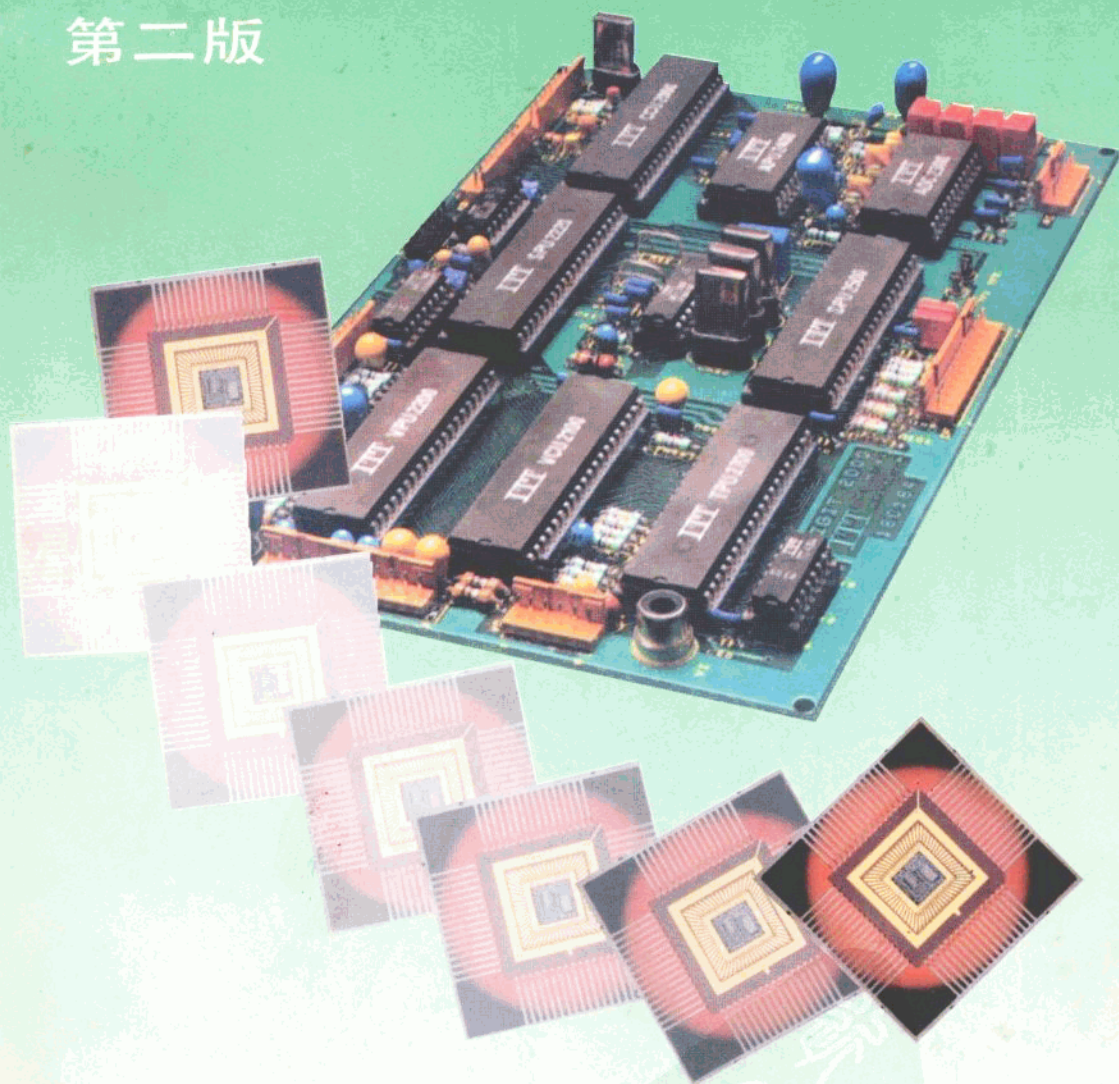


全国技工学校电子类通用教材

电子测量与仪器

第二版



中国劳动出版社

全国技工学校电子类通用教材

电子测量与仪器

(第二版)

技工学校电子类专业教材编审委员会组织编写

中国劳动出版社

本书是根据劳动部职业技能开发司、电子工业部人事教育司审定颁发的《电子测量与仪器教学大纲》编写,供技工学校电子类专业使用的通用教材。

本书内容包括:电子测量与仪器的基础知识、电压测量、集中参数元件的测量、频率和相位的测量、失真系数和调制系数的测量、信号发生器、通用示波器及应用、网络幅频特性的测量、半导体器件测量仪及应用,以及实验课的有关内容等。

本书也可作为工人培训教材和职工自学用书。

本书第一版由郭兴环、脱朝元、王宇编写,郭兴环主编;王秉钧审稿。第二版由伍湘彬编写;赵裔明、邵培成审稿,赵裔明主审。二版作者是采用公开招标、编委会审定的方式产生。

图书在版编目(CIP)数据

电子测量与仪器/伍湘彬主编. —2版. —北京:中国劳动出版社,1995

ISBN 7-5045-1617-1

I. 电… II. 伍… III. ①电气测量-基本知识 ②电子仪器-基本知识 IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 03246 号

电子测量与仪器

(第二版)

技工学校电子类专业教材编审委员会组织编写

责任编辑 万象

中国劳动出版社出版

(100029 北京市惠新东街1号)

中国铁道出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1988年2月第1版 1995年5月第2版

1998年3月北京第14次印刷

开本:787×1092毫米 1/16 印张:13.75

字数:339千字 印数:25000册

定价:12.90元

说 明

在电子工业主管部门和劳动部的领导及组织下,经过编审、出版工作人员的共同努力,在“六五”、“七五”期间,有 37 种技工学校电子类无线电整机、电子计算机、电子元器件专业的教材出版,基本上满足了教学的需要。

为适应电子工业发展的新形势,贯彻中央有关教学改革的精神,在总结技工学校电子类教材编审、出版工作经验的基础上,按照各专业新的教学计划和教学大纲,我们对电子类教材分期、分批进行修订、补充和配套。今后还将适时开拓其它有关专业的教材。在修订和新编教材的工作中,贯彻改革的精神,注意提高教材质量;以培养中级电子技术工人目标,使内容符合电子工业工人技术等级标准的要求;强调阐明电子专业的基础理论、基本知识,培养学生的基本操作技能,努力做到理论与实际密切结合;在教材中适当反映电子工业生产中采用的新技术、新工艺、新设备和新材料,并贯彻国家和行业的现行技术标准。

在教材的编审工作中,得到北京、天津、上海、四川、陕西、广东、江苏等省、市电子、劳动厅(局)和有关技工学校的大力支持;参加编审工作的专家、技校教师、工程技术人员付出了辛勤的劳动,在此特致以诚挚的谢意。为了进一步提高教材质量,欢迎使用的同志对内容提出宝贵的意见。

技工学校电子类专业教材编审委员会

1994 年

前 言

电子工业部与我部密切配合,从1979年开始,共同组织编审出版了技工学校电子类专业教材。这是件具有现实意义和深远意义的工作。

职业技术教育是国家工业化和现代化的重要支柱。现代电子技术,特别是计算机技术的发明和发展,使人类社会发生了一场真正的革命。因此,一个国家的国力是否强大,一定程度上可以用科学技术尤其是电子技术在经济和社会各个领域应用的广度、深度和由此形成的实力来衡量。在今日中国的教育、科研、国防和经济领域里,电子技术的应用日益广泛,已有数以百万计的计算机在运转,而且数量还在不断增长。企业的生产管理和制造技术因此正在发生巨大变革。但是,从传统的制造和管理方法向电子化、采用计算机控制技术过渡并非易事,主要是在安装和操作新设备上,实质上是在人员素质方面,遇到了不少困难。所以,编写新的教材,努力培养大批懂得现代电子技术的人才,已成为尽快提高劳动生产率、产品质量和管理水平的当务之急。实践证明,推动电子技术进步和提高劳动者素质,是密切结合、互相促进的,两者缺一不可。

我国已把提高劳动者素质,即培养提高技术工人和后备劳动者的技术业务素质,摆到非常重要的位置。因此,组织编审出版技工学校电子类专业教材是十分必要的。已经出版使用的电子类教材,从最初解决教材有无问题,到逐步提高质量、增编实习教材、重视加强基本技能训练,对培养中级电子技术工人起到了积极的作用。

我相信,在广大编审、出版工作者的共同努力下,在实践中,技工学校电子类专业教材将更加完善,成为有权威的、质量一流的教材。在此,我谨向电子工业部和全体编审人员,以及为教材的出版发行做出贡献的人们表示真诚的感谢。

中华人民共和国劳动部副部长 令狐安

1993年

技工学校电子类教材目录

- | | |
|-------------------|----------------|
| 数学 | 收录机原理调试与维修 |
| 物理 | 录像机原理调试与维修 |
| 英语 | 数字逻辑电路(第二版) |
| 机械制图与电气制图(第二版) | BASIC 语言(第二版) |
| 机械制图与电气制图(第二版)习题集 | PASCAL 语言 |
| 电子电路基础(第二版) | 程序设计基础 |
| 电子电路基础(第二版)习题册 | 操作系统 |
| 电工基础 | 微型计算机软件及应用 |
| 电工基础习题册 | 微型计算机原理(第二版) |
| 脉冲与数字电路 | 微型计算机外围设备 |
| 微型计算机入门 | 半导体物理与器件 |
| 单片微型计算机原理与应用 | 半导体器件制造工艺 |
| 无线电基础(第二版) | 基本操作技能 |
| 电子测量与仪器(第二版) | 电视机装配调试与维修 |
| 无线电整机装配工艺基础 | 微型计算机操作实习(第二版) |
| 电视机原理调试与维修 | |

目 录

第一章 电子测量与仪器的基础知识	1
§ 1—1 电子测量的基础知识.....	1
§ 1—2 测量误差.....	3
§ 1—3 电子测量仪器的基础知识.....	7
习题	10
第二章 电压测量	11
§ 2—1 概述	11
§ 2—2 电压测量的基本原理和方法	12
§ 2—3 模拟式电压表	14
§ 2—4 数字式电压表	21
§ 2—5 数字式万用表	28
习题	31
第三章 集中参数元件的测量	33
§ 3—1 概述	33
§ 3—2 电桥测量法及其仪器	34
§ 3—3 谐振测量法及其仪器	41
习题	48
第四章 频率和相位的测量	49
§ 4—1 概述	49
§ 4—2 频率测量的基本方法	50
§ 4—3 电子计数器	53
§ 4—4 相位测量	64
习题	67
第五章 失真系数和调制系数的测量	68
§ 5—1 概述	68
§ 5—2 失真系数的测量	70
§ 5—3 调制系数的测量	74
习题	79
第六章 信号发生器	80
§ 6—1 概述	80
§ 6—2 低频信号发生器	81

§ 6—3 高频信号发生器	85
§ 6—4 标准信号发生器	90
§ 6—5 调频立体声信号发生器	97
§ 6—6 黑白/彩色电视信号发生器	103
习题	107
第七章 通用示波器及应用	109
§ 7—1 概述	109
§ 7—2 示波管及波形显示原理	110
§ 7—3 通用示波器	115
§ 7—4 XJ4312 型双踪示波器	123
§ 7—5 示波器的应用	130
习题	133
第八章 网络幅频特性的测量	134
§ 8—1 概述	134
§ 8—2 扫频仪工作原理	135
§ 8—3 AH1254B 型宽带扫频仪	138
§ 8—4 扫频仪的应用	143
习题	147
第九章 半导体器件测量仪及应用	148
§ 9—1 概述	148
§ 9—2 晶体管特性图示仪	149
§ 9—3 晶体管特性图示仪的应用	157
§ 9—4 集成电路测试仪	168
习题	173
实验一 电压测量及电压表的使用	174
实验二 万用电桥及高频 Q 表的使用	176
实验三 频率和周期的测量及电子计数器的使用	178
实验四 BS1 型失真度测量仪及 BE1 型调制度测量仪的使用	180
实验五 示波器的单踪显示与测试	181
实验六 示波器的双踪显示及 X—Y 方式与测试	183
实验七 扫频仪的使用与测试	187
实验八 XJ4810 型半导体管特性图示仪的基本操作及二极管的测试	188
实验九 晶体三极管的测试	190
综合实验一 AM 收音机中频频率及覆盖频率的调整	193
综合实验二 电视机波形的观测	194
附录	195

第一章 电子测量与仪器的基础知识

§ 1—1 电子测量的基础知识

一、电子测量的意义及发展趋势

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。如今,电子测量已成为一门发展迅速、应用广泛、精确度愈来愈高、对现代科学技术的发展起着巨大推动作用的独立学科。

电子测量在电子工业中的地位尤为显著。电子工业的研究对象及产品无一不与电子测量紧密联系,从元器件的生产到大型电子设备的组装、调试都离不开电子测量。如果没有统一和精确的电子测量,就无法对产品的技术指标进行鉴定,也就无法保证产品的质量。实践证明,电子测量是衡量一个国家科学技术水平的重要标志之一。

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。取样技术、扫频技术、锁相与频率合成技术、低噪声放大技术以及数字电路技术等,曾是促进电子测量与仪器发展的重要技术基础,在电子测量的发展史上起过重要作用,而且至今仍是电子测量与仪器的支柱。然而,微型计算机技术与上述电子技术以及它们所依赖的理论相结合,将会使电子测量与仪器以惊人的速度不断向前发展。在今后的几年时间内,电子测量与仪器将向两个方面发展:一是向多功能、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试需要;二是向实用化、小型化、数字化的通用或单一用途及廉价方向发展,以满足各方面的应用。

二、电子测量的主要内容及特点

1. 电子测量的主要内容

电子测量主要包括如下几项内容。

- (1) 电能量的测量。包括电流、电压、功率等。
- (2) 电信号特性的测量。包括频率、周期、相位、噪声、调幅度、逻辑状态等。
- (3) 电路元器件参数的测量。包括电阻、电容、电感、 Q 值、晶体管电流放大倍数、正向压降等。
- (4) 电路性能的测量。包括增益、衰减量、灵敏度、频率特性等。
- (5) 各种非电量通过传感器转化为电量后的测量。包括温度、位移、压力、重量等。

2. 电子测量的特点

与其它测量相比,电子测量具有以下几个明显的特点。

- (1) 测量频率范围宽 电子测量的频率范围可达百千兆赫。这一特点使电子测量具有非常

广泛的应用范围。如果利用各种传感器,几乎可以测量全部电磁频谱的物理量。当然,对于不同频段的测量,需要采用不同的测量仪器、测量原理和方法。

(2)量程广 量程是指测量范围的上限值与下限值之差。电子测量所测的电量大小相差极大。例如,从宇宙飞船上发射传到地面的信号功率通常低于 10^{-13}W ,而远程雷达向空中发射的功率却高达 10^6W 以上,量程覆盖了 21 个数量级。电子测量的这一特点,也就要求电子测量仪器应该具有足够的量程。

(3)测量准确度高 电子测量比其它测量的准确度高得多。例如,长度测量的准确度高仅为 10^{-8} ,而用电子测量方法对频率和时间的测量,由于采用原子频标和原子秒作基准,可使测量准确度高达 10^{-13} 量级,这是目前人类在测量史上准确度能够达到的最高标准。电子测量的这一特点,也是它在现代科学技术中得到广泛应用的重要原因之一。

(4)测量速度快 由于电子测量是基于电子运动和电磁波传播的原理进行,因此,它具有与其它测量无可类比的高速度,这也是它在现代科学技术中得到广泛应用的另一个重要原因。

(5)易于实现遥测和测量过程的自动化 通过某种途径对人体不便于接触或无法达到的区域(如深海、地下、高温炉、核反应堆内等)进行的测量,称作遥测。显然,通过传感器或电磁波、光、辐射等方式进行遥测是不难做到的。

随着大规模集成电路和微处理器的发展,尤其是测量仪器通用接口(即 IEEE—488 接口母线)的研制成功,使电子测量仪器与计算机及其有关设备所组成的各种自动化的测量系统成为可能,从而使得在测量过程中自动转换量程、自动调节、自动校准、自动记录、自动进行数据处理及自动修复成为现实。

三、电子测量的方法及测量结果的表示

1. 电子测量的方法

电子测量的方法正确与否,直接关系到测量工作能否正常进行及测量结果是否可靠。所以,测量方法是测量过程中至关重要的一步。电子测量有以下两种方法。

(1)直接测量法 指能直接得到被测量值的测量方法。例如,用万用表电阻档测量某只电阻器的阻值,这种方法即为直接测量法。

(2)间接测量法 指通过对与被测量成函数关系的其它量进行测量,取得被测量值的测量方法。例如,通过测量电阻 R 两端的电压 U 和流过电阻中的电流 I ,然后利用 $R=U/I$ 的关系求得电阻值的方法,即为间接测量法。

应当指出:从直读式仪器(仪表)上获得测量结果的方法不一定是直接测量法;将被测量与标准量进行比较进而获得测量结果的方法也不一定是间接测量法。目前有些教科书还列有“组合测量法”,但间接测量法与组合测量法之间并没有根本的区别,它们只是间接的层次不同而已,所以本书没有专门把组合测量作为一种方法来阐述。

2. 测量结果的表示

测量结果通常有两种表示方式:一种是数字,另一种是图形。图形可以在测量仪器的显示屏上直接显示出来,也可以通过对数据进行描点作图而成。用数字表示的测量结果包含两部分的内容,即数值和单位,如 -9.72V , 680kHz 等。没有标明单位的测量结果是毫无意义的。

为了说明测量结果的可信赖程度,在表示测量结果时,还应同时注明其测量误差的大小。

当只给出测量数值而没有注明其误差大小时,通常可认为该数值的最后一位存在 ± 1 个单位的误差。例如,3.29可理解为 3.29 ± 0.01 ,即该数值的变化范围为 $3.28 \sim 3.30$ 。

下面再讨论数值的有关问题。

(1)有效数字与欠准数字 有效数字是指组成一个数的全部数字(从0到9的数字)。其中,最末一位数字又称为欠准数字。因为最末一位数字往往是通过估计而得到的。例如,某电压表的读数为9.68V,由于这三位数字对于表达一个电压值来说是必不可少的,因而它们都是有效数字,但数字“8”是估读出来的,所以它又是欠准数字。

应当特别注意“0”这个数字的使用。例如,某电流值为0.690A,小数部分最后的“0”与测量结果关系颇大,若将其舍去,此时的测量结果将变为0.69A,其测量误差将变为 ± 0.01 A,这与原来的 ± 0.001 A相差了一个数量级。可见,小数部分最后的数字“0”是有效数字,不能随意舍去。

(2)多余有效数字的舍去方法 当一个测量数值的位数超出事先指定的保留位数,或者超出测量精度时,超出的位数则是多余的。对于测量数值中多余的有效数字应予舍去,其舍去方法如下:

- 1)舍去时从最后一位数字开始,逐个向前进行;
- 2)大于5时舍后向前进1,小于5时舍后不进位;
- 3)恰好等于5时统一使用“偶数原则”,即5之前是奇数则舍后进1,5之前是偶数则舍后不进位。

例1 将下列数值中的有效数字保留到小数后二位:828.358、828.354、828.745、828.735。

解 处理后的数字如下:

828.358 $\rightarrow$ 828.36 828.354 $\rightarrow$ 828.35

828.745 $\rightarrow$ 828.74 828.735 $\rightarrow$ 828.74

例2 假设测量数值分别为823.03454和823.995,已知测量误差为0.05,试处理上述的有效数字。

解 因为测量精度保留到小数后二位,故测量数值也应与其对齐,处理后的有效数字如下:

823.03454 $\rightarrow$ 823.03 823.995 $\rightarrow$ 824.00

§ 1—2 测量误差

一个被测量的实际大小,称为该被测量的真值。被测量的真值是一种客观存在。然而,在实际测量过程中,由于人们认识的局限性,测量手段的不完善或测量工具的不准确等因素的影响,真值是得不到的。一般认为,保存在国际(国家)中的基准,按定义规定在特定条件下的值即是真值。

任何测量仪器的测量值都不可能完全准确地等于被测量的真值,这个差异就称为测量误差。

一、测量误差的来源

1. 仪器误差

仪器(仪表)本身的误差称为仪器误差,这是测量误差的主要来源之一。指针式仪器(仪表)的零点漂移、刻度误差以及非线性引起的误差,数字式仪表的量化误差,比较式仪器中标准量本身的误差均属于此类误差。

2. 方法误差

由于测量方法不合理而造成的误差称为方法误差。例如,用普通万用表测量高内阻回路的电压是不合理的,但若由于认识不清而采用了这种测量方法,则由此引起的误差就是方法误差。

3. 理论误差

由于测量方法建立在近似公式或不完整的理论基础之上,或是用近似值来计算测量结果,则由此而引起的误差便称为理论误差。

4. 影响误差

由于环境因素与要求的条件不一致而造成的误差,称为影响误差。影响误差也是测量误差的主要来源之一。例如,当环境温度、预热时间或电源电压等因素与要求不一致时,将会产生误差,这就是影响误差。

5. 人身误差

由于测量者的分辨能力、疲劳程度、固有习惯或责任心等因素而引起的误差,称为人身误差。例如,对最后一位数的估读能力差,或念错读数,或习惯斜视等引起的误差均属于此类误差。

二、测量误差的表示方法

1. 绝对误差

(1)定义 被测量的测量值 x 与其真值 A_0 之差,称为绝对误差。绝对误差用 Δx 表示,则

$$\Delta x = x - A_0 \quad (1-1)$$

当 $x > A_0$ 时,绝对误差是正值,反之为负值。可见, Δx 是具有大小、符号和量纲的数值。

由于真值 A_0 不易得到,所以,实际中通常用精度高一级或高出数级的标准仪器或计量器具所测得的数值来代替真值,称该数值为实际值,用 A 表示,则这时的绝对误差可表示为

$$\Delta x = x - A \quad (1-2)$$

这是通常使用的绝对误差表达式。

(2)修正值 与绝对误差大小相等、符号相反的量值称为修正值,一般用 C 表示

$$C = -\Delta x = A - x \quad (1-3)$$

修正值是由计量部门检查确定的。测量时,利用已知的修正值与测得的数值相加,就可算出被测量的实际值

$$A = C + x \quad (1-4)$$

应当注意,使用的修正值应在仪器的检定有效期内,否则无法保证量值传递的准确性。其次,修正值不一定就是具体的数值,也可以是曲线、公式或表格。

对于自动化程度较高的测量仪器,可以将修正值编成程序储存在仪器中,测量时由仪器自

动进行修正。

例 3 某电流表的量程为 1mA,通过检定知其修正值为 -0.02mA 。用该电流表测量某一电流,其示值为 0.78mA ,试问被测电流的实际值和测量中存在的绝对误差各为多少?

解 1)求被测电流的实际值

$$A = C + x = -0.02 + 0.78 = 0.76\text{mA}$$

2)求绝对误差

$$\Delta x = x - A = 0.78 - 0.76 = 0.02\text{mA}$$

本例中,绝对误差也可以由修正值直接求得,即 $\Delta x = -C = 0.02\text{mA}$ 。

2. 相对误差

绝对误差虽然可以说明测量值偏离实际值的程度,但不能说明测量的准确度。为了表征这一特点,应当采用相对误差。相对误差有以下几种表示方法。

(1)实际相对误差 r_A 绝对误差 Δx 与被测量的实际值 A 的百分比,即

$$r_A = \frac{\Delta x}{A} \times 100\% \quad (1-5)$$

(2)示值相对误差 r_x 绝对误差 Δx 与仪器(仪表)的示值 x 的百分比,即

$$r_x = \frac{\Delta x}{x} \times 100\% \quad (1-6)$$

对于一般的工程测量,用 r_x 来表示测量的准确度较为方便。

(3)满度相对误差 r_m 又称引用相对误差,是绝对误差 Δx 与仪器(仪表)的满度值 x_m 的百分比,即

$$r_m = \frac{\Delta x}{x_m} \times 100\% \quad (1-7)$$

满度相对误差主要用于表示仪器(仪表)的准确度等级。电工仪表常分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 和 5.0 共七个级别,这些准确度等级就是按照满度相对误差来划分的。例如,准确度为 0.5 级的电表,意味着它的 $r_m \leq \pm 0.5\%$ 。

应当指出,测量结果的准确度一般总是低于仪器(仪表)的准确度,比较式(1-6)与式(1-7)可知,只有当示值 x 等于满度值 x_m 时,二者才是相等的。因此,当使用指针式电表进行测量时,应注意选择合适量程使指针的偏转位置尽可能处于满度值 $2/3$ 以上的区域。

例 4 试求例 3 中的示值相对误差及电流表的准确度等级。

解 1)求示值相对误差

$$r_x = \frac{\Delta x}{x} \times 100\% = \frac{0.02}{0.78} \times 100\% = 2.56\%$$

2)求准确度等级

$$\therefore r_m = \frac{\Delta x}{x_m} \times 100\% = \frac{0.02}{1} \times 100\% = 2\%$$

$\therefore$ 电流表的准确度等级为 2.5 级。

(4)分贝误差 r_{dB} 这是一种用分贝(dB)表示的相对误差。当误差值 $r_x \ll 1$ 时,它与示值相对误差之间存在如下的简单关系。

对于电流、电压类的电参数:

$$r_{dB} = 8.69 r_x (\text{dB}) \quad (1-8)$$

对于功率类的电参数:

$$r_{dB} = 4.34 r_x (\text{dB}) \quad (1-9)$$

例如, DW—3 型高频微伏表测电压时的误差为 1.5dB, 如用示值相对误差表示, 则为

$$r_x = 1.5 \times 0.115 \approx 0.17 = 17\%$$

综上所述, 除分贝误差外, 其它的相对误差都是一个只有大小和符号, 而没有量纲的百分数。

三、测量误差的分类

根据性质与特点的不同, 测量误差可以分为系统误差、随机误差和粗大误差。

1. 系统误差

系统误差是指在相同条件下重复测量同一个量值时, 其误差的数值保持恒定或按某种确定函数规律变化的误差。根据系统误差表现出来的特点, 系统误差还可以继续细分, 如图 1—1 所示。

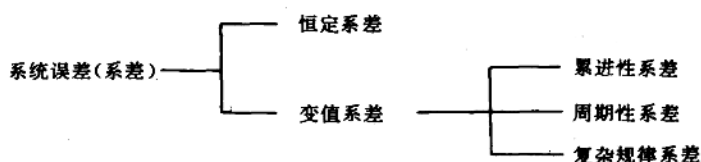


图 1—1 系统误差分类图

系统误差决定了测量的准确度。系统误差越小, 测量结果越准确。系统误差说明测量结果偏离被测量真值的程度。

产生系统误差的原因很多, 主要有: 仪器误差、人身误差、影响误差、理论误差和方法误差等。

2. 随机误差

随机误差是指在相同条件下, 多次测量同一量值时, 其数值的大小和性质均以不可预测的方式变化的误差。随机误差又称偶然误差。

随机误差的特点是, 就一次测量而言, 其误差没有规律可循, 但在多次测量中误差绝对值的波动有一定界限, 正负误差出现的机会相同, 可以互相抵消。

随机误差决定了测量的精密度。随机误差越小, 测量结果的精密度越高。

产生随机误差的原因有: 仪器内部器件和零部件产生的噪声; 温度及电源电压的不稳定; 电磁干扰; 测量人员感觉器官的无规律变化等。

3. 粗大误差

粗大误差是指那些在一定条件下测量结果明显偏离实际值所对应的误差。粗大误差又称粗差或差错。

产生粗大误差的原因有: 测量方法不当; 测量者粗心; 突发事件等。

综上所述, 对于含有粗大误差的测量值, 一经确认, 应当首先予以剔除; 对于随机误差, 可以采用统计学求平均值的方法来消除、减弱它的影响; 系统误差难以发现, 是测量中影响精度的主要原因, 所以在测量前必须采取一定的技术措施来减小它的影响。

§ 1—3 电子测量仪器的基础知识

电子测量仪器是利用电子器件和线路技术组成的装置,用以测量各种电磁参量或产生供测量用的电信号。电子测量仪器配上适当的换能器,还可以测量其它的非电量。它是所有测量仪器中性能最好,用途最广,发展迅速的一类。

电子测量仪器伴随着电子技术的发展而发展。20年代发展起来的电子管仪器,由于采用了放大器,使灵敏度、内阻、工作频率均得到了提高,但体积较大,又较笨重。50年代发展起来的晶体管仪器,体积、重量大为减小,但多为指针式仪器,存在测量速度慢、测量误差大等缺点。到了70年代,用集成电路构成的数字式仪器,以数码代替指针偏转,提高了速度,又便于读数。当前,电子测量仪器已逐步趋向多功能、集成化、数字化,尤其在计算技术及微处理器引入仪器之后,又进一步向自动化、系统化和智能化方面迅速发展。

在旧的仪器还没有完全淘汰,新的现代化的仪器又层出不穷的今天,作为电子类专业的技工学生学习电子测量仪器的有关知识,具有重大的现实意义。

一、电子测量仪器的特点

电子测量仪器具有其它测量仪器不可比拟的优越性,具体表现在以下几个方面。

1. 灵敏度高、量程广。利用放大、衰减电路可以测量极微弱和极大的电量。
2. 频率范围宽。运用变频、取样等技术使仪器可工作于直流至数百千兆赫的频率范围。
3. 测量速度快。测量过程是靠电子在电路中的运动来完成。
4. 测量结果精确、易读。根据需要可用指针指示、荧光屏或数码显示,打印记录也可。
5. 易于实现测量系统的自动化、智能化。

二、电子测量仪器的分类

电子测量仪器品种繁多,常按以下几种方法分类。

1. 按功能分类

电子测量仪器原则上可分为专用仪器和通用仪器两大类。专用仪器是为特定目的而专门设计制造的,它只适用于特定的测量对象和测试条件。通用仪器有较宽的使用范围,它的通用性强,灵活性好。专用和通用仪器可按各自的特定功能进行再分类。图1—2所示是通用电子仪器按功能分类的情况。

2. 按频段分类

频段不同,使用场合也不同。电子测量仪器通常可分成:超低频类、低频类、高频类和超高频类。每类中还可按功能再加以区分。

3. 按工作原理分类

电子测量仪器可分为模拟式电子仪器和数字式电子仪器。前者是指具有连续特性并与同类模拟量相比较的仪器,如电子电压表、信号发生器等;后者是指通过模/数转换把具有连续性的被测量变换成数字量,再显示其结果的仪器,数字式电压表、电子计数器等均属于这一类仪器。

4. 按精度和使用环境分类

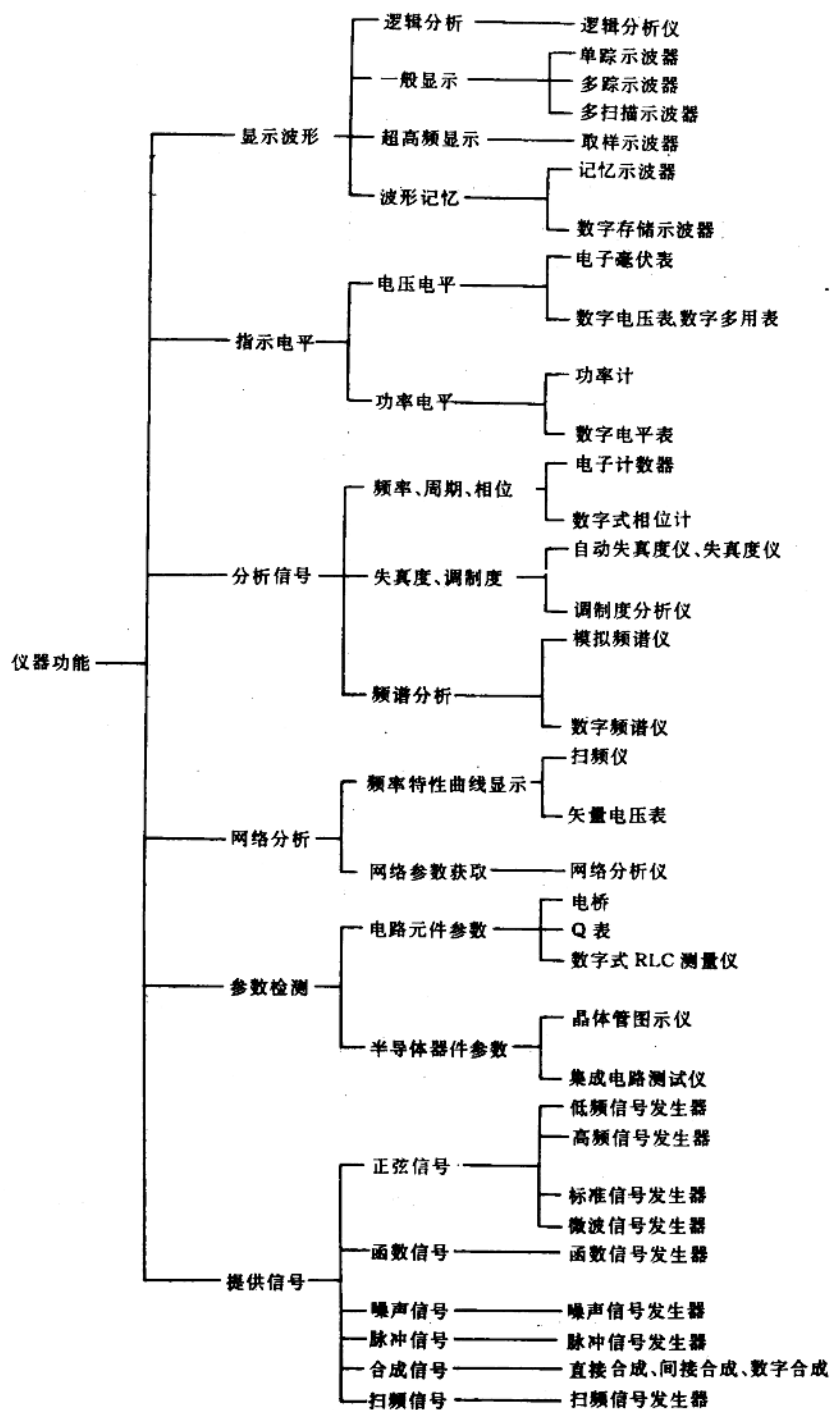


图 1—2 通用电子仪器按功能分类图

精度等级常与使用环境有关。按电子工业部的部颁标准规定,电子测量仪器的使用环境分为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ组。

Ⅰ组:应在良好环境中使用,操作要细心,只允许受到轻微的震动。

Ⅱ组:可在一般环境中使用,允许受到一般的震动和冲击。

Ⅲ组:可在恶劣环境中使用,允许在频繁的搬动和运输中经受较大的震动和冲击。

各组的环境条件如表 1—1 所示。

表 1—1 电子测量仪器环境条件

组 别	额 定 使 用 范 围 试 验				
	温 度			湿 度	
	最低(℃)	最高(℃)	试验时间(h)	相对湿度%(℃)	试验时间(h)
Ⅰ	+10	+35	4	80(35)	48
Ⅱ	-10	+40	4	80(40)	48
Ⅲ	-40	+55	4	90(35)	48

组 别	贮 存、运 输 条 件 试 验						
	温 度				湿 度		
	最低(℃)	最高(℃)	试验时间(h)	恢复时间(h)	相对湿度%(℃)	试验时间(h)	恢复时间(h)
Ⅰ	-40	+55	4	4	90(40)	48	24
Ⅱ	-40	+55	4	4	90(40)	48	24
Ⅲ	—	+70	4	4	—	—	—

三、测试系统的组成

测试系统是由一些功能不同的环节所组成,这些环节保证了由获取信号到提供观测的最必要的信号流程功能。从完成测试任务的角度来看,测试系统大致可以分为两种,即对主动量的测试和对被动量的测试,如图 1—3 所示。

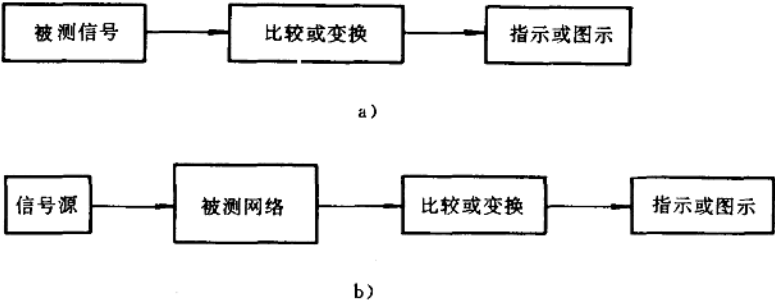


图 1—3 测试系统组成方框图

a)对主动量的测试 b)对被动量的测试

图 a 中,被测信号即为测试对象,在整个测试系统中,它是自发的,因而是主动的。图 b 中,测试对象是被测网络中的某个特性参数,它只有在信号源的激励下才能产生,因而是被动的。信号由信号发生器提供。比较或变换环节用于对测试对象进行加工,如放大、调制与解调、阻抗变换、线性化、数/模或模/数转换等等,使之成为合乎需要,便于输送、显示或记录以及可作进