飞行员的感觉来测定;而现代飞机必须用相应传感器的测量来获得上述各种参数的信息。这是测试技术的功能之一——参数的测量。

例 2:航天飞机完成飞行任务时,需监测信号约 3 250 个;试飞研究时约需监测 2 570 个缓变信号,几百个速变信号,有的要求一个传感器输出几个信号。这说明现代飞行器上需要监测的参数多而且广,参数大致可分为 7 大类:①飞行参数,②导航参数,③运载火箭和飞机的发动

机参数,④座舱环境参数,⑤飞行员生理参数,⑥飞行员生活用品供应系统参数,⑦飞行器结构参数。

对上述参数监测的同时,还需要加以控制,这是测试技术的又一个功能——参数的监(测)控(制)功能。

例 3:“火星探路者”探测器。

1997年7月4日,美国“火星探路者”探测器在火星着陆,经过其所带的漫游车实地探测,使人们第一次得知:火星在几十亿年以前发过特大洪水;实际测量出如果一个人站在火星表面,身体不同高度部位,在短时间内,可以经历春、夏、秋、冬四个季节;并证实,火星岩石的化学成分与以前地球上发现的12颗陨石相同。这个例子说明了测试技术的另一个功能——科学试验中测量分析功能。

归纳起来,测试技术具有三种主要功能:

- (1) 过程中参数测量功能;
- (2) 过程中参数监控功能;
- (3) 科学试验中测量分析功能。

0.3 测试技术研究的主要内容

测试技术研究的主要内容是对与被测量有关的测量原理、测量方法、测量系统和数据处理等四个方面进行研究。

0.3.1 测量原理

测量原理是指采用什么样的原理(依据什么效应)去测量(感受)被测量,实质上就是传感器的敏感原理。不同性质的被测量用不同的原理去测量,同一性质的被测量也可用不同的原理去测量。例如:压力和温度性质不同,依据的测量原理就有所不同,压-敏效应、温-敏效应就不一样。同样是测量压力,可以分别应用弹性敏感元件的压力-位移特性、压力-集中力特性、压力-谐振频率特性等不同原理来测量。

由于被测量的种类繁多、性质千差万别,因此,测量原理非常广。随着科学技术的进步和发展,可以应用的新原理也会日益增多,要求的知识面也非常之广,主要涉及物理学、化学、电子学、热学、流体力学、光学、声学、生物学、材料学等。要确定和选择好传感原理,还需要对被测量的物理化学特性、测量范围、性能要求和外界环境条件有充分了解和全面分析。所以,从事测试技术工作,不仅知识面要广,而且应有较扎实的基础知识和专业知识。

0.3.2 测量方法

测量方法是指:测量原理确定之后,用什么方法去测量被测量,或者说获得被测量的方式。常用的测量方法有直接测量和间接测量两种。

直接测量:将被测量与同性质的标准量进行比较或与用标准量转换的中间量(或检定合格的仪器)进行比较。实际测量时后者居多。如:温度计测温度,卡尺量工件,电压表测电压等。温度计、卡尺、电压表都是经过与标准量比对(即转换、检定)的。

间接测量:由于被测量不便于直接测量,而是通过直接测量与被测量有确定函数关系的相