课程编号 1800440001-70

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **得分** | **教师签名** | **批改日期** |
|  |  |  |

**深 圳 大 学 实 验 报 告**

**课程名称：­ 大学物理实验（1）**

**实验名称： 电子秤的设计**

**学 院： 计算机与软件学院**

**指导教师： 张旭琳**

**报告人： 郭昌华 组号： 1**

**学号： 2022190025 实验地点： 致原楼214**

**实验时间： 2024 年 6 月 日**

**提交时间： 2024 年 6 月 日**

|  |
| --- |
| 1. 实验目的： 2. 了解金属箔式应变片的应变效应 3. 学习单臂电桥、半桥、全桥的工作原理 4. 了解差动放大器的工作原理 5. 设计电子秤系统 |
| 1. 实验原理：   **1、金属电阻的应变效应**  金属电阻的应变效应是指在外力作用下，金属丝发生机械形变时，其电阻值会发生变化。  泊松比是材料在单向受拉或受压时，横向应变和轴向正应变的绝对值的比值。泊松比可以描述金属电阻的应变效应。具体计算公式如下：  其中，负号表示当材料轴向被拉伸时，径向会变细。径向应变的计算公式为：  轴向应变 的计算公式为：  金属丝的电阻：  假设形变量为 ∆l，电阻变化量为 ∆R，则有：  又有：  将和代入泊松比：  最后，将上述计算结果代入应变效应公式  其中是电阻应变片的灵度系数，其计算公式为：  综上，我们可以得到金属丝电阻阻值与形变量之间的关系式：  **2、金属应变片**  金属应变片的基本构造如下图所示：    **图 1 金属应变片的基本构造**  其基本信息如下：  1）规格：60Ω，120Ω，350Ω，600Ω，1000Ω等  2）绝缘电阻：指已粘贴的应变片的引线与被测件之间的电阻值Rm。通常要求Rm在50~100MΩ以上。   1. 允许电流：静态测量时，一般为25mA；动态测量时，一般为75~100mA。   4）材料：康铜、镍铬合金、铁铬铝合金、铁镍铬合金、贵金属（铂、铂钨合金等）材料。  **双控悬架梁应变片的工作原理**  双控悬架梁应变片的粘贴方式如下图所示：    **图 2 双控悬架梁应变片粘贴示意图**  梁的上表面受拉，电阻片R1、R3受拉伸作用电阻增大；梁的下表面受压，R2、R4电阻减小。这样外力的作用通过梁的形变而使4个电阻值发生变化。  **2.3应变桥工作原理**  以下是几种不同的应变桥的接法示意图：    **图 3 单臂测量接线法（1/4桥） 图 4 双臂测量接线法（半桥） 图 5 四臂测量接线法（全桥）**  应变桥的工作原理图如下图所示：    **图 6 应变桥的电路原理图**  1）当物体受到外力作用或发生形变时，应变片（金属应变片）固定在物体上的位置会发生微小的形变或应变，应变片的电阻值发生变化。  2）在双控悬架梁应变片中，悬架梁的上表面受拉，电阻片R1和R3受拉伸作用，电阻增大；而悬架梁的下表面受压，电阻片R2和R4受压缩作用，电阻减小。  3）在这些电阻片连接成的应变桥电路中，电阻值的变化会引发电压的变化，通过测量两对桥臂中间节点之间的电压差𝜟𝑈来检测。  4）由于电压差比较微小，需要将其经过放大电路进行放大，以增强信号强度，从而方便并更精确测量。  5）最后，放大后的电压信号被传送到显示设备（如数显仪表或计算机），以显示物体的形变或受力情况。  **应变桥的工作原理：**  在电桥两端加上电压𝑼，通过测量两对桥臂中间节点之间的电压差𝜟𝑼，来确定电阻的微小变化。本实验中四个电阻（包括应变片在平衡电阻）接近相等，即  当四个应变片都接入电桥时，电子秤模块上放置砝码后，电阻𝑹𝟏和𝑹𝟑增大，𝑹𝟐和𝑹𝟒减小。因此，为了让𝜟𝑼能准确衡量电阻的变化，需要将一增一减的两个电阻接在相邻的桥臂上，同时增加（或减小）的两个电阻接在相对的桥臂上，如图所示。  则有：  理想情况下放置砝码前𝜟𝑼=𝟎𝑽。  假设放置砝码后，电阻的变化量为𝜟𝑹，(𝟎<𝜟𝑹≪𝑹)，则，  结合(2)式，考虑单臂、双臂和全臂电桥三种情况下𝜟𝑼与𝜟𝑹的关系。其中单臂桥指只接入一个应变片电阻，双臂桥的相邻两臂接入应变片，全臂桥指四个电阻均接入应变片。  1、单臂电桥：  2、双臂电桥：  3、全臂电桥：  四个电阻的阻值不是绝对相等，因此𝜟𝑼可写为， |
| 1. 实验仪器：   直流恒压源、九孔板1块、电子秤模块1个、差动放大器模块1个、22𝐊𝜴电位器模块1个、1𝐊𝜴电阻模块一个、350𝜴电阻模块3个、应变片转接盒模块4个、短接片2个、万用表1个、20𝒈砝码6个、导线若干。    图 7 实验仪器图片  其中的元器件分别为：  1、直流恒压源；2、九孔板；3、电子秤模块；4、差动放大器；5、 22𝐊𝜴电位器  6、电阻或转接盒；7、万用表；8、砝码；9、导线。   * 应变片：拉伸时电阻变大， 压缩时电阻变小 * 电子秤模块：放置砝码后，四个应变片的电阻变化：𝑹𝟏增大， 𝑹𝟐减小， 𝑹𝟑增大， 𝑹𝟒减小,四个电阻的变化量的绝对值接近相等。   电子秤背面：应变片电阻所在的上、下两个梁臂是连接在一起的，确保了四个应变片的等比例拉伸（或压缩）。中间固定横梁的作用是防止应变过大。   * 九孔板： 九孔板上有很多“田” 字格， 每个“田” 字格由互相联通的九个插口构成， 连线时插在任意一个孔均可。 * 应变片转接盒：两个独立插口，用来连接电子秤模块的应变片电阻。 * 差动放大器：由放大模块与调零模块组成。增益调到最大时可把𝜟𝑼放大100倍，便于用万用表测量。 * 短接片：用来把两个九宫格连接起来。   注意：  1、差动放大器两个模块许连接起来，即两个地线（GND）插在一个九宫格，两个参考电压（VREF）插在另一个九宫格。  2、转接盒、电阻和短接片只能插在两个九宫格之间。 |
| 1. 实验内容与步骤：   **1、单臂电桥**  1）把元件插在九孔板上：  把电位器、差动放大器，电阻和应变片转接盒按右图所示插在九孔板上，注意22K电位器的滑动端与1K电阻相连，电桥只有一个臂（R4位置）接入应变片；  2）连线：  a．把22K电位器的固定电阻的两端接到电源的±𝟒𝐕电压接口上；  b．把电桥两端也接到±𝟒𝐕电压接口上（为了让𝚫𝐔 为正，电桥的上端接+𝟒𝐕，下端接−𝟒𝐕）；  c．把差动放大器的V+和V-两处分别接到电源的+𝟏𝟓𝐕和−𝟏𝟓𝐕电压接口， 注意这里不可以反接；  d．把±𝟒𝐕和±𝟏𝟓𝐕电源的地线接到差动放大器的接地端；  e．把R4位置的应变片转接盒接到电子秤模块的R4上；  f．把万用表的地线接到差动放大器的地线端，万用表的火线接到差动放大器的输出端V0；  3）差动放大器调零：  a．把差动放大器的VP和VN两接口短接，把增益调到最大；  b．把万用表调到直流电压2V量程（如果显示超量程就先用20V）；  c．调节差动放大器的调零旋钮，使万用表测得的电压V0的值接近0V，小于1mV即可视为已调零；  4）调节电桥平衡：  a．差动放大器调零后，把差动放大器的VP和VN接口分别接到电桥右臂和左臂的中点，用转接盒连接（ VP和VN分别接右侧和左侧，是为了使𝜟𝑼为正，便于记录）；  b．调节22K电位器，使万用表的测得的电压值接近0V， 小于5mV即可视为已调零，可近似认为电桥平衡；  5）测量差动放大器输出电压𝜟𝑼与砝码个数的关系：  a．电桥平衡后，记录此时的电压值，即0个砝码时的𝜟𝑼，填入表1；  b．逐个增加砝码，记录对应的𝜟𝑼，填入表格1；  **2、双臂电桥**  1）在单臂电桥电路的基础上，把R3替换为应变片电阻R3；  2）按单臂电桥步骤的第4.2步调节电桥平衡；  3）测量𝜟𝑼与砝码个数的关系，记录表格2；  **3、全臂电桥**  1）在双臂电桥电路的基础上，把R1和R2替换为应变片电阻的R1和R2；  2）按相同方法调节电桥平衡；  3）测量𝜟𝑼与砝码个数的关系，记录表格3；   1. 数据记录表： 2. **单臂电桥**  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 砝码个数 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | 砝码质量 (g) | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | | ΔU(mV) 上行 | 0.4 | 9.2 | 19.1 | 29.2 | 38.9 | 48.1 | 58.1 | | ΔU(mV) 下行 | 0.9 | 9.6 | 18.1 | 28.1 | 37.8 | 48.4 | 58.2 | | ΔU(mV) 平均 | 0.65 | 9.4 | 18.6 | 28.65 | 38.35 | 48.25 | 58.15 |  1. **双臂电桥**  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 砝码个数 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | 砝码质量 (g) | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | | ΔU(mV) 上行 | 0.0 | 18.2 | 36.4 | 56.7 | 75.6 | 94.8 | 113.4 | | ΔU(mV) 下行 | 0.8 | 17.9 | 37.2 | 55.9 | 75.2 | 93.8 | 113.3 | | ΔU(mV) 平均 | 0.4 | 18.05 | 26.8 | 56.3 | 75.4 | 94.3 | 113.35 |  1. **全桥**  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 砝码个数 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | 砝码质量 (g) | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | | ΔU(mV) 上行 | 0.0 | 36.1 | 74.5 | 112.8 | 151.2 | 188.8 | 226.6 | | ΔU(mV) 下行 | 0.7 | 36.9 | 74.8 | 112.8 | 151.0 | 188.7 | 226.8 | | ΔU(mV) 平均 | 0.35 | 36.5 | 74.65 | 112.8 | 151.1 | 188.75 | 226.7 | |
| 1. 数据处理： 2. 1/4电桥的电桥电压与质量的关系曲线，并曲线拟合，得出电桥的灵敏度值和电子秤的零点误差；     灵敏度表示传感器在稳态工作情况下输出量变化量Ay对输入量变化量Ax的  比值，在这里可用理论拟合直线的斜率代替。  因此可得电桥的灵敏度值为：0.4792  类似的，电子秤的零点误差可由理论拟合直线的截距体现。  因此电子秤的零点误差为：   1. 半桥的电桥电压与质量的关系曲线，并曲线拟合，得出电桥的灵敏度值和电子秤的零点误差；     由理论拟合直线，可得：  电桥的灵敏度值为：0.9413  电子秤的零点误差为：   1. 全桥的电桥电压与质量的关系曲线，并曲线拟合，得出电桥的灵敏度值和电子秤的零点误差。     由理论拟合直线，可得：  电桥的灵敏度值为：  电子秤的零点误差为： |
| 1. 实验结论：   本次实验通过搭建单臂、双臂和全桥应变桥电路，测量了电子秤模块在不同砝码质量下的输出电压变化，并分析了不同桥路结构对灵敏度和零点误差的影响。  实验数据表明，随着砝码质量的增加，应变片电阻的变化量也随之增大，验证了金属电阻的应变效应。具体而言：   * 单臂电桥的输出电压变化量与砝码质量呈线性关系，灵敏度为 0.4792 mV/g，零点误差为 0.4328 mV。 * 双臂电桥的输出电压变化量与砝码质量呈线性关系，灵敏度为 0.9413 mV/g，零点误差为 0.4492 mV。 * 全桥电桥的输出电压变化量与砝码质量呈线性关系，灵敏度为 1.8860 mV/g，零点误差为 0.1018 mV。   实验结果表明，全桥电路的灵敏度最高，单臂电路的灵敏度最低，这与理论推导结果一致。全桥电路能够将应变片电阻变化量放大，从而提高灵敏度。同时，全桥电路的零点误差最小，说明其能够有效地抑制噪声和误差。 |
| 1. 思考题： 2. 分析哪些因素会导致电子秤的非线性误差增大，怎么消除；   子秤非线性误差增大的原因主要有传感器不完美、机械变形、温度变化、电源电压波动和校准不当。要减少这类误差，可以这样做：   1. 选好传感器：用高质量、线性好的传感器。 2. 机械加固：确保秤体结实，减少变形。 3. 控温：控制使用环境温度，或用能补偿温度影响的设备。 4. 稳定电源：使用稳定电源供电。 5. 精准校准：经常做多点校准，确保各个重量都准。 6. 维护保养：定期检查和维护电子秤。 7. 若要增加输出灵敏度，可以采取哪些措施？   1 更换运算放大器、传感器等。  2 增加电源电压、增加桥臂。   1. 确保电子秤使用环境无强电磁干扰。 2. 定期维护，保持秤体清洁，避免灰尘和异物影响传感器的响应。 |
| 指导教师批阅意见：  成绩评定：     |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **预习**  （20分） | **操作及记录**  （40分） | **数据处理及思考题**（40分） | | | **报告整体**  **印 象** | **总分** | | 数据处理  20分 | 结果与讨论10分 | 思考题  10分 | |  |  |  |  |  |  |  | |

**原始数据记录表：**

**组号：\_\_\_\_\_1\_\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_郭昌华\_\_\_\_\_\_**

1. **单臂电桥**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 砝码个数 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 砝码质量 (g) | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
| ΔU(mV) 上行 |  |  |  |  |  |  |  |
| ΔU(mV) 下行 |  |  |  |  |  |  |  |

1. **双臂电桥**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 砝码个数 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 砝码质量 (g) | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
| ΔU(mV) 上行 |  |  |  |  |  |  |  |
| ΔU(mV) 下行 |  |  |  |  |  |  |  |

1. **全桥**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 砝码个数 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 砝码质量 (g) | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
| ΔU(mV) 上行 |  |  |  |  |  |  |  |
| ΔU(mV) 下行 |  |  |  |  |  |  |  |