



临沂大学优秀校本教材

张伟 主编

传感器与自动检测技术 实验指导书

**The Experiment Guidebook of the Sensor
and the Automatic Detection Technology**



山东人民出版社

Shandong People's Publishing House



临沂大学优秀校本教材

传感器与自动检测技术实验指导书

The Experiment Guidebook of the Sensor and the Automatic Detection Technology

张 伟 主 编



山东人民出版社

Shandong People's Publishing House

图书在版编目(CIP)数据

传感器与自动检测技术实验指导书 / 张伟主编.
—济南: 山东人民出版社, 2013. 5
ISBN 978-7-209-07318-9

I. ①传… II. ①张… III. ①传感器—实验②自
动检测—实验 IV. ①TP212-33 ②TP274-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 099898 号

责任编辑: 杨刚

装帧设计: 彭路

传感器与自动检测技术实验指导书

张 伟 主编

山东出版集团

山东人民出版社出版发行

社 址: 济南市经九路胜利大街 39 号 邮 编: 250001

网 址: <http://www.sd-book.com.cn>

发行部: (0531) 82098027 82098028

新华书店经销

山东临沂新华印刷物流集团印装

规 格 16 开(184mm × 260mm)

印 张 10.75

字 数 235 千字

版 次 2013 年 5 月第 1 版

印 次 2013 年 5 月第 1 次

ISBN 978-7-209-07318-9

定 价 21.50 元

如有印装质量问题, 请与印刷单位联系调换。电话: (0539) 2925888

临沂大学教材建设指导委员会

主 任：姜同松

成 员：（以姓氏笔画为序）

王统永 毛红旗 孔繁金 申洪源 任世忠 江兆林 全先庆
许汝贞 孙成通 孙成明 朱文玉 李洪忠 张立富 张问银
张根柱 陈学营 陈建国 林光哲 周光亮 郑秀文 赵 勇
赵光怀 徐东升 奚凤兰 谢 楠 彭文修

前 言

传感器与自动检测技术实验教材主要用于各大、中专院校及职业院校开设的“传感器原理与技术”“自动化检测技术”“非电量电测技术”“工业自动化仪表与控制”“机械量电测”等课程的实验教学，本教材主要依据学校现有的 CSY—2000 系列传感器与检测技术试验仪进行编制。

CSY 系列传感器与检测技术实验台上采用的大部分传感器虽然是教学传感器（透明结构便于教学），但其结构与线路是工业应用的基础，希望通过实验帮助广大学生加强对书本知识的理解，并在实验的进行过程中，通过信号的拾取、转换、分析，掌握作为一个科技工作者应具有的基本的操作技能与动手能力。

CSY—2000 与 CSY—3000 系列传感器与检测技术实验台是为适应不同类别、不同层次的专业需要的模块化的新产品。

其优点在于：

能适应不同专业的需要，不同专业可以有不同的菜单。

能适应不断发展的形势，作为信息拾取的工具，传感器发展很快，可以不断补充新型的传感器模板。

指导教师和学生自己可以开发与组织新实验，可以利用主控台的共用源用于学生课程设计、毕业设计和自制装置。

本书中加星号（★）的实验为综合型或设计型实验，加三角号（△）的实验为增强型或提高型实验，其他实验为基础型实验。

由于编写时间仓促，水平所限，本实验指导书难免有疏漏谬误之处，热切期望实验指导老师与学生们，能提出宝贵意见。

CSY—2000 系列传感器与检测技术实验台

说 明 书

一、实验台的组成

CSY—2000 系列传感器与检测技术实验台由主机箱、温度源、转动源、振动源、传感器、相应的实验模板、数据采集卡及处理软件、实验台桌等组成。

1. 主机箱：提供高稳定的 $\pm 15\text{V}$ 、 $\pm 5\text{V}$ 、 $+5\text{V}$ 、 $\pm 2\text{V} \sim \pm 10\text{V}$ （步进可调）、 $+2\text{V} \sim +24\text{V}$ （连续可调）直流稳压电源；音频信号源（音频振荡器） $1\text{KHz} \sim 10\text{KHz}$ （连续可调）；低频信号源（低频振荡器） $1\text{Hz} \sim 30\text{Hz}$ （连续可调）；气压源 $0 \sim 20\text{KPa}$ （可调）；温度（转速）智能调节仪；计算机通信口；主机箱面板上装有电压、频率转速、气压、计时器数显表；漏电保护开关等。其中，直流稳压电源、音频振荡器、低频振荡器都具有过载切断保护功能，在排除接线错误后重新开机恢复正常工作。

2. 振动源：振动台振动频率 $1\text{Hz} \sim 30\text{Hz}$ 可调（谐振频率 9Hz 左右）。

转动源：手动控制 $0 \sim 2400$ 转/分；自动控制 $300 \sim 2400$ 转/分。

温度源：常温 -180°C 。

3. 传感器：基本型有电阻应变式传感器、扩散硅压力传感器、差动变压器、电容式位移传感器、霍尔式位移传感器、霍尔式转速传感器、磁电转速传感器、压电式传感器、电涡流传感器、光纤传感器、光电转速传感器（光电断续器）、集成温度（AD590）传感器、K 型热电偶、E 型热电偶、Pt100 铂电阻、Cu50 铜电阻、湿敏传感器、气敏传感器共 18 个。

增强型：基本型基础上可选配扭矩传感器、超声位移传感器、PSD 位置传感器、CCD 电荷耦合器件、光栅位移传感器、红外热释电传感器、红外夜视传感器、指纹传感器等。

4. 实验模板：基本型有应变式、压力、差动变压器、电容式、霍尔式、压电式、电涡流、光纤位移、温度、移相/相敏检波/低通滤波共十块模板。增强型增加与选配传感器配套的实验模板。

5. 数据采集卡及处理软件，另附。

6. 实验台：尺寸为 $1600\text{mm} \times 800\text{mm} \times 750\text{mm}$ ，实验台桌上预留了计算机及示波器安放位置。

二、电路原理

实验模板电路原理已印刷在模板的面板上，实验接线图参见书中的具体实验内容。

三、使用方法

1. 开机前将电压表显示选择旋钮打到 2V 档；电流表显示选择旋钮打到 200mA 档；步进可调直流稳压电源旋钮打到 $\pm 2V$ 档；其余旋钮都打到中间位置。
2. 将 AC 220V 电源线插头插入市电插座中，合上电源开关，数显表显示 0000，表示实验台已接通电源。
3. 做每个实验前应先阅读实验指南，每个实验均应在断开电源的状态下按实验线路接好连接线（实验中用到可调直流电源时，应在该电源调到实验值后再接到实验线路中），检查无误后方可接通电源。
4. 合上调节仪（温度开关）电源开关，调节仪的 PV 显示测量值；SV 显示设定值。
5. 合上气源开关，气泵有声响，说明气泵工作正常。
6. 数据采集卡及处理软件使用方法另附说明。

四、仪器维护及故障排除

1. 维护

- (1) 防止硬物撞击、划伤实验台面；防止传感器及实验模板跌落地面。
- (2) 实验完毕要将传感器、配件、实验模板及连线全部整理好。

2. 故障排除

- (1) 开机后数显表都无显示，应查 AC 220V 电源有否接通；主机箱侧面 AC 220V 插座中的保险丝是否烧断。如都正常，则更换主机箱中主机电源。
- (2) 转动源不工作，则手动输入 +12V 电压，如不工作，更换转动源；如工作正常，应查调节仪设置是否准确；控制输出 V_o 有无电压，如无电压，更换主机箱中的转速控制板。
- (3) 振动源不工作，检查主机箱面板上的低频振荡器有无输出，如无输出，更换信号板；如有输出，更换振动源的振荡线圈。
- (4) 温度源不工作，检查温度源电源开关有否打开；温度源的保险丝是否烧断；调节仪设置是否准确。如都正常，则更换温度源。

五、注意事项

1. 在实验前务必详细阅读实验指南。
2. 严禁用酒精、有机溶剂或其他具有腐蚀性溶液擦洗主机箱的面板和实验模板面板。
3. 请勿将主机箱的电源、信号源输出端与地（ $\perp$ ）短接，因短接时间长易造成电路故障。
4. 请勿将主机箱的 $\pm$ 电源引入实验模板时接错。
5. 在更换接线时，应断开电源，只有在确保接线无误后方可接通电源。
6. 实验完毕后，请将传感器及实验模板放回原处。

7. 如果实验台长期未通电使用，在实验前先通电 10 分钟预热，再检查按一次漏电保护按钮是否有效。

8. 实验接线时，要握住手柄插拔实验线，不能拉扯实验线。

CSY—3000 系列传感器与检测技术实验台

说明书

CSY—3000 系列传感器与检测技术实验台是在 2000 系列的基础上加常用的光电探测器实验,主要用于各大专院校、中专及职业技术学院开设的“自动检测技术”“传感器原理与技术”“工业自动化控制”“非电量电测技术”“光电检测技术”等课程的教学实验。它是采用最新推出的模块化结构的产品。实验台上采用的大部分传感器虽然是教学传感器(透明结构便于教学),但其结构与线路是工业应用的基础。希望通过实验帮助广大学生加强对书本知识的理解,并在实验的进行过程中通过信号的拾取、转换、分析、掌握作为一个科技工作者应具有的基本的操作技能与动手能力。

一、实验台的组成

CSY—3000 系列传感器与检测技术实验台由主机箱、温度源、转动源、振动源、传感器、相应的实验模板、数据采集卡及处理软件、实验台桌等组成。

1. 主机箱:提供高稳定的 $\pm 15\text{V}$ 、 $\pm 5\text{V}$ 、 $+5\text{V}$ 、 $\pm 2\text{V} \sim \pm 10\text{V}$ (步进可调)、 $+2\text{V} \sim +24\text{V}$ (连续可调)直流稳压电源;直流恒流源 $0.6\text{mA} \sim 20\text{mA}$ 可调;音频信号源(音频振荡器) $1\text{KHz} \sim 10\text{KHz}$ (连续可调);低频信号源(低频振荡器) $1\text{Hz} \sim 30\text{Hz}$ (连续可调);气压源 $0 \sim 20\text{KPa}$ (可调);温度(转速)智能调节仪(开关置内为温度调节、置外为转速调节);计算机通信口;主机箱面板上装有电压、电流、频率转速、气压、光照度数显表;漏电保护开关等。其中,直流稳压电源、音频振荡器、低频振荡器都具有过载切断保护功能,在排除接线错误后重新开机一下才能恢复正常工作。

2. 振动源:振动台振动频率 $1\text{Hz} \sim 30\text{Hz}$ 可调(谐振频率 9Hz 左右)。

转动源:手动控制 $0 \sim 2400$ 转/分;自动控制 $300 \sim 2400$ 转/分。

温度源:常温 -150°C 。

3. 传感器:基本型有电阻应变式传感器、扩散硅压力传感器、差动变压器、电容式位移传感器、霍尔式位移传感器、霍尔式转速传感器、磁电转速传感器、压电式传感器、电涡流传感器、光纤传感器、光电转速传感器(光电断续器)、集成温度传感器、K 型热电偶、E 型热电偶、Pt100 铂电阻、Cu50 铜电阻、湿敏传感器、气敏传感器、光照度探头、纯白高亮发光二极管、红外发光二极管、光敏电阻、光敏二极管、光敏三极管、硅光电池、反射式光电开关共 26 个(其中 2 个光源)。

增强型:基本型基础上可选配扭矩传感器、超声位移传感器、PSD 位置传感器、CCD 电荷耦合器件、光栅位移传感器、红外热释电传感器、红外夜视传感器、指纹传

传感器等。

4. 实验模板：基本型有应变式、压力、差动变压器、电容式、霍尔式、压电式、电涡流、光纤位移、温度、移相/相敏检波/低通滤波模板、光电器件（一）、光开关共十二块模板。增强型增加与选配传感器配套的实验模板。

5. 数据采集卡及处理软件，另附。

6. 实验台：尺寸为 $1600 \times 800 \times 750\text{mm}$ ，实验台桌上预留了计算机及示波器安放位置。

二、电路原理

实验模板电路原理已印刷在模板的面板上，实验接线图参见书中的具体实验内容。

三、使用方法

1. 开机前将电压表显示选择旋钮打到 2V 档；电流表显示选择旋钮打到 200mA 档；步进可调直流稳压电源旋钮打到 $\pm 2\text{V}$ 档；其余旋钮都打到中间位置。

2. 将 AC 220V 电源线插头插入市电插座中，合上电源开关，数显表显示 0000，表示实验台已接通电源。

3. 做每个实验前应先阅读实验指南，每个实验均应在断开电源的状态下按实验线路接好连接线（实验中用到可调直流电源时，应在该电源调到实验值后再接到实验线路中），检查无误后方可接通电源。

4. 合上调节仪（温度开关）电源开关，调节仪的 PV 显示测量值；SV 显示设定值。

5. 合上气源开关，气泵有声响，说明气泵工作正常。

6. 数据采集卡及处理软件使用方法另附说明。

四、仪器维护及故障排除

1. 维护

(1) 防止硬物撞击、划伤实验台面；防止传感器及实验模板跌落地面。

(2) 实验完毕要将传感器、配件、实验模板及连线全部整理好。

2. 故障排除

(1) 开机后数显表都无显示，应查 AC 220V 电源有否接通；主机箱侧面 AC 220V 插座中的保险丝是否烧断。如都正常，则更换主机箱中主机电源。

(2) 转动源不工作，则手动输入 $+12\text{V}$ 电压，如不工作，更换转动源；如工作正常，应查调节仪设置是否准确；控制输出 V_o 有无电压，如无电压，更换主机箱中的转速控制板。

(3) 振动源不工作，检查主机箱面板上的低频振荡器有无输出，如无输出，更换信号板；如有输出，更换振动源的振荡线圈。

(4) 温度源不工作，检查温度源电源开关有否打开；温度源的保险丝是否烧断；

调节仪设置是否准确。如都正常，则更换温度源。

五、注意事项

1. 在实验前务必详细阅读实验指南。
2. 严禁用酒精、有机溶剂或其他具有腐蚀性溶液擦洗主机箱的面板和实验模板面板。
3. 请勿将主机箱的电源、信号源输出端与地（ $\perp$ ）短接，因短接时间长易造成电路故障。
4. 请勿将主机箱的±电源引入实验模板时接错。
5. 在更换接线时，应断开电源，只有在确保接线无误后方可接通电源。
6. 实验完毕后，请将传感器及实验模板放回原处。
7. 如果实验台长期未通电使用，在实验前先通电 10 分钟预热，再检查按一次漏电保护按钮是否有效。
8. 实验接线时，要握住手柄插拔实验线，不能拉扯实验线。

CONTENTS | 目 录

前 言 /1

CSY—2000 系列传感器与检测技术实验台说明书 /1

CSY—3000 系列传感器与检测技术实验台说明书 /4

实验一 金属箔式应变片——单臂电桥性能实验 /1

实验二 金属箔式应变片——半桥性能实验 /5

实验三 金属箔式应变片——全桥性能实验 /8

实验四 金属箔式应变片单臂、半桥、全桥性能比较★ /11

实验五 直流全桥的应用——电子秤实验★ /13

实验六 金属箔式应变片的温度影响实验 /15

实验七 交流全桥的应用——振动测量实验★ /17

实验八 压阻式压力传感器的压力测量实验 /20

实验九 差动变压器的性能实验 /23

实验十 激励频率对差动变压器特性的影响 /27

实验十一 差动变压器零点残余电压补偿实验★ /29

实验十二 差动变压器的应用——振动测量实验★ /31

实验十三 电容式传感器的位移实验 /34

实验十四 直流激励时霍尔式传感器位移特性实验 /36

实验十五 交流激励时霍尔式传感器的位移实验 /38

实验十六 霍尔测速实验 /41

实验十七 磁电式转速传感器测速实验 /43

- 实验十八 压电式传感器测振动实验 /45
- 实验十九 电涡流传感器位移实验 /47
- 实验二十 被测体材质对电涡流传感器特性影响 /49
- 实验二十一 被测体面积大小对电涡流传感器的特性影响实验 /52
- 实验二十二 电涡流传感器测量振动实验★ /54
- 实验二十三 电涡流传感器转速测量★ /56
- 实验二十四 光纤传感器的位移特性实验 /57
- 实验二十五 光电转速传感器测速实验 /59
- 实验二十六 利用光电传感器控制电机转速★ /61
- 实验二十七 温度源的温度控制调节实验★ /76
- 实验二十八 Pt100 铂电阻测温特性实验 (1) /81
- 实验二十九 Pt100 铂电阻测温特性实验 (2) /84
- 实验三十 铜热电阻测温特性实验 (1) /87
- 实验三十一 铜热电阻测温特性实验 (2) /90
- 实验三十二 K 热电偶测温性能实验 /93
- 实验三十三 J 热电偶测温性能实验 /97
- 实验三十四 K 热电偶冷端温度补偿实验★ /101
- 实验三十五 J 电偶冷端温度补偿实验★ /104
- 实验三十六 E 热电偶测温性能实验 (1) /107
- 实验三十七 E 热电偶测温性能实验 (2) /111
- 实验三十八 集成温度传感器 (AD590) 温度特性实验 (1) /115
- 实验三十九 集成温度传感器 (AD590) 温度特性实验 (2) /118
- 实验四十 气敏传感器实验 /121
- 实验四十一 湿敏传感器实验 /123
- 实验四十二 数据采集系统实验——静态采集举例[△] /126
- 实验四十三 数据采集系统实验——动态采集举例[△] /128
- 实验四十四 发光二极管 (光源) 的照度标定实验[△] /130
- 实验四十五 光敏电阻特性实验 /133
- 实验四十六 光敏二极管的特性实验 /136
- 实验四十七 光敏三极管特性实验 /139

实验四十八 硅光电池特性实验	/142
实验四十九 光电开关实验 [△]	/144
实验五十 PSD 位移传感器对压电片振动特性测量 [△]	/146
实验五十一 超声波测距实验 [△]	/149
附录 1 Cu50 铜电阻分度表	/152
附录 2 Pt100 铂电阻分度表	/153
附录 3 K 型热电偶分度表	/154
附录 4 E 型热电偶分度表	/155
附录 5 J 型热电偶分度表	/156
参考文献	/157

金属箔式应变片 ——单臂电桥性能实验

一、实验目的

了解金属箔式应变片的应变效应，单臂电桥工作原理和性能。

二、基本原理

导体或半导体材料在外界力的作用下，会产生机械变形，其电阻值也将随着发生变化，这种现象称为应变效应。电阻应变传感器主要由电阻应变片、弹性元件及测量转换电桥电路等组成。

描述电阻应变效应的关系式 $\Delta R/R = K\epsilon$ 式中： $\Delta R/R$ 为电阻丝电阻相对变化， K 为应变灵敏系数， $\epsilon = \Delta L/L$ 为电阻丝长度相对变化。金属箔式应变片就是通过光刻、腐蚀等工艺制成的应变敏感元件，通过它转换被测部位受力状态变化。电桥的作用完成电阻到电压的比例变化，电桥的输出电压反映了相应的受力状态。对单臂电桥输出电压 $U_{o1} = EK\epsilon/4$ 。

单臂半桥：四个桥臂中，只有一个电阻的电阻可变， R_2 为应变片， R_3 、 R_4 为固定电阻（低温漂的锰合金电阻）桥路的输出电压如图 1-1。

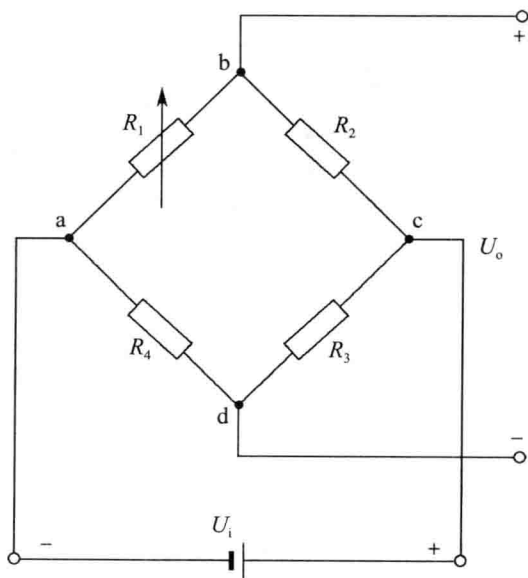


图 1-1 单臂电桥原理电路

三、需用器件与单元

主机箱（ $\pm 4V$ 、 $\pm 15V$ 、电压表）、应变式传感器实验模板、托盘、砝码、4 位数显万用表（自备）。

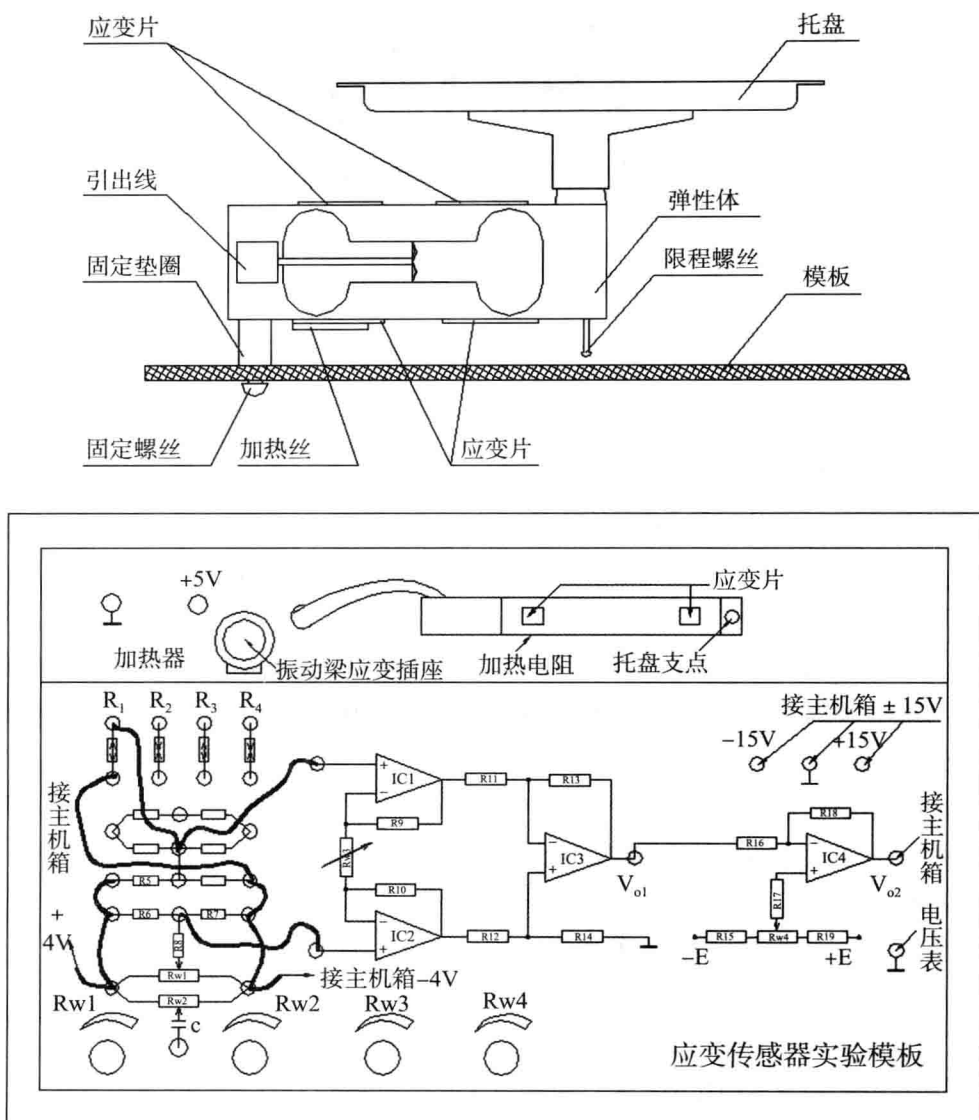


图 1-2 应变片单臂电桥性能实验安装、接线示意图

四、实验步骤

应变传感器实验模板说明：

实验模板中的 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 为应变片，没有文字标记的 5 个电阻符号下面

是空的，其中 4 个组成电桥模型是为实验者组成电桥方便而设，图中的粗黑曲线表示连接线。

1. 根据图 1-2 安装接线。〔应变式传感器（电子秤传感器）已装于应变传感器模板上。传感器中 4 片应变片和加热电阻已连接在实验模板左上方的 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 和加热器上。传感器左下角应变片为 R_1 ；右下角为 R_2 ；右上角为 R_3 ；左上角为 R_4 。当传感器托盘支点受压时， R_1 、 R_3 阻值增加， R_2 、 R_4 阻值减小，可用四位半数显万用进行测量判别。常态时应变片阻值为 350Ω ，加热丝电阻值为 50Ω 左右。〕

2. 放大器输出调零：将图 1-2 实验模板上放大器的两输入端口引线暂时脱开，再用导线将两输入端短接（ $V_i=0$ ）；调节放大器的增益电位器 R_{W3} 大约到中间位置（先逆时针旋到底，再顺时针旋转 2 圈）；将主机箱电压表的量程切换开关打到 2V 档，合上主机箱电源开关；调节实验模板放大器的调零电位器 R_{W4} ，使电压表显示为零。

3. 应变片单臂电桥实验：拆去放大器输入端口的短接线，将暂时脱开的引线复原（见图 1-2 接线图）。调节实验模板上的桥路平衡电位器 R_{W1} ，使主机箱电压表显示为零；在应变传感器的托盘上放置一只砝码，读取数显表数值，依次增加砝码和读取相应的数显表值，直到 200g（或 500 g）砝码加完。记下实验结果填入表 1-1，并画出正向实验曲线。然后把砝码依次拿下来，并记录相应的数显表的值，把结果记入表 1-2 中，并画出反向特性曲线。

表 1-1

重量 (g)										
电压 (mv)										

表 1-2

重量 (g)										
电压 (mv)										

4. 根据表 1 计算系统灵敏度 $S=\Delta U/\Delta W$ （ ΔU 输出电压变化量， ΔW 重量变化量）和非线性误差 δ ， $\delta=\Delta m/y_{FS}\times 100\%$ 式中 Δm 为输出值（多次测量时为平均值）与拟合直线的最大偏差； y_{FS} 满量程输出平均值，此处为 200g（或 500g）。根据正向特性和反向特性曲线，分析传感器的磁滞特性。

实验完毕，关闭电源。

五、思考题

1. 单臂电桥时，作为桥臂电阻应变片应选用：（1）正（受拉）应变片；（2）负（受压）应变片；（3）正、负应变片均可以。