

电磁场与电磁波

课程编号：031314

课程中文名称：电磁场与电磁波

课程英文名称：Electromagnetic Fields and Electromagnetic Waves

开课学期：秋季

学分/学时：3/48

先修课程：电磁学、工程电磁场基础

建议后续课程：

适用专业/开课对象：信息类一年级硕士研究生

团队负责人：肖春燕 责任教授：郭宏 执笔人：肖春燕 核准院长：

一、课程的性质、目的和任务

“电磁场与电磁波”课程在电类专业课程中占有重要地位。该课程所涉及内容是电类专业学生应具备的知识结构的必要组成部分，电类专业课程的核心内容都是电磁现象在特定范围、特定条件下的体现。近代科学技术的发展过程表明，电磁场与电磁波理论又是边缘科学、交叉科学的孕育点，例如超导、电子对抗、电磁兼容、光纤通信、生物电磁学等。“电磁场与电磁波”课程是在学习电磁场、工程电磁场理论基础等先修课程的前提下，为进一步提高对宏观电磁场与电磁波的理论，针对一些电磁工程问题提供解决方法，提高对电磁场与电磁波问题进行定性分析和定量计算的能力而开设的。通过“电磁场与电磁波”课程的学习，掌握时变电磁场理论，电磁场解析求解方法，电磁场数值计算方法等，能够对电磁场与电磁波问题进行定性分析和定量计算，解决一些电磁工程问题。

二、课程内容、基本要求及学时分配

课程主要包括电磁场的数值计算、时变电磁场的理论、时变电磁场的应用、带电粒子的电磁场共四个部分，共 9 章。具体内容包括：电磁场有限差分法、电磁场有限元法、时变电磁场的初边值问题及其唯一性定理、时谐电磁场的边值问题及其唯一性定理、时谐电磁场的矢量磁位及其边值问题、半无限媒质中电流元的时谐电磁场、轴对称涡流问题的解析解、运动带电粒子的辐射等。

第一章 绪论（3 学时）

§ 1.1 课程性质

§ 1.2 课程内容

§ 1.3 课程目标和学习方法

§ 1.4 课程要求和考核方法

§ 1.5 电磁理论及其应用简介

基本内容概述：本章介绍《电磁场与电磁波》课程，内容包括电磁场理论及其应用的发展现状和发展趋势、课程学习的目的和目标以及课程的特点和主要学习方法。

教学基本要求：了解电磁场理论及其应用的发展现状和发展趋势，明确课程学习的目的和目标，掌握课程的特点和主要学习方法。

第一部分 电磁场数值分析：21 学时

第 2 章 有限差分法（6 学时）

§ 2.1 有限差分法的基本原理（1 学时）

§ 2.2 二维场泊松方程的差分格式（3 学时）

§ 2.3 几种类型边界条件离散化的差分格式（1 学时）

§ 2.4 圆形域和轴对称场的计算（0.5 学时）

§ 2.5 时变场的有限差分法（0.5 学时）

基本内容概述：本章介绍利用有限差分法计算电磁场的方法，内容包括：有限差分法的基本原理；在正方形网格划分情况下，二维场和轴对称场的泊松方程和拉普拉斯方程的差分格式；几种类型边界条件离散化的差分格式；时变场中的有限差分法；有限差分求解实例。

教学基本要求：掌握有限差分法的基本原理；掌握在正方形网格划分情况下，二维场和轴对称场的泊松方程和拉普拉斯方程的差分格式，并能够运用此方法求解电磁场；了解几种类型边界条件离散化的差分格式；了解时变场中的有限差分法。

第 3 章 电磁场有限元方法（15 学时）

§ 3.1 有限元法的基本原理（2 学时）

§ 3.2 二维拉普拉斯方程有限元求解实例（5 学时）

§ 3.3 伽辽金有限元法（3 学时）

§ 3.4 等参元有限元法（3 学时）

§ 3.5 三维场中的有限元法（1 学时）

§ 3.6 电磁场求解实例（2 学时）

基本内容概述：本章介绍有限元法分析电磁场的方法，内容包括：有限元法的基本原理；基于变分原理的有限元法；伽辽金有限元法；等参元有限元法；二维场及轴对称电磁场的有限元法；

三维电磁场的有限元求解方法；有限元求解实例；商用电磁场仿真软件的应用。

教学基本要求：掌握有限元法的基本原理；掌握基于变分原理的有限元法；掌握伽辽金有限元法；掌握等参元有限元法；能够运用有限元法求解二维电磁场和轴对称电磁场；了解三维电磁场的有限元求解方法；掌握一种或者几种商用电磁场仿真软件（例如 Ansys、Comsol、MagNet）的求解过程和方法。

第二部分 时变电磁场理论：13 学时

主要讲述时谐电磁场边值问题及其解的唯一性问题，系统地论述唯一性定理必须满足的条件，特别是针对工程问题中存在的含多种媒质的情况，并指出这些条件的数学关系和物理内涵。

第 4 章 时变电磁场的初边值问题及其唯一性定理（5 学时）

§ 4.1 时变电磁场的方程组（0.5 学时）

§ 4.2 时变电磁场的边界条件（0.5 学时）

§ 4.3 时变电磁场唯一性定理及其证明（3 学时）

§ 4.4 电磁场定解问题（1 学时）

基本内容概述：本章讨论时变电磁场的初边值问题，包括方程、初始条件、边界条件以及解的唯一性定理，内容包括：时变电磁场的方程组；时变电磁场的边界条件；时变电磁场的唯一性定理；电磁场定解问题。

教学基本要求：掌握时变电磁场的初边值问题的形式，包括时变电磁场的方程组、边界条件；掌握线性时变电磁场的唯一性定理，熟悉时变电磁场的唯一性定理的证明；能够写出时变电磁场问题的初边值问题表达式，保证解的唯一性和解的有界、非零特性。

第 5 章 时谐电磁场的边值问题及其唯一性定理（4 学时）

§ 5.1 正弦量的复数表示法（0.5 学时）

§ 5.2 时谐电磁场的方程及其性质（0.5 学时）

§ 5.3 时谐电磁场唯一性定理（0.5 学时）

§ 5.4 以电场强度为求解对象的时谐场的边值问题（2.5 学时）

§ 5.5 传播常数的计算（1 学时）

基本内容概述：本章讨论时谐电磁场的边值问题及其唯一性定理，内容包括：时谐电磁场的方程及其性质；时谐电磁场的唯一性定理；以电场强度为求解对象的时谐场边值问题。

教学基本要求：掌握时谐电磁场的方程及其性质；掌握时谐电磁场的唯一性定理；能够利用时谐场唯一性定理和矢量场唯一性定理建立以电场强度为求解对象的边值问题，熟悉通电圆环线圈的时谐场的求解方法。

第 6 章 时谐电磁场的矢量磁位及其边值问题（4 学时）

§ 6.1 矢量磁位的约束方程（0.25 学时）

§ 6.2 矢量磁位的边界条件（0.25 学时）

§ 6.3 矢量磁位边值问题的一般形式（0.5 学时）

§ 6.4 轴对称时谐电磁场的矢量磁位及其边值问题（2.5 学时）

§ 6.5 用修正矢量磁位描述时谐场（0.5 学时）

基本内容概述：本章讨论时谐电磁场的矢量磁位及其边值问题，内容包括：矢量磁位边值问题的一般形式，包括矢量磁位的约束方程、矢量磁位的边界条件及其简化形式；轴对称时谐场及其矢量磁位边值问题。

教学基本要求：掌握矢量磁位边值问题的一般形式，包括矢量磁位的约束方程、矢量磁位的边界条件及其简化形式；能够写出轴对称时谐场及其矢量磁位边值问题和通电圆环线圈电流密度的一般形式。

第三部分 时变电磁场的应用：8 学时

通过对半无限媒质中的电流元、轴对称涡流问题、三维有限长圆柱导体的场分布等典型问题的求解，阐述时谐电磁场的解析方法和一些数学技巧。

第 7 章 半无限媒质中电流元的时谐电磁场（4 学时）

§ 7.1 电流元的电流密度表达式（0.25 学时）

§ 7.2 无限大媒质中电流元的矢量磁位（0.25 学时）

§ 7.3 半无限媒质中垂直电流元的矢量磁位（2 学时）

§ 7.4 半无限媒质中水平电流元的矢量磁位（1 学时）

§ 7.5 上半空间中时谐电流元的矢量磁位（0.25 学时）

§ 7.6 半空间媒质中低频电流元的矢量磁位（0.25 学时）

基本内容概述：本章分析、推导电流元在线性、各向同性、均匀半无限媒质中产生的时谐电磁场，内容包括：无限大媒质中电流元的矢量磁位，包括电流元的电流密度表达式；半无限大媒质中垂直电流元的矢量磁位和水平电流元的矢量磁位；上半空间中时谐电流元的矢量磁位；半空间媒质中低频电流元的电场强度。

教学基本要求：能够分析、推导无限大媒质中电流元的矢量磁位，包括电流元的电流密度表达式；掌握半无限大媒质中垂直电流元的矢量磁位和水平电流元的矢量磁位的推导；了解上半空间中时谐电流元的矢量磁位的推导；了解半空间媒质中低频电流元的电场强度的推导。

第 8 章 轴对称涡流问题的解析解（4 学时）

§ 8.1 涡流阻抗平面分析法（0.5 学时）

§ 8.2 线圈轴线与平板导体表面垂直的涡流问题（2 学时）

§ 8.3 线圈与圆柱导体共轴的涡流问题（0.25 学时）

§ 8.4 线圈与导电导磁球共轴的涡流问题（0.25 学时）

§ 8.5 电磁无损检测技术（1 学时）

基本内容概述：本章分别讨论通电圆环线圈在平板导体、圆柱导体和球形导体内产生的涡流问题，内容包括：线圈阻抗的一般表达式；线圈轴线与平板导体表面垂直的涡流问题；线圈与圆柱导体共轴的涡流问题；线圈与导电导磁球共轴的涡流问题；涡流无损检测。

教学基本要求：掌握线圈阻抗的一般表达式；掌握线圈轴线与平板导体表面垂直的涡流问题；掌握线圈与圆柱导体共轴的涡流问题；掌握线圈与导电导磁球共轴的涡流问题，了解涡流无损检测的原理和应用。

第四部分 带电粒子的电磁场：3 学时

第 9 章 运动带电粒子的辐射（3 学时）

§ 9.1 运动带电粒子的势和辐射电磁场（2 学时）

§ 9.2 带电粒子的电磁场对粒子本身的反作用（0.5 学时）

§ 9.3 电磁波的散射和吸收（0.5 学时）

基本内容概述：本章讨论运动带电粒子的辐射，内容包括：运动带电粒子的电磁场；非相对论运动带电粒子的辐射；一般带电粒子的辐射；运动带电粒子辐射的应用。

教学基本要求：掌握运动带电粒子的电磁场的求解；了解非相对论运动带电粒子的辐射；了解一般带电粒子的辐射；熟悉运动带电粒子辐射的应用。

三、教学方法

课堂讲授，包括课堂演示实验和课堂研讨；课下利用 Ansys、Comsol、CST 和 MagNet 等软件进行仿真；课外阅读参考资料和相关文献。

四、课内外教学环节及基本要求

要求学生课程结束时提交电磁场与电磁波相关报告一份，并进行 PPT 展示；完成有限差分 and 有限元计算作业各一次。

五、考核方式及成绩评定

本课程成绩由平时成绩和期末考试成绩两部分组成，采用百分计分制。两部分所占比例如下：

平时成绩占 50%，分为平时作业和报告两部分。

期末考试成绩占 50%，采用开卷考试的考核方式。

六、教材和参考资料

教材：

由以下三本书籍整合而成：

- [1] 盛剑霓 等. 电磁场数值分析. 北京：科学出版社，1984
- [2] 雷银照. 时谐电磁场解析方法. 北京：科学出版社，2000
- [3] 蔡圣善 等. 电动力学（第二版）. 北京：高等教育出版社，2005

参考资料：

- [1] 金建铭. 电磁场有限元方法（或原版）. 西安：西安电子科技大学出版社，2001
- [2] 林为干 等. 电磁场理论（修订本）. 北京：人民邮电出版社，1996
- [3] 汪文秉. 瞬态电磁场. 西安：西安交通大学出版社，1991
- [4] 谢德馨 等. 三维涡流场的有限元分析. 北京：机械工业出版社，2001
- [5] 王长清，祝西里. 电磁场计算中的时域有限差分法. 北京：北京大学出版社，1994