|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 1 讲 | |
| 章节 | 第一章 概述 | | |
| 教学目的要求 | 1. 了解本课程研究对象的发展现状、研究内容与特点；  2. 了解智能传感器与传统传感器的区别；  3. 掌握智能传感器的主要功能、特点与实现。 | | |
| 重点 | 掌握智能传感器的主要功能、特点与实现 | | |
| 难点 | 无 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（10分钟）  《智能感知技术》课程整体内容介绍；  本课程的特点及学习方法；  前期课程如电路分析、数字电子技术、模拟电子技术、机器学习基础、人工智能编程基础等相关内容和本课程的关系。  二、授新课内容（80分钟）  知识点1 传感器的定义；  （1）传感器对规定的被测量有“反应”；  （2）传感器的输出与被测量之间建立了有规律的一一对应关系；  （3）传感器是一个器件或装置。  知识点2 传感器的组成与分类；  传感器一般由敏感元件、转换元件、信号调理与转换电路和辅助电源组成。    传感器的常见分类方法有以下几种：   1. 按工作原理分类； 2. 按被测量类型分类； 3. 按传感器能源分类。   知识点3 传感器技术的发展现状与趋势；   1. 发展现状：角色重要，应用广泛，日益完善，创新突出，前景广阔； 2. 发展趋势：新技术材料，功能集成化；多传感技术，学科交叉，微功耗无源化，网络物联。   知识点4 智能传感器的概念；  传感器与微处理器赋予智能的结合，兼具信息检测与信息处理功能的传感器就是智能传感器（系统）。  知识点5 智能传感器结构；  智能传感器主要由传感器、微处理器（或微计算机）及相关电路组成。传感器将被测量转化成相应的电信号，然后送到信号调理电路中。经过滤波、放大、模／数转换后，这些信号会被送到微处理器中。微处理器对接收到的信号进行计算、存储、数据分析和处理。  知识点6 智能传感器的作用；   1. 提高测量精度； 2. 增加功能； 3. 提高自动化程度； 4. 高信噪比与高分辨力。   知识点7 智能传感器的主要功能与特点；   1. 在自我完善能力方面的功能； 2. 在自我管理与自适应能力方面的功能； 3. 在自我辨识与运算处理方面的功能； 4. 在交互信息能力方面的功能。   特点：   1. 高精度； 2. 高可靠性与高稳定性； 3. 高信噪比与高分辨力； 4. 强自适应性； 5. 高性价比。   知识点8 智能传感器的实现方式。   1. 非集成化实现； 2. 集成化实现； 3. 混合实现。   三、讨论与提问（5分钟）  问题1 传感器的基本概念；  问题2 智能传感器的结构、功能与特点  四、总结（5分钟）  重点讲述了智能传感器的主要功能、特点与实现。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 爱国情怀 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 2 讲 | |
| 章节 | 第2章 2.1、2.4 | | |
| 教学目的要求 | 了解传感器系统的基本特性。 | | |
| 重点 | 了解传感器系统的基本特性。 | | |
| 难点 | 无 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  复习智能传感器的主要功能、特点与实现，引入传感器系统的基本特性。  二、授新课内容（85分钟）  知识点1 传感器基本特性的概念  传感器的基本特性是指传感器的输入-输出关系特性，是传感器内部结构参数作用关系的外部特性表现。    传感器所测量的物理量基本上有两种形式：稳态（静态或准静态）和动态（周期变化或瞬态）。稳态的信号不随时间变化，或变化很慢。相反，动态的信号是随时间变化而变化的。  知识点2 静态特性的性能指标  传感器的静态特性是指在稳态信号下，传感器输入与输出之间的关系。静态特性主要指标包括：测量范围、线性度、灵敏度、迟滞、重复性、分辨力、阈值、稳定性、漂移和精度等。  讲解例题例2-1。  知识点3 性能指标的Python计算方法   1. 线性度 xxd=deltay\_max/max(y); 2. 灵敏度lmd=(y.max()-y.min())/(x.max()-x.min()) 3. 迟滞cz=deltay\_max/max(y)   讲解例题 例2-2.  知识点4 动态特性的数学模型  （1）微分方程。忽略非线性和随机变化的因素，传感器系统的微分方程为：  （2）传递函数。设输入的拉氏变换为，输出的拉氏变换为，定义与 之比为传递函数，并记为，则：  知识点5 频率响应函数  在初始条件为零的情况下，输出信号的傅里叶变换与输入信号的傅里叶变换之比为系统的频率特性，记为或：   |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  |  |   （1）一阶系统。频率响应函数为：   |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  |  |   （2）二阶系统。频率响应函数为：   |  |  | | --- | --- | |  |  |   三、讨论与提问（5分钟）  问题1 传感器的静态特性  问题2 传感器静态特性的主要指标  问题3 传感器动态态特性的主要指标  四、总结（5分钟）  本讲讲述了传感器的基本特性，包括静态特性和动态特性，以及静态特性的Python仿真分析。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 规则意识 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 3讲 | |
| 章节 | 第2章 2.2-2.3 | | |
| 教学目的要求 | 1.掌握传感器的标定和校准方法；  2.掌握传感器性能改善的措施；  3.了解传感器的选型原则与方法。 | | |
| 重点 | 掌握传感器性能改善措施。 | | |
| 难点 | 掌握传感器的标定与校准。 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  传感器的基本特性；  传感器的标定与校准，及其概述措施和选用原则。  二、授新课内容（85分钟）  知识点1 传感器的静态特性标定  静态标定是在输入信号不随时间变化的静态标准条件下，确定传感器的静态特性指标，如线性度、灵敏度、迟滞、重复性等。静态标定的条件包括：无加速度、无振动、无冲击、环境温度通常为室温、相对湿度不大于，以及大气压为kPa。  静态标定的过程如下：  （1）将传感器的全量程分成若干等间距的点。  （2）根据传感器的量程分点，逐渐从小到大输入标准量程，并记录下每个输入值对应的输出值。  （3）逐渐将输入值从大到小减小，并同时记录下每个输入值对应的输出值。  （4）按步骤（2）和（3）所述的过程，对传感器进行多次正、反行程测试，并将得到的输出/输入测试数据列入表格或绘制成曲线。  （5）对测试数据进行必要的处理，并根据处理结果确定传感器的线性度、灵敏度、迟滞和重复性等静态性能指标。  知识点2 传感器的动态特性标定  动态标定主要是研究传感器的动态响应特性。根据传感器的动态性能指标，传感器的动态标定主要涉及一阶传感器的时间常数、二阶传感器的固有角频率和阻尼系数等参数的确定。对传感器进行动态标定时，需要对其输入一个已知的标准激励信号源，如正弦信号和阶跃信号。  知识点3 提高传感器性能的途径   1. 合理选择结构、材料和参数； 2. 使用差动技术； 3. 应用平均技术； 4. 采用补偿和修正技术； 5. 进行稳定性处理； 6. 实施屏蔽隔离和干扰抑制。   知识点4 传感器的选用原则  选择传感器时，我们需要根据实际使用的传感器的目的、指标、环境等因素，来选择侧重点。   1. 灵敏度的选择； 2. 频率响应特征； 3. 线性范围； 4. 稳定性； 5. 精确度； 6. 测量方式。   选择传感器的一般步骤总结如下：  （1）借助于传感器的分类表，根据被测量的性质，找出符合用户需要的传感器类别，再从典型应用中初步确定几种传感器。  （2）借助于常用传感器的比较表和价格表，根据被测量的测量范围、测量精度、测量要求和环境要求，再次确定传感器的类别。  （3）借助于传感器的产品目录选用样本或传感器的手册，查出传感器的规格型号，性能参数及结构尺寸。  三、讨论与提问（5分钟）  问题1 提高传感器性能的途径  问题2 传感器的选用原则  四、总结（5分钟）  本讲重点讲述了传感器的标定与校准、性能改善措施与选用原则。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 规则意识 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 5 讲 | |
| 章节 | 第3章 3.1 | | |
| 教学目的要求 | 掌握电阻应变式传感器的原理、测量电路和应用。 | | |
| 重点 | 掌握电阻应变式传感器的原理、测量电路和应用 | | |
| 难点 | 掌握电阻应变式传感器的原理、测量电路和应用 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  电阻应变式传感器以其简单的结构、较高的线性度和良好的稳定性，可以与相应的测量电路配合，形成用于测量压力、质量、位移、加速度和扭矩等多种物理量的检测系统。  二、授新课内容（85分钟）  知识点1 金属电阻的应变效应  应变式传感器的工作原理是：当机械弹性结构体受到力的作用而发生变形时，会产生应变效应。通过粘贴在机械弹性结构体上的电阻应变片来检测这种应变效应，然后由电桥完成信号的转换，并最终输出与弹性体受力成对应关系的电信号。图中实线表示拉伸前的状态，而虚线表示拉伸后的状态。    知识点2 应变片的结构  电阻应变片通常是将金属导体（如丝或箔片）制成栅状结构并放置在绝缘基底上，结构如图所示。  知识点3 应变片类型  应变片主要分为金属应变片和半导体应变片两大类。其中，金属应变片包括丝式、箔式等多种形式。    知识点4 应变片的参数  应变片的参数主要有：标准电阻值；绝缘电阻；灵敏度系数；应变极限；允许电流。  知识点5 应变片的温度误差及补偿  由于测量现场环境温度的改变而给测量带来的附加误差，称为应变片的温度误差。产生应变片温度误差的主要因素有两个方面：   1. 电阻温度系数的影响； 2. 试件材料和电阻丝材料的线膨胀系数不同的影响。   误差补偿方法有：  （1）线路补偿法；  （2）应变片的自补偿法。  知识点6 电阻应变式传感器的应用  以膜片式压力传感器为例介绍电阻应变式传感器的应用。传感器下端的感压膜感受液体压力。传压杆将该压力传递到上端的微压传感器进行检测。当容器中的溶液增多时，感压膜感受到的压力会增大，从而导致微压传感器的输出增大。  三、讨论与提问（5分钟）  问题1 电阻应变片的基本原理？  问题2 电阻应变片的补偿方法？  四、总结（5分钟）  本讲重点讲述了电阻应变式传感器的原理、测量电路和应用。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 规则意识 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 6 讲 | |
| 章节 | 第3章 3.2 | | |
| 教学目的要求 | 掌握电感式传感器的原理、测量电路和应用。 | | |
| 重点 | 掌握电感式传感器的原理、测量电路和应用 | | |
| 难点 | 掌握电感式传感器的原理、测量电路和应用 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 1. 复习与引入（5分钟）   电阻应变式传感器的工作原理；  电感式传感器的工作原理。  二、授新课内容（85分钟）  电感式传感器的种类很多，根据转换原理不同，可分为变磁阻式（自感式）、变压器式（互感式）、电涡流式（互感式）传感器等。  知识点1 变磁阻式电感传感器  变磁阻式传感器的结构如图3-8所示。它由线圈、铁芯和衔铁三部分组成。铁芯和衔铁之间有气隙，气隙厚度为。传感器的运动部分与衔铁相连。当衔铁移动时，气隙厚度发生改变，引起磁路中磁阻变化，从而导致电感线圈的电感值变化。    知识点2 变压器式电感传感器  差动变压器式传感器的输出电压是调幅波。如果用交流电压表测量，它只能反映衔铁位移的大小，而不能反映移动的方向。为了判别衔铁的移动方向和消除零点残余电压，需要进行解调。实际测量时，常采用差动整流电路和相敏检波电路进行解调。  讲解差动变压的测量电路和相敏检波电路。  知识点3 电涡流式电感传感器  电涡流式传感器是根据涡流效应制作而成的一种测量装置。电涡流式传感器可以非接触地连续测量位移、厚度、表面温度、速度、压力和材料损伤等。同时，它具有体积小、灵敏度高、测量线性范围大和频率响应宽等特点。  讲解电涡流式传感器的等效电路和测量电路。  知识点4 电感式传感器的应用  电感式传感器具有结构简单、灵敏度高、分辨率高、线性度好的特点，被广泛用于测量位移、压力、振动等物理量。以涡流式测温传感器为例，介绍电感式传感器的应用。    图中所示的涡流式测温传感器由补偿线圈1、管架2、测量线圈3、隔热衬垫4及温度敏感元件5组成，用来测量气体或液体的温度。  三、讨论与提问（5分钟）  问题1 变磁阻式传感器工作原理  问题2 误差因素分析  问题3 电涡流式传感器的等效电路  四、总结（5分钟）  本讲重点讲述了电感式传感器的原理、测量电路和应用。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 规则意识 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 7 讲 | |
| 章节 | 第三章 3.3 | | |
| 教学目的要求 | 掌握电容式传感器的原理、测量电路和应用。 | | |
| 重点 | 掌握电容式传感器的原理、测量电路和应用。 | | |
| 难点 | 掌握电容式传感器的原理、测量电路和应用。 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 1. 复习与引入（5分钟）   电感式传感器的原理、测量电路和应用。  电容式传感器的原理、测量电路和应用。  二．授新课内容（85分钟）  电容式传感器（Capacitance sensor）采用电容器作为传感元件，将各种物理量的变化转换为电容量的变化，具有低功率、高阻抗、小的静电引力和良好的动态特性，可进行非接触测量。  知识点1 电容式传感器的工作原理  电容式传感器由敏感元件与转换元件为一体的电容量可变的电容器和测量电路组成，其工作原理如图所示。    讲解传感器电容量分析模型，指出当平行板覆盖面积、平行板间距、间隙介电常数三个参量中，改变其中任意一个量，均可使电容量改变。基于该原理，电容式传感器可分为三类：  （1）极距变化型电容式传感器；  （2）面积变化型电容式传感器；  （3）介质变化型电容式传感器。  知识点2 电容式传感器的结构形式  分别介绍极距变化型、面积变化型和介质变化型电容式传感器的结构特点。    变极距型电容式传感器原理图 变面积型电容式传感器原理图    变介质型电容式传感器原理图  知识点3 电容式传感器的测量电路  讲解调频式测量电路原理；  讲解运算放大器式测量电路原理；  讲解二极管双T形交流电桥电路原理。  知识点4 电容传感器的应用  以电容式压力传感器为例介绍电容式传感器的应用。  三．讨论与提问（5分钟）  问题1 影响电容式传感器测量精度的因素  问题2 电容式传感器可以测量的物理参量  问题3 电容式传感器使用过程中的注意事项   1. 总结（5分钟）   本讲重点讲述了电容式传感器的原理、测量电路和应用。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 规则意识 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 8 讲 | |
| 章节 | 第3章 3.4 | | |
| 教学目的要求 | 掌握磁敏式传感器的原理、测量电路和应用。 | | |
| 重点 | 掌握磁敏式传感器的原理、测量电路和应用 | | |
| 难点 | 掌握磁敏式传感器的原理、测量电路和应用 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（10分钟）  电容式传感器的原理、测量电路和应用；  磁敏式传感器的原理、测量电路和应用。  二、授新课内容（80分钟）  磁敏式传感器（Magnetic Sensor）是通过磁电作用将被测量（如振动、位移、转速等）转换为电信号的传感器。磁电作用主要分为磁电感应和霍尔效应两种。  知识点1 磁电感应式传感器  磁电感应式传感器也被称为电动式传感器或感应式传感器。它是根据电磁感应原理，利用导体和磁场的相对运动在导体两端产生感应电动势而制成的，是一种有源传感器，即不需要辅助电源就能将被测对象的机械量直接转换为电信号。根据磁通量的变化方式，磁电感应式传感器通常分为恒磁通式和变磁通式两类。    开磁路变磁通式和闭磁路变磁通式传感器结构图  变磁通式磁电感应传感器通常设计为转速传感器，其输出为感应电动势的频率，该频率取决于磁通的变化频率。    恒磁通式磁电传感器结构图  恒磁通式磁电感应传感器的磁路系统产生恒定的直流磁场。由于磁路中的工作气隙保持固定，气隙中的磁通也保持恒定。讲解磁电感应式传感器的测量电路。  知识点2 霍尔式传感器   1. 讲解霍尔效应原理 2. 讲解霍尔元件的基本结构； 3. 讲解霍尔元件的基本特性； 4. 讲解霍尔传感器的测量电路。   知识点3 磁敏式传感器的应用  （1）磁电式扭矩传感器的工作原理图；  （2）霍尔功率传感器的工作原理；  强调：用霍尔元件组成功率传感器，其技术难点在于：如何确保霍尔元件的磁感应强度与负载电压同相位以及如何滤掉输出电压中的交流分量而不损失直流成分。  三、讨论与提问（5分钟）  问题1 霍尔式传感器的误差分析；  问题2 霍尔电动势与哪些因素有关？  问题3 霍尔电动势和载流子浓度的求取方法？  四、总结（5分钟）  本讲重点讲述了磁敏式传感器的原理、测量电路和应用。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 规则意识 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 9 讲 | |
| 章节 | 第3章 3.5 | | |
| 教学目的要求 | 了解其它新型传感器的工作原理。 | | |
| 重点 | 了解其它新型传感器的工作原理。 | | |
| 难点 | 无。 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  磁敏式传感器的原理、测量电路和应用；  其它新型传感器的工作原理。  二、授新课内容（85分钟）  半导体传感器（Semiconductor Sensor）是利用半导体材料的各种物理特性、化学特性和生物特性，把力、热、光、磁、气、湿度、射线、离子等一些物理量、化学量和生物量的变化转换为便于处理的电信号的传感器。类型多并广泛应用。  知识点1 半导体传感器  （1）工作原理：传感器依赖于敏感材料接触气体时电阻值的变化，以检测气体的成分或浓度。  1102 N型半导体吸附气体时元件阻值变化  （2）电阻式气敏半导体的特点：电阻式半导体气体传感器的优点在于工艺简单、价格便宜、使用方便。也存在老化速度较快、气体识别能力较弱以及各器件之间的特性差异较大等缺点。  （3）半导体传感器的应用  半导体传感器的主要应用领域包括工业自动化、遥测、工业机器人、家用电器、环境污染监测、医疗保健、医药工程和生物工程等。  以酒精测试仪为例介绍半导体传感器的应用。  知识点2 光纤传感器  （1）光纤传感器具有许多固有的优点。例如：  传输光的媒体光纤具有良好的电绝缘性和抗电磁干扰性，适用于强电系统的测试；光纤信息传输损耗低、具有极高的灵敏度，适用于精密测量和遥测技术。光纤柔性极好，探测适用性强。光纤耐水浸、耐腐蚀、耐高温等，环境适应性好，有利于在核电业、航天机械、医疗器械、石油化工等特殊环境下使用。  （2）光纤结构及导光原理    光纤的结构示意图  讲解光纤结构和导光原理。指出：纤芯与包层的折射率差值越大，数值孔径就越大，光纤的集光能力越强。  （3）光纤传感器的工作原理  （4）光纤传感器的应用  纤传感器被广泛应用于位移、速度、加速度、液位、压力、流量、振动、水声、温度、电压、电流、磁场、核辐射等方面的测量。通过光纤电流传感器的例子来介绍光纤传感器的应用。  三、讨论与提问（5分钟）  问题1 提高半导体气敏传感器选择性的方法；  问题2 光纤结构和传光原理；  问题3 光纤传感器检测的应用场合。  四、总结（5分钟）  本讲讲解了其它新型传感器的工作原理。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 守正出新 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 4 讲 | |
| 章节 | 第4章 4.1 | | |
| 教学目的要求 | 掌握电桥的原理。 | | |
| 重点 | 掌握电桥的原理。 | | |
| 难点 | 无 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  其它新型传感器的工作原理 ；  电桥的原理。  二、授新课内容（85分钟）  知识点1 直流电桥  直流电桥通过改变四个桥臂中一个或多个的阻值，来引起电桥输出电压的变化，如图所示。    讲解内容包括：  （1）电桥电路平衡条件，即两个相对桥臂的电阻乘积相等。  （2）电压灵敏度；电压灵敏度与电桥的供电电压成正比；电压灵敏度是桥臂电阻比值的函数，选择合适的值有助于获得更高的灵敏度。  （3）非线性误差及其补偿方法：提高桥臂比；采用差动电桥。  知识点2 交流电桥  当电桥的供桥电压为交流电压时，电桥转换电路为交流电桥。交流电桥结构如图所示。    交流电桥测量精度主要受以下几个因素的影响：①电桥各元件之间的互感耦合；②泄漏电阻以及元件间、元件对地之间的分布电容；③邻近交流电路对电桥的感应影响等。  知识点3 电桥操作的技术规范  （1）连接导线的补偿。当传感器与电桥距离较远的时候，为了保证电桥的正常工作，需要对电路进行补偿  （2）电桥灵敏度的调节。在输入导线的一根或两根上串联可变电阻，可实现电桥灵敏度的调节，如图所示。    三、讨论与提问（5分钟）  问题1 直流电桥的连接形式；  问题2 交流电桥和直流电桥的不同点。  四、总结（5分钟）  本讲讲述了电桥的原理。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 规则意识 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 10 讲 | |
| 章节 | 第4章 4.2-4.3 | | |
| 教学目的要求 | 1. 掌握信号放大电路与信号转换电路的基本原理；  2. 了解滤波器的工作原理与分类、性能指标以及如何设计滤波器； | | |
| 重点 | 1. 掌握信号放大电路与信号转换电路的基本原理；  2. 掌握滤波器的工作原理。 | | |
| 难点 | 无 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  复习电阻应变式传感器的原理、测量电路和应用，引入电桥的工作原理。  二、授新课内容（85分钟）  知识点1 信号放大  常见的放大电路包括同相放大器、反相放大器、仪表放大器、差动放大器、可变增益放大器和隔离放大器等。   1. 同相放大电路和反相放大电路     同相运算放大电路 反相运算放大电路   1. 仪表放大器   双运放电路；三运放电路；集成仪表放大器。以AD620为例介绍集成仪表放大器。   1. 隔离放大器   隔离放大器的输入、输出和电源电路之间没有直接电路耦合。以AD204变压器耦合隔离放大器为例，讲解微型封装的精密隔离放大器。以ISO122为例讲解电容耦合隔离放大器；以ISO100为例讲解光电耦合隔离放大器。  知识点2 信号滤波  （1）滤波器的分类。  按所处理的信号，滤波器可分为模拟滤波器和数字滤波器两种。按所通过信号的频率范围，滤波器可分为低通滤波器、高通滤波器、带通滤波器和带阻滤波器四种。按所采用的元器件，滤波器可分为无源滤波器和有源滤波器两种。按微分方程或传递函数的阶数，滤波器可分为有一阶滤波器、二阶滤波器和高阶滤波器等。  （2）滤波器的性能指标。  通带增益；固有频率和截止频率；通带截止频率和阻带截止频率；阻尼系数和品质因数。  （3）无源滤波电路。  无源滤波器结构简单、噪声小和动态范围大。   |  |  | | --- | --- | | 一阶无源低通滤波器 | 一阶无源高通滤波器 |   （4）RC有源滤波电路    一阶RC有源低通滤波器  RC有源滤波器由电阻、电容和集成运算放大器组成。利用有源器件的放大和隔离作用，RC有源滤波器在通带内有一定的增益和很强的带负载能力。  三、讨论与提问（5分钟）  问题1 信号放大的作用；  问题2 电压/频率变换的应用。  四、总结（5分钟）  本讲讲述了信号的放大与转换、信号滤波以及微弱信号的检测。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 规则意识 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 11 讲 | |
| 章节 | 第4章 4.4、4.5 | | |
| 教学目的要求 | 掌握常见的信号变换电路。  了解微弱信号检测的基本原理。 | | |
| 重点 | 信号变换电路。 | | |
| 难点 | 无 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  其它新型传感器的工作原理；  信号的放大；信号滤波；  微弱信号检测。  二、授新课内容（85分钟）  知识点1 信号变换  （1）电压/电流变换。掌握负载浮置的电压/电流转换电路；负载接地的电压/电流变换电路；    负载浮置的电压/电流转换电路    负载接地的电压/电流变换电路  （2）电压/频率(V/F)变换   |  | | --- | | （a）电路    （b）波形 |   电荷平衡型V/F变换电路及其波形  讲解中注意对变换电路原理的分析。  知识点2 噪声  噪声是影响微弱信号检测结果的重要因素，对噪声的度量要分析噪声的统计特征。   1. 噪声的概率分布，概率分布密度函数 2. 噪声的相关函数；讲解自相关和互相关函数。   知识点3 微弱信号检测  微弱信号检测的常用方法包括相关检测和同步积累法。同步积累法对信号与噪声的相关性要求低，具有更广泛的适用性。教学中着重介绍这种方法并详细介绍取样积分器如何实现微弱信号的检测。  三、讨论与提问（5分钟）  问题1 信号的变换方法  问题2 微弱信号检测的方法。  四、总结（5分钟）  本讲讲述了信号的变换、微弱信号的检测。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 求实精神 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 12讲 | |
| 章节 | 第 5章 5.1 | | |
| 教学目的要求 | 1. 了解参数测量的基本原理；  2. 掌握测量系统的结构、基本类型。 | | |
| 重点 | 1. 参数测量的基本原理；  2. 掌握测量系统的结构、基本类型。 | | |
| 难点 | 了解参数测量的基本原理 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  信号的放大与转换；  信号滤波与微弱信号的检测；  参数测量的基本原理；  测量系统的结构、基本类型。  二、授新课内容（85分钟）  知识点1 测量原理  测量就是以确定被测量为目的的一系列操作。这些操作是利用物质的物理、化学或生物特性，对被测对象的信息进行提取、转换和处理，从而获得定性或定量结果的过程。测量通常包括两个过程：一是能量形式的一次或多次转换；二是将被测量与其相应的标准量进行比较，以确定被测量对标准量的倍数。  知识点2 测量方法   1. 直接测量和间接测量 2. 偏差式测量、零位式测量和微差式测量 3. 接触式测量和非接触式测量 4. 静态测量和动态测量   知识点3 测量误差   1. 误差产生的原因 2. 绝对误差、相对误差和引用误差 3. 系统误差与随机误差   **例5-1** 某1.0级电流表，满度值，求测量值分别为，，时的绝对误差和相对误差。  提醒思考：减小测量误差的方法。  知识点4 测量系统的结构、基本类型  测量系统是由传感器和数据传输、数据处理和数据显示等环节组合在一起，为了完成信号测量目标而形成的一个有机整体，如图所示。    测量系统的结构框图  测量系统分开环测量系统与闭环测量系统两种类型。   1. 开环测量系统   测量系统没有反馈通道，全部信息的变换只沿着一个方向进行，这样的测量系统称为开环测量系统。    开环测量系统框图   1. 闭环测量系统   闭环测量系统有两个通道：一个是正向通道，另一个是反馈通道    闭环测量系统框图  三、讨论与提问（5分钟）  问题1 测量方法  问题2 减少系统误差的方法  问题3 请描述测量系统的结构及各部分的作用  四、总结（5分钟）  本讲讲述了参数测量的基本原理和测量系统的结构、基本类型。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 社会主义核心价值观 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 13讲 | |
| 章节 | 第5章 5.2-5.3 | | |
| 教学目的要求 | 1. 掌握电量测量的原理与过程；  2. 了解常见非电量测量的原理与过程。 | | |
| 重点 | 掌握电量测量的原理。 | | |
| 难点 | 无 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  参数测量的基本原理；  电量测量的原理与过程；  非电量测量的原理与过程。  二、授新课内容（85分钟）  知识点1 电压测量  重点讲解交流信号电压的测量，阐述以下概念：   1. 峰值。周期性交流电信号偏离零电平的最大值称为峰值。如果交流电信号的正负峰值不相等，可以用和来分别表示信号的正负峰值。 2. 平均值。流信号的整流分为全波整流和半波整流两种，其中全波整流的平均值为：  |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  |  |  1. 有效值。   交流电压表测量显示的是有效值。  知识点2 电流测量。  电流的测量方法分为直接测量法和间接测量法。   1. 直接测量电流法 2. 电流-电压转换法 3. 电流-磁场转换法 4. 电流互感器法   知识点3 功率测量  重点讨论如何利用霍尔传感器测量交流电功率。   1. 瞬时采样法测量交流电功率 2. 霍尔传感器和直流采样法测量交流电功率   分析强调：采用霍尔电压和电流传感器可以减小变比和相位误差。如果同时采用直流采样技术，可以大大降低硬件的成本，减小软件的工作量，并得到较高的测量精度。  知识点4 非电量测量   1. 温度检测。   温度借助于冷热不同的物体之间的热交换以及物体的某些物理性质随着冷热程度不同而变化的特性进行间接测量，分为接触式和非接触式两类。   1. 湿度检测。   湿度测量的基本原理是利用湿敏传感器与被测介质的接触，以确保水分的存在能引发感湿元件的物理和化学变化。   1. 位移检测。   位移是指物体上某一点在一定方向上的位置变动，位移包括线位移和角位移。在工程应用中，位移测量分为模拟式测量和数字式测量两类。   1. 速度检测。   线速度测量和角速度测量；绝对速度测量和相对速度测量；平均速度测量和瞬时速度测量；直接速度测量和间接速度测量。   1. 加速度检测。   测量加速度的测量装置。加速度传感器分类为电容式、电感式、压阻式和压电式。   1. 压力检测。   压力的测量方法与力的测量方法基本相同。  三、讨论与提问（5分钟）  问题1 物位测量的特点  问题2 位移的测量方法和测量原理  问题3 速度的测量方法和测量原理  四、总结（5分钟）  本讲讲述了电量和非电量测量的原理与过程。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 精准思维 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 14讲 | |
| 章节 | 第6章6.1-6.2 | | |
| 教学目的要求 | 1. 了解传感器的非线性校正技术；  2. 掌握传感器的自校零与自校准技术的原理与实现。 | | |
| 重点 | 掌握传感器的自校零与自校准技术的原理与实现。 | | |
| 难点 | 无 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  电量和非电量测量的原理与过程；  传感器的非线性校正技术；  传感器的自校零与自校准技术的原理与实现。  二、授新课内容（85分钟）  在理想情况下，信号处理单元期望传感器的输入输出特性能够呈现线性关系。然而，实际上，很多传感器的输入输出特性都是非线性的，这与理想情况有所偏离。所以，智能传感器系统需要进行非线性转换和校正。  知识点1 查表法  查表法是一种分段线性插值法。它根据精度的要求对反非线性曲线进行分段，用若干段折线逼近曲线，如图6-3所示。将折点坐标存入数据表中。测量时，查找出输入值对应的电压值处在哪一段折线上。根据这段折线的斜率进行线性插值，求得输出值。    反非线性的折线逼近  逼近反非线性特性曲线的折线数量越多，输出值越接近实际值。折线和折点的确定有两种方法：近似法与截线近似法。  知识点2 曲线拟合法  曲线拟合法采用次多项式来逼近反非线性曲线，步骤如下：  （1）对传感器及其调理电路进行静态实验标定，得到校准曲线。  （2）假设反非线性特性曲线的拟合方程为：   |  |  | | --- | --- | |  |  |   其中的数值由所要求的精度确定。  （3）根据最小二乘法原则确定常数、、、。  （4）存储常系数、、、，并据此求取输入被测量值。  知识点3 两基准法  两基准法也被称为三步测量法，适用于测量系统的正模型可用线性方程表示的系统。  （1）测量系统的零点（校零）；  （2）实时测量系统的增益/灵敏度（标定）；  （3）测量。  知识点4 多基准法  实时在线自校准功能的步骤如下：  （1）测量前，对传感器系统进行现场、在线的实时三点标定，即依次输入三个标定值、、，测得相应输出值、、。  （2）列出反非线性特性拟合曲线方程：   |  |  |  | | --- | --- | --- | |  |  |  |   （3）使用标准值来求解反非线性特性曲线拟合方程的系数、、。  三、讨论与提问（5分钟）  问题1 非线性自校正方法  问题2 传感器自校零与自校准的原理  四、总结（5分钟）  本讲讲述了传感器的非线性校正技术、传感器的自校零与自校准技术的原理与实现。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 创新精神 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 15讲 | |
| 章节 | 第6章 6.3-6.5 | | |
| 教学目的要求 | 1. 掌握传感器噪声抑制技术与自补偿技术的实现；  2. 掌握多传感器信息融合技术的实现。 | | |
| 重点 | 1. 掌握传感器噪声抑制技术与自补偿技术的实现；  2. 掌握多传感器信息融合技术的实现。 | | |
| 难点 | 掌握传感器增益自适应控制技术。 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  传感器的非线性校正技术  传感器的自校零与自校准技术的原理与实现  噪声抑制技术与自补偿；  增益的自适应控；  多传感器信息融合。  二、授新课内容（85分钟）  知识点1 噪声抑制技术  （1）干扰与噪声。噪声与干扰是因果关系，噪声是干扰之因，干扰是噪声之果，是一个量变到质变的过程。干扰三要素是：干扰源、传播途径、接收载体。  （2）传感器的噪声。在传感器系统中，除了被检测信号等有用信号外，所有不需要的信号，也就是不希望出现的动态分量，都被统称为传感器噪声。包括：放电噪声、电气干扰源、固有噪声（热噪声、散粒噪声和接触噪声）。  （3）噪声的耦合。干扰源通过一定的耦合形式对设备形成干扰通道，包括：共阻抗耦合、静电耦合、电磁耦合、漏电流耦合、传导耦合。  （4）传感器低噪化方法。抑制干扰的基本方法需要考虑形成干扰的“三要素”，在噪声源、耦合通道和干扰接收电路方面采取措施。包括：消除或抑制噪声源、破坏干扰的耦合通道、消除接收电路对于干扰的敏感性、采用软件抑制干扰。  知识点2 多传感器数据融合  多传感器智能化技术包括两个方面：其一，将多个传感器与计算机（或微处理器）组建智能化多传感器系统；其二，将多个传感器获得多个信息的数据进行融合处理，实现某种改善传感器性能的智能化功能。  （1）单传感器系统。  通常的测量系统都是由单传感器系统组成的，如图：    单传感器测量系统框图  （2）交叉敏感与传感器系统的稳定性。  交叉敏感现象的主要表现是：当传感器的目标参数保持不变，而其他非目标参数发生变化时，传感器的输出值会发生变化。具有交叉敏感性的传感器系统性能不稳定，准确性差，这是常规单传感器系统普遍存在的问题。  （3）多传感器技术改善传感器系统性能的基本方法。  这里讲解多传感器技术改善传感器系统性能的基本方法有模型法和冗余法两种。  知识点3 传感器系统的动态误差   1. 一阶系统的动态误差 2. 二阶系统的动态误差   知识点4 数字滤波法  数字滤波法的补偿思想是：在现有的传感器系统传递函数的中，附加一个传递函数为H(s)的环节，使系统总传递函数满足动态性能的要求。讲解：（1）工作原理；（2）阶跃响应法测定时间常数**；**  知识点5 频域校正法  频域校正步骤为：  （1）采样；（2）频谱分析；  （3）复数运算；（4）傅里叶反变换。  三、讨论与提问（5分钟）  问题1 抑制噪声干扰的措施？  问题2 多传感器数据融合包括哪些方面？  问题3 频域校正法的基本步骤？  四、总结（5分钟）  本讲讲述了传感器噪声抑制技术与自补偿技术的实现、多传感器信息融合。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 创新精神 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 16讲 | |
| 章节 | 第6章 6.6-6.8 | | |
| 教学目的要求 | 1. 掌握传感器增益自适应控制技术的实现；  2. 了解传感器自诊断技术的实现。 | | |
| 重点 | 掌握传感器增益自适应控制技术的实现。 | | |
| 难点 | 掌握多传感器信息融合技术的实现。 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  传感器噪声抑制技术与自补偿技术的实现；  多传感器信息融合；  传感器增益自适应控制；  传感器自诊断技术。  二、授新课内容（85分钟）  知识点1 增益的自适应功能  增益设置需要仔细权衡各种因素，根据具体情况进行折中确定，没有通用的规则。接下来，将通过一个例子来说明增益选择的基本规则。  **【例6-1】**考虑一个增益可控放大器跟随一个8位A/D转换器组成的子系统。由A/D转换器量化噪声产生的相对误差不得大于0.5％，试确定量程切换的判据。  通过例子可以清楚地看出，增益自适应控制的出发点是固定增益电路出现了难以避免的不足，而增益自适应控制的优点也正是弥补了这个不足。  知识点2 硬件冗余方法   1. 硬件冗余方法的核心思想是为容易失效的传感器设置备份，并通过表决器进行管理。 2. 硬件冗余方法的优点在于不需要被控对象的数学模型，并且具有很强的鲁棒性。 3. 硬件冗余方法的缺点在于设备复杂，体积和质量较大，且成本较高。   知识点3 解析冗余方法  解析冗余方法的核心是构建包含传感器的被测对象的动态模型，通过比较模型输出和实际输出的差异，来判断传感器是否发生故障。    解析冗余方法原理框图  解析冗余法的主要步骤：   1. 模型设计； 2. 设计与传感器故障相关的残差； 3. 进行统计检验和逻辑分析，以诊断某些类型的传感器故障；   局限性：当系统参数存在不确定性、随时间变化或系统中存在未知输入干扰时，会对诊断结果产生负面影响。  知识点4 曲线拟合的Python实现  在Python中，通常使用numpy库来实现曲线拟合。重点介绍两个用于曲线拟合的函数：polyfit()和polyval()。   1. polyfit()函数的函数原型为：   numpy.polyfit(x, y, deg, rcond=None, full=False, w=None, cov=False)   1. polyval()函数的函数原型为：   numpy.polyval(p, x)  通过实例讲解数据拟合方法。   1. 定义输入样本数据； 2. 使用numpy的polyfit函数进行数据拟合，得到多项式的系数； 3. 使用numpy的poly1d函数生成多项式方程； 4. 使用numpy的polyval函数进行预测； 5. 输出显示多项式方程和预测结果。   三、讨论与提问（5分钟）  问题1传感器增益自适应控制的原理  问题2 传感器自诊断的原理  四、总结（5分钟）  本讲讲述了传感器增益自适应控制与自诊断技术。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 创新精神 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 17讲 | |
| 章节 | 第7章 7.1 | | |
| 教学目的要求 | 掌握多元回归方程的原理和应用。 | | |
| 重点 | 掌握多元回归方程的应用。 | | |
| 难点 | 掌握多元回归方程的原理。 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  传感器增益自适应控制与自诊断技术；  多元回归方程的原理和应用。  二、授新课内容（85分钟）  知识点1 二元回归法  两个传感器可以测量并获取两个参量的信息。二元回归分析法可以融合这两个信息。课程中将以压力传感器为例来说明这种数据融合算法。   1. 二元回归分析法基本原理；   假如压力传感器输出是电压，并且对温度有交叉灵敏度。为了更准确地测量压力，需要用另一个温度传感器的输出电压来表示温度，然后用和的二元函数来描述压力，即：  这个值由二维坐标（,）决定，即  同理有：  为了得到这些常系数，需要首先进行二维标定实验。   1. 实验标定；   在压力传感器的量程范围内确定个压力标定点，在工作温度范围内确定个温度标定点。于是由压力与温度标准值发生器产生的在各个标定点的标准输入值，根据这些标定数据可以获得不同温度状态的输入输出特性。   1. 二元回归方程待定常数的确定。   为确定二元回归方程式的常系数，通常采用最小二乘法来求取满足均方误差最小的常系数值。教学中以系数a0~a5为例讲解求取步骤。  知识点2 三元回归法   1. 单一功能的三传感器数据融合；   通过监测两个非目标参数，也就是两个干扰量，可以有效地消除这些干扰量对测量结果的影响，从而提高单功能传感器对目标参数的测量精度。以压阻式压力传感器为例，其输出受到工作环境温度和电源供电电流的影响。为了消除这两个参量的影响，需要对和分别进行监测，建立如图所示的三传感器数据融合的智能传感器系统。    对图中所示的三传感器数据融合智能传感器系统进行三维标定实验，建立三传感器数据融合智能传感器系统，抑制两个干扰量的交叉敏感。   1. 三功能的传感器数据融合   以实现测量压力（差）、静压和温度三个参量的三功能传感器ST-3000智能变送器为例。检测三个参量的三个传感器相互之间存在交叉灵敏度，建立三元回归方程。通过降维处理后，与的数据通过二传感器数据融合技术进行处理。  三、讨论与提问（5分钟）  问题1 多元回归法的核心思想  问题2 最小二乘法在多元回归分析中的应用  四、总结（5分钟）  本讲讲述了多元回归方程的原理和应用。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 创新精神 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 18讲 | |
| 章节 | 第7章 7.2-7.3 | | |
| 教学目的要求 | 1. 掌握传感器温度补偿的原理；  2. 掌握传感器温度补偿的python实现方法。 | | |
| 重点 | 1. 掌握传感器温度补偿的原理；  2. 掌握传感器温度补偿的python实现方法。 | | |
| 难点 | 掌握传感器温度补偿的原理 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  多元回归方程的原理和应用；  传感器的温度补偿原理及其python实现  二、授新课内容（85分钟）  本次课拟设计一个温度自补偿的智能传感器系统，以实现压阻式压力传感器的温度补偿。该智能传感器的原理框图如图所示。    图中数据融合模块接收来自压力传感器和温度干扰监测传感器的输入，进行两传感器数据融合的步骤即为本次课两个知识点。  知识点1 二维标定实验  主传感器是JCY-101型压阻式压力传感器，其输入量为压力，输出量为电压，由于主传感器的输出会受到环境温度的影响，因此需要使用另一个辅助传感器来测量温度，其输出量为电压。  注意：采用压力标准值发生器为主传感器提供标准输入值，并采用恒温箱为辅助传感器提供标准输入值进行标定。  实验中需记录主传感器和辅助传感器的输出电压。  知识点2 数据处理  （1）利用上一步得到的标定数据，计算常系数并建立二元回归方程.  （2）融合计算结果。将测量值代入由常系数值确立的逆模型，可得到目标参数P。这个参数，即融合结果。  知识点3 效果评价  在评估数据融合效果时，主要关注的指标包括温度影响系数、线性度和误差系数。通过比较融合处理前后的温度影响系数，可以评估温度稳定性的改善程度。评价指标包括：温度影响系数、线性度、误差系数等。  知识点4 多元回归法的python实现  多元回归法的Python实现，依赖于scikit-learn库中的预处理PolynomialFeatures类和线性回归LinearRegression类。  PolynomialFeatures类的引用命令：  **from sklearn.preprocessing import PolynomialFeatures**  LinearRegression类的引用命令：  **from sklearn.linear\_model import LinearRegression**  讲解使用LinearRegression实现线性回归的实例。  知识点5 性能指标计算的python实现  重点介绍Python实现温度系数和误差系数的计算。  （1）温度系数计算的Python实现  教学中介绍每个计算步骤和对应的Python代码实现。  （2）误差系数计算的Python实现  Python编程计算误差系数的方法主要有两大类：使用内置库函数和自行编程计算。第一类适用于有内置的评估函数计算对应误差系数的情形。第二类一般没有内置的评估函数直接计算，需要手动编程来计算相应的误差系数。  三、讨论与提问（5分钟）  问题1 传感器温度补偿的原理  问题2 校验温度补偿效果的指标  四、总结（5分钟）  本讲讲述了传感器的温度补偿原理及其Python实现。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 诚信精神 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第19讲 | |
| 章节 | 第8章 8.1-8.3 8.5 | | |
| 教学目的要求 | 1. 理解BP神经网络的原理与训练方法；  2. 掌握BP神经网络的Python实现方法。 | | |
| 重点 | 掌握BP神经网络的Python实现方法。 | | |
| 难点 | 无 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  传感器的温度补偿原理及其Python实现  神经网络基础  二、授新课内容（85分钟）  知识点1 神经网络结构  人工神经网络是由大量神经元按照一定拓扑结构组织，实现群体并行分布式计算。根据神经元的连接方式，可分为分层网络和相互连接型网络两类。分层网络按功能分为输入层、隐层和输出层，各层顺序连接，层内神经元不互连。输入层接收外部激励，隐层负责内部运算，输出层输出结果。相互连接型网络则网络内任意两单元间均可达，网络对输入模式动态响应，最终可能稳定或周期性振荡，体现显著非线性特性。  知识点2 神经元模型  在人脑中，神经细胞对接收到的信息会先进行处理，再传递给下一个细胞。人工神经元模型正是对此过程的模拟。神经元是人工神经网络的基本单元，每个神经元具有多个输入，通过连接权值和偏置处理信息，其输出为所有输入与权值加权和经激活函数处理的结果。数学表达为：  这里，为输入，为权值，为偏置，为激活函数。神经元不仅将输入综合后输出，还可通过调整权值表现出可塑性，具备强大的信息处理能力。  知识点3 BP神经网络概述  BP神经网络因采用反向传播（Back Propagation）算法而得名，由Rumelhart等人于1985年提出。BP网络是一种多层前馈结构，神经元采用非线性激活函数，能够实现任意复杂的非线性输入-输出映射。通过输入输出样本训练，反复调整权值和偏置，使网络拟合目标关系，并具备较强的泛化能力。与传统插值方法不同，BP神经网络不仅可用于曲线插值，还能处理高维空间的曲面插值问题。  知识点4 BP神经网络的训练  BP神经网络是一种多层前馈结构，采用反向传播算法进行权值和偏置训练。各层神经元激活函数需连续可微，常见为对数型或线性函数。输入层输出为，隐层输出为：    其中为加权和。输出层同样可选择线性或对数激活函数。  网络通过均方误差作为训练目标，采用误差反向传播不断调整参数。权值修正公式为：  其中为学习率。  知识点5 利用Python实现BP神经网络  BP神经网络的实现主要用的是scikit-learn库中MLPRegressor子模块的neural\_network类，其语法为：  model=MLPRegressor(hidden\_layer\_sizes=(50,), activation='tanh', solver='lbfgs', max\_iter=10000, learning\_rate\_init=0.01)  三、讨论与提问（5分钟）  问题1 人工神经网络算法的原理  问题2 神经元作用函数的作用  四、总结（5分钟）  本讲讲述了神经网络基础，主要包括BP神经网络的原理与训练方法。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 创新精神 | | |
| 课后作业 | 复习本节内容，预习下节内容。 | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 20讲 | |
| 章节 | 第8章 8.4 | | |
| 教学目的要求 | 掌握传感器测量数据拟合的原理。 | | |
| 重点 | 1. 掌握传感器测量数据拟合的原理；  2. 掌握传感器测量数据拟合的python实现方法。 | | |
| 难点 | 掌握传感器测量数据拟合的原理。 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  神经网络基础；  传感器测量数据拟合的原理及其python实现。  二、授新课内容（85分钟）  知识点1 标定数据  本节测试采用量程为0~1.2mm的涡流传感器，将其等分为30点，每步增加0.0414mm。试验从0mm开始，逐步施加不同位移，并用网络分析仪测量并记录每个位移下的输出频率，实现全量程精细标定。  知识点2 数据预处理  数据预处理是建模前的重要步骤，主要包括样本集划分与归一化两部分。其目的是为提升模型泛化能力、加快算法收敛速度，并保证不同特征量纲的一致性。  本节将所有的31个标定样本随机分为训练集（约占80%，24个样本）和测试集（约占20%，7个样本）。训练集用于模型训练，测试集用于模型性能评估，这样的划分在样本量较少时尤为重要，有助于有效评估模型的实际泛化能力。  归一化的目的是将不同量纲、数值范围的数据统一到同一区间，常用的区间为0~1或-1~1，便于数据融合与算法优化。本例选用最小-最大归一化，把每条数据按如下公式转换到0~1区间：  其中，为归一化后的数据，为原始数据，和分别为该特征的最小值和最大值。通过这两步处理，数据结构更合理，有效提升后续建模质量。  知识点3 BP神经网络的设计与实现  设计实现BP神经网络的流程图如图所示。    根据上述流程图建立BP神经网络模型，并进行训练与预测。  知识点4 拟合效果评价  对全部样本进行拟合后，涡流传感器的输出频率与位移的静态特性获得高精度匹配。均方误差仅为极小值，说明拟合模型能准确刻画传感器的实际响应，满足精度要求。涡流传感器样本经拟合后，输出频率与位移高度吻合，反映出良好的静态特性表现。均方误差计算结果极小，表明本次拟合精度高、测量结果可靠，能够满足工程应用需求。  三、讨论与提问（5分钟）  问题1 样本集划分的目的  问题2 Python实现传感器测量数据拟合的流程  四、总结（5分钟）  本讲讲述了传感器测量数据拟合的原理及其python实现。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 创新精神 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 21 讲 | |
| 章节 | 第9章 9.1-9.2 9.4 | | |
| 教学目的要求 | 1. 理解支持向量机的原理；  2. 掌握支持向量机的训练与检验；  3. 掌握混合气体定性识别的原理。 | | |
| 重点 | 掌握混合气体定性识别的原理。 | | |
| 难点 | 无 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  传感器测量数据拟合的原理及其python实现；  统计学习原理；  支持向量机的原理与训练；  混合气体定性识别的原理。  二、授新课内容（85分钟）  知识点1 SVC简介  线性可分情况下的最优分类面如图9-1所示。    图9-1 线性可分情况下的最优分类面  在图9-1中，方形点和圆形点分别代表两类样本。H表示分类超平面，而H1和H2则是过两类样本中离H最近的点的平面，它们与H平行。H1和H2之间的距离被称为分类间隔（Margin）。最优分类面要保证正确地分开两类样本，并使分类间隔最大化。  知识点2 SVC的数学原理  对于两类样本，SVC 寻找的分类超平面可表示为：  为了正确分类且最大化间隔，需满足：  最大化间隔等价于最小化：  可转换为对偶问题：  对于非线性问题，输入可通过核函数间接映射到高维空间，最终分类模型变为：  常见核函数包括线性、多项式、径向基（RBF）、Sigmoid等，应结合问题复杂性与数据分布特点选择合适的核函数。  知识点3 SVC的Python实现  主要使用scikit-learn库中svm子模块的SVC类实现SVC，其语法为：  model=SVC (\*, C=1.0, kernel='rbf', degree=3, gamma='scale', coef0=0.0, shrinking=True, probability=False, tol=0.001, cache\_size=200, class\_weight=None, verbose=False, max\_iter=-1, decision\_function\_shape='ovr', break\_ties=False, random\_state=None)  知识点4 基于SVC实现混合气体识别  本实验通过对红外气体传感器测得的SO₂和NO₂混合气体输出进行数据归一化、标签转换和样本集划分，利用支持向量分类器(SVC)训练并优化模型，把两组分的气体定性识别转化为四种模式分类，实现了混合气体成分的自动判别与识别，提高了传感器检测精度和泛化能力。  知识点5 分类模型评估  在评估分类模型的性能时，通常会使用准确率、精确率与召回率、F1分数和AUC-ROC等评估指标。  三、讨论与提问（5分钟）  问题1 支持向量机的原理  问题2 效果评价的指标  问题3 模型部署的方法  四、总结（5分钟）  本讲讲述了支持向量机的原理与训练，混合气体定性识别的原理。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 工匠精神 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 22 讲 | |
| 章节 | 第9章 9.1 9.3-9.4 | | |
| 教学目的要求 | 1. 掌握传感器非线性校正的原理；  2. 掌握利用Python实现支持向量机的方法。 | | |
| 重点 | 掌握传感器非线性校正的原理。 | | |
| 难点 | 掌握传感器非线性校正的原理。 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  支持向量机的原理与训练；  混合气体定性识别的原理；  传感器非线性校正的原理及其Python实现。  二、授新课内容（85分钟）  知识点1 SVR简介  支持向量回归（SVR）的原理是在高维空间中寻找一个最优超平面，通过设定一个间隔带使大部分数据点落在该带宽范围内。模型只对预测值与真实值的差距超过的样本计算损失，间隔带内则不计入误差。SVR通过最大化间隔带宽度和最小化总体损失，优化模型在精度与泛化能力之间取得最佳平衡。    知识点2 SVR的数学原理  支持向量回归（SVR）是一种基于支持向量机思想的回归算法，旨在通过最大化回归带宽内的间隔并惩罚超出带宽的偏差，获得泛化能力强的回归模型。SVR的优化目标为：  其中为惩罚系数，, 为松弛变量。约束条件是预测值与真实值偏差不超过，超出部分通过补偿。  非线性回归问题通过核函数映射到高维空间，最终回归模型为：  常见核函数包括线性、多项式、径向基（RBF）、Sigmoid等。只有小部分超出回归带的样本（支持向量）决定最终模型。SVR适用于高维、小样本、非线性等复杂回归场景，通过“回归带”结构有效控制模型复杂度与误差。  知识点3 SVR的Python实现  SVR的实现主要用的是scikit-learn库中svm子模块的SVR类，使用前要确保已经安装scikit-learn库，如果没有安装，可以通过pip命令安装：  pip install scikit-learn  安装后，可以采用下面的语句导入SVR类：  from sklearn.svm import SVR  SVR类的语法为：  model=SVR(\*, kernel='rbf', degree=3, gamma='scale', coef0=0.0, tol=0.001, C=1.0, epsilon=0.1, shrinking=True, cache\_size=200, verbose=False, max\_iter=-1)  知识点4 基于SVR实现非线性校正  针对传感器输出的非线性问题，利用SVM进行校正包括数据归一化、训练测试集划分、核函数和参数优化、结果验证及模型移植。开发时先用Python训练、优化模型，提取权重和偏置，计算核函数矩阵，最后用C语言移植到现场硬件系统，实现高线性度的非线性校正。  三、讨论与提问（5分钟）  问题1传感器非线性校正的原理  问题2 校验非线性校正效果的指标  问题3 支持向量机的其它应用场合  四、总结（5分钟）  本讲讲述了传感器非线性校正的原理及其Python实现。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 工匠精神 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 23 讲 | |
| 章节 | 第10章 | | |
| 教学目的要求 | 1. 了解智能传感器的设计方法；  2. 掌握智能感知系统的设计过程。 | | |
| 重点 | 掌握智能感知系统的设计过程。 | | |
| 难点 | 掌握智能感知系统的设计过程。 | | |
| 授课方式和方法 | 启发式讲授，讨论发言。幻灯、板书。 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（10分钟）  传感器的非线性校正；  智能传感器的设计方法；  智能感知系统的设计过程  二、授新课内容（80分钟）  知识点1 智能传感器的系统分析  设计智能传感器，首要任务在于明确其基本功能需求和技术指标，这是设计的基石。因此，在软硬件设计之前，需要对智能传感器进行系统分析。  系统分析主要解决以下问题：  （1）明确设计目标与系统功能。  （2）提出初步方案，评估其合理性和可行性。  （3）制定实施计划，包括资金、人力、物力和设备的分配和使用情况等。  （4）识别关键技术问题，并深入研究。  智能传感器系统分析工作主要分为三步：  （1）明确任务。  （2）提出初步方案。  （3）进行可行性分析。  知识点2 智能传感器的硬件结构设计  智能传感器的硬件部分通常由传感器及信号调理电路、微处理器、ROM、RAM、I/O接口、定时/计数电路、人-机联系部件和接口电路及串行或并行数据通信接口等组成。其中，微处理器是智能传感器的核心所在。微处理器通常有两种类型，标准微处理器（即单片机）和嵌入式微处理器  标准微处理器，即单片机，适用于中低成本控制应用，因其强大的位控能力、低成本和易用性而受到广泛关注，其选择原则主要有：主芯片选择、主机字长选择、寻址范围选择、指令功能、处理速度、中断能力和功耗。  嵌入式微处理器在功能上与标准微处理器基本相同，但在工作温度、抗电磁干扰等方面进行了各种增强。其选择需要考虑的原则主要有：CPU总线位数、价格与供货的稳定性和可靠性、开发工具的支持、操作系统的支持、代码继承性和供应商的因素。  在选择好微处理器之后，就可以开始进行硬件电路的设计。硬件电路的构成与测量信号的特性、微处理器的情况和对传感器性价比的要求都有直接的关系。具体设计主要包括原理图设计、实验板实验、印刷电路板设计与安装调试和软、硬件总调四个阶段。  知识点3 智能传感器的软件设计  在确定硬件电路之后，传感器的功能将依赖于软件程序来实现。优秀的软件程序不仅能实现强大的功能，而且还应具有结构化、简单易读、调试方便、占用系统资源少和运行速度快等特点。只有掌握正确的软件设计方法，才能高效、高质量地完成智能传感器软件设计任务。  智能传感器的软件通常由监控程序、测量控制程序、数据处理程序、中断处理程序等组成。  常用的软件设计方法有自顶向下的程序设计、模块化程序设计和结构化程序设计。这三种设计方法通常被综合使用，通过自顶向下、逐步细化、模块化设计、结构化编码来保证软件的快速实现。  知识点4 智能传感器的设计实例  前面已经介绍了智能传感器的设计原则和方法，包括系统分析、硬件结构设计、硬件电路设计和软件设计。接下来，将通过一个实例—分布式温度传感系统的设计与应用来进一步了解智能传感器的设计过程。该系统由主处理器、光源、光接收与数据采集等模块组成，采用激光脉冲和拉曼散射实现多点、高精度温度测量。系统通过单片机总线控制，具备高分辨率、高速采集和噪声抑制等智能化设计，实现对光纤多点温度的分布式监测和数据处理。  三、讨论与提问（5分钟）  问题1 智能传感器的设计方法  问题2 智能感知系统的设计过程  四、总结（5分钟）  本讲主要讲述了智能传感器的设计方法，智能感知系统的设计过程。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 规则意识 | | |
| 课后作业 |  | | |
| 教学后记 |  | | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 《智能感知技术》教案 | | | |
| 上课日期 |  | 第 24 讲 | |
| 章节 | 期末复习 | | |
| 教学目的要求 | 期末复习 | | |
| 重点 | 期末复习 | | |
| 难点 | 期末复习 | | |
| 授课方式和方法 | 讲授 板书、多媒体 | | |
| 教学内容 | 一、复习与引入（5分钟）  智能传感器的设计方法；  智能感知系统的设计过程。  二、授新课内容（85分钟）  1. 考核方式  平时成绩占50%，包括课堂表现、章节测试、课程报告等环节；  期末考试占50%，重点考查基础理论、原理理解和设计应用能力。  2. 复习考试要求  课后认真复习；  考试过程中，不要企图作弊；  作答完毕，要认真检查，不要匆忙交卷。  3. 试卷结构及示例  题型包括：填空题、选择题、判断题、计算题、分析设计题、综合题。  填空题：例如传感器自校准的步骤；  选择题：例如传感器非线性校正的方法；  判断题：例如测量方法及其特点；  计算题：例如用公式计算传感器的静态特性指标，信号调理电路的分析计算；  分析与设计题：例如某类智能传感器的系统集成与性能优化；  综合题：结合某个知识体系综合考查。  4. 知识复习  （1）传感器组成、分类及其智能传感器的实现方式：  掌握传感器的组成，理解各部分的作用；  了解传感器的分类；  了解智能传感器的实现方式：集成化实现、非集成化数学和混合实现。  （2）传感器的基本特性及其校准  理解静态特性的概念，掌握相关静态特性指标的计算；  了解提高传感器性能的途径。  （3）常见传感器的工作原理  了解常用传感器的原理；  掌握常用传感器的测量电路；  掌握常用传感器的工作特点和应用。  （4）传感器信号的调理与处理  掌握电桥输出特性、平衡条件、灵敏度定义与计算方法，理解其消除误差和提升精度的设计原则；  掌握信号放大电路与信号转换电路的基本原理；  了解滤波器的工作原理与分类、性能指标以及如何设计滤波器；  （5）参数检测  了解参数测量的基本原理；  掌握测量系统的结构、基本类型；  掌握电量测量的原理与过程。  （6）传感器智能化的实现  了解并掌握传感器的核心智能化技术，包括非线性校正、自校零、自校准、噪声抑制、自补偿、增益自适应控制以及多传感器信息融合，实现测量精度和系统可靠性的全面提升。  深刻理解多元回归分析与温度补偿的原理与实际应用，能够利用编程方法（如Python）对传感器数据进行温度补偿与误差校正，提升传感器的适应性与稳定性。  掌握智能算法在传感器测量数据拟合、数据建模与信号处理中的实现思路和关键步骤，能够独立完成复杂测量数据的校正、识别及处理过程。  理解和运用测量数据特征提取、训练与验证、定性识别等流程，具备将智能方法应用于气体识别、非线性校正等多样化传感场景的实践能力。  三、讨论与提问（5分钟）  针对典型误差分析或拟合建模任务，怎样结合BP神经网络或支持向量机进行方案设计？  四、总结（5分钟）  本节系统整理了智能感知技术课程的核心知识，分析了主要测量电路、指标计算、误差优化及智能算法的实际应用。希望大家课后能有针对性地查漏补缺，全面备考期末考试。 | | 备注 |
|  |
| 思政元素 | 规则意识 | | |
| 课后作业 | 期末复习，准备考试 | | |
| 教学后记 |  | | |