



国家骨干高等职业院校

重点建设专业(电力技术类)“十二五”规划教材

电子技术基础

DIANZI JISHU JICHU

主编◎陈学敏 马逸萍 主审◎赵学会



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

国家骨干高等职业院校
重点建设专业(电力技术类)“十二五”规划教材

电子技术基础

主 编 陈学敏 马逸萍
主 审 赵学会

合肥工业大学出版社

内容提要

本书为国家骨干高等职业院校重点建设专业(电力技术类)“十二五”规划教材。在编写思路以上“培养应用型人才”的基本思想为指导,在结构上采用了“项目引导,任务驱动”的模式,在内容取舍上遵循了“够用、实用”的原则。

全书分为上、下两篇,上篇为模拟电子部分,下篇为数字电子部分。上篇共有九个项目、十四个任务,内容包括常用电子仪器的使用、电子元器件及常用模拟集成电路的使用与测试、基本模拟电子电路的结构和工作原理及基本应用与测试等。下篇共有十个项目、二十个任务,内容包括数字电路的基础知识、数字逻辑电路的分析方法、常用数字集成电路的逻辑功能及典型应用与测试等。每个项目包含学习目标、任务引入、相关知识、项目实践等学习环节;在每个项目后还设置了项目小结、思考题、习题等内容,以便学习者巩固和加深理解所学知识。

本书可作为高职高专院校的电力、电气、电子、通信、计算机、自动控制等相关专业“一体化”教学的教材,也可作为自学者或有关工程技术人员的学习参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础/陈学敏,马逸萍主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2012. 12
ISBN 978-7-5650-1053-8

I. ①电… II. ①陈…②马… III. ①电子技术 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 302363 号

电子技术基础

陈学敏 马逸萍 主编

责任编辑 汤礼广 王路生 石金桃

出版 合肥工业大学出版社
地址 合肥市屯溪路 193 号
邮编 230009
电话 理工编辑部:0551—62903087
市场营销部:0551—62903198
网址 www.hfutpress.com.cn
E-mail hfutpress@163.com

版次 2012 年 12 月第 1 版
印次 2013 年 2 月第 1 次印刷
开本 787 毫米×1092 毫米 1/16
印张 21.25
字数 458 千字
印刷 合肥现代印务有限公司
发行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-1053-8

定价: 42.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。

**国家骨干高等职业院校
重点建设专业(电力技术类)“十二五”规划教材建设委员会**

主 任	陈祥明		
副主任	朱 飙	夏玉印	王广庭
委 员	许戈平	黄蔚雯	张惠忠
	朱 志	杨圣春	彭 云
	丛 山	孔 洁	何 鹏



序 言

为贯彻落实《国家中长期教育改革和规划纲要》(2010—2020)精神,培养电力行业产业发展所需要的高端技能型人才,安徽电气工程职业技术学院规划并组织校内外专家编写了这套国家骨干高等职业院校重点建设专业(电力技术类)“十二五”规划教材。

本次规划教材建设主要是以教育部《关于全面提高高等教育质量的若干意见》为指导;在编写过程中,力求创新电力职业教育教材体系,总结和推广国家骨干高等职业院校教学改革成果,适应职业教育工学结合、“教、学、做”一体化的教学需要,全面提升电力职业教育的人才培养水平。编写后的这套教材有以下鲜明特色:

(1) 突出以职业能力、职业素质培养为核心的教学理念。本套教材在内容选择上注重引入国家标准、行业标准和职业规范;反映企业技术进步与管理进步的成果;注重职业的针对性和实用性,科学整合相关专业知识,合理安排教学内容。

(2) 体现以学生为本、以学生为中心的教学思想。本套教材注重培养学生自学能力和扩展知识能力,为学生今后继续深造和创造性的学习打好基础;保证学生在获得学历证书的同时,也能够顺利地获得相应的职业技能资格证书,以增强学生就业竞争能力。

(3) 体现高等职业教育教学改革的思想。本套教材反映了教学改革的新尝试、新成果,其中校企合作、工学结合、行动导向、任务驱动、理实一体等新的教学理念和教学模式在教材中得到一定程度的体现。

(4) 本套教材是校企合作的结晶。安徽电气工程职业技术学院在电力技术类专业核心课程的确定、电力行业标准与职业规范的引进、实践教学与实训内容的安排、技能训练重点与难点的把握等方面,都曾得到电力企



业专家和工程技术人员的大力支持与帮助。教材中的许多关键技术内容，都是企业专家与学院教师共同参与研讨后完成的。

总之，这套教材充分考虑了社会的实际需求、教师的教学需要和学生的认知规律，基本上达到了“老师好教，学生好学”的编写目的。

但编写这样一套高等职业院校重点建设专业（电力技术类）的教材毕竟是一个新的尝试，加上编者经验不足，编写时间仓促，因此书中错漏之处在所难免，欢迎有关专家和广大读者提出宝贵意见。

**国家骨干高等职业院校
重点建设专业（电力技术类）“十二五”规划教材建设委员会**



前言

本书是根据教育部关于高职高专课程内容体系改革的原则以及应用型人才培养的特点和规律进行编写的。因此,本书改变了传统学科型教材的编写模式,引入了“项目引导”、“任务驱动”、“教学做一体化”的现代职业教育理念,将实际项目引入教学中。通过完成项目中的若干个任务,引导学生完成相关知识的学习,使学生较为扎实地掌握电子技术知识和具备一定的实际操作技能。

本书具有以下特点:

(1) 每个项目任务均经过精心设计与选择,通过完成这些任务,可以使学生掌握电子技术的基本概念、基本原理、基本分析方法及基本应用,并培养学生具有基本的测试、调试及制作电子电路的能力。

(2) 本着“应用”的原则,在保证“够用”的前提下,凡与项目任务相关的理论知识均进行简化,甚至舍去了复杂的理论分析及定理的证明,注重理论对实践的指导作用。

(3) 淡化或简化对器件(包括集成电路)内部结构的分析,将重点放在介绍其外部特性、功能及应用等方面。

(4) 在编写方式上,将“教”、“学”、“做”有机地结合在一起,方便教师边教学边演示、学生边学习边操作。在内容的叙述上简明扼要,尽量以图、表代替文字,降低学生学习难度,以期达到教师好教、学生好学的目的。

(5) 在实际操作环节上既安排有验证型实验的环节,也安排有小型电路设计、电路制作的环节,从多方面来强化学生的动手能力。

(6) 每个项目均按“学习目标”、“任务引入”、“相关知识”、“项目实践”等相互联系的几个层次展开。每个项目后都安排有与知识点相对应的习题,习题的形式有填空题、选择题、判断题和计算题等多种形式,并还在书后附有参



考答案,方便学生的自学及课后复习。

(7) 本书未设附录部分,目的是鼓励学生在学习过程中对涉及的有关电子元器件参数、常用集成电路参数等相关资料上互联网或到图书馆查找,以此培养学生查阅及运用资料的能力。同时,我们还在相关教学网站上上传了一些电子技术方面的基本资料,供学生查阅。

本书由安徽电气工程职业技术学院陈学敏和马逸萍担任主编,其中陈学敏编写模拟电子技术部分,马逸萍编写数字电子技术部分。另外,请合肥供电公司运维检修部赵学会高级工程师担任本书的主审。

本书在编写前期及编写过程中得到了安徽电气工程职业技术学院相关领导、教务处和电力工程系领导以及电工技术教研室同仁的大力支持与协助,在此表示由衷的感谢。

本书在编写过程中还参考、借鉴及引用了书后所列参考文献中的部分内容,在此对其作者表示真诚的谢意。

由于编者水平所限,书中不足之处在所难免,敬请读者予以批评和指正。

如需本书相关的电子课件,可发邮件至 dzjs518@163.com 与我们联系,或通过网站 www.hfutpress.com.cn 下载。

编 者

目 录

绪 论	(3)
-----------	-----

上篇 模拟电子

项目一 常用电子仪器的使用	(5)
项目二 半导体二极管及其应用电路	(16)
项目三 半导体三极管及放大电路	(34)
项目四 场效应管及其放大电路	(67)
项目五 集成运算放大器	(83)
项目六 负反馈放大电路	(95)
项目七 集成运算放大器应用电路	(110)
项目八 功率放大电路	(128)
项目九 直流稳压电源	(145)

下篇 数字电子

项目十 逻辑代数与逻辑门电路	(169)
项目十一 逻辑函数与组合逻辑电路	(199)
项目十二 集成编码器	(228)
项目十三 常用译码器及显示电路	(236)
项目十四 数据选择器及其应用	(250)
项目十五 中规模集成组合逻辑电路	(257)
项目十六 触发器及其应用	(261)
项目十七 计数器及其应用	(279)
项目十八 移位寄存器及其应用	(296)
项目十九 数模与模数转换器	(305)
习题参考答案	(322)
参考文献	(329)

上篇

模 拟 电 子



绪 论

电子技术是十九世纪末、二十世纪初开始发展起来的新兴技术,二十世纪中后期发展最为迅速,成为近代科学技术发展的一个重要标志。进入 21 世纪,人们面临的是以微电子技术(半导体和集成电路为代表)、电子计算机和因特网为标志的信息社会。高科技的广泛应用使社会生产力和经济获得了空前的发展。现代电子技术在国防、科学、工业、医学、通讯及文化生活等各个领域中都起着巨大的作用,可以说没有哪一门学科与电子技术无关。

一、电子技术概述

电子技术主要包括信息电子技术和电力电子技术两大部分。本书讨论的是信息电子技术部分,以下简称电子技术。

电子技术研究的是对各种电子信号进行处理及应用的技术。根据电子信号的特点,可以将其分为两大类:模拟信号与数字信号。处理模拟信号的电子电路称为模拟电路;处理数字信号的电路称为数字电路。电子技术据此分为:模拟电子技术和数字电子技术。

模拟信号是指用连续变化的物理量表示信息的信号,这里的物理量可以是幅度、频率或相位。最典型的是用连续变化的幅度来模拟某一信息,如图 0-1a 所示,该信号是在时间上和幅值上都连续的信号。时间上连续是指在一定的时间范围内的任意时刻有一个对应的值;数值上连续是指在一定的范围内可以取任意值,如目前广播的声音信号、图像信号等。数字信号是指用离散的物理量(如幅度、频率、相位)表示信息的信号。图 0-1b 所示为最常见的在时间上和幅值上都离散的数字信号。时间上离散是指信号只在某些时刻有定义;数值上离散是指变量只能是有限集合的一个值。如计算机中用的是二进制码,只有 0、1 两个取值。模拟信号与数字信号之间可以通过模-数转换电路(A/D)或数-模转换电路(D/A)进行相互转换。

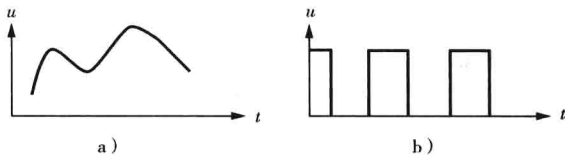


图 0-1 电子信号

a) 模拟信号; b) 数字信号

电子技术研究的对象是由半导体材料制作的电子器件及由电子器件构成的基本功能电路和电子装置,如图 0-2 所示。所以电子技术是运用电子元器件设计和制造某种特定功能的电路以解决实际问题的科学。



图 0-2 电子技术研究的对象



二、电子技术的发展概况

电子电路的核心是各类电子器件,电子技术的发展史也就是电子器件的发展史。电子器件的发展经历了以下几个阶段。

第一代电子器件是电子管(也称真空管)。1904年,世界上第一只电子管在英国物理学家弗莱明的手上诞生了,它标志着世界从此进入了电子时代,为电子技术的发展奠定了基础。由于电子管体积大、功耗大、电源利用效率低、结构脆弱而且需要高压电源,现在它的绝大部分用途已经被晶体管所取代。

第二代电子器件是晶体管(半导体管)。1947年12月,美国贝尔实验室研制出一种点接触型的锗晶体管。晶体管被认为是现代历史中最伟大的发明之一,晶体管体积小、功耗低、使用方便、可以使用高度自动化的过程进行大规模的生产,单位成本极低,因此得到了极为广泛的应用,是所有现代电子设备的关键元件之一。晶体管的诞生也为后来集成电路的发展奠定了基础。

第三代电子器件是集成电路(IC)。20世纪60年代初,集成电路问世,标志着人类进入了微电子时代。集成电路是一种微型电子器件或部件,采用一定的工艺,把构成具有一定功能的电路所需的半导体元件、电阻、电容等及它们之间的连接导线全部集成在一小块硅片上,然后进行封装。这使得整个电路的体积大大缩小,且引出线和焊接点的数目也大为减少,从而使电子元件向着微型化、低功耗和高可靠性方面迈进了一大步。集成电路具有体积小、重量轻、引出线和焊接点少、寿命长、可靠性高、性能好、成本低、便于大规模生产的优点,因此在各个领域都得到了十分广泛的应用。

随着现代科技发展,集成电路已经跨越了小规模集成电路(SSI)、中规模集成电路(MSI)、大规模集成电路(LSI)、超大规模集成电路(VLSI)、特大规模集成电路(ULSI)、巨大规模集成电路(GSI)几个台阶。集成电路的集成度不断提高,使得晶体管越来越小,电路功能越来越强大。1985年,1兆位ULSI的集成度达到200万个元件,器件线宽仅为1微米;1992年,16兆位的芯片集成度达到了3200万个元件,线宽减小到0.5微米,而后的64兆位芯片,其线宽仅为0.3微米。目前,IC技术已经进入纳米时代,从微电子技术到纳米电子器件将是电子器件发展的第二次变革,与从电子管到晶体管的第一次变革相比,将会为人类社会带来更深更大的改变。

三、本课程的学习基本要求

电子技术是一门应用型的学科,通过本课程的学习,我们应该掌握电子技术的基本概念、基本原理、基本分析方法、基本应用电路及基本的操作技能,为今后的学习与工作打下一定的基础。基本要求如下:

- (1)掌握各类电子器件的符号、特性、参数、使用方法。
- (2)掌握基本电子电路的构成原则、工作原理、性能特点、分析方法及基本应用。
- (3)掌握常用仪器的使用,能够用仪器来挑选元件、检测电路、排查故障。
- (4)掌握常用数字逻辑电路的逻辑功能、外部特性及典型应用。
- (5)掌握查阅有关技术资料和产品手册的能力。



项目一 常用电子仪器的使用

学习目标

熟悉示波器、信号发生器、直流稳压电源、交流毫伏表和万用表的功能及主要技术指标,初步掌握上述仪器仪表的使用方法。

项目任务

任务一:万用表的使用。

任务二:示波器、交流毫伏表和信号发生器的使用。

任务引入

在电子技术的生产实践中,经常要使用到一些电子仪器。常用的电子仪器有示波器、函数信号发生器、直流稳压电源、交流毫伏表、频率计和万用表等。使用这些仪器仪表,可以对电子电路工作情况及参数的测试。

图 1-1 为上述各仪器的综合应用举例。其中被测电路为需检测的电子电路,直流稳压电源的作用是给电路提供能源,另外使电路中的电子元件有一个合适的工作状态;函数信号发生器作为信号源给电路提供输入信号;示波器用来观察或监测电路输出信号的波形;交流毫伏表的作用是测量输入电压和输出电压的大小;万用表主要用于测量电路中各处的交直流电压、电流及电阻等参数。在具体操作时,各种电子仪器可按照信号的流向,以连线简捷、调节顺手、观察与读数方便为原则进行合理布局。接线时应注意,为防止外界干扰,各仪器的公共接地端应连接在一起,称为共地。信号源、示波器和交流毫伏表的连接线通常用屏蔽线或专用电缆,直流电源的连接线可用普通导线。

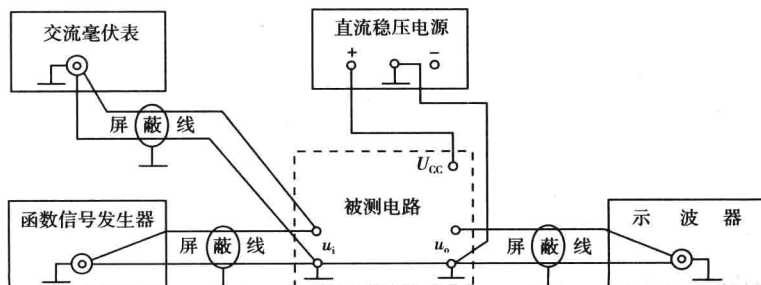


图 1-1 模拟电子电路常用电子仪器的布局图



相关知识

一、万用表

万用表是一种多用途、多量程的综合性电工测量仪表,一般的万用表可以测量直流电流、直流电压、交流电压和直流电阻等。有的万用表还能测量交流电流、电容、电感以及晶体管的参数等。万用表有指针式万用表和数字式万用表之分。

1. 万用表结构简介

万用表的种类很多,现以图 1-2 所示的 500 型指针式万用表为例加以说明。

万用表由表头(测量机构)、测量线路及转换开关等三个主要部分组成。面板上装有标度盘、转换开关、电阻测量挡的调零旋钮和接线柱或插孔等。

(1) 表头

表头是一个高灵敏度的磁电式测量机构。表头的标度盘上有四条刻度线,它们的功能如下:从上到下,第一条标有 Ω ,指示的是电阻值,转换开关在欧姆挡时,即读此条刻度线的示值。第二条标有 $\sim$,指示的是交、直流电压和直流电流值,当转换开关在交、直流电压或直流电流挡,量程选在除交流 10V 以外的其他位置时,即读此条刻度线的示值。

第三条标有 10V $\sim$,指示的是量程为 10V 的交流电压值,当转换开关在交、直流电压挡,量程在交流 10V 时,即读此条刻度线的示值。第四条标有 dB,指示的是音频电平。

(2) 测量线路

测量线路是用来把各种被测量转换为适合表头测量的微小直流电流的电路,由电阻、半导体元件及电池等组成。它主要是将各种被测量(如电流、电压、电阻等)的数值经过一系列的处理(如整流、分流、分压等)后,统一变成微小的直流电流送入表头进行测量。

(3) 转换开关

转换开关是一个具有多接头的旋转式开关,其作用是用来选择各种不同的测量线路,以满足不同种类和不同量程的测量要求。500 型万用表有两个转换开关 S1 和 S2,分别标有不同的挡位及量程。

2. 万用表使用方法

(1) 测量前的准备

1) 熟悉表盘上各符号的意义及各个旋钮和选择开关的主要作用。

2) 进行机械调零,即在没有被测电量时,使万用表指针指在零电压或零电流的位置上。可通过旋转在指针下端的“一”字形的螺丝调零。

3) 根据被测量的种类及大小,选择转换开关的挡位及量程,找出对应的刻度线。

4) 选择表笔插孔的位置。

(2) 各种被测量的测量

测量前,将万用表的红表笔插入“+”插孔,黑表笔插入“*”插孔。

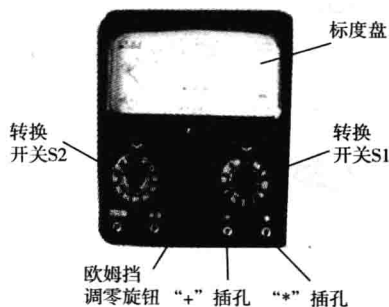


图 1-2 万用表外形图



1) 交流电压的测量

将万用表的转换开关 S1 置于交、直流电压挡,转换开关 S2 置于交流电压的合适量程上,将两表笔和被测电路并联,在对应的刻度线上读取数值。量程的选择应尽量使指针偏转到满刻度的 $2/3$ 左右。如果事先不清楚被测电压的大小,应首先选择最高量程挡,然后逐渐减小到合适的量程。

2) 直流电压的测量

将万用表的转换开关 S1 置于交、直流电压挡,转换开关 S2 置于直流电压的合适量程上,将红表笔接到被测电路的高电位处,黑表笔接到低电位处,在对应的刻度线上读取数值。若表笔接反,表头指针会反方向偏转,容易撞弯指针。

3) 直流电流的测量

将万用表的转换开关 S2 置于直流电流挡,转换开关 S1 开关置于直流电流的合适量程上。测量时必须先断开电路,将万用表串联到被测电路中,让电流从红表笔流入,从黑表笔流出。如果误将万用表与被测电路并联,则因表头的内阻很小,会造成短路,烧毁仪表。

4) 电阻的测量

① 选择倍率。将转换开关 S2 置于欧姆挡,转换开关 S1 置于合适的倍率挡。欧姆挡的倍率有 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1K$ 和 $R \times 10K$ 五挡。万用表欧姆挡的刻度线是不均匀的,所以倍率挡的选择应尽可能使指针指在刻度线的中间位置。一般情况下,应使指针指在刻度尺的 $1/3 \sim 2/3$ 间。

② 欧姆调零。在测量电阻之前,应将 2 个表笔短接,同时调节“欧姆调零旋钮”,使指针刚好指在欧姆刻度线右边的零位。如果指针不能调到零位,说明电池电压不足或仪表内部有问题。每换一次倍率挡,都要进行调零,以保证测量的准确性。

③ 确定电阻的测量值。电阻的测量值是指针读数与倍率数值的乘积。

(3) 注意事项

1) 在测电流、电压时,不能带电切换量程,以避免量程转换开关触点处引起电弧,烧毁开关。

2) 选择量程时,要先选择大量程,再逐渐减小量程,使指针指在刻度尺的 $1/3 \sim 2/3$ 间。

3) 测量电阻时,不能带电测量。因为测量电阻时,万用表由内部电池提供电压,如果带电测量,则相当于外加一个电源,可能损坏表头。

4) 万用表使用完毕,应使转换开关打在交流电压最大挡位或空挡上。

二、交流毫伏表

常用的单通道交流毫伏表,具有测量交流电压、电平测试、监视输出三大功能。有模拟表与数字表之分,模拟表内部采用模拟电路,显示方式为指针式;数字表内部采用数字电路(经过模拟/数字转换将模拟量转换成数字量),显示方式为数字显示。

交流电压表的电压测量是指测量电压的绝对量,单位是 V;电平测量是指测量电压的相对量,单位是 dB。

1. 交流毫伏表面板及操作说明

下面以图 1-3 所示的 SH2172 型交流毫伏表为例加以说明。SH2172 型交流毫伏表为指针式的模拟电压表,用来测量正弦交流电压的有效值。其工作频率范围为 $5\text{Hz} \sim 2\text{MHz}$,电压测量范围是 $100\text{mV} \sim 300\text{V}$,共分 1mV 、 3mV 、 10mV 、 30mV 、 100mV 、 300mV 、 1V 、 3V 、



10V、30V、100V、300V 等共 12 挡。

(1) 表头

表头包括表盘及指针。表盘上一共有四条刻度,上面两条是电压刻度,下面两条是分贝刻度。第一条刻度针对量程为 1 的挡位,如 100V、10V、1V、100mV、10mV 和 1mV 挡位,都应该从第一条刻度读取数据。第二条刻度针对量程为 3 的挡位,如 300V、30V、3V、300mV、30mV 和 3mV 挡位,都应该从第二条刻度读取数据。如图 1-4 所示。表盘上的第三条刻度和第四条刻度分别为电压分贝刻度和功率分贝刻度。

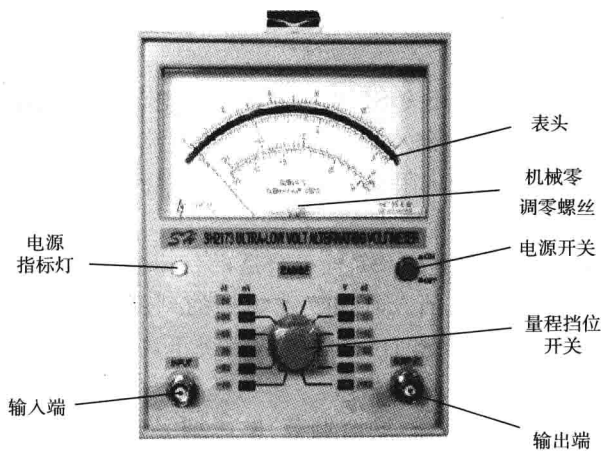


图 1-3 SH2172 型交流毫伏表

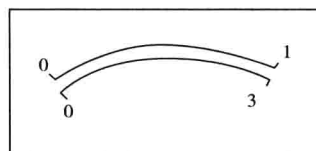


图 1-4 交流毫伏表标度盘
电压刻度示意图

交流电压表读出的数值是有效值,但是这个有效值是针对正弦波而言的,对于非正弦波则得不到正确的结果。所以测量之前要确定被测电压是否是正弦波,如果正弦波存在较大的失真,则测量结果将不再准确。

(2) 电源开关及电源指示灯

按下电源开关,电源指示灯亮。

(3) 量程挡位开关

量程挡位开关用于选择不同的测量量程。量程挡位分为电压挡位(内侧数字)和分贝挡位(外侧数字)。电压挡位右边的单位是 V,左边的单位是 mV。分贝挡位右边是正的分贝数,左边是负的分贝数。

当指针处于表盘的中间部分时精度最高,所以,量程的选择就是尽量使指针处于表盘的中间。由于交流电压表的输入电阻很大,故仪器的测量连接线充当天线所接收的干扰幅度也会很大(其中尤其是工频干扰幅度最大),这往往会造“打表”的现象。所以作为一种操作习惯,平时应该将量程开关置于较高的挡位。一旦出现“打表”,则只要将连接线短接,稍等一会儿表针就会回零,如果不能回零,则说明连接线有断路。

(4) 输入端

输入端用于输入被测信号。虽然被测量是交流电压,但是测量时黑线必须与被测电路的地线相连,即电子测量仪器的地线与被测电路的地线必须相连(共地),否则会引入干扰,