# 《工程电磁场》课程教学大纲

|  |  |
| --- | --- |
| 课程名称：工程电磁场 | 课程代码：ELEA3037 |
| 英文名称：Engineering Electromagnetics | |
| 课程性质：大类基础课程 | 学分/学时：3学分/54学时 |
| 开课学期：第3学期 |  |
| 适用专业：电气工程及其自动化 | |
| 先修课程：高等数学、普通物理 | |
| 后续课程：电机原理与电机拖动、电力系统基础、电力系统与继电保护 | |
| 开课单位：机电工程学院 | 课程负责人：李晓旭 |
| 大纲执笔人：季清 | 大纲审核人：余雷 |

## 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：**工程电磁场是电气工程及其自动化专业的一门重要技术基础课，是本专业的必修主干课程和学位课程。本课程以电磁场的数学物理基础为起点，介绍静电场、恒定电流的电场和磁场、动态电磁场基本理论、准静态电磁场的相关知识和分析方法，为学习电机原理与电机拖动、电力系统基础等后续课程构建必要的理论基础。

**教学目标：**工程电磁场是电气工程学科的重要技术基础课程。本课程突出强电与弱电的结合、电磁理论与工程实践的结合、电磁理论与相关学科交叉、渗透的结合。本课程的主要内容包括：电磁场的数学物理基础、静电场、恒定电流的电场和磁场、动态电磁场基本理论、准静态电磁场、电磁辐射与电磁波和相关应用专题。通过本课程的学习，使学生能够运用演绎法，从麦克斯韦方程组出发，基于矢量场的相关定理，对静态电磁场和动态电磁场的相关理论进行推理和论述。通过相关基本问题与实际工程应用原理的系统阐述，使学生能够熟悉各类工程电磁场的实际问题，掌握各种特定电磁场的基本特性、分析计算方法。通过电磁场数值分析和电磁兼容等相关应用专题，扩大学生知识面，拓展学生运用基础理论解决实际工程问题的能力和素质。

本课程的具体教学目标如下：

1. 通过阐述电磁场物理模型的构成，使学生理解源量、场量和媒质电磁性能参数等物理概念。通过对相关数学物理知识的论述，使学生掌握矢量分析和场论的基本方法。在此基础上，通过数学和物理概念的结合，使学生深化对电磁感应定律和全电流概念的理解，确立麦克斯韦方程组的数学和物理内涵；
2. 通过演绎法，从麦克斯韦方程组出发，基于电磁学基本定律，使学生掌握从一般到特殊电磁学问题的推理和论述方法。从而掌握静电场、恒定电流的电场和磁场、动态电磁场基本理论与准静态电磁场、电磁辐射与电磁波的基本规律；
3. 通过电磁场数值分析的训练，培养学生运用麦克斯韦方程组等基本原理，借助工程计算软件分析实际问题的能力。通过电磁兼容等相关应用专题的讲解，使学生熟悉和理解实际工程问题中与电磁场相关的影响因数和关键环节。

**教学目标与毕业要求的对应关系：**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 毕业要求 | 指标点 | 课程目标 | 对应关系说明 |
| 毕业要求2：问题分析 | 2-3 能运用基本原理，分析一个复杂工程问题的影响因素、关键环节，并证实解决方案的合理性 | 教学目标1 | 理解电磁场的物理内涵，掌握矢量分析和场论的数学物理知识，并运用于理解麦克斯韦方程组的数学和物理意义。 |
| 教学目标2 | 在掌握电磁场数学物理知识的基础上，通过演绎和类比，理解和掌握静态、动态电磁场的基本规律。 |
| 教学目标3 | 能够运用电磁场的数学物理知识和麦克斯韦方程组的基本原理，分析电磁场数值计算和电磁兼容等工程问题。 |

## 二、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：∆）

1. **绪论（1学时）（支撑教学目标1）**
   1. 电场、磁场与统一的电磁场
   2. 电磁场的发展简史与应用展望
   3. 电磁场的“工程性”
   4. 课程的学科地位
   5. 课程的要求和具体安排

* **目标及要求：**

1. 理解电场、磁场和电磁场的概念，明确场的数学和物理内涵★；
2. 了解电磁场的发展历程和麦克斯韦对电磁场理论的推进，了解电磁场理论的实际应用和发展前景；
3. 通过电磁波、电力变压器、电抗器和电磁兼容等实际问题，理解电磁场的工程应用价值；
4. 熟悉工程电磁场的学科交叉性，建立知识体系；
5. 了解课程的目标、内容、具体安排和学习方法。

* **自学拓展：**

复习普通物理学的相关内容，熟悉电磁场的基本理论。

1. **电磁场的数学物理基础（9学时）（支撑教学目标1）**
   1. 电磁场物理模型的构成
   2. 矢量分析
   3. 场论基础
   4. 电磁场的基本规律——麦克斯韦方程组

* **目标及要求：**

1. 了解和掌握电磁场的物理，明确场源和介质的概念，熟悉物理模型的数学表示方法；
2. 通过标量和矢量、矢量代数、矢量积分、标量场梯度、矢量场散度、矢量场旋度和场论基本定理的学习，掌握矢量分析和场论的基本方法★；
3. 理解和掌握电磁感应定律、全电流定律的基本概念和数学形式，进而理解和掌握麦克斯韦方程组的积分形式、微分形式及其物理内涵★∆。

* **讨论内容：**

1. 通过课堂练习，讨论和强化、标量场梯度、矢量场散度、矢量场旋度的物理概念；
2. 通过矢量公式，讨论球坐标系和圆柱坐标系下的电场强度和磁场强度表示方法。

* **作业内容：**

通过课后习题强化电磁感应定律和全电流定律的运用。

1. **静态电磁场I：静电场（12学时）（支撑教学目标1、2、3）**
   1. 基本方程与场的特性
   2. 自由空间中的电场
   3. 导体和电介质
   4. 电介质中的电场
   5. 边值问题
   6. 镜像法
   7. 数值计算方法——有限差分法
   8. 电容和部分电容
   9. 静电场能量
   10. 电场力

* **目标及要求：**

1. 理解和掌握静电场中的基本物理量和基本方程，掌握电场强度和点位的基本计算关系式★；
2. 掌握自由空间和电介质中电位移矢量、电场强度和电位的分析计算方法，理解边界条件的概念，熟悉直接求解法、间接求解法和数值计算法等几种边值问题的计算方法★∆；
3. 理解和掌握静电场能量和电场力等场特征量的分析和计算方法。

* **讨论内容：**

1. 通过课堂习题，强化讨论电位和电场强度的概念；
2. 讨论泊松方程和拉普拉斯方程的边界条件确定方法，以及泊松方程解的唯一性。

* **作业内容：**

结合实际工程问题，借助数学计算软件，采用有限差分法完成电位和电场强度分布计算的大作业；

* **自学拓展：**

1. 自行查阅资料，了解模拟电荷法的原理及其应用；
2. 自行查阅资料，学习MathCAD或MATLAB等数学分析软件的使用方法。
3. **静态电磁场II：恒定电流的电场和磁场（12学时）（支撑教学目标1、2、3）**
   1. 恒定电场的基本方程与场的特性
   2. 恒定电场与静电场的比拟
   3. 恒定磁场的基本方程与场的特性
   4. 自由空间的磁场
   5. 媒质中的磁场
   6. 电感
   7. 磁场能量
   8. 磁场力

* **目标及要求：**

1. 理解和掌握恒定电场的基本方程、场分布和场特征量的分析和计算方法；
2. 理解和掌握恒定磁场的基本方程、基本场量和位函数，熟悉自由空间和媒质中场分布的分析和计算★∆；
3. 掌握磁场能量、磁场力和电感等电路参数的分析和计算方法。

* **作业内容：**

结合电感或变压器的磁路问题，借助有限元分析软件ANSYS，完成磁场分析的大作业。

* **自学拓展：**

自行查阅资料，学习有限元分析软件ANSYS的使用方法。

1. **动态电磁场I：基本理论与准静态电磁场（11学时）（支撑教学目标1、2）**
   1. 动态电磁场的基本方程与边界条件
   2. 时谐电磁场
   3. 电磁场能量和坡印廷定理
   4. 电磁位
   5. 准静态电磁场

* **目标及要求：**

1. 强化理解麦克斯韦方程组的物理内涵，掌握时谐电磁场的基本方程；
2. 理解和掌握动态电磁场的能量守恒与转换定理，即坡印定理的形式和物理意义★∆；
3. 理解动态电磁场的边界条件确定方法★∆；
4. 掌握动态电磁场的特征描述，熟悉动态电磁场的似稳条件。

* **讨论内容：**

通过对比时变电磁场的瞬时分布，讨论和强化动态电磁场的似稳条件。

1. **动态电磁场II：电磁辐射与电磁波（3学时）（支撑教学目标2）**
   1. 电磁辐射
   2. 理想介质中的均匀平面电磁波
   3. 均匀平面电磁波的反射与透射
   4. 有损媒质中的均匀平面电磁波
   5. 导引电磁波

* **目标及要求：**

1. 熟悉电偶极子的辐射场、天线的方向性、线天线与天线阵的相关知识；
2. 了解理想介质和有损介质的均匀平面电磁波的传播规律和特性；
3. 了解导引电磁波在均匀传输线和平行板中的传播规律。

* **自学拓展：**

自行查阅资料，了解传输线相关的知识。

1. **工程电磁场应用专题（6学时）（支撑教学目标3）**
   1. 电磁场数值分析
   2. 电磁环境与电磁兼容技术

* **目标及要求：**

1. 了解有限差分法和有限元法的电磁场数值计算基本流程；
2. 熟悉和掌握电磁兼容、传导和辐射电磁干扰的基本概念，熟悉电磁兼容性的测试方法★∆。

* **自学拓展：**

自行查阅资料，了解电磁兼容的相关标准。

## 三、教学方法

在教学内容的组织方法上，从麦克斯韦方程组出发，基于矢量场的基本定理，由一般到特殊进行推理和论述，并贯穿数学建模的主线索，依次展开电磁场的数学物理基础，阐述静电场、恒定电流的电场和磁场、动态电磁场基本理论与准静态电磁场的基本理论，充分体现电磁场理论体系的同一性与对称性的科学内涵。具体教学章节而言，首先以电磁场的数学物理基础承接学生已有的数学物理知识，进而引导入门的基础，然后分别以各类工程电磁场问题为背景，对各种特定电磁场的基本特性、分析计算方法，以及有关基本问题与实际工程应用原理等展开系统的阐述。最后通过应用专题，展示电磁场基本理论与科学问题间的结合点，扩大课程的知识覆盖面。

在教学方式上，根据具体教学内容，综合运用课堂讲授和演示、课堂讨论、课堂练习和自学指导法，通过引入问题和启发式教学，使学生更加明确教学内容的知识体系，引导学生主动学习，激发内在学习动机，提高课堂的积极性。并且通过有限差分法的数值计算和有限元法的仿真计算大作业，强化所学知识的理解和运用，培养学生解决实际问题的能力。

结合具体教学内容，本课程所采用的教学方法说明如下：

1. **绪论和电磁场的数学物理基础。**教学内容的原理性比较强，矢量分析、场论、梯度、散度和旋度等理论的掌握需要学生有较好的数学基础，电磁感应定律、安培环路定律和麦克斯韦方程组的理解需要学生的物理概念清晰。在教学中采用**讲授法、讨论法和练习法**相结合。通过梳理本课程与其它课程的相互关系，帮助学生建立知识体系。在讲解基本概念和理论的基础上，通过课堂讨论，引导学生前后联系，必要时通过课堂练习强化相关数学计算方法，帮助学生理解相关电磁学理论的物理内涵。
2. **静态电磁场和动态电磁场。**教学内容涉及各种特定电磁场的基本特性、分析计算方法，相关知识的概念性强、内容比较抽象，知识的系统性和逻辑关系也比较明确。教学中采用**讲授法、讨论法和练习法**相结合。首先从静电场出发，在总结其基本规律的基础上，分别对自由空间和电介质中的静电场问题循序渐进地展开讨论。然后，运用演绎法，讨论恒定电流的电场和磁场基本规律，再从麦克斯韦方程组出发，讨论动态电磁场的基本理论和准静态电磁场的知识。为了使抽象问题具体化，结合实际工程问题和电磁场数值计算方法，通过大作业的形式，强化学生对相关知识的理解，训练学生运用基本原理分析和解决实际问题的能力。
3. **电磁场数值分析和电磁兼容应用专题。**在学生掌握电磁场分析和计算方法的基础上，介绍电磁场数值分析方法和电磁兼容性技术的相关知识，突出电磁理论与相关学科交叉和渗透，拓宽学生的视野。教学中主要采用**讲授法、演示法和自学指导法**相结合。组织教学内容时，对于数值分析方法和电磁兼容性技术，只讲授基本计算流程、电磁干扰三要素等核心概念。然后，根据学生所感兴趣的具体应用，给学生提供相关参考资料，引导学生自学拓展，强化对学生理论与实际结合的能力、工程问题分析能力的培养。本部分将充分结合工程电磁场应用的新进展，拓宽学生的视野，从理论知识和应用方面不断更新教学内容。

在教学方法的实际执行过程中，每个教学环节都应具有明确的目的性。同时，以上教学方法需要根据教学过程中的实际效果、学生对知识点的掌握和应用情况不断改进。教学效果不好、学生对知识点理解程度不高时，应适当调整教学方法，适当增加演示法或实验训练法，或在讲授后续教学内容时，引导学生前后联系，结合前置难点内容进行讨论，强化知识掌握。在学生对知识掌握情况较好，系统性较好、实验训练效果较好的情况下，适当提高教学内容或实验内容的难度，或增加发现学习法和自学指导法，设置具体应用问题，引导学生探索解决方案。

## 四、考核及成绩评定方式

**考核方式**：闭卷笔试，平时测试，平时大作业

**成绩评定方式**：期末笔试成绩60%，期中笔试成绩20%，大作业20%

## 五、教材及参考书目

**教材：**倪光正，工程电磁场原理，高等教育出版社，2009。

**参考书目：**

1. 冯慈璋，马西奎，工程电磁场导论，高等教育出版社，2000。
2. 杨宪章等，工程电磁场，中国电力出版社，2011。
3. William H. Hayt, Jr., etc., Engineer Electromagnetics（第8版译本），西安交通大学出版社，2013。

**2016年7月修订**