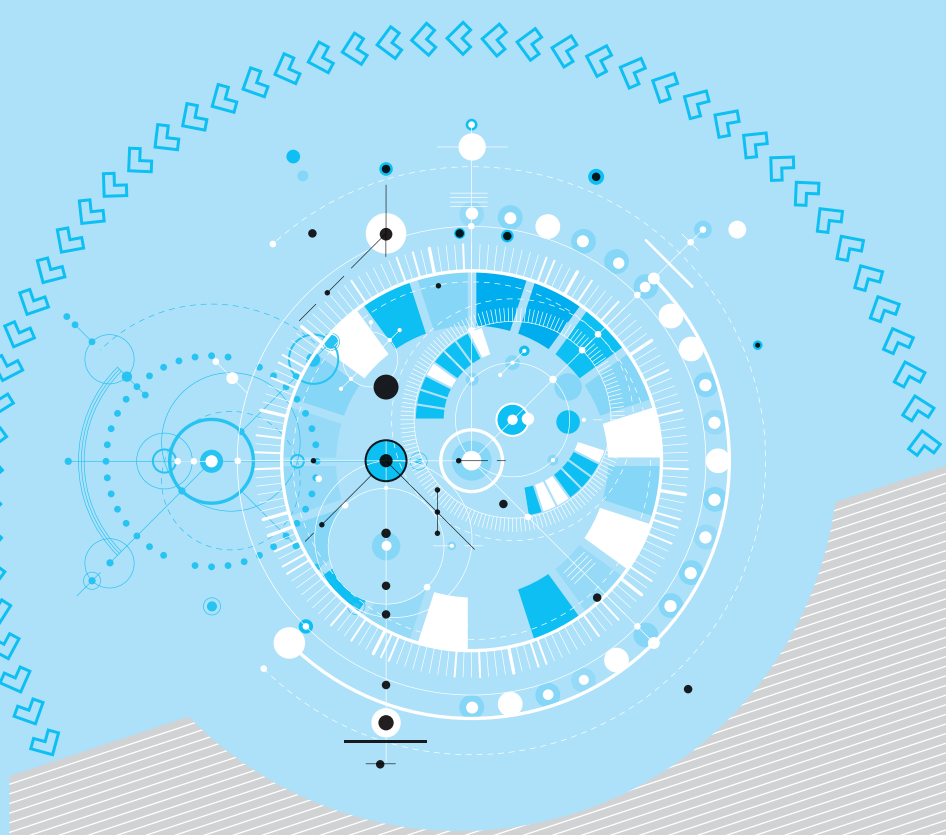


»»»»»» 中等职业学校电气系列教材

# 电子测量技术

- 主 编 代 莉 李 敏
- 副主编 周永平
- 主 审 彭青远



## 内容提要

本书共 11 个项目,内容包括电子测量基础知识、万用表的使用、电子计数器的使用、毫伏表的使用、直流稳压电源的使用、信号发生器的使用、兆欧表的使用、频率特性测试仪的使用、示波器的使用、电桥的使用、自动测试系统与虚拟仪器。

本书可作为中等职业学校电子信息类等专业的教材,也可供相关技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

电子测量技术 / 代莉,李敏主编. -- 上海: 上海交通大学出版社,2024. 6

ISBN 978-7-313-29793-8

I. ①电… II. ①代… ②李… III. ①电子测量技术  
IV. ①TM93

中国国家版本馆 CIP 数据核字(2024)第 001611 号

### 电子测量技术

DIANZI CELIANG JISHU

主 编:代 莉 李 敏

出版发行:上海交通大学出版社

邮政编码:200030

印 制:三河市骏杰印刷有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

字 数:200 千字

版 次:2024 年 6 月第 1 版

书 号:ISBN 978-7-313-29793-8

定 价:39.00 元

地 址:上海市番禺路 951 号

电 话:021-64071208

经 销:全国新华书店

印 张:12

印 次:2024 年 6 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者:如您发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话:0316-3662258



# 前言

## Foreword

为贯彻落实《国家职业教育改革实施方案》，确保新一轮中等职业教育教学改革顺利进行，全面提高教育教学质量，保证高质量教材进课堂，编者组织编写了本书。

本书的编写目的是使学生熟悉现代电子测量的基本理论和知识，熟悉电子测量仪器的工作原理和测量技术，并在实际测量中具备合理制定测试方案、正确选用测量仪器、正确测试数据的能力。

本书在编写过程中力求编出质量，具有以下特点。

(1)贯彻“以服务为宗旨，以就业为导向”的职业教育方针，打破“章节”编写模式，建立“以项目教学为引导，以任务教学为驱动，以行动体系为框架”的教材体系，以期实现“便于教，易于学”，满足学生提升自身技能的需求。

(2)以党的二十大精神为指引，遵循技术技能人才的培养规律，将劳模精神、劳动精神、工匠精神等内容融入教材，在每个项目前加入“学思园地”模块，体现教材的时代性，激励中职学生走技能成才、技能报国之路。

(3)紧跟电子测量技术的发展动向，吸纳新知识、新技能，同时体现分层教学的思想，以适应不同类型学生的需要。

本书以培养电子测量基本技能和工程应用能力为目标，主要介绍了电子测量基础知识、万用表的使用、电子计数器的使用、毫伏表的使用、直流稳压电源的使用、信号发生器的使用、兆欧表的使用、频率特性测试仪的使用、示波器的使用、电桥的使用、自动测试系统

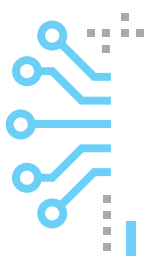


与虚拟仪器等内容,涵盖了电子测量技术的基本内容。

本书由重庆市綦江职业教育中心代莉、李敏任主编,重庆市教育科学研究院周永平任副主编,重庆市綦江职业教育中心刘成凤、王光伟、杨毅、苟志强、赵雷、高宇、罗亨涛参与编写,重庆市电工行业协会彭青远任主审。本书在编写过程中,得到了重庆市教育科学研究院、重庆市电工行业协会、重庆智神科技有限公司领导和专家们的大力支持,在此表示诚挚的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者



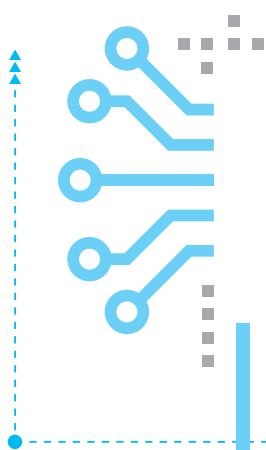
# 目 录

## Contents

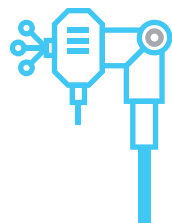
<b>项目一</b>	<b>电子测量基础知识</b>	<b>1</b>
	任务一 了解电子测量	2
	任务二 认识测量误差	5
<b>项目二</b>	<b>万用表的使用</b>	<b>13</b>
	任务一 指针式万用表的使用	14
	任务二 数字式万用表的使用	26
<b>项目三</b>	<b>电子计数器的使用</b>	<b>36</b>
	任务一 频率和时间测量的基本方法	37
	任务二 认识电子计数器	41
	任务三 通用电子计数器实例	48
<b>项目四</b>	<b>毫伏表的使用</b>	<b>56</b>
	任务 认识和使用毫伏表	57
<b>项目五</b>	<b>直流稳压电源的使用</b>	<b>70</b>
	任务 认识和使用直流稳压电源	71
<b>项目六</b>	<b>信号发生器的使用</b>	<b>85</b>
	任务一 认识信号发生器	86
	任务二 低频信号发生器的使用	90
	任务三 函数信号发生器的使用	96



<b>项目七</b>	<b>兆欧表的使用</b>	<b>106</b>
	任务 使用兆欧表测量绝缘电阻	107
<b>项目八</b>	<b>频率特性测试仪的使用</b>	<b>117</b>
	任务 使用频率特性测试仪测量频率特性	118
<b>项目九</b>	<b>示波器的使用</b>	<b>132</b>
	任务一 认识和使用模拟示波器	133
	任务二 认识和使用数字示波器	144
<b>项目十</b>	<b>电桥的使用</b>	<b>154</b>
	任务一 电桥法概述	155
	任务二 认识万用电桥	156
	任务三 认识数字电桥	162
<b>项目十一</b>	<b>自动测试系统与虚拟仪器</b>	<b>164</b>
	任务一 智能仪器概述	165
	任务二 自动测试系统	169
	任务三 虚拟仪器	175
	<b>参考文献</b>	<b>185</b>



## 项目 一



# 电子测量基础知识

### 知识目标

- (1) 了解测量的基本概念,电子测量的意义、内容、特点、方法和分类,以及测量仪器的性能指标。
- (2) 理解电子测量的内容。
- (3) 理解误差的概念、分类及产生的原因。

### 素养目标

- (1) 通过实验锻炼动手能力。
- (2) 增强团队合作意识。





### 学思园地

“人造太阳”一般是指“国际热核聚变实验堆(ITER)装置”。ITER 装置是能够产生大规模核聚变反应的“超导托卡马克”,是由中国、俄罗斯、美国、欧盟、韩国、日本等国家和地区合作的项目。早在 2013 年,中国科学院合肥物质科学研究院就宣布,我国“人造太阳”实验装置辅助加热工程中的“中性束注入系统”在综合测试平台上,首次成功突破 100 s 长脉冲氢中性束引出。2020 年,我国新一代“人造太阳”装置(中国环流器二号 M 装置)在成都落成,并且实现了首次放电。

## 任务一

### 了解电子测量



#### 任务描述

电子测量是电子与通信专业的一门基础学科。本任务将对测量的意义和目的,电子测量的基本概念,电子测量的内容、特点和方法等方面进行探讨。



#### 知识链接

### 一、测量的意义和目的

#### 1. 测量的意义

测量是人类对客观事物取得数量概念的认识过程。在这种认识过程中,人们依据一定的理论,借助专门的设备,通过实验的方法求出被测量的量值或确定一些量值的依从关系。通常测量结果的量值由两部分组成:数值(大小及符号)和相应的单位名称。没有单位的量值是没有物理意义的。

一般来说,测量是一种比较过程,把被测量与同种类的单位量通过一定的方法进行比较,以确定被测量是该单位的若干倍。被测量的数值大小与所采用的单位成反比。





## 2. 测量的目的

在科学技术发展过程中,测量结果不仅用于验证理论,还是发现新问题、提出新理论的依据。历史事实证明:科学的进步和生产的发展与测量理论技术手段的发展和进步是相互依赖、相互促进的。测量手段的现代化,已被公认为科学技术和生产现代化的重要条件和明显标志之一。

## 二、电子测量的基本概念

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。例如,某电阻的阻值,万用表测量为  $120\ \Omega$ ;某电路电阻两端的电压,万用表测量为  $40\ \text{V}$  等。

电子测量的范围广,从零件加工到电子产品的装配、调试、维修等都离不开电子测量。目前,电子测量的水平是衡量一个国家科学技术水平的重要标准之一。

## 三、电子测量的内容

电子测量的内容很多,总结起来有 5 个方面,见表 1-1。

表 1-1 电子测量的内容

测量内容	具体实例	备注
元器件参数	电阻器的阻值、电容器的容量、晶体管和集成电路的参数等	基本参量,是派生参量测量的基础
基本量	电压、电流、功率和电场强度等	基本参量,电压测量是最基本、最重要的测量内容
电信号特性	电信号的波形、幅度、相位、周期、频率等	基本参量,是派生参量测量的基础
电路性能指标	灵敏度、增益、带宽、信噪比等	派生参量
特性曲线的显示	频率特性、器件特性等	派生参量

## 四、电子测量的特点

电子测量技术与电子测量仪器的应用非常广泛,与其他测量技术和测量仪器相比有着无法比拟的众多优点,具体如下。

### 1. 测量频率范围宽

在电子测量中对电信号的测量,其频率覆盖范围极宽,但是不可能同一台仪器



能在这样宽的频率范围内工作。通常是根据测量对象的工作频段不同,选用不同的测量原理和使用不同的测量仪器。

### 2. 测量量程宽

量程是指测量范围的上下限值之差。电子测量的另一个特点是被测量的量值大小相差悬殊。例如,一台数字电压表可以测出从纳伏(nV)级至千伏(kV)级的电压,其量程达9个数量级;一台用于测量频率的电子计数器,其量程可达17个数量级。

### 3. 测量准确度高

对于不同参数的测量,测量结果的准确度是不一样的。有些参数的测量准确度可以很高,而有些参数的测量准确度却相当低。电子测量的准确度比其他测量方法高得多,特别是对频率和时间的测量,误差可减小到 $10^{-13}$ 量级,是目前人类在测量准确度方面达到的最高指标。

### 4. 测量速度快

由于电子测量是利用电子测量仪器完成的,其工作速度几乎等同于电子运动和电磁波的传播速度,使得电子测量无论在测量速度,还是在测量结果的处理上,都是其他测量方法不可比拟的。

### 5. 可以进行遥测和遥控

人们可以把电子仪器或与它连接的传感器放到人类自身无法达到或不便长期停留的地方进行测量。通过测量仪器把现场所需测量的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中心,从而实现遥测和遥控。

### 6. 可以实现测量自动化

将电子测量仪器与控制设备组合可作为自控、遥测设备的一部分,这使得电子测量在自动化系统中占据了重要地位。特别是微型计算机问世以后,微型机或单片机被引入测试系统,出现了许多不同类型带微处理器的智能仪器。使用这些智能仪器进行测量工作时,无须人工干预,即可实现测量结果的误差修正、数据处理和输出显示等。

## 五、电子测量的方法

选用电子测量方法是测量工程中至关重要的一步,常用的电子测量方法有以下三种。



### 1. 直接测量法

直接测量法是直接从仪器仪表的刻度线上读出或显示器上显示出测量结果的方法。例如,测量电阻器的电阻,可以从万用表的刻度线上直接读出结果;用频率计测量频率,将电流表串入电路中测量电流,都属于直接测量法。直接测量法直观、迅速。

### 2. 间接测量法

根据直接测量的量与被测量之间的函数关系(公式、曲线、表格),间接得到被测量值的测量方法称为间接测量法。例如,用伏安法测量电阻消耗的直流功率  $P$ ,可以通过直接测量电压  $U$  和电流  $I$ ,然后根据函数关系  $P=UI$ ,经过计算,间接获得电阻消耗的功耗  $P$ 。

### 3. 组合测量法

当某项测量结果需用多个参数表达时,可通过改变测试条件进行多次测量,再根据测量结果与参数间的函数关系列出方程组并求解,进而得到未知量,这种测量方法称为组合测量法。例如,电阻器电阻温度系数的测量就是通过组合测量的方式得到的。

## 任务二

### 认识测量误差



#### 任务描述

测量的目的是获得真实反映被测对象的特性、状态或状态变化过程的信息,由此信息做出某种判断、评价或决策。但因多方面原因,测量结果与被测对象的真实状况之间存在一定的偏差。为了使测量结果更准确,要学习测量误差。本任务介绍测量误差的定义、来源、分类和表示方法,以及测量数据的处理。



#### 知识链接

### 一、测量误差的定义

测量误差是指测量结果与被测量的真值之间的偏差,即误差=测量值-真值。例如,在电压测量中,真实电压为  $10\text{ V}$ ,测得电压为  $9.7\text{ V}$ ,则误差= $9.7\text{ V}-10\text{ V}=-0.3\text{ V}$ 。



被测量的真值是一个理想的概念,是客观存在的,却难以获得。由于实验仪器灵敏度和分辨能力有局限性,周围环境不稳定等因素的影响,待测量的真值是不可能测得的,常以高一等级标准仪器或计量器具所测得的数值来代替真值(见图 1-1)。

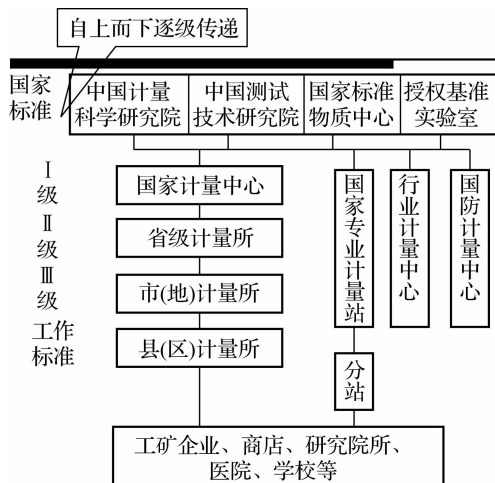


图 1-1 真值确认示意图

测量工作的价值在于测量的准确度。随着科学技术的发展,人们对减少误差提出了更高的要求。当测量误差超过一定限度时,测量工作变得毫无意义,甚至给工作带来很大的危害。因此,控制测量误差就成为衡量测量技术水平的标志之一。

## 二、测量误差的来源及分类

测量误差是各种因素的偏差的综合,其来源较复杂,主要包括表 1-2 所示的内容。

表 1-2 测量误差的来源

名称	定义	举例
仪器误差	仪器(仪表)本身及附件引起的误差	指针式仪表刻度的误差;数字式仪表的量化误差;仪表内电路的零点漂移
使用方法误差 (操作误差)	测量过程中,使用方法不恰当造成的误差	规定垂直安置的仪器水平放置;接线太长或未考虑阻抗匹配;未按操作规程进行预热、调节、校准等
人身误差	由于人的感觉器官和运动器官不完善所产生的误差	测试人员在读取仪表的指示数值时,总是读得偏高或偏低
环境误差	由外界环境的变化而产生的误差	温度、湿度、电磁场、机械振动、噪声、光照、放射性等变化



从测量误差产生的原因及特征角度看,误差分为系统误差、随机误差和粗大误差(过失误差)三类,见表 1-3。

表 1-3 测量误差的类型、意义和产生原因

类 型	意 义	产 生 原 因
系统误差	在相同条件下重复测量同一量时,误差的大小和符号不变或按照一定规律变化的误差	仪器误差、使用方法误差、人身误差、环境误差等
随机误差	在相同条件下重复测量同一量时,误差的大小和符号无规律地变化的误差	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因素
粗大误差 (过失误差)	在一定条件下测量结果明显偏离实际值所对应的误差	测量者对仪器不了解、粗心,导致读数不正确或突发事件等

### 三、测量误差的表示方法

测量误差的表示方法有两种:绝对误差和相对误差。

#### 1. 绝对误差

测量值  $X$  与其真值  $A_0$  的差,称为绝对误差,用  $\Delta X$  表示: $\Delta X = X - A_0$ 。

由于真值无法测得,故常用高一级别标准仪器的测量值  $A$  代替真值  $A_0$ ,则绝对误差表达式为  $\Delta X = X - A$ 。

当  $X > A$  时,绝对误差是正值,反之为负值。与绝对误差的绝对值大小相等,但符号相反的值为修正值。

#### 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,但是不能说明测量的准确程度。例如,测量 100 V 的电压时  $\Delta X_1 = 2$  V,测量 10 V 的电压时  $\Delta X_2 = 0.5$  V,虽然  $\Delta X_1 > \Delta X_2$ ,但是实际  $\Delta X_1$  只占被测量的 2%,而  $\Delta X_2$  却占被测量的 5%,显然后者的误差对测量结果的影响相对较大。

因此,工程上常采用相对误差来比较测量结果的准确程度。将测量的绝对误差  $\Delta X$  与被测量的约定值  $A$  (高一级别标准仪器的测量值)之比称为相对误差,用百分



数表示。相对误差有以下几种表示方法。

### 1) 实际相对误差( $r_A$ )

用绝对误差  $\Delta X$  与被测量的实际值  $A$  的百分比来表示实际相对误差,即:

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

### 2) 示值相对误差( $r_X$ )

$$r_X = \frac{\Delta X}{X} \times 100\% \quad (1-2)$$

### 3) 满度相对误差( $r_m$ )

$$r_m = \frac{\Delta X}{X_m} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中, $X_m$  为测量仪器的满度值。

电工仪表的准确度分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 和 5.0 共 7 个等级,由满度相对误差( $r_m$ )决定。例如,准确度为 0.5 级的电表,意味着它的  $|r_m| \leq 0.5\%$  但超过 0.2%。

#### 思考

若要测量 10 V 左右的电压,手头有两只电压表,其中一只的量程为 100 V、 $\pm 1.0$  级,另一只量程为 15 V、 $\pm 2.5$  级,选用哪一只电压表更合适?

**注意:**测量结果的准确度一般总是低于仪器(仪表)的准确度。在仪表准确度等级确定后,示值越接近最大量程,示值相对误差就越小。所以测量时应注意选择合适的量程,使指针的偏转位置尽可能处于满度值的  $2/3$  以上区域。

## 四、测量数据的处理

测量数据的处理就是从测量值原始数据中求出被测量的最佳估计值,并计算其准确度。

### 1. 有效数字

有效数字是在分析工作中实际测量到的数字,除最后一位是可疑数字之外,其余的数字都是确定的。它既反映了数量的大小,同时也反映了测量的精密程度。

有效数字的构成:全部准确数字+最后一位估计的可疑数字。

有效数字位数的定义:从第 1 位非零的数字算起,到最后一位数字为止。

有效数字的正确表示应注意以下几点。



(1)前面的“0”不能算有效数字,后面的“0”是有效数字。例如,0.045和45.00,前者为2位有效数字,后者为4位有效数字。

(2)对后面带“0”的大数目数字,不同写法的有效数字位数是不同的。例如,1 000如果写成 $10 \times 10^2$ 表示2位有效数字,写成 $1 \times 10^3$ 则表示1位有效数字。

(3)有效数字的位数与测量误差的关系。在写有绝对误差时,有效数字的末位应与绝对误差取齐。例如,6.25±0.01不能写成6.25+0.1;又如,16.250±0.012不能写成16.250+0.0122。在写带有单位的量值时,有效数字也应与绝对误差对齐。例如,4 500 kHz+1 kHz不能写成4.5 MHz+1 kHz。

## 2. 数据舍入原则

测量中使用四舍六入五凑偶法则,如:

{	小于5舍	{	等于5取偶	{	5后有数,舍5入1 (如3.62456→3.625)
	大于5入				5后无数或为零时
					5前是偶数,舍5不进 (如14.9850→14.98)



## 能力检测

### 1. 填空题

(1)电子测量是以\_\_\_\_\_为依据,以\_\_\_\_\_为手段,对\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_所进行的测量。电子测量结果的量值由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两部分组成。

(2)先测量20 kΩ电阻两端的电压,再求出流过电阻的电流,这种测量方法称为\_\_\_\_\_测量法。

(3)某同学将规定卧式放置的仪器错误地变为立式放置来测量,因此而产生的误差称为\_\_\_\_\_。

(4)如果测得20 kΩ电阻的测量值为19.5 kΩ,则测量的绝对误差为\_\_\_\_\_,测量的相对误差为\_\_\_\_\_。

(5)测量时选择量程的原则是,使指针的偏转位置尽可能处于满度值的\_\_\_\_\_以上区域。

(6)用伏安法测量电阻的方法属于\_\_\_\_\_测量法。

(7)工程上常采用\_\_\_\_\_误差来比较测量结果的准确度。





(8)随机误差的大小可以用测量值的\_\_\_\_\_衡量,其值越小,测量值越集中,测量的\_\_\_\_\_越高。

(9)用一只 0.5 级 50 V 的电压表测量直流电压,产生的绝对误差小于等于\_\_\_\_\_ V。

(10)根据误差性质,测量误差可分为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_。

## 2. 判断题

(1)用数字表对某电阻的阻值进行测量不是电子测量。 ( )

(2)当被测量的电压是 8 V 时,量程应选择 10 V 挡,测量误差才最小。 ( )

(3)电子测量仪器外表有灰尘,可以用湿布擦去。 ( )

(4)为了人身和财产的安全,测量仪器的外表不可接地。 ( )

(5)数据 3.21450 保留 4 位有效数字,按照修约规则的结果是 3.214。 ( )

(6)粗大误差具有随机性,可采用多次测量求平均值的方法来消除或减少。 ( )

(7)通过多次测量求平均值的方法可减弱随机误差对测量结果的影响。 ( )

(8)电阻测量是最基本、最重要的测量内容。 ( )

(9)频率、时间、电压、相位、阻抗等都是基本参量,其他量是派生参量。 ( )

(10)在仪表准确度等级确定后,示值越接近最大量程,示值相对误差就越小。 ( )

## 3. 选择题

(1)以下不属于测量内容的是( )。

- A. 电信号特性的测量
- B. 特性曲线的显示
- C. 器件序号的鉴别
- D. 元器件参数的测量

(2)以下不属于直接测量法的是( )。

- A. 电流表串入电路中测量电流
- B. 用频率计测量频率
- C. 用万用表测量电路中的电阻
- D. 用伏安法测量电阻

(3)系统误差越小,测量结果( )。

- A. 越准确
- B. 越不准确
- C. 越不一定准确
- D. 与系统误差无关





(4)在使用连续刻度的仪表进行测量时(欧姆表除外),一般应使被测量的数值尽可能在仪表满刻度值的\_\_\_\_\_以上。

- A. 1/4  
B. 1/3  
C. 1/2  
D. 2/3

(5)根据测量误差的性质和特点,可以将其分为( )三大类。

- A. 系统误差、随机误差、粗大误差  
B. 固有误差、工作误差、影响误差  
C. 绝对误差、相对误差、引用误差  
D. 稳定误差、基本误差、附加误差

(6)下列测量中属于间接测量的是( )。

- A. 用万用表欧姆挡测量电阻  
B. 用电压表测量已知电阻上消耗的功率  
C. 用逻辑笔测量信号的逻辑状态  
D. 用电子计数器测量信号周期

(7)测量的正确度是表示测量结果中( )大小的程度。

- A. 系统误差  
B. 随机误差  
C. 粗大误差  
D. 标准偏差

(8)下列选项中,( )不属于电子测量方法。

- A. 直接测量  
B. 间接测量  
C. 复杂测量  
D. 组合测量

(9)下列属于电工仪表的准确度等级的是( )。

- A. 0.5  
B. 1.0  
C. 2.0  
D. 2.5

(10)被测电压真值为 50 V,用电压表测量时,指示值为 40 V,则示值相对误差为( )。

- A. +25%  
B. -25%  
C. +20%  
D. -20%

#### 4. 综合题

(1)什么是电子测量? 下列两种情况是否属于电子测量? 为什么?

- ①用水银温度计测量温度。  
②利用传感器将温度变为电量,通过测量该电量来测量温度。

(2)电子测量的主要内容有哪些? 电子测量有什么特点?

(3)在测量电流时,若测量值为 100 mA,实际值为 98.7 mA,则绝对误差和修正值各为多少? 若测量值为 99 mA,修正值为 2 mA,则实际值和绝对误差又各为多少?

(4)用量程为 10 mA 的电流表测量实际值为 8 mA 的电流,若读数是 8.15 mA,试求测量的绝对误差、示值相对误差。



(5)若测量 8 V 左右的电压,有两只电压表,其中一只量程为 100 V、0.5 级,另一只量程为 10 V、2.5 级。选用哪一只电压表测量比较合适?

(6)用 0.2 级 100 mA 的电流表和 2.5 级 100mA 的电流表串联测量电流,前者示值为 80 mA,后者示值为 77.8 mA。

①如果把前者作为标准表校验后者,被校表的绝对误差是多少?应当引入的修正值是多少?测得值的实际相对误差为百分之几?

②如果认为上述结果是最大绝对误差,则被校表的准确度应定为几级?

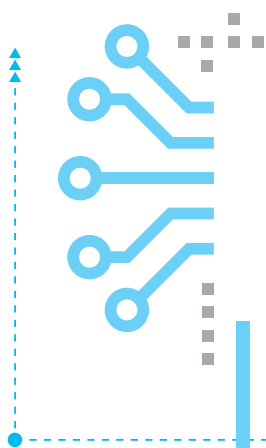
(7)根据误差的性质,误差可分为哪几类?各有何特点?分别可以采取什么措施减小这些误差对测量结果的影响?

(8)将下列数据进行舍入处理,要求保留 3 位有效数字。

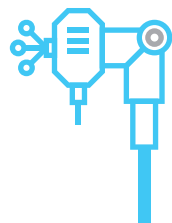
86.372 4   3.175   0.000 312 5   58 350   54.79   210 000   19.99   33.650 1

(9)通用电子测量仪器大致可分为哪几种?

(10)欲测量 250 V 的电压,要求测量的相对误差不大于  $\pm 0.5\%$ ,若选用量程为 250 V 的电压表,则其准确度为哪一级?若选用 300 V 和 500 V 的电压表,则其准确度又各为哪一级?



## 项目 二



# 万用表的使用

### 知识目标

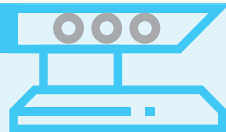
- (1) 了解指针式万用表和数字式万用表的结构、作用。
- (2) 理解指针式万用表的基本工作原理。
- (3) 掌握指针式万用表的使用方法和选用原则。
- (4) 掌握数字式万用表的使用方法和在使用过程中的注意事项。

### 能力目标

- (1) 会使用指针式万用表测量直流电流、直流电压、交流电流、交流电压、电阻和晶体管放大倍数。
- (2) 会使用数字式万用表测量电阻阻值、电流值和电压值。
- (3) 会使用指针式万用表和数字式万用表判断二极管的好坏、三极管的引脚及管型。

### 素养目标

- (1) 能遵守万用表的操作规程,养成良好的操作习惯。
- (2) 注重万用表的维护保养,养成爱护设备的习惯。
- (3) 注意万用表测量过程中人身和设备的安全,具有安全意识。
- (4) 具有自学能力。





2022年9月25日6时55分,我国在太原卫星发射中心使用“快舟一号”运载火箭,以“一箭双星”方式,成功将“试验十四号”和“试验十五号”卫星送入预定轨道。伴随着任务总指挥“圆满成功”的慷慨宣告,某型号雷达的操作方舱内掌声雷动。

此次发射前夕,在最后一次演练中,一声“报告”打破了方舱的宁静:“报告,接收机红色报警,无目标回波,显示离线状态。”听到岗位人员的报告,系统指挥梁正虎根据故障现象,迅速做出安排,最终将问题定位于天线某模块。

更换模块后目标回波恢复正常,而梁正虎的眉头始终没能舒展,一分钟后,“立即关机!再次核查其他模块工作情况!”作为系统指挥的他发出指令。梁正虎解释道:单个模块平均无故障工作时间达到10万小时,三个月内同一模块损坏2块,不符合统计学规律,肯定还存在其他模块工作异常。此时,距离火箭发射不足48小时,梁正虎带领大家利用万用表等检测仪器从故障模块开始逐步对可能造成影响的部件进行测试排查。经过13个小时的连续奋战,发现接收机某模块电源输出地线有异常交流纹波。

技术提升非一日之功。梁正虎最让人佩服的还是在日常工作中的细致和钻研劲头,不放过一个隐患、不放过一次学习提升机会。“查找问题不打‘擦边球’,不要差不多,不要应该行”,梁正虎正是时刻保持这样不放过一丝一毫可能存在隐患的严谨态度,带领团队一次又一次圆满完成航天发射跟踪任务。

## 任务一

### 指针式万用表的使用



#### 任务描述

指针式万用表是一种多功能、多量程的测量仪表,一般指针式万用表可测量直流电流、直流电压、交流电流、交流电压、直流电阻和音频电平等。本任务主要对指针式万用表的结构组成、使用方法、常用故障分析及检修、使用注意事项和使用技巧进行简单的讲解。

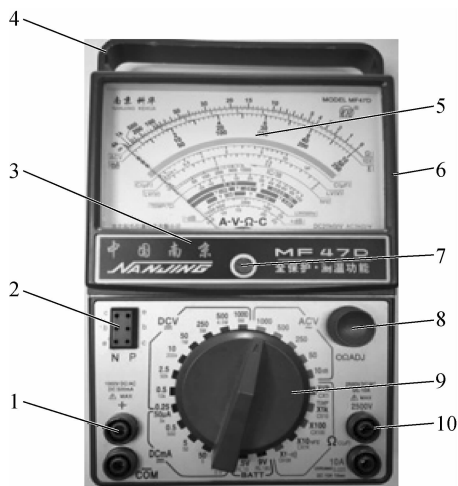


## 知识链接

## 一、认识指针式万用表

指针式万用表的种类多,但它们的基本组成和工作原理基本相同。下面以 MF47 型万用表为例进行介绍。

MF47 型万用表外形如图 2-1 所示,它是一种高灵敏度、多量程的携带式仪表,该表共有 26 个基本测量量程,可供测量交、直流电压、电流,直流电阻,音频电平等。它能估测电容器的性能,判别各种类型的二极管、三极管极性。



1—表笔插孔; 2—三极管  $h_{FE}$  值; 3—表头(下方内部); 4—提手; 5—表盘; 6—外壳;  
7—机械调零旋钮; 8—欧姆挡调零旋钮; 9—转换开关; 10—专用插座。

图 2-1 MF47 型万用表的外形

指针式万用表的结构主要由测量机构、测量电路、转换装置等组成;从外观上看,主要由外壳、表头、表盘、机械调零旋钮、电阻挡调零旋钮、转换开关、专用插座、表笔插孔等组成。

指针式万用表的内部结构如图 2-2 所示,由电池、电阻、电容、电感、二极管、三极管等元器件组成测量电路。

## 1. 表头

表头决定了万用表的灵敏度,是万用表很



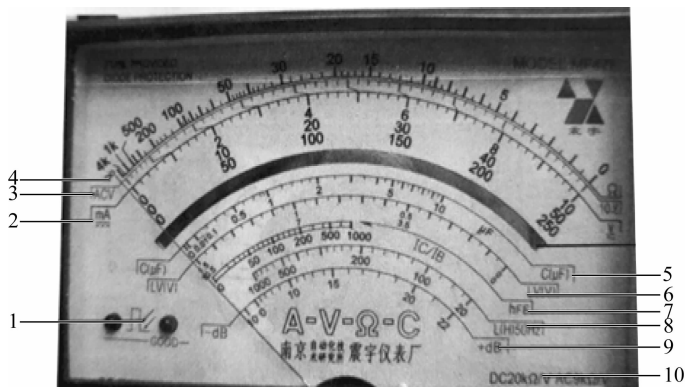
图 2-2 MF47 型万用表的内部结构



重要的部分,由指针、磁路系统和偏转系统组成。表头一般采用内阻较大、灵敏度较高的磁电直流安培表做成。

## 2. 表盘

表盘由多种刻度线和带有说明作用的各种符号组成。使用者必须正确理解各种刻度线的读数方法和各种符号所代表的意义,才能更好地使用万用表,如图 2-3 所示。



- 1—红外线遥控器数据检测; 2—交直流电压电流挡读数区; 3—交流 10 V 挡专用;
- 4—欧姆挡读数线; 5—直流电容测量; 6—负载电压电流参数测量;
- 7—晶体管直流放大倍数; 8—电感值测量; 9—音频电平值测量;
- 10—交直流电压灵敏度。

图 2-3 MF47 型万用表的表盘

## 3. 转换开关

万用表的型号不同,转换开关的工作方式也不同,目前有功能开关与量程开关合用一只开关型、功能开关与量程开关分离型、功能开关与量程开关交互使用型 3 种。MF47 型万用表属于功能开关与量程开关合用一只开关型,只要把转换开关置于其相应的位置,即可进行测量。

## 4. 表笔插孔

测量时,红表笔应插在“+”端,黑表笔应插在公共端的“—”端。在使用交直流“2 500 V”和音频电平测试量程时,红表笔应分别插在“+”端。

## 5. 机械调零旋钮和电阻挡调零旋钮

机械调零旋钮作用:静止时调整表头指针的位置。其指针位置应指在刻度线左端“0”位置,如果不在此位置,可用此旋钮进行调节。

电阻挡调零旋钮作用:当两表笔短接时,表头指针应指在欧姆挡刻度线的右端



“0”位置,如果不在此位置,可调整该旋钮使其到位。要注意的是:每转换一次欧姆挡时都应调整该旋钮,以减小测量的误差。

## 二、指针式万用表的工作原理

### 1. 直流电压测量电路

MF47 型万用表使用一只内阻为  $2\text{ k}\Omega$ 、量程为  $50\text{ }\mu\text{A}$  的直流表头。若用它直接测量,其测量范围应为  $2 \times 10^3 \times 50 \times 10^{-6} = 0.1$ ,即高于  $0.1\text{ V}$  的直流电压因流过表头的电流超过  $50\text{ }\mu\text{A}$  而不能测量。欲扩大量程,只要串接适当阻值的电阻即可,如图 2-4 所示。

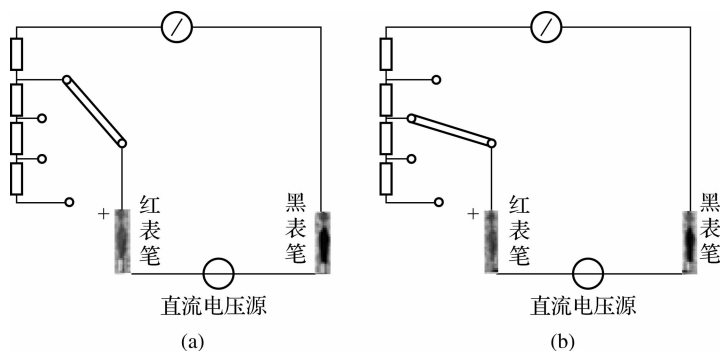


图 2-4 直流电压测量原理

(a) 测量低电压时; (b) 测量高电压时

### 2. 直流电流测量电路

与直流电压测量电路相反,为了扩大表头的电流量程,需并联分流电阻,使实际通过表头的电流为被测电流的一部分,如图 2-5 所示。

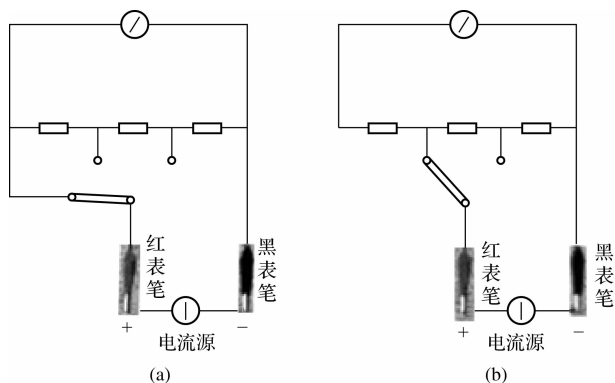


图 2-5 直流电流测量原理

(a) 测量小电流时; (b) 测量大电流时





## 任务实施

### 1. 指针式万用表的使用方法技巧

#### 1) 测量前准备与选挡

首先把万用表放置水平状态,并视其表针是否处于零点(指电流、电压刻度的“0”点),若不在,则应调整表头下方的机械零位调整旋钮,使指针指向零点,如图 2-6 所示。

根据被测量,正确选择万用表上的挡位量程。

#### 2) 测量交流电压

使用指针式万用表测量 220 V 交流电压,具体方法如下。

(1) 调零:进行机械调零,即表针应指向左面“0”刻度位置,如图 2-6 所示。



图 2-6 机械调零

(2) 选挡:根据被测值旋转量程开关置于交流 250 V 量程。

(3) 连接:将万用表表笔并接在被测两端,如图 2-7 所示。



图 2-7 测交流电压

(4) 读数:因所用挡位为 250 V,并且表盘内有 250 刻度线,所以可直接按 250 刻度线读数,因指针指向 120 刻度位置,则所测电压实际值为 120 V。





$$\text{电压值} = \frac{\text{读数值}}{\text{满刻度值}} \times \text{挡位值}$$

$$\text{电压值} = \frac{120}{250} \times 250 = 120(\text{V})$$

记一记

测量交流电压时不必考虑极性问题,只要将万用表并联在被测两端即可,其工作原理如图 2-8 所示。另外,一般也不必选用大量程挡或选高电压灵敏度的万用表。要特别注意安全。

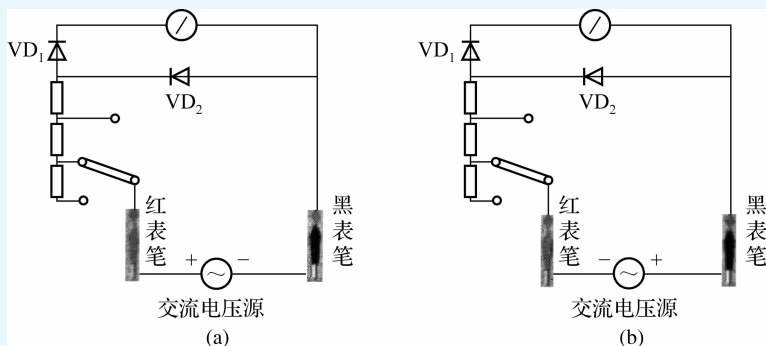


图 2-8 交流电压测量的工作原理

(a)红表笔接“+”端; (b)黑表笔接“+”端

记一记

转换开关选交流,挡位大小符合要求,表笔并联路两端,极性不分正与负,测出电压有效值,测量高压要换孔,勿忘换挡先断电。

练一练

测量实训台交流电压输出端的输出电压,并做好记录(见表 2-1)。

表 2-1 万用表测交流电压结果

项 目	标 称 值	挡 位	读 数	测 得 值
U-V	380 V			
U-W	380 V			
V-W	380 V			
U-N	220 V			
V-N	220 V			
W-N	220 V			
三孔插座零-火	220 V			



## 3) 测量直流电压

使用指针式万用表测量 1.5 V 电池的实际电压值,具体方法如下。

(1) 调零:进行机械调零,即表针应指向左面“0”刻度位置。

(2) 选挡:将万用表转换开关旋转至直流 2.5 V 挡,如图 2-9 所示。



图 2-9 挡位选择

(3) 连接:将万用表的红表笔接到电池正极,黑表笔接到电池负极。

(4) 读数:因使用 2.5 V 量程,所以应该按 250 线读数,读出值为 148。又由于 2.5 与 250 相差 100 倍,所以再用  $148/100$ ,即实际直流电压值为 1.48 V,如图 2-10 所示。

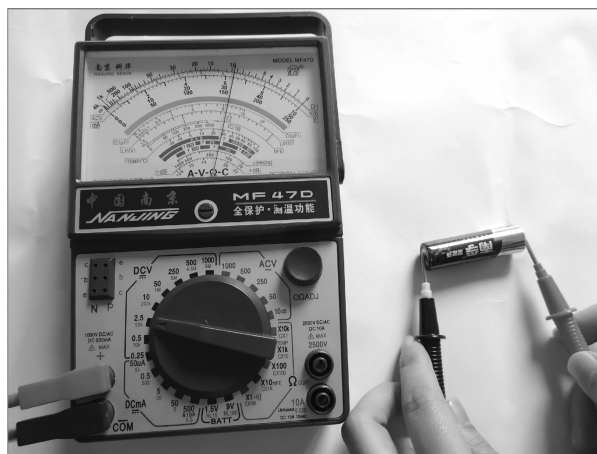


图 2-10 测量直流电压

### 记一记

挡位量程先选好,表笔并接路两端,红笔要接高电位,黑笔接在低位端,换挡之前请断电。