

多用电表测电阻挡的内部电路探讨*

曾 斌

(广东实验中学 广东 广州 510375)

(收稿日期:2019-10-03)

摘 要:通过对在教学中多用电表测量电阻时所用电路图的缺陷进行分析,得到此电路图的正确连结方式,并通过与实验室常用的多用电表的电路原理图进行比较与修正,得到了不同倍率下的电路原理图.最后结合例题来进行应用,希望这种纠错能引起同行们的注意与探讨.

关键词:多用电表 测电阻 串联 并联

1 问题的提出

在目前多用电表测电阻的原理电路中,基本上使用的是如图1所示的电路,包括人教版教材(选修3-1)P64图2.8-2.对于不同倍率情况下其内部电阻如何改变并没有交待得很详细.因此这种电路图在教学中经常会让学产生以下疑问.

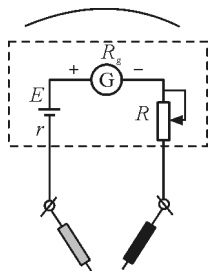


图1 教学中多用电表测量电阻的原理电路图

表盘的中值电阻与选择开关所选倍率的乘积是等于多用电表欧姆挡的内部电阻的,而现在表盘的中间刻度所标的阻值是固定的,那么在用不同的倍率进行测量时,其内部电阻由公式: $R_{\text{内}} = R_{\text{中}} \times \text{倍率}$ 求出.

我们在使用欧姆挡进行电阻测量时,每一次在用不同倍率进行电阻调零时,图1中不同倍率的满偏电流 I_g 都是相同的,那么不难得到对于不同倍率的内部电阻都是: $R_{\text{内}} = \frac{E}{I_g}$,因为多用电表内部电源的电动势不变,这样对于不同倍率的多用表来说,其内部电阻是不变的,这样就会产生与前面所说自相矛盾的问题.

为了解释这种内部电阻不同,很多情况最后都

会用如图2所示的电路图来解释,不同的倍率相当于串联了一个不同的电阻,当进行电阻调零时,相当于在改变另一个调零电阻,最后使电路电流达到满偏电流 I_g ,这种情况问题又来了,虽然调零电阻是接入了不同的电阻,但当G表电流满偏时,无论怎样调整,最终电路还是同样的电流,那最后的总电阻应当还是不变的.

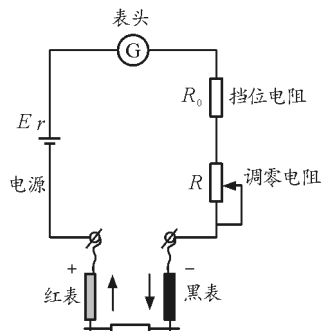


图2 图1中串联一个电阻用于解释内部电阻的不同

这就是我们平时教学中常会遇到的问题,而如果不解决这个电路问题,是不能很好地向“问题”学生进行说服的.

2 测电阻内部电路分析

怎样才能因倍率变化而导致内部电阻不同呢?我们先来进行一些推理.在选择不同倍率时,其内部电阻由公式 $R_{\text{内}} = R_{\text{中}} \times \text{倍率}$ 可以得到:如果倍率越高,其对应的内部电阻会越大.那么其内部结构应当是一个怎样的电路来达到这个目的呢?

因为测量电阻时其内部电源的电动势是一个不

* 广东省教育研究院立项课题研究成果,课题编号:GDJY-2015-A-a055

从电路图我们可以看到,不同倍率的电阻是与上面的G表相并联的.于是可以看出我们分析得到的电路的正确性,但要进行适当的修改得到如图6所示的电路图,此电路图就是现在常用多用电表测电阻时的电路原理图,其中 R_1, R_2, R_3 代表不同倍率所关联的电阻, R_0 就是调零用的电阻.选择不同倍率时,本质上并联了不同的电阻在G表的两端,倍率越大,并联的电阻会越大,其干路的电流会越小.

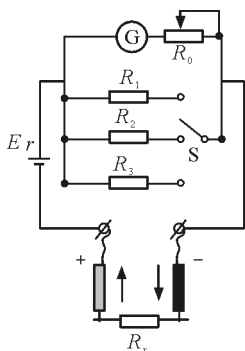


图6 正确的常用多用电表测电阻时的电路原理图

当用“1K”的倍率来进行测量时,此时应当并联更大的电阻,这样电路的内部电阻就会很大,当进行电阻调零时,会由于电阻太大而造成电流太小达不到满偏电流.因此在实际电表的内部会进行电源的更换,采用电动势更大的电源来代替原来1.5V的电源.如图4所示,此时电路用15V的电源来替代原电源,达到仍然可以测量大电阻的目的.本文在此不做详细探讨.

3 应用举例

当前的高三复习备考中,出现了与这种电路图相关的模拟题,但这方面的题目数量并不多,可见还是处于不大被人重视的初期阶段,而这种背景下设计的题较新颖,如果教学中不注意这种电路图的变化,就会容易出错.下面举两个例子来进行说明.

【例1】某实验小组利用下列器材研究欧姆挡不同倍率的原理,组装如图7所示的简易欧姆表.

实验器材如下:

- A. 干电池(电动势 E 为3.0V,内阻 r 不计);
- B. 电流计G(量程300 μ A,内阻99 Ω);
- C. 可变电阻器 R ;
- D. 定值电阻 $R_0 = 1\Omega$;
- E. 导线若干,红黑表笔各一只.

(1) 如图7(a)所示电路,表盘上100 μ A刻度

线对应的电阻刻度值是_____ Ω ;

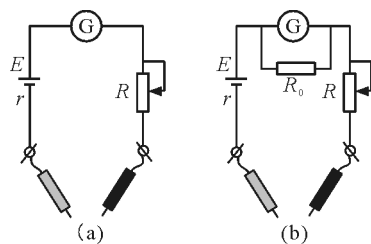


图7 例1题图

(2) 如果将 R_0 与电流计并联,如图7(b)所示,这相当于欧姆表换挡,则换挡后可变电阻器 R 阻值应调为_____ Ω ,换挡前、后倍率之比为_____.

解析:(1) 测电阻时首先将红黑表笔短接,调节电阻使G表满偏,此时

$$R_{\text{内}} = \frac{E}{I_g} = 1.0 \times 10^4 \Omega$$

当电流为100 μ A时,此时的总电阻为

$$R_{\text{总}} = \frac{E}{I} = 3.0 \times 10^4 \Omega$$

那么此时串联的电阻应当为 $2.0 \times 10^4 \Omega$.

(2) 当G表并联一个 R_0 时,通过计算可以得到当G表满偏时通过干路的电流为

$$I = I_g + \frac{I_g R_g}{R_0} = 3 \times 10^{-2} \text{ A}$$

此时的 $R'_{\text{内}} = \frac{E}{I} = 100 \Omega$,因为 $R_{\text{并}} = 0.99 \Omega$,所以可变电阻应当变为99.01 Ω ,而(1)中内阻为 $1.0 \times 10^4 \Omega$,得到前后两次的倍率之比为 $R_{\text{内}} : R'_{\text{内}} = 100 : 1$.

答案:(1) 2×10^4 (2) 99.01, 100 : 1

【例2】如图8(a)所示,是多用电表欧姆挡内部的部分原理图,已知电源电动势 $E = 1.5 \text{ V}$,内阻 $R = 1 \Omega$,灵敏电流计满偏电流 $I_g = 10 \text{ mA}$,内阻为 $R_g = 90 \Omega$,表盘如图8(b)所示,欧姆表表盘中值刻度为“15”.

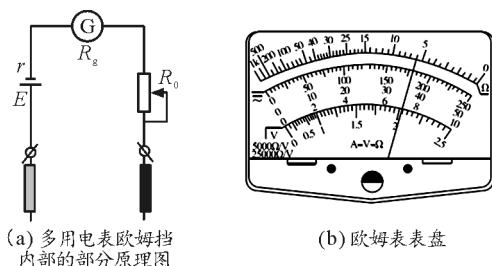


图8 例2题图

(下转第85页)

这一生成的教育资源必将促进爱动脑筋的学生们去进一步思考.

3.7 功能拓展

该演示装置还可以测绘线性元件定值电阻、非线性元件小灯泡、发光二极管的伏安特性曲线,伏安法测电阻,测电源电动势和内阻等实验,可谓是多功能演示器.

4 创新要点

(1) 展示板大方稳固,线路直观简明,实物、电路图一一对应,便于观察、思考.

(2) 操作方便,效果明显.限流和分压电路整合在一起,通过自制单刀多向开关,方便实现两种电路结构和不同规格滑动变阻器以及负载元件的选择.

(3) 电流、电压表数字化,能有效动态演示,便于记录数据、发现规律.

(4) 功能丰富,可根据不同的实验目的,通过组合元件,改变电路结构,探究教学.

(上接第 81 页)

(1) 多用电表的选择开关旋至“ Ω ”区域的某挡位时,将多用电表的红、黑表笔短接,进行欧姆调零,调零后多用电表的总内阻为 $\underline{\hspace{1cm}} \Omega$,某电阻接入红、黑表笔间,表盘如图 8(b) 所示,则该电阻的阻值为 $\underline{\hspace{1cm}} \Omega$.

(2) 若将选择开关旋至“ $\times 1$ ”,则需要将灵敏电流计 $\underline{\hspace{1cm}}$ (选填“串联”或“并联”) 一阻值为 $\underline{\hspace{1cm}} \Omega$ 的电阻,再欧姆调零.

解析: (1) 测量电阻时的总内阻可以由公式

$$I_g = \frac{E}{R_{\text{内}}}$$

得到

$$R_{\text{内}} = \frac{1.5 \text{ V}}{10 \times 10^{-3} \text{ A}} = 150 \Omega$$

从图 8(b) 可以看到这个表的中值电阻为 15Ω , 所以这个电路此时对应的倍率为“ $\times 10$ ”,而现在图 8(b) 的表盘读数为 6Ω ,再乘以倍率得到测量的电阻为 60Ω .

(2) 如果用“ $\times 1$ ”的倍率,则其内阻将会进一步变小,所以应当再并联一个电阻,让其内阻变得更小.此时的内阻为

$$R_{\text{内}} = R_{\text{中}} \times \text{倍率} = 15 \Omega$$

5 教育启示

物理演示实验的教育功能在于通过观察感知活动形成物理知觉,通过自觉表象活动使物理知觉上升为物理表象,再通过发生认知冲突促进认知图示的发展,由认知图示产生物理的概念和规律.区别限流、分压电路不同结构、不同规律、不同功能,就应当把电路“竖立起来”,在电路展板上显化电路图所对应的实验装置,演示限流结构和分压结构之间的转换,利用数字电表快速反应电路中各元件上的电压、电流变化规律,使得理论背后的规律动态、活泼起来,直观可视化,促进学生的科学思维和认知图示的形成.

参考文献

- 1 李展华. 简易数字化限流和分压电路演示装置[J]. 物理教学探讨, 2019(5): 51 ~ 52, 55
- 2 邢红军. 物理教学论[M]. 北京: 北京大学出版社, 2015

总电流应当为

$$I_{\text{总}} = \frac{1.5}{15} \text{ A} = 100 \text{ mA}$$

所以

$$R_{\text{并}} = \frac{U_{\text{并}}}{I_{\text{总}} - I_g} = \frac{10 \text{ mA} \times 90 \Omega}{90 \text{ mA}} = 10 \Omega$$

答案: (1) 150; 60 (2) 并联; 10

4 结论

经过本文的分析探讨,结合实际电路图的对比,多用电表测电阻时并不只是一个简单的串联电路,而是通过在 G 表两端并联不同的电阻,来达到改变不同倍率的目的,倍率越大时,并联电阻会越大.正因为并入了不同电阻,所以需要电阻再次调节,使通过 G 表的电流满偏.如果我们注意了这种电路的变化,在教学中与学生一起探究多用电表测量电阻的电路图,肯定会加深对知识的理解与巩固,教学中也会起到事半功倍的效果.

参考文献

- 1 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材开发中心. 普通高中课程标准实验教科书物理(选修 3-1)[M]. 北京: 人民教育出版社, 2010