电工电子技术实验室规则

为了在实验中培养学生严谨科学的作风，确保人身和设备的安全，顺利完成实验任务，特制定以下规则：

(1) 教师应在每次实验前对学生进行安全教育。

(2) 严禁带电接线或拆线。

(3) 接好线路后，要认真复查，确认无误后方可接通电源。如无把握，须请教师审查。

(4) 发生事故时，要保持镇静，迅速切断电源，保护现场，并向教师报告。

(5) 如欲增加或改变实验内容，必须事先征得教师同意。

(6) 非本次实验所用的仪器、设备，未经教师允许不得动用。

(7) 损坏了仪器、设备，必须立即向教师报告，并写出书面检查。责任事故要酌情赔偿。

(8) 保持实验室整洁、安静。

(9) 实验结束后，要拉下电闸，并将有关实验用品整理好。

实验报告与预习报告的要求

规定一律用 16 开纸或 A4 纸认真书写实验报告，并加上专用的实验报告封面整齐装订。实验报告所含具体内容要求如下：

(1) 实验目的。

(2) 课前完成的预习内容，包括实验报告所要求的理论计算、回答问题、设计记录表格等。

(3) 实验数据表格及数据处理。此处所指数据是课后根据实验原始记录整理重抄的正式数据，并按实验指导书要求作必要处理。

(4) 实验总结，即完成实验指导书所要求的总结、问题讨论及自己的心得体会。如有曲线，应在坐标纸上画出。

(5) 实验前要做好预习。预习报告应该包括(1)、(2)两部分内容。完善的预习报告可以作为实验报告的前半部分内容。

学生课前应做的准备工作

(1) 阅读实验指导书，了解实验内容，明确实验目的，清楚有关原理。

(2) 事先完成正式实验报告中的“实验目的”和“实验预习”两项内容，特别是实验预习，必须在课前认真完成，否则不准做实验。

(3) 按实验指导书要求，设计原始数据记录表格，以备实验记录和课后整理用。

基本实验技能和要求

要求通过本课程的实验，能使同学们掌握实验的基本技能，希望同学们在实验中注意基本技能的培养和训练。

1. 安全操作训练和科学作风

(1) 接线时最后接电源部分(拆线时应先拆电源部分),接完线后仔细复查。严禁带电拆、接线。出现事故时应立即断开电源,并向教师报告情况,检查原因。切勿乱拆线路。

(2) 接完电路后,在开始实验前应做好准备工作。

① 调压器三端变阻器的可动端应放在无输出电压的位置上,或放在线路中电流最小的位置上。

② 电压表、电流表或其他测量仪器(如指针式万用表、数字式万用表)的量程应置于经过估算的一挡或最大量程挡上。

(3) 合电源闸前要征得教师和同组人的允许。每次开始操作前应告诉同组的人,互相密切配合。加负荷或变电路参数时应监视各仪表,若有异常现象,如冒烟、有烤煳味、指针到极限位置、指针打弯等,应立即断电检查。

(4) 注意各种仪表仪器的保护措施,如电流表的短路开关(防止电动机启动电流冲击);有些仪器用熔断器作过载保护,不得随便更换;监视仪表过载指示灯、过载跳闸机构,等等。

(5) 预操作(在实验前先操作和观察一下),其目的在于:

① 看电路运行及仪表指示是否正常;

② 看所测电量数据变化趋势,以便确定实验曲线取点;

③ 找出变化特殊点,作为取数据时的重点;

④ 熟悉操作步骤。

2. 基本实验技能

(1) 接线能力。

① 合理安排仪表元件的位置,接线该长则长、该短则短,尽量做到接线清楚、容易检查、操作方便。

② 接线要牢固可靠。

③ 先接电路的主回路,再接并联支路。有些电路(如电动机控制),主电路电流大用粗导线,控制电路电流小则用细导线。

(2) 合理读取数据点。

应通过预操作,掌握被测曲线趋势和找出特殊点:凡变化急剧的地方取点要密,变化缓慢处取点要疏。应使取点数尽量少而又能真实反映客观情况。

(3) 正确、准确地读取电表指示值。

① 合理选择量程,应力求使指针偏转大于2/3满量程;同一量程中,指针偏转越大越准确。

② 在电表量程与表面分度标示一致时,可以直读;不一致时则先读分度数,即记下指针指示的格数,再进行换算,并注意读出足够的有效数字,不要少读或多读。

(4) 配合实验结果的有效数字选择曲线坐标比例尺,避免夸大或忽略实验结果的误差。

3. 使用设备的一般方法

(1) 了解设备的名称、用途、铭牌中的规格、规定值及面板旋钮情况。

(2) 着重搞清楚设备使用的极限值。

① 着重搞清楚设备情况。要注意其最大允许的输出值,如调压器、稳压电源有最大输出电流限制,电动机有最大输出功率限制,信号源有最大输出功率及最大信号电流限制。

② 对量测仪表仪器,要注意最大允许的输入量。如电流表、电压表和功率表要注意最大的电流值或电压值。指针式万用表、数字式万用表、数字频率计、示波器等的输入端都规定有允许的最大输入值,不得超过该输入值,否则会损坏设备。对多量程仪表(如万用表)要正确使用量程,千万不能用欧姆挡测量电压或用电流挡测量电压等。

③ 了解设备面板上各旋钮的作用,使用时应放在正确位置,禁止无意识地乱拨动旋钮。

④ 正式使用设备前应设法判断其是否正常。有自校功能的设备可通过自校信号对设备进行检查,如示波器有自校正弦波或方波,频率计有自校标准频率。

第 1 部分　电工技术实验

实验 1　基本电工仪表的原理与使用

1. 实验目的

（1）熟悉电压表、电流表、欧姆表的基本原理，能组装简易万用表。
（2）学习校验电工仪表的基本方法。
（3）了解基本电工仪表的使用常识及其对被测电路的影响。

2. 实验仪器和设备

（1）简易万用表组装实验箱。
（2）直流稳压电源。
（3）0.5 级标准直流电压表和直流电流表。
（4）500 型万用表。
（5）滑线变阻器，标准电阻箱。

3. 实验说明

（1）图 1.1 所示为自装简易万用表原理图。其中 K_1、K_2 是两个机械上联动的“单刀多投”旋转开关，旋转公共旋钮，动端（M、N）可同时换位，以改变测量功能及量程。

图 1.2 为简易万用表组装实验箱的元件布置示意图。其中 K_1、K_2 被表达成联动式，可理解为动端 M、N 两个箭头在上下两条组线上滑动，同步换位。在实际万用表原理图中也经常采用这种方法表示旋转开关。

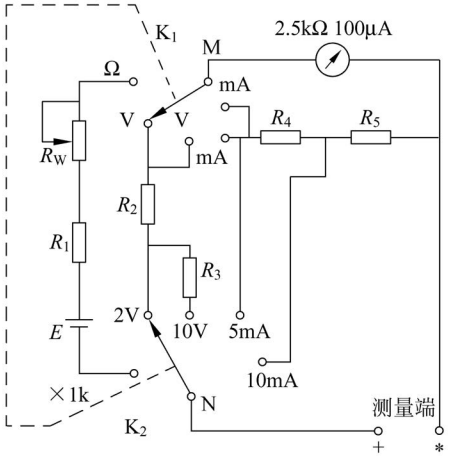


图 1.1　简易万用表原理图

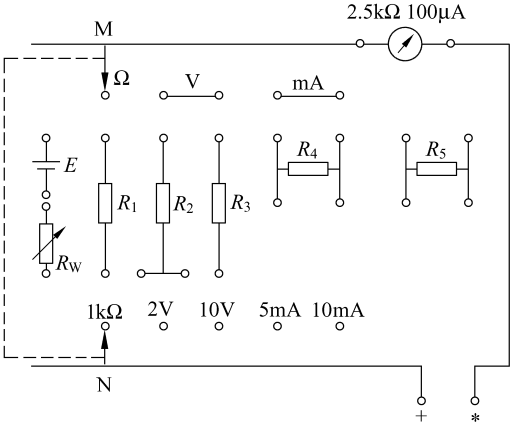


图 1.2　实验箱的元件布置示意图

(2) 图1.1中,表头满偏电流 $I_g=100\mu A$,表头内阻 $R_g=2.5k\Omega$。

(3) 待装万用表的测量功能及量程如下:

① 电阻挡:×1k量程(即表盘读数(Ω)×1 000),标称中心阻值为15kΩ。

② 直流电压挡:2V和10V量程。

③ 直流电流挡:5mA和10mA量程。

(4) 质量指标。

① 电阻挡中心阻值的相对误差<10%。

② 直流电压、电流挡各量程的准确度等级不低于2.5级。

4. 预习内容

(1) 仔细阅读了解有关500型万用表和直流稳压电源的使用说明及本实验附录。

(2) 阅读各项实验内容,理解有关原理,明确实验目的。

(3) 根据图1.1所示电路,弄懂接于测量端的未知电阻 R_x 的测量原理,写出能够说明测量原理的表达式。

(4) 计算图1.1中电阻 $R_2\sim R_5$ 的阻值。设电池 E 的电压变化范围为1.3~1.7V,计算 R_W+R_1 的值,并说明电位器 R_W 的作用是什么。

(5) 假设图1.1中电池电压为标称值1.5V,为使表头指针正好指在中间,R_x 应等于多少?表盘中心的阻值刻度数为多少?(该值称为电阻挡的标称中心阻值。)

(6) 根据图1.1所示的电路图,在图1.2中画出连接图。

(7) 设计实验1-4的原理图,并写出实验步骤。

5. 实验内容

实验1-1 初步掌握500型万用表的使用方法

(1) 用该表测量实验箱上电池的端电压 $E=$_____ V。

(2) 测量实验箱上各电阻的阻值,记录于表1.1中,并与预习内容(4)相比较。注意:改换量程时,务必重新调零。

表1.1 实验1-1数据记录表

R_1	R_2	R_3	R_4	R_5

思考题:能否用万用表的"Ω"挡直接测得正在通电运行的某电阻 R 的阻值?为什么?

实验1-2 组装简易万用表

1) 连接线路

按照图1.2在实验箱上插接全部线路,并认真复查。

2）对自装万用表进行校验

（1）校验电阻挡。

① 将换挡开关置于 Ω 挡。

② 调零：将两个测量表笔短接，调节 R_W，使表针指在 0Ω 处。

③ 测量中心阻值相对误差：用所装万用表测量图 1.3 中的标准电阻 R_{ab}，调节电阻箱的阻值，使表针在标称中心阻值处，记录 $R_{ab}=$_____ Ω。则有

$$\text{中心阻值相对误差}=\frac{\text{被校表标称中心阻值}-R_{ab}}{R_{ab}}\times 100\%$$

（2）校验直流电压挡。

① 将换挡开关置于 2V 挡。

② 按图 1.4 接线，其中 V_1 是标准表，V_2 是被校表。通电前，应将滑线变阻器 R 调于最小输出位置。

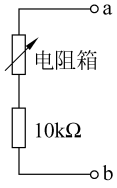


图 1.3　标准电阻 R_{ab} 的电路图

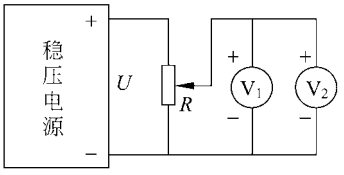


图 1.4　万用表电压挡的校验电路图

③ 将电源电压 U 调到 2.5V 左右，再调节滑线变阻器，使被校表读数 U_2 依次为表 1.2 所列各值，同时分别记下对应的标准表读数 U_1。

表 1.2　实验 1-2 数据记录表（1）

U_2/V	0.4	0.8	1.2	1.6	2.0
U_1/V					
β					

④ 计算各次测量的满刻度相对误差 β（引用误差）：

$$\beta=\frac{U_2-U_1}{\text{被校表量程}}\times 100\%$$

（3）校检直流电流挡。

将换挡开关置于 5mA 电流挡，将电源电压 U 调到 6V。按图 1.5 接线，其中 mA_1 为标准表，mA_2 为被校表。依照电压挡的校验方法，完成表 1.3 的测量及计算任务。

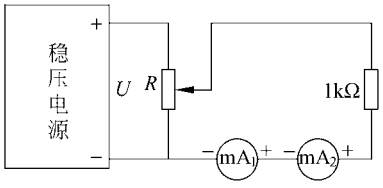


图 1.5　万用表电流挡的校验电路图

表 1.3 实验 1-2 数据记录表(2)

I_2/mA	1	2	3	4	5
I_1/mA					
β					

$$\beta=\frac{I_2-I_1}{\text{被校表量程}}\times 100\%$$

思考题：在图 1.5 中，1kΩ 电阻的作用是什么？

实验 1-3 研究电工仪表对被测电路的影响

按图 1.6 接线。分别用 500 型万用表的直流电压挡和 0.5 级标准直流电压表测量 A、B 两点间的电压，记录测量结果。A、B 两点间的电压理论值应该是 5V，这两块表的测量误差是多少？记下这两块表的内阻并分析。

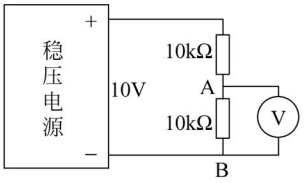


图 1.6 电压测量电路图

实验 1-4 验证戴维南定理(设计型实验)

现有晶体管稳压电源一台(电压调节范围 0～30V)，万用表一台，标准电阻箱一台，10kΩ 电阻两个，1kΩ 电阻 1 个。试设计一种验证戴维南定理的方法，画出实验电路图，写出实验步骤，记录实验数据，并进行分析。

6. 总结要求

(1) 说明自装万用表的质量指标如何，并简要分析误差原因。

直流电压挡、直流电流挡的准确度等级确定方法如下：

若某一挡(如直流 2V 挡)的校验数据中，

$$|\beta|_{\max}\leqslant 2.5\%$$

则该挡的准确度等级不低于 2.5 级。

(2) 讨论实验 1-3 的测量结果。

(3) 整理思考题的答案，并回答如下问题：

① 自装万用表处于电阻挡时，红表笔(接＋号端子)和黑表笔(接＊号端子)中，哪支的电位高，哪支的电位低？试述利用万用表的 Ω 挡鉴别二极管极性的方法。

② 在用万用表电阻挡测量电阻之前，需要做哪些准备工作？为什么？

实验 1 附录　测量仪表的准确度与灵敏度

1. 误差及表达形式

将用实验手段测出的被测量的测量值与该量的标准值进行比较，其差值称为误差。有以下 3 类量值常被用作被测量的标准值：真值、指定值和实际值。

1）真值(A_0)

真值就是被测量本身的真实值。真值一般是不可测出来的，因此真值也称为理论值或定义值。

2）指定值(A_s)

由国际组织或国家测量局设立各种标准器，并以它的测量值作为一种测量标准，这种标准值称为指定值。

3）实际值(A)

在一般测量工作中，不可能将所有的测量仪器直接与国际或国家标准器进行校准，而只能用准确度高一级或高几级的仪器仪表测量值作为标准，这种标准值称为实际值。

4）误差的表示方法

(1) 绝对误差 ΔX：

$$\Delta X = X - A$$

式中　X——测量值(也称为示值)；

A——实际值。

(2) 相对误差 Δr：

实际相对误差为

$$\Delta r_1 = \frac{X - A}{A} \times 100\%$$

示值相对误差为

$$\Delta r_2 = \frac{X - A}{X} \times 100\%$$

引用误差(即满刻度相对误差)为

$$\Delta r_3 = \frac{X - A}{X_m} \times 100\%$$

式中　X——测量值；

A——实际值；

X_m——上量限值(即满刻度值)。

2. 电工仪表的准确度等级

在规定的工作条件下，由于仪表本身造成的测量误差称为基本误差，由于使用不当(即工作条件不符合规定)而造成的除基本误差之外的误差称为附加误差。

因为仪表在不同刻度点的绝对误差略有不同，所以一般电工仪表的基本误差($\pm K\%$)常用最大的引用误差来表示，即

$$\pm K\% = \frac{(X-A)_{max}}{X_m} \times 100\%$$

式中 K——仪表的准确度。

我国的仪表按其准确度共分为0.1、0.2、0.5、1.0、2.0、2.5、5.0七个等级。0.1、0.2级仪表通常选作标准表,0.5～2.0级仪表多用于实验室,2.5、5.0级仪表通常用于要求不高的工程测量。

由上面的公式可知,测量时可能产生的最大绝对误差为

$$(X-A)_{max} = \pm K\% \cdot X_m$$

若读数为 X,则测量结果可能出现的最大相对误差 Δr 为

$$\Delta r = \frac{\pm K\% \cdot X_m}{X}$$

例如,500型万用表直流电压挡的准确度等级为2.5,若用此表50V量程挡去测量30V电压,可能出现的最大绝对误差为

$$\pm 2.5\% \times 50\text{V} = \pm 1.25\text{V}$$

最大相对误差为

$$\frac{\pm 2.5\% \times 50\text{V}}{30\text{V}} = \pm 4.17\%$$

若用此表500V量程挡去测量同一个电压,则可能出现的最大绝对误差为

$$\pm 2.5\% \times 500\text{V} = \pm 12.5\text{V}$$

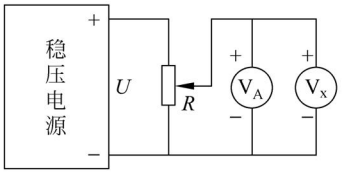
而最大相对误差为

$$\frac{\pm 2.5\% \times 500\text{V}}{30\text{V}} = \pm 41.7\%$$

仪表误差占被测量的41.7%,测量结果就不可信了。由此可见,测量结果的准确度不仅与仪表的准确度有关,而且还与被测量的大小有关。所用仪表确定后,选用的量程越接近被测量值,测量结果的误差就越小。这就是使指针偏转角大于满刻度的2/3以上才读取测量结果的原因。

3. 准确度等级的确定

以校验电压表的10V挡(直流)为例。若假定被校表 V_x 为2.0级,按规定要选用准确度比被校表高两级的表作为标准表,所以选用0.5级表 V_A 作为标准表。按图EF1.1所示接线。



图EF1.1 校验电压表的接线图

选取几个数据点来进行校验,记录数据并进行计算。