

电学黑箱实验*

周锐华 陈红 胡晓晖

(华南师范大学物理与电信工程学院 广东 广州 510006)

周少娜

(华南师范大学物理学科基础课实验教学示范中心 广东 广州 510006)

(收稿日期:2017-07-19)

摘要:介绍了电阻、电容器、二极管等电学原件的特点、各情况下电路的测量原理以及电学黑箱中电子元件或电路情况的判断方法,提出了用万用表测量三角形黑箱和直线型黑箱的实验方法。

关键词:电学黑箱 万用表

1 引言

电学黑箱问题是指对某一含有多种未知电学元件的系统,在不打开和不损坏其结构的情况下,通过实验来研究其内部结构的问题。黑箱的探测方法有分析法、综合法和假设法等多种方法,而探测的工具一般都是万用表,有时也可以使用外接电源、电阻、滑动变阻器、灯泡、导线等^[1]。电学“黑箱”问题的探测是复杂的、灵活的,解决此问题要从各元件的基本特点和测量原理入手,因此需要了解各种电学元件的特性从而进行更加准确的测量。

2 实验原理

2.1 电学黑箱问题的分类

“电学黑箱”种类很多,没有统一的分类标准,而实验室中经常见到的是直线型和三角型,如图1所示。

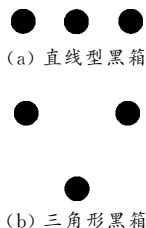


图1 电学黑箱常见分类

2.2 各元件的特点及测量原理

(1) 电阻:有双向导电性,导电时的阻值与电流

方向无关。

用万用表的欧姆挡测量,正反两面测量,所得到的示数为常数,也就是欧姆表测电阻时,不管红黑表笔怎样与电阻连接,测量值是相同的。

(2) 电容器:电解质电容器分正负极。充电的电容器为有源元件,没有充电的电容器则是无源元件。电容器有充放电特性,通交流阻直流,通高频阻低频。

首先用欧姆表测量元件的两端,当两表笔分别接触电容器的两根引线时,表针首先朝顺时针方向(向右)摆动,然后又慢慢地向左回归至 ∞ 位置的附近,此过程为电容器的充电过程。再用万用表的电压挡反接在电容器两端(电压表正偏),电压表有示数,并且指针慢慢地偏向零示数,这个过程为放电过程。由此可以判断该元件为电容器。关键的地方是当欧姆表两表笔与电容器刚连接时,电表指针大角度偏转,转向电流大、电阻示数小的一方,然后又慢慢返回,最后停在电流为零、电阻示数无穷大的位置。

(3) 二极管:具有单向导电性,正向通电时电阻很小,反向通电时电阻很大。

(4) 断路:用万用表的欧姆挡测量,正反两面都是无穷大。

(5) 电源:有源元件,能提供电能。用电压挡测量各个接线柱,电压最大的地方为电源所在的电路。

* 2015广东省质量工程建设项目“华南师范大学-深圳君兰电子有限公司电子、通信、物理专业校外实践教学基地”的阶段性成果。

2.3 判断电学黑箱的电子元件

判定箱内的电子元件,显然,这属于探索性实验.具体方法如下:

首先用万用表的直流电压挡判断箱内有无电池.即用电压挡检测各接线柱之间的电压:若 $U \neq 0$,则含电池;若 $U = 0$,则不含电池.为防止电源电动势太大损坏电表,先将电压挡放在较高量程,根据指针偏转大小再改变到合适的挡.

然后,用欧姆挡判断元件的性质.即用欧姆挡检测电压为零的接线柱间的电阻情况^[2]:

(1) R 趋向于零,则为短路.

(2) 用欧姆挡测两个接线柱间的电阻,并将两表笔调换位置再测,若阻值相差很大,则说明有二极管.

(3) 用欧姆挡测两个接线柱间电阻时,显示无穷大,再用电压挡反接两个接线柱,如果有示数并且电表指针有大幅度偏转,而且慢慢地返回(放电现象),则此接线柱之间的元件为电容器.如果没有放电现象为断路.

(4) 用欧姆挡测量,正反接均为同一个常数,说明此接线柱之间为电阻.

3 实验方法

3.1 使用万用表测量三角型黑箱

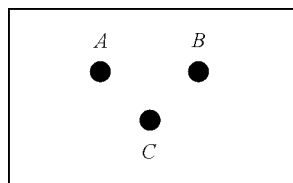
(1) 首先对万用表进行机械调零,调至电压挡,将红黑表笔依次接入 AB, BC, CA 端,发现指针并无偏转,说明黑箱不含有源元件^[3].然后把万用表调至欧姆挡,选择合适的挡位(实验中为保护万用表统一使用 1 k 量程,下面不再注释),进行欧姆调零.之后将红黑表笔依次接入 AB, BC, CA 端,情况如下:

a. 正向与反向接入 AC 端时均有示数 3.1 ,由此判断出 AC 间为 $3.1\text{ k}\Omega$ 的电阻;

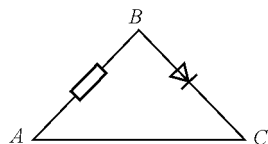
b. 正向接入 BC 端时显示阻值为 $1.2\text{ k}\Omega$,反接时为无穷大,由此判断 BC 间为二极管,方向如图2(b)所示;

c. 无论以正反向触碰 CA 端时指针均快速转到零的位置,说明 CA 间是一根导线.

电路如图2所示.



(a) 三角形黑箱方框图



(b) 三角形黑箱实物图

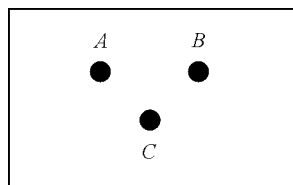
图2 三角形黑箱实例1

(2) 首先对万用表进行机械调零,调至电压挡,将红黑表笔依次接入 AB, BC, CA 端,发现 AB 间有电压 1.5 V , BC 间有电压 0.5 V , CA 间有电压 1.0 V ,由此判断 AB 间有 1.5 V 的电源.然后把万用表调至欧姆挡,选择合适的挡位,进行欧姆调零.之后将红黑表笔依次接入 BC 和 CA 端,情况如下:

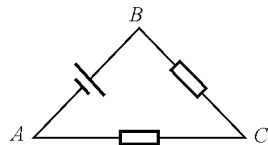
a. 正向与反向接入 BC 端时均有示数 5.0 ,由此判断出 AC 间为 $5\text{ k}\Omega$ 的电阻;

b. 正向与反向接入 CA 端时显示阻值为 $10\text{ k}\Omega$,由此判断 BC 间为 $10\text{ k}\Omega$ 的电阻.

电路如图3所示.



(a) 三角形黑箱方框图



(b) 三角形黑箱实物图

图3 三角形黑箱实例2

3.2 使用万用表测量直线型黑箱

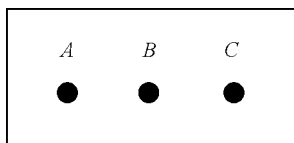
(1) 首先对万用表进行机械调零,调至电压挡,将红黑表笔依次接入 AB, BC, CA 端,发现指针并无偏转,说明黑箱不含有源元件.然后把万用表调至欧姆挡,选择合适的挡位,进行欧姆调零.之后将红黑表笔依次接入 AB, BC, CA 端,情况如下:

a. 正向与反向接入 AC 端时均有示数 9.5 ,由此判断出 AC 间为 $9.5\text{ k}\Omega$ 的电阻;

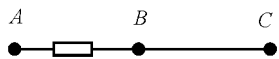
b. 以正反向触碰 BC 端时指针均快速转到零的位置,说明 BC 间是一根导线;

c. 正向与反向接入 CA 端时显示阻值为 $9.5\text{ k}\Omega$.

电路图如图 4 所示.



(a) 直线形黑箱方框图



(b) 直线形黑箱实物图

图 4 直线形黑箱实例 1

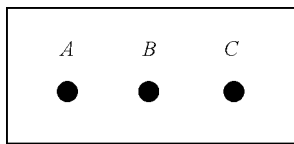
(2) 首先对万用表进行机械调零,调至电压挡,将红黑表笔依次接入 AB,BC,CA 端,发现指针并无偏转,说明黑箱不含有源元件.然后把万用表调至欧姆挡,选择合适的挡位,进行欧姆调零.之后将红黑表笔依次接入 AB,BC,CA 端,情况如下:

a. 正向接入 AB 端时显示阻值为 $2.3\text{ k}\Omega$,反接时为无穷大,由此判断 AB 间为二极管,方向如图 5(b) 所示;

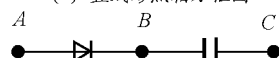
b. 正向接入 BC 端时表针首先朝顺时针方向(向右)摆动,然后又慢慢地向左回归至 ∞ 位置的附近,初步判断为电容器,接着把万用表调至电压挡,反接在 BC 两端(电压表正偏),电压表有示数,并且慢慢地偏向零,由此可以断定 BC 间为电容器;

c. 以正反向接入 CA 端时指针均指向无穷大的位置.

电路如图 5 所示.



(a) 直线形黑箱方框图



(b) 直线形黑箱实物图

图 5 直线形黑箱实例 2

针的摆动情况,并结合与质量好的同样电容器对比,便可判断出电容器的好坏:用万用表的欧姆挡($R \times 10\text{ k}$ 或 $R \times 1\text{ k}$ 挡,视电容器的容量而定),当两表笔分别接触容器的两根引线时,表针首先朝顺时针方向(向右)摆动,然后又慢慢地向左回归至 ∞ 位置的附近,此过程为电容器的充电过程.

如果表针不动,说明电容器内部断路;

如果表针摆动很小,说明电容器失效;

如果表针摆到零就不动,说明电容器内部短路或击穿;

如果表针摆到零偏转返回后停在一个较低的阻值上,说明电容器漏电阻较大;

如果表针摆到零偏转返回后停在一个较高或无穷大的阻值上,说明电容器质量好.

而对于电解电容器的极性判断一般可以通过直接观察来分析,新的电解电容器正极针脚长,在负极外表面标“-”(负)号;如果旧电解电容器已经剪齐两脚,并且外面模糊不清的时候也可以用万用表来判断,将万用表置 $R \times 1\text{ k}$ 挡,测量其漏电阻大小,然后对调表笔再测一次,比较两次测量结果,对漏电阻较大的一次,黑笔所接的一端即为电解电容器的正极,红表笔所接的一端为电解电容器的负极.

4.2 黑箱问题流程图

黑箱问题流程如图 6 所示.

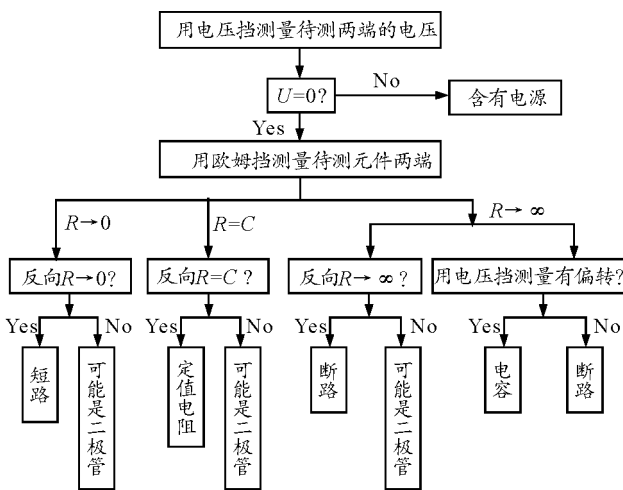


图 6 黑箱问题流程图

4 关于实验的讨论

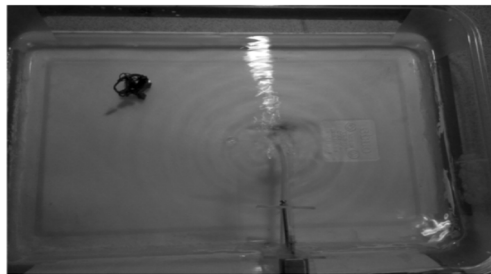
4.1 对于电容的判断

用万用表检测电容器好坏时,我们可以根据表

5 总结

解决黑箱问题,首先必须得了解每个元件的特

(下转第 84 页)



(c)

图5 用大的水波接收器进行实验的实验现象

5 实验演示仪的创新点及其优点

创新点:可以通过改变通过小马达的电流来改变小马达转动的频率,进而控制单位时间内产生水波数目的多少,即实现水波数目的可控化,以达到最好的实验效果。

优点:该演示仪主要由4部分组成,分别是手机

的频闪光源、小马达驱动的水波源、水槽、电源。这些实验器材简单易得、成本较低,可视度高,操作性强,便于在课堂上演示实验来引导学生对多普勒效应的进一步理解和掌握。对教师而言是一种适合教学的演示多普勒效应原理的教学仪器,对学生而言是利于动手探究多普勒效应的实验装置。

参考文献

- 1 梁佩莹,梁泽汇,李成龙,等. 基于多普勒效应的水波特性的实验装置的设计. 大学物理,2016(09):20~23
- 2 刘杰. 基于自制教具的水波多普勒效应实验探究. 中国现代教育装备,2012(22):50~51
- 3 邱宁. 多普勒效应演示器. 大学物理,2000(06):44~45
- 4 苏立乾. 《多普勒效应》教学设计. 教育教学论坛,2014(25):281~282,275
- 5 龚劲涛,王素芳. 对多普勒效应中几个问题的探讨. 物理与工程,2010(04):65~67

(上接第81页)

性。然后对线路进行测量,根据测量的结果进行推测,反复验证,才可以得出正确的电路结构。明确输入和输出信息之间的因果关系,通过对实验结果的分析 and 推断,可得相应的猜想;再通过对猜想的不断修正和筛选,使猜想逐步向黑箱的内部结构接近,最终达到猜想和黑箱同构。对于电学黑箱,根据电子元件的特性及检测仪表的使用条件,结合检测结果,进

行重新验证。

参考文献

- 1 朱启洋. 黑箱在中学物理教学中的应用:[学位论文]. 南京:南京师范大学,2008
- 2 吕复田. 电学黑箱题解题思维程序初探. 中学物理教学参考,2008(9):54~56
- 3 赵舒泽,刘博,楼珍丽. 电路原理电学黑箱综合实验的拓展与开发. 实验科学与技术,2011,9(2):13~15

Experiment of Black Box in Electricity

Zhou Ruihua Chen Hong Hu Xiaohui

(School of Physics and Telecommunication Engineering, South China Normal University, Guangzhou, Guangdong 510006)

Zhou Shaona

(Exemplary Center for Experiment Teaching of Basic Courses in Physics, South China Normal University, Guangzhou, Guangdong 510006)

Abstract:Electrical black box refers to a system containing a variety of electrical components in the unknown, do not open and not to damage the structure of the case, to study its internal structure through experiment. Electric detection of "black box" problem is complex and flexible, to solve this problem starting from the basic characteristics and the measurement principle element, therefore need to understand the characteristics of various electrical components and more accurate measurement.

Key words:electrical black box; universal meter