

21

世纪高职高专课程与教学改革系列教材

电子技术基础实训

DIANZIJIISHUJICHUSHIXUN

张清战 主编



科学出版社

www.sciencep.com

TN01
196

· 21 世纪高职高专课程与教学改革系列教材 ·

电子技术基础实训

张清战 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本套《电工技术基础》、《电子技术基础》及其实训教材是根据教育部最新制订和颁布的《高职高专教育基础课程教学基本要求》编写的。在编写过程中,坚持理论知识够用、基础知识管用、专业知识适用的编写原则,是21世纪高职高专课程与教学改革系列教材之一。

本书为“电子技术基础”课程实训教材,共六章和三个附录,分别为:电子技术实验基础知识,模拟电子电路基础实验,数字电子电路基础实验,电子电路设计基础知识,模拟电子电路设计性综合实验,数字电子电路设计性综合实验。

本教材是高等职业教育机电技术及应用、机电一体化、数控技术、化工机械、计算机、水电、制药、建筑、经济、管理等专业的“电子技术基础”课程教材,也可作为中等职业学校的同类课程教材,还可以作为中高级职业资格与就业培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技术基础实训/张清战主编. - 北京:科学出版社,2005

(21世纪高职高专课程与教学改革系列教材)

ISBN 7-03-016170-X

I.电… II.张… III.电子技术-高等学校:技术学校-教材 IV.TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第094975号

责任编辑:杨瑰玉

责任印制:高 嵘/封面设计:王立革

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

湖北京山德新印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2005年8月第一次印刷 印张:7 3/4

印数:1~8 000

字数:175 000

定价:12.80元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

本套《电工技术基础》、《电子技术基础》及其实训教材是根据国家教育部最新制订和颁布的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和高等职业教育的培养目标和课程教学改革的基本要求编写的,是新世纪高职高专人才培养及其教学改革的系列教材之一,是高等职业教育机电技术及应用、机电一体化、数控技术、化工机械、计算机、水电、制药、建筑、经济、管理等专业的电工电子基础课程教材,也可作为相关专业相同课程的培训教材。

本套教材在编写过程中,充分参照有关行业最新颁发的职业鉴定规范及其高级技工等级标准所要求的专业基础,坚持理论知识够用、基础知识管用、专业知识适用的编写原则,以培养专业素质和职业应用技能为教材编写重点,将教材中的教学内容与职业培养目标紧密地结合,淡化理论推导,弱化各类复杂电路的分析和计算,注重专业基础和专业综合素质教学,强化专业应用训练,讲述简捷,推导直观,力求实用。教材内容充分反映新知识、新技术、新工艺和新方法,具有先进性。

本书为“电子技术基础”课程实训教材。全书共六章和三个附录,分别为:电子技术实验基础知识,模拟电子电路基础实验,数字电子电路基础实验,电子电路设计基础知识,模拟电子电路设计性综合实验,数字电子电路设计性综合实验。附录 I、II、III 中分别列出了常用集成芯片引脚图,Protel 99 原理图编辑器及 PCB 编辑器菜单中英文对照,以及常用的原理图库元件。教材中带“*”号的内容为选学内容,供不同专业选用。

本书由张清战主编,周锐(武汉船舶职业技术学院)任副主编,张林国主审。由多位教学经验丰富的一线“双师型”教师参加编写,其中第一章由张淑会编写,第二章 1~3 节、第五章及附录 III 由朱秋霞编写,第二章 4~5 节、第三章及附录 I、II 由周锐编写,第四章由张清战编写,第六章由夏章建编写,最后由张清战统稿,张清战、张林国定稿。

电子技术基础是一门较为成熟的专业基础课,本实训教材在若干方面进行了一些创新,但由于对各专业教学改革方向存在理解上的差异,加之水平有限,因此,总有不尽如人意之处,衷心地欢迎广大读者和同行批评指正,与我们一起把高职高专教材建设做得更好!

编 者

2005 年 3 月

目 录

第一章 电子技术实验基础知识	1
1.1 目的与要求	1
1.1.1 电子技术基础实验的目的	1
1.1.2 电子技术基础实验的一般要求	1
1.2 基本测量方法及故障检测方法	2
1.2.1 基本测量方法	2
1.2.2 故障检测方法	3
1.3 常用测量工具的使用	5
1.3.1 测量仪表的选择	6
1.3.2 电压与电流的测量	7
1.3.3 电流表的结构与使用	7
1.3.4 电压表的结构与使用	9
1.3.5 电阻的测量	11
1.4 示波器	13
1.4.1 示波器的基本组成	13
1.4.2 示波器的使用	16
1.4.3 使用示波器的注意事项	17
1.5 信号发生器	17
1.5.1 信号发生器的基本组成	17
1.5.2 信号发生器的使用	19
1.5.3 使用低频信号发生器的注意事项	20
1.6 万用表	21
1.6.1 基本原理	21
1.6.2 基本结构	22
1.6.3 利用万用表测量电压、电流、电阻	23
第二章 模拟电子电路基础实验	26
2.1 常用电子仪器的使用	26
2.2 单级共射放大电路	29
2.3 射极跟随器	33
2.4 差动放大电路	35
2.5 负反馈放大器	38
第三章 数字电路基础实验	42
3.1 基本门电路	42
3.2 组合逻辑电路	46

3.3 集成触发器功能的测试	50
3.4 寄存器	54
3.5 计数器	57
第四章 电子电路设计基础知识	60
4.1 电子电路系统设计的重要性、基本原则及内容	60
4.1.1 电子电路设计的重要性	60
4.1.2 电子电路系统设计的基本原则	60
4.1.3 电子电路设计的内容	61
4.2 电子电路系统设计方法与流程	61
4.2.1 电路系统设计方法	61
4.2.2 电子电路系统设计流程	63
第五章 模拟电子电路设计性综合实验	67
5.1 单管共射放大器设计	67
5.1.1 设计任务与要求	67
5.1.2 单级共射放大器设计方法	67
5.1.3 电路设计举例	69
5.1.4 实验内容	71
5.1.5 报告要求	71
5.2 模拟运算电路	71
5.2.1 设计任务与要求	72
5.2.2 设计原理	72
5.2.3 设计举例	73
5.2.4 实验内容	75
5.3 语音放大电路	75
5.3.1 设计任务与要求	75
5.3.2 设计原理	76
5.3.3 电路调试	78
5.4 参考设计	79
5.4.1 无线话筒发射装置	79
5.4.2 温度控制电路设计	80
5.4.3 可预置的定时显示报警系统	81
5.4.4 出租车自动计费器	81
第六章 数字电子电路设计性综合实验	83
6.1 多位LED显示器的驱动电路	83
6.2 数字定时抢答器	86
6.3 交通信号灯控制电路	88
附录 I 常用集成芯片引脚图	92
附录 II Protel 99 软件的使用	96
附录 III 常用的原理图库元件	115

第一章 电子技术实验基础知识

1.1 目的与要求

1.1.1 电子技术基础实验的目的

电子技术基础实验是在电子技术基础教学中进行理论性知识验证和基础实验技能训练的重要实践教学环节,通过实验能有效地培养学生分析问题、收集与处理信息、解决实验过程中所出现问题的能力。实验的主要目的为:

1. 配合课堂教学内容,验证、巩固和加深理解所学的理论知识。
2. 熟悉电子线路中常用的电子元器件的性能、技术指标、选择及使用常识。
3. 学会正确使用常见电子测量仪器仪表,熟悉电子产品的测量技术和调试方法。
4. 学会处理实验数据,分析实验结果,编写实验报告,养成求是的科学态度和一丝不苟的工作作风。

1.1.2 电子技术基础实验的一般要求

一、做好实验前的准备工作

1. 认真做好实验前的准备工作,是实验能够顺利进行并收到预期效果的关键,因此每次实验前一定要做到:仔细阅读本次实验指导书的全部内容,复习与教学内容有关的理论知识,明确实验内容、原理和目的。

2. 熟悉实验线路,理解实验步骤,明确实验任务,做好测试、记录数据和绘制有关实验波形图的准备。

3. 掌握实验中所用仪器设备的正确使用方法。

4. 明确实验中涉及的有关注意事项,在实验时要特别注意操作方法。

二、实验应该注意的问题

1. 实验开始之前,应检查本组的仪器设备是否齐全、完好,规格是否合适。

2. 各实验小组的同学应有分工,轮流担任接线、记录、操作仪器等工作,使每个同学都能得到较全面的操作训练。

3. 对于所用的实验线路板等实验设备,在接线之前应仔细检查有没有存在断线、开焊、漏接、短接等现象。在检查线路的同时,熟悉元件和器件的安装位置,以便实验时能迅速、准确地找到测量点。

4. 实验桌上的各种仪器设备应整齐地摆放在恰当的位置上,以便于实验的顺利进行。

5. 线路接好后,须经指导教师检查无误才能接通电源。
6. 读、测数据和调整仪器要认真仔细,注意人身安全,爱护仪器,仪器上的开关和旋钮要小心扳动,切勿用力过猛。
7. 实验结束时,暂不要拆除线路,将测量数据和图形曲线交指导教师审阅后才能拆线,拆线前应先断开电源。
8. 实验结束后,应检查、清理所使用的仪器、设备和导线,并摆放整齐。如有损坏要及时报告指导教师处理。
9. 在实验进行中,如发现异味及其他异常情况,应立即切断电源,然后通知指导教师进行处理。

三、认真填写实验报告

每一次实验完成后,每一个学生都应认真完成实验报告,按时送交指导教师审阅。实验报告应包括以下内容:

1. 实验名称、学生姓名、同组学生姓名、班号、组别和实验日期等。
2. 实验原理、内容、步骤和实验线路图。
3. 实验使用的仪器设备(名称、型号、规格、数量、编号)。
4. 实验记录(测试数据、波形及现象观察记录)。
5. 根据实验记录整理完成的相应实验表格和绘制的参数曲线及波形图。
6. 对实验结果进行的分析讨论和最终得到的实验结论。

1.2 基本测量方法及故障检测方法

1.2.1 基本测量方法

测量方法是指采用实验的方法,将被测量(未知量)与已知的标准量(已知量)进行比较,得到被测量的数值,达到一个定量分析的过程。进行电工测量,实际上是将被测电磁量直接或间接地与被测量进行比较的过程。直接测量需要测试出被测量,间接测量需要测试出其中间值,这些量的测量方法有如下两种。

一、直接读取法

直接读取法(简称直读法)是指直接利用电测量指示仪表读取被测量数值的测量方法。从表面上看,直读法好像没有度量器参与,实际上直读法的电测量指示仪表仍然进行了度量刻度。只是刻度时可能不借助度量器,而采用标准表进行刻度,但是标准表本身还是需要借助度量器进行刻度。所以直读法实际上是一种与度量器间接比较的测量方法,这种方法简便迅速,但准确度受到仪表误差的限制。

二、比较法

比较法是指被测参数量与度量器在比较仪器中进行比较,得到被测量的一种测量方法。这种方法应用于高准确度的测量,当需要保证测量的准确度,还要求较准确的比较

仪器和较为严格的实验条件,如温度、湿度、振动、防电磁干扰等限定值。根据比较法的特点,比较法分为下列三种:

(一) 零值法

零值法是指被测量与已知量进行比较时,使这二种量对仪器所产生的作用相消为零的测量方法。如用电桥测量电阻,当被测量值与已知电阻满足公式

$$R_x = \frac{R_1}{R_2} R_0$$

此时指零仪表指针读数为零。由于电测量仪表指示仪表只用于指零,所以仪表误差不影响测量准确度,测量准确度只取决于度量器和指示仪表灵敏度。采用天平测量物体的质量也是一种零值法。

(二) 校差法

校差法是指通过已知量的测量与被测量的差值,得到被测量的测量方法。校差法实际是一种不彻底的零值测量法。

(三) 替代法

替代法是指将被测量与已知量先后接入同一测量仪器,如果不改变仪器的工作状态,则认为被测量等于已知量的测量方法。这种测量方法由于测量仪器的状态不改变,所以内部特性和外界条件对于前后两次测量的影响是相同的,测量结果与仪器本身的准确度无关,只决定于替代的已知量。

1.2.2 故障检测方法

电子线路一般都是由基本单元线路组成,按其总体功能可分为主体电路和辅助电路两大部分。

主体电路:用于信号放大与变换(变频、调制、调解等)的电路,通常又称为信号通道。

辅助电路:除信号通道之外的电路,它包括扫描(时基)电路、同步电路、电子设备的供电电路、检测电路等。

电子线路按信号特点可分为模拟电路和脉冲数字电路,本教材着重讨论模拟电路的故障检测方法。

一、故障的分类

1. 按故障所在部位不同,可分为信号通道故障和辅助电路故障。
2. 按电子线路工作状态不同,可分为静态(直流)故障和动态(交流)故障。
3. 按故障性质不同,可分为硬故障(属于硬性损坏或老化,如元件烧坏等)和软故障(电路工作状态时好时坏,不稳定,如元器件软击穿等)。

二、故障的检测方法

故障检修包括检查与维修，检查是维修的前提和依据，维修是检查的目的。要修好一台有故障的电子仪器设备，必须讲究检查方法。检查方法正确，可以达到事半功倍的效果；方法不正确，不仅不能很快地将故障排除，还有可能把故障扩大化。绝不能在故障原因尚未弄清楚的情况下，随意拆换元器件。

故障检修常用的检查方法主要有：直观法、试工作法、电压法和电流法、干扰法、信号注入法、交流短路法、代替法、参照法、冷却法与加热法等。这些检查方法是无线电检修中最基本的检查方法，也是必须掌握的基本维修技能。下面将对常用的几种检查方法进行简述。

(一) 直观法

直观法是指在不使用任何仪器的情况下，对故障设备所进行的初步性检查。直观法一般只能为进一步检查提供依据，有时也能立即找出故障原因。

1. 适用故障：适用于所有故障现象的检查，特别适用于电子线路和电子设备表面故障和机械故障的检查。

2. 操作方法：通常打开电子设备的机壳后，在不通电的情况下，主要通过问、看、闻、摸、调等方法，做一些物理性检查。

(1) 询问故障的具体情况，了解故障发生前的异常现象，有利于了解故障的原因。

(2) 察看设备的内、外元器件有无损坏、残缺，各部分之间的接线是否齐全、正确，机内元器件有无生锈、开裂、断线、松动、脱落、短路(相碰)等。

(3) 闻、摸、调，即用鼻子闻一闻有无异常气味，可检查有无元器件烧毁的情况；用手摸一摸有无发热现象，可检查晶体管、变压器等的工作情况；调节相关调节旋钮，检查是否灵活、可靠。

3. 注意事项：直观法既可用于检修的开始，也应贯穿于检修的全过程。直观法应有目的性、选择性，以免浪费时间。直观法受本身特性的限制，一般来说不能单独使用，因为它只是直观的、表层的检查，应配合其他检查方法进行综合分析，才能做出准确的判断。例如对一些元件质量下降等软故障，直观法表现得无能为力。

(二) 试工作法

试工作法是凭维修人员的听觉和视觉，针对电子设备展示的故障现象，判断故障种类及其故障范围的一种最常用的方法。该方法简单易行，但需要维修人员具有较丰富的维修实践经验。这种检查方法既可用于检修的始末，又可用于检修过程之中。

1. 适用故障：基本适用于所有故障，但它一般只能判断出故障的种类及大致范围，对于出现故障的具体元器件，仍需配合其他检查方法，才能做出准确的判断。

2. 操作方法：对于不同的故障现象，所采用的方法应有所不同。下面对完全无输出信号、输出信号小、输出干扰信号等故障现象的试工作法进行简述。

(1) 完全无信号是指通电后，无任何信号声。此时要注意区别：是无任何信号声，还是有一点沙沙声。当出现完全无声故障时，首先确定是否总电源电路损坏，其次考虑

是否为功放电路损坏,极少数为音箱本身的故障。譬如对于总电源损坏,整个收音机将不工作;对于功放电路损坏,将没有任何信号或噪声送入扬声器;对于扬声器的插接件接触不良或引线断线,将无任何声音送入扬声器。当出现有一点沙沙声故障时,故障点多数发生在功放电路的前面,电源电路、功放电路及音箱基本无故障。

(2) 无声故障指扬声器中无信号声,但有噪声和沙沙声。该故障点多数发生在功放电路之前,扬声器所发出来的噪声或沙沙声是功放电路发出来的。

(3) 声音小故障指扬声器发出来的声音很小,将音量电位器开至最大时,仍感音量不足。将音量电位器开至最大,从音量电位器的滑动端注入信号,如果扬声器的声音正常,故障在音量电位器之前;如果扬声器的声音仍很小,故障在音量电位器之后。

3. 注意事项:采用试工作法时,判断要准确,推断要合理。为了找出故障的元器件,还应配合其他方法进行综合检查,最好对照电路图和印制电路板图,了解电路的整体结构和信号的传输路径,最后做出准确的判断。

(三) 电压法与电流法

电压法与电流法是通过故障设备以及各级电路的电压、电流进行测量,了解电路或元器件的工作情况,为维修提供可靠的依据。

1. 适用故障:基本适用于各种故障的检查。当故障范围基本确定之后,对故障范围内的电路及元器件的工作点进行测量。

2. 操作方法:一般用万用表的电压挡或电流挡对可疑电路及元器件的电压或电流进行测量。

(1) 电压法是用万用表的电压挡对故障的总电路及故障范围电路的电压进行测量。由于电压法方便快捷,不需断开电路,故经常被采用。

(2) 电流法是用万用表的电流挡对设备的总电路及故障范围电路的电流进行测量。电流法多用于对整机电流的测量,用来判断整机是否存在较大的短路或断路。整机电流的测量方法是:在电源开关断开的情况下,将电流表接在开关的两端,使总电流通过电流表。当然,在电流大小不明的情况下,应首先使用电流较大的量程。由于测量各级电流时,需要断开被测电路,既麻烦又对电路板有一定的伤害,故电流法不常采用。

3. 注意事项:在实施电流法时,要注意保护万用表,要注意电流表的量程和极性,在电流大小不明的情况下,必须首先使用较大的量程,以免烧坏万用表。当电流表使用完毕时,必须将万用表的转换开关拨到交流高压档上,这是初学者必须养成的保护万用表的基本方法。

1.3 常用测量工具的使用

要完成一项实验测量任务,首先要根据实验测量技术参数要求,合理选择仪表和测量方法。对于电流与电压的参数测量也不例外。

所谓合理选择,是指在工作环境、经济条件、技术要求等条件满足的前提下,选择恰当类型、准确度和量程的仪表,并选择准确的测量电路、测量方式与方法,保证达到测量精度的要求。

1.3.1 测量仪表的选择

一、仪表类型的选择

仪表类型的选择，要根据被测电压和被测电流的性质。

(一) 按被测量的性质，选择测量仪表类型

若被测量的物理量是直流量，可以选择电磁系的直流电位差计，当然也可以选择电动系和电磁系电流表；若被测量的物理量是交流量，则可以选择电动系和电磁系电流表；若被测量的物理量是电阻，则可以选择测量电阻的仪表。

(二) 按被测量的频率高低，选择测量仪表类型

若被测量的物理量是低频信号，譬如对于 50Hz 的工频信号，则可以选择电磁系、电动系、感应系的低频信号测量仪表；若被测量的物理量是高频信号，则可以选择电动系和整流系的频率可以扩大到几千赫兹的电子伏特计。

(三) 按被测量的波形，选择测量仪表类型

若被测量的物理量是按正弦规律变化的，则选择常用的交流表，因为交流表都是按正弦交流波形进行刻度的，一般都刻成有效值，这类仪表都可以用来测量正弦波的有效值，也可以用来测量正弦波的平均值、峰值，但需要进行换算。若被测量的物理量是按非正弦规律变化的，则选择示波器测量，通过相应的换算，可以测量非正弦波的有效值、平均值和峰值。

二、测量精度的选择

选择电压表或电流表必须从测量要求出发，根据实际需要选择合适的精度。既不能选择测量精度太低的仪表，也不能选择测量精度太高的仪表。通常对于精密测量，选择测量精度为 0.1、0.2 级的测量仪表；对于实验室测量，选择测量精度为 0.5、1.0 级的测量仪表；对于一般工程测量，选择测量精度为 1.5 级的测量仪表。

三、测量量程的选择

对于电压表和电流表，只有选择合理的量程，仪表的精度才有意义，否则由于量程的选择不当，标尺利用不合理，就会造成很大的测量误差。一般按被测量值超过 $\frac{2}{3}$ 最大面板刻度范围选择仪表的量程为宜。

四、表内阻的选择

根据被测量对象电路的阻抗的大小，合理选择测量仪表的内阻，否则会带来不可允许的测量误差。内阻的大小反映仪表本身的功率消耗。为了不影响被测量电路的工作状态，对于电压表内阻应尽量选择大些，量程越大，内阻越大；对于电流表内阻尽可能小些，量程越大，内阻越小。

1.3.2 电压与电流的测量

电压与电流是两个基本的电磁量，电流表和电压表是在测量电路时经常使用的测量仪表。电流与电压的测量不仅是其本身比较重要，而且其他电磁量和非电量也可以通过转换装置，将非电量转换成电流与电压后进行测量，所以电流与电压的测量是电磁量的测量基础。通常可以用直接或间接的方式进行。

一、直接测量

测量电流或电压可以选用直读式电测量指示仪表，即电流表和电压表。直流电流表的测量范围为 $10^{-7} \sim 10^2 \text{A}$ ，直流电压表的测量范围为 $10^{-3} \sim 10^5 \text{V}$ 。交流直读式指示仪表灵敏度要比直流稍低，交流电流表测量范围为 $10^{-4} \sim 10^2 \text{A}$ ，交流电压表测量范围为 $10^{-3} \sim 10^5 \text{V}$ ，测量误差为 $2.5\% \sim 0.1\%$ 。可见使用直读式电测量指示仪表测量电流和电压已能满足一般工程和实验的需要。

用电流表测量电流时，必须将电流表与被测电路串联；用电压表测量电压时，必须将电压表与电路并联。为了使电流表和电压表接到电路之后不影响电路原有的状态，要求电流表的内阻 r 值比负载电阻 R 小得多，即 $\frac{r}{R} \leq \frac{1}{5} (\gamma\%)$ ，电压表的内阻 r 应比负载电阻 R 大很多，即 $\frac{R}{r} \geq \frac{1}{5} (\gamma\%)$ ，式中的 $\gamma\%$ 为允许的测量相对误差。电流、电压的测量接线电路如图 1-1、1-2 所示。

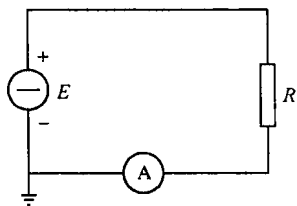


图 1-1 电流测量接线图

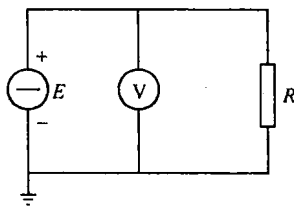


图 1-2 电压测量接线图

二、间接测量

电流与电压的测量一般不采用间接法，只是在某些特殊情况下，为了操作方便或其他原因，不能采用直接测量方法时，才采用间接法测量。如果采用直接测量方法测量电流，需要先断开电路，将电流表串接到电路中才能测量，现在不断开测量电路，可以通过测量串接在被测电路中的一个已知阻值的电阻的端电压值，再间接计算其电流。

1.3.3 电流表的结构与使用

电流表分为交流、直流两大类，在电气设备电路中都是与被测电路串联使用的。为了不影响电路本身的工作，要求电流表的内阻越小越好。J0407 型直流电流表外形结构如图 1-3 所示。

这种电流表的表头是电磁式。刻度盘上有上下两种刻度，分别是“-1-0-3”和“-0.2-0-0.6”。接线柱分别标有“-”、“0.6”和“3”。调零器在刻度盘下方。这种电流表刻度盘上“0”点不在最左端，“0”点左侧还有一些刻度，可以防止因正负极接反而撞坏指针。

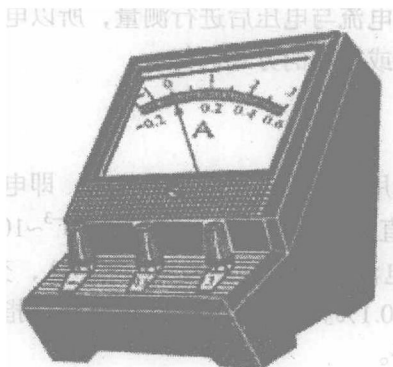


图 1-3 J0407 型直流电流表外形

一、测量直流电流

测量直流电流需要选取直流电流表，在使用时要分清接线端的正负极性。在串联电路时，电流应流入电流表的正极，再从电流表的负极流出，如图 1-4 所示。电流表直接接入电路中使用，只适用于测量电流不太大的电路。

由于工作的需要，有时需测量数十安到数百安的直流电流，由于电流表本身允许通过的电流是有限的，这就需要在电流表接线端两端并联一只低值电阻，这只能通过很大电流的低值电阻叫分流器。分流器在电路中与负载串联，使大部分被测电流通过分流器分流而过，而电流表只是并联在分流器两端，按比值流入少量被测电流，其接线方法如图 1-5 所示。测量较大电流的电流表，表盘上一般都标示着配接外附分流器的符号。例如，50A 电流表上标明 75mV 分流器，那么选择分流器额定电流也应为 50A、75mV 的直流分流器，故此分流器是与电流表配套使用的。另外，在安装时还要注意分流器与电流表之间的距离尽可能近一些，一般选用导线用多股铜线为好，导线电阻应为 $0.035 \pm 0.002\Omega$ 。

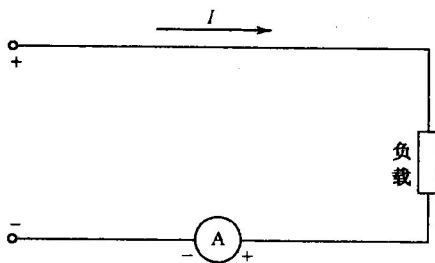


图 1-4 直接接入式直流电流表接法

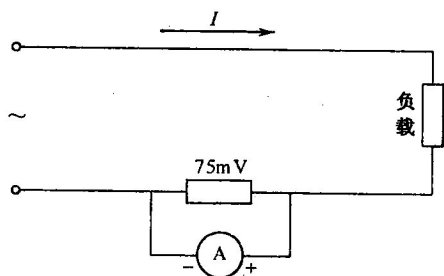


图 1-5 直流电流表接分流器线路

二、测量交流电流

测量交流电流要选取交流电流表，当测量较小的电流时，也可以将交流电流表直接与负载电路串联，其接线方法如图 1-6 所示。当量程大，可串接互感器以后接入电路中，最大能测量 200A 的电流，这种新型交流电流表在低压电路中测量较大电流时，需要配接电流互感器，其接线方法如图 1-7 所示。

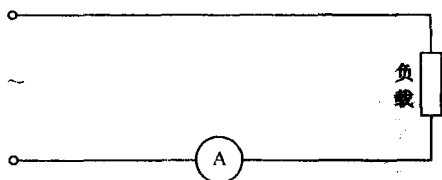


图 1-6 交流电流表直接接入式线路

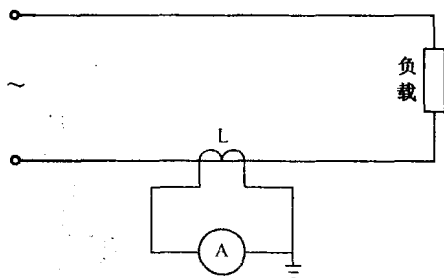


图 1-7 交流电流表接互感器的接线线路

这种方法是将电流互感器一次绕组与电路中的负载串联，二次绕组接电流表。通常电流互感器的一次绕组通过最大电流值时，二次绕组的电流为 5A。只要所选用的电流互感器和电流表上所标的电流比值相同，就可直接从表盘上读出一一次电流值。例如：选用 300/5A 的电流互感器时，也就是说可测量最大的电流是 300A，当一次绕组通入 300A 电流时，二次绕组只将 5A 的电流通入电流表，而表盘上指示的是 300A 的电流。

目前，新型电流互感器较老式优越，它是穿电式互感器，只要将被测线路从电流互感器中心穿过即可测量，十分方便，也可克服因一侧电压高，而电流又较大，有两个大接点，易发生接触不良而烧坏互感器的弊病。

电流表是电学中常用仪表之一，在使用时应注意：

(1) 首先要查看它有几个量程，各是多少安培，并且弄清楚各量程刻度盘上每小格所表示的安培数；再检查指针是否对准零刻度，如果没有对准，应用小改锥轻旋调零器的螺旋，把指针调到零位置，这一程序叫调零。

(2) 必须特别注意电流表一定是串联在被测量电路中。严禁把电流表不接用电器而直接接在电源上，这样会烧毁电流表。另外，还要注意不能将电流表的正、负接线柱接反。

1.3.4 电压表的结构与使用

测量电路电压的仪表叫电压表，也称伏特表。电压表一般以伏(V)为单位，也有的以千伏(kV)或毫伏(mV)为单位。J0408 型直流电压表的外观如图 1-8 所示。

这种电压表的表头是磁电式。刻度盘有上下两种刻度，分别是“-5-0-15”和“-1-0-3”，接线柱分别标有“-”、“3”和“15”。调零器在刻度盘下方。这种电压表的刻度盘上“0”点不在最左端，而在“0”点左侧还有一些刻度，可以防止因正负极接反而撞坏指针。

电压表与电流表一样，也可分为交流电压表和直流电压表两大类。无论是交流电压表或直流电压表，均与被测电路并联连接，如图 1-9 所示。为了不影响电路本身的工作状态，电压表一般内阻很大，测量的电压愈高，内阻应愈大。通常测量较高电压的电压表里都串联着一只电阻，以减小电压表里所通过的电流。有些老式交流电压表表盘上注有“外附电阻”字样，外附电阻是电压表的附件，必须接上，否则将会烧毁电压表。

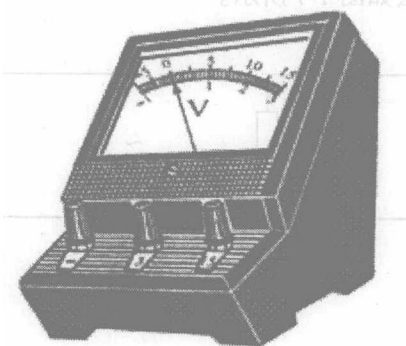


图 1-8 J0408 型直流电压表的外形图

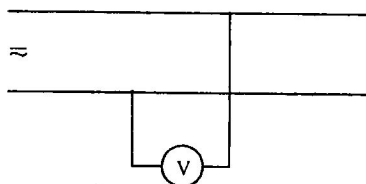


图 1-9 交流电压表的连接方法

还有一种仪表是交直流两用电压表，它的外观结构图如图 1-10 所示。这种电压表刻度盘有上下两种刻度，用直流时量程分别是“0-3”和“0-15”，刻度每小格分别表示 0.1 伏和 0.5 伏。用交流时量程分别是“0-45”和“0-450”，刻度每小格分别表示 1 伏和 10 伏。有五个接线柱，分别标有“-”、“3”、“15”、“45”和“450”标记，“-”作为公共端，直流挡看下边刻度，交流挡看上边刻度。

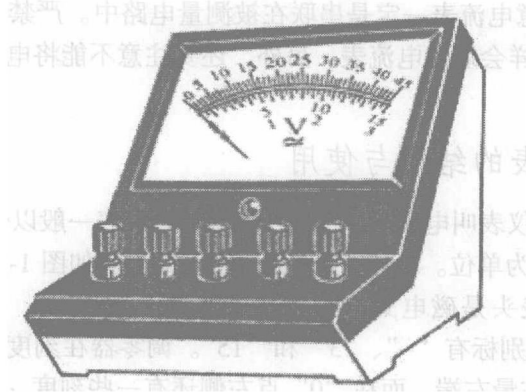


图 1-10 交直流两用电压表外观结构图

在电压较高的电气设备中不能用普通电压表直接测量时，可经电压互感器降压后再接入电压表，如图 1-11 所示。电压互感器一次绕组接到电压较高的线路上，二次绕组接在电压表两个接线柱上。电压互感器大都采用标准的电压比值，例如 3000/100V、6000/100V、10 000/100V 等等。这样，尽管电气设备上的电压高达 3000V，但接入电压表上的电压只有 100V。

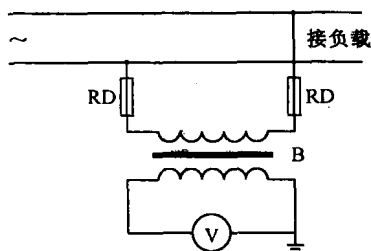


图 1-11 接互感器后电压表连接线路

电压表也是电学实验中常用仪表之一，在使用时应注意：

(1) 首先要看清它是直流的还是交流的；再看它有几个量程，各是多少伏特，并且弄清楚各量程上每小格所表示的伏特数；再检查指针是否对准零刻度，若没对准就要调零。

(2) 要注意电压表在电路中的接法，是否与被测电路并联，电压表“+”端接靠近电源正极的点，“-”端接靠近电源负极的点。

1.3.5 电阻的测量

在实际的应用中，经常需要用到电阻，要知道所使用的电阻值的大小，涉及电阻测量，在这里介绍两种常用的测量电阻的方法，即伏安法测电阻和惠斯通电桥测电阻。

一、伏安法测电阻

所谓伏安法测电阻，就是分别用伏特表(电压表)和安培表(电流表)测出被测电阻两端的电压和通过被测电阻的电流，然后利用欧姆定律，计算出电阻。因此，伏安法测量电阻在原理上是非常简单的，但由于在电路中接入了伏特表和安培表，而且不管是伏特表或是安培表，均存在不希望得到的阻值，其阻值并不是理想的无穷大或无穷小，所以，不可避免地改变了电路的理想状态，给测量结果带来了误差。

用伏安法测电阻通常采用如下两种电路形式来进行测试：

(一) 安培表外接法

安培表外接法即将安培表接在伏特表的外面，其电路图如 1-12 所示。此时，由于伏特表存在一定大小的内阻，伏特表中必有一定大小的电流通过，因此，安培表中所显示的电流值是被测电阻中所流过的电流和伏特表中所流过的电流之和，这时所测出的电流值将会比实际要大，根据欧姆定律 $R = \frac{U}{I}$ 可知，计算出的电阻值将比实际的电阻值要小。