21 世纪高等学校电子信息类专业规划教材

自动检测技术实训教程

俞志根　李天真　主编

童炳金　副主编

清 华 大 学 出 版 社
北京交通大学出版社
·北京·

需要全本请访问 www.ertongbook.com

内 容 简 介

本实训教程是高等职业技术院校自动检测技术课程的配套教材，主要是为了完成自动检测技术课程的实践性教学任务而编写的。本教程以主教材中传感器的出现为先后顺序，共设计了 21 个实训项目，其中有 12 个为验证性实训，另安排了 9 个自主性实训，用以检验同学们灵活运用所学理论知识的能力，使学生能充分发挥自己的主观能动性，调动他们的学习积极性。在每个实训的最后都有一些习题，以进一步巩固所学理论知识，拓宽知识面，更好地达到实训的目的。

本实训教程内容全面，结构完整，深入浅出，图文并茂，通俗易懂，可读性、可操作性强，既适合作为高职高专的应用电子、工业自动化和机电一体化等专业，以及与工业过程控制有关的各种工科类专业的实训教材，同时也可供中等职业学校选用，还可作为业务岗位培训和企业职工自学用书。

版权所有，翻印必究。
本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签，无标签者不得销售。

图书在版编目（CIP）数据

自动检测技术实训教程/俞志根，李天真主编. —北京：清华大学出版社；北京交通大学出版社，2004.8
（21 世纪高等学校电子信息类专业规划教材）
ISBN 7-81082-345-0

Ⅰ. 自… Ⅱ. ①俞… ②李…Ⅲ. 自动检测－高等学校：技术学校－教材 Ⅳ. TP274

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2004）第 068396 号

责任编辑：陈晓明
出 版 者：清 华 大 学 出 版 社　邮编：100084　电话：010-62776969
　　北京交通大学出版社　邮编：100044　电话：010-51686045，62237564
印 刷 者：北京鑫海金澳胶印有限公司
发 行 者：新华书店总店北京发行所
开　　本：185×260　印张：8.5　字数：203 千字
版　　次：2004 年 8 月第 1 版　2004 年 8 月第 1 次印刷
书　　号：ISBN 7-81082-345-0 / TP・136
印　　数：1～5 000 册　定价：13.00 元

前　言

本实训教程是高等职业技术院校自动检测技术课程的配套教材，主要是为了完成自动检测技术课程的实践性教学任务而编的。按照高职教育重动手能力和专业技能培养的要求，重点在于培养学生对各种常用传感器在自动控制、信号采集与处理等方面的应用能力，学会常用系统的组成与调试。通过一系列的实训使学生基本掌握各种常用传感器的结构、性能特点和各种应用，学会分析和排除各种可能出现的故障，并通过自主性实训来开发学生们的创新潜能。

作为一本实训教程，本书侧重于对实训原理、过程及具体操作要求上的说明。力争尽量清晰地分析清楚每个实训的基本原理、所用仪器仪表的性能特点及操作过程中应注意的问题。为更好地训练学生的实际动手及应用能力，本实训教程共有 21 个实训项目，其中 12 个为验证性实训，9 个为自主性实训，以锻炼学生灵活运用所学理论知识的能力，充分发挥学生们的创新潜能，培养他们的学习主动性和创造欲。在内容编排上主要以 YL－CG 型传感器实训台为主，参考《自动检测技术》主教材。为更好地巩固所学知识，每个实训除要求完成实训报告外，都附加了一定量的习题，以进一步强化实训效果。

另外，在文中、公式或标题中，有时会出现右上角标有方括号的数字，这是书后参考文献的序号，希望能给读者查阅提供些方便。

本教程由湖州职业技术学院的俞志根副教授、李天真副教授主编，俞志根副教授负责第 1～20 章的大部分、21 章的全部编写及全书的总纂工作；李天真副教授负责第 11～18 章的部分编写及对外联络工作；温州职业技术学院的童炳金副教授为副主编，负责第 15～20 章的部分编写工作；陆勤丰高级讲师参编了第 14 章和第 18 章的部分内容；周志青老师参编了第 5～10 章的部分内容。在本书的编纂过程中得到了校内外广大同行专家的大力支持和批评指正，在此向他们表示衷心感谢。

由于时间仓促，加上作者水平有限，书中难免存在一些问题和不足，欢迎广大读者批评指正。

编者

2004 年 8 月

目　　录

第 1 章　电阻式传感器的性能测试 1

1.1　实训的目的要求 1

1.1.1　实训目的 1

1.1.2　实训要求 1

1.2　实训的基本原理 1

1.2.1　电阻应变式传感器的工作原理 1

1.2.2　电阻应变式传感器性能测试原理 3

1.2.3　电阻应变式传感器在工程中的应用状况 4

1.3　实训的具体内容 4

1.4　所用仪器设备介绍 5

1.5　操作步骤 6

1.6　注意事项 7

1.7　思考题 7

第 2 章　半桥、全桥测量电路的性能比较 8

2.1　实训的目的要求 8

2.1.1　实训目的 8

2.1.2　实训要求 8

2.2　实训的基本原理 8

2.2.1　半桥直流测量电路分析 8

2.2.2　全桥直流电路的测量原理 9

2.2.3　全桥交流电路的测量原理 10

2.3　实训的具体内容 10

2.3.1　半桥直流测量电路的性能测试 10

2.3.2　直流全桥测量电路的性能测试 10

2.3.3　交流全桥测量电路的性能测试 11

2.4　所用设备介绍 12

2.5　操作步骤 12

2.5.1　半桥测量电路性能测试的操作步骤 12

2.5.2　全桥测量电路性能测试的操作步骤 12

2.5.3　交流全桥电路性能测试的操作步骤 13

2.6　注意事项 13

2.7　思考题 14

第 3 章　电阻应变片的应用——电子称重装置的设计 15

3.1 实训的目的要求 15
3.1.1 实训目的 15
3.1.2 实训要求 15
3.2 实训的基本原理 15
3.3 实训的具体内容 17
3.3.1 方案一 17
3.3.2 方案二 18
3.4 操作步骤 18
3.5 注意事项 18
3.6 电阻应变式传感器实际应用简介 19
3.7 思考题 20
第 4 章 差动变面积式电容传感器的性能测试 21
4.1 实训的目的要求 21
4.1.1 实训目的 21
4.1.2 实训要求 21
4.2 实训的基本原理 21
4.2.1 差动变面积式电容传感器的结构原理 21
4.2.2 性能测试原理 22
4.3 实训的具体内容 22
4.4 所用设备介绍 23
4.5 操作步骤 24
4.6 注意事项 24
4.7 思考题 25
第 5 章 差动变面积式电容传感器的应用——振幅测量装置的设计 26
5.1 实训的目的要求 26
5.1.1 实训目的 26
5.1.2 实训要求 26
5.2 实训的基本原理 26
5.3 实训的具体内容 27
5.4 操作步骤 28
5.5 注意事项 28
5.6 差动电容式传感器实际应用简介 29
5.7 思考题 29
第 6 章 差动螺线管电感传感器的性能测试 30
6.1 实训的目的要求 30
6.1.1 实训目的 30
6.1.2 实训要求 30

需要全本请访问 www.ertongbook.com

6.2 实训的基本原理 30
6.2.1 差动螺线管电感传感器性能测试原理 30
6.2.2 激励频率对差动螺线管电感传感器性能的影响 33
6.3 实训的具体内容 33
6.4 所用设备介绍 34
6.5 操作步骤 39
6.6 注意事项 39
6.7 思考题 40
第 7 章 差动螺线管式电感传感器的应用——振动的检测系统的设计 41
7.1 实训的目的要求 41
7.1.1 实训目的 41
7.1.2 实训要求 41
7.2 实训的基本原理 41
7.3 实训的具体内容 42
7.4 操作步骤 43
7.5 注意事项 43
7.6 差动螺线管式电感传感器实际应用简介 43
7.7 思考题 44
第 8 章 差动变压器式电感传感器的性能测试 45
8.1 实训的目的要求 45
8.1.1 实训目的 45
8.1.2 实训要求 45
8.2 实训的基本原理 45
8.2.1 差动变压器式电感传感器的结构原理 45
8.2.2 差动变压器式电感传感器的常用测量电路 47
8.2.3 差动变压器式电感传感器性能测试原理 48
8.3 实训的具体内容 49
8.4 所用设备介绍 50
8.5 操作步骤 51
8.5.1 基本性能测试步骤 51
8.5.2 零点残余电压的测试与补偿步骤 51
8.5.3 性能参数标定的步骤 51
8.6 注意事项 52
8.7 思考题 52
第 9 章 差动变压器式电感传感器的应用——振动测量装置的设计 53
9.1 实训的目的要求 53
9.1.1 实训目的 53

9.1.2 实训要求 53
9.2 实训的基本原理 53
9.3 实训的具体内容 54
9.4 操作步骤 55
9.5 注意事项 55
9.6 差动变压器式传感器实际应用介绍 56
9.7 思考题 56
第 10 章 扩散硅压阻式传感器的性能测试 57
10.1 实训的目的要求 57
10.1.1 实训目的 57
10.1.2 实训要求 57
10.2 实训的基本原理 57
10.3 实训的具体内容 59
10.4 所用设备介绍 59
10.5 操作步骤 59
10.6 注意事项 60
10.7 思考题 60
第 11 章 扩散硅压阻式传感器的应用——压力的测量装置的设计 61
11.1 实训的目的要求 61
11.1.1 实训目的 61
11.1.2 实训要求 61
11.2 实训的基本原理 61
11.3 实训的具体内容 62
11.4 操作步骤 62
11.5 注意事项 63
11.6 扩散硅压阻式传感器的主要类型及其典型应用 63
11.6.1 MPM 系列扩散硅压阻式传感器简介 63
11.6.2 CYG 系列扩散硅压阻式传感器简介 65
11.6.3 CY－YZ 系列扩散硅压阻式传感器简介 65
11.6.4 MPX 系列扩散硅压阻式传感器简介 66
11.7 思考题 68
第 12 章 霍尔式传感器的性能测试 69
12.1 实训的目的要求 69
12.1.1 实训目的 69
12.1.2 实训要求 69
12.2 实训的基本原理 69
12.2.1 关于霍尔效应 69

12.2.2 霍尔式传感器的结构原理 71
12.2.3 霍尔式传感器的测量电路 71
12.2.4 霍尔式传感器的静态性能测试原理 72
12.3 实训的具体内容 73
12.4 所用设备介绍 73
12.5 操作步骤 74
12.5.1 霍尔式传感器在直流激励下的静态位移特性测试 74
12.5.2 霍尔式传感器在交流激励下的静态位移特性测试 74
12.6 注意事项 75
12.7 思考题 75
第 13 章 霍尔式传感器的应用——位移测量装置的设计 76
13.1 实训的目的要求 76
13.1.1 实训目的 76
13.1.2 实训要求 76
13.2 实训的基本原理 76
13.3 实训的具体内容 77
13.4 操作步骤 77
13.5 注意事项 78
13.6 霍尔式传感器的主要类型及典型应用 78
13.6.1 开关型霍尔式传感器 78
13.6.2 电流型霍尔式传感器 78
13.6.3 电压型霍尔式传感器 81
13.7 思考题 82
第 14 章 电涡流式传感器的性能测试 83
14.1 实训的目的要求 83
14.1.1 实训目的 83
14.1.2 实训要求 83
14.2 实训的基本原理 83
14.2.1 电涡流式传感器的结构原理 83
14.2.2 电涡流式传感器的测量电路 84
14.2.3 电涡流式传感器的特性测试原理 86
14.3 实训的具体内容 87
14.4 所用设备介绍 87
14.5 操作步骤 87
14.6 注意事项 88
14.7 思考题 89
第 15 章 电涡流式传感器的应用——振幅测量装置的设计 90

15.1 实训的目的要求 90
15.1.1 实训目的 90
15.1.2 实训要求 90
15.2 实训的基本原理 90
15.3 实训的具体内容 91
15.4 操作步骤 91
15.5 注意事项 92
15.6 电涡流式传感器实际应用简介 92
15.6.1 高频反射式涡流传感器 92
15.6.2 低频透射式涡流传感器 93
15.6.3 变面积式涡流传感器 94
15.6.4 差动螺线管式涡流传感器 94
15.7 思考题 94
第 16 章 光纤位移传感器的性能测试 95
16.1 实训的目的要求 95
16.1.1 实训目的 95
16.1.2 实训要求 95
16.2 实训的基本原理 95
16.2.1 光纤传感器的工作原理 95
16.2.2 光纤传感器的结构类型 96
16.2.3 光纤位移传感器简介 97
16.2.4 本次实训的基本原理 97
16.3 实训的具体内容 98
16.4 所用设备介绍 99
16.5 操作步骤 99
16.5.1 静态试验 99
16.5.2 动态测量 100
16.6 注意事项 100
16.7 思考题 100
第 17 章 光纤传感器的应用——转速测量系统的设计 101
17.1 实训的目的要求 101
17.1.1 实训目的 101
17.1.2 实训要求 101
17.2 实训的基本原理 101
17.3 实训的具体内容 102
17.4 操作步骤 102
17.5 注意事项 103
17.6 光纤传感器应用简介 103

17.6.1 光纤温度传感器 103
17.6.2 TB-850 型光纤比色计 104
17.7 思考题 104
第 18 章 压电式传感器的性能测试 105
18.1 实训的目的要求 105
18.1.1 实训目的 105
18.1.2 实训要求 105
18.2 实训的基本原理 105
18.2.1 压电式传感器的工作原理 105
18.2.2 常用压电材料 106
18.2.3 测量电路简介 106
18.2.4 本次实训的原理 108
18.3 实训的具体内容 108
18.4 所用设备介绍 109
18.5 操作步骤 109
18.6 注意事项 110
18.7 思考题 110
第 19 章 集成温度传感器的温度检测与调理 111
19.1 实训的目的要求 111
19.1.1 实训目的 111
19.1.2 实训要求 111
19.2 实训的基本原理 111
19.2.1 集成温度传感器的工作原理 111
19.2.2 集成温度传感器的主要类型及性能参数 111
19.2.3 集成温度传感器的主要应用 112
19.2.4 AD590 集成温度传感器测温原理 113
19.3 实训的具体内容 113
19.4 所用设备介绍 113
19.5 操作步骤 115
19.6 注意事项 115
19.7 思考题 115
第 20 章 PN 结型温度传感器性能测试 116
20.1 实训的目的要求 116
20.1.1 实训目的 116
20.1.2 实训要求 116
20.2 实训的基本原理 116
20.2.1 PN 结型温度传感器的基本原理 116

20.2.2 PN 结型温度传感器的性能特点 116
20.2.3 PN 结型温度传感器的应用领域 118
20.2.4 本实训的测试原理 118
20.3 实训的具体内容 119
20.4 所用设备介绍 119
20.5 操作步骤 119
20.6 注意事项 119
20.7 思考题 120
第 21 章 热电偶测温电路的设计 121
21.1 实训的目的要求 121
21.1.1 实训目的 121
21.1.2 实训要求 121
21.2 实训的基本原理 121
21.2.1 热电偶的基本原理 121
21.2.2 热电偶的性能特点 122
21.2.3 热电偶的应用领域 123
21.3 实训的具体内容 123
21.4 所用设备介绍 123
21.5 操作步骤 124
21.6 注意事项 124
21.7 思考题 124
参考文献 125

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第 1 章　电阻式传感器的性能测试

1.1　实训的目的要求

1.1.1　实训目的

(1) 弄清电阻应变式传感器的基本结构、工作原理及实际应用情况。
(2) 掌握基本电桥电路的测量原理和方法。
(3) 了解温州亚龙公司的 YL—CG 型传感器实训台的构造情况及基本布置。
(4) 学会液晶直流电压表的使用。

1.1.2　实训要求

(1) 实训前应认真做好预习准备工作，弄清电阻应变式传感器及其基本测量电路的工作原理，了解本次实训所用设备的基本情况、工作原理及使用中的注意事项等。

(2) 做完实训后应认真完成实训报告，对实训过程进行全面总结，找出实训中存在的问题及解决问题的办法。

(3) 认真完成实训后面的思考题。

1.2　实训的基本原理

1.2.1　电阻应变式传感器的工作原理

电阻应变式传感器是一种利用电阻材料的应变效应，将工程结构件的内部变形转换为电阻变化的传感器，此类传感器主要是在弹性元件上通过特定工艺粘贴电阻应变片来组成[1]。通过一定的机械装置将被测量转化成弹性元件的变形，然后由电阻应变片将变形转换成电阻的变化，再通过测量电路进一步将电阻的改变转换成电压或电流信号输出。可用于能转化成变形的各种非电物理量的检测，如力、压力、加速度、力矩和重量等，在机械加工、计量和建筑测量等行业应用十分广泛。

1. 电阻应变效应

所谓电阻应变效应是指具有规则外形的金属导体或半导体材料在外力作用下产生应变的同时其电阻值也会产生相应地改变，这一物理现象称为“电阻应变效应”。以圆柱形导体为例：设其长为 L、半径为 r、材料的电阻率为 ρ 时其电阻 R 为（根据电阻的定义式）

$$R = \rho \frac{L}{A} = \rho \frac{L}{\pi \cdot r^2} \tag{1-1}$$

当导体因某种原因产生应变时，其长度 L、截面积 A 和电阻率 ρ 的变化为 $\mathrm{d}L$，$\mathrm{d}A$，$\mathrm{d}\rho$ 相应的电阻变化为 $\mathrm{d}R$。对式（1-1）全微分得电阻变化率 $\mathrm{d}R/R$ 为

$$\frac{\mathrm{d}R}{R}=\frac{\mathrm{d}L}{L}-2\frac{\mathrm{d}}{r}+\frac{\mathrm{d}\rho}{\rho} \tag{1-2}$$

式中，$\frac{\mathrm{d}L}{L}$ 为导体的轴向应变量 ε_L，$\frac{\mathrm{d}r}{r}$ 为导体的横向应变量 ε_r 。

由材料力学得

$$\varepsilon_L=-\mu\varepsilon_r \tag{1-3}$$

式中，μ 为材料的泊松比，大多数金属材料的泊松比为 0.3~0.5 左右，负号表示两者的变化方向相反。将式（1-3）代入式（1-2）得

$$\frac{\mathrm{d}R}{R}=(1+2\mu)\ \varepsilon\ +\frac{\mathrm{d}\rho}{\rho} \tag{1-4}$$

式(1-4)说明电阻应变效应主要取决于它的几何应变（几何效应）和本身特有的导电性能（压阻效应）。

2. **应变灵敏度**

它是指电阻应变片在单位应变作用下所产生的电阻的相对变化量。

(1) 金属导体的应变灵敏度 K：主要取决于其几何效应。

可取

$$\frac{dR}{R}\approx(1+2\mu)\ \varepsilon_\tau \tag{1-5}$$

其灵敏度系数为

$$K=\frac{\mathrm{d}R}{\varepsilon_1 R}=(1+2\mu) \tag{1-6}$$

金属导体在受到应变作用时将产生电阻的变化，拉伸时电阻增大，压缩时电阻减小，且与其轴向应变成正比。金属导体的电阻应变灵敏度一般在 2 左右，不超过 5。

(2) 半导体的应变灵敏度 K：主要取决于其压阻效应；$\mathrm{d}R/R\approx\mathrm{d}\rho/\rho$。半导体材料之所以具有较大的电阻变化率，是因为它有远比金属导体显著得多的压电电阻效应。在半导体受力变形时会暂时改变晶体结构的对称性，因而改变了半导体的导电机理，使得它的电阻率发生变化，这种物理现象我们称之为半导体的压阻效应[2]。且不同材质的半导体材料在不同受力条件下产生的压阻效应不同，可以是正（使电阻增大）的或负（使电阻减小）的压阻效应。也就是说，同样是拉伸变形，不同材质的半导体将得到完全相反的电阻变化效果。半导体的压阻效应可表示为

$$\frac{\mathrm{d}\rho}{\rho}=\pi\varepsilon E$$

其中 π 为材料的压阻系数，取决于材料本身性质；E 为材料的弹性模量。

故半导体的应变灵敏度系数为 $K=\mathrm{d}R/R\varepsilon=\pi E$

半导体材料的电阻应变效应主要体现为压阻效应，可正可负，与材料性质和应变方向有关，其灵敏度系数较大，一般在 100~200 左右。

3. **基本结构**

电阻应变式传感器主要由四个部分组成，如图 1-1 所示[3]。图中引出线作为连接测量导线用，对测量精度至关重要；电阻丝也叫敏感栅，是应变片的转换元件，

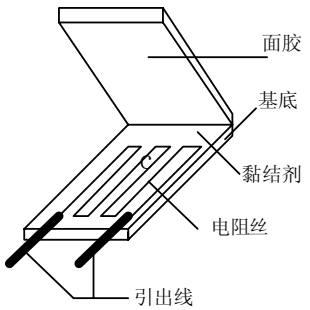


图 1-1　应变片结构

是这类传感器的核心构件；黏结剂的作用是将电阻丝与基底粘贴在一起；基底是将传感器弹性体的应变传送到敏感栅上的中间介质，并起到在电阻丝和弹性体之间的绝缘作用和保护作用；面胶或叫覆盖层，是一层薄膜，起到保护敏感栅的作用。

4. 检测原理

电阻应变片直接感受到的是构件的应变或应力，测量时必须把应变片粘贴在机械的弹性体上，当外力作用到弹性体元件上时，弹性体被压缩或拉伸，即产生微小的机械变形，粘贴在弹性体上的应变片感受到应力 σ 的作用，根据材料力学中的虎克定律可知：应变 ε 与应力 σ 成正比，即：$\varepsilon=\sigma E$。又由应变效应可知应变片的应变 ε 与其电阻值的相对变化率 $\mathrm{d}R/R$ 成正比，以此实现对微小的机械变量的检测。

5. 测量电路

为了将电阻应变式传感器的电阻变化转换成电压或电流信号，在应用中一般采用电桥电路作为其测量电路。电桥电路具有结构简单、灵敏度高、测量范围宽、线性度好且易实现温度补偿等优点。能较好地满足各种应变测量要求，因此在应变测量中得到了广泛的应用。

电桥电路按辅助电源分有直流电桥和交流电桥，由于直流电桥的输出信号在进一步放大时易产生零漂，故交流电桥的应用更为广泛。直流电桥只用于较大应变的测量，交流电桥可用于各种应变的测量。

电桥电路按其工作方式分有单臂、双臂和全桥三种，单臂工作输出信号最小，双臂输出是单臂的两倍，全桥工作时的输出是单臂时的四倍。因此，为了得到较大的输出电压或电流信号一般都采用双臂或全桥工作。基本电路如图 1-2 所示。

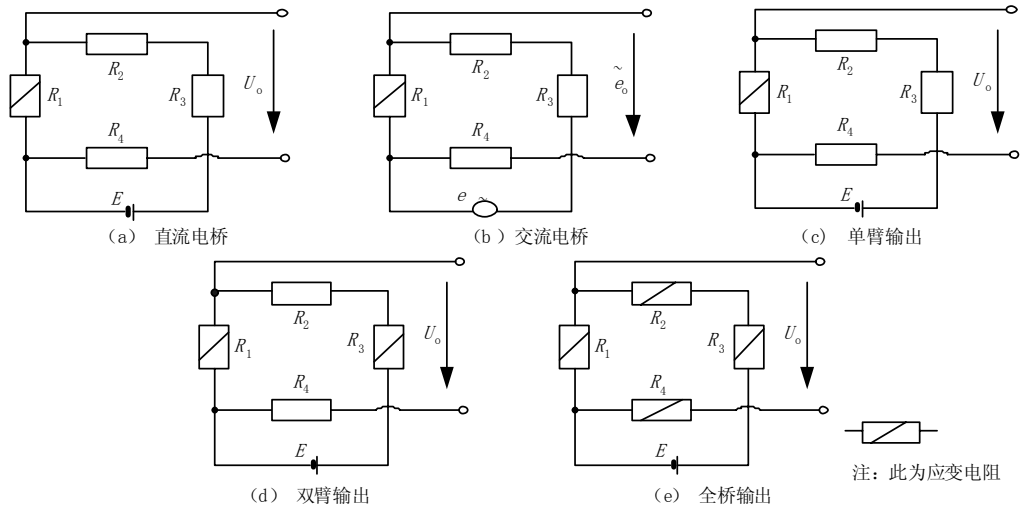


图 1-2　测量电路类型

1.2.2　电阻应变式传感器性能测试原理

根据电阻应变式传感器的工作原理，利用 LY—CG 型传感器实训台提供的设备来进行测试。基本原理如图 1-3 所示，图中 R_1、R_2、R_3 为普通电阻，R_4 为应变电阻；RP 和 r 组成

调零电位器，采用±4V 直流稳压电源，差放为 74SL 系列集成运放。LY—CG 型传感器实训台上有一应变梁，梁上贴有应变片，并有一个放砝码的托盘，通过加砝码来改变梁的应变，再由测量电路将梁的应变转换成电压信号经差动放大器放大后送液晶直流电压表显示。由于梁的应变非常小，故需使用差放来放大，为使放大器工作稳定，减少零漂，可采用交流电桥，以得到更好的检测效果。通过砝码重量（每个砝码重为 20 g）可对其标定，测试出它的线性范围，并标出其单位：mV/g；例如：测出放置 1 个砝码时的电压输出为 5 mV（可进行调整），2 个砝码时的电压输出为 10 mV，等等；就可算出其标定值为 0.25 mV/g。

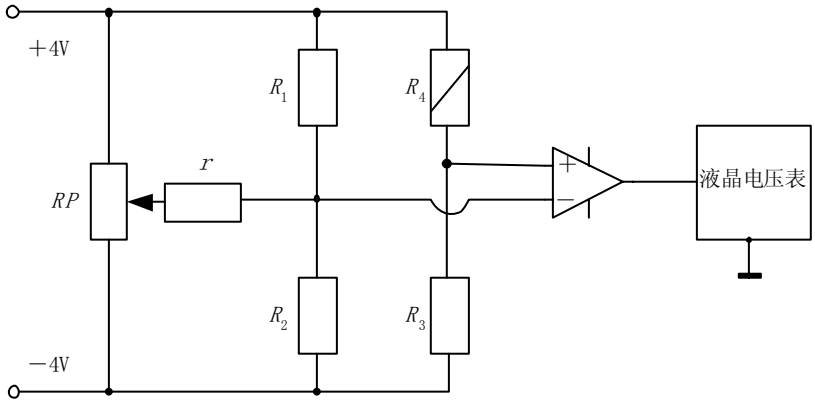


图 1-3　测量原理图

1.2.3　电阻应变式传感器在工程中的应用状况

电阻应变式传感器主要有各种力传感器、压力传感器、加速度传感器及各种应变测量仪等。力传感器在工程上主要用作各种电子秤及材料试验机的测力元件，以及各种发动机的推力测试、水坝坝体的承载状况监测、各种应变的检测、测量和控制等；压力传感器在工程上主要用于流体的静态或动态压力的测量或控制，如各种动力管道内的气压或液压和发动机内部压力的力监测及枪管、炮管内部压力的测试等；应变式加速度传感器主要用于运动物体的振动监测；总之，由于电阻应变式传感器性能优越、结构简单、具有较高的性能价格比，因此，在机械、建筑、称重和材料检测等行业中得到了广泛的应用。

1.3　实训的具体内容

本次实训的内容主要有：

1. **差动放大器的调零**

差动放大器在每次使用前均应调零，因为差放会存在一定的零漂，为保证测量的准确性，必须调零。要耐心仔细地进行调整，直到差放的输出为零。

2. **液晶直流电压表的使用**

该电压表是一种显示精度较高的仪表，为保证其精确显示，要注意输出电压的大小，不能超过其量程，否则会损坏仪表。

3. 应变电桥的使用

应变电桥是本次实训的关键部件，它将电阻的变化转换成了电压的变化，要合理选择电桥上各桥臂的电阻，使其在零位能达到平衡，可通过电位器来调节它。

4. 电阻应变片输出性能的标定

每放一个砝码测得一个输出电压值，记录在表中，待全部测完数据，经过整理得出其线性范围，通过计算求出其标定值——即电压灵敏度 K。

5. 规定要求完成实训报告及实训后面的习题

根据要求完成实训报告，及时上交。写出实训体会，完成所有习题。

1.4　所用仪器设备介绍

本次实训用到的仪器设备主要是应变电桥、差动放大器、直流稳压电源和液晶电压表四种。应变电桥作为一个电路模块，由四个 5.1 kΩ 的电阻和一个调零电位器组成；原理如图 1-4 所示；电位器 RP_1 和 RP_2 用于电桥调零，电容 C 用于交流电路中。

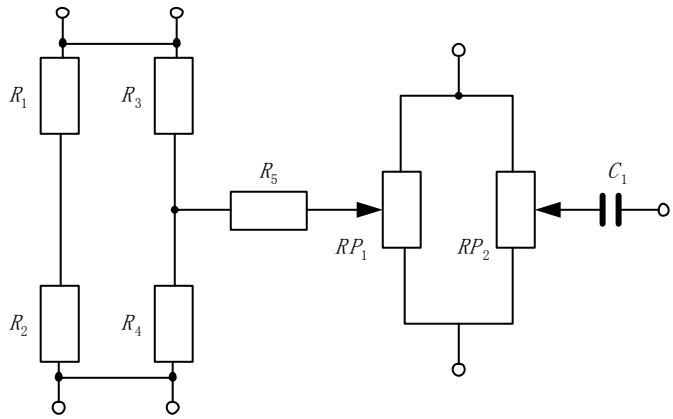


图 1-4　电桥模块原理图

差动放大器也是一个电路模块，它是由集成运算放大器组成的增益可调的交直流放大器。可以接成同向、反相放大器，增益可达 1～100 倍。差动放大器就其功能来说，是放大两个输入信号之差。由于它在电路和性能方面有着许多的优点，因此成为集成运放的主要组成单元。此差动放大器模块主要由运放 μA741 组成，它的电路原理如图 1-5 所示。

从电路原理图中可以看出此差动放大器模块主要由三部分组成：一是信号的输入输出部分；二是零点调节部分。当一个理想运算放大器的两个输入端输入相同的电压或直接接地时，其输出电压应为零，但在实际应用时却不为零，因此需要通过调零电路来进行校准，即通过调节 RP_1 的大小来实现。调零的原理是将运放的输入端外加一个补偿电压，以抵消运算放大器本身的失调电压，达到调零的目的；三是增益部分。当运算放大器的反相端和同相端分别输入信号 V_1 和 V_2 时，则输出端电压

$$V_o = -R_F \cdot V_1/R_1 + (1 + R_F/R_1)(R_3/(R_2 + R_3)) \cdot V_2$$

其中，$R_F = R_4 + RP_2$。由于 RP_F 为 $R_4 + RP_2$ 之和，所以随着 RP_2 的改变将有不同的增益

表现。此模块的具体使用方法如下：

(1) 将输入端“V_{i1}”和“V_{i2}”通过连接线同地相接，“±15 V”和“⊥”端口同实验台相应的电源输出接口用连接线相连，其输出端“V_o”和“⊥”接到液晶显示屏的输入端。

(2) 接通实验台的总电源，观察液晶显示屏上显示的数字，如果不能持续保持“0”数字，则需通过对 RP_1 进行顺时针或逆时针方向细致地旋转使输出为零。

通过上述的步骤之后，差动放大器的初始调零工作就结束了，但是放大倍数旋钮 RP_2 要预先按要求旋至合适的位置上。直流稳压电源有两种，一种是有级可调电源，可输出±2 V 到±15 V 直流电；另一种是无级可调式，调压范围在 0 ～15 V 之间。它们都直接做在实训台的面板上，使用十分方便，但要注意，正负极性千万不能接错。液晶电压表也直接做在实训台面板上，使用时应注意被测量电压不能大于它的量程，否则显示会溢出。

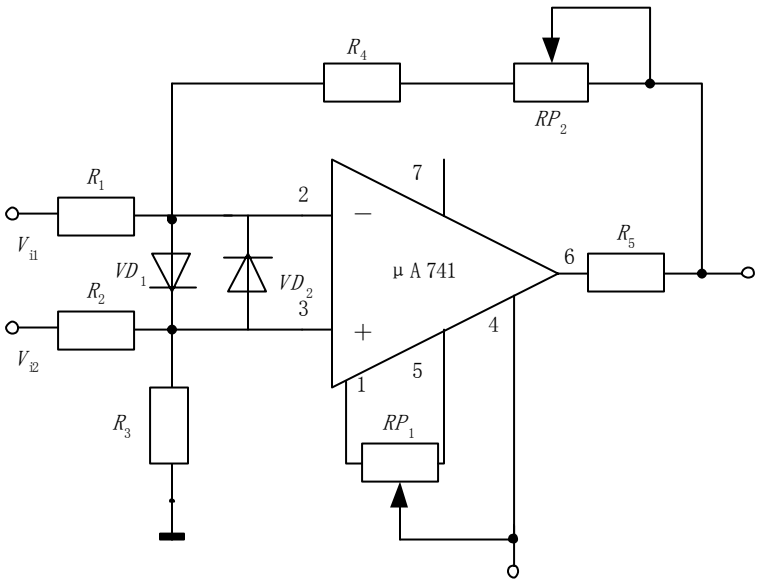


图 1-5　差放电路原理图

1.5　操 作 步 骤

(1) 观察传感器结构及应变片位置，接通总电源及单元电路电源。

(2) 将差动放大器调零，方法是用导线将差动放大器的正负输入端与地端连接，增益旋扭旋至适当位置，再把输出端接到电压表的输入插口，调整差放上的调零旋钮使表头指示为零。

(3) 根据图 1-3 所示，利用电桥单元、直流稳压电源和差动放大器及液晶电压表上的接线插孔，用专用导线连接好测量线路（差动放大器接成同相反相均可）。

(4) 装上传感器称重托盘。

(5) 把直流稳压电源换到±4 V 档，预热数分钟，调整电桥平衡电位器（RP），使表头指示为零。

需要全本请访问 www.ertongbook.com