

# 自制斜面压力探究仪原理及测试分析\*

杨晓梅 吕钊钊 孙慧娟

(宁夏大学物理电气信息学院 宁夏 银川 750021)

(收稿日期:2015-05-26)

**摘要:**自制斜面压力探究仪是利用电阻应变式压力传感器巧妙地将斜面受到的压力转换成定值电阻上的电压,运用等效代换的方法将斜面压力的变化通过电压变化直观呈现出来,实验探究过程有利于培养学生的发散思维能力。

**关键词:**斜面压力 电阻压力 传感器 电压

## 1 引言

实验是物理学发展的科学基础,在学习物理的过程中要形成物理概念、掌握物理规律,必须要有一定的感性认识.物理实验为学习提供获得这种感性认识的环境,通过实验能激发学生学习物理的兴趣,使学生产生求知的欲望.在高中物理中学习的力的合成与分解,通过数学计算可知斜面受到物体的压力随斜面与水平面的夹角增大而减小.本文利用自制斜面压力探究仪巧妙地将斜面压力转换成定值电阻的电压,运用等效代换的方法将斜面压力的变化通过电压变化直观呈现出来,实验过程不仅启发学生探究物理的兴趣,而且能让学生感受到新材料的应用给人类生活和社会发展带来的影响<sup>[1]</sup>.

## 2 相关实验原理<sup>[2,3]</sup>

### 2.1 电阻应变式传感器工作原理

电阻应变式传感器如图1所示,传感器中的电阻应变片具有金属的应变效应,即在外力作用下产生机械形变,从而使电阻值随之发生相应的变化.

电阻值可用下式表示

$$R_1 = \rho \frac{L}{S} \quad (1)$$

式中: $\rho$ 为金属导体的电阻率( $\Omega \cdot \text{cm}/\text{m}$ ), $S$ 为导体的截面积( $\text{cm}^2$ ), $L$ 为导体的长度( $\text{m}$ ).

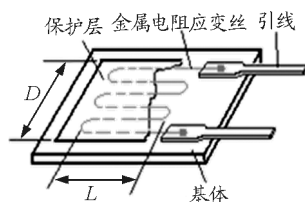


图1 电阻应变式传感器示意图

### 2.2 电阻丝灵敏系数 $K$

通常把单位应变能引起的电阻相对变化量称为电阻丝的灵敏系数 $K$ .当电阻丝受到拉力 $F$ 作用时,将伸长 $\Delta l$ ,横截面积相应减小 $\Delta S$ ,电阻率因材料晶格发生变形等因素影响而改变了 $d\rho$ ,从而引起电阻值相对变化量为

$$\frac{dR}{R} = \frac{dl}{l} - \frac{dS}{S} + \frac{d\rho}{\rho} \quad (2)$$

轴向应变

$$\epsilon = \frac{dl}{l} \quad (3)$$

横向应变

$$\frac{dS}{S} = 2 \frac{dr}{r}$$

$$\frac{dr}{r} = -\mu \frac{dl}{l} = -\mu\epsilon \quad (4)$$

\* 2013年宁夏教育厅本科教学工程项目;2013~2014年宁夏大学一省一校教师教育提升项目。

作者简介:杨晓梅(1963-),女,教授,主要从事物理教学论研究。

式中,  $\mu$  为电阻丝材料的横向变形因数, 负号表示应变轴向相反.

由式(2)、(3)、(4) 可得电阻丝的灵敏系数  $K$

$$K = \frac{dR}{R\epsilon} = 1 + 2\mu + \frac{d\rho}{\rho\epsilon} \quad (5)$$

### 2.3 斜面压力探究仪实验原理

本实验选用 FSR406 压力传感器, 其特点是重量轻, 体积小, 感测精度高, 其  $K$  值为  $0.1 \sim 10 \text{ kg/cm}^2$ , 测量范围  $1 \sim 100 \text{ N}$ . 当压力传感器受外力作用压缩时, 长度  $L$  减小, 截面积  $S$  增大, 由式(1) 可得相应电阻值  $R_1$  会减小.

斜面压力探究仪实验如图 2 所示, 根据斜面(与水平面夹角为  $\theta$ ) 受物体的压力为

$$f = mg \cos \theta \quad (6)$$

可以得出: 随着  $\theta$  减小  $f$  增大, 由此长度  $L$  减小, 面积  $S$  增大, 导致  $R_1$  减小, 由全电路欧姆定律可知回路电流  $I$  为

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2 + r_{\text{内}}} \quad (7)$$

定值电阻  $R_2$  的电压  $U_2$  为

$$U_2 = IR_2 \quad (8)$$

由式(7)、(8) 得出电流  $I$  增大,  $U_2$  增大.

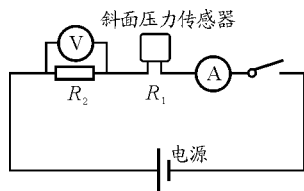


图 2 斜面压力探究仪实验示意图

同理  $\theta$  增大  $f$  减小, 由此长度  $L$  增大, 面积  $S$  减小, 导致  $R_1$  增大, 回路电流  $I$  减小,  $U_2$  减小.

由式(1)、(6)、(7)、(8) 得出: 定值电阻  $R_2$  电压  $U_2$  和压力  $f$  有一定对应关系, 通过探究实验测定电阻  $R_2$  两端的电压  $U_2$ , 研究电压  $U_2$  与角度  $\theta$  的变化关系就等效于压力与角度的变化关系.

## 3 实验过程

### 3.1 实验所需器材

实验所需器材如表 1 所示.

表 1 实验器材清单

名称	规格	数量
电源 ( $E, r$ )	14 V	1
变阻箱 ( $R_2$ )	ZX21a 型	1
电阻压力传感器 ( $R_1$ )	FSR406	1
电流表	0 ~ 15 mA	1
电压表	0 ~ 3 V	1
可动斜面	自制	1
砝码	10 ~ 200 g	一盒
量角器	0 ~ 180°	一个

### 3.2 探究仪实验实物图

探究仪实验实物如图 3 所示.

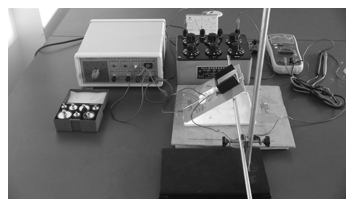


图 3 斜面压力探究仪实物图

### 3.3 实验步骤

(1) 如图 3 所示连接好电路, 电压表量程为 3 V, 电阻箱定值电阻  $R_2 = 10\,000 \Omega$ ;

(2) 将质量为 200 g 砝码放在斜面电阻压力传感器上;

(3) 通过自制可控斜面装置上量角器角度示数, 调节斜面与水平面之间的夹角  $\theta$ ;

(4) 接通电路, 改变夹角观察电压表的示数, 探究斜面压力  $f$  与角度  $\theta$  的变化关系.

### 3.4 实验数据

实验测量电压、角度与斜面压力理论值如表 2 所示.

表 2 测量斜面角度、电阻电压与斜面压力理论值

角度 $\theta / (^\circ)$	10	15	20	25	30	35	40	45	50
电压 $U_2 / \text{V}$	2.70	2.50	2.30	2.00	1.80	1.50	1.20	0.80	0.40
压力 $F / \text{N}$	1.92	1.88	1.82	1.78	1.69	1.61	1.51	1.40	1.25

### 3.5 实验数据处理

实验测试数据处理结果如图 4 和图 5 所示.

(下转第 82 页)

(1) 教师 / 管理员出题.

(2) 教师指定操作实验,并调用试题库中的试题组卷、拟分,提交至试卷库.

(3) 教师安排考试栏,确定考试试卷(从试卷库中调用),设定使用本试卷的学生.

(4) 学生登陆考试大厅在教师安排的时间内打开考卷进行考试.

(5) 系统自动评阅,并得出成绩统计表及统计分布图.

(6) 教师对成绩进行检查、调整、导出.

(7) 在查询权限开放后,学生可查询自己的成绩.

仿真设计考试,可以解决我们实验室目前所面临的问题.但它的设计应用还要注重考虑系统的易于维护,并具备扩展性,保证运行的安全性和可靠性,设计的科学性等等<sup>[4]</sup>,这都需要一个不断完善的过程.

#### 4 结束语

仿真实验应用于大学物理实验考核应该说是一种创新与探索,它优于纸质的试卷考试,但也存在不

及实验操作考试的不足,比如不能体现学生的真实动手能力水平等.应该说这是一种特定的专用考试系统,我们要在日常的实验教学中,充分利用原有的仿真环境,结合具体的实验项目,两者相辅相成,不断完善,以便更好地适应和体现实验考试的要求.

仿真实验教学系统的发展还处于初级阶段,有很大的发展空间,它的发展是一个长期渐进、不断完善的过程,我们应在实践中认真教研、恰当使用、合理开发、丰富完善,形成一个灵活多样、适应不同层次、不同专业要求的新型的实验教学体系,来实现与真实实验教学的最佳结合.仿真实验考核系统的应用和推广,将有效提升大学物理实验教学效果,促进大学物理实验教学改革和发展.

#### 参考文献

- 1 刘利娜,岳素荣,臧春和,张东梅.仿真实验在大学物理实验教学中的地位 and 作用.中国科技信息,2012(7):213
- 2 王晓蒲,霍剑青,杨旭,袁泉,郭玉刚.大学物理仿真实验和教学实践.物理实验,2001,21(1):28~29
- 3 马如远,朱永安.计算机仿真在大学物理实验教学中的应用探讨.装备制造技术,2013(8):212~214
- 4 王永喜.虚拟实验室在远程实验教学中应用探讨.中国教育技术装备,2010(12):89~90

(上接第79页)

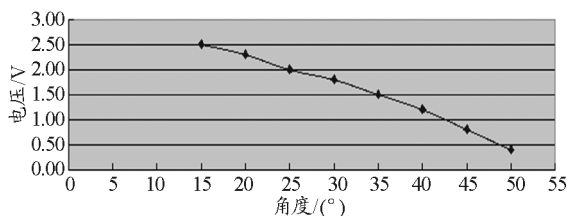


图4 电压  $U_2$  和角度  $\theta$  关系

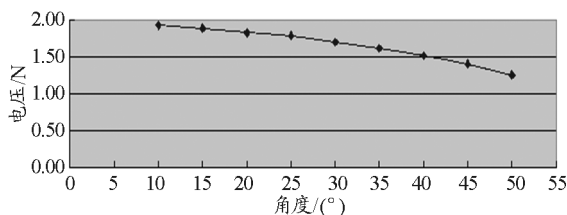


图5 斜面压力  $F$  和角度  $\theta$  关系

#### 3.6 实验结论

通过对图4与图5对比分析可以看出:定值电阻  $R_2$  的电压  $U_2$  随斜面角度  $\theta$  的增大非线性减小的变化趋势与压力  $f$  随角度  $\theta$  的变化趋势相同,用电

压可等效代换压力来研究斜面压力与角度关系.斜面压力随角度的增大而减小,且斜面压力与角度不成线性关系,斜面压力满足  $f = mg \cos \theta$ .

#### 4 结束语

斜面压力探究仪是利用电阻应变式压力传感器将斜面受到的压力通过定值电阻电压的变化直观呈现出来,解决初、高中物理斜面压力与重力关系的问题.斜面压力探究仪应用于教学可提升学生用实验方法解决物理问题的能力,让学生感受到探究物理规律的乐趣,提高学习物理的兴趣.

#### 参考文献

- 1 教育部.普通高中物理课程标准(实验).北京:人民教育出版社,2003.6~12
- 2 刘鸿文.材料力学.北京:高等教育出版社,2004.16~20
- 3 李艳,李新娥,等.应变式压力传感器及其应用电路设计.计量与测试技术,2007(12):32~33