

检测技术与自动化

课程编号：03112304

课程中文名称：检测技术与自动化

课程英文名称: Measurement Technology and Automation

课程性质：学科理论核心

开课对象：学术型硕士研究生、工程硕士

适用学科：控制科学与工程

开课学期：秋季（第 2~13 周）

学分/学时：3/48

先修课程：电路原理、自动控制原理、微机原理、模拟电路、数字电路

建议后续课程：自动测试系统设计与集成等

执笔人：杨波、唐荻音、刘颖异、彭朝琴 课程负责人：杨波 核准院长：王磊

一、课程的性质、目的和任务

《检测技术与自动化》课程作为自动化科学与电气工程学院控制科学与工程、电子信息等专业研究生的一门学科理论核心课，主要内容围绕信息获取流程，涉及检测技术领域的基础知识、测量误差与数据处理、常规和新型感知技术、信号转换与调理、检测系统中的抗干扰技术、多传感器信息融合以及软测量技术等关键内容，反映了近十年来信息技术、人工智能等在检测与自动化系统中的最新应用，对培养研究生运用检测理论、常规和新型传感器、调理电路、抗干扰技术和信号分析处理方法解决实际检测问题的能力，以及设计和构建自动化系统的能力均具有十分重要的意义，可以为学生日后在本学科及相关学科领域从事科研工作奠定坚实的基础。

通过本课程的学习，可以使学生全面了解检测技术的特点、现状和发展趋势，掌握检测技术中的系统特性、常规和新型传感器感知原理及应用、信号分析处理、信息融合及智能检测的设计和分析方法。在注重检测技术基础理论的同时，着重介绍新型传感器、检测原理和实际应用，以及多传感器信息融合、软测量技术等检测技术与自动化领域中重要的组成内容，使学生了解和掌握现代检测技术的最新理论方法，并能够运用所学知识设计检测系统或者实现自动化系统中的参数检测需求，培养学生积极思考、夯实基础、把握检测技术与自动化领域前沿的能力，以及大力培养学生独立从事检测系统设计及开发的能力。

二、课程内容、基本要求及学时分配

《检测技术与自动化》在控制科学与工程学科中是一门重要的学科核心课。本课程主要讲授检测技术与自动化领域的基础理论、航空航天等领域的典型应用以及最新发展。主要涉及的内容有：检测技术基础、测量误差与数据处理、传感器原理与应用、检测系统中信号转换与调理、检测系统中的抗干扰技术、多传感器信息融合和软测量技术。

第一章 检测技术基础（约 4 学时）

1.1 检测技术地位与作用（1 学时）

1.2 检测系统组成及分类（0.5 学时）

1.3 检测技术发展趋势（0.5 学时）

1.4 检测系统动静态特性（2 学时）

基本要求：理解检测技术领域的基础知识。掌握检测技术领域相关概念，了解检测技术在航空航天等领域的地位与作用，掌握检测系统各组成部分及功能，了解检测系统分类方法及类别，了解检测技术最前沿的发展趋势。

掌握检测系统静态特性基本概念，静态特性标定条件和标定方法，静态特性的数学模型、静态特性指标定义和静态参数测定。掌握系统动态特性基本概念，动态特性标定条件和标定方法、动态特性的数学模型，掌握检测系统动态特性指标定义和动态参数测定。理解检测系统不失真传输的特性要求，以及时域条件和频域条件。通过本章的学习，要求学生具备合理选择检测系统的能力。

第二章 测量误差与数据处理（约 6 学时）

2.1 测量误差基本概念与表示方法（1.5 学时）

2.2 各类型误差的处理方法（3 学时）

2.3 测量误差的合成与分配（1.5 学时）

基本要求：了解并掌握误差的基本概念，包括误差的定义、来源及分类等。了解精度的基本概念及其不同的表示方法，了解量值传递、标准与准确度等级的概念。掌握有效数字含义、数字的舍入准则与数据运算规则，熟悉误差的图形表示方式，能根据精度要求准确表达测量数据。

掌握随机误差、系统误差和粗大误差的基本概念及其产生原因。了解并掌握三种误差的性质及其处理方法。掌握测量结果的数据处理方法及结果的表达方法。具有根据相关标准合理地处理测量数据并正确地表达测量结果的能力。

掌握函数误差概念及其计算方法。掌握误差合成的概念及方法，能正确分析测量结果中可能存在的误差并进行有效的合成，给出最终的测量总误差。掌握误差分配的原则及方法，能根据设计给定精度合理地分配各单项误差。

第三章 传感器原理与应用 (约 12 学时)

3.1 编码器 (1 学时)

3.2 光栅传感器 (1 学时)

3.3 光纤传感器 (2 学时)

3.4 红外传感器 (2 学时)

3.5 生物传感器 (2 学时)

3.6 MEMS 传感器 (2 学时)

3.7 模糊传感器 (2 学时)

基本要求：掌握绝对编码器和增量编码器的结构组成、异同点、工作原理以及实际应用。掌握光栅传感器的结构组成、工作原理、辨向原理和细分技术。

在熟练掌握常规传感器的基础上，掌握光纤传感器的光导纤维结构和传光原理、光纤传感器的基本原理和类型、应用及发展，了解分布式光纤传感网络的优势和参数测量原理。掌握红外线及其特性、红外传感器定义、分类、结构组成、工作原理、实际应用和发展前景。掌握 MEMS 传感器概念及特点、传感器加工技术、工作原理、实际应用和发展趋势。掌握生物传感器基础知识，酶、微生物、免疫等生物传感器工作原理、应用及发展趋势。在理解模糊集合理论的基础上，掌握模糊传感器的概念、功能和结构组成，设计流程及实际应用。

第四章 检测系统中信号的转换与调理 (约 6 学时)

4.1 信号转换电路 (1.5 学时)

4.2 调制与解调 (3 学时)

4.3 非线性特性的校正 (1.5 学时)

基本要求：了解信号转换与调理的常见方式和其效率的主要技术指标。掌握采样保持电路原理。掌握几种电压/频率以及电压/频率转换电路的原理。掌握几种电压/电流以及电流/电压转换电路的原理。

掌握调幅的基本原理和特性，了解并掌握调幅的电路实现方法。掌握包络检波原理并了解常用包络检波电路，掌握相敏检波原理并了解常用相敏检波电路。掌握调频的基本原理并了解常用调频的方法。掌握常用鉴频方法的原理并了解常用鉴频电路。掌握调相基本原理并了解常用调相的方法。掌握常用鉴相方法的原理。了解脉冲调制和解调的基本原理。

了解传感器非线性特性的原因和类型。了解并掌握非线性特性校正的开环法和闭环法原理，掌握补偿函数求解方法，能根据需求计算出补偿函数。掌握数字控制分段校正法原理，了解并掌握几种实现分段校正的电路设计方法。了解非线性特性校正的软件实现方法。

第五章 检测系统中的抗干扰技术（约 6 学时）

5.1 检测系统中的干扰（2 学时）

5.2 常用抗干扰技术（4 学时）

基本要求：了解噪声形成的三要素以及抗干扰原则。大致了解干扰的分类。熟悉干扰耦合方式的基本原理。熟悉差模干扰与共模干扰的原理，掌握共模抑制比的计算方法。

掌握抗干扰的几种常见屏蔽技术。掌握抗干扰的几种接地方式。掌握几种常用的抗干扰隔离方法。掌握无源滤波器与有源滤波器的抗干扰原理。掌握模拟输入信号的数字滤波技术原理。了解指令冗余、软件陷阱、“看门狗”技术等软件抗干扰方法。

第六章 现代检测技术（约 12 学时）

6.1 多传感器信息融合（7 学时）

6.2 软测量技术（5 学时）

基本要求：了解多传感器信息融合的概念及发展历程、信息融合的一般过程、传感器的时空配准，时空性和信息融合的基本原理，信息融合结构及功能模型。了解软测量技术的概念、辅助变量的选取、测量数据的处理等软测量基础知识。

掌握 Bayes 统计理论、基于 Bayes 估计的身份识别方法和基于 Bayes 估计的传感器检测数据融合方法，掌握基于 D-S 证据理论的基本概念，合成规则和基于 D-S 证据理论的多传感器信息融合方法，掌握人工神经网络技术基础，典型的神经网络设计流程，基于神经网络的多传感器信息融合算法，理解应用实例和设计流程。掌握基于主元分析法的辅助变量选取，软测量模型的建立，熟悉常用软测量模型，软测量模型的在线校正和软测量工业应用的设计过程，理解应用实例和设计流程。

课程设计作业展示及讨论（2 学时）

基本要求：设计作业每年更新，要求学生结合设计作业需求，完成系统总体方案设计，并通过编程实现系统功能，验证设计思想，提交完整的设计报告，要求清晰明了、简明扼要描述设计过程以及进行结果分析。设计作业可独立完成也可自由组成 2 人小组完成，小组作业要求明确说明各自负责内容。择优选择 5~6 组同学课堂展示设计作业并在课堂上展开讨论。在此过程中着重培养学生严谨的设计思想、清晰的表达能力、提出质疑的勇气和团队协作的能力。

三、教学方法

本课程由于内容涵盖面宽，信息量大，主要采用以教师为主导的、结合实际工程案例（特别是航空航天领域工程案例）的启发、探究式教学法为主，以学生为主导的、课下阅读中英文文献、课堂讨论、基于团队合作的、参与研讨式教学为辅的教学模式，以活跃课堂气氛，激发学生的学

习兴趣，加深对课程内容的理解。

四、课内外教学环节及基本要求

课内学习要求：本课程共 48 学时，每周平均 4 学时。课内授课为 48 学时，包括 2 学时概述和检测技术基础、44 学时的理论课讲授和 2 学时的总复习，部分章节内容穿插讨论课。

课外学习要求：本课程教学要求学生在课外阅读相关科技文献至少 10 篇以上，阅读参考书至少一本，自主学习、阅读本课程使用的课程资源，课后及时复习后认真完成课后作业。自主完成课程设计作业，积极参与课程讨论等教学环节。

五、考核方式及成绩评定

本课程成绩采用多元化考核方式，采用百分计分制，课程成绩组成如下（根据选课人数及学生特点在闭卷考试和课程设计作业中二选一）。

课程成绩 = 出勤及课程作业（15%）+ 随堂测试及讨论（15%）+ 期末考试/课程设计作业（70%）

六、教材和参考资料

- [1] 王俊杰等，传感器与检测技术，清华大学出版社，2011。
- [2] 徐科军等，传感器与检测技术，电子工业出版社，2016。
- [3] 彭冬亮，多传感器多源信息融合理论及应用，西安电子科技大学出版社，2010。
- [4] 唐露新等，传感与检测技术，科学出版社，2011。
- [5] 李行善等，计算机测试与控制技术，北京航空航天大学出版社，待出版。
- [6] 吕俊芳等，传感器接口与检测仪器电路，国防工业出版社，2009。