

高纲 4030

江苏省高等教育自学考试大纲

02367 微波技术与天线

南京邮电大学编（2024 年）

I 课程性质与课程目标

一、课程性质和特点

《微波技术与天线》是江苏省高等教育自学考试通信工程专业（专升本）中的一门必修课。本课程系统地介绍了微波技术与天线的基本原理、基本技术，以及典型的工程应用实例。在保持理论体系完整的同时，尽量避免繁杂的数学推导，结合实际微波器件与天线设计案例，使得考生易于理解和接受。通过本课程的学习，要求考生掌握微波技术与天线的基本概念、了解无源微波器件及天线的主要技术参数、测试仪器，以及分析方法。

二、课程目标

通过本课程的学习，使考生能够掌握无线电技术重要组成部分的微波技术、天线与电波传播理论的基本概念、技术原理和分析方法。能够运用所学的传输线理论和波导理论对常用的导波结构进行分析。了解常用微波元器件的类型，并能够用微波网络理论分析其技术特性。了解天线辐射与接收，以及不同环境下电磁波传播的理论。帮助考生理解通信系统的基本物理组成，为其他后继课程或电子工程系统的研究和设计打下良好的基础。

三、课程的重点与难点

本课程的重点为：均匀传输线理论、微波网络分析方法、几种常用微波无源器件和天线的电性能参数，以及电波传播的基本模型。

本课程的难点为：传输线方程的推导、波导内场分布的求解，以及“场”“路”协同分析实际工程问题。

II 考核目标

本大纲在考核目标中，按照识记、领会、简单应用、综合应用四个层次规定其应达到的能力层次要求。四个能力层次是递进关系，各能力层次的含义是：

识记：要求考生对各章节所列知识内容有初步的认识，会在有关的问题中进行识别和直接应用。

领会：要求考生对所列知识内容有理性的认识，能够解释、举例或变形、推断，并能利用所列的知识解决简单的微波与天线技术问题。

简单应用：要求考生对所列知识内容有深刻的理性认识，形成技能，并能利

用所列知识解决有关微波工程问题。

综合应用：要求考生能够系统地把握知识的内在联系，并能运用相关知识分析、解决比较综合性的工程问题。

III 课程内容与考核目标

第一章 均匀传输线理论

一、学习目的与要求

通过本章学习，了解传输线的类别及横电磁波（TEM）传输线的分析方法；掌握无耗传输线的电路参数求解方法及其相互关系；掌握无耗传输线的三种工作状态分析；理解阻抗匹配的目的、含义，以及常用阻抗匹配的方法；理解传输线的传输功率和效率；了解 Smith 圆图及其应用；掌握同轴线的特性阻抗及分类。

二、考核知识点与考核要求

（一）均匀传输线方程及其求解

识记：①均匀传输线定义及分类。

领会：①均匀平行双导线及其等效电路模型；②均匀传输线方程的求解。

简单应用：①传输线的工作特性参数；②同轴线的特性阻抗及分类。

（二）传输线阻抗与状态参量

简单应用：①输入阻抗、反射系数和驻波比的定义、计算和相互关系。

（三）无耗传输线的状态分析

识记：①无耗传输线的三种工作状态。

领会：①无耗传输线在行波和驻波工作状态下的特点及其状态参量的计算。

（四）有耗传输线与传输效率

识记：①有耗传输线的传输特性、传输功率与效率。

领会：①回波损耗、插入损耗的定义和计算。

（五）阻抗匹配

领会：①负载阻抗匹配、源阻抗匹配、共轭阻抗匹配的含义。

简单应用：①阻抗匹配的方法。

（六）史密斯圆图及其应用

领会：① Smith 圆图（反射系数圆、阻抗圆和导纳圆）的定义。

简单应用：①Smith 圆图中重要的点、线、面的物理含义和计算分析。

（七）同轴线及其特性阻抗

识记：①同轴线的结构和特性阻抗计算方法；②同轴线分别达到耐压最高、传输功率最大及衰减最小三种状态下的特性阻抗。

简单应用：①工程上常用同轴电缆的特性阻抗。

三、本章的重点和难点

本章重点：①传输线的阻抗与三种工作状态下的电路参量；②阻抗匹配的方法；③Smith 圆图的定义及重要的点、线、面的物理含义。

本章难点：①均匀传输线方程的建模及求解；②Smith 圆图在阻抗匹配中的使用。

第二章 规则金属波导

一、学习目的与要求

通过本章学习，了解金属波导的分析方法、与双线传输线的异同；掌握矩形波导的传播模式、传输特性，以及单模传输条件；了解圆波导中传输的模式；掌握圆波导中的三种常用模式的特点；掌握波导的激励与耦合的方法。

二、考核知识点与考核要求

（一）导波原理

识记：①规则金属波导的定义。

领会：①纵向场法求解规则金属波导内部的电磁场；②金属波导传输特性的主要参数，如相移常数、截止波数、相速、波导波长、群速等。

（二）矩形波导

领会：①矩形波导内主要模式的电场、磁场分布；②模式简并。

综合运用：①矩形波导 TE_{10} 主模的传输特性；②矩形波导内前三个的传输模式的主要特性参数计算、分析；③矩形波导尺寸选择原则。

（三）圆形波导

领会：①圆形波导内主要模式的电场、磁场分布；②模式简并。

简单应用：①圆形波导中 TE_{11} 、 TM_{01} 、 TE_{01} 三种模式主要特点。

（四）波导的激励与耦合

简单应用：①激励波导的三种方法。

三、本章的重点和难点

本章重点：①矩形波导主模传输特性的主要参数；②波导的激励与耦合。

本章难点：①纵向场法求解规则金属波导内部的电磁场；②矩形波导、圆形波导主要模式的电场、磁场分布。

第三章 微波集成传输线

一、学习目的与要求

通过本章学习，理解微带线、带状线的传输模式及其场分布，掌握它们的主要传输特性。理解耦合微带线的分析方法。了解光纤的结构，理解单模光纤和多模光纤各自的特点，掌握光纤的传输特性和几个基本参数的分析与计算。

二、考核知识点与考核要求

（一）平面型传输线

识记：①平面型传输线的定义及分类；②准 TEM 波传输线的主要种类。

领会：①微带线、带状线、共面波导的传输模式及其场分布；②微带线、带状线特性阻抗计算；③耦合微带线的奇偶模分析方法。

简单应用：①微带线、带状线、共面波导、耦合微带线的传输特性参量；②奇偶模分析中电场、磁场分布特点。

（二）介质波导

领会：①圆形介质波导的主要传播模式。

（三）光纤

领会：①单模光纤中传输的模式；②单模/多模光纤的主要特点。

简单应用：①光纤的结构及分类；②光纤的传输特性。

三、本章的重点和难点

本章重点：①微带线、带状线、共面波导等几种常用微波传输线的传输模式及其场分布；②单模/多模光纤的传输特性。

本章难点：①奇偶模分析方法，以及由此得到的奇偶模阻抗、奇偶模电磁波的传播速度；②圆形介质波导的场分析。

第四章 微波网络基础

一、学习目的与要求

通过本章学习，了解用微波网络研究问题的优点；掌握转移矩阵、散射矩阵等几种网络矩阵参数的物理性质；掌握转移矩阵、散射矩阵与阻抗和反射系数的关系，能够进行相互转换；掌握散射矩阵参数的测试方法。

二、考核知识点与考核要求

（一）等效传输线

识记：①等效电压和等效电流的定义。

领会：①等效传输线的定义；②等效微波网络的定义。

（二）单口网络

识记：①单口网络的传输特性参数。

（三）双端口网络的阻抗与转移矩阵

领会：①归一化电压、电流，和输入阻抗。

综合应用：①双端口网络的阻抗矩阵、导纳矩阵、转移矩阵的参量定义、测试方法；②三种矩阵参量之间的关系；③对称网络的特征；④互易网络的特征；⑤无耗网络的特征。

（四）散射矩阵与传输矩阵

领会：①散射矩阵与传输矩阵的参量定义、物理含义；②散射矩阵、传输矩阵与阻抗矩阵、导纳矩阵、转移矩阵的关系和区别；③对称网络、互易网络、无耗网络的特征。

简单应用：①几种常用双端口网络的参量表示。

（五）多端口网络的散射矩阵

识记：①对称网络、互易网络、无耗网络的散射参数关系特征。

（六）网络参数的测量

简单应用：①网络参数常用测试仪器。

三、本章的重点和难点

本章重点：①双端口网络的阻抗矩阵、散射矩阵等参数的定义；②对称网络、互易网络、无耗网络的特征。

本章难点：①网络矩阵参量与等效传输线电路参数的关系，以及与等效传输线的传输特性的关系。

第五章 微波电路基础

一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握微波元器件的分类以及在微波电路中的作用；了解微波谐振器、微波铁氧体器件、常用微波二极管、晶体管、场效应管的作用及性能参数；理解无源/有源微波元器件的工作原理、基本设计方法；掌握终端负载、微波连接元件、匹配元器件，以及几种常用微波器件的工作原理。

二、考核知识点与考核要求

（一）连接匹配元器件

识记：①三大类微波连接匹配元件名称。

领会：①微波连接匹配元件的工作原理。

（二）功率分配与功率合成器件

领会：①功率分配与功率合成器件的工作原理、分析方法。

简单应用：①定向耦合器性能指标的定义与计算；②功率分配器的基本要求；③双分支定向耦合器、微带环形电桥的结构特点；④三种波导分支器的特征；⑤多工器/合路器的工作原理和作用。

（三）微波谐振器件

识记：①微波谐振器的分类。

领会：①微波谐振器的耦合和激励方法。

简单应用：①微波谐振器的三个基本参量定义；②微带谐振器的结构及其分类。

（四）微波铁氧体器件

识记：①微波铁氧体的物理特点。

领会：①隔离器、环形器的工作原理。

简单应用：①非互易器件，主要包括环形器、隔离器等的应用。

（五）低温共烧陶瓷（LTCC）器件

识记：①LTCC 器件的工艺。

（六）微波有源电路基础

识记：①微波有源电路的主要功能；②微波有源电路的主要组成部分。

简单应用：①典型微波二极管的实现机理、特点和应用场景；②典型微波

晶体管的特性。

综合应用：①微波放大电路主要参数的定义；②微波振荡器与微波混频器的核心器件和主要参数。

三、本章的重点和难点

本章重点：①几种微波功率分配与合成器件；②环形器/隔离器；③典型微波二极管、晶体管的特性。

本章难点：①微波无源器件的工作原理；②微波有源电路的工作原理。

第六章 天线辐射与接收的基本理论

一、学习目的与要求

通过本章学习，了解天线在通信中的地位及作用；理解天线基本振子辐射与接收电磁波的原理；掌握天线辐射场区域的划分；掌握天线的各个电性能参数的分析与计算。

二、考核知识点与考核要求

（一）概论

识记：①天线的分类。

简单应用：①天线的定义；②天线的功能。

（二）基本振子的辐射

识记：①电基本振子与磁基本振子的定义。

领会：①电基本振子与磁基本振子的辐射电磁场；②天线的电性能参数。

简单应用：①天线辐射近区场与远区场的划分；②近区/远区场电磁波的特性。

（三）天线的电参数

领会：①天线的各个电参数定义；②天线的主瓣宽度计算；③圆极化的轴比。

综合应用：①天线辐射场强的计算与分析。

（四）接收天线理论

识记：①天线接收电动势；②天线的有效接收面积；③等效噪声温度。

领会：①极化正交对接收天线的的影响；②接收天线的方向性。

三、本章的重点和难点

本章重点：①天线的电性能参数；②天线的近区、远区场电磁波的特性。

本章难点：①电基本振子与磁基本振子的辐射电磁场；②天线的极化、辐射场强和接收电动势计算。

第七章 电波传播概论

一、学习目的与要求

通过本章学习，掌握电波传播有哪几种方式；掌握传输媒质对电波传播的影响；理解视距传播、天波传播、地面波传播及不均匀媒质散射传播的原理和特点；了解电离层的概况及大气衰减；

二、考核知识点与考核要求

（一）电波传播的基本概念

领会：①传输媒质对电波传播的主要影响。

简单应用：①自由空间的基本传输损耗计算（Friis 传输公式）；②衰落的分类及其物理原因。

（二）视距传播

简单应用：①视距传播适用波段。

（三）天波传播

识记：①天波传播适用波段；②天波传播的特点。

（四）地面波传播

识记：①地面波传播适用波段；②地面波传播的特点。

（五）不均匀媒质的散射传播

识记：①不均匀媒质的散射传播的特点。

（六）室内电波传播

识记：①室内电波传播的主要方式。

三、本章的重点和难点

本章重点：①Friis 传输公式；②场强衰落的分类及其物理原因；③天波、地面波传播的特点。

本章难点：①不均匀媒质的散射传播。

第八章 线天线

一、学习目的与要求

通过本章学习，了解天线的定义、分类，以及应用背景；掌握驻波天线与行波天线的区别；掌握天线的几个重要电性能参数及其技术指标；掌握均匀直线阵的原理和归一化阵因子表达式。

二、考核知识点与考核要求

（一）对称振子天线

识记：①对称振子天线的结构；②对称振子天线的电流分布、辐射场。

（二）阵列天线

领会：①均匀直线阵天线的方向图函数、元因子、阵因子；②均匀直线阵天线的主瓣方向；③边射阵、端射阵。

（三）直立振子天线与水平振子天线

识记：①直立振子天线与水平振子天线的区别，以及各自的应用场景。

领会：①提高单极天线效率的方法。

（四）引向天线与电视发射天线

领会：①引向天线的工作原理。

简单应用：①电视发射天线的特点。

（五）移动通信基站天线

领会：①移动通信基站天线的特点。

（六）螺旋天线与倒 F 天线

识记：①螺旋天线与倒 F 天线的结构特点和工作原理。

（七）行波天线

识记：①行波天线的定义和特点；②几种常用行波天线的结构特征。

（八）宽频带天线

识记：①宽频带天线、非频变天线的定义和特点。

简单应用：①实现非频变天线的条件。

综合应用：①平面等角螺旋天线的设计；②对数周期天线的设计。

（九）缝隙天线

识记：①缝隙天线的定义；②缝隙天线的应用场景。

（十）微带天线

识记：①微带天线的定义。

领会：①微带天线的设计方法。

（十一）智能天线与 MIMO 天线（本节内容不作考核要求）

三、本章的重点和难点

本章重点：①各种天线的特点及适用场景。

本章难点：①阵列天线电性能参数的计算。

第九章 面天线

一、学习目的与要求

通过本章学习，了解惠更斯元的方向辐射特性；掌握喇叭天线的辐射特性与口径尺寸、口径场分布的关系；掌握旋转抛物面天线的结构及工作原理；了解抛物面天线对馈源的基本要求。

二、考核知识点与考核要求

（一）惠更斯元的辐射

识记：①面天线的定义。

领会：①惠更斯元的辐射场。

简单应用：①口径场法及其分析依据。

（二）平面口径的辐射

识记：①平面口径的辐射远场；②矩形口面场、圆形口面场的方向图、主瓣宽度。

（三）旋转抛物面天线

领会：①旋转抛物面天线的结构及工作原理。

简单应用：①旋转抛物面天线的辐射特性；②馈源的基本要求。

（四）卡塞格伦天线

（本节内容不作考核要求）

三、本章的重点和难点

本章重点：①喇叭天线和旋转抛物面天线的结构、辐射特性。

本章难点：①口径场分析方法。

第十章 典型微波应用系统

（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，是考生学习教材、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，教材是学习掌握课程知识的基本内容与范围，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，大纲中对考核的要求比较适当。

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：《微波技术与天线》（第五版），刘学观，郭辉萍主编，西安电子科技大学出版社，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。

五、应考指导

1. 如何学习

很好的计划和组织是你学习成功的法宝。如果你正在接受培训学习，一定要跟紧课程并完成作业。为了在考试中作出满意的回答，你必须对所学课程内容有很好的理解。使用“行动计划表”来监控你的学习进展。你阅读课本时可以做读书

笔记。如有需要重点注意的内容，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。可以在空白处记录相关网站，文章。

2. 如何考试

卷面整洁非常重要。书写工整，段落与间距合理，卷面赏心悦目有助于教师评分，教师只能为他能看懂的内容打分。回答所提出的问题。要回答所问的问题，而不是回答你自己乐意回答的问题！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、关于考试命题的若干规定

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30%,领会部分占30%,简单应用部分占25%,综合应用部分占15%。

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。可携带没有存贮功能的普通计算器。

7. 本课程考试试卷中可能采用的题型有:单项选择题、填空题、简答题、综合应用题。

附录 题型举例

一、单项选择题

1. TEM波是指电磁波的()

- A. 传播方向上没有电场分量 B. 传播方向上没有磁场分量
C. 传播方向上没有电场分量和磁场分量 D. 以上都不对 参考答案: C

二、填空题

1. 矩形波导的主模是_____模,是矩形波导中场结构最简单的一种波型。

参考答案: TE_{10}

三、简答题

1. 天线的作用是什么? 什么是全向天线? 天线场区的划分规则是什么? 各场区电磁场的特性是什么?

参考答案:

(1) 天线的作用是把传输线上传播的导行波, 变换成在无界媒介(通常是自由空间)中传播的电磁波, 或者进行相反的变换。

(2) 全向天线——在所有方向上辐射功率密度是相同。

(3) $kr \ll 1$ 为近区场, $kr \gg 1$ 为远区场。

(4) 天线近区场为束缚场(准静态场/似稳场), 不向外辐射的功率; 远区场是辐射场, 沿矢径方向传播, 不存在传播方向上的电磁场分量, 即为 TEM 波。

四、综合应用题

1. 矩形波导截面尺寸为 $a \times b = 72\text{mm} \times 30\text{mm}$, 波导内充满空气, 信号源频率为 3GHz, 试求: (1) 波导中可以传播的模式; (2) 该模式的截止波长, 相移常数, 波导波长、相速、群速和波阻抗。

参考答案:

(1) 工作波长为 $\lambda = c/f = 10\text{cm}$;

TE_{10} 、 TE_{20} 的截止波长为: $\lambda_{cTE_{10}} = 2a = 14.4\text{cm}$, $\lambda_{cTE_{20}} = a = 7.2\text{cm}$ 。

因此, 只能传输 TE_{10} 模。

(2) TE_{10} 模的截止波长为: $\lambda_c = 2a = 14.4\text{cm}$, 截止波数为: $k_c = \pi/a = 13.89\pi$

自由空间的波数为: $k = \omega\sqrt{\mu_0\epsilon_0} = 20\pi$, 相移常数为: $\beta = \sqrt{k^2 - k_c^2} = 45.2$

此时, 相速和群速分别为:

$$v_p = \frac{\omega}{\beta} = 4.17 \times 10^8 (\text{m/s}), \quad v_g = \frac{d\omega}{d\beta} = c \sqrt{1 - (\lambda/2a)^2} = 2.16 \times 10^8 (\text{m/s})$$

波导波长和波阻抗分别为:

$$\lambda_g = \frac{2\pi}{\beta} = 13.9(\text{cm}), \quad Z_{TE_{10}} = \frac{120\pi}{\sqrt{1 - (\lambda/\lambda_c)^2}} = 166.8\pi(\Omega)$$