# 《微波技术与天线》课程教学大纲

|  |  |
| --- | --- |
| 课程名称：微波技术与天线（含实验） | 课程代码： |
| 英文名称：Microwave Technology and Antennas | |
| 课程性质：专业必修课/选修课 | 学分/学时：3.5学分/72学时（54+18） |
| 开课学期：第6学期 |  |
| 适用专业：通信工程、电子信息工程、电子科学与技术等电子信息类专业 | |
| 先修课程：普通物理、复变函数、电磁场与电磁波、信号与系统等课程 | |
| 后续课程：无线通信、光纤通信等专业课程 | |
| 开课单位：电子信息学院 | 课程负责人：刘学观 |
| 大纲执笔人：郭辉萍 | 大纲审核人： |

**一、课程性质和教学目标**（在人才培养中的地位与性质及主要内容，指明学生需掌握知识与能力及其应达到的水平）

**课程性质**：微波技术与天线是电子信息类本科专业重要的专业课程，它包括微波技术、天线设计两个部分。微波技术部分主要讨论均匀传输线理论、规则金属波导、微波集成传输线、微波网络基础和微波元器件，其中在微波集成传输线部分主要讨论了带状线、微带线、耦合微带线及介质波导的传输特性，并对光纤传输原理及特性做了介绍；在微波元器件一章中从工程应用的角度出发，重点介绍了具有代表性的几组微波无源元器件，主要包括连接匹配元件、功率分配元器件、微波谐振元件和微波铁氧体器件。天线设计部分，主要讨论天线辐射与接收的基本理论以及天线结构与设计。与此同时将仿真软件介绍给学生，让同学亲自设计相关微波部件或天线，实现理论与工程设计的结合。本课程为成为优秀的射频（RF）与微波工程师打下坚实的基础。

**教学目标**：《微波技术与天线》主要论述微波技术与天线的基本原理、基本技术及其典型的应用系统，它为电子信息类本科生的专业课。通过本课程的学习，使学生了解微波技术与天线在现代通信中所处的位置及作用，掌握微波信号的产生、处理、传输、辐射及接收等微波通信的基本理论，熟悉微波部件或天线的设计过程。为使学生更好的掌握本课程，还配合了18学时的实验（9学时验证实验+9学时微波部件设计）。

本课程的具体教学目标如下：

1、了解微波技术与天线在现代通信中所处的位置及作用，掌握微波信号的产生、处理、传输、辐射及接收等微波通信的基本理论，掌握各种微波传输线的传输机理，常见微波部件和天线的基本结构和工作原理，能表达各部件在通信系统中的作用；【2.2】

2、熟悉微波部件和天线设计方法和设计过程，能针对具体指标要求在给定的约束条件下进行需求分析、提出微波部件和天线的设计方案；【3.2】

3、能根据微波部件和天线的性能测量要求选择可行的研究和实验方案；【4.2】

4、能利用电磁仿真工具为微波部件和天线建模，计算分析微波部件和天线的性能参数，优化微波部件和天线的结构。【5.2】

**二、课程目标与毕业要求的对应关系**（明确本课程知识与能力重点符合标准哪几条毕业要求指标点）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 毕业要求 | 指标点 | 课程目标 |
| 2、问题分析 | 2.2能通过文献研究表达复杂工程问题 | 教学目标1 |
| 3、设计、开发解决方案 | 3.2能适当考虑社会、健康、安全、法律、文化及环境因素，根据设计目标进行需求分析，设计解决方案 | 教学目标2 |
| 4、研究 | 4.2能基于专业理论，针对通信模块和系统，选择研究路线，设计可行的实验方案 | 教学目标3 |
| 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4 |

**三、课程教学内容及学时分配（**含课程教学、自学、作业、讨论等内容和要求，指明重点内容和难点内容）（重点内容：★；难点内容：Δ）

**1、绪论（3学时、支撑课程目标1）**

1.1微波及其特点

1.2本课程在专业中的位置及本课程的体系结构

* **目标及要求：**

1. 通过绪论的介绍，使得学生掌握微波技术与天线的课程地位、主要内容、学习目的、基础和主要特点；
2. 重点把握微波的特点（★）

* **作业内容：**

微波波长在电磁波谱中位置，微波的特点，分析方法特点

* **讨论内容：**

微波与无处不在的无线通信的关系

* **自学拓展：**

微波技术在通信系统中的作用

**2、均匀传输线理论（12学时、支撑课程目标1，2）**

2.1均匀传输线方程及其解

2.2传输线的阻抗与状态参量

2.3无耗传输线的状态分析

2.4传输线的传输功率、效率和损耗

2.5阻抗匹配

2.6同轴线的特性阻抗

* **目标及要求：**

1. 了解均匀传输线上波传输的一般规律，重点掌握传输线的特性阻抗、输入阻抗、驻波比、反射系数等核心参数之间的基本关系；（★）
2. 了解传输线的三种基本状态，掌握负载与状态的关系；
3. 了解传输线产生损耗的激励，熟悉工程上常用的回波损耗、插入损耗的含义及分析方法。（Δ）
4. 掌握阻抗匹配的原理以及阻抗匹配的方法，重点掌握四分之一阻抗匹配法和枝节匹配法，针对不同负载特点选择不同匹配实现方案（★）
5. 熟悉同轴线的结构、特征参数以及工程应用。

* **作业内容：**

传输线阻抗与状态参量的分析与计算；传输线传输效率分析；学会针对不同负载特点选择不同匹配实现方案；同轴线参数分析及工程设计。

* **讨论内容：**

同轴线的特性阻抗与工程应用

* **自学拓展：**

阻抗匹配的意义及工程应用

**3. 规则金属波导（9学时，支撑课程目标1，2）**

3.1导波原理

3.2 矩形波导

3.3圆形波导

3.4 波导的激励与耦合

* **目标及要求：**
  1. 了解规则金属管内场的特点及其一般表达式；掌握相移常数和截止波数、相速和波导波长、波阻抗、传输功率的含义及工程应用；了解波导中不存在TEM波的原因，熟悉TE和TM波特点及其边界条件（Δ）
  2. 了解矩形波导中TE和TM波场的表达式 ；模式（主模、高次模）的概念； 掌握矩形波导的传输特性，包括：截止波数和截止波长、模式传输条件、主模的场分布及其工作特性等；了解工程上矩形波导尺寸的选择原则（综合考虑带宽问题、功率容量和衰减等）（★）
  3. 了解圆波导中的场圆波导中TE和TM波场的表达式；掌握模式简并及圆波导的常用几种常用模式的特点及其工程应用。
  4. 了解波导的激励原理及方法，掌握电激励、磁激励、电流激励三种典型激励的特点及工程应用。
* **作业内容：**

波导参数的分析与计算；矩形波导模式存在分析；主模参数的分析；圆形波导模式分析；激励与耦合机理。

* **讨论内容：**

矩形波导的结构特点与工程应用

* **自学拓展：**

波导与其他传输线的连接方法及工程应用

**4. 微波集成传输线（6学时，支撑课程目标1，2）**

4.1平面传输线

4.2 介质波导

4.3光纤

* **目标及要求：**

1. 了解平面传输线的特点及工程应用
2. 了解带状线的结构、特点、场分布、主模和传输特性
3. 掌握微带线的结构、特点、场分布、主模和传输特性，工程设计方法（★）
4. 了解耦合微带线传输特性（Δ）
5. 掌握介质波导的传输原理，圆形介质波导的结构、特点、场分布、主模和传输特性
6. 了解介质镜像线、H型波导的结构与传输特性
7. 熟悉光纤的传输原理，了解单模光纤、多模光纤异同点；掌握光纤的而主要参数：光波波长、相对折射率、折射率分布因子和数值孔径等；了解光纤的损耗、色散、零色散单模光纤的原理、光纤的应用领域（★）

* **作业内容：**

带状线模式的分析，微带线有效介电常数的计算，微带线的设计，耦合微带线的分析计算；光纤单模工作范围的计算；零色散光纤的原理分析

* **讨论内容：**

如何利用仿真软件，实现微带线的设计

* **自学拓展：**

微带线与同轴接头的连接方法及工程应用

**5. 微波网络基础（9学时，支撑课程目标1，2）**

5.1等效传输线

5.2 单口网络

5.3双口网络的阻抗与传输矩阵

5.4散射矩阵与传输矩阵

5.5 多口网络的散射矩阵

5.6 网络参数的测量

* **目标及要求：**

1. 了解等效电压和等效电流的概念及其应用
2. 掌握模式等效传输线的概念与等效传输线
3. 熟悉单口网络的定义及其分析；归一化电压与电流定义及意义（Δ）
4. 了解阻抗和导纳各参数的定义及其与网络性质的关系；转移矩阵各参数的定义及其与网络性质的关系、三种参数之间的相互转换
5. 掌握散射矩阵各参数的定义、意义及其与网络性质的关系；传输矩阵各参数的定义及其与网络性质的关系；熟悉各种参数之间的相互转换；工程上的插入损耗、回波损耗、隔离度等参数与散射参数的关系（★）
6. 了解多端口网络散射参数的定义、性质；掌握无耗网络幺正性（★）
7. 了解网络参数的测量方法

* **作业内容：**

给定网络计算阻抗矩阵或导纳矩阵、散射矩阵；利用A矩阵的级联特性计算多网络级联后的网络参数；利用网络参数计算输入阻抗、反射系数以及满足无反射条件等；证明无耗网络的幺正性。

* **讨论内容：**

如何用网络参数理论来理解枝节匹配的原理

* **自学拓展：**

网络参数测量及工程应用

**6. 微波无源器件（9学时，支撑课程目标1，2）**

6.1连接匹配元件等效传输线

6.2功率分配器件

6.3微波谐振器件

6.4微波铁氧体器件

6.5 多口网络的散射矩阵

6.6 网络参数的测量

* **目标及要求：**

1. 了解短路负载、匹配负载、失配负载；波导接头、衰减元件和相移元件、转换接头；螺钉调配器、多阶梯阻抗变换器、渐变型阻抗变换器等器件的结构及工作原理
2. 了解定向耦合器的定义及性能参数;熟悉波导双孔定向耦合器、双分支定向耦合器、平行耦合微带定向耦合器等的结构和工作原理
3. 掌握功率分配器的定义；学会两路微带功率分配器、微带环行电桥等结构、工作原理以及设计方法（★）
4. 了解E-T分支、 H-T分支和匹配双T（魔T）的结构和工作原理（Δ）
5. 了解微波谐振器件的演化过程以及相关参数如谐振频率、品质因数、等效电导等
6. 掌握矩形空腔谐振器的结构、工作原理和性能参数（★）
7. 了解微带谐振器的结构、工作原理和性能参数
8. 熟悉谐振器的耦合和激励的形式及其对谐振器性能的影响（Δ）
9. 了解隔离器的结构和工作原理及其性能参数
10. 铁氧体环行器的结构和工作原理及其性能参数
11. 了解LTCC器件特点及工艺过程

* **作业内容：**

波导调配机理；渐变阻抗变换器原理与应用；微波器件的网络参数及器件特点；微带型功率分配器的设计与实现

* **讨论内容：**

不同器件性能设计参数表述方法

* **自学拓展：**

微波器件在通信领域中的应用

7.天线的基础知识**（6课时，支撑课程目标1，2）**

7.1天线概论

7.2天线的电参数

7.3 典型天线介绍

7.4天线的设计过程

* **目标及要求：**

1. 天线的定义、性能及其作用，天线的分类及分析方法
2. 天线输入阻抗、驻波比、方向图、增益、极化、带宽
3. 单极子天线、偶极子天线、微带天线
4. 掌握利用HFSS仿真设计天线

* **作业内容：**

天线性能参数；单极子天线的仿真设计

* **讨论内容：**

天线馈电点的重要性

* **自学拓展：**

仿真软件中参数优化的实现

**8、实验（18学时，支撑课程目标2，3，4）**实验内容：必开实验9学时。

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 实验项目名称 | 目的要求 | 学时分配 | 实验类型 | 每组人数 | 必开、选开 |
| 1 | 微波测量线及波导波长的测量 | 熟悉微波测量线，利用测量线测量波导波长，验证理论计算结果 | 3 | 验证型 | 2 | 必开 |
| 2 | 传输线负载与状态的关系 | 利用测量线观察不同负载时传输线的状态，并测量反射系数、驻波比 | 3 | 验证型 | 2 | 必开 |
| 3 | 双口网络参数的三点测量法 | 学会用可变短路器实现开路；利用测量线测量双口网络的散射参数 | 3 | 验证型 | 2 | 必开 |
| 4 | HFSS仿真软件使用训练 | 熟悉利用仿真软件建模、仿真、优化过程；设计50欧姆微带传输线 | 3 | 仿真设计 | 1 | 必开 |
| 5 | 微波部件、天线设计 | 根据技术要求，分组设计微波部件、天线，从方案选择、仿真建模、优化设计、实物制作，最后实测比较，完成项目设计 | 6 | 设计型 | 3 | 必开 |

**四、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（①根据理论课教学内容，要求学生学会根据所学微波技术基本概念进行验证实验，并与理论分析进行比较，分析产生误差的原因；②根据技术指标，分组设计一款微波器件或天线，从结构方案选型、材料的选择、仿真设计、电路制作、测试，完成设计报告并口头表达汇报）；

e.办公室时间（每周安排固定的办公室时间，学生无需预约，可来教师办公室就课程内、外内容进行讨论）；

f.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，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，课程研究生助理负责作品设计制作的答疑）；

g.课堂小测验2次、期中闭卷考试、期末半开卷（允许带A4大小自己总结的课程复习要点）。

1. 课程要求：

a.理论课：在理论课讲授环节中，应注意概念、工程背景讲清讲透，着力培养分析与解决问题能力。

b.实验环节：①验证实验要求学生学会在微波测量线上完成波导波长、传输线状态分析、传输线参数以及网络参数的测量，会应用所学知识进行实验现象分析，培养学生独立思考和分析问题的能力，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。②设计实验要求按技术指标要求分组完成一款微波器件、天线的设计，从结构方案选型、材料的选择，到仿真设计、电路制作、测试，最后完成设计报告并口头表达汇报，达到提高团队合作、沟通与交流能力、现代信息技术工具使用能力的目的，设计中还要充分考虑项目管理策略以及成本核算等非技术因素。

**五、考核及成绩评定方式**

**考核方式**：平时作业；验证性实验；微波部件或天线设计实验；期中笔试；期末笔试。

**成绩评定方式**：平时作业5%；验证性实验20%；微波部件或天线设计实验25%；期中笔试20%；期末笔试30%。

**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2-2 | 5 |  | 20 | 20 | 45 |
| 教学目标2 | 支撑毕业要求3-2 |  | 25 |  | 10 | 35 |
| 教学目标3 | 支撑毕业要求4-2 |  | 10 |  |  | 10 |
| 教学目标4 | 支撑毕业要求5-2 |  | 10 |  |  | 10 |
| 合计 | | 5 | 45 | 20 | 30 | 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 |
| 教学目标2 | 能在给定设计指标要求和约束条件下完成简单微波部件或天线的设计，完成设计报告（支撑毕业要求3-2） | 能根据设计指标要求合理设计出微波部件或天线，充分考虑约束条件；设计报告撰写规范，内容完整，条理清晰；报告中对设计过程叙述清晰，逻辑性强；设计参数、仿真计算和实验数据完整正确；能对设计结果能进行有效分析和总结；自己努力完成，没有抄袭。 | 能根据设计指标要求合理设计出微波部件或天线，较好考虑约束条件；设计报告撰写较规范，内容较完整，条理清晰；报告中对设计过程叙述较清晰，逻辑性较强；设计参数、仿真计算和实验数据较完整正确；对设计结果有分析，总结说明不够；自己努力完成，没有抄袭。 | 基本能根据设计指标要求设计出微波部件或天线，能考虑大部分约束条件；设计报告撰写尚规范，内容基本完整；报告中对设计过程叙述尚清晰；设计参数、仿真计算和实验数据基本完整正确；对设计结果有一定分析，没有总结；自己完成，没有抄袭。 | 不能根据设计指标要求设计出微波部件或天线，约束条件考虑不充分；设计报告撰写不规范或未提交设计报告；未完成设计或不独立完成设计，有抄袭现象。 | 25 |
| 教学目标3 | 能根据微波部件和天线的性能测量要求选择可行的研究和实验方案，完成实验报告。（支撑毕业要求4-2） | 能根据微波部件和天线的性能测试和研究需要合理选择测试设备、配件和实验方案步骤；实验报告撰写规范，内容完整，对实验过程叙述清晰，逻辑性强，实验数据正确充分，对实验结果有分析，有结论；自己努力完成，没有抄袭。 | 能根据微波部件和天线的性能测试和研究需要较合理选择测试设备、配件和实验方案步骤；实验报告撰写较规范，内容较完整，对实验过程叙述较清晰，逻辑性较强，实验数据较正确充分，对实验结果有分析，对结论说明不够；自己努力完成，没有抄袭。 | 基本能根据微波部件和天线的性能测试和研究需要合理选择测试设备、配件和实验方案步骤；实验报告撰写尚规范，内容尚完整，对实验过程叙述尚清晰，逻辑性较一般，实验数据基本正确充分，对实验结果有一定分析，没有结论；自己完成，没有抄袭。 | 不能根据微波部件和天线的性能测试和研究需要选择测试设备、配件和实验方案步骤；实验报告撰写不规范或未提交实验报告；未完成实验或不独立完成实验，有抄袭现象。 | 10 |
| 教学目标4 | 能利用电磁仿真软件分析、优化设计简单的微波部件或天线（支撑毕业要求5-2） | 很好掌握电磁仿真工具的用法。能熟练创建微波部件或天线模型；能熟练设置仿真参数、准确计算分析微波部件或天线的性能参数；能熟练地对微波部件或天线结构进行优化。 | 较好掌握电磁仿真工具的用法。能较好创建微波部件或天线模型；能较好设置仿真参数、准确计算分析微波部件或天线的性能参数；能较好对微波部件或天线结构进行优化。 | 基本掌握电磁仿真工具的用法。能创建微波部件或天线模型；能设置仿真参数、准确计算分析微波部件或天线的性能参数；能对微波部件或天线结构进行优化。 | 不能使用电磁仿真工具创建微波部件或天线模型；不能设置仿真参数、准确计算分析微波部件或天线的性能参数；不能对微波部件或天线结构进行优化。 | 10 |

注：该表格中比例为实验成绩的比例。

**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 | 掌握微波传输线理论和阻抗匹配技术，掌握微波网络理论，掌握各种微波传输线的结构、传输机理和特征参数。能运用理论对微波传输线和网络进行分析。（支撑毕业要求2-2） | 运用的原理和方法准确、清晰，能完成对特定微波工程问题的分析，并进行一定的应用和比较说明。 | 能清楚掌握和运用原理和方法，但对特定微波工程问题的分析还不熟练，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，但对特定的微波工程问题无法获得准确的分析结果。 | 不清楚原理和方法如何应用到微波工程问题的分析与比较中。 | 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 | 掌握微波传输线理论和阻抗匹配技术，掌握微波网络理论，掌握各种微波传输线和微波部件的结构、传输机理和特征参数；掌握天线的基本理论和简单天线的结构和工作原理；能运用理论对微波传输线、微波部件和天线进行分析。（支撑毕业要求2-2） | 运用的原理和方法准确、清晰，能完成对特定微波工程问题的分析，并进行一定的应用和比较说明。 | 能清楚掌握和运用原理和方法，但对特定微波工程问题的分析还不熟练，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，但对特定的微波工程问题无法获得准确的分析结果。 | 不清楚原理和方法如何应用到微波工程问题的分析与比较中。 | 20 |
| 教学目标2 | 掌握微波传输线、微波部件和天线的设计方法和设计过程，能针对具体指标要求在给定的约束条件下设计出微波部件或天线的关键结构参数。（支撑毕业要求3-2） | 对原理和方法的掌握准确、清晰，能灵活运用理论给出满足指标要求的微波传输线、微波部件和天线设计，并充分考虑各种约束条件。 | 对原理和方法的掌握较准确、清晰，能较好运用理论给出满足指标要求的微波传输线、微波部件和天线设计，能够考虑各种约束条件。 | 对原理和方法的掌握基本准确、清晰，基本能运用理论给出满足指标要求的微波传输线、微波部件和天线设计，考虑部分约束条件。 | 对原理和方法的掌握不准确、清晰，不能运用理论给出满足指标要求的微波传输线、微波部件和天线设计，没有考虑各种约束条件。 | 10 |

注：该表格中比例为期末考试卷各教学目标所占成绩比例。

**六、教材及参考书目**

教材：

1、《微波技术与天线》（第5版）刘学观/郭辉萍编，西安电子科技大学出版社，2016年7月

2、《微波技术与天线学习指导与实验教程》（第5版），郭辉萍等编，西安电子科技大学出版社，2016年8月

参考书：

[1] 廖承恩，微波技术基础，西安电子科技大学出版社，1994

[2] David M. Pozar, Microwave Engineering, Addison-Wesley Publishing Company, Inc.,1990

[3] Edward A. Wolff and Roger Kaul, Microwave Engineering and Systems Applications, Jon Wiley & sons , 1988

[4] 李宗谦、佘京兆，高葆新，微波工程基础，清华大学出版社，2004年