



深度认识多用电表欧姆挡及其倍率转换原理

苏俊

(贵州省黔西第一中学 贵州 毕节 551500)

黄绍书

(毕节市第二实验高中 贵州 毕节 551500)

(收稿日期:2022-02-22)

摘要:长期以来,由于高中物理教材给出的多用电表电路图与实际情况存在较大的本质差异,致使教学过程中对多用电表欧姆挡的理论与实践不相吻合.结合常用的指针式多用电表欧姆挡的一些实验现象和多用电表欧姆挡或欧姆表的实际电路进行分析,指出多用电表欧姆挡或欧姆表的倍率与表头电流的匹配关系是靠改变表头的分压电阻和分流电阻来实现.

关键词:中值电阻 倍率转换 分压电阻 分流电阻

1 问题的提出

在较长的时期以来,高中物理教材^[1~4]在多用电表的内容中,都配有如图1所示的多用电表原理图和如图2所示欧姆表原理图或类似图形.

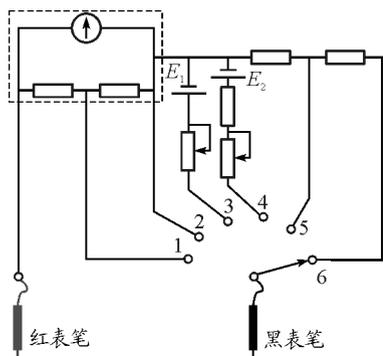


图1 多用电表原理图

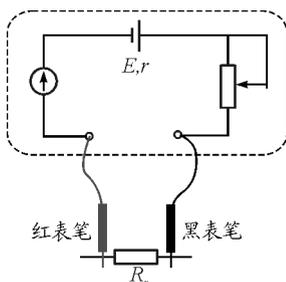


图2 欧姆表原理图

同时,还都根据表头的满偏电流

$$I_g = \frac{E}{R + r + R_g} \quad (1)$$

和测量待测电阻 R_x 时的表头电流

$$I_x = \frac{E}{R + r + R_g + R_x} \quad (2)$$

来分析计算待测电阻 R_x 的电阻值.

但是,在教学实践中发现,用图1和图2介绍多用电表欧姆挡或欧姆表原理图时存在一个明显的弊端,也就是它们无法正确反映欧姆挡或欧姆表的倍率转换与欧姆调零的关系.同时,用实验室配备的常用多用电表欧姆挡进行有关实验测量时,一些实验现象根据图1或图2不能作出合理的正确解释.对此,已有物理专业期刊杂志发文^[5]进行过一些简略但不尽全面的介绍.

事实上,图1和图2与多用电表或欧姆表的实际电路相差甚远,甚至存在本质上的差别.

2 实验及其现象

采用实验室配备杭州电表厂生产的JB/T9283-1999型指针式单电源多用电表1只或与1只发光二极管完成以下实验,其目的主要是检测多用电表欧姆挡的倍率与表头指针偏转的关系和检测多用电

作者简介:苏俊(1979-),男,中学高级教师,主要从事高中物理教学工作.

通讯作者:黄绍书(1966-),男,中学正高级教师,安顺学院兼职教授,主要从事高中物理教学暨大中学物理衔接问题研究工作.

表欧姆挡的表头电流与表笔间待测原件电流的关系.

2.1 实验一:检测倍率与指针偏转关系

将多用电表先进行机械调零,然后将其选择开关置于欧姆挡 $\times 1$ 位置并进行欧姆调零,即使表头指针指在 $0\ \Omega$ 位置;然后将选择开关置于欧姆挡 \times

10位置,并将红黑表笔短接但不进行欧姆调零,这时发现表头指针指在 $0\ \Omega$ 右侧位置,再进行欧姆调零,使表头指针恢复指在 $0\ \Omega$ 位置.又再将选择开关以此置于欧姆挡 $\times 100$ 位置、 $\times 1\ \text{k}$ 位置,并分别依次进行欧姆不调零和调零操作,表头指针偏转暨相关情况如表1所示.

表1 多用电表欧姆挡倍率与表头指针偏转关系

步骤	选择开关	红黑表笔	欧姆调零 / 不调零	表头指针
1	欧姆挡 $\times 1$ 位置	短接	调零	$0\ \Omega$ 位置
2	欧姆挡 $\times 10$ 位置	短接	不调零	$0\ \Omega$ 右侧
3	欧姆挡 $\times 10$ 位置	短接	调零	$0\ \Omega$ 位置
4	欧姆挡 $\times 100$ 位置	短接	不调零	$0\ \Omega$ 右侧
5	欧姆挡 $\times 100$ 位置	短接	调零	$0\ \Omega$ 位置
6	欧姆挡 $\times 1\ \text{k}$ 位置	短接	不调零	$0\ \Omega$ 右侧

从表1中可以看出,多用电表欧姆挡倍率增大时,表头指针的偏转角亦同步增大;反之,欧姆挡倍率减小时,表头指针的偏转角亦同步减小.这一现象说明多用电表的表头电流随着其倍率的增大而增大,同时还说明多用电表欧姆挡的中值电阻(即欧姆挡或欧姆表内部各种电阻的等效电阻,下同)随其倍率增大而减小(这实际是假象).

2.2 实验二:检测表头电流与待测原件电流的关系

将已机械调零的多用电表的选择开关调至欧姆挡 $\times 1$ 位置,又将红黑表笔短接并进行欧姆调零,再将发光二极管按如图3所示接在红黑两表笔之间,观察发光二极管的发光情况和表头指针的偏转角大

小情况.依次将多用电表的选择开关调至欧姆挡 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 、 $\times 1\ \text{k}$ 位置,依次分别进行欧姆调零后仍将发光二极管按图3连接在红黑两表笔之间,各次观察到的发光二极管的发光情况和表头指针的偏转角大小情况如表2所示.

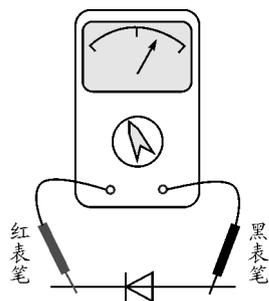


图3 表头电流与待测原件电流

表2 多用电表欧姆挡表头偏转角与表笔间发光二极管发光情况的关系

步骤	选择开关	发光二极管	表头指针
1	欧姆挡 $\times 1$ 位置	发光最强	偏转角最小
2	欧姆挡 $\times 10$ 位置	发光较强	偏转角较小
3	欧姆挡 $\times 100$ 位置	发光较弱	偏转角较大
4	欧姆挡 $\times 1\ \text{k}$ 位置	发光最弱	偏转角最大

从表2可以看出,随着欧姆挡倍率依次增大,发光二极管的发光强度依次减弱,说明红黑两表笔间待测原件的电流依次减小,从而说明多用电表的欧姆挡中值电阻随其倍率的增大而增大.同时,表头指针的偏转角随着欧姆挡倍率增大而依次增大,说明

通过表头的电流也随欧姆挡倍率增大而依次增大.

进一步分析表明,事实上多用电表欧姆挡的表头电流与表笔间待测原件电流是两个不同的概念.

2.3 实验现象反映的问题

实验一和实验二或表1和表2中呈现的现象,

根据图1所示的原理图不能作出正确、合理的解释,特别是对于多用电表欧姆挡倍率与中值电阻的关系两个实验呈现出相互矛盾的悖论关系更是无法解释.这说明了多用电表欧姆挡的原理电路不可能像图1或图2那样,而是有其他合理的电路结构.

3 深度认识欧姆表

多用电表的欧姆挡实际就是欧姆表,为便于分析多用电表的欧姆挡倍率转换原理,这里仅以利用纯电阻元件设计的实用型非线性欧姆表为例予以说明.

所谓非线性欧姆表,就是其表头指针的反向偏转角(以 $0\ \Omega$ 位置为起点的逆时针偏转角)跟待测元件的电阻值不成正比,反映的外观视角就是其欧姆刻度不均匀.

欧姆表按供电电源的个数分类可分为两种类型,一类是单电源欧姆表,另一类是双电源欧姆表.

3.1 单电源欧姆表

如图4所示是一实用型单电源欧姆表电路图,其中, S_1 为倍率转换开关, S_2 为欧姆调零旋钮.

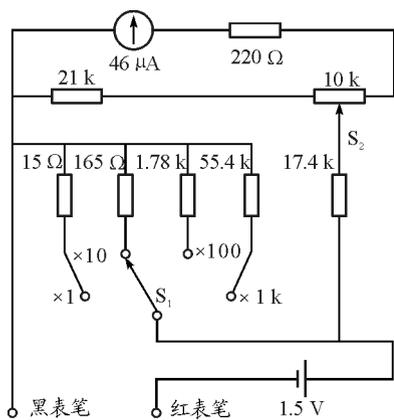


图4 单电源欧姆表电路图

从图4可以看出,这种欧姆表的电路是具有分压功能和分流功能的混联电路.倍率转换开关 S_1 具有分压作用,调节 S_1 转换倍率即改变分压电阻从而改变表头两端电压;而欧姆调零旋钮 S_2 同时具有分压与分流的双重作用,调节 S_2 起到辅助调节表头两端电压和通过表头电流.从图4还可以明显看出,这种欧姆表的中值电阻随其倍率的增大而增大.

3.2 多电源欧姆表

如图5所示是一实用型多电源欧姆表电路图,这种电路与图4类似,仍是具有分压功能和分流功

能的混联电路,但与图4还是有一定的差别.其中,倍率转换开关 S_1 具有分压和分流双重作用,调节 S_1 转换倍率不仅改变分压电阻同时也改变分流电阻,从而改变表头两端电压同时也调节通过表头的电流;而欧姆调零旋钮 S_2 具有分压功能,调节 S_2 起到辅助调节表头两端电压,从而起到辅助改变表头电流.

图5所示的欧姆表的低电动势电源对应着4个较低的倍率挡,主要用于测量阻值较小或阻值不太大的电阻.而高电动势电源只对应一个高倍率挡,主要用于测量高值电阻.

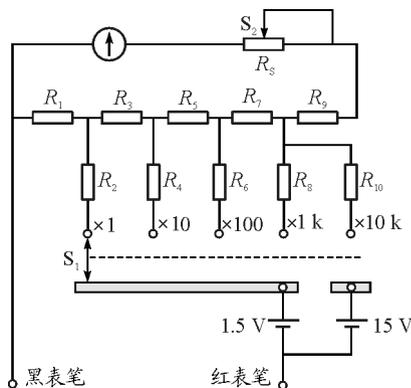


图5 多电源欧姆表电路图

在图5所示的电路中, $R_2 \ll R_4 \ll R_6 \ll R_8 \ll R_{10}$,它们电阻值依次为几十欧、几百欧、几千欧、几十千欧、几百千欧.因此,这种欧姆表的中值电阻仍随其倍率的增大而增大.事实上,各种不同类型、不同型号的所有欧姆表,其中值电阻与倍率之间都具有这样的约束关系.

3.3 实验现象的解释

根据图4或图5所示的欧姆表原理,不难解释上述实验一和实验二呈现出的有关现象.

对于实验一,当欧姆挡由已欧姆调零的小倍率挡切换到未欧姆调零的大倍率挡并将红黑表笔短接时,由于分压电阻增大,使得电路中总电阻增大,干路电流减小,干路分电压增大,从而使得表头两端分电压增大,通过表头的分电流就增大.因此,当欧姆挡由已欧姆调零小倍率挡切换到未欧姆调零的大倍率挡并将红黑表笔短接时,表头指针偏转至 $0\ \Omega$ 右侧位置.

对于实验二,当欧姆挡由小倍率挡转换为大倍率挡时,由于分压电阻增大,使得电路中总电阻增

大,干路电流减小.因此,发光二极管的发光强度随欧姆挡倍率的增大而减弱.同时,由于倍率转换开关和欧姆调零旋钮的分压分流作用,使得表头电流增大,表头指针偏转角增大;而欧姆挡表头指针所指示数反映的是待测元件的电阻值,即:

$$R_x(\text{待测原件电阻值}) = k(\text{欧姆倍率}) \times Z(\text{表头指针所指数})$$

所以,当欧姆挡由小倍率挡转换为大倍率挡时,表头电流增大,表头指针偏转角增大,而表头指针所指示数减小,从而反映了发光二极管的正向电阻值在一定电压范围内没有明显变化.

4 结论与说明

(1) 多用电表的欧姆挡或欧姆表,要有效实现倍率转换和欧姆调零,其电路必须具有分压/分流双重功能,这一双重功能即由倍率转换开关和欧姆调零旋钮这两个部件相互协调来实现.而倍率转换开关和欧姆调零旋钮这两个部件,其中之一必须同时具有分压/分流双重作用,而另一个却只需具有分压作用或分流作用.

(2) 图1所示电路的欧姆挡和图2所示的电路都跟欧姆表的实际电路存在本质性差别,因为这两个电路都不同时具备分压/分流双重功能,其倍率转换和欧姆调零没有任何作用.因此,这两个电路根

本就不能正确地分析多用电表欧姆挡或欧姆表原理.

(3) 多用电表欧姆挡或欧姆表的表头电流和通过表笔的电流是不相同的两个电流概念,它们的量值上也不具等价性.因此,式(1)和式(2)不但不能反映多用电表欧姆挡或欧姆表的正确原理,反而存在本质错误之嫌.

(4) 欧姆表的种类并不限于利用纯电阻元件设计的非线性欧姆表.在生产实践中,有利用电阻元件和二极管、三极管以及电感线圈等非线性元件综合设计的线性欧姆表,还有测量微小电阻的高精度微欧表等.

参考文献

- 1 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究中心.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,2010.63~66
- 2 人民教育出版社,课程教材研究所,物理课程教材研究中心.普通高中教科书物理必修第三册[M].北京:人民教育出版社,2019.72~75,87
- 3 束炳如,何润伟.普通高中课程标准实验教科书物理选修3-1[M].上海:上海科技教育出版社,2007.85~88
- 4 廖伯琴,赵宝刚,高山.普通高中课程标准实验教科书物理选修3-1[M].山东:山东科学技术出版社,2011.77~80
- 5 刘朝明.多用电表欧姆挡换挡原理分析[J].物理教师,2005(26):23~25

In-Depth Understanding on the Ohm Range of Multi-Meters and the Principle of Ratio Conversion

Su Jun

(Guizhou Province Qianxi No. 1 Middle School, Bijie, Guizhou 551500)

Huang Shaoshu

(Bijie City No. 2 Experimental High School, Bijie, Guizhou 551500)

Abstract: For a long time, the circuit diagrams of multimeters given by high school physics textbooks are quite different from the actual situation, resulting in the inconsistency of the theory and practice of multimeter ohm files in the teaching process. This article analyzes some experimental phenomena of the ohm gear of the commonly used pointer multimeter and the actual circuit of the ohm gear of the multimeter or the actual circuit of the ohmmeter. The voltage divider resistance and shunt resistance are realized.

Key words: median resistance; rate conversion; voltage divider resistance; shunt resistance