

传感器系列实验

【实验目的】

- (1) 了解传感器的相关知识；
- (2) 理解传感器工作原理；
- (3) 掌握传感器的基本特性与应用；

现代信息技术的基础是信息采集、信息传输与信息处理，它们就是传感器技术、通信技术与计算机技术。传感器在信息采集系统中处于前端，它的性能将会影响整个系统的工作状态与质量。因此，人们对传感器在信息社会中的作用与重要性，又有新的认识与评价。目前传感器技术已广泛用于工业、农业、商业、交通、环境监测、医疗诊断、军事科学、航空航天、自动化生产、现代办公设备、智能楼宇和家用电器等领域。

我国国家标准（GB/T 7665-2005）对传感器的定义是“能感受规定的被测量并按照一定规律转换成可用输出信号的器件或装置”。传感器一般由敏感元件、转换元件和基本电路三部分组成，敏感元件感受被测量，转换元件将响应的被测量转换成电参量，基本电路把电参量接入电路转换成电量。核心部件是转换元件，其决定传感器的工作原理。

电阻应变片传感器

待研究问题

1. 三种电桥的电压-形变特性及电桥灵敏度测量；
2. 应变梁结构与受力情况。

实验原理

一根金属导线在其拉长时电阻增大，在其受压时电阻减小，这个规律被称为金属材料得电阻应变效应。设有一段长为 l ，截面积为 A ，电阻率为 ρ 的固态导体，它具有的电阻为：

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (1)$$

当它受到轴向力 F 而被拉伸(或压缩)时,其 l 、 A 和 ρ 均发生改变(图 1 所示),因而导体的电阻也随之发生变化。

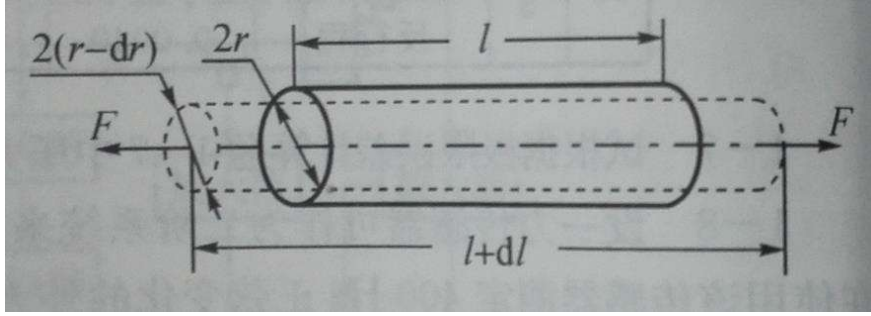


图 1 导体拉伸后的参数变化

对式 (1) 两边取对数后再微分, 即可求得其电阻相对变化,

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

式中, $(dl/l = \varepsilon)$ 为材料的轴向应变, 常用单位 $\mu\varepsilon$ ($1\mu\varepsilon = 1 \times 10^{-6} \text{ mm/mm}$); 而 $dA/A = 2(dr/r) = -2\mu\varepsilon$ 。其中, r 为导体半径, 受拉时 r 缩小; μ 为导体材料的泊松比。代入式 (2) 可得:

$$\frac{dR}{R} = (1 + 2\mu)\varepsilon + \frac{d\rho}{\rho} \quad (3)$$

上式中电阻率相对变化又与导体材料的应变线性相关, 因此导体材料的应变电阻效应为:

$$\frac{\Delta R}{R} = K \cdot \varepsilon \quad (4)$$

式中, K 为应变片灵敏系数。

电阻应变片把机械应变信号转换成 $\Delta R/R$ 后, 由于应变变量及其应变电阻变化一般都很微小, 需要测量电路将应变计的 $\Delta R/R$ 变化转换成可用的电压或电流输出。直流电桥电路是常用的测量电路中的一种, 如图 2 所示。

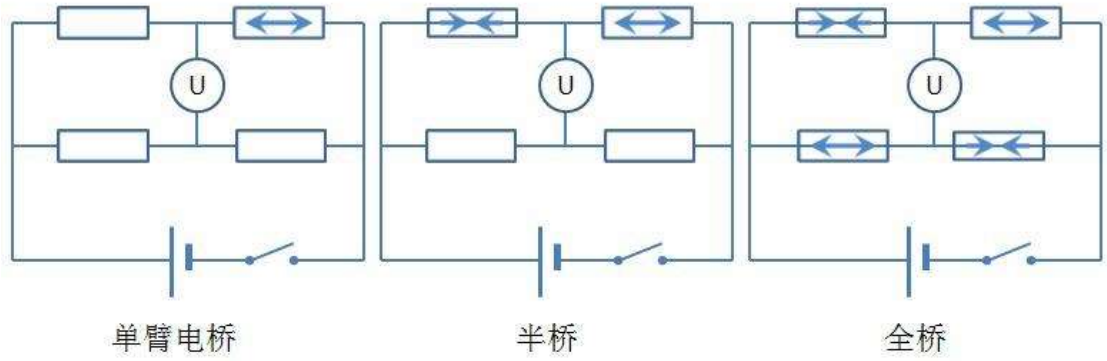


图 2 直流电桥电路示意图

图 2 (a) 为单臂电桥电路， R_1 为电阻应变片，其它三个桥臂接固定电阻 R_2 ， R_3 和 R_4 。当 R_1 未受力，电桥达到初始平衡时，有 $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$ ，输出电压 $U_o = 0$ 。当应变片 R_1 受应变引起 ΔR 电阻时，则电桥不平衡。此时，电桥输出电压 U_o 在满足 $\Delta R \leq R_1$ 且 $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} = 1$ 的条件下为：

$$U_o = \frac{1}{4} \frac{\Delta R}{R} U \quad (5)$$

电桥的灵敏度为：

$$S = \frac{1}{4} U \quad (6)$$

图 2 (b) 为半桥电路，应变片形变时，电桥输出电压 U_o 在满足 $\Delta R \leq R_1$ 且

$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} = 1$ 的条件下为：

$$U_o = \frac{1}{2} \frac{\Delta R}{R} U \quad (7)$$

电桥的灵敏度为：

$$S = \frac{1}{2} U \quad (8)$$

图 2 (c) 为全桥电路，应变片形变时，电桥输出电压 U_o 在满足 $\Delta R \leq R_1$ 且

$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} = 1$ 的条件下为：

$$U_o = \frac{\Delta R}{R} U \quad (9)$$

电桥的灵敏度为：

$$S = U \quad (10)$$

实验器材

电阻应变片、悬臂梁、直流电源、1 k Ω 电阻、砝码、万用表、导线、托盘

实验要求

1. 应变片受力特性研究

(1) 应变片粘贴在双弯曲的结构悬梁上(图3所示)，设计实验方案，研究四个应变片的受力情况(拉伸力、压缩力)，图示说明。

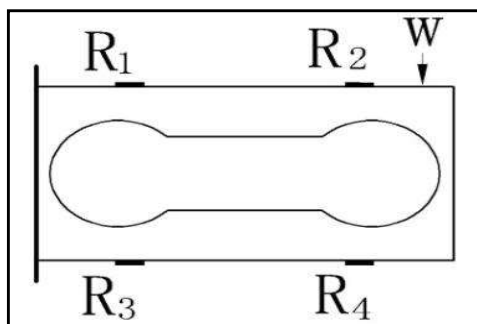


图3 双弯曲悬梁测力结构示意图

2. 三种电桥的输出特性研究

- (1) 设计单臂电桥电路，依次增加砝码 m ，测量单臂电桥的输出电压 U_1 。
- (2) 设计半桥电路，依次增加砝码 m ，测量半桥输出电压 U_2 。
- (3) 设计全桥电路，依次增加砝码 m ，测量全桥输出电压 U_3 ；将标定的应变片和全桥电路视为电子秤，测量放置待测物的桥路输出 U' 。
- (4) 绘制三种电桥的 $U-m$ 曲线，计算其灵敏度 $S = \Delta U / \Delta m$ 和待测物质量 m_x 。

思考题

1. 应变片桥路连接时应注意哪些问题？
2. 单臂电桥、半桥和全桥求得灵敏度与理论灵敏度是否相符，分析其产生误差的原因？

参考资料

1. 中华人民共和国国家标准 传感器通用术语

1. 贾伯年, 俞朴, 宋爱国主编. 传感器技术[M], 南京: 东南大学出版社, 2007.

2. 刘爱华, 满宝元编著. 传感器实验与设计[M], 北京: 人民邮电出版社, 2010.