课程编号 1800440001（76）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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（一）**

**实验名称： 电子秤的设计**

**学 院： 计算机与软件学院**

**指导教师： 田冰冰**

**报告人： 邓瑞霖 组号： 4**

**学号 2024150040 实验地点 致原楼214**

**实验时间： 2025 年 4 月 18 日**

**提交时间： 2025年4 月18日**

|  |
| --- |
| 一、实验目的  1.了解金属箔式应变片的应变效应  2.学习单臂电桥、半桥、全桥的工作原理  3.了解差动放大器的工作原理  4.设计电子秤系统 |
| 二、实验原理  2.1金属电阻的应变效应：  金属丝在外力作用下发生机械形变时，其电阻值会发生变化  2.2应变桥工作原理：  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，  R1=R2=R3=R4=R (1)  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：  ΔU=U( - ) (2)  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，  ΔR1=ΔR3=ΔR, ΔR2=ΔR4=−ΔR (3)  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：R4=R4+ΔR4,  ΔU=U( − )=U≈U  2. 双臂电桥：R3=R3+ΔR3, R4=R4+ΔR4,  ΔU=U( − )=U  3. 全臂电桥：R1=R1+ΔR1, R2=R2+ΔR2, R3=R3+ΔR3, R4=R4+ΔR4,  ΔU=U( − )=U  四个电阻的阻值不是绝对相等，因此ΔU可写为，  ΔU=( - - - ) |
| 三、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 |
| 四、实验内容：  （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：   2.1.把22K电位器的固定电阻的两端接到电源的±4V电压接口上；  2.2.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）；  2.3.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；  2.4.把±4V和±15V电源的地线接到差动放大器的接地端；  2.5.把R4位置的应变片转接盒接到电子秤模块的R4上；  2.6.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：  3.1.把差动放大器的VP和VN两接口短接，把增益调到最大；  3.2.把万用表调到直流电压2V量程（如果显示超量程就先用20V）；  3.3.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：  4.1.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）；  4.2.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：  5.1.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；  5.2.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； |
| 五、数据记录：  组号： 2 ；姓名 杨皓翔  **表1 单臂电桥的数据记录（注：平均值取了绝对值）**   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **砝码个数** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | | **砝码质量 (g)** | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | | **上行** | 2.37 | -7.57 | -17.48 | -27.33 | -37.35 | -47.25 | -57.14 | | **下行** | 2.00 | -7.88 | -17.72 | -27.61 | -37.51 | -47.45 | -57.28 | | **平均** | 2.19 | 7.73 | 17.60 | 27.47 | 37.43 | 47.35 | 57.21 |   **表2 双臂电桥数据记录（注：平均值取了绝对值）**   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **砝码个数** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | | **砝码质量 (g)** | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | | **上行** | 1.07 | -18.51 | -38.06 | -57.62 | -77.30 | -97.00 | -116.68 | | **下行** | 1.63 | -18.01 | -37.76 | -57.40 | -77.04 | -96.86 | -116.60 | | **平均** | 1.65 | 18.26 | 37.91 | 57.51 | 77.17 | 96.93 | 116.64 |   **表3 全臂电桥数据记录（注：平均值取了绝对值）**   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **砝码个数** | **0** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | | **砝码质量 (g)** | 0 | 20 | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | | **上行** | 1.95 | -36.67 | -75.55 | -114.38 | -152.95 | -191.50 | -230.40 | | **下行** | 2.47 | -36.15 | -75.05 | -113.84 | -152.75 | -191.46 | -230.30 | | **平均** | 2.21 | 36.41 | 75.30 | 114.11 | 152.85 | 191.48 | 230.35 | |
| **六、数据处理**    由图可知，只把单臂接入应变片时，电桥的灵敏度约0.472 mV/g。电子秤的零点误差为-0.160 mV。    由图可知，把双臂接入应变片时，电桥的灵敏度约0.967 mV/g，约为单臂电桥灵敏度的2倍。本次设计的电子秤的零点误差为-0.015 mV。    由图可知，全臂电桥的灵敏度1.914 mV/g，约为单臂电桥灵敏度的4倍。本次设计的电子秤的零点误差为-0.196 mV。 |
| **七、结果陈述：**  由数据分析可知，所有电桥实验中，放置砝码后，电桥输出电压ΔU发生明显变化。随着砝码个数的增加，ΔU的绝对值呈现出线性增长的趋势，单臂电桥电压每次大约变化9mv，双臂18~20mv，全臂约40mv，且各电桥的灵敏度比较：全臂电桥>双臂电桥>单臂电桥。 |
| **八、实验总结与思考题**  通过本次实验，我们成功实现了基于应变片的电子秤系统的设计，并掌握了应变片、电桥电路和差动放大器的工作原理及其在电子秤设计中的应用。实验结果表明，全臂电桥是设计高精度电子秤的理想选择。  **思考题：**  **1.导致电子秤非线性误差增大的可能因素：**   1. 应变片的非线性特性：应变片本身可能存在一定的非线性特性，导致输出电阻与外力之间不是完全线性关系。 2. 电桥电路的不平衡：电桥电路中的电阻值可能不是完全相等，导致电桥在平衡状态下仍存在一定的输出电压。 3. 温度影响：温度变化可能导致应变片和电阻的阻值发生变化，从而影响电桥的输出。 4. **消除误差的方法：** 5. 选择线性度好的应变片，尽量减小其非线性特性对测量结果的影响。 6. 精确调整电桥电路中的电阻值，确保电桥在平衡状态下输出电压接近零。 7. 采用温度补偿措施，如使用温度系数小的电阻材料或在电路中加入温度补偿电路，以减小温度变化对测量结果的影响。 8. **增加输出灵敏度的措施：** 9. 选择灵敏度高的应变片，以提高电桥电路对电阻变化的敏感性。 10. 增大电桥的供电电压，以提高输出电压的幅度。 11. 优化差动放大器的设计，提高其放大倍数和带宽，以更好地放大电桥的输出信号。 |
| 指导教师批阅意见： |
| 成绩评定：     |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **预习**  （20分） | **操作及记录**  （40分） | 数据处理与结果陈述30分 | 思考题  10分 | **报告整体**  **印 象** | **总分** | |  |  |  |  |  |  | |