

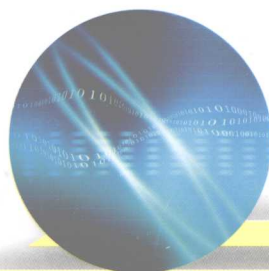
面向
21世纪

高等职业技术教育电子电工类专业“十一五”规划教材

电子测量仪器

主编 吴生有
主审 赵连成

参编 燕莎 王迎尉 胡怡



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

XDUP
封面设计

241600
陕西伟泰广告有限公司

面向21世纪高等职业技术教育电子电工类专业“十一五”规划教材

模拟电子技术

数字电子技术

电路分析基础

电工基础

高频电子线路

电工与电子技术

电视原理与技术

电子设计自动化

电工基本技能训练

电子技能实训

电子测量仪器

计算机辅助设计Protel

ISBN 978-7-5606-2124-1



9 787560 621241 >

定价：14.00元

面向 21 世纪

高等职业技术教育电子电工类专业“十一五”规划教材

电子测量仪器

主编 吴生有

参编 燕 莎 王迎尉 胡 怡

主审 赵连城

西安电子科技大学出版社

2008

内 容 简 介

本书较为全面地介绍了电子测量和仪器的基本知识、电子测量仪器的工作原理、使用方法以及工程应用。

全书共 8 章。内容包括电子测量与仪器的基本知识,电子电压表、电子示波器、信号发生器、通用电子计数器、扫频仪、电子元器件测量仪器和计算机测试仪器等。

本书可作为高职高专电子、通信、自动化控制与检测、工业电气化及计算机技术等专业的教材,也可作为培训教材及电子技术工程人员的学习参考用书。

★本书配有电子教案,需要者可登录出版社网站,免费下载。

图书在版编目(CIP)数据

电子测量仪器/吴生有主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2008.11

面向 21 世纪高等职业技术教育电子电工类专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2124-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 141040 号

策 划 马乐惠

责任编辑 徐德源 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

http: //www. xduph. com E-mail: xdupfxb001@163. com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2008 年 11 月第 1 版 2008 年 11 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 10

字 数 228 千字

印 数 1~4000 册

定 价 14.00 元

ISBN 978-7-5606-2124-1/TN·0460

XDUP 2416001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

面向 21 世纪高等职业技术教育
电子电工类专业“十一五”规划教材

编委会名单

主任委员：唐政平

副主任委员：周 雪 白乃平 王 瑛 郭宗智 张慧玲

委 员：(按姓氏笔画排列)

马安良 方 彦 冯彦炜 毕恩兴

朱晓红 张凌云 肖志锋 吴生有

苏生荣 郭继文 程民利

前 言

本书是陕西省高等职业技术教育电子电工类“十一五”规划教材之一,在陕西省高等职业技术教材编写委员会的指导下,由西安电子科技大学出版社组织编写。

“电子测量仪器”是高职高专电子电工类专业的重要课程。通过该课程的学习,将使学
生较为全面地了解电子测量仪器和电子测量技术的专业知识,同时使学生较为系统地学习和掌握电子测量仪器和测试系统的工程应用,为今后的学习和工作打下良好的基础。

全书共分8章。第1章电子测量与仪器的基本知识,介绍电子测量的内容与特点、电子测量仪器分类、测量误差及数据处理等;第2章电子电压表,介绍各种模拟交流电压表和数字电压表的工作原理及其使用等;第3章电子示波器,介绍波形显示原理、示波器的工作原理及其应用等;第4章信号发生器,介绍低频、函数、高频和电视信号发生器的工作原理及其使用等;第5章通用电子计数器,介绍通用电子计数器的工作原理、测量误差和使用等;第6章扫频仪,介绍扫频仪的基本原理和使用等;第7章电子元器件测量仪器,介绍晶体管图示仪、电桥、Q表的基本原理和使用等;第8章计算机测试仪器,介绍智能仪器、自动测试系统和虚拟仪器的基本概念、组成和发展趋势。

根据教育部《关于加强高职高专人才工作的意见》,教材内容力求符合高职高专毕业生“基础理论适度、技术应用能力强、知识面宽专、素质高”的人材培养目标,采用由浅入深、通俗易懂、简明扼要的编写风格,基本理论以应用为目的,基本知识广而不深,点到为止。每章除编写小结和习题外,还编写了一定的实验、实训内容。选材上注重仪器的先进性,适当介绍了一些计算机测试仪器。

本书由西安理工大学高等技术学院吴生有老师担任主编并编写第3、4章,西安铁路职业技术学院胡怡老师编写第1、2章,西安理工大学高等技术学院燕莎老师编写第5、6章,陕西省电子工业学校王迎尉老师编写第7、8章。本书由西安铁路职业技术学院赵连城老师担任主审。在本书编写过程中,陕西省高等职业技术教材编写委员会和各兄弟学校老师给予了大力支持并提出了宝贵的意见,西安电子科技大学出版社的领导与编辑也给予了大力支持和热情帮助,在此表示诚挚的感谢!

由于时间仓促加之编者水平有限,书中难免存在一些不妥之处,殷切希望广大读者批评指正。

编 者
2008年6月

目 录

第 1 章 电子测量与仪器的基本知识	1
1.1 电子测量的特点、内容和方法	1
1.1.1 电子测量的意义和特点	1
1.1.2 电子测量的内容	2
1.1.3 电子测量的基本方法	3
1.2 测量误差的基本概念	4
1.2.1 测量误差的表示方法	4
1.2.2 测量误差的来源和分类	6
1.3 测量结果的数据处理	8
1.3.1 有效数字	8
1.3.2 数字的舍入规则	9
1.3.3 测量结果的数据处理	9
1.4 电子测量仪器的基本知识	10
1.4.1 电子测量仪器的分类	10
1.4.2 电子测量仪器的误差	11
本章小结	11
习题 1	12
第 2 章 电子电压表	13
2.1 概述	13
2.1.1 电压测量对仪表的基本要求	13
2.1.2 交流电压的表征	14
2.1.3 电子电压表的分类	16
2.2 模拟式交流电压表	18
2.2.1 均值电压表	18
2.2.2 峰值电压表	20
2.2.3 有效值电压表	22
2.3 数字式电压表	24
2.3.1 数字电压表的主要技术指标	24
2.3.2 数字电压表的组成	26
2.3.3 数字电压表的 A/D 转换器	27
2.4 电子电压表的使用方法	30
本章小结	32
实验 交流电压的测量	33
习题 2	34

第3章 电子示波器	36
3.1 概述	36
3.1.1 示波器的基本特点	36
3.1.2 电子示波器的分类	36
3.2 电子示波器的基本原理	37
3.2.1 示波管	37
3.2.2 波形显示的基本原理	38
3.2.3 双踪显示的基本原理	39
3.3 电子示波器的组成及技术指标	40
3.3.1 通用示波器的基本组成	40
3.3.2 示波器的主要技术指标	41
3.3.3 示波器的Y通道	42
3.3.4 示波器的X通道	45
3.4 通用示波器的应用	49
3.4.1 示波器的运用	49
3.4.2 示波器的选择和使用	53
3.4.3 COS5020型双踪示波器面板简介	53
本章小结	56
实验 示波器的应用	56
习题3	58
第4章 信号发生器	61
4.1 概述	61
4.1.1 信号发生器的用途	61
4.1.2 信号发生器的分类	61
4.1.3 信号发生器的主要技术特性	62
4.1.4 信号发生器的一般组成	63
4.2 通用信号发生器	64
4.2.1 低频信号发生器	64
4.2.2 函数信号发生器	66
4.2.3 高频信号发生器	71
4.3 专用信号发生器	75
本章小结	80
实验 函数信号发生器的使用	80
习题4	82
第5章 通用电子计数器	83
5.1 概述	83
5.1.1 电子计数器的分类	83
5.1.2 电子计数器的基本组成	83
5.2 通用电子计数器基本原理	84
5.2.1 测量频率	85
5.2.2 测量周期	85
5.2.3 测量频率比	86

5.2.4 累加计数	86
5.2.5 测量时间间隔	87
5.2.6 自检(自校)	87
5.2.7 频率扩展技术	88
5.3 通用电子计数器的测量误差	89
5.3.1 测量误差的来源	89
5.3.2 测量误差的分析	90
5.4 通用电子计数器的主要技术特性和使用	91
5.4.1 通用电子计数器的主要技术指标	91
5.4.2 通用电子计数器的使用	92
本章小结	96
习题 5	97
第 6 章 扫频仪	98
6.1 频率特性测量法	98
6.2 扫频仪的基本原理	98
6.3 产生扫频信号的方法	101
6.4 扫频仪的使用	101
本章小结	106
习题 6	107
第 7 章 电子元器件测量仪器	108
7.1 晶体管特性图示仪	108
7.1.1 晶体管特性图示仪的测试原理	108
7.1.2 晶体管特性图示仪的基本组成	110
7.1.3 常用晶体管特性曲线的测试	111
7.1.4 晶体管特性图示仪的使用	113
7.2 电桥	117
7.2.1 集总参数元件的等效模型	117
7.2.2 电桥法的原理	118
7.2.3 QS18A 型万用电桥的使用	119
7.3 Q 表	121
7.3.1 Q 表的基本原理	121
7.3.2 Q 表的组成	122
7.3.3 QBG-3 Q 表的使用方法	124
7.4 集总参数元件的其他测量方法	129
7.4.1 伏安法	129
7.4.2 阻抗的数字化测量	130
7.4.3 万用表测量	131
本章小结	132
实验 XJ4810 型图示仪的使用	133
习题 7	135
第 8 章 计算机测试仪器	136
8.1 智能仪器	136

8.1.1 智能仪器的定义	136
8.1.2 智能仪器的特点	136
8.1.3 智能仪器的组成	137
8.1.4 智能仪器的一般测量过程	138
8.2 自动测试系统	140
8.2.1 自动测试系统的基本概念	140
8.2.2 自动测试系统的发展趋势	141
8.2.3 自动测试系统的分类	143
8.3 虚拟仪器	144
8.3.1 虚拟仪器的基本概念	144
8.3.2 虚拟仪器的组成	145
8.3.3 虚拟仪器的软件平台	147
8.3.4 虚拟仪器的设计实例	149
参考文献	150

第1章 电子测量与仪器的基本知识

1.1 电子测量的特点、内容和方法

日常生活中处处离不开测量。没有望远镜就没有天文学,没有显微镜就没有细胞学,没有指南针就没有航海事业。科学的进步和发展离不开测量,离开测量就不会有真正的科学。测量一般是指通过实验方法对客观事物取得数量概念的认识过程。人们借助于专门的设备,依据一定的理论,通过实验的方法,求出以所用测量单位来表示的被测量的量值。可以说,测量是人类认识世界和改造世界的一种不可缺少和替代的手段。

1.1.1 电子测量的意义和特点

电子测量是测量学的一个重要分支。电子测量是以电子技术为基本手段的一种测量技术。如用数字万用表测量电阻器的电阻值,用红外测温仪测量人体体温等,都属于电子测量。电子测量是一门发展迅速、对现代科学技术的发展起着重大推动作用的独立学科。电子测量仪器与计算机的结合,构成了新一代仪器和测试系统:“智能仪器”、“自动测试系统”,从而改变了传统的测量概念。从某种意义上讲,电子测量水平是衡量一个国家科学技术水平的重要标志之一。

电子测量有着其他测量无法相比的众多优点,其特点如下所述。

1. 频率范围宽

电子测量的频率范围几乎可以覆盖整个电磁频谱,可达 $10^{-6} \sim 10^{12}$ Hz。但应注意,在不同的频率范围内,所采用的测量方法和测量仪器也往往不同。随着电子技术的发展,能在相当宽的频率范围内正常工作的仪器不断地被研制出来,例如:一台较为先进的频率计,频率测量范围可以低至 10^{-6} Hz,高至 10^{11} Hz。

2. 量程宽

量程是指测量范围的上、下限值之差或上、下限值之比,是仪器所能测量各种参数的范围。电子测量仪器具有相当宽的量程。例如,数字万用表对电压测量由纳伏(nV)级至千伏(kV)级,量程达12个数量级。一般情况下,使用同一台仪器,同一种测量方法,是难以覆盖如此宽广的量程的。但是随着电子测量技术的不断发展,单台测量仪器的量程也可以达到很高。

3. 测量精确度高

电子测量的精确度比其他测量方法高得多,特别是对频率和时间的测量,可以使测量精确度达到 $10^{-13} \sim 10^{-14}$ 的数量级,是目前物理量测量中能达到的最精确指标。电子测量的精确度高,是其在现代科学技术领域得到广泛应用的重要原因之一。

4. 测量速度快

因为电子测量是通过电子运动和电磁波传播进行工作的,所以可以实现测量过程的高速度。只有测量的高速度,才能测出快速变化的物理量,比如像卫星、飞船等各种航天器的发射与运行轨迹等。这对于现代化科技发展有着特别重要的意义。

5. 易于实现遥测

电子测量依据的是电子的运动和电磁波的传播,将那些远距离的、高速运动的,或其他人们难以接近的被测信号转换成易于传输的电信号,用有线或无线的方式传送到测试控制中心,从而实现遥测和遥控。一般可以通过各种类型的传感器来实现。这是电子测量的一个突出优点。

6. 易于实现测量过程自动化

由于大规模集成电路和电子计算机的应用,使电子测量出现了崭新的局面,在测量中实现程控、自动校准、自动转换量程、自动故障诊断,对测量结果自动记录、自动进行数据处理。

电子测量的一系列优点,使得它获得了极为广泛的应用。几乎所有的学科都需要应用电子测量技术。

1.1.2 电子测量的内容

电子测量包括对电子技术中各种电参量进行的测量。电子测量的内容主要有以下5个方面。

1. 电能量的测量

电能量的测量指的是对电流、电压、功率等参数的测量。

2. 电子元器件参数的测量

电子元器件参数的测量指的是对电阻、电容、电感、品质因数以及电子(半导体)器件的参数等的测量。

3. 电信号特性的测量

电信号特性的测量指的是对信号的波形、周期、相位、频谱、调制度、失真度等参数的测量。

4. 电子设备性能的测量

电子设备性能的测量指的是对通频带、放大倍数、选择性、衰减量、灵敏度等参数的测量。

5. 特性曲线的测量

特性曲线的测量指的是对放大器幅频特性曲线与相频特性曲线等特性的测量。

在上述各项测量内容中,特别以频率、时间、电压、相位、阻抗等基本电参数的测量更为重要,它们往往是其他参数测量的基础。

另外对于非电量的测量,如温度、压力、位移、流量等,可以通过传感器将其转换为电量后再利用电子测量设备进行测量。

1.1.3 电子测量的基本方法

测量一个物理量,可以有不同的测量方法。测量方法的选择直接关系到测量结果的可靠程度。必须根据测量对象、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,进行正确的操作,才能得到理想的测量结果。

电子测量的方法有很多种,如直接测量、间接测量、组合测量等。

1. 直接测量法

直接测量是直接从测量仪表的读数获取被测量量值的方法,比如用电压表测量电压,用欧姆表测量电阻阻值,用计数式频率计测量频率等。直接测量法的测量过程简单迅速,是应用最为广泛的一种测量方法。

2. 间接测量法

间接测量是利用直接测量的量与被测量之间的函数关系(可以是公式、曲线或表格等),间接得到被测量量值的测量方法。例如需要测量电阻上消耗的直流功率 P ,可以通过直接测量电压 U 、电流 I ,而后根据函数关系 $P=UI$,经过计算,“间接”获得功耗 P 。

间接测量法多用于科学实验、在直接测量不方便,或间接测量的结果较直接测量更为准确,或缺少直接测量仪器等情况下使用。

3. 组合测量法

在某些测量中,被测量与几个未知量有关,测量一次无法得出完整的结果,则可改变测量条件进行多次测量,然后按被测量与未知量之间的函数关系组成联立方程,求解,得出有关未知量。这种测量方法称为组合测量,它是一种兼用直接测量与间接测量的方法,是一种特殊的精密测量方法。例如电阻器电阻温度系数的测量。已知电阻器阻值 R_t 与温度 t 间满足关系 $R_t = R_0(1 + At + Bt^2)$,式中 t 为环境温度, R_0 为 $t=0^\circ\text{C}$ 时的电阻值,一般为已知量, R_t 为环境温度为 t 时的电阻值, A 、 B 为电阻温度系数。为了获得 A 、 B 的值,可以利用直接或间接测量的方法测出某温度下的电阻值,改变测试温度,在两个不同的温度 t_1 、 t_2 下(t_1 、 t_2 可由温度计直接测得)测得相应的两个电阻值 R_{t1} 、 R_{t2} ,将其代入上式得到联立方程:

$$\begin{cases} R_{t1} = R_0(1 + At_1 + Bt_1^2) \\ R_{t2} = R_0(1 + At_2 + Bt_2^2) \end{cases}$$

求解该联立方程,就可以得到电阻温度系数 A 、 B 的值。

电子测量还可以根据被测对象分为时域测量、频域测量和数据域测量。

时域测量是指测量被测信号幅度与时间的函数关系。例如用示波器观察脉冲信号的上升沿、下降沿等脉冲参数。

频域测量是指测量被测信号幅度与频率的函数关系。例如用频谱分析仪分析信号的频谱、用扫频仪测量放大器的幅频特性等。

数据域测量是指测量数字量或电路的逻辑状态随时间变化而变化的特性。数据域测量可以同时观察多条数据通道上的逻辑状态,或者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等。

测量时应应对被测量的物理特性、测量允许时间、测量精度的要求以及测量所需费用等

方面进行综合考虑,结合现有的仪器、设备条件,择优选取合适的测量方法。

1.2 测量误差的基本概念

测量的目的是得到被测量的真实结果,即真值。实际上,由于测量设备、测量方法、测量环境和测量人员的素质等条件的限制,测量所得到的结果与被测量的真值之间会有差异,这个差异称为测量误差。测量必产生误差。

1.2.1 测量误差的表示方法

测量误差的表示方法有3种:绝对误差、相对误差和容许误差。

1. 绝对误差

1) 定义

测量所得的测量值 x 与被测量真值 A_0 之差称为绝对误差,用 Δx 表示,即

$$\Delta x = x - A_0 \quad (1.1)$$

式中, x 称为被测量的示值或测量值,习惯上统称为示值; A_0 称为被测量的真值。

这里应该注意示值和仪器的读数是有区别的,读数是从仪器刻度盘、显示器等读数装置上直接读到的数字,而示值则是由仪器刻度盘、显示器上的读数经过换算得到的。

真值 A_0 是一个理想的概念,实际上是不可能得到的,通常用高一级的标准仪器或计量器具所测得的数值 A 代替, A 称为被测量的实际值。这时绝对误差可按下式计算:

$$\Delta x = x - A \quad (1.2)$$

绝对误差的正负号表示测量值偏离实际值的方向,即偏大或偏小。绝对误差的大小则反映出测量值偏离实际值的程度。绝对误差是一个有量纲的量。

2) 修正值

与绝对误差的绝对值大小相等,但符号相反的量值,称为修正值,用 c 表示。

$$c = -\Delta x = A - x \quad (1.3)$$

对测量仪器进行定期检定时,用标准仪器与受检仪器相比对,以表格、曲线或公式的形式给出受检仪器的修正值。和绝对误差一样,修正值也有大小、符号和量纲。

在日常测量中,当得到测量值 x 后,要对测量值 x 进行修正以得出被测量的实际值,即

$$A = c + \Delta x \quad (1.4)$$

2. 相对误差

绝对误差虽然可以说明测量结果偏离实际值的情况,但不能确切反映测量的准确程度,不便于看出对整个测量结果的影响。例如,分别对1 V和10 kV的两个电压进行测量,绝对误差都为+0.1 V,但两次测量结果的准确程度显然不同。为了克服绝对误差的这一不足,通常采用相对误差的形式来表示。

绝对误差与被测量的真值之比,称为相对误差,用 γ 表示:

$$\gamma = \frac{\Delta x}{A_0} \times 100\% \quad (1.5)$$

相对误差没有量纲,只有大小和符号。

由于真值难以确切得到,通常用实际值 A 代替真值 A_0 来表示相对误差,称为实际相对误差,用 γ_A 表示:

$$\gamma_A = \frac{\Delta x}{A} \times 100\% \quad (1.6)$$

在误差较小、要求不大严格的场合,也可用测量值 x 代替实际值 A ,由此得出示值相对误差,用 γ_x 表示:

$$\gamma_x = \frac{\Delta x}{x} \times 100\% \quad (1.7)$$

由于 x 中含有误差,因而 γ_x 只适用于近似测量。

绝对误差 Δx 与仪器满度值 x_m 之比,称为满度相对误差或引用相对误差,用 γ_m 表示:

$$\gamma_m = \frac{\Delta x}{x_m} \times 100\% \quad (1.8)$$

测量仪器使用最大满度相对误差表示它的准确度,这时有

$$\gamma_m = \frac{\Delta x_m}{x_m} \times 100\% \quad (1.9)$$

式中, Δx_m 表示仪器在该量程范围内出现的最大绝对误差;

x_m 表示满刻度值,即量程;

γ_m 是仪器在正常工作条件下不应超过的最大相对误差,它反映了该仪器的综合误差的大小。

电工测量仪表按 γ_m 值分 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 等 7 级。1.0 级表示该仪表的最大满度相对误差不会超过 $\pm 1.0\%$,但超过 $\pm 0.5\%$,称该仪表的准确度等级为 1.0 级。准确度等级常用符号 S 表示。

根据式(1.9),实际测量的绝对误差 Δx 应满足:

$$\Delta x \leq x_m \cdot \gamma_m \quad (1.10)$$

当仪表准确度等级确定后,被测值越接近满度值时,测量相对误差越小,测量越准确。因此,一般测量时应尽量使指针处在仪表满度值的三分之二以上区域。

例 1.1 已知用电压表测量两个实际值分别为 100 V 和 20 V 的电压,测量得到的结果分别为 98 V 和 22 V,求两次测量的绝对误差、修正值、实际相对误差分别是多少?

解 根据题意, $U_{A1} = 100$ V, $U_{A2} = 20$ V, $U_{x1} = 98$ V, $U_{x2} = 22$ V。

$$\Delta U_1 = 98 - 100 = -2 \text{ V}$$

$$\Delta U_2 = 22 - 20 = 2 \text{ V}$$

$$c_1 = -\Delta U_1 = 2 \text{ V}$$

$$c_2 = -\Delta U_2 = -2 \text{ V}$$

$$\gamma_{A1} = \frac{\Delta U_1}{U_{A1}} \times 100\% = -2\%$$

$$\gamma_{A2} = \frac{\Delta U_2}{U_{A2}} \times 100\% = 10\%$$

由于 $|\gamma_{A1}| < |\gamma_{A2}|$, 因而对 100 V 电压的测量要比对 20 V 电压的测量准确。

用量程设置为 100 V 的电压表测量 100 V 和 20 V 的电压时,被测电压值分别约为满度值的 100% 和 20%。

例 1.2 已知某被测电压为 80 V, 用 1.5 级、100 V 量程的电压表和 1.0 级、200 V 量程的电压表测量, 哪块表测量得准确?

解 根据题意, 由于测量的是同一个被测量, 所以只需要比较两块电压表测量时产生的绝对误差大小即可。

$$U_A = 80 \text{ V}$$

第一块表 $S_1 = 1.5$, $x_{m1} = 100 \text{ V}$ 。

测量时可能产生的最大绝对误差 $\Delta U_{1m} = 100 \times (\pm 1.5\%) = \pm 1.5 \text{ V}$ 。

第二块表 $S_2 = 1.0$, $x_{m2} = 200 \text{ V}$ 。

测量时可能产生的最大绝对误差 $\Delta U_{2m} = 200 \times (\pm 1.0\%) = \pm 2.0 \text{ V}$ 。

由于 $|\Delta U_{1m}| < |\Delta U_{2m}|$, 因而 1.5 级、100 V 量程的电压表测量得准确。

用以上两块表测量时, 被测电压值分别约为满度值的 80% 和 40%。

3. 容许误差

线性刻度电工仪表的指示装置对它的测量结果影响比较大, 但因为指示装置构造的特殊性, 使得无论测量结果值是多大, 产生的误差总是比较均匀的, 所以仪表的准确度通常用满度相对误差来表示。而对于结构较为复杂的电子测量仪器来说, 其某一部分产生极小的误差, 就有可能由于积累或放大等原因而产生很大的误差, 因此不能用满度相对误差来表示, 需要用容许误差来表示准确度等级。

容许误差又称极限误差, 是人为规定的某类仪器测量时不能超过的测量误差的极限值, 它是衡量电子测量仪器质量的最重要的指标。容许误差可以用绝对误差、相对误差或二者相结合来表示。例如, 某数字电压表基本量程的误差为 $\pm 0.004\% U_x \pm 0.0003 \text{ V}$, 其中 U_x 为测量值, $\pm 0.004\%$ 为相对误差, $\pm 0.0003 \text{ V}$ 为绝对误差。

1.2.2 测量误差的来源和分类

1. 测量误差的来源

测量误差的主要来源有以下 5 个方面。

1) 仪器误差

仪器误差又称为设备误差。由于仪器原理的近似性和设计、生产等环节的不完善, 使其作为测量工具本身即具有了偏差性。仪器误差还可细分为读数误差, 包括出厂校准定度不准确产生的校准误差、刻度误差; 读数分辨力有限而造成的读数误差及数字式仪表的量化误差 (± 1 个字误差); 仪器内部噪声引起的内部噪声误差; 元器件疲劳、老化及周围环境变化造成的稳定误差; 仪器响应的滞后现象造成的动态误差; 探头等辅助设备带来的其他方面的误差。减小仪器误差的主要途径是根据具体测量任务, 正确地选择测量方法和使用测量仪器。

2) 使用误差

使用误差又称为操作误差, 是由于对测量设备操作使用不当而造成的误差。比如测量时间的仪器要预热, 毫伏表测量信号的频率范围有限制, 如忽略这些因素, 就会产生使用误差。减小使用误差的最有效途径是提高测量操作技能, 严格按照仪器使用说明书中规定的方法进行操作。