

伏安法测电阻的延伸与思考

张延忠

伏安法测电阻的原理是 $R = \frac{U}{I}$ ，测量电路的设计是围绕测量电阻 R 两端的电压 U 和通过电阻 R 的电流 I 来间接测量其电阻 R 值。一般情况下我们会自然地想到用电压表 V 来直接测电压，用电流表 A 来直接测电流。但在实际测量中，若电压表不能用或没有电压表的情况下，如何测电压；在电流表不能用或没有电流表的情况下，如何测电流；要解决好这些问题首先要知道到：

1. 电压 U 的测量可以有三种途径：①电压表可用时电压表直接测量电压；②可通过已知内阻的电流表（测电流）来间接获得电压；③可通过测量已知定值电阻 R_0 中的电流来间接获得电压。

2. 电流 I 的测量可以有三种途径：①电流表可用时，可用电流表直接测量电流；②可通过已知内阻的电压表（测电压）来间接获得电流；③可通过测量已知定值电阻 R_0 两端的电压来间接获得电流。

基于上述对电流、电压的测量理念，可以在伏安法的基础上延伸出测电阻的新思路和新方法，这有利于开阔思路，提高创新能力。

一、“伏伏”法

“伏伏”法是利用两个电压表测电阻的一种方法，这种方法的创新思维是运用电压表测电流（或算电流），此方法适用于电流表不能用或没有电流表的情形；设计电路时不仅要考虑电压表的量程，还要考虑滑动变阻器分压与限流的连接方式。

[例 1] 用下列器材测出电压表 V_1 的内阻。要求有尽可能高的精度，并能测得多组数据。

- (A) 电压表 V_1 (量程 3V, 内阻约几 k Ω)
- (B) 电压表 V_2 (量程 15V, 内阻约几十 k Ω)
- (C) 定值电阻 R_0 (10k Ω)
- (D) 滑动变阻器 R (0~100 Ω)
- (E) 直流电源 E (电动势约 4V, 内阻较小)
- (F) 开关 S 与导线若干

- (1) 画出测量电路图，按图中元件标上相应符号
- (2) 用已知量和一组直接测得的量写出测量电压表 V_1 内阻 R_V 的表达式

20 卷第 5 期 (总 119 期)

[分析与解]

①从题中给出的器材，我们想到用伏安法来设计电路。测量 V_1 表内阻时，电压可由 V_1 表直接测出；由于本题没有电流表，思维受阻，导致无从下手，若有“伏伏”法的新理念，运用“电压表算电流”这一创新思维做起来就会很轻松。所以我们考虑到将已知的定值电阻 R_0 与 V_1 表串联（如图 1 所示），可通过获得 R_0 上的电流来间接获得表 V_1 中的电流值。

②从图 1 所示的电路中我们如何获得 R_0 两端的电压，这个任务只能由电压表 V_2 来完成，到此我们不难想到测量电路如图 2 所示。

③考虑到这两个电压表的量程、电源电动势的大小和滑动变阻器的阻值变化范围，这里的控制电路宜采用滑动变阻器的分压式连接，完整电路如图 3 所示。



图 1

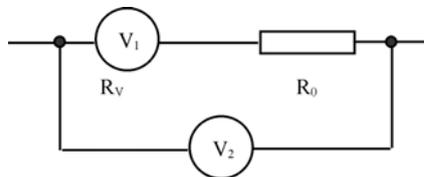


图 2

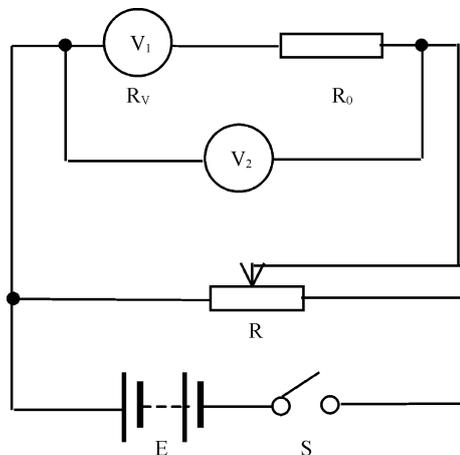


图 3

④电压表 V_1 、 V_2 的示数分别记为 U_1 、 U_2 ，根据欧姆定律，利用通过电压表 V_1 的电流和电阻 R_0 的电流相等得： $\frac{U_1}{R_V} = \frac{U_2 - U_1}{R_0}$ ，故 $R_V = \frac{U_1 R_0}{U_2 - U_1}$ 。

[点评] 其模型实质为电压表的串联分压法的原理。

二、“安安”法

“安安”法是利用两个电流表测电阻的一种方法，这一方法的创新思维是运用电流表测电压（或算电压），此方法适用于电压表不能用或没有电压表的情形；设计电路时不仅要考虑电流表的量程，还要考虑滑动变阻器分压与限流的连接方式。

[例 2] 某待测电阻 R_x （阻值约 20Ω ）。现在要测量其阻值，实验室还有下列器材：

- (A) 电流表 A_1 （量程 150mA ，内阻 r_1 约为 10Ω ）
- (B) 电流表 A_2 （量程 20mA ，内阻 $r_2=30\Omega$ ）
- (C) 定值电阻 R_0 （ 100Ω ）
- (D) 滑动变阻器 R （ $0\sim 10\Omega$ ）
- (E) 直流电源 E （电动势约 4V ，内阻较小）
- (F) 开关 S 与导线若干

(1) 测量时要求两电表的读数大于其量程的 $1/3$ 。试画出测量电阻 R_x 的一种实验电路原理图（原理图中的元件要用题中相应的英文字母标注）。

(2) 用已知量和一组直接测得的量写出测量电阻 R_x 的表达式。

分析与解：①解答此题时，具有“安安”法的新观念才能做正确，因为本题需要运用“电流表算电压”这一创新思维。

②由于题给出的器材中没有电压表 V ，且电流表 A_2 内阻 r_2 已知，因此电压的测量可由表 A_2 来间接测出，那么电流的测量只能由电流表 A_1 来完成，设计电路如图 4 所示。

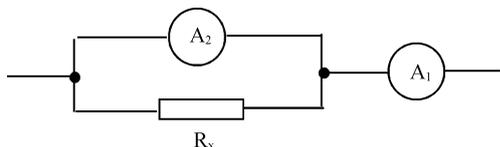


图 4

③由于 A_2 表量程为 20mA ，用它测出的最大电压 $U_m=20\times 10^{-3}\times 30\text{V}=0.6\text{V}$ ，如果按图 4 进行测量，

则电阻 R_x 中的最大电流约为 $I_m=\frac{U_m}{R_x}=0.03\text{A}=30\text{mA}$ ，

这时通过表 A_1 的电流约为 $20\text{mA}+30\text{mA}=50\text{mA}$ ，这样我们就不能保证在实际测量中 A_1 表的示数大于其量程(150mA)的 $1/3$ ，为了增大 A_1 表中的电流，我们可以将已知的定值电阻 R_0 （ 100Ω ）与 A_2 表串联，其测量电路设计如图 5 所示，通过计算我们不难发

现，按如图 5 进行测量，若通过电路调节使 A_2 表的示数满偏时，

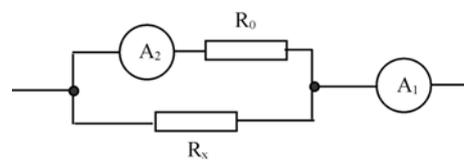


图 5

A_1 表最大电流约为 150mA ，完全符合题中的测量要求。④考虑到题给出的其它器材规格与要求，控制电路宜采用分压式连接，故完整电路如图 6 所示。

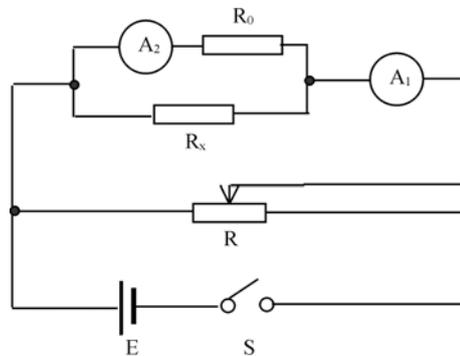


图 6

⑤ A_1 、 A_2 表的读数分别为 I_1 、 I_2 ，则有 $(I_1-I_2)R_x=I_2(r_2+R_0)$ ，待测电阻 R_x 的阻值表达式是

$$R_x=\frac{I_2(r_2+R_0)}{I_1-I_2}$$

[点评] 关键是理解其中的创新设计思维

三、“加 R”法

“加 R”法又叫“加保护电阻”法，在运用伏安法测电阻时，由于电压表或电流表量程太大或太小，为了满足安全、精确的原则，加保护电阻的方法就应用而生。设计电路时不仅要考虑电压表和电流表的量程，还要考虑滑动变阻器分压与限流的连接方式。

[例 3] 现测量某一电流表 A 的内阻 r_1 ，给定如下器材：

- (A) 待测电流表 A （量程 $300\mu\text{A}$ ，内阻 r_1 约 100Ω ）；
- (B) 电压表 V （量程 3V ，内阻 $r_2=1\text{k}\Omega$ ）；
- (C) 定值电阻 R_0 （ 10Ω ）；
- (D) 滑动变阻器 R （ $0\sim 20\Omega$ ，允许通过的最大电流为 0.5A ）；
- (E) 直流电源 E （电动势约 4V ，内阻很小）；
- (F) 开关 S 及导线若干。

测量时要求两电表的读数大于其量程的 $1/2$ 。

现代物理知识

(1)画出测量电路图,按图中元件标上相应符号。

(2)用已知量和一组直接测得量写出测量电流表 A 内阻 r_1 的表达式

[分析与解] ①从题给出的器材知,这里对电流表 A 内阻 r_1 的测量可选用伏安法来设计电路,考虑到题中给出的待

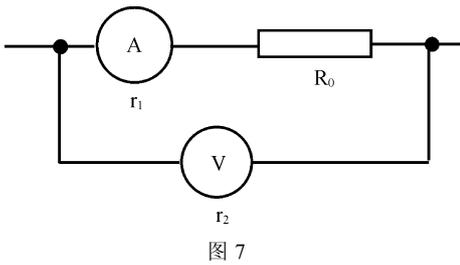


图 7

测电流表 A 所承受的电压太小,我们便容易想到将已知的定值电阻 R_0 与 A 表串联(如图 7 所示)。

②由于题给 $R_0=10\Omega$,若按图 7 所示电路进行测量,在不超过 A 表量程的前提下, V 表示数 $U \leq 300 \times 10^{-6} \times (100+10) \text{V} = 0.033\text{V}$,这对于量程为 3V 的电压表来说,其指针偏角太小,基本上测不出这么小的电压值。

③由于待测 A 表上的电压不能用题目所给出的 V 表进行测量,那么待测 A 表两端的电压就

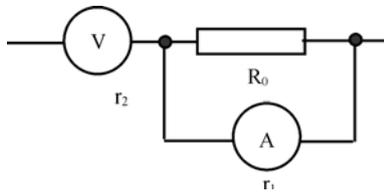


图 8

只能通过测量与 A 表并联的已知定值电阻 R_0 上的电流间接测量了;但测量电路上的总电流又如何获得,我们考虑到电压表 V 的内阻 r_2 是已知的,那么当然只能由它来完成这一任务了,于是我们便设计

出测量电路如图 8 所示。

④考虑到题给出的其它器材规格与要求,控制电路宜采用分压式连接,故完整电路如图 9 所示。经检验这种设计电路符合题目要求。

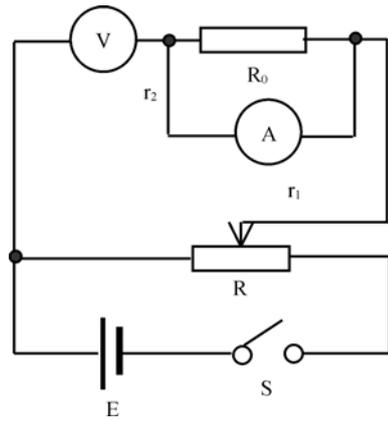


图 9

⑤进行实验时某次合适的测量中,记下 A 表与 V 表的示数分别为 I 与 U,则有 $\frac{U}{r_2} = I + \frac{I r_1}{R_0}$,故

$$r_1 = \frac{U R_0}{I r_2} - R_0$$

[点评] 理解利用“加 R”法测电流表内阻的原理。

伏安法测电阻是测量电阻的基本方法,而“伏伏”法、“安安”法、“加 R”法等测量电阻的新方法是伏安法的原理同具体的测量实际相结合的产物,是在电阻测量中的灵活应用,也是对伏安法测阻原理的丰富和发展。

(甘肃省高台县一中 734300)