

中等职业教育 **机电技术应用** 专业课程改革成果系列教材



传感器与检测技术

杨效春 主 编
张 伟 副主编



清华大学出版社

中等职业教育 **机电技术应用** 专业课程改革成果系列教材

传感器与检测技术

杨效春 主 编
张 伟 副主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本书打破传统的学科体系框架,按项目合理整合教学内容,采用综合化、模块化和项目化的编写思路,以实践活动为主线,将理论知识和技能训练有机结合,突出综合职业能力的培养。

本书共包括 11 个项目。项目 1 介绍传感与检测的基础知识;项目 2~项目 10 介绍常用电阻式传感器、电感式传感器、电容式传感器、压电式传感器、光电式传感器、热电式传感器、霍尔式传感器、数字式位置传感器、超声波传感器及其应用;在项目 11 中设置了综合训练,讲解了传感器在机电产品中的应用,希望对读者的综合职业能力的提高有所帮助。

本书可作为中等职业学校机电技术应用专业及相关专业的教材,也可作为社会从业人员的参考资料。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

传感器与检测技术/杨效春主编.--北京:清华大学出版社,2015

中等职业教育机电技术应用专业课程改革成果系列教材

ISBN 978-7-302-37267-7

I. ①传… II. ①杨… III. ①传感器—检测—中等专业学校—教材 IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 153427 号

责任编辑:帅志清

封面设计:傅瑞学

责任校对:袁 芳

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795764

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:13

字 数:292 千字

版 次:2015 年 5 月第 1 版

印 次:2015 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:26.00 元

产品编号:055814-01

编审委员会

编委会主任：张 萍

编委会副主任：严国华 林如军

编委会委员：（按姓氏笔画排序）

卫燕萍	方志平	刘 芳	刘 剑	孙 华
庄明华	朱王何	朱国平	严国华	吴海琪
张国军	李建英	李晓男	杨效春	陈 文
陈 冰	周迅阳	林如军	范次猛	范家柱
查维康	赵 莉	赵焰平	夏宇平	徐 刚
徐自远	徐志军	徐勇田	徐益清	郭 茜
顾国洪	彭金华	谢华林	潘玉山	

职业教育是通过课程这座桥梁来实现其教育目的和人才培养目标的,任何一种教育教学的改革最终必定会落实到具体的课程上。课程改革与建设是中等职业教育专业改革与建设的核心,而教材承载着职业教育的办学思想和内涵、课程的实施目标和内容,高质量的教材是中等职业教育培养高质量人才的基础。

随着科技的不断进步和新技术、新材料、新工艺的不断涌现,我国的机械制造、汽车制造、电子信息、建材等行业的快速发展为机电技术应用提供了广阔的市场。同时,机电行业的快速发展对从业人员的要求也越来越高。现代企业既需要从事机电技术应用开发设计的高端人才,也需要大量从事机电设备加工、装配、检测、调试和维护保养的高技能机电技术人才。企业不惜重金聘请有经验的高技能机电技术人才已成为当今职业院校机电技术专业毕业生高质量就业的热点。经济社会的发展对高技能机电技术人才的需求定会会长盛不衰。

《中等职业教育机电技术应用专业课程改革成果系列教材》是由江苏、浙江两省多年从事职业教育的骨干教师合作开发和编写的。本套教材如同职业教育改革浪潮中迸发出来的一朵绚丽浪花,体现了“以就业为导向、以能力为本位”的现代职教思想,践行了“工学结合、校企合作”的技能型人才培养模式,为实现“在做中学、在评价中学”的先进教学方法提供了有效的操作平台,展现了专业基础理论课程综合化、技术类课程理实一体化、技能训练类课程项目化的课程改革经验与成果。本套教材的问世,充分反映了近几年职教师资职业能力的提升和师资队伍建设工作的丰硕成果。

职业教育战线上的广大专业教师是职业教育改革的主力军,我们期待着有更多学有所长、实践经验丰富、有思想、善研究的一线专业教师积极投身到专业建设、课程改革的大潮中来,为切实提高职业教育教学质量,办人民满意的职业教育,编写出更多、更好的实用专业教材,为职业教育更美好的明天作出贡献。

张 萍



检测技术是人们认识和改造世界的一种必不可少的重要技术手段。传感器是科学实验和工业生产等活动中对信息资源的开发获取、传输与处理的一种重要工具。今天,人类已进入科学技术空前发展的信息社会,电子计算机、机器人、自动控制技术以及单片机嵌入系统的迅速发展,迫切需要形形色色的传感器。作为“感觉器官”,传感器用于各种各样的信息检测并转换为工作系统能进行处理的信息。显而易见,传感器在现代科学技术领域中占有极其重要的地位,了解、掌握和应用传感器成为许多专业工程人员必须掌握的技能,“传感器技术与应用”成为应用电子技术、自动控制技术、自动信号技术、测量技术、机器人技术及计算机应用等专业的必修课。

本书力求内容新颖、叙述简练、灵活应用,注重中等职业教育的特点,打破了原来学科体系的框架,按项目合理整合教学内容,采用综合化、模块化和项目化的编写思路,以实践活动为主线,将理论知识和技能训练有机结合,突出综合职业能力的培养。

本书共包括 11 个项目。项目 1 介绍传感与检测的基础知识;项目 2~项目 10 介绍常用电阻式传感器、电感式传感器、电容式传感器、压电式传感器、光电式传感器、热电式传感器、霍尔式传感器、数字式位置传感器、超声波传感器及其应用;在项目 11 中设置了综合训练,讲解了传感器在机电产品中的应用,希望对读者的综合职业能力的提高有所帮助。

本书可作为中等职业学校机电技术应用、机械、数控、汽车制造、电气自动化、电子信息等专业方向的教材。本书的参考学时为 90 学时,各校可根据各自的专业课程设置及要求,选讲有关章节。

项目名称	任务名称	课时	学时分配		教学组织建议
			授课	实训	
项目 1 传感与检测的基础知识	任务 1.1 检测装置的认识	2	1	1	在教学组织上,按照 4 人/台(有条件的学校可以按 2 人/台)实施
	任务 1.2 传感器的评价特性	4	2	2	
项目 2 电阻式传感器	任务 2.1 认识电阻式传感器	3	2	1	
	任务 2.2 使用电阻应变片式传感器	3	1	2	
	任务 2.3 气敏与湿敏传感器的应用	3	1	2	
项目 3 电感式传感器	任务 3.1 认识电感式传感器	3	2	1	
	任务 3.2 电感式传感器的应用	3	1	2	

续表

项目 名称	任 务 名 称	课 时	学时分配		教学组织建议
			授课	实训	
项目 4 电容式传感器	任务 4.1 认识电容式传感器	4	2	2	
	任务 4.2 电容式传感器的应用	3	1	2	
项目 5 压电式传感器	任务 5.1 认识压电式传感器	2	1	1	
	任务 5.2 压电式传感器的应用	4	2	2	
项目 6 光电式传感器	任务 6.1 认识光电式传感器	3	2	1	
	任务 6.2 光电式传感器的应用	4	2	2	
项目 7 热电式传感器	任务 7.1 热电偶传感器	3	1	2	
	任务 7.2 金属热电阻的应用	3	1	2	
	任务 7.3 热敏电阻的应用	3	1	2	
项目 8 霍尔式传感器	任务 8.1 认识霍尔式传感器	4	2	2	
	任务 8.2 霍尔式传感器的应用	3	1	2	
项目 9 数字式位置传感器	任务 9.1 光栅传感器的使用	3	2	1	
	任务 9.2 磁栅传感器的使用	3	2	1	
	任务 9.3 光电编码器的使用	4	2	2	
项目 10 超声波传感器	任务 10.1 认识超声波传感器	2	1	1	
	任务 10.2 超声波传感器的应用	3	1	2	
项目 11 传感器在机电产品中的应用	任务 11.1 光电传感器在自动化生产线上的应用	4	1	3	
	任务 11.2 传感器在全自动洗衣机中的应用	4	1	3	
	任务 11.3 YL-235A 型光机电一体化实训设备上的传感器	4	2	2	
机动		6	4	2	
总计		90	42	48	

本书由盐城机电高等职业技术学校杨效春策划并担任主编,盐城机电高等职业技术学校张伟任副主编。项目 1、项目 2 和项目 4 由杨效春编写,项目 3、项目 5 和项目 6 由张伟编写,项目 7、项目 9 和项目 10 由陆燕编写,项目 8 和项目 11 由张淑侠编写。

在本书的编写过程中,得到了盐城机电高等职业技术学校张国军老师的大力支持,以及许多企业的热情关心和帮助,并提出了许多宝贵意见,在此一并表示衷心感谢!

由于编者水平所限,疏漏和不足在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者



项目 1 传感与检测的基础知识	1
任务 1.1 检测装置的认识	1
任务 1.2 传感器的评价特性	9
思考与练习	16
项目 2 电阻式传感器	17
任务 2.1 认识电阻式传感器	17
任务 2.2 使用电阻应变片式传感器	33
任务 2.3 气敏与湿敏传感器的应用	39
思考与练习	45
项目 3 电感式传感器	47
任务 3.1 认识电感式传感器	47
任务 3.2 电感式传感器的应用	60
思考与练习	64
项目 4 电容式传感器	66
任务 4.1 认识电容式传感器	66
任务 4.2 电容式传感器的应用	73
思考与练习	76
项目 5 压电式传感器	77
任务 5.1 认识压电式传感器	77
任务 5.2 压电式传感器的应用	83
思考与练习	89
项目 6 光电式传感器	90
任务 6.1 认识光电式传感器	90
任务 6.2 光电式传感器的应用	100
思考与练习	109

项目 7 热电式传感器	110
任务 7.1 热电偶传感器	110
任务 7.2 金属热电阻的应用	119
任务 7.3 热敏电阻的应用	123
思考与练习	130
项目 8 霍尔式传感器	131
任务 8.1 认识霍尔式传感器	131
任务 8.2 霍尔式传感器的应用	141
思考与练习	146
项目 9 数字式位置传感器	147
任务 9.1 光栅传感器的使用	148
任务 9.2 磁栅传感器的使用	154
任务 9.3 光电编码器的使用	159
思考与练习	166
项目 10 超声波传感器	167
任务 10.1 认识超声波传感器	167
任务 10.2 超声波传感器的应用	173
思考与练习	180
项目 11 传感器在机电产品中的应用	181
任务 11.1 光电传感器在自动化生产线上的应用	181
任务 11.2 传感器在全自动洗衣机中的应用	185
任务 11.3 YL-235A 型光机电一体化实训设备上的传感器	188
思考与练习	194
参考文献	195



传感与检测的基础知识

【项目分析】

本项目主要包括检测与转换技术综合实验台的认识、常用传感器的认识等内容。通过完成这些任务,可以达到如下目标。

- (1) 了解检测技术的概念、检测技术的作用及检测系统的组成;
- (2) 了解传感器的概念与种类,了解各种传感器的最新发展水平和方向;
- (3) 能查阅传感器的主要性能指标,会根据测量要求正确选择传感器。

任务 1.1 检测装置的认识



任务分析

本任务主要介绍常用传感器与检测的基本知识,以及检测与转换技术综合实验台的使用方法。通过学习,了解传感器与检测技术的概念。



相关知识

1. 检测技术的概念

在现代工业生产中,为了检查、监督和控制某个生产过程或运动对象,使它们处于所选工况的最佳状态,必须掌握描述其特性的各种参数,这就首先要测量这些参数的大小、方向和变化速度等。所谓检测,就是利用各种物理、化学效应,选择合适的方法与装置,将生产、科研、生活等各方面的有关信息通过检查与测量的方法赋予定性或定量结果的过程。能

够自动地完成整个检测处理过程的技术称为自动检测与转换技术。

2. 检测技术的作用

检测技术用于日常生活、国防、航天、工业等诸多领域。图 1-1~图 1-4 所示为检测技术在上述领域应用的一些典型示例。

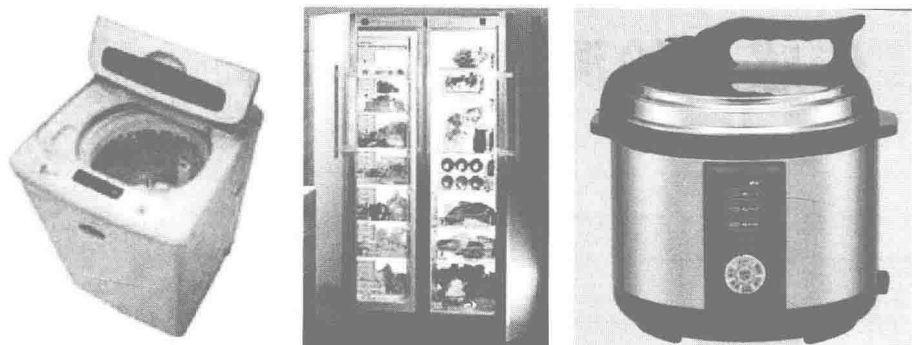


图 1-1 检测技术在日常生活中的应用

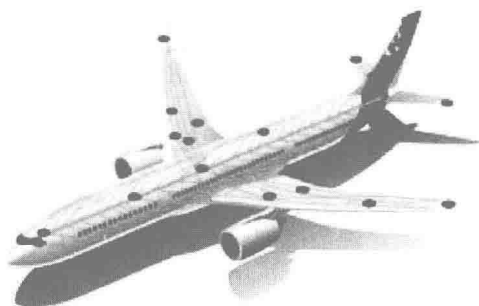


图 1-2 飞机的机身内外布置的传感器

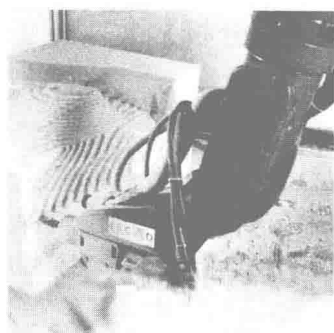


图 1-3 检测技术在机械臂上的应用

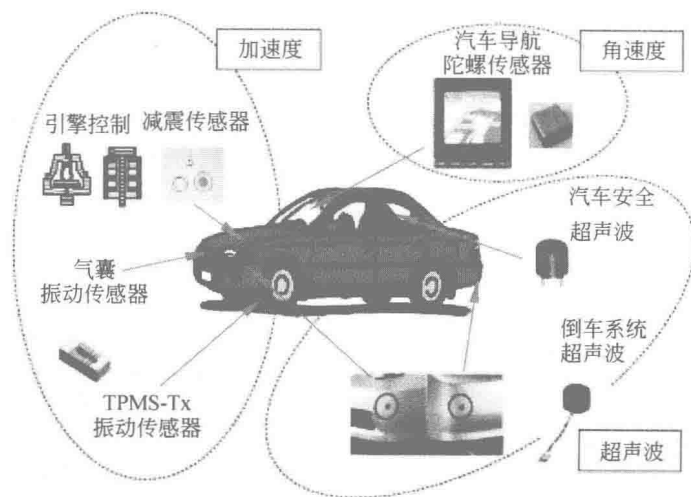


图 1-4 检测技术在汽车中的应用

近年来,随着家电工业的兴起,自动检测技术进入人们的日常生活。例如,电冰箱中的温度传感器,监视煤气溢出的气敏传感器,防止火灾的烟雾传感器,防盗用的光电传感器等。在国防科研中,检测技术用得更多,许多尖端的检测技术都是因国防工业需要而发展起来的。例如,研究飞机的强度,就要在机身、机翼上贴几百片应变片,并进行动态特性的测试。在机械制造业中,通过对机床的加工精度、切削速度、床身振动等许多静态、动态参数进行在线测量,可以控制加工质量。在化工、电力等行业中,如果不随时对生产工艺过程中的温度、压力、流量等参数进行自动检测,生产过程就无法控制,甚至产生危险。在交通领域,一辆现代化汽车所用的传感器多达数十种,用以检测车速、方位、转矩、振动、油压、油量和温度等。

3. 自动检测系统的组成

自动检测系统是帮助完成整个检测处理过程的系统。自动检测技术的任务是通过一种器件或装置,将被测的物理量采集、变换和处理。在被测物理量中,非电量占了绝大部分,例如压力、温度、湿度、流量、液位、力、应变、位移、速度、加速度、振幅等。非电量的检测多采用电测法,即首先将各种非电量转变为电量,然后经过一系列的处理,将非电量参数显示出来。系统的组成框图如图 1-5 所示。我们可以通过类比人体的信息反应系统来了解自动检测系统对信息的处理过程。

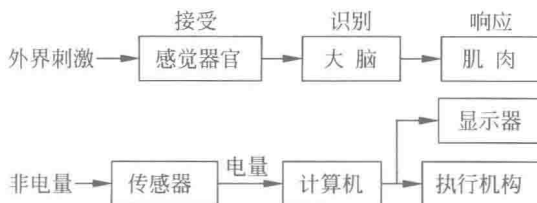


图 1-5 人体信息接受过程框图与自动检测系统框图比较

1) 系统框图

所谓系统框图,就是将系统中的主要功能或电路的名称画在方框内,按信号的流程,将几个方框用箭头联系起来,有时还可以在箭头上标出信号的名称。在产品说明书、科技论文中,利用框图可以较简洁、清晰地说明系统的构成及工作原理。

2) 自动检测系统的组成

(1) 传感器。

传感器是一种检测装置,它能感受各种非电量的信息,如压力、温度及位移等,并将它们按一定的规律转换成电信号或其他所需要的信息输出,为各种自动控制提供依据。传感器是实现自动检测和自动控制的重要环节。国家标准 GB 7665—1987 对传感器下的定义是:“能感受规定的被测量,并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置,通常由敏感元件和转换元件组成。”

(2) 显示器。

目前常用的显示器有 4 类:模拟显示器、数字显示器、图像显示器及记录仪。

因模拟量是连续变化量,所以模拟显示器是利用指针对标尺的相对位置来表示读数的。常见的有指针式、光柱式等。

数字显示器多采用发光二极管和液晶等以数字的形式来显示读数。前者亮度高,后者耗电小。

图像显示器是用 CRT 或点阵式的 LCD 来显示读数或被测参数的变化曲线。

记录仪主要用来记录被测参数的动态变化过程。常用的记录仪有笔式记录仪、绘图仪、数字存储示波器、磁带记录仪等。

(3) 执行机构。

所谓执行机构,通常是指各种继电器、电磁铁、电磁阀、电磁调节阀、伺服电动机等。在电路中,它们是起通断、控制、调节、保护等作用的电气设备。许多检测系统能输出与被测量有关的电流或电压信号,作为自动控制系统的控制信号,去驱动这些执行机构。

技能训练

1. 训练目的

认识检测与转换技术综合实验台,知道各模块的作用、面板的功能,知道实验台可做哪些传感器实验,能初步应用传感器实验系统软件。

2. 训练器材

KMC-Ⅲ检测与转换(传感器)技术综合实验台如图 1-6 所示。

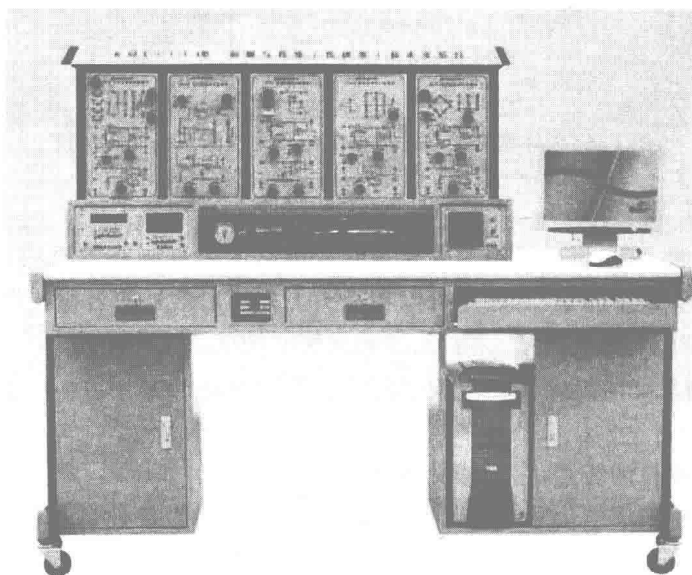


图 1-6 KMC-Ⅲ检测与转换(传感器)技术综合实验台

3. 原理简介

KMC-Ⅲ型检测与转换(传感器)技术综合实验台作为教学实验仪器,其传感器采用透明有机玻璃制作,教学上性能好、比较直观。转换电路板采用模块化结构,一个模块对应一类传感器,训练接线方便,电源具有自动保护功能。传感器和转换电路模块正面印有

电路原理图。这种直观性有助于学生增加感性认识,提高实训效果。

KMC-III型检测与转换技术综合实验台由主控台、传感器、实验模块、位移台架、数据采集卡及处理软件、实验台桌 6 部分组成。利用它,可进行“自动检测技术”、“传感器原理与技术”、“非电量电测技术”、“工业自动化仪表”、“机械量电测”等课程的教学实验。

1) 主控台部分

如图 1-7 所示,该实验台提供高稳定的 $\pm 5\text{V}$ 、 $\pm 15\text{V}$ 直流稳压电源,二组温度电源。主控台面板装有空气开关、温度控制仪、音频振荡器、低频振荡器、电压表、频率/转速显示表、温度表、压力表、差动放大器和计算机串行接口。

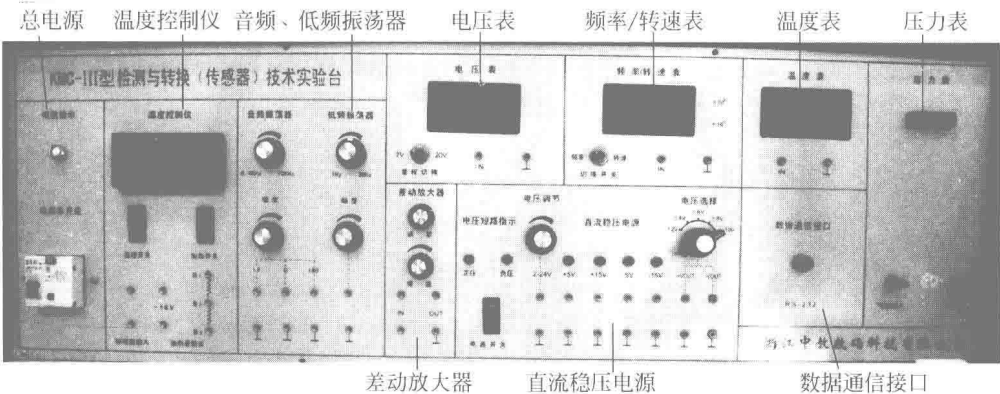


图 1-7 检测与转换(传感器)技术综合实验台主控台

2) 传感器部分

传感器部分包括多种传感器,具体如图 1-8 所示。

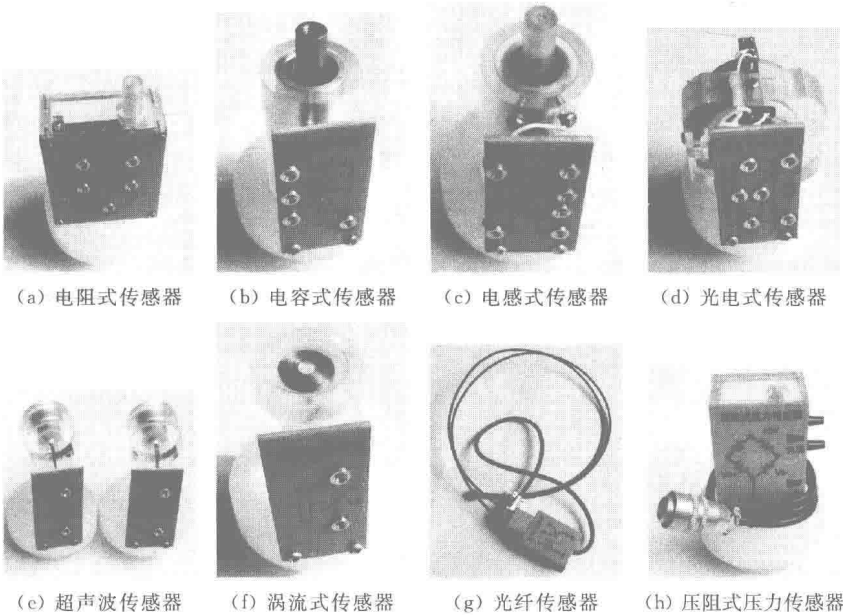


图 1-8 传感器元件

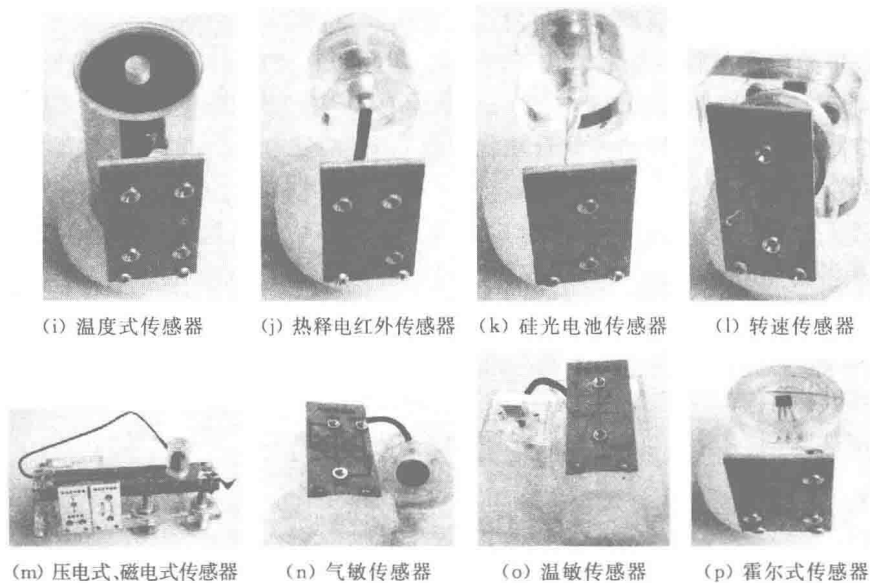
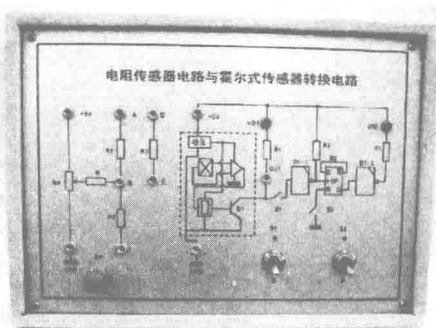


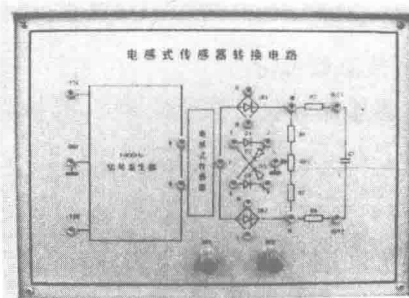
图 1-8(续)

3) 实验模块部分

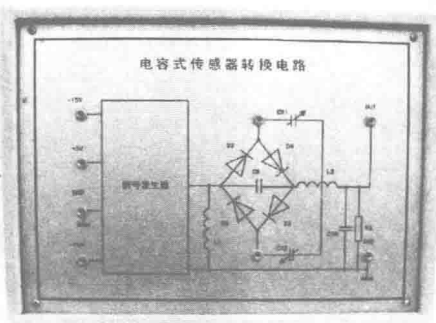
实验模块部分包括多种转换电路模块,具体如图 1-9 所示。



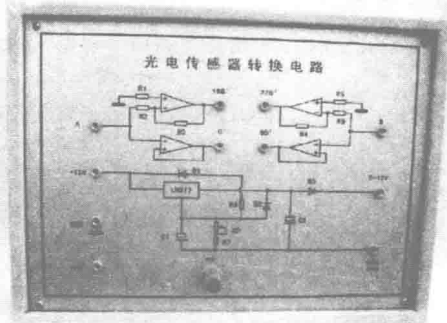
(a) 电阻传感器电路与霍尔式传感器转换电路



(b) 电感式传感器转换电路

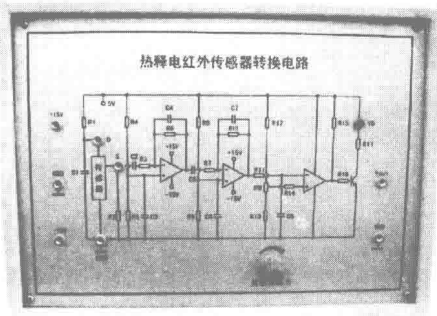


(c) 电容式传感器转换电路

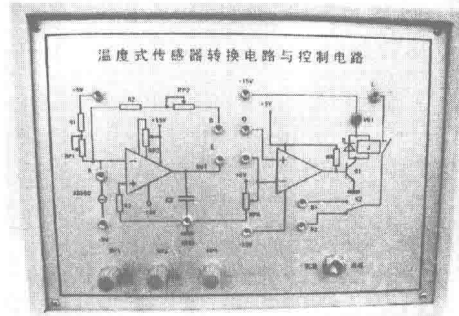


(d) 光电传感器转换电路

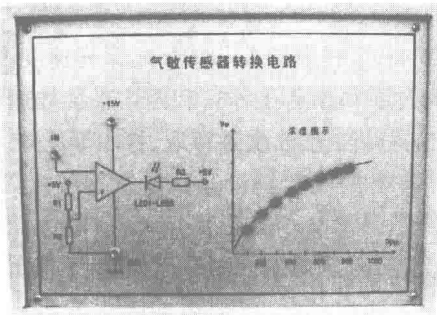
图 1-9 转换电路模块



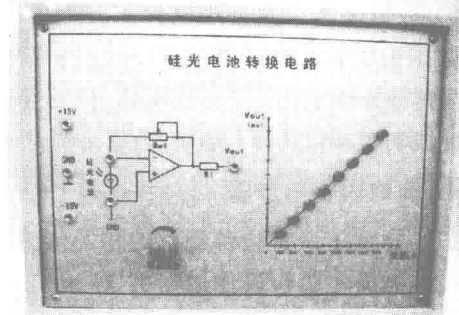
(e) 热释电红外传感器转换电路



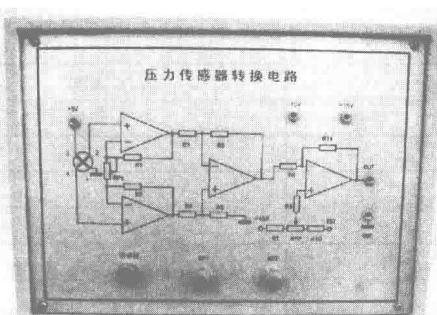
(f) 温度式传感器转换电路与控制电路



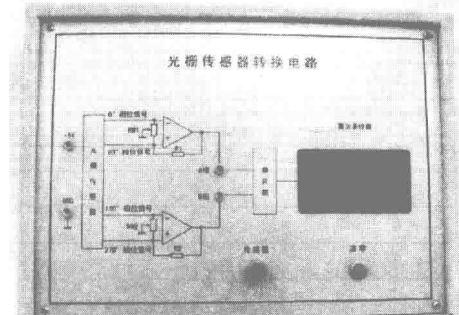
(g) 气敏传感器转换电路



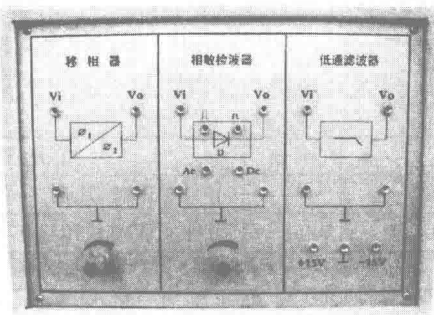
(h) 硅光电池转换电路



(i) 压力传感器转换电路



(j) 光栅传感器转换电路



(k) 移相器、相敏检波器、低通滤波器

图 1-9(续)

4) 位移台架部分

位移台架部分如图 1-10 所示。

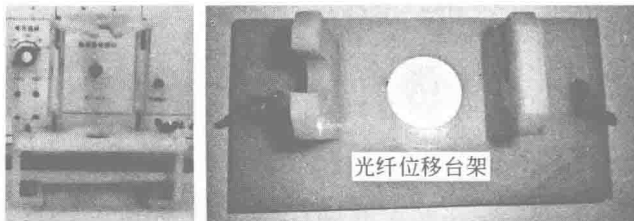


图 1-10 位移台架

5) 数据采集卡及处理软件

数据采集卡采用 12 位 A/D 转换,分辨率为 1/2048,采样周期 1~1000ms,采样速度可选择单次采样或连续采样。它采用标准 RS-232 接口,与计算机串行工作。利用该系统处理软件,可以完成实验项目选择与编辑,数据采集,特性曲线的分析、比较,文件存取、打印等任务。

4. 训练内容与步骤

- (1) 分组认识实验台配置的相关传感器。
- (2) 根据实验台操作说明书,认识实验台各模块的作用,然后填写表 1-1。
- (3) 利用网络技术查询各种传感器及其技术指标。
- (4) 使用传感器实验系统软件。

表 1-1 实验台的识别

序号	模块名称	适用实验
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

任务评价

序号	评价内容	配分	扣分要求	得分
1	各实验面板的名称	50	书写要正确、规范。写错一个字,扣 5 分	
2	各种实验模块的用途	50	每种实验模块用途不能识别,扣 5 分	
3	团队合作			
	小组评价			
	教师评价			
时间:60min		个人成绩:		