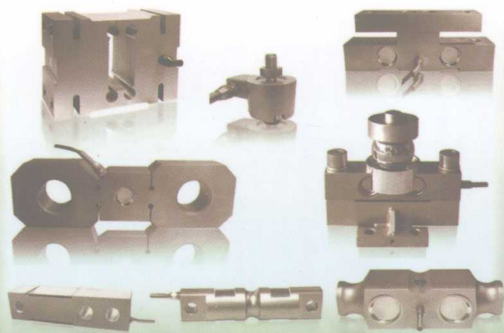


普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材

DIANQI
XINXILEI

传感器与检测技术 学习指导

■ 胡向东 彭向华 李学勤 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材

传感器与检测技术 学习指导

胡向东 彭向华 李学勤 等编著
蔡军 罗萍 赵双



机械工业出版社

本书可作为传感器与检测技术方面课程的学习指导。内容分为概述、章节学习辅导、典型应用案例与能力拓展、实验指导与课程设计、英语阅读材料、综合测试题及其参考答案。本书强调对传感器与检测技术知识的学习辅导与能力拓展,强调理论与实践的协调统一,强调专业技能的形成。本书与教材《传感器与检测技术》(机械工业出版社,2009年出版)配合使用效果会更好。

本书可作为高等院校测控技术与仪器、自动化、电气工程与自动化、机械设计制造及其自动化、通信工程、计算机应用等专业师生的教学参考书,也可供从事传感器与检测技术相关领域应用和设计开发的研究人员、工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

传感器与检测技术学习指导/胡向东等编著. —北京:
机械工业出版社, 2009. 5
普通高等教育“十一五”电气信息类规划教材
ISBN 978-7-111- 26702-7

I. 传… II. 胡… III. 传感器-检测-高等学校-教学
参考资料 IV. TP212

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第046190号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:于苏华 责任编辑:蔡家伦

版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

封面设计:鞠杨 责任印制:邓博

北京中兴印刷有限公司印刷

2009年5月第1版第1次印刷

184mm×260mm·11.5印张·282千字

标准书号:ISBN 978-7-111- 26702-7

定价:20.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)88379728

封面无防伪标均为盗版

前 言

先进的信息技术和自动化系统已成为引领和衡量各个国家迈向高度现代化的支撑性技术之一。“传感器与检测技术”已成为众多电气信息类相关专业的核心课程。本书是教材《传感器与检测技术》（机械工业出版社，2009年出版）的配套学习指导，是作者在深知学生学习需求的条件下，对该课程长期教学经验和教学成果积累的集中展示，该课程为重庆市级精品课程。

本书内容分为概述、章节学习辅导、典型应用案例与能力拓展、实验指导与课程设计、英语阅读材料、综合测试题及其参考答案几部分。本书通过“学习指导”强调对传感器与检测技术知识的扎实掌握与能力拓展，强调理论与实践的协调统一，强调专业技能的形成。

本书可作为高等院校测控技术与仪器、自动化、电气工程与自动化、机械设计制造及其自动化、通信工程、计算机应用等专业师生的教学参考书，也可供从事传感器与检测技术相关领域应用和设计开发的研究人员、工程技术人员参考。

本书由重庆邮电大学胡向东教授组织编写。第1、4、5章由胡向东、张玉函、柏润资编写，第2章由彭向华、胡向东、罗萍、赵双、李锐等编写，第3章由彭向华、胡向东、蔡军、崔屏编写，第6章由彭向华、李学勤等编写，附录A由彭向华整理，附录B由胡向东、李学勤和彭向华撰写；胡向东负责全书的统稿。

这里要特别感谢参考文献中所列各位作者，包括众多未能在参考文献中一一列出的文献作者。他们在各自领域的独到见解和特别的贡献为本书作者提供了宝贵的参考资料，使作者能够在总结现有成果的基础上，汲取各家之长，形成一套具有自身特色的传感器与检测技术精品课程系列教材。

本书的编写得到了重庆市教委教育教学改革研究重点项目（0824120/0825115）、重庆市教委科技研究项目（KJ070518）和重庆邮电大学教育教学改革研究项目（XJG0706）的资助。

传感器与检测技术内容丰富、应用广泛，且技术本身处于不断地发展进步中，如何学好传感器与检测技术是“仁者见仁、智者见智”的一件事，对本书的编写是作者在此领域的一次努力尝试，限于作者的水平和学识，书中难免存在疏漏和错误之处，诚望批评指正，让更多的读者获益。本书作者电子邮箱：huxd@cqupt.edu.cn。

作 者
2008年12月

目 录

前言	
第 1 章 概述	1
1.1 课程知识结构与体系	1
1.2 课程教学大纲	2
1.3 学习要求与能力培养目标	8
第 2 章 章节学习辅导	11
2.1 绪论	11
2.2 传感器的基本特性	12
2.3 电阻式传感器	13
2.4 电感式传感器	16
2.5 电容式传感器	18
2.6 压电式传感器	20
2.7 磁敏式传感器	22
2.8 热电式传感器	23
2.9 光电式传感器	25
2.10 辐射与波式传感器	27
2.11 化学传感器	28
2.12 生物传感器	29
2.13 新型传感器	30
2.14 参数检测	31
2.15 微弱信号检测	32
2.16 软测量	34
2.17 多传感器数据融合	34
2.18 测量不确定度与回归分析	35
2.19 虚拟仪器	37
2.20 自动检测系统	38
第 3 章 典型应用案例与能力拓展	40
3.1 典型应用案例的分析	40
3.2 能力拓展	63
3.3 全国电子设计竞赛相关试题分析	82
第 4 章 实验指导与课程设计	91
4.1 实验指导	91
4.2 课程设计	103
第 5 章 英语阅读材料	105
5.1 Basics of Sensors	105
5.2 Theory of sensors	109
第 6 章 综合测试题及参考答案	129
6.1 综合测试题	129
6.2 参考答案	138
附录	156
附录 A 强化练习题参考答案	156
附录 B 如何学习传感器与检测技术	177
参考文献	179

第 1 章 概 述

1.1 课程知识结构与体系

随着传感器与检测技术的不断发展以及教学要求与培养目标的变化，其教学内容的适时更新和重新组合显得尤为重要。优化后的“传感器与检测技术”课程内容分为传感器原理与应用、检测技术和检测系统三大模块：每一个模块设置了对应的原理性知识介绍和应用能力培养（如图 1-1 所示）。传感器部分主要包括传感器的基本特性、各类传统与新型传感器（电阻式、电感式、电容式、压电式、磁敏式、热电式、光电式、辐射与波式；化学传感器、生物传感器、微传感器等）的工作原理与应用；检测技术主要包括参数检测、微弱信号检测、软测量、多传感器数据融合、测量不确定度与回归分析等；检测系统主要包括虚拟仪器和自动检测系统等。以上部分构成了一个相对完整的传感器与检测技术知识结构体系，力图更好地满足国民经济与社会发展对本领域应用创新型人才的需要。

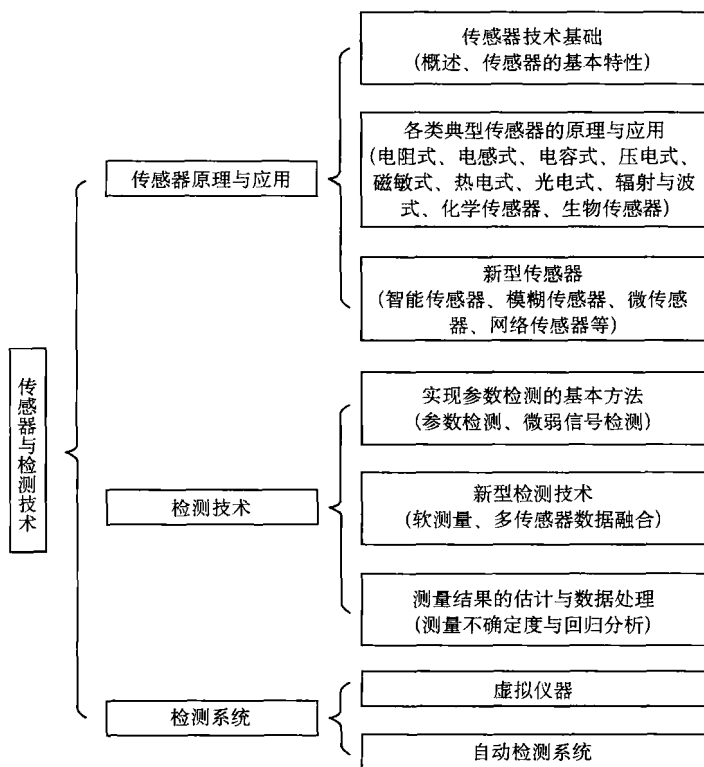


图 1-1 传感器与检测技术课程知识结构体系

1.2 课程教学大纲

1. 适用专业

自动化、测控技术与仪器、电气工程与自动化、机械设计制造及其自动化、计算机应用、通信工程、信息工程等电气信息类专业。

2. 课程性质与任务

“传感器与检测技术”是普通高等学校的机械、机电一体化、汽车、电气、自动化、智能楼宇、仪表仪器、计算机、电子信息等专业方向的必修专业基础课程。本课程的主要任务是使学生获得在工业、科研等领域中常用传感器的工作原理、特性参数、测量电路和典型综合应用等方面的知识，掌握信息获取与处理的基本概念、测试数据处理、测量不确定度与回归分析、检测系统的静态与动态特性、参数检测方法、现代测试系统设计以及智能仪器、虚拟仪器等在检测系统中的应用等方面的基本知识和基本技能，具备将所学到的自动检测技术灵活地应用于生产实践的能力。

3. 课程知识模块

(1) 理论教学模块

1) 概述：课程简介；传感器的定义与组成、传感器的分类、传感器技术发展趋势。

本章重点：传感器的定义与组成、传感器的分类。

本章难点：传感器的分类、传感器技术的发展趋势。

能力拓展：生活中的传感器。

2) 传感器的基本特性：静态特性：五项指标的含义；动态特性：线性时不变系统的两个重要性质，一、二阶系统的传递函数，频率响应函数；传感器的标定与校准。

本章重点：传感器的静态特性和动态特性。

本章难点：传感器动态特性中的传递函数、频率响应函数分析。

能力拓展：实现不失真测量的条件。

3) 电阻式传感器：应变、弹性应变、弹性元件、应变式传感器的概念，应变式传感器的工作原理，电阻应变片的温度误差及其补偿方法，电阻应变片的测量电路（直流电桥、交流电桥），非线性误差及其补偿方法，应变式传感器的典型应用。

本章重点：应变式传感器的基本概念及工作原理；电阻应变片的温度误差及其补偿方法；电阻应变片的测量电路；非线性误差及其补偿方法。

本章难点：非线性误差及其补偿方法。

能力拓展：电阻式加速度传感器原理分析。

4) 电感式传感器：变磁阻式传感器的工作原理、输出特性；差动变隙式传感器的特性、测量电路（交流电桥式、交流变压器式和谐振式）；差动变压器式传感器的工作原理、基本特性、测量电路；电涡流式传感器的工作原理、基本特性、测量电路。

本章重点：变磁阻式传感器的工作原理；差动变隙式传感器的测量电路；差动变压器式传感器的工作原理、基本特性、测量电路。

本章难点：电涡流式传感器的工作原理、基本特性和测量电路。

能力拓展：电涡流式安全门应用调查与原理分析。

5) 电容式传感器: 电容式传感器(变间隙型、变面积型、变介质型)的工作原理与结构、电容式传感器的灵敏度及非线性分析、测量电路、典型应用(电容式压力传感器、加速度传感器、测厚传感器)。

本章重点: 电容式传感器的工作原理、灵敏度及非线性分析、测量电路。

本章难点: 电容式传感器的灵敏度及非线性分析。

能力拓展: 工业生产料位测量方案设计。

6) 压电式传感器: 压电式传感器的测量电路、压电式传感器的应用; 磁电式传感器的工作原理、基本特性、测量电路、应用。

本章重点: 压电式传感器的测量电路; 磁电式传感器的工作原理、基本特性、测量电路。

本章难点: 磁电式传感器的工作原理、测量电路。

能力拓展: 压电式传感器在汽车中的应用。

7) 磁敏式传感器: 磁敏式传感器工作原理、基本特性、测量电路; 霍尔效应, 霍尔元件的测量误差及其补偿。

本章重点: 磁敏式传感器的工作原理、测量电路; 霍尔效应, 霍尔元件的测量误差及其补偿。

本章难点: 霍尔元件的测量误差及其补偿。

能力拓展: 基于霍尔元件的油气管道的无损探伤系统设计。

8) 热电式传感器: 热电偶的基本原理、结构、热电偶的冷端温度补偿方法、实用测温电路; 热电阻的分类(铂热电阻、铜热电阻)、特点与工作原理、测量电路; 热敏电阻的温度特性。

本章重点: 热电偶的基本工作原理、热电偶的冷端温度补偿方法、实用测温电路; 热电阻的工作原理、测量电路; 热敏电阻的温度特性。

本章难点: 热电阻的测温电路。

能力拓展: 火灾探测报警系统设计。

9) 光电式传感器: 光电效应及其分类、光电器件及其基本特性、CCD 的工作原理、光纤的基本特性、光纤传感器的基本结构、工作原理; 光电式编码器的分类与工作原理; 计量光栅的工作原理、测量电路。

本章重点: 光电效应、光电器件; CCD 的工作原理; 光纤传感器的工作原理、基本特性; 光电式编码器的工作原理; 计量光栅的工作原理。

本章难点: CCD 的工作原理; 光电式编码器的测量电路; 计量光栅的测量电路。

能力拓展: 光电式传感器应用调查; 手机生产线表面安装元件的定位检测与控制系统设计。

10) 辐射与波式传感器: 红外传感器的工作原理、典型应用; 微波传感器的工作原理、组成及其特点; 超声波传感器的工作原理及其典型应用。

本章重点: 红外传感器、微波传感器、超声波传感器的工作原理。

本章难点: 红外热释电传感器的工作原理、红外气体分析仪的工作原理。

能力拓展: 入侵探测报警系统设计。

11) 化学传感器: 气敏传感器的概念、分类和工作原理; 电介质与半导体陶瓷湿敏传

传感器的工作原理。

本章重点：气敏传感器的概念、分类和工作原理；电介质与半导体陶瓷湿敏传感器的工作原理。

本章难点：电介质与半导体陶瓷湿敏传感器的工作原理。

能力拓展：防止酒后开车控制器设计。

12) 生物传感器：生物传感器的概念、特点、分类和应用；生物传感器的工作原理；生物芯片；生物传感器的发展。

本章重点：生物传感器的概念、特点；生物传感器的工作原理；生物芯片的概念。

本章难点：生物传感器的分类。

能力拓展：生物传感器的应用状况调查。

13) 新型传感器：智能传感器；模糊传感器；微传感器；网络传感器。

本章重点：智能传感器；网络传感器。

本章难点：模糊传感器；微传感器。

能力拓展：新型传感器发展前景预测。

14) 参数检测：参数检测的基本概念；参数检测的一般方法；检测技术的发展趋势。

本章重点：参数检测的基本概念；参数检测的一般方法。

本章难点：参数检测的一般方法。

能力拓展：同一被测量的不同检测方法比较。

15) 微弱信号检测：微弱信号检测的概念；噪声及其来源；微弱信号检测的方法。

本章重点：微弱信号检测的概念；微弱信号检测的方法。

本章难点：微弱信号检测的方法（相关检测法、同步积累法）。

16) 软测量：软测量的概念、软测量的方法、软测量的适用条件与意义。

本章重点：软测量的概念、软测量的方法。

本章难点：软测量的方法。

17) 多传感器数据融合：数据融合的相关概念；数据融合的基本原理；数据融合的方法；数据融合系统的应用。

本章重点：数据融合的相关概念；数据融合的方法。

本章难点：数据融合的基本原理。

18) 测量不确定度与回归分析：测量误差的基本概念及其表示方法；测量误差的数据处理方法；测量不确定度及其评定方法；最小二乘法与回归分析。

本章重点：测量误差的基本概念及其表示方法；测量误差的数据处理方法；最小二乘法。

本章难点：测量不确定度的评定方法。

19) 虚拟仪器：虚拟仪器的相关概念；虚拟仪器系统的开发环境；虚拟仪器系统的数据采集实现；虚拟仪器的应用方法。

本章重点：虚拟仪器的相关概念；虚拟仪器系统的开发环境；虚拟仪器系统的数据采集方法。

本章难点：虚拟仪器的开发环境；虚拟仪器的典型应用开发。

能力拓展：虚拟仪器的设计实践。

20) 自动检测系统: 自动检测系统的组成; 自动检测系统的基本设计方法; 典型自动检测系统; 自动检测系统的发展。

本章重点: 自动检测系统的组成; 自动检测系统的基本设计方法。

本章难点: 自动检测系统的基本设计方法。

能力拓展: 液体点滴速度监控装置设计; 无线温度采集系统设计; 智能环境的设想。

(2) 实践教学与课程设计模块

详见第4章内容。

4. 学时分配建议

标准课内学时: 56

序号	授课内容摘要	课内学时	重点及要求
1	概述	2	课程简介; 传感器的定义与组成、传感器的分类、传感器技术发展趋势
2	传感器的基本特性	2	静态特性: 五项指标的含义; 动态特性: 线性时不变系统的两个重要性质, 一、二阶系统的传递函数, 频率响应函数
3	电阻式传感器	4	应变式传感器的基本概念及工作原理; 电阻应变片的温度误差及其补偿方法; 电阻应变片的测量电路; 非线性误差及其补偿方法
4	电感式传感器	5	变磁阻式传感器的工作原理; 差动变隙式传感器的测量电路; 差动变压器式传感器的工作原理、基本特性、测量电路
5	电容式传感器	5	电容式传感器的工作原理、灵敏度及非线性分析、测量电路
6	压电式传感器	2	压电式传感器的工作原理、测量电路
7	磁敏式传感器	4	磁敏式传感器的工作原理、测量电路; 霍尔效应, 霍尔元件的测量误差及其补偿
8	热电式传感器	5	热电偶的基本工作原理、冷端温度补偿方法, 实用测温电路; 热电阻的工作原理、测量电路; 热敏电阻的温度特性
9	光电式传感器	6	光电效应、光电器件; CCD 的工作原理; 光纤传感器的工作原理、基本特性; 光电式编码器的工作原理; 计量光栅的工作原理
10	辐射与波式传感器	2	红外传感器工作原理、微波传感器的工作原理、超声波传感器的工作原理
11	化学传感器	2	气敏传感器的概念、分类、工作原理; 电介质与半导体陶瓷湿敏传感器的工作原理
12	生物传感器	2	生物传感器的概念、特点和工作原理; 生物芯片的概念
13	新型传感器	2	智能传感器; 网络传感器
14	参数检测	2	参数检测的基本概念; 参数检测的一般方法
15	微弱信号检测	2	微弱信号检测的概念; 微弱信号的检测方法
16	软测量	1	软测量的概念、软测量的方法
17	多传感器数据融合	1	数据融合的相关概念; 数据融合的方法
18	测量不确定度与回归分析	3	测量误差的基本概念及其表示方法; 测量误差的数据处理方法; 最小二乘法
19	虚拟仪器	2	虚拟仪器的相关概念; 虚拟仪器系统的开发环境; 虚拟仪器系统的数据采集方法
20	自动检测系统	2	自动检测系统的组成; 自动检测系统的基本设计方法

5. 说明

(1) 先修课程及教材

1) 先修课程：高等数学、概率论与数理统计、电路分析基础、电子电路、数字电路与逻辑设计、单片机原理及其应用等。

2) 推荐教材：胡向东、刘京诚、余成波等编著的《传感器与检测技术》，北京：机械工业出版社，2009年。

3) 主要教学参考书：

[1] 胡向东，徐洋，冯志宇，等. 智能检测技术与系统 [M]. 北京：高等教育出版社，2008年。

[2] Ramon Pallas-Areny, John G Webster. 传感器和信号调节 [M]. 2版. 张伦，译. 北京：清华大学出版社，2003.

[3] 强锡富. 传感器 [M]. 3版. 北京：机械工业出版社，2004.

[4] 王化祥. 传感器原理及应用 [M]. 天津：天津大学出版社，2007.

[5] 叶湘滨，等. 传感器与测试技术 [M]. 北京：国防工业出版社，2007.

[6] 吴道悌. 非电量检测技术 [M]. 3版. 西安：西安交通大学出版社，2004.

[7] 于彤. 传感器原理及应用 [M]. 北京：机械工业出版社，2008.

[8] 张玉莲. 传感器与自动检测技术 [M]. 北京：机械工业出版社，2007.

[9] Ernest O Doebelin. 测量系统应用与设计 [M]. 北京：机械工业出版社，2005.

(2) 教学建议

1) 对学生的要求。本课程具有鲜明的实践性特征。要求学生在搞好课堂学习、认真完成课后作业的同时，注意理论联系实际，注重传感器的实际应用，充分利用实验室设备和实验平台锻炼自己的综合实践能力。

要经常参加相关的学术报告，上网浏览有关传感器与检测技术发展的新知识和文献资料，注意及时跟踪自动检测技术的新发展。

要独立认真完成课后作业和课程设计，从而有效培养自己对传感器应用与检测系统综合设计的能力。

2) 对教师的要求。教师在教学中要积极改进教学方法，注意理论联系实际，注重传感器的实际应用，注重科研的教学转化工作。要求教师积极从事本专业的科研和实验设备的制作，要经常参观有关的技术展览，阅读有关传感器与检测技术发展的新知识和文献资料，注意根据自动检测技术的新发展及时将新的知识点补充到课堂教学中去。要高度重视科研转化教学工作对提高本课程教学质量的重要作用：

第一，体现在教师队伍建设方面。强调以“科研促教学”的教师队伍在职培训模式，通过组织教师，特别是青年教师参加各级各类科研课题，进入“产学研”合作平台，对推动教学团队建设具有十分明显的促进作用，可以确保这些教师了解本领域的最新发展和前沿技术，并获得丰富的科学研究与工程实践体验，在自己科研能力增强的同时，教学能力、向学生传授新知识和科研方法的能力都得以快速提高，讲课有深度、有拓展，加强了对学生动手实践能力和创新能力的引导。

第二，体现在课程建设方面。基于教师所完成的科学研究成果和教学研究成果，从人才培养方案、信息获取与处理系列课程内容体系优化、课程教学大纲规范、课堂内容讲授组

织、实验（实践）方案的设计等方面进行全面、系统的梳理，将经过总结和整理得到的较为成熟的科研成果及时地反映到课程教学中去，加强课程建设。

第三，体现在教材建设方面。充分认识到优秀教材对人才培养的重要性和积极作用，将及时系统地总结的科研成果和课程内容体系优化成果固化形成专著或教材出版，以更好地为人才培养服务。

第四，体现在学生适度参与科研和毕业设计题目的设置方面。为了充分体现科研的人才培养作用，教学团队成员所负责的科研课题吸收不同数量的本科生参与其研究，使学生得到一定程度的科研训练，学会从事科学研究的一般方法。如所设置的毕业设计题目具有科研背景，学生便可通过完成这些题目，间接地参与科研实践，接触到本领域的一些前沿技术，将所学的理论知识与技术现实紧密结合起来，并对本领域的技术现状和发展趋势有一个较清晰的认识。

第五，体现在对学生课外科技活动的指导和条件提供方面。科研活动锻炼了教师队伍，为教师得心应手地指导学生的课外科技活动提供了方便；同时，科研活动所积累的实验设备和仪器系统也为学生参加课外科技活动提供了良好条件。

第六，体现在人才培养模式改革方面。高度重视与企业、相关研究机构的“产学研”合作是进行人才培养模式改革的一项重要内容，利用本领域知名企业的研发生产平台，将科研与教学有机地结合在一起，学生直接接触生产实践，动手能力将得到明显增强。

最后，综合体现在学科和专业建设方面。进行学科和专业建设是提高人才培养质量的必由之路和基本保障。科研活动锻炼了教师队伍，提高了学术水平，催生了学术著作，为人才培养提供了良好的教学设备和环境，自然也就充实了学科和专业建设的基本内容，为人才培养奠定了坚实的基础。

3) 作业完成方式建议。课程作业作为巩固和深化课堂学习效果的一种重要手段，为了减少或杜绝目前存在的作业抄袭现象，建议使用分小组作业完成方式。即一个班按人数平均分为若干小组（最后一个小组允许人数不足平均数），每个小组的人员随机确定，每个小组提交一份作业答案，全班总分一定，根据每个小组的答案质量确定等级（分为A、B、C、D、E五等，分别对应评分加权系数1.0、0.8、0.6、0.4和0.2，也可按百分制计分加权；如果有小组不交答案，则评为F，对应加权系数0.0），然后换算成分数；小组内组员的成绩首先由小组内成员互评确定等级（参照小组成绩评定方法，不参与答案讨论的学生评为F等级），确定等级结果在上交作业答案的同时提交，并由小组内每个成员的签名确认，再根据小组的总分换算成个人得分（如果最后一个小组的组成人数未达平均数，则将小组总评成绩做一个加权变换）。这样有助于避免组间的抄袭（否则自己的评分将降低），也有利于小组内的监督，同时锻炼了学生的学术交流能力、团队协作能力，并激发了学生的竞争意识。为了进一步鉴别作业完成的真实性，建议在作业评讲前随机抽问学生回答对本次作业的完成细节，并辅以相应的惩罚措施（如回答情况与其本人的作业完成自评等级情况明显不符，则可认定为抄袭，对本人所在小组的全体成员进行评阅成绩降级处理），以此督促较好地完成作业。

4) 课程考核方式建议。通过考勤、听课状态、课堂提问、学生作业、实验、课程设计及期末考试等情况综合评价学生的学习成绩，平时成绩占40%、期末考试成绩占60%。课程考试使用题库。

期末考试建议采用开卷与闭卷结合的形式。闭卷占总分的 70%，主要考核学生对基本概念和基础知识的掌握程度，考核学生的识记和理解能力；开卷占总分的 30%，主要考核学生利用所学知识解决实际问题的综合应用能力。

1.3 学习要求与能力培养目标

1. 学习要求

本课程定位于为工程研究应用型专业学生提供传感器与检测技术领域的基础知识和基本技能训练。具体的课程知识单元、知识点与要求如表 1-1 所示。

表 1-1 “传感器与检测技术”课程的知识单元、知识点及要求

知识单元	知识点		掌握程度
信息获取与处理的基本概念	检测方法 与原理	检测系统的结构与基本类型	熟练掌握
		直接与间接测量	熟练掌握
		接触与非接触测量	熟练掌握
		静态与动态测量	熟练掌握
	传感器	传感器的定义、组成	熟练掌握
		传感器的分类	掌握
测量不确定度与回归分析	基本概念	真值、测量准确度的定义	掌握
		误差的来源、分类及其表示方法	掌握
	误差的处理 与真值的估计	随机误差的估算与修正	掌握
		间接测量中误差的传递算法，误差合成与分配的基本方法	掌握
		真值的最佳估计值与不确定度	掌握
	回归分析	最小二乘法	掌握
		一元线性拟合	掌握
		多元线性拟合	了解
		曲线拟合	了解
	检测系统的静、动态特性	检测系统的特性	静、动态特性的概念
一般数学模型：微分方程，传递函数，频率响应			熟练掌握
静、动态特性指标		静态特性基本参数与指标	熟练掌握
		动态响应的特性指标与分析	掌握
		频率响应的特性指标与分析	掌握
静态校准和动态校准		静态标定与校准的基本方法	了解
		动态标定与校准的基本方法	了解
检测变换原理与传感器	传感器工作原理及应用	电阻式传感器	掌握
		电感式传感器	掌握
		电容式传感器	掌握
		光电式传感器	掌握
		磁敏式传感器	掌握

(续)

知识单元	知识点		掌握程度
检测变换原理与传感器	传感器工作原理及应用	热电式传感器	掌握
		压电式传感器	掌握
		波式传感器	了解
		射线式传感器	了解
		化学传感器	了解
		生物传感器	了解
参数检测	过程参数	温度、压力、流量、物位、成分及物性等参数的概念	掌握
		常用的检测方法	掌握
	机械量参数	位移、转速、速度、振动及厚度等参数的检测方法	掌握
	其他参数	同一被测参数的不同检测方法的性能比较	了解
自动检测系统初步设计	自动检测系统	组成与基本设计方法	掌握
		传感器的选型	掌握
		微处理器、A/D转换器选择	掌握
		采样周期的确定	掌握
		标度变换的概念	掌握
	检测信号处理的基本方法	测量数据处理的基本软件方法	掌握
		自动检测系统的设计步骤与方法	了解
	检测领域新技术	软测量技术	了解
		多传感器数据融合	了解
		模糊传感器	了解
智能传感器		了解	
网络传感器		了解	

2. 能力培养目标

“传感器与检测技术”课程的能力培养目标：学生学习本课程后，应掌握传感器与检测技术方面的基础知识和基本技能，具备检测技术工程师的基本素质与能力，能应对生产和科研中遇到检测系统的设计以及传感器的选型、调试、数据处理等方面的基本问题，初步形成解决科研、生产实际问题的能力。

(1) 基本知识目标

- 1) 了解信息获取与处理的基本概念。
- 2) 掌握测量误差及其数据的处理方法。
- 3) 掌握传感器与检测系统的基本特性。
- 4) 掌握常用非电量的测量方法。
- 5) 掌握常用传感器的工作原理、结构、测量电路和典型应用。
- 6) 了解自动检测系统的组成及其设计方法。
- 7) 了解虚拟仪器等技术在检测系统中的应用。

(2) 基本技能目标

- 1) 能独立完成实验大纲规定的实验。
- 2) 能正确地观察、记录并处理实验中出现的现象、有关数据，并通过分析、比较得到正确的结论。
- 3) 能正确地掌握常用非电量测量方法的选择原则。
- 4) 能阅读和分析常用传感器的结构图及转换电路的框图。
- 5) 能根据测量任务正确地选用传感器，设计测量系统。
- 6) 能够准确识别和把握测量系统的关键环节。
- 7) 能完成本课程规定的课程设计。

第2章 章节学习辅导

2.1 绪论

2.1.1 知识要点与重难点说明

1. 本章知识要点:

传感器的定义;传感器的共性;传感器的基本组成和典型组成;传感器的两个基本功能;传感器的分类(特别要注意掌握按传感器的输入量、输出量、工作原理的分类方法);传感器技术的发展趋势。

2. 本章重点:传感器的定义与组成、传感器的分类。

3. 本章难点:传感器的分类、传感器技术的发展趋势。

4. 能力拓展:生活中的传感器。通过观察身边的各类传感器的应用实例,结合生产生活实际,了解传感器的广泛应用,建立起对传感器的初步的感性认识。

2.1.2 强化练习题

一、选择题

- 下列不属于按传感器的工作原理进行分类的传感器是()。
A. 应变式传感器 B. 化学型传感器
C. 压电式传感器 D. 热电式传感器
- 随着人们对各项产品技术含量要求的不断提高,传感器也朝向智能化方面发展。其中,典型的传感器智能化结构模式是()。
A. 传感器+通信技术 B. 传感器+微处理器
C. 传感器+多媒体技术 D. 传感器+计算机
- 传感器主要完成两方面的功能:检测和()。
A. 测量 B. 感知 C. 信号调节 D. 转换
- 传感技术的作用主要体现在:()。
A. 传感技术是产品检验和质量控制的重要手段
B. 传感技术在系统安全经济运行监测中得到了广泛应用
C. 传感技术及装置是自动化系统不可缺少的组成部分
D. 传感技术的完善和发展推动着现代科学技术的进步
- 传感技术的研究内容主要包括:()
A. 信息获取 B. 信息转换 C. 信息处理 D. 信息传输

二、填空题

- 传感器是能感受被测量并按照_____转换成可用输出信号的器件或装置,通常由

直接响应于被测量的_____、产生可用信号输出的_____以及相应的_____组成。

2. 传感器技术的共性,就是利用物理定律和物质的_____,将_____转换成_____。

3. _____是人们为了对被测对象所包含的信息进行定性了解和定量掌握所采取的一系列技术措施。

三、简答题

1. 什么是传感器?传感器的基本组成包括哪两大部分?这两大部分各自起什么作用?
2. 请谈谈你对传感技术发展趋势的看法。

2.2 传感器的基本特性

2.2.1 知识要点与重难点说明

1. 本章知识要点:传感器基本特性的含义;传感器所测物理量的两种基本形式;传感器的静态特性和动态特性的定义;衡量传感器静态特性的主要指标及其各自的含义;产生迟滞和重复性问题的原因。传感器动态特性的分析方法;线性时不变系统的叠加性和频率保持特性。一、二阶传感器的频率特性分析;传感器标定和校准的含义;传感器的标定方法。

2. 本章重点:传感器的静态特性和动态特性。

3. 本章难点:传感器动态特性中的传递函数、频率响应函数分析。

4. 能力拓展:实现不失真测量的条件。一个理想的传感器就是要确保被测信号(或能量)的无失真转换,使检测结果尽量反映被测量的原始特征,用数学语言描述就是其输出 $y(t)$ 和输入 $x(t)$ 满足下列关系:

$$y(t) = Ax(t - t_0) \quad (2.1)$$

式中 A 和 t_0 都是常数,表明该系统输出的波形和输入的波形精确一致,只是幅值放大了 A 倍及时间上延迟了 t_0 ,在此条件下的传感器被认为具有不失真测量的特性。通过推导实现不失真测量的幅频特性和相频特性条件,可以进一步掌握一、二阶传感器的动态特性要求。

2.2.2 强化练习题

一、选择题

1. 一阶传感器输出达到稳态值的 90% 所需的时间是 ()。
 - A. 延迟时间
 - B. 上升时间
 - C. 峰值时间
 - D. 响应时间
2. 传感器的下列指标全部属于静态特性的是 ()。
 - A. 线性度、灵敏度、阻尼系数
 - B. 幅频特性、相频特性、稳态误差
 - C. 迟滞、重复性、漂移
 - D. 精度、时间常数、重复性
3. 传感器的下列指标全部属于动态特性的是 ()。
 - A. 迟滞、灵敏度、阻尼系数
 - B. 幅频特性、相频特性
 - C. 重复性、漂移
 - D. 精度、时间常数、重复性