



面向21世纪全国高职高专电子电工类规划教材

电子测量技术与仪器

DIANZI CELIANG JISHU YU YIQI

郑发泰 主 编
张鹏飞 叶华杰 副主编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

面向 21 世纪全国高职高专电子电工类规划教材

电子测量技术与仪器

郑发泰 主 编

张鹏飞 叶华杰 副主编

周世官 刘 珺 参 编



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书较为全面地介绍了电子测量技术的基本知识、电子测量仪器和测试系统的组成、一般测量过程以及电子测量仪器的维护。

全书共分 10 章。分别介绍了电子测量技术的内容、方法和特点, 测量误差的分类和数据处理方法, 信号发生器的分类和特点, 常用元器件的组成, 测量原理、方法及所采用的仪器, 常用模拟量的测量原理、方法及所采用的仪器, 数字量的测量原理、方法及所采用的仪器, 时域与频域测量仪器的分类、示波器的波形原理、频率特性测试仪的原理与分析方法, 逻辑分析仪的原理和应用, 智能仪器的组成、特点、一般测量过程, 自动测试系统的组成、特点和测试过程, 实验室抗噪声(干扰)常用技术、电子测量仪器校验与维修以及电子测量仪器的检修步骤与方法。

本书可作为高职高专或中等职业学校电子与信息类专业课程的教材, 也可用作电子测量技术与仪器的培训教材或工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子测量技术与仪器/郑发泰主编. —北京: 北京大学出版社, 2006.1

(面向 21 世纪全国高职高专电子电工类规划教材)

ISBN 7-301-09304-7

I. 电… II. 郑… III. 电子测量—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 069405 号

书 名: 电子测量技术与仪器

著作责任者: 郑发泰 主编

责任编辑: 胡伟晔 范晓

标准书号: ISBN 7-301-09304-7/TM • 0005

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765126

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn>

电子信箱: xxjs@pup.pku.edu.cn

印刷者: 北京宏伟双华印刷有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×980 毫米 16 开本 10.5 印张 226 字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 18.00 元

前 言

本书是高等职业教育面向 21 世纪全国高职高专电子电工类系列教材之一，在教材的编写过程中得到了北京大学出版社的领导与编辑们的大力支持和热情帮助，在此表示衷心的感谢。

“电子测量技术与仪器”是高职高专和中等职业技术学校电子技术专业的重要课程。通过该课程的学习，学生能够全面地了解电子测量技术、电子测量仪器以及测试系统的专业知识，系统地学习和掌握电子测量仪器和测试系统的应用，为今后的学习和工作打下良好的基础。

本教材的参考教学时间为 64 学时，主要包括电子测量技术的基础知识、电子测量仪器及系统的工作原理与应用。全书共分 10 章：第 1 章绪论，介绍了电子测量技术的内容、方法与特点，电子测量仪器的分类和应用。第 2 章测量误差分析与结果处理，介绍了测量误差的分类和数据处理方法。第 3 章电子测量常用信号发生器，介绍了信号发生器的分类和特点，并重点介绍了正弦信号发生器和函数信号发生器、射频信号发生器。第 4 章常用元器件的测量及仪器，介绍了常用元器件的组成、测量原理和方法以及所采用的仪器。第 5 章模拟量的测量及仪器，介绍了模拟量的测量原理和方法以及所采用的仪器。第 6 章数字量的测量及仪器，介绍了数字量的测量原理和方法以及所采用的仪器。第 7 章时域与频域的测量及仪器，介绍了频域测量仪器的分类、示波器的波形原理、频率特性测试仪的原理与分析方法。第 8 章逻辑电路的测量与仪器，介绍了逻辑分析仪的原理和应用。第 9 章智能仪器与自动测试系统，介绍了智能仪器的组成、特点、一般测量过程，以及自动测试系统的组成、特点和测试过程。第 10 章测量仪器的维护，介绍了实验室抗噪声（干扰）常用技术、电子测量仪器校验与维修、电子测量仪器的检修步骤与方法。书中带“※”号的章节为选学内容。

本书在进行编写的过程中认真研究了现阶段学生的知识体系和能力内涵，正确认识应用型人才培养的知识与能力结构，注重培养学生掌握必备的基本理论、专门知识和实际工作的基本技能，把握理论以够用为度，知识、技能和方法以理解、掌握、初步运用为度的编写原则。同时，本书在内容上关注新技术的发展和应用，选编了智能仪器和自动测试系统、增加了测量仪器的维护等内容。

本教材由浙江工商职业技术学院郑发泰担任主编，编写了第 1、第 9 章，并负责全书的统稿工作。浙江工商职业技术学院张鹏飞、叶华杰担任副主编，其中张鹏飞还编写了第 2、第 3、第 8 章，叶华杰编写了第 4、第 5 章。宁波工程学院周世官编写了第 6、第 10 章，宁

波职业技术学院刘珺编写了第7章。

由于编者水平有限，时间仓促，书中难免存在一些缺点和错误，殷切希望广大读者给予批评指正。

编 者

2005年6月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 测量的基本概念	1
1.2 电子测量的方法与特点	2
1.2.1 电子测量的方法	2
1.2.2 电子测量的特点	3
1.3 电子测量的内容	4
1.4 电子测量仪器的分类和应用	5
1.5 测量技术及仪器的发展趋势	5
1.6 小结	6
1.7 思考题	6
第2章 测量误差分析与结果处理	7
2.1 常用测量术语简介	7
2.2 测量误差的表示方法及估算	9
2.2.1 测量误差的来源	9
2.2.2 测量误差的分类	9
2.2.3 测量误差的估算	12
2.2.4 测量结果的评定	13
2.3 测量误差的分析	14
2.3.1 系统误差的分析	14
2.3.2 随机误差的分析	16
2.3.3 粗大误差的分析	17
2.4 仪器选择的一般原则	19
2.4.1 仪表量程的合理原则	19
2.4.2 仪表等级的合理选择	19
2.5 误差数据的处理方法	19
2.5.1 有效数字的概念	20
2.5.2 有效数字的处理	20
2.6 小结	22
2.7 思考题	22

第3章 电子测量常用信号发生器	24
3.1 概述	24
3.2 正弦信号发生器	24
3.2.1 正弦信号发生器的分类和基本组成	24
3.2.2 低频信号发生器	25
3.2.3 高频信号发生器	28
3.3 函数信号发生器	30
3.3.1 函数发生器的分类	30
3.3.2 其他类型的函数发生器	32
3.3.3 函数发生器的性能和应用	32
3.4 脉冲信号发生器	33
3.4.1 脉冲信号发生器的特点和分类	33
3.4.2 脉冲信号发生器的工作原理	34
3.5 频率合成信号发生器	35
3.5.1 频率合成信号发生器的组成	35
3.5.2 频率合成器的原理	36
3.5.3 频率合成信号发生器的主要技术指标	39
3.6 小结	40
3.7 思考题	41
第4章 常用元器件的测量与仪器	42
4.1 概述	42
4.2 电阻的测量	42
4.2.1 电阻的参数	42
4.2.2 电阻的测量	43
4.3 电容的测量	45
4.3.1 电容的参数和标注方法	46
4.3.2 电容的测量方法	47
4.4 电感的测量	49
4.4.1 电感的主要参数	50
4.4.2 电感量的测试	50
4.4.3 交流电桥法测量电感	51
4.4.4 万用表对电感器好坏的测试	52
4.5 半导体二极管的测量	53
4.5.1 半导体二极管的特性和主要参数	53
4.5.2 半导体二极管的测量	53

4.6	半导体三极管的测量.....	55
4.6.1	三极管的主要参数.....	55
4.6.2	三极管的测量.....	56
4.7	小结.....	58
4.8	思考题.....	58
第5章	模拟量的测量及仪器.....	59
5.1	概述.....	59
5.2	直流电流的测量.....	59
5.2.1	直流电流测量的一般方法.....	59
5.2.2	模拟直流电流表的工作原理.....	59
5.2.3	数字式万用表测量直流电流的原理.....	61
5.2.4	直流电流的测量方法.....	62
5.3	交流电流的测量.....	63
5.3.1	交流电流测量的一般方法.....	63
5.3.2	模拟交流电流表的工作原理.....	64
5.3.3	热电式电流表.....	65
5.4	电压的测量.....	67
5.4.1	模拟式电压表.....	67
5.4.2	电压测量的应用.....	68
5.5	分贝的测量.....	71
5.5.1	数学定义.....	71
5.5.2	分贝值的测量.....	73
5.6	功率的测量.....	74
5.6.1	音频与较高频信号功率的测量.....	74
5.6.2	误差分析.....	77
5.6.3	功率表实例——射频功率表.....	77
*5.7	噪声电压的测量.....	78
5.7.1	噪声的基本特性.....	78
5.7.2	器件和放大器噪声的测量.....	79
*5.8	失真度的测量.....	84
5.8.1	非线性失真的定义.....	85
5.8.2	失真度测量仪举例.....	85
5.9	小结.....	89
5.10	思考题.....	89
第6章	数字量的测量及仪器.....	90

6.1	概述	90
6.2	电压的测量	90
6.2.1	电压测量的基本要求	90
6.2.2	数字电压表的组成原理及主要性能指标	91
6.2.3	数字电压表	92
6.3	频率的测量	93
6.3.1	频率测量	93
6.3.2	用电子计数法测量频率	94
6.3.3	电子计数器测量频率比	96
6.3.4	频率测量范围的扩展	97
6.3.5	电子计数器(实例)	97
6.4	时间的测量	99
6.4.1	周期的测量	99
6.4.2	长时间的测量	99
6.5	相位的测量	100
6.5.1	脉冲计数法测相位	100
6.5.2	数字相位计(实例)	101
6.6	小结	103
6.7	思考题	104
第7章	时域与频域的测量及仪器	105
7.1	概述	105
7.2	通用示波器	105
7.2.1	波形显示与技术指标	106
7.2.2	Y通道(垂直系统)	111
7.2.3	X通道(水平系统)	111
7.3	专用示波器	112
7.3.1	取样示波器	112
7.3.2	记忆示波器	113
7.3.3	数字存储示波器	114
7.4	频率特性测试仪	115
7.4.1	测量原理	115
7.4.2	使用方法	118
7.5	晶体管特性图示仪	120
7.5.1	工作原理及基本组成	120
7.5.2	使用方法	122

7.6 频谱分析仪.....	122
7.6.1 工作原理.....	123
7.6.2 主要参数.....	124
7.7 小结.....	125
7.8 思考题.....	125
第8章 逻辑电路的测量与仪器.....	126
8.1 概述.....	126
8.1.1 数据域测试技术.....	126
8.1.2 逻辑电路测试系统.....	127
8.2 简单的逻辑分析方法.....	129
8.2.1 逻辑笔的基本组成.....	130
8.2.2 逻辑笔的应用.....	130
8.3 逻辑分析仪.....	131
8.3.1 逻辑分析仪的主要特点.....	131
8.3.2 逻辑分析仪的分类.....	131
8.3.3 逻辑分析仪的基本组成.....	132
8.3.4 逻辑分析仪的基本工作原理.....	132
8.3.5 数据流的存储.....	133
8.3.6 时钟.....	134
8.3.7 逻辑分析仪的显示方式.....	134
8.3.8 逻辑分析仪的主要技术指标.....	135
8.3.9 逻辑分析仪与传统示波器的比较.....	135
8.4 小结.....	136
8.5 思考题.....	136
第9章 智能仪器与自动测试系统.....	137
9.1 概述.....	137
9.2 智能仪器.....	138
9.2.1 智能仪器的概念.....	138
9.2.2 智能仪器的特点.....	138
9.2.3 智能仪器的基本组成.....	139
9.2.4 智能仪器的一般测量过程.....	140
9.3 自动测试系统.....	141
9.3.1 组建自动测试系统的原则.....	141
9.3.2 组建自动测试系统的方法.....	141
9.3.3 自动测试系统的测试过程.....	142

9.4 虚拟仪器和网络化仪器.....	142
9.4.1 虚拟仪器.....	142
9.4.2 网络化仪器.....	144
9.5 小结.....	145
9.6 思考题.....	146
第10章 测量仪器的维护.....	147
10.1 概述.....	147
10.2 实验室抗噪声技术.....	147
10.2.1 实验室干扰的来源.....	148
10.2.2 实验室抗干扰技术.....	149
10.3 仪器的维护与故障诊断.....	149
10.3.1 电子测量仪器的维护.....	149
10.3.2 电子测量仪器的维修与故障诊断.....	152
10.4 小结.....	154
10.5 思考题.....	154
参考文献.....	155

第 1 章 绪 论

1.1 测量的基本概念

1. 测量

测量是通过实验方法对客观世界获取定量信息的过程。测量也是用数字语言来描述周围世界,揭示客观世界规律,进而改造世界的重要手段。测量的具体操作是将被测量与标准量相比较,以确定被测量与选定单位的比值。这个比值与所选单位结合起来,构成测量值。例如,用示波器测量正弦信号的峰-峰值,波形在荧光屏的垂直方向上占据 5 格,垂直偏转灵敏度设置为 $0.1\text{V}/\text{格}$,则被测电压峰-峰值 $V_{p-p}=5\text{格}\times 0.1\text{V}/\text{格}=0.5\text{V}$ 。

从上述测量过程可知,有 3 个成分参与了测量:第 1 个是作为被测对象的正弦信号;第 2 个是作为标准的示波器垂直偏转灵敏度;第 3 个是将被测量与标准量进行比较的设备示波器。因此,测量的实质就是将被测量与标准量在测量设备上进行比较,得出被测量量值的过程。

电子测量是指以电子技术理论为依据,以电子测量仪器和设备为手段,对各种电量和非电量所进行的测量。电子测量中采用的仪器称为电子仪器。电子测量分为两类,一类是对各种电量、电信号及电路元器件的特性和参数进行测量;另一类是通过各种敏感器件和传感装置对非电量进行测量。本书主要讨论第一类电子测量。

2. 国际测量单位制

当前,所使用的测量单位都是国际单位制(SI)。国际单位制中,有 7 个基本的国际单位,如下所示:

(1) 米(m, 长度)。1 米等于光在真空中 $1/299,792,458$ 秒时间间隔内所经过路径的长度{第 17 届国际计量大会(1983)}。

(2) 千克(kg, 质量)。千克是质量单位,它等于国际千克原器的质量{第 1 届国际计量大会(1889)和第 3 届国际计量大会(1901)}。

(3) 秒(s, 时间)。秒是铯 133 原子基态的两个超精细能级之间跃迁所对应的辐射的 $9,192,631,770$ 个周期的持续时间{第 13 届国际计量大会(1967)决议 1}。

(4) 安培(A, 电流)。在真空中,截面积可忽略的两根相距 1 m 的无限长平行圆直导线内通以等量恒定电流时,若导线间相互作用力在每米长度上为 $2\times 10^{-7}\text{N}$,则每根导线中

的电流为 1 A{国际计量委员会(1946)决议 2, 第 9 届国际计量大会(1948)批准}。

(5) 开尔文(K, 温度)。它是热力学温度单位, 是水三相点热力学温度的 $1/273.16$ {第 13 届国际计量大会(1967)决议 4}。

(6) 摩尔(mol, 物质量)。摩尔是一系统的物质的量, 该系统中所包含的基本单元(原子、分子、离子、电子及其他粒子, 或这些粒子的特定组合)数与 0.012 kg 碳¹²的原子数目相等{第 14 届国际计量大会(1971)决议 3}。

(7) 坎德拉(cd, 光强度)。这是一光源在给定方向上的发光强度, 该光源发出频率为 $540 \times 10^{12}\text{ Hz}$ 的单色辐射, 且在此方向上的辐射强度为 $1/683\text{ W/sr}$ {第 16 届国际计量大会(1979)决议 3}。

基本单位是指可以彼此独立地加以规定的物理量单位。由基本单位通过定义、定律及其他函数关系派生出来的单位称为**导出单位**。目前, 大约已有 30 种单位可认为是 SI 的导出单位, 例如频率(Hz)、功率(W)及电阻(Ω)等这样一些很简单的量。

3. 测量与计量

计量是按照规程、由有一定资格的人员使用标准和测量仪器进行的以判别测量器具是否合格为目的的测量。计量是规范测量的测量。计量依法监督测量工具的准确性与测量行为的规范性。建立基准, 建立各级计量标准与量值传递网, 定期检定测量工具, 进行量值统一, 是计量的基本内容。

测量与计量的具体工作对象不同。测量的目的是得到测得值, 计量的目的是保证测量的准确。

测量与计量的划分, 以测量工具的作用为界。测量是用测量工具认识物理量, 依据的是测量工具, 目的是得到被测量的量值; 计量的目的是检查测量工具是否合格, 依据的是标准。简言之, 利用测量工具的是测量, 检查测量工具的是计量。

国家以《计量法》的形式规范测量过程。计量是测量的一种特殊形式, 是测量工作发展的客观需要; 而测量是计量联系生产实际的重要途径, 没有测量就没有计量, 没有计量, 测量数据的准确性、可靠性就得不到保证, 测量就会失去价值。因此, 测量与计量是相辅相成的。

1.2 电子测量的方法与特点

1.2.1 电子测量的方法

为了实现测量、获得测量结果所采用的各种手段和方式称为**测量方法**。测量方法选择的正确与否, 直接关系到测量结果的可信度, 也关系到测量工作的经济性和可行性。不当

和错误的测量方法,除了得不到正确的测量结果外,甚至会损坏测量仪器和被测设备。在测量过程中,必须根据不同的测量对象、测量要求和测量条件,选择正确的测量方法、合适的测量仪器,构成实际的测量系统,进行正确精心的操作,才能得到理想的测量结果。测量方法的分类形式有多种,下面介绍几种常见的分类方式及测量方法。

1. 按测量方法分类

(1) **直接测量**。指直接从电子仪器或仪表上读出测量结果。例如,用万用表电阻档测电阻、用计数器测频率、用电桥测电容、用电压表测电压等。直接测量的特点是不需要对被测量与其他实测的量进行函数关系辅助运算,因此测量过程简单迅速,是工程测量中广泛应用的测量方法。

(2) **间接测量**。指先对几个与被测量有确定函数关系的电参量进行测量,再将测量结果代入表示该函数关系的公式、曲线或表格,最后求出被测量。例如,直接测出电阻 R 的阻值及其两端的电压 U ,由公式 $I=U/R$ 可求出被测电流 I 的值。当被测量不便于直接测量,或间接测量结果比直接测量更为准确时,可采用间接测量方法。例如,通过测量集电极电阻上的电压,再经计算得到晶体管集电极电流,比断开电路串入电流表的方法更为简便易行。

2. 按测量的性质分类

(1) **时域测量**。也叫做瞬态测量,主要测量被测量随时间变化的规律。如用示波器观测脉冲信号的上升沿、下降沿等脉冲参数以及动态电路的暂态过程等。

(2) **频域测量**。又称稳态测量,主要测量被测量与频率之间的关系。如放大器的增益、相移等,常用通过电路的频率特性或频谱特性的分析来测量。

(3) **数据域测量**。也称为逻辑量测量,主要是用逻辑分析仪等设备对数字量和电路的逻辑状态进行分析。数据域测量可以同时观察多条数据通道上的逻辑状态或显示某条数据线上的时序波形,还可以借助计算机分析大规模集成电路芯片的逻辑功能。

(4) **随机测量**。又叫做统计测量,主要是对各类噪声信号、干扰信号进行动态测量和统计分析,这是一项较新的测量技术,尤其是在通信领域有着广泛的应用前景。

1.2.2 电子测量的特点

和其他测量相比,电子测量及电子仪器具有下列主要特点:

(1) **测量速度快**。由于电子测量采用了电子技术,测量速度较快,这对于某些要求快速测量和实时测控的系统来说是很重要的一个特性。

(2) **频率测试范围宽**。测试范围是指能检测到的信号频率的最小值和最大值的范围。电子测试仪器可以检测出非常宽的频率范围——从直流至 300 GHz。不同的频段测量的原理、方法和仪器可能不同。随着电子技术的发展及电子元器件性能的提高,电子仪器的工

作频率也在不断提高。

(3) 测量仪器的量程广。要测量的电量大小往往相差很大,因而电子仪器必须具有宽广的量程。量程是测量范围的上下限值之差或上下限值之比。随着电子测量技术的不断发展,单台测量仪器的量程可以达到很高。例如,高档的数字电压表直接测量电阻值时,可由 $3 \times 10^{-5} \Omega$ 到 $3 \times 10^8 \Omega$, 量程可达 10^{13} 数量级。较完善的电子计数式频率计,其量程可达 10^{17} 数量级。

(4) 测量的精确度高。电子仪器的测量精确度可达到较高的水平。长度测量的最高精确度达 10^{-8} 量级,力学测量的最高精确度达 10^{-9} 量级,而对频率和时间的测量,由于采用了原子频标作为基准,使测量的精确度达到 $10^{-13} \sim 10^{-14}$ 量级,这是目前人类在测量精确度方面达到的最高水平。

(5) 易于实现遥控。电子测量可以通过各种类型的传感器实现遥控、遥测。例如,对于远距离、环境恶劣以及人体不便接触或无法达到的区域(如人造卫星、深海、核反应堆内),可通过传感器或电磁波、光辐射等方式进行测量。

(6) 易于实现测量过程的自动化和测量仪器的智能化。电子测量的测量结果和它所需要的控制信号都是电信号,非常有利于直接或通过模/数转换与计算机相连,实现自动记录、数据运算和分析处理。计算机测试技术则更是充分利用计算机的优势,在计算机上创建智能仪器和智能专家系统,大大增强了仪器的功能,降低了仪器的制造成本。

1.3 电子测量的内容

从广义上讲,凡是利用电子技术进行的测量都可以说是电子测量。由此可见,电子测量的内容是相当广泛的,主要包括以下几方面:

(1) 能量的测量。包括电流、电压、功率、电场强度、电磁干扰及噪声等。

(2) 元件和电路参数的测量。包括电阻、电容、电感、阻抗、品质因数、介质损耗、介电常数及磁导率等。

(3) 电信号特性的测量。包括频率、周期、时间、相位、波形参数、脉冲参数、调制参数、频谱、失真度、信/噪比及数字信号的逻辑状态等。

(4) 电子电路性能的测量。包括增益或衰减、频率特性、灵敏度、分辨力、噪声系数、反射系数、电压驻波比及晶体管的 β 值等。

上述各种电参数中,频率、时间、电压、相位、阻抗是基本的电参量,对它们所进行的测量也是其他许多派生参数测量的基础。

1.4 电子测量仪器的分类和应用

测量仪器是将被测量转换成可供直接观察的指示值或等效信息的器具,包括各类指示仪器、比较仪器、记录仪器、传感器和变送器等。利用电子技术对各种被测量进行测量的设备,统称为电子测量仪器。表 1-1 为常用电子测量仪器与测量内容。在后续章节中将详细分析表 1-1 中所列的测量方法和测量对象的特点,并详细分析相应的测量仪器的结构、原理、特性及应用。

表 1-1 常用电子测量仪器及其应用

测量方法	测量仪器	主要应用范围
时域测量	测量信号源	提供测量用的信号,如正弦、脉冲、函数、噪声信号等
	电子电压表	对正弦或周期性非正弦电压的峰值、有效值、平均值进行测量
	电子计数器	测量信号的频率、频率比、周期、时间间隔和累加计数等
	电子示波器	实时测量不同波形信号的电压值、周期、相位、频率、脉冲信号的前沿、脉冲、时间延迟等
频域测量	频率特性测试仪	测量电子线路的幅频特性、带宽、回路的 Q 值等
	频谱分析仪	测量电路的频谱、功率谱等振幅传输特性和相移特性
	网路分析仪	对网络特性进行测量
逻辑域测量	数字信号发生器	提供串行、并行数据及任意波形信号
	逻辑分析仪	监测数字系统的软、硬件工作程序
	数据通讯分析仪	数据通讯网和传输设备的误码、延时、告警和频率的测量
随机测量	噪声系数分析仪	测量噪声信号
	电磁干扰测试仪	测量电磁干扰信号

1.5 测量技术及仪器的发展趋势

电子技术的发展过程,也就是电子测量与仪器发展的过程。它们相辅相成,互相促进,走在科学技术发展的前列。

(1) 向多功能、多参数、高速度、高精度、高可靠性、宽频带和智能化方向发展,以满足现代化大生产和现代科学技术等测量的需要。随着数字技术、锁相技术、频率合成技术和取样技术的出现,电压测量仪器的水平有所提高,像频谱分析仪、频谱合成器这样的最新代表性仪器相继产生。自动测试系统的出现是电子测量技术、自动控制及计算机技术密切合成的成果,是电子测量技术的又一次飞跃,真正实现了高速度、高精度、多参数和多功能的测量。

(2) 向实用性、小型化、数字化的通用或单一用途及价格低廉的方向发展,以满足各

方面的应用。由大规模集成电路和超大规模集成电路构成的新型数字仪表及高档小型智能仪器的问世,标志着电子仪器领域的重大发展,也开创了现代电子测量技术的先河。

(3) 虚拟仪器。虚拟仪器是一种功能意义上的仪器,通常是指以计算机为核心,由强大的测试应用软件支持的,具有虚拟面板、足够的仪器硬件及通讯功能的信息处理系统。虚拟仪器的出现是电子测量仪器领域的一场革命,改变了传统仪器的概念、模式和结构,用户完全可自定义仪器。虚拟仪器以其特有的优势显示了强大的生命力。

(4) 网络化测量仪器。随着计算机技术、传感器技术、网络技术与测量、测控技术的结合,使网络化、分布式测控系统的组建更为方便。以 Internet 为代表的计算机网路技术的迅速发展及相关技术的不断完善,使得计算机网路的规模更大、应用更广。在国防、通讯、航空、航天、气象及制造等领域,对大范围的网络化测控将提出更迫切的要求。网路技术也必将在测控领域得到广泛的应用,网络化仪器很快会发展并成熟起来,从而有力地带动和促进现代测量技术即网络测量技术的进步。也许在不久的将来,地球将披上一层由大量各种各样电子测量仪器设备组成的“通讯外壳”,它们将负责监控城市、公路甚至整个环境,并会随时将测得的数据信息直接输入网络。与其他行业一样,测量技术与仪器也将在网络时代发生革命性的变化。

1.6 小 结

本章介绍了电子测量的基本概念、电子测量的方法与特点、电子测量的内容、电子测量仪器的分类和应用、测量技术及仪器的发展趋势等。

通过本章的学习,要求建立起电子测量技术的基本概念,了解电子测量技术的基本知识,掌握电子测量的方法和仪器的应用。

1.7 思考题

1. 什么是测量,什么是电子测量?
2. 按具体测量对象来区分,电子测量包括哪些内容?
3. 电子测量技术有哪些优点,常用的电子测量仪器有哪些?