

高纲 4218

江苏省高等教育自学考试大纲

## 02202 传感器与检测技术

扬州大学编（2024 年）

## I 课程性质与课程目标

### 一、课程性质和特点

《传感器与检测技术》是江苏省高等教育自学考试机械设计制造及其自动化专业（专升本）中的一门课程。设置本课程，旨在让考生掌握传感器与检测技术的基本理论、基本知识和方法；具备分析解决工程领域复杂问题的能力，为将来从事相关的设计制造、测试分析和科学研究等方面奠定基础。

《传感器与检测技术》这门课程实践性与理论性并重，属于一门应用性基础理论课程。根据上述特点，本课程既考核传感器与检测技术的工程基础知识，也考核考生分析解决工程领域复杂问题的能力，并且对后者有所侧重。

### 二、课程目标

课程设置的目的是使得考生能够：

1. 能够解释传感器、检测技术的专业术语，利用数学、物理、电路的基本定律分析各类传感器的工作原理与测量电路，能够解释传感器的典型工程应用。
2. 能够对温度、压力、流量、物位等过程量和位移、转速、速度、加速度、振动、厚度等机械量的检测任务，分析、比较和选用适宜的参数测量方法。
3. 了解国内外传感器、检测技术、检测系统的现状和发展前沿。

### 三、课程的重点和难点

本课程的重点为：传感器与检测技术的概念，工程信号及其可测性分析、测量系统的基本特性，电阻式、电感式、电容式传感器，压电、光电、噪声、压力、温度测量技术，以及位移、速度、加速度测量。

本课程的难点为：传感器动态特性、电桥分析、各类传感器测量电路、误差分析、参数检测的方法、微弱信号检测。

## II 考核目标

《传感器与检测技术》课程主要从识记、领会、简单应用和综合应用四个层次对考生进行考核，各层次要求考生应达到的能力层次要求为：

识记：要求考生能够识别和记忆本课程中有关传感器与检测技术的概念、设计理论方法及规律的主要内容，并能够根据考核的不同要求，做正确的表述、选择和判断。

领会：要求考生能够领悟和理解本课程中有关传感器与检测技术概念的内涵，理解专业术语、设计理论的确切含义；理解相关知识的区别和联系，并能根据考核的不同要求阐述装备设计方法和要求，做出正确的判断、解释和说明。

简单应用：要求考生能够根据传感器测量原理，对较简单的传感器测量问题进行分析、判断、计算，得出正确的结果和结论；能够对较简单的过程参数和机械量参数的检测任务，选用适宜的传感器与测量方法。

综合应用：要求考生能够对复杂的工程检测问题和设计要求，利用数学、物理、电路的基本定律，对检测系统进行分析、综合，并能把设计方法和过程准确地表达出来。

### **III 课程内容与考核要求**

#### **第一章 概述**

##### **一、学习目的与要求**

通过本章学习，了解本门课程的地位、作用、内容体系结构和任务要求；掌握传感器的定义、组成；掌握传感器的分类；了解传感器技术的发展趋势。

##### **二、考核知识点与考核要求**

###### **（一）传感器的定义与组成**

识记：①传感器、敏感元件、转换元件。

###### **（二）传感器的分类**

识记：①按传感器输入量（即被测参数）、输出量、工作原理、基本效应、能量变换关系进行分类。

###### **（三）传感器技术的发展**

识记：①提高和改善传感器的性能。

##### **三、本章的重点和难点**

本章重点：①传感器的组成与分类。

本章难点：①传感器技术的发展趋势。

#### **第二章 传感器的基本特性**

##### **一、学习目的与要求**

通过本章学习，掌握传感器静态特性与动态特性的基本概念、传感器的数学模型、传感器静态特性基本参数与指标；掌握传感器动态响应的特性指标与分析、频率响应的特性指标与分析；了解传感器静、动态标定与校准的基本方法。

## 二、考核知识点与考核要求

### （一）传感器的静态特性

识记：①线性度、灵敏度、分辨率、迟滞、重复性、漂移。

### （二）传感器的动态特性

简单应用：①传感器的数学模型、传递函数、频率响应函数。

综合应用：①传感器的动态特性分析。

## 三、本章的重点和难点

本章重点：①传感器的静态特性与动态特性基本概念、传感器的数学模型、传感器静态特性基本参数与指标。

本章难点：①传感器的动态特性中的传递函数、频率响应函数分析。

## 第三章 电阻式传感器

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握应变、应变效应的基本概念；掌握应变电阻式传感器的工作原理、直流电桥的平衡条件与电压灵敏度特性；掌握产生电阻应变片温度误差的主要原因及其补偿方法；了解应变片的分类应变电阻式传感器的典型应用；会分析半桥差动、全桥差动对非线性误差和电压灵敏度的改善。

## 二、考核知识点与考核要求

### （一）电阻式传感器的工作原理

识记：①电阻式传感器的概念。

领会：①应变效应、压阻效应、应变片的温度误差及补偿。

综合应用：①电桥电路、电桥非线性误差。

### （二）直流电桥

简单应用：①直流电桥平衡条件，半桥差动、全桥差动的非线性误差和电压灵敏度。

### （三）典型应用

综合应用：①柱（筒）式力传感器、悬臂梁力传感器。

### 三、本章的重点和难点

本章重点：①应变与应变效应的含义；②电阻应变片的温度误差及其补偿方法；③应变电阻式传感器的工作原理；④电阻应变片的测量电路。

本章难点：①直流电桥的非线性误差及其补偿方法。

## 第四章 电感式传感器

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握变磁阻电感式传感器的工作原理、输出特性和灵敏度；掌握差动变压器电感式传感器的输出特性和灵敏度；会比较单线圈和差动两种变磁阻（变气隙厚度）电感式传感器的特性；了解电感式传感器的不同测量电路；了解电感式传感器的典型应用。

### 二、考核知识点与考核要求

#### （一）变磁阻电感传感器

领会：①变磁阻电感传感器的工作原理、输出特性。

识记：①变磁阻电感传感器的测量电路。

#### （二）差动变压器电感式传感器

识记：①差动变压器电感式传感器的概念；②差动变压器电感式传感器的测量电路。

#### （三）电涡流电感传感器

识记：①电涡流电感传感器的概念。

简单应用：①电涡流电感传感器的应用。

### 三、本章的重点和难点

本章重点：①变磁阻、差动变压器电感式传感器的工作原理、输出特性，电涡流电感式传感器的工作原理。

本章难点：①相敏检波电路。

## 第五章 电容式传感器

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握平板或圆筒电容式传感器的电容量表示；掌握电容式传感器的三种类别；掌握变面积型电容器的分类及其测量原理；掌握变介质型、变

极距型、差动变极距型电容式传感器的测量原理；掌握变极距型、差动变极距型电容式传感器的灵敏度及其相对非线性误差分析方法；了解电容式传感器的典型应用。

## 二、考核知识点与考核要求

### （一）工作原理

识记：①电容式传感器的分类。

简单应用：①不同种类电容式传感器电容量的计算。

### （二）测量电路

识记：①调频电路。

### （三）典型应用

识记：①电容式传感器的特点和应用范围。

综合应用：①电容式传感器的典型应用。

## 三、本章的重点和难点

本章重点：①电容式传感器的工作原理、测量电路。

本章难点：①电容式传感器的灵敏度及非线性分析。

## 第六章 压电式传感器

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握压电效应、正压电效应、逆压电效应的含义；掌握石英晶体具有压电效应特性的分子结构特性、压电陶瓷的压电特性机理；掌握压电式传感器的等效电路与测量电路；了解压电材料的主要特性参数及其含义压电材料的选取；掌握压电元件并联或串联特性；了解压电式传感器的典型应用。

## 二、考核知识点与考核要求

### （一）工作原理

识记：①压电效应、逆压电效应的概念；②压电传感器的用途。

领会：①压电材料。

### （二）测量电路

领会：①压电元件的连接。

### （三）典型应用

综合应用：①压电式加速度传感器。

### 三、本章的重点和难点

本章重点：①压电式传感器的工作原理。

本章难点：①压电式传感器的测量电路。

## 第七章 磁敏式传感器

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握霍尔式传感器的工作原理；了解霍尔元件的基本结构、基本特性、误差及其补偿；了解磁电感应式传感器、霍尔式传感器的应用。

### 二、考核知识点与考核要求

#### （一）磁电感应式传感器

识记：①恒磁通式传感器、变磁通式传感器的工作原理；②磁电感应式传感器测位移和加速度。

简单应用：①变磁通式传感器测角速度。

#### （二）霍尔式传感器

识记：①霍尔效应；②霍尔元件。

领会：①霍尔灵敏度；②霍尔元件基本特性。

综合应用：①霍尔元件测位移、测转速。

### 三、本章的重点和难点

本章重点：①磁敏式传感器、霍尔传感器的工作原理。

本章难点：①霍尔灵敏度。

## 第八章 热电式传感器

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，熟练掌握热电效应、热电偶、热电阻、热敏电阻、接触电动势、温差电动势、工作端（热端）、自由端（冷端）、分度表等概念；掌握热电偶的测温原理、基本定律、热电偶的结构与种类、热电偶的冷端温度补偿、热电偶的测温电路；掌握热电阻（铂热电阻、铜热电阻）的温度特性、测量电路；掌握热电偶、热电阻分度表的使用方法，掌握热敏电阻的温度特性；了解热电偶、热电阻和热敏电阻的应用。

### 二、考核知识点与考核要求

### （一）热电偶

识记：①热电效应、热电偶的概念；②热电偶回路的总电动势，热电偶的结构和种类；③热电偶的冷端温度补偿。

领会：①热电偶的实用测温电路。

### （二）热电阻

识记：①热电阻的概念、分类、测量电路。

领会：①铜热电阻值的分度表、热敏电阻的特性。

### 三、本章的重点和难点

本章重点：①铂热电阻、铜热电阻的温度特性，测量电路（两线制、三线制、四线制）。

本章难点：①热敏电阻的特性、热电偶的测温原理。

## 第九章 光电式传感器

### 一、学习目的与要求

通过本章的学习，了解光电式编码器（码盘式、脉冲盘式）的结构，CCD 图像传感器的工作原理；掌握光电式编码器（码盘式、脉冲盘式）的工作原理；掌握光栅的结构及工作原理。

### 二、考核知识点与考核要求

#### （一）概述

识记：①光电传感器的概念、类别、基本形式，外光电效应型光电器件、内光电效应型光电器件；②CCD 的工作原理。

#### （二）光电式编码器

识记：①光电式编码器的概念、分类。

领会：①光栅的工作原理。

简单应用：①码盘式编码器测角度、脉冲盘式编码器测角度。

### 三、本章的重点和难点

本章重点：①光电器件的基本特性。

本章难点：①CCD 图像传感器的工作原理、码盘的辨向原理。



## 第十章 辐射与波式传感器

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，了解红外辐射、微波、超声波的概念与特性；了解红外探测器的分类与工作原理；了解微波传感器的分类、组成、特点；了解超声波传感器的工作原理；了解红外传感器、微波传感器与超声波传感器的应用。

### 二、考核知识点与考核要求

#### （一）红外传感器

识记：①红外辐射、红外传感器、热释电效应、大气窗口的概念，红外传感器的构成。

#### （二）微波传感器

识记：①微波传感器的应用领域、分类。

#### （三）超声波传感器

识记：①超声波的概念。

简单应用：①超声波测物位、超声波探伤。

### 三、本章的重点和难点

本章重点：①红外辐射、微波、超声波的基本特性；②红外传感器、微波传感器与超声波传感器的工作原理。

本章难点：①超声波探伤。

## 第十一章 化学传感器（本章内容不作考核要求）

## 第十二章 生物传感器（本章内容不作考核要求）

## 第十三章 新型传感器（本章内容不作考核要求）

## 第十四章 参数检测

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握测量、测量系统的基本概念；掌握测量方法的分类；掌握测量系统的结构、基本类型；了解参数测量的一般方法（过程参数、机械量参数和其他参数）；了解检测技术的发展。

## 二、考核知识点与考核要求

### （一）概述

识记：①测量的概念、测量方法的分类。

领会：①测量系统。

### （二）参数检测的一般方法

简单应用：①过程参数检测；②机械量参数检测。

## 三、本章的重点和难点

本章重点：①测量系统的基本类型。

本章难点：①依据不同标准的测量方法的分类；②根据不同过程参数、机械量参数选择合适的传感器。

## 第十五章 微弱信号检测

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，了解微弱信号、微弱信号检测、噪声的概念；了解噪声的概率分布和相关函数；了解微弱信号的检测方法（相关检测法、同步积累法）。

## 二、考核知识点与考核要求

### （一）概述

识记：①微弱信号的概念；②微弱信号检测的任务和目的。

### （二）噪声

识记：①噪声的概念。

### （三）微弱信号检测方法

领会：①锁相放大器、同步积累法。

## 三、本章的重点和难点

本章重点：①微弱信号、微弱信号检测、噪声的概念。

本章难点：①锁相放大器。

## 第十六章 软测量（本章内容不作考核要求）

## 第十七章 多传感器数据融合（本章内容不作考核要求）

## 第十八章 误差理论与数据处理基础

### 一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握真值、测量误差的相关概念；掌握误差的来源、分类与表示；掌握测量误差的传递、合成与分配的基本方法；掌握误差的处理方法（系统误差、随机误差、粗大误差）。

### 二、考核知识点与考核要求

#### （一）测量误差概述

识记：①量值，误差的概念、来源、分类，精度，系统误差的发现与判别。

领会：①误差的表示。

#### （二）测量误差的处理

简单应用：①正态分布随机误差的数字特征、标准差、标准差的估计值、算术平均值的标准差。

### 三、本章的重点和难点

本章重点：①绝对误差，相对误差，引用误差，基本误差。

本章难点：①算术平均值的标准差。

## 第十九章 虚拟仪器（本章内容不作考核要求）

## 第二十章 自动检测系统（本章内容不作考核要求）

## IV 关于大纲的说明与考核实施要求

### 一、自学考试大纲的目的和作用

课程自学考试大纲是根据专业考试计划的要求，结合自学考试的特点而确定。其目的是对个人自学、社会助学和课程考试命题进行指导和规定。

课程自学考试大纲明确了课程学习的内容以及深广度，规定了课程自学考试的范围和标准。因此，它是编写自学考试教材和辅导书的依据，是社会助学组织进行自学辅导的依据，是自学者学习教材、掌握课程内容知识范围和程度的依据，也是进行自学考试命题的依据。

### 二、课程自学考试大纲与教材的关系

课程自学考试大纲是进行学习和考核的依据，教材则列出了考生学习本门课

程的基本内容与范围，教材的内容是大纲所规定的课程知识和内容的扩展与发挥。课程内容在教材中可以体现一定的深度或难度，但在大纲中对考核的要求一定要适当。

大纲与教材所体现的课程内容应基本一致；大纲里面的课程内容和考核知识点，教材里一般也要有。反过来教材里有的内容，大纲里就不一定体现。

### 三、关于自学教材

本课程使用教材为：《传感器与检测技术》（第4版），胡向东等主编，机械工业出版社，2021年。

### 四、关于自学要求和自学方法的指导

本大纲的课程基本要求是依据专业考试计划和专业培养目标而确定的。课程基本要求还明确了课程的基本内容，以及对基本内容掌握的程度。基本要求中的知识点构成了课程内容的主体部分。因此，课程基本内容掌握程度、课程考核知识点是高等教育自学考试考核的主要内容。

为了有效地指导个人自学和社会助学，本大纲已指明了课程的重点和难点，在章节的基本要求中一般也指明了章节内容的重点和难点。

考生在自学过程中应该注意以下问题：

#### 1. 在全面系统学习的基础上理解和掌握基本理论、基本方法

学习时应注意以下几点：①要把握全册教材的结构体系，掌握内在线索；②学习各章时要理清知识要点和脉络，在理解的基础上加强记忆；③注意区分相近的概念和相通的方法，并掌握它们之间的联系；④在全面系统学习的基础上要掌握重点。

#### 2. 理论联系实际，将方法的原理学习与应用相结合

理论联系实际，包括联系传感器基本特性理论、误差分析理论，各种类型传感器的实际、所对应测试电路的实际，过程参数和机械量参数的实际，以及企业工程应用的实际。自学者应以创新的认识、科学研究的认识，满腔热忱地从实际中发现和提出问题，运用所学的理论分析和解决问题。

### 五、应考指导

#### 1. 如何学习

周全的计划和组织是学习成功的法宝。具体要做到以下几点：①在学习时，

一定要跟紧课程并完成作业。②为了在考试中做出满意的回答，必须对所学课程的内容有很好的理解。③可以使用“行动计划表”来监控学习的进展。④阅读课本时最好做读书笔记，如有需要重点主要的内容，可以用彩笔来标注。如：红色代表重点；绿色代表需要深入研究的领域；黄色代表可以运用在工作之中的知识点。还可以在空白处记录相关网站、文章等。

## 2. 如何考试

一是卷面要整洁。评分教师只能为他能看懂的内容打分，而书写工整、段落与间距合理、卷面赏心悦目有助于教师评分。二是在答题时，要回答所问的问题，而不能随意地回答，要避免超过问题的范围。

## 六、对社会助学的要求

1. 社会助学者应根据本大纲规定的课程内容和考核要求，认真钻研指定教材，明确本课程与其他课程不同的特点和学习要求，对考生进行切实有效的辅导，引导他们防止自学中可能出现的各种偏向，把握社会助学的正确导向。

2. 正确处理基础知识和应用能力的关系，努力引导考生将识记、领会与应用联系起来，有条件的应适当组织考生开展科学研究实践，学会把基础知识和理论转化为应用能力，在全面辅导的基础上，着重培养和提高考生提出问题、分析问题和解决问题的能力。

3. 要正确处理重点和一般的关系。课程内容有重点与一般之分，但考试内容是全面的。社会助学者应指导考生全面系统地学习教材，掌握全部考试内容和考核知识点，在此基础上突出重点。总之，要把重点学习与兼顾一般相结合，防止孤立地抓重点，甚至猜题、押题。

## 七、对考核内容的说明

1. 本课程要求考生学习和掌握的知识点内容都作为考核的内容。课程中各章的内容均由若干知识点组成，在自学考试中成为考核知识点。因此，课程自学考试大纲中所规定的考试内容是以分解为考核知识点的方式给出的。由于各知识点在课程中的地位、作用以及知识自身的特点不同，自学考试将对各知识点分别按四个能力层次确定其考核要求。

2. 在考试之日起6个月前，由全国人民代表大会和国务院颁布或修订的法律、法规都将列入相应课程的考试范围。凡大纲、教材内容与现行法律法规不符

的，应以现行法律法规为准。命题时也会对我国经济建设和科技文化发展的重大方针政策的变化予以体现。

## 八、关于考试命题的若干规定

1. 本课程的命题考试，应根据本大纲所规定的课程内容和考核要求来确定考试范围和考核要求，不能任意扩大或缩小考试范围，提高或降低考核要求。考试命题要覆盖到各章，并适当突出重点章节，体现本课程的内容重点。

2. 本课程在试卷中对不同能力层次要求的分数比例大致为：识记部分占 20%，领会部分占 35%，简单应用部分占 25%，综合应用部分占 20%。

3. 本大纲各章所规定的课程内容、知识点及知识点下的知识细目，都属于考核的内容。考试命题既要覆盖到章，又要避免面面俱到。要注意突出课程的重点、章节的重点，加大重点内容的覆盖度。

4. 命题不应有超出大纲中考核知识点范围的题，考核要求不得高于大纲中所规定的相应的最高能力层次要求。命题应着重考核考生对基本概念、基本知识和基本理论是否了解或掌握，对基本方法是否会用或熟练运用。不应出与基本要求不符的偏题或怪题。

5. 要合理安排试题的难易程度，试题的难度可分为：易、较易、较难和难四个等级。每份试卷中不同难度试题的分数比例一般为：2:3:3:2。

必须注意试题的难易程度与能力层次有一定的联系，但二者不是等同的概念。在各个能力层次中对于不同的考生都存在着不同的难度。

6. 考试方式为闭卷、笔试，考试时间为 150 分钟。评分采用百分制，60 分为及格。考生只准携带 0.5 毫米黑色墨水的签字笔、铅笔、圆规、直尺、三角板、橡皮等必需的文具用品，可携带没有存储功能的普通计算器。

7. 本课程考试试卷中可能采用的题型有：单项选择题、名词解释题、简答题、计算题、综合应用题等。

## 附录 题型举例

### 一、单项选择题

1. 以应变效应为主的传感器是（ ）
- A. 金属电阻应变片      B. 半导体电阻应变片
- C. 霍尔元件              D. 压电加速度计

参考答案：A

## 二、名词解释题

### 1. 传感器

参考答案：能感受被测量并按一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置。

## 三、简答题

### 1. 什么是压阻效应？什么传感器的工作原理以压阻效应为主？

参考答案：

单晶半导体材料沿某一轴向受到外力作用时，其电阻率发生变化的现象。半导体电阻应变片。

## 四、计算题

1. 已知变面积型电容传感器的两极板间距离为 10mm， $\epsilon = 50 \mu F/m$ ，两极板几何尺寸一样，为 30mm×20mm×5mm，在外力作用下，其中动极板在原位置上向外移动了 10mm，试求  $\Delta C$  和  $K$ 。

参考答案：

$$C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d}, \quad \epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} F/m$$

$$\Delta C = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \Delta A}{d} = \frac{50 \times 10^{-6} \times 30 \times 10 \times 10^{-6}}{10 \times 10^{-3}} \times \epsilon_0 = 1.5 \mu F$$

$$K = \frac{\Delta C / C_0}{\Delta x}$$

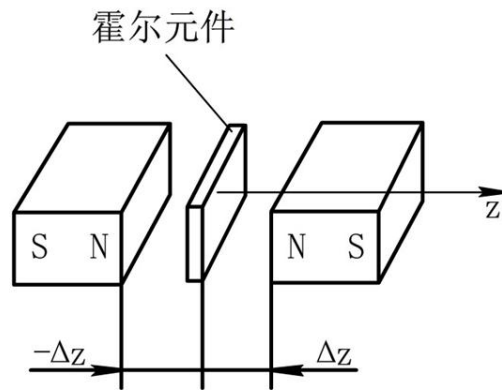
$$C_0 = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A}{d_0} = \frac{50 \times 10^{-6} \times 30 \times 20 \times 10^{-6}}{10 \times 10^{-3}} \times \epsilon_0 = 3 \mu F$$

$$K = \frac{1.5/3}{10 \times 10^{-3}} = 50$$

## 五、综合应用题

### 1. 霍尔传感器微位移测量如图所示，试说明：

- (1) 图中两个磁钢的极性和磁场强度有什么要求？
- (2) 简述霍尔传感器微位移测量原理。
- (3) 已知霍尔传感器输出灵敏度  $K_H = 30 mV/mm$ ，霍尔元件向右移动 0.4mm，求霍尔电压。



参考答案：

(1) 极性相反，磁场强度相同

(2) 在极性相反、磁场强度相同的两个磁钢气隙中放入一片霍尔元件，当霍尔元件处于中间位置时，霍尔元件同时受到大小相等、方向相反的磁通作用，则有  $B=0$ ，此时霍尔电压  $U_H=0$ ；当霍尔元件沿着  $\pm z$  方向移动时，有  $B \neq 0$ ，则霍尔电压发生变化，为  $U_H = K_H IB = K_H \Delta z$  可见霍尔电压与位移量  $\Delta z$  成线性关系，并且霍尔电压的极性还会反映霍尔元件的移动方向。

(3)  $U_H = K_H \Delta z = 30 \times 0.4 = 12 \text{mV}$