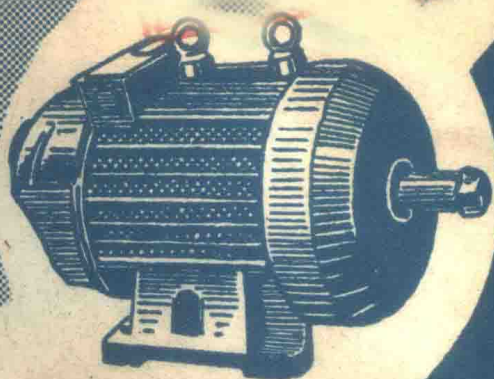




电工实习指南

苏联 A.Φ.美姆鲁克 合著
Л.С.斯里亚平托赫

科学普及出版社

电工实习指南

A.Φ.美姆魯克
Л.С.斯里亞平特赫 合著
罗 承 德 譯

科学普及出版社

1959年·北京

本書提要

本書是电工理論和实际应用相結合的一本手冊性讀物。

書的內容分四部分，共有二十几个电工實驗，其中包括电气安装、电工測量和电工仪表、电机、变压器、汽車的电气設備、磁起动器、半导体整流器和电子管整流器、三極管以及電話机等。

本書的优点是，內容丰富、文字通俗、插圖形象，是初級电工技術人員和电气安装工人的一本优秀参考書，同时也可作为中学高年級学生了解电工生产知識的課外讀物。

总号: 1195

电工實習指南

Руководство к практикуму по
электротехнике

原 著 者: А.Ф.Мемрук и Л.С.Шляпингох

原出版者: УЧПЕДГИЗ, 1957年

譯 者: 罗 承 德

出版者: 科 学 普 及 出 版 社

(北京市西直門外郝家灣)

北京市書刊出版業營業許可証出字第091號

發 行 者: 新 華 書 店

印 刷 者: 北 京 五 三 五 工 廠

开本: 787×1092 1/32 印張: 5 1/2

1959年2月第 1 版 字數: 85,000

1959年2月第 1 次印刷 印數: 31,050

統一書号: 15051·188

定价: (7) 5 角 2 分

目 次

一、安全技术和电气安装实验

进行电工实验的一般指示	1
操作中的安全技术	2
实验一 电气安装实验	3

二、电工测量仪表实验

实验二 电磁式测量仪表结构的研究和检查	8
实验三 了解欧姆计和万用电表的构造、电阻的测量	18
实验四 瓦特计的研究和功率的测量	27
实验五 熟悉电度表的构造、它在电路中的接法和检查	32

三、汽车电气设备、电机和变压器实验

实验六 汽车喇叭的研究和接法	41
实验七 汽车照明	43
实验八 汽车用直流发电机的研究和检修	48
实验九 直流电机的构造、启动、转速改变、逆转	60
实验十 三相三线制和三相四线制系统。电灯泡的星形 和三角形接法。相电流和相电压的测量	76
实验十一 三相异步电动机的构造、启动方法、逆转	90
实验十二 异步电动机的功率和效率。电网功率因数 $\cos \varphi$ 的改善	99

四、关于“工业中电能的利用”的实验

实验十三 变压器的研究和它的接法	110
实验十四 熟悉磁启动器	117
实验十五 半导体整流器的研究和桥式整流电路的装置	121
实验十六 电子管和它的特性的绘制	133
实验十七 电子管整流器线路的装置	142
实验十八 放大器线路的装置和它工作的检查	146
实验十九 音频电子管发生器线路的装置	153
实验二十 电子继电器的研究和它的接法	159
实验二十一 磁石式(MB)电话机的研究和它的接法	165

一、安全技术和电气安装实验

进行电工实验的一般指示

在作实验以前，必須事先作好实验的准备工作，如：

了解将要作的实验内容和明确实验的目的；

复习跟实验有关的理论资料；

拟订进行实验的计划；

熟悉实验所用的仪器，并记录下它们的基本技术数据；

设计仪表在实验地点的布置图。但设计时必须注意到：

1) 测量仪表和调节装置的位置应选得适当，以免在使用（读数 and 调节）时，需多余的走动和观察起来不方便。

2) 电动式和电磁式仪表不应放在有外磁场作用的范围内（如靠近发电机、电动机），以免影响仪表读数的准确度。

联接串联电路时，建议大家使用同一种（大截面）和颜色相同的电线。并联可用小截面和其他颜色的导线。

安置线路时，建议先联主电路（串联电路），然后再接并联电路。

装接电路最好由电源一端开始，而在电源另一端结束。

检查线路时，应先检查主电路，然后检查并联电路。

检查可变电阻器的滑动触点是否良好，并将测量仪表的指针校准在刻度盘的零点上。

自己检查过的电路必须请实验指导者复查，而且只有在完成了这个程序后，才能将仪器接上电源。

在电路上加电压时，必须注视电路仪表指针的动作，而

不要看着刀閘；当仪表的指針發生急剧碰撞时，应馬上将电源切断。

在进行讀数时，应将讀数記錄在紙上，不要只靠記憶。

拆除綫路时，須事先得到实验指导者的同意，且預先应将电源切断。

操作中的安全技术

每个电气設備的使用者，都应该特別清楚电流的危險性。因此决不要与电压高于 20 伏的电路和設備的裸导綫接触。

装接电路或消除电路內的故障时，照規定必須先将电路从电源上切断。所有不屬於电路而可能接触到的金屬部分，由于处在电路的附近及可能跟电路接触，都应將它們接地。

已接地的低压零綫，可用来作为將上述金屬部分接地用的接地綫。

接地極埋入地下的深度是以接地極能处在潮湿的土壤內为原則。接地裝置應該用具有足够大截面的銅或鉄条做成。

当發生触电时，在輕微的情况下可以使触电者失去知覺达几秒鐘，严重时便会喪失生命。

發現触电情况，应馬上对触电者进行救护，动作迟鈍就可能造成触电者的死亡。救护触电者的首要任务，就是迅速將他从电綫上拉开，并對他进行正确的急救。

必須指出，在带电的情况下，决不允許不应用有絕緣保护的工貝，而直接用手去將触电者从电綫上拉开。

这时必須很快地將設備的电源切断，假若这样作不行的話，可以使用手柄絕緣了的工貝（木把斧、柄上包有一層厚紙或棉布的刀子）把电綫單根地切断，使触电者脱离电源。

或者使用干木棒將电綫从触电者身上撥开，但挑撥电綫

的人應該站在木板上。

如果触电者身上的衣服是干的，可以抓住衣服将他从带电部分上拉开^①。触电者脱离电源后，必須保持十分安靜，这时应将他身上的皮带和衣服解松，使周圍的空气保持流通，用沾有氨母尼亞的棉花团給他聞。同时按摩及用細軟的毛毯蓋好身体。

假若触电的人已无法自己維持呼吸，应立即施行人工呼吸。

民間有一种傳說，認為应把触电或遭雷击的人局部地埋入土內。这样作是不对的，这种办法仅能引起更严重的后果。

在所有發生触电的場合，都应立即去請医生。

实验一 电气安装实验

發电机發出的电流，經导綫傳送給电器。

电源、电器和联接的导綫就构成了电路。

当利用导綫将电器接入电網时，必須遵照一定的規則。在人可能跟通有电流的导綫相接触的地方，导綫应有可靠的

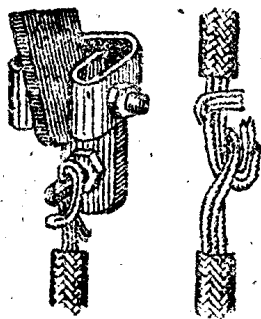


圖 1 电接的不牢靠联接

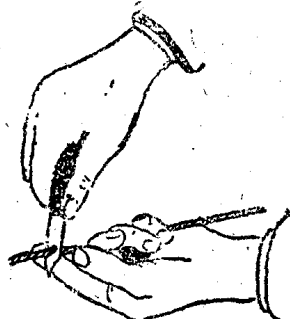


圖 2 电綫削皮

① 只有在对地电压不超过 250 伏的情况下，才允許这样作——譯者。

絕緣。由發电机不同電極引出的導線，彼此間不應該联接在一起，否則就會造成短路。短路是電路的事務狀態。

从物理課本上大家都知道，联接儀器和將儀器接入電網所用的導線，都應該合乎一定的技術标准。例如，內部布線用的導線所產生的電壓降，在照明電路內不應超過 2%，在

動力網路內不得大於 4%。

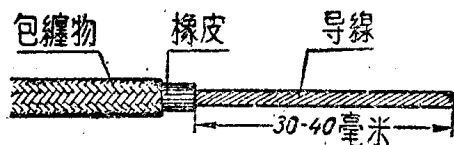
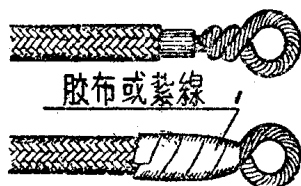
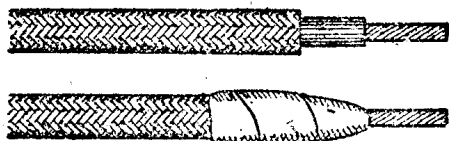


圖 3



甲



乙

圖4 甲—環狀電線端的制作方法
乙—無環狀電線端的制作方法

或無環（圖 4 乙）的形狀。

照明附件的安裝

實驗所需器具

1. 雙極插頭；
2. 插座；

在電氣安裝的實際操作中，無論是安裝儀器或將導線接長，應特別注意联接點的質量（牢固性）。若接線接得不牢靠，就會出現電線燒斷的現象（圖 1）。

跟儀器相接的電線，联接端的外皮必須削去（圖 2）（圖 3），并根據與儀器和電器联接時的固定方法，將其联接端制作成有環（圖 4 甲）

3. 开关;
4. 装灯泡的灯口;
5. 軟电綫1—1.5公尺;
6. 絕緣膠布;
7. 削电綫皮用的小刀、鉗子。

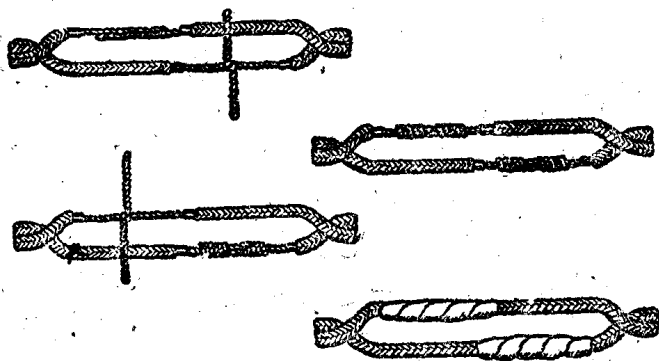


圖 5 电綫的联接

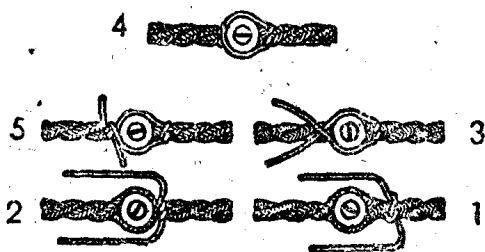


圖 6 軟电綫在絕緣子上的綁扎法

实验步骤 (圖 7)

1. 領会使用胶布或細綫在照明綫端制作圓环的方法 (圖3圖4);
2. 將軟电綫剪下0.3公尺長的一段, 利用胶布在其端部扎制安装插头1和插座2的圓环;

3. 装上插头 1 和插座 2；
4. 将余下的 0.7 公尺長的电綫照圖样編絞好；
5. 利用扎綫在电綫端扎制接插头 3、开关 4 和灯口 5 的圓环；
6. 装上插头 3、开关 4 和灯口 5；
7. 将灯泡擰入灯口 5 內；
8. 請实验指导者檢查所作的实验及取得接通电源的允許；
9. 将插头 1 插在电源插座上，插头 3 插入插座 2 內，檢查电路工作的情况。

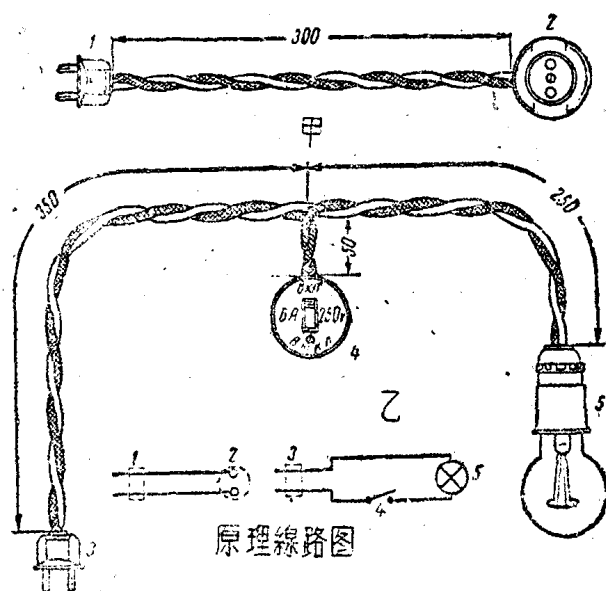


圖 8 照明设备的安裝

按照有三根电綫擰在一起的电路（圖 8），安裝軟电綫。

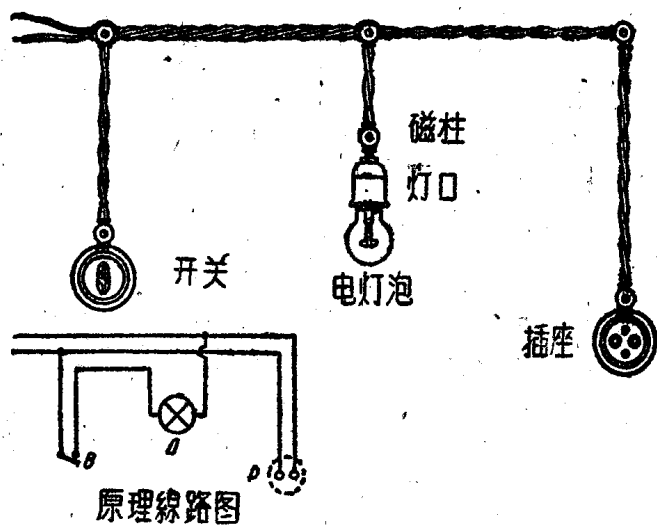


圖 8 三根電綫擰在一起的軟電綫

二、电工測量仪表实验

实验二 电磁式測量仪表結構的研究和檢查

由于測量的結果，我們所得到的讀數，其值等于被測量的大小和所用單位的大小之比。

所有电工測量仪表，按其被測量的种类可分为：伏特計、安培計、瓦特計、电度表、电气溫度計和电动式油量表等等；按其作用原理（构造型式）可分为电磁式、磁电式、感应式、电动式、整流式等等；按其測量的电流种类分为：直流仪表和交流仪表，即測量直流和交流用的仪表；按其准确度可分成五个等級：0.2級、0.5級、1級、1.5和2.5級。因此絕對准确的仪表是沒有的，所以在进行电气測量时，由于仪表不够准确，測量所得的結果与实际值之間就会有一定的差別。

測量所得的值与实际值間的差数称为仪表的絕對誤差。表示仪表准确等級的数字，系表示仪表在最大讀数时，最大誤差的百分值 γ 。換句話說，它表示仪表的額定誤差。

假定我們有一个能測量电流 $I=100$ 安的安培計，它的准确度等于1.5，由此就可知道，在測量的电流 $I=100$ 安时，仪表容許有 $\pm 1.5\%$ 的相对誤差，即1.5 安。

測量誤差 γ 可用下面的公式求得：

$$\gamma = \pm \gamma_{\text{相对誤差}} \cdot \frac{I_{\text{測出讀数}}}{I_{\text{最大讀数}}}$$

現在假定我們用一个測量范围为100 安，准确度1.5級的安培計来測量电流，測得电流 $I=25$ 安，那我們就可計算出这时的測量誤差为：

$$\gamma = \pm \gamma_{\text{相对误差}} = \pm 1.5\% \frac{I_{\text{测出数值}}}{I_{\text{最大数值}}} = \pm 1.5\% \frac{25}{100} = 0.735 \text{ 安。}$$

每个电工测量仪的刻度盘上，都通过假定的符号载出仪表的基本数据。电工仪表刻度盘上所载的主要符号都列在后面的表内。懂得了这些符号，就可以根据仪表的刻度盘，绘出它的特性。

例如刻度盘如图 9 所示的仪表，就具有以下特性：电磁式安培计，是测量交流电用的，测量范围为 0—10 安，每一刻度（它的数值）相当于 2 安；测量时应垂直放置，仪表绝缘经过 2 千伏的电压实验；仪表是 1956 年出品；工厂批号为 19411946；准确度为 2.5 级。

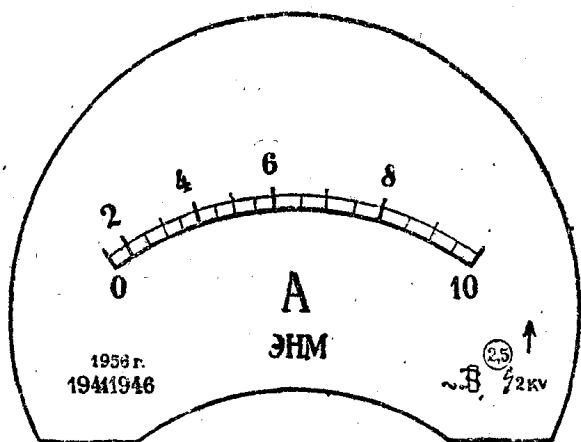


图 9 电磁式仪表的刻度盘

下面我们来研究电工测量仪表的构造。

电磁式仪表(图10) 电磁式仪表的固定部份是由绝缘铜线绕成的线圈 1 所构成。仪表的转动部份是固定在轴承 3 内

的軸2。軸上裝有鐵片4、指針5和阻尼器的弓形元件6。螺旋形反作用彈簧7的一端被固定在校正器8上，而另一端與指針聯在一起。在校正器的切口中，安有一個偏心螺絲釘。當電流通過電磁式儀表的線圈時，就有磁場產生，這時鐵片就會被吸進線圈的狹縫中去。

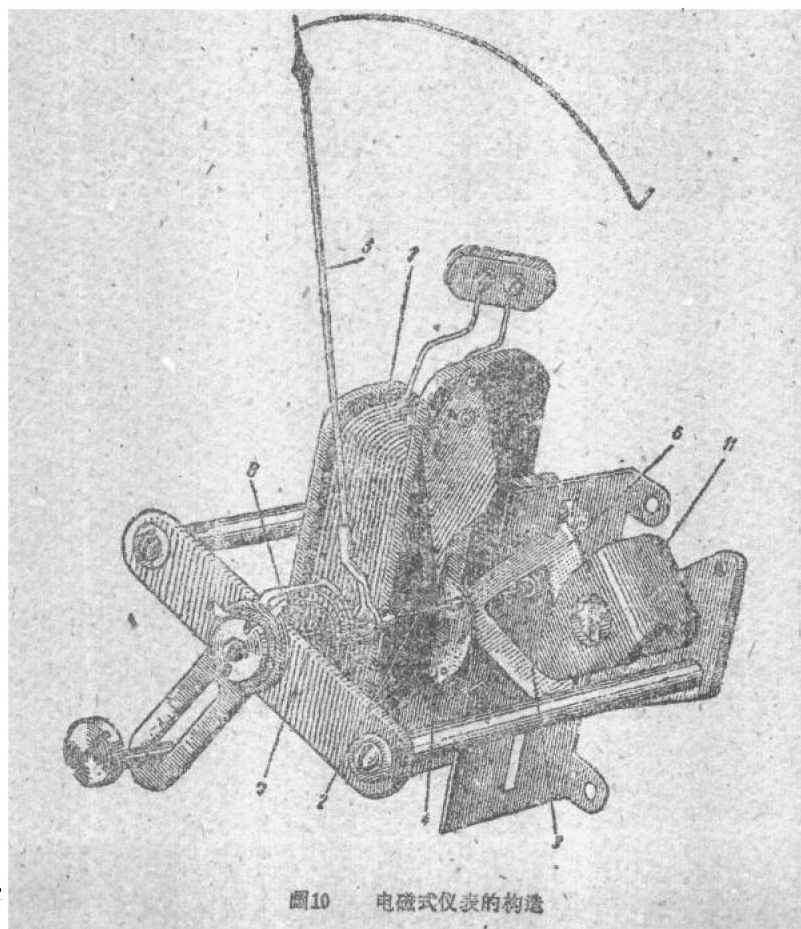


圖10 電磁式儀表的構造

铁片吸进到线圈去的深浅程度，取决于仪表电磁线圈内所通过电流值的大小。这时由于铁片被吸入，使得轴上的指针也随着偏转一个角度，因此在仪表的刻度盘上，就指示出被测量的数值。当切断电源后，在螺旋弹簧的作用下，指针仍回到起始点上。这种结构的仪表，无论电磁线圈内通过的是直流或是交流，铁片都可以被吸进线圈中去。因为在这两种情况下，都会产生作用在铁片上的磁场。因此这种电表无论用在直流电路或交流电路中进行测量都适宜。校正器是用来将仪表的指针校准在零点上的。当转动偏心螺丝钉9时，就带动下面的臂8，而使臂偏转。

移动着的校正器上臂牵引着螺旋形弹簧，通过弹簧的另一端带动轴随同指针一同偏转。这样一来，转动偏心螺丝钉就使指针移动，因此利用偏心螺丝钉就可以很准确地使指针停在零点上。为了阻尼指针很快地停留在偏转的最终位置，仪表拥有一个磁(或空气)阻尼器。磁阻尼器的作用原理，主要是利用感应阻尼器弓形元件上的涡流。

电磁式仪表无论用作安培计或伏特计都可以。安培计的线圈是用粗铜线绕成的，有很少的圈数——电阻很小。伏特计的线圈用细铜丝绕成，圈数很多——电阻很大。电磁式仪表的优点是：构造简单，价格便宜，用在交流电路和直流电路中都能进行测量。但这种仪表有下列缺点：准确度不高，刻度不均匀，读数易受外磁场的影响。

电流的测量 进行电气测量时，最重要的是，使接入电路的测量仪表尽可能少地改变该电路原有的电状态。因此为了很准确地测量出电流的数值，安培计应具有比所接入的电路的电阻值小得多的电阻。这可以证明如下，设有一个由电压 $U = 10$ 伏的蓄电池和一个电阻 $r = 20$ 欧的电器所接成的电

路。按照欧姆定律，这电路内的电流为 $I = \frac{U}{r} = \frac{10}{20}$

$= 0.5$ 安。接在这电路内的安培计就应将这电流值测量出来。

我们假定安培计的电阻 $r_A = 30$ 欧。在这种情况下，当将安培

计接入电路后，电路的电流值 $I = \frac{U}{r + r_A} = \frac{10}{20 + 30} = 0.2$ 安。

因此，接入安培计以后就破坏了电路原有的状态，所测得通过电器的电流值将有 0.3 安的误差。

由上面的例子可以得出结论，使用电阻极小的安培计，才能准确地测定出电路内电流的数值。

在未接上负载时，决不允许直接将安培计接在电源的两极上。因为安培计线圈的电阻很小，直接接在电源上，线圈内就会有很大电流通过，而将安培计烧毁。

根据同样的理由，决不允许将安培计并联在负载的两端。

电压的测量 接入伏特计与接入安培计时不同，不需要将电路切断。

由于伏特计是并接在一段电路的两端，伏特计的电阻值就应该尽量大。电阻愈大，测量电压时的误差就愈小。这句话的正确性可以通过下面的例子来证明，设电路内串有一电压 $U = 12$ 伏的电源和 $r_1 = 40$ 欧， $r_2 = 20$ 欧的两个负载。电路的总电阻（电源内部的电阻忽略不计）等于 $r_1 + r_2 = 40 + 20$

$= 60$ 欧，根据欧姆定律，电路内的电流 $I = \frac{U}{r} = \frac{12}{60}$

$= 0.2$ 安。

相应于第一段电阻 r_1 两端的电压值，按下式来确定 $U_1 = I \cdot r_1 = 0.2 \cdot 40 = 8$ 伏，而第二段电阻 r_2 两端的电压 $U_2 = I \cdot r_2$

$$=0.2 \cdot 20 = 4 \text{ 伏。}$$

現在用一个伏特計并接在电阻的两端来测量它的电压值。假定电表电阻 $r_B = 10$ 欧。当接上伏特計以后，如接在电阻 r_1 的两端，我們就減小了电路的总电阻值，这时总

$$\text{电阻的大小按下式确定： } r_{\text{总}} = \frac{r_1 \cdot r_B}{r_1 + r_B} + r_2 = \frac{40 \cdot 10}{40 + 10} + 20$$

$= 28$ 欧（比原来的电阻值小 32 欧）。因此电路内的电流增大，

$$\text{其大小为 } I = \frac{U}{r} = \frac{12}{28} \approx 0.43 \text{ 安（比原来的电流大 0.23}$$

安）。

由于电流增大，第二段电阻上的电压降也就随着增大，其值为 $U_2 = I \cdot r_2 = 0.43 \cdot 20 = 8.6$ 伏，而测量第一段电阻两端电压的伏特計的讀数，这时等于 $12 - 8.6 = 3.4$ 伏。因此，接上具有小电阻的伏特計以后，我們就破坏了电路原来的状态，所测得負載两端的电压值将有 $8 - 3.4 = 4.6$ 伏的誤差。

很容易地可以說明，如果我們用的伏特計的电阻 $r_B = 8000$ 欧（代替 10 欧姆），测量电压时所引起的誤差就会大大地减小。因为将电阻这样大的仪表并联在电阻 r_1 的两端，引起电路总电阻的改变很少，这时的总电阻值。

$$r_{\text{总}} = \frac{r_1 \cdot r_B}{r_1 + r_B} + r_2 = \frac{8000 \cdot 40}{8000 + 40} + 20 \approx 59.8 \text{ 欧，而原来为}$$

60 欧（只比原来的电阻小 0.2 欧姆）。

既然电路的电阻减小得如此少，电路内电流的变化也就小；因此，电压的測定也就准确得多。由这个例子可以知道，使用电阻很大的伏特計，才能很准确地測定电压的大小。