

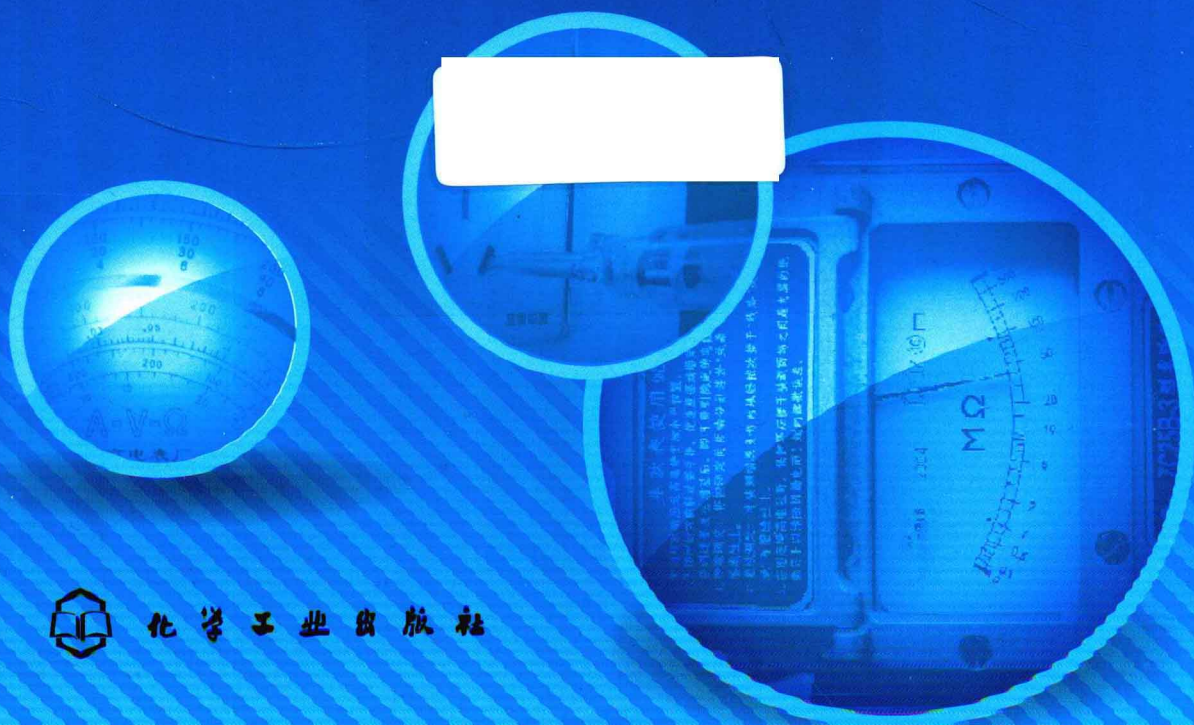


高职高专任务驱动系列教材

电工仪表使用与维护

★张君双 主编 ★刘淑娟 主审

DIANGONG YIBIAO
SHIYONG YU WEIHU



化学工业出版社

高职高专任务驱动系列教材

电工仪表使用与维护

张君双 主编

周江龙 关亚男 陈江辉 副主编

刘淑娟 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是按照高职高专教育教学改革模式,结合辽宁石化职业技术学院的国家骨干校建设——电工类课程改革要求编写的。本书主要通过“任务驱动法”设置教学情境,安排具体任务,来实施常见电工仪表的使用方法教学。

全书内容共分为十个教学情境,主要介绍模拟万用表、数字万用表、示波器、钳形电流表、晶体管毫伏表、单臂电桥、兆欧表、接地电阻表、功率表、电度表十种常见典型电工仪表的使用方法及应用,书中辅以大量的现场操作图片,配合读者学习。教材形式由浅入深,通俗易懂。

本书可作为高职高专院校、电工技术培训类的课程教材。

图书在版编目(CIP)数据

电工仪表使用与维护/张君双主编. —北京:化学工业出版社, 2013.7

高职高专任务驱动系列教材

ISBN 978-7-122-17726-1

I. ①电… II. ①张… III. ①电工仪表-使用方法-高等职业教育-教材②电工仪表-维修-高等职业教育-教材 IV. ①TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 137617 号

责任编辑:廉 静

文字编辑:吴开亮

责任校对:边 涛

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 7 $\frac{3}{4}$ 字数 179 千字 2013 年 9 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:22.00 元

版权所有 违者必究

序

2010年9月，辽宁石化职业技术学院在激烈的角逐中以其校企合作办学特色入选国家骨干校行列，2011年8月建设方案得到教育部批准，学院（南校区）炼油技术专业为学院骨干校重点建设专业之一。

炼油技术专业在建设过程中，创新了“分段实施，全程对接”人才培养模式，特别是在课程体系与教材建设上，教师们利用自身优势，深入中石油、中石化、中海油等石化行业所属企业调研，了解“十二五”期间石化行业发展规划和企业对技能人才的需求，邀请企业专家和专业教师组成专业建设指导委员会，根据企业需求论证人才培养模式和课程体系，共同制定人才培养方案。在这样的背景下开发了任务驱动系列教材，它是继学院（南校区）炼油技术专业9种项目化系列教材建设完成后，又推出的系列教材。

本套教材体现了校企合作的最新成果，是校企合作集体智慧的结晶，凝结着编写人员的辛勤付出。在编写过程中，企业工程技术人员全程参与，与教师共同研究探讨，为教材编写提供了诸多支持与方便。

高职教育作为高等教育一个全新类别，在编写过程中也面临着全新的考验，本套教材难免存在不妥之处，敬请使用本套教材的教师、同学提出宝贵意见。

王家来

前言

高职高专教学的迅速发展，推动了高等职业技术教育的蓬勃兴起。在高职高专教学模式上，实现了从单纯理论教学模式向实践应用教学模式的跨越发展。

本书是从高职高专职业教学特点出发，结合辽宁石化职业技术学院的国家骨干校建设精神中有关电工类课程改革的具体要求编写的。旨在“项目导向，任务驱动”的科学理念指导下，进行实践教学改革。

本书内容采用了情境教学法、任务模块化，通过“任务驱动”设置教学情境，安排具体任务，来实施常见电工仪表的使用方法教学，突出“在学中做，在做中学”的教学模式，让学生在亲身实践中切实学会电工仪表的使用，再经过实训过程中的有机运用，有效提高实践操作水平，真正达到教学实效。

为了达到培养技能型人才的目的，编者多次深入企业进行调研，对企业所需人才类型、岗位要求进行调查分析，也促使本书内容侧重实践能力、专业技能的培养，突出实用性，服务于企业及电工行业所需技能型人才的培养。

本书由张君双任主编，周江龙、关亚男、陈江辉任副主编，刘淑娟任主审。参加本书编写的人员还有辽河油田水电大队周志超，朝阳双塔区教师进修学校徐国军，辽宁石化职业技术学院徐丹、甘泉、李春生等，魏雨参与绘图。

在编写过程中，得到了辽宁石化职业技术学院高金文、刘淑娟、于月明、李英老师的指导和帮助，在此一并表示感谢！

由于编者水平有限，不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

2012. 4. 20

目录

❖ 导 论	1
导论一 常用电工仪表的类型与组成	1
导论二 电工仪表的误差与主要技术要求	4
❖ 情境一 万用表的使用与维护	6
子情境一 测量单管放大电路的电压及电流	6
子情境二 测量电阻的阻值	15
子情境三 检测二极管的正负极	19
子情境四 用 MF47 型万用表判断三极管的引脚	22
子情境五 MF47 型万用表的维护	25
❖ 情境二 数字万用表的使用与维护	29
子情境一 测量电容的容量	29
子情境二 测量干电池的电压	35
子情境三 测量电阻的阻值	37
子情境四 更换数字万用表电池	40
❖ 情境三 示波器的使用与维护	42
子情境一 示波器的调校	42
子情境二 用示波器测量正弦波的基本参量	48
子情景三 清洁示波器	55
❖ 情境四 兆欧表的使用与维护	57
子情境一 测量电动机绕组的绝缘电阻	57
子情境二 测量变压器绕组的绝缘电阻	64
❖ 情境五 功率表的使用与维护	69
子情境 测量 220V 照明电路功率	69
❖ 情境六 电度表的使用与维护	73
子情境 安装带电度表的日光灯照明电路	73

❖ 情境七	钳形电流表的使用与维护	82
子情境	测量三相感应电动机空载电流	82
❖ 情境八	单臂电桥的使用与维护	89
子情境	测量电阻的阻值	89
❖ 情境九	晶体管毫伏表的使用与维护	95
子情境一	测量单管放大电路的电压	95
子情境二	晶体管毫伏表的调校	101
❖ 情境十	接地电阻表的使用与维护	107
子情境	用 ZC-8 型接地电阻表测量接地体的电阻	107
❖ 参考文献		113

导论一 常用电工仪表的类型与组成

电工仪表是指根据电磁感应原理来实现电工测量过程所需仪器仪表的总称。电工仪表测量的主要对象为电学量，即电量和电参量。被测目标不同，仪表设置的结构不同，其种类、规格繁多。

一、电工仪表的类型

电工仪表按测量时数值显示方法可分为指针式仪表、比较式仪表和数字式仪表。指针式仪表用指针在刻度盘上指示被测量的数值；数字式仪表是将被测量的模拟量转化为数字量，然后用数字显示出被测量的数值；比较式仪表是将被测量与标准量进行比较后得出被测量的数值，实质是采用比较法进行测量，如万用电桥、电位差计等。

按仪表工作原理可将电工仪表分为以下五大类型。

1. 磁电系仪表

磁电系测量机构是磁电系仪表的核心部分。磁电系测量机构包括固定和可动两部分，固定部分由永久磁铁、极掌、圆柱形铁芯组成，可动部分由可动线圈、转轴、指针、平衡锤组成，如图 0-1 所示。

工作原理：当可动线圈通入电流时，载流线圈在磁场中受到电磁力作用而产生力矩，使线圈发生偏转，同时，游丝产生反作用力矩。指针偏转角度越大，反作用力矩随之变大，当两个力矩平衡时，可动线圈不再转动，指针指示出被测量的大小。

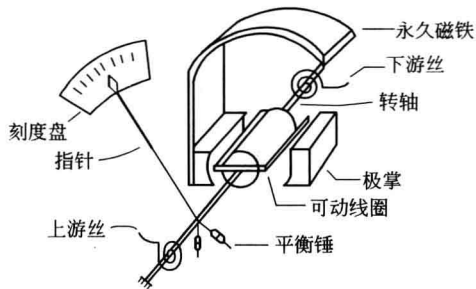


图 0-1 磁电系表头结构

2. 电磁系仪表

电磁系仪表是测量交流电压与交流电流最常用的一种仪表，核心部分是电磁系测量机构。电磁系仪表的优点是结构简单、过载能力强。通常，电磁系仪表分为推斥型、吸引型、推斥-吸引型三种。

(1) 推斥型电磁系仪表 推斥型电磁系表头结构如图 0-2 所示。

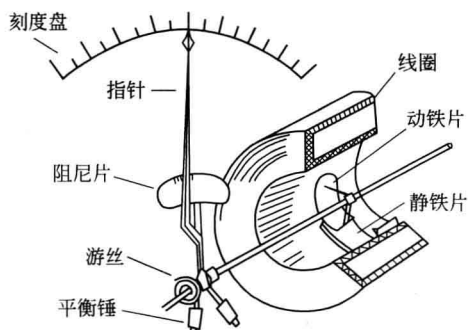


图 0-2 推斥型电磁系表头结构

工作原理：当线圈通入电流时产生磁场，静铁片和动铁片在磁场作用下同时被磁化，两个铁片同一侧极性相同，使两者之间产生排斥力，从而产生转动力矩，使动铁片旋转并带动指针偏转。当转动力矩与游丝的反作用力矩相平衡时，指针便停止偏转，从而指示出被测量的大小。当电流方向改变时，线圈产生磁场的方向虽然改变，但两铁片仍然相互排斥，转动力矩方向不变。

(2) 吸引型电磁系仪表 吸引型电磁系表头结构如图 0-3 所示。

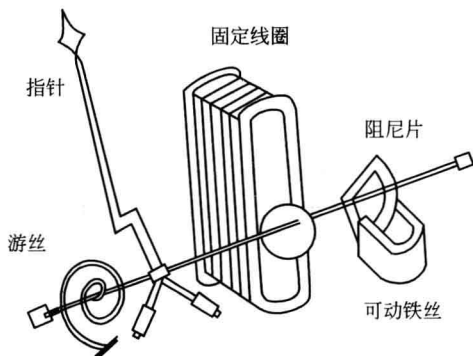


图 0-3 吸引型电磁系表头结构

工作原理：核心部分是电磁系测量机构，吸引型电磁系测量机构是利用通有电流的线圈产生的磁场对铁片产生的吸引力，使轴带动指针偏转。

3. 电动系仪表

电动系仪表是用来测量功率、电能的仪表，准确度比较高，适用于交流精密测量，也可作为标准表。它的核心是电动系测量机构，其结构如图 0-4 所示。

工作原理：电动系测量结构主要由固定线圈和可动线圈构成，工作时，固定线圈中的电流产生的磁场和可动线圈中的电流相互作用，产生转动力矩，磁场的方向可以随动圈中电流方向的变化而变化，因而可以测直流电量和交流电量。

4. 感应系仪表

感应系电能表是用于交流电能测量的仪表，电能表是感应系仪表中的典型。感应系电能表的转动力矩较大，结构牢固，适用于电能测量。

5. 静电系仪表

静电系仪表是用来测量交流和直流的两用表，利用两个叶片上的电荷同性相斥、异性相吸而

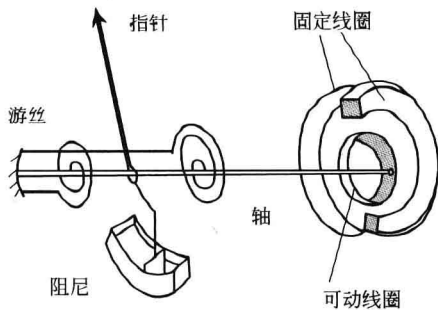


图 0-4 电动系测量机构结构

产生转动力矩的原理制成。静电系仪表的准确度低，易受外界电场干扰，并且表盘刻度不均匀。

二、电工仪表的组成

电工仪表尽管种类繁多，结构各不相同，但其主要测量过程都是利用电磁感应原理，将被测电量转换为仪表内部可动部分的偏转角位移，即通过指针偏转来指示被测量的大小。电测量仪表的基本结构都是由测量电路和测量机构两部分组成的，其中测量机构是仪表的核心部分，如图 0-5 所示。测量电路和测量机构的不同，决定了测量的对象不同。



图 0-5 电工仪表的组成结构

测量机构包括驱动装置、控制装置、阻尼装置。驱动装置主要用来产生偏转力矩；控制装置用来产生反作用力矩；阻尼装置用来产生阻尼力矩，对可动部分的惯性摆动起制动作用。

三、常用电工仪表的符号和意义

表 0-1 列出了常用电工仪表的符号和意义。

表 0-1 常用电工仪表的符号和意义

符号	名称	符号	名称
R	电阻		三相交流
X	电抗	A	安培
I	电流	V	伏
U	电压	W	瓦
P	有功功率	var	乏
Q	无功功率	Hz	赫兹
S	视在功率		磁电系仪表
$\lambda(\cos\varphi)$	功率因数		电磁系仪表
f	频率		电动系仪表
	绝缘强度试验为 2kV		磁电系比率表
$\text{—}\text{—}$	直流		整流系仪表
$\sim$	交流		
$\approx$	交直流		

导论二 电工仪表的误差与主要技术要求

在电工仪表测量中,经常会出现误差现象。如何分析误差,误差范围控制在何种程度才算符合测量要求,这是需要操作人员掌握学习的。如果能正确选择仪表、按规范操作电工仪表、在合适环境下测量,误差范围会减小,甚至会消除误差。

一、误差的类型

误差是指测量值与被测量真实值之间存在的偏差。通常,也称测量值为示值 A_x ,被测量真实值为真值 A_0 。在分析误差时,主要注意以下几种误差。

绝对误差 ΔA : 仪表的示值 A_x 与被测量真实值 A_0 之间的差值。

$$\Delta A = A_x - A_0 \quad (0-1)$$

相对误差 γ : 绝对误差 ΔA 与被测量真实值 A_0 之间的比值,并用百分数表示。

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100\% \quad (0-2)$$

引用误差 γ_n : 仪表某一刻度点读数的绝对误差 ΔA 与仪表量程上限 A_m (对应挡位的最大量程) 之间的比值,并用百分数表示。

$$\gamma_n = \frac{\Delta A}{A_m} \times 100\% \quad (0-3)$$

最大引用误差 γ_{nm} : 仪表在整个量程范围内的最大示值的绝对误差 ΔA_m 与仪表量程上限 A_m 之间的比值,并用百分数表示。

$$\gamma_{nm} = \frac{\Delta A_m}{A_m} \times 100\% \quad (0-4)$$

二、产生误差的原因

产生误差的原因是多方面的。

(1) 测量仪器本身: 选择仪器不同,产生误差大小不一,因为任何仪器都有一定的灵敏度和精确度。

(2) 测量环境影响: 主要是周围环境的电磁场、湿度、温度影响测量结果。

(3) 操作人员本身: 操作人员的职业素质、操作方式、工作态度,会给测量带来误差。

三、仪表的准确度

电工仪表的准确度通常是指测量结果与被测量真实值之间相接近的程度,代表测量结果准确程度的量度。仪表的准确度分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 和 5.0 共七个等级,准确度等级标志在仪表的表盘上。等级数值越小,说明准确度越高。

四、灵敏度

灵敏度是指仪表可动部分(如指针或光标)偏转角的变化量 $\Delta\alpha$ 与被测量的变化量 Δz 之比。

五、电工仪表的主要技术要求

- (1) 作为测量仪表,要有足够的准确度。
- (2) 针对被测目标,电工仪表要有合适的灵敏度。
- (3) 要求仪表本身的功耗要小。
- (4) 仪表过载能力要强。
- (5) 电工仪表本身要有足够的绝缘强度。

**【思考与练习】**

1. 电工仪表通常由哪几部分组成?
2. 磁电系仪表的工作原理是什么?
3. 按仪表工作原理可将电工仪表分为哪几大类型?
4. 仪表的准确度和最大引用误差的含义是否有相同之处?
5. 如何避免或减小测量误差?
6. 仪表的灵敏度和仪表常数有什么联系? 在仪表表盘上如何标识精确度?

情境一

万用表的使用与维护

子情境一 测量单管放大电路的电压及电流

【任务目标】

通过本情境的训练学习，使学生了解指针式万用表的功能，掌握万用表测量电压和电流的基本知识；通过本次任务，使学生具有能独立操作万用表测量电路中的电压及电流的能力。

【任务描述】

模拟万用表，如 MF47 型指针式万用表，是电工测量中的常用仪表，主要用来测量电压、电流、电阻，应用十分广泛。本情景的主要任务是用 MF47 型万用表测量共射极单管放大电路中三极管的静态工作点电压及集电极、发射极的静态电流，测量 220V 交流电压及稳压电源电压。

【任务实施】

一、准备工作

准备器材清单如表 1-1 所示。

表 1-1 器材清单

序号	名称	规格型号	单位	数量	备注
1	指针式万用表,表笔	MF47 型	块,副	8	
2	电源及插座	220V,50Hz	组	8	
3	实验台	HK-13 型	台	8	每四人一台
4	单管放大电路套件	共射极	套	8	
5	试电笔	500V	支	8	
6	无感螺丝刀	一字形螺丝刀	把	8	

二、认识 MF47 型万用表

1. 认识 MF47 型万用表，了解 500 型万用表

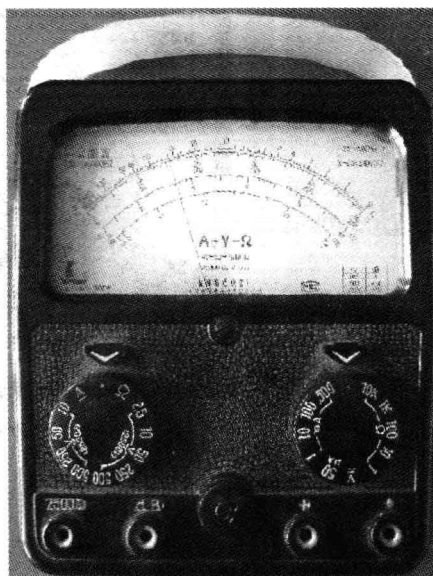
图 1-1 分别列举了 MF47 型和 500 型万用表。

2. 详细观看 MF47 型万用表表盘

图 1-2 列举了 MF47 型万用表表盘。



(a) MF47型万用表



(b) 500型万用表

图 1-1 MF47 型及 500 型万用表



图 1-2 MF47 型万用表的表盘

3. 认识万用表转换开关及挡位

图 1-3 列举了 MF47 型万用表的转换开关。

三、用 MF47 型万用表测量工作台 220V 交流电压

(1) 操作人员穿戴劳动保护用品。

(2) 机械调零。水平放置好万用表，观察表盘指针是否在零位。如果指针没有指向零刻度，则按下面方法调整指针到零刻度：在万用表表盘上找到机械调整点，用一字形无感螺丝刀轻轻调整，旋转角度要小，切忌角度过大和过快；观看指针是否指在零刻度上，要做到“眼睛—指针—指针影（反光镜里）”在一条直线上，如图 1-4 所示。

(3) 插入万用表表笔，红表笔插入“+”接线柱，黑表笔插入“-”即 COM 接线柱；旋转量程选择开关至交流电压 250V 挡。如图 1-5 所示。

(4) 接通实验台电源，220V 插座加电；检查试电笔（验电笔）外观是否有裂纹及受潮

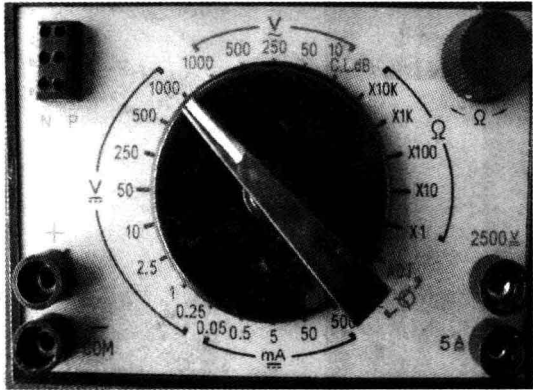


图 1-3 MF47 型万用表的转换开关



(a) 机械调零点

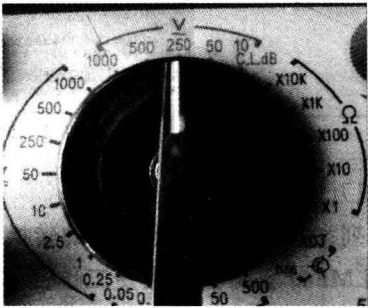


(b) 调整指针归零

图 1-4 MF47 型万用表的机械调零



(a)



(b)

图 1-5 表笔接入及量程选择开关设置

现象，确认安全后，用试电笔判断 220V 插座电源火线和零线。如图 1-6 所示，插入试电笔处，氖管变红，为火线。

(5) 红表笔插入 220V 电源插座火线插孔，黑表笔插入 220V 电源插座零线插孔，观察万用表指针偏转情况，如图 1-7 所示。动作熟练后可单手拿双表笔插入插座。

(6) 待万用表指针稳定后，读取数值并记录。

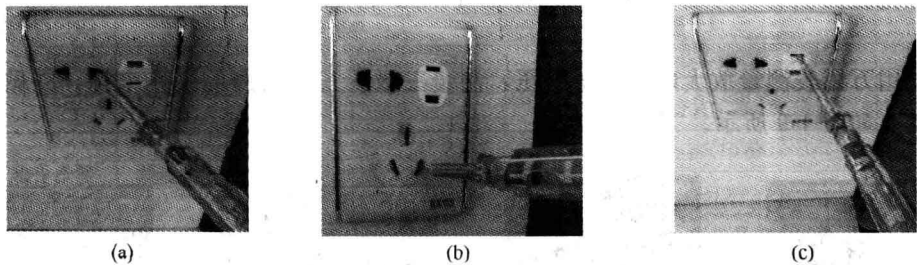


图 1-6 试电笔测试火线

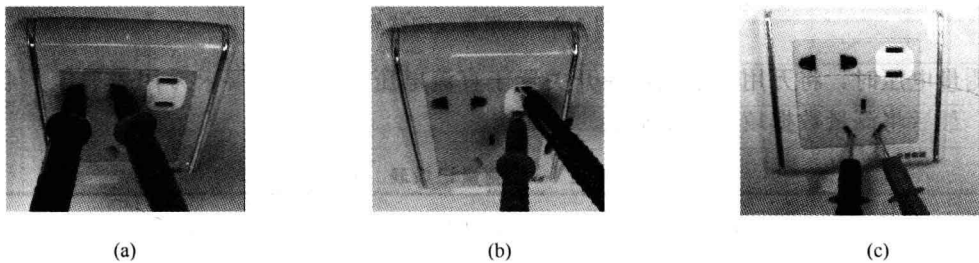


图 1-7 红表笔插入火线

- (7) 重复上述步骤，调换红、黑两表笔重新再测一次。
- (8) 通过上述测量比较万用表测量交流电压是否有极性之分。
- (9) 断开电源，万用表归位，拔下表笔，把量程选择开关转到交流电压最大量程挡位，收好工具，整理现场。最后将测量数据填入表 1-2 中。

表 1-2 测量记录表

项目 次	转换开关挡位	红表笔插入点	黑表笔插入点	测量值
第一次测量				
第二次测量				

四、用 MF47 型万用表测量单管放大电路的直流电压和电流

- (1) 准备好 MF47 型万用表、单管放大电路、实验台稳压电源，检查上述物品是否有损坏。
- (2) 连接好电路，稳压电源调至直流 6V 挡，用万用表检测直流 6V；用导线连接好稳压电源和单管放大电路电源，确保极性无错误。单管放大电路的直流电压测量如图 1-8 所示。

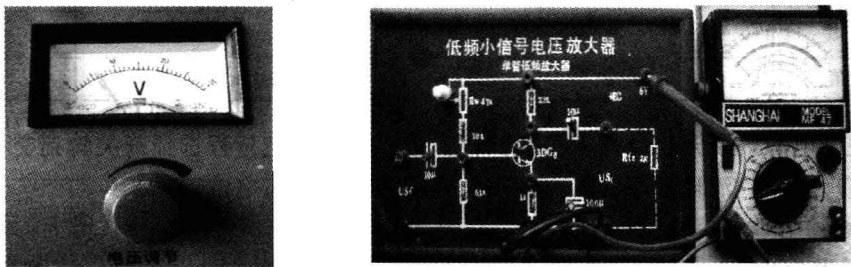


图 1-8 单管放大电路的直流电压测量

- (3) 检查无误后，开通电源；在教师指导下用专用仪器调整好放大电路的静态工作点待用。
- (4) 用万用表测量放大电路电源电压，测量三极管三个引脚的工作电压，并做好记录。表笔测试点如图 1-9 所示。

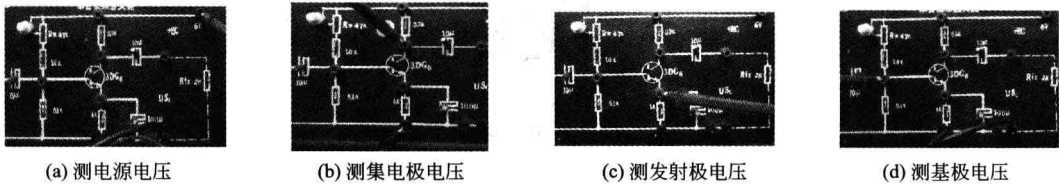


图 1-9 万用表笔测试点

测量电压时，将万用表量程选择开关置于直流电压 10V 挡，要求万用表表笔并联在电路中。最后将测量数据填入表 1-3 中。

表 1-3 测量记录表

项目 测量	电源电压	集电极电压	发射极电压	基极电压
测量值				

- (5) 用万用表测量三极管工作电流。将万用表量程选择开关置于直流电流挡位 5mA 挡，用电烙铁断开电阻的一个焊点，将万用表表笔串联接入电路中，注意极性，遵循电流从“+”到“-”的方向，即电流从红表笔流入，从黑表笔流出；观察表盘指针，读取数值并做好记录。表笔接入点如图 1-10 所示。

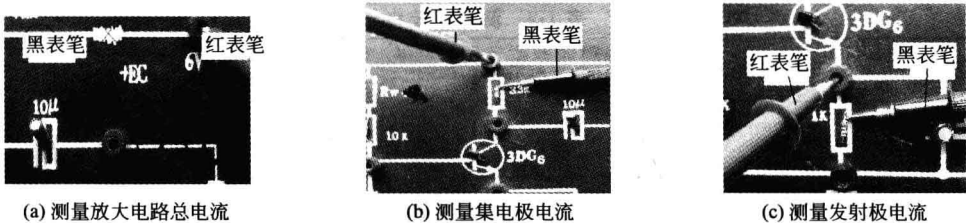


图 1-10 万用表表笔测试点

读数方法：电流实际值 = 指针指示值 × 量程 / 满偏
最后将测量数据填入表 1-4 中。

表 1-4 测量记录表

项目 测量	放大电路总电流	集电极电	发射极电流	备 注
准备测量值				

- (6) 关闭电源，断开连线，万用表归位，拔下表笔，把量程选择开关转到交流电压最大量程挡，整理工具，清理现场。若万用表长期不用，应取出电池。

【任务考核】

将考核及评分结果填入表 1-5 中。