

电工基础实验

电子, 自仪专业

上海机械学院

1980. 3

目 录

前言	2
电工基础实验注意事项。实验报告写法。	3
实验一、 电工实验基础操作训练和欧姆定律。	5
实验二、 节点电流定律和回路电压定律。 直流电路的电位图。	10
实验三、 四迭加原理和等效发电机定理。	16
实验五、 线性电阻、 电感串联正弦电流电路。	21
实验六、 功率因数的改善。	31
实验七、 交流电路中的互感。	39
实验八、 三相电路的电压与电流的研究。	46
实验九、 线性电路过渡过程的研究。	54
实验十、 单相变压器实验。	63
实验十一、 恒定磁通磁路的研究。	71
实验十二、 铁磁谐振电路的研究。	78

前 言

科学实验是认识和改造自然的重要手段。

任何一门自然科学，都有自己的基本规律。例如，电学中的库仑定律、欧姆定律、基尔霍夫定律、电磁感应定律等。它们的正确性仅只能由实践来检验。

电工实验则是本课程理论联系实际的重要形式之一。通过实验要求大家较切实地受到基本操作和独立工作的训练，它是培养分析问题和解决问题能力的重要一环。其所希望达到的要求是多方面的：比如说，要求大家通过若干次实验以后，学会根据具体实践内容，能正确选择与使用常用电工仪表，如电压表、电流表、功率表、万用电表以及示波器等。对变阻器、分压器、调压变压器等调节设备，也能根据实验要求正确进行选择和使用。能正确联接和检查线路，了解有关安全用电措施，会编写报告并能处理简单故障和分析实验结果，作出必要的结论等。所有这些，对于从事电工技术工作来说，都是必要的基本功。当然，对于实际动手能力的培养，更主要的还要靠参加生产实践来解决，但通过参加科学实验以进行培训，无疑的，也不容忽视。所以为了适应将来工作需要，在学习时就应注意培养自己独立进行科学实验的能力，养成一个严肃认真、实事求是的科学实验态度和踏踏实实、一丝不苟的工作作风；准备认真、操作读表认真，写报告、对数据分析也认真。这样，我们就能做好实验，取得较大的收获。

对于以上所提各点，以及这本实验讲义有关具体内容的不妥或者错误之处，欢迎大家随时提出批评，以便改进。

电工基础实验注意事项

一、在实验前必须做好预习，阅读实验指导书。明确实验目的，熟悉实验内容及步骤，能回答预习问题，做到胸中有数。

二、来实验室做实验须根据该次实验的需要携带有关物品如记录纸、三角板、算尺等。

三、线路接好后，先自己检查一遍，再请教员复查一遍，确认无误以后才能接通电源。操作时应该注意操作规程，特别注意人身安全与设备仪器安全，切勿去触摸带电部分或带电换接线路。

四、不要去触动与自己实验无关的设备仪器。不要在实验室吸烟及高声喧哗。

五、遇有事故，切勿惊慌，可立即切断电源，并报教员处理。

六、实验完毕时，不要急于立即拆线路，数据应根据所学理论自行检查一遍，判断是否正确，然后交教员再检查一遍，若发现有错误，由于线路还没有拆散，就可立即补做纠正。最后才拆掉线路。

七、爱护公物，注意卫生，实验完毕后，需将仪器设备桌椅整理妥善。

八、实验报告在下次实验前交教员。

九、实验时全班分为若干小组，每组（2~3）人，选组长一人，负责组织准备、讨论等工作。

实验报告写法

实验报告最好每人写一份，报告应包括下述内容：

- 1、实验名称、班级、姓名、同组者姓名。
- 2、目的。（根据自己体会，参考指导书写）
- 3、线路图。
- 4、记录数据。

5、数据计算结果和曲线，作曲线时要用直尺和曲线板绘于座标纸上，要求光滑、明晰，座标纸上要标明横座标与纵座标所代表的物理量及单位，若数条曲线作于同一座标上，可在不同曲线上用形状点子加以标记。

6、实验结论：遵照毛主席关于“要把精力集中在培养分析问题和解决问题的能力上”的教导，对于实验中所观察到的物理现象，数据以及发现的问题加以分析和讨论，应当作为写实验报告的着重点；在此基础上，最后对所进行的实验作一简短的结论。

实验一、电工实验基本操作训练和欧姆定律

一、实验目的：

1. 熟悉滑杆电阻器的三种用法。
2. 学习电工实验接线的基本方法，练好基本功。
3. 验证线性直流电路的欧姆定律。

二、原理说明：

1. 滑杆电阻器的三种用途和使用说明：

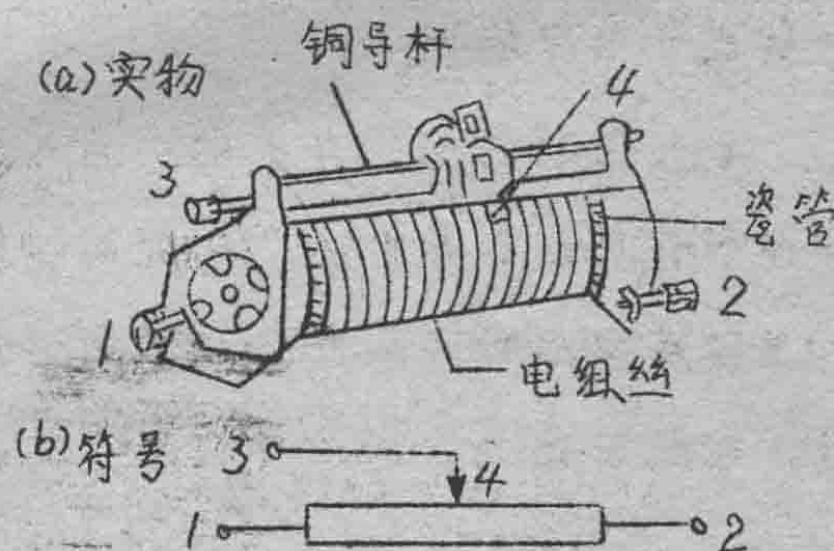
在电工实验中常常需要使用滑杆电阻器，它的基本构造图与表示符号如图(1-1)。电阻是由一种温度系数很小，而电阻系数较大的康铜丝绕在一瓷管上组成。所以阻值比较稳定，不随温度的变化而变化。其中1和2是电阻丝两端引出的固定接点。碳质滑动触头4与电阻丝接触，并通过铜导杆引至接点3；由于4的位置是可变的，故称滑动接点。

根据实验中不同的要求，一般有三种用法：

(1) 作固定电阻用(图1-2a)：使用时将1与2两个接点串入电路。

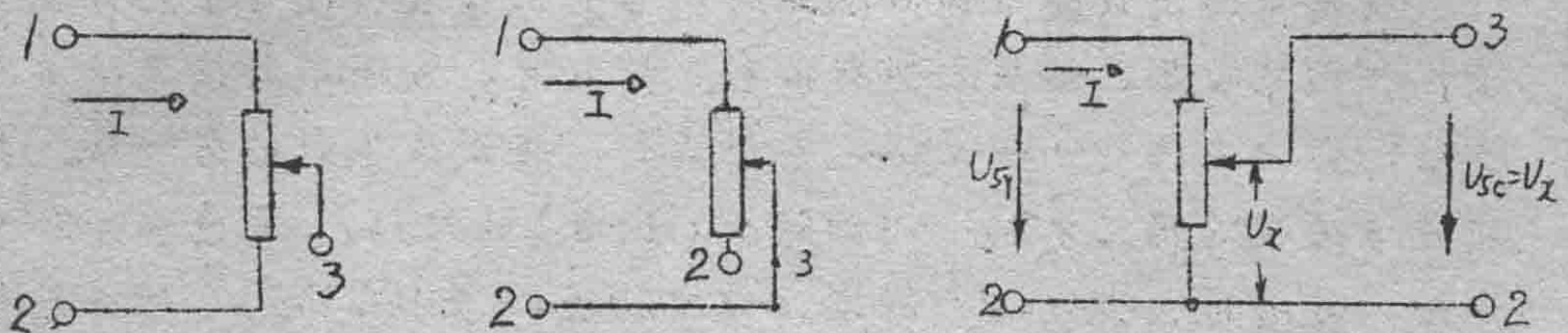
(2) 作可变电阻用(图1-2b)：使用时将1与3或2与3两个接点串入电路，并将电阻调到最大位置，使电路接通电源时电流为最小，以保证设备安全。实验时再根据实验要求调节电阻的数值。

(3) 作分压器(电位器)用(图1-2c)：使用时，将变阻器的两个固定端(1和2)接到电源，而负载电路则接在滑动端3及任一固定端(1或2)之间，这样，移动滑动端就可以改变其输出电



图(1-1)滑杆电阻器

压的大小，亦即端点3的电位改变了，其所以称为分压器（或者称为电位器），道理就在这里。



a), 作固定电阻 b), 作可变电阻用 c), 作分压器用
(一定要将 1, 2 两固定端点与电源并联)。

图 1-2 滑杆电阻器的三种用途说明

滑杆电阻器作分压器时应注意三点：

(1) 通过分压器的最大电流 I (图 1-2c) 不能超过滑杆电阻器的额定电流值(此值标在名牌上)。选择滑杆电阻器作为分压器的依据就在于此。例如若滑杆电阻器的电阻为 130 欧，额定电流为 1.5 安，而 $U = 1.5 \times 130 = 195$ 伏，也就是这个滑杆电阻器最高限度只能作 195 伏电源的分压器。除此以外，分压器的负载电阻(见后百图 1-5 中的 R_2) 不能太小，否则负载电流过大，仍然要烧坏分压器。

(2) 必须将滑杆电阻的两个固定端点 1 和 2 接到电源。这是使用滑杆电阻作分压器的关键问题。相反，如果将端点 2 和 3 接电源，那么当 U_x 调至到零，(参看图 1-2c 和图 1-1)，也就是将滑动触头 4 沿铜导杆移至末端与 3 重合时，即将电源短接而造成短路事故。并有可能烧坏滑杆电阻器(为什么?)。实践的经验表明，这样的事故甚多，所以对这点应当特别注意。

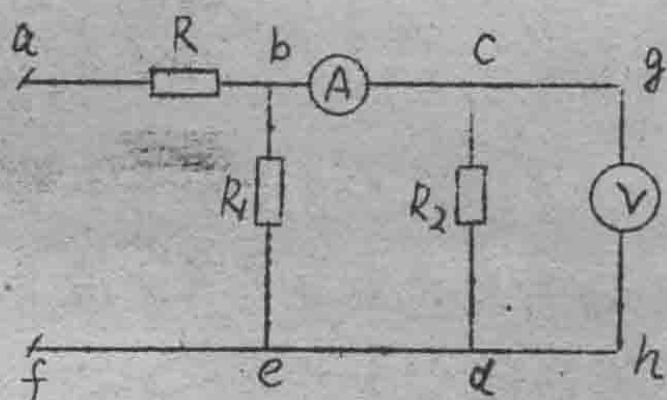
(3) 在电路合闸接入电源之前，应先调至滑动点使输出电压 U_x 为零。合闸后再逐步增加输出电压至所需的数值，这样做，比较安全稳妥。

2. 接线方法：

合理安排仪器位置，并正确联接电路使之有条不紊。不仅便于检查，避免错误，而且还在于培养认真严密的科学实验态度。

联接电路应按下述步骤进行：首先把仪表和设备布置得便于操作和读取数据，然后才进行接线。接线时，按照电路图先接第一支路；即由电源的一端开始，顺序进行，再回到电源的另一端。其次再接并联的第二支路。例如对图(1-3)的电路，可先联接 $a d e f$ 回路，其次再联接 $b c d e$ 回路；最后联接 $c g h d$ 回路。（即并入伏特表）。

象这样先接一个回路，确认无误以后再接入第二、第三、……回路，是保证正确而且迅速联接电路的有效方法。相反的，如果不按照电路的工作原理而是对照电路的几何图形，象填空白一样，东联



图(1-3)

一根、西联一根；尸毛胡子一把抓；联到最后，就连自己也无法肯定是否全部联接正确。显然，这样联接电路的方法是我们反对的。

遇到较复杂的电路时，可以把电路分成几个较简单的组成部份。先把各组成部份分别接好，再按顺序把这些组成部份联成最后的电路。还应指出联线时各个接头应足够紧密，联接线的长短粗细应选择适当，接线完毕后，必须仔细检查一两遍。

最后线路必须经指导教员复查认为无误后，方能接通电源。

三、接线练习及观察现象。

按图(1-4)练习接线。其中电压表联成活动的，也就是接两根测试棒（红棒接电压表“+”，黑棒接“-”）而不将它固定接入电路。这样，只要将测试棒与待测电压并联相碰，就可以量出该两端的电压也就是用一个电压表可量出各处电压。

为此，我们要求每个学员都要轮流接一遍，并要接得歪齐正确，接好后可互相检查，展开讨论，交流心得和经验；总结一套较好的

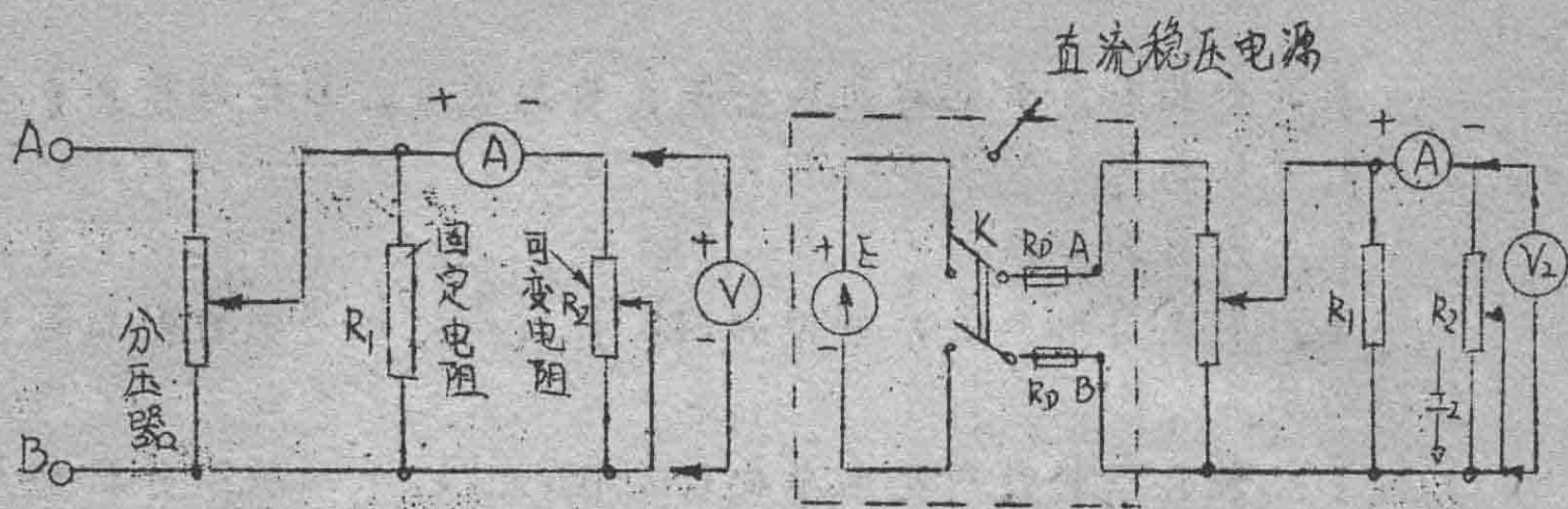


图 (1-4) 每人按此图练习联接一次，但不接电源

直流稳压电源

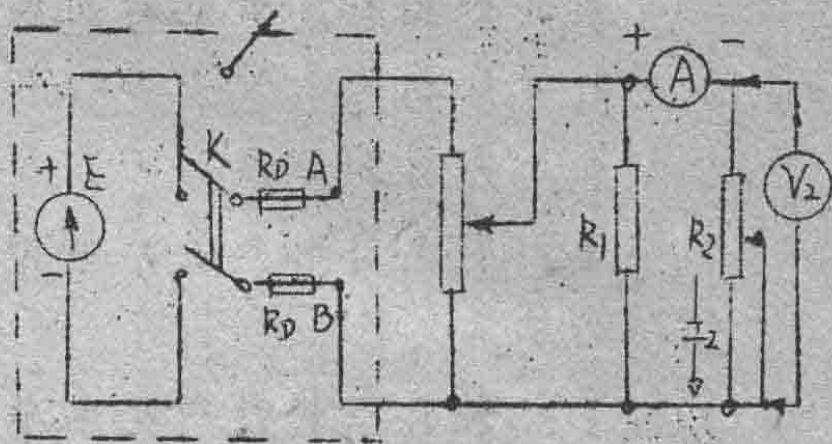


图 (1-5)

接线方法。这样做，将有助于今后实验工作的顺利进行。希望每位学员一开始就注意培养自己正确整齐迅速地联接电路的这一基本方法。

在每人将图 (1-4) 的电路都联过一遍且正确无误的基础上，经教员复查认可后，再将 A B 两端接至电源开关 K 的出线端 (如图 1-5) 调节分压器的输出电压为最小，并使电阻 R_2 为最大 (为什么?) 合上电源；然后逐步增加分压器输出电压，每改变一次均读取电压 U_2 与电流 I_2 的数值，记入下表(1)。可以发现，当电阻 R_2 一定，电压增加时电流随而增加；而电压与电流的比值不变。这就是欧姆定律所阐述的规律。

表 一

测量顺序 项目	电压 U_2 (伏)	电流 I_2 (安)	计算结果 $R_2 = \frac{U_2}{I_2}$ (欧)
1			
2			
3			

注：这次实验时采用稳压直流电源，它本身带有开关 K；所以我们就不要再加开关了。

实验完毕后，务必将电路拆除，仪器设备，导线等摆整齐，然后才离开实验室。

四、预习问题：

1. 什么是电阻的串联和并联？什么是电阻的混联？试画电路图说明之。

2. 什么是线性电阻与非线性电阻？试各举一例。并说明为什么欧姆定律只适用于线性元件而不适用于非线性元件？

3. 为什么将滑杆电阻器当作分压器使用时，电源务必自两固定接线端（见图 1-2-c 的 1, 2）接入，而绝对不能接在 1, 3 及 3, 2（活动点）两端？如果接错了，将会产生什么恶果？

4. 某人做实验时须一电压为可变的直流电源，但现有条件是一 300 伏固定不变的电源；为此，他领到一只阻值为 130 欧，额定电流为 1.5 安的滑杆电阻，想用它作为分压器。试问行不行？如果说行，为什么？不行，又为什么？

5. 我们知边，电流表与待测电流串联，而电压表与待测电压并联。如果有人将电流表与电路并联，将会产生什么恶果？又如果有人将电压表串入电路，其结果如何？

五、本实验使用仪表及设备

1. 直流电源（蓄电池或晶体管直流稳压电源）一个。输入；交流 220 伏，输出直流 6 伏或 3 伏。额定电流 200 毫安。

2. 滑杆电阻器一个。总电阻 $r = 130$ 欧额定电流 $I_e = 1.5$ 安

3. 十进电阻箱两个。

4. 直流电压表一个（0-7.5-15-30）伏。

5. 直流毫安表一个（0-50-100）毫安。

6. 测试棒一付。

7. 晶体二极管一只。

实验二、节点电流定律和回路电压定律。

直流电路的电位图。

一、实验目的：

1. 通过实验测量直流电路各点的电位，作出其电位图，加深对电位的单值性和相对性以及电压的绝对性的理解。并验证回路电压定律（基尔霍夫第二定律）。

2. 验证电位与电压之间的关系。

3. 通过测量电路中流向某节点和流出同一节点的电流，验证节点电流定律（基尔霍夫第一定律）。

二、原理及说明：

了解直流电路图中各点电位分布的情况，对我们来说是非常重要的。首先，它是分析计算电路最基本的概念之一。此外，以后在分析晶体管电路（例如导通与截止）时，也经常需要用到电位的概念。

1. 为了形象地描述直流电路中各点电位分布的情况，我们可以通过实验测得（或者根据已知电势与电阻的数值进行计算得出）电路各点电位的大小，并据此作出电路的电位图。（见图 2-1 及 2-2）。

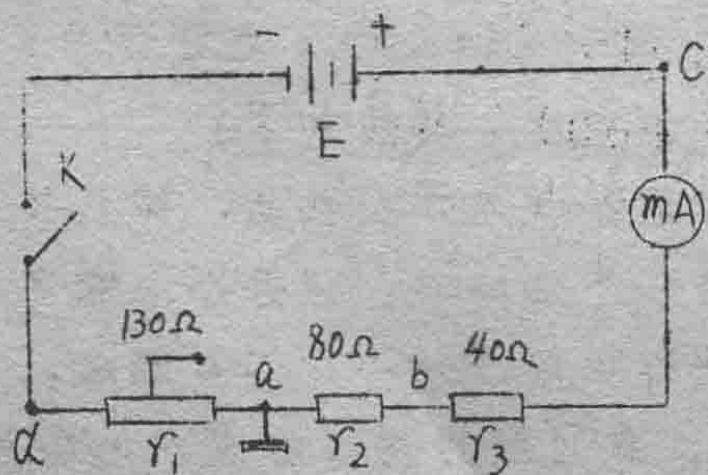


图 (2-1)

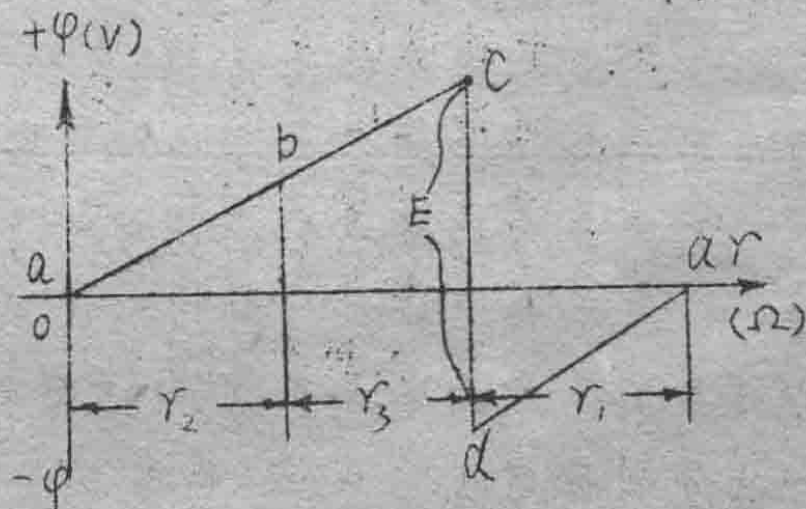


图 (2-2) 左边直流电路的电位图

其作法是这样的：在平直坐标上，横轴表示电阻，按比例尺顺序作出各电阻元件电阻的大小。（如电源内阻很少，可忽略不计，例如本实验所用晶体管直流稳压电源，其内阻相对于电路其它的电阻就是很小的，约0.6欧）而纵轴表示电位，按比例尺作出各对应点电位的高低；顺序联接各点电位所得的折线，就表示沿着该电位变化的规律（电位图）。

2. 电位的单值性和相对性以及电压的绝对性：电路中电位参考点（即电位为零之点）一经选定，各点电位就只有一个固定的数值，这就是电位的单值性。如果把已给定的电路中某点（例如参考点——见图2-3）的电位升高某一数值，则此电路中其它各点的电位也相应地升高同一数值。这就是电位的相对性。至于任意两点间的电压仍然不变，与参考点的选择无关；这就是电压的绝对性。

3. 在某些电路中，可能存在电位相等之点——等位点。将等位点间用导线联接，由于没有电位差，所以导线中电流为零，对全个电路不产生任何影响。

4. 从图（2-2）所示的电位图还可看出：从图（2-1）电路的某点（例如a点）出发，循行一周，回至原处（a点）；电位的升高等于电位的降低（ $\sum E = \sum I r$ ）；亦即该点（a点）的电位没有变化。这一事实也就是用图解法很好地说明了回路电压定律的正确性。

三、实验步骤：

1. 联接电路如图2-1所示，（ E, r_1, r_2, r_3 之数值参看后面设备一节），测量电路abcd各点的电位，其法如下：

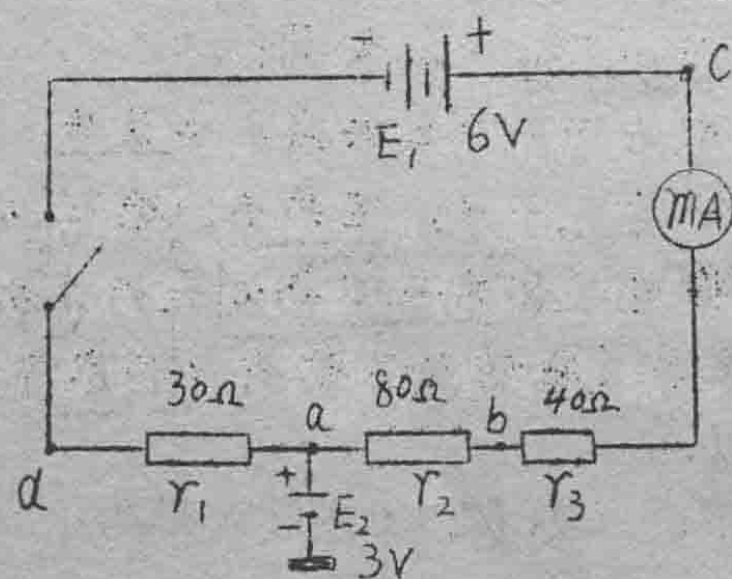
选a点为参考点（接地符号上表示参考点或公共点，即认定 $\varphi_a = 0$ ，而每次测量时均将电压表“—”端接a，但并不意味着a点要与实际的大地相联），通过测试表将电压表的一端与a相联，另一端分别与电路的b, c, d各点接通；就可测得对参考点a的各电位 $\varphi_b, \varphi_c, \varphi_d$ ，记入表1-1中。

表 2-1

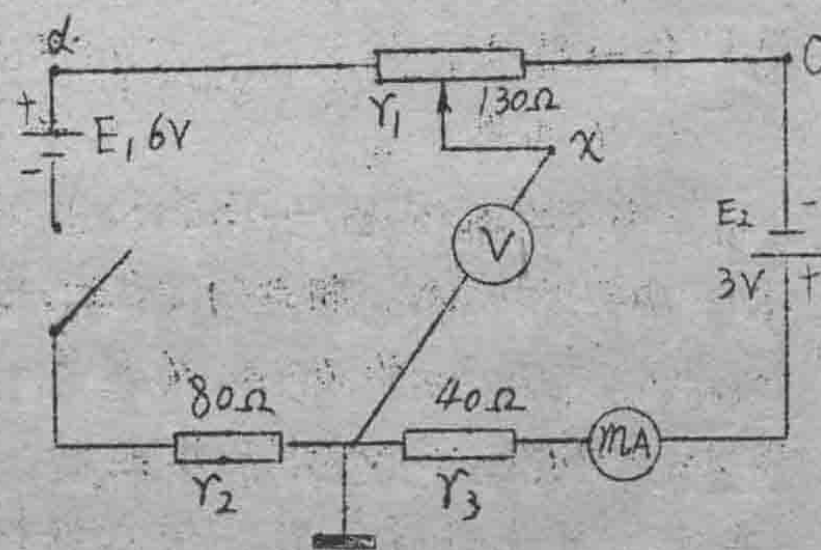
测量 顺序 项目	测 量 结 果						备 注
	φ_a (伏)	φ_b (伏)	φ_c (伏)	φ_d (伏)	φ_e (伏)	I (毫安)	
I							所测各点电位一定要标明 (+) 或 (-)
II							
III							
IV							

注意：测量时如果将电压表之(-)端与参考点 a 相接，则所测得各点的电位为正；反之，若将电压表之(+)端与参考点相接，则所测得各点的电位就为负。记录时，应当标明所测电位之正负。

2. 在图(2-1)之 a 点接入电动势 $E_2 = 3$ 伏得图(2-3)。选0(不是 a)为参考点，(即每次测量均将电压表的“-”端接图(2-3)的0点)，再测得 a, b, c, d 各点之电位，记入表中；再看 $\varphi_a, \varphi_b, \varphi_c, \varphi_d$ 各个电位是否比前次同样地升高了3伏：



图(2-3)



图(2-4)

从而证实电位的相对性。与此同时，算出 a b 二点间的电压，又看比前次有无变化，从而证实电压的绝对性。

3. 联接图 (2-4) 的电路，取 $E_1 = 6$ 伏； $E_2 = 3$ 伏，各电阻值与上页相同。预习时，通过计算以分析此电路是否存在与 a 点的等电位点，并大略估计该点之位置，然后用电压表找出此等电位点 x 。（调节 r 的滑动点，观又电压表指零时，则 x 点即为 a 点的等位点）。

最后，用一根导线代表电压表，联于 x a 两点之间，此时毫安表的读数应当和没有联这根导线时完全一样。用电压表再测量各点电位 φ_a 、 φ_b 、 φ_c 、 φ_d ，记入表 2-1 中。

4. 联接图 (2-5) 的电路，先取 $E = 6V$ ， $R_1 = 30\Omega$ ， $R_2 = 40\Omega$ ， $R_3 = 100\Omega$ 。每一支路串入一只电流插口，并将电流插头的两根引出线接于电流表，当欲测量某支路的电流时，可将电流插头插入该支路电流插口中，于是电流表就串入该电路（见附注）。利用这种设备就可以用一只电流表对各支路的电流进行测量。而无要几只电流表。

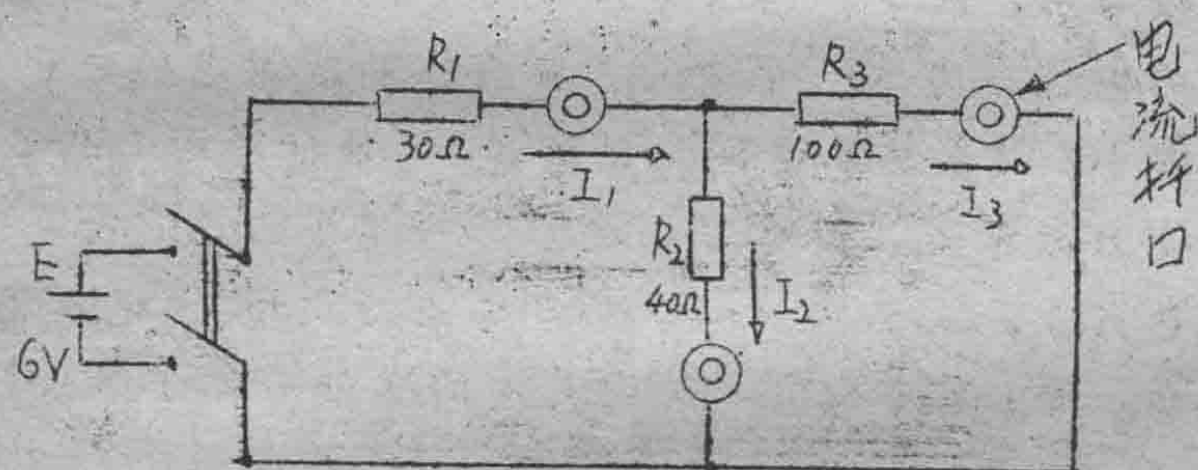


图 (2-5) 验证基尔霍夫第一定律

在测量时应当一只手按牢电流插口，一只手将电流插头插入。由于直流电流表只有当电流向电表“+”极一端流入时，指针才向右偏转；所以在测量可先将插头轻轻插入试探一下。

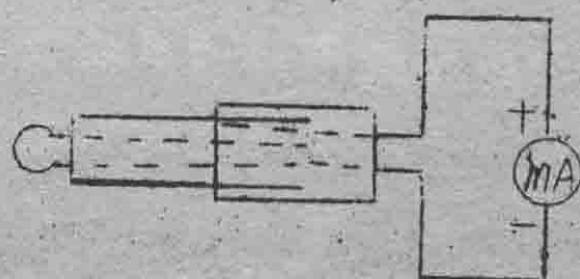


图 (2-6) 电流插头

如发现电流表指针反偏，应立即拔出插头，然后将电流表的两根接线对换后再进行测量。根据测得的数据，立即验算 $(I_2 + I_3)$ 是否等于 I_1 ，从而验证基尔霍夫第一定律。

四、使用仪表及设备：

1. 直流电源（晶体管直流稳压电源）二个。输入：交流200伏，输出直流3伏或6伏。（ $E_1 = 6$ 伏； $E_2 = 3$ 伏），额定电流 $I_e = 200$ 毫安。

2. 十进电阻箱二个。 $r_2 = 80$ 欧， $r_3 = 40$ 欧。

3. 滑杆电阻器一个。 $r_1 = 130$ 欧， $I_e = 1.5$ 安。

4. 直流电压表一个。（0-7.5-15-30）伏。

5. 直流毫安表一个。（0-50-100）毫安。

6. 单刀开关一个。

五、报告要求：

1. 根据实验结果，作出图（2-1）、（2-3）和（2-4）三个电路的电位图。

2. 结合本实验的三个目的，从实验结果和所作电位图，作出简明的讨论和结论。

六、预习问题：

1. 什么是电路的电位图？怎样作直流电路的电位图？它能说明那些问题？

在图1-7之电路中，若考虑电源的内阻（设为 r_{01} ）那么其电位图是否还与图（2-2）相同？如果不同，又该怎样画？

2. 何谓电位的单值性和相对性？何谓电压的绝对性？图2-1中之电压 U_{ab} 是否和图2-3之中 U_{ab} 相等？（设两个回路中的电动势相同，不同的是图2-3中的 a 点接入了一个 $E_2 = 3$ 伏的电动势）。

3. 怎样通过实验方法找到电路中的等电位点？

4. 根据图2-4中各电阻 $r_1 (=130$ 欧)； $r_2 (=80$ 欧)； $r_3 (=40$ 欧)及电动势 $E_1 = 6$ 伏； $E_2 = 3$ 伏的大小（其内阻 r_{01} 及 r_{02} 忽略不计），在预习时算出各点电位 $\varphi_a, \varphi_b, \varphi_c, \varphi_d$ ，并

指出有无与 a 点等电位之点，以备实验中验证。

5. 什么是电路的节点电流定律和回路电压定律？

6. 当我们在实验中需要测量三个支路的电流，而手头仅有一只电流表时，可以借助于电流插口与插头解决问题，那么插口与插头的作用原理又是怎样的？为什么将一只与电流表相连的插头插入联接在某支路的插口，就马上可以量出该支路电流呢？你能结合其原理图和实物加以说明吗？

附注：电流插口、插头（即收音机所用的耳机插头）的作用原理。

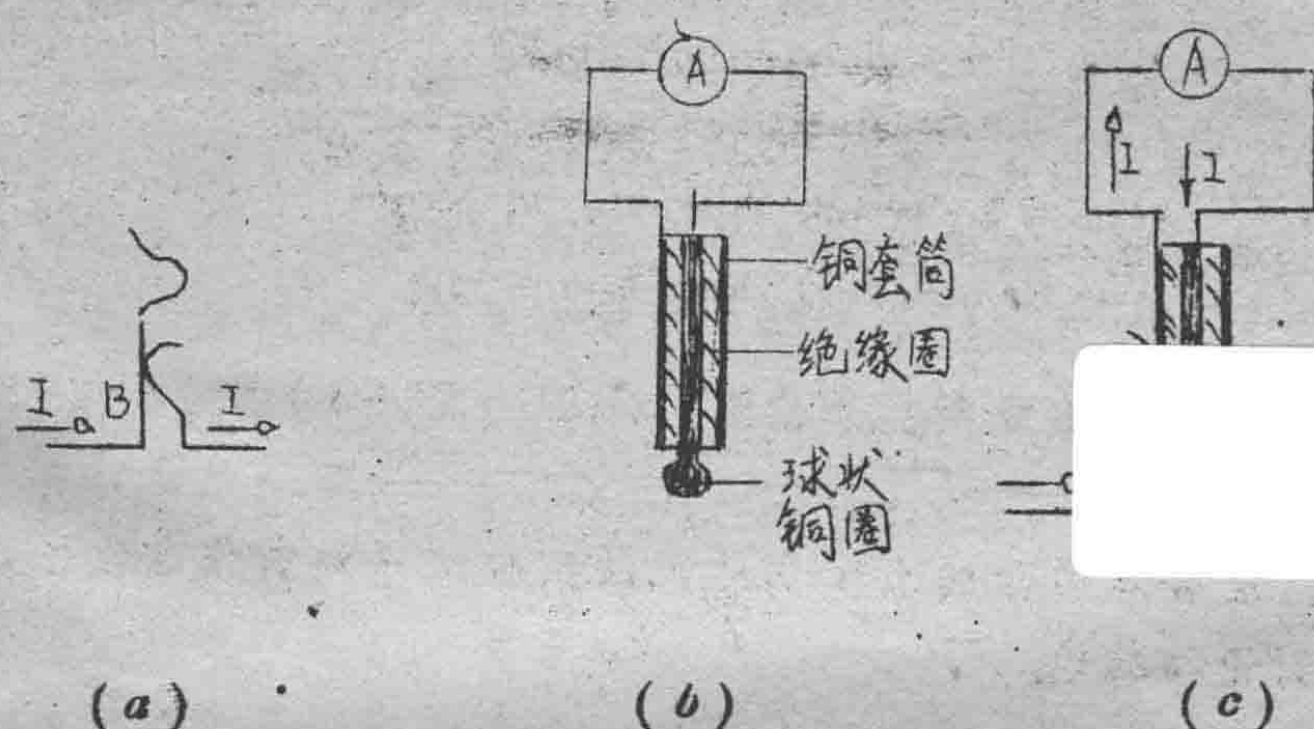


图 (2-7) 电流插头与插座的工作原理

1. 不测电流时，电路经电流插口中弹簧触点 B 接通，如图 (2-7-a) 所示。

2. 电流插头尖部依次序有球状铜圈，绝缘圈，铜套圈，三部份。球状铜圈与铜套分别由两根导线引出，接到电流表如图 (2-7-b)。

3. 测量电流时，将电流插头插入插口，于是电路经触点 A → 电流表 → 触头而接通，即电流表串入电路如图 (2-7-c)。

实验三、四、迭加原理及等效电压源定理

一、实验目的：

1. 通过实验验证线性电路中的迭加原理。
2. 通过实验验证线性电路中的等效电压源定理（又称戴维南定理）。并测定其等效电动势及等效内阻。

二、迭加原理实验：

1. 原理与说明：几个电动势在某线性电路中共同作用时，它们在电路中任一支路所产生的电流或任意两点间所产生的电压降，等于这些电动势分别单独作用时在该部分所产生的电流或电压的代数和。这一结论称为线性电路的迭加原理。

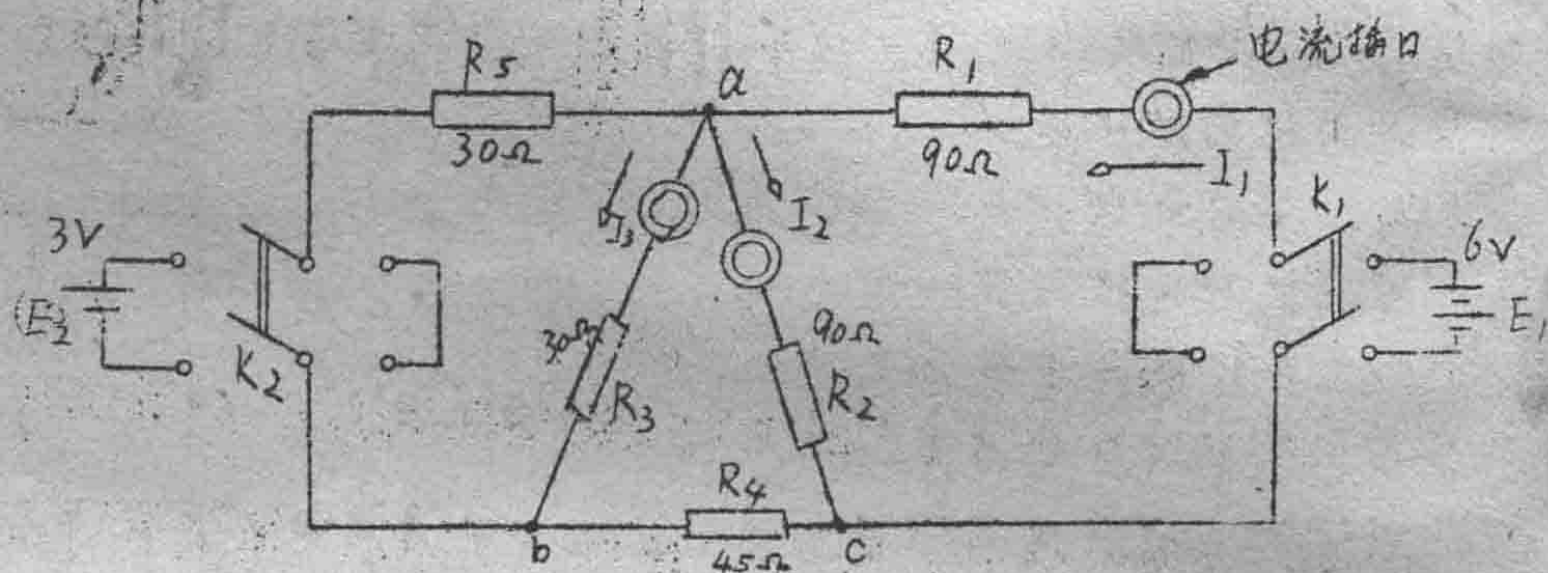


图 (3-1)

本实验采用图 (3-1) 所示电路来验证这一原理，电路中电动势及电阻数值如下：

$E_1 = 6$ 伏； $E_2 = 3$ 伏； $R_1 = 90$ 欧； $R_2 = 90$ 欧； $R_3 = 30$ 欧； $R_4 = 45$ 欧； $R_5 = 30$ 欧。当 E_1 单独作用时， E_2 需要从电路中去掉，而仅保留其内阻；这可将双刀双掷开关 K_2 投向短接一边来实现。但是应当注意，这样作的结果，电源 E_2 的内阻也被略掉了，只有当电源 E_2 的内阻较电路中其他电阻小得多的情况下，这样做