# 《电子测量技术》课程教学大纲

|  |  |
| --- | --- |
| 课程名称：电子测量技术 | 课程代码：TELE3010 |
| 英文名称：Electronic Measuring Technology | |
| 课程性质：专业必修/选修课程 | 学分/学时：2.5/54（讲课45，实验9） |
| 开课学期：第6学期 |  |
| 适用专业：电子信息工程、信息工程、通信工程等专业 | |
| 先修课程：电路分析，模拟电路，信号与系统，通信电子线路，数字系统与逻辑设计 | |
| 后续课程：系统设计，毕业设计 | |
| 开课单位：电子信息学院 | 课程负责人：王丽荣、朱伟芳 |
| 大纲执笔人：王丽荣、朱伟芳 | 大纲审核人：芮贤义 |

## 课程性质和教学目标

**课程性质**：《电子测量技术》是电子信息工程、信息工程、通信工程等电子与电气信息类专业一门重要的专业必修/选修课程。它从理论和工程应用上建立了完善的误差与不确定度分析体系，从时域、频域、数据域等不同角度对工程应用中常见的电压、周期、频率等主要物理量的基本测量原理与方法进行了系统的介绍，同时给出了工程应用中应用广泛的自动化测量技术的现状与展望。电子测量技术课程既不是纯理论课，也不是一般的实验课，而是一门理论联系工程应用较紧密的课程，是培养学生动手能力和基本技能的一个重要环节。

**教学目标**：电子测量主要是运用电子科学的原理、方法和设备对各种电量、电信号及电路元器件的特性和参数进行测量。为学生在以后的生产与科研实践中所遇到的实际问题准备必要的理论基础和实践知识。通过对误差与不确定度分析的学习，掌握常见的测量误差分析技术，具备正确的测量数据处理能力。通过对周期、频率、电压等主要物理量的基本测量原理与方法的学习，掌握常用电子测量仪器的工作原理与功能；掌握实验方案的合理设计与选择。通过对自动测量技术的现状分析与展望，了解电子测量仪器的发展概况。本课程的具体教学目标如下：

1. 根据电子测量实际需求合理选择电子测量仪器及仪器参数【5-2】
2. 掌握现代电子测量实践中所遇到的主要物理量的基本测量原理与方法；掌握常用电子测量仪器功能，用以解决复杂测量问题的技能；【2-3】
3. 具备测量误差分析与测量数据处理的能力，能针对不同工程问题的误差处理方法；【2-1】
4. 了解电子测量仪器的发展概况。【5-3】

## 课程目标与毕业要求的对应关系

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 毕业要求 | 指标点 | 课程目标 |
| 2、问题分析 | 2-1能运用数理和工程知识识别和判断电子信息领域复杂工程问题中的关键环节和参数； | 教学目标3 |
| 2-3 能运用基本原理分析复杂工程问题，以获得有效结论。 | 教学目标2 |
| 5、使用现代工具 | 5-2 能针对复杂工程问题，选择并合理使用软硬件设计与仿真平台； | 教学目标1 |
| 5-3 具备选择和使用现代电子仪器设备的能力，并理解局限性 | 教学目标4 |

## 课程教学内容及学时分配（重点内容：★；难点内容：Δ）

1. **绪论（2学时）（支撑教学目标4）**
   1. 电子测量概述
   2. 电子测量仪器概述
   3. 电子测量仪器的发展概况

* **目标及要求：**

1. 通过绪论的介绍，使得学生掌握测量与电子测量的概念、测量技术的重要性、电子测量的主要特点★；
2. 了解电子测量仪器的分类；
3. 了解电子测量仪器的发展概况。

* **作业内容：**

强化电子测量技术的重要性。

* **讨论内容：**

引入生活中有关气象预报、交通指挥、大地测绘、灾情预报等测量技术的实际应用，讨论与分析电子测量的特点与优点。

* **自学拓展：**

回顾实验课程中使用过的电子测量仪器的类型、功能、使用方法。

* **知识点：**

测量与电子测量的概念，测量技术的重要性，电子测量的主要特点。

* **能力：**

能够将测量、电子测量的概念用于解决测量方案分析与设计的复杂工程问题。

1. **误差与不确定度（10学时）（支撑教学目标3）**

2.1 误差的概念与表示方法

2.2 随机误差

2.3 粗大误差

2.4 系统误差

2.5 误差的合成与分配

2.6 测量不确定度

2.7 测量数据处理

* **目标及要求：**

1）掌握绝对误差、相对误差的概念与计算；★

2）掌握随机误差的特性，掌握随机误差的统计处理方法，掌握有限次测量的均值、标准差估计值以及均值的标准差估计值的计算；★Δ

3）了解粗大误差的特点，常见的掌握粗大误差处理方法：莱特检验法，格拉布斯检验法，中位数检验法；掌握格拉布斯检验法的编程实现；★Δ

1. 了解系统误差的特点，掌握削弱系统误差的常见方法：零示法，交换法，替换法等；
2. 掌握绝对误差与相对误差的传递公式；★Δ
3. 掌握标准不确定和扩展不确定度的表示，掌握A类、B类标准不确定度的评定方法；掌握不确定度的传递公式；
4. 掌握采用“四舍六入五凑偶”原则进行测量数据有效数字的处理。

* **作业内容：**

绝对误差、相对误差的计算；有限次等精度测量数据的均值、标准差估计值以及均值的标准差估计值的计算；有限次等精度测量数据的处理；应用绝对误差与相对误差传递公式的误差合成计算；测量数据的有效数字处理。

* **讨论内容：**

采用格拉布斯检验法进行粗大误差剔除的流程图。

* **自学拓展：**

总结测量误差和不确定度的区别与联系。

* **知识点：**

绝对误差、相对误差的概念与计算，随机误差、粗大误差、系统误差的特性与处理方法，误差的传递，不确定度的表示和评定。

* **能力：**

能够将误差和不确定度理论用于解决测量数据分析与处理的复杂工程问题。

1. **信号发生器（7学时）（支撑教学目标1、2）**

3.1 信号发生器概述

3.2模拟信号发生器

3.3合成信号发生器

3.4 射频合成信号发生器

* **目标及要求：**

1）掌握正弦信号发生的性能指标；

2）掌握波段式与差频式低频信号发生的组成；掌握频率覆盖系数的计算；掌握波段的划分；掌握高频信号发生器的组成；★Δ

3）掌握直接数字频率合成技术的原理；掌握基本锁相环、倍频锁相环、分频锁相环以及混频锁相环的组成；掌握多环合成的频率计算。★Δ

* **作业内容：**

频率覆盖系数的计算；高频信号发生器波段的划分；直接数字频率合成的频率分析；多环合成的频率计算。

* **讨论内容：**

直接模拟频率合成、直接数字频率合成以及间接锁相式频率合成的比较。

* **自学拓展：**

跳频通信对抗中的信号源的组成。

* **知识点：**

低频信号发生器、高频信号发生器的组成，频率覆盖系数的计算，波段的划分，频率合成技术的原理和组成。

* **能力：**

能够应用信号源及频率合成技术解决测量系统中信号源合理选择与应用的复杂工程问题。

1. **时间频率测量（4学时）（支撑教学目标1、2）**

4.1概述

4.2电子计数法测量频率

4.3电子计数法测量时间

4.4 通用计数器

* **目标及要求：**

1）掌握电子计数法测频的原理；掌握电子计数法测频的误差分析；掌握降低测频误差的方法；★

2）掌握电子计数法测周的原理；掌握电子计数法测周的误差分析；掌握降低测周误差的方法；★

* **作业内容：**

量化误差、闸门时间误差等测频误差的计算与分析；量化误差、基准频率误差以及触发转换误差等测周误差的计算与分析。

* **讨论内容：**

中界频率的计算以及测频、测周模式的合理选择。

* **自学拓展：**

分析通用计数器测量频率和周期的误差，以及减小误差的方法。

* **知识点：**

电子计数法测量频率、测量周期的原理，测频、测周的误差分析。

* **能力：**

能够应用电子计数法测量频率和测量周期技术解决信号频率、周期参数测量与分析的复杂工程问题。

1. **电压测量（8学时）（支撑教学目标1、2）**

5.1概述

5.2交流电压的测量

5.3数字电压表概述

5.4积分式A/D转换器

5.5比较式A/D转换器

5.6数字多用表

5.7数字电压表的误差与干扰

* **目标及要求：**

1）掌握均值电压表的组成原理与刻度特性；掌握峰值电压表的组成原理与刻度特性；掌握有效值电压表的组成原理；★Δ

2）掌握数字电压表的组成原理；

3）掌握双斜积分式A/D转换器的工作原理和特点；掌握逐次逼近比较式A/D转换器的工作原理；掌握余数循环比较式A/D转换器的工作原理；★

4）掌握数字多用表的组成；

5）掌握数字电压测量的误差公式；掌握电压测量的干扰及其抑制方法。

* **作业内容：**

方波、正弦波、三角波的峰值、均值以及有效值计算；均值表、峰值表的表头读数与有效值之间的转换；数字电压测量的误差分析。

* **讨论内容：**

双斜积分式A/D转换器的不足与改进方案。

* **自学拓展：**

交流电压表是以何值来标定刻度读数的？真、假有效值的含义是什么？用峰值表和均值表分别测量同一波形，读数相等。这可能吗？为什么？

* **知识点：**

交流电压的表征，数字电压表的组成，积分式、比较式A/D转换器的原理，数字多用表的组成，电压测量的干扰及其抑制方法。

* **能力：**

能够将电压测量技术熟练应用于电压、电流、电阻等电路参数测量与分析的复杂工程问题。

1. **时域测量（8学时）（支撑教学目标1、2）**

6.1时域测量引论

6.2示波管及波形显示原理

6.3模拟示波器

6.4取样技术在示波器中的应用

6.5数字示波器

* **目标及要求：**

1）掌握示波管的组成；掌握示波管波形显示原理；★

2）掌握模拟示波器的组成；掌握垂直通道的功能与组成；掌握水平通道的功能与组成；

3）掌握数字示波器的组成原理；掌握实时采样、随机采样、顺序采样等信号采样方式。★

* **作业内容：**

垂直灵敏度和扫速的设置；示波器面板显示波形的频率、峰峰值计算。

* **讨论内容：**

比较触发扫描和连续扫描的特点与适用场合。

* **自学拓展：**

通用示波器扫描发生器环的各个组成部分及其作用。

* **知识点：**

示波管的组成，示波管波形显示原理，模拟示波器的组成，字示波器的组成。

* **能力：**

能够将示波器熟练应用于信号周期、频率、幅值等时域参数测量与分析的复杂工程问题。

1. **频域测量（2学时）（支撑教学目标1、2）**

7.1线性系统幅频特性的测量

7.2频谱分析仪概述

7.3扫频式频谱分析仪

* **目标及要求：**

1）掌握模拟式频谱仪的工作原理；掌握数字式扫频仪的工作原理；

2）掌握扫频式频谱分析仪的工作原理。

* **作业内容：**

简述频谱分析的各种方法的原理和特点。

* **讨论内容：**

频谱仪的分辨率及其影响因素。

* **自学拓展：**

动态频率特性与静态频率特性的区别。

* **知识点：**

模拟式频谱仪的工作原理，数字式扫频仪的工作原理，扫频式频谱分析仪的工作原理。

* **能力：**

能够将频谱分析技术应用于信号频谱等频域参数测量与分析的复杂工程问题。

1. **数据域测量（2学时）（支撑教学目标1、2）**

8.1数据域测试概述

8.2逻辑分析仪的组成原理

* **目标及要求：**

1）掌握逻辑分析仪的基本组成原理。

* **作业内容：**

数据域测试的基本原理和方法。

* **讨论内容：**

数据域测试与频域测试和时域测试的区别。

* **自学拓展：**

逻辑分析仪的组成及各部分的作用。

* **知识点：**

逻辑分析仪的基本组成原理。

* **能力：**

能够将逻辑分析技术应用于数据域参数测量与分析的复杂工程问题。

1. **自动测试技术（2学时）（支撑教学目标4）**

9.1自动测试系统

9.2智能仪器

9.3虚拟仪器

* **目标及要求：**

1）掌握自动测试系统的基本组成；

2）掌握虚拟仪器的组成及关键技术。★

* **作业内容：**

自动测试系统的组成；虚拟仪器的结构形式

* **讨论内容：**

智能仪器的特点和组成。

* **自学拓展：**

LabVIEW、LabWindows/CVI等常用测试软件的特点。

* **知识点：**

自动测试系统的基本组成，虚拟仪器的组成及关键技术。

* **能力：**

能够将自动测试技术和虚拟仪器技术应用于自动测试系统和智能测试系统分析与设计，以满足和解决实际复杂工程问题。

1. **实验（9学时）（支撑教学目标1、2、3）**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 项目名称 | 实验类型 | 学时分配 | 每组人数 | 必修/选修 |
| 1 | 格拉布斯准则判断异常数据 | 验证性 | 2 | 1 | 必修 |
| 2 | 电压测量实验 | 验证性 | 2 | 1 | 选修 |
| 3 | 频率数字测量及误差分析 | 验证性 | 2 | 1 | 必修 |
| 4 | 虚拟仪器实验 | 综合性 | 2 | 1 | 必修 |
| 5 | 函数信号发生器制作 | 设计性 | 6 | 1 | 选修 |

## 教学方法

1、授课方式：

a.理论课：讲授核心内容、总结、按顺序提示今后内容、答疑、公布习题和课外拓展学习等；

b. 讨论课：根据布置内容安排学生进行讨论；

c.课后练习：按照理论内容进行；

d.实验环节：根据理论课教学内容，要求学生采用MATLAB、C、LabVIEW软件平台编写相应的处理程序完成软件实验任务；熟练掌握信号发生器、示波器等仪器的使用，完成硬件实验任务；

e.答疑：集中答疑：全部理论课程和实验课程完成后安排1～2次集中答疑；预约答疑：学生与老师预约答疑时间，来教师办公室就课程内、外内容进行讨论；答疑时间不包括在课程学时内，答疑内容包括讲授内容、习题、实验等；

g.期中和期末闭卷考试。

2、课程要求：

a.理论课：在理论课讲授环节中，应注意概念讲清讲透，并贯彻理论联系实际的原则，注意学生逻辑思维能力、工程观点和分析与解决问题能力的培养。根据本课程的特点，必须严格要求学生独立完成一定数量的习题；

b.实验环节：要求学生学会使用MATLAB、C、LabVIEW等常用计算机软件，会应用这些软件进行粗大误差剔除、虚拟信号发生器等的编程实现，会使用信号发生器、示波器等常用的设备，完成频率的数字测量等硬件实验，培养学生独立进行设计和分析问题的能力，正确地读取和记录实验数据、绘制图表，培养学生良好的实验习惯，树立实事求是和严肃认真的科学作风，根据实验数据和实验结果撰写实验报告，具有对实验结果进行分析和解释的能力，注意启发学生的创新思维，培养创新能力，安排综合性、设计性实验，能结合软件和硬件工具设计函数信号发生器等较综合型实验。

## 考核及成绩评定方式

**考核方式**：闭卷笔试，平时测验及作业，实验

**成绩评定方式**：笔试成绩70%，平时成绩10%，实验成绩20%。其中，笔试成绩：期中考试（占总成绩20%）和期末考试（占总成绩50%）；平时成绩：包括平时作业完成情况、出勤情况和课堂表现（占总成绩10%）；实验成绩（占总成绩20%）：实验操作（占实验成绩50%）、实验报告（占实验成绩50%）。

**课程目标达成情况及考试成绩评定占比（%）**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 课程教学目标 | 支撑毕业要求 | 考试和评价方式成绩占比（%） | | | | 成绩比例（%） |
| 平时成绩 | 实验成绩 | 期中考试 | 期末考试 |
| 教学目标1 | 支撑毕业要求5-2 | 2.5 | 5 | 10 | 14 | 12 |
| 教学目标2 | 支撑毕业要求2-3 | 2.5 | 10 | 40 | 56 | 48 |
| 教学目标3 | 支撑毕业要求2-1 | 2.5 | 5 | 30 | 22 | 26 |
| 教学目标4 | 支撑毕业要求5-3 | 2.5 |  | 20 | 8 | 14 |
| 合计 | | 10 | 20 | 20 |  | 100 |

**实验成绩评价标准：**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 基本要求 | 评价标准 | | | | 成绩比例（%） |
| 优秀 | 良好 | 合格 | 不合格 |
| 实验1 | 能根据所学格拉布斯准则进行异常数据剔除实验（支撑毕业要求2-1） | 熟悉格拉布斯准则，能独立进行格拉布斯准则剔除异常数据程序的编写、调试和运行，运行结果正确 | 了解格拉布斯准则，能进行格拉布斯准则剔除异常数据程序的编写、调试和运行，运行结果正确 | 具有格拉布斯准则的基本概念，能进行格拉布斯准则剔除异常数据程序的编写，调试分析不够 | 对格拉布斯准则的概念不清楚，不能完成格拉布斯准则剔除异常数据的程序编写和调试，运行结果不正确 | 30 |
| 实验2 | 能根据所学均值、峰值和有效值等交流电压的三种参数表征进行实验（支撑毕业要求2-3） | 熟悉峰值电压表、均值电压表和有效值电压表原理，能独立运用三种表进行正弦波、三角波和方波等交流电压的测量， 并对电压表的读数进行换算和正确解释 | 了解峰值电压表、均值电压表和有效值电压表原理，能运用三种表进行正弦波、三角波和方波等交流电压的测量， 并对电压表的读数进行换算和解释 | 具有峰值电压表、均值电压表和有效值电压表的基本概念，能进行正弦波、三角波和方波等交流电压的测量，对电压表的读数进行换算和解释不够 | 对峰值电压表、均值电压表和有效值电压表的概念不清楚，不能完成正弦波、三角波和方波等交流电压的测量，不能对电压表的读数进行换算和解释 | 可根据选开实验进行比例调整 |
| 实验3 | 能根据数字式频率/计数器的工作原理进行实验（支撑毕业要求2-3） | 熟悉数字式频率/计数器的工作原理，能独立利用数字频率/计数器进行信号频率测量，能对低频信号发生器的频率准确度、稳定度等技术指标进行正确分析 | 了解数字式频率/计数器的工作原理，能进行信号频率测量，能对低频信号发生器的频率准确度、稳定度等技术指标进行正确分析 | 具有数字式频率/计数器的基本概念，能进行信号频率测量，能对低频信号发生器的频率准确度、稳定度等技术指标进行简单分析 | 对数字式频率/计数器的基本概念不清楚，不能完成信号频率测量，不能对低频信号发生器的频率准确度、稳定度等技术指标进行分析 | 30 |
| 实验4 | 能根据虚拟仪器软件LabVIEW编程实现波形发生器等简单虚拟仪器（支撑毕业要求5-2） | 熟悉虚拟仪器软件LabVIEW编程软件，能独立进行波形发生器等简单虚拟仪器的编程和调试，运行结果正确 | 了解虚拟仪器软件LabVIEW编程软件，能进行波形发生器等简单虚拟仪器的编程和调试，运行结果正确 | 具有虚拟仪器软件LabVIEW编程软件的概念，能进行波形发生器等简单虚拟仪器的编程，调试和运行结果不太正确 | 对虚拟仪器软件LabVIEW编程软件不清楚，不能进行波形发生器等简单虚拟仪器的编程和调试 | 40 |
| 实验5 | 具备根据要求进行简易信号发生器设计与制作的基本能力，能分析不同参数选择对所设计的信号发生器的影响（支撑毕业要求5-2） | 能合理选择参数设计简易信号发生器系统，能独立焊接和调试所设计信号发生器，元器件布局合理，并正确产生正弦波、方波和三角波 | 能选择参数设计简易信号发生器系统，能焊接和调试所设计信号发生器，产生正弦波、方波和三角波 | 能选择参数设计简易信号发生器系统，能焊接和调试所设计信号发生器，产生正弦波、方波和三角波中的一种波形 | 对简易信号发生器系统的原理和构成不清楚，参数和元器件选择有困难，焊接和调试有困难，产生不了正确的波形 | 可根据选开实验进行比例调整 |

**期中考试考核评价标准**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 基本要求 | 达成情况评价标准 | | | | 成绩比例（%） |
| 优秀≥0.9 | 良好≥0.7 | 合格≥0.6 | 不合格<0.6 |
| 教学目标1 | 掌握信号发生器的基本原理和框架结构，掌握频率测量的基本原理和框架结构；掌握电压测量的基本原理和框架结构 | 概念清晰，能准确地描述信号发生器、频率测量、电压测量的原理，能对频率合成技术、频率测量和电压测量进行正确处理和分析。 | 概念较清晰，能描述信号发生器、频率测量、电压测量的原理，只能部分掌握频率合成技术、频率测量和电压测量的处理和分析。 | 基本掌握概念，知道有相关的信号发生器、频率测量、电压测量处理和分析方法。 | 概念不清楚，并对相关的信号发生器、频率测量、电压测量处理和分析完全不了解。 | 10 |
| 教学目标2 | 掌握信号发生器、频率测量和电压测量的原理，能运用其对电子信息系统参数测量进行方案设计、数据测量和数据分析 | 运用的原理和方法准确、清晰，能完成频率和电压测量系统的分析，并进行一定的应用和比较说明。 | 能清楚掌握原理和方法，但在分析和运用上还不熟练，对知识点的应用及比较不够完善。 | 了解基本原理和方法的应用方向及分析的手段，但对特定频率或者电压测量系统无法获得准确的分析结果。 | 不清楚原理和方法如何应用到频率或电压测量系统的分析与比较中。 | 40 |
| 教学目标3 | 掌握误差和不确定度理论的基本框架结构，掌握误差和不确定度的分析和处理方法，了解电子测量的特点和发展 | 概念清晰，能准确地描述误差和不确定度，能对随机误差、粗大误差和系统误差、不确定度进行正确处理和分析。 | 概念较清晰，对误差和不确定度能做出描述，只能部分掌握误差和不确定度的处理和分析。 | 基本掌握概念，知道有相关的误差和不确定度处理和分析方法。 | 概念不清楚，并对相关的误差和不确定度处理和分析完全不了解。 | 30 |
| 教学目标4 | 能运用基本原理，了解和展望信号产生新技术和频率、电压智能测量系统 | 能熟练、准确地应用基本原理对信号产生新技术、频率和电压智能测量进行展望和设想。 | 能应用基本原理对对信号产生新技术、频率和电压智能测量进行展望和设想，但不全面。 | 能对信号产生新技术、频率和电压智能测量做出部分展望和设想。 | 不能对信号产生新技术、频率和电压智能测量做出展望。 | 20 |

注：该表格中比例为期中考试卷各教学目标所占成绩比例。

**期末考试考核评价标准**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 基本要求 | 达成情况评价标准 | | | | 成绩比例（%） |
| 优秀>0.9 | 良好>0.7 | 合格>0.6 | 不合格<0.6 |
| 教学目标1 | 掌握电子测量系统包括信号发生器以及频率、电压、时域、频域测量的基本原理和方法 | 概念清晰，能准确地描述电子测量系统的各部分组成原理，能对信号发生器以及频率、电压、时域、频域测量进行正确处理和分析。 | 概念较清晰，能描述电子测量系统的组成，对对信号发生器以及频率、电压、时域、频域测量只能进行部分处理和分析。 | 基本掌握概念，知道有相关的处理和分析。 | 概念不清楚，并对相关的处理和分析完全不了解。 | 14 |
| 教学目标2 | 掌握信号发生器以及频率、电压、时域、频域测量的原理，能运用其对电子信息系统参数测量进行方案设计、数据测量和数据分析 | 运用的原理和方法准确、清晰，能完成频率、电压、时域、频域测量系统的分析，并进行一定的应用和比较说明。 | 能清楚掌握原理和方法，但在分析和运用上还不熟练，对知识点的应用及比较不够完善。 | 了解基本原理和方法的应用方向及分析的手段，但对特定频率、电压、时域或频域测量系统无法获得准确的分析结果。 | 不清楚原理和方法如何应用到频率、电压、时域和频域测量系统的分析与比较中。 | 56 |
| 教学目标3 | 掌握误差和不确定度理论的基本框架结构，掌握误差和不确定度的分析和处理方法及其在电子测量中的应用 | 概念清晰，能准确地描述误差和不确定度，能正确采用误差和不确定度理论对频率、电压、时域和频域测量对进行分析和处理。 | 概念较清晰，对误差和不确定度能做出描述，能采用误差和不确定度理论对频率、电压、时域和频域测量对进行部分分析和处理。 | 基本掌握概念，知道有相关的误差和不确定度处理和分析方法。 | 概念不清楚，并对相关的误差和不确定度处理和分析完全不了解。 | 22 |
| 教学目标4 | 能运用基本原理，了解和展望电子测量新技术 | 能熟练、准确地应用基本原理对电子测量新技术进行展望和设想。 | 能应用基本原理对对电子测量新技术进行展望和设想，但不全面。 | 能对电子测量新技术做出部分展望和设想。 | 不能对电子测量新技术做出展望。 | 8 |

注：该表格中比例为期末考试卷各教学目标所占成绩比例。

## 教材及参考书目

1.陈尚松等，电子测量与仪器（第4版），电子工业出版社，2018年.

2.蒋焕文，孙续，电子测量（第3版），中国计量出版社，2008年.

3.王永生，电子测量学，西北工业大学出版社，1995年.

4.张永瑞，电子测量技术基础，西安电子科技大学出版社，2009年.

5.林占江，林放，电子测量仪器原理与使用，电子工业出版社，2006年.

6.高礼忠，杨吉祥，电子测量技术基础（第2版），东南大学出版社，2015年.

7.肖明耀，实验误差估计与数据处理，科学出版社，1980.