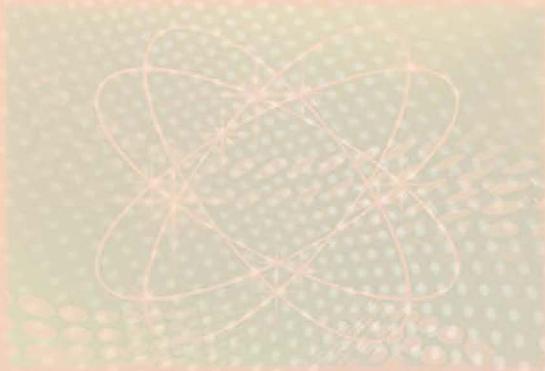


动手做实验丛书

# 电学实验改进设计实践

冯克诚 毕诚 主编



新疆青少年出版社

动手做实验丛书

# 电学实验改进设计实践

冯克诚 毕诚 主编

新疆青少年出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

电学实验改进设计实践/冯克诚,毕诚主编. —修订本. 乌鲁木齐:新疆青少年出版社,2008.3

(动手做实验丛书)

ISBN 978-7-5371-3831-4

I. 电… II. ①冯…②毕… III. 电学—实验—中学—教学参考资料 IV. G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 160579 号

# 前 言

“动手能力的培养和提高”是当前中国教育全面变革的主旋律之一。江泽民总书记曾再三强调：“教育应以提高全体国民素质为宗旨，以培养学生创新精神和实践能力为重点。”

实验作为一种手脑并用的实践活动，作为一种基础教育与生产劳动的重要结合点，对于培养学生的动手能力和创新精神，实为一个良好的切入点。因为：

一、实验可激发学生学习的兴趣和热爱科学的情感。从而使学生把学习知识变成精神上的享受和需要。

二、实验有利于学生个性的发展。由于学生实验在时间、内容、深度等方面有较大的“灵活性”，学生可以在一定程度上、范围内按自己的合理想法实验或比较，他们的某些能力能得到充分的发挥，好奇心可得到一定程度的满足。

三、实验对学生智力发展和能力培养具有重要作用。在实验过程中学生要正确理解实验原理，熟练操作实验仪器，认真观察实验现象，深入分析实验结果。因此学生在实验中，观察能力、操作能力和思维能力都会逐渐提高。同时，学生在实验中要安装和调整实验仪器，设计实验方案，测量和记录数据，排除实验故障。在正确思维指导下，这些操作过程不仅可以训练学生的实验技能和技巧，而且也能使他们的创造能力得到发展。实验对培养创造性人才具有重要的作用。

为了促进中学生从应试教育向素质教育的转变，提高其

动手能力,我们组织近百位专家、学者和实验教师精心编撰了此书。书中引用了许多优秀教师的教学案例经验总结,在此谨致衷忱的谢意。

本丛书包括《物理实验设计与创新》和《化学实验设计与创新》两大部分。每一部分又分为:教学改革指导、思维能力培养、操作方法运用、实验器材巧用、改进设计实践等五大篇。

希望本套丛书能激发学生的学习兴致和创造力,使学生积极主动地参与实验,认真观察,细心思考,勇于探索。一句话,就是让学生自己动手去做实验,因为只有动手做,才会有收获!

《动手做实验丛书》编委会

# 目 录

## 1 电磁学实验中仪器、器材的使用与操作

---

滑动变阻器的接法选择·····	(1)
电表改装及表盘刻度·····	(8)
发光二极管在物理实验中的应用·····	(11)
用黑白电视机演示欧姆定律、电磁振荡、振动波合成·····	(15)
学生万用表改进·····	(20)
电磁综合演示仪·····	(21)
简易电学实验盒的自制·····	(32)
旧蓄电池正负极的判断方法·····	(35)

## 2 静电实验的操作与改进设计

---

影响电容的几个因素·····	(37)
用发光二极管做电容器充电和放电作用的演示实验·····	(40)

平行板电容器实验 .....	(42)
电容实验的原理 .....	(46)
电容器能量的测量 .....	(49)
电容器充电放电作用的演示 .....	(54)
演示导体表面的电荷分布 .....	(56)
“导体内无静电荷”演示实验 .....	(59)
静电演示实验 .....	(61)
对“库仑实验”的点滴理解 .....	(62)
用肥皂泡表演的两个静电实验 .....	(65)
效果极佳的静电除尘实验 .....	(67)
高灵敏验电器 .....	(69)
自制摩擦起电瓶 .....	(70)
库仑力定性研究实验的改进 .....	(71)
“库仑定律”定性演示仪的制作与演示 .....	(72)
描绘电场中等势线实验方法的改进 .....	(75)
研究静电力的实验装置 .....	(76)
静电计模型 .....	(80)
试用土办法自制导电纸 .....	(84)
对感应起电机的修复方法 .....	(85)
法拉第圆筒实验 .....	(86)
易拉罐矿泉水瓶做静电除尘实验效果好 .....	(89)

用废灯管制作静电除尘演示器 .....	(90)
电容式静电实验仪的制作 .....	(91)

### 3 磁场的实验操作与改进设计

---

安培力演示器 .....	(97)
磁场对电流作用演示装置的改进二则 .....	(101)
通电螺线管磁性演示装置二则 .....	(104)
旋转磁场演示实验的改进 .....	(107)
用单相交流电演示三相旋转磁场 .....	(109)
对电功实验装置的改进 .....	(113)
永磁体仪器的维护与充磁 .....	(116)

### 4 物质导电性实验的操作与改进

---

示波管示波 .....	(120)
气体导电性演示实验的改进 .....	(128)
用废灯管制作稀薄气体中的辉光放电演示器 .....	(131)
“玻璃变成了导体”演示实验 .....	(132)
用明矾做导体和绝缘体相互转化实验 .....	(135)

## 5 恒定电流的实验操作与改进设计

---

串、并联电路的两个结论与比较法测电阻 .....	(137)
补偿法测电阻的实验设计 .....	(139)
欧姆表测电阻的误差估读 .....	(145)
充分利用中学实验室器材测电阻 .....	(149)
电流表内阻的测量实验与线路分析 .....	(154)
演示试验和数学推证并举研究“串联电路” .....	(162)
全电路欧姆定律实验的改进 .....	(167)
一种内阻可变的新型实验电池 .....	(174)
伏打电验电器的一种新方法 .....	(176)
简便明显的“电流热效应”演示的改进 .....	(178)
怎样判断电度表走得是否准确 .....	(179)
焦耳定律实验的改进(一) .....	(179)
焦耳定律实验的改进(二) .....	(181)

# 1

## 电磁学实验中仪器、器材 的使用与操作



---

### ✿ 滑动变阻器的接法选择

---

滑动变阻器具有多种用途和接线方式。滑动变阻器在电学实验中使用频率极高,是重要的电学仪器,是教学的重点。选择何种方式将滑动变阻器接入电路具有较高的技巧性,学生不易掌握,也是教学的难点。

滑动变阻器有三种基本用途:(1)保护电路:选定滑片位置,使加在负载、电压表、电流表等电学元件上的电压以及流过它们和电源的电流在额定值以内;(2)调节、控制:改变滑片位置,使加在工作元件

及工作电路上的电压和流过它们的电流在额定值内变化；(3)变阻负载：作为能改变接入电路电阻的负载电阻往往兼具保护、调节作用。

滑动变阻器接入电路时有两种基本接线方式：(1)接成限流器，如图 1 所示(分成  $p$ 、 $b$  间短路和断路两种接线方式)；(2)接成分压器，如图 2 所示。

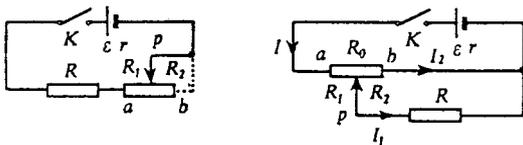


图 1                      图 2

滑动变阻器接入电路时应该接成限流电路还是接成分压电路，这取决于多种因素的制约。江苏扬州市第五中学陈金鹏老师对滑动变阻器接线方式的选择依据作了介绍：

滑动变阻器作为负载电阻时总是接成限流电路。例如，用安培表和伏特表测定电池的电动势和内电阻实验中的滑动变阻器，见图 3。又如，研究电源的输出功率与外电路电阻关系实验中的滑动变阻器，见图 4，都作为负载电阻，都接成限流电路。

滑动变阻器在电路中主要起保护、调节作用时，应依据下述诸原则，以确定其具体的接线方式。

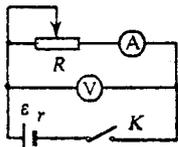


图 3

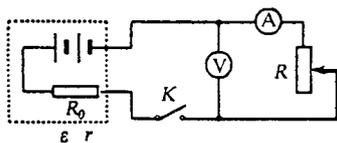


图 4

## 1 确保电路安全原则 电路安全是电学实验中必须考虑的第一位因素

滑动变阻器必须接成适当电路,以确保流过电源、用电器、电表及变阻器本身的电流在各自的额定值以内。

例 1 图 5 为伏安法测量一个定值电阻阻值的实验所需的器材实物图。器材规格如下:

- (1)待测电阻  $R_x$ (约  $100\Omega$ )
- (2)直流毫安表(量程  $0\text{--}10\text{mA}$ ,内阻  $50\Omega$ )
- (3)直流电压表(量程  $0\text{--}3\text{V}$ ,内阻  $5\text{K}\Omega$ )
- (4)直流电源(输出电压  $4\text{V}$ ,内阻不计)
- (5)滑动变阻器(阻值范围  $0\text{--}15\Omega$ ,允许最大电流  $1\text{A}$ )
- (6)电键一个,导线若干条

根据器材的规格和实验要求,在本题的实物图上连接。

**分析与解** 若将滑动变阻器接成限流器,当接入电路电阻取最大值  $15\Omega$  时,流过电路的电流为  $24\text{mA}$ ,超过毫安表的量程,违反了电路安全原则,故变阻器一定要接成分压器,如图 6 所示。值得注意

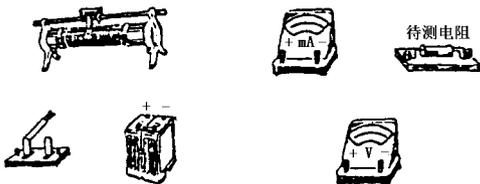


图 5

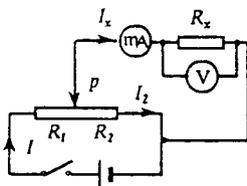


图 6

的是,由  $\epsilon = IR_{\text{总}}$ ,  $I = I_x + I_2$ ,  $R_{\text{总}} = (15 - R_2) + \frac{R_2(R_x + R_A)}{R_2 + (R_x + R_A)}$  可求得,仅当  $R_2 \leq 5.7 \Omega$  时,流过毫安表的电流  $I_x \leq 10 \text{mA}$ ,电路才是安全的。

## ② 减小实验误差原则

实验时应根据具体情况,选择变阻器的合适接法,使实验结果比较精确。

(1)使电流、电压的调节范围较大:变阻器的适当接法应使加在负载电阻上的电压和流过的电流能在较大范围内变化,以便多测几组数据,取平均值,减小偶然误差。

滑动变阻器的总电阻  $R_0$  远小于负载电阻  $R$  时,应接成图 2 式的分压电路。设  $R=10R_0$ ,忽略电源内阻,若接成图 1 的限流电路,则电路中的最大电流、最小电流分别为:

$$I_{\max}=\epsilon/R \quad I_{\min}=\epsilon/(R+R_0)=10\epsilon/(11R)$$

显见,  $I_{\max}=11I_{\min}$ , 电流的调节范围很小。

若接成图 2 的分压电路,则有

$$I_{\max}=\epsilon/R, I_{\min}=0 \quad \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

于是,电流的调节范围较大。

滑动变阻器的总电阻  $R_0$  远大于负载电阻  $R$  时,两种电路都有较大的调节范围。设  $R_0=10R$ ,忽略电源内阻,接成限流器时。

$$I_{\max}=\epsilon/R, I_{\min}\epsilon/(R+R_0)=\epsilon/11R, I_{\max}=10I_{\min}$$

接成分压电路时,结论仍为①式。

(2)使变阻器的有效调节范围较大:当  $R_0$  远大于  $R$  时,接成限流电阻可使流过负载的电流有较大调节范围,但变阻器滑片有效移动范围较小,不能减小误差。设  $R_0=100R$ ,忽略电源电阻,图 1 的  $I_{\max}$ 、 $I_{\min}$  分别为

$$I_{\max}=\epsilon/R \quad I_{\min}=\epsilon/(R+R_0)=\epsilon/101R, I_{\max}=101I_{\min}$$

用电流表测量电路电流时,电路中的最大电流  $I_{\max}$  不能超过电流表量程。为便于讨论,设两者相等,为了使测量结果比较准确,电路中的电流应在  $0.2I_{\max}-I_{\max}$  之间变化。图 1 中,滑片 P 从右向左移动时,当变阻器接入电路电阻  $R_1$  减小到等于  $4R$  时,即滑片 p 移至非常靠近 a 端,使 a、p 间距离比 p、b 间距离 =  $4:(100-4)=1:24$ ,电

路中电流才增大到  $0.2I_{\max}$ ，此前滑片的移动是无效的，无效移动距离占总长的 96%。滑片此后的移动是有效的，但有效移动距离仅占总长的 4%，可见有效调节范围很小。接成分压电路则能消除弊端。

(3)使测量仪表有合适的量程：选择变阻器的合适接法使测量仪表有合适量程系指，流过表的电流、加在表两端的电压既不能太大，也不能太小，太大则超过量程，损坏电表；太小则指针偏角太小，读数误差较大。

**例 2** 用伏安法测量一个电阻的阻值，备用仪器及元件有

(1)待测电阻  $R_x$ ，约  $25\text{K}\Omega$

(2)直流电流表  $\textcircled{A}$ ，量程  $0\text{—}300\mu\text{A}$ ，内阻  $300\Omega$

(3)直流电压表  $\textcircled{V}$ ，量程  $0\text{—}10\text{V}$ ，内阻约为  $100\text{K}\Omega$

(4)直流电源两种： $(\epsilon_1)$ 一节干电池，电动势  $1.5\text{V}$ ，内阻不计； $(\epsilon_2)$ 直流稳压电源，输出电压  $15\text{V}$

(5)滑动变阻器  $R_0$ ，总电阻  $15\text{K}\Omega$

(6)电键  $K$ ，导线若干

试从以上所提供的仪器和元件中选择合适的规格及适宜的线路，使被测电阻的测量结果达到尽可能高的精确度。绘出电路图并标明所选仪器及元件的规格。

**分析与解** 由于  $R_x$  的阻值远远大于  $\textcircled{A}$  的内阻且和  $\textcircled{V}$  的内阻接近，故选用安培表内接电路，如图 7 所示。

若选用一节干电池作为电源，变阻器无论接成限流器或是分压

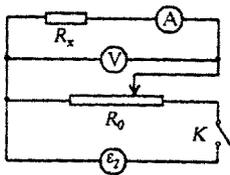


图 7

器,Ⓐ和Ⓥ的最大读数相同,分别为  $60\mu\text{A}$  和  $1.5\text{V}$ ,指针偏角太小,误差较大,故应选用( $\epsilon_2$ )作为电源。

若滑动变阻器接成限流电路,流过  $R_x$  的最小电流为  $375\mu\text{A}$ ,超过Ⓐ的量程,故变阻器必须接成分压器。

### ③节约电源电能原则

当限流电路和分压电路均可使用时,例如滑动变阻器的总电阻和负载电阻阻值接近,应该优先选用限流电路。因为在负载电阻消耗功率不变的前提下,限流电路消耗的总功率小于分压电路消耗的总功率。

设变阻器接成两种电路时流过负载的电流皆为  $I_0$ ,接成限流电路时,电源消耗的功率为

$$P = \epsilon I_0$$

接成分压电路时,电源消耗的功率为

$$P = \epsilon(I_0 + I_2) > P$$

式中  $I_2$  是滑动变阻器上和负载电阻  $R$  并联部分  $R_2$  上的电流。

选择滑动变阻器的接线方式时,除了需要考虑上述三原则外,还

需考虑某些实验的特殊要求。例如用标准伏特表、安培表校准改装成的伏特表、安培表,若要求加在伏特表两端的电压及流过安培表的电流能从 0 连续变化到满量程,则变阻器必须接成分压器方能满足实验要求。

---

## ✿ 电表改装及表盘刻度

---

高中物理课本指出,电流表的优点是刻度均匀、准确度高,缺点是对过载很敏感,如果通入的电流超过允许值,就很容易把它烧毁。扬电表之长,避电表之短,是把电表改装成伏特表、安培表、欧姆表的基本出发点。

假定电表允许通过的最大电流为  $I_g$ ,内阻  $R_g$ ,则能承受的最大电压  $U_g = I_g R_g$ 。现欲“借用”电表的指针指示  $0 - U_0 (> U_g)$  的电压值,显然需串联分压电阻以承担  $U_0 - U_g$  的电压,按串联电路基本规律可求出串联电阻  $R$  值:

$$\therefore \frac{U_0 - I_g R_g}{R} = I_g \therefore R = \frac{U_0 - I_g R_g}{I_g} \dots\dots\dots (1)$$

也可求出量程扩大的倍数与阻值关系:

$$\therefore \frac{U_g}{R_g} = \frac{U_0}{R + R_g}, \therefore \frac{U_0}{U_g} = \frac{R + R_g}{R_g} \dots\dots\dots (2)$$

$R$  和电表串联后的整体就是改装后的伏特表(如图 1)。