

浙江大学



本科实验报告

姓名:

学院: 生物医学工程与仪器科学学院

系: 生物医学工程

专业: 生物医学工程

学号:

指导教师: 陈凌翔

2025 年 3 月 13 日

浙江大学实验报告

课程名称： 生物医学传感与检测 实验类型：

实验项目名称： 电阻应变式传感器性能测试及其应用

指导老师： 陈凌翔

实验地点： 教7西裙楼 - 301 实验日期： 2025 年 3 月 13 日

一、实验目的和要求

- 1、观察了解金属箔式应变片的结构和粘贴方式；
- 2、测试悬臂梁变形的应变输出；
- 3、比较各种桥路的输出之间的关系。

二、实验内容和原理

应变片是一种将试件上的应变转换成电阻变化的传感元件。测试时将应变片用粘合剂牢固地粘贴在测试件表面上。当试件受力发生机械变形时，应变片随之变形，其电阻也发生相应变化。通过电桥电路将电阻变化转换为电压变化。

电阻应变效应的关系式为： $\Delta R/R = K \cdot \Delta l/l$

式中 $\Delta R/R$ 为应变片电阻的相对变化， K 为应变片电阻的灵敏系数， $\Delta l/l$ 为应变片长度的相对变化。

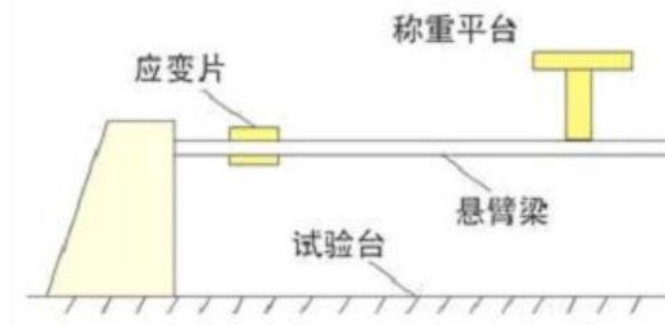


图 1. 1 应变式传感器示意图

三、主要仪器设备

双孔称重悬臂梁、金属箔式应变片（4 片，位于双孔称重悬臂梁上下表面）、砝码（5 个，每个 20g）、精密电阻 $R_1=R_2=R_3=350\ \Omega$ 、可变电阻 RW1、差动放大器、直流稳压电源、电压表（2V 量程）。

四、操作方法和实验步骤

1、单臂电桥

（1）差动变换（放大）器 I 调零：用导线将差动变换器 I 的 U_{in1} 、 U_{in2} 、地短接，将差动变换器 I 的输出端与电压表的输入端正（+）相连，电压表的负（-）端接地；开启电源，调节差动变换器 I 的增益到最大位置（顺时针旋转到底），调整差动放大器 I 的调零旋钮使电压表显示为零，关闭电源。

注意：在单臂、半桥和全桥实验中，放大器的增益要保持一致，不能改变，否则三种桥路输出电压没有可比性。

（2）根据图 1.2 接线，电源可采用 $\pm 5V$ ，电压表 2V 档。开启电源，缓慢调节电桥平衡网络中的 RW1 使电压表显示为零（单臂单桥电路由于单个传感器与电阻结合有比较明显的温漂及线路噪声，调零不易，需要通电运行 2 分钟之后方可稳定）。

（3）用手轻按一下应变片传感器上的托盘，松开手后观察差动放大器 I 输出是否 ≈ 0 ，如果不是，继续调节 RW1，使输出 ≈ 0 。反复操作这个步骤 2-3 遍即可。

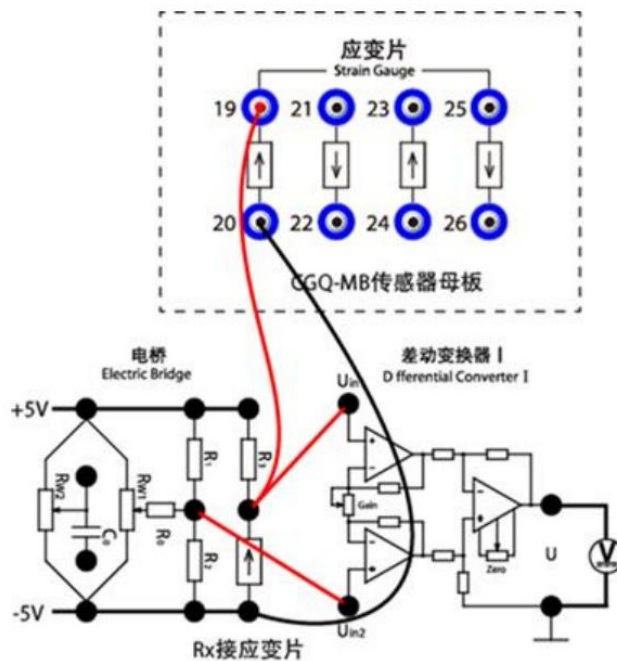


图 1. 2 单臂电桥接线参考图

(4) 将砝码逐个轻轻地放在应变片传感器的托盘上，注意不碰到导线以及实验仪的其他部位，每放一个砝码 $\Delta m=20\text{g}$ 记下一个电压数据。

2、半桥测量

按图 1.3 接线。从 RW1 调零开始，重复单臂电桥实验步骤，整理数据，作出 $U - m$ 曲线。

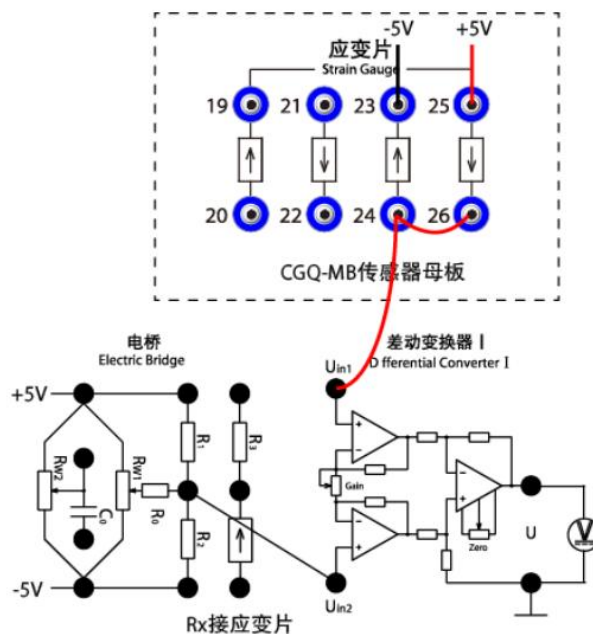


图 1. 3 半桥测量接线参考图

3、全桥测量

按图 1.4 接线。从 RW1 调零开始，重复单臂电桥实验步骤，整理数据，作出 $U - m$ 曲线。

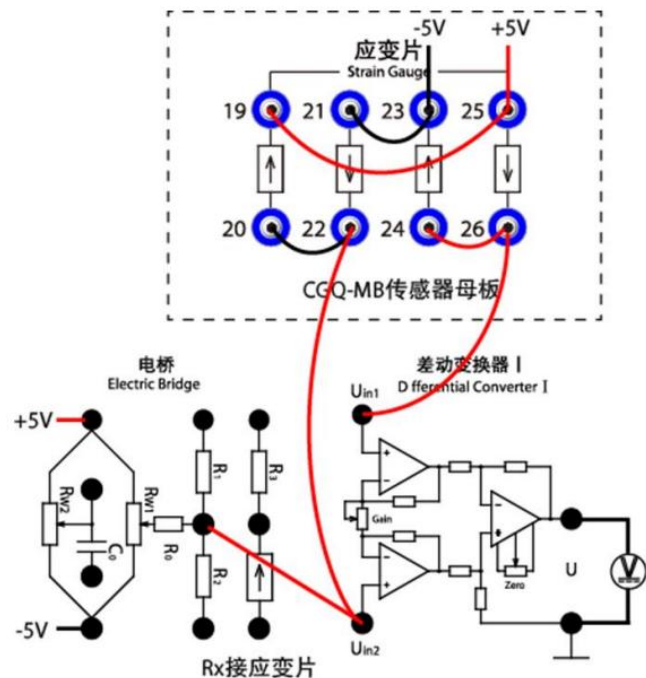


图 1. 4 全桥测量接线参考图

五、实验数据记录和处理

ΔU —— 电压变化值， ΔX —— 相应的砝码重量变化量；

表 1 金属箔式应变片性能——单臂电桥

X(g)	0	20	40	60	80	100
U(mV)	0	-5.5	-11.2	-17.2	-23.2	-29.2

表 2 金属箔式应变片性能——半桥测量

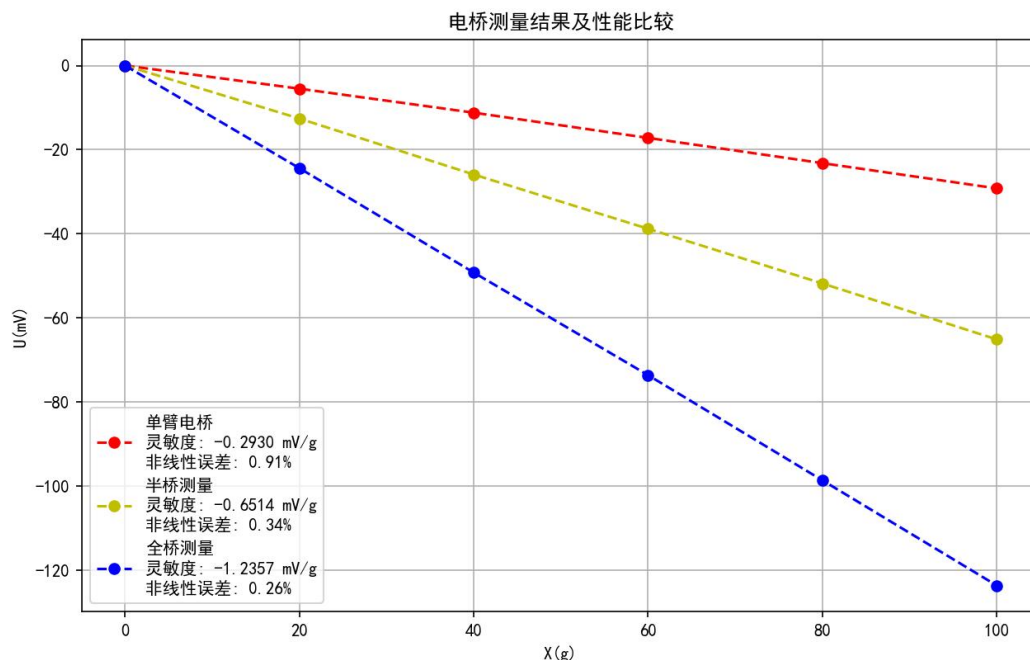
X(g)	0	20	40	60	80	100
U(mV)	0	-12.6	-25.9	-38.8	-51.8	-65.1

表 3 金属箔式应变片性能——全桥测量

X(g)	0	20	40	60	80	100
------	---	----	----	----	----	-----

U(mV)	0	-24.4	-49.2	-73.6	-98.6	-123.6
-------	---	-------	-------	-------	-------	--------

六、实验结果与分析



在同一坐标绘制三种接法的 $U-m$ 曲线后，明显发现全桥测量曲线斜率最大，灵敏度最高；单臂电桥曲线斜率最小，灵敏度最低，半桥测量介于两者之间，灵敏度比例接近 1:2:4，与理论推导一致。

非线性误差方面，尽管数据整体呈线性趋势，但单臂电桥因温漂、噪声影响，非线性误差相对明显；全桥测量因电路补偿更优，非线性误差最小。

七、讨论、心得

1、在同一坐标上画出三种接法的 $U-m$ 曲线，比较它们的灵敏度和非线性误差。

见上述分析过程，通过 Python 代码计算，已附于附录。

2、单臂、半桥和全桥实验测得的结果与理论推导相比较，结果如何？

见上述分析过程。

3、对桥路测量电路有何特别的要求？为什么？

(1) 更换应变片时应将电源关掉，以免损坏片子。连好电路再开启电源。

(2) 实验完毕，关闭电源，所有旋钮转到初始位置。

(3) 存在温漂，一组实验记录尽量在短时间内完成。

(4) 实验中需保持放大器增益一致，因增益变化会改变电压放大倍数，若不一致，桥路输出电压失去可比性，无法验证理论灵敏度关系。

(5) 调零是关键。单臂电桥受温漂、噪声影响，需通电稳定后调零。调零不准会导致初始电压偏差，影响数据准确性，无法真实反映应变与电压关系。

(6) 接线需牢固，避免接触不良或外部干扰（如砝码触碰导线）。干扰会引入测量误差，只有稳定的电路连接，才能确保结果真实反映桥路特性。

通过本次实验，我不仅深入理解了应变片与电桥电路原理，也掌握了性能分析方法，更意识到实验细节（如调零、增益控制）对结果准确性的重要性。这也是我们《生物医学传感与检测》的第一个实验，使我对传感技术有了一个大致地了解。