

# 一种定量探究影响电阻大小因素的实验方案

宋乐融

(蚌埠第二中学 2016 级理科实验班 安徽 蚌埠 233000)

(收稿日期:2016-11-24)

**摘要:**基于数字化实验在数据采集和分析处理的强大功能,利用电压传感器和位移传感器同时采集数据,设计出探究电阻与其影响因素的定量关系的创新实验方案.

**关键词:**电阻定律 影响因素 数字化实验 定量关系

## 1 研究缘起

学习影响导体电阻大小的因素时,老师介绍了图 1 所示的方案: $a, b, c, d$  是 4 条不同的金属导体.在长度、横截面积、材料 3 个因素方面, $b, c, d$  跟  $a$  相比,分别只有 1 个因素不同: $b$  与  $a$  长度不同; $c$  与  $a$  横截面积不同; $d$  与  $a$  材料不同.4 段导体是串联的,电流相等,每段导体两端的电压与它们的电阻成正比.

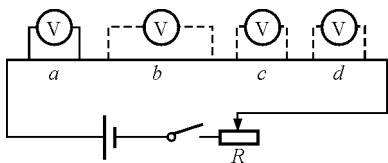


图 1 定量探究影响导体电阻大小的因素

若要探究电阻与长度的定量关系,用电压表分别测出  $a, b$  两端的电压  $U_a$  和  $U_b$ ,就能知道它们的电阻之比.用刻度尺测它们的长度  $L_a$  和  $L_b$ ,理论上由  $U_a : U_b = L_a : L_b$  可知  $R_a : R_b = L_a : L_b$ ,就能得出导体电阻与其长度成正比的结论.

上述实验方案存在一些不足之处:首先,实验的次数有限,且电压表要一次又一次地分别测量不同段导体的电压,比较麻烦;其次,测量次数有限,数据的处理也是传统的描点作图,误差较大;由于测量时间过长,温度对电阻率的影响较大,也带来测量误差较大.

在学习了利用数字化传感器研究匀变速直线运动之后,笔者设想能用位移传感器测出上述实验中导体的长度,若能同时将该长度对应的电压测量出

来,利用数字化技术可以采集较多的数据,直接形成图像,就可以更精确地反映电压和长度的关系,从而验证出导体电阻和长度的关系.在老师的指导下,笔者利用了专门的电压传感器来代替电压表,设计出能快速精确得出任意长度金属导体两端的电阻与其长度的关系的实验方案,同时也可以得出电阻与横截面积的定量关系.

## 2 实验方案原理

如图 2 所示,将横截面积一定的待测电阻丝(镍铬丝)绷直固定在绝缘导轨上方,并与电源和开关串联.当电阻丝中的电流一定时,根据欧姆定律,电压与电阻的比值是一定的,因此只需测量任意长度电阻丝两端的电压和长度,得出电压与长度的关系,就知道了电阻与长度的定量关系.受火车通过头顶上的“受电弓”接触电网以获得动力的启发,电阻丝正下方的导轨上放置一小车,电压传感器一端连接到电阻丝左侧接线柱  $A$ ,另一端固定在小车上,通过导线与电阻丝相连,形成与电阻丝接触良好且能随小车移动的动点  $B$ ,这样随着小车的移动,用电压传感器可以测出长度随时变化的电阻丝  $AB$  两端的电压.小车上还固定着位移传感器,位移传感器通过发出超声波信号,并接收从左边接线柱  $A$  反射回来的超声波信号,可以测出小车上的动点  $B$  到左边接线柱的位移,也就是我们研究的这段电阻丝  $AB$  的长度.让小车在导轨上移动,利用两个传感器就可以快速得到任意长度电阻丝两端电压和长度的实时数

据. 实验原理图如图 3 所示. 位移传感器和电压传感器通过数据采集器将数据输入计算机, 利用维尼尔软件可以直接得出电压与长度的关系图像.

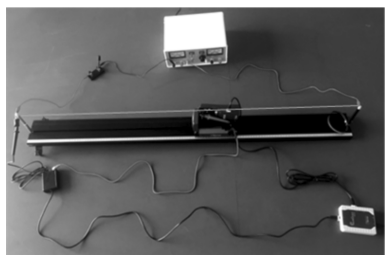


图 2 实验实物图

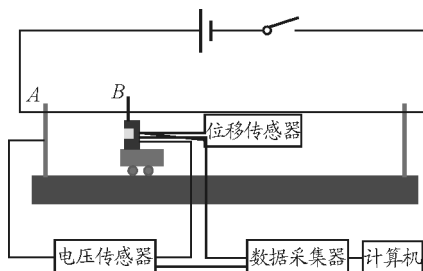


图 3 实验原理图

### 3 实验研究过程及结论

#### 3.1 探究电阻与长度的定量关系

##### 3.1.1 实验准备

如图 2 所示连接电路, 设置学生电源的输出电压为直流 10 V, 将两个传感器通过数据采集器接入计算机, 如图 4 所示在维尼尔软件中设置数据采集的时间及取样速度, 采集时间(可由电阻丝的长度及小车运动速度而定)越短, 温度对电阻变化的影响越小. 一般设为 2 ~ 3 s. 取样速度最快可以 0.01 s 测出一个样本数据, 可以认为传感器能测出任意长度的电阻丝两端的电压. 对传感器调零后, 软件中显示的电势即为电阻丝两端电压, 位置是以 A 为坐标原点时动点 B 的位置, 即电阻丝的长度, 如图 5 所示设置将要呈现的图像横坐标为位置, 纵坐标为电势.



图 4 数据采集的设置界面



图 5 图选项的设置界面

##### 3.1.2 实验过程

将导轨左端抬高, 闭合开关, 让小车从左端自由滑下, 为避免撞击右端接线柱, 导轨右端固定一缓冲装置, 实验时要保证小车直线运动, 小车开始运动的同时点击软件中的采集数据. 在采集数据的同时, 会实时地在软件界面显示对应的数据和图像. 小车滑到导轨右端后, 断开开关.

##### 3.1.3 实验数据分析及结论

通过实验得到如图 6 所示的图像. 利用软件中的拟合功能对图像进行线性拟合, 拟合图像是一条过原点的直线, 整个数据采集过程用时不到 2 s, 最大限度地减少了温度对电阻率的影响. 因电流相等, 每段导体两端的电压与它们的电阻成正比. 最终得出材料横截面积一定, 电阻与长度成正比的结论.

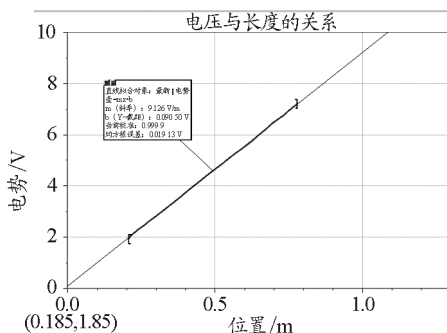


图 6 导体两端电压与长度的关系图

#### 3.2 探究电阻与横截面积的定量关系

##### 3.2.1 实验准备

将材料相同, 长度可以不相同, 横截面积分别为 3S, 2S, S 的电阻丝串联后绷直固定在绝缘导轨上方, 并与电源、开关串联, 实验装置如图 7 所示. 连接电路, 将两个传感器通过数据采集器接入计算机, 在维尼尔软件中设置数据采集的时间及取样速度, 得到的图像即为导体两端电压随长度的变化图像.

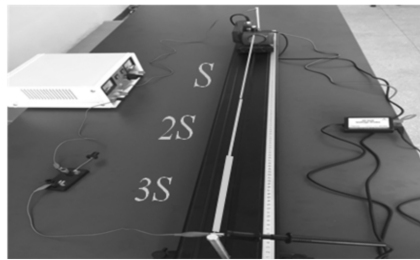


图7 定量探究影响导体电阻大小的因素

### 3.2.2 实验过程

对传感器调零后,闭合开关,让小车上的动点由粗向细滑过电阻丝,如图8所示,得到导体两端的电压与长度关系图为3段斜率不等的直线.在维尔软件中对3条线段线性拟合,拟合直线的斜率分别为:4.49,6.93,13.75.

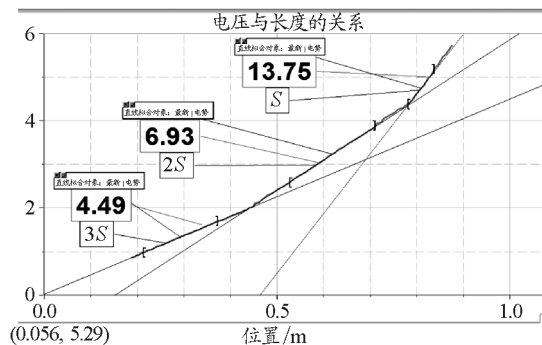


图8 定量探究影响导体电阻大小的因素

### 3.2.3 实验数据分析及结论

在3.1的实验中,对于横截面积不变的电阻丝,得到的 $U-L$ 图像是一斜率不变的直线.在本实验中,3段横截面积不等的电阻丝串联后,对应的 $U-L$ 图像是3段斜率不等的直线.既然电阻丝的材料一样,斜率应该只与截面积有关.思考斜率的物理意义,它表示单位长度电阻丝两端的电压.因为3段电阻丝串联,电流相等,找到单位长度电阻丝两端的电压与横截面积的关系,也就得到了对应电阻与横截面积的关系.从图8中得到拟合直线的斜率分别为:4.49,6.93,13.75,所对应的电阻丝截面积分别为:3S,2S,S,两者的乘积分别为:13.47S,13.86S,13.75S.在误差允许的范围内,两者的乘积相等.导体中电流一定,得出电阻丝两端电压与横截面积成反比,即导体电阻与横截面积成反比的结论.

## 4 实验小结及评价

本实验利用数字化信息手段,把力学常用仪器导轨、小车、位移传感器有效地应用到电学实验中.

将电压传感器的一端固定在小车上,与电阻丝接触,形成随小车移动的动点,可以同时采集动点与接线柱之间电阻丝的电压和长度数据,化静为动,使得数据采集快速精准.通过改变小车速度控制实验时间,实验数据的采集过程只要不到2s的时间,这样既减少了温度变化对电阻的影响,又能快速得到直观的图像.

探究电阻与横截面积的关系时,突破常规,实验时并没有控制不同横截面积电阻丝的长度一样,而是在实验数据处理时,利用控制变量的思想,找出单位长度电阻丝两端电压与横截面积的关系,从而得出电阻与横截面积的关系.

## 5 实验反思

本实验中,将电阻丝固定拉直,通过触点在电阻丝上移动来采集数据,笔者发现,在采集长度时,电阻丝的个别弯曲处会使长度测量减小,从而使图像中有个别地方发生偏折,笔者想,如果能换用柱型的电阻丝可能效果会更好.此外,在动点与电阻丝的接触上,还可以有更好的处理方法,使小车在移动过程中触点和电阻丝接触更充分,避免滑动对采集数据的影响.

## 6 实验思路的拓展

通过本实验的创新设计,还可以得到一种研究某个物理量与长度关系时的一般研究方案,即采用测量该物理量的传感器和位移传感器结合起来,通过实时测量这两组数据,就能得到该物理量与长度的关系.如在研究液体压强与深度的关系时,可以采用压强传感器和位移传感器将各个不同深度的压强和距液面的高度数据采集后拟合,分析其中的关系,用同样的方法也可以研究密闭气体的压强与体积的关系.

(本方案在安徽省2016年青少年科技创新成果交流会上荣获二等奖)

### 参考文献

- 1 人民教育出版社课程教材研究所,物理课程教材研发中心.高中物理必修1,选修3-1教材.北京:人民教育出版社,2010
- 2 王肇铭,马利国. DIS-物理实验教学有效性的可靠保证.物理教学,2013(2):18~22
- 3 傅可钦. DIS 数字化信息系统在电学实验中的应用.中学物理教学参考,2009(11):36~38