



普通高等院校规划教材·电子信息系列

# 现代电子测量

主编 王紫婷 乔爱工



中国铁道出版社  
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE



普通高等教育“十一五”国家级规划教材·电子测量系列

# 现代电子测量

主编 王守志 副主编 张德江



国防工业出版社  
DIFANG JIAOYU CHUBANSHE

TM93/108

2008

普通高等院校规划教材·电子信息系列

# 现代电子测量

主编 王紫婷 乔爱工

责任编辑：李小平  
 封面设计：王紫婷  
 出版：中国铁道出版社（100044 北京西城区右安门内大街8号）  
 印刷：北京中玉五洲印刷有限公司  
 开本：787×960 1/16 印  
 印数：2008年5月第1版  
 书号：ISBN 978-7-113-02643-3  
 定价：33.00元

中国铁道出版社  
 CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

## 现代电子测量 内容提要

本书根据高等院校电子信息科学与工程类专业的教学要求,全面介绍了在教学、科研、电子产品调试中常用电子仪器的原理与使用方法,电子测量的概念与误差理论,特别介绍了目前在电子工程技术领域中正被广泛应用的智能仪器、自动化测试系统、非电量采集常用传感器的相关内容。

本书适合作为电子信息类专业本科生、研究生的教材或参考书,也可供相关领域的工程技术人员参考和电子爱好者阅读。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代电子测量/王紫婷,乔爱工主编. —北京:中国铁道出版社,2008.1

普通高等院校规划教材. 电子信息系列

ISBN 978-7-113-08645-9

I. 现… II. ①王…②乔… III. 电子测量 - 高等学校 - 教材 IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 014216 号

书 名:现代电子测量

作 者:王紫婷 乔爱工

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

策划编辑:李小军

责任编辑:李小军 王艳霞

封面制作:白雪

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787×960 1/16 印张:15.5 字数:336千

版 本:2008年2月第1版 2008年2月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-113-08645-9/TM·79

定 价:23.00元

版权所有 侵权必究

本书封面贴有中国铁道出版社激光防伪标签,无标签者不得销售  
凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社计算机图书批销部调换。

# 前 言

《现代电子测量》是根据高等院校电子信息科学与工程类专业的教学要求编写的教材。现代电子测量是一门实践性很强的课程,其目的是让学生掌握现代电子测量的基础理论和常用仪器、智能仪器的原理与应用,能在科学实验和工程实践中合理选用测量仪器,正确处理测量数据,开发智能仪器,进行自动测试等。

全书内容包括:绪论(介绍电子测量的内容与特点,误差理论与有效数字处理),信号发生器(通用低频信号发生器、高频信号发生器、函数发生器、脉冲发生器、合成信号发生器),电子示波器(模拟示波器、数字示波器),时间与频率的测量,电压测量,智能测试仪器(智能仪器、虚拟仪器),自动测试系统(自动测试系统、非电量测量中常用的传感器,如集成转速传感器、指纹传感器、超声波干扰探测器、CCD等)。

本书内容既包括了传统的基本知识,又反映了当代测量技术的最新成就,具有科学性与技术先进性,真正达到理论联系实际,提高学生综合应用能力的要求。本书由王紫婷教授级高级工程师和乔爱工高级工程师主编。参加编写的还有汤自安副教授、党海霞老师等。其中:第4章、第6章由王紫婷编写;第1章、第2章由乔爱工编写;第5章、第7章由汤自安编写;第3章由党海霞编写。全书由王紫婷统稿。

在编写过程中,参考了同类教材相关内容(参见参考文献),在此表示衷心的感谢!此外,还要特别感谢周磊、徐磊、郭海丽等同志的大力协助。

由于作者水平有限,疏漏不足之处,敬请同行与读者提出宝贵意见。

编者

2007年12月

# 目 录 ★★

第1章 绪 论	(1)
1.1 测量技术基础	(1)
1.1.1 测量及其重要意义	(1)
1.1.2 电子测量的任务与内容	(1)
1.1.3 电子测量的特点	(2)
1.1.4 电子测量的方法	(3)
1.2 电子测量仪器概述	(5)
1.2.1 电子测量仪器的功能	(5)
1.2.2 电子测量仪器的分类	(6)
1.2.3 电子测量仪器的主要技术指标	(7)
1.3 误差的概念与表示方法	(9)
1.3.1 测量误差	(9)
1.3.2 误差的表示方法	(10)
1.3.3 误差的性质与分类	(13)
1.3.4 测量结果的评价	(13)
1.3.5 不确定度	(14)
1.4 随机误差	(15)
1.4.1 定义与性质	(15)
1.4.2 随机误差的统计处理	(17)
1.4.3 有限次测值的算术平均值和标准差	(19)
1.4.4 测量结果的置信度	(21)
1.4.5 非等精度测量	(25)

1.5 粗大误差	(27)
1.5.1 莱特检验法	(28)
1.5.2 肖维纳检验法	(28)
1.5.3 格氏检验法	(29)
1.5.4 应用举例	(30)
1.6 系统误差	(31)
1.6.1 系统误差的产生原因	(31)
1.6.2 系统误差的检查和判别	(31)
1.6.3 削弱系统误差的典型技术	(34)
1.6.4 等精度测量结果的数据处理	(37)
1.7 测量数据处理	(39)
1.7.1 有效数字的处理	(39)
1.7.2 测量数据的表示方法	(41)
第2章 信号发生器	(45)
2.1 信号发生器概述	(45)
2.1.1 信号发生器的功能	(45)
2.1.2 信号发生器的分类	(45)
2.1.3 正弦信号发生器的性能指标	(47)
2.2 通用信号发生器	(50)
2.2.1 低频信号发生器	(50)
2.2.2 高频信号发生器	(56)
2.2.3 函数信号发生器	(57)
2.2.4 脉冲信号发生器	(60)
2.3 合成信号发生器	(63)
2.3.1 直接模拟频率合成法	(63)
2.3.2 直接数字频率合成法	(65)
2.3.3 间接合成法	(71)



2.3.4	频率合成技术的进展	(76)
2.4	信号失真度的测量	(80)
2.4.1	失真度测量仪的基本组成及原理	(80)
2.4.2	BS-1 型失真度测量仪的应用	(82)
第3章	电子示波器	(85)
3.1	概述	(85)
3.1.1	电子示波器的特点	(85)
3.1.2	电子示波器的用途	(85)
3.1.3	电子示波器的分类	(86)
3.2	示波管及波形显示原理	(87)
3.2.1	示波管	(87)
3.2.2	波形显示原理	(89)
3.3	通用示波器	(92)
3.3.1	通用示波器的基本组成	(92)
3.3.2	通用示波器的垂直系统	(93)
3.3.3	通用示波器的水平系统	(97)
3.3.4	主机系统	(100)
3.3.5	通用示波器的选择使用	(101)
3.4	VP-5220D 双踪示波器	(102)
3.4.1	主要技术指标	(102)
3.4.2	VP-5220D 型双踪示波器面板图	(103)
3.4.3	仪器面板各控制部件的作用及使用方法	(103)
3.5	数字存储示波器	(104)
3.5.1	模拟示波器与数字存储示波器的比较	(104)
3.5.2	数字存储示波器的工作原理	(106)
3.5.3	数字存储示波器的工作方式	(108)
3.5.4	数字存储示波器的显示方式	(109)



3.5.5	数字存储示波器的特点	(111)
3.5.6	数字存储示波器的主要技术指标	(111)
<b>3.6</b>	<b>KENWOOD-DCS-7020 数字存储示波器</b>	<b>(112)</b>
3.6.1	主要技术指标	(112)
3.6.2	DCS-7020 数字存储示波器面板图	(113)
3.6.3	仪器面板各控制旋钮的作用及使用方法	(113)
<b>3.7</b>	<b>电子示波器的应用</b>	<b>(118)</b>
3.7.1	电压的测量	(118)
3.7.2	时间和频率的测量	(120)
3.7.3	相位的测量	(122)
<b>3.8</b>	<b>晶体管特性图示仪</b>	<b>(123)</b>
3.8.1	晶体管特性图示仪的工作原理	(123)
3.8.2	晶体管特性图示仪的组成	(124)
3.8.3	XJ4810 型晶体管特性图示仪	(125)
3.8.4	晶体管特性图示仪使用测试实例	(130)
<b>第 4 章</b>	<b>时间与频率的测量</b>	<b>(133)</b>
<b>4.1</b>	<b>电子计数法测量频率</b>	<b>(133)</b>
4.1.1	电子计数法测频原理	(133)
4.1.2	误差分析计算	(136)
4.1.3	结论	(138)
<b>4.2</b>	<b>电子计数法测量时间</b>	<b>(139)</b>
4.2.1	电子计数法测量周期的原理	(139)
4.2.2	电子计数器测量周期的误差分析	(140)
4.2.3	中界频率	(142)
4.2.4	时间间隔的测量	(143)
<b>4.3</b>	<b>电子计数器性能的改进方法</b>	<b>(145)</b>
4.3.1	平均测量技术	(145)

4.3.2	内插技术	(146)
4.3.3	数字内插技术——游标法计数器	(148)
4.3.4	多周期同步测频	(149)
4.3.5	微波计数器	(151)
<b>第5章</b>	<b>电压测量</b>	<b>(154)</b>
<b>5.1</b>	<b>概述</b>	<b>(154)</b>
5.1.1	电压测量的重要性	(154)
5.1.2	电压测量的特点	(154)
5.1.3	电压测量仪器的分类	(155)
<b>5.2</b>	<b>交流电压的表征和测量方法</b>	<b>(157)</b>
5.2.1	交流电压的表征	(157)
5.2.2	交流电压的测量方法	(160)
<b>5.3</b>	<b>模拟式直流电压表</b>	<b>(161)</b>
5.3.1	动圈式电压表	(161)
5.3.2	直流电子电压表	(162)
<b>5.4</b>	<b>模拟式交流电压表</b>	<b>(164)</b>
5.4.1	低频交流电压表	(164)
5.4.2	高频交流电压表	(168)
<b>5.5</b>	<b>电压的数字化测量(数字电压表)</b>	<b>(173)</b>
5.5.1	概述	(173)
5.5.2	数字式电压表 DVM 的组成原理	(173)
5.5.3	多用型 DVM 的工作原理	(177)
5.5.4	DVM 的主要技术指标	(179)
<b>第6章</b>	<b>智能测试仪器</b>	<b>(182)</b>
<b>6.1</b>	<b>智能仪器</b>	<b>(182)</b>
6.1.1	概述	(182)
6.1.2	智能仪器构成与特点	(183)

6.1.3 推动智能仪器发展的主要技术 .....	(185)
<b>6.2 虚拟仪器 .....</b>	<b>(188)</b>
6.2.1 虚拟仪器的概念 .....	(189)
6.2.2 虚拟仪器的组成 .....	(190)
6.2.3 虚拟仪器的特点 .....	(193)
6.2.4 虚拟仪器的设计与实现步骤 .....	(194)
6.2.5 基于 LabWindows/CVI 的示波器的实现 .....	(194)
<b>6.3 Multisim 7 .....</b>	<b>(203)</b>
6.3.1 Multisim 7 系列软件的特点 .....	(203)
6.3.2 Multisim 7 中频谱分析仪和示波器的使用 .....	(205)
<b>第 7 章 自动测试系统 .....</b>	<b>(209)</b>
<b>7.1 自动测试系统 .....</b>	<b>(209)</b>
7.1.1 什么是自动测试系统 .....	(209)
7.1.2 自动测试系统的组成 .....	(209)
7.1.3 自动测试系统的发展概况 .....	(210)
7.1.4 自动测试系统的发展方向 .....	(214)
<b>7.2 非电量测量中常用的传感器 .....</b>	<b>(214)</b>
7.2.1 温度传感器 .....	(214)
7.2.2 KMI15 系列集成转速传感器的原理与应用 .....	(219)
7.2.3 指纹传感器芯片 FCD4B14 的原理及应用 .....	(222)
7.2.4 基于 DSP 和模糊逻辑技术的超声波干扰探测器 US0012 .....	(227)
7.2.5 CCD 介绍 .....	(231)
<b>参考文献 .....</b>	<b>(238)</b>

# 第 1 章

## 绪 论

### 1.1 测量技术基础

#### 1.1.1 测量及其重要意义

测量是人类认识和改造世界的一种重要手段。在人们对客观事物的认识过程中,需要进行定性、定量的分析,定量分析就需要进行测量。测量是通过实验方法对客观事物取得定量数据的过程。通过大量的观察和测量,人们逐步准确地认识各种客观事物,建立起各种定理和定律。例如,牛顿的三大定律,没有大量测量验证,就不可能得出这样的科学结论。所以,门捷列夫在论述测量的意义时说过一句名言:“没有测量,就没有科学。”

科学的进步,生产的发展,都需要用测量技术进行定量分析,以取得科学的数据。离开测量,人类就不能真正准确地认识世界,也不能生产出合格的产品。尤其是现代化工业大生产,用在测量上的工时和费用占生产总成本的比例越来越大。例如,在大规模集成电路的生产成本中,测量成本已超过50%。因此,提高测量水平,降低测量成本,对国民经济各个领域的发展都是至关重要的。

在各个历史时期,测量水平的高低可以反映出一个国家科学技术发展的状况。因此,努力提高测量水平,实现测量手段和方法的现代化,是实现科学技术和生产现代化的重要条件和明显标志。

在当今信息时代,测量技术(获取信息)、通信技术(传递信息)和计算机技术(处理信息)被称为信息社会三大支柱。

可见,测量技术是一门很重要的科学技术。

#### 1.1.2 电子测量的任务与内容

电子测量是测量领域的主要组成部分,它泛指以电子技术为基本手段的测量技术。电子测量主要是运用电子科学的原理、方法和设备对各种电量、电信号及电路元器件的特性和参数进行测量,同时还可以通过各种传感器把非电量转换成电量来测量。因此,电子测量不仅用于电子领域,而且广泛用于物理学、化学、光学、机械学、材料学、生物学和医学等科学领域,以及生产、国防、交通、商贸、农业、环保乃至日常生活的各个方面。

近几十年来,由于计算机技术和微电子技术的迅猛发展,使电子测量技术发生了质的飞跃。计算机技术与电子测量仪器相结合,构成了一代崭新的智能仪器和自动测试系统。这不仅改变了传统的测量观念,对整个电子技术和其他科学技术也都产生了巨大的推动作用。

通常,人们把电参数测量分为电磁测量和电子测量两类。电磁测量主要是指交直流电量的指示测量法、比较测量法及磁量的测量等。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,对电量或非电量进行的测量。其中,电量测量可分为以下几个方面。

### 1. 电能量测量

电能量测量包括各种频率、波形下的电压、电流和功率等的测量。

### 2. 电信号特性测量

电信号特性测量包括波形、频率、周期、相位、失真度、调幅度、调频指数及数字信号的逻辑状态等的测量。

### 3. 电路元件参数测量

电路元件参数测量包括电阻、电感、电容、阻抗、品质因数及电子器件的参数等的测量。

### 4. 电子设备的性能测量

电子设备的性能测量包括增益、衰减、灵敏度、频率特性和噪声指数等的测量。

在上述各项测量内容中,尤以频率、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。例如,放大器的增益测量实际上就是其输入/输出端电压的测量,脉冲信号波形参数的测量可归结为电压和时间的测量。在很多情况下,电流测量是不方便的,就以电压测量来代替。同时,由于时间和频率测量具有其他测量所不可比拟的精确性,因此人们越来越关注把其他待测量转换成时间或频率进行测量的方法和技术。

在科学研究和生产实践中,常常需要对许多非电量进行测量。非电量是指各种非电物理量,如压力、位移、温度、湿度、亮度、颜色、物质成分等。非电量测量可以通过各种对应的敏感元件(通常称为传感器),将被测物理量转换成与之相关的电压、电流等,而后再通过对电压、电流的测量,得到被测物理量的大小。传感技术的发展为这类测量提供了新的方法和途径。

## 1.1.3 电子测量的特点

与其他测量方法和测量仪器相比,电子测量和电子测量仪器具有以下特点。

### 1. 测量频率范围宽

电子测量中所遇到的测量对象,其频率覆盖范围很宽,低至 $10^{-9}$ Hz以下,高至 $10^{12}$ Hz以上。当然,不能要求同一台仪器在这样宽的频率范围内工作。通常是根据不同的工作频段,采用不同的测量原理和使用不同的测量仪器,例如,超低频信号发生器、音频信号发生器、高频信号发生器等。当然,随着测量技术的发展,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,现在一台较为先进的频率计,频率测量范围为 $10^{-6} \sim 10^{11}$  Hz。

## 2. 测量量程宽

量程是指测量范围的上下限值之差或上下限值之比。电子测量的另一个特点是被测对象量值大小相差悬殊。例如,地面上接收到的宇宙飞船自外空发来的信号功率,低到 $10^{-14}$  W数量级;而远程雷达发射的脉冲功率,可高达 $10^8$  W以上,两者之比为 $1:10^{22}$ 。在一般情况下,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。如前所述,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宽。例如,高档次的数字万用表可直接测量的电阻值的范围为 $3 \times 10^{-5} \sim 3 \times 10^8 \Omega$ ,量程为 $1:10^{13}$ 。

## 3. 测量方便灵活

在电子测量中,各种电量之间的转换很容易实现,如电压、电流、功率、频率等。对于非电量,如温度、湿度、压力、位移等物理量,可通过各种类型的传感器将其转换为电量来测量。并根据不同的对象、不同的要求,以不同的方式方法很好地完成测量任务。

在电子测量中,可以方便地利用各种转换技术,如分频、倍频、调制、检波、斩波、V/T、V/F、A/D、D/A等,还可以采用先进的信号处理技术,使测量数据更为准确可靠。电子测量的显示方式也比较清晰、直观,例如,可以采用发光二极管(LED)、液晶显示屏(LCD)和荧光屏显示。测量结果便于打印、绘图、传输、指示或报警。

## 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,加之现代测试系统中高速电子计算机的应用,使得电子测量无论在测量速度方面,还是在测量结果的处理和传输方面,都可以以极高的速度进行。这也是电子测量技术广泛用于现代科技各个领域的重要原因。例如,卫星、飞船等各种航天器的发射与运行,如果没有快速、自动的测量与控制,是无法想像的。

## 5. 可以进行遥测

如前所述,电子测量依据的是电子的运动和电磁波传播,因此可以将现场各待测量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台(中心),从而实现遥测和遥控,这使得对那些远距离、高速运动的,或者人类难以接近的地方的信号测量成为可能。

## 6. 易于实现测试智能化和测试自动化

电子测量本身是电子科学一个活跃的分支。电子科学的每一项进步,都非常迅速地在电子测量领域得到体现。随着电子计算机,尤其是功耗低、体积小、处理速度快、可靠性高的微型计算机的出现,给电子测量理论、技术和设备带来了新的革命。

### 1.1.4 电子测量的方法

一个物理量的测量,可以通过不同的方法实现。测量方法选择得正确与否,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。

测量方法的分类形式有很多种,下面介绍几种常见的方法。

## 1. 按测量手段分类

### (1) 直接测量

在测量过程中,能够直接将被测量与同类标准量进行比较,或者能够直接用事先刻度好的测量仪器对被测量进行测量,直接获得数值,这种测量方式称为直接测量。例如,用电压表测量电压、用直流电桥测量电阻等都是直接测量。直接测量方式简单迅速,广泛应用于工程测量中。

### (2) 间接测量

当被测量由于某种原因不能直接测量时,可以通过直接测量与被测量有一定函数关系的物理量,然后按函数关系计算出被测量的数值,这种间接获得测量结果的方式称为间接测量。例如,用伏安法测量电阻,就是利用电压表和电流表分别测量出电阻两端的电压和通过该电阻的电流,然后根据欧姆定律计算出被测电阻的大小。间接测量方式广泛应用于科研、实验室及工程测量中。

### (3) 组合测量

当某项测量结果需要用多个未知参数表达时,可通过改变测量条件进行多次测量,根据函数关系列出方程组求解,从而得到未知量的值,这种测量方式称为组合测量。这种测量方式比较复杂,测量时间长,但精度较高,一般适用于科学实验。

## 2. 按测量方式分类

### (1) 直读法

用直接指示被测量大小的指示仪表进行测量,能够直接从仪表刻度盘上或者从显示器上读取被测量数值的测量方法,称为直读法。例如,用欧姆表测量电阻时,从指示的数值可以直接读出被测电阻的数值。这一读数被认为是可信的,因为欧姆表的数值事先用标准电阻进行了校验,标准电阻已将它的量值和单位传递给欧姆表,间接地参与了测量。直读法测量的过程简单,操作容易,读数迅速,但其测量的准确度不高。

### (2) 比较法

将被测量与标准量在比较仪器中直接比较,从而获得被测量数值的方法,称为比较法。例如,用电桥测量电阻时,标准电阻直接参与了测量过程。在电子测量中,比较法具有很高的测量准确度,有的可以达到0.001%,但测量时操作比较麻烦,相应的测量设备价格也比较昂贵。

比较法又分为零值法、微差法和替代法三种。

① 零值法又称平衡法,它是利用被测量和标准量对仪器的相互抵消作用,由指零仪表做出判断的方法,即当指零仪表指示为零时,表示两者的作用相等,仪器达到平衡状态,此时按一定的关系可计算出被测量的数值。

② 微差法是通过测量被测量与标准量的差值或正比于该差值的量,根据标准量来确定被测量数值的方法。

③ 替代法是分别把被测量和标准量接入同一测量系统,在用标准量替代被测量时,调节标准量,使系统的工作状态在替代前后保持一致,然后根据标准量来确定被测量的数值的

方法。用替代法测量时,由于替代前后测量系统的工作状态是一样的,因此仪器本身的性能和外界因素对替代前后的影响几乎是相同的,有效地消除了外界因素对测量结果的影响。

### 3. 按被测物理量时间特性分类

自然界中,微观地看各物理量都是处于运动之中的,但宏观地看各种物理量随时间变化的情况是不同的,可将它们分成静态、稳态及动态三种状况。

#### (1) 静态(直流)测试技术

被测对象属于直流(或缓变)性质的静态或准静态信号,测量过程不受时间限制,测量原理、方法较简单。传统的测试大多是在这种最简单的静态或准静态下进行的,典型方法是量值比较法。

#### (2) 稳态(交流)测试技术

对于一个波形(幅度、频率和相位)恒定不变的周期性(正弦或非正弦)交流信号,可以看成是一个处于稳定状态的信号,这种周期性的交流信号是电子测量的一个基本对象,通常称为交流测量。大多数仪器,如交流电压表、通用示波器、频率计等电子测量仪器,均只适用于测量这类处于平稳状态的周期性交流信号,而不适用于测量非周期性或单次瞬变信号。因此,稳态测量是电子测量中最常见、使用最多的一种测量技术。

#### (3) 动态(脉冲)测试技术

自然界还存在大量瞬变冲激的物理现象,如力学中的爆炸、冲击、碰撞等,电学中的充放电、闪电、雷击等,对这类随时间瞬变的对象进行测量,称为动态测量或瞬态测量。动态测量有两种方式:一种是测量有源量,测量幅值随时间呈非周期性变化(突变、瞬变)的电信号;另一种是测量无源量,要用最典型的脉冲或阶跃信号作为被测系统的激励,观测系统的输出响应(随时间的变化关系),即研究被测系统的瞬态特性。无论是测量有源量还是无源量,激励与响应均是脉冲型的,故动态测量又叫脉冲测量。此外,它是以时间为变量对线性系统进行测试的,也就是说,在时域内研究被测信号和系统的瞬态响应情况,即非周期的瞬态测试技术常采用时域测试技术。

## 1.2 电子测量仪器概述

利用电子技术实现测量的仪表设备,统称为电子测量仪器。本节简单介绍电子测量仪器的功能、分类和主要技术指标。

### 1.2.1 电子测量仪器的功能

测量仪器通常都具备物理量转换、信号处理与传输,以及测量结果的显示等基本功能。

#### 1. 转换功能

对于电压、电流等电学量的测量,是通过测量各种电效应来达到目的的。例如,作为模拟



式仪表最基本组成单元的动圈式检流计(电流表),就是将流过线圈的电流强度转化成与之成正比的扭矩而使仪表指针相对于初始位置偏转一个角度的,根据角度偏转大小(可通过刻度盘上的刻度获得)得到被测电流的大小,这就是一种很基本的转换功能。对非电量测量,必须将各种非电物理量,如压力、位移、温度、湿度、亮度、颜色、物质成分等,通过各种对应的传感器转换成与之相关的电压、电流等,而后再通过对电压、电流的测量,得到被测物理量的大小。随着测量技术的发展和需要,现在往往将传感器、放大电路及其他相关部分构成独立的单元电路,将被测量转换成模拟的或数字的标准电信号,送往测量和处理装置,这样的单元电路常称为变送器,它是现代测量系统中极为重要的组成部分。

## 2. 信号处理与传输功能

对进入测量电路的电信号,通常要进行信号处理,例如,对弱信号要放大,强信号要衰减,有的要加滤波等防干扰措施,有的要将模拟信号转换为数字信号,有的要用微处理器对信号进行处理等。

在遥测遥控等系统中,现场测量结果经变送器处理后,需经较长距离的传输才能送到测试终端和控制台。不管采用有线的还是无线的方式,传输过程中造成的信号失真和外界干扰等问题都会存在。因此,现代测量技术和测量仪器都必须认真对待测量信号的传输问题。

## 3. 显示功能

测量结果必须以某种方式显示出来才有意义。因此,任何测量仪器都必须具备显示功能。例如,模拟式仪表通过指针在仪表度盘上的位置显示测量结果,数字式仪表通过数码管、液晶或阴极射线管显示测量结果。

此外,一些先进的仪器,如智能仪器等,还具有数据记录、处理及自检、自校、报警提示等功能。

### 1.2.2 电子测量仪器的分类

电子测量仪器有多种分类方法,总的可分为通用和专用两大类。通用电子仪器有较广泛的应用范围,如示波器、多用表及通用计数器等。专用电子仪器有特定的用途,例如,光纤测试仪器用于测试光纤的特性,通信测试仪器用于测试通信线路及通信设备。另外,电子仪器按工作频段可分为超低频、音频、视频、高频及微波等,按电路原理可分为模拟式和数字式,按仪器结构可分为便携式、台式、架式、模块式及插件式等,按使用条件又可分为 I、II 和 III 组仪器。I 组仪器为高精度仪器,要求工作环境温度为  $10^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ ,湿度为  $30\% \sim 75\%$  RH,只允许有轻微的震动;II 组仪器要求环境温度为  $0^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$ ,湿度为  $40\% \sim 90\%$  RH,仪器在使用中允许有一般的震动和冲击,通用仪器应符合该组要求;III 组仪器可工作在室外环境,要求温度为  $10^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ ,湿度为  $50\% \sim 90\%$  RH,在运输过程中允许受到震动和冲击。

#### 1. 按照被测量的特性分类

##### (1) 时域测试仪器