

高等学校精品课程教材系列



传感器原理实验

谭建军 孙玲姣 郎建勋 主编



科学出版社

高等学校精品课程教材系列

传感器原理实验

谭建军 孙玲姣 郎建勋 主编

科学出版社

北京

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

内 容 简 介

本书是针对电子信息科学技术和电气工程专业开设的传感器类课程编写的一本实验教材,其主要实验项目包括:金属箔式应变片;压阻式传感器;移相器和相敏检波器;互感式传感器;磁电式传感器;光电式传感器等实验。本书通过对传感器的基本工作原理的简要概述,给出了实验内容及要求和步骤。实验不涉及太多的先进测量技术,而是着眼于理解最基本的测量原理,通过学习使学生建立扎实的学科基础。为培养学生的独立思考和工作能力,实验中还包含部分综合设计性实验,且每个实验的最后都有思考题让同学讨论。

本书可作为各高等院校理工科及高职、中职电子信息科学与技术专业、电气工程及其自动化专业、计算机科学与技术专业等开设的“传感器技术”课程的配套实验教材或参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

传感器原理实验/谭建军,孙玲姣,郎建勋主编. —北京:科学出版社,2015.1
高等学校精品课程教材系列
ISBN 978-7-03-042626-0

I. ①传… II. ①谭… ②孙… ③郎… III. ①传感器-实验-高等学校-教材 IV. ①TP212-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第277454号

责任编辑:张颖兵 闫 陶/责任校对:肖 婷

责任印制:高 嵘/封面设计:苏 波

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

武汉首壹印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

开本:787×1092 1/16

2015年2月第 一 版 印张:7 1/2

2015年2月第一次印刷 字数:156 000

定价:22.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

《传感器原理实验》是针对电子信息科学技术和电气工程专业开设的传感器类课程编写的一本实验教材。

为加强对学生实践能力的培养,使学生更好地理解实验原理,了解实验内容,并对实验过程和结果有所思考,本书对传感器的基本工作原理进行了简要概述,并给出了实验内容、实验要求和步骤。实验不涉及太多的先进测量技术,而是着眼于最基本的测量原理,通过学习使学生建立扎实的学科基础。为培养学生的独立思考和工作能力,实验中还包含部分综合设计性实验,且每个实验的最后都有思考题供学生讨论。

实验教材是针对杭州赛特传感器技术有限公司设计研制的 SET-998 型传感器系统综合实验仪编写的,仪器配用一台双踪示波器,可以进行多项实验内容;设计性实验中给定器件后学生可以根据实验要求自己动手设计,是一种实践性、综合性较强的实验方式。大部分实验内容与电子测量技术相结合,实验与实验之间既有学科联系,又互相独立,同时具有一定的系统性。

为满足传感器课程多内容、多专业、多层次的要求,实验教材在《SET 系列传感器系统实验仪实验指南》的基础上,把实验分为基础性实验、综合设计性实验和趣味性实验,这些实验对于培养学生解决实际问题的能力和设计能力可起到抛砖引玉的作用。本书如有不足之处,请大家给予指正和修改。

《传感器原理实验》共有 38 个实验,其主要实验项目包括:金属箔式应变片、压阻式传感器、移相器和相敏检波器、互感式传感器、磁电式传感器、光电式传感器等实验。

编者
2015 年 1 月

目 录

第一章 传感器实验的操作规程及相关要求	1
第二章 SET-998 型传感器系统综合实验仪简介	2
第三章 基础性实验项目	7
实验一 金属箔式应变片——单臂电桥性能实验	7
实验二 金属箔式应变片——半桥性能实验	11
实验三 金属箔式应变片——全桥性能实验	13
实验四 交流全桥性能测试实验	15
实验五 扩散硅压阻式压力传感器实验	17
实验六 差动变面积式电容传感器的静态及动态特性实验	20
实验七 差动变压器(互感式)的性能实验	22
实验八 差动螺管式(自感式)传感器的静态位移性能实验	25
实验九 电涡流传感器位移实验	28
实验十 被测体材料对电涡流传感器特性的影响实验	31
实验十一 压电式传感器的动态响应实验	33
实验十二 热电偶实验	37
实验十三 霍尔式传感器实验	42
实验十四 磁电式传感器实验	45
实验十五 光纤传感器位移特性实验	47
实验十六 光纤传感器测量振动实验	51
第四章 综合设计性实验项目	53
实验一 直流全桥的应用——电子秤的设计	53
实验二 交流全桥的应用——电子秤的设计	55
实验三 差动螺管式(自感式)传感器的应用——振幅测量的设计	57
实验四 差动变压器(互感式)的应用——振幅测量实验	59
实验五 差动变压器(互感式)的应用——电子秤的设计	60
实验六 电涡流传感器的应用——振幅测量的设计	62
实验七 电涡流传感器的应用——电子秤的设计	64
实验八 霍尔传感器的应用——电子秤的设计	65
实验九 光敏电阻基本特性实验的设计	67
实验十 光电开关的转速测量设计	68
实验十一 力平衡式传感器的设计	69

第五章 趣味性实验项目	71
实验一 移相器实验	71
实验二 相敏检波器实验	73
实验三 差动变压器(互感式)零点残余电压的补偿	76
实验四 差动变压器(互感式)的标定	78
实验五 电涡流式传感器的静态标定	80
实验六 PN 结温度传感器测温实验	82
实验七 热敏电阻实验	84
实验八 硅光电池实验	85
实验九 湿敏电阻实验	86
实验十 热释电传感器实验	87
实验十一 气敏传感器实验	89
附录	92
附录一 电路原理图	92
附录二 传感器安装示意图	103
附录三 微机数据采集系统软件使用说明	105
部分思考题答案	111
参考文献	113

第一章 传感器实验的操作规程及相关要求

传感器实验的过程是理论联系实际的过程。在实验中,首先要明确应用已学理论知识来指导实验,即从理论上掌握实验项目的工作原理、电路结构和电路的基本特性;用理论知识来指导实验操作,预测实验的现象和结果,并和实际现象及数据进行比较得出结论,找出实验现象和结果与理论的差别,分析这些差别产生的主要原因,找出减少或消除这些差别的方法,从而提高分析问题和解决问题的能力。

传感器实验的完整过程一般包括实验前预习、实验室实验、实验数据分析及实验报告处理这3个阶段,每个阶段的要求具体如下。

1. 实验前预习

每次实验前学生都要预习。预习包括认真阅读实验指导书,明确实验目的及重点难点,了解实验原理,设计实验步骤,思考实验思考题等,并在预习过程中写出预习报告。通过课前预习可避免实验时的盲目性,提高实验效率,更好地理解 and 掌握理论知识。

2. 实验室实验

进入实验室后,要自觉遵守实验室的各项规章制度,保证实验室有良好的实验秩序和卫生,要注意人身安全和设备的安全使用。

严禁带电接、拆线或改接电路。在实验操作时,应该先按实验方案接好电路,检查无误后再通电。要认真操作,仔细观察实验现象,准确记录实验现象和实验数据(包括波形)。在操作过程中,当发现有接线错误或改接电路时,应先断电,再进行改接。拆线时,也应先断电,再进行拆线。如果发现实验有异常现象,要分析原因,排除故障(应记录现象、原因和排除故障的方式)。如果发生安全事故,则应立即切断电源,并报告实验辅导教师或实验管理员进行处理。

做完实验后,将实验记录送实验辅导教师审阅,在实验辅导教师允许后再拆除线路,整理好实验台后方可离开实验室。

3. 实验数据分析及实验报告处理

处理实验报告是对实验进行总结和提高的过程,通过处理实验报告可以加深对实验现象和内容的理解,更好地将理论和实际结合起来,达到实验的目的。实验报告包含以下内容。

- (1) 实验基本信息,如实验名称、实验项目、实验日期、使用仪器及编号。
- (2) 实验数据的整理,画出测试波形,列出数据表格或测试曲线。
- (3) 分析实验所得数据或波形,作出简要的结论,对实验误差进行简单分析。
- (4) 分析实验中出现的故障或问题,总结排除故障或解决问题的方法,可提出改进实验的意见与建议。
- (5) 回答思考题。

实验报告要求层次分明,书写整洁,简明扼要,所画表格、曲线要符合规范。

第二章 SET-998 型传感器系统综合实验仪简介

一、实验仪的组成

实验仪主要由四部分组成:传感器安装台、显示与激励源、传感器符号及引线单元、处理电路单元。

(1) 传感器安装台:装有双平行振动梁(应变片、热电偶、PN 结、热敏电阻、加热器、压电传感器、梁自由端的磁钢)、激振线圈、双平行梁测微头、光纤传感器的光电变换座、光纤及探头、小机电、电涡流传感器及支座、电涡流传感器引线 $\Phi 3.5$ 插孔、霍尔传感器的两个半圆磁钢、振动平台(圆盘)测微头及支架、振动圆盘(圆盘磁钢、激振线圈、霍尔片、电涡流检测片、差动变压器的可动芯子、电容传感器的动片组、磁电传感器的可动芯子)、半导体扩散硅压阻式差压传感器、气敏传感器及湿敏元件安装盒,热释电传感器、光电开关、硅光电池、光敏电阻元件安装盒,具体安装部位参看附录二。

(2) 显示与激励源:电机控制单元、主电源、直流稳压电源($\pm 2 \sim \pm 10 \text{ V}$,分 5 挡调节)、F/V 数字显示表(可作为电压表和频率表)、(5~500 mV)、音频振荡器、低频振荡器、 $\pm 15 \text{ V}$ 不可调稳压电源。

(3) 传感器符号及引线单元:所有传感器(包括激振线圈)的引线都从内部引到这个单元上的相应符号中,实验时传感器的输出信号(包括激振线圈引入低频激振器信号)按符号从这个单元插孔引线。

(4) 处理电路单元:由电桥单元、差动放大器、电容变换放大器、电压放大器、移相器、相敏检波器、电荷放大器、低通滤波器、涡流变换器等单元组成。

SET-998 实验仪上配置一台双线(双踪)通用示波器可做几十种实验,教师也可以利用传感器及处理电路开发实验项目。

二、主要技术参数、性能及说明

1. 传感器安装台部分

双平行振动梁的自由端及振动圆盘下面均装有磁钢,通过各自测微头或激振线圈,接入低频激振器 V。可进行静态或动态测量。

应变梁采用不锈钢片,双梁结构端部有较好的线性位移(或采用标准双孔悬臂梁传感器应变梁)。

(1) 差动变压器(电感式):量程大于等于 5 mm,直流电阻为 5~10 Ω ,由一个初级、两个次级线圈绕制而成的透明空心线圈,铁芯为软磁铁氧体。

(2) 电涡流位移传感器:量程大于等于 1 mm,直流电阻为 1~2 Ω ,由多股漆包线绕制的扁

平线圈与金属涡流片组成。

(3) 霍尔式传感器:量程大于等于 $\pm 2\text{ mm}$,激励源端口直流电阻为 $800\sim 1\,500\ \Omega$,输出端口直流电阻为 $300\sim 500\ \Omega$,采用日本 JVC 公司生产的线性半导体霍尔片,它置于环形磁钢构成的梯度磁场中。

(4) 热电偶:直流电阻为 $10\ \Omega$ 左右,由两个铜-康铜热电偶串接而成,分度号为 T,冷端温度为环境温度。

(5) 电容式传感器:量程大于等于 $\pm 2\text{ mm}$,是由两组定片和一组动片组成的差动变面积式电容。

(6) 热敏电阻:半导体热敏电阻 NTC,温度系数为负, $25\text{ }^\circ\text{C}$ 时为 $10\text{ k}\Omega$ 。

(7) 光纤传感器:由多模光纤、发射、接收电路组成的导光型传感器,线性范围 $\geq 2\text{ mm}$ 。红外线发射、接收,直流电阻为 $500\sim 2\,500\ \Omega$, 2×60 股 Y 形、半圆分布。

(8) 半导体扩散硅压阻式压力传感器:最大量程为 10 kPa (差压),供电电压小于等于 6 V ,美国摩托罗拉公司生产的 MPX 型压阻式差压传感器。

(9) 压电加速度计:由 PZT-5 压电晶片和铜质量块构成,谐振频率大于等于 10 kHz ,电荷灵敏度 $q\geq 20\text{ pC/g}$ 。

(10) 应变式传感器:箔式应变片电阻值为 $350\ \Omega$,应变系数为 2,平行梁上梁的上表面和下梁的下表面对应地贴有 4 片应变片,受力工作片分别用符号“ \uparrow ”和“ \downarrow ”表示。在 910、998B 型仪器中,横向所贴的两片为温度补偿片,用符号“ \leftarrow ”、“ \rightarrow ”表示。

(11) PN 结温度传感器:利用半导体 PN 结良好的线性温度电压特性制成的测温传感器能直接显示被测温度,灵敏度为 $-2.1\text{ mV}/^\circ\text{C}$ 。

(12) 磁电式传感器: $0.21\phi\times 1\,000$,直流电阻 $30\sim 40\ \Omega$,由线圈和动铁(永久磁钢)组成,灵敏度达到 $0.5\text{ V}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$ 。

(13) 气敏传感器:MQ3(酒精),测量范围为 $50\sim 200\text{ ppm}$ 。

(14) 湿敏电阻:高分子薄膜电阻型(RH),阻值为几千欧到几兆欧,响应时间为吸湿、脱湿小于 10 s ,温度系数是 $0.5\text{ RH}\%/^\circ\text{C}$,测量范围为 $10\%\sim 95\%$,工作温度为 $0\sim 50\text{ }^\circ\text{C}$ 。

(15) 光电开关(反射型)。

(16) 光敏电阻:CdS 材料,阻值为几欧到几兆欧。

(17) 硅光电池:Si 日光型。

(18) 热释电红外传感器:远红外式。

2. 信号及变换

(1) 电桥:用于组成直流电桥,提供组桥插座、标准电阻和交直流调平衡网络。

(2) 差动放大器:通频带 $0\sim 10\text{ kHz}$,可接成同相、反相差动结构,增益为 $1\sim 100$ 倍的直流放大器。

(3) 电容变换器:由高频振荡、放大和双 T 电桥组成的处理电路。

(4) 电压放大器:增益约为 5 倍,同相输入,通频带 $0\sim 10\text{ kHz}$ 。

(5) 移相器:允许最大输入电压 $10V_{pp}$,移相范围 $\geq \pm 20^\circ$ (5 kHz 时)。

(6) 相敏检波器:可检波电压频率 $0\sim 10\text{ kHz}$,允许最大输入电压 $10V_{pp}$,极性反转整形电

路与电子开关构成检波电路。

(7) 电荷放大器:电容反馈型放大器,用于放大压电传感器的输出信号。

(8) 低通滤波器:由 50 Hz 陷波器和 RC 滤波器组成,转折频率为 35 Hz 左右。

(9) 涡流变换器:输出电压 ≥ 8 V(探头离开被测物),变频调幅式变换电路,传感器线圈是振荡电路中的电感元件。

(10) 光电变换座:由红外发射、接收管组成。

3. 两套显示仪表

(1) 数字式电压/频率表:3 位半显示,电压范围为 0~2 V、0~20 V,频率范围分别为 3~2 000 Hz、10~20 000 Hz,灵敏度 ≤ 50 mV。

(2) 指针式毫伏表:85C1 表,分 500 mV、50 mV、5 mV 三挡,精度达到 2.5%。

4. 两种振荡器

(1) 音频振荡器:0.4~10 kHz 输出连续可调, V_{pp} 值为 20 V,输出连续可调,180°、0°反相输出,LV 端最大功率输出电流为 0.5 A。

(2) 低频振荡器:1~30 Hz 输出连续可调, V_{pp} 值为 20 V,输出连续可调,最大输出电流达到 0.5 A, V_i 端可用做电流放大器。

5. 两套悬臂梁、测微头

双平行式悬臂梁两副(其中一副为应变梁,另一副装在内部,与振动圆盘相连),梁端装有永久磁钢、激振线圈和可拆卸式螺旋测微头,可进行位移与振动实验(右边圆盘式工作台由激振 I 带动,左边平行式悬臂梁由激振 II 带动)。

6. 电加热器两组

由电热丝组成,加热时可获得高于环境温度 30 °C 左右的升温。

7. 测速电机一组

由可调的低噪声高速轴流风扇组成,与光电开关、光纤传感器配合进行测速。

8. 两组稳压电源

直流 ± 15 V,主要作为实验时的加热电源提供适宜的温度,最大激励 1.5 A。 $\pm 2\sim\pm 10$ V 分五挡输出,最大输出电流为 1.5 A,提供直流激励源。

9. 计算机连接与处理

数据采集卡:12 位 A/D 转换,采样速度 10 000 点/s,采样速度可控制,采样形式多样。采用标准 RS-232 接口,与计算机串行工作。

提供良好的计算机显示界面与方便实用的处理软件,以便进行实验项目的选择与编辑、数据采集、数据处理、图形分析与比较、文件存取打印。

使用仪器时打开电源开关,检查交、直流信号源及显示仪表是否正常。仪器下部面板左下角处的开关为控制处理电路 ± 15 V 的工作电源,进行实验时请勿关掉,为保证仪器正常工作,严禁 ± 15 V 电源间的相互短路,建议平时将这两个输出插口封住。

指针式毫伏表工作前需对地短路调零,取掉短路线后指针有所偏转是正常现象,不影响测试。

请用户注意,本仪器是实验性仪器,各电路完成的主要实验目的是对各传感器测试电路作

定性验证,而非工业应用型的传感器定量测试。

三、各电路和传感器性能建议通过以下实验检查是否正常

(1) 应变片及差动放大器,进行单臂、半桥和全桥实验,各应变片是否正常可用万用表电阻挡在应变片两端测量。各接线图两个节点间即一实验接插线,接插线可多根叠插。

(2) 热电偶,接入差动放大器,打开“加热”开关,观察随温度升高热电势的变化。

(3) 热敏式,进行热敏传感器实验,电热器加热升温,观察随温度升高电阻两端的阻值变化情况,注意热敏电阻是负温度系数。

(4) PN 结温度传感器,进行 PN 结温度传感器测温实验,注意电压表 2 V 挡显示值为绝对温度 T 。

(5) 进行移相器实验,用双踪示波器观察两通道波形。

(6) 进行相敏检波器实验,相敏检波器端口序数规律为从左至右,从上到下,其中 5 端为参考电压输入端。

(7) 进行电容式传感器特性实验,当振动圆盘带动动片上下移动时,电容变换器 V_c 端电压应正负过零变化。

(8) 进行光纤传感器-位移测量,光纤探头可安装在原电涡流线圈的横支架上固定,端面垂直于镀铬反射片,旋动测微仪带动反射片位置变化,从差动放大器输出端读出电压变化值。

(9) 进行光纤(光电)式传感器测速实验,从 F/V 表 F_c 端读出频率信号。 F/V 表置 2K 挡。

(10) 将低频振荡器输出信号送入低通滤波器输入端,输出端用示波器观察,注意根据低通输出幅值调节输入信号大小。

(11) 进行差动变压器性能实验,检查电感式传感器性能,实验前要找出次级线圈同名端,次级所接示波器为悬浮工作状态。

(12) 进行霍尔式传感器直流激励特性实验,直流激励信号不能大于 2 V。

(13) 进行磁电式传感器实验,磁电传感器两端接差动放大器输入端,用示波器观察输出波形。

(14) 进行电压加速度传感器实验,此实验与上述第 11 项内容均无定量要求。

(15) 进行电涡流传感器的静态标定实验,其中示波器观察波形端口应在涡流变换器的左上方,即接电涡流线圈处,右上端端口为输出经整流后的直流电压。

(16) 进行扩散硅压力传感器实验,注意 MPX 压力传感器为差压输出,故输出信号有正、负两种。

(17) 进行气敏传感器特性实验,观察输出电压变化。

(18) 进行湿敏传感器特性演示实验。

(19) 进行光敏电阻实验。

(20) 进行硅光电池实验。

(21) 进行光电开关(反射)实验。

(22) 进行热释电传感器实验。以上第 17 项起实验均为演示性质,无定量要求。

(23) 如果仪器是带微机接口和实验软件的,请参阅《微机数据采集系统软件使用说明》。数据采集卡已装入仪器中,其中 A/D 转换器是 12 位转换器。

仪器后部的 RS-232 接口与计算机串行口相接,信号采集前请正确设置串口,否则计算机将收不到信号。

仪器工作时需要良好地接地,以减弱干扰信号,关尽量远离电磁干扰源。仪器的型号不同,传感器种类不同,则检查项目也会有所不同。

上述检查及实验能够完成,则整台仪器各部分均为正常。

实验时请注意实验指导书中的实验内容后的注意事项,要在确认接线无误的情况下再开启电源,要尽量避免电源短路情况的发生,实验工作台上各传感器部分如位置不太正确可松动调节螺丝稍作调整,用手按下振动梁再松手,各部分能随梁上下振动而无碰擦为宜。

本实验仪器需防尘,以保证实验接触良好,仪器正常工作温度为 $0\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

第三章 基础性实验项目

实验一 金属箔式应变片——单臂电桥性能实验

一、实验目的

- (1) 了解 SET 型传感器系统实验仪的结构。
- (2) 了解金属箔式应变片和单臂单桥的工作原理和工作情况。
- (3) 验证单臂的测量结果。

二、结构和原理

应变式传感器包括两个主要部分：一是弹性敏感元件，利用它把被测的物理量(如力矩、扭矩、压力、加速度等)转化为弹性体的应变值；另一个是应变片，作为传感元件将应变转换为电阻值的变化。

金属电阻应变片常见的形式有金属丝式、箔式、薄膜式。金属箔式应变片的线栅由很薄的金属箔片制成，箔片厚度在 0.003~0.01 mm，箔片材料为康铜、镍铬合金。箔式应变片的优点是表面积与截面积之比大，散热较好。

1. 应变效应

导体或半导体材料在受到外界力(拉力或压力)作用时，将产生机械变形，机械变形会导致其阻值变化，这种因形变而使其阻值发生变化的现象称为应变效应。

因为导体或半导体的电阻 $R = \rho \frac{L}{A}$ 与电阻率及其几何尺寸有关，当导体或半导体受外力作用时，这三者都会发生变化，所以会引起电阻的变化。通过测量阻值的大小，就可以反映外界作用力的大小。本实验采用金属导体，引起其阻值变化的主要因素是机械形变。

2. 金属应变片的基本结构

如图 3-1 所示，将金属电阻丝粘贴在基片上，上面覆盖一层薄膜，使之变成一个整体。图中 1 为引线，2 为覆盖层，3 为基片，4 为高电阻率合金电阻丝， L 为敏感栅长度， b 为敏感栅的宽度。

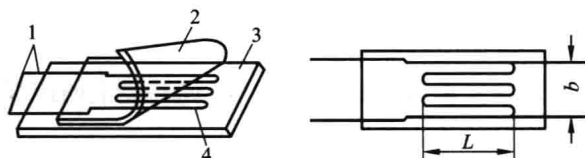


图 3-1 电阻丝应变片的结构示意图

金属电阻应变片主要有丝式应变片和箔式应变片两种结构形式。其中本实验用的箔式应变片如图 3-2 所示,是利用光刻、腐蚀等工艺制成的一种很薄的金属箔栅,其厚度一般为 0.003~0.010 mm。



图 3-2 金属箔式电阻应变片的结构

实验中采用梁式力传感器,如图 3-3 所示,其结构为等截面梁。弹性元件为一端固定的悬臂梁,力作用在自由端,在距载荷点一定距离的上下表面分别贴上 R_1 、 R_2 、 R_3 和 R_4 电阻应变片,此时若 R_1 、 R_3 受拉,则 R_2 、 R_4 受压,两者发生极性相反的等量应变。

3. 测量电路

用于测量因应变而引起电阻变化的电桥电路通常有直流电桥和交流电桥两种。本实验分析直流电桥,对于直流电桥,设定 $R_1 = R_2$, $R_3 = R_4$,发生形变时对于各应变片有 $\Delta R_1 = \Delta R_2 = \Delta R_3 = \Delta R_4$ 。

若使第一桥臂 R_1 由应变片来替代,如图 3-4 所示,则电桥的输出电压为 $U_0 = \frac{1}{4} E \frac{\Delta R_1}{R_1}$,电桥电压灵敏度为 $K_v = \frac{1}{4} E$ 。

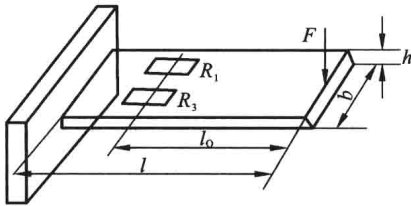


图 3-3 梁式力传感器

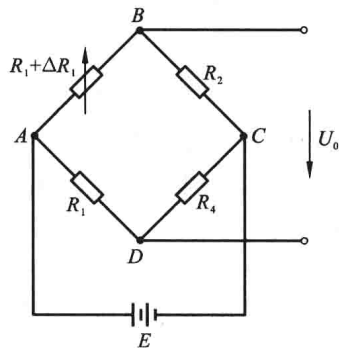


图 3-4 直流单臂电桥电路

三、实验内容

1. 实验所需单元及部件

直流稳压电源,电桥,差动放大器,双孔悬臂梁称重传感器,砝码,一片应变片,直流电压表(F/V表),主、副电源。

2. 实验步骤

(1) 了解所需单元、部件在实验仪上的所在位置,观察梁上的应变片,应变片为棕色衬底箔式结构小方薄片,上下两片梁的外表各贴两片受力应变片。

(2) 将差动放大器调零,用连线将差动放大器的正(+)、负(-)、地短接。将差动放大器的输出端与 F/V 表的输入插口 Vi 相连;开启主、副电源;调节差动放大器的增益到最大位置,

然后调整差动放大器的调零旋钮使 F/V 表显示为零,关闭主、副电源。

(3) 根据图 3-5 接线, R_1 、 R_2 、 R_3 为电桥单元的固定电阻; $R_4 = R_x$ 为应变片。将稳压电源的切换开关置 $\pm 4\text{ V}$ 挡, F/V 表置 20 V 挡。开启主、副电源, 调节电桥平衡网络中的 W_1 , 使 F/V 表显示为零, 等待数分钟后将 F/V 表置 2 V 挡, 再调电桥 W_1 (慢慢地调), 使 F/V 表显示为零。

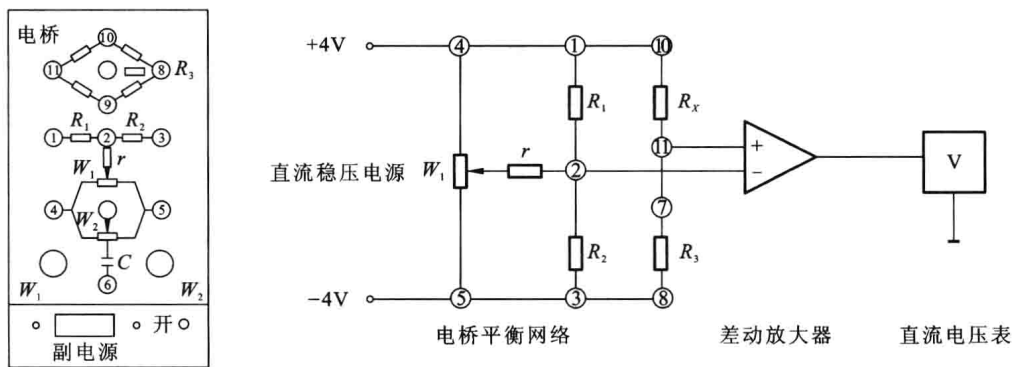


图 3-5 应变片直流电桥电路

(4) 在传感器上放一个砝码, 记下此时的电压数值, 然后每增加一个砝码即 $\Delta m = 20\text{ g}$, 记下一个数值, 并将这些数值填入表 3-1 中。

表 3-1 砝码质量及电压数据表

砝码个数	0	1	2	3	4	5
$\Delta m/\text{g}$	0	20	40	60	80	100
V/mV						

(5) 在步骤(4)的基础上每减少一个砝码, 重复步骤(4)一次, 并将测量数值填入表 3-2 中。

表 3-2 砝码质量及电压数据表

砝码个数	5	4	3	2	1	0
$\Delta m/\text{g}$	100	80	60	40	20	0
V/mV						

(6) 在同一坐标上描绘出正反行程 $\Delta m-V$ 曲线。

(7) 观察正反行程的测量结果, 解释输入/输出曲线不重合的原因。

3. 实验注意事项

(1) 电桥上端虚线所示的 4 个电阻实际并不存在。

(2) 在更换应变片时应关闭电源。

(3) 为确保实验过程中输出指示不溢出, 可先将砝码加至最大重量, 如指示溢出, 适当减小差动放大增益, 此时差动放大器不必重调零。

(4) 实验过程中如发现电压表过载, 应将量程扩大。

(5) 直流电源不可随意加大, 以免损坏应变片。

(6) 做此实验时应将低频振荡器的幅度调至最小, 以减小其对直流电桥的影响。

(7) 实验完成后,必须先关闭主、副电源,再拆去实验连线(注意:拆去实验连线时,手要从连线头部的插头拉起,以免拉断实验连接线)。

四、思考题

- (1) 本实验电路对直流稳压电源和对放大器有何要求?
- (2) 根据 $\Delta m-V$ 曲线计算两种接法的灵敏度 $K = \Delta V / \Delta m$,说明灵敏度与哪些因素有关。
- (3) 根据所给的差动放大器电路原理图(见附表一),分析其工作原理,说明它为什么既能作为差动放大器,又可作为同相或反相放大器。

实验二 金属箔式应变片——半桥性能实验

一、实验目的

- (1) 了解金属箔式应变片和半桥的工作原理和工作情况。
- (2) 验证半臂的测量结果。

二、结构和原理

本实验的结构同实验一。

本实验采用金属导体,引起其阻值变化的主要因素是机械形变。用于测量因应变而引起电阻变化的电桥电路通常有直流电桥和交流电桥两种,本实验仍分析直流电桥。对于直流电桥,设定 $R_1 = R_2, R_3 = R_4$, 发生形变时各应变片 $\Delta R_1 = \Delta R_2 = \Delta R_3 = \Delta R_4$ 。

若相邻两桥臂 R_1, R_2 由应变片来替代,如图 3-6 所示半桥差动电路,则电桥的输出电压为 $U_0 = \frac{1}{2} E \frac{\Delta R_1}{R_1}$, 电桥电压灵敏度为 $K_V = \frac{1}{2} E$ 。

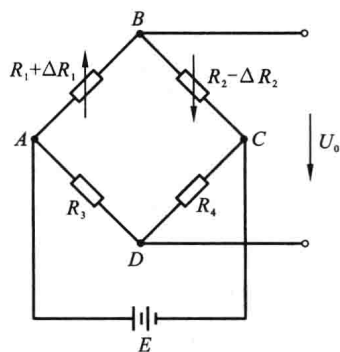


图 3-6 直流半桥电路

三、实验内容

1. 实验所需单元及部件

直流稳压电源,差动放大器,电桥,直流电压表(F/V表),双孔悬臂梁称重传感器,应变片,砝码,主、副电源。

2. 实验步骤

(1) 了解所需单元、部件在实验仪上的所在位置,观察梁上的应变片,应变片为棕色衬底箔式结构小方薄片,上下两片梁的外表各贴两片受力应变片。

(2) 将差动放大器调零,用连线将差动放大器的正(+)、负(-)、地短接。将差动放大器的输出端与F/V表的输入插口Vi相连;开启主、副电源;调节差动放大器的增益到最大位置,然后调整差动放大器的调零旋钮使F/V表显示为零,关闭主、副电源。

(3) 根据图 3-5 接线。 R_1, R_2 为电桥单元的固定电阻; $R_1 = R_2$ 为应变片, R_3 为与 R_4 工作状态相反的另一应变片即取两片受力方向不同的应变片形成半桥。将稳压电源的切换开关置 $\pm 4\text{V}$ 挡,F/V表置 20V 挡。开启主、副电源,调节电桥平衡网络中的 W_1 ,使 F/V 表显示为零,等待数分钟后将 F/V 表置 2V 挡,再调电桥 W_1 (慢慢地调),使 F/V 表显示为零。

(4) 在传感器上放一个砝码,记下此时的电压数值,然后每增加一个砝码即 $\Delta m = 20\text{g}$,记下一个数值,并将这些数值填入表 3-3 中。