



高等职业教育“十一五”规划教材

高职高专电子信息类系列教材

传感器与检测技术 实训教程

俞志根 主 编



科学出版社

www.sciencep.com

高等职业教育“十一五”规划教材

高职高专电子信息类系列教材

传感器与检测技术实训教程

俞志根 主 编

庞元俊 周晓邑 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书的编写以普通高等教育“十一五”国家级规划教材《传感器与检测技术》(科学出版社,俞志根)为依托,按主教材中传感器的出现顺序,共设计了21个实训项目,其中7个为验证性实训,另安排了14个自主设计性实训,用以检验学习者灵活运用所学理论知识的能力,使他们能充分发挥自己的主观能动性和学习积极性。在每个实训的最后都设计了一些思考题,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。

本书适合三年制高职高专院校应用电子技术、工业自动化、机电一体化等与工业过程控制有关的各种工科类专业,也可作为相关专业的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

传感器与检测技术实训教程/俞志根主编. —北京:科学出版社,2007
(高等职业教育“十一五”规划教材·高职高专电子信息类系列教材)
ISBN 978-7-03-019767-2

I. 传… II. 俞… III. 传感器-高等学校:技术学校-教材
IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 132001 号

责任编辑:孙露露/责任校对:柏连海

责任印制:吕春珉/封面设计:东方人华平面设计部

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>

源海印刷有限责任公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年9月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2007年9月第一次印刷 印张:8 1/2

印数:1—3 000 字数:178 000

定价:13.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62138978-8212

出版说明

进入 21 世纪,国际竞争日趋激烈,竞争的焦点是人才的竞争,是全民素质的竞争。人力资源在增强国家综合国力方面发挥着越来越重要的作用,而人力资源的状况归根结底取决于教育发展的整体水平。

温家宝总理在主持召开教育工作座谈会时提出,职业教育是面向人人的教育,要把发展职业教育放在更加重要、更加突出的位置来抓。国家大力发展职业教育,使得职业教育进入了蓬勃发展时期,驶入了高速发展的快车道。

高等职业教育要面向地区经济建设和社会发展,适应就业市场的实际需要,培养生产、建设、服务、管理第一线需要的实用人才,真正办出特色。因此,不能以本科压缩和变形的形式组织高等职业教育,必须按照高等职业教育的自身规律组织教学体系。

为此,我社本着“高水平、高质量、高层次”的“三高”精神和“严肃、严密、严格”的“三严”作风,集中电子信息大类相关专业的专家、各职业院校“双师型”教师,编写了高职高专层次系列教材。这些教材以普通高等教育“十一五”国家级规划教材和中国科学院获奖教材为主体,包括如下两个部分:

- 高职高专计算机类系列教材,又分
 - 计算机专业基础系列教材
 - 计算机应用技术系列教材
 - 网络工程系列教材
 - 软件工程系列教材
- 高职高专电子信息类系列教材

本套教材建设的宗旨是以学校的选择为依据,以方便教师授课为标准,以应用型工作岗位需求为中心,以素质教育、创新教育为基础,以学生能力培养为本位,力求突出以下特色。

1. 理念创新:秉承“教学改革与学科创新引路,科技进步与教材创新同步”的理念,根据新时代对高等职业教育人才的需求,出版一系列体现教学改革最新理念、内容领先、思路创新、突出实训、成系列配套的高职高专教材。

2. 方法创新:摒弃“借用教材、压缩内容”的滞后方法,专门开发符合高职特点的“对口教材”。

3. 特色创新:加大实训教材的开发力度,填补空白,突出热点。保证所有教材都配有“课件”、“教学资源支持库”等立体化的教学资源,以方便教师教学与学生学习。对于部分专业,组织编写“双证”教材,注意将教材内容与职业资格、技能证书进行衔接。

4. 内容创新:在教材的编写过程中,力求反映知识更新和科技发展的最新动态,将新知识、新技术、新内容、新工艺、新案例及时反映到教材中,体现了高职教育专业紧密联系生产、建设、服务、管理第一线的实际要求。

欢迎广大教师、学生在使用本系列教材后提出宝贵意见,以便我们进一步做好修订工作,出版更多的精品教材。

科学出版社

前 言

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材《传感器与检测技术》的配套教材，主要是为完成“传感器与检测技术”课程的实践性教学任务而编写的，也是为完成“自动检测技术”课程的实践性教学任务而编写的。本书按照高职高专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；学会常用检测系统的组成与调试。通过一系列的实训，帮助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；学会分析和排除可能出现的各种故障；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，本书共有 21 个实训项目，其中 7 个为验证性实训，14 个为自主设计性实训，以锻炼学生灵活运用所学理论知识的能力，培养他们的创造能力。为更好地巩固所学知识，每个实训除要求完成实训报告外，都附加了一定量的思考题，以进一步强化实训效果。本书适用课时为 42 课时左右，可根据实际需要作适当调整。

本书由湖州职业技术学院的俞志根主编，负责第 2 章、第 6~21 章的大部分编写及全书的总纂工作；平顶山工业职业技术学院的庞元俊为副主编，负责第 1 章、第 3 章、第 5 章、第 6 章和第 21 章的编写工作；江西工业职业技术学院的周晓邑为副主编，负责第 4 章和第 7 章的编写及对外联络工作；左希庆参编了第 8~10 章的部分内容；吴国强和周志青参编了第 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的大力支持和批评指正，在此向他们表示衷心的感谢。

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。

目 录

第 1 章 电阻应变片的性能测试	1
1.1 实训的目的和要求	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	5
1.3 实训内容	5
1.4 仪器设备介绍	5
1.5 操作步骤	7
1.6 注意事项	8
1.7 思考题	8
第 2 章 电阻应变片的应用——试制电子称重装置	9
2.1 实训的目的和要求	9
2.1.1 实训目的	9
2.1.2 实训要求	9
2.2 实训的基本原理	9
2.3 实训内容	11
2.3.1 方案一	11
2.3.2 方案二	12
2.4 操作步骤	12
2.5 注意事项	13
2.6 电阻应变式传感器实际应用简介	13
2.7 思考题	14
第 3 章 热敏电阻的应用——恒温控制器的制作	15
3.1 实训的目的和要求	15
3.2 原理及元件选择	15
3.3 所用元器件说明	16
3.4 安装调试	17
3.5 小结	17
3.6 思考题	18
第 4 章 气敏电阻的应用——酒精探测仪	19
4.1 实训的目的和要求	19

4.2 原理及所需器件	19
4.2.1 工作原理	19
4.2.2 元器件选择	21
4.3 元器件检测	22
4.4 制作和应用	23
4.4.1 制作	23
4.4.2 试验	24
4.4.3 自制酒精气体样本	24
4.5 思考题	25
第5章 光敏电阻的应用——防盗报警器的制作	26
5.1 实训的目的和要求	26
5.2 原理及所需器件	26
5.2.1 防盗报警器的工作原理	26
5.2.2 防盗报警器所用的元器件	27
5.3 制作调试	27
5.4 小结	28
5.5 思考题	29
第6章 湿敏电阻的应用——湿度控制器的制作	30
6.1 实训的目的和要求	30
6.2 工作原理及所需器件	30
6.2.1 工作原理	30
6.2.2 元器件选择	31
6.3 所用元器件说明	31
6.4 安装调试	32
6.4.1 制作步骤	32
6.4.2 调试步骤	32
6.5 小结	33
6.6 思考题	33
第7章 扩散硅压阻式传感器的性能测试	34
7.1 实训的目的和要求	34
7.1.1 实训目的	34
7.1.2 实训要求	34
7.2 实训的基本原理	34
7.3 实训内容	36
7.4 设备介绍	36
7.5 操作步骤	37
7.6 注意事项	37
7.7 思考题	38

第 8 章 差动变面积式电容传感器的性能测试	39
8.1 实训的目的和要求	39
8.1.1 实训目的	39
8.1.2 实训要求	39
8.2 实训的基本原理	39
8.2.1 差动变面积式电容传感器的结构原理	39
8.2.2 性能测试原理	40
8.3 实训内容	41
8.4 设备介绍	41
8.5 操作步骤	42
8.6 注意事项	42
8.7 思考题	43
第 9 章 差动变面积式电容传感器的应用——振幅测量装置的设计	44
9.1 实训的目的和要求	44
9.1.1 实训目的	44
9.1.2 实训要求	44
9.2 实训的基本原理	44
9.3 实训内容	46
9.4 操作步骤	46
9.5 注意事项	47
9.6 思考题	47
第 10 章 差动变压器式电感传感器的性能测试	48
10.1 实训的目的和要求	48
10.1.1 实训目的	48
10.1.2 实训要求	48
10.2 实训的基本原理	48
10.2.1 差动变压器式电感传感器的结构原理	48
10.2.2 差动变压器式电感传感器的常用测量电路	50
10.2.3 差动变压器式电感传感器性能测试原理	52
10.3 实训内容	53
10.3.1 差动变压器式电感传感器基本性能试验	53
10.3.2 差动变压器式电感传感器性能参数的标定	53
10.4 设备介绍	53
10.5 操作步骤	54
10.5.1 基本性能测试步骤	54
10.5.2 零点残余的测试与补偿步骤	55
10.5.3 性能参数标定的步骤	55
10.6 注意事项	55
10.7 思考题	56

第 11 章 差动变压器式电感传感器的应用——振动测量装置的设计	57
11.1 实训的目的和要求	57
11.1.1 实训目的	57
11.1.2 实训要求	57
11.2 实训的基本原理	57
11.3 实训内容	59
11.4 操作步骤	59
11.5 注意事项	59
11.6 差动变压器式传感器实际应用介绍	60
11.7 思考题	60
第 12 章 电涡流式传感器的性能测试	61
12.1 实训的目的和要求	61
12.1.1 实训目的	61
12.1.2 实训要求	61
12.2 实训的基本原理	61
12.2.1 电涡流传感器的结构原理	61
12.2.2 电涡流传感器的测量电路	63
12.2.3 电涡流传感器的特性测试原理	65
12.3 实训内容	65
12.4 设备介绍	65
12.5 操作步骤	66
12.6 注意事项	67
12.7 思考题	67
第 13 章 电涡流式传感器的应用——振幅测量装置的设计	68
13.1 实训的目的和要求	68
13.1.1 实训目的	68
13.1.2 实训要求	68
13.2 实训的基本原理	68
13.3 实训内容	69
13.4 操作步骤	69
13.5 注意事项	70
13.6 电涡流式传感器实际应用简介	70
13.6.1 高频反射式涡流传感器	70
13.6.2 低频透射式涡流传感器	72
13.6.3 变面积式涡流传感器	72
13.6.4 差动螺线管式涡流传感器	72
13.7 思考题	73
第 14 章 天气预报仪	74
14.1 实训的目的和要求	74

14.2 原理及所需器件	74
14.2.1 工作原理	74
14.2.2 元器件选择	77
14.3 制作、调试和应用	78
14.4 思考题	80
第 15 章 热电偶测温电路的设计	81
15.1 实训的目的和要求	81
15.1.1 实训目的	81
15.1.2 实训要求	81
15.2 实训的基本原理	81
15.2.1 热电偶的基本原理	81
15.2.2 热电偶的性能特点	82
15.2.3 热电偶的应用领域	82
15.3 实训内容	82
15.4 设备介绍	83
15.5 操作步骤	83
15.6 注意事项	84
15.7 思考题	84
第 16 章 霍尔式传感器的性能测试	85
16.1 实训的目的和要求	85
16.1.1 实训目的	85
16.1.2 实训要求	85
16.2 实训的基本原理	85
16.2.1 关于霍尔效应	85
16.2.2 霍尔式传感器的结构原理	87
16.2.3 霍尔式传感器的测量电路	87
16.2.4 霍尔式传感器的静态性能测试原理	88
16.3 实训内容	90
16.4 设备介绍	90
16.5 操作步骤	90
16.5.1 霍尔传感器在直流激励下的静态位移特性测试	90
16.5.2 霍尔传感器在交流激励下的静态位移特性测试	91
16.6 注意事项	91
16.7 思考题	92
第 17 章 霍尔式传感器的应用——位移测量装置的设计	93
17.1 实训的目的和要求	93
17.1.1 实训目的	93
17.1.2 实训要求	93
17.2 实训的基本原理	93



17.3	实训内容	94
17.4	操作步骤	94
17.5	注意事项	95
17.6	霍尔传感器的主要类型及典型应用	95
17.6.1	开关型霍尔传感器	95
17.6.2	电流型霍尔传感器	96
17.6.3	电压型霍尔传感器	98
17.7	思考题	100
第 18 章	光纤位移传感器的性能测试	101
18.1	实训的目的和要求	101
18.1.1	实训目的	101
18.1.2	实训要求	101
18.2	实训的基本原理	101
18.2.1	光纤传感器的工作原理	101
18.2.2	光纤传感器的结构类型	102
18.2.3	光纤位移传感器简介	103
18.2.4	本次实训的基本原理	103
18.3	实训内容	104
18.4	设备介绍	105
18.5	操作步骤	105
18.5.1	静态试验	105
18.5.2	动态测量	105
18.6	注意事项	106
18.7	思考题	106
第 19 章	光纤传感器的应用——转速测量系统的设计	107
19.1	实训的目的和要求	107
19.1.1	实训目的	107
19.1.2	实训要求	107
19.2	实训的基本原理	107
19.3	实训内容	108
19.4	操作步骤	108
19.5	注意事项	109
19.6	光纤传感器应用简介	109
19.6.1	光纤温度传感器	109
19.6.2	TB-850 型光纤比色计	110
19.7	思考题	110
第 20 章	热释电人体红外线传感器的应用——试制电子警犬	111
20.1	实训的目的和要求	111
20.2	原理及所需器件	111

20.2.1 工作原理	111
20.2.2 元器件选择	112
20.3 制作	114
20.4 调试	115
20.5 应用	115
20.6 思考题	115
第 21 章 多普勒传感器的应用——移动物体感应控制器	116
21.1 目的要求	116
21.2 工作原理及所需器件	116
21.2.1 工作原理	116
21.2.2 元器件选择	117
21.3 实物制作及调试	118
21.3.1 实物制作	118
21.3.2 调试步骤	118
21.4 小结	119
21.5 思考题	119
参考文献	120

第 1 章

电阻应变片的性能测试

1.1 实训的目的和要求

1.1.1 实训目的

- (1) 弄清电阻应变式传感器的基本结构、工作原理及其实际应用情况。
- (2) 掌握基本电桥电路的测量原理和方法。
- (3) 了解传感器实训台的构造情况及基本布置。
- (4) 学会数字式直流电压表的使用。

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组成，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、重量等，在机械加工、计量、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 , 其电阻 R 为

$$R = \rho \frac{L}{A} = \rho \frac{L}{\pi \cdot r^2} \quad (1.1)$$

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 dL 、 dA 、 $d\rho$, 相应的电阻变化为 dR 。对式 (1.1) 全微分得电阻变化率 dR/R 为

$$\frac{dR}{R} = \frac{dL}{L} - 2 \frac{dr}{r} + \frac{d\rho}{\rho} \quad (1.2)$$

式中, $\frac{dL}{L}$ 为导体的轴向应变变量 ϵ_L ; $\frac{dr}{r}$ 为导体的横向应变变量 ϵ_r 。

由材料力学得

$$\epsilon_L = -\mu \epsilon_r \quad (1.3)$$

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; 负号表示两者的变化方向相反。将式 (1.3) 代入式 (1.2) 得

$$\frac{dR}{R} = (1 + 2\mu)\epsilon + \frac{d\rho}{\rho} \quad (1.4)$$

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

应变灵敏度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

$$\frac{dR}{R} \approx (1 + 2\mu)\epsilon_L \quad (1.5)$$

其灵敏度系数为

$$K = \frac{dR}{\epsilon_L R} = (1 + 2\mu) \quad (1.6)$$

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。

可取

$$\frac{dR}{R} \approx \frac{d\rho}{\rho}$$

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, 这种物理现象人们称之为半导体的压阻效应。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

$$\frac{d\rho}{\rho} = \pi \cdot \epsilon \cdot E$$

式中, 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

$$K = \frac{dR}{R\epsilon} = \pi \cdot E$$

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。

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: 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, 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; 塑胶或叫覆盖层, 是一层薄膜, 起到保护敏感栅的作用。

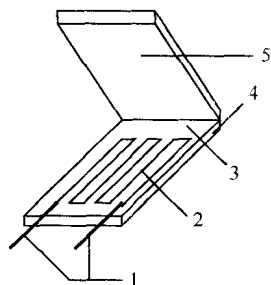


图 1.1 应变片结构
1—引出线; 2—电阻丝 (敏感栅); 3—黏结剂; 4—基底;
5—塑胶 (覆盖层)

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 $\epsilon = \sigma E$ 。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 dR/R 成正比, 以此实现对微小机械变量的检测。

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的要求, 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, 其基本电路如图 1.2 所示。

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, 利用传感器实训台提供的设备来进行测试。基

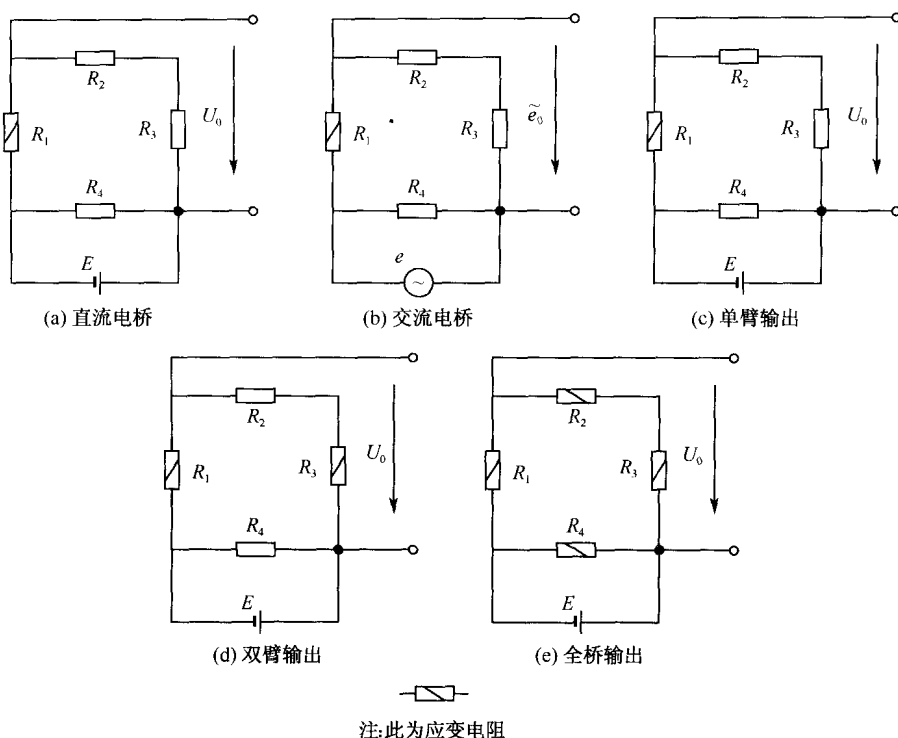


图 1.2 电桥电路工作原理

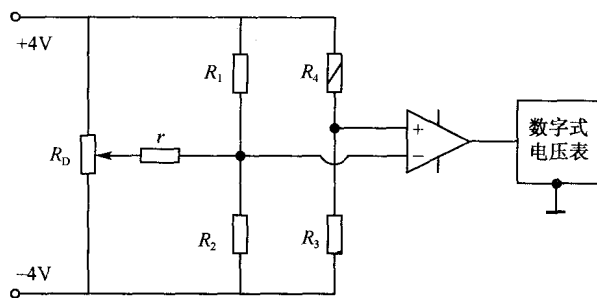


图 1.3 测试原理

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; R_D 和 r 组成调零电位器, 采用 $\pm 4\text{V}$ 直流稳压电源, 差动放大器为 74SL 系列集成运放。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数字式直流电压表显示。由于梁的应变非常小, 故需使用差动放大器来放大。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。通过砝码质量 (每个砝码重为 20g) 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 5mV (可进行调整), 两个砝码时的电压输出为 10mV 等, 就可算出其标定值为 0.25mV/g 。

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、发动机内部的压力监测及枪管、炮管的内部压力测试等;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 实训内容

1. 差动放大器的调零

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

2. 数字式直流电压表的使用

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,便记录在表中,待全部数据测完,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. 按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 仪器设备介绍

本次实训用到的仪器设备主要有应变电桥、差动放大器、直流稳压电源及数字式电压表等四种。应变电桥作为一个电路模块,由四个 $5.1\text{k}\Omega$ 的电阻和一个调零电位器组成,其原理如图 1.4 所示,电位器 W_1 和 W_2 用于电桥调零,电容 C_1 用于交流电路中。

差动放大器是一个电路模块,它是由集成运算放大器组成的增益可调的交直流放大