



新能源科学与工程 核心课程教学大纲

(适用于 2019、2020 级)

1. 工程热力学课程教学大纲	2
2. 传热学课程教学大纲	12
3. 材料学基础课程教学大纲	19
4. 半导体物理课程教学大纲	25
5. 薄膜材料与器件课程教学大纲	36
6. 光伏电池原理与工艺 (Q) 课程教学大纲	44
7. 单片机原理与应用 B 课程教学大纲	50
8. 光伏发电技术 课程教学大纲	59
9. 风能与风力发电技术 (Q) 课程教学大纲	68
10. 分布式能源系统与优化课程教学大纲	76

工程热力学课程教学大纲

(Engineering Thermodynamics)

一、课程概况

课程代码：2303107

学 分： 3

学 时： 48（其中：讲授学时 48 ， 实验学时 0 ， 上机学时 0 ）

先修课程：高等数学、大学物理

适用专业：新能源科学与工程

建议教材：

1. 工程热力学（第五版）. 沈维道, 童钧耕. 北京：高等教育出版社, 2016.
2. 工程热力学. 王修彦. 北京：机械工业出版社, 2010.

课程归口：光电工层学院学院

课程的性质与任务：

本课程是热能与动力工程专业、新能源科学与工程、建筑环境与能源应用工程专业的专业基础课，其目的是通过本课程的学习，培养学生分析和求解热能有效利用以及热能与其它能量转换规律的能力，使学生掌握热力学的基本规律，并能正确运用这些规律进行热工过程和热力循环分析，同时培养学生的科学抽象、逻辑思维能力，能初步了解工程热力学的基本思路和方法，具有较强的创新意识，为后续课程的学习及日后从事与能源利用、制冷与空调、动力机械、新能源开发利用、建筑环境与能源利用等相关的研究、设计与管理工作打下良好基础。

二、课程目标

目标 1：掌握工程热力学的基本概念，能源转换基本规律，即掌握理想气体的定义、性质、状态参数、状态方程等；热力学第一定律和第二定律，包括了定律的定性和定量表达及有关应用等；质量守恒方程、能量守恒方程和熵守恒方程等，这是热工分析计算的基础；定温、定压、定容和绝热等四个基本热力过程，包括过程的特点、过程中状态参数的变化、热量和功量(机械功)的转化情况等；以及气体的流动压缩、水蒸汽及其热力过程、湿空气及空调过程、动力循环和制冷循环等知识。学会从能源及其转换效率基本定律出发，建立能源转换及热能系统设计的基本思维方式，形成能源—工质—效率的基本知识结构。

目标 2. 从应用的角度选择能源转换最合适的循环方式，将工程热力学的知识用于解决能源转换的工程问题；培养解决复杂工程问题的能力；掌握最基本的能源转换系统的设计理念，针对具体问题提出有效的解决方案，提高开发新型循环方式与系统的能力；在能源应用学科中培养创新意识，提高分析、发现、研究和解决问题的能力。

目标 3. 建立能源—工质—系统—环境一体的观念，通过课程中的分析讨论辩论培养分析沟通交流素质，建立提高能源转换效率的思维模式，提升理解能源管理与能源经济决策的基本素质。通过课外导学的模式，提升自主学习和终身学习的意识，形成不断学习和适应发展素质。

本课程支撑专业人才培养方案中毕业要求 1-2、毕业要求 2-3，毕业要求 4-2，毕业要求 8-1，毕业要求 8-3，毕业要求 12-1 对应关系如表所示。

毕业要求 指标点	课程目标							
	目标 1	目标 2	目标 3					
毕业要求 1-1	√							
毕业要求 2-3	√	√	√					
毕业要求 4-2		√						
毕业要求 8-1			√					
毕业要求 8-3			√					
毕业要求 12-1			√					

三、课程内容及要求

（一）绪论

1. 教学内容

- （1）能量和社会发展
- （2）热力学的研究对象和研究方法
- （3）热力学发展简史

2. 基本要求

了解热力学的研究对象和研究方法，掌握热力学发展简史。

3. 重点难点：热力学的研究对象和研究方法

（二）基本概念及定义

1. 教学内容

- （1）工质、热源、系统
- （2）热力学系统描述

(3) 平衡态, 状态方程

(4) 热力过程及循环

2. 基本要求

(1) 掌握工程热力学中的一些基本术语和概念: 热力系、平衡态、准平衡过程、可逆过程等。

(2) 掌握状态参数的特征, 基本状态参数 p 、 v 、 T 的定义和单位等。掌握热量和功量过程量的特征, 并会用系统的状态参数对可逆过程的热量、功量进行计算。

(3) 了解工程热力学分析问题的特点、方法和步骤。

3. 重点难点: 热力系、平衡态、准平衡过程、可逆过程, 热量和功

(三) 热力学第一定律

1. 教学内容

(1) 基本概念

(2) 闭口系能量方程

(3) 开口系能量方程, 焓

(4) 稳定流动能量方程

(5) 能量方程的应用

2. 基本要求

(1) 深入理解热力学第一定律的实质, 熟练掌握热力学第一定律及其表达式。能够正确、灵活地应用热力学第一定律表达式来分析计算工程实际中的有关问题。

(2) 掌握能量、储存能、热力学能、总能的概念。

(3) 掌握体积变化功、推动功、轴功和技术功的要领及计算式。

(4) 注意焓的引出及其定义式。

3. 重点难点: 力学第一定律及其表达式 储存能、热力学能、总能的概念; 积变化功、推动功、轴功和技术功的要领及计算式

(四) 理想气体的性质

1. 教学内容

(1) 基本概念

(2) 常数换算

(3) 理想气体的比热

(4) 理想气体的内能、焓的计算

(5) 理想气体的熵计算

(6) 理想气体混合物

2. 基本要求

(1) 熟练掌握并正确应用理想气体状态方程式。

(2) 正确理解理想气体比热容的概念; 熟练掌握和正确应用定值比热容、平均比热容来计算过程热量, 以及计算理想气体热力学能、焓和熵的变化。

3. 重点难点: 理想气体状态方程式; 比热容 ; 计算理想气体热力学能、焓和熵的变化

(五) 理想气体热力过程

1. 教学内容

- (1) 典型热力过程分析
- (2) 过程综述及应用

2. 基本要求

(1) 熟练掌握 5 种基本过程（定容过程、定压过程、定温过程、绝热过程及多变过程）的初终态基本状态参数 p 、 v 、 T 之间的关系。

(2) 熟练掌握 5 种基本过程以及多变过程以及多变过程系统与外界交换的热量、功量的计算。

(3) 能将各过程表示在 $p-v$ 图和 $T-s$ 图上，并能正确地应用 $p-v$ 图和 $T-s$ 图判断过程的特点，即 Δu ， Δh ， q 及 w 等的正负值。

3. 重点难点：5 种基本过程和多变过程

(六) 热力学第二定律

1. 教学内容

- (1) 热力学第二定律的实质
- (2) 热力学第二定律的几种表述
- (3) 卡诺循环，概括性卡诺循环
- (4) 卡诺定理
- (5) 多热源的可逆循环
- (6) 状态参数熵的导出
- (7) 不可逆过程熵变分析
- (8) 热量的作功能力孤立系统熵增与作功能力的损失
- (9) 热力学绝对温标

2. 基本要求

(1) 在深领会热力学第二定律实质的基础上，认识能量不仅有“量”的多少，而且还有“质”的高低。

(2) 掌握卡诺定理。掌握熵的意义、计算和应用。

(3) 掌握孤立系统和绝热系统熵增的计算，从而明确能量损耗的计算方法。

(4) 了解（可用能、有效能）的要领及其计算。

(5) 了解用熵分析法对热力过程进行热工分析，认识提高能量利用经济性的方向、途径和方法。

3. 重点难点：热力学第二定律实质和数学表达式 孤立系统和绝热系统熵增的计算

(七) 实际气体性质，热力学一般关系式

1. 教学内容

- (1) 实际气体状态方程
- (2) 对比态方程，通用压缩因子图
- (3) 热力学一般关系式

2. 基本要求

(1) 了解热力学一般关系式及如何由可测量参数求不可测量参数；由易测量参数求不易测

量参数。

(2) 了解如何根据热力学理论来指导实验和整理实验数据,以减少实验次数,节省人力和物力。

(3) 了解常用的实际气体状态方程,掌握范德瓦尔方程及 R—K 方程(包括其各项的物理意义)。

(4) 了解对比态原理,会计算对比参数并能利用通用压缩因子图进行实际气体的计算。

3.重点难点: 热力学一般关系式 对比态

(八) 水蒸汽

1. 教学内容

(1) 水的定压加热、汽化过程

(2) 水和水蒸汽的热力性质

2. 基本要求

(1) 应掌握有关蒸汽的各种术语及其意义。例如:汽化、凝结、饱和态、饱和蒸气、饱和液体、饱和温度、饱和压力、三相点、临界点、汽化潜热等。

(2) 掌握水蒸气定压发生过程及其在 $p-v$ 图和 $T-s$ 图上的一点、二线、三区、和五态。

(3) 了解水蒸气图表的结构,并掌握其应用。

(4) 了解蒸气热力过程的热量和功量的计算。

3.重点难点: 关蒸汽的各种术语及其意义

(九) 气体和蒸汽的流动

1. 教学内容

(1) 稳定流动的基本方程

(2) 定熵滞止参数

(3) 喷管中气体的流速和流量

(4) 有摩擦阻力的绝热流动

2. 基本要求

(1) 掌握液体的位能变化可略去不计、又不对机器作功的一元可逆绝热即定熵稳定流动的基本方程。这些基本方程是本章的研究基础。

(2) 弄清促使流速改变的力学条件和几何条件,以及这两个条件对流速的影响。理解气流截面积变化的原因。

(3) 掌握喷管中气体流速、流量的计算,会进行喷管外形的选择和尺寸的计算,以及有摩擦阻时喷管出口参数的计算。能熟练进行喷管的设计和校核两类计算。

(4) 明确滞止焓、临界截面、临界参数及绝热节流的概念。

3.重点难点: 促使流速改变的力学条件和几何条件; 喷管中气体流速、流量的计算

(十) 气体的压缩

1. 教学内容

(1) 压缩过程热力学分析

(2) 余隙容积的影响

(3) 多级压缩和中间冷却

2. 基本要求

(1) 掌握活塞式压气机和叶轮式压气机的工作原理。

(2) 掌握不同压缩过程（绝热、定温、多变）状态参数的变化规律、耗功的计算，以及压气机耗功的计算。

(3) 了解多级压缩、级间冷却的工作情况。了解余隙容积对活塞式压气机工作的影响。

3.重点难点：活塞式压气机和叶轮式压气机的工作原理。

（十一）活塞式内燃机循环

1. 教学内容

(1) 汽油机实际工作循环和理想工作循环

(2) 柴油机实际工作循环和理想工作循环

(3) 活塞式内燃机各种理想循环的比较

2. 基本要求

(1) 掌握各种装置循环的实施设备及工作流程。

(2) 掌握将实际循环抽象和简化为理想循环的一般方法，并能分析各种循环的热力过程组成。

(3) 掌握各种循环的吸热量、放热量、作功量及热效率等能量分析和计算的方法。

(4) 会分析影响各种循环热效率的因素。

(5) 掌握提高各种循环能量利用经济性的具体方法和途径。

重点难点：活塞式内燃机各种理想循环的比热力过程和效率计算

（十二）燃气轮机装置循环

1. 教学内容

(1) 定压加热理想循环

(2) 定压加热实际循环

(3) 定压加热回热循环

(4) 喷气式发动机及其循环简介

2. 基本要求

理解喷气式发动机，掌握定压加热理想、实际、回热循环。

（十三）蒸汽动力循环

1. 教学内容

(1) 简单朗肯循环

(2) 朗肯循环的实际应用

2. 基本要求

理解朗肯循环的实际应用，掌握简单朗肯循环。

3.重点难点：简单朗肯循环的热力过程

（十四）制冷循环

1. 教学内容

(1) 空气压缩制冷循环

(2) 蒸汽压缩制冷循环

(3) 蒸汽喷射制冷循环

(4) 吸收式制冷循环

2. 基本要求

理解蒸汽喷射制冷循环、吸收式制冷循环，掌握空气压缩制冷循环、蒸汽压缩制冷循环。

3 重点难点：空气压缩制冷循环 蒸汽压缩制冷循环

(十五) 湿空气

1. 教学内容

(1) 及其测定

(2) 焓湿图及其应用

(3) 湿空气的热力过程分析

2. 基本要求

(1) 理解湿空气、未饱和空气和饱和空气的含义。

(2) 了解湿空气状态参数的意义及其计算方法，并能区别哪些参数是独立参数、哪些参数存在相互关系。

(3) 能用解析法及图解法计算湿空气的基本热力过程。

3.重点难点：湿空气的参数的意义及其计算方法

教学内容与课程目标的对应关系及学时分配如表所示。

序号	教学内容	支撑的课程目标	支撑的毕业要求指标点	讲授学时	实验学时
1	绪论	目标 1,3	1-2, 2-3,8-1, 8-3, 12-1	2	0
2	基本概念及定义	目标 1	1-2、2-3	2	0
3	热力学第一定律	目标 1,2	1-2、2-3, 4-2	6	0
4	理想气体的性质	目标 1	1-2、2-3	4	0
5	理想气体热力过程	目标 1,2	1-2、2-3, 4-2	4	0
6	热力学第二定律	目标 1,2	1-2、2-3, 4-2	6	0
7	实际气体性质, 热力学一般关系式	目标 1, 2	1-2, 2-3, 4-2	4	0
8	水蒸汽	目标 1,2	1-2, 2-3, 4-2	2	0
9	气体和蒸汽的流动	目标 1, 2	1-2、2-3, 4-2	4	0
10	气体的压缩	目标 1,2,3	1-2, 2-3,4-2, 8-1, 8-3, 12-1	4	0
11	活塞式内燃机循环	目标 1,2,3	1-2, 2-3,4-2, 8-1, 8-3, 12-1	2	0
12	燃气轮机装置循环	目标 1,2,3	1-2, 2-3,4-2, 8-1, 8-3,12-1	2	0
13	蒸汽动力装置循环	目标 1,2,3	1-2, 2-3,4-2, 8-1, 8-3, 12-1	2	0

14	制冷循环	目标 1,2,3	1-2, 2-3,4-2, 8-1, 8-3, 12-1	2	0
15	湿空气	目标 1,2,3	1-2, 2-3,4-2, 8-1, 8-3, 12-1	2	0
合计				48	0

五、课程实施

(一) 在讲授时，讲透、讲清工程热力学课程的精髓。

(二) 授课安排上既基本遵循教材的思路，又应灵活地穿插部分专题讲授，做到面中有点。

(三) 需要安排一定量的习题课，重点放在基本概念、热力学第一定律应用和热力学第二定律应用上，将本课程常用题型分析和解题技巧传授给学生，使学生通过习题加强对工程热力学问题的分析和解决能力。

(四) 要利用现代计算机技术，通过灵活多样的教学手段，把知识以易于接受的最佳方式传授给学生。

(五) 主要教学环节质量要求如表所示。

主要教学环节		质量要求
1	备课	(1) 熟悉讲授内容，准备 PPT，讲稿等教学资料。 (2) 多媒体课件，集光、形、色于一体，直观形象、新颖生动，可以使视觉和听觉同时发挥作用，调动课堂授课的生动性，激发学生的学习兴趣，有利于学生认知能力的开发和对教学内容的理解。 (3) 分配好课堂时间，设计板书内容，清楚重点难点。
2	讲授	(1) 要点准确、推理正确、条理清晰、重点突出，能够理论联系实际，熟练地解答和讲解例题。 (2) 采用多种教学方式（如启发式教学、案例分析教学、讨论式教学、多媒体示范教学等），注重培养学生发现、分析和解决问题的能力。 (3) 能够采用现代信息技术辅助教学。 (4) 表达方式应能便于学生理解、接受，力求形象生动，使学生在掌握知识的过程中，保持较为浓厚的学习兴趣。 (5) 讲练结合
3	作业布置与批改	(1) 巩固重点难点 (2) 及时批改，反馈结果
4	课外答疑	(1) 确保学生的问题能及时得到解答
5	成绩考核	本课程考核的方式为闭卷笔试。(1) 考试题型多样 (2) 评分标准清楚 (3) 最终成绩分数结构分配合理。考试采取教考分离，监考由学院统一安排。有下列情况之一者，总评成绩为不及格： (1) 缺交作业次数达 1/3 以上者。 (2) 缺课次数达本学期总授课学时的 1/3 以上者。
6	第二课堂活动	(1) 充分利用通讯软件，网络教学等平台分享资料 (2) 充分利用通讯软件，网络教学等平台与学生互动

六、课程考核

(一) 课程考核包括期末考试、平时及作业考核和实验(实践)考核等, 期末考试采用闭卷方式。

(二) 课程总评成绩=平时成绩×30 % +实验(实践)成绩× 0 % + 期末考试成绩× 70 %。
具体内容和比例如表所示。

成绩组成	考核/评价环节	权重	考核/评价细则	对应的毕业 要求指标点
平时成绩	平时作业	20%	课后完成 15-20 题, 要考核学生对每节课知识点的复习、理解和掌握程度, 计算全部作业的平均成绩再按 20%计入总成绩。	1-2, 2-3, 4-2
	期中考试	15%	在课程学时中期左右, 随堂进行一次期中考试, 对热力学第一定律和第二定律进行测试, 成绩再按 15%计入总成绩。	1-2, 2-3
	调研报告	15%	根据给定任务要求, 学生通过查阅文献资料, 调研不同循环装置, 并讲解其实际应用。根据报告完成情况给予相应成绩, 并以 15%计入总成绩。	1-2, 2-3, 4-2,12-1
期末考试	期末考试 卷面成绩	50%	根据试卷评分标准评判, 以卷面成绩的 50%计入课程总成绩。	1-2,2-3,4-2

七、有关说明

(一) 持续改进

有效地提高“工程热力学”的教学效果, 解决学生难学、教师难讲的问题, 提高学生学习的积极性, 帮助学生掌握课程相关知识, 是教学中一直需要反思的问题, 应努力做到: 一、扎实的基础知识是能力提高的前提。二、突出重点, 培养学生的自学能力。三、注重实践, 培养学生的综合能力。四、激励学生提高应用能力。

(二) 参考书目及学习资料

1. 沈维道, 童钧耕. 工程热力学(第五版). 北京: 高等教育出版社, 2016.
2. 王修彦. 工程热力学. 北京: 机械工业出版社, 2010.
3. 童钧耕. 工程热力学学习辅导与习题解答(第2版). 北京: 高等教育出版社, 2008.

4. 何雅玲. 工程热力学精要解析. 西安: 西安交通大学出版社, 2014.
5. 冯青 李世武 张丽. 西安: 西北工业大学出版社 2010.

执笔人: 郑敏

审定人: 杜文汉

审批人: 杜文汉

传热学课程教学大纲

(HEAT TRANSFER)

一、课程概况

课程代码：2303108

学 分： 3

学 时： 48

先修课程： 大学物理；高等数学

适用专业： 新能源科学与工程专业

教 材：《传热学（第四版）》 杨世铭 主编 高等教育出版社 2008 年 6 月

课程归口： 光电工程学院

课程的性质与任务：通过本课程的学习，应使学生获得必要的热量传递规律的基础知识，具备分析工程传热实际问题的基本能力，掌握解决工程传热问题的基本方法并具备相应的计算能力。

二、课程目标

目标 1. 使学生获得必要的热量传递规律基础知识，具备分析工程传热实际问题基本能力。

目标 2. 能根据专业需要，掌握解决工程传热问题的基本方法并具备相应的计算能力。

本课程支撑专业培养方案中毕业要求，指标点 1-2：能够运用工程化学、传热学、工程热力学、材料科学等专业基础知识，针对具体新能源问题建立合适的模型，并进行求解或理论分析、指标点 2-1：能够运用数学、物理学和新能源转换的基本原理，识别和判断复杂新能源系统或装置的关键环节和参数、指标点 4-1：能够对新能源科学与工程相关的各类物理现象和特性进行研究和实验验证。

毕业要求 指标点	课程目标	
	目标 1	目标 2
毕业要求 1-2	√	
毕业要求 2-1		√
毕业要求 4-1		√

三、课程内容及要求

（一）绪论

1. 基本内容

- （1）传热学的研究内容及其在科学技术和工程中的应用
- （2）热能传递的三种基本方式
- （3）传热过程和传热系数
- （4）传热学的发展简史和研究方法

2. 基本要求

- （1）理解传热学的研究内容
- （2）掌握热能传递的三种基本方式
- （3）传热过程和传热系数。

（二）稳态热传导

1. 基本内容

- （1）导热基本定律——傅里叶定律
- （2）导热问题的数学描写
- （3）典型一维稳态导热问题的分析解
- （4）通过肋片的导热
- （5）具有内热源的一维导热问题

2. 基本要求

- （1）理解导热基本定律
- （2）掌握典型一维稳态导热问题的分析解

3. 重点难点

- （1）导热基本定律
- （2）通过肋片的导热

（三）非稳态热传导

1. 基本内容

- （1）非稳态导热的基本概念
- （2）零维问题的分析法——集中参数法
- （3）典型一维物体非稳态导热的分析解
- （4）半无限大物体的非稳态导热

2. 基本要求

- (1) 理解非稳态导热的基本概念
- (2) 掌握零维问题的分析法

3. 重点难点

- (1) 集中参数法
- (2) 一维物体非稳态导热
- (四) 热传导问题的数值解法

1. 基本内容

- (1) 导热问题数值求解的基本思想
- (2) 内节点离散方程的建立方法
- (3) 边界节点离散方程的建立及代数方程的求解
- (4) 非稳态导热问题的数值解法

2. 基本要求

- (1) 理解导热问题数值求解的基本思想
- (2) 掌握内节点离散方程的建立方法
- (3) 非稳态导热问题的数值解法

3. 重点难点

- (1) 数值求解的基本思想
- (2) 节点离散方程的建立
- (五) 对流传热的理论基础

1. 基本内容

- (1) 对流传热概述
- (2) 对流传热问题的数学描写
- (3) 边界层型对流传热问题的数学描写
- (4) 流体外掠平板传热层流分析解及比拟理论

2. 基本要求

- (1) 理解对流传热问题的数学描写
- (2) 掌握边界层型对流传热问题的数学描写
- (3) 流体外掠平板传热层流分析解及比拟理论

3. 重点难点

- (1) 对流传热问题的数学描写
- (2) 边界层
- (六) 单相对流传热的实验关联式

1. 基本内容

- (1) 相似原理与量纲分析
- (2) 相似原理的应用
- (3) 内部强制对流传热的实验关联式
- (4) 外部强制对流传热——流体横掠单管、球体及管束的实验关联式
- (5) 大空间与有限空间内自然对流传热的实验关联式

2. 基本要求

- (1) 理解相似原理与量纲分析
- (2) 相似原理的应用
- (3) 掌握内部强制对流传热的实验关联式
- (4) 外部强制对流传热

3. 重点难点

- (1) 相似原理
- (2) 外部强制对流传热
- (七) 相变对流传热

1. 基本内容

- (1) 凝结传热的模式
- (2) 膜状凝结分析解及计算关联式
- (3) 膜状凝结的影响因素及其传热强化
- (4) 沸腾传热的模式
- (5) 大容器沸腾传热的实验关联式
- (6) 沸腾传热的影响因素及其强化
- (7) 热管简介

2. 基本要求

- (1) 理解凝结传热的模式

(2) 掌握沸腾传热的模式

3. 重点难点

(1) 凝结传热

(2) 沸腾传热

(八) 热辐射基本定律和辐射特性

1. 基本内容

(1) 热辐射的本质与特征

(2) 吸收率、反射率和透射率

(3) 热辐射的基本定律：普朗克定律，维恩定律，斯蒂芬-玻耳兹曼定律，基尔霍夫定律，兰贝特余弦定律

(4) 角系数的定义与性质

(5) 辐射换热的网络求解法

2. 基本要求

(1) 理解热辐射的本质、基本特征

(2) 掌握热辐射的基本定律及黑体辐射函数的应用

(3) 掌握漫射表面与灰体的概念

(4) 了解漫灰表面概念对简化辐射换热计算的意义。

教学内容与课程目标的对应关系及学时分配如表所示。

序号	教学内容	支撑的课程目标	支撑的毕业要求指标点	讲授学时
1	绪论	课程目标 1	指标点 1-2	2
2	稳态热传导	课程目标 1、2	指标点 1-2	8
3	非稳态热传导	课程目标 1、2	指标点 1-2	6
4	热传导问题的数值解法	课程目标 1、2	指标点 2-1、4-1	6
5	对流传热的理论基础	课程目标 1、2	指标点 2-1、4-1	8
6	单相对流传热的实验关联式	课程目标 1、2	指标点 2-1、4-1	6
7	相变对流传热	课程目标 1、2	指标点 2-1、4-1	6
8	热辐射基本定律和辐射特性	课程目标 1、2	指标点 2-1、4-1	6
合计				48

四、课程实施

(一) 教学方法与教学手段

1. 由于学习内容多，考核要求高，上课的重点在于引导学生掌握解决问题的方法，而不在程序本身。课程中，注重的是教会学生如何分析、思考问题，掌握解决问题的步骤，多留给学生思考和讨论。

2. 在讲授时，讲透、讲清传热学课程的实质；授课安排上既基本遵循教材的思路，又应灵活地穿插部分前沿专题讲座，做到面中有点；并安排一定量的习题课，重点放在基本概念和基本原理的应用上，将本课程常用题型分析和解题技巧传授给学生，使学生通过习题加强对工程传热问题的分析和解决能力。

（二）课程实施与保障

主要教学环节		质量要求
1	备课	1. 掌握本课程教学大纲内容，严格按照教学大纲要求进行本课程教学内容的组织。 2. 熟悉教材各章节，借助相关专业书籍资料，并依据教学大纲编写授课计划，编写每次授课的教案。 3. 结合课程特点，制作课件，运用多媒体教学手段讲授部分教学内容。 4. 确定各章节课程内容的教学方法，构思授课思路、技巧和方法。
2	讲授	1. 条理清晰，重点突出，理论联系实际，熟练地解答和讲解例题。 2. 采用多种教学方式(如启发式教学、案例分析教学、讨论式教学等)，注重培养学生的计算思维，提高学生发现、分析和解决问题的能力。 3. 多种教学手段、教师演示与学生动手实践相结合，以培养学生实践动手的能力。 4. 表达方式尽量便于学生理解、接受，力求形象生动，使学生在掌握知识的过程中，保持较为浓厚的兴趣。
3	作业布置与批改	学生必须完成一定数量的作业题，是本课程教学的基本要求，是实现人才培养目标的必要手段。 学生完成的作业必须达到以下基本要求： 1. 按时按量完成作业，不缺交，不抄袭。 2. 解题方法和步骤正确。 教师批改或讲评作业要求如下： 1. 学生的作业要全批全改，并按时批改、讲评学生每次交来的作业。 2. 教师批改或讲评作业要认真、细致，每次批改或讲评作业后，按百分制评定成绩，并写明日期。 3. 期末按每个学生作业的平均成绩，作为本课程总评成绩中平时成绩的重要组成部分。
4	课外答疑	为直接了解学生的学习情况，帮助学生进一步理解和消化课堂上所学知识、改进学习方法和思维方式，培养其独立思考问题的能力，建议

		任课教师安排时间进行课外答疑与辅导工作。
5	成绩考核	本课程考核的方式：闭卷考试。期末考核从试卷库中抽取。总评成绩的评定见课程评分方案。有下列情况之一者，总评成绩为不及格： 1. 缺交作业次数达1/3以上者。 2. 缺课次数达本学期总授课学时的1/3以上者。 3. 存在课程目标小于0.6。

六、课程考核

（一）课程考核包括期末考试、平时及作业考核等，期末考试采用闭卷考试的形式。

（二）课程总评成绩=平时成绩×50%+期末考试成绩×50%。具体内容和比例如表所示。

成绩组成	考核/评价环节	权重	考核/评价细则	对应的毕业要求指标点
平时成绩	作业成绩	15%	完成课后习题，主要考核学生对主要知识点的理解和掌握程度，以及运用知识解决问题的能力。作业成绩以百分制评定。	指标点 1-2、
	实验成绩	20%	完成 2 个实验，主要考核学生应用基础知识进行验证及设计实验，并对实验结果进行分析与评价的能力。每个实验按百分制分别给出预习、操作和实验报告的成绩，平均后得到该实验的成绩。	指标点 2-1
	随堂测验	15%	随堂布置 1-3 道题目，考核学生对知识点的理解和掌握度。对每次作业完成情况做记录并百分制打分。	指标点 4-1
期末考试	闭卷考试	50 %	试卷题型包括选择题、填空题、简答题、计算题等。其中考核传热学的基础知识能力的题（占 60%）；考核是否具有运用传热学解决实际问题的题（占 30%）；考核是否掌握自主学习的方法，了解拓展知识和能力途径的题（占 10%）	指标点 1-2、 2-1、4-1

七、有关说明

（一）持续改进

本课程根据学生作业、课堂讨论、课内实践环节、平时考核情况和学生、教学督导等反馈，及时对教学中不足之处进行改进，并在下一轮课程教学中改进提高，确保相应毕业要求指标点达成。

（二）参考书目及学习资料

1. 杨世铭,陶文铨. 传热学（第四版）. 北京: 高等教育出版社, 2008.
2. 范晓伟,张定才.传热学辅导与提高. 北京: 中国建筑工程工业出版社, 2011.

3. 李家星. 传热学（第四版）同步辅导及习题全解. 北京: 中国水利水电出版社, 2014.

执笔人: 赵 宇

审定人: 杜文汉

审批人: 杜文汉

材料学基础课程教学大纲

(Fundamental to Materials Science)

一、课程概况

课程代码: 2303105

学 分: 3

学 时: 48 (其中: 讲授学时 48, 实验学时 0)

先修课程: 高等数学、大学物理, 工程化学

适用专业: 材料类学科 新能源相关专业

教 材: 《材料科学基础》石德珂等著, 机械工业出版社 2003.7 月第二版

《材料科学基础》胡赓祥, 蔡珣, 戎咏华等著, 上海交通大学出版社 2010 年第二版

课程归口: 光电工程学院

课程的性质与任务: 材料科学基础是新能源科学与工程专业的专业基础课。通过讲课、课堂讨论和课外实践等各个教学环节探讨材料共性规律, 即研究材料的成分、组织结构、制备工艺和性能之间的相互关系, 指导材料的设计和应用, 并为学习后继专业课程、从事材料科学研究和工程技术工作打下坚实的理论基础。

二、课程目标

目标 1. 了解材料科学相关的基本概念、专业知识和前沿知识。

目标 2. 理解材料的本质, 结晶学基本知识, 了解各类材料的化学成分, 组织结构, 加工工艺和性能之间的关系和普遍规律, 使学生具备选择材料和分析材料基本性能的基本能力。

目标 3. 掌握相平衡原理, 扩散、相变、固相反应等过程的基本原理, 具备分析材料系统相图和分析解决材料制备工艺的能力。

目标 4. 了解材料分析表征的常用方法, 具备材料表征的基本能力。

目标 5.培养发现，分析和解决问题的能力，培养终生学习的能力。

本课程支撑专业培养计划中毕业要求 1-2（占该指标点达成度的 30%）、毕业要求 2-1（占该指标点达成度的 10%）、毕业要求 4-1(占该指标点达成度的 10%)，对应关系如表所示。

毕业要求 指标点	课程目标				
	目标 1	目标 2	目标 3	目标 4	目标 5
毕业要求 1-2		√	√	√	
毕业要求 2-1	√	√	√	√	
毕业要求 4-1	√	√	√	√	√

三、课程内容及要求

（一）导论

- 1 教学内容：材料与社会发展；材料及其分类；课程的目的学习任务与方法以及课程内容。
- 2.基本要求：了解材料的发展史、材料科学的研究对象和内容以及学习本课程的目的意义和要求
- 3.重点难点：材料与社会发展；材料及其分类；

（二）材料结构的基本知识

1. 基本内容

原子结构、原子结合键、原子排列方式、晶体材料的组织、材料的稳定结构和亚稳态结构

2. 教学要求

（1）了解物质是由原子组成，而组成材料的各元素原子结构和原子间的键合是决定材料性能的重要因素。（2）掌握物质的组成；原子结构；原子间的键合；化学键、物理键和氢键；原子排列方式。

- 3.重点难点：原子结构；原子间的键合；化学键、物理键和氢键；原子排列方式

（三）材料中的晶体结构

1. 基本内容

晶体学基础、纯金属的晶体结构、离子晶体的结构、共价晶体的结构

2. 教学要求

（1）了解：固态原子按其原子（或分子）聚集的状态，可划分为晶体与非晶体两大类。了解材料的性能与材料各元素的原子结构和键合密切相关，也与固态材料中原子或分子在空间的分布排列和运动规律以及原子集合体的形貌特征密切相关。（2）掌握：金属的晶体结构；合金的相结构；离子晶体结构；共价晶体结构；聚合物晶态结构；非晶态结构。

- 3.重点难点：金属的晶体结构；离子晶体结构；共价晶体结构。

（四）晶体缺陷

1. 基本内容

点缺陷、位错的基本概念、位错的能量及其交互作用、晶体中的界面

2. 教学要求

(1) 了解：实际晶体常存在各种偏离理想结构的区域晶体缺陷、了解点缺陷、线缺陷和面缺陷三类。了解晶体缺陷有利于分析研究结构敏感性能的变化规律和相变、扩散、塑性变形、再结晶以及氧化、烧结等现象，对探索材料晶体中的奥秘和推动材料科学的发展起着重要作用。(2) 掌握点缺陷的运动；点缺陷的平衡浓度；位错的基本结构；位错的运动；位错的弹性性质；面缺陷：晶界，孪晶界，相界，外表面。

3.重点难点：点缺陷的运动 点缺陷的平衡浓度 位错的基本结构 位错的运动

(五) 材料的相结构和相图

1. 基本内容

(1) 材料的相结构 (2) 二元相图及其类型 (3) 相图的热力学基础

2. 教学要求

了解，掌握相图、相平衡条件；相图的热力学基础

3.重点难点：相率 相平衡条件，杠杆定律，各类二元相图分析

(六) 材料的凝固与气相沉积

1. 基本内容

材料凝固时晶核的形成、材料凝固时晶体的生长、共晶合金的凝固、用凝固法材料的制备技术、材料的非晶态、材料的气固转变、气相沉积的材料制备技术

2. 教学要求

了解：凝固时晶核的形成，材料凝固时晶体的生长；掌握气相沉积的材料制备技术

3.重点难点：晶核的形成、晶体的生长，气相沉积技术

(七) 扩散与固态相变

1. 基本内容

扩散定律及其应用、扩散机制、影响扩散的因素与扩散驱动力、固态相变中的形核、固态相变的晶体生长

2. 教学要求

了解：扩散机制及其应用；掌握：影响扩散的因素与扩散驱动力、固态相变中的形核、固态相变的晶体生长

3 重点难点：扩散机制和影响扩散的因素与扩散驱动力

(八) 材料的变形与断裂

1. 基本内容

金属变形概述、滑移与孪晶变形、单晶体的塑性变形、多晶体的塑性变形、陶瓷晶体的变形

2. 教学要求

了解：材料受力情况下的力学行为；弹性变形与粘弹性；掌握：单晶体的塑性变形；多晶体的塑性变形；变形后的组织与性能；变形晶体加热时的变化；回复；再结晶；再结晶后晶粒的长大；

3 重点难点：弹性变形与粘弹性；晶体的塑性变形；多晶体的塑性变形。

(九) 固体材料中的电子结构与物理性能

1. 基本内容

固体的能带理论、半导体、材料的磁性、材料的光学性能、材料的热学性能

2.教学要求：了解材料的各种性能及其相关参数。

3 重点难点：固体的能带理论

教学内容与课程目标的对应关系及学时分配如表所示。

序号	教 学 内 容	支撑的课程目标	支撑的毕业要求指标点	讲授学时
1	导论	目标 1,5	2-1, 4-1	2
2	材料结构的基本知识	目标 1,2,5	1-2, 2-1, 4-1	4
3	材料中的晶体结构	目标 1,2,4	1-2, 2-1, 4-1	8
4	晶体缺陷	目标 1,2,5	1-2, 2-1, 4-1	10
5	材料的相结构和相图	目标 1,2,3,4,5	1-2, 2-1, 4-1	10
6	材料的凝固与气相沉积	目标 1,2,3,4,5	1-2, 2-1, 4-1	8
7	扩散与固态相变	目标 1,2,3,4,5	1-2, 2-1, 4-1	6
总 计		48		48

四、课程实施

（一）教学方法与教学手段

1.把握主线，采用典型实例引导学生掌握材料，成分，结构的相关概念的实际意义，分析理解材料的本质，结晶学基本知识，了解各类材料的化学成分，组织结构，加工工艺和性能之间的关系和普遍规律，,使学生具备分析材料的基本知识。

2.利用科学前沿进展，帮助学生理解材料改性的方法和过程，使学生能利用材料学的基本理论处理和分析材料测试结果，并能够指导材料的优化设计。

3.采用多媒体教学手段，配合例题的讲解及适当的思考题，保证讲课进度的同时，注意学生的掌握程度和课堂的气氛。

4.采用案例式教学，引进材料分析和改性的实际案例，让学生真正了解材料成分结构的分析方法和其对于材料性能的影响，了解材料改性的基本方向和方法，从而具备相关知识和方法的实际应用能力。

（二）课程实施与保障

主要教学环节		质量要求
1	备课	（1）掌握本课程教学大纲内容，严格按照教学大纲要求进行课程教学内容的组织。 （2）熟悉教材各章节，借助专业书籍资料，并依据教学大纲编写授课计划，编写每次授课的教案。教案内容包括章节标题、教学目的、教法设计、课堂类型、时间分配、授课内容、课后作业、教学效果分析等方面。

		(3) 根据各部分教学内容,构思授课思路、技巧,选择合适的教学方法。
2	讲授	(1) 要点准确、推理正确、条理清晰、重点突出,能够理论联系实际,熟练地解答和讲解例题。 (2) 采用多种教学方式(如启发式教学、案例分析教学、讨论式教学、多媒体示范教学等),注重培养学生发现、分析和解决问题的能力。 (3) 能够采用现代信息技术辅助教学。 (4) 表达方式应能便于学生理解,力求形象生动,使学生在掌握知识的过程中,保持较为浓厚的学习兴趣。
3	作业布置与批改	学生必须完成规定数量的作业,作业必须达到以下基本要求: (1) 按时按量完成作业,不缺交,不抄袭。 (2) 书写规范、清晰。 (3) 解题方法和步骤正确。 (4) 错题及时订正 教师批改和讲评作业要求如下: (1) 学生的作业要按时全部批改,并及时进行讲评。 (2) 教师批改和讲评作业要认真、细致,按百分制评定成绩并写明日期。 (3) 学生作业的平均成绩应作为本课程总评成绩中平时成绩的重要组成部分。
4	课外答疑	为了解学生的学习情况,帮助学生更好地理解和消化所学知识、改进学习方法和思维方式,培养其独立思考问题的能力,任课教师需每周安排一定时间进行课外答疑与辅导。
5	成绩考核	本课程考核的方式为闭卷笔试。考试采取教考分离,监考由学院统一安排。有下列情况之一者,总评成绩为不及格: (1) 缺交作业次数达 1/3 以上者。 (2) 缺课次数达本学期总授课学时的 1/3 以上者。 (3) 课程目标小于 0.6。

五、考核方式

(一) 课程考核包括期末考试、平时及作业情况考核和实验考核,期末考试采用闭卷笔试。

(二) 课程成绩=平时成绩×50%+期末考试成绩×50%。具体内容和比例如表所示。

成绩组成	考核/评价环节	权重	考核/评价细则	对应的毕业要求指标点
平时成绩	平时作业	20%	课后完成 15-20 个习题,主要考核学生对每节课知识点的复习、理解和掌握程度,计算全部作业的平均成绩再按 20%计入总成绩。	1-2

	随堂练习	15%	以随机的形式，在每章内容进行中或结束后，随堂练习 1-3 题，主要考核学生课堂的听课效果和课后及时复习消化本章知识的能力，最后按 15%计入课程总成绩。	2-1
	课程报告	15%	通过查阅资料和文献，调研最近与材料相关的诺贝尔奖成果，或者调研新材料在国防、工业、航空航天领域的应用，最后按 15%计入课程总成绩。	4-1
期末考试	期末考试卷面成绩	50%	试卷题型包括判断题，填空题、名词解释，简答题、计算题等，以卷面成绩的 70%计入课程总成绩。	1-2、2-1、4-1

（三）所有课程目标均需大于等于 0.6，否则总评成绩不及格，需要补考或重修。每个课程目标达成度计算方法如下：

$$\text{课程目标}i\text{达成度} = \frac{\text{平时成绩} \times A_i + \text{实验成绩} \times B_i + \text{期末成绩} \times C_i}{100 \times (A_i + B_i + C_i)}$$

式中： A_i =平时成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在平时成绩中的权重，

B_i =实验成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在实验成绩中的权重，

C_i =期末成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在期末成绩中的权重。

六、有关说明

（一）持续改进

本课程根据学生作业、课堂讨论、实验环节、平时考核情况和学生、教学督导等的反馈，及时对教学中的不足之处进行改进，并在下一轮课程教学中整改完善，确保相应毕业要求指标点达成。

（二）参考书目及学习资料

《物理化学》第五版，作者：朱志昂

《无机化学》第三版，作者：宋天佑

《无机材料物理性能》第二版，作者关振铎，张中太，焦金生

《Fundamentals of Materials Science: The Microstructure – Property Relationship Using Metals

as Model Systems》，Eric JanMittemeijer。

《材料学基础教程》，第二版，哈尔滨工业大学出版社。

《材料科学基础》，第二版，西北工业大学。

执笔人：郑敏

审定人：杜文汉

审批人：杜文汉

半导体物理课程教学大纲

(Semiconductor Physics)

一、课程概况

课程代码：2303106

学 分：3

学 时：48（其中：讲授学时 48，实验学时 4）

先修课程：高等数学、大学物理，固体物理学

适用专业：新能源科学与工程

教 材：《半导体物理学》，刘恩科，电子工业出版社，2017.06

课程归口：光电工程学院

课程的性质与任务：本课程是新能源科学与工程专业的专业基础必修课，也可作为材料类、微电子信息类专业和其它有关专业的必修课或选修课。通过本课程的学习，培养学生掌握半导体相关知识理论概念，熟练分析方法，增强解决实际问题的能力，并根据所学知识，能够对半导体相关器件产品进行合理设计改造，为后续专业课程及实际知识运用奠定坚实的知识基础。

二、课程目标

目标 1. 了解固体物理相关知识，熟练半导体的概念与定义，了解半导体材料与社会生活的联系。

目标 2. 掌握与理解半导体材料的电子状态和能带相关知识，了解一些不同半导体材料的能带结构。

目标 3. 掌握半导体材料中载流子的概念，了解载流子的统计分布，掌握半导体的导电性机

理内涵。

目标 4. 熟练非平衡载流子的相关知识，掌握 PN 结相关知识概念，掌握金属与半导体接触的相关理论知识。

目标 5. 了解半导体表面与 MIS 结构相关知识，掌握半导体异质结结构能带图。

目标 6. 了解半导体的光学性质，热电性质，及霍尔效应，熟悉生活中的一些半导体器件所运用的原理。

本课程支撑专业培养计划中毕业要求 1-4（占该指标点达成度的 20%）、毕业要求 3-1（占该指标点达成度的 40%）、毕业要求 4-4（占该指标点达成度的 30%；）和毕业要求 6-1（占该指标点达成度的 40%），对应关系如表所示。

毕业要求 指标点	课程目标							
	目标 1	目标 2	目标 3	目标 4	目标 5	目标 6		
毕业要求 1-4	√	√	√					
毕业要求 3-1	√				√			
毕业要求 4-4				√				
毕业要求 6-1						√		

三、课程内容及要求

（一）半导体中的电子状态

1. 教学内容

- （1）半导体概念及半导体晶格结构与结合性质。
- （2）半导体的电子状态和能带及运动有效质量。
- （3）不同半导体材料的能带结构

2. 基本要求

- （1）了解并掌握半导体基本概念，包括半导体的定义、结构及分类等。
- （2）掌握半导体的能带结构知识，了解不同半导体材料的能带结构特点。
- （3）理解半导体中的电子运动状态。

3. 重点难点

- （1）半导体能带结构的理解。
- （2）半导体电子运动状态理解。
- （3）不同半导体材料的能带结构分析。

（二）半导体中杂质和缺陷能级

1.教学内容

- （1）硅、锗晶体中的杂质能级。
- （2）III-V族化合物中的杂质能级
- （3）缺陷、位错能级

2.基本要求

- （1）掌握硅、锗晶体中的杂质存在方式及相关能级概念。
- （2）了解III-V族化合物中的杂质能级相关知识，掌握一些概念知识。
- （3）掌握缺陷、位错的概念。

3.重点难点

- （1）杂质存在方式的理解。
- （2）施主杂质，施主能级，受主杂质、受主能级的理解。
- （3）III-V族化合物中的杂质能级的理解。
- （4）缺陷、位错的概念理解

（三）半导体中载流子的统计分布

1.教学内容

- （1）状态密度
- （2）费米能级和载流子的统计分布
- （3）本征半导体的载流子浓度
- （4）杂质半导体的载流子浓度
- （5）一般情况下的载流子统计分布
- （6）简并半导体

2.基本要求

- （1）了解状态密度，熟悉费米能级及载流子的概念。
- （2）了解费米分布函数，玻耳兹曼分布函数。
- （3）了解本征半导体，杂质半导体，简并半导体的概念。
- （4）载流子浓度的计算推导过程及统计分布。

3.重点难点

- （1）状态密度概念理解。

- (2) 载流子的统计分布与浓度计算推导过程。
- (3) 本征半导体，杂质半导体，简并半导体的概念。

(四) 半导体的导电性

1. 教学内容

- (1) 载流子的漂移运动与迁移率。
- (2) 载流子的散射。
- (3) 迁移率与杂质浓度和温度的关系。
- (4) 电阻率与及其与杂质浓度和温度的关系
- (5) 强电场下的效应，热载流子

2. 基本要求

- (1) 掌握欧姆定律、漂移速度与迁移率的概念，了解迁移率与导电率的关系。
- (2) 掌握载流子散射的概念。
- (3) 了解迁移率与杂质浓度和温度的关系。
- (4) 了解电阻率与及其与杂质浓度和温度的关系。
- (5) 了解欧姆定律的偏离。

3. 重点难点

- (1) 欧姆定律、漂移速度与迁移率的概念，迁移率与导电率的关系的理解。
- (2) 迁移率与杂质浓度和温度的关系的理解。
- (3) 电阻率与及其与杂质浓度和温度的关系的理解。

(五) 非平衡载流子

1. 教学内容

- (1) 非平衡载流子的注入与复合概念
- (2) 非平衡载流子寿命，准费米能级的概念。
- (3) 复合理论。
- (4) 陷阱效应，载流子的扩散运动，漂移扩散，爱因斯坦关系式，连续性方程式
- (5) 硅的少数载流子寿命与扩散长度

2. 基本要求

- (1) 掌握非平衡载流子的注入与复合概念与非平衡载流子寿命及准费米能级的概念。
- (2) 掌握复合理论。

(3) 理解陷阱效应, 载流子的扩散运动, 漂移扩散, 爱因斯坦关系式, 连续性方程式。

3.重点难点

(1) 注入与复合、非平衡载流子寿命及准费米能级的理解。

(2) 复合理论。

(3) 掌握硅的少数载流子寿命与扩散长度的知识点

(六) PN 结

1.教学内容

(1) PN 结及其能带图。

(2) PN 结电流电压特性。

(3) PN 结电容

(4) PN 结击穿

(5) PN 结隧道效应

2.基本要求

(1) 掌握 PN 结及其能带图, 能够分析 PN 结。

(2) 掌握 PN 结电流电压特性及电容。

(3) 掌握 PN 结击穿与隧道效应。

3.重点难点

(1) PN 结及其能带图。

(2) PN 结电流电压特性。

(3) PN 结电容、击穿、隧道效应

(七) 金属和半导体的接触

1.教学内容

(1) 金属半导体接触及其能级图。

(2) 金属半导体接触整流理论。

(3) 少数载流子的注入与欧姆接触

2.基本要求

(1) 掌握并会分析金属半导体接触及其能级图。

(2) 理解掌握金属半导体接触整流理论。

(3) 掌握少数载流子的注入与欧姆接触。

3.重点难点

- (1) 金属半导体接触及其能级图的分析。
- (2) 金属半导体接触整流理论的理解。
- (3) 少数载流子的注入与欧姆接触的理解

(八) 半导体表面与 MIS 结构

1.教学内容

- (1) 表面态。
- (2) 表面电场效应。
- (3) MIS 结构的 C-V 特性。
- (4) 硅-二氧化硅系统的性质。
- (5) 表面电导与迁移率。

2.基本要求

- (1) 掌握表面态、表面电场效应。
- (2) 理解 MIS 结构的 C-V 特性。
- (3) 熟悉硅-二氧化硅系统的性质。
- (4) 掌握表面电导与迁移率概念。

3.重点难点

- (1) 表面态、表面电场效应。
- (2) MIS 结构的 C-V 特性的理解。
- (3) 表面电导与迁移率概念的理解。

(九) 半导体异质结构

1.教学内容

- (1) 半导体异质结及其能带图。
- (2) 半导体异质 PN 结的电流电压特性及注入特性。
- (3) 半导体异质结量子阱结构及其电子能态与特性。
- (4) 半导体超晶格

2.基本要求

- (1) 掌握半导体异质结及其能带图的概念，并会分析解释。
- (2) 了解半导体异质 PN 结的电流电压特性及注入特性。

(3) 了解半导体异质结量子阱结构及其电子能态与特性。

(4) 了解半导体超晶格。

3.重点难点

(1) 半导体异质结及其能带图的理解。

(2) 半导体异质 PN 结的电流电压特性及注入特性的理解。

(3) 半导体异质结量子阱结构及其电子能态与特性的理解。

(4) 半导体超晶格的理解

(十) 半导体的光学性质和光电与发光现象

1.教学内容

(1) 半导体的光吸收。

(2) 半导体的光生伏特效应

(3) 半导体发光

(4) 半导体激光

(5) 半导体异质结在光电子器件中的应用

2.基本要求

(1) 掌握半导体光吸收的本质。

(2) 掌握半导体发光的本质。

(3) 了解半导体异质结的应用。

3.重点难点

(1) 半导体光吸收的过程，与发光及激光的本质。

(十二) 半导体磁和压阻效应

1.教学内容

(1) 霍尔效应。

2.基本要求

(1) 掌握霍尔效应的概念，并会分析解释。

3.重点难点

(1) 霍尔效应概念的理解。

教学内容与课程目标的对应关系及学时分配如表所示。

序号	教学内容	支撑的 课程目标	支撑的毕业 要求指标点	讲授 学时	实验 学时
----	------	-------------	----------------	----------	----------

1	半导体中的电子状态			8	
2	半导体中杂质和缺陷能级			5	
3	半导体中载流子的统计分布			7	
4	半导体的导电性			4	
5	非平衡载流子			4	
6	PN 结			4	
7	金属和半导体的接触			4	
8	半导体表面与 MIS 结构			4	
9	半导体异质结构			4	
10	半导体的光学性质和光电与发光现象			3	
12	半导体磁和压阻效应			1	
合 计				48	

四、课内实验（实践）

序号	实验项目名称	实验内容及要求	学时	对毕业要求的支撑	类型	备注
						无

五、课程实施

（一）教学方法与教学手段

1. 把握主线，引导学生掌握并深刻理解半导体相关概念、理论和方法，利用所学知识分析实际生活中相关器件应用原理，帮助学生把理论与实际相结合，使学生能用所学原理处理和分析实际问题。

2. 联系实际生活中的半导体器件实物，配合例题的讲解及适当的思考题，保证讲课进度的同时，积极调动学生的课堂参与度。

3. 举半导体应用案例作为课后思考题，让学生课后查阅相关资料分析所用原理，培养学生自主学习能力。

（二）课程实施与保障

主要教学环节	质量要求
--------	------

1	备课	(1) 掌握本课程教学大纲内容, 严格按照教学大纲要求进行课程教学内容的组织。 (2) 熟悉教材各章节, 借助专业书籍资料, 并依据教学大纲编写授课计划, 编写每次授课的教案。教案内容包括章节标题、教学目的、教法设计、课堂类型、时间分配、授课内容、课后作业、教学效果分析等方面。 (3) 根据各部分教学内容, 构思授课思路、技巧, 选择合适的教学方法。
2	讲授	(1) 要点准确、推理正确、条理清晰、重点突出, 能够理论联系实际, 熟练地解答和讲解例题。 (2) 采用多种教学方式(如启发式教学、案例分析教学、讨论式教学、多媒体示范教学等), 注重培养学生发现、分析和解决问题的能力。 (3) 能够采用现代信息技术辅助教学。 (4) 表达方式应能便于学生理解、接受, 力求形象生动, 使学生在掌握知识的过程中, 保持较为浓厚的学习兴趣。
3	作业布置与批改	学生必须完成规定数量的作业, 作业必须达到以下基本要求: (1) 按时按量完成作业, 不缺交, 不抄袭。 (2) 书写规范、清晰。 (3) 解题方法和步骤正确。 教师批改和讲评作业要求如下: (1) 学生的作业要按时全部批改, 并及时进行讲评。 (2) 教师批改和讲评作业要认真、细致, 按百分制评定成绩并写明日期。 (3) 学生作业的平均成绩应作为本课程总评成绩中平时成绩的重要组成部分。
4	课外答疑	为了解学生的学习情况, 帮助学生更好地理解和消化所学知识、改进学习方法和思维方式, 培养其独立思考问题的能力, 任课教师需每周安排一定时间进行课外答疑与辅导。
5	成绩考核	本课程考核的方式为闭卷笔试。考试采取教考分离, 监考由学院统一安排。有下列情况之一者, 总评成绩为不及格: (1) 缺交作业次数达 1/3 以上者。 (2) 缺课次数达本学期总授课学时的 1/3 以上者。 (3) 课程目标小于 0.6。

六、考核方式

(一) 课程考核包括期末考试、平时及作业情况考核, 期末考试采用闭卷笔试。

(二) 课程成绩=平时成绩考试成绩×50%+期末考试成绩×50%。具体内容和比例如表所示。

成绩组成	考核/评价环节	权重	考核/评价细则	对应的毕业 要求指标点
------	---------	----	---------	----------------

平时成绩	平时作业	20%	课后完成 20-30 个习题，主要考核学生对每节课知识点的复习、理解和掌握程度，计算全部作业的平均成绩再按 20%计入总成绩。	1-3
	实验成绩	15%	完成 2 个实验，主要考核学生应用基础知识进行验证及设计实验，并对实验结果进行分析与评价的能力。每个实验按百分制分别给出预习、操作和实验报告的成绩，平均后得到该实验的成绩。	3-1
	课堂练习	15%	以随机的形式，在每章内容进行中或结束后，随堂测试 1-3 题，主要考核学生课堂的听课效果和课后及时复习消化本章知识的能力，结合平时考勤，最后按 20%计入课程总成绩。	6-1
期末考试	期末考试卷面成绩	50%	试卷题型包括填空题、简答分析题、计算题等，以卷面成绩的 50%计入课程总成绩。其中考核基础概念知识型题目占 40%；考核对半导体知识应用分析能力题目占 40%；考核相关应用计算能力占 20%。	1-3、3-1、6-1

（三）所有课程目标均需大于等于 0.6，否则总评成绩不及格，需要补考或重修。每个课程目标达成度计算方法如下：

$$\text{课程目标}i\text{达成度} = \frac{\text{平时成绩} \times A_i + \text{实验成绩} \times B_i + \text{期末成绩} \times C_i}{100 \times (A_i + B_i + C_i)}$$

式中： A_i =平时成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在平时成绩中的权重，

B_i =实验成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在实验成绩中的权重，

C_i =期末成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在期末成绩中的权重。

七、有关说明

（一）持续改进

本课程根据学生作业、课堂讨论、实验环节、平时考核情况和学生、教学督导等的反馈，及时对教学中的不足之处进行改进，并在下一轮课程教学中整改完善，确保相应毕业要求指标点达成。

（二）参考书目及学习资料

《半导体物理学学习辅导及习题详解》 电子工业出版社 刘恩科

执笔人： 卞维柏

审定人： 杜文汉

审批人： 杜文汉

薄膜材料与器件课程教学大纲

(Thin Films and Devices)

一、课程概况

课程代码：2303109

学 分： 3

学 时：48 （其中：讲授学时 44， 实验学时 4）

先修课程：大学物理、高等数学、化学等

适用专业：新能源科学与工程、光电信息科学与工程等专业

教 材：《半导体薄膜技术与物理》（第二版），叶志镇 主编，浙江大学出版社，出版时间 2014.12

课程归口：光电工程学院

课程的性质与任务：本课程是新能源科学与工程专业的专业必修课，也可作为材料和半导体专业的必修课或选修课。通过本课程的学习，可使学生获得真空技术、薄膜制备、器件工艺必要的基本理论、基本知识和基本技能，了解薄膜材料发展的概况，为学习后续课程和专业知识，以及毕业后从事工程技术工作和科研工作打下理论基础和实验基础。

二、课程目标

目标 1. 通过学习薄膜材料与器件理论知识，掌握薄膜材料的合成、制备、结构与性能。结合数学知识、物理知识、工程知识和新能源专业知识综合运用于新能源复杂系统或装置的分析与设计。

目标 2. 在专业领域里，要求学生对各种信息功能薄膜的生长机制、过程和方法有较为深入的了解；在熟悉薄膜基本生长工艺的基础上，对迅速发展的薄膜技术有全面的认识；

目标 3. 在课程教学中，引导启发学生主动培养创新能力的意识，通过课外资料调研和课堂讨论，对各种薄膜材料的研究及应用有系统的认识。

毕业要求 指标点	课程目标							
	目标 1	目标 2	目标 3					
毕业要求 1-3	√							
毕业要求 2-2		√						

毕业要求 4-3			√					
----------	--	--	---	--	--	--	--	--

三、课程内容及要求

（一）真空技术基础

1.教学内容

- （1）真空的基本知识；度量，划分
- （2）真空的表征
- （3）气体分子运动论
- （4）气体分子与表面的相互作用

2.基本要求

- （1）理解分子运动理论
- （2）了解压强的基本单位
- （3）掌握真空获得方法

3.重点难点

- （1）压强的单位换算
- （2）真空实现方法

（二）蒸发技术

1.教学内容

- （1）镀料的蒸发
- （2）蒸镀装置与操作
- （3）合金膜的蒸镀装置
- （4）化合物薄膜的蒸镀

2.基本要求

- （1）理解真空蒸镀装置和原理
- （2）了解蒸发过程

3.重点难点

- （1）真空蒸镀过程
- （2）不同蒸镀工艺对比

（三）溅射技术

1.教学内容

- （1）溅射基本原理
- （2）溅射主要参数

- (3) 溅射装置与工艺
- (4) 溅射技术的应用

2.基本要求

- (1) 掌握溅射镀膜方法
- (2) 知道磁控溅射原理

3.重点难点

- (1) 磁控溅射特点
- (2) 辉光放电原理

(四) 化学气相沉积

1.教学内容

- (1) 硅化学气相沉积
- (2) CVD 的主要种类
- (3) 能量增强 CVD
- (4) MOCVD 技术

2.基本要求

- (1) 掌握化学气相沉积原理
- (2) 了解化学气相沉积的应用

3.重点难点

- (1) PECVD 过程及应用
- (2) MOCVD 制备超晶格材料

(五) 脉冲激光沉积

1.教学内容

- (1) PLD 的基本原理
- (2) 激光与靶的相互作用
- (3) 烧蚀物的传输
- (4) 颗粒物的抑制

2.基本要求

- (1) 理解 PLD 的基本工作原理
- (2) 掌握 PLD 技术优势
- (3) 了解 PLD 存在问题

3. 重点难点

- (1) PLD 的工作原理
- (2) 液滴现象
- (3) PLD 工作过程

(六) 分子束外延

1. 教学内容

- (1) 分子束外延的原理与特点
- (2) 外延生长设备
- (3) 分子束外延生长三五族化合物

2. 基本要求

- (1) 了解分子束外延的工作原理
- (2) 理解分子束外延应用领域
- (3) 知道分子束外延生长过程

3. 重点难点

- (1) 分子束外延设备装置
- (2) 分子束外延生长过程

(七) 湿化学制备方法

1. 教学内容

- (1) 溶胶凝胶技术
- (2) 喷雾热分解技术
- (3) 液相电沉积技术

2. 基本要求

- (1) 理解溶胶凝胶技术发展历程
- (2) 理解湿化学制备薄膜方法
- (3) 理解溶胶凝胶技术应用领域

3. 重点难点

- (1) 溶胶凝胶制备薄膜的过程
- (2) 溶胶凝胶法应用领域

(八) 半导体超晶格和量子阱

1. 教学内容

- (1) 半导体超晶格量子阱的量子特点
- (2) 器件介绍及应用

2.基本要求

- (1) 知道超晶格/量子阱概念及分类
- (2) 知道超晶格/量子阱制备工艺

3.重点难点

- (1) 超晶格/量子阱应用领域
- (2) 超晶格/量子阱制备工艺

教学内容与课程目标的对应关系及学时分配如表所示。

序号	教学内容	支撑的课程目标	支撑的毕业要求指标点	讲授学时	实验学时
1	真空技术基础	目标 1、2	1-3	6	
2	蒸发技术	目标 1、2	1-3、2-2	4	
3	溅射技术	目标 1、2	1-3、2-2	8	
4	化学气相沉积	目标 1、2	1-3	8	
5	脉冲激光沉积	目标 1、3	1-3、2-2、4-3	4	
6	分子束外延	目标 1、3	1-3、2-2、4-3	4	
7	湿化学制备方法	目标 3	4-3	4	
8	半导体超晶格和量子阱	目标 1、3	1-3、2-2	4	
合计				42	

四、课内实验（实践）

序号	实验项目名称	实验内容及要求	学时	对毕业要求的支撑	类型	备注
1	真空系统实现	了解常用真空泵：机械泵和分子泵的使用方法，了解利用复合真空计的真空测量方法。	2	2-2	验证性	必做
2	磁控溅射沉积	了解磁控溅射中辉光放电现象，了解磁控溅射薄膜沉积过程，了解磁控溅射设备的原理及使用方法。	2	2-2	验证性	必做
3	四探针法测电阻的电阻率	熟悉四探针法测量半导体材料电阻率的原理，掌握四探针法测量半导体材料电阻率的方法。	2	4-3	验证性	选做

五、课程实施

（一）教学方法与教学手段

1. 采用板书与多媒体相结合教学模式

2. 采用实际案例演示给学生
3. 布置一些任务，让学生自行完成
4. 部分内容可以让学生自学完成，然后进行课堂讨论
5. 课后安排答疑时间

（二）课程实施与保障

主要教学环节		质量要求
1	备课	（1）掌握本课程教学大纲内容，严格按照教学大纲要求进行课程教学内容的组织。 （2）熟悉教材各章节，借助专业书籍资料，并依据教学大纲编写授课计划，编写每次授课的教案。教案内容包括章节标题、教学目的、教法设计、课堂类型、时间分配、授课内容、课后作业、教学效果分析等方面。 （3）根据各部分教学内容，构思授课思路、技巧，选择合适的教学方法。
2	讲授	（1）要点准确、推理正确、条理清晰、重点突出，能够理论联系实际，熟练地解答和讲解例题。 （2）采用多种教学方式（如启发式教学、案例分析教学、讨论式教学、多媒体示范教学等），注重培养学生发现、分析和解决问题的能力。 （3）能够采用现代信息技术辅助教学。 （4）表达方式应能便于学生理解、接受，力求形象生动，使学生在掌握知识的过程中，保持较为浓厚的学习兴趣。
3	作业布置与批改	学生必须完成规定数量的作业，作业必须达到以下基本要求： （1）按时按量完成作业，不缺交，不抄袭。 （2）书写规范、清晰。 （3）解题方法和步骤正确。 教师批改和讲评作业要求如下： （1）学生的作业要按时全部批改，并及时进行讲评。 （2）教师批改和讲评作业要认真、细致，按百分制评定成绩并写明日期。 （3）学生作业的平均成绩应作为本课程总评成绩中平时成绩的重要组成部分。
4	课外答疑	为了解学生的学习情况，帮助学生更好地理解和消化所学知识、改进学习方法和思维方式，培养其独立思考问题的能力，任课教师需每周安排一定时间进行课外答疑与辅导。
5	成绩考核	本课程考核的方式为闭卷笔试。考试采取教考分离，监考由学院统一安排。有下列情况之一者，总评成绩为不及格： （1）缺交作业次数达 1/3 以上者。 （2）缺课次数达本学期总授课学时的 1/3 以上者。 （3）课程目标小于 0.6。

六、课程考核

(一) 课程考核包括期末考试、平时成绩等，期末考试采用采用闭卷考试方式。

(二) 课程成绩=平时成绩×50%+期末考试成绩×50%。具体内容和比例如表所示。

成绩组成	考核/评价环节	权重	考核/评价细则	对应的毕业 要求指标点
平时成绩	平时作业	20%	课后完成 20 道左右习题，主要考核学生对每节课知识点的复习、理解和掌握程度，计算全部作业的平均成绩。计分形式以百分制。	1-3、2-2
	调研报告	15%	除了课堂上学习的物理气相沉积、化学气相沉积等，课后时间调研溶液法制备半导体氧化物，根据实验方案、合理性等给出综合评价。	2-2
	课程实验	15%	完成 2 个实验，主要考核学生应用基础知识进行验证及设计实验，并对实验结果进行分析与评价的能力。每个实验按百分制分别给出预习、操作和实验报告的成绩，平均后得到该实验的成绩。	4-3
期末考试	期末考试 卷面成绩	50%	试卷题型包括填空题、简答题和综合分析题等，以卷面成绩的 50%计入课程总成绩。	1-3、2-2、4-3

(三) 所有课程目标均需大于等于 0.6，否则总评成绩不及格，需要补考或重修。每个课程目标达成度计算方法如下：

$$\text{课程目标}i\text{达成度} = \frac{\text{平时成绩} \times A_i + \text{实验成绩} \times B_i + \text{期末成绩} \times C_i}{100 \times (A_i + B_i + C_i)}$$

式中： A_i =平时成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在平时成绩中的权重，

B_i =实验成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在实验成绩中的权重，

C_i =期末成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在期末成绩中的权重。

七、有关说明

(一) 持续改进

本课程根据学生作业、课堂讨论、实验环节、平时考核情况和学生、教学督导等反馈，及时对教学中不足之处进行改进，并在下一轮课程教学中改进提高，确保相应毕业要求指标点达成。

(二) 参考书目及学习资料

1. 叶志镇主编 半导体薄膜材料与器件（第二版） 浙江大学出版社

2. 唐伟忠主编 薄膜材料制备原理、技术及应用 冶金工业出版社
3. 赵九蓬主编 新型功能材料设计与制备工艺 化学工业出版
4. 汪猛主编 膜材料及其制备 化学工业出版社

执笔人：徐伟龙

审定人：杜文汉

审批人：杜文汉

光伏电池原理与工艺（Q）课程教学大纲

（Principle and Process of Photovoltaic Cells）

一、课程概况

课程代码：2303111

学 分： 3

学 时：48（其中：讲授学时 44，课内实验学时 4 ）

先修课程：材料科学基础，半导体物理，大学物理

适用专业：新能源科学与工程

教 材：《太阳能电池材料、制造、检测技术》，翁敏航主编，科学出版社，出版时间 2013.04

课程归口：光电工程学院

课程的性质与任务：本课程是新能源科学与工程专业的一门专业必修课。使学生通过学习获得光伏电池的基础知识，具体包括太阳辐射的特性、半导体材料与 P-N 结基础、太阳能电池原理、晶硅电池、非晶硅电池、化合物薄膜电池等光伏电池的特点及制备工艺原理。了解我国及世界的光伏技术发展现状和趋势以及我国的新能源发展政策法规等。为学生今后从事新能源科学与工程设计特别是光伏相关行业的工程应用与管理工作打下重要的基础。

二、课程目标

目标 1. 通过学习光伏电池原理与工艺的理论知识，掌握光伏电池基本类型和发展现状，并查找相关文献资料对光伏行业发展趋势进行分析研究。

目标 2. 在课程教学中，能够根据目标进行相关的调研设计。教会学生自主确定工程设计目标与任务，引导启发学生主动培养创新能力的意识。

毕业要求 指标点	课程目标							
	目标 1	目标 2						
毕业要求 1-1	√							
毕业要求 2-1		√						
毕业要求 4-1	√							

三、课程内容及要求

（一）概论

介绍可再生能源的意义以及发展太阳能电池的必要性，了解太阳光谱、太阳能辐射以及各种太阳能电池种类、技术概论与目前的市场评价，掌握太阳能电池的研究及发展现状。

（二）太阳能电池的半导体物理基础

了解半导体材料、晶体结构与能带结构、电子传输性质，本征半导体与非本征半导体、半导体结，理解半导体与光的相互作用，载流子复合过程，半导体器件物理学的基本方程，半导体 p-n 结构与特性，半导体异质结，肖特基结。

（三）太阳能电池的基本原理、损失与测定

掌握太阳能电池基本工作原理、效率损失、电性能参数、等效电路、电池效率的测定环境，串联电阻与并联电阻的来源。

（四）晶硅太阳能电池器件与制造工艺

掌握多晶硅原料制造技术、单晶硅片制造技术、多晶硅片制造技术、晶硅太阳能电池的种类与结构、电池制备工艺以及电池的设计，掌握太阳能电池组件封装、电路设计，相同特性的电池、非相同特性的电池组件的特性。

（五）非晶硅薄膜太阳能电池

了解非晶硅薄膜太阳能电池的发展背景，掌握非晶硅材料的结构与特性，非晶硅材料的光致衰退现象，非晶硅薄膜硅太阳能电池的结构、制备与特性，非晶硅薄膜太阳能电池的封装技术。

（六）前瞻硅基薄膜太阳能电池

了解晶硅薄膜太阳能电池的发展背景，掌握晶硅薄膜电池的种类、制备技术，微晶硅薄膜、多晶硅薄膜的制备技术，大面积硅基薄膜制备技术，硅基薄膜太阳能电池的发展趋势。

（七）染料敏化太阳能电池

了解染料敏化太阳能电池的发展历史，掌握染料敏化太阳能电池的基本组成、工作原理与制备，染料敏化太阳能电池的研究重点与专利探讨，以及国际研发现状。

（八）化合物太阳能电池

掌握化合物半导体，碲化镉太阳能电池，铜铟硒太阳能电池，III-V 族太阳能电池聚光太阳能电池的基本原理、机构与制备工艺，以及未来发展趋势。

教学内容与课程目标的对应关系及学时分配如表所示。

序号	教学内容	支撑的课程目标	支撑的毕业要求指标点	讲授学时	实验学时
1	概论	目标 1、2	1-1	2	
2	太阳能电池的半导体物理基础	目标 1、2	1-1、2-1	6	
3	太阳能电池的基本原理损失与测定	目标 1、2	1-1、2-1	8	2
4	晶硅太阳能电池器件与制造工艺	目标 2	4-1	6	2
5	非晶硅薄膜太阳能电池	目标 2	1-1、2-1、4-1	6	
6	前瞻硅基薄膜太阳能电池	目标 2	1-1、2-1、4-1	4	
7	染料敏化太阳能电池	目标 2	2-1	4	
8	化合物太阳能电池	目标 2	1-1、2-1	8	
合计				44	

四、课内实验（实践）

序号	项目名称	内容	要求	学时数
1	太阳能电池 I-V 特性及其转换效率测试，电池组件的输出特性	太阳能电池片的输出电压特性、短路电流特性，电流-电压特性曲线，及最大输出功率、填充因子测试与计算。	掌握太阳能电池片的电流-电压特性、功率-电压特性测试方法。测试方法。	2
2	太阳能电池板串、并联开路电压、短路电流的测试	太阳能电池片各种串、并联连接方式组成组件的转换效率测量，开路电压、短路电流与光强的关系、P-V 特性测试以及暗 I-V 特性测试。	掌握太阳能电池片串、并联连接方式对组件性能的影响。	2
合 计				4

五、课程实施

（一）教学方法与教学手段

6. 采用板书与多媒体相结合教学模式
7. 采用仿真软件将电路原理演示给学生
8. 布置课堂联系，让学生当堂完成
9. 部分内容可以让学生自学完成，然后进行课堂讨论
10. 课后安排答疑时间

（二）课程实施与保障

主要教学环节	质量要求
--------	------

1	备课	(1) 掌握本课程教学大纲内容, 严格按照教学大纲要求进行课程教学内容的组织。 (2) 熟悉教材各章节, 借助专业书籍资料, 并依据教学大纲编写授课计划, 编写每次授课的教案。教案内容包括章节标题、教学目的、教法设计、课堂类型、时间分配、授课内容、课后作业、教学效果分析等方面。 (3) 根据各部分教学内容, 构思授课思路、技巧, 选择合适的教学方法。
2	讲授	(1) 要点准确、推理正确、条理清晰、重点突出, 能够理论联系实际, 熟练地解答和讲解例题。 (2) 采用多种教学方式(如启发式教学、案例分析教学、讨论式教学、多媒体示范教学等), 注重培养学生发现、分析和解决问题的能力。 (3) 能够采用现代信息技术辅助教学。 (4) 表达方式应能便于学生理解、接受, 力求形象生动, 使学生在掌握知识的过程中, 保持较为浓厚的学习兴趣。
3	作业布置与批改	学生必须完成规定数量的作业, 作业必须达到以下基本要求: (1) 按时按量完成作业, 不缺交, 不抄袭。 (2) 书写规范、清晰。 (3) 解题方法和步骤正确。 教师批改和讲评作业要求如下: (1) 学生的作业要按时全部批改, 并及时进行讲评。 (2) 教师批改和讲评作业要认真、细致, 按百分制评定成绩并写明日期。 (3) 学生作业的平均成绩应作为本课程总评成绩中平时成绩的重要组成部分。
4	课外答疑	为了解学生的学习情况, 帮助学生更好地理解和消化所学知识、改进学习方法和思维方式, 培养其独立思考问题的能力, 任课教师需每周安排一定时间进行课外答疑与辅导。
5	成绩考核	本课程考核的方式为闭卷笔试。考试采取教考分离, 监考由学院统一安排。有下列情况之一者, 总评成绩为不及格: (1) 缺交作业次数达 1/3 以上者。 (2) 缺课次数达本学期总授课学时的 1/3 以上者。 (3) 课程目标小于 0.6。

六、课程考核

(一) 课程考核包括期末考试、平时成绩等, 期末考试采用采用闭卷考试方式。

(二) 课程成绩=平时成绩×50%+期末考试成绩×50%。具体内容和比例如表所示。

成绩组成	考核/评价环节	权重	考核/评价细则	对应的毕业 要求指标点
------	---------	----	---------	----------------

平时成绩	平时作业	20%	课后完成课后习题，主要考核学生对每节课知识点的复习、理解和掌握程度，计算全部作业的平均成绩。计分形式以百分制。	1-1、2-1
	实验成绩	15	完成 2 个实验，主要考核学生应用基础知识进行验证及设计实验，并对实验结果进行分析与评价的能力。每个实验按百分制分别给出预习、操作和实验报告的成绩，平均后得到该实验的成绩。	2-1
	课堂练习	15%	在每章内容进行中或结束后，以随机的形式，随堂测试 1-3 题，主要考核学生课堂的听课效果和课后及时复习消化本章知识的能力，计分形式为百分制。	1-1、2-1
期末考试	期末考试卷面成绩	50%	试卷题型包括填空题、选择、分析简答题等，以卷面成绩的 50%计入课程总成绩。	1-1、2-1、4-1

（三）所有课程目标均需大于等于 0.6，否则总评成绩不及格，需要补考或重修。每个课程目标达成度计算方法如下：

$$\text{课程目标}i\text{达成度} = \frac{\text{平时成绩} \times A_i + \text{期末成绩} \times B_i}{100 \times (A_i + B_i)}$$

式中： A_i =平时成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在平时成绩中的权重，

B_i =期末成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在期末成绩中的权重。

七、有关说明

（一）持续改进

本课程根据学生作业、课堂讨论、实验环节、平时考核情况和学生、教学督导等反馈，及时对教学中不足之处进行改进，并在下一轮课程教学中改进提高，确保相应毕业要求指标点达成。

（二）参考书目及学习资料

1. 翁敏航，《太阳能电池材料、制造、检测技术》，科学出版社，2013
2. 杨德仁，《太阳能电池材料》，化学工业出版社，2010
3. （澳）Martin A. Green, 《太阳电池—工作原理、工艺与系统应用》，上海交通大学出版社，2010

4. 赵富鑫，魏彦章主编，《太阳电池及其应用》，国防工业出版社，1985
5. 安其霖，曹国琛等编，《太阳电池原理与工艺》，上海科学技术出版社，1984
6. (澳) 伟纳姆 等编，狄大卫 等译，《应用光伏学》，上海交大出版社，2008

执笔人：熊 超

审定人：杜文汉

审批人：杜文汉

单片机原理与应用 B 课程教学大纲

(Principle and Application of Microcontroller B)

一、课程概况

课程代码：2303118

学 分：2.5

学 时：40（其中：讲授学时 36，实验学时 4）

先修课程：计算机基础、C 语言、电路、模拟电子技术基础、数字电子技术基础等。

适用专业：新能源科学与工程

教 材：《单片机原理及应用——基于 Proteus 和 Keil C（第 4 版）》. 林立，张俊亮. 北京：电子工业出版社，2014

课程归口：光电工程学院

课程的性质与任务：本课程是新能源科学与工程专业一门理论性与实践性很强的专业基础必修课，也是本专业的主干课程之一。通过本课程的学习，学生能够掌握单片机及微机的硬件结构及各功能部件的工作原理，掌握汇编语言及 C 语言的程序设计，掌握 Keil、Proteus 等单片机仿真及调试工具软件，能进行简单的单片机及微机应用系统方案设计、软硬件设计和仿真调试等。本课程重视理论与实际的结合，通过实验、参观实习及后续的单片课程设计来提高学生分析问题、解决问题的能力，使学生具备一定的实践能力，为毕业后从事相关工作打下良好的基础。

二、课程目标

目标 1. 掌握单片机及微机的硬件结构及各功能部件的工作原理、汇编语言及 C 语言的程序设计方法，使学生具备在嵌入式和自动控制设备领域具备程序阅读、调试、改进及编写的能力。

目标 2. 掌握单片机仿真、调试等软硬件开发工具的使用方法，使学生具备应用专业基础知识对单片机控制系统进行分析和设计的能力。

本课程支撑专业培养计划中毕业要求 3.2 和毕业要求 5.1，对应关系如表所示。

毕业要求 指标点	课程目标	
	目标 1	目标 2
毕业要求 3.2	√	
毕业要求 5.1		√

三、课程内容及要求

（一）微型计算机基础

1. 教学内容

- （1）数制与编码
- （2）数制及转换方法
- （3）微型计算机中数的表示方法
- （4）微型计算机中常用编码

2. 基本要求

掌握微型计算机的数制编码规范、数制及转换方法、数的表示方法、微型计算机中的常用编码，使学生具备学习其他数字控制芯片时，具备基本数制表达与编码的基础知识。

（二）微型计算机原理

1. 教学内容

- （1）微型计算机的基本组成
- （2）指令、程序与编程语言
- （3）微型计算机的工作过程
- （4）微型计算机的应用形态

2. 基本要求

掌握微型计算机的基本构成及工作原理，掌握基本指令，使学生具备学习其他数字控制芯片时，具备基本的语言理解和学习能力以及程序设计的基本思维方式。

（三）单片机基本硬件结构

1. 教学内容

- （1）单片机的硬件组成、引脚功能；
- （2）单片机的存储器结构；
- （3）单片机的并行 I/O 口；
- （4）单片机的时钟、时序和复位电路。

2. 基本要求

- （1）理解单片机的基本硬件知识，掌握单片机的工作机理；
- （2）使学生具有单片机最小应用系统的硬件设计能力。

3. 重点难点

(1) 存储器结构;

(2) 硬件最小系统设计。

(四) 单片机的指令系统和汇编语言程序设计

1.教学内容

(1) 单片机汇编指令系统;

(2) 汇编语言到机器码的汇编过程;

(3) 三种基本程序结构(顺序、转移、循环)设计;

(4) 常用汇编程序的设计。

2.基本要求

(1) 掌握单片机汇编指令、软件结构及流程的基础知识,使学生具有程序的总体框架设计的能力。

(2) 掌握单片机应用系统的软件流程、编写汇编指令代码,使学生具有汇编程序的阅读、编写能力。

3.重点难点

(1) 汇编指令;

(2) 汇编程序的设计。

(五) 单片机 C51 语言

1.教学内容

(1) C51 的程序结构、数据结构和开发环境;

(2) Keil、Proteus 等仿真及调试工具软件的作用;

(3) Keil 环境下的程序编写及调试;

(4) Proteus 环境下的电路原理图设计;

(5) 结合 Keil、Proteus 进行程序联调。

2.基本要求

(1) 熟练掌握 Proteus、Keil 软件进行设计、仿真、调试的完整过程和步骤;

(2) 掌握 C51 程序的设计要求和方法。

3.重点难点

(1) C51 程序的设计。

(六) 单片机的中断系统

1.教学内容

(1) 单片机中断概念、中断机制、中断允许和优先级控制;

(2) 中断服务子程序设计。

2.基本要求

(1) 熟练掌握中断软件流程和中断服务子程序设计。

3.重点难点

(1) 中断程序设计。

(七) 单片机的定时器及其应用

1.教学内容

(1) 单片机定时器的结构、工作方式；

(2) 定时器应用程序设计。

2.基本要求

(1) 熟练掌握定时器/计数器相关知识，了解其工作原理，具备对定时器/计数器信号进行分析的能力。

(2) 应用定时器各种功能进行定时器类程序设计，能够应用定时器实现常见的自动控制功能。

3.重点难点

(1) 定时器程序设计。

(八) 单片机的串行口及其应用

1.教学内容

(1) 单片机串行口的结构、工作方式；

(2) 串行口应用程序设计、波特率计算方法和串行口软硬件设计。

2.基本要求

(1) 熟练掌握串行口（串口通讯）相关知识，能够对串口通信进行检测。

(2) 能够应用串行口工作方式和波特率理论知识进行串口通讯设计。

3.重点难点

(1) 串口通讯设计。

(九) 单片机接口设计

1.教学内容

(1) 数码管、键盘等常用人机接口的工作原理；

(2) 数码管、键盘等常用人机接口的软硬件设计；

(3) A/D、D/A 转换器接口基本原理；

(4) A/D、D/A 转换器接口的软硬件设计。

2.基本要求

(1) 熟练掌握数码管/键盘等常用人机接口设计，能够设计常用的显示功能和键盘输入功能的软硬件部分。

(2) 掌握 A/D、D/A 转换器接口等知识，能够进行 I/O 接口硬件设计；

(3) 掌握 A/D、D/A 转换器接口的软硬件设计，数据处理软件设计。

3.重点难点

(1) A/D、D/A 转换器接口的软硬件设计。

教学内容与课程目标的对应关系及学时分配如表所示。

序号	教学内容	支撑的课程目标	支撑的毕业要求指标点	讲授学时	实验学时
1	微型计算机基础	目标 1	3.2	2	
2	微型计算机原理	目标 2	5.1	2	
3	单片机基本硬件结构	目标 1	3.2	4	
4	单片机的指令系统和汇编语言程序设计	目标 2	5.1	4	
5	单片机 C51 语言	目标 2	5.1	6	
6	单片机的中断系统	目标 1、2	3.2、5.1	4	2
7	单片机的定时器及其应用	目标 1、2	3.2、5.1	7	2
8	单片机的串行口及其应用	目标 1、2	3.2、5.1	3	
9	单片机接口设计	目标 2	5.1	4	
合 计				36	4

四、课内实验（实践）

序号	实验项目名称	实验内容及要求	学时	对毕业要求的支撑	类型	备注
1	I/O 口实验	使用并行口，驱动 8 只发光二极管，实现左移、右移等流水灯控制	2	3.2、5.1	综合性	必做
2	定时器实验	使用定时器，安照一定占空比输出脉冲	2	3.2、5.1	综合性	必做

五、课程实施

（一）教学方法与教学手段

1.把握主线，引导学生掌握单片机及其接口电路的基本理论，使学生掌握单片机控制系统的设计方法，了解有关控制芯片的新技术。

2.采用多媒体教学手段、表达方式尽量便于学生理解、接受，力求形象生动，使学生在掌握知识的过程中，保持较为浓厚的学习兴趣。

3.以课堂实验、实物演示相结合的方法，培养学生实践动手的能力。培养学生分析问题、解决问题的能力，为从事本专业工作打下良好的基础。

（二）课程实施与保障

主要教学环节		质量要求
1	备课	（1）掌握本课程教学大纲内容，严格按照教学大纲要求进行本课程教学内容的组织； （2）熟悉教材各章节，借助相关专业书籍资料，并依据教学大纲编写授课计划，编写每次授课的教案。教案内容包括章节标题、教学目的、教法设计、课堂类型、时间分配、授课内容、课后作业、教学效果分析等方面； （3）结合课程特点，制作课件，运用多媒体教学手段讲授部分教学内容； （4）确定各章节课程内容的教学方法，构思授课思路、技巧和方法。
2	讲授	（1）要点准确，推理正确，条理清晰，重点突出，理论联系实际，熟练地解答和讲解例题。 （2）采用多种教学方式（如启发式教学、案例分析教学、讨论式教学、多媒体示范教学等），注重培养学生的专业素质，提高学生发现、分析和解决问题的能力，以便让学生能体会和领略学科研究的思路和方法。 （3）多媒体教学手段、课堂实验、实物演示相结合，以培养学生实践动手的能力。 （4）表达方式尽量便于学生理解、接受，力求形象生动，使学生在掌握知识的过程中，保持较为浓厚的兴趣。
3	作业布置与批改	学生必须完成一定数量的作业题，是本课程教学的基本要求，是实现人才培养目标的必要手段。 学生完成的作业必须达到以下基本要求： （1）按时按量完成作业，不缺交，不抄袭； （2）作业本规范。书写清晰，制证、登账、编表按规定和规范处理； （3）解题方法和步骤正确。 教师批改或讲评作业要求如下： （1）学生的作业要全批全改，并按时批改、讲评学生每次交来的作业； （2）教师批改或讲评作业要认真、细致，每次批改或讲评作业后，按百分制评定成绩，并写明日期； （3）期末按每个学生作业的平均成绩，作为本课程总评成绩中平时成绩的重要组成部分。
4	课外答疑	为直接了解学生的学习情况，帮助学生进一步理解和消化课堂上所学知

		识、改进学习方法和思维方式，培养其独立思考问题的能力，利用网络资源，组建由任课教师、助教研究生和全体授课学生参与的 QQ 学习群，另外任课教师公布办公地点，方便学生进行课外答疑和辅导。
5	实验与实验考核	本课程安排有实验环节，学生参加实验必须达到以下基本要求： （1）按指导书要求参加实验，完成实验，不缺席，不故意损坏实验设备； （2）实验之前上交符合要求的实验预习报告，预习不符合要求者延迟参加实验，实验后预习报告完成数据处理与思考题，形成实验报告，必须书写清晰，制图、编表按规定和规范处理； （3）实验步骤正确，结果合理，实验原始数据经指导教师验收签字后认可，不得涂改。 教师批改实验报告要求如下： （1）学生的报告要全批全改，并按时批改、讲评； （2）教师批改或讲评报告要认真、细致，每次批改或讲评报告后，按百分制对实验报告评定成绩，并写明日期； （3）期末评出每个学生实验的平均实验成绩，作为本课程总评成绩的重要组成部分。
6	成绩考核	本课程考核的方式：考试。考试试卷采取教考分离，抽卷形式，统一安排监考。总评成绩的评定见课程评分方案。有下列情况之一者，总评成绩为不及格： （1）缺交作业次数达1/3以上者； （2）缺课次数达本学期总授课学时的1/3以上者。
7	第二课堂活动	为了培养学生综合运用所学知识解决实际问题的能力和创新精神，教研室应积极组织学生参加生产实习，并指定学术水平较高、实践经验丰富的专业教师担任指导教师。建议如下： （1）选拔优秀学生参加此类竞赛活动。 （2）制订出工作计划，建立激励机制，切实抓好赛前准备工作。 （3）在培训过程中，引导学生理论联系实际，培养学生的实际操作能力和团队合作精神。 此外，可由系组织技能竞赛，培养学生的专业基本技能。

六、考核方式

（一）课程考核包括平时（包括考勤与课堂表现、作业）情况考核、实验考核和期末考试，结课考核采用卷面考核（闭卷/开卷）形式。

（二）课程成绩=平时成绩×50%+期末考试成绩×50%。具体内容和比例如表所示。

成绩组成	考核/评价环节	占比	考核/评价细则	对应的毕业要求指标点（支撑因子）
平时成绩	平时作业	20%	每章节对应思考题和习题，考核学生对每节	3.2（60%）

(50%)			课知识点的复习、理解和掌握度，计算全部作业的平均成绩再按 20%计入总成绩。	5.1 (40%)
	随堂测验	15%	以随机的形式，在每章内容进行中或结束后，随堂测试 1-3 题，主要考核学生课堂的听课效果和课后及时复习消化本章知识的能力，结合平时考勤，最后按 15%计入课程总成绩。	
	课程实验	15%	完成 2 个实验，主要考核学生应用基础知识进行综合实验。每个实验按百分制分别给出预习、操作和实验报告的成绩，平均后得到该实验的成绩。2 个实验成绩平均后得到实验总评成绩并按 10%计入课程总成绩。	3.2 (60%) 5.1 (40%)
期末考试 (50%)	期末考试 卷面成绩	50%	试卷题型包括填空题、选择题、判断题、简答题、分析题、计算题及拓展题型等（每次考核可能题型不同，以当次考核题型为准）。其中考核电气学基础知识及应用能力的题（占 50%）；考核是否具有对分解后的电气复杂工程问题进行表达和建模能力的题（占 40%）；考核是否掌握自主学习的方法，了解拓展知识和能力途径的题（占 10%）。	3.2 (60%) 5.1 (40%)

（三）每个课程目标达成度计算方法如下：

$$\text{课程目标}i\text{达成度} = \frac{\text{平时成绩} \times A_i + \text{实验成绩} \times B_i + \text{期末成绩} \times C_i}{100 \times (A_i + B_i + C_i)}$$

式中： A_i =平时成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在平时成绩中的权重，

B_i =实验成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在实验成绩中的权重，

C_i =期末成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在期末成绩中的权重。

七、有关说明

（一）持续改进

本课程根据学生作业、课堂讨论、实验环节、平时考核情况和学生、教学督导等反馈，及时对教学中不足之处进行改进，制定下轮教学改进措施，并在下一轮课程教学中改进提高，确保相应毕业要求指标点达成。

（二）参考书目及学习资料

1.张齐，朱宁西. 单片机应用系统设计技术——基于 C51 的 Proteus 仿真（第 3 版），北京：电子工业出版社，2013.

2.张齐，朱宁西. 单片机应用系统设计技术——基于 C51 的 Proteus 仿真（第 3 版）实验、题库、题解，北京：电子工业出版社，2013.

3.张毅刚. 基于Proteus的单片机课程的基础实验与课程设计, 北京: 人民邮电出版社, 2012.

执笔人: 陈 磊

审定人: 杜文汉

审批人: 杜文汉

2020年 月 日

光伏发电技术课程教学大纲

(Photovoltaic Power Generation Technology)

一、课程概况

课程代码：2303113

学 分： 3

学 时：48 （其中：讲授学时 44， 实验学时 4， 上机学时 0 ）

先修课程：光伏电池原理、电力电子技术、单片机原理及系统设计等

适用专业：新能源科学与工程专业

教 材：《太阳能光伏发电系统及其应用（第 2 版）》，杨贵恒等编著，化学工业出版社，
出版时间 2015.01

课程归口：光电工程学院

课程的性质与任务：本课程是新能源科学与工程专业的一门专业必修课。学生通过本课程系统地学习太阳能光电利用方面的基础知识，包括太阳电池和太阳电池组件的原理、结构及生产工艺、各种光伏发电系统的基本工作原理和设计方法、光伏系统的主要部件的技术原理和控制方法以及光伏电站的建设与维护知识。通过学习，学生可以将新能源专业（光伏技术方向）的有关的知识和技能进行综合运用和训练，为今后从事太阳能光伏系统的设计等光伏方向的技术工作奠定基础。

二、课程目标

目标 1. 通过学习光伏发电技术及系统的相关知识，了解光伏发电系统的工作原理和应用场合，理解光伏发电技术的应用对于环境保护和社会可持续发展的意义，训练一定的工程设计能力。

目标 2. 理解光伏发电系统中有关重要组成部分的技术原理和控制方法，掌握有关器件和设备的检测和监控技术，能够对光伏发电系统中有关的物理现象和特性进行研究和实验验证，能够使用新能源工程中常用的器件性能分析工具、检测仪表和传感器。

目标 3. 了解光伏发电系统设计的有关技术标准和设计流程与方法，掌握一定的工程设计能力和计算机软件辅助设计能力。

毕业要求	课程目标
------	------

指标点	目标 1	目标 2	目标 3					
毕业要求 4-1		√						
毕业要求 5-1		√						
毕业要求 7-1			√					
毕业要求 8-2	√							

三、课程内容及要求

（一）导论

1.教学内容

- （1）太阳辐射与太阳能资源
- （2）太阳能利用的基本形式
- （3）太阳能光伏发电技术与产业的现状与发展前景

2.基本要求

- （1）了解太阳辐射与太阳能资源的基本情况；
- （2）了解太阳能利用的基本形式；
- （3）理解太阳能开发利用的对人类社会发展的意义；
- （4）了解太阳能光伏发电技术与产业的现状与发展前景。

（二）光伏发电系统的类型

1.教学内容

- （1）光伏发电系统的组成
- （2）光伏发电系统的分类
- （3）并网光伏发电系统的特征
- （4）互补型光伏发电系统

2.基本要求

- （1）了解光伏发电系统的组成与基本分类；
- （2）理解独立光伏发电系统的含义，掌握几种主要的独立光伏发电系统的特征和适用场合；
- （3）理解并网光伏发电系统的含义，掌握几种主要的并网光伏发电系统的特征和适用场合；
- （4）理解互补型光伏发电系统的含义，掌握常见的互补型光伏发电系统的特征和适用场合。

3.重点难点

- （1）光伏发电系统的分类、独立与并网型光伏发电系统的含义与特征
- （2）互补型光伏发电系统

（三）光伏电池组件与阵列

1.教学内容

- (1) 光伏电池的工作原理
- (2) 光伏电池输出特性和转换效率
- (3) 光伏阵列的设计方法

2.基本要求

- (1) 理解光伏电池的基本工作原理；
- (2) 了解光伏电池的基本结构与生产工艺流程；
- (3) 理解光伏电池的等效模型和伏安特性参数；
- (4) 了解影响光伏电池输出特性和转换效率的基本因素；
- (5) 理解光伏电池的分类；
- (6) 理解太阳电池伏安特性测试原理及光谱响应测试原理；
- (7) 理解光伏电池组件与阵列的含义，掌握光伏阵列的基本设计方法；
- (8) 理解光伏阵列性能的主要影响因素。

3.重点难点

- (1) 光伏电池原理
- (2) 光伏电池等效模型
- (3) 光伏电池伏安特性参数

(四) 光伏发电系统中的储能装置

1.教学内容

- (1) 光伏发电系统中储能装置的意义与类型
- (2) 铅酸蓄电池的工作原理
- (3) 储能装置充放电管理

2.基本要求

- (1) 了解光伏发电系统中储能装置的意义；
- (2) 知道光伏发电系统中常用的储能装置的类型；
- (3) 了解铅酸蓄电池的基本构造，理解铅酸蓄电池的工作原理；
- (4) 了解铅酸蓄电池的基本特性参数；
- (5) 掌握储能装置充放电管理的方法。

3.重点难点

- (1) 铅酸蓄电池的工作原理
- (2) 储能装置充放电管理的方法

(五) 光伏发电系统中的电能变换技术

1.教学内容

(1) 光伏发电系统中电能变换的含义

(5) 直流-直流电能变换技术

(6) 直流-直流变换技术

(7) 电能变换控制技术

2.基本要求

(1) 理解光伏发电系统中电能变换的意义；

(2) 了解光伏发电系统对电能变换的要求；

(3) 了解直流-直流电能变换技术的含义与分类；

(4) 理解几种常见的直流-直流变换技术的工作原理；

(5) 了解直流-直流变换技术中控制与驱动的意义；

(6) 理解常见的直流-交流变换技术（单相逆变电路、三相桥式逆变电路）的工作原理；

(7) 理解逆变控制技术的意义、SPWM 控制技术的原理；

(8) 掌握常用的直流-直流变换电路的参数设定方法；

(9) 掌握电压型桥式逆变电路中主要器件的参数选定方法；

(10) 掌握利用 Matlab、Psim 等软件进行电能变换电路仿真的能力。

3. 重点难点

(1) 直流-直流变换技术的工作原理

(2) 直流-交流变换技术的工作原理

(3) SPWM 控制技术的原理

(4) Matlab、Psim 等软件进行电能变换电路仿真

(六) 光伏发电系统的控制与管理

1.教学内容

(1) 光伏发电系统的控制与管理的含义

(2) 最大功率点跟踪

(3) 蓄电池充放电控制与管理

(4) 光伏并网逆变器控制

2.基本要求

(1) 了解光伏发电系统的控制与管理的意义；

(2) 理解最大功率点跟踪的基本原理；

(3) 理解几种常用的最大功率点跟踪技术的工作原理和优缺点；

(4) 了解蓄电池充放电控制与管理的意义与基本要求；

(5) 理解蓄电池充放电管理的几种基本策略与实现方法；

(6) 掌握基本的蓄电池充放电控制器的设计与开发方法；

(7) 了解光伏并网逆变器控制的意义；

(8) 理解并网逆变器的数学模型、并网逆变器电流控制方法的原理；

(9) 了解并网逆变器并联控制技术;

(10) 掌握利用 Matlab、Psim 等软件进行光伏系统的最大功率点跟踪、并网控制等技术的仿真方法。

3.重点难点

(1) 最大功率点跟踪技术的原理与实现方法

(2) 三段式蓄电池充电控制策略与实现

(3) 光伏并网逆变器的控制技术

(七) 光伏发电系统设计

1.教学内容

(1) 光伏发电系统设计的含义

(2) 独立光伏系统容量设计

(3) 并网光伏系统的设计

2.基本要求

(1) 了解光伏发电系统设计的含义;

(2) 理解并掌握独立光伏系统容量(光伏阵列容量、蓄电池容量)设计的流程与方法;

(3) 掌握独立光伏系统在不同负载条件下的优化设计原理与方法;

(4) 掌握并网光伏系统的设计流程与方法;

(5) 了解并掌握光伏电系统的硬件设计与选型的内容和方法;

(6) 了解掌握 Pvsyst、RETScreen 等光伏系统设计软件的使用方法;

(8) 掌握一些常见的独立光伏发电系统及小型并网光伏发电系统的设计实例。

3.重点难点

(1) 光伏发电系统的容量设计

(2) 光伏发电系统的硬件设计与选型

(八) 光伏电站的建设与运行维护

1.教学内容

(1) 光伏电站施工

(2) 光伏电站检测

(3) 光伏电站维护与管理

2.基本要求

(1) 了解光伏电站施工的基本流程与方法;

(2) 了解光伏电站检测的基本内容与方法;

(3) 了解光伏电站维护与管理的基本要求;

(4) 了解光伏电站常见故障的种类及检修方法。

3.重点难点

(1) 光伏电站施工的基本流程与方法

(2) 光伏电站检测的基本内容与方法

教学内容与课程目标的对应关系及学时分配如表所示。

序号	教学内容	支撑的课程目标	支撑的毕业要求指标点	讲授学时	实验学时
1	导论	目标 1、2	8-2	3	
2	光伏发电系统的类型	目标 2、3	5-1	4	
3	光伏电池组件与阵列	目标 1、3	4-1	6	
4	光伏发电系统中的储能装置	目标 1、2	4-1、8-2	6	
5	光伏发电系统中的电能变换技术	目标 1、2、3	4-3、5-1	6	
6	光伏发电系统的控制与管理	目标 1、2、3	4-3、5-1、8-2	7	2
7	光伏发电系统设计	目标 1、2、3	7-1、8-2	8	2
8	光伏电站的建设与运行维护	目标 1、2	7-1、8-2	4	
合计				44	4

四、课内实验（实践）

序号	实验项目名称	实验内容及要求	学时	对毕业要求的支撑	类型	备注
1	控制器的特性测试	对独立光伏系统中光伏控制器的特性进行测试，对蓄电池的充电特性和放电保护功能进行检验。要求了解控制器的工作原理的、基本结构以及操作方法，掌握对控制器的蓄电池充放电控制的性能表现进行测试的方法。	2	4-1	验证性	必做
2	光伏发电系统的设计与应用综合实验	利用太阳电池组件、蓄电池、控制器、逆变器及负载组成一套完成光伏发电系统，对系统的运行方案进行设计、对系统的运行状态进行监控。要求掌握光伏系统的设计方法，掌握光伏系统中太阳能电池组件、蓄电池、控制器、逆变器及负载等设备的组合控制方法，以及系统运行状态的监控方法。	2	4-1、5-1	设计性	必做

五、课程实施

（一）教学方法与教学手段

11. 采用板书与多媒体相结合、课堂教学与网络教学相结合的教学方式

12. 针对课程中部分与之前的光伏电池原理、电力电子技术等课程具有重叠和引申关系的内

容，教学时注意与学生原有的知识基础连贯起来，使得学生原有的知识能得到巩固，并能自然地进行深入、提高。

13. 有关电能变换电路设计、光伏系统设计等内容，积极指导学生利用 Matlab、PVsyst 等相关软件进行仿真练习。

14. 针对部分直接面向实际或工程应用的课程内容，应要求和指导学生进行实际系统的设计与制作，培养学生进行工程设计与开发的能力。

（二）课程实施与保障

主要教学环节		质量要求
1	备课	（1）掌握本课程教学大纲内容，严格按照教学大纲要求进行课程教学内容的组织。 （2）熟悉教材各章节，借助专业书籍资料，并依据教学大纲编写授课计划，编写每次授课的教案。教案内容包括章节标题、教学目的、教法设计、课堂类型、时间分配、授课内容、课后作业、教学效果分析等方面。 （3）根据各部分教学内容，构思授课思路、技巧，选择合适的教学方法。
2	讲授	（1）条理清晰、表达准确、逻辑严密、重难点突出、详略得当，能够熟练地解答和讲解例题。 （2）综合采用多种教学方式（如启发式教学、案例分析教学、讨论式教学、软件仿真实训与指导教学等），注重培养学生发现、分析和解决问题的能力。 （3）将讲授、板书、多媒体课件展示相结合。 （4）讲授内容于讲授方式尽可能地与工程实践相结合，注重与先修课程内容的衔接，积极渗透有关问题，同时注重反馈，鼓励学生积极地对讲授内容进行提问和质疑。
3	作业布置与批改	（1）作业布置必须做到：题目选择与设定合理，突出基础知识和重难点，作业量充分适当。 （2）学生必须按规格及时独立完成作业，必须做到书写规范、清晰，并能及时订正作业中错误。 （3）教师必须及时认真批改作业，并根据作业情况及时进行讲评。作业批改按百分制评定成绩并写明日期，及时保存好作业成绩。
4	课下答疑	课下答疑可以采用集中辅导答疑和利用网络教学平台进行线上答疑两种方式。及时收集了解学生在学习过程中遇到的困难和存在的问题，及时给予答疑辅导，保证学生的学习效果和学习进度。

5	成绩考核	本课程考核的方式为闭卷笔试。考试采取教考分离，监考由学院统一安排。有下列情况之一者，总评成绩为不及格： (1) 缺交作业次数达 1/3 以上者。 (2) 缺课次数达本学期总授课学时的 1/3 以上者。 (3) 课程目标小于 0.6。
---	------	--

六、课程考核

(一) 课程考核包括期末考试、平时成绩等，期末考试采用采用闭卷考试方式。

(二) 课程成绩=平时成绩×50%+期末考试成绩×50%。具体内容和比例如表所示。

成绩组成	考核/评价环节	权重	考核/评价细则	对应的毕业要求指标点
平时成绩	平时作业	20%	完成课后习题，主要考核学生对主要知识点的理解和掌握程度，以及运用知识解决问题的能力。作业成绩以百分制评定。	4-1、8-2
	课堂练习	15%	课堂练习以学生回答老师的提问、解答课堂练习题等方式进行，主要考察学生对当堂课程内容的理解和掌握情况，课堂练习次数按照课程讲授的需要决定。计分形式为百分制。	5-1、7-1
	课程实验	15%	完成 2 个实验，主要考察和训练学生对光伏发电系统中有关物理现象和特性进行研究和实验验证的能力、使用有关器件和设备进行检测调试的能力、以及对完整系统进行综合设计和调试的能力。每个实验按百分制分别给出预习、操作和实验报告的成绩，平均后得到该实验的成绩。2 个实验成绩平均后得到实验总评成绩并按 15%计入课程总成绩。	4-1、5-1
期末考试	期末考试卷面成绩	50%	试卷题型包括填空题、选择、分析简答题、计算题、设计题等，以卷面成绩的 50%计入课程总成绩。	4-1、5-1、7-1

(三) 所有课程目标均需大于等于 0.6，否则总评成绩不及格，需要补考或重修。每个课程目标达成度计算方法如下：

$$\text{课程目标}i\text{达成度} = \frac{\text{平时成绩} \times A_i + \text{实验成绩} \times B_i + \text{期末成绩} \times C_i}{100 \times (A_i + B_i + C_i)}$$

式中： A_i =平时成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在平时成绩中的权重，

B_i =实验成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在实验成绩中的权重，

C_i =期末成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在期末成绩中的权重。

七、有关说明

（一）持续改进

本课程根据课堂教学的进展情况、学生讨论与回答问题的情况、学生作业、实验环节等情况，及时评估学生对课堂知识的掌握情况和进度，以及课程目标的达成度，再结合学生自身的反馈和教学督导反馈等，及时有针对性地发现和解决老师教与学生学习中存在的问题，不断改进优化教与学的效果，确保相应毕业要求指标点达成。

（二）参考书目及学习资料

- | | | |
|---------|--------------------|---------|
| 1，杨贵恒主编 | 太阳能光伏发电系统及其应用（第2版） | 化学工业出版社 |
| 2，杨金焕编著 | 太阳能光伏发电应用技术（第2版） | 电子工业出版社 |
| 3，魏学业编著 | 光伏发电技术及其应用 | 机械工业出版社 |
| 4，王立乔编著 | 分布式发电系统中的光伏发电技术 | 机械工业出版社 |

执笔人：陈磊

审定人：杜文汉

审批人：杜文汉

风能与风力发电技术（Q）课程教学大纲

（Wind Energy and Wind Power Technology）

一、课程概况

课程代码：2303110

学 分： 2.5

学 时： 40（其中：讲授学时 36，实验学时 4）

先修课程：可再生能源概论、新能源材料、流体力学

适用专业：新能源科学与工程

建议教材：《风力发电原理》，徐大平等，机械工业出版社，2011

课程归口：光电工程学院

课程的性质与任务：本课程是新能源科学与工程专业专业的专业基础必修课。通过本课程的学习，使学生了解国内外风力发电的发展趋势，掌握风力发电的基本原理，风力发电机组的基本结构及各部分的特性，了解风能资源的基本情况与评估方法，熟悉风电场选址、运行、维护的基本概念和技术，培养学生从事风能和风力发电所必须的基础知识与理论及应用技能，为从事本专业工程技术工作及后续风能与风力发电课程设计环节奠定必要的理论基础。

二、课程目标

目标 1. 能够掌握风力发电的基本原理，根据实验方案构建小型风力系统实验系统，并开展实验。

目标 2. 能够掌握风力发电机组的基本结构及各部分的特性。

目标 3. 了解离网风力发电系统构成及特点，能够掌握风光互补发电系统构成，独立进行风光互补发电系统实验。

目标 4. 了解风能资源的基本情况与评估方法，熟悉风电场选址、运行、维护的基本概念和技术，理解风力发电对环境保护和社会可持续发展的内涵和意义。

本课程支撑专业人才培养方案中毕业要求 4-3、毕业要求 5-1、毕业要求 7-1、毕业要求 8-1，对应关系如表所示。

毕业要求	课程目标
------	------

指标点	目标 1	目标 2	目标 3	目标 4				
毕业要求 4-3	√							
毕业要求 5-1		√						
毕业要求 7-1			√					
毕业要求 8-1				√				

三、课程内容及要求

（一）绪论

1.教学内容

- （1）风能利用及风力发电历史
- （2）中国风能资源与开发前景
- （3）风力发电技术现状与发展
- （4）风电机组相关设计标准

2.基本要求

- （1）了解风力发电历史
- （2）掌握风能密度定义及直接计算方法
- （3）了解风电机组相关设计标准

3.重点难点

- （1）风能密度定义及直接计算方法

（二） 风能及其转换原理

1.教学内容

- （1）风的种类及其特性
- （2）风的测量与估计
- （3）风能资源评估及风电场选址概述
- （4）风能转换基本原理
- （5）风力机的特性

2.基本要求

- （1）了解风的种类及其特性
- （2）掌握风力测量与估计方法
- （3）掌握风能转换原理及风力机的特性

3.重点难点

(1) 风能转换基本原理

(三) 风力发电机组的结构

1.教学内容

(1) 水平轴风电机组概述

(2) 风轮

(3) 风电机组传动系统

(4) 机舱、主机架与偏航系统

(5) 塔架与基础

(6) 风电机组其他部件

2.基本要求

(1) 掌握水平轴风电机组的基本结构及性能参数

(2) 掌握风轮的三大部件及特点

(3) 掌握风电机组传动系统结构及特点

(4) 了解机舱、主机架与偏航系统特点

(5) 了解塔架与基础的尺寸和形式

3.重点难点

(1) 水平轴风电机组结构参数

(2) 风电机组传动系统构成及特点

(四) 风力发电机

1.教学内容

(1) 发电机的工作原理

(2) 风力发电系统中的发电机

(3) 并网风力发电机

2.基本要求

(1) 掌握风力发电机基本工作原理

(2) 了解并网和离网发电系统中发电机的类型及特点

(3) 掌握并网风力发电机工作原理及特点

3.重点难点

- (1) 风力发电机基本工作原理
- (2) 并网风力发电机中同步和异步电动机工作原理

(五) 风力发电机组的控制及安全保护

1.教学内容

- (1) 风力发电机组的控制技术
- (2) 风力机控制
- (3) 发电机控制
- (4) 风力发电机组信号检测
- (5) 控制系统的执行机构
- (6) 风电机组的安全保护

2.基本要求

- (1) 了解风力发电机组控制要求及过程
- (2) 掌握风力机控制形式及特点
- (3) 了解发电机控制形式及特点
- (4) 了解风力发电机组信号检测方式
- (5) 掌握控制系统的执行机构原理
- (6) 了解风电机组的安全保护措施

3.重点难点

- (1) 风力机控制形式
- (2) 各执行机构控制原理

(六) 垂直轴风力发电机组

1.教学内容

- (1) 垂直轴风力发电机组及其发展概况
- (2) 垂直轴风力机基本原理
- (3) 水平轴与垂直轴风力机的对比

2.基本要求

- (1) 了解垂直轴风力发电机组的发展概况
- (2) 掌握垂直轴风力机基本工作原理
- (3) 了解水平轴和垂直轴风力机的特点和区别

3.重点难点

(1) 垂直轴风力机工作原理

(2) 垂直轴风力机特性参数

(七) 离网风力发电系统

1.教学内容

(1) 离网风力发电机组的应用

(2) 微、小型风力发电机组结构

(3) 互补发电系统

(4) 储能装置

2.基本要求

(1) 了解离网风力发电机组应用范围

(2) 掌握微、小型风力发电机组结构及特点

(3) 掌握风光互补发电系统工作原理

(4) 了解储能装置类型及特点

3.重点难点

(1) 微、小型风力发电机组结构及特点

(2) 风光互补发电系统结构特点及工作原理

教学内容与课程目标的对应关系及学时分配如表所示。

序号	教学内容	支撑的课程目标	支撑的毕业要求指标点	讲授学时	实验学时
1	绪论	目标 1、目标 4	8-1	4	
2	风能及其转换原理	目标 4	4-3、8-1	4	
3	风力发电机组的结构	目标 2	7-1	6	
4	风力发电机	目标 2	7-1	6	2
5	风力发电机组的控制及安全保护	目标 2	5-1	6	
6	垂直轴风力发电机组	目标 2	5-1	4	
7	离网风力发电系统	目标 3	4-3	6	2
合计				36	4

四、课内实验（实践）

序号	实验项目名称	实验内容及要求	学时	对毕业要求的支撑	类型	备注
1	小型风力发电系	小型风力发电系统的实验方法	2	4-3	设计性	选做

	统实验					
2	并网暂态过渡过程实验	熟悉并掌握双馈发电机并网暂态过渡过程的实验方法	2	4-3	综合性	选做
3	风光互补发电系统实验	掌握风光互补发电系统实验方法	2	4-3、5-1、7-1	设计性	必做
4	发电功率模拟实验	掌握双馈发电机发电功率模拟的实验方法	2	4-3	设计性	选做

五、课程实施

（一）教学方法与教学手段

1. 采用板书与多媒体相结合教学模式
2. 采用例题讲解的方式加深学生对公式的理解
3. 布置一些任务及课外作业，让学生自行完成
4. 部分内容可以让学生自学完成，然后进行课堂讨论
5. 课后安排答疑时间

（二）课程实施与保障

主要教学环节		质量要求
1	备课	（1）掌握本课程教学大纲内容，严格按照教学大纲要求进行课程教学内容的组织。 （2）熟悉教材各章节，借助专业书籍资料，并依据教学大纲编写授课计划，编写每次授课的教案。教案内容包括章节标题、教学目的、教法设计、课堂类型、时间分配、授课内容、课后作业、教学效果分析等方面。 （3）根据各部分教学内容，构思授课思路、技巧，选择合适的教学方法。
2	讲授	（1）要点准确、推理正确、条理清晰、重点突出，能够理论联系实际，熟练地解答和讲解例题。 （2）采用多种教学方式（如启发式教学、案例分析教学、讨论式教学、多媒体示范教学等），注重培养学生发现、分析和解决问题的能力。 （3）表达方式应能便于学生理解、接受，力求形象生动，使学生在掌握知识的过程中，保持较为浓厚的学习兴趣。
3	作业布置与批改	学生必须完成规定数量的作业，作业必须达到以下基本要求： （1）按时按量完成作业，不缺交，不抄袭。 （2）书写规范、清晰。 （3）解题方法和步骤正确。 教师批改和讲评作业要求如下： （1）学生的作业要按时全部批改，并及时进行讲评。 （2）教师批改和讲评作业要认真、细致，按百分制评定成绩并写明日期。 （3）学生作业的平均成绩应作为本课程总评成绩中平时成绩的重要组成部分。

4	课外答疑	为了解学生的学习情况，帮助学生更好地理解和消化所学知识、改进学习方法和思维方式，培养其独立思考问题的能力，任课教师需每周安排一定时间进行课外答疑与辅导。
5	成绩考核	本课程考核的方式为闭卷笔试。考试采取教考分离，监考由学院统一安排。有下列情况之一者，总评成绩为不及格： (1) 缺交作业次数达 1/3 以上者。 (2) 缺课次数达本学期总授课学时的 1/3 以上者。 (3) 课程目标小于 0.6。

六、课程考核

(一) 课程考核包括期末考试、平时作业及实验考核，期末考试采用闭卷笔试方式。

(二) 课程总评成绩=平时成绩×50% + 期末考试成绩×50%。具体内容和比例如表所示。

成绩组成	考核/评价环节	权重	考核/评价细则	对应的毕业要求指标点
平时成绩	平时作业	15%	课后完成 20-30 个思考题，主要考核学生对每节课知识点的复习、理解和掌握程度，计算全部作业的平均成绩。	毕业要求 5-1
	实验操作	20%	两节实验课需独立进行实验操作，独立完成实验报告，主要培养学生进行实验系统操作的能力。	毕业要求 4-3、7-1
	随堂测验	15%	在每章内容进行中或结束后，进行随机测验，主要考核学生课堂的听课效果和课后及时复习消化本章知识的能力。	毕业要求 7-1、8-1
期末考试成绩	期末考试卷面成绩	50%	试卷题型包括填空题、简答题、名词解释题和综合应用题等，以卷面成绩的 50% 计入课程总成绩。	毕业要求 4-3、5-1、7-1、8-1

(三) 所有课程目标均需大于等于 0.6，否则总评成绩不及格，需要补考或重修。每个课程目标达成度计算方法如下：

$$\text{课程目标}i\text{达成度} = \frac{\text{平时成绩} \times A_i + \text{期末成绩} \times B_i}{100 \times (A_i + B_i)}$$

式中： A_i =平时成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在平时成绩中的权重，

B_i =期末成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在期末成绩中的权重。

七、有关说明

(一) 持续改进

本课程根据学生作业、课堂讨论、平时考核情况和学生、教学督导等的反馈，及时对教学中的不足之处进行改进，并在下一轮课程教学中整改完善，确保相应毕业要求指标点达成。

（二）参考书目及学习资料

《风能与风力发电技术(三版)》，王建录 等，化学工业出版社，2010

《风力发电原理与技术》，韩巧丽 等，中国轻工业出版社，2018

执笔人： 赵 宇

审定人： 杜文汉

审批人： 杜文汉

批准时间：

分布式能源系统与优化课程教学大纲

(Distributed energy systems and optimization)

一、课程概况

课程代码：2303120

学 分：2

学 时：32（其中：讲授学时 32， 实验学时 0）

先修课程：光伏发电技术、太阳能热利用技术、风能与风力发电技术、生物质能原理与技术、光催化与制氢技术等

适用专业：新能源科学与工程

教 材：《新能源及分布式发电技术》（第二版），孙云莲，杨成月，胡雯编，中国电力出版社，出版时间 2015-1

课程归口：光电工程学院

课程的性质与任务：本课程是新能源科学与工程专业的一门专业选修课。主要让学生掌握分布式能源系统的基本理论、利用技术和现状。理解多种能源利用技术、能源工程、环境工程和系统工程等方面知识，有助于拓展学生的知识面，同时也有助于树立科学用能的观念和关注环保的社会意识。

二、课程目标

目标 1. 通过学习新能源与分布式发电技术的理论知识，掌握分布式新能源系统的基本构架和实现方式，能够将数学知识、物理知识、工程知识和新能源专业知识综合运用于新能源复杂系统或装置的分析与设计。

目标 2. 在专业领域里，能够运用数学、物理学和新能源转换的基本原理，识别和判断复杂新能源系统或装置的关键环节和参数，并通过文献研究分析新能源领域复杂工程问题，对影响因素进行分析论证，证实解决方案的合理性。

目标 3. 通过该课程的学习，学生能够理解和评价分布式能源系统相关复杂工程问题的专业工程实践对环境、社会可持续发展的影响，能针对实际新能源工程项目，评价其资源利用效率、污

染物处置方案和安全防范措施，及可能对环境和社会造成的影响。

指标点 1-3： 能够将数学知识、物理知识、工程知识和新能源专业知识综合运用于新能源复杂系统或装置的分析与设计。

指标点 2-1： 能够运用数学、物理学和新能源转换的基本原理，识别和判断复杂新能源系统或装置的关键环节和参数。

指标点 8-1： 理解环境保护和社会可持续发展的内涵和意义。

指标点 8-3： 能针对实际新能源工程项目，评价其资源利用效率、污染物处置方案和安全防范措施，及可能对环境和社会造成的影响。

毕业要求 指标点	课程目标							
	目标 1	目标 2	目标 3					
毕业要求 1-3	√							
毕业要求 2-1		√						
毕业要求 8-1			√					
毕业要求 8-3			√					

三、课程内容及要求

（一）分布式能源系统基础

1. 基本内容

- （1）什么是分布式能源
- （2）分布式能源对我国能源可持续发展的作用
- （3）分布式能源发电技术及我国新能源的开发基础
- （4）分布式能源系统与发电

2. 教学要求

了解分布式能源系统的发展与特点，掌握分布式能源系统中传统能源与新能源的利用方式。

（二）太阳能利用与发电

1. 基本内容

- （1）太阳能热发电
- （2）太阳能光伏发电
- （3）太阳能制冷空调
- （4）太阳能建筑一体化

2. 教学要求

了解常规的太阳能利用技术，掌握太阳能光伏发电技术的原理和过程。

（三）风能利用及发电

1. 基本内容

- （1）风力发电发展史
- （2）各国风力发电的发展情况
- （3）风能发电技术
- （4）大规模风力发电并网的影响和关键技术

2. 教学要求

了解风能利用方式，掌握风力发电基本原理。

（四）地热能利用与发电

1. 基本内容

- （1）地热能利用概述
- （2）地热空调
- （3）地源热泵
- （4）地热发电技术及存在的主要问题

2. 教学要求

了解地热能利用技术，掌握地源热泵运行原理及地热发电技术基本原理。

（五）生物质能利用与发电

1. 基本内容

- （1）生物质资源
- （2）生物质能发电技术
- （3）垃圾发电

2. 教学要求

了解生物质能利用技术，掌握生物质发电技术基本原理。

（六）海洋能利用与发电

1. 基本内容

- （1）潮汐发电
- （2）海(潮)流能发电
- （3）波浪能发电
- （4）海洋温差能发电
- （5）我国海洋能发电存在的问题及发电前景展望

2. 教学要求

了解海洋能利用方式和技术，掌握潮汐和海洋温差能发电基本原理。

（七）典型多能互补分布式能源系统优化

1. 基本内容

- （1）多能互补分布式能源系统建模
- （2）多能互补分布式能源系统设计优化

- (3) 多能互补分布式能源系统运行分析
(4) 多能互补分布式能源系统影响因素分析

2. 教学要求

了解典型多能互补分布式能源系统构成和运行原理，熟悉多能互补分布式能源系统设计步骤，认识多能互补分布式能源系统建模和优化模型，掌握多能互补分布式能源系统的影响因素。

教学内容与课程目标的对应关系及学时分配如表所示。

序号	教学内容	支撑的课程目标	支撑的毕业要求指标点	讲授学时	实验学时
1	分布式能源系统基础	目标 1、3	1-3、8-1	3	
2	太阳能利用与发电	目标 1、2	1-3、2-1	3	
3	风能利用及发电	目标 1、2	1-3、2-1	3	
4	地热能利用与发电	目标 1、2	1-3、2-1	3	
5	生物质能利用与发电	目标 1、2	1-3、2-1	6	
6	海洋能利用与发电	目标 1、2	1-3、2-1	6	
7	典型多能互补分布式能源系统优化	目标 1、2、3	1-3、2-1、8-1、8-3	8	
合计				32	

四、课程实施

(一) 教学方法与教学手段

15. 采用板书与多媒体相结合教学模式
16. 布置一些任务，让学生自行完成
17. 部分内容可以让学生自学完成，然后进行课堂讨论
18. 课后安排答疑时间

(二) 课程实施与保障

主要教学环节		质量要求
1	备课	(1) 掌握本课程教学大纲内容，严格按照教学大纲要求进行课程教学内容的组织。 (2) 熟悉教材各章节，借助专业书籍资料，并依据教学大纲编写授课计划，编写每次授课的教案。教案内容包括章节标题、教学目的、教法设计、课堂类型、时间分配、授课内容、课后作业、教学效果分析等方面。 (3) 根据各部分教学内容，构思授课思路、技巧，选择合适的教学方法。
2	讲授	(1) 要点准确、推理正确、条理清晰、重点突出，能够理论联系实际，

		熟练地解答和讲解例题。 (2) 采用多种教学方式(如启发式教学、案例分析教学、讨论式教学、多媒体示范教学等),注重培养学生发现、分析和解决问题的能力。 (3) 能够采用现代信息技术辅助教学。 (4) 表达方式应能便于学生理解、接受,力求形象生动,使学生在掌握知识的过程中,保持较为浓厚的学习兴趣。
3	作业布置与批改	学生必须完成规定数量的作业,作业必须达到以下基本要求: (1) 按时按量完成作业,不缺交,不抄袭。 (2) 书写规范、清晰。 (3) 解题方法和步骤正确。 教师批改和讲评作业要求如下: (1) 学生的作业要按时全部批改,并及时进行讲评。 (2) 教师批改和讲评作业要认真、细致,按百分制评定成绩并写明日期。 (3) 学生作业的平均成绩应作为本课程总评成绩中平时成绩的重要组成部分。
4	课外答疑	为了解学生的学习情况,帮助学生更好地理解和消化所学知识、改进学习方法和思维方式,培养其独立思考问题的能力,任课教师需每周安排一定时间进行课外答疑与辅导。
5	成绩考核	本课程考核的方式为闭卷笔试。考试采取教考分离,监考由学院统一安排。有下列情况之一者,总评成绩为不及格: (1) 缺交作业次数达 1/3 以上者。 (2) 缺课次数达本学期总授课学时的 1/3 以上者。 (3) 课程目标小于 0.6。

六、课程考核

(一) 课程考核包括期末考试、平时成绩等,期末考试采用闭卷考试方式。

(二) 课程成绩=平时成绩×50%+期末考试成绩×50%。

具体内容和比例如下表所示。

成绩组成	考核/评价环节	权重	考核/评价细则	对应的毕业要求指标点
平时成绩	平时作业	25%	课后完成课后习题,主要考核学生对每节课知识点的复习、理解和掌握程度,计算全部作业的平均成绩。计分形式以百分制。	1-3、2-1

	课堂练习	25%	在每章内容进行中或结束后，以随机的形式，随堂测试 1-3 题，或让学生提前预习本节课内容，以视频或者 PPT 的形式为大家做 5-6 分钟报告，主要考核学生课堂的听课效果和课后及时复习消化本章知识的能力，结合平时考勤，计分形式为百分制。	1-3、2-1、8-1
期末考试	期末考试卷面成绩	50%	试卷题型包括填空题、选择、分析简答题等，以卷面成绩的 50%计入课程总成绩。	1-3、2-1、8-1、8-3

（三）所有课程目标均需大于等于 0.6，否则总评成绩不及格，需要补考或重修。每个课程目标达成度计算方法如下：

$$\text{课程目标}i\text{达成度} = \frac{\text{平时成绩} \times A_i + \text{实验成绩} \times B_i + \text{期末成绩} \times C_i}{100 \times (A_i + B_i + C_i)}$$

式中： A_i =平时成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在平时成绩中的权重，

B_i =实验成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在实验成绩中的权重，

C_i =期末成绩占总评成绩的权重×课程目标 i 在期末成绩中的权重。

七、有关说明

（一）持续改进

本课程根据学生作业、课堂讨论、平时考核情况和学生、教学督导等反馈，及时对教学中不足之处进行改进，并在下一轮课程教学中改进提高，确保相应毕业要求指标点达成。

（二）参考书目及学习资料

1. 分布式能源系统分析与优化研究 郑卫东 东南大学硕士论文 2016

执笔人：代兰花

审定人：杜文汉

审批人：杜文汉