



“十二五”高等学校专业教材建设工程

汽车实验教程

(上册)

QICHE SHIYAN JIAOCHENG

主 编 石 晶 段 敏



東北大學出版社
Northeastern University Press



“十二五”高等学校专业教材建设工程

汽车实验教程

(上册)

主编 石晶 段敏

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 石晶 段敏 2013

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车实验教程: 全2册 / 石晶, 段敏主编. —沈阳: 东北大学出版社, 2013. 7
ISBN 978-7-5517-0409-0

I. ① 汽… II. ① 石… ② 段… III. ① 汽车工程—实验—教材 IV. ① U46-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 185971 号

内 容 提 要

《汽车实验教程》紧密结合高等院校本科及高职高专汽车类专业的教材, 吸收多所院校先进的教学方法和实践教学经验, 以最大限度地满足各院校的实践教学要求为出发点编写而成, 是汽车类专业学生的专业课程实验指导和参考教材。

全书分为上下册, 共分7章。上册包括: 第1章 汽车测试基础实验, 第2章 汽车性能实验, 第3章 汽车构造实验, 第4章 汽车电器与电子控制技术实验。下册包括: 第5章 汽车检测与诊断技术实验, 第6章 汽车运行材料实验, 第7章 汽车美容实验。

各章均包括实验目的及要求、实验预习及准备、实验内容与方法以及实验报告等。

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路3号巷11号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph@neupress.com

http: //www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳航空发动机研究所印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 14.5

字 数: 359千字

出版时间: 2013年7月第1版

印刷时间: 2013年7月第1次印刷

策划编辑: 王兆元

责任编辑: 郎 坤

责任校对: 李 莉

封面设计: 唯 美

责任出版: 唐敏智

ISBN 978-7-5517-0409-0

定 价 (上下册): 48.00 元

前 言

为全面贯彻国家和省中长期教育改革和发展规划纲要及教育部全面提高高等教育质量工作会议精神,深化教育教学改革,全面提高本科人才培养质量,必须围绕人才培养这一根本任务,以全面实施素质教育为战略主题,以提高本科教学质量为核心,以强化大学生创新实践能力培养为重点,以提高教师队伍的教学能力为关键,着力创新人才培养模式,着力改革体制机制,着力推进优质教育资源共享,着力健全质量保障体系,充分发挥省级项目的引领、示范和辐射作用,更好地满足经济社会发展需要。

汽车类专业属于应用型学科,包括车辆工程、交通运输(载运工具应用工程)及汽车服务工程等专业,相比其他学科而言,贴近产业的要求分外突出,不仅仅要求学生掌握理论知识和前沿知识,更需要培养实践能力,而课程实验正是重要的教学环节之一。

本书是一本指导汽车类本科学生专业实验的实验教程,是将汽车类专业实验方法、法规等融为一体的新颖教材,是编者参阅了大量技术资料,并结合汽车类专业教学实践编著而成的。全书分上下册,共计7章:第1章 汽车测试基础实验,第2章 汽车性能实验,第3章 汽车构造实验,第4章 汽车电器与电子控制技术实验,第5章 汽车检测与诊断技术实验,第6章 汽车运行材料实验,第7章 汽车美容实验。本教材取材新颖,内容全面,实用性强。

本书由石晶、段敏主编,陈学文、谢佳茵、张忠洋、薛传亮、张玉成等参加了部分编写工作,蒋小健、周正、汤传军、付尔第、李健等参加了资料搜集与书稿校对工作。在本书的编写过程中,编者尽最大的努力来避免错误的发生,但由于水平所限,书中难免会有一些不足和缺陷,希望广大读者给予指正与建议。

编 者

2013年4月

目 录

第1章 汽车测试基础实验	1
实验1 传感器性能实验	1
实验2 测试系统性能实验	4
实验3 电桥特性实验	6
实验4 实验数据分析与处理	12
实验5 空气流量计传感器的检测实验	15
实验6 节气门位置传感器的检测实验	21
实验7 转速、曲轴位置传感器检测实验	24
实验8 进气压力传感器检测实验	27
实验9 温度传感器检测实验	31
实验10 氧传感器检测实验	34
实验11 爆震传感器检测实验	37
第2章 汽车性能实验	40
实验12 汽车滑行实验	40
实验13 汽车动力性台架实验	46
实验14 汽车动力性道路实验	56
实验15 汽车燃料经济性台架实验	65
实验16 汽车燃料经济性道路实验	70
实验17 汽车制动性台架实验	78
实验18 汽车制动性道路实验	85
实验19 汽车操纵稳定性台架实验	89
实验20 汽车操纵稳定性道路实验	94
实验21 汽车平顺性台架实验	105
实验22 汽车平顺性道路实验	112
实验23 汽车通过性道路实验	116
第3章 汽车构造实验	120
实验24 曲柄连杆机构与配气机构的构造实验	120

实验 25	汽油机燃油供给系统的构造实验	123
实验 26	柴油机燃油供给系统的构造实验	126
实验 27	冷却与润滑系统的构造实验	129
实验 28	发动机的总体构造及装配实验	131
实验 29	离合器的构造实验	133
实验 30	变速器的构造实验	135
实验 31	自动变速器的构造实验	140
实验 32	万向传动装置的构造实验	146
实验 33	车桥的构造实验	149
实验 34	悬架系统的构造实验	153
实验 35	转向系统的构造实验	158
实验 36	制动系统的构造实验	162
实验 37	整车装配实验	166
第 4 章 汽车电器与电子控制技术实验		171
实验 38	汽车蓄电池结构原理与检测实验	171
实验 39	发电机结构原理与检测实验	176
实验 40	起动机结构原理与检测实验	182
实验 41	交流发电机与起动机性能实验	186
实验 42	点火系统结构与原理实验	192
实验 43	汽车空调系统结构与原理实验	197
实验 44	汽车总体线路结构原理实验	200
实验 45	电控发动机微机控制系统原理及信号测试实验	202
实验 46	自动变速器结构原理与性能实验	205
实验 47	电控空气悬架结构原理及电路分析实验	209
实验 48	安全气囊系统结构与原理实验	216
实验 49	防锁死刹车系统结构与原理实验	218
参考文献		224

第1章 汽车测试基础实验

实验1 传感器性能实验

一、实验目的及要求

1. 实验目的

了解差动变压器式传感器的工作原理和特性。

2. 实验要求

(1) 遵守实验仪器、设备操作规程。

(2) 记录实验数据,并根据实验数据对检测结果进行分析。

(3) 将差动变压器式传感器正确连接到实验模板的相应位置上,学会示波器的使用方法,正确读取数据。

(4) 结合实验数据完成实验报告。

二、实验预习及准备

1. 实验设备及仪器

(1) 差动变压器式传感器实验模板。

(2) 测微头。

(3) 双线示波器。

(4) 差动变压器。

(5) 音频信号源(音频振荡器)、直流电源。

2. 实验原理及准备

利用电磁感应中的互感现象,将被测量转换成线圈互感的变化。由于常采用两个次级线圈组成差动式,故又称为差动变压器式传感器。差动变压器式传感器由初级线圈 W 和两个参数完全相同的次级线圈 W_1 和 W_2 组成,线圈中心插入圆柱形铁芯 P ,次级线圈 W_1 和 W_2 反极性串接,如图 1-1 所示。

当初级线圈 W 输入交流电流 i 时,次级线圈 W_1 和 W_2 产生的感应电动势分别为 e_1 和 e_2 ,如图 1-2 所示。

输出电压

$$e_o = e_1 - e_2 = -M \frac{di}{dt}$$

式中, M 为互感系数,其大小与初级、次级线圈的相对位置及周围介质的导磁能力等因素

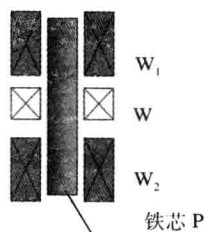


图 1-1 差动变压器式传感器原理图

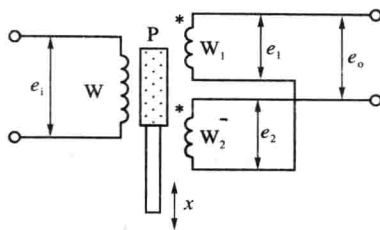


图 1-2 差动变压器式传感器工作原理

有关，它表明两线圈的耦合程度。

当铁芯在中心位置时， $e_1 = e_2$ ，输出电压 $e_0 = 0$ ；铁芯向上运动时， $e_1 > e_2$ ；铁芯向下运动时， $e_1 < e_2$ 。随着铁芯偏离中心位置， e_0 逐渐增大，如图 1-3 所示。

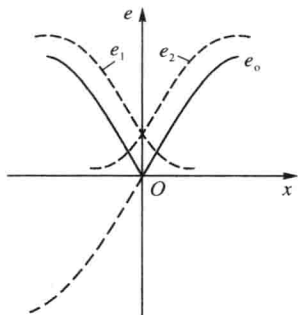


图 1-3 差动变压器式传感器输出特性

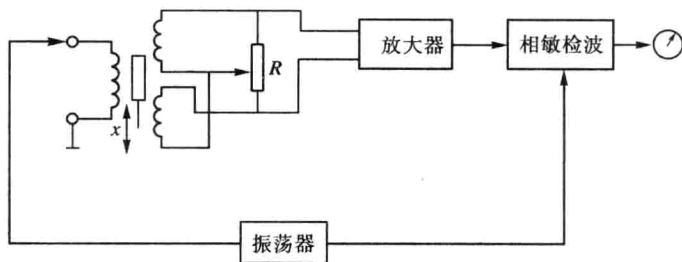


图 1-4 差动变压器式传感器相敏检波电路

输出电压 e_0 是交流量，其幅值与铁芯位移成正比，但输出值只能反映铁芯位移的大小，不能反映位移的极性。另外，交流电压输出存在一定的零点残余电压。零点残余电压是由于两个次级线圈结构不对称，以及初级线圈铜损的电阻、铁磁材质不均匀、线圈间分布电容等形成的，所以，即使铁芯处于中间位置时，输出也不为零。为此，后接电路需要采用既能反映铁芯位移极性，又能补偿零点残余电压的差动直流输出电路，如图 1-4 所示。

在没有输入信号时，铁芯处于中间位置，调节电阻 R 使零点残余电压减小；当有输入信号时，铁芯上移或下移，其输出电流经交流放大、相敏检波、滤波后得到直流输出，由表头指示输入位移大小和方向。

3. 实验课时

2 学时。

三、实验内容与方法

1. 实验内容

- (1) 测出传感器的零点位置。
- (2) 测出随位移变化的电压值。
- (3) 求出传感器的灵敏度和非线性误差。
- (4) 绘制电压输出曲线。

2. 实验方法

(1) 根据图 1-5, 将差动变压器装在差动变压器的实验模板上。

图 1-5 差动变压器式电感传感器安装示意图

(2) 将传感器引线插头插入实验模板的插座中, 在模块上按图 1-6 接线, 音频振荡器信号必须从主控箱中的 L_v 端子输出, 调节音频振荡器的频率, 输出频率为 $4 \sim 5\text{kHz}$ (可通过主控箱的频率表输入 F_{in} 来监测)。调节输出幅度峰-峰值 $V_{P-P} = 2\text{V}$ (可用示波器监测: x 轴为 0.2ms/div , y 轴 CH_1 为 1V/div , CH_2 为 20ms/div)。

图 1-6 双线示波器与差动变压器连接示意图

(3) 旋转测微头, 使示波器第二通道显示的波形峰-峰 V_{p-p} 为最小, 这时可以左右移动, 假设其中一个方向为正位移, 另一个方向为负位移, 从 V_{p-p} 最小开始旋转测微头, 每隔 0.02mm 从示波器上读出输出电压 V_{p-p} 值, 填入表 1-1, 表 1-2, 再从 V_{p-p} 最小处反向位移重复上述步骤。在实验过程中, 注意左、右位移时, 初、次级波形的相位关系。

3. 实验注意事项

实验过程中注意差动变压器输出的最小值即差动变压器的零点残余电压。

四、实验报告

1. 实验结果记录与整理

表 1-1

实验记录及结果 (量程为 $-1 \sim 1 \text{ mm}$)

[illegible]

表 1-2

实验记录及结果 (量程为 $-3 \sim 3\text{mm}$)

[illegible]

2. 实验结果分析

根据表 1-1, 表 1-2 分别画出 $V_{p-p}-x$ 曲线。

3. 求出量程为 $-1 \sim 1\text{mm}$ 和 $-3 \sim 3\text{mm}$ 时的灵敏度和非线性误差。

4. 复习思考题

(1) 分析差动变压器与一般电源变压器的异同。

(2) 用差动变压器测量较高的频率和振幅, 例如 1kHz , 可以吗?

实验 2 测试系统性能实验

一、实验目的及要求

1. 实验目的

(1) 了解测试系统的动态特性。

(2) 掌握测试系统特性的测量方法。

(3) 了解压电传感器测量振动的原理和方法

2. 实验要求

(1) 遵守实验仪器、设备操作规程。

(2) 记录实验数据, 并根据实验数据对检测结果进行分析。

(3) 将压电传感器正确连接到实验模板的相应位置上, 学会示波器的使用方法, 正确读取数据。

(4) 结合实验数据完成实验报告。

二、实验预习及准备

1. 实验设备及仪器

(1) 振动台。

(2) 压电传感器, 压电传感器实验模板。

(3) 检波、移相、低通滤波器模板。

(4) 双线示波器。

2. 实验原理及准备

(1) 定常线性系统输入、输出的关系

$$\begin{aligned} & a_n \frac{d^n y(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} y(t)}{dt^{n-1}} + \cdots + a_1 \frac{dy(t)}{dt} + a_0 y(t) \\ & = b_m \frac{d^m x(t)}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} x(t)}{dt^{m-1}} + \cdots + b_1 \frac{dx(t)}{dt} + b_0 x(t) \end{aligned}$$

(2) 定常线性系统的动态特性

定常线性系统在简谐信号的激励下, 其稳态输出信号和输入信号的幅值比被定义为该系统的幅频特性, 记为 $A(f)$; 其稳态输出信号与输入信号的相位差被定义为该系统的相频特性, 记为 $\varphi(f)$ 。

(3) 定常线性系统的动态特性的测试

对系统施以正弦激励, 即输入 $x(t) = X_0 \sin 2\pi ft$, 在输出达到稳态后测量输出的幅

值和相角,即可计算出输出和输入的幅值比 $A(f)$ 和相角差 $\varphi(f)$ 。测量时对系统施加正弦输入信号,其频率 f 自接近零开始以增量的方式逐点增加到较高的频率,直到输出量减小到幅值的一半止,即可得到系统幅频特性曲线和相频特性曲线。

(4) 测试系统

系统特性测试原理如图 2-1 所示。

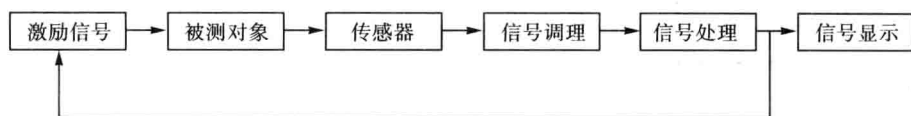


图 2-1 系统特性测试原理图

3. 实验课时

2 学时。

三、实验内容与方法

1. 实验内容

- (1) 测试低频振荡器信号,读取信号幅值。
- (2) 测取测试系统输出信号,读取信号幅值。
- (3) 计算信号的幅频特性,绘制幅频特性曲线。
- (4) 求出测试系统的固有频率和阻尼比。

2. 实验方法

- (1) 压电传感器装在振动试验台上。
- (2) 将低频振荡器信号接入到台面三源板振动源的激励源插孔,如图 2-2 所示。

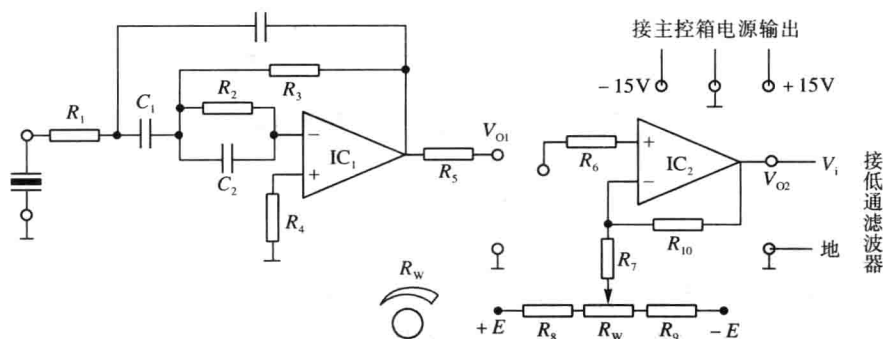


图 2-2 测试系统特性实验接线图

(3) 将压电传感器两输出端插入到压电传感器实验模板两输入端,如图 2-2 所示。与传感器外壳相连的接线端接地,另一端接 R_1 。将压电传感器实验电路的输出端 V_{O1} 接 R_6 ,压电传感器实验模板电路输出端 V_{O2} 接入低通滤波器输入端 V_i ,低通滤波器的输出端 V_o 与示波器相连。

(4) 合上主控箱电源开关,调节低频振荡器的频率和幅度旋钮使振动台振动,观察示波器波形。

(5) 改变低频振荡器的频率,观察输出波形的变化。

(6) 用示波器的两个通道同时观察低通滤波器输入端和输出端波形。

3. 实验注意事项

低频激振电压幅值不要过大, 以免振动台的振动梁在自振频率附近振幅过大。

四、实验报告

1. 实验结果记录与整理

表 2-1

实验记录及结果

f/Hz		2	4	6	8	9	10	11	12	13	14	15
A	$A_{\text{入}}/\text{mV}$											
	$A_{\text{出}}/\text{mV}$											
	$A_{\text{出1}}/\text{mV}$											
	$A_{\text{出2}}/\text{mV}$											
	$A_{\text{出平均}}/\text{mV}$											
$A(f)$	$\frac{A_{\text{出}}}{A_{\text{入}}}$											

2. 实验结果分析

欠阻尼二阶测试系统的幅频特性见图 2-3。

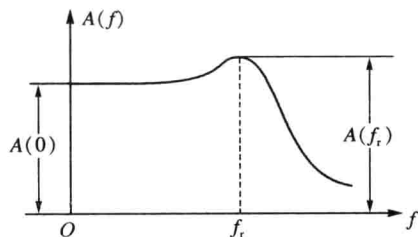


图 2-3 欠阻尼二阶测试系统的幅频特性

$$\frac{A(f_r)}{A(0)} = \frac{1}{2\xi \sqrt{1-\xi^2}}$$

3. 复习思考题

- (1) 试说明二阶装置阻尼比 ξ 多采用 0.6 ~ 0.7 的原因。
- (2) 该实验只测试出系统的幅频特性, 能否测试出其相频特性, 为什么?

实验 3 电桥特性实验

一、实验目的及要求

1. 实验目的

- (1) 了解金属箔式应变片的应变效应。
- (2) 了解单臂电桥工作原理和性能。
- (3) 比较半桥与单臂电桥的不同性能, 了解其特点。

(4) 了解全桥测量电路的优点。

2. 实验要求

(1) 遵守实验仪器、设备操作规程。

(2) 记录实验数据, 并根据实验数据对检测结果进行分析。

(3) 接好电路再接通电源, 测试之前先调零。

(4) 结合实验数据完成实验报告。

二、实验预习及准备

1. 实验设备及仪器

(1) 应变式传感器的实验模板。

(2) 应变式传感器、砝码。

(3) 数显表、 $\pm 15\text{V}$ 电源、 $\pm 4\text{V}$ 电源。

(4) 万用表。

2. 实验原理及准备

(1) 把金属箔式应变片用特制胶水粘固在弹性元件或需要测量变形的物体表面上。在外力作用下, 应变片即随同该物体一起变形, 其电阻值发生相应变化, 由此, 将被测量转换为电阻变化。通过电桥完成电阻到电压转换, 电桥的输出电压反映了相应的受力状态。

电阻应变效应:

$$\frac{\Delta R}{R} = K\varepsilon$$

式中, ε ——纵向应变。

(2) 半桥单臂电桥输出电压:

$$U_{o1} = \frac{EK\varepsilon}{4}$$

(3) 半桥双臂电桥由不同受力方向的两只应变片接入电桥作为邻边, 电桥的灵敏度提高, 非线性得到改善。当两只工作应变片的阻值和应变值相同时, 其桥路输出电压: $U_{o2} = EK\varepsilon/2$ 。

(4) 全桥测量电路中, 将受力性质相同的两应变片接入电桥对边, 不同的接入邻边, 当应变片的初始阻值 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ 时, 其桥路输出电压 $U_{o3} = KE\varepsilon$ 。输出灵敏度比半桥又提高了 1 倍, 非线性误差和温度误差均得到改善。

3. 实验课时

2 学时。

三、实验内容与方法

1. 实验内容

(1) 连接单臂电桥电路, 加负载, 测出输出电压。

(2) 连接半桥电路, 加负载, 测出输出电压。

(3) 连接全桥电路, 加负载, 测出输出电压。

(4) 根据实验结果, 求出单臂电桥、半桥、全桥输出时的灵敏度、非线性度。

2. 实验方法

(1) 应变式传感器实验模板

根据图 3-1 所示, 应变式传感器已装在实验模板上, 传感器中各应变片已接入模板的左上方的 R_1 , R_2 , R_3 , R_4 。加热丝也接于模板上, 可用万用表进行测量判别。

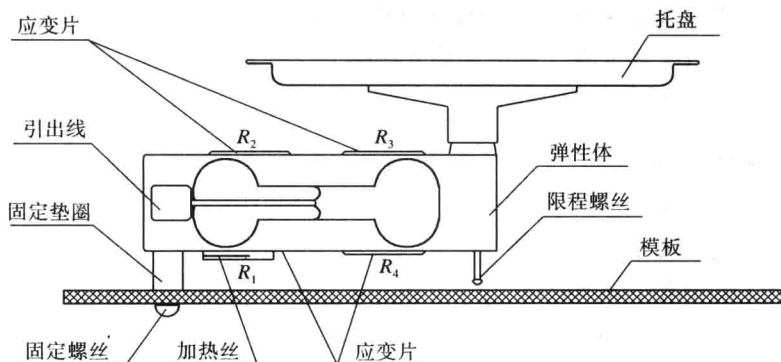


图 3-1 应变式传感器安装示意图

接入模板电源 $\pm 15V$ (从主控台引入), 检查无误后, 合上主控箱电源开关, 将实验模板调节增益电位器 R_{W3} 顺时针调节到大致中间位置, 再进行差动放大器调零。方法为将差放的正、负输入端与地短接, 输出端与主控箱面板上数显表电压输入 V_i 相连, 调节实验模板上调零电位器 R_{W4} , 使数显表显示为零 (数显表的切换开关打到 $2V$ 挡)。关闭主控箱电源。(注意: R_{W3} , R_{W4} 的位置一旦确定, 就不能改变。)

(2) 半桥单臂电桥的性能实验

应变式传感器的其中一个应变片 R_1 (即模板左上方的 R_1) 接入电桥作为一个桥臂与 R_5 , R_6 , R_7 接成直流电桥 (R_5 , R_6 , R_7 模块内已连接好), 接好电桥调零电位器 R_{W1} , 接上桥路电源 $\pm 4V$, 此时应将 $\pm 4V$ 地与 $\pm 15V$ 地短接 (因为不共地), 如图 3-2 所示。检查接线无误后, 合上主控箱电源开关。调节 R_{W1} , 使数显表显示为零。

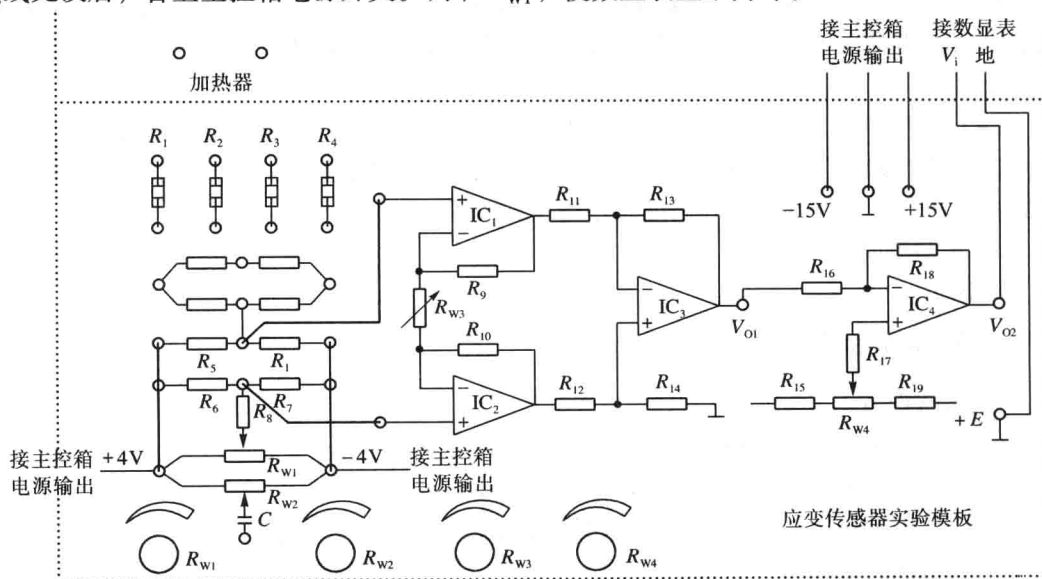


图 3-2 应变式传感器半桥单臂电桥实验接线图

(1) 在电子秤上放置一只砝码, 读取数显表数值, 依次增加砝码并读取相应的数显表值, 直到 200g (或 500g) 砝码加完。将实验结果填入表 3-1, 关闭电源。

(2) 根据表 3-1 计算系统灵敏度:

$$S = \Delta U / \Delta W$$

式中, ΔU ——输出电压变化量;

ΔW ——质量变化量。

非线性误差:

$$\delta_{fl} = \Delta m / y_{F.S} \times 100\%$$

式中, Δm ——输出值 (多次测量时为平均值) 与拟合直线的最大偏差;

$y_{F.S}$ ——满量程输出平均值, 此处为 200g (或 500g)。

(3) 半桥双臂电桥的性能实验

① 传感器安装同单臂电桥性能实验。

② 根据图 3-3 接线。 R_1 和 R_2 为实验模板左上方的应变片, 注意 R_2 应和 R_1 受力状态相反, 即将传感器中两应变片受力相反 (一片受拉、一片受压) 的电阻应变片作为电桥的相邻边。接入桥路电源 $\pm 4V$, 调节电桥调零电位器 R_{W1} 进行桥路调零。实验步骤同单臂电桥性能实验中的步骤①和②, 将实验数据记入表 3-2, 计算灵敏度 $S_2 = \Delta U / \Delta W$, 非线性误差 δ_{fl} 。若实验时无数值显示, 说明 R_2 与 R_1 为相同受力状态应用片, 应更换另一个应变片。

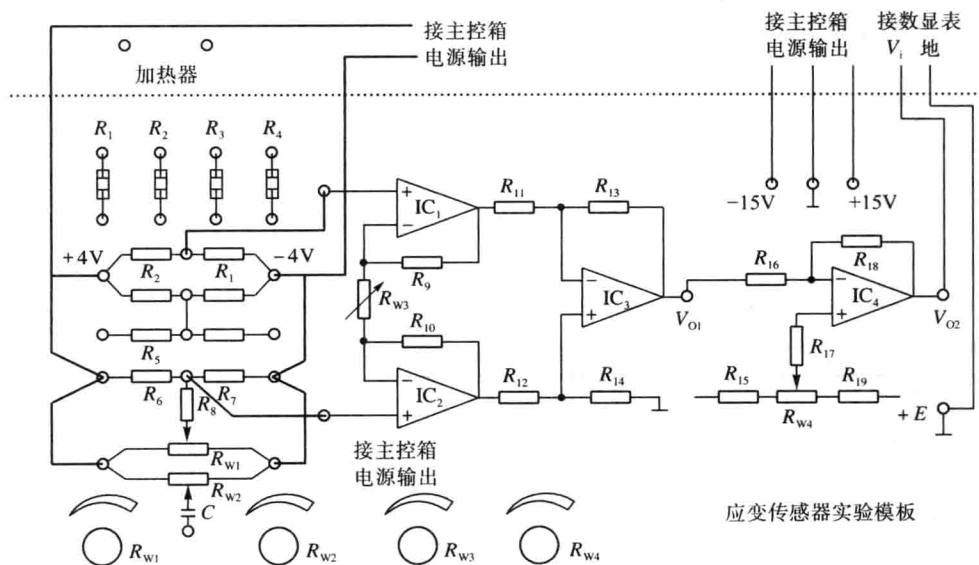


图 3-3 应变式传感器半桥双臂电桥实验接线图

(4) 全桥性能实验

① 传感器安装同单臂电桥性能实验。

② 根据图 3-4 接线, 实验方法与单臂电桥性能实验相同。将实验结果填入表 3-3, 进行灵敏度和非线性误差计算。

3. 实验注意事项

检查接线无误后, 再合上主控箱电源开关。

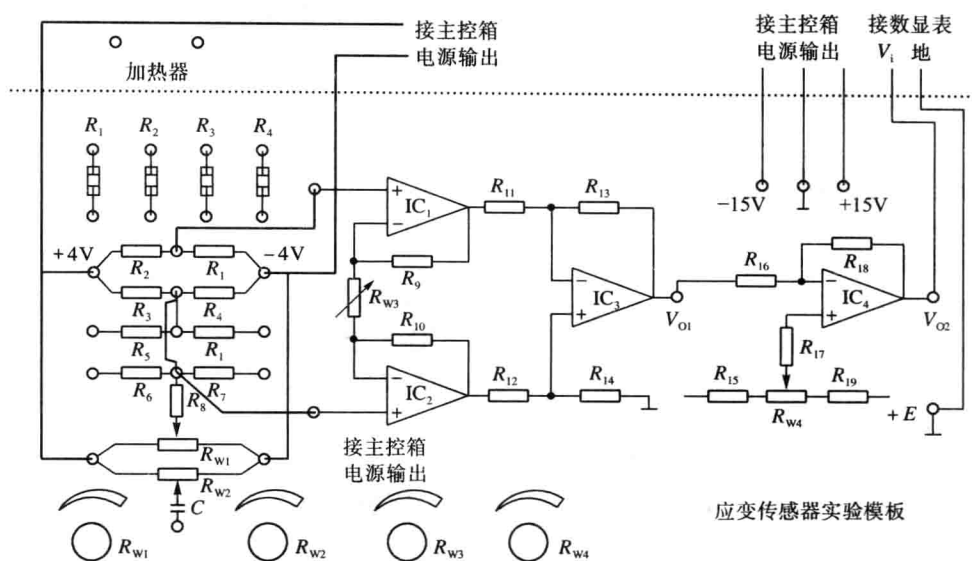


图 3-4 应变式传感器全桥实验接线图

四、实验报告

1. 实验结果记录与整理

表 3-1

单臂电桥测量输出电压与加载关系

[illegible]

表 3-2

半桥双臂电桥测量输出电压与加载关系

[illegible]

表 3-3

全桥测量输出电压与加载关系

[illegible]

2. 实验结果分析

(1) 绘制测量曲线

根据表 3-1、表 3-2 和表 3-3 的记录, 分别绘制测量数据曲线 $y_{\text{加}i}(\text{mV}) - x_i(\text{g})$, $y_{\text{卸}i}(\text{mV}) - x_i(\text{g})$ 。

(2) 回程误差计算

$$\text{回程误差} = \frac{h_{\text{max}}}{A} \times 100\%$$

式中, A ——装置标称输出范围;

h_{max} ——对于同一输出量所得到的两个输出量的最大误差值。

(3) 绘制校准曲线

根据表 3-1, 表 3-2 和表 3-3 的记录, 计算 $y_i = \frac{y_{\text{加}i} + y_{\text{卸}i}}{2}$ 填入表内, 然后分别绘制出校准曲线。

(4) 绘制拟合直线

根据校准曲线, 用最小二乘法求拟合直线, 并分别绘制出标准曲线和拟合直线。

设拟合直线为

$$y = a_0 + b_0 x_i$$

令

$$u = \sum_{i=1}^n [y_i - (a_0 + b_0 x_i)]^2$$

式中, n ——拟合点个数。

取

$$\min u = \min \sum_{i=1}^n [y_i - (a_0 + b_0 x_i)]^2$$

则

$$\frac{\partial u}{\partial a_0} = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial b_0} = 0$$

得到

$$\begin{aligned} na_0 + \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) b_0 &= \sum_{i=1}^n y_i \\ \left(\sum_{i=1}^n x_i \right) a_0 + \left(\sum_{i=1}^n x_i^2 \right) b_0 &= \sum_{i=1}^n (x_i y_i) \end{aligned}$$

解此方程组得到拟合直线。

(5) 线性误差计算

$$\text{线性误差} = \frac{B}{A} \times 100\%$$

式中, B ——校准曲线与拟合直线的最大偏差。

(6) 灵敏度的计算

$$S = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{b_0}{a_0}$$