

《仪器传感器》

实验指导及报告

《仪器电路》

哈尔滨科学技术大学精密仪器教研室

1983年10月

实验一、电阻应变式力传感器及其测力实验

一、实验目的：

通过电阻应变式力传感器的测力实验。要求

1、掌握当筒式弹性元件在沿轴线受压时的纵向应变和横向应变的理论计算方法。

2、掌握半桥和全桥的组成方法和特点。

3、对电阻应变式力传感器加力，使用电阻应变仪测量其应变。作出测力仪器（系统）的标定曲线。

4、将理论计算结果与实验测定结果做比较；分析误差。

二、应变式力传感器及应变仪要点：

1、力敏弹性元件及其结构要求：

本实验使用的园筒形元件是力传感器的力敏弹性元件。优点是：

灵敏度比实芯柱体弹性元件高。贴粘应变片的表面积大。在保证灵敏度的条件下。可具有较小的尺寸。灵敏度与弹性园筒件的长度无关。弹性元件的制造工艺性好。缺点是：尺寸再行缩小受到限制。直径与壁厚之比。长度与直径之比过大会发生挠性变形，使传感器线性度变坏。薄壁筒的刚度与被粘结的应变片粘结刚度具有同一数量级。因此它是一个不稳定的量。其测力范围不能超过500牛顿。

弹性元件如图。这时外力 F 与

纵向应力 ε_e 具有如下关系式：

$$\varepsilon_e = \frac{F}{AE} = S F$$

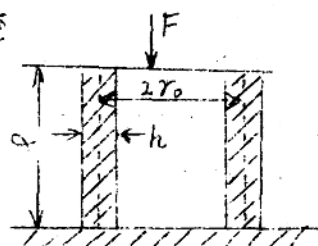
式中 A —— 筒的横向面积； F —— 外力， E —— 筒材料的弹

性模量 (young's modulus), S —— 弹性元件灵敏度。

受同一外力 F 作用时的横向应变

向应变 ε_d 为：

$$\varepsilon_d = \frac{-\mu F}{AE} = -S F$$



式中 μ —— 泊松比 (Poisson's ratio)

为计算灵敏度引用“灵敏度结构系数”概念。当只测纵向应变时 (工作应变片沿纵向贴粘) 时, 灵敏度结构系数等于 1。当只测横向应变时 (弹性元件纵向受力, 工作应变片横向贴粘) 时, 灵敏度结构系数等于 μ (泊松比)。于是弹性元件的传递数为：

$$\varepsilon = \frac{B}{A \cdot E} \cdot F; \text{ 式中 } B \text{ 为灵敏度结构系数。则灵敏度为}$$

$$S = \frac{B}{AE}。 \text{ 弹性元件的固有振动频率 } f \text{ 为：}$$

$$f_0 = 0.159 \frac{\pi}{2l} \sqrt{\frac{EA}{m}}$$

式中 l —— 弹性元件长度；

m —— 弹性元件单位长度上的质量, $m = A \cdot \rho$ ；其中 ρ 为材料密度。

将上式简化, 得：

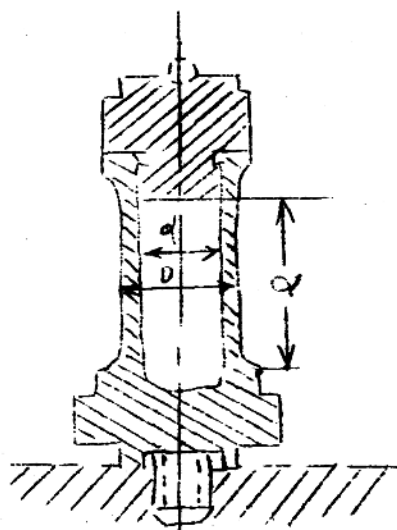
$$f_0 = \frac{0.249}{l} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

1、实验中使用的力敏弹性元件结构尺寸为下图。材料：

40Cr。调质。D=18毫米；d=15毫米。

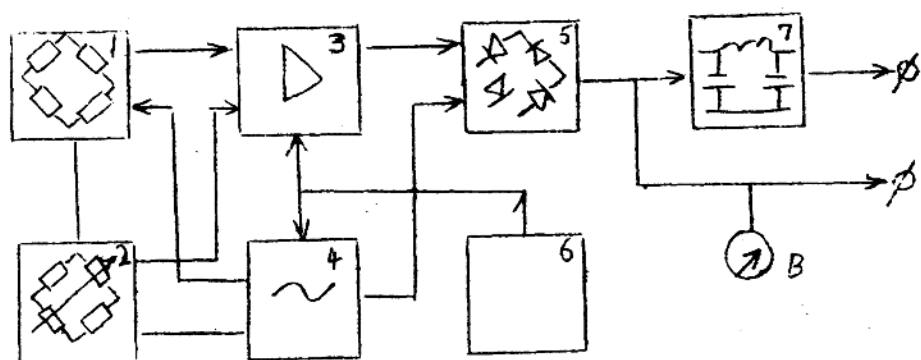
2、实验中使用的YJD—1型电阻应变仪原理。

YJD—1型电阻应变仪是一种应变测量仪器。可对各种工程构件作非破坏性的静动态应变测量，进行比较复杂的应力分析，也可用以测量压力、重力、扭矩、位移、加速度、振动和温度等物理量。



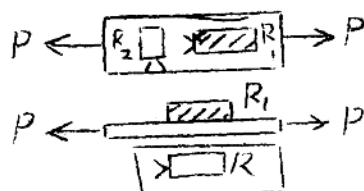
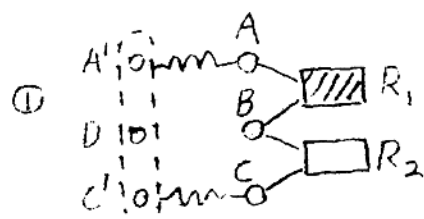
YJD—1型电阻应变仪采用的是双桥结构（即测量桥和读数桥），可作四片全桥或二片半桥测量。两组电桥通常保持平衡状态，在串接后引到放大器，由于测量应变片的电阻随被测件变形发生了变化，使测量桥失去平衡，在其对角线上产生一信号电压输出，这时调整读数桥亦使之失去平衡，输出一个和测量相反的信号电压将前者抵消，使电表指针回零并使两电桥不平衡的程度成正比例增减。因此就可以在读数桥的刻度盘上直接读出应变值。

YJD—1型电阻应变仪结构框如下

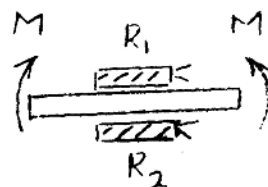
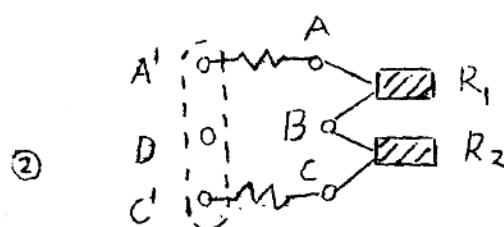


图中1——测量桥；2——读数桥；3——放大器；
4——振 器 $f = 2000 \text{ Hz}$ ；5——相敏整流器；6——电源；
7——低通滤波器；8——表头。

测量桥的接法，如下图所示分全桥和半桥两种。图中(1)与(2)为半桥接法；(3)与(4)为全桥接法。在一般测量中，多数采用半桥法。在使用①、②两种接法时，必需将三孔连接片牢牢压紧在：

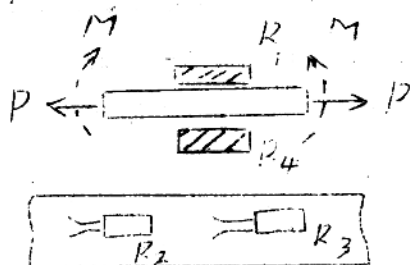
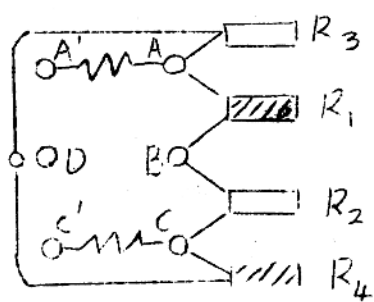


筒拉压



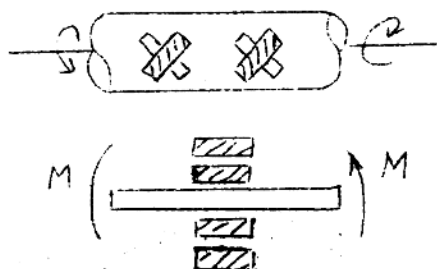
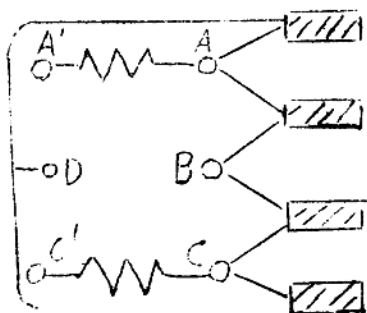
纯弯曲

③



消除弯曲影响时的拉力和压力

④



扭转与弯曲

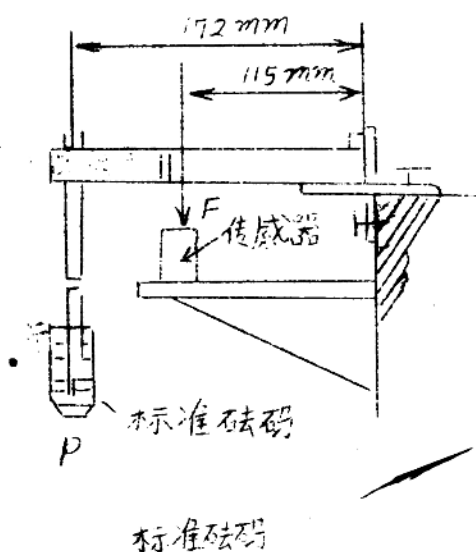
A'、D、C'三个接线柱中（在机内已附有另外半桥的电阻器）。如果远距离或在温度变化比较大的情况下，最好采用全桥法测量，这样可使由杂散效应而引起的读数误差减至最小。在测量过程中必须须尽量避免和减少导线摆动。

3、施力机构

本实验加力机构如图。

它由基架、十字弹簧片、如力梁和加力挂钩组成。

当十字弹簧片为理想十字支承时， P 为标准砝码重量（公斤），则 F 等于：



$$F = \frac{172}{115} \cdot P \text{ 公斤}$$

4、被测应变量与仪器读数之关系

当采用①种半桥接法时，应变量等于 $\frac{\text{读数}}{1 + \mu}$ 或应变量等

于读数。当采用第(2)种半桥接法时，应变量等于 $\frac{1}{2}$ 读数。当采用第③种接法时应变量等于 $\frac{1}{4}$ 读数。

三、实验步骤和方法

1、先仔细阅读实验指导书，观察YJD—1型电阻应变仪，对照使用说明书了解面板各接线柱，旋钮、开关等的功用。

2、对照应变式力传感器的接线，画出测量电桥的接线图，如下：

3、画出整个测力仪器的组成框图，连接图如下：

4、检查电源箱接线无误后，按第③种接法把应变片妥善与仪器连接，并注意各接线柱必须旋紧。已知电阻应变片灵敏度系数 $K = 2.159$ ，调整灵敏系数旋钮与之相符。检查微调、中调、粗调三个调节旋钮，是否指在零位。

5、按使用说明书静态调零法先行调零。调零后再仔细观察3分钟，仪表不应有漂移现象。

6、进行加载，每4.4公斤一挡。每次加载指针偏出时，估计应变量的大小与指针反向旋转相适应的调节旋钮，使指针回零。将三调节器所指读数相加，即为应变读数值。“-”表示压缩，“+”表示拉伸。每挡如此。记录填在下表。

载 荷	K_g	
应 变 读 数	正	
($\mu\epsilon$)	返	
表 头 读 数	正	
(mA 或 mV)	返	

7、上列数据为电阻应变仪（包括力传感器）的输出输入关系以载荷为横座标，对应的实际应变值为纵座标，可作出整个系统的特性曲线如下。

8、根据数据找出圆差较大的一、二个点。计算整台仪器特性的线性度。

四、实验结果的分析

1、产生非线性原因是：

2、力传感器弹性敏感元件受轴向压力时，表面纵向应变计算结果如下表：

载荷公斤	
微应变 $\mu\epsilon$	0

与实验的应变值相差最大值为 $\mu\epsilon$ ，最小值为 $\mu\epsilon$ 。分析误差来源如下：

3、仪器精度估算

五、实验心得和体会

六、实验用设备仪器

- ① Y J D—1 型电阻应变仪一台。
- ② W Y—1 型电源箱一台。
- ③ 内阻 $4 \sim 6 \Omega$ 的直流电流表一支。
- ④ 电阻应变式力传感器一支。
- ⑤ 接线若干。
- ⑥ 加力架一支，标准砝码若干。

实验二 半导体应变式荷重传感器线性度实验

一、实验目的：

- 1、了解半导体应变式荷重传感器的结构原理。
- 2、标定特性曲线，计算线性度。

二、工作原理：

本传感器的弹性元件是简支梁结构，如图(1)所示。其特点是结

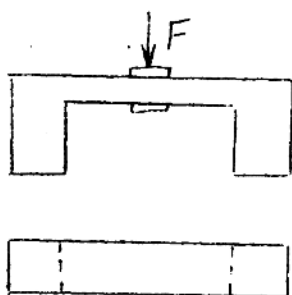


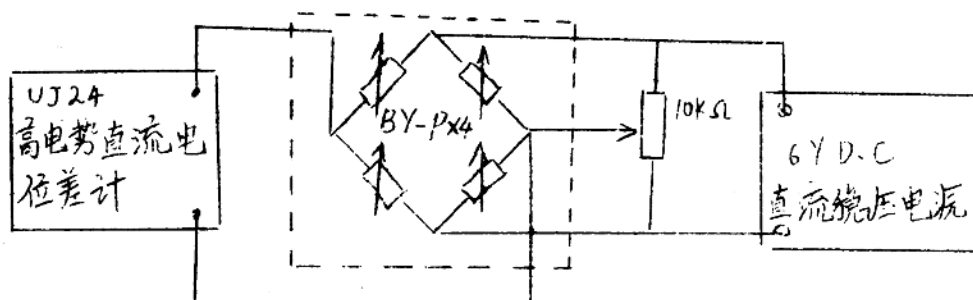
图 (1)

构简单，加工方便，灵敏度高，适用于受力不太大的情况。在简支梁上下各贴有二片半导体应变片组成测量桥路。半导体应变片是一种利用压阻效应的力敏电阻。它在外界应力的作用下，电阻率就随作用应力而变化。这种半导体应变片式传感器的输出信号较普通电阻应变片式传感器大得多。

三、实验仪器

- 1、BH—4型半导体应变式荷重传感器一台。
- 2、JYW—8D型晶体管多路直流稳压电源一台。
- 3、UJ 24高电势直流电位差计一台。
- 4、10K Ω 多圈电位器一个。
- 5、加重支架一个和标准砝码若干。（加重支架结构与电阻应变式力传感器的加重支架相同）。

四、测量电路



BY—P：半导体应变片。

虚线框中为BH—4 荷重传感器

图(2) 仪器连接图

五、实验步骤与方法

- 1、阅读传感器使用说明书。
- 2、按图(2)联接仪器。
- 3、依次加载，分别记录直流电位差计读数。

载荷 (公斤)													
电荷差计读数	正												
	逆												

4、在坐标纸上画出传感器的特性曲线。

5、线性度计算。

6、心得与体会

实验三 差动变压器式位移传感器特性实验

一、实验目的

掌握并了解差动变压器式位移传感器的工作原理及输出特性。

二、实验要求

通过实验作出^差动变压器式位移测量仪的输出特性，找出线性范围。分析测量（线性）范围与精度的关系。给出由实验求得的差动变压器式位移测量仪的输出特性曲线和线性度。

三、实验仪器

新传感器厂生产的C W Z—60 F差动变压器式位移传感器一支。

该传感器厂生产的F X—212型位移变送器一台。

D Y J—2 A型数字电压表一台。

微动测量台架一台。

千分卡尺一支。

$500\Omega (\frac{1}{8})$ 标准电阻一支。

四、实验步骤和方法

1、仪器调零

① 将位移传感器夹紧在微动台架的滑架上，并用锁紧螺钉将滑架锁在立式导轨上使之不致因自重而下滑。将传感器与变送器接线连接起来。

② 接通变送器电源，指示灯亮。此时，变送器电流表指针若偏移零位，应微动滑架，即改变铁芯在线圈中的轴向位置，至到指针指零为止。