

面向21世纪培养自主创新意识及创新人才高等工程教育适用教材

传感器 原理与应用

Chuanganganqi
Yuanli yu Yingyong

单成祥 牛彦文 张春 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

面向 21 世纪培养自主创新意识及创新
人才高等工程教育适用教材

传感器原理与应用

单成祥 牛彦文 张春 编著

国防工业出版社

• 北京 •

内 容 简 介

本教材专为相关专业的专业基础课或专业课中《传感器原理与应用》课程的教学内容而编写。全书运用了已学过的基础理论课和专业基础理论课的教学内容,循序渐进地推导出经典常用传感器数学模型的建立过程及其工作特性的定量分析方法,以及典型应用的定量分析方法,以培养、启发学生建立自主创新思路和创新方法。传感器的设计内容另编有《传感器设计基础》一书,供课程设计和毕业设计参考使用。

全书共分 15 章;第 1 章概述了传感器的基本概念;第 2 章是传感器的基本特性;第 3 章讲述了常用弹性敏感元件的理论分析方法;第 4 章~第 6 章详细地讲述了变参数型电阻应变式、电容式、电感式传感器的数学模型及工作特性的定量分析方法;第 7 章介绍了利用电磁场工作的电涡流式传感器;第 8 章~第 10 章讲述了经典磁电式、压电式、压磁式传感器;第 11 章介绍了热电式传感器;第 12 章讲述了自动控制、电力、电子工程中常用的霍尔式传感器;第 13 章讲述了智能传感器;第 14 章介绍了应用网络理论建立的并广泛应用的能量变换型传感器;第 15 章为闭环式传感器。

本书可作为测控技术及仪器、精密仪器及机械、自动化仪表、自动控制、电力电子、机械工程与自动化、机电一体化、计算机应用及电子应用等专业的本科生及高等职业院校相关专业的教材。也可作为相关专业工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

传感器原理与应用/单成祥,牛彦文,张春编著.

北京:国防工业出版社,2006.9

面向 21 世纪培养自主创新意识及创新人才高等工程教育适用教材

ISBN 7-118-04632-9

I. 传... II. ①单...②牛...③张... III. 传感器—教材 IV. TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 075945 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 17½ 字数 394 千字

2006 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

一、本教材的编写宗旨

编写本教材的宗旨是:实现培养具有自主创新意识和创新人才的教育目标。

1996 年国家教委启动了“面向 21 世纪高等工程教育、教学内容和课程体系改革规划”。其主题是实现培养具有自主创新意识和创新人才的教育目标。

“创新”是知识积累和训练过程的顶峰。对于知识训练和积累过程,它应该是:经过吸收→消化→理解→发现不足→产生新的开发思路这样一个有机过程,才能产生创新意识,或者用积累的大量知识去研发、破解所关心领域中尚未解决的相关问题。所以一般来说,“创新”必须有知识作为基础或者工作经验作为基础。

创新就是技术进步,技术上有预研基础才能有创新。

二、根据培养具有创新意识和创新人才的要求,改革“传感器原理与应用”的课程内容和课程体系

1. 我国高等工程教育现行的“传感器原理与应用”课程的教学内容存在以下问题:

(1) 课程内容定性、科普介绍居多,定量分析描述少,有定量描述也皆为引用公式,达不到培养学生具有创新意识和创新能力的目的。

(2) 语言描述居多,数学公式描述少。

(3) 工作特性定性叙述多,定量分析少。

(4) 应用中定性介绍多,定量分析少。

(5) 课程体系没有体现出“传感器原理与应用”课程是专业能力训练课的基本精神。

按照这样的课程内容进行教学,很难培养学生的自主创新意识和创新思维。正如马克思指出的:“一种科学只有在成功的运用数学时,才算达到真正完善的地步”。众所周知,任何一门科学,特别是工程科学的基本描述方法,都是利用能表述本科学内容本质特征的数学方程式来描述的,特别是对于摸不到、看不见的电类科学更是如此。科学中很多问题用语言阐述很难说清楚,但用数学表达式却可清晰而准确地表述出来。

任何问题的数学表达式(数学模型)都是该问题特征本质描述的基本方法。对传感器的工作原理,从数学模型中可以找到各种参数对工作的影响,从而找到设计参数的依据;找到应用中产生故障是由哪些参数变化引起的。因此,只有使学生学会建立传感器工作原理的数学模型,才能使学生真正掌握传感器的工作原理和解决设计、使用中出现的問題。也只有使学生学会应用基础理论和专业基础理论建立传感器工作原理的数学模型,才能够举一反三、触类旁通,去自主创新研发其他类问题。

2. 课程名称“传感器原理与应用”的含义应该是:讲“原理”——要有理论依据;讲“应用”——要有实例的理论分析。这样才能使学生获得分析、解决问题的能力和创新能力。

3. 课程内容的定位:“传感器原理与应用”课程的讲授内容应该是:讲“经典传感器”,新型传感器暂不列入其内。理由是:因为本课程是专业能力的训练课。所谓“经典传感器”,它们应该是“理论成熟”、“设计有方”、“生产、应用有道”的传感器。只有讲授这样的传感器,才能系统、完整地培养学生学习怎样运用已经学过的基础、专业基础知识来解决专业问题,从而培养学生的自主创新思维和创新意识。

对于那些目前理论尚不成熟、设计尚没有完整方法、生产和应用尚存在问题的所谓新型传感器暂不能列入本科学生的教学内容,因为这些内容不利于培养学生自主创新思维和意识,它们只能作为研究生和使用者的探索内容。

4. 本教材采用定性描述和定量分析相结合并以定量分析为主导的方法讲述“传感器原理与应用”中的各种问题。

定性描述是采用自然科学常用的“信息传递链”的简捷方式来表述。

定量分析是编写本教材的宗旨:在用信息传递链定性表述的基础上,利用已学过的基础理论、专业基础理论,循序渐进地引导学生推导、建立传感器工作原理的数学模型(不采用引用公式的方式),这样使学生学会运用已学过的知识解决专业中的工程问题,并获得创新思维方法。

三、本教材内容

按照“传感器原理与应用”课程教学大纲的要求,集作者多年讲授“测控技术及仪器”本科专业的“传感器原理与设计”必修课的经验及理论研究和科研实践成果(获国家科技进步三等奖),以及由作者等人编著、国防工业出版社出版的《传感器的理论与设计基础及其应用》一书,在重新组织了理论分析内容、增添了经典传感器的原理和应用理论分析内容的基础上,博采国内外传感器技术之精华,编写了本教材。

根据国家教育部“面向 21 世纪高等工程教育、教学内容和课程体系改革规划”及“十五”教材规划:“突出重点原则”的要求,本教材讲授:“理论成熟、设计有方、生产和应用有道”的经典传感器的机理、结构、测量电路及应用方法等定量分析的基本方法。

本教材的编写以培养学生自主创新思维和创新意识为主线,在详细给出物理概念的基础上,强化了经典传感器原理的完整的定量分析过程,结合了较多的定量分析的应用实例,最大限度地培养学生实践创新能力,引导学生在学习本教材后,能举一反三,触类旁通地自主开发创新。

本教材共分 15 章:第 1 章概述了传感器的基本概念;第 2 章简述了传感器的基本特性;第 3 章介绍了传感器常用弹性敏感元件的理论分析方法;第 4 章~第 6 章详细讲述了变参数型电阻应变式传感器、电容式传感器、电感式传感器的数学模型及工作特性分析方法;第 7 章介绍了利用电磁场理论工作的电涡流式传感器;第 8 章~第 10 章讲述了经典磁电式传感器、压电式传感器及压磁式传感器;第 11 章介绍了应用最广泛的测量温度用

的热电式传感器;第12章介绍了自动控制、电子工程中常用的霍尔式传感器;第13章讲述了传感器技术与微电子技术及微机技术相结合的智能传感器;第14章介绍了应用网络理论建立的能量变换型传感器;第15章为闭环传感器。各章均详细地讲述了传感器的物理概念、数学模型推导过程、工作特性定量分析及应用举例定量分析,以利于培养学生建立自主创新思路和创新中分析问题的基本方法。

本教材由燕山大学电气工程学院单成祥教授主要编写,牛彦文、张春也参加了编写,王珏教授主审。全书在编写过程中得到了燕山大学有关领导的支持和鼓励,也得到了许多科研院所文献资料之启迪,在此一并表示感谢。

由于传感器技术是新兴交叉学科,涉及许多学科理论,限于作者学识水平,书中缺点、错误在所难免,敬请广大读者批评指正。

作 者
2006年5月

目 录

第 0 章 绪论	1
0.1 “传感器原理与应用”课程在相关专业中的作用及编写本教材的目的	1
0.1.1 传感器及其在相关专业中的作用	1
0.1.2 编写《传感器原理与应用》教材的目的	1
0.2 本课程与其他课程的关系	2
0.3 本教材的编写方式	2
第 1 章 传感器的基本概念	3
1.1 传感器在科学技术中的作用	3
1.1.1 科学技术的研究方法与数学模型	3
1.1.2 数学模型的定义及工程建模步骤	3
1.1.3 数据资料与传感器	4
1.1.4 控制事物规律与传感器	4
1.1.5 传感器在科学技术中作用的结论	4
1.2 传感器转换的常见非电量	5
1.3 测控技术研究的内容	5
1.4 传感器的定义、组成框图及各组成部分的作用	5
1.4.1 传感器的定义	5
1.4.2 传感器的组成框图及各组成部分作用	6
1.5 传感器的分类	6
1.6 传感器工作原理的发展历程	7
1.6.1 模拟式传感器	7
1.6.2 数字式传感器	7
1.6.3 智能传感器	8
1.6.4 模糊式传感器	8
1.6.5 虚拟传感器	8
第 2 章 传感器的基本特性	9
2.1 传感器的静态特性	9

2.1.1	静态方程式及不同条件下的工作分析	9
2.1.2	静态特性的主要技术指标	10
2.2	传感器的动态特性	15
2.2.1	动态特性的一般数学模型	15
2.2.2	传感器的传递函数	16
2.2.3	传感器的频率传递函数	17
2.2.4	传感器的动态响应	18
2.3	传感器不失真检测转换条件	23
第3章	弹性敏感元件	25
3.1	传感器常用弹性敏感元件的基本特性	25
3.1.1	弹性特性	25
3.1.2	弹性滞后	26
3.1.3	弹性后效	26
3.1.4	弹性元件的固有频率	27
3.2	传感器常用弹性敏感元件及其工作原理的数学模型	27
3.2.1	弹性等截面轴(实心 and 空心)	27
3.2.2	悬臂梁的工作原理	30
3.2.3	等强度(变截面)梁的工作原理	33
3.2.4	转轴、扭转棒的工作原理	34
3.2.5	薄壁圆筒弹性元件的工作原理	36
3.2.6	等截面薄板(平膜片)的工作原理	38
3.3	弹性敏感元件的应用	39
3.3.1	力 $\rightarrow$ 应力和应变型变换	39
3.3.2	力、力矩 $\rightarrow$ 应力、应变和挠度型变换	40
3.3.3	压力、差压 $\rightarrow$ 应力、应变和挠度型变换	41
3.3.4	扭矩(转矩) $\rightarrow$ 应变和扭转角型变换	42
第4章	电阻应变式传感器	43
4.1	构成原理及信号变换原理	43
4.1.1	电阻应变式传感器构成原理	43
4.1.2	信号变换原理	43
4.1.3	使用特点	43
4.2	应变片(计)的工作原理	43
4.2.1	构成原理及信号变换原理	43
4.2.2	金属电阻应变效应	44
4.2.3	应变片的工作原理表达式	46

4.2.4	半导体应变片的工作原理	46
4.2.5	应变片的结构	47
4.3	应变片的主要特性	48
4.3.1	应变片的静态特性	48
4.3.2	应变片的动态特性	51
4.4	应变片的工作误差	53
4.4.1	测量材料误差	53
4.4.2	应变片工作温度误差及其补偿	54
4.5	应变式传感器的测量电路	56
4.5.1	直流电桥转换原理	56
4.5.2	直流电桥的电压灵敏度及对称电桥	57
4.5.3	电桥的输出特性	58
4.5.4	电桥的非线性误差及补偿	62
4.5.5	电桥的灵敏度	64
4.5.6	交流电桥	65
4.6	应变式传感器的应用	69
4.6.1	变应式传感器的构成原理及非电量转换	69
4.6.2	应变式传感器的应用举例	70
4.7	固态压阻式传感器	76
4.7.1	压阻式传感器的工作原理	76
4.7.2	压阻式压力传感器的工作原理	77
4.7.3	压阻式加速度传感器的工作原理	78
第5章	电容式传感器	80
5.1	电容式传感器的构成、工作原理及工作方式	80
5.1.1	电容式传感器的构成及各元件的作用	80
5.1.2	平行板电容式变换元件的工作原理	80
5.1.3	平行板电容器的工作方式	81
5.2	电容式变换元件的主要特性	86
5.2.1	单组式输出特性	86
5.2.2	差动式输出特性	86
5.2.3	变间隙式差动电容的电压输出特性	87
5.2.4	电容式变换元件的等效电路	88
5.2.5	电容式变换(传感)元件的高阻抗、小功率和易受干扰特性	89
5.2.6	静电引力特性	89
5.3	电容式变换元件的误差及补偿	90

5.3.1	变间隙式工作原理引起的非线性误差	90
5.3.2	温度误差	92
5.3.3	电容电场的边缘效应	94
5.3.4	寄生电容与分布电容的影响及补偿	95
5.4	电容式传感器的测量电路	96
5.4.1	交流不平衡电桥	96
5.4.2	变压器式电桥	98
5.4.3	运算放大器测量电路	100
5.4.4	差动脉冲宽度调制电路	101
5.5	电容式传感器的应用	103
5.5.1	电容式位移传感器	103
5.5.2	电容式液位计	104
5.5.3	电容式压差传感器	105
第 6 章	电感式传感器	108
6.1	电感式传感器	109
6.1.1	电感式传感器的组成及工作原理	109
6.1.2	电感式传感器的工作方式	110
6.1.3	电感式传感器的输出特性	111
6.1.4	差动变间隙电感式传感器	112
6.1.5	单线圈螺管型电感式传感器	114
6.1.6	差动螺管型电感式传感器	116
6.1.7	电感式传感器的等效电路	118
6.2	互感式传感器(差动变压器)	121
6.2.1	差动变压器的构成	121
6.2.2	差动变压器的工作原理	122
6.3	电感式传感器的测量电路	124
6.3.1	交流电桥原理	124
6.3.2	变压器式交流电桥原理	126
6.3.3	相敏检波电路	128
6.3.4	差动整流电路	128
6.4	电感式传感器的误差	129
6.4.1	零位误差	129
6.4.2	饱和电流误差	130
6.4.3	非线性误差	130
6.4.4	温度误差	131

6.4.5	电磁引力引起的误差	131
6.5	电感式传感器的应用	132
6.5.1	差动电感式位移传感器	132
6.5.2	差动变压器式应变测量传感器	134
第7章	电涡流式传感器	136
7.1	电涡流式传感器的工作原理	136
7.1.1	电涡流式传感器的结构	136
7.1.2	高频反射电涡流式传感器的工作原理	137
7.1.3	低频透射电涡流式传感器的工作原理	140
7.2	电涡流式传感器的测量电路	142
7.2.1	交流电桥测量电路	143
7.2.2	谐振电路	143
7.3	电涡流式传感器的应用	147
7.3.1	电涡流式测厚传感器	147
7.3.2	电涡流式位移传感器	148
7.3.3	电涡流式测温传感器	148
7.3.4	电涡流式转速传感器	148
7.3.5	电涡流式膜厚测量传感器	149
第8章	磁电(电动)式传感器	151
8.1	磁电式传感器的惯性测量原理及其数学模型	151
8.1.1	惯性测量原理	151
8.1.2	惯性(相对)测量原理的数学模型	151
8.2	磁电式传感器的机电变换原理	153
8.2.1	磁电式传感器的分类	153
8.2.2	相对运动调制型磁电式传感器工作原理	154
8.2.3	磁阻调制(变磁阻)型磁电式传感器工作原理	155
8.3	磁电式传感器的动态特性	156
8.3.1	机械阻抗的概念	157
8.3.2	磁电式传感器的机械阻抗	160
8.3.3	磁电式传感器的传递矩阵	161
8.4	磁电式传感器的测量电路	165
8.4.1	加速度测量电路原理	166
8.4.2	位移测量电路原理	166
8.5	磁电式传感器的应用	167
8.5.1	磁电式转速传感器	167

8.5.2 磁电式扭矩传感器	167
第9章 压电式传感器	169
9.1 压电效应及工作原理	169
9.1.1 石英晶体的压电效应	169
9.1.2 压电式传感器的工作原理	171
9.1.3 压电陶瓷的压电效应	173
9.1.4 压电式传感器工作原理的一般表达式	175
9.1.5 压电元件的基本变形及工作方式	176
9.1.6 压电常数和耦合系数	178
9.2 压电式传感器的等效电路	178
9.2.1 压电元件的等效电路	178
9.2.2 压电式传感器的等效电路	180
9.3 压电式传感器的测量电路	180
9.3.1 电压放大器原理	180
9.3.2 电荷放大器原理	182
9.4 压电式传感器的应用	184
9.4.1 压电元件的应用	185
9.4.2 压电式加速度传感器	186
9.4.3 压电式力传感器	189
9.4.4 压电式压力传感器	190
第10章 压磁式传感器	191
10.1 磁性材料的两种效应	191
10.1.1 磁致伸缩效应	191
10.1.2 压磁效应	191
10.2 压磁式传感器的工作原理	192
10.2.1 磁化原理	192
10.2.2 压磁式传感器的工作原理表达式	192
10.3 压磁式传感器工作原理的物理机理	196
10.3.1 压磁元件的构成	196
10.3.2 工作原理的物理机理	197
10.3.3 压磁式传感器的结构	197
10.4 交流压磁式传感器	198
10.5 压磁式传感器的测量电路	198
10.6 压磁式传感器的应用举例	199
10.6.1 利用磁致伸缩效应构成的非接触式扭矩传感器的原理	199

10.6.2	GS-312A 压磁式测力传感器	200
第 11 章	热电式传感器	202
11.1	热电式传感器的工作原理	202
11.1.1	热电效应	202
11.1.2	热电势及其极性	204
11.1.3	热电偶的基本定律	206
11.1.4	热电偶测量温度的基本原理	208
11.2	冷端温度的补偿及其方法	209
11.2.1	冷端补偿	209
11.2.2	冷端补偿的方法	209
11.3	常用热电偶的种类	211
11.4	热电偶实用测量电路	212
11.4.1	单点温度测量电路	212
11.4.2	两点间温差测量电路	213
11.4.3	平均温度测量电路	213
11.4.4	若干点温度之和测量电路	214
11.4.5	若干只热电偶共用一台仪表的测量电路	214
11.5	热电阻式传感器	215
11.5.1	金属热电阻的工作原理	215
11.5.2	热电阻的测量电路	217
11.5.3	金属热电阻的灵敏度	218
11.6	半导体热敏电阻	219
11.6.1	热敏电阻的结构形式	219
11.6.2	负温度系数(NTC)热敏电阻的主要特性	220
11.6.3	热敏电阻的线性化	221
11.7	热电式传感器的应用	224
11.7.1	热电式金属材料鉴别仪	224
11.7.2	铂电阻测量真空度	225
第 12 章	霍尔式传感器	227
12.1	霍尔效应	227
12.2	霍尔式传感器的工作原理	227
12.2.1	洛伦兹力的形成	227
12.2.2	电场力的形成	228
12.2.3	霍尔电势的形成	228
12.2.4	载流体中的电流	229

12.3	霍耳元件的符号、基本电路、霍耳元件的组合使用及输出电路	230
12.3.1	霍耳元件的符号和基本电路	230
12.3.2	霍耳元件组合使用的电路	230
12.3.3	霍耳电势的输出电路	231
12.4	霍耳元件的测量误差及补偿	232
12.4.1	零位误差及补偿	232
12.4.2	霍耳元件的温度误差及补偿	233
12.5	霍耳式传感器的应用	236
12.5.1	在测量与控制系统中作测量和计算元件	236
12.5.2	在测量系统中作变换元件	237
12.5.3	其他非电量的测量	239
12.5.4	测量高压电流	239
第13章	智能传感器	240
13.1	智能化传感器	240
13.1.1	智能化传感器的组成框图	240
13.1.2	智能化传感器的工作原理	241
13.1.3	智能化传感器的软件设计简介	241
13.2	智能化传感器的软件功能举例	242
13.2.1	零位和满量程误差自校正功能	242
13.2.2	传感器特性补偿功能	243
13.2.3	温度补偿功能	244
13.2.4	量程自动转换功能	245
13.3	智能式传感器	246
第14章	能量变换型传感器	247
14.1	被测量的分类	247
14.2	传感器的能量变换原理	247
14.2.1	自源型传感器的能量变换原理	248
14.2.2	无源型传感器的能量变换原理	248
14.3	能量变换型传感器的传递矩阵	249
14.3.1	二端口传感器的一般表达式	249
14.3.2	二端口传感器的传递矩阵	250
14.3.3	二端口传感器的负载效应	251
14.3.4	传感器的输入、输出特性	252
14.3.5	负载效应的理论机理及消除方法	253
14.4	能量变换型传感器的能量变换类型与特点	253

14.4.1	能量变换型传感器	253
14.4.2	能量控制型传感器	254
14.5	能量变换型传感器的应用	255
14.5.1	电子式预付费热能表	255
14.5.2	电子式预付费电能表	256
第 15 章	闭环式传感器	257
15.1	闭环式传感器的一般工作原理及特点	257
15.2	力平衡式闭环传感器	258
15.2.1	工作原理	259
15.2.2	闭环式传感器的特性	259
15.3	电荷平衡式闭环传感器	264
15.3.1	构成	264
15.3.2	工作原理	264
参考文献		266

第 0 章 绪 论

0.1 “传感器原理与应用”课程在相关专业中的作用及编写本教材的目的

0.1.1 传感器及其在相关专业中的作用

在信息时代的今天,人类处处离不开信息,计算机已成为社会活动中的重要工具。若将信息社会与人体相比拟,电子计算机相当于人的大脑,人的大脑是通过人的五官(视觉、听觉、嗅觉、触觉和味觉)受到外界刺激而作出反响的,人类的这种“感官”——接收刺激的元件就是传感器,故称传感器为“电五官”。传感器把各种非电量(物理量、化学量和状态变量等)转换为便于传输、处理、存储和控制的有用信号(一般为电量)。

“传感器原理与应用”课程是机械类专业测试课的基础,是电类专业各种非电量转换为电量的基础,是机械轧钢、冶金专业测试、计量、控制参数的基础,是电力电子专业电磁测量的基础,是仪器仪表、自动化仪表、精密仪器专业非电量转换的基础,是自动化专业参数控制的基础,是测控技术及仪器专业主干课程,是电子应用专业的参数转换基础等,是地矿探测、天文观测、海洋监测、农业监测、环境监测、资源调查、生物医学工程、文物保护、军事、安保等领域相关专业不可缺少的专业基础课或专业课。传感器是解决各相关专业技术问题的重要工具,传感器与电子计算机结合应用将起到机器人的作用。

0.1.2 编写《传感器原理与应用》教材的目的

1. 编写目的之一

编写目的之一是使“传感器原理与应用”课程具有专业基础课或专业课的性质,改变科普介绍课的性质。

“传感器原理与应用”作为专业基础课或专业课,其教学目的是让学生掌握传感器的工作原理,在此基础上学会应用。而每种传感器的工作原理都是建立在表征它们工作特性本质的数学模型的基础上,通过它们的数学模型才能了解每个参数对输出特性的影响,从而找到设计参数的依据,找到应用时出现故障是由哪些参数发生变化而引起的,所以课程定名为“传感器原理与应用”。讲“原理”就必须有理论作依据;讲“应用”就必须有定量分析才能使学生会真正学会原理、掌握应用。

鉴于传感器的应用领域非常广泛,传感器的种类又非常繁多,根据教育部启动的面向 21 世纪高等工程教育、教学内容和课程体系改革规划——培养自主创新人才的目标,及教育部“十一五”教材规划“突出重点的原则”,本教材的教学内容定位于讲经典常用传感器,即“理论成熟”、“设计有方”、“生产应用有道”的传感器。只有讲这样的传感器才能训

练学生学会和提高应用基础理论和专业基础理论的知识去解决专业问题的能力。这些传感器又是工程上常用的传感器,所以兼有训练和应用双重意义。而对于那些目前理论尚不成熟、设计尚没有一定方法、生产和应用中尚存在一定问题的所谓新型传感器暂不列入本科学生的教学内容,它们只能是研究生或使用者的探索内容,这些内容不利于培养、训练学生分析、解决工程问题的能力。

2. 编写目的之二

编写目的之二是使“传感器原理与应用”课程能与其他相关的基础课和专业基础课很好地结合起来,让学生学会并能利用已学过的知识去解决工程技术中的问题,引导学生举一反三、触类旁通去自主开发创新。

0.2 本课程与其他课程的关系

由于传感器是属交叉学科,涉及的知识较广泛,其中:

- (1) 工作原理:以各种物理、化学现象和各种效应以及电路网络理论为基础;
- (2) 测量电路:以模拟电路和数字电路及电工原理为基础;
- (3) 应用检测系统:以控制理论、微弱信号检测理论、误差理论等为基础;
- (4) 智能传感器:以传感器原理、微机原理和汇编程序设计或 C++ 语言为基础;
- (5) 设计制造:除相关理论分析外,还要掌握仪器材料学、工艺学、误差理论及制图学等知识。

因此,要成为一个优秀的传感器工程技术人员,必须具有扎实的理论基础和多学科的综合知识。本课程要求学生掌握几种常用传感器原理、输出特性的分析方法及工程应用分析方法。

0.3 本教材的编写方式

本教材采用定性和定量相结合并以定量分析为主导的方式编写,其中:

- (1) 定性描述:采用信息传递链的方式,讲述传感器工作原理的物理过程。
- (2) 定量分析:在定性描述的信息传递链的基础上,运用已学过的基础及专业基础理论引导学生循序渐近地推导出传感器工作原理的数学模型;然后分析各参数对输出的影响来确定并理解工作原理。
- (3) 应用:除给出系统应用组成框图外,还作一些定量分析,以判断参数对工作的影响,从而大致估计出应用中出现故障的原因。