

# 高中电学实验答题策略之“123”

武 维 曹聪明

(包头市第九中学 内蒙古 包头 014010)

(收稿日期:2016-06-30)

**摘 要:**基于新课程标准和高考考纲要求,高中物理电学实验是高中物理学习的重点也是难点,为了使学生更有效地构建正确的设计实验思路和解题步骤,将高中电学设计性实验做如下诠释,即围绕一个中心,在器材选取的原则下,建立两个基本单元,抓紧3个关键信号,解决4个电学实验问题.

**关键词:**电学实验 控制部件 测量部件

## 1 围绕一个中心——测电阻

高中电学实验围绕测未知电阻这个中心开展了4个电学基础实验,分别是测金属丝的电阻率,描绘小电珠的伏安特性曲线,测量电源的电动势和内阻,练习使用多用电表.未知电阻的类型有定值电阻、电流表内阻、电压表内阻、电源内阻、热敏电阻、光敏电阻、二极管正反向电阻等.无论是测量何种类型的电阻,在设计实验电路时,可以将电路分解为4个部件:供电单元、控制单元、测量单元、研究单元.研究单元就是未知电阻,而其他3个部件均服务于研究部件,要根据题干具体情境进行相应的调整.下面着重分析不同情境下控制单元和测量单元的调整.

## 2 在选取器材的原则下建立两个基本单元

### 2.1 选取器材的原则

遵从八字原则:安全、准确、实用、匹配.

**安全:**实验方案的实施要安全可靠,实施过程中不应应对仪器及人身造成危害.要注意到多数电表均有量程,电阻均有最大允许电流和最大功率,电源也有最大允许电流,不能烧坏仪器.

**准确:**在实验方案、仪器、仪器量程的选择上,应使实验误差尽可能小.保证流过电流表的电流和加在电压表上的电压均不超过使用量程,然后合理选择量程,务必使指针有较大偏转,一般要大于满偏度的 $\frac{1}{3}$ ,以减少读数误差.

**实用:**实验应当便于操作,便于读数.

**匹配:**电流表、电压表、电阻、电源要匹配.

### 2.2 控制单元的建立

用电器通过的电流和分配电压一般是通过滑动变阻器调节,而滑动变阻器在电路中有两种接法,分别是分压式(图1)和限流式连接(图2).

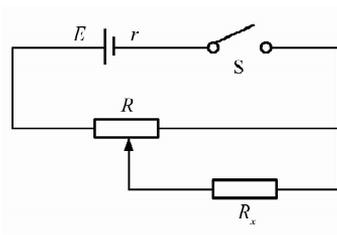


图1 分压式接法

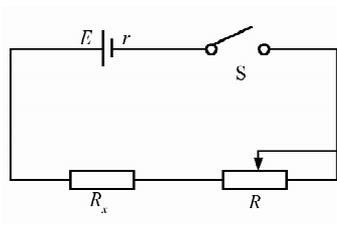


图2 限流式接法

下列情况必须用分压式接法:

(1) 调节(测量)要求从零开始,或要求大范围测量.

(2) 滑动变阻器阻值比待测对象小得多(若用限流,调不动或调节范围很小).

(3) 用限流接法时电路中最小的电压(或电流)仍超过用电器的额定值或仪表量程.

当电路中特别强调节能时,应采用限流连接.另外,在实验操作时,若为分压连接,滑动变阻器在闭合开关前应将与研究单元并联部分电阻调节至零;若为限流连接,滑动变阻器应调节至电阻最大处,起

到保护用电器的作用.

### 2.3 测量单元的建立

由于电压表、电流表存在电阻,所以测量电路有两种,即电流表内接和电流表外接.

#### (1) 电路图

电流表外接和电流表内接的电路图分别如图3和图4所示.

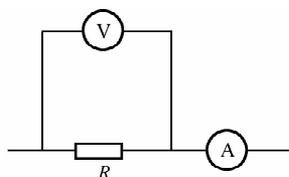


图3 电流表外接

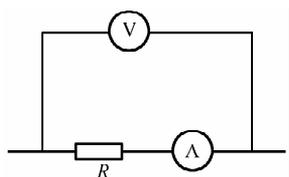


图4 电流表内接

#### (2) 电流表内、外接法的选择

1) 已知  $R_V, R_A$  及待测电阻  $R_x$  的大致阻值时可以利用相对误差判断,若

$$\frac{R_x}{R_A} > \frac{R_V}{R_x}$$

选用内接法,若

$$\frac{R_x}{R_A} < \frac{R_V}{R_x}$$

选用外接法.

2) 不知  $R_V, R_A$  及待测电阻  $R_x$ , 采用试触法. 如图5所示, 当电压表的一端分别接在  $a, b$  两点时, 如电流表示数有明显变化, 用内接法, 电压表示数有明显变化, 用外接法.

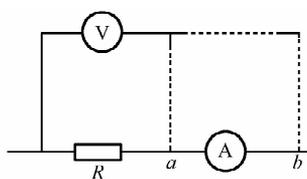


图5 试触法

3) 若已知电流表的内阻, 采用内接法

$$R_x = \frac{U}{I} - R_A$$

4) 若已知电压表的内阻, 采用外接法

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}}$$

#### (3) 误差分析

内接时误差是由于电流表分压引起的, 其测量值偏大, 即

$$R_{\text{测}} = R_A + R_x > R_{\text{真}}$$

外接时误差是由于电压表分流引起的, 其测量值偏小, 即

$$R_{\text{测}} = \frac{R_x R_V}{R_x + R_V} < R_{\text{真}}$$

### 3 抓紧题干3个信号

#### 3.1 给出了具体阻值的电流表或电压表

若已知电流表和电压表的内阻, 可能有3个意思: 一是“转变身份”, 电流表可以当电压表用, 电压表可以当电流表用; 二是可以实现电表改装; 三是可以实现精确测量.

**【例1】**(包头市高考模拟试题) 现需测量阻值约为  $100 \Omega$  的电阻的阻值. 给出的实验器材有:

电池组  $E$ : 电动势  $6 \text{ V}$ , 内阻可忽略不计;

电压表  $V_1$ : 量程  $0 \sim 3 \text{ V}$ , 内阻约为  $15 \text{ k}\Omega$ ;

电压表  $V_2$ : 量程  $0 \sim 6 \text{ V}$ , 内阻  $30 \text{ k}\Omega$ ;

电流表  $A_1$ : 量程  $0 \sim 60 \text{ mA}$ , 内阻约为  $20 \Omega$ ;

电流表  $A_2$ : 量程  $0 \sim 300 \text{ mA}$ , 内阻约为  $4 \Omega$ ;

滑动变阻器  $R_1$ :  $0 \sim 100 \Omega$ , 额定电流  $1 \text{ A}$ ;

滑动变阻器  $R_2$ :  $1500 \Omega$ , 额定电流  $0.1 \text{ A}$ ;

开关  $S$  及导线若干.

请你选出所需器材.

**解题思路:** 本题从器材的提供上可看到以伏安法为原型, 但注意到两个电压表的阻值描述变化, 电压表  $V_2$  应起到一表两用的效果, 既能测量出承担电压, 也能算出通过电流, 这样就回避了系统误差. 因此电路设计应如图6(a)所示. 电压表选择  $V_2$ , 待测电阻阻值

$$R = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}}$$

假若本题给的电流表是准确值, 电路设计应如图6(b)所示, 那么电流表应起到一表双用的作用, 待测电阻阻值

$$R = \frac{U - IR_A}{I}$$

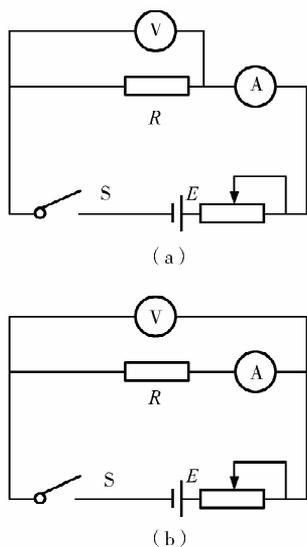


图6 实验电路图

### 3.2 定值电阻的出现

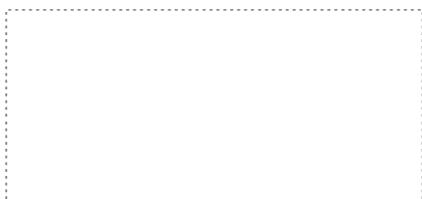
- (1) 用于改装电表或扩大已有电表的量程；
- (2) 充当保护电阻；
- (3) 充当增值电阻；
- (4) 充当电流表,当定值电阻分担电压已知,定值电阻可当做电流表使用；
- (5) 充当电压表,当定值电阻通过电流已知,定值电阻可当做电压表使用。

【例2】在测定一节干电池的电动势和内阻的实验中,备有下列器材:

- A. 干电池(电动势约为 1.5 V,内阻小于 1.5  $\Omega$ )
- B. 电流表 G(满偏电流 2 mA,内阻 10  $\Omega$ )
- C. 电流表 A(0 ~ 0.6 A,内阻约 0.1  $\Omega$ )
- D. 滑动变阻器  $R_1$ (0 ~ 20  $\Omega$ ,10 A)
- E. 滑动变阻器  $R_2$ (0 ~ 100  $\Omega$ ,1 A)
- F. 定值电阻  $R_3 = 990 \Omega$
- G. 开关、导线若干

(1) 为方便且能较准确地进行测量,应选用滑动变阻器 \_\_\_\_\_ (填写序号)。

(2) 请在所给虚线框内画出利用本题提供的器材所设计的测量电池电动势和内阻的实验电路原理图。



(3) 某同学根据他设计的实验测出了 6 组  $I_1$ (电流表 G 的示数) 和  $I_2$ (电流表 A 的示数),如表 1 所示,请在如图 7 所示的坐标纸上作出  $I_1$  和  $I_2$  的关系图线。

表 1 测得的 6 组数据

序号	1	2	3	4	5	6
$I_1/\text{mA}$	1.40	1.36	1.35	1.28	1.20	1.07
$I_2/\text{A}$	0.10	0.15	0.23	0.25	0.35	0.50

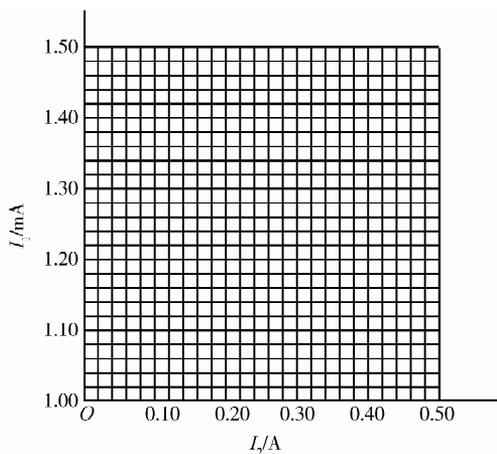


图 7 坐标纸

(4) 根据图线可得,被测电池的电动势为 \_\_\_\_\_ V,内阻为 \_\_\_\_\_  $\Omega$ 。

解析:(1) 为了便于调节,滑动变阻器的阻值不能太大,选择 D 比较合适。

(2) 由于没有电压表,给定的电流表 G 可与定值电阻  $R_3$  串联作电压表使用。

(3) 根据数据描点迹即可。

(4) 电流表 G 的示数与定值电阻  $R_3$  和电流表 G 的内阻之和的乘积表示路端电压,所以  $I_1 - I_2$  图线的纵截距与  $R_3$  和电流表 G 的内阻之和的乘积即为电池的电动势

$$E = 1.48 \times 10^{-3} \times (990 + 10) \text{ V} = 1.48 \text{ V}$$

$I_1 - I_2$  图线的斜率的绝对值与  $R_3$  和  $r_G$  之和的乘积即为电池的内阻

$$r = \left| \frac{\Delta I_1}{\Delta I_2} \right| \times (R_3 + r_G)$$

代入数据得

$$r = 0.80 \Omega$$

答案:(1)D.

(2) 如图 8 所示。

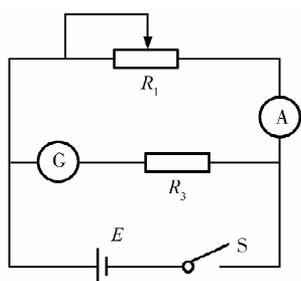


图8 电路原理图

(3) 如图9所示.

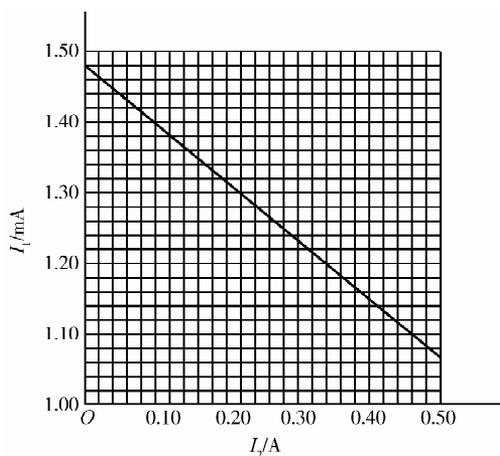


图9  $I_1 - I_2$  图像

(4) 1.48(1.47 ~ 1.49); 0.80(0.70 ~ 0.90).

### 3.3 变阻箱的出现

电路中出现了变阻箱器材,往往该电路要采取电表半偏法、替代法,或者惠斯通电桥法进行电阻测量.

**【例3】**(2015年高考新课标II卷)电压表满偏时通过该表的电流是半偏时通过该表电流的2倍.同学利用这一事实测量电压表的内阻(半偏法),实验室提供的器材如下:

待测电压表(量程3V,内阻约为3000Ω),电阻箱  $R_0$ (最大阻值为99999.9Ω),滑动变阻器  $R_1$ (最大阻值100Ω,额定电流2A),电源  $E$ (电动势6V,内阻不计),开关2个,导线若干.

(1) 虚线框(图10)内为该同学设计的测量电压表内阻的电路图的一部分,将电路图补充完整.

(2) 根据设计的电路,写出实验步骤: \_\_\_\_\_

(3) 将用这种方法测出的电压表内阻  $R_V'$ ,与电压表内阻的真实值  $R_V$  相比,  $R_V'$  \_\_\_\_\_  $R_V$  (填

“>”、“=”、“<”),主要理由是\_\_\_\_\_.

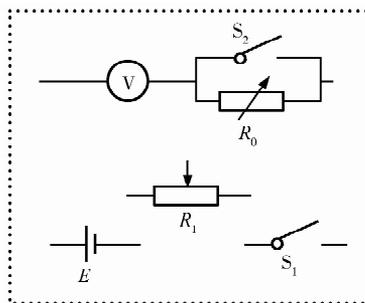


图10 例3题图

解析:(1) 实验电路图如图11所示.

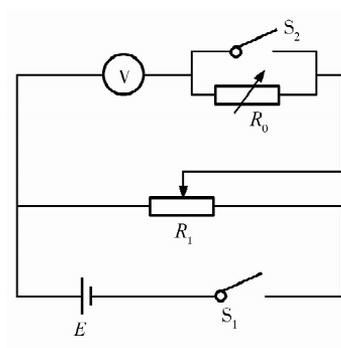


图11 完整电路图

(2) 移动滑动变阻器的滑片,以保证通电后电压表所在支路电压最小;闭合开关  $S_1$  和  $S_2$ ,调节  $R_1$ ,使电压表的指针满偏;保持滑动变阻器滑片的位置不变,断开  $S_2$ ,调节电阻箱  $R_0$ ,使电压表的指针半偏;读取电阻箱所示的电阻值,此即为测得的电压表内阻.

(3) >. 断开  $S_2$ ,调节电阻箱使电压表成半偏状态,电压表所在支路总电阻增大,分得的电压也增大,此时  $R_0$  两端的电压大于电压表的半偏电压,故  $R_V' > R_V$ .

### 4 结束语

电学实验在每年的高考中常常是在伏安法的基础上演变而来的设计性实验,每年却让许多考生失利.这主要是由考生观念不清,思路不广,在运用伏安法时生搬硬套造成的.本文通过将电路结构分成4个单元,着重帮学生理清控制单元和测量单元,把握测量单元3个关键信号,使学生注意到方法的演变,希望对学生有所帮助.