

01 工程流体力学与空气动力学理论及其应用

一、课程概述

本课程是动力工程及航空航天工程领域重要的专业基础课,主要讲授流体运动学、流体动力学基本方程、理想流体运动基本特性、不可压理想流体平面无旋流动、粘性流体力学基础以及湍流理论基础等,旨在帮助相关学科的硕士、博士研究生熟练掌握流体力学的物理概念和分析方法,正确地处理广泛的流体力学问题和工程应用问题。

二、先修课程

本课程先修课程为工程流体力学、工程热力学、传热学、微积分和空气动力学。要求学生了解流体的基本概念和基本属性,基本掌握流体静力学、运动学、动力学的基础知识和基本理论,基本掌握运用流体力学知识解决工程实际的分析和运算能力。掌握空气动力学基本方程及其基本特征,对空气动力学激波有深入认识,掌握超音速流动的特征,能熟练运用一维管流解释物理现象以及解决工程问题。

三、课程目标

本课程教学目的是使相关学科的硕士、博士研究生进一步深入思考和理解流体力学及空气动力学的物理概念,扩展他们的理论知识和数学方法,并利用这些物理概念和数学技能去熟练地分析和正确地处理各类流体力学及空气动力学问题和广泛的工程应用问题,为后续课程及科研工作打下坚实理论基础。

四、适用对象

本课程适用于能源与动力工程类别专业学位博士和硕士研究生。

五、授课方式

本课程主要采用课堂授课、课后辅导、学术论文查阅及摘要撰写的方式进行。采用板书与PPT相结合的教学方法,每章课程结束后学生需要完成一定数量的习题,以掌握所学基础知识。

六、课程内容

第一部分 流体力学

(一) 绪论(2学时)

包括流体的主要物理性质,笛卡尔张量基础。

(二) 流体运动学(12学时)

包括流体运动的两种描述方法,连续流体的概念,流体微团运动分析,有旋流动、无旋流动的一般性质,不可压无旋流动的基本方程,确定不可压无旋流速度场的唯一性定理,给定速度的旋度场及散度场的流动基本方程和性质,给定速度的散度场的无旋流动。

(三) 流体运动学的基本方程(8学时)

包括系统和控制体概念,拉格朗日型基本方程,输运方程,欧拉型基本方程,欧拉型积分形式基本方程的应用,运动流体中的应力张量,连续性方程,运动方程。

(四) 理想流体动力学基础(10学时)

包括理想流体动力学的基本方程,伯努利定理及应用,柯西-拉格朗日积分定理,压力冲量作用和速度势的动力学解释,凯尔文定理及拉格朗日定律,涡线及涡管,亥姆霍兹方程,旋涡的形成及伯耶克纳斯定理,不可压理想流体一元流动。

(五) 不可压理想流体平面势流(6学时)

包括平面流动的流函数及其性质,不可压流体平面流动的流函数方程、不可压理想流体平面无旋流动速度势和流函数的关系,不可压理想流体平面无旋流动的复势与复速度,无旋流动的空间源场和偶极子场,简单流动的速度势和流函数及复势,定常绕流的物体受力。

(六) 粘性流体动力学基础(4学时)

包括粘性流体动力学的基本方程,不可压缩粘性流体的层流流动,流动稳定性与转捩,湍流与混沌。

(七) 湍流基本理论(8学时)

包括湍流的描述方法,湍流的基本方程,一阶封闭湍流模型,二阶封闭湍流模型,二阶封闭湍流模型的变异,大涡模拟和直接数值模拟。

第二部分 空气动力学

(一) 绪论(2学时)

包括空气动力学研究的基本任务,空气动力学的发展概况,空气动力学的分类,空气动力学的研究方法,我国空气动力学研究发展概述

(二) 高速可压流简介(4学时)

包括热力学基础知识,音速和马赫数,小扰动影响区的划分;马赫锥,马赫波,膨胀波,激波,高速可压流附面层的基本概念。

(三) 翼型的气动特性(6学时)

包括翼型的几何参数,翼型的空气动力系数,高速翼型气动特性概述,库塔-茹科夫斯基后缘条件;环量的确定,任意翼型位流解法,薄翼型理论,厚翼型理论,实用翼型的气动特性。

(四) 机翼高速气动特性(6学时)

包括机翼的几何参数,机翼的空气动力系数,大展弦比直机翼的气动特性,后掠翼的低速气

动特性,小展弦比直机翼的气动特性,机翼低速气动特性的工程计算。

(五) 激波与膨胀波(12学时)

讲授弱扰动在介质中的传播;区分膨胀波和激波;讲授激波的形成和传播,激波前后的气动参数、激波前后的气动参数关系;讲授激波和膨胀波的反射和相交示意图。

(六) 高速一维管道流动(10学时)

变截面管流、收缩喷管、拉伐尔喷管、等截面一元摩擦管流、等截面一元定常换热管流的基本流动特征。

七、考核要求

作业:30道题左右、按时交作业,占20%;

撰写摘要:占10%;平时成绩:平时测验2次,占10%;

期末考试:占60%。

八、编写成员名单

刘全忠(哈尔滨工业大学)、王洪杰(哈尔滨工业大学)、吴健(哈尔滨工业大学)、李德友(哈尔滨工业大学)、韩磊(哈尔滨工业大学)、宫汝志(哈尔滨工业大学)

02 传热学理论及工程应用

一、课程概述

本课程是工程传热学的后续课程,使学生在完成工程传热学课程后继续深入学习、研究热量传递现象,掌握分析热量传递的深层规律和方法,培养学生的创新思维能力;提高分析、解决复杂热量传递问题的能力。本课程是能源动力及其相关学科硕士和博士研究生的必选课程。

二、先修课程

工程传热学、工程热力学、流体力学。

三、课程目标

1. 使学生深入了解工程传热学与科学研究和生产技术之间的关系,了解工程传热学的前沿研究方向,开展与工程传热学热相关的科学研究,促进全面素质的提高。

2. 帮助学生获得热量传递的高深知识,把握学科发展前沿,深入了解传热学的物理机理,掌握分析热量传递现象的深层规律和方法,培养学生的创新思维能力。

3. 通过对热量传递的三种基本方式的深入学习,进一步提高学生分析、解决复杂热量传递问题的能力。

四、适用对象

适用于能源动力类专业学位研究生。

五、授课方式

课堂讲授,辅助于图片、视频等方式进行展示,以深入理解物理现象,结合数值计算软件(ANSYS, MATLAB 等)进行补充教学。

六、课程内容

主要内容包括以下方面:

第一章 导热的理论基础

- 1.1 导热基本定律
- 1.2 各向异性材料中的导热
- 1.3 导热问题的求解方法

第二章 导热问题的分析解

- 2.1 分离变量法
- 2.2 拉普拉斯变换法
- 2.3 格林函数法

第三章 导热问题的积分解

- 3.1 导热方程的积分形式
- 3.2 稳态导热问题的积分求解
- 3.3 非稳态导热问题的积分求解

第四章 具有移动边界的导热

- 4.1 概述
- 4.2 一维液固相变导热的准稳态分析
- 4.3 液固相变问题的精确解
- 4.4 液固相变导热的积分解

第五章 外掠物体层流对流换热

- 5.1 边界层方程
- 5.2 尺度分析方法
- 5.3 外掠平板对流换热的相似解
- 5.4 外掠平板对流换热的积分解
- 5.5 考虑粘性耗散的外掠平壁对流

第六章 管道内层流流动换热

- 6.1 充分发展段层流对流换热
- 6.2 热进口段层流对流换热
- 6.3 内流流动及换热的优化

第七章 湍流对流换热

- 7.1 湍流边界层概念
- 7.2 混合长度模型
- 7.3 湍流对流换热求解

第八章 自然对流

- 8.1 自然对流边界层及尺度分析
- 8.2 自然对流换热的相似解
- 8.3 自然流换热的积分解

第九章 汽液相变换热

- 9.1 沸腾曲线
- 9.2 大容器沸腾传热
- 9.3 流动沸腾传热
- 9.4 凝结换热
- 9.5 膜状凝结分析解
- 9.6 热管及应用

第十章 热辐射基本概念

- 10.1 辐射及热辐射
- 10.2 黑体辐射
- 10.3 非黑体的热辐射

第十一章 非透明固体表面的热辐射性质

- 11.1 概述
- 11.2 发射率、吸收率与光谱发射率、光谱吸收率的关系
- 11.3 方向性
- 11.4 选择性
- 11.5 表面状态的影响
- 11.6 温度的影响
- 11.7 表面的反射特性
- 11.8 固体表面热辐射特性的电磁理论简介

第十二章 角系数

- 12.1 概述
- 12.2 角系数的定义及解析式
- 12.3 角系数的代数性质
- 12.4 代数分析法
- 12.5 角系数的积分求解法
- 12.6 角系数的微分求解法
- 12.7 其他方法

第十三章 表面间的辐射换热计算

- 13.1 概述

- 13.2 净热量法
- 13.3 杰勃哈特法
- 13.4 网络法
- 13.5 射线踪迹法
- 13.6 计算方法的近似性
- 13.7 辐射积分方程解法简介
- 13.8 非漫、灰表面辐射换热计算的特点
- 第十四章 工程中一些表面辐射换热计算特点
- 14.1 工业炉辐射换热计算特点
- 14.2 空腔辐射特性
- 14.3 通道的辐射传递
- 14.4 热辐射肋片
- 14.5 天空辐射
- 14.6 红外辐射加热技术
- 14.7 用对流与辐射能量转化来增强换热的技术

■重点:导热问题的分离变量法及拉普拉斯变换法、导热问题的积分解、具有移动边界的导热、对流换热现象的理解、对流换热的分析方法、对流换热的理论求解方法、辐射传热理论、表面间辐射换热的计算及其在工程中的应用。

■难点:导热问题的分离变量法、一维液固相变导热的准稳态分析、液固相变问题的精确解、对流换热的积分解、对流换热的相似解、湍流对流换热求解、辐射传热概念、角系数的计算、辐射网络图和计算、空腔辐射特性、天空辐射、红外辐射加热技术。

七、考核要求

平时成绩(含作业)占 20%~30%,正规考试(可以是开卷方式)占 70%~80%。

八、编写成员名单

邬田华(华中科技大学)、杨昆(华中科技大学)、李小波(华中科技大学)

03 工程热力学理论及应用

一、课程概述

本课程是工程热力学课程的延伸、拓展、扩大与深化。内容主要包括热力学的基本概念、热力学第一定律、热力学第二定律、热力学第三定律、实际气体状态方程与热力性质、气体流动热力学、多组分系统热力学、特殊系统热力学和不可逆过程热力学等。

二、先修课程

工程热力学。

三、课程目标

课程注重以学生为本:站在学生的角度、考虑学生的知识面和理解能力,通过不同的工程案例或者示例深入浅出进行讲解,紧紧抓住学生专业学习的动力点,锻炼和提高学生获取知识的能力。

四、适用对象

适用能源与动力类别专业学位研究生。

五、授课方式

课堂讲授为主,结合分组讨论、教学科研并用软件、阶段性小论文汇报等形式。

六、课程内容

第一章 热力学基础

- 1.1 经典热力学的发展简况
- 1.2 由宏观热力学到微观热力学的发展
- 1.3 由平衡态到非平衡态热力学理论的进展
- 1.4 以稳定平衡定律为基础的热力学体系

第二章 熵与能量的可用性

- 2.1 热力学第二定律
- 2.2 熵增原理
- 2.3 能量的可用性
- 2.4 可用能损失
- 2.5 以最小熵产为原则的优化设计

第三章 热力学函数及其应用

- 3.1 偏微分基础与函数行列式
- 3.2 热力学特征函数与麦克斯韦关系式
- 3.3 热系数与稳定平衡判据
- 3.4 比热容的普遍关系式
- 3.5 热力学能、焓、熵的普遍关系式
- 3.6 简单弹性系统
- 3.7 含表面张力的热力学系统
- 3.8 简单磁系统

第四章 实际气体性质及热力过程

- 4.1 实际气体及其与理想气体之间的差异

- 4.2 实际气体纯物质的热力学曲面图
- 4.3 常用的实际气体状态方程式
- 4.4 实际气体热力过程分析
- 4.5 实际气体混合物的 $p-V-T-x$ 关系
- 4.6 克拉贝龙方程与蒸汽压方程

第五章 多组分系统的热力学性质

- 5.1 化学势
- 5.2 偏摩尔参数
- 5.3 逸度
- 5.4 溶剂

第六章 多组分系统的复相平衡

- 6.1 多相系统的热力学方程
- 6.2 含表面层的汽液相平衡
- 6.3 二元汽液系统
- 6.4 具有共沸点的混合物
- 6.5 相律
- 6.6 二元混合物的平衡与稳定
- 6.7 沸点升高与凝固点降低

第七章 气体流动的热力学

- 7.1 气体流动的基本概念
- 7.2 理想气体的定常等熵流
- 7.3 实际工作中的喷管
- 7.4 等截面管道中有摩擦的流动
- 7.5 等截面管道中有热交换的流动

第八章 低温下的热力学

- 8.1 获得低温的方法
- 8.2 液体蒸发制冷系统
- 8.3 氮的特性及氮稀释制冷机
- 8.4 顺磁性固体与磁制冷器
- 8.5 超导现象
- 8.6 热力学第三定律

第九章 不可逆过程热力学简介

- 9.1 局域平衡假设
- 9.2 熵产率
- 9.3 线性唯象方程式
- 9.4 昂色格倒易定律
- 9.5 不可逆过程热力学应用举例

■重点:热力学理论由宏观热力学到微观热力学、平衡态热力学向非平衡态热力学方面的进

展、熵增原理、偏微分基础与函数行列式、热力学能、焓、熵的普遍关系式、实际气体混合物的 $p-V-T-x$ 关系、偏摩尔参数、逸度、多相系统的热力学方程、范诺流与瑞丽流、昂色格倒易定律。

■ 难点: 熵增原理、麦克斯韦关系式的应用、实际气体混合物的 $p-V-T-x$ 关系、多相系统的热力学方程、二元混合物的平衡与稳定、均匀混合物系的吉布斯方程与欧拉方程、多相系统的热力学方程、范诺流与瑞丽流、线性唯象方程式、昂色格倒易定律。

七、考核要求

以开卷考试为主, 结合小论文形式。

八、编写成员名单

许国良(华中科技大学)

04 工程燃烧学及煤的清洁利用技术

一、课程概述

本课程是能源动力工程类别专业学位硕士研究生的核心课程, 课程主要讲授各类燃烧反应过程中的流动、传热、传质和化学反应及其相互作用的现象和理论, 课程内容包括化学热力学、化学动力学和反应器理论、多组分反应系统的守恒方程、预混气体的着火与灭火、气体的层流火焰、预混气体的爆震波和缓燃波、液体燃料燃烧理论、煤的燃烧理论等。

通过课程学习, 使学生深刻认识燃烧机理、掌握燃烧的研究方法, 能够分析和研究燃烧问题, 通过理论联系实际、教学和科研结合完成学生知识积累的同时, 培养学生的工程观念和创新能力。同时使学生了解并积累先进的高效燃煤发电和升级改造技术, 煤气化/液化技术, 煤基多联产能源系统技术等专业知识, 熟识国家能源发展战略, 并能够站在能源动力领域的高度和广度融会贯通, 提升知识的应用与创新能力。

二、先修课程

工程热力学、工程流体力学、传热学、燃烧学。

三、课程目标

了解或掌握国家能源发展战略、国家环境保护形势及煤炭清洁高效利用方向的发展历史、主要研究成果、前沿研究重点、应用领域、行业动态, 提高决策与判断能力。通过课程学习, 使学生掌握气体、液体和固体燃料燃烧的基础理论, 培养学生分析和求解简单燃烧模型问题的能力, 使学生建立工程意思, 能够对工程实际的燃烧现象和燃烧问题进行分析。

要求学生用化学热力学和反应动力学的理论分析燃烧问题,掌握相关计算方法。掌握气体、液体和固体燃料燃烧的经典燃烧学理论和研究方法,能够初步分析燃烧设备的工程应用问题。

四、适用对象

适用于全日制动力工程领域工程硕士专业学位研究生。

五、授课方式

课程利用多媒体手段,燃烧理论的难点、重点问题和技术应用的讲解中借助示意图、动画或录像等形式,使讲授形象、具体。

课堂教学采用启发式教学,加强课堂上师生互动,调动学生参与教学过程,提高学生的主动性和积极性。在气体燃烧、液体燃烧和煤粉低氮燃烧技术专题安排课堂讨论,结合工程实际问题,使学生自己分析并提出技术方案及工程建议,并组织学生讨论,分析技术上、经济上及实施上的可行性,提高学生分析问题、解决问题的能力意识,培养学生的工程观念。

六、课程内容

第一章 导论(2学时)

- (1) 燃烧的工程应用及面临的问题
- (2) 燃烧科学的发展简史
- (3) 燃烧科学的研究方法
- (4) 高等工程燃烧学课程内容介绍
- (5) 课程考核方法介绍

第二章 化学热力学(4学时)

- (1) 反应焓、生成焓、高温平衡条件下的绝热燃烧温度及其计算
- (2) 吉布斯自由能和亥姆霍兹自由能
- (3) 自由能和反应焓的关系
- (4) 理想气体状态方程及其适用条件的回顾、实际气体燃烧中出现的状态方程简化

第三章 化学动力学和反应器理论(6学时)

- (1) 阿累尼乌斯定律反应速率方程的分子动理学解释——二元碰撞理论
- (2) 多步反应机理的反应速率
- (3) 本征活化能和表观活化能及其区别、本征反应过程及与流动耦合的反应过程
- (4) 化学反应器理论:定压定质量反应器、定容定质量反应器、全混流反应器、柱塞流反应器、应用理想反应器模型构造复杂反应器模型
- (5) 化学动力学软件 CHEMKIN 的应用

第四章 多组分反应系统的守恒方程(4学时)

- (1) 多元组分系统的扩散系数、扩散方程
- (2) 三维系统下多元组分燃烧的一般方程组及其定解条件
- (3) 泽尔多维奇变换、广义雷诺比拟、非均相燃烧的相界面无迁移假设及其误差分析

- (4) 典型一维多组分系统的守恒方程及其定解条件
- (5) 二维反应边界层的控制方程及其化学动力学
- (6) 有表面反应的层流边界层流动

第五章 预混气体的着火与灭火(4 学时)

- (1) 着火条件、着火的热自燃理论
- (2) 非稳态分析方法(谢苗诺夫非稳态分析法)
- (3) 稳态分析方法(Frank-kamenetsky 的稳态分析法)
- (4) 开口系统的热自燃分析
- (5) 点燃理论(零值边界梯度法、电火花点燃理论、热气流点燃理论)
- (6) 简单开口系统的着火灭火分析

第六章 气体的层流火焰(8 学时)

- (1) 层流预混火焰的热理论、综合性理论以及扩散理论
- (2) 层流预混火焰稳定性
- (3) 层流扩散火焰
- (4) 气体燃烧技术应用案例

第七章 预混气体的爆震波和缓燃波(4 学时)

- (1) 爆震波和缓燃波的概念及其产生机理定性分析
- (2) 雨果尼奥曲线的导出及其物理意义分析
- (3) 爆震波的结构
- (4) 可燃气中缓燃波转变为爆震波的机理
- (5) 爆震极限

第八章 液体燃料燃烧理论(6 学时)

- (1) 液滴的蒸发和燃烧理论
- (2) 液雾燃烧基础
- (3) 液体燃烧技术应用案例

第九章 煤的燃烧理论(10 学时)

- (1) 煤的着火理论
- (2) 非均相反应
- (3) 碳的燃烧(单膜模型和双膜燃烧模型)
- (4) 煤粉低氮燃烧技术应用案例

第十章 煤的高效清洁燃烧发电技术

- (1) 先进高效煤燃烧发电技术基础
- (2) 煤燃烧与污染物生成
- (3) 原煤净化技术
- (4) 硫化物控制技术
- (5) 氮氧化物控制技术
- (6) 除尘技术
- (7) 有机污染物、重金属及汞控制技术

(8) CO₂ 控制技术

(9) 超低排放多污染物联合控制技术

■重点:先进燃煤发电技术原理、污染物生成、危害及抑制原理、超低排放形势下燃煤发电多污染物联合控制技术。

■难点:先进燃煤发电技术的主要手段,污染物控制及超低排放控制技术路线的选择。

第十一章 煤高效气化技术

(1) 煤气化反应基本原理

(2) 气化反应动力学

(3) 煤催化气化技术

(4) 干法气流床煤的气化

(5) 水煤浆气化

(6) 地下煤气化

(7) 煤制天然气/芳烃/氢气技术

■重点:煤气化反应原理及反应动力学,不同气化方式的优势及局限性。

■难点:煤气化技术应用中面临的关键问题。

第十二章 煤的高效清洁液化技术(8学时)

(1) 煤液化反应机理

(2) 煤的液化特性

(3) 催化液化反应机理

(4) 煤直接液化技术

(5) 煤间接液化技术

(6) 煤催化液化技术

■重点:煤液化反应原理及反应特性,不同液化方式的优势及局限性。

■难点:煤液化技术应用中面临的关键问题。

第十三章 新型煤炭高效清洁利用技术(4学时)

(1) 超超临界发电技术(USC)

(2) 富氧燃烧技术(OFC)

(3) 增压流化床联合循环(PFBC)

(4) 整体煤气化-燃料电池(IGMFC)

(5) 超临界 CO₂ 循环发电技术(SCO₂)

(6) 整体煤气化蒸汽-燃气联合循环(IGCC)

■重点:各新型发电技术原理、发展历史、应用领域、典型工程、未来前景等。

■难点:各新型发电技术应用的优势与局限性。

七、考核要求

采用期末考试和课程报告,期末考试为闭卷考试,试卷总分 100 分,占总成绩 50%;课程报告及答辩总分 100 分,占总成绩的 50%。

八、编写成员名单

刘辉(哈尔滨工业大学)、姚洪(华中科技大学)、胡松(华中科技大学)

05 能源利用原理与节能技术

一、课程概述

本课程是能源动力工程类别专业学位硕士研究生的核心课程。主要介绍能源利用原理与节能技术,阐述中国的能源发展战略,常规能源利用原理,清洁能源以及新能源、可再生能源的发展前景,各种先进节能技术等。通过本课程的学习,全面了解各种能源利用系统、节能技术基本原理,为今后从事能源技术和能源管理研究工作打下基础。达到强化能源基础知识,了解能源领域的新技术和新动向,提高节能意识的目的。通过学习可拓宽学生的知识面,培养综合分析问题的能力。

二、先修课程

具有能源与动力工程、新能源科学与工程、核工程与核技术等专业及相关专业本科基础理论与专业知识。

三、课程目标

- (1) 了解和掌握能源利用的基本原理与技术、主要研究成果、前沿研究重点、应用领域等。
- (2) 了解和掌握各种先进的节能技术、重点领域节能技术。
- (3) 培养专业兴趣,结合实践,提高创新能力。

四、适用对象

适用于能源动力类专业学位硕士研究生。

五、授课方式

本课程教学组织形式可以采用课堂理论教学、讨论课、课程作业等多种形式,使学生在掌握全球能源发展现状的基础上,了解能源问题在人类社会发展和进步过程中的重要性,了解目前全球的能源发展的动态和趋势。在教与学过程中注重培养学生的创新思维和创新能力和自学能力和语言表达能力。

六、课程内容

能源利用原理与节能技术课程主要包括八个方面的内容,每个方面安排4学时,共计32

学时。

第一章 引言

第一节 能源形势

第二节 能源与环境

第三节 能源在社会可持续发展中的作用

第二章 常规能源的利用

第一节 煤炭

第二节 石油

第三节 天然气

第四节 水能

第五节 二次能源

第三章 新能源的开发和利用

第一节 核能

第二节 太阳能

第三节 风能

第四节 地热能

第五节 海洋能

第六节 生物质能

第七节 氢能

第四章 节能技术

第一节 节能概述

第二节 先进的节能技术

第三节 热能、电能利用节能技术

第四节 重点领域节能技术

■重点与难点:能源与环境的基本概况,能源开发和利用对环境的影响,以及能源消费与环境保护的关系;常规能源利用的现状、问题及解决方案;可再生能源的特点,新能源与传统能源如何相互依存;从管理层面、技术层面、经济层面和环保和可持续发展层面对节能减排的迫切要求的深刻理解。

七、考核要求

考试方式是开卷;课程成绩评分包括平时作业和期末论文两部分,所占考核比例分别为50%。

八、编写成员名单

姚洪(华中科技大学)、张立麟(华中科技大学)、舒水明(华中科技大学)、成晓北(华中科技大学)

06 电网络分析

一、课程概述

本课程是研究电网络基本规律及其计算方法的科学,是电工、电子科学和技术的重要理论。主要内容有:(1) 网络元件和网络的基本性质,介绍容许信号偶和基本元件组,各类元件,新型元件及网络的性质。(2) 网络图论和网络方程,含网络的图和图论基本知识,分析网络的各种方法。(3) 网络函数,介绍多端口网络的网络函数及不定导纳矩阵法。(4) 网络分析的状态变量法。(5) 线性网络的信号流图分析法,含信号流图的变换规则,Mason 公式及线性网络的 SFG 分析。(6) 灵敏度分析,含几种分析灵敏度的方法。

二、先修课程

电路原理。

三、课程目标

使学生掌握电网络基本规律及其计算方法。主要使学生掌握以下方面的知识和能力:

- (1) 学习课掌握网络元件和网络的基本性质,包括容许信号偶和基本元件组,各类元件,新型元件及网络的性质。
- (2) 学习和掌握网络的图和图论基本知识,掌握用网络图论和网络方程分析网络的各种方法。
- (3) 了解和掌握多端口网络的网络函数及不定导纳矩阵法的概念和运用方法。
- (4) 掌握状态变量法分析网络的基本原理和过程。
- (5) 掌握线性网络的信号流图分析法,含信号流图的变换规则,Mason 公式及线性网络的 SFG 分析。
- (6) 学习和掌握电网络的灵敏度分析,含几种分析灵敏度的方法。

四、适用对象

电气工程研究生。

五、授课方式

课堂讲授。

六、课程内容

(一) 内容提纲

第一章 电阻性网络分析(6 学时)

1.1 电路基本电路变量

1.2 电路元件

1.3 电路基本定理

1.4 电路等效变换

1.5 电路方程分析法

1.6 网络定理

第二章 动态电网络的时域分析(6~8 学时)

2.1 电容与电感元件

2.2 一阶电路

2.3 二阶电路

第三章 正弦稳态电网络分析(12 学时)

3.1 正弦量与相量

3.2 正弦稳态电路分析

3.3 相量图分析法

3.4 瞬时功率和平均功率

3.5 视在功率和功率因数

3.6 复数功率与功率守恒

3.7 最大功率传输定律

3.8 功率因数提高

3.9 正弦稳态电路的频率响应

第四章 三相电路(4 学时)

4.1 对称三相电路基本概念

4.2 对称三相电路分析

4.3 简单不对称电路分析

4.4 对称三相电路的功率

第五章 含有磁耦合的电网络分析(4 学时)

5.1 互感现象及其电路模型

5.2 线性变压器电路模型

5.3 理想变压器电路模型

第六章 非正弦周期电流电网络分析(4~6 学时)

6.1 非正弦周期信号与傅里叶级数

6.2 有效值与平均功率

6.3 非正弦周期电流电路计算

6.4 对称三相电路中的高次谐波

第七章 网络图论与电网的矩阵方程(4 学时)

7.1 图论基本概念

7.2 关联矩阵、回路矩阵、割集矩阵

7.3 电网络的矩阵方程

第八章 线性动态电网络的复频域分析(4~6 学时)

8.1 拉普拉斯变换与反变换

8.2 运算电路

8.3 网络函数

第九章 二端口网络(4~6 学时选讲)

9.1 二端口网络的参数

9.2 二端口网络的联结

(二) 主要知识点

网络元件和网络的基本性质,图和图论基本知识,多端口网络的网络函数,状态变量法分析网络的基本原理,线性网络的信号流图分析法,电网络的灵敏度分析。

(三) 重点和难点

掌握用网络图论和网络方程分析网络的各种方法,状态变量法分析网络的基本原理和过程,线性网络的信号流图分析法,电网络的灵敏度分析方法。

七、考核要求

闭卷考试。

八、编写成员名单

李新(重庆大学)

07 高等工程电磁场

一、课程概述

本课程是为电气工程一级学科研究生准备的一门基础课程,是本科电磁场与波课程的延续和深化,进一步阐述电磁场的重要原理,学习电磁场的分析方法和技术,结合工程实际深化对电磁场基本概念的认识和运用,为开展相关领域的科研提供支撑。通过本课程学习,研究生能够:(1) 深化对电磁场基础理论的理解;(2) 进一步学习电磁场理论的一些重要定理和原理,如坡印廷定理、唯一性定理、镜像原理、互易定理、等效原理等,这些定理和原理对于复杂电磁问题的分析至关重要;(3) 学习静态场和准静态场(静电场与电流场、恒定磁场、永磁问题、瞬态场及涡流场等)的各种求解方法,如解析法(如镜像法、分离变量法、格林函数法、复变函数法等),数值法(如有限差分法、模拟电荷法、边界元法等)和半解析法;(4) 结合工程实际,讨论电磁场的能量、功率和力以及各种电路参数的电磁本质和计算方法,深化对电磁场基本概念的认识和运用;(5) 学习复杂工程电磁场问题的高效建模技术与分析方法。

二、先修课程

数学物理方程、大学物理、电磁场与波。

三、课程目标

本课程是在本科电磁场与波课程的基础上进一步阐述电磁场的重要原理,掌握电磁场的分析方法和技术,结合工程实际深化对电磁场基本概念的认识和运用。

四、适用对象

电气工程专业硕士研究生。

五、授课方式

课堂讲授。

六、课程内容

(一) 内容提纲

第一章 基本电磁理论(4学时)

- (1) 电磁场的场与源
- (2) 电磁场基本方程组
- (3) 电磁场的位函数及其支配方程
- (4) 电磁场的边界条件

第二章 稳态场与似稳态场(8学时)

- (1) 静电场与恒定电流场
- (2) 恒定磁场、永磁问题
- (3) 瞬态场
- (4) 时谐涡流场
- (5) 运动导体问题

第三章 边值问题求解方法(12学时)

- (1) 边值问题与唯一性定理
- (2) 分离变量法与正交函数展开
- (3) 复变函数法
- (4) 有限差分法与有限元法
- (5) 格林函数与边界元法
- (6) 模拟电荷法
- (7) 电位与磁位的多极子展开

第四章 电磁定理与原理(8学时)

- (1) 时变场唯一性定理
- (2) 互易原理

- (3) 等效源原理
- (4) 相似原理
- (5) 电磁定理的应用:复杂电磁问题建模示例

第五章 电磁能量、功率与电磁力(8学时)

- (1) 电磁储能
- (2) 坡印廷定理
- (3) 电阻、电感与电容的能量本质
- (4) Maxwell 电磁力

(二) 主要知识点

电磁场理论的重要定理和原理,静态场和准静态场的各种求解方法,电磁场的能量、功率和力以及各种电路参数的电磁本质和计算方法,电磁场问题的高效建模技术与分析方法。

(三) 重点、难点

对电磁场基础理论的深刻理解;利用重要定理和原理对于复杂电磁问题的分析方法,工程中电磁场的能量、功率和力以及各种电路参数的电磁本质和计算方法,复杂工程电磁场问题的高效建模技术与分析方法。

七、考核要求

闭卷考试。

八、编写成员名单

陈德智(华中科技大学)、谭萍(华中科技大学)

08 现代功率变换技术

一、课程概述

本课程讲授功率变换技术中脉宽调制(PWM)理论和技术、各种新型的功率变换电压原理及应用,如高频开关直流电源,多电平功率变换电路原理及应用等新技术,针对现代电力电子技术的发展特点,抓住现代电力电子技术研究的热点问题,讲述各种变换电路基本原理、电路拓扑、控制与设计以及在工程中的应用案例等。

学生通过本课程的学习,基本掌握现代功率变换技术的研究概况以及相关应用,为从事现代电力电子技术的应用研究打下基础。并通过案例分析、学术讨论、论文写作等教学方式激发学生的思考问题、解决问题的能力,培养其创新意识。

二、先修课程

电力电子技术、自动控制原理、电力拖动自动控制系统。

三、课程目标

使学生掌握现代功率变换技术的研究概况以及相关应用,为从事现代电力电子技术的应用研究打下基础。并通过案例分析、学术讨论、论文写作等教学方式激发学生的思考问题、解决问题的能力,培养其创新意识。

四、适用对象

电气工程专业研究生。

五、授课方式

课堂讲授。

六、课程内容

(一) 内容提纲

绪论 现代功率变换技术的发展前景及应用 (3 学时)

第一章 DC/DC 变换电路 (共 8 学时)

1. 直接型变换电路原理、间接型变换电路原理 (2 学时)

2. 直流 PWM 控制技术 (2 学时)

3. 案例分析 (4 学时)

(1) 四象限 PWM 直流调速系统分析

(2) 功率因数校正技术

(3) 光伏发电技术应用(学生参与讲解与讨论)

第二章 PWM 整流电路(AC/DC) (共 4 学时)

1. PWM 整流拓扑结构及工作原理(学生参与讲解讨论) (2 学时)

2. 案例分析:四象限变频器原理及应用 (2 学时)

第三章 PWM 逆变电路(DC/AC) (共 16 学时)

1. 两电平逆变拓扑结构及工作原理 (2 学时)

2. SPWM 逆变技术、SVPWM 逆变技术 (4 学时)

3. 多电平逆变电路拓扑结构及工作原理(包含二极管钳位、飞跨电容,H 级联,MMC 结构等) (4 学时)

4. 案例分析 (6 学时)

(1) 有源滤波器技术原理及应用(包含瞬时功率理论)

(2) 静止功率发生器原理及应用(学生参与讲解讨论)

第四章 AC/AC 变换电路 (共 7 学时)

1. 交流调压电路原理及应用(学生参与讲解与讨论) (2 学时)

2. 矩阵时变频器原理及应用 (2 学时)

3. 外聘校外专家讲座:功率变换技术在轨道交通中应用 (3 学时)

(二) 主要知识点

新型的功率变换电压原理及应用变换电路基本原理、电路拓扑、控制与设计以及在工程中的应用案例等。

(三) 重点、难点

现代功率变换技术的研究概况以及相关应用,功率变换电压原理及应用变换电路基本原理、电路拓扑、控制与设计方法。

七、考核要求

闭卷考试。

八、编写成员名单

郑征(河南理工大学)

09 电力系统分析与计算

一、课程概述

本课程包括电力系统稳态分析和电力系统暂态分析两部分。电力系统稳态分析主要包括:电力系统潮流计算、电力系统状态估计、电力系统静态安全分析、高压直流输电与柔性交流输电系统等。电力系统暂态分析主要包括:电力系统复杂故障分析,电力系统元件的动态特性和数学模型、电力系统电磁暂态过程分析、电力系统暂态稳定性分析、电力系统静态稳定性分析、电力系统次同步谐振分析和电力系统电压稳定性分析等。

二、先修课程

电力系统稳态分析、电力系统暂态分析、最优化技术、矩阵论、数理统计、数值分析。

三、课程目标

课程是电气工程专业的研究生学位课程,主要讲授电力系统分析的基本理论和计算方法。通过本课程的学习,可以为研究生学习后续课程和科学研究以及今后从事相关工作奠定理论基础。

四、适用对象

电气工程专业研究生。

五、授课方式

课堂讲授。

六、课程内容

(一) 内容提纲

第一章 电力网络的数学模型及求解方法

- 1.1 基础知识
- 1.2 节点导纳矩阵
- 1.3 电力网络方程求解方法
- 1.4 节点阻抗矩阵

第二章 电力系统潮流计算

- 2.1 概述
- 2.2 潮流计算问题的数学模型
- 2.3 潮流计算的牛顿法
- 2.4 潮流计算的 P-Q 分解法
- 2.5 静态安全分析及补偿法
- 2.6 静态安全分析的直流潮流法
- 2.7 静态安全分析的灵敏度法

第三章 电力市场环境下的电力系统稳态分析

- 3.1 概述
- 3.2 电力系统最优潮流
- 3.3 最优潮流在电力市场中的应用
- 3.4 潮流追踪问题
- 3.5 输电系统可用传输能力

第四章 高压直流输电与柔性输电

- 4.1 概述
- 4.2 直流输电的基本原理与数学模型
- 4.3 交直流混联系统的潮流计算方法
- 4.4 直流输电系统的动态数学模型
- 4.5 柔性输电的基本原理与装置的数学模型
- 4.6 含柔性输电元件的电力系统潮流控制及潮流计算

第五章 发电机组与负荷的数学模型

- 5.1 概述
- 5.2 同步电机的数学模型
- 5.3 发电机励磁系统的数学模型
- 5.4 原动机及调速系统的数学模型
- 5.5 负荷的数学模型

第六章 电力系统暂态稳定分析

- 6.1 概述
- 6.2 暂态稳定分析数值求解方法

- 6.3 暂态稳定分析的网络数学模型及其求解方法
- 6.4 简单模型下的暂态稳定分析
- 6.5 含有 FACTS 的复杂模型暂态稳定分析
- 6.6 暂态稳定分析的直接法

第七章 电力系统小干扰稳定分析

- 7.1 概述
- 7.2 电力系统动态元件的线性化方程
- 7.3 小干扰稳定分析的步骤
- 7.4 小干扰稳定分析的特征值问题
- 7.5 电力系统的振荡分析
- 7.6 大规模电力系统小干扰稳定分析的特殊方法

第八章 电力系统的电压稳定性分析

- 8.1 概述
- 8.2 电压不稳定现象及其物理解释
- 8.3 复杂系统电压稳定性分析的数学模型
- 8.4 复杂系统的电压稳定性分析
- 8.5 电压稳定性分析方法讨论和展望

(二) 主要知识点

电力系统潮流计算、电力系统状态估计、电力系统静态安全分析、高压直流输电与柔性交流输电系统,电力系统复杂故障分析,电力系统元件的动态特性和数学模型、电力系统电磁暂态过程分析、电力系统暂态稳定性分析、电力系统静态稳定性分析、电力系统次同步谐振分析和电力系统电压稳定性分析等。

(三) 重点、难点

电力系统状态估计、电力系统复杂故障分析,电力系统电磁暂态过程分析、电力系统暂态稳定性分析、电力系统次同步谐振分析和电力系统电压稳定性分析等。

七、考核要求

闭卷考试。

八、编写成员名单

王韶(重庆大学)、赵霞(重庆大学)

10 先进核反应堆设计

一、课程概述

本课程重点针对核能发展面临的安全性、经济性、可持续发展性及核不扩散问题,开展下一代核反应堆概念设计与开发,包括堆芯概念设计、系统设计、安全分析、经济性分析及核燃料循环策略等,涉及反应堆物理、反应堆热工水力、反应堆安全分析及核燃料循环分析等多个领域的专业知识,课程将学生分为若干组针对某种特定堆型进行概念设计,通过完成整个设计过程的实践,加深对先进核反应堆设计的理解,提升工程实践能力。

二、先修课程

中子输运理论与数值方法、核反应堆热工数值计算方法、核电厂瞬态数值方法与安全分析。

三、课程目标

使学生针对核能发展面临的安全性、经济性、可持续发展性及核不扩散问题,掌握下一代核反应堆概念设计与开发,包括堆芯概念设计、系统设计、安全分析、经济性分析及核燃料循环策略等。

四、适用对象

核能科学与工程专业。

五、授课方式

课堂讲授。

六、课程内容

(一) 内容提纲

第一章 绪论

- 1.1 概述
- 1.2 动力反应堆的类型
- 1.3 动力反应堆的发展趋势
- 1.4 动力反应堆各系统的功能
- 1.5 动力反应堆设计法规、标准和质量保证
- 1.6 设计步骤和主参数选择

第二章 反应堆材料

- 2.1 材料的辐照效应
- 2.2 核燃料

2.3 慢化剂材料

2.4 冷却剂材料

2.5 结构材料

2.6 控制材料

第三章 反应堆物理

3.1 概述

3.2 链式反应和裂变能

3.3 分群扩散方程的建立

3.4 中子能谱和群常数

3.5 分群扩散理论本征值问题的解

3.6 一维分群扩散方程的数值解

3.7 多维分群扩散方程的数值解

3.8 堆芯功率分布

3.9 堆芯燃耗和中毒

3.10 反应性系数

3.11 反应性控制

3.12 堆内燃料管理

3.13 核反应堆动力学

第四章 反应堆辐射屏蔽

4.1 概述

4.2 γ 射线与物质的相互作用

4.2.1 γ 射线与物质相互作用的主要过程

4.2.2 γ 截面与衰减系数

4.3 中子与物质的相互作用

4.4 辐射单位和辐射防护标准

4.5 反应堆及其主回路系统的辐射源

4.6 核电厂辐射屏蔽

4.7 γ 射线屏蔽计算

4.8 中子屏蔽计算

4.9 反应堆屏蔽设计

第五章 堆内热量的产生与传输

5.1 堆内热量的产生

5.2 燃料元件的径向导热

5.3 燃料元件包壳表面到冷却剂的传热

5.4 沿冷却剂通道的输热

5.5 燃料元件及冷却剂的轴向温度分布

第六章 流体动力学

6.1 单相流的压降

6.2 两相流的压降

6.3 流量计算

6.4 流量分配

6.5 流动不稳定性

第七章 反应堆稳态热工设计

7.1 概述

7.2 热通道因子和热点因子

7.3 流动沸腾的临界热流密度 q_{DNB} 与最小烧毁比 MDNBR

7.4 单通道模型

7.5 子通道模型

7.6 蒸汽发生器内的传热

第八章 压水堆本体结构

8.1 堆芯结构

8.2 堆内构件

8.3 反应堆压力容器

8.4 控制棒驱动机构

第九章 应力分析原理

9.1 载荷和应力

9.2 应力和应变

9.3 延性和脆性

9.4 热应力

9.5 疲劳破坏

9.6 蠕变

9.7 应力腐蚀

9.8 材料的失效形式

9.9 构件含裂纹时的断裂判据

第十章 核容器设计

10.1 应力分类和评定准则

10.2 薄壁容器的应力分析和强度设计

10.3 厚壁圆筒的应力分析和强度设计

10.4 圆柱壳与封头连接时的边界效应

10.5 厚壁圆筒中的热应力

10.6 强度校核

10.7 中子辐照对反应堆容器的影响

10.8 开孔补强设计

10.9 法兰设计

10.10 保温层设计

第十一章 燃料元件设计

11.1 设计准则

11.2 燃料元件材料、尺寸的选择

11.3 计算步骤

(二) 主要知识点

堆芯概念设计、系统设计、安全分析、经济性分析及核燃料循环策略。

(三) 重点、难点

反应堆物理、反应堆热工水力、反应堆安全分析及核燃料循环分析。

七、考核要求

闭卷考试。

八、编写成员名单

曹良志(西安交通大学)、单建强(西安交通大学)