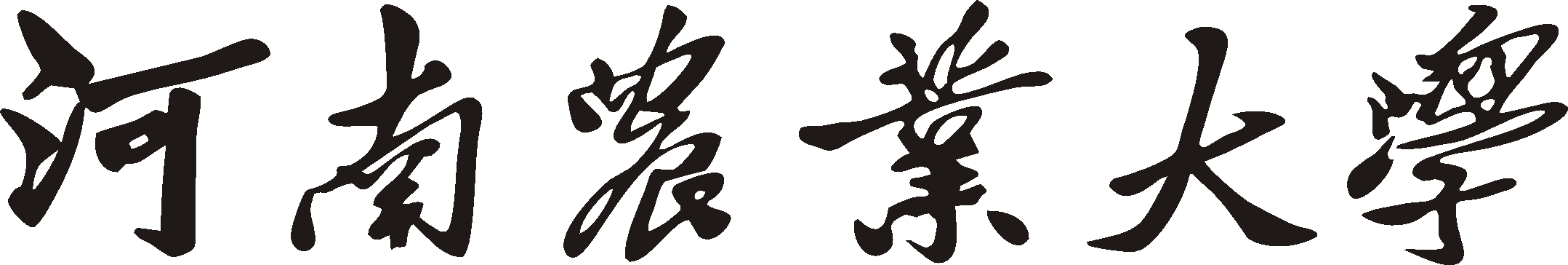
**河南农业大学教学大纲 机电工程学院分册**



**本科专业教学大纲**

**机电工程学院分册**

**（新能源科学与工程专业）**

**机电工程学院**

**二O二三年**

**教学大纲目录**

**一、课程教学大纲**

1. [工程热力学 1](#_Toc139205645)
2. [传热学 19](#_Toc139205646)
3. [流体力学 34](#_Toc139205647)
4. [燃烧学 41](#_Toc139205648)
5. [生物质能工程 50](#_Toc139205649)
6. [沼气工程 61](#_Toc139205650)
7. [可再生能源发电技术 69](#_Toc139205651)
8. [热工设备 77](#_Toc139205652)
9. [风能工程 84](#_Toc139205653)
10. [节能技术 90](#_Toc139205654)
11. [通风与供热工程 100](#_Toc139205655)
12. [发酵微生物学 108](#_Toc139205656)
13. [试验设计与分析 116](#_Toc139205657)
14. [节能原理 123](#_Toc139205658)
15. [能源测试技术 130](#_Toc139205659)
16. [环境工程 139](#_Toc139205660)
17. [能源工程管理 146](#_Toc139205661)
18. [储能原理与技术 152](#_Toc139205662)
19. [能源与环境（双语） 162](#_Toc139205663)
20. [氢能技术及应用 168](#_Toc139205664)
21. [太阳能工程 177](#_Toc139205665)
22. [分布式能源系统 184](#_Toc139205666)
23. [热力发电厂 190](#_Toc139205667)
24. [能源技术经济学 202](#_Toc139205668)
25. [文献检索与科技论文写作 207](#_Toc139205669)
26. [新能源科学与工程专业导论 211](#_Toc139205670)
27. [新能源科学与工程专业英语 215](#_Toc139205671)
28. [能源动力测试技术 220](#_Toc139205672)
29. [制冷原理与设备 229](#_Toc139205673)
30. [智慧能源体系 236](#_Toc139205674)

**二、实习教学大纲**

1. [新能源科学与工程专业实习教学大纲 247](#_Toc139205675)

**三、课程考核大纲**

1. [工程热力学考核大纲 261](#_Toc139205676)
2. [传热学考核大纲 269](#_Toc139205677)
3. [流体力学考核大纲 275](#_Toc139205678)
4. [燃烧学考核大纲 279](#_Toc139205679)
5. [生物质能工程考核大纲 284](#_Toc139205680)
6. [沼气工程考试大纲 291](#_Toc139205681)
7. [可再生能源发电技术考核大纲 296](#_Toc139205682)
8. [热工设备考核大纲 303](#_Toc139205683)
9. [风能工程考核大纲 309](#_Toc139205684)
10. [节能技术考核大纲 313](#_Toc139205685)
11. [通风与供热工程考核大纲 320](#_Toc139205686)
12. [发酵微生物学考核大纲 327](#_Toc139205687)
13. [试验设计与分析考核大纲 332](#_Toc139205688)
14. [节能原理考核大纲 338](#_Toc139205689)
15. [能源测试技术考核大纲 342](#_Toc139205690)
16. [环境工程考核大纲 348](#_Toc139205691)
17. [能源工程管理考核大纲 351](#_Toc139205692)
18. [储能原理及技术考核大纲 356](#_Toc139205693)
19. [能源与环境（双语）考核大纲 360](#_Toc139205694)
20. [氢能技术及应用考核大纲 366](#_Toc139205695)
21. [太阳能工程考核大纲 371](#_Toc139205696)
22. [分布式能源系统考核大纲 376](#_Toc139205697)
23. [热力发电厂考核大纲 381](#_Toc139205698)
24. [能源技术经济学考核大纲 387](#_Toc139205699)
25. [文献检索与科技论文写作考核大纲 391](#_Toc139205700)
26. [新能源科学与工程专业导论 394](#_Toc139205701)
27. [新能源科学与工程专业导论考核大纲 398](#_Toc139205702)
28. [能源测试技术考核大纲 401](#_Toc139205703)
29. [制冷原理与设备考试大纲 407](#_Toc139205704)
30. [智慧能源体系考核大纲 411](#_Toc139205705)

**课程教学大纲**

# 工程热力学

（Engineering Thermodynamics）

**课程基本信息**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021201h | **课程总学时：**56 | | **实验学时：** 8  **学时** |
| **课程性质：**必修 | **课程属性:** 专业类 | | **开设学期：第** 3 **学期** |
| **课程负责人：**徐桂转 | **课程团队：**陶红歌、郑亚萍、张洋 | | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程；核心。 | | | |
| **对先修的要求：**大学数学、大学物理和流体力学，要求掌握微分、积分、流速、流量、粘度、相变、相态等相关概念和分析计算方法，具有一定的空间想象和抽象思维能力。 | | | |
| **对后续的支撑：**对节能原理、能源与环境、热工设备、通风与供热工程、制冷原理与设备、热力发电厂和汽轮机工作原理等课程提供能量守恒、能量利用效率、能量转换路径分析和计算等知识点，为能量有效利用、节约能源和新型能量转换利用方式提供理论和工程计算基础和知识点，提高学生就业和创新能力。 | | | |
| **主撰人：**徐桂转 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 | |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

本课程是新能源科学与工程专业的专业基础课、且为专业核心课程，为后续专业课及未来的创新和创业工作提供理论和工程基础。课程教学理念为厚基础、宽知识面、坚实工程计算能力，在教学过程中体现课程发展的学术前沿内容，加深对基础理论和概念的讲解和把握，增加工程实际问题解决能力，提高创业和创新思维。课程教学分为知识目标、能力和素养目标，知识目标：1、掌握热力学基本理论和基本概念；2、掌握工质热力学性能测试、分析和计算方法；3、掌握热力过程和热力循环的分析计算方法；4、掌握热力学微分关系式、化学热力学基本概念和理论；能力和素养目标：能够对实际工程中的能量转换过程进行分析和计算；能够对实际的能量转换过程和设备进行能量分析和计算；能够开发新型高效用能设施和设备。采取学生主动学习、教师组织讨论和案例讲授的教学方式，线上线下混合式教学：线上提供课程学术发展前沿内容、课程基本理论和重难点讲解练习和工程计算练习；线下对知识点组织检测、对工程计算题目和实际案例进行分析和讨论。讲授中通过对相关技术在国际上发展的历程和不同国家中热能动力技术发展现状的对比，激发学生热爱祖国、建设祖国的热情。

**二、课程教学的基本要求**

**1.理论知识方面：**掌握热力学基本概念和应用；掌握热力学第一、第二定律的实质，会利用能量守恒原理、卡诺循环、克劳修斯积分不等式和孤立系统熵增原理进行分析和计算；掌握工质热力学性能的测试和分析计算方法，理想气体、理想混合气体和实际气体的热力学特性和相应的热力过程的分析和计算；掌握喷管、压气体、内燃机、燃气轮机、蒸汽动力装置、制冷循环装置和湿空气干燥、调节等热力装置中热力过程和热力循环的分析和计算；理解热力学微分关系式的应用和实际气体热力学特性的分析和计算方法；理解化学热力学基本知识和热力学第三定律。

**2.实验技能方面：**能设计工质热力学特性测试简单实验，能进行综合性实验操作和数据分析。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

本课程线上线下混合教学，课程中重点、难点、拓展知识点和典型例题、学科最新发展动态作为线上授课资源，学生完成13学时的线上课程内容（15学时理论课程内容和3学时实验课程内容），学习基本概念、学科发展动态、拓展知识点、典型例题和热力学实验分析测试和数据处理方法，提交线上作业，完成课程过程评价内容；线下理论学时38学时，对线上课程学习效果进行检测、组织开展讨论和案例教学，实现翻转课堂；线下实验学时5学时，学生进行具体实验设计、实验操作和实验数据的分析计算。线上作业、测验完成情况和视频观看情况为线上过程评价内容，线下课堂讨论和案例教学中的发言、翻转课堂的完成情况以及实验操作和数据处理情况为线下过程评价内容。课程过程评价包含作业、测验、期中考试成绩、讨论完成情况、线上课程学习情况，占课程总成绩的50%，线下课程期末考试占课程总成绩的50%。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：通过课程的学习，使学生掌握热功转换过程中能量的理论计算和分析能力。 | 1 |
| 2 | 目标2：通过课程的学习，使学生具备对实际生产过程中出现的能量转换问题进行分析和解决的能力。 | 2 |
| 3 | 目标3：通过课程的学习，使学生具备运用热力学知识对新型高效用能设施和设备进行开发和研究的初步能力。 | 4 |

**四、理论教学内容及学时分配（48学时）**

**绪 论 学时数：2**

**教学目标**：了解工程热力学在工程应用中的重要作用，能量转换装置的基本工作过程，理解工程热力学的研究对象与研究方法。

**教学重点和难点**：能量转换装置的基本工作过程。

**主要教学内容及要求：**

了解：工程热力学在工程应用中的重要作用。

理解：工程热力学的研究对象与研究方法。

掌握：能量转换装置的基本工作过程。

熟练掌握：工程热力学常用的计量单位。

**教学组织与实施：**首先为同学介绍课程内容和课程学习方法（1学时），然后组织同学线上课程拓展知识视频和热力学学科发展视频（1学时）。

**第一章 基本概念 学时数：4**

**第一节 热力系统、状态、状态参数、基本状态参数、状态参数坐标图 2学时**

**教学目标**：掌握热力系统、系统分类、状态及状态参数、基本状态参数、广延状态参数、状态参数的数学特性、状态参数坐标图、状态公理等概念的含义和应用。

**教学重点和难点**：状态参数的数学特性和物理含义

**主要教学内容及要求**：

了解：热力学系统的各种状态及其相互之间的关系。

理解：热力学状态参数的数学特性及其含义。

掌握：根据状态参数数学特性计算状态参数变化量的方法。

熟练掌握：热力系统的基本概念、系统的分类、状态及状态参数、基本状态参数、广延状态参数、状态参数的数学特性、状态参数坐标图、状态公理等概念的含义和应用。

**教学组织与实施：**首先组织学生线上学习35分钟，学生在线上学习过程中随时对相关问题进行提问，教师进行单独解答；然后用20分钟时间对学生线上学习情况进行检测，请学生在线完成相应的测试题目；组织讨论课程1学时，对本节中的每一个名词和概念进行辨析，并请同学们进行讨论，在讨论过程中发现学生对概念理解的偏差并进行纠正。

**第二节 热力过程、热力循环、功和热量的计算 2学时**

**教学目标：**掌握热力**过程**、热力循环、功、热量的基本概念，掌握可逆热力过程下功和热量的计算方法及示功图和示热图的绘制、分析和计算。

**教学重点和难点：**示功图和示热图的分析和计算

**主要教学内容及要求：**

了解：不可逆热力过程。

理解：热力过程中功和热量的分析和计算。

掌握：热力过程、热力循环的概念，功和热量在状态参数坐标图上的表达。

熟练掌握：热力系统的基本概念、系统的分类、状态及状态参数、基本状态参数、广延状态参数、状态参数的数学特性、状态参数坐标图、独立状态参数等概念的含义和应用。

**教学组织与实施：**首先组织学生线上学习35分钟，学生在线上学习过程中随时对相关问题进行提问，教师进行单独解答；然后用20分钟时间对学生线上学习情况进行检测，请学生在线完成相应的测试题目；组织讨论课程1学时，对本节中的每一个名词和概念进行辨析，并请同学们进行讨论，在讨论过程中发现学生对概念理解的偏差并进行纠正。

**第二章 热力学第一定律 学时数：4**

**第一节 闭口系统热力学第一定律的表达及应用 2学时**

**教学目标**：掌握**热力学第一定律**的物理含义、普遍表达式、闭口系统热力学第一定律的微分和积分表达式、闭口系统可逆热力过程热力学第一定律的表达式、利用热力学第一定律计算热力过程的功和热量。

**教学重点和难点**：**闭口**系统热力学第一定律的物理意义和数学表达

**主要教学内容及要求**：

了解：热力学第一定律的物理意义及其普遍表达式。

理解：闭口系统热力学第一定律的微分表达及其应用。

掌握：闭口系统热力学第一定律的分析和计算。

熟练掌握：闭口系统热力学第一定律的不同表达及其含义。

**教学组织与实施：**教师首先讲解1学时，把相关理论和概念解释完；第2学时组织讨论，对生活中的闭口系统进行能量守恒分析，并请同学对相关的题目进行讨论，要同学自己讲解求解过程，实现翻转课堂。

**第二节 开口系统热力学第一定律表达式及其应用 2学时**

**教学目标**：掌握开口系统能量方程式的微分表达、稳定流动开口系统能量方程式的表达及其应用、体积功、技术功、焓的含义和计算。

**教学重点和难点**：重点：稳定流动开口系统能量方程式及其应用；难点：开口系统能量方程式的微分表达及其含义；技术功的含义及其计算

**主要教学内容及要求**：

了解：开口系统第一定律微分表达式的应用。

理解：开口系统第一定律微分表达式。

掌握：稳定流动开口系统能量方程式及其应用。

熟练掌握：不同热力设备的能量方程式及其应用。

**教学组织与实施：**教师首先讲解1小时，推导出开口系能量方程式，提出流动功、技术功、焓等概念；第2学时首先利用20分钟时间组织大家讨论相关概念，进一步深入理解开口系统能量方程式的含义，然后针对具体题目组织学生利用开口系能量方程式进行分析和计算。

**第三章 工质的热力学性质 学时数：6**

**第一节 理想气体和实际气体的概念，理想气体基本性质、比热容的计算 2学时**

**教学目标**：理想气体的基本**概念**、特性、状态方程、比热容的概念和计算方法。

**教学重点和难点**：理想气体**比热容**的计算

**主要教学内容及要求**：

理解：理想气体的特性、状态方程式。

掌握：理想气体状态方程式的应用、比热容的概念和计算方法。

熟练掌握：理想气体比热容的实际比热容、平均比热容、比热容线性关系和定值比热容的计算方法。

**教学组织与实施：**组织学生线上学习1学时，学生在线上学习过程中随时对相关问题进行提问，教师进行单独解答；然后用10分钟时间对学生线上学习情况进行检测，请学生在线完成相应的测试题目；然后组织学生讨论理想气体相关概念40分钟。

**第二节 理想气体的热力学能、焓、熵的计算 2学时**

**教学目标：**掌握理想气体**热力学能**、焓、熵的影响因素和计算方法。

**教学重点和难点：**理想气体熵的变化量的含义和计算。

**主要教学内容及要求**：

了解：理想气体熵的物理含义。

理解：理想气体熵的物理含义。

掌握：理想气体热力学能、焓和熵与温度的关系及其变化量的计算。

熟练掌握：理想气体状态参数变化量的分析和计算方法。

**教学组织与实施：**组织学生线上学习45分钟，学生在线上学习过程中随时对相关问题进行提问，教师进行单独解答；然后用15分钟时间对学生线上学习情况进行测试，并分析测试结果；用1学时时间组织学生解决实际问题，请个别同学为大家讲解相应题目，教师和学生一起对讲解过程中出现的问题进行分析和讨论。

**第三节 水蒸气的热力学性质及其发生过程 2学时**

**教学目标**：理解**水蒸气**的发生过程；理解水蒸气的热力过程的计算和分析；掌握水蒸气性质表和图的应用方法。

**教学重点和难点**：**水蒸气**热力过程的分析方法。

**主要教学内容及要求**：

了解：水蒸气热力学性质表国际标准的制定。

理解：水蒸气热力学性质的分析和计算方法。

掌握：水蒸气热力学状态参数的计算方法和水蒸气产生过程、水蒸气的基本概念。

熟练掌握：湿蒸汽状态参数的分析和计算、水蒸气发生热力过程。

**教学组织与实施：**组织**学生**线上学习45分钟，学生在线上学习过程中随时对相关问题进行提问，教师进行单独解答；然后用15分钟时间对学生线上学习情况进行测试，并分析测试结果；用1学时时间组织学生解决蒸汽热力学参数实际计算问题，请个别同学为大家讲解，教师和学生一起对讲解过程中出现的问题进行分析和讨论。

**第四章 热力过程分析和计算 学时数：3**

**第一节 四个基本热力过程分析和计算 2学时**

**教学目标**：掌握理想气体热力过程的分析方法，掌握定容过程、定压过程、定温过程、绝热过程（定比热容和变比热容）的能量转换的确定方法、状态参数确定的方法及其在热力参数坐标图上的描述。热力过程的分析方法，热力过程在状态参数坐标图上描述。

**教学重点和难点**：比热容变化时，热力过程的分析。

**主要教学内容及要求**：

理解：理想气体热力过程的分析方法，热力过程在状态参数坐标图上描述。

掌握：四个基本过程能量转换的确定方法、状态参数确定的方法及其在热力参数坐标图上的描述。

熟练掌握：单质理想气体的热力学能、焓、比热容和熵的计算方法，定容过程、定压过程、定温过程、绝热过程（定比热容和变比热容）能量转换的确定方法。

**教学组织与实施：**组织学生线上学习45分钟，学生在线上学习过程中随时对相关问题进行提问，教师进行单独解答；然后用15分钟时间对学生线上学习情况进行测试，并分析测试结果；用1学时时间组织学生绘制基本热力过程曲线并计算功量、热量和状态参数变化量，请个别同学为大家讲解，教师和学生一起对讲解过程中出现的问题进行分析和讨论。

**第二节 多变热力过程 1学时**

**教学目标**：掌握理想气体多变热力过程能量转换的确定方法、状态参数确定的方法及其在热力参数坐标图上的描述。多变热力过程分析方法及其在状态参数坐标图分析。

**教学重点和难点**：多变热力过程状态参数坐标图位置与其交换的功量和热量之间的关系。

**主要教学内容及要求**：

了解：多变热力过程状态参数坐标图变化趋势。

理解：理想气体多变热力过程的分析方法，多变热力过程在状态参数坐标图上描述。

掌握：多变热力过程能量转换的确定方法、状态参数确定的方法及其在热力参数坐标图上的描述。

熟练掌握：多年热力过程中理想气体的热力学能、焓、熵的计算方法；热力过程交换的功量和热量的计算方法。

**教学组织与实施：**教师首先讲解多变热力过程曲线和能量交换规律30分钟，然后组织学生一起进行多变热力过程曲线和能量交换分析和计算，在分析和讨论过程中发现问题并进一步讲解。

**第五章 热力学第二定律 学时数：8**

**第一节 热力学第二定律的文字表述 1学时**

**教学目标**：掌握热力学第二定律的物理含义、两种文字表述的含义和不同表述具有的相同意义的证明。

**教学重点和难点**：热力学第二定律的物理含义。

**主要教学内容及要求**：

了解：热力学第二定律两种表述的相同性。

理解：热力学第二定律的物理含义。

掌握：热力学第二定律的两种文字表述。

熟练掌握：热力学第二定律的文字表述及其使用。

**教学组织与实施：**教师首先讲解热力学第二定律发展历史、文字表述和实质30分钟，然后组织学生一起讨论生活中和实际能量交换中热力学第二定律的应用。

**第二节 卡诺循环、卡诺定理及克劳修斯积分不等式和熵的定义 2学时**

**教学目标**：卡诺循环及其在状态参数坐标图上的表达、卡诺定理的含义及其应用、克劳修斯积分不等式的推导、熵的定义和闭口系熵方程。

**教学重点和难点**：克劳修斯积分不等式及熵的定义、闭口系熵方程的应用。

**主要教学内容及要求**：

了解：熵的物理意义。

理解：克劳修斯积分不等式。

掌握：卡诺循环、卡诺定理、克劳修斯积分不等式的应用、闭口系熵方程的应用。

熟练掌握：卡诺定理和克劳修斯积分不等式在热力过程中的应用。

**教学组织与实施：**教师首先讲解相关理论和概念，证明卡诺定理和克劳修斯积分不等式，推导出熵的概念和闭口系统熵方程表达式，线下讲解1学时；组织学生利用卡诺定理和克劳修斯积分不等式解决问题，对闭口系统熵方程的应用进行辨析，线下讨论1学时。

**第三节 孤立系统熵增原理及做功能力损失的计算 2学时**

**教学目标**：开口系统熵方程的含义及其应用、熵的变化量的计算、孤立系统熵增原理、不可逆热力过程和循环中做功能力的损失。

**教学重点和难点**：开口系统熵方程的理解和应用、孤立系统熵增原理的理解和应用、熵变化量的计算。

**主要教学内容及要求**：

了解：开口系统熵方程及其应用。

理解：开口系统熵方程的含义。

掌握：闭口系统熵方程的应用，不可逆热力过程做功能力的损失，孤立系统熵增原理，熵变化量的计算。

熟练掌握：熵变化量的计算、孤立系统熵增原理的应用和做功能量损失的计算。

**教学组织与实施：**教师首先讲解相关理论和概念，讲解开口系统熵方程、熵变化量的计算方法、孤立系统熵增原理的实质和应用，线下讲解1.5学时；组织学生分析和计算相应题目，线下讨论0.5学时。

**第四节 㶲的计算和㶲方程 3学时**

**教学目标**：理解㶲的含义，掌握热量㶲、冷量㶲的计算，理解热力学能㶲、焓㶲和㶲方程的分析和计算。

**教学重点和难点**：㶲的物理意义、冷量㶲的含义和计算，热力学能㶲、焓㶲和㶲方程的分析和计算。

**主要教学内容及要求**：

了解：热力学能㶲和焓㶲的含义和计算。

理解：㶲的物理意义及其用途。

掌握：热量㶲和焓㶲的分析和计算。

**教学组织与实施：**教师首先讲解重点和难点内容，线下讲解2学时；组织学生分析和计算各种㶲，利用㶲方程对实际案例进行能量有效利用分析，线下讨论1学时。

**第六章 实际气体的热力性质及热力学一般关系式 学时数：3**

**第一节 实际气体的热力学性质、对应态原理与通用压缩因子图 1学时**

**教学目标**：理解实际气体的热力学特性和实际气体状态方程式的表达，理解对应态原理和通用压缩因子图的含义。

**教学重点和难点**：对应态原理的含义。

主要教学内容及要求：

**了解**：实际气体的热力学特性及压缩因子图的含义。

**理解**：对应态原理的含义和压缩因子图的提出。

**掌握**：对应态原理的应用和压缩因子图的分析和计算。

**教学组织与实施：**线下讲解实际气体热力学特性、对应态原理和通用压缩因子图35分钟，学生观看线上相应视频，了解最新学术研究动态15分钟；

**第二节 热力学能、焓和熵微分关系式 2学时**

**教学目标**：理解热力学能、焓和熵微分关系式的应用；理解麦克斯韦关系和热力学状态参数微分关系式的推导。

**教学重点和难点**：热力学能、焓和熵微分关系式的应用。

**主要教学内容及要求**：

了解：热力学微分关系式推导过程中应用的麦克斯韦关系、链式关系式等数学基础。

理解：热力学能、焓和熵微分关系式的应用。

掌握：简单的热力学能、焓和熵变化量利用微分关系式的计算。

**教学组织与实施：**线上观看热力学微分关系学术发展动态0.5学时，线下讲解相关数学知识和热力学微分关系式1学时，组织学生讨论利用热力学微分关系解决实际问题0.5学时。

**第七章 气体与蒸汽的流动 学时数：2**

**第一节 气体流动基本方程式及喷管中流动变化特性 1学时**

**教学目标**：理想气体流动基本方程及喷管中气体流动满足的方程、流速变化与管道截面积、流速变化与压力变化之间的关系、超音速、亚音速流动概念的掌握。

**教学重点和难点**：喷管中气流流动变化与截面积变化之间的关系

**主要教学内容及要求**：

理解：气体流动方程式。

掌握：气体流动流速与截面积之间的函数关系。

熟练掌握：超音速、亚音速流体与管道截面积之间的关系。

**教学组织与实施：**线下讲解相关理论和数学知识，讲解各种概念。

**第二节 喷管中气流流速、流量及其设计计算 1学时**

**教学目标**：掌握喷管中气体流动流速、流量的计算；喷管的设计计算步骤、喷管实际流动与理想流动之间的差别。

**教学重点和难点**：喷管中气体流动流速、流量的计算。

**主要教学内容及要求**：

理解：喷管实际流动与理想流动之间的差别。

掌握：掌握喷管中气体流动流速、流量的计算；喷管的设计计算步骤。

熟练掌握：喷管的设计计算步骤。

**教学组织与实施：**线上观看喷管设计计算、流量和流速计算相关视频0.5学时，组织学生分析讨论喷管设计0.5学时。

**第八章 压气机的热力过程 学时数：2**

**第一节 单级活塞式压气机工作原理、耗功量分析和计算 1学时**

**教学目标**：理解并掌握单级活塞式压气机工作原理、工作过程的状态参数坐标图、耗功量的分析和计算

**教学重点和难点**：耗功量在温熵图上的表达。

**主要教学内容及要求**：

理解：单级活塞式压气机工作原理和过程。

掌握：掌握单级活塞式压气机工作过程在状态参数坐标图上的表达、耗功量的分析和计算。

**教学组织与实施：**线上压气机工作原理、耗功量分析和计算讲解视频0.5学时，组织学生分析0.5学时。

**第二节 余隙容积影响和多级压缩 1学时**

**教学目标**：理解多级压缩，理解压气机效率的工程应用的意义；掌握影响活塞式压气机容积效率、压缩终了气体温度的因素，以及改善压气机性能的措施。

**教学重点和难点**：影响活塞式压气机容积效率、压缩终了气体温度以及耗功的因素。

**主要教学内容及要求**：

了解：压气机效率的工程应用的意义。

理解：压气机热力学分析的基本方法，多级压缩过程。

掌握：影响活塞式压气机容积效率，压缩终了气体温度的因素，以及改善压气机性能的措施。

**教学组织与实施：**线上观看压气机余隙容积影响和多级压缩讲解视频0.5学时，组织学生分析讨论相关计算题目0.5学时。

**第九章 气体动力循环 学时数：3**

**第一节 活塞式内燃机理想循环 2学时**

**教学目标**：理解并掌握活塞式内燃机的三种理想循环、循环的p-v图和T-S图，三种理想循环状态参数的分析和计算、三种理想循环热效率的分析和比较。

**教学重点和难点**：活塞式内燃机三种理想循环热效率的分析和比较。

**主要教学内容及要求**：

了解：活塞式内燃机实际循环向理想循环简化的方法。

理解：活塞式内燃机的三种理想循环、循环的p-v图和T-S图。

掌握：活塞式内燃机的三种理想循环、循环的p-v图和T-S图分析和计算。

熟练掌握：活塞式内燃机三种理想循环状态参数及热效率的分析、计算。

**教学组织与实施：**线上观看内燃机动力循环讲解视频0.5学时，组织学生分析讨论相关计算题目1.5学时。

**第二节 燃气轮机循环 1学时**

**教学目标**：理解并掌握燃气轮机循环装置、理想循环过程及其在状态参数坐标图上的表达和循环过程中状态参数及热效率的分析、计算；实际燃气轮机循环过程和提高燃气轮机循环效率的方法。

**教学重点和难点**：燃气轮机的实际循环过程分析和计算。

**主要教学内容及要求**：

了解：燃气轮机实际循环向理想循环简化的方法。

理解：燃气轮机理想循环、循环的p-v图和T-S图。

掌握：燃气轮机理想循环、循环的p-v图和T-S图的分析和计算。

熟练掌握：提高燃气轮机热效率的分析方法。

**教学组织与实施：**线上观看燃气轮机讲解视频20分钟，组织学生分析讨论相关计算题目30分钟。

**第十章 水蒸气性质和蒸汽动力循环 学时数：4**

**第一节 简单朗肯蒸汽动力循环 2学时**

**教学目标**：掌握简单蒸汽动力循环朗肯循环理想循环过程和实际循环过程的状态参数坐标图、状态参数变化量的分析和计算、朗肯循环效率的分析和计算。

**教学重点和难点**：实际朗肯循环的分析和计算。

**主要教学内容及要求**：

理解：实际朗肯循环的分析和计算。

掌握：简单蒸汽动力循环朗肯循环理想循环过程和实际循环过程的状态参数坐标图、状态参数变化量的分析和计算、朗肯循环效率的分析和计算。

熟练掌握：简单蒸汽动力循环朗肯循环理想循环过程状态参数坐标图、状态参数变化量的分析和计算、朗肯循环效率的分析和计算。

**教学组织与实施：**线上观看朗肯蒸汽动力循环讲解视频30分钟，线下讲解典型例题30分钟，组织学生分析讨论相关计算题目1学时。

**第二节 再热和回热循环 2学时**

**教学目标**：掌握再热和回热循环的状态参数坐标图、状态参数变化量的分析和计算、再热和回热循环效率的分析和计算。

**教学重点和难点**：再热和回热循环的状态参数坐标图、状态参数变化量的分析和计算

**主要教学内容及要求**：

理解：实际再热和回热循环的分析和计算。

掌握：再热和回热循环的状态参数坐标图、状态参数变化量的分析和计算、再热和回热循环效率的分析和计算。

**教学组织与实施：**线下讲解再热和回热循环1学时，组织学生讨论实际再热和回热循环案例1学时。

**第十一章 制冷循环 学时数：2**

**教学目标**：理解逆向循环的热力学分析方法；理解蒸汽喷射制冷循环和吸收式制冷循环；掌握影响空气压缩制冷循环、蒸汽压缩制冷循环制冷系数的因素，提高制冷系数的方法。

**教学重点和难点**：蒸汽压缩制冷，提高制冷系数的方法。

**主要教学内容及要求**：

了解：制冷剂的热力性质。

理解：逆向循环的热力学分析方法，蒸汽喷射制冷循环和吸收式制冷循环。

掌握：逆向卡诺循环，影响空气压缩制冷循环、蒸汽压缩制冷循环制冷系数的因素，提高制冷系数的方法。

熟练掌握：逆向卡诺循环，蒸汽压缩式制冷循环的分析和计算。

**教学组织与实施：**线上观看本章相关讲解视频1学时，线下讲解相关典型例题和制冷发展现状0.5学时，组织学生讨论实际制冷工程问题0.5学时。

**第十二章 湿空气性质和湿空气热力过程 学时数：3**

**第一节 理想混合气体的基本性质、比热容、热力学状态参数计算；湿空气基本概念 2学时**

**教学目标**：理解和掌握理想混合气体的基本概念、特性、状态方程、比热容的概念和计算方法；李相混合气体的热力学能、焓、熵的计算；理解并掌握湿空气、绝对湿度、相对湿度、含湿量、露点、湿空气的焓以及干湿球温度等概念及其计算。

**教学重点和难点**：理想混合气体状态参数分析和计算方法。

**主要教学内容及要求**：

理解：理想混合气体的特性、分压定律和分体积定律。

掌握：理想混合气体状态参数的分析和计算；湿空气基本参数的计算方法和概念的理解与掌握。

熟练掌握：湿空气焓湿图的运用。

**教学组织与实施：**线上观看本章相关讲解视频0.5学时，线下讲解相关典型例题1学时，组织学生讨论生活中的湿空气状态和相关问题0.5学时。

**第二节 湿空气的热力过程 1学时**

**教学目标**：理解湿空气的热力过程；掌握湿空气的焓—含湿量图及其应用；掌握湿空气热力过程的分析和计算。

**教学重点和难点**：湿空气热力过程的分析和计算方法。

**主要教学内容及要求**：

了解：复杂湿空气热力过程计算。

掌握：湿空气的焓—含湿量图在湿空气热力过程中的分析和计算。

熟练掌握：利用湿空气的焓—含湿量图对湿空气热力过程分析和计算。

**教学组织与实施：**线下讲解湿空气热力过程和相关例题1学时。

**第十三章 化学热力学基础 学时数：2**

**教学目标**：了解化学反应过程中的热力学基础理论，了解热力学第一、第二定律在化学热力学中的利用，理解亥姆霍兹、吉布斯函数在化学反应过程中的应用，理解平衡常数、化学势等概念。

**教学重点和难点**：吉布斯函数、化学势和平衡常数在化学反应中的应用。

**主要教学内容及要求**：

了解：化学反应过程中的热力学基础理论，热力学第一、第二定律在化学热力学中的利用。

理解：姆霍兹、吉布斯函数在化学反应过程中的应用，理解平衡常数、化学势等概念。。

**教学组织与实施：**线下为学生介绍化学热力学基础主要研究内容和应用2学时。

**五、实验教学内容及学时分配（8学时）**

**（一）实验课程简介**

工程热力学作为新能源科学与工程专业的一门专业基础课，理论性强，不易理解。对于本科期间的学生，要求学生掌握工程热力学的基本理论和分析问题的基本方法。通过开设实验课程，不仅可以使学生形象地理解工程热力学的基本理论知识，同时掌握工程热力学的实验研究方法，为学生毕业后创新和创业工作打下坚实的基础。

**（二）实验教学目的和基本要求**

工程热力学实验的教学目的是：

1. 通过对空气定压比热容的测试，使学生进一步理解和掌握混合理想气体特性、湿空气特性、理想气体定压比热容的概念，掌握理想气体定压比热容测试计算方法和数据处理方法，掌握工质热力学特性分析测试方法。

2. 通过对实际水蒸汽的P-T关系的测试，使学生掌握水处于饱和时的特点、水的饱和温度和饱和压力的依变关系，从而掌握实际气体相平衡特性。

3. 通过对热泵演示实验的观察和分析，理解和掌握制冷实验过程和热泵与制冷的区别，热泵的节能效用。

4. 培养学生观察、分析能力，使学生掌握试验数据处理和实验报告编写能力，培养严谨踏实的科学作风和融洽合作的共事态度以及爱护国家财产的良好风尚。

工程热力学实验的基本要求是：

1. 实验课前必须阅读实验指导书，明确实验目的、内容、原理和方法。了解实验设备的基本构造、工作原理和使用方法。

2. 严格按照约定的时间进行实验，做到不迟到，不早退。

3. 实验分小组进行，由课代表根据教师的要求分组，并指定组长。实验时要有指挥，有分工，做到有条不紊。

4. 要遵守实验室的规章制度，爱护实验室的设施，非实验仪器设备不得随意动用，因非实验造成的损坏由当事人赔偿。

5. 实验过程中，如果仪器设备发生故障，应立即向指导教师报告，以便及时排除故障，保证实验的正常进行。

6. 实验完毕后，关闭电源，整理好使用后的仪器、设备 、工具。将实验原始记录交指导教师审阅。

7. 要认真做好并及时完成实验报告，按时交给指导教师批阅。不交者，该次实验按零分计。

8. 因病、事假缺习者可以凭病、事假条找指导教师安排补做。无故缺席者一律不安排补做。

9. 未完成全部实验报告者按学院的有关规定处理。

**（三）实验安全操作规范**

**【实验一】**空气定压比热容测定实验

（1）电热器不应在无气流通过情况下投入工作，以免引起局部过热而损害比热仪本体；

（2）输入电热器电压不得超过220伏，气体出口温度最高不得超过300℃；

（3）加热和冷却要缓慢进行，防止温度计比热仪本体因温度骤然变化和受热不均匀而破裂；

（4）停止实验时，应先切断电热器电影，让风机继续运行15分钟左右（温度较低时，时间可适当缩短）；

（5）实验测定时，必须确信气流和测定仪的温度状况稳定后才能读数。

**【实验二】饱和水蒸汽的P-T关系测定实验**

（1）实验装置通电后不得离开；

（2）实验装置设定安全压力为0.8MPa（表压），切不可超压操作。

**【实验三】制冷（热泵）演示实验**

（1）实验结束后，首先关闭压缩机，过一分钟后再关闭供水阀门；

（2）切记冷凝器不通水或无人照管情况下长时间运行。

**（四）实验项目名称与学时分配**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **学时** | **类型** | **实验要求** | **每组人数** |
| 04021201h+01 | 空气定压比热容测定实验 | 4 | 综合性 | 必做 | 5 |
| 04021201h+02 | 饱和蒸汽P-T关系测定实验 | 2 | 验证性 | 必做 | 5 |
| 04021201h+03 | 制冷（热泵）演示实验 | 2 | 演示性 | 必做 | 15 |

**（五）实验方式及基本要求**

综合性实验，要求学生理解实验测试原理，掌握实验步骤和实验操作过程，掌握实验数据处理理论依据和实验现象反映的问题；验证性实验要求学生首先掌握相关理论，然后动手操作实验，并对实验结果分析，将实验结果与相关理论进行对比分析；演示性实验要求学生认真观察实验现象，记录并分析实验过程。

**（六）实验内容安排**

**【实验一】空气定压比热容测定实验基本知识与操作**

**1.实验学时：**4学时

**2.实验目的：**考察学生对湿空气特性和理想气体定压比热容概念和测试方法的掌握情况；理解并掌握气体比热测定装置的基本原理和构思；熟悉实验中测温、测压、测热、测流量的方法；掌握由基本数据计算出比热值和比热公式的方法；分析本实验产生误差的原因及减小误差的可能途径。

**3.实验内容：**

（1）接通电源及测量仪表，选择所需的出口温度计插入混流网的凹槽中。

（2）打开风机，调节转子流量计到所需流量，待流量稳定，记录压力计中水柱高度、体积流量、入口干、湿球温度。

（3）逐渐提高电压，待出口气体温度稳定（10分钟内变化微小），记录电压、电流值及出口气体温度。

（4）根据入口气体的干湿球温度，从湿空气的焓湿图中查到其含湿量（*d*，克/公斤 干空气）,计算出湿空气中干空气和水蒸气的质量流量。根据理想气体状态方程式，(其中，P=大气压力+压差；V为体积流量；*m*为湿空气的质量流量；Rg为气体常数，根据定义为通用气体常数与湿空气的摩尔质量之比，湿空气的摩尔质量按理想混合气体的当量摩尔质量进行计算，为;T为测试出的空气入口干球温度)计算出湿空气的质量流量，则其中干空气的质量流量为：，则水蒸气的质量流量为0.001*dma*。

（5）电热器消耗的功率可由电压和电流的乘积计算得到；水蒸气的定压比热容查表得到。

（6）测试结束后，关闭加热器，待风机运转10分钟后，关闭风机、切断电源。

（7）根据实验数据，计算出空气的定压比热容。

**4.实验要求：**

要求学生根据所学理论知识设计实验设备、需要测试的参数、数据的分析和计算，设计出实验设备、实验过程和数据处理方法。

**5.实验设备及器材：**

（1）整个实验装置由风机，流量计，比热仪本体，电功率调节及测量系统共四部分组成。

（2）比热仪由内壁镀银的多层杜瓦瓶、进口干、湿球温度计和出口温度计（热电偶或水银温度计）电加热器和均流网，绝缘垫，旋流片和混流网组成。气体自进口管引入，进口温度计测量其初始干、湿球温度，离开电加热器的气体经均流网均温，出口温度计测量加热终了温度，后被引出。该比热仪可测300℃以下气体的定压比热。

**【实验二】饱和水蒸汽的P-T关系测定实验基本知识与操作**

**1.实验学时：2**学时

**2.实验目的：**通过实验理解水的饱和状态；通过实验理解并掌握水饱和状态时的P-T依变关系； 学会调压仪器和设备的使用和注意事项。

**3.实验内容：**

熟悉实验装置的工作原理、性能和使用方法；将调压器指针置于零位，然后接通电源；将电接点压力表的上限压力指针拨到稍高于最高试验压力（例如：0.8MPa）的位置；将调压器输出电压调至200～220V，设置待测压力分别为0.1MPa,0.15MPa,0.2MPa,0.25MPa,0.3MPa,0.35MPa,0.4MPa,0.45MPa,0.5MPa,0.60MPa.待蒸汽压力升至接近于第一个设定压力值时，将电压降至20-50V左右（参考值）。由于热惯性，压力将会继续上升，待压力达到设定值时，再适当调整电压（提高或降低），使工况稳定（压力和温度基本保持不变）。此时，立即记录下蒸汽的压力和温度。重复上述实验，在0～0.8Mpa（表压）范围内，取10个压力值，顺序分别进行测试；实验完毕后，将调压器指针旋回零位，并断开电源；记录实验环境的温度和大气压力，根据实验结果，做出水的饱和温度和饱和压力变化曲线图。

**4.实验要求：**

要求学生根据所学理论知识设计实验设备、需要测试的参数、数据的分析和计算，设计出实验设备、实验过程和数据处理方法。

**5.实验设备及器材：**

可视性饱和蒸汽压力和温度关系实验仪，本实验装置通过利用电加热器给密闭容器中的蒸馏水加热，使密闭容器水面以上空间产生具有一定压力的饱和蒸气。利用调压器改变电加热器的电压，使其加热量发生变化，从而产生不同压力下的饱和水蒸气。

**【实验三】制冷（热泵）演示实验基本知识与操作**

**1.实验学时：2**学时

**2.实验目的：**制冷循环演示装置可为“制冷原理与设备”的专业课程进行演示性实验。通过本实验，让同学们加深对制冷（热泵）循环工作过程的理解，熟悉制冷（热泵）循环演示系统工作原理。并进一步掌握制冷（热泵）循环系统的操作、调节方法，并能进行制冷（热泵）循环系统粗略的热力计算。

这套装置是采用玻璃作换热器的壳体，管路中有透明观察窗，因此，实验过程能让同学们清晰地观察到制冷工质的蒸发、冷凝过程及流后产生的“闪发”气体面形成的二相流，使之了解蒸汽压缩式制冷循环工质状态的变化及循环全过程的基本特征。

**3.实验内容：**

制冷循环演示的操作，先将制冷系统中的回通换向阀调至“制冷”位置上，然后打开冷却水阀门，利用转子流量计上面的阀门作适当调节蒸发器和冷凝器的供水流量，再开启压缩机、观察制冷工质的冷凝及蒸发过程与其现象，待制冷系统运行（约8分钟）稳定后，即可记录制冷压缩机输入电流、电压、冷凝压力、蒸发压力，以及冷凝器及蒸发器的进水温度、出水温度、水流量等有关的参数；热泵循环演示：把制冷系统中的四通阀调整至“热泵”位置上，再打开冷却水阀门，利用转子流量计上面的阀门作适当调节蒸发器和冷凝器的供水流量，再开启压缩机、观察制冷工质的冷凝及蒸发过程与其现象，待制冷系统运行（约8分钟）稳定后，即可记录制冷压缩机输入电流、电压、冷凝压力、蒸发压力，以及冷凝器及蒸发器的进水温度、出水温度、水流量等有关的参数。实验结束后，必须先按下停止压缩机的开关，切断压缩机的供给电源，然后再关闭供水阀门。

**4.实验要求：**

将实验中观察到的实验现象如实记录下来，分别记录热泵在制冷和供热时不同设备中的液体所呈现的状态，及压力表和温度计中所读出的刻度，分析这种现象产生的原因。

**5.实验设备及器材：**

热泵演示试验台，通过回通换向阀的调节作用，仪器分别起到制冷和供热的作用，仪器和设备中包含：转子流量计 2.温度计 3.压力表 4.电压表 5 .电流表 6. 蒸汽压缩式制冷机

1. **考核方式及成绩评定**

实验考核的内容主要包括：实验基础知识、实验原理、实验方案设计、实验操作技能、数据分析、实验报告、科学态度与精神等，从学生的知识、能力、素质三方面对学生成绩进行评定。侧重以平时实验操作和实验报告考核为主。

关于成绩评定：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **学时** | **成绩（百分制）** |
| 04021201h+01 | 空气定压比热容测定实验 | 4 | 50 |
| 04021201h+02 | 饱和蒸汽P-T关系测定实验 | 2 | 25 |
| 04021201h+03 | 制冷（热泵）演示实验 | 2 | 25 |

**六、课程思政**

在课程教学过程中将政治认同、家国情怀、文化素养、宪法法治意识、道德修养等思政元素融入专业教育，举例说明：

1. 绪论中对能源现状的讲授过程中，引领大家认识我国和世界能源领域的消耗和探明储量现状，使学生理解我国重视节能减排的意义和内涵。
2. 在讲述气体、蒸汽动力循环内容时，引领学生认识国内、外气体、蒸汽动力装置的技术水平和发展现状，让学生真切感受到我国和国外先进国家之间在动力装置方面存在的明显差距，唤起学生主动学习、提高我国相关技术的动力，潜移默化的培养学生的社会责任感和社会担当。

**七、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

（1）理论课教材：工程热力学（第六版），童钧耕、王丽伟、叶强主编，高等教育出版社，2022年

（2）实验课教材：自编教材

（3）实习指导书：自编指导书

**2.参考书：**

（1）《工程热力学精要分析及典型题精解》.何雅玲 编．西安交通大学出版社，2000年

（2）《工程热力学》（第三版）.曾丹苓、敖越、张新铭、刘朝 编．高等教育出版社，2002年

（3）《工程热力学》．朱明善等．清华大学出版社，1995

（4）《工程热力学》．[美]M. C. 波特尔，C. W. 萨默顿 著．郭航 等 译．科学出版社，2002年

（5）《工程热力学》.[美]尤努斯 A.切盖尔，迈克尔 A.博尔斯 著，英文影印版，机械工业出版社，2019年

**3.推荐网站：**

（1）西安交通大学教育资源共享网，http://ocw.xjtu.edu.cn/html/zhucaidan3.htm

（2）天津大学传热学精品课程网站，<http://course.tju.edu.cn/chuanre/jiaocai/index.php>

（3）河南农业大学工程热力学精品在线开放课程，MOOC平台<https://www.icourse163.org/learn/HENAU-1003361030>

（4）上海交通大学工程热力学精品在线开放课程，MOOC平台，网址

<https://www.icourse163.org/course/SJTU-1002535024>

**八、教学条件**

课程需要由能源相关专业的具有博士学位的讲师（实验师）以上教师讲授，需要配备专门实验室，需要配备满足课程实验的实验设备。

**九、教学考核评价**

**1.过程性评价：**

过程评价由线上提交的测验、作业、视频学习情况、实验完成情况、线下课堂中讨论参与情况及期中考试成绩组成。过程性评价中，线上提交的测验、作业、视频学习、实验操作均有过程记录，教师根据记录情况和学生完成结果给出成绩；线下课堂中学生参与讨论情况由学生发言效果和准备的情况给予成绩评定；期中考试主要考查学生对理论知识的理解掌握情况，根据学生掌握情况进行评价。平时成绩内容都属于过程性评价内容，占总成绩的50%。

**2.终结性评价：**期末考试，占总成绩的50%；

**3.课程综合评价：**课程评价采用期末考试和平时成绩两部分成绩加权平均。平时成绩主要是过程评价，由线上提交的测验、作业、视频学习情况和线下课堂中讨论参与情况、实验完成情况及期中考试情况组成，其中线上测验、作业、视频学习情况、线下课堂讨论情况、试验完成情况占平时成绩的50%，分别是线上提交的测验成绩占平时成绩的10%、作业成绩占平时成绩的10%、视频学习情况占平时成绩的10%、线下课堂组织的讨论，根据学生参与情况给出成绩，占平时成绩的10%、试验完成情况占平时成绩的10%；期中考试结果占平时成绩的50%。期末考试采用闭卷形式。平时的过程性评价注重理论知识的掌握和问题的分析，分别对应的课程目标1和课程目标2能力的培养；期末考试侧重对实际工程问题的分析和研究，对应课程目标3能力的培养。

# 传热学

（Heat Transfer）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021202h | **课程总学时：**56 | **实验学时：** 8 **学时** |
| **课程性质：**必修 | **课程属性：**专业类 | **开设学期：第** 5 **学期** |
| **课程负责人：**胡建军 | **课程团队：**姚森、刘新新、杨绍旗 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程；核心 | | |
| **对先修的要求：**高等数学、大学物理、工程热力学、流体力学 | | |
| **对后续的支撑：**燃烧学、能量有效利用、太阳能工程、热工设备 | | |
| **主撰人：**杨绍旗 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《传热学》是新能源科学与工程专业的一门重要的专业基础课程，为后续专业课程提供必要的学习基础。本课程研究热量传递的规律，是新能源科学与工程的核心课程，它不仅为学生学习有关的专业课程，如燃烧学、热能工程、供热工程等提供基础理论知识，也为从事能源有效利用、能源工程设计的工程技术人员打下必要的专业基础。通过本课程的学习，应使学生掌握分析工程传热问题的基本能力，掌握热量传递的基本规律。

在教学理念方面，将思想政治工作贯穿教学全过程，实现全程育人、全方位育人。通过突出传热学在节能减排及国家重要领域的应用及其关键技术领域的研究现状和不足，增强学生的责任感和使命感，引导学生建立正确的世界观、人生观和价值观，培养学生勤于学习、勇于探索、敢于创新的精神，塑造良好品行。以学生为本，以学习产出为导向，突出课程与专业以及日常生活和生产的联系，以提高学生实践能力为成果核心目标，使教学过程内部各要素之间形成关联匹配和有机衔接。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：掌握热量传递的三种方式(导热、对流换热和热辐射)的基本概念和基本定律；掌握一维稳态导热、一维非稳态导热的诺谟图解决实际传热问题；掌握选择、利用对流传热系数经验关联式计算常见对流传热问题；掌握空间两物体之间的辐射换热网络图分析和计算方法；掌握换热器选型、校核计算，并会设计、计算简单换热器。

2.实验技能方面：掌握实验方法，会对实验过程进行分析。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

以趣味案例教学方法为主线，通过增强学习内容趣味性引导学生参与对案例的讨论。以案例引出问题，积极引导学生发现生活和生产中遇到的类似传热问题和现象。在进行基础理论讲解后，引导学生用所学知识去分析现象和解决问题，提高学生主动发现问题，动手解决问题的能力。根据学生自行发现的传热学问题，适度开展翻转课堂的形式的线上讨论，激发学生学习的积极性和主动性，强化学生的工程思维，培养学生辩证统一的思想。强调传热学课程实施过程中的过程评价，使用慕课堂小程序对学生线上学习情况进行监督，实现对学生学习过程的评价。实施过程中，平时成绩由课堂提问、讨论区讨论、在线测试、作业和小论文等多环节构成，形成多角度的课程综合性评价。任课教师可以在线上教学过程中从课程视频的观看次数、在线作业的完成情况与质量、参与在线讨论的活跃程度等及时了解学生的学习情况，掌握学生的学习特点，在各种学习任务中看到学生的进步和成长，并在最后的总评成绩中进行考量。

1）、达成课程目标的途径

达成课程目标采用过成性评价和结果评价相结合的方式。这种方式是将以往由注重结果调整为注重学习过程，加大过成性评价的比例，以调动学生学习的主动性和积极性，并且有利于学生综合能力培养的目标。

过成性评价包括平时作业、在线测试、小组协作综合问题的探究学习、网络讨论、混合课堂、网络资源利用、网络学习痕迹等。

结果评价是课程结束后采用闭卷考试，全面考察学生对本课程知识的理解、掌握程度以及灵活运用知识解决问题的能力。

2）、达成课程目标的措施

（1）老师主导

老师精讲，讲透基本概念、基本原理、重点难点、易混淆点。

（2）学生主体

开展“自主学习+混合课堂+小组探究协作学习”

1. 自主学习

学生课下通过查阅文献、研读教材、研读授课课件、观看视频等资源进行学习；撰写学习报告，通过网络提交；老师审阅学习报告，就学生学习的效果进行跟踪指导和评价，并及时把发现的问题通过网络反馈给学生；老师针对大多数学生存在的共性问题进行课堂反馈和交流；所有的环节结束后，学生独立完成在线测试，以检测自己的学习效果。

1. 混合课堂

学生自由组合形成学习小组，并利用网络空间开展学习，课上交流讨论，老师解答共性的疑问，注重学生的课前预习。

1. 小组探究协作学习

老师提前2-3周在网上发布小组探究学习项目，学生自由分组并确定小组项目，然后再进行组内分工。各组需将自己的学习成果进行拍照留存，形成word文档或PPT文档。并将纸质成果上交，作为过成性评价的一部分。纸质材料上交后，进入课堂交流环节，目的在于培养学生的思维能力、探索精神。在讲解完成后，必须回答同学提出的1个问题。此环节重点在于吸引学生的参与，提升学生的交流表达能力，锻炼学生的逻辑思维和推理能力。课堂交流环节之后，老师针对概念含糊不清之处给予进一步的指导和纠正。同时在网上公示老师对此次小组作业的进一步解疑和分析过程的指导。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标2：  专业技能：能够独立从事可再生能源与生物环境工程等领域产品研发、设计、制造、项目管理等相关工作，具备科学的思维方法和辩证的决策能力，能对相关领域复杂工程问题进行分析研究，并提出系统性解决方案。 | 1  2 |
| 2 | 目标3：  职业定位：有一定的创新精神、较强的工程实践能力，能够跟踪新能源科学与工程及其相关领域前沿技术,成为该领域“懂技术、善管理”的核心骨干。 | 3  4 |
| 3 | 目标5：  自我发展：能够坚持终身学习和自主学习，持续改进、不断更新自己的知识和技能，主动适应国内外职业环境的变化和发展，提升国际化视野。 | 9  12 |
|  |  |  |

**四、理论教学内容及学时分配（48学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第一章 绪论** | **学时数：4** |

**第一节 热量传递的三种基本方式 （2学时）**

**教学目的：**掌握热量传递的三种方式(导热、对流换热和热辐射)的基本概念和基本定律。

**教学重点和难点：**热量传输有三种基本方式。

**主要教学内容及要求：**

了解：导热、传热、热辐射在生活中的应用。

理解：三种能量传输的公式符号含义。

掌握：三种能量传输的公式。

熟练掌握：运用公式去计算分析生活中传热问题。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第二节 传热过程和传热系数；传热学发展简史、传热学研究问题的方法 （2学时）**

**教学目的：**掌握传热过程和传热系数。

**教学重点和难点：**传热过程和传热系数，传热学研究问题的方法。

**主要教学内容及要求：**

了解：传热学发展简史。

理解：能量传热过程。

掌握：传热系数的计算方法。

熟练掌握：运用公式计算不同情况的传热系数。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第二章 导热基本定律及稳态导热** | **学时数：10** |

**第一节 导热基本定律 （2学时）**

**教学目的：**掌握导热的基本概念、导热微分方程式的表达、定解条件的含义

**教学重点和难点：**导热微分方程的推导、定解条件的表达

**主要教学内容及要求：**

了解：柱坐标系、球坐标系中导热微分方程的表达。

理解：导热微分方程的推导。

掌握：导热微分方程的表达、定解条件的表达。

熟练掌握：傅里叶定律、等温面、等温线、温度差、热导率。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第二节 一维稳态导热问题分析和计算 （2学时）**

**教学目的：**掌握单层和多层无限大平板、长圆筒壁、球壳的一维稳态导热问题的分析和计算。

**教学重点和难点：**无限大平板、长圆筒壁、球壳的一维稳态导热问题的分析和计算。

**主要教学内容及要求：**

了解：无限大平板、长圆筒壁、球壳的一维稳态导热问题。

理解：无限大平板、长圆筒壁、球壳的一维稳态导热问题的分析方法。

掌握：单层和多层无限大平板、长圆筒壁、球壳的一维稳态导热问题的分析和计算。

熟练掌握：单层和多层无限大平板、长圆筒壁的一维稳态导热问题的分析和计算。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第三节 变截面、变导热系数导热问题的分析和计算 （2学时）**

**教学目的：**掌握变截面、变导热系数导热问题的分析和计算。

**教学重点和难点：**变截面、变导热系数导热问题的分析和计算。

**主要教学内容及要求：**

了解：变截面、变导热系数导热问题。

理解：变截面、变导热系数导热问题的分析方法。

掌握：变截面、变导热系数导热问题的分析和计算。

熟练掌握：变导热系数导热问题的分析和计算。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第四节 通过肋片的一维稳态导热问题的分析和计算 （2学时）**

**教学目的：**掌握肋片的一维稳态导热问题的分析和计算。

**教学重点和难点：**肋片的导热微分方程的推导和分析。

**主要教学内容及要求：**

了解：肋片的一维稳态导热问题。

理解：肋片的导热微分方程的推导和分析。

掌握：肋片的一维稳态导热问题的分析和计算。

熟练掌握：肋片热效率和肋片导热热流量的计算。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第五节 有内热源的一维稳态导热问题和多维稳态导热问题的分析和计算 （2学时）**

**教学目的：**掌握有内热源的一维稳态导热问题的微分方程的建立；多维稳态导热问题的形状因子法；理解多维稳态导热问题的微分方程和定解条件的建立。

**教学重点和难点：**多维稳态导热问题的微分方程和定解条件的建立。

**主要教学内容及要求：**

了解：有内热源的一维稳态导热问题和多维稳态导热问题。

理解：多维稳态导热问题的微分方程和定解条件的建立。

掌握：有内热源的一维稳态导热问题的微分方程的建立，多维稳态导热问题的形状因子法。

熟练掌握：有内热源的一维稳态导热问题的分析和计算。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第三章 非稳态热传导 学时数：4**

**第一节 非稳态导热问题的集总参数法 （2学时）**

**教学目的：**掌握非稳态导热问题的集总参数法的分析和计算；理解非稳态导热问题的微分方程的建立。

**教学重点和难点：**非稳态导热问题集总参数方法的微分方程的建立和求解；非稳态导热问题微分方程和定解条件的建立。

**主要教学内容及要求：**

了解：非稳态导热问题的分析和计算方法。

理解：非稳态导热问题微分方程和定解条件的建立。

掌握：非稳态导热问题集总参数方法的微分方程的建立和求解。

熟练掌握：非稳态导热问题集总参数方法的分析和计算。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第二节 非稳态导热问题的图解法 （2学时）**

**教学目的：**掌握非稳态导热问题图解法的分析和计算。

**教学重点和难点：**非稳态导热问题图解法的理论基础；图解法的适用范围和使用方法。

**主要教学内容及要求：**

了解：非稳态导热问题图解法。

理解：图解法的理论基础。

掌握：图解法的分析和计算过程。

熟练掌握：利用图解法计算实际非稳态导热问题。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第四章 导热问题的数值解法 学时数：4**

**第一节 导热问题数值解法中内节点方程的建立 （2学时）**

**教学目的：**掌握对导热问题离散化方法；差分方法和单元体平衡法建立导热问题离散节点方程。

**教学重点和难点：**离散方法；单元体平衡法的内涵；节点方程求解方法的计算机程序。

**主要教学内容及要求：**

了解：导热问题数值解法。

理解：导热问题离散化方法，差分方法和单元体平衡法建立导热问题内节点方程。

掌握：导热问题离散化方法、内节点方程的建立。

熟练掌握：内节点方程的建立。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第二节 边界节点方程的建立和节点方程的求解 （2学时）**

**教学目的：**掌握边界节点方程的建立；利用计算机程序进行导热问题的数值计算。

**教学重点和难点：**利用计算机程序进行导热问题的数值计算。

**主要教学内容及要求：**

了解：节点方程的计算方法。

理解：利用计算机程序进行导热问题的数值计算。

掌握：边界节点方程的建立和节点方程的求解。

熟练掌握：边界节点方程的建立。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第五章 对流换热的理论基础 学时数：4**

**第一节 对流换热的理论基础 （2学时）**

**教学目的：**了解对流换热的理论分析方法，理解对流换热微分方程式。

**教学重点和难点：**对流换热微分方程式的建立、边界层微分方程和比拟法的实质。

**主要教学内容及要求：**

了解：对流换热的三种理论分析方法。

理解：对流换热微分方程式的建立、边界层微分方程和比拟法的实质。

掌握：对流换热微分方程式的建立、边界层微分方程和比拟法。

熟练掌握：流动边界层和热边界层。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第二节 相似原理及其应用 （2学时）**

**教学目的：**理解相似原理的实质和应用范围，掌握特征数关联式的确定步骤及选用方法。

**教学重点和难点：**相似原理的实质、特征数关联式的确定方法。

**主要教学内容及要求：**

了解：相似原理。

理解：相似原理分析对流换热问题的方法。

掌握：特征数关联式的确定步骤及选用方法。

熟练掌握：特征数关联式的确定方法。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第六章 对流换热特征数关联式的应用 学时数：4**

**第一节 管内对流换热特征数关联式的应用 （2学时）**

**教学目的：**了解管内对流换热特征数关联式，掌握管内对流换热特征数关联式的选用原则。

**教学重点和难点：**入口段、温度效应、弯曲段的影响。

**主要教学内容及要求**：

了解：管内对流换热特征数关联式。

理解：管内对流换热特征数关联式的应用范围。

掌握：入口段、温度效应、弯曲段的影响。

熟练掌握：管内对流换热特征数关联式的选用原则。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第二节 管外强制对流换热及自然对流换热特征数关联式的应用 （2学时）**

**教学目的：**了解管外、自然对流换热特征数关联式，掌握特征数关联式的选用原则。

**教学重点和难点：**管外流动的边界层脱离、自然对流的分类。

**主要教学内容及要求：**

了解：管外和自然对流换热的特征数关联式。

理解：管外和自然对流换热特征数关联式的应用范围。

掌握：管外流动的边界层脱离、自然对流的分类。

熟练掌握：管外和自然对流换热特征数关联式的选用原则。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第七章 相变对流换热 学时数：4**

**第一节 凝结对流换热理论及特征数关联式 （2学时）**

**教学目的：**了解凝结对流换热的分析理论和特征数关联式；掌握凝结对流换热特征数关联式的选用原则。

**教学重点和难点：**凝结对流换热的特点、影响因素及其特征数关联式的选用原则。

**主要教学内容及要求：**

了解：凝结对流换热的分析理论和特征数关联式。

理解：凝结对流换热的特点。

掌握：凝结对流换热特征数关联式的选用原则、凝结对流换热的影响因素。

熟练掌握：凝结对流换热特征数关联式的选用原则。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第二节 沸腾换热理论及特征数关联式 （2学时）**

**教学目的：**了解大容器沸腾换热理论及特征数关联式；掌握特征数关联式的选用原则、大容器沸腾对流换热的影响因素。

**教学重点和难点：**大容器沸腾换热理论、大容器沸腾对流换热的影响因素。

**主要教学内容及要求：**

了解：大容器沸腾换热理论及经验关联式。

理解：沸腾换热的特点。

掌握：沸腾换热特征数关联式的选用原则、大容器沸腾对流换热的影响因素。

熟练掌握：沸腾换热特征数关联式的选用原则。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第八章 热辐射基本定律和物体的辐射特性 学时数：2**

**第一节 热辐射的基本理论和概念 （2学时）**

**教学目的：**了解热辐射的基本理论；理解基希霍夫定律、灰体的概念；掌握热辐射的基本概念。

**教学重点和难点：**实际物体的简化。

**主要教学内容及要求：**

了解：热辐射的基本理论。

理解：基尔霍夫定律、灰体的概念。

掌握：热辐射的基本概念、基本理论。

熟练掌握：热辐射基本定律的应用。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第九章 辐射传热的计算 学时数：6**

**第一节 两表面间辐射换热量的分析和计算 （3学时）**

**教学目的：**理解和掌握投入辐射、有效辐射、两表面辐射换热量的分析和计算。

**教学重点和难点：**角系数的代数计算方法；入辐射、有效辐射概念的理解；两表面辐射换热量的分析和计算。

**主要教学内容及要求：**

了解：表面辐射热阻和空间辐射热阻。

理解：投入辐射、有效辐射概念。

掌握：两表面系统辐射传热过程的分析方法。

熟练掌握：角系数的代数计算方法，表面系统辐射换热量的分析和计算。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第二节 多表面间辐射换热网络图的分析和计算 （3学时）**

**教学目的：**理解和掌握多表面间辐射换热量利用辐射网络图进行分析和计算的方法。

**教学重点和难点：**辐射网络图的绘制和计算。

**主要教学内容及要求：**

了解：多表面系统辐射换热过程。

理解：辐射网络图的含义。

掌握：多表面系统辐射换热量的分析和计算。

熟练掌握：利用辐射网络图求解多表面系统辐射换热的步骤。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第十章 传热过程和换热器** | **学时数：6** |

**第一节 传热过程中传热系数的分析和计算 （2学时）**

**教学目的：**理解传热系数的含义和计算方法；掌握平壁、圆管壁和有肋片换热器传热系数的分析和计算。

**教学重点和难点：**有肋片的换热器的传热系数的分析和计算。

**主要教学内容及要求：**

了解：工程传热系数计算式的几种演变方法。

理解：传热系数的含义和计算方法。

掌握：平壁、圆管壁和有肋片换热器传热系数的分析和计算。

熟练掌握：平壁、圆管壁传热系数的分析和计算。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第二节 换热器平均温差及换热器设计计算 （2学时）**

**教学目的：**理解换热器对数平均温差的分析和推导；掌握换热器对数平均温差计算方法、换热器设计计算方法。

**教学重点和难点：**换热器平均温差的推导、换热器设计计算步骤。

**主要教学内容及要求：**

了解：换热器的分类。

理解：换热器对数平均温差的分析和推导。

掌握：换热器对数平均温差计算方法、换热器设计及校核计算步骤。

熟练掌握：换热器对数平均温差计算方法、换热器设计计算方法。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第三节 传热系数和传热单元数计算方法 （2学时）**

**教学目的：**了解换热器强化措施，理解换热器的传热系数-单元数法计算方法。

**教学重点和难点：**理解换热器的传热系数-单元数法计算方法。

**主要教学内容及要求：**

了解：换热器强化措施。

理解：换热器的传热系数-单元数法计算方法。

掌握：换热器强化的方法。

熟练掌握：保温隔热效率的计算。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**五、实验教学内容及学时分配（8学时）**

**（一）实验课程简介**

《传热学》作为新能源科学与工程专业的一门专业基础课，理论性强，不易理解。《传热学》的一种重要研究方法即是实验研究法，对于很多实际使用的换热器或换热过程虽然可以进行理论分析，但是得到的数学微分方程目前没有办法求解，对于本科期间的学生，要求学生掌握传热学的基本理论和分析问题的基本方法。通过开设实验课程，不仅可以使学生形象地理解传热的基本理论知识，同时掌握传热学的实验研究方法，为学生毕业后直接服务于社会打下坚实的基础。

**（二）实验教学目的和基本**要求

1.传热学实验的教学目的

（1）通过对综合传热实验的测试，使学生对传热的三种基本方式和综合传热过程有深入的了解，通过对自己测试数据的比较，理解不同传热方式的差异，掌握传热过程的分析方法。

（2）通过对实际翅片式换热器传热系数的测试，使学生掌握传热系数的实验测试方法和数据处理、经验关联式的获取。

（3）能够使用大型的实验仪器、掌握测试技术。

（4）培养学生观察、分析能力，使学生掌握试验数据处理和实验报告编写能力。

（5）培养严谨踏实的科学作风和融洽合作的共事态度以及爱护国家财产的良好风尚。

2.传热学实验的基本要求

（1）实验课前必须阅读实验指导书，明确实验目的、内容、原理和方法。了解实验设备的基本构造、工作原理和使用方法。

（2）严格按照约定的时间进行实验，做到不迟到，不早退。

（3）实验分小组进行，由课代表根据教师的要求分组，并指定组长。实验时要有指挥，有分工，做到有条不紊。

（4）要遵守实验室的规章制度，爱护实验室的设施，非实验仪器设备不得随意动用，因非实验造成的损坏由当事人赔偿。

（5）实验过程中，如果仪器设备发生故障，应立即向指导教师报告，以便及时排除故障，保证实验的正常进行。

（6）实验完毕后，关闭电源，整理好使用后的仪器、设备、工具。将实验原始记录交指导教师审阅。

（7）要认真做好并及时完成实验报告，按时交给指导教师批阅。不交者，该次实验按零分计。

（8）因病、事假缺习者可以凭病、事假条找指导教师安排补做。无故缺席者一律不安排补做。

（9）未完成全部实验报告者按学院的有关规定处理。

**（三）实验安全操作规范**

**实验一：**

1、实验前准备：

（1） 熟悉实验装置及使用仪表的工作原理和性能；

（2） 打开所要实验的换热器阀门，关闭其它阀门；

（3） 按顺流（或逆流）方式调整冷水换向阀门的开或关；

（4） 向冷-热水箱充水，禁止水泵无水运行：（热水泵启动，加热才能供电）。

2、实验操作：

（1） 接通电源；启动热水泵（为了提高热水温升速度，可先不启动冷水泵），并尽可能调小热水流量到合适的程度；

（2） 将加热器开关分别打开（热水泵开关与加热开关已进行连锁，热水泵启动，加热才能供电）；

（3） 利用温度巡检仪，观测和检查换热器冷-热流体的进出口温度（计算机采集带变送输出）。待冷-热流体的温度基本稳定后，既可测读出相应测温点的温度数值，同时，测读转子流量计冷-热流体的流量读数；把这些测试结果记录实验数据记录表中；

（4） 如需要改变流动方向（顺-逆流）的试验，或需要绘制换热器传热性能曲线而要求改变工况{如改变冷水（热水）流速（或流量）}进行试验，或需要重复进行试验时，都要重新安排试验，试验方法与上述实验基本相同，并记录下这些试验的测试数据。

（6） 实验结束后，首先关闭电加热器开关，5分钟后切断全部电源。

**实验二：**

（1）．用橡胶管及金属管箍连接风机进口及试验风管。

（2）．联接电源（380 V，五线，50 HZ，5.6 KW）。

（3）．接热水出口再冷却器进出口水管。

（4）．向电热水箱内注水至水箱净高5/6处。

（5）．用硅胶管连接换热器进出口处的阻力测嘴和差压传感器的管口。

（6）．连接传感器及其相应的接口。

（7）．工况调节：

1）全开水箱电加热器开关，待水温接近试验温度时，打开水泵开关，利用水泵出口阀门调节热水流量。

2）在风机出口阀门全关的情况下开启风机，然后开启风阀，并利用该阀门调节空气流量。

3）视换热器情况，调节水箱电加热器功率，使热水温度稳定于试验工况附近。

4）调节热水出口再冷却器的冷水流量，使出口热水再冷却至不气化即可。

**（四）实验项目名称与学时分配**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **学时** | **类型** | **实验要求** | **每组人数** |
| 04021202+01 | 综合传热实验 | 4 | 综合性 | 必做 | 6 |
| 04021202+02 | 翅片式换热器换热系数测试 | 4 | 设计性 | 必做 | 6 |
| …… |  |  |  |  |  |

**（五）实验方式及基本要求**

综合性实验教师讲解后指导学生进行实验，要求学生协作完成实验、独立完成实验数据的处理、实验报告的撰写；设计性实验，要求学生设计完实验步骤和实验数据处理方案后方能进行试验。

**（六）实验内容安排**

**【实验一】综合传热实验**

**1.实验学时：**4学时

**2.实验目的：**根据实验进一步理解和掌握换热材料、换热方式和换热几何结构等对换热过程的影响，计算综合传热实验台上不同材质管道、不同换热方式下、不同保温形式下管道的综合传热系数。

**3.实验内容：**测定综合传热实验台蒸汽的初始压力和温度；测试在相同时间内，不同材料和换热方式的管内水蒸气的冷却量。

**4.实验要求：**实验前要预习，操作时分组进行，每组15人，要求学生测量10组以上数据进行分析，提交格式规范的实验报告。

**5.实验设备及器材：**电加热蒸汽发生器、压力表、继电器、传热管、蓄水器、保温材料、风机、阀门。

**【实验二】翅片式换热器传热系数测试**

**1.实验学时：**4学时

**2.实验目的：**掌握传热系数测试方法；理解并掌握复杂传热的平均温差的计算方法；会自己设计实验方案，测定已有换热器的传热系数。

**3.实验内容：**在固定热水流量的状况下，测定热水的进出口温度及空气的进出口温度；改变热水流量，再测定热水的进出口温度及空气的进出口温度。

**4.实验要求：**实验前要预习，操作时分组进行，每组15人，要求学生测量10组以上数据进行分析，提交格式规范的实验报告。

**5.实验设备及器材：**翅片式换热器、电热水箱、水泵、流量计、风机、温度显示仪。

**(七)考核方式及成绩评定**

参考九：教学考核评价。

**六、课程思政**

传热学知识与实际生产生活息息相关，在课程教学过程中，通过引入生产实际案例，引导学生在学习过程中，建立通过技术经济的方法建立节能减排意识，形成能够及时发现问题-思考问题-解决问题的思路，牢固树立以国家发展战略方向作为引导技术研发的思想理念，从传热技术的角度解决工程实际问题。例如，在大型工业换热器设计和居民供暖换热器设计中，引导学生学习如何通过强化换热的方法实现热能的高效利用，从而助力国家“双减”战略，以及“双碳”目标的实现。

**七、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

（1）理论课教材：传热学（第五版），陶文铨 编著，高等教育出版社，2019年

（2）实验课教材：自编实验指导书

**2.参考书：**

（1）传热学(第四版)．杨世铭, 陶文铨．北京: 高等教育出版社, 2006

（2）传热学要点与解题．王秋旺, 曾敏．西安: 西安交大出版社, 2006

（3）传热学．霍尔曼．北京: 机械工业出版社, 2011

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）中国大学mooc, http://www.icourse163.org/course/XJTU-1003741001

**八、教学条件**

课程依托的河南农业大学机电工程学院能源工程系，具备课程实施所需要的一切软、硬件条件。

《传热学》课程团队有良好的师资配置，授课教师全部拥有博士学位，其中教授1人，副教授1人，校聘副教授2人。

教学场地和实验教学条件充足。现有实验用房3000多平方米，拥有教学、实习和示范基地16个，产品研发及产业化场所达5500 m2，实验室共有仪器设备625台套，总值2752.1万元，近3年实验室新增微量热仪、高效液相色谱仪、光合生物制氢试验装置自控系统、全自动工业分析仪等设备43套，仪器设备总值814.3万元。

**九、教学考核评价**

**1.过程性评价：**强调传热学课程实施过程中的过程评价，使用慕课堂小程序对学生线上学习情况进行监督，实现对学生学习过程的评价。实施过程中，平时成绩由课堂提问、讨论区讨论、在线测试、作业和小论文等多环节构成，形成多角度的课程综合性评价。任课教师可以在线上教学过程中从课程视频的观看次数、在线作业的完成情况与质量、参与在线讨论的活跃程度等及时了解学生的学习情况，掌握学生的学习特点，在各种学习任务中看到学生的进步和成长，并在最后的总评成绩中进行考量。

本课程针对教学目标、教学内容和教学组织形式，采用多元化考核评价方法，过程性评价得分为百分制，占课程总评分的15%。其中包括考勤、平时作业、在线测试、实验和学习表现五个考核项，各考核项均按百分制评分，各占总评分数的20%折算各项实际得分。

**2.终结性评价：**闭卷笔试；总成绩计算办法：期末考试成绩70%+平时成绩30%（其中：过程性评价和核心课期中考试成绩各为50%）

**3.课程综合评价：**课程评价方式包括期末考试（70%），对应课程目标：引导学生未来从事能源有效利用、能源工程设计的工程技术人员打下必要的专业基础；通过本课程的学习，应使学生掌握分析工程传热问题的基本能力，掌握热量传递的基本规律。期中考试算入平时成绩（占最终成绩的15%），实验评价算入平时成绩（占最终成绩的7.5%），作业、出勤以及课堂参与算入平时成绩（占最终成绩的7.5%），对应课程目标：以学生为本，以学习产出为导向，突出课程与专业以及日常生活和生产的联系，以提高学生实践能力为成果核心目标，使教学过程内部各要素之间形成关联匹配和有机衔接。

# 流体力学

（Fluid Mechanics）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021203h | **课程总学时：**40 | **实验学时：** 4 **学时** |
| **课程性质：**必修 | **课程属性:**专业类 | **开设学期：第** 4 **学期** |
| **课程负责人：**岳建芝 | **课程团队：**马晓然、党钾涛 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程；核心 | | |
| **对先修的要求：**学习完高等数学、大学物理、理论力学、材料力学后，熟练掌握微积分计算、动量定理、能量守恒和转换定律，质量守恒定律、惯性坐标系和非惯性坐标系、牛顿第二定理、飞轮半径概念、达郎贝尔定理、静面矩、惯性矩等知识点。 | | |
| **对后续的支撑：**流体力学中层流和紊流判别、雷诺数和粘性底层的概念以及连续方程、动量方程和能量方程的理解和熟练掌握会对后面传热学、风能工程和热能设备的学习产生支撑。 | | |
| **主撰人：**岳建芝 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

流体力学的教学秉承关注学生进步和发展、关注教学效益、关注可测性和量化、教师具备反思意识的教学理念。《流体力学》是新能源科学与工程专业的一门重要的专业基础必修核心课程，是专业课中必不可少的先修课程。《流体力学》是流体工程实践中有关固体壁面受力、管路计算及摩擦磨损问题的理论基础，本课程的目的就是要通过各个教学环节，使学生掌握流体力学的基本知识（基本概念、原理和研究方法）、有关的计算方法和必要的实验技能，具备应用流体力学知识对实际问题进行分析和计算的能力，为后续专业课的学习和将来从事专业技术工作打下良好的基础。同时在课程的教学中灵活穿插思政教育，结合我们国家航空航天、石油钻探的发展，激发学生的民族自豪感，同时在某些方面找出国内外发展差距，让学生意识到学习科学技术的重要性，意识到他们肩上有振兴祖国的责任，达到好的素质教育目标。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：学生学完本课程后应达到下列基本要求： 正确理解流体力学中的一些基本概念和流动的基本特征； 掌握研究流体运动的一些基本方法；熟练掌握平衡流体的压强分布规律以及流体作用在壁面上的总压力的计算；熟练掌握连续性方程、伯努利方程、动量方程，对工程中的一般流体流动问题具有分析和计算的能力；掌握流体在圆管中层流、紊流运动阻力和水头损失的计算与实验研究方法，能够运用基本公式和图表对简单串、并联管路进行分析和计算；. 熟练掌握孔口出流的基本理论。

2.实验技能方面：掌握一定实验技能与方法，具有测量流动参数、分析实验数据和编写实验报告的能力。实验课可以加强学生对理论的认识，帮助理解理论知识的意义。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

流体力学课程整体采用线上线下混合式教学，其中线上36学时，线下36学时。线上视频主要是学生预习和复习用，线下的36个学时是正常授课。线上是录制视频上传中国大学慕课，学生观看视频学习；线下是课堂授课，课堂授课采用板书和多媒体结合，也会在总结课中插入翻转课堂，理论教学中根据内容模块采用教授式、问题探究式、练习讨论式等教学方法。实验教学采用教师先讲解实验原理与步骤，学生在教师的指导下再进行实际操作的教学方法。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：使学生掌握流体力学的基本知识（基本概念、原理和研究方法）。 | 工程知识 |
| 2 | 目标2：使学生具备有关的计算方法和必要的实验技能。 | 研究 |
| 3 | 目标3：通过课程的学习，使学生具备应用流体力学知识对实际问题进行分析和计算的能力。 | 问题分析 |

**四、理论教学内容及学时分配（36学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第一章 绪论** | **学时数：4** |

**教学目标：**了解流体力学的任务、流体力学与科学及技术的关系、在推动社会发展中的作用，了解流体力学的研究方法。掌握连续介质的性质；理解流体的主要物理性质；熟练掌握牛顿粘性定律和粘度计算；掌握质量力和表面力的定义及表达式。

**教学重点和难点：**流体的黏性、牛顿内摩擦定律、质量力、表面力、连续介质概念为重点内容。牛顿内摩擦定律的具体应用为难点。

**主要教学内容及要求：**

了解：流体力学发展史简介，流体力学的研究内容、研究方法和应用；作用在流体上的力（质量力和表面力）。

理解：流体的定义和特征，连续介质模型，作用在流体上的力，流体的主要物理性质。

掌握：黏性、压缩性、膨胀性等主要物理性质，理解流体微团及质点的概念、连续介质模型及建立的条件。

熟练掌握：牛顿粘性内摩擦定律的应用。

**教学组织与实施：**本章内容采用线上和线下结合起来的教学方式。其中牛顿粘性内摩擦定律及其应用采用线下课堂讲授，其余内容采用线上观看视频和线下讨论的混合教学方式。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第二章 流体静力学** | **学时数：8** |

**教学目标：**掌握流体平衡的条件以及压强分布规律、流体与固体间的相互作用以及工程应用。

**教学重点和难点：**静力学基本方程、方程的物理意义及应用。

**主要教学内容及要求：**

了解：流体平衡微分方程式，理解其物理意义。

理解：流体静压强及其特性。

掌握：流体静压强的分布规律及点压强的计算（利用等压面）；流体静压强的量测和表示方法；对平衡原理，解决等压面的形状特别是自由液面的形状问题，会计算旋转液体中各点的压强。

熟练掌握：作用于平面壁和曲面壁上流体总压力的计算。

**教学组织与实施：**本章内容采用线下授课的方式。线下课堂采用板书和多媒体结合的方式，教学方法采用教授式、问题探究式、练习讨论式等教学方法，也会在总结课中采用翻转课堂。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第三章 流体运动学和动力学基础** | **学时数：8** |

**教学目标：**了解流体运动的描述方法，掌握流体运动的基本概念和有关运动量，熟练应用连续方程、动量方程和能量方程，并能运用到工程技术中。

**教学重点和难点：**重点：流体流动中的几个基本概念，连续性方程，伯努利方程及其应用，动量方程及其应用。难点：连续性方程、伯努利方程以及与动量方程的联立应用。

**主要教学内容及要求：**

了解：动量矩方程及其应用。

理解：关于流体流动的基本概念。

掌握：连续性方程、伯努利方程、动量方程；伯努利方程的工程应用--测量流速与流量的仪表，虹吸原理，孔口、管嘴出流问题。

熟练掌握：连续性方程、伯努利方程、动量方程应用于求解工程实际问题。

**教学组织与实施：**本章内容采用线下授课的方式。线下课堂采用板书和多媒体结合的方式，教学方法采用教授式、问题探究式、练习讨论式等教学方法，也会在总结课中采用翻转课堂。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第四章 相似原理和量纲分析** | **学时数：4** |

**教学目标：**了解相似理论有关理论。

**教学重点和难点：**重点是相似理论，难点是量纲分析及其应用。

**主要教学内容及要求：**

了解：相似原理有关理论。

理解：相似理论内涵。

掌握：使用量纲分析方法对简单问题加以分析。

**教学组织与实施：**本章内容采用线上和线下结合起来的教学方式。线上观看教学视频，慕课堂发布测试和讨论，教师为学生答疑。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第五章 管流损失和水力计算** | **学时数：8** |

**教学目标：**运用学习到的流体运动学和动力学基础，特别是工程上最常用到的一维流动的连续方程、动量方程和能量方程解决粘性流体管内流动的能量损失和水力计算。

**教学重点和难点：**重点：雷诺数及流态判别，圆管层流运动规律，沿程阻力系数的确定，沿程损失和局部损失计算。难点：紊流流速分布和紊流阻力分析。

**主要教学内容及要求：**

了解：雷诺实验过程及层流、紊流的流态特点；紊流的机理和脉动、时均化以及混合长度理论；尼古拉兹实验和莫迪图的使用；边界层概念、边界层分离和绕流阻力。

理解：流动阻力的两种形式。

掌握：圆管层流基本规律；阻力系数的确定方法；管路沿程损失和局部损失的计算；简单管路和复杂管路的水力计算。

**教学组织与实施：**本章内容采用线上和线下结合起来的教学方式。其中雷诺实验部分和尼古拉兹实验部分采用线上视频方式，水力计算部分采用线下课堂。线下课堂采用板书和多媒体结合的方式，教学方法采用教授式、问题探究式、练习讨论式等教学方法。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第六章 液体出流** | **学时数：4** |

**教学目标：**利用连续方程和伯努利方程联合解决液体经孔口和管嘴出流的流量和流速问题。

**教学重点和难点：**重点：薄壁小孔口定常出流。难点：外伸管嘴缩颈处真空的作用；淹没出流为什么没有大小孔口之分。

**主要教学内容及要求：**

了解：自由出流和淹没出流的区别。

理解：外伸管嘴（厚壁孔口）定常出流出流流量比同等条件下薄壁小孔口出流流量大的原因。

掌握：薄壁小孔口定常出流的流速计算方法和流量计算方法。

**教学组织与实施：**本章内容采用线上和线下结合起来的教学方式。课程学习采用线上，应用部分采用线下课堂讲授，课堂讲授采用板书和多媒体结合的方式。教学方法采用教授式、问题探究式、练习讨论式等教学方法。

**五、实验教学内容及学时分配（4学时）**

**（一）实验课程简介**

实验在《流体力学》学科及教学中占有重要位置。从学科发展看，流体力学是一门技术科学，实验方法是促进其发展的重要研究手段。近年来，流体力学与古典流体力学日益兼容渗透，理论分析、实验研究和数值计算相结合成为流体力学的主要研究方法。三个方面是互相补充和验证，但又不能互相取代的关系，实验方法仍是检验与深化研究成果的重要手段，现代实验技术的迅猛进展，更促进了现代流体力学的蓬勃发展。总之，流体力学实验是流体力学课程中一个不可缺少的重要教学环节。

**（二）实验教学目的和基本要求**

流体力学实验的教学目的是：

1. 在实验中观察水流现象，增强感性认识，巩固理论知识的学习。

2. 通过量测实验验证所学流体力学原理，提高理论分析的能力。

3. 学会量测水力要素和使用基本仪器的方法，掌握一定的实验技能，了解现代量测技术。

4. 培养分析实验数据、整理实验成果和编写实验报告的能力。

5. 培养严谨踏实的科学作风和融洽合作的共事态度以及爱护国家财产的良好风尚。

流体力学实验的基本要求是：

1. 实验课前必须阅读实验指导书，明确实验目的、内容、原理和方法。了解实验设备的基本构造、工作原理和使用方法。

2. 严格按照约定的时间进行实验，做到不迟到，不早退。

3. 实验分小组进行，由课代表根据教师的要求分组，并指定组长。实验时要有指挥，有分工，做到有条不紊。

4. 要遵守实验室的规章制度，爱护实验室的设施，非实验仪器设备不得随意动用，因非实验造成的损坏由当事人赔偿。

5. 实验过程中，如果仪器设备发生故障，应立即向指导教师报告，以便及时排除故障，保证实验的正常进行。

6. 实验完毕后，关闭电源，整理好使用后的仪器、设备 、工具。将实验原始记录交指导教师审阅。

7. 要认真做好并及时完成实验报告，按时交给指导教师批阅。不交者，该次实验按零分计。

8. 因病、事假缺习者可以凭病、事假条找指导教师安排补做。无故缺席者一律不安排补做。

9. 未完成全部实验报告者按学院的有关规定处理。

**（三）实验安全操作规范**

1. 实验前做好预习，明白实验过程与操作注意事项。

2. 严格遵守实验室的规章制度，严格遵守安全操作要求。

3. 实验过程中，如果仪器设备发生故障，应立即向指导教师报告，以便及时排除故障。

4. 实验完毕后，关闭电源，整理好使用后的仪器、设备 、工具。

**（四）实验项目名称与学时分配**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **学时** | **类型** | **实验要求** | **每组人数** |
| 04021224+01 | 雷诺实验 | 2 | 基础性 | 必做 | 15 |
| 04021224+02 | 能量方程实验 | 2 | 基础性 | 必做 | 15 |

**（五）实验方式及基本要求**

所有实验内容均要求学生在实验教师指导下独立完成，实验结果在规定误差范围内。

**（六）实验内容安排**

**【实验一】雷诺实验**

**1.实验学时：**2学时

**2.实验目的：**通过层流、湍流的流态观测和临界雷诺数的测量分析，掌握圆管流态转化规律；进一步掌握层流、湍流两种流态的运动学特性与动力学特性；学习古典流体力学中应用无量纲参数进行实验研究的方法，并了解其实用意义。

**3.实验内容：**改变管道阀门开启度，变换不同的流量，观察当流量变化时，颜色水形态的变化。通过颜色水直线的变化观察层流转变到湍流的水力特征，待管中出现完全湍流后，再逐步关小调节阀，观察由湍流转变为层流的水力特征。

**4.实验要求：**记录管径、水温，并由此计算出运动粘度，并通过流量和管径计算出流速，从而计算出雷诺数，发现雷诺数变化和颜色水形态变化的规律，并分析原因。

**5.实验设备及器材：**温度计、秒表、流体力学综合试验台

**【实验二】能量方程实验**

**1.实验学时：**2学时

**2.实验目的：**掌握流速、流量、压强等动流体力学水力要素的实验量测技术；验证流体定常流的能量方程；通过对流体力学诸多水力现象的实验分析研究，进一步掌握有压管流中动流体力学的。

**3.实验内容：** 通过测压管测量4个不同管道断面的测压管水头、并利用流量和管道断面的直径计算出对应截面的平均流速，从而得出4个管道截面的总水头，分析总水头线的变化规律和测压管水头线的变化规律，验证粘性总流的伯努利方程。

**4.实验要求：** 学会利用测量流体流动过程体积流量的测定，理解测压管水头线和总水头线的几何意义，协作测量各种需要的数据，并独立完成实验数据的处理，思考实验过程中出现的问题。

**5.实验设备及器材：**秒表、流体力学综合试验台

**(七)考核方式及成绩评定**

对学生实验报告进行评定，评定结果作为平时作业的重要组成部分，占作业成绩的30%。

**六、课程思政**

课程的教学中灵活穿插思政教育，结合我们国家航空航天、石油钻探的发展，激发学生的民族自豪感，同时在某些方面找出国内外发展差距，让学生意识到学习科学技术的重要性，意识到他们肩上有振兴祖国的责任，达到好的素质教育目标。

**七、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

（1）理论课教材：流体力学，李明 主编，中国农业出版社，2018

（2）实验课教材：自编实验指导书

**2.参考书：**

（1） 流体力学.孔珑.北京：高等教育出版社，2004

（2） 工程流体力学泵与风机.侯文纲.北京：水利电力出版社，1984

（3） 流体力学（第二版）.张也影.北京：高等教育出版社，1999

（4） 流体力学.林建忠.北京：清华大学出版社，2005

（5） 流体力学.李玉柱.北京：高等教育出版社，1998

（6） 流体力学.罗惕乾.北京：机械工业出版社，2016

（7） 流体力学.李玉柱，贺五洲.北京：清华大学出版社，2017

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）流体中文网，http://www.cfluid.com/

（2）上海交通大学流体力学精品课程，

<http://em.sjtu.edu.cn/jingpin/xiaoguo/content_xiaoguo.htm>

（3）大连理工大学工程流体力学中国大学慕课，<https://www.icourse163.org/>

**八、教学条件**

流体力学线上线下混合式教学由老教师和青年教师形成的教学团队共同承担。课程需要具有网络的多媒体教室和实验所需的实验设备。流体力学实验室在工程楼8楼，实验设备齐全，具备实验条件。

**九、教学考核评价**

**1.过程性评价：**考察点主要包括线上看视频的学时数、慕课堂测试成绩、期中考试、线上作业提交情况和参与讨论情况综合评出占比40%的平时成绩，其中，期中考试占平时成绩的50%。

**2.终结性评价：**闭卷考试（60%）。

**3.课程综合评价：**流体力学线上线下混合式教学采用容易的内容学生线上学习，通过作业测验和讨论加深理解，比较难的内容，老师线下采用讲授和启发式讨论的方法教学，对于线上讨论中出现的问题通过线下启发教学进行，最后达到设定的知识目标、能力目标和素质目标。总成绩=过程性评价成绩（20%）+期中考试（20%）+期末考试（60%）。

# 燃烧学

（Combustion）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021204 | **课程总学时：**32 | **实验学时：** 4  **学时** |
| **课程性质：**必修 | **课程属性:**专业类 | **开设学期：第**5**学期** |
| **课程负责人：**荆艳艳 | **课程团队：**荆艳艳、蒋丹萍、路朝阳 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | |
| **对先修的要求：**高等数学、工程热力学、传热学、流体力学 | | |
| **对后续的支撑：**太阳能工程、热工设备、节能技术、能源测试技术、能源工程管理 | | |
| **主撰人：**荆艳艳 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《燃烧学》是新能源科学与工程专业的一门必修专业基础课程，为后续专业课程提供必要的学习基础。本课程研究燃烧的物理准备过程及燃料和氧化剂进行激烈化学反应的规律，主要讲述各类燃料的特性及燃烧的一般现象和规律，分析影响燃烧的各种化学和物理因素，介绍了燃料燃烧过程中污染物的形成机理及其防范措施。本课程依据“巩固基础、加深理解、增强科学实践能力”的教学理念，按照理论传授、课堂讨论、案例解析相结合的教学方法进行授课。通过本课程的学习，应使学生掌握燃烧技术中所涉及的热化学、燃烧动力学及燃烧过程的基本知识与理论，为燃料的有效利用和新型燃烧调控技术开发提供理论基础。

在教学理念方面，将思想政治工作贯穿教学全过程，实现全程育人、全方位育人。通过突出燃烧在节能减排、双碳目标实现、建设美丽乡村及国家重要领域的应用及存在的突出问题，增强学生的责任感和使命感。同时突出课程与专业以及日常生活和生产的联系，提高学生分析问题、解决问题的工程能力，引导学生建立正确的世界观、人生观和价值观，培养学生勤于学习、勇于探索、不断追求的精神，从而使教学过程内部各要素之间形成关联匹配和有机衔接。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：

（1）认识各类燃料燃烧过程所涉及的基本现象。

（2）掌握燃料燃烧的基本理论，能解决工程技术中常见的燃烧问题。

2.实验技能方面：掌握燃料热值测定的基本方法，会对实验过程进行分析。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

为实现掌握燃料燃烧过程中的基本理论知识和实践技能等的教学目标，本课程主要涵盖燃料的分类和组成、燃料的燃烧计算、燃烧反应动力学、着火和灭火条件、燃烧机理以及燃烧污染与防治等内容。通过课程讲解理论知识、实际案例解析等实施方案，满足学生个性化需求与专业学习要求。积极引用我国最新的前沿科学研究案例，结合思政进课堂，引导学生理解课程开设的意义；通过理论知识与实践活动的结合，使学生理解并掌握燃烧学课程的基本内容；通过案例分析过程，使学生将理论与实践相结合。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：使学生具备燃烧工程知识体系，并能综合运用所学知识解决实际工程问题。 | 1.工程  知识 |
| 2 | 目标2：使学生具备强化燃烧、防止火灾、减少污染物排放等的分析与解决能力。 | 2.问题  分析 |
| 3 | 目标3：使学生具备常规燃烧工程建设项目方案制定等的基本设计及优化能力。 | 4.研究 |

**四、理论教学内容及学时分配（28学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第一章 绪论** | **学时数：2** |

**教学目的：**了解燃烧学的发展史和主要研究内容，理解燃烧与能源发展和节能的相关关系，掌握燃烧学的研究对象与研究方法。

**教学重点和难点：**燃烧与能源发展和节能的相关关系。

**主要教学内容及要求：**

了解：燃烧学的发展史及主要研究内容。

理解：燃烧与能源发展和节能的关系。

掌握：燃烧学的研究对象与研究方法。

**第二章     燃料                           学时数：4**

**教学目标：**了解燃料的分类及其化学组成，掌握燃料发热量、标准煤概念，了解固体、气体和液体燃料的组成、燃烧特性与发展现状。

**教学重点和难点：**燃料的化学组成，气体燃料、固体燃料以及液体燃料发热量的计算，煤的元素分析和工业分析，人工沼气、天燃气、液化石油气等的燃烧特性，石油产品的理化性质（比重、黏度、闪点、燃点、凝固点、残炭率等）。

**主要教学内容及要求：**

了解：燃料的定义与化学组成，各类燃料的特性；固体燃料的分类（木质燃料和煤），气体燃料的分类（气田燃气、油田燃气、沼气、氢气）、液体燃料的分类(汽油、煤油、柴油、重油)以及各自的特点。

理解：燃料的主要组成成分，标准煤消耗量的概念，煤的种类以及燃烧特性；天然气的发热量及应用；液体燃料的理化指标，比重、黏度、闪点、燃点、凝固点、残炭率等的概念。

掌握：燃料组成的四种基准表示方法；实际燃料消耗量折算为标准煤消耗量的计算方法；挥发物和焦煤的成分及挥发物与加热温度的关系；高位发热量与低位发热量的定义及区别；煤的流体化燃料、COM燃料和CWS燃料的燃烧特性。

熟练掌握：基间换算，燃料发热量的计算，低位发热量和高位发热量的换算，燃烧的元素分析与工业分析。

**教学组织与实施：**通过提问环节进行课前知识点回顾；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析，完成知识点的讲授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

**第三章     燃料燃烧计算                     学时数：4**

**教学目的：**掌握燃烧用空气量的计算方法，了解燃烧产物的概念及其计算的内容，掌握燃烧温度的测定与计算，影响燃烧温度的各种因素分析。

**教学重点和难点：**理论空气需要量、实际需要量、过量空气系数及燃料的空气比与燃料系数，燃烧后烟气的组成、烟气量以及燃烧前后工质的摩尔数变化，燃料燃烧温度的计算。

**主要教学内容及要求：**

了解：完全燃烧和不完全燃烧的产物成分，燃烧过程中的能量平衡关系，烟气分析方法及应用计算。

理解：完全燃烧时的水蒸气的分类以及高温燃烧时产物的离解。

掌握：理论空气需要量、实际需要量、燃料空气比及燃料系数之间的关系。理论空气量和理论烟气量的估计以及烟气分析与应用计算。理论燃烧温度计算、考虑高温离解影响的理论燃烧温度的计算、实际燃烧温度的计算。

熟练掌握：理论空气需要量、实际需要量、过量空气系数、燃料空气比及燃料系数的计算方法。燃烧过程的物质平衡、燃烧产物烟气的计算与分析应用，过量空气系数的确定。影响燃烧的各种因素（燃料低位发热量、过量空气系数、空气中氧气的浓度、热量损失、燃料与空气的预热）。

**教学组织与实施：**通过提问环节进行课前知识点回顾；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析，完成知识点的讲授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

**第四章 燃烧反应动力学 学时数：2**

**教学目的：**了解燃烧反应速度的概念及影响因素。了解氢及一氧化碳的燃烧反应特点。

**教学重点和难点：**化学反应中能量的变化。链式反应的机理。

**主要教学内容及要求：**

了解：基元反应，简单反应与复杂反应，燃烧反应速率的表示，氢和水蒸气对一氧化碳燃烧反应的触媒作用。

理解：各种影响因素（反应物浓度、压力、温度）对反应速度的影响，质量作用定律的意义与应用，阿累尼乌斯公式的意义与使用条件。

掌握：反应速度与影响因素之间的关系及提高燃烧反应的技术条件，活化能的定义及其对燃烧速率的影响及工程应用，链锁反应的分类及燃烧速率求解方法。

熟练掌握：化学反应中能量的变化、对1/T的曲线、k对T的曲线，燃烧工程改进的技术优化方式。

**教学组织与实施：**通过提问环节进行课前知识点回顾；课堂借助理论讲解、案例剖析，完成知识点的讲授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

**第五章 着火与灭火 学时数：4**

**教学目的：**了解闭口系统的着火条件与特点，开口系统的着火条件与特点。了解强迫点燃的理论及其常用的点燃方法及基本原理。

**教学重点和难点：**闭口系统与开口系统着火的临界条件。强迫点火的理论及边界层内温度的分布。

**主要教学内容及要求：**

了解：开口与闭口反应器中的能量平衡，着火方式与机理，谢苗诺夫公式，热自燃界限与延迟期，开口系统临界着火的条件。

理解：反应过程中的物质守恒，自然界中的自然着火和强迫点火的基本原理，闭口系统着火的临界条件，强迫点火过程中边界层内的温度分布。

掌握：谢苗诺夫的可燃混合气热自燃理论与模型，热自燃温度与混合气组分的关系，着火的临界压力与容器尺寸的关系，点火的可燃界限。

熟练掌握：各个因素对闭口系统着火的影响，闭口系统临界着火的条件。稳定传播的绝热层流火焰的厚度及初始温度与最小点火能的关系。

**教学组织与实施：**通过提问环节进行课前知识点回顾；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析，完成知识点的讲授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

**第六章 气体燃料燃烧 学时数：6**

**教学目的：**了解火焰传播的概念、方式及火焰传播的速度。了解扩散燃烧和预混燃烧的概念，区别及各自的特点。掌握火焰稳定的基本原理与措施、燃烧器的分类，大气式燃烧器的构造及工作原理。

**教学重点和难点：**本生灯的着火机理，防止脱火和回火的措施，低压引射式大气燃烧器的组成部件及其特点。

**主要教学内容及要求：**

了解：燃烧火焰的传播，层流火焰传播速度，湍流火焰传播速度，湍流火焰与层流火焰的区别，本生灯的燃烧过程及火焰结构，大气式燃烧器的概念及分类。

理解：火焰传播的方向及特点，本生灯着火的机理，火孔临界直径与燃料、一次空气系数的关系，生物质气化燃烧反应动力学及沼气燃烧的特点。

掌握：气体燃料的燃烧方式，火焰传播速度，脱火与回火的概念与特征，影响火焰传播速度的因素，本生灯燃烧过程，燃烧器的分类及技术要求。

熟练掌握：防回火和脱火的主要措施，火焰稳定性原理，大气式燃烧器的组成与工作原理。

**教学组织与实施：**通过提问环节进行课前知识点回顾；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析，完成知识点的讲授；课后在线答疑与小组讨论。

**第七章 液体燃料燃烧 学时数：2**

**教学目的：**理解单颗油滴的燃烧理论，了解雾化方法与雾化机理

**教学重点和难点：**单颗油滴燃烧时间的计算。

**主要教学内容及要求：**

了解：动力段和静力段的概念及雾化燃烧的概念。

理解：单颗油滴在静止介质中的燃烧情况及特征，清洁燃烧技术。

掌握：液体燃料的燃烧实质，液体燃料的燃烧特点及分类，气流中雾化滴群的燃烧。

熟练掌握：影响油滴的燃烧速度的因素和雾化燃烧的机理。

**教学组织与实施：**通过提问环节进行课前知识点回顾；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析，完成知识点的讲授；课后在线答疑、完成作业。

**第八章 固体燃料燃烧 学时数：2**

**教学目的：**了解固体燃料的燃烧方法及其过程。了解碳粒的燃烧原理。

**教学重点和难点：**固体燃料燃烧的过程。碳粒燃烧的化学反应方程。

**主要教学内容及要求：**

了解：固体燃料燃烧的方法，碳粒燃烧的过程。

理解：固体燃料燃烧的特征。碳粒燃烧的化学反应方程。

掌握：碳的反应速度，碳燃烧过程中的初次反应和二次反应，煤的燃烧过程，生物质的燃烧机理。

熟练掌握：固体燃料燃烧的过程，影响碳粒燃烧速度的因素。

**教学组织与实施：**通过提问环节进行课前知识点回顾；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析，完成知识点的讲授；课后在线答疑、完成作业。

**第九章 燃烧污染与控制 学时数：2**

**教学目的：**了解脱硝、脱硫技术的原理及烟尘生成的原因与控制的方法。

**教学重点和难点：**脱硝、脱硫技术的原理，烟尘的控制方法。

**主要教学内容及要求：**

了解：NOx和SOx的形成机理，脱硝、脱硫、控制烟尘的原因。

理解：NOx、SOx形成与燃料、燃烧技术、燃烧过程、燃烧设备、燃烧器内温度分布的关系，理解气相析出型、剩余型、粉尘烟尘的来源与成因。

掌握：脱硝、脱硫、消烟除尘的方法及相关技术的应用。

熟练掌握：脱硝、脱硫、消烟除尘的技术原理及防控措施。

**教学组织与实施：**通过提问环节进行课前知识点回顾；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析，完成知识点的讲授；课后在线答疑、完成作业。

**五、实验教学内容及学时分配（4学时）**

**（一）实验课程简介**

《燃烧学》是一门研究燃烧现象和燃烧机理的科学，是能源类专业的基础课程。课程从燃料特性、燃烧机理、燃烧产物计算分析等角度介绍了各类燃料的燃烧特性和相应的燃烧技术。本实验课程主要让学生了解一些燃料分析的方法和手段，认识燃烧对环境的影响及其控制。

**（二）实验教学目的和基本要求**

通过本门实验课所确定的实验项目，使学生掌握燃料热值分析原理与基本方法，熟悉燃料热值测试仪器的基本操作，并提高学生实践操作能力，激发其创新意识。实验的总体要求：

1.了解实验装置的结构、工作原理；2.熟练掌握全自动量热仪的使用方法和要求；3.掌握正确的操作规程；4.掌握正确的分析方法；5.实验记录要齐全；6.写出实验报告和意见。

**（三）实验安全操作规范**

1. 实验仪器连接电源不得有裸露电线、开关应完全闭合或断开。
2. 实验所用电器设备及电线应保持干燥，防止短路。
3. 氧气是强烈的助燃气体，氧气瓶应固定拴牢存放，且严防与油脂、明火、暖气、阳光直射等接触。
4. 实验过程中不可使氧气瓶内气体受到震动或撞击，以防爆炸。
5. 开启压力表阀门时要轻且缓，气流流速不可太快。
6. 使用苯甲酸等试剂时，佩戴手套，操作后立即洗手。
7. 燃料装入自动量热仪的氧氮筒后，要轻拿轻放，且忌倾斜，以保证点火丝顺利点燃燃料。
8. 燃烧后含SOx的废液，严禁倒入水池，应回收或集中处理。
9. 实验室备急救箱与灭火设备等。

**（四）实验项目名称与学时分配**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **学时** | **类型** | **实验要求** | **每组人数** |
| 04021204h＋01 | 燃料热值测定 | 4 | 综合性 | 必做 | 4-6人 |

**（五）实验方式及基本要求**

所有实验内容均要求学生在实验教师指导下独立完成，实验结果在规定误差范围内。

**（六）实验内容安排**

**【实验一】实验基本知识与操作**

**1.实验学时：**4学时

**2.实验目的：**了解全自动量热仪的结构与工作原理，熟练掌握其使用方法，学会测定固体或液体燃烧的发热量。

**3.实验内容：**测定煤或农作物秸秆类固体燃料的发热量。

**4.实验要求：**要求学生熟练掌握量热仪的操作步骤和测试数据的处理，测试数据误差在仪器规定误差范围内。

**5.实验设备及器材：**全自动量热仪、氧气瓶、电子天平、电脑及所需试剂药品。

**(七)考核方式及成绩评定**

实验内容作为课程考试的一部分，实验课程操作及实验报告作为按平时成绩考核。

**六、课程思政**

1．教学内容：燃烧学的发展史

典型案例：通过我国古代的四大发明，强调我国古代在燃烧技术上的伟大成就，增强文化自信与民族自豪感；介绍燃烧领域著名专家学者的科学成就与品德，以钱学森为例，陈述为我国“两弹一星”作出巨大贡献，加强家国情怀与使命激励；

思政教学要点：通过科学知识学习，自然衍生出“正能量”，培养学生正确的世界观、人生观、价值观，树立文化自信，民族自豪感。

2．教学内容：燃料的特性与化学组成

典型案例：回忆《卖炭翁》诗歌内容，分析唐代固体燃料的成分特点，从燃烧及产物角度分析将木柴制成炭的目的，引导学生在学习科学技术的同时，保持对社会和劳动者的人文情怀等。

思政教学要点：以多样化、艺术性的教学方法培养学生的思辨能力，与文、史、哲、经等社会科学相结合，培养学生的社会责任感，弘扬中华优秀传统文化。

3．教学内容：开口系统自发着火的临界条件

典型案例：讨论燃烧技术的的两面性，引导学生探讨事物的一体两面性，并用辩证唯物主义的观点分析自然科学的社会属性；

思政教学要点：以立德树人作为教育的根本任务，将课程与思想政治课同向同行，形成协同效应，将学科知识与理性思维、工程伦理相结合，加强学科自豪感、学校归属感、国家责任感。

4．教学内容：回火和脱火

典型案例：讨论移动火焰和驻定火焰的稳定性条件，引导学生分析发生回火和脱火原因，结合天然气安全燃烧、家用电气着火实例，通过科学知识学习，将学生个人的发展与日常生活相结合，实现学以致用。

思政教学要点：让学生在分析问题的过程中体会到问题背后所蕴含的价值取向，实现对学生的价值引领，解决专业教育与思想政治教育“两张皮”的问题，促进学生综合素质提升。

5．教学内容：液体燃料的燃烧技术

典型案例：与习近平总书记“绿色低碳的能源”相契合，将“能源战略和能源安全”“绿色能源”“先进动力”的核心理念贯穿授课内容，引导学生为“绿色能源”和“先进动力”贡献自己的智慧，回报社会、服务社会。

思政教学要点：发展清洁燃烧技术与可再生能源是实现低碳能源理念的有效途径，也是青年大学生的历史使命和责任。

6．教学内容：燃烧污染与防控

典型案例：从原料、燃烧机理、燃烧技术、烟气净化、污染物排放等方面，引导学生分析固、液、气燃料的污染物类型及形成原因，以固体燃料（农作物秸秆）为例，讨论污染物排放的危害及对可持续发展和生态环境的影响。

思政教学要点：消耗大量的能源和资源,造成了严重的污环境污染，培养学生树立节能减排、绿水青山就是金山银山的责任感，及爱岗敬业、勇于担当的职业道德。

**七、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

（1）理论课教材：燃烧学，张全国编著，中国农业出版社，2013年

（2）实验课教材：自编实验指导书

**2.参考书：**

（1）燃烧学理论与应用．李先春．冶金工业出版社, 2019年

（2）燃烧理论与技术. 李永华. 中国电力出版社，2011年

（3）燃烧学. 汪健生. 北京理工大学出版社，2017年

（4）燃烧学. 徐通模. 机械工业出版社，2017年

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）中国大学mooc, https://www.icourse163.org/course/XJTU-1003474003

（2）中国大学mooc, https://www.icourse163.org/course/NJTU-1205723811

**八、教学条件**

课程依托的河南农业大学机电工程学院能源工程系，具备课程实施所需要的一切软、硬件条件。《燃烧学》课程团队有良好的师资配置，授课教师中教授1人，副教授2人，且全部拥有博士学位。教学场地和实验教学条件充足。现有实验用房3000多平方米，拥有全自动量热仪4台，满足本科生实验教学。

**九、教学考核评价**

**1.过程性评价：**

本课程针对教学目标、教学内容和教学组织形式，采用多元化考核评价方法，过程性评价得分为百分制，由课堂表现、课程学习和实验等多环节构成。

（1）课堂表现（40%）：包括课堂签到情况、上课状态、回答问题情况等。

（2）课程学习（40%）：包括课程自主学习、资料查询、小组学习讨论、作业等。

（3）实验（20%）：包括实验参与情况、实验完成情况、操作能力、实验报告撰写质量等。

**2.终结性评价：**

课程结束，期末考试采用笔试、闭卷考试形式，终结性评价得分为百分制，比重100%。

**3.课程综合评价：**

课程综合评价由过程性评价和终结性评价两部分组成，综合评价总成绩=期末考试成绩×70%+过程性评价×30%

# 生物质能工程

（Biomass Energy Engineering）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021206h | **课程总学时：**32 | **实验学时：** 4 **学时** |
| **课程性质：**必修 | **课程属性:**专业类 | **开设学期：第** 5**学期** |
| **课程负责人：**黄黎 | **课程团队：**贺超 赵淑蘅 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程；核心。 | | |
| **对先修的要求：**先修课程包括发酵微生物学，分析化学，工程热力学，传热学，燃烧学；先修知识点包括微生物特点、发酵工艺过程、元素分析表征、热力学第一定律和热力学第二定律、朗肯循环和卡诺循环、传热学三传一反基本规律和燃烧原理等；学生应具备分析热力学平衡、传热传质过程、燃烧过程和发酵过程的能力与素养。 | | |
| **对后续的支撑：**对后续生物质能工程设计、储能原理与技术、能源技术经济学和新能源科学与工程专业英语等课程提供新能源特点与应用过程等知识点，提供新能源工程系统分析与设计的能力与素养支撑。 | | |
| **主撰人：**黄黎 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《生物质能工程》是为培养新能源科学与工程专业本科生关于生物质能源生产与转换领域专业知识与技术能力而设置的专业课程，是以生物质高效转换利用原理与技术为研究对象的一门应用性学科，为新能源科学与工程专业的核心课程。本课程涉及生物学、物理化学、工程热力学、传热学、燃烧学等课程知识，以能源学科为基础，紧密围绕新能源交叉学科的特点，讲述生物质转化为新能源的方法、基本原理与相关工艺、设备，使学生通过本门课程的学习后，了解生物质能源转化的各种方法，掌握生物转化，热化学转化及物理转化的基本理论及工艺，并正确掌握基本操作的知识和技能以及一些重要的实验。教学内容关注学科发展前沿，着力培养学生的科学探索精神；且将生物质能工程应用与环保、发展和农村农民等热点结合，强化学生社会意识与责任担当。教学过程采用多种教学方法并举，在常规教学基础上加入主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学方法，使学生获得科学研究方法的初步训练，全面掌握生物质能源转化领域相关知识，提高学生在能源领域从事技术工作和进行科学研究的能力与素质，为学生从事本专业工作的长远发展打下基础。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：本课程是围绕不同生物质转化利用技术的基本理论和方法展开教学，确保学生能够对生物质转化利用相关领域有完整地了解和把握；该课程是典型的交叉学科，要求学生掌握化学、化工、生物、能源等多个学科的相关知识；作为一门新兴学科，生物质转化利用的相关研究和产业化发展十分迅速，课程教学过程也要求与当前最新的科研进展及发展趋势相结合，引导在学习过程中带着探索和发现的目的来掌握相应的工艺方法，掌握两者之间的内在关系。

2.实验技能方面：通过实验课，培养学生进一步了解生物质成分测量与分析原理，掌握各种生物质成分测量方法，从实验中学会的生物质成分测量操作手段与分析方法，并激发其创新意识。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

《生物质能工程》课程的教学设计紧密围绕教学目标，指导学生从多角度学习全面掌握生物质利用领域相关知识。教学内容以本大纲的组织实施为中心，在完成大纲制定的学习任务基础上，适当补充课程相关学习内容。应用先进的现代教育理念进行教学的组织实验，采用灵活的教学方法开展教学过程，在常规讲授型教学基础上，开发主题探究式、小组协作式、案例教学式等多模式并举教学策略，引导学生进行自主学习、研究性学习、探究性学习、协作式学习等多种形式的学习，充分激发学生的学习兴趣，挖掘学生的学习潜力与科研潜力。作为一门专业课程，《生物质能工程》教学内容涉及的工程技术方法尚在不断发展中，教学过程中充分利用现代化教学手段和网络资源材料，采用线上教学与课堂教学相结合方式，包括课前指导学生广泛查阅课程相关的科研最新成果，以及课程讲授过程中综合多种授课方式。教学评价采用灵活多样的评价方法，通过课堂讨论、单元测验、课后作业、论文撰写、课件制作、考试等多种方式全方位考察教学效果。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：使学生了解生物质能源转化的各种方法，掌握生物转化，热化学转化及物理转化的基本理论及工艺，能够运用这些知识分析解决不同生物质能工程应用问题 | 1  2 |
| 2 | 目标2：使学生具备对生物质能生物转化和热化学转化工程项目进行方案制定和初步设计能力。 | 2  3 |
| 3 | 目标3：使学生了解生物质能利用的学科前沿，具有将新技术应用于生物质能工程实际的设计分析能力。 | 4 |
| 2 | 目标4：使学生明晰生物质能在能源环境与社会发展中的地位，理解生物质能应用对实现“双碳”战略目标的重要意义以及生物质能对社会可持续发展的意义。 | 7 |

**四、理论教学内容及学时分配（28学时）**

**第一章 绪论 学时数：2**

生物质能源利用形式与特点，生物质能工程研究的主要内容，生物质能工程研究进展。

**教学目标：**通过本章课程的学习，使学生了解世界能源现状，我国能源生产利用形式与特点，掌握生物质能的概念，生物质能源地位及开发利用现状。

**教学重点和难点：**生物质能源利用形式与特点

**主要教学内容及要求：**

了解：国内外能源发展现状，我国能源生产利用形式与特点，生物质能工程研究进展；

理解：生物质能源转换原理；

掌握：生物质、生物质能的概念，生物质能工程研究的主要内容；

熟练掌握：生物质能转换技术的类型与各自的特点。

**教学组织与实施：**线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

**第二章 生物质压缩成型燃料技术 学时数：4**

**第一节 生物质压缩成型原理 2学时**

**教学目的：**通过本节课程的学习，使学生了解固体生物质结构特点，掌握生物质压缩成型燃料的概念，理解生物质压缩成型的原理，掌握生物质压缩成型的工艺类型和影响因素。

**教学重点和难点：**生物质压缩成型过程中的物理、化学变化

**主要教学内容及要求：**

了解：生物质压缩成型技术的发展现状，固体生物质结构特点；

理解：生物质压缩成型过程中的物理、化学变化；

掌握：生物质压缩成型燃料的概念，生物质压缩成型的影响因素；

熟练掌握：生物质压缩成型燃料特点与燃烧特性。

**教学组织与实施：**线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

**第二节 生物质压缩成型技术与设备 2学时**

**教学目的：**通过本节课程的学习，使学生了解生物质压缩成型的工艺流程和设备类型，掌握加螺旋挤压成型、活塞冲压成型和压辊式成型的原理和特点。

**教学重点和难点：**生物质压缩成型工艺的影响因素

**主要教学内容及要求：**

了解：螺旋挤压成型机、活塞冲压成型机和压辊成型机的结构；

理解：螺旋挤压机、活塞冲压成型机和压辊式成型机的工作原理，生物质压缩成型工艺影响因素；

掌握：生物质压缩成型的工艺流程，螺旋挤压成型、活塞冲压成和压辊成型工艺的特点；

熟练掌握：典型的生物质压缩成型设备的结构特点与工作原理。

**教学组织与实施：**线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

**第三章 生物质燃烧技术 学时数：2**

**教学目的：**通过本章课程的学习，使学生了解生物质燃烧的特点与污染物排放情况，生物质燃烧炉具类型与特点，掌握掌握生物质燃烧过程、生物质燃烧组织特点，生物质燃烧技术与工业生物质燃烧设备的主要类型与结构特点。

**教学重点和难点：**生物质燃烧原理，生物质工业燃烧技术

**主要教学内容及要求：**

了解：生物质燃烧技术的发展现状，生物质燃烧污染物排放情况，民用生物质燃烧炉具类型与特点；

理解：生物质燃烧过程，生物质燃烧炉具构造要求；

掌握：生物质燃烧组织特点，生物质热风炉、供热工业锅炉、直燃发电锅炉、混燃锅炉的结构特点；

熟练掌握：生物质燃料的特性、生物质燃烧原理、生物质工业燃烧技术**。**

**教学组织与实施：**线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

**第四章 生物质热解技术 学时数：4**

**第一节 生物质热解原理 2学时**

**教学目的：**通过本节课程的学习，使学生了解生物质热解的产品及应用，掌握生物质热解的概念，影响生物质热解的主要因素，理解生物质热解原理。

**教学重点和难点：**生物质热解过程中的化学变化

**主要教学内容及要求：**

了解：生物质热解液化技术的研究现状，生物油的应用途径；

理解：生物质发生热解的内在机理；

掌握：生物质热解的概念，生物油的特点与精制方法；

熟练掌握：影响生物质热解的主要因素。

**教学组织与实施：**线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

**第二节 生物质裂解油与生物炭制备工艺 2学时**

**教学目的：**通过本节课程的学习，使学生了解常见的生物质热解装置，掌握生物质热解的工艺类型和主要运行参数，生物质热解液化的工艺流程，掌握生物炭的制备工艺。

**教学重点和难点：**生物质热解的工艺类型和主要运行参数

**主要教学内容及要求：**

了解：生物质热解固化与液化工艺类型，炭化炉的类型和特点；

理解：生物质定向热解控制方法，干馏法制炭燃料热分解过程中的化学变化及产物；

掌握：生物质热解的工艺类型和主要运行参数，机制炭的特点与生产方法，生物质热解液化的工艺流程；

熟练掌握：生物质热解的工艺类型和主要运行参数。

**教学组织与实施：**线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

**第五章 生物质气化技术 学时数：2**

**教学目的：**通过本章课程的学习，使学生了解生物质燃气的用途，生物质气化的技术类型与设备类型，掌握生物质气化的概念与原理、气化过程的基本参数及其作用、生物质燃气中的主要杂质成分及净化方法。

**教学重点和难点：**生物质气化过程中的化学反应，生物质气化设备主要类型及工作原理，生物质燃气中的主要杂质成分及净化方法

**主要教学内容及要求：**

了解：生物质气化技术发展现状，生物质燃气的用途，生物质气化技术类型，生物质气化设备类型及各自的特点；

理解：生物质气化制备燃气的机理，生物质气化过程中的影响因素，生物质气化设备的工作原理；

掌握：生物质气化的概念，生物质气化过程，生物质主要的气化设备的结构特点与工作过程，生物质气化操作的主要参数（气化效率、热效率、气化强度等）及其计算方法，生物质燃气中的主要杂质成分及净化方法；

熟练掌握：生物质气化过程中发生的化学反应，上吸式和下吸式固定气化床的工作原理，流化床气化床的工作原理。

**教学组织与实施：**线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

**第六章 厌氧发酵与沼气技术 学时数：4**

**第一节 沼气厌氧发酵原理 2学时**

**教学目的：**通过本节课程的学习，使学生了解沼气基本性质、沼气发酵原料、沼气发酵微生物，掌握沼气发酵原料有机质测定指标、发酵原料的配比与产气特性，掌握沼气厌氧发酵生化反应过程。

**教学重点和难点：**沼气厌氧发酵生化反应过程

**主要教学内容及要求：**

了解：沼气基本性质及燃烧特点、沼气发酵原料类型与特性；

理解：沼气发酵微生物菌群构成及协作原理；

掌握：发酵原料有机质测定指标、发酵原料的配比与产气特性；

熟练掌握：沼气厌氧发酵生化反应过程、沼气发酵的工艺条件。

**教学组织与实施：**线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

**第二节 沼气工程技术 2学时**

**教学目的：**通过本节课程的学习，使学生了解户用式沼气池的常见类型、大中型厌氧反应器的类型，掌握典型的厌氧反应器的结构、大中型沼气工程的工艺流程，沼气发酵产品及利用。

**教学重点和难点：**典型的厌氧反应器的工作原理

**主要教学内容及要求：**

了解：户用式沼气池的常见类型、大中型厌氧反应器的类型、沼气工程技术发展历程；

理解：厌氧反应器的工作原理；；

掌握：大中型厌氧反应器的运行参数、大中型沼气工程的工艺流程，沼气发酵产品及利用；

熟练掌握：典型的厌氧反应器的结构与工作原理。

**教学组织与实施：**线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

**第七章 生物质燃料乙醇技术 学时数：6**

**第一节 生物质燃料乙醇的生产原理 2学时**

**教学目的：**通过本节课程的学习，使学生了解燃料乙醇的基本性质、生产原料与生产方法，掌握乙醇生产过程中常用的微生物类型及其生理特性，掌握乙醇生产过程中的生化反应过程。

**教学重点和难点：**乙醇生产过程中的生化反应过程

**主要教学内容及要求：**

了解：生物燃料乙醇技术发展现状，燃料乙醇的基本性质、生产原料与生产方法

理解：乙醇发酵微生物类型及其生理特性

掌握：菌种、糖酵解、乙醇发酵等概念，乙醇发酵过程中的生化反应原理

熟练掌握：乙醇发酵的原理

**教学组织与实施：**线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

**第二节 制备生物燃料乙醇的工艺过程 2学时**

**教学目的：**通过本节课程的学习，使学生了解乙醇生产的工艺类型，掌握乙醇发酵的工艺类型，发酵法生产燃料的工艺过程，以及无水乙醇的生产工艺。

**教学重点和难点：**多级连续发酵法的工艺条件控制，无水乙醇生产技术

**主要教学内容及要求：**

了解：发酵法乙醇生产的工艺类型；

理解：连续发酵工艺的乙醇生产原理；

掌握：发酵法生产燃料乙醇的工艺流程，淀粉糊化、水解（糖化）、乙醇蒸馏等概念，发酵法乙醇生产工艺的基本原理，无水无水乙醇制备方法；

熟练掌握：多级连续发酵工艺的工艺条件控制，乙醇蒸馏提浓的原理。

**教学组织与实施：**线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

**第三节 现代规模化生物燃料乙醇的生产工艺 2学时**

**教学目的：**通过本节课程的学习，使学生了解乙醇生产的工艺类型，淀粉质原料、糖质原料和纤维素生产乙醇的工艺过程，掌握工业化燃料乙醇生产的生产工艺。

**教学重点和难点：**不同原料发酵生产燃料乙醇过程中的生化反应及处理方法的差异

**主要教学内容及要求：**

了解：与燃料乙醇生产原料相应的生产工艺类型；

理解：淀粉、糖质原料和纤维素原料生产乙醇的工艺流程差异；

掌握：淀粉质、糖质原料和纤维素原料发酵法生产燃料乙醇的工艺流程；

熟练掌握：淀粉质原料多级连续发酵乙醇生产工艺。

**教学组织与实施：**线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

**第八章 生物柴油技术  学时数：2**

**教学目的：**通过本章课程的学习，使学生对生物柴油有全面的了解，了解生物柴油的生产原料、生产工艺与使用方式，理解生物柴油的生产原理，掌握生物柴油的生产工艺。

**教学重点和难点：**生物柴油的生产工艺

**主要教学内容及要求：**

了解：生物柴油生产技术发展现状，生物柴油特点与用途，生物柴油的生产工艺类型

理解：生物柴油的生产原理

掌握：生物柴油的概念，生物柴油的生产原料，生物柴油的主要生产工艺

熟练掌握：酯交换法生产生物柴油的工艺流程

**教学组织与实施：**线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

**第九章 生物质制氢技术 学时数：2**

**教学目的：**通过本章课程的学习，使学生掌握各制氢工艺的基本原理，生物质制氢的特点；了解主要的制氢途径及其特点，主要的生物质制氢的工艺类型；了解主要的生物质制氢装置，掌握各装置的工作过程。

**教学重点和难点：**生物质制氢的基本原理，微生物制氢途径及其特点

**主要教学内容及要求：**

了解：氢气的能源特性，不同的制氢途径及其特点，几种主要的生物质制氢装置；

理解：微生物产氢原理，光合微生物制氢反应器运行原理；

掌握：生物质制氢的特点，主要的生物质制氢的工艺类型；

熟练掌握：生物质微生物制氢途径。

**教学组织与实施：**线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

**五、实验教学内容及学时分配（4学时）**

**（一）实验课程简介**

本实验课程为生物质特性参数的分析测试基础实验。在生物质转换过程中，及时、快速和准确地检测生物质特性参数对研究生物质转化进行程度和转化机理十分重要，也是衡量被研究和使用的生物质能生产工艺条件优劣，评价转换技术经济效益高低的依据之一。学习和掌握生物质特性参数的分析测试方法对能源专业学生有着重要的意义。

**（二）实验教学目的和基本要求**

通过本门实验课，培养学生进一步了解生物质成分测量与分析原理，掌握各种生物质成分测量方法，从实验中学会的生物质成分测量操作手段与分析方法，并激发其创新的意识。实验的总体要求：

1.了解实验装置的结构、工作原理；

2.熟练掌握各种测试仪器的使用方法和要求；

3.掌握正确的操作规程；

4.掌握正确的分析方法；

5.实验记录要齐全；

6.写出实验报告和意见。

**（三）实验安全操作规范**

进行实验前，实验人员应认真预习实验内容，弄清实验操作过程及原理，理清思路，掌握正确使用仪器及设备的要点，弄清电气开关与标记，保持清醒头脑，避免违规操作，预估潜在的如触电及烫伤等危险，在实验过程中注意防范。

**（四）实验项目名称与学时分配**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **学时** | **类型** | **实验要求** | **每组人数** |
| 04021206h＋01 | 气相色谱仪测定沼气成分 | 4 | 基础性 | 选做 | 4 |
| 04021206h＋01 | 总固体（TS）与挥发性固体（VS）的测定 | 4 | 基础性 | 选做 | 4 |

**（五）实验方式及基本要求**

所有实验内容均要求学生在实验教师指导下独立完成，要求学生在实验前必须熟悉、了解、并掌握实验的样品与药剂的现象变化和仪器的使用方法，实验结果在规定误差范围内。

**（六）实验内容安排**

**【实验一】气相色谱仪测定沼气成分**

**1.实验学时：**4学时

**2.实验目的：**在研究厌氧发酵过程中，及时、快速和准确地检测沼气成分及含量对研究厌氧发酵进行程度和发酵机理十分重要。目前，气相色谱是最常用的可以精密测定沼气成分的方法，学习利用气相色谱仪测定沼气成分，可以分析出沼气中各种成分的体积百分比，进而计算沼气的热值与密度，掌握厌氧发酵进行情况，对能源及能动专业学生有着重要的意义。

**3.实验内容：**气相色谱仪测定沼气成分

**4.实验要求：**在实验课老师的指导下，严格遵守实验操作规程进行实验；正确把握实验操作步骤，学会气相色谱仪测定气体成分的操作方法；能够正确地采集数据，对数据进行有效处理和分析。

**5.实验设备及器材：**实验仪器为美国安捷伦公司的Aligent6820型号气相色谱仪；实验气体为采用人工配气模拟沼气成分/厌氧发酵产生的沼气。

**【实验二】总固体（TS）与挥发性固体（VS）的测定**

**1.实验学时：**4学时

**2.实验目的：**总固体（TS）和挥发性固体（TS）的测定值是表征沼气发酵基质浓度的重要参数。借助于TS和VS的测定，可以获得一系列有意义的发酵参数，诸如容积负荷，最适容量，滞留时间，基质转化率以及甲烷产率等。这些参数是衡量被研究和使用的发酵工艺条件优劣的标准，也是评价发酵经济效益高低的依据之一。学习测定TS与VS，对能源及能动专业学生有着重要的意义。

**3.实验内容：**总固体（TS）与挥发性固体（VS）的测定

**4.实验要求：**在实验课老师的指导下，严格遵守实验操作规程进行实验；正确把握实验操作步骤，学会样品处理、取样、样品称量等操作，学会马弗炉的操作方法；能够正确地采集数据，对数据进行有效处理和分析。

**5.实验设备及器材：**马弗炉，工作温度550±20℃；恒温水浴锅；恒温干燥箱，温差变化在±2℃以下；干燥器，内装干燥剂（变色硅胶）；分析天平，精度0.1毫克；瓷蒸发皿，容量100毫升或容量50毫升，使用前以三氯化铁水溶液标记皿的编号，并灼烧固定至着色不变。

**(七)考核方式及成绩评定**

本实验课程作为考试的一部分，可根据学生在实验中的基本情况和学生提交的有分析性的实验报告评定实验的成绩。实验教学部分应占课程总成绩的20%。

**六、课程思政**

结合相关课程内容自然地开展课程思政教育，例如通过剖析生物质能利用背景与现状引导学生思考能源与民生，能源与政治，能源与环境关系，重点理解“双碳”战略目标的意义，提升学生的政治认同；通过生物质能工程应用实例引导学生进行辩证思考，结合对生物质能用能设备的设计、分析和改造等培养学生的工匠精神；将生物质能利用与农村农业结合，培养学生“爱农兴农”的家国情怀。

**七、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

（1）理论课教材：生物质能，骆仲泱等编著，中国电力出版社，2021年

（2）实验课教材：自编实验指导书

**2.参考书：**

（1）生物质能源技术与理论. 陈冠益, 马隆龙,颜蓓蓓主编.科学出版社. 2018

（2）生物质能利用原理与技术. 袁振宏 等编著.化学工业出版社，2016

（3）生物质能原理与技术(Ι)(英文版).袁振宏 编著.科学出版社. 2018.

（4）生物质能原理与技术(Ⅱ)(英文版) .袁振宏 编著.科学出版社. 2018.

（5）生物质能源工程.李文哲 主编. 中国农业出版社，2013

（6）生物质能实验. 张无敌, 尹芳主编. 科学出版社. 2017.

（7）生物质能转化原理与技术. 陈汉平等编著，水利水电出版社，2018

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）国际能源署生物质能网，http://www.ieabioenergy.com/

（2）中国新能源网生物质能站，http://www.newenergy.org.cn/bio/

**八、教学条件**

课程实施要求多媒体，教学网络，教学实验室，教师应具备丰富的相关专业知识与教学经验。

**九、教学考核评价**

**1.过程性评价：**

（1）课堂表现（10%）：包括上课状态、回答问题情况等。

（2）课程学习（10%）：包括课程自主学习情况、资料查询情况、小组学习讨论等。

（3）阶段测评（30%）：课程每章节完成后进行，形式包括参与科学研究、专业知识探讨、PPT制作、论文撰写、单元测验、单元作业等。

（4）综合测评（30%）：课程进行过程中每月一次，形式包括参与科学研究、专业知识探讨、PPT制作、论文撰写、课程答辩、综合测验等。

（5）实验（20%）：包括实验参与情况、实验完成情况、实验操作能力、实验报告撰写质量等。

（6）期中考试占平时成绩的50%

**2.终结性评价：**笔试，100%

**3.课程综合评价：**过程性评价40%，对应课程目标中使学生了解生物质能源转化的各种方法，能够运用这些知识分析解决不同生物质能工程应用问题以及使学生了解生物质能利用的学科前沿，具有将新技术应用于生物质能工程实际的设计分析能力；终结性评价60%，使学生具备对生物质能生物转化和热化学转化工程项目进行方案制定和初步设计能力，以及使学生明晰生物质能在能源环境与社会发展中的地位，理解生物质能应用对实现“双碳”战略目标的重要意义以及生物质能对社会可持续发展的意义。

# 沼气工程

（Biogas Engineering）

**课程基本信息**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021209 | **课程总学时：**32 | | **实验学时：** 4 **学时** |
| **课程性质：**选修  **课程负责人：**李刚 | **课程属性:**创业教育类  **课程团队：**李攀攀、张志萍 | | **开设学期：第** 6 **学期**  **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | | |
| **对先修的要求：**生物质能工程、发酵微生物学等；要求学生了解厌氧发酵在新能源开发中的地位，掌握厌氧发酵、微生物生长代谢及微生物营养等基础知识 | | | |
| **对后续的支撑：**培养学生的综合分析和实践动手能力，为后续毕业设计及实验提供理论与实践的基础 | | | |
| **主撰人：李攀攀** | **审核人：贺超** | **大纲制定（修订）日期：2023年** | |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《沼气工程》是新能源科学与工程专业的一门创业教育类选修课程，是一门实践性较强的专业课程。本课程主要讲授沼气厌氧发酵原理、厌氧发酵工艺、沼气利用及以沼气为基础的生态农业模式，结合清洁能源供给、生态农业发展、农村环境整治、生活垃圾处理等热点问题，讲解沼气工程在有机废弃物处理、有机肥料供给、清洁能源生产、生态环境改善方面的作用，阐述国家生态环境改善、美丽乡村建设中的方针、政策和行业发展导向，培养学生的专业意识，树立正确的价值观和人生观。通过本课程的学习要求学生掌握沼气发酵基本原理、主要技术工艺及其特征，沼气发酵设备选型设计及生物天然气制备技术，了解沼气技术在生态农业发展、农村生态环境整治中重要作用及主要利用模式，能够结合实际开展沼气工程物料衡算、规划布局、厌氧反应器工艺设计及配套设施选型设计等内容。本课程将线上、线下和实践教学结合在一起，将课堂教学（理论教学）和工程设计（实践教学）紧密衔接，将工程设计理念在理论教学中同步讲授，通过工程案例设计明确课程重点和难点，提高学生对课程内容的把控，促进学生综合知识融合贯通能力、工程应用能力和分析能力的全面提升。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：掌握厌氧发酵基本原理及主要影响因素、厌氧发酵主要工艺形式及特征，熟悉沼气净化及主要利用形式，了解生物天然气制备技术及以沼气为基础的生态农业模式。

2.实验技能方面：掌握沼气工程设计步骤，能够根据物料特性科学合理选择工艺路线。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

为提高学生对课程内容的把控，促进学生综合知识融合贯通能力、工程应用能力和分析能力的全面提升，依托中国大学慕课网和超星学习通等平台，本课程将线上、线下和实践教学结合在一起，采用探究式、启发式和互动式等方法进行教学活动。具体教学设计包括课前、课堂和课后三部分。课前通过慕课堂、超星学习通或QQ等平台提前发布学习任务和通知；课堂中将理论教学和工程设计（实践教学）紧密衔接，将工程设计理念在理论教学中同步讲授，重视理论教学与实物教学的结合，充分利用模型、动画、工程案例等开展工艺结构和工艺参数教学，直观呈现反应器结构特征、运行参数影响，明确课程学习的重点和难点，使课堂生动鲜活，通过随机提问和随堂练习检验教学效果；课后发布慕课学习视频、作业、测验；提供拓展文献、行业标准等资源，供学生检验阶段性学习成果、巩固所学知识。课程评价方式主要包括过程性评价和期末考核，更注重学习过程的综合性评价。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：使学生具备沼气工程专业知识体系，并能综合运用所学知识解决工程中的实际问题。 | 1.工程知识 |
| 2 | 目标2：使学生具备具体沼气工程项目系统设计、工艺优化、设备选型等能力。 | 3.设计/开发解决方案 |
| 3 | 目标3：使学生能够结合实际，对沼气工程在农村可持续发展、环境友好度等方面进行系统评价。 | 7.环境和可持续发展 |

**四、理论教学内容及学时分配（24学时）**

**绪论 学时数：2**

**教学目标：**了解沼气厌氧技术发展现状和趋势。

**教学重点和难点：**沼气厌氧发酵技术发展历程，我国沼气技术发展现状。

**主要教学内容及要求：**

了解：沼气厌氧发酵技术发展历程。

理解：沼气发酵技术在我国能源变革中发挥的作用及其在未来生态农业发展中地位。

掌握：沼气厌氧发酵技术在农村生态环境中作用。

熟练掌握：我国沼气及生物质燃气政策及发展趋势。

**教学组织与实施：**

结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，提前发布课程简介与教学总体安排；课堂以讨论式教学为主，结合讲授法进行绪论内容的学习。教师重点讲授我国沼气技术发展历程及现状，通过具体案例的介绍，使学生了解我国沼气的优势和不足，增强对沼气未来发展前景的信心。课后通过慕课网发布作业和拓展学习资料，督促学生课下的深入思考和学习。

**第一章 沼气厌氧发酵原料及预处理 学时数：4**

**第一节沼气厌氧发酵的主要原料（2学时）**

**教学目标：**了解不同原料基本特性，能够对发酵原料获取进行评价。

**教学重点和难点：**不同原料发酵潜力分析，发酵原料获取性能评价。

**主要教学内容及要求：**

了解：常用的沼气生产原料类型。

理解：不同原料在沼气厌氧发酵过程的转换规律。

掌握：沼气生产原料的特征参数。

熟练掌握：不同原料基本特性、发酵潜力分析及可获得性分析。

**教学组织与实施：**

结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，提前发布本节教学安排；课堂教学主要采用讲授法进行，教师重点讲授不同发酵原料的发酵潜力分析、发酵原料获取性能评价等内容，通过慕课堂练习、慕课堂随机点名挑选学生回答问题等方式检验课堂学习效果；课后根据随堂练习情况在慕课网发布重点难点学习资料，督促学生课下查缺补漏。

**第二节原料的预处理（2学时）**

**教学目标：**掌握沼气厌氧发酵原料的主要预处理形式、原理及主要设备、设施形式。

**教学重点和难点：**不同类型原料预处理的目的及预处理形式，重点掌握秸秆类物料的主要预处理形式及设备、设施形式。

**主要教学内容及要求：**

了解：不同原料预处理的目的、作用。

理解：常用物料的预处理工艺及其特点。

掌握：沼气厌氧发酵原料的主要预处理形式、原理及主要设备、设施形式。

熟练掌握：不同养殖模式下畜禽粪便的预处理工艺及流程，秸秆物料的预处理工艺。

**教学组织与实施：**

结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，提前发布本节教学安排；课前针对上一小节的重点内容以及课后学习内容，采用慕课堂点名的形式随机挑选学生回答问题；课堂教学主要采用讲授法进行，教师重点讲授沼气厌氧发酵原料的预处理原理、形式及主要设备、设施形式等内容，通过慕课堂练习、慕课堂随机点名回答问题等方式检验课堂学习效果；课后在慕课网发布重点难点学习资料、作业及单元测验等，督促学生按时完成。

**第二章 沼气厌氧发酵工艺 学时数：6**

**第一节沼气厌氧发酵过程与工艺优化（2学时）**

**教学目标：**掌握沼气厌氧发酵的生化过程及其优化途径。

**教学重点和难点：**沼气发酵工艺参数及发酵过程的优化。

**主要教学内容及要求：**

了解：沼气厌氧发酵的原理；沼气厌氧发酵过程中的主要微生物种类及其作用。

理解：沼气厌氧发酵的三阶段理论内容；各类微生物之间的协同关系。

掌握：沼气厌氧发酵过程不同阶段主要物质的转化形式。

熟练掌握：沼气厌氧发酵的影响因素、工艺参数及沼气发酵工艺过程的优化途径。

**教学组织与实施：**

结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，提前发布本节教学安排；课前针对《生物质能工程》课程中学习过的沼气发酵原理等内容，采用慕课堂点名的形式随机挑选学生回答问题，检验基础知识掌握程度；课堂教学主要采用讲授法进行，结合实例重点讲授沼气厌氧发酵的影响因素、工艺参数及沼气发酵工艺过程的优化途径等内容，通过慕课堂练习、慕课堂随机点名回答问题等方式检验课堂学习效果；课后在慕课网发布重点难点学习资料，供学生课下深入学习。

**第二节沼气厌氧发酵工艺（4学时）**

**教学目标：**了解沼气厌氧发酵主要工艺形式和特征，明确不同工艺的原料适用范围和优缺点。

**教学重点和难点：**不同厌氧反应器工艺形式特征、优缺点、适用范围。

**主要教学内容及要求：**

了解：厌氧反应器的主要类型及发展历程。

理解：不同厌氧反应器工艺的差异及特征。

掌握：不同厌氧反应器优缺点、适用范围。

熟练掌握：根据不同物料和预处理形式选择合理的反应器形式。

**教学组织与实施：**

本节内容偏重于实践应用，结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，提前发布本节教学安排；课前针对上一小节的重点内容采用慕课堂点名的形式随机挑选学生回答问题；课堂教学主要采用讲授法进行，结合具体案例、动画、模型等讲授沼气厌氧发酵主要工艺形式和特征、各种厌氧反应器优缺点、适用范围等内容，通过课堂讨论等方式检验课堂学习效果；课后在慕课网发布重点难点学习资料、作业及单元测验等，督促学生按时完成。

**第三章 沼气发酵装置设计 学时数：4**

**教学目标：**了解沼气发酵装置的类型，掌握厌氧反应器的设计原则与设计内容。

**教学重点和难点：**UASB、CSTR反应器的设计。

**主要教学内容及要求：**

了解：常用沼气发酵装置的类型。

理解：沼气发酵装置的结构特点和厌氧反应器设计的内容。

掌握：UASB、CSTR反应器的主要特点和预处理工艺；搪瓷拼接罐的结构特点及优势。

熟练掌握：UASB、CSTR反应器的设计。

**教学组织与实施：**

本章内容偏重于工程设计，结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，提前发布本章教学安排；课堂教学主要采用讲授法进行，结合具体案例、行业标准、期刊文献、动画、模型等讲授沼气厌氧发酵反应器的结构特点、设计要求，重点讲授UASB、CSTR反应器的设计等内容，通过慕课堂练习和讨论等方式检验课堂学习效果；课后在慕课网发布重点难点学习资料、作业及单元测验等，督促学生按时完成。

**第四章 沼气的净化储存与利用 学时数：4**

**第一节沼气的净化与储存（2学时）**

**教学目标：**掌握沼气净化主要方法和工作原理，熟悉常用沼气净化和储存装置。

**教学重点和难点：**沼气脱水、脱硫的主要方法及工作过程。

**主要教学内容及要求：**

了解：沼气的主要成分和沼气净化的目的。

理解：沼气净化主要工艺形式和储气类型。

掌握：脱水、脱硫的主要原理及脱水器、脱硫器的主要形式。

熟练掌握：物理脱硫和生物脱硫的主要工作原理、工艺形式及脱硫装置的配置设计及维护要点。

**教学组织与实施：**

结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，提前发布本节教学安排；课前针对《生物质能工程》课程中学习过的沼气净化等内容，采用慕课堂点名的形式随机挑选学生回答问题，检验基础知识掌握程度；课堂教学主要采用讲授法进行，结合动画、视频、图片、模型等重点讲授沼气的脱水、脱硫及储存等内容，通过慕课堂练习、慕课堂随机点名回答问题等方式检验课堂学习效果；课后在慕课网发布重点难点学习资料，供学生课下深入学习。

**第二节沼气的高值化利用（2学时）**

**教学目标：**掌握沼气提纯技术与沼气的高值化利用途径。

**教学重点和难点：**沼气提纯技术与生物天然气。

**主要教学内容及要求：**

了解：沼气的高值化利用方式及政策导向。

理解：沼气集中供气和生物天然气的制备过程。

掌握：沼气提纯的主要工艺形式及工作原理。

熟练掌握：根据沼气工程不同沼气产气特性及沼气成分进行沼气脱碳工艺选择及生物天然气制备工艺流程设计。

**教学组织与实施：**

结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，提前发布本节教学安排；课前针对《生物质能工程》课程中学习过的沼气脱碳等内容，采用慕课堂点名的形式随机挑选学生回答问题，检验基础知识掌握程度；课堂教学主要采用讲授法进行，结合具体案例、视频、图片等重点讲授沼气的高值化利用途径等内容，在慕课堂发布生物天然气相关的练习检验课堂学习效果；课后在慕课网发布重点难点学习资料、作业、单元测验等，督促学生按时完成。

**第五章 沼液沼渣利用技术 学时数：2**

**教学目标：**学习沼液沼渣的加工与综合利用途径，了解沼气技术在生态农业中的应用。

**教学重点和难点：**沼液沼渣主要成分及其利用注意事项。

**主要教学内容及要求：**

了解：沼液沼渣的主要利用形式。

理解：沼气技术在生态农业中的具体应用。

掌握：沼液沼渣主要成分及其对植物生长的影响。

熟练掌握：沼液沼渣的加工、利用及注意事项。

**教学组织与实施：**

结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，提前发布本章教学安排；本章内容偏重于理论与实践的结合，课堂教学主要采用互动式、探究式，讨论法与讲授法结合，教师重点讲授沼液沼渣的加工及综合利用途径等内容，组织学生就“沼气技术在生态农业中的应用”、“未来农业”等主题进行分组讨论，通过列名法评价讨论过程；课后在慕课网发布重点难点学习资料、作业、单元测验等，督促学生按时完成。

**第六章 沼气工程系统设计 2学时**

**教学目标：**了解处理不同原料的沼气工程组成、工艺流程，根据相关规范完成沼气工程的工艺形式设计。

**教学重点和难点：**针对不同原料的沼气工程整体工艺流程设计。

**主要教学内容及要求：**

了解：沼气工程组成及工艺流程。

理解：沼气工程各组成部分的作用。

掌握：不同原料沼气工程组成及工艺流程。

熟练掌握：根据不同物料合理规划沼气工程工艺流程，掌握各工艺点技术要求及工艺特征。

**教学组织与实施：**

本章内容属于理论课程向工程设计的延伸，结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，提前发布本章教学安排；课堂教学主要采用讲授法进行，结合具体案例、行业标准、视频、动画、模型等重点讲授沼气工程整体工艺流程设计等内容，通过慕课堂练习检验课堂学习效果；课后在慕课网发布重点难点学习资料、作业及单元测验等，督促学生按时完成。

**五、实验教学内容及学时分配（4学时）**

**（一）实验课程简介**

沼气工程实验主要讲授根据物料参数开展沼气工程工艺设计。

**（二）实验教学目的和基本要求**

本课程要求学生掌握沼气工程设计步骤，根据物料特性科学合理选择工艺路线。

**（三）实验安全操作规范**

本实验为设计性实验，无需实验室或动手操作。

**（四）实验项目名称与学时分配**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **学时** | **类型** | **实验要求** | **每组人数** |
| 04021209+01 | 沼气工程工艺设计 | 4学时 | 设计性实验 | 必做 | 5人 |

**（五）实验方式及基本要求**

结合给定设计参数，参照设计规范，合理选择工艺路线，完成工艺流程设计。

**（六）实验内容安排**

**【实验一】沼气工程工艺设计**

**1.实验学时：**4学时

**2.实验目的：**掌握沼气工程设计步骤，根据物料特性科学合理选择工艺路线。

**3.实验内容：**沼气工程工艺设计。

**4.实验要求：**结合设计规范对立完成工艺设计。

**5.实验设备及器材：**无

**（七）考核方式及成绩评定**

以设计计算、工艺设计合理性为评价指标进行成绩评定，满分为100分。

**六、课程思政**

随着“绿水青山就是金山银山”的理念不断深入人心，生态文明建设在国家发展中的地位日益提高，城市、农村有机废弃物的资源化利用和能源化转化技术也发生了重要变革，《沼气工程》课程教学内容与思政元素的结合越来越紧密。例如，在讲到沼气技术的章节时，新加入大型沼气工程项目的实例讲解，特别是生物天然气工程，引导学生在掌握知识技术的同时思考发展沼气产业的意义和国家对沼气技术的需求及相关政策导向，使学生对课程内容和农村生态文明建设都有更深层次的领悟，提升课程内容的思想高度。

**七、使用教材**

**1、选用教材：**

（1）理论课教材：沼气工程，邓良伟编著，科学出版社，2015年

（2）实验课教材：大中型沼气工程设计规范（GB/T51063-2014），中华人民共和国住房和城乡建设部，2014年

**2、参考书：**

（1）沼气工程建设手册.齐岳.化学工业出版社，2013年

（2）大中型沼气工程设计及应用.唐艳芬.化学工业出版社，2013年

（3）厌氧生物技术——理论与应用.王凯军.化学工业出版社，2015年

**3、推荐网站：**

（1）中国沼气网，<http://www.biogas.cn>

（2）沼气圈，http://www.gasanalyzer.com.cn

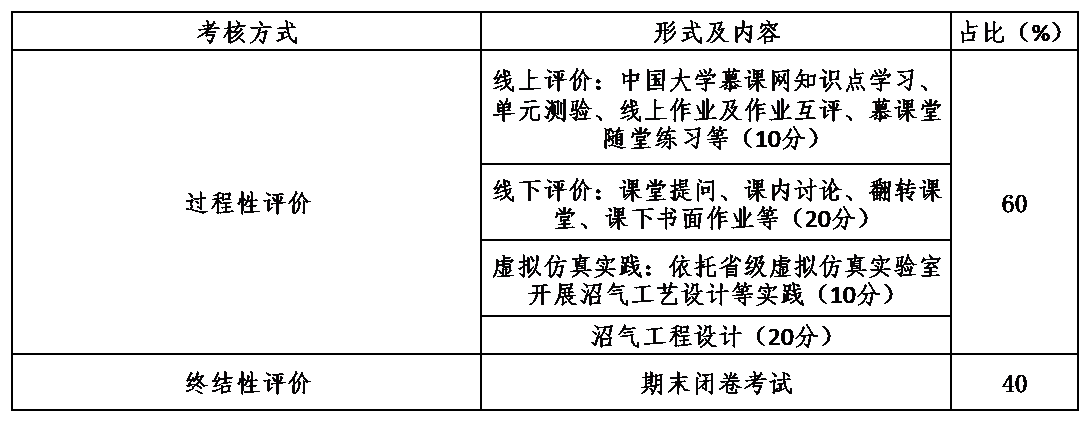
**八、教学条件**

学校可提供本课程日常理论教学所需的场地和多媒体设备，保证教学活动的顺利进行；授课教师对课程体系有全面的设计和把握，可根据学生的反馈及时调整教学内容、设计合理的教学环节，保证良好的教学效果和较高的教学质量；机电工程学院能源工程系实验室可为课程实验提供场地等条件保障实验的顺利开展。

**九、教学考核评价**

**1.过程性评价：**通过慕课堂或超星学习通进行随机提问、慕课堂练习和课堂讨论，评价课堂表现和听课效果，团队列名法可作为课堂学习小组讨论效果的评价依据；中国大学慕课网作业完成、作业互评及单元测验完成情况评价阶段性学习成果；实验报告评定实验成绩。具体评价细则见表1。

表1. 《沼气工程》课程考核实施细则



（过程性评价细则可根据每学期教学条件变化动态调整）

**2.终结性评价：**采用期末闭卷考试形式；占综合成绩的40%。

**3.课程综合评价：**

本课程综合评价由过程性评价和终结性评价两部分组成，过程性评价占60%，终结性评价占40%。考核方式将线上、线下、虚拟仿真和实践四方面紧密结合，促进学生的综合知识融合贯通能力、工程应用能力和分析能力三方面能力的提升，课堂教学和工程设计两方面无缝衔接，课堂教学与课程考核同步进行，有效提高了课程目标的达成度，切实提升了人才培养质量。

# 可再生能源发电技术

（Renewable energy generation technology）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021210 | **课程总学时：**32 | **实验学时：** 4 **学时** |
| **课程性质：**选修 | **课程属性:**专业深化类 | **开设学期：第** 7 **学期** |
| **课程负责人：**张志萍 | **课程团队：**张甜 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | |
| **对先修的要求：**工程热物理、电力电子技术等专业知识和素质基础，先修的主要课程为工程热力学、传热学、燃烧学、电子技术、电工技术 | | |
| **对后续的支撑：**能够将所学的工程热物理及电力电子等技术的专业知识融会贯通，用于推演、分析可再生能源发电中的专业工程问题，并提出复杂工程问题中的解决方案 | | |
| **主撰人：**张志萍 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《可再生能源发电技术》是新能源科学与工程专业的一门专业深化类选修课，是一门注重理论联系实践的课程。通过本课程的学习，使学生了解中国的能源现状和中国可再生能源的发展现状，掌握太阳能光伏发电的基本原理及系统的构成，加深对中国风力资源和风力发电基本原理的认识，深化理解作为分布最广泛的生物质资源的利用现状，把握生物质发电的基本原理。掌握地热发电和潮汐能发电的基本原理和应用现状，掌握燃料电池的基本原理及其各种形式的燃料电池的具体应用及机理。了解电力系统中的各种储能技术及最新发展，了解可再生能源的电力变换技术，以及可再生能源发电系统对主干系统的影响及其运行和控制，了解国内外最新的可再生能源发电应用工程情况等。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：

（1）了解能源的概念；掌握能源分类方法；了解能源与环境关系；理解新能源分类及发展的重要意义；

（2）了解太阳能资源及分布情况；掌握太阳能的利用方式；了解太阳能的直接利用方式；理解太阳能热发电系统原理，掌握太阳能热发电系统特点及应用形式；理解光伏发电原理，了解光伏发电的类型，掌握光伏发电系统的构成和特点；

（3）了解风能资源分布；了解风力机的种类和特点；了解水平轴风力机结构，理解风能利用系数等基本概念，理解工作风速的概念，了解风力机功率调节方式；掌握风电场的特点；了解风力发电的发展方向；

（4）了解潮汐的利用方式；掌握潮汐的特征和类型；理解潮汐发电的方式，了解潮汐电站的结构；掌握潮汐发电的特点；了解潮汐发电的发展；

（5）掌握海洋能的特点；了解波浪形成的原因和类型，理解波浪能发电系统的构成，了解波浪能发电的发展；了解海流能的基本概念，了解海流能发电的原理，了解海流能发电发展；掌握海水温差的形成原因，理解温差发电的原理和构成，了解温差发电的发展；了解海水盐度差及盐差能分布，理解盐差能发电的基本方法，了解盐差发电的发展；

（6）了解地热资源等基本概念；掌握地热资源的类型和特点；了解地热能直接利用方式；掌握地热发电系统的构成，掌握地热发电系统与常规火力发电系统的主要区别；了解地热发电的发展；

（7）了解生物质能及其特点；了解生物质燃料的制取方法和利用方法；掌握生物质能发电的原理和特点；了解直接燃烧发电，沼气发电和生物质燃气发电的原理；了解生物质发电的发展；

（8）了解燃料电池概念及不同类型燃料电池的组成及工作原理；了解燃料电池的发展。

（9）了解电力系统中的各种储能技术及最新发展；

（10）了解可再生能源的电力变换技术，以及可再生能源发电系统对主干系统的影响及其运行和控制，了解国内外最新的可再生能源发电应用工程情况等。

2.实验技能方面：

熟悉光伏发电各组件性能特点及安装流程，掌握太阳能光伏发电的原理，研究外部环境对太阳能光伏发电过程的影响。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

达成课程目标采用形成性评价和结果评价相结合的方式。这种方式是将以往由注重结果调整为注重学习过程，加大形成性评价的比例，以调动学生学习的主动性和积极性，并且有利于学生综合能力培养的目标。形成性评价包括平时作业、在线测试、小组协作综合问题的探究学习、网络讨论、混合课堂、网络资源利用、网络学习痕迹等。结果评价是课程结束后采用闭卷考试，全面考察学生对本课程知识的理解、掌握程度以及灵活运用知识解决问题的能力。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：使学生具备可再生能源发电技术专业知识体系，并能综合运用所学知识解决工程中的实际问题。 | 1.工程知识 |
| 2 | 目标2：使学生具备具体可再生能源发电技术项目系统设计、工艺优化、设备选型等能力。 | 3.设计/开发解决方案 |
| 3 | 目标3：使学生能够结合实际，对可再生能源发电技术在农村可持续发展、环境友好度等方面进行系统评价。 | 7.环境和可持续发展 |

**四、理论教学内容及学时分配（28学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **绪论** | **学时数：2** |

熟悉《可再生能源发电技术》课程的任务和基本内容，了解能源的概念；掌握能源分类方法；了解能源与环境关系；理解新能源分类及发展的重要意义。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第一章 太阳能及其利用** | **学时数：4** |

**教学目标：**通过本章的学习使学生了解太阳能资源及分布情况；掌握太阳能的利用方式；了解太阳能的直接利用方式；理解太阳能热发电系统原理，掌握太阳能热发电系统特点及应用形式；理解光伏发电原理，了解光伏发电的类型，掌握光伏发电系统的构成和特点。

**教学重点和难点：**太阳能的利用方式，太阳能热发电系统原理、特点及应用形式，光伏发电原理、类型及构成。

**主要教学内容及要求：**

了解：太阳能资源及其分布，以及太阳能的利用方式。

理解：太阳能热发电和太阳能光伏发电的概念、特点。

掌握：太阳能热发电和太阳能光伏发电的系统原理、构成及应用形式。

熟练掌握：太阳能发电的工作过程，能分析、解决实际工作中存在的问题。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第二章 风能与风力发电** | **学时数：4** |

**教学目标：**过本章的学习使学生了解风能资源分布；了解风力机的种类和特点；了解水平轴风力机结构，理解风能利用系数等基本概念，理解工作风速的概念，了解风力机功率调节方式；掌握风电场的特点；了解风力发电的发展方向。

**教学重点和难点：**风力机的种类和结构，风能利用系数等概念。

**主要教学内容及要求：**

了解：风能利用的历史，风和风能资源，风力机的种类。

理解：水平轴风力机的结构和原理，风力发电机组，风电场，风电的发展。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第三章 潮汐能与潮汐发电** | **学时数：2** |

**教学目标：**通过本章的学习使学生了解潮汐的利用方式；掌握潮汐的特征和类型；理解潮汐发电的方式，了解潮汐电站的结构；掌握潮汐发电的特点；了解潮汐发电的发展。

**教学重点和难点：**潮汐的利用方式、潮汐发电的方式，潮汐电站的结构和特点。

**主要教学内容及要求：**

了解：人类对潮汐的认识和利用，潮汐能资源概念及发展前景。

理解：潮汐发电原理和电站的构成。

掌握：潮汐电站的类型和特点。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第四章 海洋能多种发电技术** | **学时数：4** |

**教学目标：**通过本章的学习使学生掌握海洋能的特点；了解波浪形成的原因和类型，理解波浪能发电系统的构成，了解波浪能发电的发展；了解海流能的基本概念，了解海流能发电的原理，了解海流能发电发展；掌握海水温差的形成原因，理解温差发电的原理和构成，了解温差发电的发展；了解海水盐度差及盐差能分布，理解盐差能发电的基本方法，了解盐差发电的发展。

**教学重点和难点：**海水温差和盐差形成的原因，温差和盐差发电的原理和构成。

**主要教学内容及要求：**

了解：海洋和海洋能的概念，海洋能资源及其发展方向和前景。

理解：波浪发电、海流发电、温差发电、盐差发电的概念及工作原理。

掌握：海水温差和盐差形成的原因及发电的原理和构成。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第五章 地热能及其利用** | **学时数：2** |

**教学目标：**通过本章的学习使学生了解地热资源等基本概念；掌握地热资源的类型和特点；了解地热能直接利用方式；掌握地热发电系统的构成，掌握地热发电系统与常规火力发电系统的主要区别；了解地热发电的发展。

**教学重点和难点：**地热资源的类型和特点，热发电系统的构成。

**主要教学内容及要求：**

了解：地热资源的形成、类型及其发展。

理解：地热能资源及其分布，地热能的一般利用。

掌握：地热发电系统的构成，地热发电系统与常规火力发电系统的主要区别。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第六章 生物质能及其利用** | **学时数：4** |

**教学目标：**通过本章的学习使学生了解生物质能及其特点；了解生物质燃料的制取方法和利用方法；掌握生物质能发电的原理和特点；了解直接燃烧发电，沼气发电和生物质燃气发电的原理；了解生物质发电的发展。

**教学重点和难点**：生物质能源的资源特点，发电的原理和特点。生物质直燃发电、沼气发电和生物质燃气发电的原理。

**主要教学内容及要求：**

了解：生物质和生物质能的概念，生物质能的利用概述。

理解：生物质燃料和生物质能发电。

掌握：生物质能发电技术。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第七章 燃料电池技术** | **学时数：2** |

**教学目标：**通过本章的学习使学生了解燃料电池的概念、组成及基本工作原理，理解不同类型燃料电池的特点及适用范围，了解燃料电池技术的发展。

**教学重点和难点**：燃料电池的基本发电原理。

**主要教学内容及要求：**

了解：燃料电池的分类，磷酸型燃料电池直接甲醇型燃料电池，固体电解质 型燃料电池，固体高分子型燃料电池，熔融碳酸盐燃料电池等的基本概念。

掌握：燃料电池系统的基本组成、燃料电池的特征和燃料电池发电原理。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第八章 储能技术** | **学时数：2** |

**教学目标**：通过本章的学习使学生认识储能技术的发展，掌握储能技术的不同分类和工作原理，了解各储能技术特点及应用范围，了解储能技术的研究热点方向。

**教学重点和难点：**储能技术的工作原理。

**主要教学内容及要求：**

了解：储能技术的不同分类，机械储能、化学储能、电磁储能、热能储能等储能技术的特点和应用范围。

掌握：储能技术的工作原理和工作过程。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第九章 可再生能源与智能电网** | **学时数：2** |

**教学目标**：通过本章的学习使学生认识智能电网在可再生能源发电技术中的作用，掌握可再生能源的电力变换技术，了解可再生能源发电系统对主干系统的影响及其运行和控制，了解国内外最新的可再生能源发电应用工程情况。

**教学重点和难点：**可再生能源电力变换技术，智能电网的工作原理。

**主要教学内容及要求：**

了解：可再生能源发电系统对主干系统的影响及其运行和控制，了解国内外最新的可再生能源发电应用工程情况。

理解：智能电网在可再生能源发电技术中的作用。

掌握：可再生能源的电力变换技术。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**五、实验教学内容及学时分配（4学时）**（无实验的课程该项不列，序号顺延）

**（一）实验课程简介**

可再生能源发电技术是一门注重理论联系实践的课程，实验课程着眼于原理的验证，使学生更加深刻的理解从书本上学到的知识，灵活的掌握教学内容。

**（二）实验教学目的和基本要求**

实验课程是《可再生能源发电技术》课程教学过程中的重要环节，是对理论教学的重要补充和验证，是培养学生动手能力的重要途径，可以用实验来验证理论，巩固和加深对课堂理论分析与讲授的理解，提高学生理论联系实际的能力。

要求理解实验原理及实验方案，掌握正确的测量实验数据的方法以及掌握各种仪器的使用，要求学生在实验前，要认真阅读实验指导书，仔细观察了解实验装置的工作原理，操作要领和数据测量与处理方法，认真进行实验操作，并书写实验报告。

**（三）实验安全操作规范**

学生实验应在任课老师和实验老师的指导下进行。实验前要弄清本次实验的操作过程及原理，理清思路，掌握正确使用仪器的要点。实验过程中要严格遵守实验室规程，树立安全第一的思想意识，避免违规操作，预估潜在风险，在实验过程中注意防范。

**（四）实验项目名称与学时分配**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **学时** | **类型** | **实验要求** | **每组人数** |
| 04021210+01 | 太阳能光伏发电实验 | 4 | 综合性 | 必做 | 8 |

**（五）实验方式及基本要求**

1.教师首先需向学生介绍课程的性质、实验任务、实验要求、实验守则、实验室安全卫生制度等，学生根据实验任务进行分组。

2.整个实验过程包括课前预习、课前讨论、实验操作、实验报告、结果讨论等。在实验前学生认真阅读实验指导书，理解实验目的和实验原理，明确本次实验中要测定什么量, 最终要求什么量, 用什么实验方法, 使用什么仪器, 控制什么条件，需要注意什么问题。

3.实验过程中，老师应在实验室进行巡视，及时纠正学生的错误操作，检察学生的实验记录，要求学生勤于动手、敏锐观察、细心操作、善于提问、深入分析、钻研问题等能力；老师还应引导学生深入思考与实验现象有关的一些问题，着力培养学生观察实验、综合考虑问题的能力，使学生学会分析和研究问题的方法。

4．实验结束，学生应认真分析实验现象，整理实验结果，分析产生误差产生的原因，能对实验提出自己的改建意见或建议，清理实验仪器、整洁实验台面，经老师同意后学生方可离开实验室。

**（六）实验内容安排**

**【实验一】太阳能光伏发电实验基本知识与操作**

**1.实验学时：**4学时

**2.实验目的：**了解太阳能光伏发电的原理，了解外部环境对太阳能光伏发电过程的影响。

**3.实验内容：**测定给定光照强度下太阳能光伏发电的能力。

**4.实验要求：**理解太阳能光伏发电组件的基本结构及其工作原理，通过改变光照强度，观察光伏发电的性能，理解其基本性能。

**5.实验设备及器材：**太阳能光伏电池板、万用表、可调负载、投射灯等。

**六、课程思政**

在“习近平新时代生态文明思想”指导下，可再生能源成为关系国计民生的重要元素，提高其在发电技术中的占比，将是重要探索。授课过程中，将通过分析生态文明思想体系和核心原则，将其作为重要知识体系和知识点应用于可再生能源发电技术的课程思政建设中，在课程核心内容上充分印证习近平新时代的生态价值观和绿色发展观，并在这个基础上挖掘其对双碳目标战略实现的重要作用，以及对构建能源类专业伦理和道德价值的影响，完善学生的生态文明世界观。以专业知识为载体，提升课程思政的说服力和实效性。

**七、教材及教学参考书**（教材的选用应符合教育部和学校教材选用规定，教学资源丰富多样，体现思想性、科学性与时代性）****

**1.选用教材：**

（1）理论课教材：可再生能源发电技术 第二版（十三五江苏省高等学校重点教材），程明 编著，机械工业出版社，2020年

（2）实验课教材：光伏发电实验实训教程，李涛、梁文英、梁光胜、司杨 编著，水利水电出版社，2018年

**2.参考书：**

（1）高效可再生能源发电系统及并网技术，吉尔伯特·M·马斯特斯，机械工业出版社，2019年

（2）基于可再生能源的发电技术及应用研究，贾建平 著，水利水电出版社，2019年

（3）可再生能源发电集群技术与实践，盛万兴 等著，科学出版社，2019年

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）可再生能源信息平台，http://www.renewable.org.cn/

（2）能源技术交流网，http://jishu.eppbbs.com/forum.php?mod=forumdisplay&fid=504&digest=1

（3）《可再生能源发电技术》线上实验，https://www.ilab-x.com/course/detail?id=4588

**八、教学条件**

课程依托的河南农业大学机电工程学院能源与环境工程系，具备课程实施所需要的一切软、硬件条件。

《可再生能源发电技术》课程团队有良好的师资配置，授课教师全部拥有博士学位。

教学场地和实验教学条件充足。现有实验用房3000多平方米，拥有教学、实习和示范基地16个，产品研发及产业化场所达5500m2，实验室共有仪器设备625台套，总值2752.1万元，近3年实验室新增微量热仪、高效液相色谱仪、光合生物制氢试验装置自控系统、全自动工业分析仪等设备43套，仪器设备总值814.3万元。

校外实习基地能满足学生的实习需求。多年来与河南省能源研究所有限公司、河南桑达能源环保有限公司、郑州市夜明珠太阳能科技有限公司、商丘三利新能源有限公司、郑州鑫地机械设备有限公司、太康锅炉厂等大中型集团企业在联合共建实验室学生实习、科技成果转化等方面己进行长期合作，对这些企业人才现状和人才需求情况非常了解。

**九、教学考核评价**

**过程性评价：**

（1）课堂表现（10%）：包括课堂签到情况、上课状态、回答问题情况等。

（2）课后作业（10%）：布置作业的完成情况等。

（3）小组学习讨论（20%）：考核案例教学过程及小组协作展示效果，包括参与科学研究、专业知识探讨、PPT制作、论文撰写、单元测验、单元作业等。

（4）综合测评（60%）：课程结束后，进行开卷考试，时间为120分钟，评分采用百分制，占课程总评分的60%。

# 热工设备

（Thermal Equipment）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021211 | **课程总学时：**32 | **实验学时：** 4 **学时** |
| **课程性质：**选修 | **课程属性:**创业教育类 | **开设学期：第** 6 **学期** |
| **课程负责人：**潘晓慧 | **课程团队：**潘晓慧、青春耀 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程。 | | |
| **对先修的要求：**要求掌握高等数学微积分内容等、工程热力学热机基本理论及熵、焓的理论分析与求解等、传热基本定理等、流体力学“伯努利方程”及流动阻力计算等。先修课程：《高等数学》，《工程热力学》，《传热学》，《流体力学》。 | | |
| **对后续的支撑：**对后续《生物质能》等课程可提供锅炉热力计算、设计等配套支撑。 | | |
| **主撰人：**青春耀 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《热工设备》是新能源科学与工程的一门专业选修课程，主要介绍电厂锅炉原理及设备等内容。本课程是以理论课讲述为主，实验实践为辅助，结合其它过程评价的专业课程。本课程在高等数学、工程热力学、流体力学、传热学等基础课及专业基础课程先修的条件下开课，承担新能源科学与工程专业学生基本锅炉设备认知、工程设计能力培养的任务。通过该课程的学习，学生应掌握锅炉工作的基本原理、锅炉设备运行原理，具有锅炉安全、经济运行的一般知识，并具备分析工程问题的能力。

**二、课程教学的基本要求**

1、理论知识方面：

a．掌握锅炉工作原理、炉内过程和锅内过程的基本概念；

b．掌握锅炉热力计算及水循环计算方法；

c．能独立地应用基本理论分析锅炉设计和运行的有关问题；

d．了解国内外锅炉技术的最新发展动态。

2、实验技能方面：

a．了解实验装置的结构、工作原理；

b．熟练掌握各种测试仪器的使用方法和要求；

c．掌握正确的操作规程；

d．规范完整完成实验记录并根据记录进行分析。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

以理论教学为主，教学内容体现锅炉运行的基本理论和锅炉设备运行原理，上述内容知识点一般较为固定，可重点考察学生理解锅炉设备构成原理及掌握锅炉设备基本运行方法的能力，而有关锅炉设计的理论教学内容则重点考察学生的综合思考和运算能力。实验教学主要目标为验证理论教学内容，针对理论教学中较难理解的理论进行演示实验和分析验证实验。上述两者完成后配合实习内容解决理论与实际生产脱节问题，现实再巩固理论和实验学习。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 课程目标 | 毕业要求 |
| 1 | 本课程目标与毕业要求进行了有效对接。  通过对锅炉的热力平衡理论的学习，巩固本科二年级（含）之前学习的数学、工程热力学、传热学的基本知识；逐步学习锅炉制粉系统和各个锅炉部件、设备，可应用所学知识解决构建涉及新能源科学与工程诸如温室大棚等基础农业设施中的设备选型、操作利用的复杂工程问题。 | 1.工程知识 |
| 2 | 对锅炉中汽包等蒸发设备、过再热器的换热理论、热偏差等内容的学习，使学生能够应用数学、自然科学和新能源科学与工程专业的基本原理，通过科学方法研究分析涉及热能、换热器等相关工程的具体问题，并获得有效理论结论。 | 2.问题分析 |
| 3 | 对锅炉平衡理论的学习，对设备的认识和学习，逐步培养学生具备自主学习和终身学习的意识，并具备不断学习、适应社会，经济和工程技术发展的能力。 | 12.终身学习 |

**四、理论教学内容及学时分配（28学时）**

**第一章 绪论 学时数：1**

**教学目的：**使学生对电厂锅炉有初步认识，培养学生对电厂锅炉学习的兴趣。

**教学重点和难点：**重点是锅炉效率的定义、锅炉分类；难点是锅炉设备主要部件的作用。

**主要教学内容及要求：**

了解：汽水系统、风、煤、烟、灰系统的工作流程，锅炉的类型及国内外锅炉技术的发展动态。

理解：表征锅炉基本特性的参数；锅炉安全和经济指标、分类及型号。

掌握：现代锅炉设备主要部件的作用。

熟练掌握：锅炉效率的定义。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

**第二章 锅炉机组热平衡 学时数：2**

**教学目的：**掌握锅炉热平衡的概念，各项热损失定义、计算及锅炉正反平衡效率计算。

**教学重点和难点：**锅炉正反平衡计算方法。

**主要教学内容及要求：**

了解：锅炉热平衡，有效利用热量和各项热损失的定义、计算方法。

理解：影响各项热损失的因素，提高锅炉经济性的有效途径及锅炉热平衡的试验方法。

掌握：燃料消耗量的计算方法。

熟练掌握：正反平衡锅炉效率的计算方法。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

**第三章 煤粉制备系统及设备 学时数：4**

**教学目的：**掌握磨煤设备特性及煤粉制备系统。

**教学重点和难点：**钢球磨、直吹及中间储仓式制粉系统。

**主要教学内容及要求：**

了解：煤粉的一般特性、煤粉细度、煤粉颗粒分布特性、可磨性系数对锅炉工作的影响；磨煤机的分类；制粉系统的辅助设备。

理解：筒型钢球磨、中速磨及其分离设备的工作过程及主要特性。

掌握：制粉系统风量协调与干燥剂量的计算。

熟练掌握：直吹及中间储仓式制粉系统的类型和特点。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

**第四章 煤粉燃烧设备 学时数：2**

**教学目的：**掌握煤粉燃烧设备布置方式、工作原理。

**教学重点和难点：**直流煤粉燃烧器。

**主要教学内容及要求：**

了解：新型燃烧技术。

理解：直流燃烧器和旋流燃烧器的工作原理、结构特点及布置方式。

掌握：大容量锅炉炉膛形状的设计要求，W型火焰燃烧方式和特点。

熟练掌握：燃烧器切向布置燃烧方式的特点。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

**第五章 蒸发设备** **学时数：2**

**教学目的：**掌握蒸发设备的组成、结构、布置方式。

**教学重点和难点：**汽包的作用，水位调节的必要性及膜式水冷壁的原理。

**主要教学内容及要求：**

了解：蒸发受热面存在的问题及解决方式。

理解：蒸发设备的组成，汽包和水冷壁的结构及布置。

掌握：汽包和水冷壁的作用及其特点。

熟练掌握：直流锅炉水冷壁的布置形式。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

**第六章 过热器和再热器**  **学时数：2**

**教学目的：**掌握过热器和再热器的工作原理，熟悉其结构型式和工作特点；掌握热偏差和汽温调节方法。

**教学重点和难点：**重点是汽温调节方法；难点是热偏差概念和减少热偏差的措施。

**主要教学内容及要求：**

了解：对流受热面高温积灰与高温腐蚀。

理解：过热器和再热器的作用、工作特点、结构型式。

掌握：热偏差概念，减少热偏差的措施；影响汽温的主要因素，汽温的调节方法。

熟练掌握：喷水减温方法和烟气挡板调温方法。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

**第七章 省煤器和空气预热器**  **学时数：2**

**教学目的：**掌握省煤器和空气预热器的结构型式、布置方式和工作原理。

**教学重点和难点：**回转式空预器和尾部受热面的布置。

**主要教学内容及要求：**

了解：尾部受热面的低温腐蚀、磨损、积灰和堵灰的机理及防止措施。

理解：省煤器和空气预热器的作用、结构型式和布置方式。

掌握：省煤器设计中应考虑的问题。

熟练掌握：空预器的结构和尾部受热面的布置。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

**第八章 自然循环原理及计算**  **学时数：6**

**教学目的：**掌握锅炉自然循环的原理及水动力计算。

**教学重点和难点：**自然循环压差法水循环计算。

**主要教学内容及要求：**

了解：自然循环的基本原理及影响因素；两相流的特性参数。

理解：自然水循环的安全性指标；提高水循环安全性的措施。

掌握：汽水混合物的流型和传热；流体的流动阻力和水循环计算方法。

熟练掌握：运动压头和循环倍率的计算方法；蒸发管中汽水两相流传热机理。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

**第九章 控制流动锅炉** **学时数：7**

**教学目的：**掌握控制流动锅炉原理与水动力特性。

**教学重点和难点：**重点是直流锅炉的工作特点；难点是直流锅炉的水动力特性。

**主要教学内容及要求：**

了解：直流锅炉、控制循环锅炉、复合循环锅炉的工作原理；防止或减轻水动力多值性、脉动和热偏差的措施；超临界压力锅炉。

理解：强制流动锅炉蒸发受热面水动力的多值性、脉动等概念。

掌握：传热恶化概念及预防措施。

熟练掌握：直流锅炉水平蒸发受热面的水动力特性。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

**五、实验教学内容及学时分配（4学时）**

**（一）实验课程简介**

本课程着重讲述了锅炉自然水循环的原理和直流锅炉的运行原理，演示了实际自然循环锅炉中水循环的特性和直流锅炉的工作情况，同时测试直流锅炉水动力特性，分析锅炉水动力不稳定性理论成因。

**（二）实验教学目的和基本要求**

通过本门实验课，使学生进一步加深自然循环锅炉和直流锅炉运行原理的印象。通过实际测试直流锅炉的水动力参数，掌握直流锅炉水动力不稳定性的特性。分析实验和理论分析之间的差异，引导学生进一步优化实验方案、完善实验。

实验的基本要求：

1.了解实验装置的结构、工作原理；2.熟练掌握各种测试仪器的使用要求和方法；3.掌握正确的操作规程；4.完整翔实进行实验记录；5.撰写实验报告。

**（三）实验安全操作规范**

1.检查实验环境，确定实验设备的水、电等通路良好，无漏水漏电、加热老化等隐患。

2.实验进行中，不得无故触碰、敲打实验加热管的外壁。出现蒸汽泄露、热水加热管爆裂等现象时，及时关闭电源，水源。等待实验专职教师处理。

3.实验完成时，关闭管路阀门、水泵、切断电源水源，检查并复位实验仪器确认安全后离开。

**（四）实验项目名称与学时分配**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **学时** | **类型** | **实验要求** |
| 04021211+01 | 直流锅炉工作原理实验 | 4 | 综合性 | 必做 |

**（五）实验方式及基本要求**

本实验课程所确定的实验，要求学生在实验前必须熟悉并掌握实验台的使用方法和实验的测试方法，在实验中连续测试得到实验数据并分析实验的优化方案。

**（六）实验内容安排**

**【实验一】直流锅炉工作原理实验**

**1.实验学时：**4学时

**2.实验目的：**

（1）观察直流锅炉的工作情况，加深对直流锅炉的感性认识。

（2）测试直流锅炉的水动力特性，了解直流锅炉的水动力不稳定性。

**3.实验内容：**在直流锅炉模型实验台上按照实验指导书要求进行实验，验证直流锅炉的水动力不稳定性。将实验数据记入流量—压差数据表中，根据表中的数据，以流量G为横坐标，压差Δ横为纵坐标，绘制水动力特性曲线。

**4.实验要求：**

（1）要求学生在实验前必须熟悉、并掌握实验台的使用方法和实验的测试方法，在实验中连续测试得到演示结果和实验数据。

（2）按照实验指导书内容进行实验操作。

（3）实验结束后，完成实验记录。

**5.实验设备及器材：**直流锅炉模型实验台、流量计、直尺、水泵、电功率测量仪和电加热装置等。

**(七)考核方式及成绩评定**

根据实验报告结果进行成绩评定，见本课程考试大纲。

**六、课程思政**

课程教学中主动融入溶入思政内容，对家国情怀、道德修养等思政元素糅合到专业内容中去。课程绪论教学中，在讲述锅炉发展历程时，实事求是点明超超临界锅炉国外的发展优势，但同时着重指出我国上海外高桥第三电厂的节能优势、技术领先程度和我研发人员的奋斗精神；在讲述锅炉汽包时对汽包所用特种钢材的研发和应用上鼓励学生勇于攀登，努力学习。

**七、教材及教学参考书（教材的选用应符合教育部和学校教材选用规定，教学资源丰富多样，体现思想性、科学性与时代性）**

**1、选用教材：**

（1）理论课教材：《电厂锅炉原理及设备》第三版，叶江明主编，中国电力出版社，2010.1

（2）实验课教材：自编实验指导书

（3）实习指导书：自编实习指导书

**2、参考书：**

（1）《锅炉原理》.樊泉桂主编、阎维平副主编，中国电力出版社，2004年.

（2）《锅炉原理》.范从振主编.水利电力出版社，1986年.

（3）《电站锅炉原理》.容銮恩、袁镇福等合编.中国电力出版社，1997年.

（4）《锅炉原理及计算》.冯俊凯、沈幼庭主编.科学出版社，2003年.

（5）《锅炉原理》.陈学俊、陈听宽主编.机械工业出版社，1991年.

**3、推荐网站：**

（1）华北电力大学 锅炉原理2004年 校级精品课程，网址：http://course.jingpinke.com/details/coursewares?uuid=97ca9f75-1225-1000-8ad2-144ee02f1e73&courseID=X0400013&resourceType=courseware

（2）郑州电力高等专科学校电厂锅炉2008年 国家级精品课程，网址：http://course.jingpinke.com/details?uuid=8a833999-20d0f6d2-0120-d0f6d292-0421&courseID=D080120

**八、教学条件**

本课程实施需要硕士以上学位专业教师、实验师多名、多媒体教室、封闭式实验室20平米，配合教学实习相关热力电厂、锅炉企业若干。

**九、教学考核评价**

1.过程性评价：占总成绩30%，教学过程采用线上线下结合的方式进行，在教学过程中采用线上签到、抢答、分组讨论等形式组织教学，将学生参与过程记录打分并计入平时成绩，同时要求学生每次课后都认真完成线上相关测试，将测试成绩同时计入平时成绩。另外，线下课堂回答问题情况，遵守纪律情况和平时作业完成情况都计入平时成绩。同时，实验课程上的签到及课程后实验报告的撰写也计入到平时成绩中。具体如下：课堂表现及作业（签到、抢答、讨论、线上线下作业等）15%+实验部分表现（签到、实验报告）15%。

2.终结性评价：考试采用闭卷考试方法；占总成绩70%。

3.课程综合评价：总成绩=平时成绩（30%）+ 卷面成绩（70%）。

# 风能工程

*（*Wind Energy Engineering*）*

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021213h | **课程总学时：**32学时 | **实验学时：** 4 **学时** |
| **课程性质：**必修 | **课程属性:**专业类 | **开设学期：第** 6 **学期** |
| **课程负责人：**蒋丹萍 **课程团队:**蒋丹萍、荆艳艳 **授课语言：**中文  **适用专业：**新能源科学与工程；核心。 | | |
| **对先修的要求：**先修工程热力学和流体力学，熟悉掌握能量转换的基本规律和流体流动的原理。  对后续的支撑：为后续能源与环境和专业前言技术专题课程提供基础理论和工程设计支撑。 | | |
| **主撰人：**蒋丹萍 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《风能工程》是新能源科学与工程专业的一门专业必修课。风能是一种清洁的可再生能源，对提高我国能源供应的多样性和安全性具有积极贡献，作为后续能源的重要组成部分，风力发电有利于能源结构调整，减少能源进口压力。本课程主要采用案例教学、自主探究教学和理论教学相结合的方式，讲授风能基础理论和以风力发电为代表的风能应用技术。通过本课程的学习能够掌握风能基础理论、风力机工作原理、风力发电机组结构及运行特征，了解风能资源评价方法以及风力发电场的选址、维护、管理等相关工程技术知识，具备应用风能工程的知识进行风力发电工程设计及对实际问题进行分析和计算的能力，为后续专业课的学习和将来从事专业技术工作打下良好的基础。

**二、课程教学的基本要求**

1、理论知识方面：掌握风能的基础理论知识、风力机工作原理及风力发电机组结构和运行调节，了解风能资源评价方法、风力发电场选址、风力机组运行维护和风电场管理等基本知识，能够进行简单的风力发电系统计算和设计，了解风力制热、风力提水等风能利用的其他应用形式。

2、实验技能方面：掌握风速、风向等相关测试方法，并能对测试数据进行处理；了解风力发电机组安装、常见故障和维护常识。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

以培养创新应用人才为核心，以课程教学和实践教学为节点，使学生掌握风力发电技术，具备风力发电工程设计和解决实际问题的能力。通过课程讲解、案例教学、自主探究、课外思考和问题讨论等提高学生理论知识水平、自主学习能力、应用设计实际能力、分析能力以及实践创新能力。教学内容在组织实施中分为两部分，课程讲授和案例教学为一部分，主要是风能形成、风的数学描述、风力发电基本原理、风力发电机组结构、功率调节等基础性内容，另一部分通过课程布置主题讨论或者线下完成议题思考、系统设计等进行。教学策略以调动学生主动学习、提高学习兴趣为主，采用综合课程讲授、线上和线下讨论等多种形式的教学方法。相应的学习过程评价为多元体系，既包括课堂考勤、回答问题、听课情况等，也包括线下内容完成与讲解过程评价，再结合课程实验和考试环节进行综合评价。通过以上教学设计以期使得学生在掌握风力发电技术知识的同时具备综合分析问题和解决问题的能力。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 使学生掌握风能基础理论、风力机工作原理、风力发电机组结构及运行特征 | 1 |
| 2 | 通过课程学习，使学生能够掌握风能资源评价方法以及风力发电场的选址、维护、管理等相关工程技术知识 | 4 |
| 3 | 通过课程的学习，使学生具备应用风能工程的知识进行风力发电工程设计及对实际问题进行分析和计算的能力 | 2  3 |

**四、理论教学内容及学时分配（28学时）**

**第一章 绪论 学时数：2**

**教学目标：**了解国内外风电发展现状和趋势。

**教学重点和难点：**风力发电的优势及我国风电产业现状。

**主要教学内容及要求：**

了解：我国风能利用发展历史。

理解：国内外风电发展的背景，理解产业政策对技术发展的影响。

掌握：我国风电产业的布局和国家的相关政策。

熟练掌握：我国风电产业现状及主要发展形势。

**教学组织与实施：**

围绕风能的利用，采用师生互动教学组织形式，引导探讨风能的利用方式，并以课为教学活动单元，完成国内外风电发展现状的教学活动，并带领学生分组探究风力发电发展的促使原因。

**第二章 风与风能 学时数：6**

**教学目标：**掌握风的形成原因和基础理论知识。

**教学重点和难点：**各类风的形成原因、风能资源的数学描述及我国风能资源区域划分情况，其中大气环流形成的原因及主要影响因素是本章的难点。

**主要教学内容及要求：**

了解：风能形成的原因、我国风能资源区划及分布特点。

理解：大气环流形成原因、风能资源的主要影响因素。

掌握：海陆风、山谷风、季风的形成原因及风能密度、风向玫瑰图、风频特征分布等。

熟练掌握：风能资源的数学描述并能进行风能密度、有效风能的计算。

**教学组织与实施：**

通过感受大气运动和理论讲解，让学生深刻体会风的形成，并以风车为例，陈述风能形成的原因。采用动画模拟和视频讲解形式，生动、有趣的描述海陆风、山谷风、季风的形成，根据学生认知规律和接受特点，引导学生讨论对风的形成和风能资源利用的见解，并完成风能相关计算案例讲解，以提高学习效果。

**第三章 风力发电基本原理 学时数：6**

**教学目标：**了解风力机的类型，理解风力机受力形式及工作原理，能进行简单的空气动力学分析计算。

**教学重点和难点：**风力机的空气动力学特性及叶素理论、贝兹极限、涡流理论等风力发电原理。

**主要教学内容及要求：**

了解：风力机的分类和主要组成部件，风力发电叶素理论、涡流理论和动量定理的基本内涵。

理解：升力型和阻力型风力机的工作原理，叶片的受力分析。

掌握：翼型和翼型的特征表达；贝兹极限及应用；攻角对升力和阻力的影响；风力机的空气动力学特性。

熟练掌握：水平轴风力机和垂直轴风力机的工作原理和特性；翼型几何参数及其对空气动力学特性的影响。

**教学组织与实施：**

基于本章基础理论内容较多且难点多、理解困难的特点，采用传统板书教学和多媒体教学相结合的方法进行理论内容的讲授，同时为加大课堂传递信息的容量，提高学生参与课堂教学的积极性，利用已建的课件，发布讨论和相关作业，采用线上和线下混合式教学，增加学生参与教学的主动性。

**第四章 风力发电机组 学时数：6**

**教学目标：**掌握现代风力发电机组的组成和风力机关键部件的设计，了解风力发电机组并网系统。

**教学重点和难点：**水平轴风力发电机组的构成，风力发电机组的传动系统、偏航系统、控制系统、发电系统特征**。**

**主要教学内容及要求：**

了解：风力发电机组的分类，各组成单元的特点、离网风电和并网风电特征、并网型风力发电机的主要反馈控制机制及偏航系统的维护和检修。

理解：风力发电机组的机舱、通风散热等辅助系统及传动系统、控制系统、发电系统的组成、特点和连接方式。

掌握：风力发电机组叶片类型、材料特点、设计要求和发展趋势；轮毂的三种连接方式及特点；塔架的类型、设计要求、工程安装及对应的塔架基础；齿轮箱特点、用途和常见故障及防御措施；调速装置和制动装置的原理、组成和应用；风力发电机组偏航系统的分类和组成，包括侧面轴承、驱动装置、接近开关和限位开关等。

熟练掌握：风力发电机组偏航系统的偏航原理、偏航功能及风力发电系统供电形式。

**教学组织与实施：**

播放大型风力发电机组内部结构的视频，点出风力发电机组组成和安装教学内容，引导学生讨论组成大型风力发电机组的主要装置，然后利用多媒体讲解发电机组各关键部件及偏航系统、发电系统等，最后让学生结合理论教学内容和视频，线下思考家用小型风力发电机的系统组成和安装。

**第五章 风力发电机组的运行调节 学时数：4**

**教学目标：**掌握风力发电机组的运行特性和功率调节原理。

**教学重点和难点：**风电机组的功率调节机制及定桨距机组和变桨距机组各自功率输出优点。

**主要教学内容及要求：**

了解：风力发电机组的功率调节三种形式。

理解：风力发电机组的基本运行过程和运行条件；风力发电机组的并网输出和软并网程序；机组的基本控制要求和安全运行条件及风力发电机组噪声控制技术。

掌握：定桨距和变桨距风力发电机组的特点，定桨距和变桨距机组设计要解决的主要问题，空气动力刹车原理和装置，双速发电机在定桨距风力发电机组功率控制中运行调节的方法和应用意义；温度、气压、节距角与额定转速的设定对功率输出的影响。变桨距风力发电机组启动状态、欠功率状态和额定功率状态时的功率输出运行方式及变桨距执行系统和控制方式工作原理。

熟练掌握：定桨距和变桨距风力发电机组的桨叶失速调节原理及风力发电场的噪音形成原因和预防措施。

**教学组织与实施：**

线上展示风力发电机组控制系统和并网发电内容，引出功率调节的重要性，讲授定桨距机组和变桨距机组功率输出的运行调节理论，提示定桨距机组和变桨距机组功率调节特点，讨论变桨执行机构工作方式，然后线上完成功率调节的测试作业。

**第六章 风电场选址及风能的其它利用技术 学时数：4**

**教学目标：**掌握风电场的选址方法；了解环境对风电场的影响、风力发电机组的常见故障及风能的其它利用技术形式。

**教学重点和难点：**风电场风机选型和发电量估算，风电场微观和宏观厂址的选址及风光互补发电系统。

**主要教学内容及要求：**

了解：风电场选址基本原则及可行性评估方法；风力发电设计和模拟常用的几种软件；风力提水系统的优点、工作特性及风能与太阳能、水能、内燃机、水电等能源的互补利用。

理解：风电场的主要环境影响因素和风能资源评估方法；风电机组的常见故障分析及预防；风力制热的转化途径和主要形式。

掌握：风电场微观和宏观厂址选择方法、判断依据，风电场的运行、维护与管理。

熟练掌握：风光互补发电系统的主要组成、工作特性及系统设计。

**教学组织与实施：**

分组讨论风能利用方式后，讲授并测评学生对本章概念的理解，然后以郑州地区为例，分析并计算建立风力发电站的可行性及依据，并在线下根据学生的学习效果，让学生选学风力发电机组整机设计和风电场建设数值模拟相关内容。

**五、实验教学内容及学时分配 （4学时）**

**（一）实验课程简介**

风能工程实验主要讲授风能资源基本测试方法或小型风力机功率特性的测定，是课程教学的重要组成部分。

**（二）实验教学目的和基本要求**

本课程要求学生掌握常规风速测定装置的结构原理和使用方法，或者掌握风力发电机组功率特性的测定。

**（三）实验项目名称与学时分配**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **学时** | **类型** | **实验要求** | **每组人数** |
| 04021213+01 | 风速测量 | 4 | 基础性 | 选做 | 2-3人 |
| 04021213+02 | 小型风力发电机功率测定 | 4 | 综合性 | 选做 | 5-6人 |

**（四）实验方式及基本要求**

现场测试，完成测试数据的处理。

**（五）实验内容安排**

**【实验一】风速测量**

**1.实验学时：**4学时

**2.实验目的：**掌握不同风速测量装置的使用方法，了解不同环境条件下的风速变化情况。

**3.实验内容：**使用不同风速测量装置分别测定不同环境条件下的风速变化情况，掌握风速测定装置的使用方法。

**4.实验要求：**了解不同风速测量装置工作原理，独立完成风速测量实验。

**5.实验设备及器材：**三杯风速仪、热球风速仪、小型气象站、落地扇、风机。

**【实验二】小型风力发电机功率测定**

**1.实验学时：**4学时

**2.实验目的：**掌握风力发电机组功率测定方法。

**3.实验内容：**测定小型风力发电机组功率输出特性。

**4.实验要求：**了解风速对小型风力发电机功率输出的影响。

**5.实验设备及器材：**热球风速仪、小型风力发电机、电压表、电流表、功率表、卷尺、白炽灯。

**(六)考核方式及成绩评定**

实验内容作为课程考核的一部分，实验操作及实验报告作为按平时成绩考核。

**六、使用教材**

**1、选用教材：**

（1）理论课教材：风力发电原理，吴双群、赵丹平，北京大学出版社，2018年。

（2）实验课教材：自编实验指导书。

**2、参考书：**

（1）风力发电技术及应用，范海宽，北京大学出版社，2013年。

（2）风能工程，董良杰编著，中国农业出版社，2016年。

（3）风力机空气动力学，吴双群、赵丹平，北京大学出版社，2011年。

**3、推荐网站：**

（1）中国风力发电网，http://www.fenglifadian.com/

（2）中国风力发电信息网，http://www.cnwp.org.cn/

（3）中国风能网，http://www.cnwee.com/

（4）中国海上风电网，http://www.offshorewind.cn/

**七、教学条件**

该课程由1名教学经验丰富的老教师和1名青年教师组成的教学团队共同完成教学任务，师资搭配合理。同时我校良好的网络资源、图书资料和多媒体设施等为风能工程课程教学任务的实施提供了基础条件，且农村农业部可再生能源新材料和装备重点实验室拥有小型风力发电机组、小型气象站和风速风向仪等专业设备，为课程实施提供了所需要的软、硬件条件。

**八、教学考核评价**

**1.考试方法：**

风能工程采用闭卷考试。总成绩由平时成绩、期中考试成绩、期末考试三部分组成，平时成绩占总分值的20%~30%，期中考试成绩占平时成绩的50%，期末考试成绩占总分值的70~80%。

**2.过程性评价：**

教学评价过程性考核评价时，风能工程过程性考核所占比例为20%~30%，由平时考勤、听课状态、回答问题、平时作业、实验报告、期中考试等组成，各自所占比例由任课老师掌握。

# 节能技术

（Energy-efficient Technology）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021215 | **课程总学时：**32 | **实验学时：** 4 **学时** |
| **课程性质：**选修 | **课程属性:**专业类 | **开设学期：第** 6 **学期** |
| **课程负责人：**赵淑蘅 | **课程团队：**马晓然 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | |
| **对先修的要求：**先修课程包括工程热力学、传热学、流体力学、燃烧学和节能原理；先修知识点主要包括热力学第一定律与热力学第二定律，热传导、热对流和热辐射，伯努利方程，燃烧原理，系统㶲效率等；学生应具备分析热力学平衡、热传递换热过程、燃烧过程的能力，并掌握系统熵增与㶲损计算和流体力学计算等能力与素养基础。 | | |
| **对后续的支撑：**对后续能源技术经济学课程，提供节能途径分析知识点，提供节能技术选择应用和节能技术案例综合分析的能力与素养支撑。 | | |
| **主撰人：**赵淑蘅 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

本课程是新能源专业的一门专业选修课。课程教学任务是使得学生掌握节能技术相关的基本知识，可对实际生产过程进行节能途径分析，并能够综合分析相关节能工程实例系统。课程在人才培养过程中起到承上启下的作用，既有对专业基础知识，如热力学定律、传热规律、燃烧理论和节能原理等综合分析运用，又可对能源技术经济学、综合课程实习等提供实践基础。通过本课程，学生应掌握通用的先进节能技术原理知识，具备综合分析不同工程系统节能途径的能力，并具有对实际生产生活过程中的工程进行节能设计或节能改造设计的素养。教学过程中突出先进节能技术对比分析，有助于培养学生工匠精神；将节能与环保、发展等多方面内容相结合讨论，可强化学生社会责任意识与担当。教学过程采用以课堂讲授为主，“翻转课堂”为辅的综合教学方法：通过课堂讲授引导学生对先进节能技术进行辩证思考，通过布置“不同领域节能技术介绍与分析”的议题使得学生学会主动学习；始终贯彻学生为第一位的教学理念，综合以线下教学为主的多种教学方法开展节能技术课程的教学。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：通过本课程的学习，使学生能够获得有关节能技术的基本理论、专业知识和基本技能，了解和掌握通用的先进节能技术，具备对用能设备进行节能改造的分析能力，能解决生产中的节能问题，为从事相关的工程技术工作打好基础。学生在本课程学习中应掌握以下几个方面的节能相关内容与技术：节能基本原理、高效低污染燃烧技术、强化传热技术、余热利用技术、隔热保温技术、热泵与制冷节能技术、热管及其在节能中的应用、能量梯级利用技术、锅炉节能技术、建筑节能技术、新能源利用技术和分布式能源系统等。

2.实验技能方面：熟练掌握节能灯具的种类、特点及其在建筑节能和交通节能中发挥的作用；理解节能炉具的节能途径分析，掌握节能炉具的测试方法，通过实验能够综合理解影响炉具产生热损失的主要因素，并能够提出相应的节能改进措施与方法。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

课程目标为使学生在掌握先进节能技术基础知识上可对生产生活中的系统工程进行节能途径分析以及进行节能技术改造设计等；以及通过多种教学方法并举使学生学会自主学习与团队协作，具备发现问题、沟通交流及解决问题的能力素养。教学内容在组织实施中分为三部分，课堂讲授为一部分，主要包括先进节能技术分析、典型系统工程的节能途径分析及节能改造、新能源技术和分布式能源技术的应用前沿等；第二部将学生分组完成课前布置议题，进行“翻转课堂”式学习，议题包括农业农村节能技术、工业生产节能技术、交通节能技术、建筑节能技术、电力节能技术等；第三部分为课堂讨论，布置统一题目“不同类型可再生能源在节能领域的应用前景”进行课堂讨论式学习。相应的学习过程评价为多元体系，既包括课堂作业及课堂讨论等表现，也包括学生在“翻转课堂”学习过程中的内容准备与讲解过程评价，再结合实验设计实施环节和课程考试环节进行综合评价。教学策略以调动学生主动学习兴趣为主；教学方法综合课堂讲授、“翻转课堂”和课堂讨论等多种方法展开；教学过程中对课堂时间进行划分，将约五分之一的课堂内容交给学生进行“翻转课堂”式讨论学习，约八分之一的时间进行课堂讨论等；通过以上教学设计过程以期使得学生在掌握相应节能技术知识的同时具有综合分析解决问题的能力。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：使学生掌握先进节能技术基础知识，能够对生产生活中的系统工程进行节能途径分析以及进行节能技术改造设计。 | 3 |
| 2 | 目标2：分组进行“翻转课堂”学习不同节能技术，使学生具有团队意识与协作能力。 | 9 |
| 3 | 目标3：通过分析对比不同节能技术进行、分组进行“翻转课堂”学习，以及课堂讨论等，使学生具备对工程领域节能技术相关内容进行分析、讨论、交流和沟通的能力。 | 10 |
| 4 | 目标4：通过先进节能技术的学习、不同议题的分析和课堂讨论，使学生具备自主学习、不断学习的能力。 | 12 |

**四、理论教学内容及学时分配（28学时）**

**绪论  学时数：2**

节能技术课程的任务和基本内容，节能技术发展概况。节能所用基本原理即热力学第一定律和热力学第二定律的阐述，节能技术对提高工农业生产效率、节约能源、改善环境和促进国民经济发展的意义。

**第一章     通用节能技术               学时数：16**

**第一节 高效低污染燃烧技术 2学时**

**教学目标：**了解气、固、液燃料的燃烧过程与特点；掌握常用燃料油和煤粉的高效低污染燃烧技术；明白燃烧节能技术与“生态文明建设”关系。

**教学重点和难点：**煤粉的高效低污染燃烧技术

**主要教学内容及要求：**

了解：燃烧的条件与特点；

理解：气体燃烧过程；

掌握：燃料油的高效低污染燃烧技术；

熟练掌握：煤粉的高效低污染燃烧技术。

**教学组织与实施：**以对“生态文明建设”的讨论引入课堂，引导学生关于燃料燃烧节能技术对能源与环境的影响思考，回顾《燃烧学》中关于燃烧过程的知识，提出气体燃烧、油燃烧和煤粉燃烧中的高效低污染燃烧技术，重点分析煤粉燃烧技术。根据布置的“农业农村节能技术”展开课堂讨论，并将高效燃烧技术与节煤炉、省柴灶等农村用能设备进行结合分析。

**第二节 强化传热技术      2学时**

**教学目标：**了解换热器结构与分类；掌握评价换热器的性能指标；理解强化传热原则并掌握不同换热条件下可实施的强化传热技术。

**教学重点和难点：**评价换热器的性能指标与强化传热技术

**主要教学内容及要求：**

了解：换热器的结构与分类；

理解：强化传热原则；

掌握：评价换热器的性能指标；

熟练掌握：不同工况条件下强化传热技术。

**教学组织与实施：**从工程中换热器的地位引入课堂，对换热器按照结构形式进行分类，与学生一起探讨不同换热器的特性与适应范围；回顾《传热学》知识，凝练强化换热原则，重点分析评价换热器的性能指标；针对不同工况展开讨论可采取的强化传热技术；通过课堂提问或随堂测试等方法进行教学信息反馈。根据布置的“电力行业节能技术”展开课堂讨论，并将强化传热与电力系统的电力输送节能与发电设备效率提高等进行结合分析。

**第三节 余热利用技术     2学时**

**教学目标：**了解余热的分类与特性；理解余热利用原则；掌握余热利用方式。

**教学重点和难点：**余热利用原则

**主要教学内容及要求：**

了解：余热定义与分类；

理解：余热利用原则；

掌握：余热利用方式；

熟练掌握：不同余热利用实例。

**教学组织与实施：**从对热力学第二定律的理解与分析开始课堂教学，指导学生思考余热的范畴，重点阐述明确余热利用原则，通过不同实例使学生掌握不同余热利用方式及应用实际，通过课堂提问或随堂测试等方法进行教学信息反馈。根据布置的“工业节能技术”展开课堂讨论，并将余热利用原则与工业流程设计相结合进行讨论。

**第四节 隔热保温技术     2学时**

**教学目标：**了解保温的目的；掌握保温材料的特性与分类；理解保温材料的选用。

**教学重点和难点：**保温层的经济厚度

**主要教学内容及要求：**

了解：保温的目的与作用；

理解：保温材料的选用；

掌握：保温材料的特性与分类；

熟练掌握：保温层的经济厚度。

**教学组织与实施：**从保温的目的与作用介绍引入课堂，以工程实例分析激发学生学习兴趣；重点介绍新型保温材料的特性，特别是我国在保温材料开发领域的前沿成果，引导学生思考科学怎样与实际相结合，同时提升学生科研兴趣；分析保温层的经济厚度，以保温材料的排布与穿衣保暖问题相结合，进行公式推导，提升学生课堂活跃度。根据布置的“建筑节能技术”展开课堂讨论，并对保温材料在建筑节能领域发挥的作用进行讨论。

**第五节 热泵与制冷技术     2学时**

**教学目标：**了解热泵的结构；掌握热泵的分类与应用；理解吸收式热泵技术；掌握先进制冷节能技术。

**教学重点和难点：**制冷与热泵的区别与联系

**主要教学内容及要求：**

了解：热泵的定义与结构；

理解：吸收式热泵技术；

掌握：热泵的分类与应用；

熟练掌握：制冷的节能技术。

**教学组织与实施：**从热力学原理的阐述入手，将制冷与制热的关系进行说明。对热泵的发展史进行介绍，并对中外热泵技术的应用进行对比，激发学生形成先进节能技术对生产生活带来巨大影响的理念；对不同热泵技术应用范围进行说明，举例讲述制冷节能技术的发展历程。

**第六节 热管及其在节能中的应用  2学时**

**教学目标：**掌握热管的结构与工作原理；了解热管的分类；理解热管的热流极限。

**教学重点和难点：**热管的热流极限

**主要教学内容及要求：**

了解：热管的分类与应用；

理解：热管的热流极限；

掌握：热管的结构与特性；

熟练掌握：热管的工作原理。

**教学组织与实施：**对比传热与隔热的应用范畴，提出热管的定义，对热管的发展史进行介绍，引起学生对于科研的兴趣，介绍热管的特性，重点分析热管的结构与工作原理，通过板书加视频动画演示等，使得学生熟练掌握热管的结构与工作原理；结合流体力学知识，对热管的热流极限进行详细分析，既回顾前期所学，又将理论知识与实际应用相结合。

**第七节 能量梯级利用技术   4学时**

**教学目标：**了解多效蒸发概念与分类；理解压差发电技术作用；掌握热电联产分类与特性。

**教学重点和难点：**热电联产技术

**主要教学内容及要求：**

了解：蒸汽按品位进行梯级利用的概念；

理解：多效蒸发的分类与作用；压差发电的技术特点；

掌握：热电联产的分类与特性；

熟练掌握：朗肯循环节能途径的分析。

**教学组织与实施：**从蒸汽的作用开始介绍，结合热力学第二定律，强调能量应按品级进行梯级利用；总结回顾余热利用部分内容，对蒸汽按品级的分级利用实例进行分析；通过果汁浓缩或海水淡化实例引入多效蒸发的概念，并对其分类进行简要说明；提出压差发电概念，阐述压差发电过程；回顾工程热力学中朗肯循环知识点，分析提高朗肯循环效率的途径，提出热电联产概念，对热电联产进行分类讨论。根据布置的“交通节能技术”展开课堂讨论，并将能量梯级利用与涡轮增压技术相结合进行讨论。

**第二章     锅炉节能技术                         学时数：4**

**教学目标：**了解锅炉定义与发展；理解锅炉基本结构；掌握锅炉节能途径分析；熟悉常用的锅炉节能技术；理解锅炉节能改造技术。

**教学重点和难点：**锅炉节能途径的分析

**主要教学内容及要求：**

了解：锅炉的定义及我国锅炉产业的发展；

理解：锅炉的基本结构，并能将结构与节能途径分析相结合；锅炉的节能改造方式；

掌握：锅炉的热力学平衡方程和节能途径分析；

熟练掌握：常用的锅炉节能技术。

**教学组织与实施：**从锅炉节能技术的重要性开始阐述，分析用煤大户锅炉的节能对于工业生产与环境保护的重要意义；对我国锅炉产业的发展进行简要说明，提升学生的民族自豪感；通过对锅炉结构的分析，引入锅炉的热力学平衡方程，并进一步阐明锅炉节能途径；针对相应的节能途径，提出常用的锅炉节能技术说明；对我国锅炉节能改造技术的发展进行讨论与分析。课堂设计过程从学生兴趣点出发，结合时政变化，将理论知识与实际生产进行综合讨论，并融合第一章中不同的通用节能技术在锅炉节能中发挥的作用，使学生全面掌握锅炉相关的节能途径分析、节能技术说明和节能改造利用等。

**第三章     建筑节能技术                         学时数：2**

**教学目标：**了解建筑节能定义与发展；掌握维护结构节能技术；理解建筑节能综合技术。

**教学重点和难点：**维护结构节能技术

**主要教学内容及要求：**

了解：建筑节能定义及国内外发展现状；

理解：建筑综合节能技术；

掌握：维护结构节能技术。

**教学组织与实施：**以学生为第一视角对建筑可采取的节能技术进行思考与分析；通过对城市化进程特别是我国改革开放发展多年的经济生活水平提高等角度出发，提出建筑节能的必要性与重要性；对建筑节能途径进行分析说明，阐述通用的节能技术如隔热保温技术、热泵与制冷技术、余热利用技术等在建筑节能领域所能发挥作用；以典型的建筑结构为示例，综合分析建筑节能技术的应用实例。

**第四章     新能源利用技术                         学时数：2**

**教学目标：**了解新能源分类与发展；掌握新能源技术的应用范围；理解新能源技术在节能技术领域的重要性。

**教学重点和难点：**不同新能源技术的发展与应用

**主要教学内容及要求：**

了解：新能源的分类与发展；

理解：节能技术领域新能源所发挥的巨大作用；

掌握：不同新能源技术的应用范围。

**教学组织与实施：**从能源发展的历史进程介绍展开课堂教学，通过对人类、能源与环境的关系进行阐述与讨论，使得学生理解新能源技术在节能技术领域的重要性；分类说明不同新能源的特点，分析讨论其应用范围与途径。将学生对于节能的固有概念打破，明白开源与节流并举的重要性，发散思维，提高学生对于节能技术的理解层次。

**第五章     分布式能源系统                       学时数：2**

**教学目标：**了解分布式能源概念；掌握节能技术的灵活性；理解分布式能源系统在节能领域的重要性。

**教学重点和难点：**分布式能源系统的应用

**主要教学内容及要求：**

了解：分布式能源概念；

理解：分布式能源系统在节能领域的作用；

掌握：分布式能源系统的应用。

**教学组织与实施：**结合新能源技术在节能技术中的应用，提出分布式能源系统，阐述典型的分布式能源系统结构，并分析其在节能技术灵活性上的体现，引导学生对典型分布式能源系统的节能途径与节能原理进行讨论与研究。

**五、实验教学内容及学时分配（4学时）**

**（一）实验课程简介**

实验课程包括节能灯具测试分析和节能炉具性能测试。

**（二）实验教学目的和基本要求**

实验教学目的是使学生掌握节能设备的节能原理，能够对相应设备或系统工程进行节能途径分析，并理解节能设备在系统工程中所发挥的作用。实验教学要求学生具有实验设计及动手实践能力。

**（三）实验安全操作规范**

进行实验前，实验人员应认真预习实验内容，弄清实验操作过程及原理，理清思路，掌握正确使用电器及炉具的要点，弄清电气开关与标记，保持清醒头脑，避免违规操作，预估潜在的如触电及烫伤等危险，在实验过程中注意防范。

**（四）实验项目名称与学时分配**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **学时** | **类型** | **实验要求** | **每组人数** |
| 04021215＋01 | 节能灯具测试分析实验 | 2 | 设计性实验 | 必做 | 2 |
| 04021215＋02 | 节能炉具性能测试实验 | 2 | 综合性实验 | 必做 | 4 |

**（五）实验方式及基本要求**

实验采用分组进行，每组成员按照实验要求进行分工合作：进行节能灯具功率的测定与计算，完成节能灯具测试分析实验报告；进行节能炉具性能测试实验时，先对炉具进行节能途径分析，再针对炉具效率进行测试，并完成炉具性能测试实验报告。

**（六）实验内容安排**

**【实验一】节能灯具测试分析实验**

**1.实验学时：**2学时

**2.实验目的：**掌握不同灯具性能，对比不同灯具节能效果，为其在建筑或交通领域发挥节能作用进行分析评价。

**3.实验内容：**节能灯具功率测定及分析。

**4.实验要求：**按照实验指导手册，在节能灯具测试平台进行规范操作，设计不同工况与条件，记录整理实验数据，并完成实验报告。

**5.实验设备及器材：**节能灯具测试平台。

**【实验二】节能炉具性能测试实验**

**1.实验学时：**2学时

**2.实验目的：**掌握炉具节能途径分析，了解节能炉具性能测试标准，具备不同炉具性能测试评价能力。

**3.实验内容：**节能炉具性能测试。

**4.实验要求：**按照实验指导手册，结合炉具测试标准，分组进行炉具热效率等性能指标测试实验，整理实验数据并完成实验报告。

**5.实验设备及器材：**节能炉具性能测试平台。

**(七)考核方式及成绩评定**

考核学生对于实验设计、实验操作和实验报告记录等多方面的能力。对实验设计、实验操作、实验结果和实验报告分别评定成绩，满分为100分。

**六、课程思政**

课程教学过程中突出先进节能技术对比分析，有**助于培养学生工匠精神**；将节能与环保、发展等多方面内容相结合讨论，**可强化学生社会责任意识与担当**。教学过程采用以课堂讲授为主，“翻转课堂”为辅的综合教学方法：通过课堂讲授引导学生对先进节能技术进行**辩证思考**，通过布置“不同领域节能技术介绍与分析”的议题使得学生学会主动学习；始终贯彻学生为第一位的教学理念，综合以线下教学为主的多种教学方法开展节能技术课程的教学。

**举例一：隔热保温技术前沿——矢志奋斗，科技报国**

保温工程的实现很多时候是依靠保温材料；引导学生结合切身体会，理解保温材料的发展与变革也给人们的生产生活带来极大便利；我国保温材料的发展从依赖借鉴国外经验到逐步实现自主生产发明，这其中包含数代材料人的奋斗；以二氧化硅气凝胶材料为例引入特殊保温材料——全碳气凝胶和陶瓷气凝胶，这些材料具有显著优异的隔热效果，形态性质特殊，密度小，耐受温度高，受温度急剧变化影响小，由我国科研工作者研发，可用于航空航天及核能开发应用等领域；通过极具特色的保温材料案例引导学生关注前沿科技发展，激发学生科技报国的意志。

**举例二：锅炉节能技术背景——保护自然，绿色发展**

煤炭资源仍然占据我国能源的主体地位，而锅炉是使用煤炭规模最大的设备，所以从能源利用角度出发，锅炉节能技术在我国节能领域占据重要地位；煤炭的利用过程会对环境造成影响，通过图片数据的展示等使学生感性了解我国煤炭资源现状及锅炉用煤规模演变；引入“生态文明建设”议题，通过视频展示锅炉节能改造在“打赢蓝天保卫战”中所发挥的作用；说明人与自然和谐共生理念背后的发展，引导学生在掌握技术变革的同时关注民生、关注生态，强化“以人为本”的工程伦理观念。

**举例三：建筑节能技术演变——为人民美好生活奋斗不止**

在综合分析各种建筑节能技术之后，对建筑节能技术的演变进行探讨。首先引导学生从身边的案例出发讨论生活中的建筑及节能技术变化，进而通过大量图片、动画的展示阐述建筑节能技术的发展，主要以时间为序对比民用建筑和公共建筑等演变过程中的节能技术变革；同时提议学生思考，建筑构造形式变化以及节能技术变化的内驱力，即人们生活水平的提升，对建筑舒适性功能的需求增强；启发学生以发展的观点看待问题，辨析节能与发展的关系，最后提炼出建筑节能技术的发展演变印证了习主席所说的“人民对美好生活的向往就是我们的奋斗目标”。

**七、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

（1）理论课教材：节能技术及案例分析，关欣等编著，中国电力出版社出版社，2016年

（2）实验课教材：自编实验指导书

**2.参考书：**

（1）农村节能工程，刘圣勇，中国农业出版社，2012年

（2）工业节能技术．吴金星．机械工业出版社，2014年

（3）能源管理，黄素逸等，中国电力出版社，2016年

（4）节能技术，姜子刚，中国质检出版社-中国标准出版社，2013年

（5）重点用能行业节能技术，陈江华等，中国电力出版社，2013年

（6）能源与节能技术（第三版）．黄素逸，林一歆．中国电力出版社， 2016

**3.推荐网站：**

（1）国家精品课程资源网，http://course.jingpinke.com/

（2）网易公开课网，<http://open.163.com/movie/2013/10/A/F/M9AV0VB7O_M9BE7U4AF.html>

**八、教学条件**

课程实施过程需要教师进行充分的准备，包括根据研究前沿实时更新先进节能技术的知识内容，能够组织学生进行“翻转课堂”式讨论教学过程，具有熟练使用“学习通”等辅助软件进行线上互动与答疑的基础；课堂教学过程需要具有多媒体教学设备的教室场地；实验过程需要节能灯具综合实验平台，以及节能炉性能测试实验设备等。

**九、教学考核评价**

**1.过程性评价：**课堂表现10%、小组学习讨论40%、课程作业20%、实验操作水平及实验报告30%

**2.终结性评价：**笔试，100%

**3.课程综合评价：**过程性评价50%，对应课程目标中使学生具备自主学习和不断学习的能力，具有团队意识、协作能力以及针对工程技术问题进行分析、讨论、交流和沟通的能力；终结性评价50%，对应课程目标中使学生在掌握先进节能技术基础知识，能够对生产生活中的系统工程进行节能途径分析以及进行节能技术改造设计。

# 通风与供热工程

（Ventilating and Heating Engineering）

**课程基本信息**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021216 | **课程总学时：**32 | **实验学时：** 0 **学时** | |
| **课程性质：**选修 | **课程属性:**创业教育类 | **开设学期：第** 7 **学期** | |
| **课程负责人：**刘新新 | **课程团队：**杨绍旗、张洋 | | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | | |
| **对先修的要求：**工程热力学，传热学，流体力学 | | | |
| **对后续的支撑：**能实现已学课程的融会贯通，并对解决通风与供热工程中的实际问题提供技术支持 | | | |
| **主撰人：**刘新新 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 | |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

本课程是新能源科学与工程专业的一门专业选修课。本课程涉及建筑物的通风、供热、防排烟、建筑节能等内容，主要阐述一般民用和工业建筑通风机空气调节、室内采暖和室外供热管道工程的设计方法和安装基本知识，介绍建筑物通风系统、室内采暖系统和室外供热管道的工作原理、系统构造，系统和设备的选择，安装技术要求以及系统运行、调整和维护基本知识。由于本课程专业性和实践性较强，课程学习注重培养学生发现问题、分析问题、解决问题的能力，培养学生系统综合运用基础知识、专业基础知识以及专业知识的能力，训练学生熟练查阅设计手册、设计规范和各类标准的能力。通过本课程的学习，使学生能系统地掌握空气调节的基本理论知识和目前常用的以热水或蒸汽作为热媒的室内供暖及集中供热系统的基本原理和基本知识；培养学生具有一般民用和工业建筑的通风及空调系统、供暖系统的设计能力和系统运行调节等方面的基础知识；掌握供暖与集中供热运行管理的基本知识。对通风及供热方面的新理论、新技术、新设备及发展趋势有所了解。

**二、课程教学的基本要求**

1、理论知识方面：

（1）通风技术的基本理论、计算方法、专业术语；

（2）通风设备的工作原理和选择方法；

（3）通风系统的设计原则、方法和设计；

（4）室内空气净化原理与设备；

（5）建筑物的热负荷计算；

（6）散热器的结构原理和设计计算；

（7）各种供热系统的原理和布局；

（8）供热系统的施工要求和运行及管理。

**三、课程的教学设计**

1、教学设计说明

达成课程目标采用形成性评价和结果评价相结合的方式。这种方式是将以往由注重结果调整为注重学习过程，加大形成性评价的比例，以调动学生学习的主动性和积极性，并且有利于学生综合能力培养的目标。

形成性评价包括平时作业、在线测试、小组协作综合问题的探究学习、网络讨论、混合课堂、网络资源利用、网络学习痕迹等。

结果评价是课程结束后采用闭卷考试，全面考察学生对本课程知识的理解、掌握程度以及灵活运用知识解决问题的能力。

2、课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 由于本课程专业性和实践性较强，课程学习注重培养学生发现问题、分析问题、解决问题的能力，培养学生系统综合运用基础知识、专业基础知识以及专业知识的能力，训练学生熟练查阅设计手册、设计规范和各类标准的能力。 | 1 |
| 2 | 目标2：通过本课程的学习，使学生能系统地掌握空气调节的基本理论知识和目前常用的以热水或蒸汽作为热媒的室内供暖及集中供热系统的基本原理和基本知识；。 | 2 |
| 3 | 目标3：培养学生具有一般民用和工业建筑的通风及空调系统、供暖系统的设计能力和系统运行调节等方面的基础知识；掌握供暖与集中供热运行管理的基本知识。 | 5 |

**四、理论教学内容及学时分配（32学时）**

**绪 论 学时数：2**

通风与供热工程课程的任务和基本内容，通风与供热工程技术发展概况。建筑物的通风设计及集中供热对提高国民生活质量、节约能源和促进国民经济发展的意义。

**第一章 工业与民用建筑的通风**   **学时数：2**

**教学目标：**使学生理解和掌握通风技术的基本理论、计算方法和专业术语，掌握通风管道的设计计算，了解改善室内空气质量的综合措施。

**教学重点和难点：**通风管道的设计原则和计算方法。

**主要教学内容及要求：**

了解：全面通风、自然通风、局部通风、事故通风、通风效果等的基本概念及常见通风技术的分类。

理解：全面通风的气流组织、通风房间的空气平衡和热平衡、改善室内空气质量的综合措施。

掌握：各不同通风方式的工作原理、送风系统的组成、评价通风效果的指标。

熟练掌握：通风管道的设计计算。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第二章 室内空气净化原理与设备**   **学时数：2**

**教学目标：**使学生理解室内通风中的建筑除尘系统，了解净化装置的性能、工作过程和设备分类。

**教学重点和难点：**理解室内通风空气净化设备的工作原理。

**主要教学内容及要求：**

了解：空气净化装置的性能和分类，粉尘的特性和除尘机理。

理解：净化装置的选择依据，不同除尘系统的工作原理和应用。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第三章 供暖系统的设计热负荷与建筑热工**   **学时数：4**

**教学目标：**使学生理解和掌握供暖系统设计的计算原则与方法、采暖建筑的相关热工设计要求。

**教学重点和难点：**掌握多层和高层建筑供暖系统设计热负荷的计算方法，得热量和失热量热平衡。

**主要教学内容及要求：**

了解：暖系统设计热负荷、高层建筑热负荷、围护结构耗热量、附加耗热量、冷风渗透耗热量、冷风侵入耗热量的基本概念。

理解：供暖系统设计热负荷计算的基本原理。

掌握：冷风渗透耗热量、冷风侵入耗热量、围护结构最小热阻与经济热阻、高层建筑热负荷计算特点以及得热量和失热量的热平衡。

熟练掌握：供暖系统设计热负荷计算、围护结构基本耗热量计算、附加耗热量计算方法。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第四章 供暖系统的散热设备**   **学时数：2**

**教学目标：**使学生了解散热器的类型及使用条件，掌握散热器的计算方法和布置原则。

**教学重点和难点：**铸铁和钢制散热器的选型和计算。不同类型的散热器高层和多层建筑物中的使用。

**主要教学内容及要求：**

了解：散热器的类型。

理解：散热器的使用条件。

掌握：对散热器的热工、卫生和技术经济要求，散热器的构造与性能及供热面积的计算。

熟练掌握：散热器面积的确定的计算方法以及散热器的布置原则。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第五章 热水供暖系统 学时数：4**

**教学目标：**使学生了解室内热水供暖系统的分类、自然循环和机械循环热水供暖系统的工作原理、掌握高层建筑热水供暖系统的特点、室内热水供暖系统的管路布置的特点。

**教学重点和难点：**掌握自然循环和机械循环热水供暖系统的分类和适用场合。掌握机械循环热水供暖系统的垂直式和水平式系统在工程中的应用。针对不同形式机械循环热水供暖系统在具体工程中的应用。

**主要教学内容及要求：**

了解：室内热水供暖系统的分类以及供暖系统施工图的组成和内容。

理解：自然循环和机械循环热水供暖系统的工作原理。

掌握：机械循环热水供暖系统的选择以及高层建筑热水供暖系统选择及室内热水供暖系统管路布置与敷设。

熟练掌握：分户计量热水供暖系统的选择。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第六章 室内蒸汽供热系统 学时数：4**

**教学目标：**使学生掌握蒸汽作为热媒的特点、室内低压蒸汽供暖系统水力计算、疏水器的构造和工作原理。

**教学重点和难点**：掌握蒸汽作为热媒的特点、疏水器的构造和工作原理。掌握蒸汽和热水作为热媒的比较。

**主要教学内容及要求：**

了解：热媒的分类以及各种热媒相比较的优缺点。

理解：蒸汽和热水作为热媒的特点。

掌握：蒸汽作为热媒的特点以及疏水器的构造和工作原理。

熟练掌握：室内低压蒸汽供暖系统水力计算以及蒸汽和热水作为热媒的比较。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第七章 集中供热系统的热负荷 学时数：4**

**教学目标：**掌握集中供热系统的热负荷的概算、热负荷图。

**教学重点和难点**：掌握集中供热系统的热负荷的概算。掌握热负荷图。

**主要教学内容及要求：**

了解：集中供热系统的热负荷的概念。

理解：集中供热系统负荷图。

掌握：供热系统的热负荷图、年耗热量计算。

熟练掌握：供热系统的热负荷的概算和特征。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第八章 热水供热系统的供热调节 学时数：2**

**教学目标：**掌握供暖热负荷供热调节的基本公式，熟悉直接和间接连接热水供暖的集中供热调节。

**教学重点和难点**：掌握供暖热负荷供热调节的基本公式。掌握直接和间接连接热水供暖的集中供热调节方式比较。

**主要教学内容及要求：**

了解：直接和间接连接热水供暖的集中供热调节。

理解：直接和间接连接热水供暖的集中供热调节的几种方式。

掌握：直接和间接连接热水供暖的集中供热调节方式之间相比较，各自具有的特点。

熟练掌握：供暖热负荷供热调节的基本公式。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第九章 热水网路的水力计算和水压图 学时数：4**

**教学目标：**掌握水压图的基本概念、热水网路的水压图、系统定压方式。

**教学重点和难点**：掌握水压图的基本概念、热水网路的水压图。掌握供暖系统定压方式。

**主要教学内容及要求**：

了解：水压图的基本概念。

理解：热水网路的水压图的基本概念。

掌握：水压图的基本公式，热水网路的水力计算的方法和例题。

熟练掌握：水压图、热水网路的水压图、系统的定压方式。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**第十章 供热管线的敷设和构造 学时数：2**

**教学目标：**掌握供热管网布置原则、室外供热管道的敷设方式、供热管道及其附件。

**教学重点和难点**：掌握供热管网布置原则、室外供热管道的敷设方式、补偿器、供热管道的保温。掌握补偿器构造和工作原理。

**主要教学内容及要求**

了解：供热管网以及补偿器的基本概念。

理解：供热管网布置原则。

掌握：室外供热管道的敷设方式、供热管道及其附件、补偿器和管道支座、供热管道的保温。

熟练掌握：补偿器构造和工作原理。

**教学组织与实施：**课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**五、课程思政**

将通风与供热工程中的课程理念结合建筑节能与当前国家当前的“双碳”战略目标相结合，引导学生关注节能减排，关心国家的大政方针等。

**例1：**对建筑领域的节能减排举例（装配式建筑的实施，加快了工厂化进展，降低了建筑垃圾的产生，减少环境污染；绿色建筑的提出，达到人与自然的和谐）。通过采用绿色技术，一座27层大厦一年能减少多少碳排放？位于迪拜码头的阿联酋地标集团总部大厦给出了答案：1332吨。采用具有日光收集功能的自动照明控制系统，根据自然光的照明度自动调整室内光照；使用带有温度传感器的水循环装置，每年用水量比国际水管理联盟标准低40%；智能电梯安装能量再生电机，可以将电梯运行产生的能量存储起来二次利用……在约45万平方米的办公空间内，地标集团总部大厦采用了一系列绿色技术，提高能源效率，最大程度减少碳足迹，成为阿联酋大力发展绿色建筑的缩影。日本《读卖新闻》称，对于全国约2.85万所公立中小学，校舍节能将成为对学生进行环保教育的“活教材”。如果节能型校舍在各地得到推广，日本居民的环保意识也将得到提高。

**例2：**清华大学节能楼这座融绿色、生态、环保、节能理念于一体的智能化教学科研办公楼座落在清华大学校园东区。它集成应用了自然通风、自然采光、低能耗围护结构、太阳能发电、中水利用、绿色建材和智能控制等国际上最先进的技术、材料和设备。据初步核算，该楼每年将减排二氧化碳1200吨、二氧化硫5吨。环境节能楼采用钢结构和高性能玻璃幕墙，提高了地面以上建筑材料的可回收利用率。通过先进的智能化控制系统，南外墙的半透明玻璃板根据光照强度自动调节角度，夏季可遮蔽强烈的日光，冬季则吸收阳光中的热量，在室内与室外之间创建了一个温度适中的环境，有效地降低了室外温度对室内环境的不利影响。智能化控制不仅使室内冷暖气分布均匀，而且还能通过感应装置合理使用光以及供给冷气和热气，在无人时自动停止，大大地节省能源。据初步计算，该楼的能源消耗与同等规模的建筑相比，可节约70%左右的能源。环境节能楼的C型建筑环抱着一个绿色生态中庭，它是整个建筑的核心，是一个“气候缓冲区”。中庭的高大树木及其他植物不仅会给朝南的房间遮阳，同时还可过滤尘埃，净化空气。而中庭与建筑内部其他区域的温差还可让空气流动，清新空气。

**六、教材及教学参考书**

**1、选用教材：**

（1）理论课教材：供热工程（第二版），李德英 著，中国建筑工业出版社，2018年

（2）实验课教材：供热通风与空调工程实验实训，李东雄、杜渐 主编，中国电力出版社，2012

**2、参考书：**

（1）供热工程，田玉卓 主编，机械工业出版社，2008年

（2）供热通风与空调工程施工技术，贾永康 主编，机械工业出版社，2012年

（3）供热工程（第四版），贺平、孙刚、王飞等 主编，中国建筑工业出版社，2009年

（4）通风与空气调节工程， 徐勇 主编，机械工业出版社，2017年

（5）工业通风（第三版），孙一坚，建筑工业出版社，1994年

**3、推荐网站：**

（1）中国能源网，www.china5e.com/

（2）供热信息网，www.china-heating.com/

**七、教学条件**

课程依托的河南农业大学机电工程学院能源与环境工程系，具备课程实施所需要的一切软、硬件条件。

《通风与供热工程》课程团队有良好的师资配置，授课教师全部拥有博士学位，且2人具备海外留学经历。

教学场地和实验教学条件充足。现有实验用房3000多平方米，拥有教学、实习和示范基地16个，产品研发及产业化场所达5500m2，实验室共有仪器设备625台套，总值2752.1万元，近3年实验室新增微量热仪、高效液相色谱仪、光合生物制氢试验装置自控系统、全自动工业分析仪等设备43套，仪器设备总值814.3万元。

校外实习基地能满足学生的实习需求。多年来与河南省能源研究所有限公司、河南桑达能源环保有限公司、郑州市夜明珠太阳能科技有限公司、商丘三利新能源有限公司、郑州鑫地机械设备有限公司、太康锅炉厂等大中型集团企业在联合共建实验室学生实习、科技成果转化等方面己进行长期合作，对这些企业人才现状和人才需求情况非常了解。

**八、教学考核评价**

**1.过程性评价：**

将考勤、课堂表现、线上学习（测验）、课后作业、小组学习讨论等学习过程全面纳入课程过程性评价体系。

**2.终结性评价：**闭卷；考试时间为120分钟，评分采用百分制。

**3.课程综合评价：**

本课程针对教学目标、教学内容和教学组织形式，采用多元化考核评价方法，综合评价得分为百分制。终结性评价占课程综合评价的70%；过程性评价占课程总评分的30%，其中包括考考勤、课堂表现、线上学习（测验）、课后作业、小组学习讨论五个考核项，各考核项均按百分制评分，各占总评分数的20%折算各项实际得分。

# 发酵微生物学

（Fermentation Microbiology）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021217 | **课程总学时：**32 | **实验学时：** 4 **学时** |
| **课程性质：**选修  **课程负责人：**李攀攀 | **课程属性：**专业深化类  **课程团队：**李刚、侯婷婷 | **开设学期：第** 5 **学期**  **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | |
| **对先修的要求：**微生物学、生物化学、大学化学等；要求学生掌握微生物学基本常识 | | |
| **对后续的支撑：**沼气工程；为理解沼气发酵原理与生化过程，掌握发酵微生物生理特性及菌群相互关系提供基础 | | |
| **主撰人：**李攀攀 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《发酵微生物学》是新能源科学与工程专业开设的一门专业深化类选修课，是融合了基础微生物学、生物化学和发酵工程的综合性课程。发酵是生物质能源化利用过程中最常用的方法，是绿色中国的最好实践途径之一，发酵产品是缓解化石能源紧缺的优质替代能源。发酵微生物作为发酵过程中最重要的组成，发挥着不可替代的作用。本课程要求学生了解发酵在农业废弃物资源化利用和农村生态环境改善中发挥的作用，了解微生物的分类鉴定、形态结构、生理生化以及发酵工业微生物的研究进展；掌握发酵微生物的生长与代谢、发酵过程的基本原理与参数控制，培养学生的创新意识和思维，提高实践创新能力。本课程通过线上线下混合式教学模式进行课程内容的学习，采用基于问题导向的探究式学习、启发式和互动式等教学方法，使学生掌握发酵工程的分析、设计及具体操作，提高学生对学科发展前沿以及不同学说观点的分析能力、对文献的收集、整理和归纳能力，提升学生的综合能力，为今后从事相关科研、教学和生产奠定基础。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：掌握微生物的形态结构、分类、营养需求、生理生化与代谢、发酵过程的基本原理、发酵菌种制备、发酵设备选型、发酵参数控制等内容。

2.实验技能方面：熟练掌握发酵培养基和常用培养基的制作方法和高压蒸汽灭菌的方法。掌握微生物的接种、培养、分离、保藏等基础操作。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

为提高学生独立分析问题和解决问题的能力，培养学生的创新意识和思维，强化现代信息技术与教育教学深度融合，本课程通过线上线下混合式教学模式进行课程内容的学习。依托中国大学慕课网和超星学习通等平台，采用基于问题导向的探究式学习、启发式和互动式等教学方法进行。具体教学设计包括课前、课堂和课后三部分。课前通过慕课堂、超星学习通或QQ等平台提前发布讨论主题和预习任务；课堂中根据教学内容可选择启发式、讨论法、团队列名法、案例教学法等多种教学方法进行翻转课堂，辅以视频、模型、动画等多种手段，使课堂生动鲜活，通过随机提问和随堂练习检验教学效果；课后发布慕课学习视频、作业、测验；提供拓展文献、网络公开课等资源，供学生巩固所学知识。课程评价方式主要包括过程性评价和期末考核，更注重学习过程的综合性评价。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：通过课程学习，使学生具备对学科发展前沿以及不同学说观点的分析能力 | 2.问题  分析 |
| 2 | 目标2：通过课程学习，使学生具备对实际发酵工程项目工艺等基本设计及优化能力。 | 4.研究 |
| 3 | 目标3：通过课程中的小组学习，使学生具备一定的团队协作能力。 | 9.个人和 团队 |

**四、理论教学内容及分配（28学时）**

**绪论  学时数：2**

**教学目标：**说明发酵微生物学课程的性质和作用，简介微生物学的主要内容

**教学重点和难点：**微生物的五大共性

**主要教学内容及要求：**

了解：微生物学的发展历程及其对人类进步的影响；

理解：工业微生物学的发展概况；

掌握：微生物学的研究对象及分科；

熟练掌握：微生物的分类命名和微生物的共性。

**教学组织与实施：**

课前：开课前通过慕课堂或超星学习通建课或课程QQ群，提前发布课程总体安排；对学生进行分组，课前布置“生活中的发酵微生物”等课程相关讨论专题，学生可通过网络或其他方式查阅资料；

课堂：讨论式、探究式学习与讲授法相结合，通过团队列名法保证课堂讨论效果；

课后：根据课堂讨论内容的反馈情况，布置作业，在慕课网平台发布，将课堂学习的知识与实际生活相结合。

**第一章    微生物的形态与分类                        学时数：4**

**教学目标：**掌握细菌、放线菌、酵母菌、霉菌、高等真菌、噬菌体和藻类的形态、分布以及各自的菌落特征。掌握原核生物与真核生物的结构差异。

**教学重点和难点：**细菌的构造及其附属结构；霉菌菌丝体的特化形态；高等真菌的菌落特征及其和原核微生物菌落的差别；病毒及噬菌体的繁殖方式。

**主要教学内容及要求：**

了解：细菌、放线菌、酵母菌、霉菌、高等真菌、噬菌体、病毒和藻类的形态；

理解：病毒及噬菌体的结构及繁殖方式；

掌握：霉菌菌丝体的特化形态及酵母菌的细胞结构；

重点掌握：细菌、高等真菌的细胞结构及菌落特征；原核生物与真核生物的结构差异。

**教学组织与实施：**

课前：提前在慕课网发布知识点学习视频和讨论主题，如“有趣的微生物”，学生可通过慕课网学习、网络或其他方式查阅资料，就微生物形态进行课前讨论准备；

课堂：翻转课堂，学生演讲与教师点评授课相结合，通过投票法评价自主学习效果；

课后：在慕课网发布单元测验并提供相关的网络公开课、文献等资源，供学生课下拓展学习。

**第二章 微生物的营养与生长                       学时数：4**

**教学目标：**掌握微生物的营养要素和营养类型；理解营养物质进入细胞的方式；掌握微生物生长规律和测定微生物生长繁殖的方法。

**教学重点和难点：**培养基的设计及细菌生长曲线的测定

**主要教学内容及要求：**

了解：微生物培养、灭菌、消毒、防腐、化疗等概念；

理解：营养物质进入细胞的方式；

掌握：微生物的营养要素和营养类型；

重点掌握：微生物生长繁殖的测定方法和培养基的设计。

**教学组织与实施：**

课前：提前在慕课网发布重点难点学习视频和讨论主题，如“微生物的一生”，学生可通过慕课网学习、网络或其他方式查阅资料，就微生物的生长特性进行课前讨论准备；

课堂：翻转课堂，学生演讲与教师点评授课相结合，通过投票法评价自主学习效果；

课后：在慕课网发布作业和单元测验并提供相关的网络公开课、文献等资源，供学生课下拓展学习。

**第三章 微生物的代谢                        学时数：8**

1. **微生物的新陈代谢 （4学时）**

**教学目标：**掌握微生物物质与能量代谢的过程，掌握自养微生物的代谢过程。

**教学重点和难点：**光能自养微生物

**主要教学内容及要求：**

了解：微生物新陈代谢的概念；

理解：化能自养微生物的代谢过程；

掌握：微生物物质代谢和能量代谢的过程；

重点掌握：光能自养微生物的代谢。

**教学组织与实施：**

课前：提前在慕课网发布重点难点学习视频和讨论主题，如“光能自养微生物的自给自足”，学生可通过慕课网学习、网络或其他方式查阅资料，就光能自养微生物的代谢进行课前讨论准备；

课堂：以授课法和讨论法相结合的方式进行课堂活动，通过团队列名法提高学生的参与度并进行学习过程的评价；

课后：提供相关的网络公开课、文献等资源，供学生课下拓展学习。

**第二节微生物代谢途径（4学时）**

**教学目标：**掌握EMP途径、TCA循环、ED途径和HMP途径；重点掌握无氧呼吸的发酵途径。

**教学重点和难点：**无氧发酵途径

**主要教学内容及要求：**

了解：常见的微生物代谢途径；

理解：ED途径、HMP途径；

掌握：EMP途径、TCA循环；

重点掌握：无氧发酵途径。

**教学组织与实施：**

课前：在慕课网提前发布重点难点学习视频和资料，提醒学生预习；

课堂：以启发式和讲授法为主要教学手段，重点学习几种代谢途径及其在微生物生命周期的作用；

课后：在慕课网发布作业和单元测验，提供相关的网络公开课、文献等资源，供学生课下拓展学习，巩固所学知识。

**第四章 发酵微生物菌种制备原理与技术                   学时数：4**

**教学目标：**了解现代合成生物学的发展及其在发酵工业的意义；掌握常用的微生物学诱变育种方法和菌种保藏方法；掌握发酵工业常用的微生物菌种及其特征。

**教学重点和难点：**常用的发酵工业菌种的特征及保藏

**主要教学内容及要求：**

了解：工业微生物的系统生物学与合成生物学；

理解：发酵微生物的生理学；

掌握：发酵工业常用微生物菌种、微生物诱变育种的常用方法；

重点掌握：菌种制备方法和保藏方法。

**教学组织与实施：**

课前：提前在慕课网发布重点内容学习视频和讨论主题，如“划时代的工业微生物”，学生可通过慕课网学习、网络或其他方式查阅资料，就影响人类生活的工业微生物及其应用进行课前讨论准备；

课堂：翻转课堂，学生演讲与教师点评授课相结合，通过投票法评价自主学习效果；

课后：在慕课网发布作业和单元测验并提供相关的网络公开课、文献等资源，供学生课下拓展学习。

**第五章 发酵培养基的制备与灭菌                   学时数：2**

**教学目标：**掌握发酵工业原料的种类组成、选择及预处理；掌握发酵培养基的设计和优化；掌握培养基灭菌的设备和方法。

**教学重点和难点：**发酵培养基的设计和优化

**主要教学内容及要求：**

了解：发酵工业原料的种类和组成；

理解：发酵原料的选择原则

掌握：发酵工业原料的预处理方法和灭菌设备

重点掌握：发酵培养基的设计原则、设计方法和优化过程

**教学组织与实施：**

课前：提前发布学习内容，提醒学生预习；

课堂：以启发式和讲授法为主要教学手段，辅以视频、模型、动画等，重点讲授发酵原料预处理、发酵培养基的设计及优化；

课后：在慕课网发布知识点、作业和单元测验，供学生课下拓展学习和总结。

**第六章 发酵设备和发酵过程的影响因素                 学时数：4**

**第一节常用的发酵设备（2学时）**

**教学目标：**了解常用的发酵设备；掌握发酵设备的设计。

**教学重点和难点：**发酵罐的设计

**主要教学内容及要求：**

了解：常用的发酵设备类型；

理解：发酵设备的实际应用；

掌握：自动检测系统的设计与运行；

重点掌握：发酵设备的设计原则。

**教学组织与实施：**

课前：提前发布学习内容，提醒学生预习；

课堂：以启发式和讲授法为主要教学手段，辅以视频、模型、动画等，重点讲授发酵设备的类型、设计与发酵过程的自动检测；

课后：在慕课网发布知识点，供学生课下拓展学习和总结。

**第二节发酵过程影响因素（2学时）**

**教学目的：**掌握温度、pH、溶氧、泡沫、代谢产物、染菌及其他因素对发酵过程的影响

**教学重点和难点：**发酵过程的参数控制

**主要教学内容及要求：**

了解：发酵过程中的影响因素；

理解：发酵参数的变化原因；

掌握：发酵参数的控制；

重点掌握：温度、pH、溶氧、泡沫、代谢产物、染菌及其他因素对发酵过程的影响。

**教学组织与实施：**

课前：提前在慕课网发布知识点学习视频和讨论主题，如“影响发酵的关键先生”，学生可通过慕课网学习、网络或其他方式查阅资料，就发酵过程的影响因素进行课前讨论准备；

课堂：以授课法和讨论法相结合的方式进行课堂教学活动，通过团队列名法提高学生的参与度并进行学习过程的评价；

课后：在慕课网发布作业和单元测验，提供相关的网络公开课、文献等资源，供学生课下拓展学习。

**五、实验教学内容及学时分配 （4学时）**

**（一）实验课程简介**

发酵微生物学实验包括基础培养基的配制和高压蒸汽灭菌过程、微生物的接种、培养和分离等基础操作。

**（二）实验教学目的和基本要求**

发酵微生物学实验的目的是掌握培养基制备与灭菌，玻璃器皿的包扎与灭菌，掌握高压蒸汽灭菌的操作方法，训练学生独立设计实验方案完成一种微生物的分离和纯化，锻炼独立设计和完成实验的能力。

**（三）实验安全操作规范**

发酵微生物学实验室内应保持整洁，不得存放与本实验无关的物品。无菌操作台应备有75%的酒精棉球，玻璃窗需随手关闭；每次使用前需开启紫外灯照射30min，确保无菌条件。接种所用器皿需提前灭菌消毒。实验结束后，所有物品及时撤离无菌操作台。凡要丢弃的培养物，必须妥善处理，霉菌培养物和玻璃器皿要先高压灭菌再洗刷干净，然后再次灭菌处理。严格控制培养箱温度及培养时间；实验结束后，对培养箱内部进行清理消毒，防止污染。

**（四）实验项目名称与学时分配**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **学时** | **类型** | **实验要求** | **每组人数** |
| 04021217+01 | 培养基的制作与灭菌 | 2 | 基础性 | 必做 | 3-5人 |
| 04021217+02 | 微生物的接种、培养和分离 | 2 | 设计性 | 必做 | 3-5人 |

**（五）实验方式及基本要求**

实验方式：3-5人一组独立操作；

基本要求：掌握培养基制备与灭菌，玻璃器皿的包扎与灭菌，掌握高压蒸汽灭菌的操作方法；独立设计实验方案并完成一种微生物的分离和纯化。

**（六）实验内容安排**

**【实验一】培养基的制作与灭菌**

**1.实验学时：**2

**2.实验目的：**熟悉常用培养基的制备方法和灭菌设备的使用。

**3.实验内容：**制备培养基，灭菌，制作棉塞，倒平板。

**4.实验要求：**掌握培养基制备与灭菌，玻璃器皿的包扎与灭菌，掌握高压蒸汽灭菌的操作方法。

**5.实验设备及器材：**显微镜，高压灭菌锅，超净工作台，恒温培养箱

**【实验二】微生物的接种、培养和分离**

**1.实验学时：**2

**2.实验目的：**训练学生独立设计实验和完成实验的能力。

**3.实验内容：**查阅文献，制定实验方案，完成样品中微生物的分离和纯化。

**4.实验要求：**要求学生具有自己设计实验方案完成一种微生物的分离和纯化的能力。

**5.实验设备及器材：**高压灭菌锅，超净工作台，恒温培养箱，电炉，摇床。

**（七）考核方式及成绩评定**

实验成绩为平时成绩的一部分，成绩评定标准分为优、良、中、合格、不合格5级。

**六、课程思政**

课程教学过程中可融入现代发酵领域的最新研究成果，使学生直观的感受到国家突飞猛进的科技水平，激发学生的民族自豪感和自信心。例如通过发酵工业的发展史与研究现状的学习，学生可以了解到我国从起点低、技术落后、依赖国外进口工艺与设备，到现在的理论研究领域和工程应用领域都达到国际领先水平，自主知识产权的大型设备和发酵工艺均处于领跑地位。使学生在学习课程、构建专业知识体系的同时，自豪地担负起大国复兴的重任，达到为科技创新输送人才的目的。

**七、使用教材**

**1、选用教材：**

（1）理论课教材：《发酵工程工艺原理》，田华编，化学工业出版社，2019年。

（2）实验课教材：《微生物学实验》，蔡信之、黄君红编，科学出版社，2023年。

**2、参考书：**

（1）《微生物发酵工艺原理》，韩德权、王莘编，化学工业出版社，2013年。

（2）《现代微生物学》（第二版），刘志恒编，科学出版社，2002年。

（3）《生物化学》（第三版），王镜岩、朱圣庚、徐长法编，高等教育出版社， 2002年。

（4）《发酵工程原理与技术》，陈坚、堵国成编，化学工业出版社，2012年。

（5）《微生物学教程》（第三版），周德庆编，高等教育出版社，2011年。

**3、推荐网站：**

（1）中国微生物菌种数据库，http://www.im.ac.cn/database/catalogsc.html

（2）中国工业微生物菌种保藏中心，http://www.china-cicc.org/

**八、教学条件**

学校可提供本课程日常理论教学所需的场地和多媒体设备，保证教学活动的顺利进行；授课教师对课程体系有全面的设计和把握，可根据学生的反馈及时调整教学内容、设计合理的教学环节，保证良好的教学效果和较高的教学质量；机电工程学院能源工程系实验室可为课程实验提供场地、仪器设备、药品试剂等条件保障实验的顺利开展。

**九、教学考核评价**

**1.过程性评价：**

（1）通过慕课堂或超星学习通进行学生签到等活动；

（2）通过随机提问和慕课堂练习，评价课堂表现和听课效果；

（3）课堂学习小组讨论可通过团队列名法进行评价；

（4）小组演讲可通过班级成员投票打分评价；

（5）慕课网作业完成、作业互评及单元测验完成情况评价阶段性学习成果；

（6）实验报告评定实验成绩。

过程性评价占综合成绩的50%。

**2.终结性评价：**采用期末闭卷考试形式；占综合成绩的50%。

**3.课程综合评价：**

本课程综合评价由过程性评价和终结性评价两部分组成，各占50%。通过教学与考核，使学生了解发酵在农业废弃物资源化利用和农村生态环境改善中发挥的作用，了解微生物的分类鉴定、形态结构、生理生化以及发酵工业微生物的研究进展；掌握发酵微生物的生长与代谢、发酵过程的基本原理与参数控制，培养学生的创新意识和思维，提高实践创新能力。

# 试验设计与分析

（Experiment Design and Analysis）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021218 | **课程总学时：**32 | **实验学时：** 0 **学时** |
| **课程性质：**选修 | **课程属性:**专业类 | **开设学期：第** 5 **学期** |
| **课程负责人：**党钾涛 | **课程团队：**党钾涛、杨绍旗 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | |
| **对先修的要求：**先修高等数学，线性代数，计算机语言，工程数学等课程 | | |
| **对后续的支撑：**能够将试验设计与分析方法用于开展创新实验、毕业设计等科研实践活动；培养后续读研学生提出课题探索性解决方案的能力。 | | |
| **主撰人：**党钾涛 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

试验设计与分析是新能源科学与工程专业重要的专业选修课，是理论和实践结合紧密、实用性强的课程。它是数理统计的原理和方法在工程研究中的应用，其不仅提供如何正确地设计科学试验和收集数据的方法，而且也提供如何正确地整理、分析数据，得出客观、科学的结论的方法。本课程依据“巩固基础、加深理解、增强科学实践能力”的教学理念，采用理论传授、课堂讨论、案例解析、课后复习相结合的教学方法。本课程任务使学生能够了解常用的数理统计软件，掌握常用的试验设计原理、设计方法和试验结果统计分析方法。通过该课程的学习，可以实现掌握基本的试验设计和统计分析方法，为创新实验及将来从事科研工作打基础等教学目标。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：掌握工科学生在试验研究中应该具备的试验设计的基本理念、典型的方差、回归分析方法，掌握最基本的正交试验设计方法和分析统计方法，从而学会试验优化设计和分析；了解均匀设计方法，为多因素、多水平试验设计和优化提供研究思路和方法；理解响应面试验设计思路、方法、分析软件的应用，为后续的研究和实践工作提供基础知识。

2.实验技能方面：利用学习的试验设计和思路进行实际实验的设计和分析。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

为实现掌握基本的试验设计和统计分析方法等教学目标，本课程主要涵盖试验设计的概念、意义，方差分析、回归分析、正交试验设计与分析、均匀试验设计、响应面试验设计等内容，课程实施方案主要包括讲解理论知识、软件模拟设计过程、实际案例解析等，满足学生个性化特点与专业学习要求。积极使用我国最新的前沿科学研究案例，结合思政进课堂，引导学生理解课程开设的意义；通过理论知识与实践活动的结合，使学生理解并掌握试验设计的方法与技巧；通过案例分析过程，使学生掌握试验设计的分析方法，并将分析结果用于实践。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：通过该课程的学习，使学生具备正确地整理、分析数据，得出客观、科学的结论的能力。 | 2 |
| 2 | 目标2：通过该课程的学习，使学生能够了解常用的数理统计软件，掌握常用的试验设计原理、设计方法和试验结果统计分析方法。 | 3 |
| 3 | 目标3：通过课程的学习，使学生具备基本的试验设计和统计分析方法，为创新实验及将来从事科研工作打基础。 | 4 |

**四、理论教学内容及学时分配（32学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **绪论** | **学时数：2** |

**教学目标：**了解试验设计的概念、意义，试验设计的发展概况、应用效果；熟悉试验设计常用术语及统计模型。

**教学重点和难点：**试验设计的发展及意义。

**主要教学内容及要求：**

了解：试验设计的发展概况。

理解：试验设计的概念、意义和应用效果。

掌握：试验设计常用术语及统计模型。

熟练掌握：试验设计常用术语含义及意义。

**教学组织与实施：**通过历史上经典的试验，引导学生整体认识本门课程。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第一章 试验数据的误差分析** | **学时数：2** |

**教学目标：**掌握真值与平均值的概念；掌握误差的基本概念；掌握试验数据误差的来源及分类；掌握试验数据的精准度；掌握试验数据误差的统计检验；掌握有效数字和试验结果的表示；掌握误差的传递。

**教学重点和难点：**真值与平均值、误差、试验数据的精准度、试验数据误差的统计检验等有关数学知识在实验结果分析中的应用。

**主要教学内容及要求：**

了解：误差在试验设计中的传递与影响。

理解：试验设计中的相关误差知识。

掌握：真值与平均值、误差的概念、误差的来源与分类、试验数据的精准度、试验数据误差的统计检验、有效数字和试验结果表示等。

熟练掌握：误差的概念、误差的来源与分类、试验数据的精准度、试验数据误差的统计检验等在实验结果分析中的应用。

**教学组织与实施：**课前知识点回顾，预备提问环节；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析完成知识点的传授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第二章 试验数据的表图表示法** | **学时数：2** |

**教学目标：**掌握列表法和图示法对试验数据的表示；掌握常用计算机软件在图表绘制中的应用。

**教学重点和难点：**列表法和图示法对试验数据的表示。

**主要教学内容及要求：**

了解：常用计算机软件在图表绘制中的应用。

理解：列表法和图示法对试验数据的表示。

掌握：列表法和图示法对试验数据的表示方法与格式要求。

熟练掌握：列表法和图示法对试验数据的表示，常用的列表与图示格式要求。

**教学组织与实施：**课前知识点回顾，预备提问环节；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析完成知识点的传授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第三章 试验的方差分析** | **学时数：4** |

**教学目标：**掌握单因素方差分析和两因素方差分析方法；掌握离差平方和、显著性检验、S检验、方差分析表等有关数学知识；掌握显著性检验方法用于两因素不重复实验和重复实验的具体分析方法。

**教学重点和难点：**离差平方和、显著性检验、S检验、方差分析表等有关数学知识在实验结果分析中的应用。

**主要教学内容及要求：**

了解：各种方差分析方法在试验结果分析中的应用。

理解：方差分析方法中的相关数学知识。

掌握：掌握单因素方差分析和两因素方差分析方法；掌握离差平方和、显著性检验、S检验、方差分析表等有关数学知识；掌握显著性检验方法用于两因素不重复实验和重复实验的具体分析方法。

熟练掌握：离差平方和、显著性检验、S检验、方差分析表等有关数学知识在实验结果分析中的应用。

**教学组织与实施：**课前知识点回顾，预备提问环节；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析完成知识点的传授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第四章 试验数据的回归分析** | **学时数：4** |

**教学目标：**了解回归分析方法的发展和应用，掌握一元线性回归分析方法及其应用，掌握多元线性回归分析方法和正交多项式回归方法及分析。理解回归系数最小二乘估计方法，掌握回归方程的显著性检验方法；理解一元非线性回归分析函数与应用；理解多元线性回归分析方法及显著性检验；掌握正交多项式回归方法及显著性检验。

**教学重点和难点：**一元线性回归分析及显著性检验；正交多项式回归方法及显著性检验。

**主要教学内容及要求：**

了解：回归分析方法的基本概念、发展和应用。

理解：回归系数最小二乘估计方法、一元非线性回归分析函数与应用；多元线性回归分析方法及显著性检验。

掌握：一元线性回归分析方法及其应用；多元线性回归分析方法和正交多项式回归方法及分析、回归方程的显著性检验方法；正交多项式回归方法及显著性检验。

熟练掌握：一元线性回归分析方法及其应用；多元线性回归分析方法及其应用。

**教学组织与实施：**课前知识点回顾，预备提问环节；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析完成知识点的传授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第五章 优选法** | **学时数：2** |

**教学目标：**掌握单因素优选法；掌握双因素优选法。

**教学重点和难点：**来回调试法、黄金分割法、分数法、对分法等单因素优选法；对开法、旋升法等双因素优选法。

**主要教学内容及要求：**

了解：试验设计中的优选法。

理解：试验设计中的单因素优选法与双因素优选法。

掌握：来回调试法、黄金分割法、分数法、对分法等单因素优选法；对开法、旋升法等双因素优选法。

熟练掌握：来回调试法、黄金分割法、分数法、对分法等单因素优选法。

**教学组织与实施：**课前知识点回顾，预备提问环节；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析完成知识点的传授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第六章 正交试验设计** | **学时数：8** |

**教学目标：**掌握正交试验设计和分析方法，掌握正交表的应用、掌握正交试验设计和分析方法，理解正交表、正交试验设计和分析的理论基础，掌握考虑交互作用的正交试验设计和分析方法，理解多指标正交试验设计和分析方法及其应用，理解正交试验的方差分析、掌握多水平正交试验的方差分析。

**教学重点和难点：**正交表的应用、正交试验设计和分析方法；考虑交互作用的正交试验设计和分析方法；混水平正交试验的方差分析。

**主要教学内容及要求：**

了解：正交试验设计的灵活应用方法、直和和直积法。

理解：正交表、正交试验设计和分析的理论基础；多指标正交试验设计和分析方法及其应用；重复试验与重复取样的正交试验方差分析。

掌握：正交表的应用、正交试验设计和分析方法；考虑交互作用的正交试验设计和分析方法；正交多项式回归在正交设计中的应用。

熟练掌握：正交表的应用、正交试验设计和分析方法等。

**教学组织与实施：**课前知识点回顾，预备提问环节；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析完成知识点的传授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第七章 均匀设计** | **学时数：4** |

**教学目标：**了解均匀试验设计的发展过程、发展现状；理解均匀试验设计的基本思想和理论基础；理解均匀试验设计试验安排方法和结果分析及其对试验的指导作用；掌握均匀试验设计方法在质量工程中的作用。

**教学重点和难点：**均匀试验设计和分析方法及其在质量工程中的作用。

**主要教学内容及要求：**

了解：均匀试验设计的发展过程、发展现状。

理解：均匀试验设计的基本思想和理论基础；均匀试验设计试验安排方法和结果分析及其对试验的指导作用

掌握：均匀试验设计方法在质量工程中的作用。

**教学组织与实施：**课前知识点回顾，预备提问环节；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析完成知识点的传授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第八章 回归正交试验设计** | **学时数：2** |

**教学目标：**掌握一次回归正交试验设计及结果分析；掌握二次回归正交组合设计。

**教学重点和难点：一**次回归正交试验设计及结果分析与二次回归正交组合设计的应用。

**主要教学内容及要求：**

了解：**一**次回归正交试验设计及结果分析与二次回归正交组合设计。

理解：**一**次回归正交试验设计及结果分析的原理与应用。

掌握：**一**次回归正交试验设计及结果分析与二次回归正交组合设计的方法。

**教学组织与实施：**课前知识点回顾，预备提问环节；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析完成知识点的传授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第九章 配方试验设计与响应面试验设计** | **学时数：2** |

**教学目标：**掌握配方试验设计的思路与方法；了解响应面试验设计和分析方法的基本理念、应用状况和发展现状；理解响应面试验设计和结果分析的基本理论；理解响应面试验设计和数据结果分析对试验的指导作用；掌握利用计算机软件进行响应面试验方案设计和分析的方法及对结果的分析。

**教学重点和难点：**配方试验设计的方法；掌握利用计算机软件进行响应面试验方案设计和分析的方法及对结果的分析。

**主要教学内容及要求：**

了解：配方试验设计的起源与发展；响应面试验设计和分析方法的基本理念、应用状况和发展现状。

理解：配方试验设计的方法；响应面试验设计和结果分析的基本理论；响应面试验设计和数据结果分析对试验的指导作用。

掌握：配方试验设计的应用；利用计算机软件进行响应面试验方案设计和分析的方法及对结果的分析。

**教学组织与实施：**课前知识点回顾，预备提问环节；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析完成知识点的传授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

**五、课程思政**

“教育是国之大计、党之大计。培养什么人、怎样培养人、为谁培养人是教育的根本问题”。在试验设计与分析的教学环节要充分弘扬家国情怀，教学过程要灵活穿插思政教育，同时积极结合试验设计在我国最新科研成果，例如航空航天的试验过程、新能源技术的研究、绿色低碳新技术的开发、功能性新材料的研发等领域的应用，增加学生的学习兴趣，同时提升学生的爱国意识与民族自豪感，让学生意识到学习试验设计与分析的重要性，激发对本门课程 学习动力，达到好的教育效果，实现为国育人的教育目标。

**六、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

（1）理论课教材：试验设计与数据处理，李云雁 等编著，化学工业出版社，2021年第三版

试验设计方法，赵选民 编著，科学出版社，2006年第一版

试验设计与分析，陈魁 编著，清华大学出版社，2015年第二版

（2）实验课教材：无

（3）实习指导书：无

**2.参考书：**

（1）优化试验设计方法及数据分析，[何为](https://book.jd.com/writer/何为_1.html" \t "_blank) 等编，化学工业出版社，2013年

（2）试验设计与数据处理，郑少华、姜奉华 著，中国建材工业出版社，2004年

（3）试验设计与数据处理（第二版），李云雁，胡传荣 著，化学工业出版社，2008年

（4）试验设计与数据处理，邱轶兵 著，中国科学技术大学出版社，2008年第一版

（5）试验的设计与分析，王万中 编著，高等教育出版社，2004年第一版

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）西北农林科技大学试验设计与分析精品课程网站：http://sysj.712100.cn/

（2）电子科技大学精品课程网站：试验设计方法

http://www.wlxt.uestc.edu.cn/wlxt/ncourse/sysjff/web/kczy.asp?type=jcjs

（3）网络课程试验设计与分析：<http://eol.nwsuaf.edu.cn/meol/jpk/course/layout/newpage/index.jsp?courseId=29682>

（4）扬州大学生物统计与试验设计精品课程：http://www.jingpinke.com/xpe/portal/22ce88fe-1288-1000-8872-5fd719521ae5?uuid=4bdcbfbd-1292-1000-ab8c-b7b5f3b2d8d7&courseID=K100265&column=team

**七、教学条件**

课程依托的河南农业大学机电工程学院能源工程系，具备课程实施所需要的一切软、硬件条件。《试验设计与分析》课程团队有良好的师资配置，授课教师全部拥有博士学位。

教学场地和实验教学条件充足。现有实验用房3000多平方米，拥有教学、实习和示范基地16个，产品研发及产业化场所达5500m2，实验室共有仪器设备625台套，总值2752.1万元，近3年实验室新增微量热仪、高效液相色谱仪、光合生物制氢试验装置自控系统、全自动工业分析仪等设备43套，仪器设备总值814.3万元。

校外实习基地能满足学生的实习需求。多年来与河南省能源研究所有限公司、河南桑达能源环保有限公司、郑州市夜明珠太阳能科技有限公司、商丘三利新能源有限公司、郑州鑫地机械设备有限公司、太康锅炉厂等大中型集团企业在联合共建实验室学生实习、科技成果转化等方面己进行长期合作，对这些企业人才现状和人才需求情况非常了解。

**八、教学考核评价**

**1.过程性评价：**通过随堂讨论、作业考核情况对学生学习过程进行综合评价。

**2.终结性评价：**闭卷笔试；总成绩计算办法：期末考试成绩×70%+平时成绩×30%

**3.课程综合评价：**过程性评价实行百分制，在课程总评分中占30%，包括考勤、作业、学习讨论等环节。

# 节能原理

（Principle of Energy Conservation）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021225 | **课程总学时：**32 | **实验学时：** 4 **学时** |
| **课程性质：**选修 | **课程属性:专业深化类** | **开设学期：第** 5 **学期** |
| **课程负责人：**王伟 | **课程团队：**刘圣勇、郑亚萍 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | |
| **对先修的要求：**本课程的先修课程包括：大学物理、工程热力学、传热学等 | | |
| **对后续的支撑：**本科课程为后续的热工设备、热力发电厂和节能技术课程提供能量有效利用的热力学分析。 | | |
| **主撰人：**王伟 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《节能原理》是新能源科学与工程专业的一门专业深化类选修课程，是一门理论性较强的专业课程。本课程结合当今能量有效利用的最新技术和方法，系统地阐述有效用能的原理、方法。主要包括能量有效利用基本知识、能量有效利用的热力学分析、能量利用过程的节能分析、通用有效用能技术、节能评估与审查等内容。主要的教学理念是，以本为本，充分体现学生是学习的主体和创造的主体。调动学生学习的积极性、主动性。培养学生独立学习、独立思考、学会质疑的能力。引导学生学会独立提出问题、分析问题、解决问题进而学会创造的能力，注重过程学习，实现过程评价。使学生能够获得科学地分析节能潜力的大小、所在的部位及分布、指出节能的限度及节能途径、并科学地制定节能目标的能力。同时，树立节能减排、保护生态意识；聚焦能源安全，着力提高节能技术水平，造福社会。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：分析能量利用过程中，能量的有效部分，损失程度及原因，并给予定量的计算与评价，从而科学地分析节能潜力的大小，所在的部位及分布，指出节能的限度及节能途径，并科学地制定节能的任务与战略目标。

2.实验技能方面：熟练掌握风机性能的测试方法；能够判定热管散热器的换热效率，明确提高效率降低热损失的途径。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

整体规划：本课程共32学时，其中，理论教授部分共6章，28学时；实验环节2个，4学时。

教学策略：调动学生主动学习、提高学生兴趣为主。本课程以培养创新应用型人才为核心，以课程教学和实践教学为抓手，使学生掌握能量有效利用的基本知识，能量的数量分析、质量分析的基本原理和方法，具备学以致用、解决实际问题的能力。在教学过程中：1）引导学生自主学习。在教学过程中避免填鸭式的知识满堂灌，教师的角色由灌输者、说教者、支配者向引导者、支持者、帮助者转变，改变以往教师主动、学生被动的情况。2）培养学生独立思考的能力。授之以鱼，不如授之于渔。在授课过程中注重讲述知识的来龙去脉，激发学生主动思考。在遇到问题时，充分利用各种资源探寻答案。

教学方法：1）教师主导。教师主要讲授能量有效利用的基本概念、原理、重点难点和易混淆点。2）因需施教。课堂问题分为基本问题和附加问题。基本问题为必答题，附加问题为选答题。选答题提供给学有余力，且兴趣浓厚的同学思考回答。3）翻转课堂。学生自由组合形成学习小组，并利用网络空间开展学习，课上交流讨论，老师解答共性的疑问，注重学生的课前预习。4）创新实验。学生在实验环节以外，自己设计实验，经教师确认无误后，学生利用现有实验资源完成实验验证。

教学内容：教学内容在教学组织实施中分为两部分，课程教授和案例教学为一部分，主要是能量有效利用的热力学原理与分析，重点难点和易混淆点；另一部分通过课程布置主题讨论或线下完成议题思考、系统设计等。

教学评价：学习过程评价为多元体系，既包括课堂考勤、回到问题、听课情况等，也包括线下内容与讲解过程的评价，再结合课程实验和考试环节综合评价。

通过理论教授、案例教学、综合实验、课外实践和问题讨论等提高学生理论知识水平、自主学习能力、应用设计实际能力。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：通过对能量梯级利用的学习，使学生具备合理、高效利用能量的能力。 | 工程知识 |
| 2 | 目标2：通过对能量有效利用数量与质量分析的学习，使学生能够获得科学地分析节能潜力的大小、所在的部位及分布、指出节能的限度及节能途径、并科学地制定节能目标的能力。 | 问题分析 |
| 3 | 目标3：通过对理论与实践学习，使学生具备研发新工艺、新设备的能力。 | 研究 |

**四、理论教学内容及学时分配（28学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **绪论** | **学时数：2** |

**教学目标：**本章主要学习能源在国民经济中的重要地位及作用，节能的现实意义与战略意义。让学生领会节能的必要性、可能性。通过本章的教学，使学生了解我国的能源结构特点和能量利用中面临的问题。树立节能减排、科技强国的意识。

**教学重点和难点：**节能的必要性和可能性。

**主要教学内容及要求：**

了解：能量有效利用背景、节能的定义

理解：测量的定义；测量系统三个主要作用元件感受件、传送元件和显示元件的功能及对它们的要求。

掌握：节能的可能性与必要性、我国能源结构特点。

熟练掌握：我国能源利用率低的原因、能源消耗弹性系数、节能的可能性与必要性。

**教学组织与实施：**课前备课；课中从测量的发展历史导入测量的重要意义、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第一章 能量有效利用基本知识** | **学时数：2** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生了解能量有效利用的基本概念，包括能量、能质、能的利用过程、能的性质；熟悉有效用能的效益、原则与方法，能从理论上分析有效用能途径。

**教学重点和难点：**重点是节能技术有效利用途径；难点是和节能技术评价方法。

**主要教学内容及要求：**

了解：能源的分类、能质、能的概念、节能类型。

理解：能的性质、有效用能效益、用能过程环节、有效用能评价指标。

掌握：有效用能的技术方法、能量有效利用的技术经济评价。

熟练掌握：有效用能原则。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第二章 能量的数量分析** | **学时数：8** |

**教学目标：**本章主要学习能量守恒定律，采用黑箱方法对给定体系能量的收入与支出在数量上的平衡关系进行考查，通过统计、计算、测量、分析各环节，从而计算出体系的各项耗能技术指标，从而寻找企业的节能潜力与节能方向，有的放矢地寻找企业的节能途径。应使学生能够应用能量平衡方法与步骤。

**教学重点和难点：**能量利用的分析方法与能量平衡的热工计算。

**主要教学内容及要求：**

了解：能量平衡的基本概念，模型及类型。

理解：能量利用的分析方法。

掌握：能量平衡的热工计算并据此进行用能设备能量平衡。

熟练掌握：能量平衡的方法与步骤。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第三章 能量的质量分析** | **学时数：8** |

**教学目标：**主要学习能量利用过程中质量平衡问题。即根据热力学第二定律，通过统计、测试、计算、分析各环节能源利用状况，从而计算出给定体系的各项耗㶲指标,从而合理地利用能源.使学生能应用能量的质量分析方法与步骤。

**教学重点和难点：**㶲的计算、㶲分析。

**主要教学内容及要求：**

了解：能量利用过程中质量平衡问题。

理解：能量的质量分析方法。

掌握：㶲的计算方法。

熟练掌握：㶲的概念。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第四章 能量利用过程的节能分析** | **学时数：6** |

**教学目标：**主要学习能量利用的宏观分析方法，即综合能耗分析方法、价值分析法、纯能源分析及净能量分析方法。使学生能够掌握能量利用过程中的节能分析。

**教学重点和难点：**能量利用的分析方法、节能量的计算。

**主要教学内容及要求：**

了解：能量利用的宏观分析方法。

理解：能耗的概念、能量利用率的概念以及节能的概念。

掌握：节能量的计算。

熟练掌握：节能的常用方法。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第五章 节能评估与审查** | **学时数：2** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生了解国定资产投资项目节能评估的相关法规政策、节能评估的相关概念；熟悉节能评估工作主要程序；掌握节能评估原则、方法，树立节能评估意识。

**教学重点和难点：**节能评估方法。

**主要教学内容及要求：**

了解：节能评估的背景及意义、节能评估相关法规和产业政策。

理解：节能评估和审查暂行办法。

掌握：节能评估的内容和方法。

熟练掌握：节能评估的原则。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

**五、实验教学内容及学时分配（4学时）**

**（一）实验课程简介**

本实验课程的目的是通过本课程的对风机性能测试实际操作加深对理论学习的掌握与理解，理论与实践密切结合，相辅相成，实验课程着眼于原理的验证，使学生更加深刻的理解从书本上学到的知识，灵活的掌握教学内容。

**（二）实验教学目的和基本要求**

实验教学目的：

本实验课程是课程教学过程中的重要环节，是对理论教学的重要补充和验证，是培养学生动手能力的重要途径，可以用实验来验证理论，巩固和加深对课堂理论分析与讲授的理解，提高学生理论联系实际的能力。

实验基本要求：

要求理解实验原理及实验方案，掌握正确的测量实验数据的方法以及掌握各种仪器的使用，要求学生在实验前，要认真阅读实验指导书，仔细观察了解实验装置的工作原理，操作要领和数据测量与处理方法，认真进行实验操作，并书写实验报告。

**（三）实验安全操作规范**

（1）实验前做好预习，明白实验过程与操作注意事项。

（2）严格遵守实验室的规章制度，严格遵守安全操作要求。

（3）实验过程中，如果仪器设备发生故障，应立即向指导教师报告，以便及时排除故障。

（4）实验完毕后，关闭电源，整理好使用后的仪器、设备 、工具。

**（四）实验项目名称与学时分配**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **学时** | **类型** | **实验要求** | **每组人数** |
| 04021225＋01 | 风机性能测试 | 2 | 综合性 | 必做 | 5 |
| 04021225＋02 | 热管换热器传热性能测试 | 2 | 综合性 | 必做 | 5 |

**（五）实验方式及基本要求**

1.教师首先需向学生介绍课程的性质、实验任务、实验要求、实验守则、实验室安全卫生制度等，学生根据实验任务进行分组。

2.整个实验过程包括课前预习、课前讨论、实验操作、实验报告、结果讨论等。在实验前学生认真阅读实验指导书，理解实验目的和实验原理，明确本次实验中要测定什么量，最终要求什么量，用什么实验方法，使用什么仪器，控制什么条件，需要注意什么问题。

3.实验过程中，老师应在实验室进行巡视，及时纠正学生的错误操作，检察学生的实验记录，要求学生勤于动手、敏锐观察、细心操作、善于提问、深入分析、钻研问题等能力；老师还应引导学生深入思考与实验现象有关的一些问题，着力培养学生观察实验、综合考虑问题的能力，使学生学会分析和研究问题的方法。

4.实验结束，学生应认真分析实验现象，整理实验结果，分析产生误差产生的原因，能对实验提出自己的改建意见或建议，清理实验仪器、整洁实验台面，经老师同意后学生方可离开实验室。

**（六）实验内容安排**

**【实验一】风机效率测试**

**1.实验学时：**2学时

**2.实验目的：**熟悉风机的结构与基本原理，掌握利用实验装置测定风机主要工作参数的实验方法。

**3.实验内容：**测定给定风机性能的相关参数，数据处理分析。

**4.实验要求：**实验前要预习，操作时分组进行，每组5人。学生按要求测量风机输出功率和风机耗电功耗，从而求出风机运行效率，提交格式规范的实验报告。

**5.实验设备及器材：**风机，电压表、电流表、功率计、皮托管、功率控制仪。

**【实验二】热管换热器传热性能测试**

**1.实验学时：**2学时

**2.实验目的：**加深热管换热器的工作原理理解，掌握换热器效率测试和计算方法。熟悉热管换热器的结构与基本原理，掌握利用实验装置测定热管换热器传热性能的主要工作参数的实验方法。

**3.实验内容：**测定热管换热器换热性能的相关参数，数据处理分析。

**4.实验要求：**实验前要预习，操作时分组进行，每组5人，学生按要求合作进行矩形通道内空气流速和流量的测量，提交格式规范的实验报告。

**5.实验设备及器材：**热管换热器、热管加热控制仪、风机控制仪、温度测量仪。

**(七)考核方式及成绩评定**

撰写实验报告，根据实验表现和实验报告规范性、完整性进行评定，是平时成绩的重要组成部分。

**六、课程思政**

能源是国民经济的命脉，与人民生活和人类的生存和环境息息相关，在社会发展中起着举足轻重的作用。我国是最大的发展中国家，有效用能对我国的经济和社会发展有着特殊的意义。有效用能有利于我国资源合理开发和环境保护，是调整国民经济结构、提高经济效益的重要途径，是实现我国经济持续、高速发展的保证。近年来，“绿水青山就是金山银山”的理念深入人心。我国能源绿色低碳转型取得重要进展，节能减排成效显著，“双碳”目标的提出更是中国主动承担应对全球气候变化责任的大国担当。通过课程学习，了解国内外能源资源开发与利用的现状，清楚我国能源利用中的主要问题。通过能量数量和质量分析的学习，使学生获得科学地分析节能潜力的大小、所在的部位及分布、指出节能的限度及节能途径、并科学地制定节能目标的能力。通过节能评估与审查的学习，使学生了解国定资产投资项目节能评估的相关法规政策、节能评估的相关概念，熟悉节能评估工作主要程序，掌握节能评估原则、方法，树立节能评估意识。

**七、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

（1）理论课教材：能量有效利用，刘庆玉，中国农业出版社，2013

（2）实验课教材：自编实验指导书

**2.参考书：**

（1）节能原理与技术. 李崇祥. 西安交通大学出版社, 2011

（2）化工节能原理与技术. 冯霄. 化学工业出版社, 2014

（3）能量系统的热力学分析方法. 傅秦生. 西安交通大学出版社, 2006

（4）能源与节能技术. 黄素逸. 中国电力出版社, 2004

（5）能量有效利用. 刘书智. 中国农业出版社, 1994

（6）㶲分析和能级分析. 杨东华. 科学出版社, 1986

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）北京工业大学能量转换与利用，爱课程，https://www.icourse163.org/course/bjut-1206621827

（2）西安交通大学能源的高效利用国家级视频公开课， https://www.icourses.cn/web/sword/portal/videoDetail?courseId=ff80808141caebdc0141da2cc79505e7#/?resId=ff80808141caebdc0141da2df3dc05e9

**八、教学条件**

课程依托的河南农业大学机电工程学院能源工程系，具备课程实施所需要的一切软、硬件条件。教学场地和实验教学条件充足。现有实验用房3000多平方米，拥有教学、实习和示范基地16个，产品研发及产业化场所达5500平方米，实验室共有仪器设备625台套，总值2752.1万元。教学由老教师和青年教师形成的教学团队共同承担，理论教学场地均为多媒体教室，实验教学在工程楼8楼，实验设备齐全。

**九、教学考核评价**

**1.过程性评价：**过程性评价主要有考勤、课堂表现、课后作业和课程实验得出综合占比40%的平时成绩。平时成绩总分为100分，过程性评价采用扣分制，迟到扣5分/次，旷课扣10分/次，作业少交一次扣5分/次，实验报考少交一次扣10分/次。

**2.终结性评价：**期末闭卷考试（60%）。

**3.课程综合评价：**总成绩=平时成绩（40%）+期末考试（60%）。

# 能源测试技术

（Energy Testing Technology）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021227 | **课程总学时：**32 | **实验学时：**  6  **学时** |
| **课程性质：**选修 | **课程属性:**专业深化类 | **开设学期：第** 6 **学期** |
| **课程负责人：**王伟 | **课程团队：**郑亚萍 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | |
| **对先修的要求：**大学物理、电工学、电子电路、流体力学、工程热力学、传热学 | | |
| **对后续的支撑：**使学生能够掌握常规仪器的工作原理与使用方法，结合理论分析进行实验数据处理，为毕业设计实习打下坚实的理论基础和实践基础。 | | |
| **主撰人：**王伟 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《能源测试技术》是新能源科学与工程专业的一门专业深化类选修课程，是一门理论性和实践性均较强的专业课程。本课程注重实用性和科学性的统一，从实用角度出发，对目前在能源测量过程中较为流行的热工仪表进行全面系统的介绍，包括仪表及传感器的基本原理和基本结构，安装、使用、校验方法等。此外3个专题实验，促使学生掌握热工仪表的使用方法，加深对测量理论的理解。主要教学理念和教学策略有：1）引导学生自主学习。教师的角色向引导者、帮助者转变，改变以往教师主动、学生被动的情况。2）培养学生思维能力。在授课过程中采用探究式教学—传授学生探究知识的方法—以培养学生的创新思维能力。3）项目驱动，以赛促学。鼓励学生结合课程知识，申报大学生创新创业项目，构建基于大学生竞赛为中心的学习模式。小范围尝试，带领学生参加大学生竞赛，在竞赛的准备过程中，增强实践能力的同时加深对所学基本理论知识的理解。通过本课程的学习，使学生掌握能源动力测试技术的理论和方法的同时，培养学生创新能力，为今后的专业工作打下坚实的基础。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：了解能源测量的一般原理及过程，掌握测量中的误差与数据处理理论；熟悉评价测量仪表的基本技术性能指标的定义，能正确合理选用符合测量要求的仪表；了解常用的热工测量仪表的基本构造原理；掌握仪表的正确使用方法，测得准确的、符合测量精度要求的测量数据。

2.实验技能方面：能够熟练掌握温度、流速流量和噪声等测量仪表的使用方法，以及正确处理所得数据。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

整体规划：本课程共32学时，其中，理论教授部分共9章，26学时；实验环节3个，6学时。

教学策略：调动学生主动学习、提高学生兴趣为主。本课程以培养复合型工程技术人才为核心，以课程教学和实践教学为抓手，使学生掌握能源动力测试技术的基本原理和方法，具备学以致用、解决实际问题的能力。在教学过程中：1）引导学生自主学习。在教学过程中避免填鸭式的知识满堂灌，教师的角色由灌输者、说教者、支配者向引导者、支持者、帮助者转变，改变以往教师主动、学生被动的情况。2）培养学生独立思考的能力。在授课过程中注重讲述知识的来龙去脉，激发学生主动思考。在遇到问题时，充分利用各种资源探寻答案。3）项目驱动，以赛促学。鼓励学生结合课程知识，申报大学生创新创业项目，构建基于大学生竞赛为中心的学习模式。带领学生参加大学生竞赛，在竞赛的准备过程中，通过解决遇到的一个个专业性问题，在增强实践能力的同时加深对所学基本理论知识的理解。

教学方法：1）教师主导。教师主要讲授课程的基本概念、原理、重点难点和易混淆点。2）因需施教。课堂问题分为基本问题和附加问题。基本问题为必答题，附加问题为选答题。选答题提供给学有余力，且兴趣浓厚的同学思考回答。3）翻转课堂。学生自由组合形成学习小组，并利用网络空间开展学习，课上交流讨论，老师解答共性的疑问，注重学生的课前预习。4）创新实验。学生在实验环节以外，自己设计实验，经教师确认无误后，学生利用现有实验资源完成实验验证。

教学内容：教学内容在教学组织实施中分为两部分，课程教授和案例教学为一部分，主要是各种测量仪表的基本构造原理，重点难点和易混淆点；另一部分通过课程布置主题讨论或线下完成议题思考、系统设计等。

教学评价：学习过程评价为多元体系，既包括课堂考勤、回到问题、听课情况等，也包括线下内容与讲解过程的评价，再结合课程实验和考试环节综合评价。

通过理论教授、案例教学、综合实验、课外实践和问题讨论等提高学生工程知识水平、现代动力测试工具使用能力、应用设计能力等。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：通过测量误差和不确定相关知识学习，使学生具备根据测量误差的规律性，找出消除或减小误差的方法，合理地处理和分析实验数据，科学地表达测量结果。 | 工程知识 |
| 2 | 目标2：通过对能源动力相关参数测量原理和方法的学习，使学生具备根据测试需求合理设计测量系统的能力。 | 设计/开发解决方案 |
| 3 | 目标3：通过对测量原理的学习，使学生具备使用现代测试工具的能力。 | 使用现代工具 |

**四、理论教学内容及学时分配（26学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第一章 热工测量的基本概念** | **学时数：2** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生了解测量的意义，认识到测量对我国能源高效利用、国防建设、科学研究和医疗诊断的重要性，树立科技强国信念和精益求精永不止步的工匠精神；理解测量的定义及测量过程三要素；掌握测量系统的组成，测量仪表的主要质量指标；熟练掌握测量方法的分类及其原理。

**教学重点和难点：**重点包括测量方法、测量系统的组成及功能、测量元件的基本要求、测量仪表的质量指标。

**主要教学内容及要求：**

了解：测量的意义和发展，测量分类。

理解：测量的定义；测量系统三个主要作用元件感受件、传送元件和显示元件的功能及对它们的要求。

掌握：测量仪表的主要质量指标：量程、准确度、线性度、回差、重复性和重复性误差、灵敏度、分辨率、漂移等。

熟练掌握：测量方法的分类及其原理。

**教学组织与实施：**课前备课；课中从测量的发展历史导入测量的重要意义、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第二章 测量误差和不确定度** | **学时数：2** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生了解测量误差和不确定评定的基本知识；理解误差的来源、分类和特点；掌握误差处理理论和方法；能对实验所测结果进行误差分析、剔除坏值；树立测量误差虽然不可能彻底消除但仍能通过合理的逐步减小的意识；培养学生的敬业精神，减小人为误差，从而提高测量质量。

**教学重点和难点：**重点是测量误差的理论基础和间接测量中的误差分析；难点是测量误差的不确定度评定。

**主要教学内容及要求：**

了解：测量误差的定义、来源和分类。

理解：真值、约定真值；绝对误差、相对误差、最大引用误差；测量准确度、精密度和精确度；系统误差、随机误差和粗大误差的概念和特点。

掌握：系统误差变化规律；系统误差的判别和确定；随机误差的分布规律和误差估计；粗大误差的判定；不确定度的评定方法。

熟练掌握：测量的精度等级的计算和仪表的选取。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第三章 温度测量概述** | **学时数：2** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生进一步了解温度的重要性；理解温度的概念；了解国际温标的建立和发展；了解温标的传递；了解温度测量方法分类；掌握膨胀式温度计的结构和测温原理。通过对国际温标、温度计形成和发展的介绍，使学生对科技由粗到精致的发展历程有一个宏观的把握，激发学生对科技史的兴趣，树立科学的发展观和遵守温度计量法规的意识。

**教学重点和难点：**重点是膨胀式温度计的分类和原理；难点是热力学温标的建立和温标的传递。

**主要教学内容及要求：**

了解：温度的定义；温度计的发展；温度测量方法分类；国际温标的建立；温标传递。

理解：热力学第零定律；热力学温标。

掌握：温标建立要素；膨胀式温度计的结构和原理。

熟练掌握：压力式温度计的结构、原理和特点。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第四章 热电偶和热电阻温度计** | **学时数：4** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生了解热电偶和热电阻的型号及特点；理解热电现象和热电偶测温原理；掌握热电偶的基本定律；掌握热电偶冷端温度补偿方法；了解标准化热电阻、铠装热电偶和标准热电阻温度计的结构和特点；掌握热电偶与热电阻温度计的选择、安装与标定。

**教学重点和难点：**重点是热电偶测温技术，热电阻测温技术，热电偶与热电阻温度计的安装与标定；难点是热电偶测温技术和热电偶与热电阻温度计的标定。

**主要教学内容及要求：**

了解：几种常用的热电偶类型及其性能；标准化和铠装热电偶、热电阻的结构；热电偶温度计和热电阻温度计的选择和安装；半导体热敏电阻温度计的结构和特点。

理解：热电偶的测温原理、热电阻测温原理，金属热电阻温度计和热敏电阻温度计的区别。

掌握：热电偶冷端温度补偿方法；热电势测量电路，热电阻测温线路；热电偶与热电阻温度计的标定。

熟练掌握：热电偶回路的基本定律及其应用。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第五章 压力及压差测量** | **学时数：2** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生了解压力的基本概念；了解压力计和压差计的分类；理解液柱式压力计和弹性式压力计测量原理；掌握压力传感器的合理选用、安装和压力测量系统的标定。了解压力检定规范，树立压力表及压力容器定期送检意识。

**教学重点和难点：**重点是稳态压力的测量，稳态压力指示仪表（液柱式压力计和弹性式压力计），压力传感器及压力测量系统的标定（包括静态标定和动态标定），压力仪器的安装及测压系统的组成。难点是动态压力的测量及不同的压力传感器。

**主要教学内容及要求：**

了解：压力的基本概念；压力单位件换算；液柱压力计的分类；弹性式压力计分类。

理解：液柱式压力计的结构、原理和特点；弹性式压力计的结构、原理和特点。

掌握：液柱式压力计和弹性式压力计测量范围；压力传感器及压力测量系统的静态标定；压力仪器的安装及测压系统的组成。

熟练掌握：压力计的选用原则。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第六章 流体流量的测量方法** | **学时数：4** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生了解目前工业上常用的容积式、速度式和质量式流量测量方法；了解流量计的分类；理解各种流量计的测量原理；掌握各种流量计的结构特点和适用情况；掌握流量计选用、安装和标定；能利用毕托管对管道流量进行测量。

**教学重点和难点：**重点是各种流量计的测量原理、结构特点和适用情况，流量计的安装；难点是流体流经节流件时压力和速度的变化规律。

**主要教学内容及要求：**

了解：流量概念；流量计的分类；标准节流装置特点及分类。

理解：容积式流量计的结构及工作原理，如椭圆齿轮流量计、腰轮流量计、刮板式流量计和湿式气体流量计；速度式流量计的结构及工作原理，如涡轮流量计、旋涡流量计、电磁流量计、超声波流量计和热式流量计；差压式流量计的结构及原理，如毕托管、均速管、靶式流量计、转子流量计、孔板流量计、文丘里管、喷嘴流量计。

掌握：流量计选用、安装和标定；孔板取压。

熟练掌握：毕托管的使用；节流降压差流量计的特点。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第七章 汽包水位测量** | **学时数：4** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生了解汽包液位测量的重要意义；了解连通式水位计、差压式水位计的分类；掌握云母水位计、双色水位计、电接点水位计、双室平衡容器、双压差平衡容器的测量原理；了解其他液位测量方法。

**教学重点和难点：**重点是连通式水位计、差压式水位计的的工作原理；难点是双色水位计的工作运力，双室平衡容器的结构及工作原理。

**主要教学内容及要求：**

了解：汽包水位测量对锅炉安全运行的重要性；连通式水位计、差压式水位计和其它液位计的分类。

理解：汽包满水和缺水对锅炉安全运行的危害；散热对连通式水位计测量的影响；汽包压力和密度差的关系。

掌握：云母水位计、双色水位计、电接点水位计、双室平衡容器、双压差平衡容器的测量原理。

熟练掌握：双室平衡容器输出差压的推导；汽包水位变化对差压输出的影响。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第八章 炉烟分析** | **学时数：4** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生了解电厂烟气连续监测的重要性，树立环保、节能意识；理解烟煤燃烧产物中CO2和O2的含量与过量空气系数的关系；掌握射水抽气装置的工作原理；掌握热磁式氧量计、氧化锆氧量计、热导式二氧化碳分析仪、红外线气体分析仪、气象色谱分析仪的工作原理。

**教学重点和难点：**重点是氧化锆氧量计、热导式二氧化碳分析仪、红外线气体分析仪、气相色谱分析法原理；难点是检测器和色谱仪的定性定量分析。

**主要教学内容及要求：**

了解：热磁式氧气分析仪、热导式二氧化碳分析仪和红外气体分析仪的组成及工作原理。

理解：红外分析仪工作原理；热导式检测器和氢火焰离子检测器原理。

掌握：射水抽气装置的工作原理；气相色谱分析法原理；气相色谱分析仪的主要组成。

熟练掌握：氧化锆氧气分析仪、色谱图及色谱仪的定性定量分析。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第九章 噪声测量** | **学时数：2** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生了解噪声测量的基本概念，噪声测量的重要意义，噪声测试仪器的工作原理，掌握噪声现场测量的原则。能够熟练应用噪声测量仪器对设备噪声进行测量。提高学生在日常生活和工作中，尽量减小噪声的意识。

**教学重点和难点：**噪声的物理度量，总声压级和声功率级的合成、分解与平均，噪声的频谱，噪声的评价，噪声的现场测量原则。

**主要教学内容及要求：**

了解：噪声测量的重要性，噪声测试仪器的结构和组成元件。

理解：噪声的物理度量：声压、声压级，声强、声强级，声功率、声功率级。

掌握：掌握噪声的现场测量原则。

熟练掌握：总声压级或声功率级的合成、分解与平均。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

**五、实验教学内容及学时分配（6学时）**

**（一）实验课程简介**

本实验课程重点讲授常见的热工参数：温度、流速流量和噪声的测量原理及测试方法，使学生能够深入理解常规测试仪器的工作原理并掌握其使用方法，结合理论分析进行实验数据处理。

**（二）实验教学目的和基本要求**

实验教学目的：

（1）能够使用常规的实验仪器、掌握其测试技术。

（2）培养学生观察、分析能力，使学生掌握试验数据处理和实验报告编写能力。

实验基本要求：

（1）实验前必须阅读实验指导书，明确实验目的和内容，了解实验原理与方法。

（2）实验中要掌握实验仪器的使用方法，理解实验原理和方法，同时认真做好实验数据记录。

（3）实验后撰写实验报告，分析实验数据。

**（三）实验安全操作规范**

（1）实验前做好预习，明白实验过程与操作注意事项。

（2）严格遵守实验室的规章制度，严格遵守安全操作要求。

（3）实验过程中，如果仪器设备发生故障，应立即向指导教师报告，以便及时排除故障。

（4）实验完毕后，关闭电源，整理好使用后的仪器、设备 、工具。

**（四）实验项目名称与学时分配**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **学时** | **类型** | **实验要求** | **每组人数** |
| 04021227＋01 | 热电偶温度计的制作与标定 | 3 | 综合性 | 必做 | 5 |
| 04021227＋02 | 流速流量测量 | 2 | 综合性 | 必做 | 5 |
| 04021227＋03 | 噪声测量 | 1 | 综合性 | 必做 | 5 |

**（五）实验方式及基本要求**

在讲解实验仪器的使用、实验内容和实验方法的基础上指导学生进行实验，要求学生协作完成实验、独立完成实验数据的处理、实验报告的撰写。

**（六）实验内容安排**

**【实验一】热电偶温度计的制作与标定**

**1.实验学时：**3学时

**2.实验目的：**掌握热电偶制作和标定方法；理解并掌握热电偶测温的原理，影响热电偶测温的原因；会自己动手制作热电偶并进行相应的标定。

**3.实验内容：**采用热电偶电焊机焊接热电偶，进行不同恒温热源温度下的热电偶标定实验。

**4.实验要求：**实验前要预习，操作时分组进行，每组5人，学生按要求合作制作出热电偶并对其进行标定，提交格式规范的实验报告。

**5.实验设备及器材：**热电偶电焊机，电位差计，恒温水浴，热电偶丝，酒精灯，硼砂，水银温度计，冰点瓶。

**【实验二】流速流量测量**

**1.实验学时：**2学时

**2.实验目的：**掌握皮托管的使用，熟悉矩形通道内空气平均流速和流量测量的方法。

绘制截面上的流速分布图；计算断面上的平均流速v和流量Q。

**3.实验内容：**绘制截面上的流速分布图；计算断面上的平均流速v和流量Q。

**4.实验要求：**实验前要预习，操作时分组进行，每组5人，学生按要求合作进行矩形通道内空气流速和流量的测量，提交格式规范的实验报告。

**5.实验设备及器材：**风机、实验槽道、毕托管、测压管、控制阀门。

**【实验三】噪声测量**

**1.实验学时：**1学时

**2.实验目的：**掌握测量噪声仪器的使用方法；掌握测定机器和工作环境噪声的方法。

**3.实验内容：**现场噪声测定。

**4.实验要求：**实验前要预习，操作时分组进行，每组5人，学生按要求合作进行不同环境下噪声的测量，提交格式规范的实验报告。

**5.实验设备及器材：**噪声测量仪，噪声源。

**(七)考核方式及成绩评定**

撰写实验报告，根据实验表现和实验报告规范性、完整性进行评定，是平时成绩的重要组成部分。

**六、课程思政**

随着科学技术的飞速发展和工程技术的迫切需求，能源工程测试技术已愈来愈广泛地应用于工业、农业、国防、航空、航天、医疗卫生和生物工程等各个领域。测试是科学研究的基本方法，传感器是实现测试的首要环节，现代生活、国防和高科技的发展离不开传感器与测试技术。科技要发展，计量须先行。通过对测试技术发展的学习，树立精益求精的大国工匠精神。通过了解传感器与测试技术在国民经济中的应用以及最新发展趋势；提高学习者创造性地运用知识，自主地发现问题、研究问题和解决问题的能力。

**七、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

（1）理论课教材：热工测量及仪表，朱小良，方可人，中国电力出版社，2011

（2）理论课教材：建筑环境与能源测试技术. 陈刚. 机械工业出版社, 2017

（3）实验课教材：自编实验指导书

**2.参考书：**

（1）能源与动力工程测试技术. 韩东太. 中国矿业大学出版社, 2022

（2）热能与动力机械测试技术. 厉彦忠. 西安交通大学出版社, 2020

（3）能源与动力工程测试技术. 康灿. 科学出版社, 2016

（4）热工测量仪表. 张华, 赵永柱. 冶金工业出版社, 2013

（5）热工测量. 万金庆. 机械工业出版社, 2013

（6）热工测量及仪表. 张东风, 片秀红．中国电力出版社, 2013

（7）热工测量及控制. 李洁. 上海交通大学出版社, 2010

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）中国大学MOOC，https://www.icourse163.org/course/NUDT-1003089003

（2）爱课程，http://www.icourses.cn/sCourse/course\_2758.html

**八、教学条件**

课程依托的河南农业大学机电工程学院能源工程系，具备课程实施所需要的一切软、硬件条件。教学场地和实验教学条件充足。现有实验用房3000多平方米，拥有教学、实习和示范基地16个，产品研发及产业化场所达5500平方米，实验室共有仪器设备625台套，总值2752.1万元。教学由老教师和青年教师形成的教学团队共同承担，理论教学场地均为多媒体教室，实验教学在工程楼8楼，实验设备齐全。

**九、教学考核评价**

**1.过程性评价：**过程性评价主要有课堂表现、课后作业和课程实验得出综合占比40%的平时成绩。平时成绩总分为100分（占比40%），过程性评价采用扣分制，迟到扣5分/次，旷课扣10分/次，作业少交一次扣5分/次，实验报考少交一次扣10分/次。

**2.终结性评价：**闭卷考试（60%）。

**3.课程综合评价：**总成绩=期末考试（60%）+平时成绩（40%）。

**环境工程**

（Environment Engineering）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021231 | **课程总学时：**32 | **实验学时：** 0 **学时** |
| **课程性质：**选修 | **课程属性:** 创业教育类 | **开设学期：第** 7 **学期** |
| **课程负责人：**翟巧龙 | **课程团队：**孙辉、张甜 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | |
| **对先修的要求：**燃烧学、生物质能工程、风能工程、节能原理等；要求学生对本专业可能带来的环境问题有一定的认识 | | |
| **对后续的支撑：**提高环境危机意识，将环境问题和环境保护理念贯穿于毕业设计（论文） | | |
| **主撰人：**翟巧龙 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《环境工程》是新能源科学与工程等专业的一门选修课，属于创业教育类课程。本课程的开课时间为第7学期，学生已学习了本专业的各类主干课程，更需要对新能源的开发和综合利用中可能产生的环境问题有清醒的认识。通过传统授课与翻转课堂的结合，调动学生积极性，提高课堂参与度，使学生系统地掌握环境工程的基础知识，了解人口、环境、能源之间的关系，深刻领悟习近平总书记提出的“绿水青山就是金山银山”的内涵和可持续发展思想，较全面掌握环境污染控制的原理和方法以及环境管理方面的内容，包括水体、大气、固体废物、噪声以及其他物理污染的来源、污染组成及其相关治理和处置方法及措施，增强学生的环境保护意识，培养学生独立分析和解决环境工程问题的基本素质与创新能力。

**二、课程教学的基本要求**

    1、理论知识方面：要求学生了解环境、环境问题和环境保护的基本概念；掌握环境工程领域的基础知识和各种污染的来源、污染组成及其相关治理和处置方法；了解环境质量监测与评价的基本知识。

    2、实验技能方面：掌握实验方法，提高其分析和解决问题的能力。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

为培养学生独立分析问题和解决问题的能力，增强学生的创新思维，提高环境保护意识和环境危机感，本课程教学设计包括课前、课堂和课后三部分。强化现代信息技术与教育教学深度融合，课前通过超星学习通或QQ等平台提前发布小组讨论主题；课堂中根据教学内容可选择启发式、讨论法、团队列名法、案例教学法等多种教学方法进行翻转课堂，辅以视频、模型、动画等多种手段，使课堂生动鲜活，保证教学效果；课后提供文献、网络公开课、视频等资源，供学生自主学习。课程评价方式主要包括过程性评价和期末考核，更注重学习过程的综合性评价。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 了解环境、环境问题和环境保护的基本概念。 | 1 |
| 2 | 掌握环境工程领域的基础知识和各种污染的来源、污染组成及其相关治理和处置方法。 | 2 |
| 3 | 了解环境质量监测与评价的基本知识，基于污染物的特性和环境安全，具有设计污染治理可行实验方案的能力。 | 3，4 |

**四、理论教学内容及学时分配（32学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **绪论** | **学时数：4** |

**教学目标：** 了解环境工程发展简史及主要研究内容，掌握可持续发展，能源与环境的关系以及环境污染控制方式。

**教学重点和难点：**环境问题，可持续发展。

**主要教学内容及要求：**

了解：环境工程发展简史及主要研究内容

理解：环境及环境问题

掌握：可持续发展的内涵，能源与环境的关系

熟练掌握： 环境污染控制方式

**教学组织与实施：**

课前：开课前通过超星学习通建课或课程QQ群，提前发布课程总体安排；对学生进行分组，课前布置环境问题讨论专题，学生可通过网络或其他方式查阅资料；

课堂：学生讨论为主，教师授课为辅，通过讨论法和团队列名法保证课堂讨论效果；

课后：就焦点环境问题布置思考题，可供学生课后拓展学习，增强学生环境保护意识。

**第一章     水污染与控制                           学时数：12**

**第一节 水资源与污染现状 2学时**

**教学目标：**使学生对水资源匮乏及水污染现状有更深刻的认识

**教学重点与难点：**污水性质与污染物指标

**主要教学内容及要求：**

了解：水资源与水污染现状

理解：水体自净原理

掌握：水体污染源和主要污染物

熟练掌握：水质指标的定义和分类

**教学组织与实施：**

课前：提前发布课程安排，布置水污染讨论专题，学生可通过网络或其他方式查阅资料；

课堂：翻转课堂，学生演讲为主，教师授课为辅，通过成员投票法评价自主学习效果；

课后：就水污染现状布置思考题，提供视频资源，可供学生课后拓展学习，增强学生水体环境保护意识。

**第二节 污水的处理方法 6学时**

**教学目标：**使学生了解生活污水的特点，掌握水体污染的基本处理方法与系统

**教学重点与难点：**斜板式沉淀池、混凝法、活性污泥法、生物膜法

**主要教学内容及要求：**

了解：常用的水体污染处理方法

理解：不同水污染处理法的优缺点

掌握：不同水污染处理法的原理及工作过程

熟练掌握：机械清渣格栅除污机、斜板式沉淀池、混凝、活性污泥法、生物膜法处理污水的工艺过程

**教学组织与实施：**

课前：提前发布学习内容，学生预习；

课堂：以启发式和讲授法为主要教学手段，突出重点，解释难点，加入具体案例如郑州五龙口污水处理厂处理工艺等、借助视频、模型、动画等多种方式保证教学效果；

课后：提供相关的网络公开课、文献等资源，供学生课下拓展学习。

**第三节 废水中氮磷的去除及污泥的处理 4学时**

**教学目标：**使学生了解水体富营养化，掌握污水中氮磷的去除方法；掌握污泥的处理过程

**教学重点和难点：**氮磷的去除、污泥处理

**主要教学内容及要求：**

了解：水体富营养化、富营养元素、污泥的危害

理解：污水中氮磷的去除及污泥处理的流程

掌握：生物脱氮、生物除磷、污泥的综合利用

熟练掌握：好氧吸磷、厌氧放磷、生物-化学联合除磷工艺、污泥的消化

**教学组织与实施：**

课前：学习小组就水体富营养化查阅资料预习；

课堂：以启发式和讲授法为主要教学手段，突出重点，解释难点，可借助视频、模型等多种方式保证教学效果；

课后：提供相关的网络公开课、文献等资源，供学生课下拓展学习。

**第二章     大气污染与控制                           学时数：6**

**第一节 大气污染概述 2学时**

**教学目标：** 使学生掌握大气污染及其分类，大气污染的影响，大气污染防治法规与标准体系

**教学重点和难点：**大气污染源及主要污染物

**主要教学内容及要求：**

了解：全球性大气环境问题、全球气候变化、中国的大气污染综合防治策略

理解：大气的组成及污染物的扩散

掌握：大气污染源、主要污染物、对人类健康的影响

熟练掌握：大气污染的类型及危害

**教学组织与实施：**

课前：提前发布课程安排，布置大气污染讨论专题，学生可通过网络或其他方式查阅资料，就目前突出的全球性环境问题如温室效应、酸雨等进行课前讨论准备；

课堂：翻转课堂，学生演讲为主，教师授课为辅，通过成员投票法评价自主学习效果；

课后：就大气污染现状布置思考题，可供学生课后拓展学习，增强学生对环境变化的危机感和环境保护意识。

**第二节 大气污染的控制 4学时**

**教学目标：** 掌握不同类型大气污染物的主要控制方法及工作过程

**教学重点和难点：**除尘器的选择、有害气体净化

**主要教学内容及要求：**

了解：大气中颗粒物的分类及有害气体的组成

理解：汽车排气中主要污染物质

掌握：烟尘净化，硫氧化物污染控制，氮氧化物污染控制

熟练掌握：旋风分离器、文丘里洗涤器、袋式除尘器的工作原理；石灰石膏法

**教学组织与实施：**

课前：提前发布学习内容，提醒学生预习；

课堂：以启发式和讲授法为主要教学手段，重点讲授有害气体净化方法及除尘，可借助视频、模型等多种方式保证教学效果；

课后：提供相关的网络公开课、文献等资源，供学生课下拓展学习。

**第三章     固体废弃物的处理和利用                           学时数：6**

**第一节 固体废弃物污染概述 2学时**

**教学目标：**了解固体废弃物的基本概念、危害及处理原则

**教学重点和难点：**固体废弃物的来源、分类以及资源化利用途径

**主要教学内容及要求：**

了解：固体废弃物的概念与特点

理解：固体废弃物的来源与分类

掌握：固体废弃物的危害

熟练掌握：固体废弃物处理的“三化”原则

**教学组织与实施：**

课前：提前发布课程安排，布置垃圾分类讨论专题，学生可通过网络或其他方式查阅资料进行课前讨论准备；

课堂：翻转课堂，学生演讲为主，教师授课为辅，通过成员投票法评价自主学习效果；

课后：就垃圾分类及资源化利用布置思考题，可供学生课下拓展学习，推广“垃圾分类就是新时尚”的可持续发展理念。

**第二节 固体废弃物的处理处置技术 4学时**

**教学目标：**了解固体废弃物处理与处置的基本概念、基本理论和基本方法，掌握固体废物分选，固体废物可降解处理，固体废物焚烧处理，固体废物热解处理，垃圾填埋处理方法

**教学重点和难点：**固体废物处理技术，城市垃圾的处理

**主要教学内容及要求：**

了解：固体废弃物处理和处置的概念与特点

理解：固体废弃物的资源化利用途径

掌握：固体废弃物处理技术，危险固体废弃物的处理

熟练掌握：城市垃圾的处理

**教学组织与实施：**

课前：提前发布学习内容，提醒学生预习；

课堂：以启发式和讲授法为主要教学手段，重点讲授垃圾处理和处置最新技术、城市垃圾分类及资源化利用新途径等，强化学生变废为宝的意识，传达“垃圾分类就是新时尚”的可持续发展理念；

课后：提供相关的网络公开课、文献等资源，供学生课下拓展学习；进行垃圾分类相关主题的问卷调查，扩大“垃圾分类、保护环境”理念的影响范围。

**第四章     噪声污染与控制                           学时数：2**

**教学目标：**掌握噪声与振动及其污染的基本概念，噪声及振动的控制方法。

**教学重点和难点：**噪声来源，噪声控制方法。

**主要教学内容及要求：**

了解：噪声的定义

理解：环境噪声测量方法

掌握：环境噪声的评价标准

熟练掌握：噪声的分类及危害

**教学组织与实施：**

课前：提前发布学习内容，提醒学生预习；

课堂：以授课法和讨论法相结合的方式进行课堂活动，通过团队列名法提高学生的参与度并进行学习过程的评价；

课后：提供相关的网络公开课、文献等资源，供学生课下拓展学习。

**第五章     其他物理污染与防护                  学时数：2**

**教学目标：** 掌握电磁辐射污染的概念及防护措施，放射性污染的概念及防护措施，热污染和光污染的概念及防护措施。

**教学重点和难点：**其他物理污染的概念和防护措施。

**主要教学内容及要求：**

了解：其他物理污染的概念

理解：其他物理污染的特点及危害

掌握：其他物理污染的控制方法

熟练掌握：其他物理污染的防护措施

**教学组织与实施：**

课前：提前发布学习内容，提醒学生预习；

课堂：视频课为主，自由讨论相结合的方式进行课堂活动，通过记名法进行学习过程的评价；

课后：提供视频资源，供学生课下拓展学习。

**五、课程思政**

启发学生对于环境问题的关注与思考，强化学生环境保护意识与可持续发展理念，培养其社会责任感，职业道德以及家国情怀，激发学生热爱环境，愿意投身环保事业的热忱之心。

**六、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

（1）理论课教材：环境工程概论（第四版），朱蓓丽主编，科学出版社，2019年

**2.参考书：**

（1）Introduction to Environmental Engineering (Fourth Edition)， Mackenzie L. Davis，McGraw Hill Press，2002年

（2）环境工程原理，郝吉明主编，高等教育出版社，2015年

（3）环境工程学，蒋展鹏主编，高等教育出版社，1992年

（4）环境工程概论，周集体主编，大连理工大学出版社，2007年

（5）水污染控制工程，高廷耀主编，高等教育出版社，2007年

（6）水污染控制工程学， 郭茂新主编，中国环境科学出版社，2005年

（7）大气污染控制工程，马广大主编，中国环境科学出版社，2004年

（8）大气污染控制工程，郝吉明主编，高等教育出版社，2002年

（9）固体废物处理及资源化，汪群慧主编，化学工业出版社，2004年

（10）固体废物处理与资源化，李国学主编，中国环境科学出版社，2005年

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）中国环保网，http://www.chinaenvironment.com/

（2）精品课程环境工程实验，http://jpkc.tongji.edu.cn/jpkc/hjgcsy/condition/construction.shtml

（3）相关国家级课程线上资源，<https://www.icourse163.org/course/SWJTU-1460761162?from=searchPage&outVendor=zw_mooc_pcssjg_>

**七、教学条件**

学校教室可提供本课程日常理论教学所需的场地和多媒体设备，保证教学活动的顺利进行；授课教师对课程体系有全面的设计和把握，可根据学生的反馈及时调整教学内容、设计合理的教学环节，保证良好的教学效果和较高的教学质量。

**八、教学考核评价**

**1.过程性评价：**（1）通过超星学习通进行学生签到、点名等活动；（2）通过随机提问评价课堂表现和听课效果；（3）课堂学习小组讨论可通过团队列名法进行评价；（4）小组演讲可通过班级成员投票打分评价；（5）课后作业评价阶段性学习成果。

**2.终结性评价：**本课程采用写论文的方式进行期末考核。

**3.课程综合评价：**总成绩由平时成绩和期末考核两部分组成，平时成绩占总成绩的40%，期末考核成绩占总成绩的60%。

# 能源工程管理

（Energy Engineering Management）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021240 | **课程总学时：**32 | **实验学时：** 0 **学时** |
| **课程性质：**选修 | **课程属性:**专业类 | **开设学期：第** 6 **学期** |
| **课程负责人：**郑亚萍 | **课程团队：**岳建芝、郑亚萍 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | |
| **对先修的要求：**工程热力学、传热学、节能原理、热工设备 | | |
| **对后续的支撑：**所学专业知识的综合应用，为工程实践与管理能力打下基础。 | | |
| **主撰人：**郑亚萍 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

能源工程管理课程是一门创业教育类专业选修课。本课程共32学时，学分2。通过对该课程的学习，使学生初步了解我国能源的现状，认识能源管理的重要意义，掌握能源转换和利用的过程及原理，特别是一些新能源的转换和利用，并具体掌握如何利用余能，掌握多联产、热管与热泵的节能技术原理，初步了解现代管理学的相关知识及其管理方法、原则和优化，在此基础上能够熟练的进行相关系统的经济技术分析，深刻认识工程项目的评价原理，学会进行固定资产的折旧计算及进行重置决策的方法，能够熟练进行系统的不确定性分析，并对项目的可行性研究有进一步的认识。

通过本课程的理论学习，使学生具备如下知识和能力：

1.学生发现问题、分析问题和解决问题的能力、培养学生谦虚、好学的能力；培养学生勤于思考、做事认真的良好作风。

2.掌握能源转换和利用的过程及原理；了解相关的法律法规；掌握多联产、热管与热泵的节能技术原理；初步了解现代管理学的相关知识及其管理方法、原则和优化。

3.培养学生的沟通能力及团队协作精神；良好的职业道德；培养学生整体思维、融会贯通、学会学习的能力。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：理解能源工程管理学习的目的和意义，理解能量与能源的分类和评价。掌握能量转化与利用的基本原理和方法。掌握基本节能技术及其应用。了解现代管理理论的体系构成。掌握能源工程项目的经济效益评价、可行性研究及固定资产的折旧与重置。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

课程教学以课堂讲授为主，结合实验、作业、微课，MOOC课等相应的资源，配合多媒体课件等共同完成课堂授课内容。采用E-mail、QQ、微信等交流工具，加强和学生之间的交流和沟通。

课堂讲授通过启发式教学、讨论式教学等教学方法和手段培养学生学习电路理论中遇到典型体型的解法，提高其应用基本概念和理论提高分析问题和解决问题的能力。本课程也会适当地安排一些讨论环节和报告交流环节，培养学生自主学习能力、实际动手能力、团队合作能力、获取和处理信息的能力、准确运用语言文字的表达能力，激发学生的创新思维。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 能够将能源转换与利用的知识用于分析新能源领域的工程问题。 | 1，2 |
| 2 | 能够运用能源转换与利用原理，识别和判断新能源领域复杂工程问题的关键环节，并能基于能源转换与利用原理和数学模型方法正确表达复杂工程问题。 | 3，4，6 |
| 3 | 初步了解现代管理学的相关知识及其管理方法、原则和优化。 | 8，11 |
| 4 | 能够熟练的进行相关系统的经济技术分析，深刻认识工程项目的评价原理，学会进  行固定资产的折旧计算及进行重置决策的方法，能够熟练进行系统的不确定性分析，并对项目的可行性研究有进一步的认识。 | 1.，2，11 |

**四、理论教学内容及学时分配（32学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **绪论** | **学时数：2** |

能源工程管理的内容，能源工程管理研究的目的和意义，能源技术人员学习能源工程管理的必要性。能量及其分类，能源评价。我国能源构成，我国能源特点。能源与社会，能源与经济生态环境与环境污染，环境污染及其危害。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第一章 能源的转换与利用** | **学时数：4** |

**教学目标：**使学生理解和掌握汽动力循环、煤气化技术、燃料电池、磁流体发电等能源转换与利用的典型技术和方式。

**教学重点和难点：**能量转换原理、蒸汽动力循环的发展趋势、燃料电池的发电原理及特点。

**主要教学内容及要求：**

**了解：**蒸汽动力循环的发展趋势，煤气化技术的发展前景。

**理解：**燃料电池的发电原理，燃料电池的特点。磁流体发电原理，磁流体发电的循环系统，磁流体发电的特点。

**掌握：**发生炉煤气的物质和能量的转变，水煤气的物质和能量的转变。

**熟练掌握：**能量转换的原理，空气燃料比和过量空气系数。

**教学组织与实施：**课前知识点回顾，预备提问环节；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析，完成知识点的传授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第二章 节能技术** | **学时数：4** |

**教学目标：**使学生掌握余能、余热利用，了解余热利用的新技术；掌握企业能量平衡管理。

**教学重点和难点：**余热的利用方式、燃气轮机热电联产系统的优点、热管的原理、热管在各种热能回收中的应用。

**主要教学内容及要求：**

**了解：**余热资源种类，主要工业热利用方法，几种余热利用的系统。

**理解：**热管的原理，热管的优点，热泵的工作原理，热泵的工质及其工作温度范围。

**掌握：**燃气轮机热电联产的方法及优点，热电冷联供系统。热电联产技术，热管在废热回收中的应用。

**熟练掌握：**企业能量平衡管理。

**教学组织与实施：**课前知识点回顾，预备提问环节；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析，完成知识点的传授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第三章 现代管理概论** | **学时数：4** |

**教学目标：**了解管理科学的形成与发展，企业组织与领导决策，市场营销管理和产品质量管理，技术创新与工业产权。

**教学重点和难点：**管理的必要性、管理的功能、管理科学发展的阶段、企业组织工作的性质和目的、决策的内容和分类、市场研究和市场预测的方法、产品质量管理的特点、技术创新、新产品开发的重要性、技术引进和知识产权。

**主要教学内容及要求：**

**了解：**管理的必要性的主要表现，管理工作的二种性，管理的六种功能，管理科学发展的历史，管理现代化的具体内容。市场调查，市场预测，营销策略和方法，质量管理，产品质量管理的特点。

**理解：**企业组织工作的性质和目的，决策在管理中的重要性。

**掌握：**决策的内容和分类，风险型决策的分析方法。

**熟练掌握：**产品管理与质量保证国际标准技术创新，新产品开发，技术引进和知识产权。

**教学组织与实施：**课前知识点回顾，预备提问环节；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析，完成知识点的传授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第四章 技术经济分析基础** | **学时数：6** |

**教学目标：**理解资金的时间价值，掌握普通复利的利率因子及等值计算。

**教学重点和难点：**资金的时间价值、等值、现值和终值、现金流量图、八个利率因子公式。

**主要教学内容及要求：**

**了解：**技术经济分析，方案的经济分析和比较。资金的时间价值，利息，利率，单利和复利，等值，现金流量。

**理解：**复利终值因子，复利现值因子；等额年金终值因子，偿债基金因子，资金回收因子；等差变额现值因子，等差变额等额年金因子；名义利率和实际利率，连续复利的实际利率。

**掌握：**普通复利的等值计算方法。

**教学组织与实施：**课前知识点回顾，预备提问环节；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析，完成知识点的传授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第五章 工程项目经济效益的评价原理** | **学时数：4** |

**教学目标：**掌握工程建设项目经济评价方法，学会互斥方案及非互斥方案的经济效益评价。

**教学重点和难点：**工程建设项目经济评价的基本原则、互斥方案、非互斥方案、方案评价的比较条件、现值法、年金法、净收益/费用比例法、投资内部收益率法和投资回收期的法的五种比较方案的具体方法以及各自的优缺点。

**主要教学内容及要求：**

**了解：**工程建设项目经济评价的基本原则，内部收益率、投资回收期、投资利润率比较参数。

**理解：**互斥方案评价的比较条件、比较方法：现值法的概念，资金成本与贴现率，现值法评价的步骤，现值法的优缺点；年金法的概念，年金法的评价；净收益/费用比例法的提出与应用，评价方法。非互斥方案的评价方法。

**掌握：**增额分析法的概念，增额分析法的计算程序及其计算方法。

**熟练掌握：**内部收益率法的概念，内部收益率法的计算方法；投资回收期法的概念及其计算方法。

**教学组织与实施：**课前知识点回顾，预备提问环节；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析，完成知识点的传授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第六章 固定资产的折旧及其重置决策** | **学时数：2** |

**教学目标：**掌握固定资产折旧的方法及固定资产的重置和重置决策方法。

**教学重点和难点：**直线折旧法、偿债基金折旧法。额外第一年折旧法、年数加总数折旧法、余额递减折旧法计算。

**主要教学内容及要求：**

**了解：**固定资产折旧的概念、折旧的方法；我国目前使用的固定资产折旧的提取方法。

**理解：**经济寿命期的概念。

**掌握：**资产重置的决策的方法：帐面价值法、等额年成本重置法和鲍曼一斐特法、现金流量法。

**教学组织与实施：**课前知识点回顾，预备提问环节；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析，完成知识点的传授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第七章 项目的可行性研究** | **学时数：6** |

**教学目标：**了解项目兴建的依据和市场预测，理解技术方案、设备方案和工程方案，掌握投资及成本估算、工程项目的环境评价和可行性报告编制。

**教学重点和难点：**可行性研究的三个阶段、技术方案选择、主要设备方案选择、工程方案选择、生产规模指数法、分项系数估算法、环境影响评价基本要求、可行性研究报告编制大纲。

**主要教学内容及要求：**

**了解：**可行性研究，机会性研究，初步可行性研究，技术经济可行性研究，市场预测的重要性。

**理解：**技术方案选择，主要设备方案选择的基本要求，工程方案选择的基本要求。

**掌握：**投资成本估算方法：生产规模指数法，定额流动资金，产品成本估算。工程项目的环境评价：环境影响评价的基本要求，污染的防治。

**熟练掌握：**可行性报告编制：市场预测，项目的建设规模、产品方案和生产能力，建厂地区和厂址的研究。

**教学组织与实施：**课前知识点回顾，预备提问环节；课堂借助提问互动、理论讲解、案例剖析，完成知识点的传授；课后在线答疑、小组讨论、完成作业及效果反馈。

**五、课程思政**

能源问题引入时使用行业现实需求场景，增强学生专业责任感和使命感，关注国家战略和现实需求以及我国的技术现状和成就。从历史观、全局观、未来观三方面出发，以能源发展问题相关的国家政策、技术革新典型案例、社会热点话题为载体，从学科角度再次深入挖掘其中蕴含的家国情怀、大局意识、科创精神、优秀文化传承、社会主义核心价值观和责任与担当等思政元素。

**六、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

（1）理论课教材：《能源工程管理》，任由中 编著，中国电力出版社，2018 年

**2.参考书：**

（1）《能源工程管理》．吴玉程．科学出版社, 2023

（2）《能源工程管理与评估》．苏福永，赵志南．冶金工业出版社, 2019年

（3）《能源工程管理与实践》．王治国，苏晓辉．石油工业出版社, 2021年

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）中国大学MOCO国家精品课程在线学习平台，https://www.icourse163.org/

**七、教学条件**

学校教室可提供本课程日常理论教学所需的场地和多媒体设备，保证教学活动的顺利进行；授课教师对课程体系有全面的设计和把握，可根据学生的反馈及时调整教学内容、设计合理的教学环节，保证良好的教学效果和较高的教学质量。

**八、教学考核评价**

**1.过程性评价：**据学生学习过程中的出勤情况、学习态度、课堂提问、课外作业等方面的表现，对学生进行形成性评价，过程性考核占30%。

**2.终结性评价：**笔试；70%。

**3.课程综合评价：**闭卷，总成绩=期末考试（70%）+ 过程性评价成绩（30%）。

# 储能原理与技术

（Principles and Technology for Energy Storage）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021241h | **课程总学时：**32 | **实验学时：** 4 **学时** |
| **课程性质：**必修 | **课程属性:**专业类 | **开设学期：第** 7 **学期** |
| **课程负责人：**姚森 | **课程团队：**姚森、刘亮 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | |
| **对先修的要求：**具有从事新能源领域所需的相关数学和自然科学知识素质，应先修工程热力学、传热学、材料学、太阳能工程、风能工程等课程。 | | |
| **对后续的支撑：**所学专业专业知识的综合应用。 | | |
| **主撰人：**姚森 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《储能原理与技术》是新能源科学与工程专业的一门重要专业必修核心课程。能源存储是新能源产业发展的前提，培养掌握储能原理与技术的本科生是培养新能源人才的基础。通过本课程的学习使学生能够掌握储能技术的基本原理、储能系统的构成、储能材料和储能器件的基本特性等，掌握电能、热能、化学能等储存及关键应用技术，具备从事储能设备设计和研究开发的初步能力，为将来从事工程设计、技术开发及研究创造条件。课程教学过程以学习产出为导向，按照理论传授、课堂讨论、案例解析相结合的教学方法，结合科技最新成果等开展思政教育，理论与实践紧密结合，培养学生工程实践能力与创新精神。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：重点掌握能量转换和存储与利用、储热原理与技术、相变材料与相变储能原理与技术、电化学储能原理与技术、储氢原理与技术、机械类储能原理与技术和电气类储能原理与技术等，同时了解国内外储能技术的研究现状和应用前景。

2.实验技能方面：掌握储能系统性能测试及计算方法。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

以培养创新应用型人才为目标，坚持能力产出为导向，使学生掌握储能基本原理和关键技术，具备从事储能设备设计和解决实际问题的能力。通过课程讲解、案例教学、自主探究、课外思考和问题讨论等提高学生理论知识水平、自主学习能力、应用设计实际能力、分析能力以及实践创新能力。教学内容在组织实施中分为两部分，课程讲授和案例教学为一部分，主要是储能的概念及分类、各类储能技术的基本原理、储能系统的构成、储能材料和储能器件的基本特性等基础性内容，另一部分通过课程布置主题讨论或者线下完成议题思考、系统设计等进行。教学策略以调动学生主动学习、提高学习兴趣为主，采用综合课程讲授、线上和线下讨论等多种形式的教学方法。相应的学习过程评价为多元体系，既包括课堂考勤、回答问题、听课情况等，也包括线下内容完成与讲解过程评价，再结合课程实验和考试环节进行综合评价。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 能够掌握储能技术的基本原理、储能系统的构成、储能材料和储能器件的基本特性等。 | 1.工程知识 |
| 2 | 能够综合运用传热、工热、材料等学科知识，对储能技术的问题进行综合分析，并得出有效结论。 | 2.问题分析 |
| 3 | 能够基于科学原理并采用科学方法对能源存储的相关科学和工程问题开展研究，分析并得到合理的解决方案。 | 3.研究 |
| 4 | 了解国内外储能技术的研究现状和应用前景，拓宽知识，具有不断适应新储能技术发展的能力。 | 12.终身学习 |

**四、理论教学内容及学时分配（28学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **绪论** | **学时数：2** |

**教学目标：**掌握储能的概念、作用及分类；了解储能技术发展史和未来储能发展动向。

**教学重点和难点：**储能的概念和分类；储能技术的发展现状与挑战。

**主要教学内容及要求：**

了解：能源的概念、储能的重要性。

理解：储能技术发展方向及挑战。

掌握：储能概念、储能技术分类及特点。

熟练掌握：新能源领域中的储能技术及应用。

**教学组织与实施**：课堂讲解与随堂提问。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第一章 储热** | **学时数：10** |

1. **储热技术概述 2学时**

**教学目标：**掌握储热基本原理与概念、储热基本方式与材料、储热理论基础等。

**教学重点和难点：**储热原理和储热技术分类、储热材料特性，储热理论基础。

**主要教学内容及要求：**

了解：储热技术应用与新进展。

理解：储热技术新进展。

掌握：储热基本原理、基本方式与材料

熟练掌握：储热系统的热力学分析基础。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

1. **显热储热 2学时**

**教学目标：**掌握显热储存的原料和有关材料的筛选、设计原则。

**教学重点和难点：**典型显热储热技术的工作原理和工作特性。

**主要教学内容及要求：**

了解：了解显热储热技发展趋势。

理解：显热储热的热力学基础。

掌握：储热基本原理、基本方式与材料筛选原则。

熟练掌握：储热系统的热力学分析和传热传质问题分析。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

1. **相变储热 2学时**

**教学目标：**掌握相变储热的原理、相变材料的分类、相变储热技术的应用、相变材料的封装与强化换热措施等。

**教学重点和难点：**相变储热原理与技术、相变储热材料的特性及筛选依据，相变材料的封装与强化换热。

**主要教学内容及要求：**

了解：了解相变储热技术发展趋势。

理解：相变储热技术新进展。

掌握：相变储热基本原理、基本方式与材料特性。

熟练掌握：相变材料的封装、强化换热以及储热装置设计等。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

1. **热化学储热 2学时**

**教学目标：**掌握热化学储热的基本原理、分类以及应用，掌握储热系统的热力学评价方法。

**教学重点和难点：**热化学储热的基本原理，热化学储热系统的设计。

**主要教学内容及要求：**

了解：了解热化学储热技术发展趋势。

理解：热化学储热技术新进展。

掌握：吸附储热和热化学反应储热的基本原理与热载体特性。

熟练掌握：可逆性、反应速度、反应动力学等热化学储热体系的反应特性分析。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

1. **储热系统的热力学评价方法 2学时**

**教学目标：**掌握典型储热系统的热力学模型构建，使学生能够应用热力学定律分析储热系统的热力学效率。

**教学重点和难点：**定义充热过程、净置过程、放热过程，建立储热系统的热力学评价。

**主要教学内容及要求：**

了解：储热系统热力学评价的重要性。

理解：充放热过程的热力学表达式。

掌握：充放热过程的焓变计算、火用变化计算。

熟练掌握：典型储热系统的热力学模型构建与分析方法。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第二章 机械储能** | **学时数：4** |

1. **抽水蓄能技术 1学时**

**教学目标：**掌握抽水蓄能电站的工作原理、系统构成、类别以及蓄能水库的能量特性。

**教学重点和难点：**

**主要教学内容及要求：**

了解：抽水蓄能电站的发展历程。

理解：抽水蓄能电站的基本概念。

掌握：抽水蓄能电站的工作原理、系统构成以及分类等。

熟练掌握：抽水蓄能电站的综合效率计算方法。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

1. **压缩空气储能 2学时**

**教学目标：**掌握压缩空气储能的基本原理与关键设备特性。

**教学重点和难点：**压缩空气储能原理，实践中压缩空气储能型式和参数的选择。

**主要教学内容及要求：**

**了解：**压缩空气储能的作用及应用情况。

**理解：**压缩空气储能的分类及技术路线。

**掌握：**压缩空气储能的基本原理与系统构成。

**熟练掌握：**压缩空气储能系统的循环效率计算方法。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

1. **飞轮储能 1学时**

**教学目标：** 掌握飞轮储能的工作原理、系统构成以及技术特点等。

**教学重点和难点：**飞轮储能的工作原理，飞轮储能中的关键技术。

**主要教学内容及要求：**

**了解：**飞轮储能的发展前景。

**理解：**飞轮转子的设计原则。

**掌握：**飞轮储能的工作原理、系统构成、关键技术等。

**熟练掌握：**飞轮储能系统技术特点和应用范围。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | | **第三章 电化学储能** | | **学时数：6** | |
|  |  | |  | |  |

1. **电化学储能概述 1学时**

**教学目标：**掌握电化学储能技术的分类及关键技术。

**教学重点和难点：**电化学储能的关键技术。

**主要教学内容及要求：**

**了解：**电化学储能的作用。

**理解：**电化学储能的基本概念。

**掌握：**电化学储能技术的分类及特点。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

1. **铅酸电池 2学时**

**教学目标：**掌握铅酸电池的工作原理与结构、工作方式及充放电特性等。

**教学重点和难点：**铅酸电池的工作原理与结构，充放电特性。

**主要教学内容及要求：**

**了解：**铅酸电池的应用场景。

**理解：**铅酸电池的电化学过程。

**掌握：**铅酸电池的原理与结构、工作方式与充放电特性等。

**熟练掌握：**铅酸电池的技术特点。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

1. **锂离子电池 2学时**

**教学目标：** 掌握锂离子电池的工作原理、工作方式及充放电特性等。

**教学重点和难点：**锂离子电池的工作原理，充放电特性。

**主要教学内容及要求：**

**了解：**锂离子电池的应用场景。

**理解：**锂离子电池的电化学过程。

**掌握：**锂离子电池的原理、工作方式与充放电特性等。

**熟练掌握：**锂离子电池的技术特点。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

1. **液流电池 1学时**

**教学目标：**掌握液流电池的工作原理、工作方式及充放电特性等。

**教学重点和难点：**液流电池的工作原理，充放电特性。

**主要教学内容及要求：**

**了解：**液流电池的应用场景。

**理解：**液流电池的电化学过程。

**掌握：**液流电池的原理、工作方式与充放电特性等。

**熟练掌握：**液流电池的技术特点。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **第一节 超导储能 1学时** | **第四章 电磁储能** | **学时数：2** |

**教学目标：**掌握超导储能的工作原理、构成及关键技术等。

**教学重点和难点：**超导与超级电容储能的工作原理，电磁储能的关键技术。

**主要教学内容及要求：**

**了解：**电磁类储能技术的应用前景与发展前景。

**理解：**超导储能的电磁转换过程等。

**掌握：**超导储能的工作原理及关键技术。

**熟练掌握：**超导储能的技术特点**。**

**第二节 超级电容储能 1学时**

**教学目标：**掌握超级电容储能的工作原理、构成及关键技术等。

**教学重点和难点：**超级电容储能的工作原理与关键技术。

**主要教学内容及要求：**

**了解：**超级电容储能技术的应用前景与发展前景。

**理解：**超级电容器的电化学反应过程等。

**掌握：**超级电容储能的工作原理与关键技术。

**熟练掌握：**超级电容储能的技术特点**。**

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **第一节 物理储氢 2学时** | **第五章 氢储能** | **学时数：4** |

**教学目标：**掌握物理储氢、化学储氢的原理

**教学重点和难点：**物理储氢技术分类、原理及特点等。

**主要教学内容及要求：**

**了解：**了解物理储氢的技术现状及科学前沿。

**理解：**固态与液态等物理储氢的基本原理。

**掌握：**物理储氢材料的分类及特性等。

**熟练掌握：**氢储能的技术特点**。**

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **第二节 化学储氢 2学时** |  |  |

**教学目标：**掌握化学储氢的原理及特点。

**教学重点和难点：**化学储氢技术的分类、原理及特点等。

**主要教学内容及要求：**

**了解：**了解化学储氢的技术现状及科学前沿。

**理解：**化学储氢的作用与基本原理。

**掌握：**化学储氢的原理、主要环节以及分类等。

**熟练掌握：**化学储氢的技术特点**。**

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

**五、实验教学内容及学时分配（4学时）**

**（一）实验课程简介**

相变温度和相变潜热是相变材料的重要物性，相变温度决定了相变材料的应用范围，相变潜热决定了储热能力的大小。本实验课程通过差示扫描量热仪（DSC，differential scanning calorimeter）对相变储能材料的相变温度和相变潜热进行测试。

**（二）实验教学目的和基本要求**

通过本门实验课，使学生进一步了解相变储能材料的充放热特性和分析原理，掌握相变材料的储热特性测量手段与分析方法，激发学生的创新意识。

**（三）实验安全操作规范**

1. 检查实验环境，确定实验设备的电路等通路良好，无漏电等隐患。

2. 检查仪器所有连接是否正确，所用气体是否充足，工具是否齐全。

3. 检查并确保试验前和实验过程中物异物掉进炉子周围的空隙处，一旦发生此类似情况，应立即切断电源，并报告管理老师。

4. 操作软件出现故障时，不要按计算机重新启动按钮，应同时按下Ctrl-Alt-Del键，在任务管理器中结束任务进程。

5. 实验完成时，先关闭操作软件，再关闭电脑及电源，最后关闭样品吹扫气体，检查并复位实验仪器确认安全后离开。

**（四）实验项目名称与学时分配**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **学时** | **类型** | **实验要求** | **每组人数** |
| 04021241h＋01 | 相变储能材料DSC测试与分析 |  | 综合性 | 必做 | 5~10人 |

**（五）实验方式及基本要求**

有实验内容均要求学生在实验教师指导下独立完成，要求学生在实验前必须熟悉、了解、并掌握实验的样品与药剂的现象变化和仪器的使用方法，实验结果在规定误差范围内。

**（六）实验内容安排**

**【实验一】相变储能材料DSC测试与分析**

**1.实验学时：**4学时

**2.实验目的：**相变温度和相变潜热是相变材料的重要物性，决定了相变材料的应用范围和储热能力的大小。本实验通过DSC仪器测定相变储热材料的比热容，发生相变的起点温度、峰值温度、相变焓等，并绘制DSC曲线，比较不同种类相变材料的储热特性等，培养学生的实践能力、理论分析能力、实验数据分析能力、整理实验成果和编写实验报告的能力等。

**3.实验内容：**相变储能材料DSC测试与分析。

**4.实验要求：**在实验课老师的指导下，严格遵守实验操作规程进行实验；正确把握实验操作步骤，学会DSC的操作方法；能够正确地采集数据，对数据进行有效处理和分析。

**5.实验设备及器材：**差示扫描量热仪、石蜡、六水硝酸镁等材料。

**六、课程思政**

储能技术是当前国家能源结构调整中的关键环节，国家战略对储能技术人才的需求快速增长。本课程在教学过程中将政治认同、家国情怀、文化素养、宪法法治意识、道德修养等思政元素融入专业教育。如通过学习储能领域顶级科学家故事、重要科学发现过程，激发学生的学习兴趣，增强学生的科技报国认识；通过展示国家在储能领域的战略规划内容，使学生对于储能技术产业及新能源产业有全面系统的认识，启发发散性思考与深刻思考；通过生动图片展示储能材料与器件内容，启发学生创造性思维；在课程内容中适当加入前沿科学研究进展，使学生深刻体会到材料的更新换代支撑起技术的革新，储能材料与器件不是一成不变的，是发展的，培养学生的科学批判精神。

**七、教材及教学参考书**

1.选用教材：

（1）理论课教材：储能技术，梅生伟 李建林 朱建全 编著，机械工业出版社，2022年

（2）实验课教材：自编实验指导书。

（3）实习指导书：自编实习指导书。

**2.参考书：**

（1）储能原理与技术(第二版)．黄志高 林应斌 李传常．中国水利水电出版社， 2020年

（2）储能技术应用及案例分析．杨少波．中国电力出版社，2022年

（3）电网储能技术．贝努瓦·雷恩．机械工业出版社，2017年

（4）新能源系统储能原理与技术．李强．机械工业出版社，2022年

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）储能原理与技术，https://www.icourse163.org/course/FJNU-1206412806?tid=1468781518

（2）中国储能网，https://www.escn.com.cn/

（3）北极星储能网，https://chuneng.bjx.com.cn/

**八、教学条件**

课程依托河南农业大学机电工程学院能源工程系，具备课程实施所需要的软、硬件条件。课程团队有良好的师资配置，授课教师全部拥有博士学位。教学场地和实验教学条件充足，拥有自动量热仪等热分析仪器，满足本科生实验教学。

**九、教学考核评价**

**1.过程性评价：**

过程性评价为百分制，由课堂表现（含考勤、听课状态、回答问题等）与作业、期中考试与实验等部分组成，各自所占比例由任课老师掌握。

**2.终结性评价：**闭卷，评分采用百分制。

**3.课程综合评价：**采用多元化考试评价方法，综合评价得分为百分制，终结性评价占课程综合评价的70%，过程性评价占课程成绩总评分的30%。

# 能源与环境（双语）

(Energy and Environment)

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021243 | **课程总学时：**32 | **实验学时：** 0 **学时** |
| **课程性质：**选修 | **课程属性:** 专业深化类 | **开设学期：第** 7 **学期** |
| **课程负责人：**李亚猛 | **课程团队：**李亚猛 | **授课语言：**中英双语 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | |
| **对先修的要求：**大学英语、传热学、热力学 | | |
| **对后续的支撑：**毕业设计撰写 | | |
| **主撰人：**李亚猛 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《能源与环境》为新能源科学与工程的一门专业深化类选修课。能源是人类赖以生存的重要物质基础，环境是社会可持续发展的根本保障。当前世界，化石能源正日渐枯竭，新能源的开发与利用受到普遍重视，与此同时，能源的开发利用造成了全球气候变暖、酸雨、臭氧层破坏等重大环境问题。针对能源与环境这二个当今世界的热点问题以及我国的节能减排形势，本课程将能源与环境相关知识浓缩讲解，并突出能源与环境之间的关系，突出可持续发展理念。通过讲解和学习，使学生较全面地了解能源、环境的基本知识、现状和发展趋势，了解能源与环境问题的解决途径和方法，培养受众的节能环保意识和社会责任感，从而主动为建设资源节约型和环境友好型社会做出贡献。

**二、课程教学的基本要求**

1、理论知识方面：要求学生获得必要的能源科学与环境科学基本知识，了解目前的能源与环境现状；帮助学生理解能源利用和环境保护中存在的问题，以及解决这些问题的关键技术和方法；介绍能源和环境的可持续发展策略，启发学生进行创造性思考；全面了解目前社会发展所面临的能源问题以及由能源带来的环境问题，使学生深刻体会此类问题的严峻性和急迫性，引导学生自觉的为资源节约型和环境友好型社会建设做出贡献；使学生了解人在自然界的地位和作用，培养正确的生命观，增强社会责任感，促进全面素质的提高；

**三、课程的教学设计**

本课程的教学采用线上+线下相结合的中英双语模式，理论性比较强的知识点采用板书教学和多媒体教学相结合的传统方法进行讲述，这个过程中依据教材和教师建立的课件带领学生熟识知识点。开放性的知识点采用讨论的方式开展，引导学生进行独立思考，积极发表自己的观点和见解，训练学生的思维，提高学生的自信心。和实际结合比较紧密的知识点采用视频讲解的方法进行开展，通过生动、活泼的视频观看，加深学生对该类知识点的认识，并熟悉该类知识点在实际生活中的应用。比较零碎的小知识点采用学生自学+线上互动参与的形式开展，教师通过超星泛雅学习通等线上教学软件发布抢答题，学生通过自己的电子产品积极参与，活跃课堂气氛，增加对该类知识点的印象。通过线上学习软件发布的作业和学习资料来进一步的巩固需要掌握的知识点，培养学生技能、技巧，训练学生独立工作的能力和习惯。教师也可以通过软件的统计功能了解学生的掌握情况，并根据学生的实际掌握情况对相应的知识点进行再讲授。

**四、理论教学内容及学时分配（32学时）**

**第一章 绪论 学时数：4**

**教学目的：**了解能源、环境和经济之间的关系，理解能量和能源的定义，掌握能源的分类和评价方法，理解并掌握能源利用对环境的影响机制。

**教学重点和难点：**能源的分类与评价方法

**主要教学内容及要求：**

了解：能量的形式和性质，能源与人类文明的关系，能源的可持续发展。

理解：能量的转换和传递， 能源资源生产与消费，能源对人体健康的影响。

掌握：能源与环境问题、温室效应、酸雨、臭氧层破坏、热污染、放射性污染。

熟练掌握：能源的分类与评价。

**教学组织与实施：**

围绕目前国际、国内的能源和环境形势，采用师生互动的教学组织形式，引导学生开展能源利用过程中可能引起的环境问题的思考，然后，通过集中讨论的模式使学生掌握能源与环境的关系。此外，穿插能源的分类和评价方法的讲解，并带领学生探究能源利用对环境的影响机制。

**第二章 常规能源 学时数：4**

**教学目的：**了解常规能源的形成机制，理解二次能源的分类方法，理解并掌握化石能源（煤炭、石油、天然气等）的储量形态与应用开发技术。

**教学重点和难点：**重点是化石能源的储量形态与应用开发技术；难点是煤的分类方法、洁净煤技术及石油和天然气的应用开发技术。

**主要教学内容及要求：**

了解：煤的形成、煤元素的组成、常用的煤质指标、煤的分类、世界及我国的煤炭资源储量、煤炭的开采、生产及消费情况，世界及我国石油资源的储量、生产与消费、主要石油产品及油品结构，天然气资源与生产、天然气市场，水能资源，

理解：煤的气化与液化，天然气水合物，小水电，

掌握：油田的开发，天然气的特性、煤层气，水电站。

熟练掌握：洁净煤技术、二次能源分类。

**教学组织与实施：**

围绕常规能源的形成机制，带领学生了解熟悉二次能源的分类方法，通过小组合作学习的方式开展（煤炭、石油、天然气等）的储量形态与应用开发技术的学习，班级分为4个小组，每个小组选择一个能源形式，组内成员通过分工协作，讨论总结，获得该种能源的储量形态及应用开发技术，并推举一名小组发言人进行观点陈述，教师则根据各个小组的发言情况进行总结补充，有助于提高学生组织表达自己见解的能力。

**第三章 新能源 学时数：4**

**教学目的：**了解掌握新能源（核能、太阳能、风能、地热能、海洋能、生物质能和氢能）的储存形态与应用开发技术。

**教学重点和难点：**重点是新能源的应用开发技术；难点是生物质能的应用技术。

**主要教学内容及要求：**

了解：核能的来源、核燃料、世界核能的利用现状，太阳能概况，有关风的知识和风能资源，地球的内部构造和地热资源，生物质资源，氢能的应用和氢经济。

理解：反应堆、可控核聚变，太阳辐射，风能利用，地热能的利用，温差能、盐差能和海流能，生物质能的转换技术，氢的制取和燃料电池。

掌握：核电站，风力机和风能利用中的问题，潮汐能和波浪能，醇能和沼气，氢的储存和运输。

熟练掌握：太阳能热利用和光利用，地热能利用中的环境问题。

**教学组织与实施：**

提前把班级按核能、太阳能、风能、地热能、海洋能、生物质能和氢能等7种新能源形态分成7个小组，每个小组领一种新能源形态，然后课下提前进行相关资料的收集准备（包括文献的收集、视频的收集、PPT的制作），小组成员通过自主协商推选出1或2名小组代言人，在课堂上进行讲述、演示（具体形式不界定，各个小组可以根据自己的特色选择不同的方式）。

**第四章 能量转换与储存 学时数：4**

**教学目的：**掌握能量守恒与转换定律、能量贬值原理和能量转换的效率，理解化学能转换为热能、热能转换为机械能或电能的转换过程和原理，理解能量的传输途径，掌握能量的储存方法。

**教学重点和难点：**重点是能量的守恒与转换定律，难点是能量转换中的能量贬值原理及能量的储存方法。

**主要教学内容及要求：**

了解：燃料的燃烧及燃烧设备，火力发电厂，先进的发电技术，煤炭、石油和天然气的输运。

理解：气体燃料、煤和油的燃烧技术，蒸汽轮机、燃气轮机和内燃机的工作原理，电能的输送。

掌握：能量贬值原理、能量转换的效率，机械能、电能、热能的储存。

熟练掌握：能量守恒与转换定律。

**教学组织与实施：**

首先，采用传统的板书教学和多媒体教学相结合的方法进行理论内容的讲授，陈述能量守恒定律和能量贬值原理。其次，采用动画和视频讲解形式，生动、有趣的介绍机械能、电能、热能的储存方法。最后，通过超星泛雅学习通等软件发布随堂作业，了解学生的掌握情况，并根据学生的答题情况进行及时的答疑。

**第五章 工业过程节能 学时数：4**

**教学目的：**了解和掌握工业过程节能的主要措施，了解燃烧过程节能和工业余热回收系统的设备组成，掌握工业余热利用的基本原理。

**教学重点和难点：**重点是工业余热利用的一般方法及燃烧过程节能的方法，难点是工业余热利用的基本原理

**主要教学内容及要求：**

了解：燃烧过程节能的主要方式，工业余热回收系统类型，工业余热回收换热设备分类，换热器设计的制约因素

理解：燃料与燃烧方法、燃烧装置的优化选择，工业余热利用的一般方法。

掌握：工业余热利用的基本原理。

熟练掌握：余热利用的一般程序。

**教学组织与实施：**

鉴于本章的知识点理论性较强，采用传统的板书教学和多媒体教学相结合的教学方式，带领学生了解和掌握工业过程节能的主要措施，通过案例分析，引导学生探索工业余热利用的基本原理和一般程序。

**第六章 环境概论 学时数：4**

**教学目的：**了解生态圈与生态系统，自然环境与生态环境的基本概念，理解环境污染的分类以及能源开发利用与环境污染的关系、环境保护与可持续发展的关系，掌握环境标准以及环境监测与评价方法和指标。

**教学重点和难点：**重点是环境污染的分类和能源开发利用与环境污染的关系，难点是环境监测与评价

**主要教学内容及要求：**

了解：生态圈、生态系统、自然环境和生态环境的概念

理解：环境污染及其分类，重大环境污染问题及环境污染的综合防治，环境保护与可持续发展的关系和我国环境保护现状及基本思路

掌握：防止公害的环境标准，我国几个重要的大气污染排放标准，防止公害的法律措施，环境监测与评价

熟练掌握：能源开发利用与环境污染的关系

**教学组织与实施：**

通过对生态圈与生态系统，自然环境与生态环境基本概念的教授，使学生理解环境污染的分类以及能源开发利用与环境污染的关系、环境保护与可持续发展的关系。然后通过对相关案例的讲解，使学生掌握环境标准以及环境监测与评价方法和指标。

**第七章 燃烧污染防治 学时数：4**

**教学目的：**了解燃烧污染的主要类型，理解并掌握硫氧化物、氮氧化物、烟尘的生成机制和治理控制方法。

**教学重点和难点：**重点是硫氧化物、氮氧化物、烟尘的治理方法，难点是硫氧化物、氮氧化物、烟尘的生成机制

**主要教学内容及要求：**

了解：燃烧形成的污染物主要类型

理解：硫氧化物、氮氧化物、烟尘的危害

掌握：硫氧化物、氮氧化物、烟尘的生成机理，燃烧过程脱硫和排烟脱硫，氮氧化物的燃烧抑制和排烟脱氮，烟尘的燃烧抑制的基本原理

熟练掌握： 硫氧化物、氮氧化物、烟尘的治理方式

**教学组织与实施：**

通过相关环境污染与治理的视频及案例来的讲授，以及超星泛雅学习通等软件发布相关的讨论，使学生了解燃烧污染的主要类型，引导学生理解并掌握硫氧化物、氮氧化物、烟尘的生成机制和治理控制方法，扩展学生的思维，增加学生课堂上的参与度。

**第八章 大气污染控制 学时数：4**

**教学目的：**了解大气污染的主要类型和生成因素及防治措施。理解和掌握大气污染控制技术

**教学重点和难点：**

**主要教学内容及要求**

了解：大气污染物，臭氧层耗损，温室效应，气溶胶的危害

理解：大气污染物，臭氧层耗损，温室效应，气溶胶的生成机理

掌握：大气污染控制技术，臭氧层的耗损修复，主要温室气体与气溶胶的控制

熟练掌握： 大气污染物，臭氧层耗损，温室效应，气溶胶的治理方式

**教学组织与实施：**

通过超星泛雅学习通等软件发布相关的自主阅读资料，引导学生在线上开展大气污染的主要类型和生成因素及防治措施等的自主学习，掌握大气污染控制技术。然后，开展课堂“师-生和生-生”讨论，引导学生发表自己的想法，帮助学生真正参与到未来大气污染控制的队伍中去。

**五、使用教材**（教材的选用应符合教育部和学校教材选用规定，教学资源丰富多样，体现思想性、科学性与时代性）****

**1.选用教材：**

（1）理论课教材：

能源与环境(第二版)，周乃君 编著，中南大学出版社，2013年

能源与环境，韦保仁 编著，中国建材工业出版社，2015年

**2.参考书：**

（1）能源与环境，冯俊小、李君慧 编著，冶金工业出版社，2011年

（2）能源环境学，滨川圭弘 编著，科学出版社，2001年

（3）诺奖大师纵论:能源与环境，中国科学院国际合作局、北京市政府外事办公室 编著，科学出版社，2008年

（4）国际可再生能源发展报告（2018），国家可再生能源中心 编著，中国环境出版社，2018年

（5）IRENA (2020)，Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050，International Renewable Energy Agency，2020年

**3.推荐网站：**

（1）普林斯顿大学公开课：能源和环境，<http://open.163.com/special/sp/energyandtheenvironment.html>

（2）中南大学-能源与环境，<http://www.icourses.cn/viewVCourse.action?courseCode=11942V011>

（3）国际可再生能源署，<https://www.irena.org/>

**七、教学条件**

课程实施过程中需要有能源和环境背景的教师和多媒体教室用于常规教学，此外，还需要超星泛雅学习通或者慕课等在线课程学习平台，来丰富教学内容和活跃课堂气氛。

**八、教学考核评价**

**1.考试方法：**撰写专题论文；总成绩计算时办法：专题论文成绩70%+平时成绩30%

**2.过程性评价：**（针对教学目标、教学内容、教学组织等采用的多元化考核评价方法）

过程评价包括小组评价和个人评价两部分，教师根据平时课程过程中所分小组在完成相关任务时资料收集情况、分工协作情况、课堂表现情况来综合打分，其中，资料收集情况、分工协作情况和课堂表现情况分别占30%、30% 和40%。个人评价则根据学生在课堂上回答问题、参与讨论、作业完成情况来进行综合打分，其中，回答问题、参与讨论和作业完成情况分别占30%、30% 和40%。

# 氢能技术及应用

(Technology and Application of Hydrogen Energy)

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021247h | **课程总学时：**32 | **实验学时：** 0 **学时** |
| **课程性质：**必修 | **课程属性:**专业类 | **开设学期：第** 6 **学期** |
| **课程负责人：**侯婷婷 | **课程团队：**孙辉、张甜 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程；核心 | | |
| **对先修的要求：**新能源科学与工程专业导论、生物质能工程、燃烧学、工程热力学 | | |
| **对后续的支撑：**储能原理及技术、能源动力测试技术、太阳能工程 | | |
| **主撰人：**侯婷婷 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《氢能技术及应用》是新能源科学与工程专业开设的一门专业必修核心课。课程主要内容以氢能基本性质、氢能制备、氢的储存、氢能的运输、氢能的利用及氢气的安全性为主线，介绍氢能与氢能的利用，同时介绍我国在开发利用氢能方面所面临的问题，以及国际上氢能的发展趋势。课程学习培养学生具有基于环境保护和可持续发展的工程实践能力，能够适应未来新能源领域的发展与挑战。本课程通过线上线下混合式教学模式进行课程内容的学习，采用基于问题导向的探究式学习、启发式和互动式等教学方法，使学生掌握氢能技术专业知识与技术技能，培养面向氢气制备、储存、运输、加注及氢能应用等技术领域，能够从事氢气生产设备操作与维护、氢气生产工艺管理、氢气储存运输加注、氢能应用等工作的高素质技术人才，提高学生对学科发展前沿以及不同学说观点的分析能力、对文献的收集、整理和归纳能力，提升学生的综合能力，为今后从事相关科研、教学和生产奠定基础。

**二、课程教学的基本要求**

了解氢能的基本性质、氢的状态方程及其热力性质以及氢作为能源使用的内在依据；

掌握多种制氢技术方法各自的原理、设备、催化剂与特征等核心内容；

熟悉氢能的应用领域，掌握现有工业制氢方法和研究发展中的制氢方法，包括电解水制氢，化石原料制氢、生物质制氢、光解水制氢等；

掌握氢的氢的储存、液化、加注与运输方法。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

为提高学生独立分析问题和解决问题的能力，培养学生的创新意识和思维，强化现代信息技术与教育教学深度融合，本课程通过线上线下混合式教学模式进行课程内容的学习。依托中国大学慕课网和超星学习通等平台，采用基于问题导向的探究式学习、启发式和互动式等教学方法进行。具体教学设计包括课前、课堂和课后三部分。课前通过慕课堂、超星学习通或QQ等平台提前发布讨论主题和预习任务；课堂中根据教学内容可选择启发式、讨论法、团队列名法、案例教学法等多种教学方法进行翻转课堂，辅以视频、模型、动画等多种手段，使课堂生动鲜活，通过随机提问和随堂练习检验教学效果；课后发布慕课学习视频、作业、测验；提供拓展文献、网络公开课等资源，供学生巩固所学知识。课程评价方式主要包括过程性评价和期末考核，更注重学习过程的综合性评价。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：了解目前国内外氢能利用的水平；氢作为能源使用的内在依据。掌握氢能的优点及主要利用方式。 | 1 |
| 2 | 目标2：了解各种制氢技术的应用现状及应用前景。掌握化石燃料制氢、电解水制氢、光解水制氢的基本原理。掌握氢的储存的基本方法。 | 2 |
| 3 | 目标3：了解氢能源汽车的工作原理及发展趋势。掌握氢燃料电池的组成、结构、工作原理。了解氢气的使用注意事项以及加氢站的基本要求及发展趋势。 | 4 |

**四、理论教学内容及学时分配（32学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **绪论** | **学时数：2** |

**教学目标：**了解世界能源现状及我国面临的能源问题，理解并掌握氢气的基本性质。

**教学重点和难点：**氢气的理化特性

**主要教学内容及要求：**

了解：世界能源现状及我国面临的能源问题。

理解：氢能的基本含义及基本物理化学特性。

掌握：氢能作为清洁能源的优越性。

**教学组织与实施：**

围绕目前世界能源现状及我国面临的能源问题，采用师生互动的教学组织形式，引导学生开展氢能源作为一种清洁能源利用具有的优越性的思考，然后通过集中讨论的模式使学生掌握氢能源的基本特性以及氢能代替化石能源的可能性。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第一章 氢能技术研究现状** | **学时数：2** |

**教学目标：**了解国内外氢能源的利用水平及氢能技术的研究现状，理解并掌握氢气的制取、存储和利用方式。

**教学重点和难点：**氢能的制取和主要利用方式

**主要教学内容及要求：**

了解：国内外氢能源的利用水平及氢能技术的研究现状。

理解：氢能的制取和储存方式。

掌握：氢能的主要利用方式。

**教学组织与实施：**

围绕国内外氢能技术的研究现状，带领学生了解熟悉氢能的制取方式和储存方式。通过氢能利用相关视频和案例开展氢能主要利用方式的学习，并使用超星泛雅学习通等软件发布相关的讨论，扩展学生的思维，增加学生课堂上的参与度。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第二章 制氢技术** | **学时数：10** |

**第一节 化石原料制氢 2学时**

**教学目标：**了解可用于制氢的化石原料的类别，掌握不同化石原料制氢的原理及制氢方式。

**教学重点和难点：**天然气制氢和甲醇制氢

**主要教学内容及要求：**

了解：了解可用于制氢的化石原料的类别及化石原料制氢技术的应用前景。

理解：各种化石原料制氢的原理。

掌握：不同化石原料包括煤、天然气、甲醇及工业副产物制氢方式。

熟练掌握：天然气和甲醇水蒸气重整制氢两种方式。

**教学组织与实施：**

通过超星泛雅学习通等软件发布相关的自主阅读资料，引导学生在线上开展不同化石原料制氢工艺的自主学习，掌握化石原料制氢技术。然后，开展课堂“师-生和生-生”讨论，引导学生发表自己的想法，帮助学生真正参与到未来制氢技术的队伍中去。

**第二节 电解水制氢 3学时**

**教学目标：**了解电解水制氢的研究现状及应用前景，理解并掌握电解水制氢的基本原理和工艺流程。

**教学重点和难点：**电解水工艺技术流程及主要设备

**主要教学内容及要求：**

了解：电解水制氢的发展。

理解：电解水制氢技术的基本原理。

掌握：电解水制氢的电耗和影响因素。

熟练掌握：电解水制氢工艺技术的流程和主要设备，包括碱性电解槽、聚合物电解槽和固体氧化物电解槽。

**教学组织与实施：**

通过超星泛雅学习通等软件发布相关的自主阅读资料，引导学生在线上开展电解水制氢工艺的自主学习，掌握电解水制氢技术。然后，开展课堂“师-生和生-生”讨论，引导学生发表自己的想法，帮助学生真正参与到未来制氢技术的队伍中去。

**第三节 光解水制氢 2学时**

**教学目标：**了解光解水制氢的基本原理和主要方法，理解并掌握光解水制氢方式及主要的工艺流程。

**教学重点和难点：**光催化剂制氢方式和流程

**主要教学内容及要求：**

了解：光解水制氢的基本原理和应用前景。

理解：光解水制氢的研究现状及光催化剂种类和特性。

掌握：光解水制氢的主要方法。

熟练掌握：光催化剂制氢的工艺流程及影响因素。

**教学组织与实施：**

通过超星泛雅学习通等软件发布相关的自主阅读资料，引导学生在线上开展光解水制氢工艺的自主学习，掌握光解水制氢技术。然后，开展课堂“师-生和生-生”讨论，引导学生发表自己的想法，帮助学生真正参与到未来制氢技术的队伍中去。

**第四节 生物质制氢 3学时**

**教学目标：**了解生物质制氢中化学法和生物法的研究现状，理解并掌握生物质制氢的基本方式及相关机理。

**教学重点和难点：**生物法和化学法利用生物质制氢

**主要教学内容及要求：**

了解：了解生物质制氢中化学法和生物法的研究现状。

理解：化学法和生物法制氢的基本原理

掌握：暗发酵、光发酵、光合-发酵复合生物制氢、生物质气化制氢、生物质裂解制氢、生物质超临界水制氢及生物油制氢技术。

熟练掌握：生物法制氢的工艺流程及主要影响因素。

**教学组织与实施：**

通过超星泛雅学习通等软件发布相关的自主阅读资料，引导学生在线上开展生物质制氢工艺的自主学习，掌握生物质制氢技术。然后，开展课堂“师-生和生-生”讨论，引导学生发表自己的想法，帮助学生真正参与到未来制氢技术的队伍中去。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第三章 储氢技术** | **学时数：4** |

**第一节 气态压缩储氢 1学时**

**教学目标：**了解气态压缩储氢的基本原理，理解并掌握高压储氢技术及玻璃储氢容器的安全使用。

**教学重点和难点：**高压储氢技术及储氢容器的选择

**主要教学内容及要求：**

了解：了解储氢容器的种类及构造。

理解：气态压缩储氢的基本原理。

掌握：高压储氢技术的研究现状及存在的问题。

熟练掌握：高压储氢罐及玻璃储氢容器的安全使用。

**教学组织与实施：**

线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

**第二节 低温液态储氢 1学时**

**教学目标：**了解低温液态储氢的研究现状及应用领域，理解并掌握低温液态储氢的定义、基本原理及优缺点。

**教学重点和难点：**低温液态储氢的条件及注意事项

**主要教学内容及要求：**

了解：低温液态储氢的研究现状及应用领域。

理解：低温液态储氢的定义、基本原理。

掌握：低温液态储氢的优缺点。

熟练掌握：低温液态储氢的条件及注意事项。

**教学组织与实施：**

线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

**第三节 固态储氢 1学时**

**教学目标：**了解固态储氢的定义及研究现状，理解并掌握固态储氢材料的类型、储氢材料的吸氢原理以及吸放氢材料的热力学和动力学。

**教学重点和难点：**储氢材料的吸氢原理以及吸放氢材料的热力学和动力学

**主要教学内容及要求：**

了解：固态储氢的定义及研究现状。

理解：固态储氢材料的特性、表征及对储氢材料的要求。

掌握：合金储氢、金属有机框架储氢、氢化物储氢及碳材料储氢的基本原理。

熟练掌握：吸放氢材料的热力学和动力学。

**教学组织与实施：**

线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

**第四节 有机液态储氢 1学时**

**教学目标：**了解有机液态储氢的应用前景和研究现状，理解并掌握不同有机物液态储氢的特点、优缺点及基本原理。

**教学重点和难点：**不同类型有机物液态储氢原理

**主要教学内容及要求：**

了解：有机液态储氢的应用前景和研究现状。

理解：有机液态储氢技术的基本定义及优缺点。

掌握：有机液态储氢技术中有机物的选择类型和特点。

熟练掌握：不同类型有机物液态储氢原理。

**教学组织与实施：**

线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第四章 氢的运输技术** | **学时数：4** |

**第一节 管道运输 2学时**

**教学目标：**了解氢气管道运输主要方法，理解并掌握氢气管道运输的关键技术及安全事项。

**教学重点和难点：**氢气管道运输的关键技术

**主要教学内容及要求：**

了解：氢气管道运输主要方法。

理解：管道运输的管材选取要求及控制氢渗透和泄漏的需求。

掌握：氢气管道运输的关键技术及安全事项。

**教学组织与实施：**

线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

**第二节 氢气的车船运输 2学时**

**教学目标：**了解氢气车船运输方式，理解并掌握氢气车船运输的关键技术及安全事项。

**教学重点和难点：**氢气车船运输的关键技术

**主要教学内容及要求：**

了解：氢气车船运输方式及应用前景。

理解：车船运输的适用场景及成本测算。

掌握：氢气车船运输的关键技术及安全事项。

**教学组织与实施：**

线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第五章 氢能利用技术** | **学时数：10** |

**第一节 热能利用 2学时**

**教学目标：**了解氢气作为热能利用的研究现状和应用前景，理解并掌握氢气催化燃烧特性及天热气掺氢燃烧的热能分析。

**教学重点和难点：**氢气催化燃烧过程中催化剂和燃烧器的选择及天然气掺氢燃烧的热能分析

**主要教学内容及要求：**

了解：氢气作为热能利用的研究现状和应用前景。

理解：氢的燃烧性能及氢气催化燃烧特性。

掌握：氢气催化燃烧过程中催化剂和燃烧器的选择及天然气掺氢燃烧的热能分析。

熟练掌握：氢气作为燃料的使用性能及热能效率。

**教学组织与实施：**

本章围绕国内外氢能应用的研究现状，带领学生了解熟悉氢能的利用方式。通过氢能应用技术相关视频和案例开展氢能主要利用方式的学习，并使用超星泛雅学习通等软件发布相关的讨论，扩展学生的思维，增加学生课堂上的参与度。

**第二节 氢燃料电池 3学时**

**教学目标：**了解氢燃料电池的类型，理解并掌握氢燃料电池的工作原理、结构和组成、在汽车中和其他领域的应用、使用的安全性及氢燃料电池的效率。

**教学重点和难点：**氢燃料电池的工作原理及氢燃料电池的效率

**主要教学内容及要求：**

了解：氢燃料电池的类型包括质子交换膜燃料电池、固体氧化物燃料电池、碱性燃料电池及磷酸性燃料电池。

理解：不同类型氢燃料电池的结构和组成。

掌握：氢燃料电池的工作原理及在汽车中和其他领域的应用。

熟练掌握：氢燃料电池使用的安全性及氢燃料电池的效率。

**教学组织与实施：**

本章围绕国内外氢能应用的研究现状，带领学生了解熟悉氢能的利用方式。通过氢能应用技术相关视频和案例开展氢能主要利用方式的学习，并使用超星泛雅学习通等软件发布相关的讨论，扩展学生的思维，增加学生课堂上的参与度。

**第三节 氢燃料热机 3学时**

**教学目标：**了解氢燃料热机的类型，理解并掌握氢燃料热机的工作原理及氢热机的余热利用。

**教学重点和难点：**氢燃料热机的工作原理及氢热机的余热利用

**主要教学内容及要求：**

了解：氢燃料热机的类型包括斯特林热气机、活塞式氢内燃机及氢燃气轮机。

理解：不同类型氢燃料热机的结构和组成。

掌握：氢燃料热机的工作原理。

熟练掌握：氢燃料热机的热能效率及余热利用。

**教学组织与实施：**

本章围绕国内外氢能应用的研究现状，带领学生了解熟悉氢能的利用方式。通过氢能应用技术相关视频和案例开展氢能主要利用方式的学习，并使用超星泛雅学习通等软件发布相关的讨论，扩展学生的思维，增加学生课堂上的参与度。

**第四节 氢能的安全利用 2学时**

**教学目标：**了解氢气的危险性及氢安全对策，理解并掌握氢气安全排放技术、安全性能评价测试及风险管控。

**教学重点和难点：**氢能应用过程中安全性能评价及风险管控

**主要教学内容及要求：**

了解：氢气的危险性及氢安全对策。

理解：氢气安全排放技术。

掌握：氢能安全标准体系及加氢站的设计规范。

熟练掌握：氢能应用过程中安全性能评价及风险管控。

**教学组织与实施：**

本章围绕国内外氢能应用的研究现状，带领学生了解熟悉氢能的利用方式。通过氢能应用技术相关视频和案例开展氢能主要利用方式的学习，并使用超星泛雅学习通等软件发布相关的讨论，扩展学生的思维，增加学生课堂上的参与度。

**五、课程思政**

氢能作为一个清洁、高效、安全、可持续的新型能源，具有极大的优越性，被视为21世纪最具发展潜力的清洁能源。氢能的开发和利用符合我国提出的双碳战略，课堂讲授过程中自然融入国内一流氢能技术和领头企业，加强学生对氢能产品国产化的深度理解。

课外指导学生积极参加大创项目、创新创业竞赛、创新创意实验等，进一步弘扬民族精神和农大精神，同时强力培养学生组织管理、对外沟通、对内交流、把我技术和市场发展趋势的综合能力。

**六、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

理论课教材：《氢能源及综合利用技术》，郑欣、郭新良、张胜寒编著，化学工业出版社，2023年

**2.参考书：**

（1）《氢能与制氢技术》，吴素芳编者，浙江大学 出版社，2014年

（2）《氢能—21世纪的绿色能源》，毛宗强编者，化学工业出版社，2005年

（3）《氢与氢能》，李星国编著，机械工业 出版社，2012年

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）精品课程，网址https://www.icourse163.org/course/SCU-1207120810?tid=1207467208

**七、教学条件**

课程依托的河南农业大学机电工程学院能源与环境工程系，具备课程实施所需要的一切软、硬件条件。

《氢能技术及应用》课程团队有良好的师资配置，授课教师全部拥有博士学位。

教学过程采用线上线下结合的方式进行，线上采用超星学习通APP进行线上签到、抢答、分组讨论等形式组织教学，线下在多媒体教室进行多媒体演示教学。

**八、教学考核评价**

**1.过程性评价：**

过程评价包括小组评价和个人评价两部分，教师根据平时课程过程中所分小组在完成相关任务时资料收集情况、分工协作情况、课堂表现情况来综合打分，其中，资料收集情况、分工协作情况和课堂表现情况分别占30%、30% 和40%。个人评价则根据学生在课堂上回答问题、参与讨论、作业完成情况来进行综合打分，其中，回答问题、参与讨论和作业完成情况分别占30%、30% 和40%。

**2.终结性评价：**

氢能技术及应用为考试课程，考试成绩由两部分组成，总成绩达到60分为及格。

闭卷；总成绩计算办法：期末考试成绩70%+平时成绩30%（其中过程性评价和核心课期中考试成绩各为50%）

**3.课程综合评价：**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 评价项目 | 评价环节 | 课程目标 |
| 平时成绩（30分） | 考勤、作业、课堂测试、期中考试（30分） | 课程目标1：了解目前国内外氢能利用的水平；氢作为能源使用的内在依据。掌握氢能的优点及主要利用方式。  课程目标2：了解各种制氢技术的应用现状及应用前景。掌握化石燃料制氢、电解水制氢、光解水制氢的基本原理。掌握氢的储存的基本方法。 |
| 期末考试（70分） | 期末考试（70分） | 课程目标1：了解目前国内外氢能利用的水平；氢作为能源使用的内在依据。掌握氢能的优点及主要利用方式。  课程目标2：了解各种制氢技术的应用现状及应用前景。掌握化石燃料制氢、电解水制氢、光解水制氢的基本原理。掌握氢的储存的基本方法。  课程目标3：了解氢能源汽车的工作原理及发展趋势。掌握氢燃料电池的组成、结构、工作原理。了解氢气的使用注意事项以及加氢站的基本要求及发展趋势。 |

# 太阳能工程

（Solar Energy Engineering）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021248h | **课程总学时：**48 | **实验学时：** 8 **学时** |
| **课程性质：**必修 | **课程属性:**专业类 | **开设学期：第** 6 **学期** |
| **课程负责人：**青春耀 | **课程团队：**青春耀、刘亮 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程；核心 | | |
| **对先修的要求：**要求掌握高等数学微积分内容等、工程热力学热机基本理论循环及熵、焓的理论分析与求解等、传热基本定理等、流体力学“伯努利方程”及流动阻力计算等。先修课程：《高等数学》，《工程热力学》，《传热学》，《流体力学》。 | | |
| **对后续的支撑：**对后续《设施农业工程工艺》、《农业生物环境工程》等相关课程可提供太阳能光热利用、光伏设计相关配套支撑。 | | |
| **主撰人：**青春耀 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

本课程是新能源科学与工程专业的一门专业必修课。教学理念以理论课讲述兼实验实践并举，结合其它过程评价的专业课程。主要介绍太阳能利用的基础理论和各种太阳能装置及系统的结构、原理与应用技术，以及太阳能光热、光伏工程的基本设计与计算，课程内容主要集中在太阳能光热、光电转换领域，是新能源科学与工程专业的核心课程。通过本课程学习，学生应当掌握太阳能利用的基本原理以及各种装置的基本结构、原理和应用技术，熟悉太阳能热水系统、晶硅光伏系统设计与计算的基本方法。促使学生了解和掌握太阳能等新能源应用技术的一般原理和方法，提高学生在新能源领域从事技术工作和科学研究的能力与素质，为学生在本专业的长远发展打下基础。

**二、课程教学的基本要求**

1、理论知识方面：了解太阳能利用技术的研究现状与发展趋势；掌握太阳辐射的性质和太阳角的计算；掌握平板型太阳能集热器和真空管太阳能集热器的原理和性能；掌握以晶硅为代表的光伏系统工作原理及类型；重点掌握太阳热水系统、以晶硅为代表的光伏系统原理及设计。

2、实验技能方面：熟悉全玻璃真空管性能测试方法；掌握家用太阳能热水器性能测试及计算方法。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

理论与实验和实习相结合，综合利用多种教学方法以提高课堂授课质量。课堂讲解方面，以太阳能热水系统、太阳能晶硅光伏系统为教学重点，理论上讲解太阳辐射的性质和相关太阳角及太阳辐射量、辐射度的计算，平板型太阳能集热器和真空管太阳能集热器的原理和性能，太阳能制冷原理，太阳能热水系统、光伏系统的设计与计算。实验方面，进行以太阳能热水器为中心的热水系统性能和热能传输测试与计算实验，检验理论教学中太阳辐射量与集热器效率等参数的理论教学成果，开发学生对单个真空管等太阳能装置的测试思路，提高学生个人手动设计实验方案的能力。此部分教学采用室内实验与实验指导教师随实验实时讲解的方法。实习方面，依托本校已有太阳能工程案例和实习单位太阳能光伏等工程进行实地考核研究，鼓励和安排学生依据实地现场进行测试和模拟设计。此部分教学采用实习现场讲解与实地测试方法进行。教学成果评价依据学生考试成绩和实验、实习成绩综合评价。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 本课程目标之一“工程知识”，学习完成本课程后，学生通过对太阳能光热、光伏的基础知识和太阳能热水系统设计、太阳能光伏系统设计等内容的掌握，可以运用这些知识解决新能源科学与工程领域的诸如温室大棚、设施农业中与本课程相关的复杂工程问题，课程有效的对接了毕业要求。 | 1.工程知识 |
| 2 | 目标之二：通过对太阳能热利用、太阳能制冷、光伏原理等知识体系的学习，使学生具备能够应用数学、太阳能热水系统水循环理论和光伏等效电路基本原理等所学知识，识别、表达、并通过能量平衡、流动阻力计算等科学方法研究分析太阳能热水工程、分布式光伏工程等复杂工程问题，并获得有效理论结论的能力。 | 2.问题分析 |
| 3 | 目标之三：通过课程的理论体系和设计的学习，使学生具备基于科学原理并采用科学方法，对太阳能热水工程、分布式光伏工程等复杂工程问题进行研究、实验设计、数据分析，并通过信息综合研究得到合理有效结论的能力。 | 4.研究 |

**四、理论教学内容及学时分配（40学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **绪论** | **学时数：2** |

**教学目的：**掌握能源和太阳能的基本概念；掌握太阳能的性质；掌握我国太阳能资源区划及分布特点。

**教学重点和难点：**能源的分类，太阳能的性质。

**主要教学内容及要求：**

了解：能源的概念；能源的重要性；能源的分类。

理解：太阳能利用重点方向。

掌握：我国太阳能资源区划及分布特点。

熟练掌握：太阳能的性质。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第一章 太阳辐射基础** | **学时数：4** |

**教学目的：**了解太阳结构；掌握地球大气层外、内的辐射性质，太阳入射角和太阳辐射量的计算。

**教学重点和难点：**太阳时和标准时间的换算；太阳高度角的计算，太阳方位角的计算。

**主要教学内容及要求：**

了解：太阳的结构与太阳辐射的产生。

理解：太阳常数。

掌握：大气层外太阳辐射的光谱分布，太阳辐射的测量，倾斜表面上的太阳总辐射照度。

熟练掌握：地球大气层外水平面上的太阳辐射；大气层对太阳辐射的影响；太阳辐射量的计算。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

**第二章 太阳能光热转换原理与技术 学时数：8**

**教学目的：**掌握太阳能光热转换的基本原理，转换技术方式和相关设备。

**教学重点和难点：**集热器的总热损系数计算和热性能分析；平板集热器的效率；全玻璃真空管集热器的结构、工作原理及性能改进措施等。

**主要教学内容及要求：**

了解：太阳能集热器的分类，平板太阳集热器和真空管太阳能集热器基本结构；太阳能干燥、太阳房、太阳灶。

理解：盖层系统的光学性质；集热器总热损系数计算和热性能分析；太阳能干燥技术；太阳能海水淡化技术；聚光集热器工作原理。

掌握：平板集热器能量平衡方程；全玻璃真空集热管制造工艺；聚光集热器的结构与工作原理；太阳能干燥的原理及干燥器类型、太阳房类型及工作过程。

熟练掌握：全玻璃真空集热管工作原理；重力热管式真空集热器工作原理；集热器热性能分析。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

**第三章 太阳能热电转换原理与技术 学时数：6**

**教学目的：**掌握太阳能热发电系统工作原理及基本类型。

**教学重点和难点：**太阳能热发电系统工作原理。

**主要教学内容及要求：**

了解：太阳能热发电概念和分类；太阳能热气流发电；太阳池热发电技术。

理解：太阳能光热发电的优势和发展趋势；太阳能热发电系统工作原理及系统组成；碟式系统及线性菲涅尔式中高温热发电系统。

掌握：太阳能热发电系统的基本类型、聚光方式及特性。

熟练掌握：槽式线聚焦系统，塔式系统的组成、布置及相应太阳能热发电系统中的热传输系统设计基本原理。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

**第四章 太阳能制冷原理与技术 学时数：6**

**教学目的：**掌握太阳能制冷的主要途径、工作原理及技术特点等。

**教学重点和难点：**太阳能制冷的工作原理、系统构成及工作流程，吸收式制冷系统及其热力计算。

**主要教学内容及要求：**

了解：太阳能制冷技术的分类及特点。

理解：太阳能制冷的原理、太阳能制冷系统的工作流程等。

掌握：太阳能制冷的主要途径、基本原理、工作过程等。

熟练掌握：太阳能制冷系统性能指标的计算方法。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

**第五章 太阳能光电转换原理与技术 学时数：6**

**教学目的：**掌握太阳能光电转换的原理；光伏系统组成及设计基础。

**教学重点和难点：**光生伏打效应，光伏等效电路与电学特性。

**主要教学内容及要求：**

了解：光伏电池的分类。

理解：光伏储能-铅电池，光伏逆变器、控制器、配电系统。

掌握：光伏基本原理与MPPT（最大功率点跟踪）。

熟练掌握：光伏制造方法与种类，光伏系统的分类。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

**第六章 太阳能工程设计及其他转换方式与技术 学时数：8**

**教学目的：**掌握太阳能热水系统设计及计算；晶硅太阳能独立光伏系统设计及计算；太阳能的其它转换方式与相关技术。

**教学重点和难点：**太阳能热水系统；晶硅太阳能独立光伏系统设计及计算。

**主要教学内容及要求：**

了解：太阳能的其它转换方式与相关技术。

理解：太阳热水系统组成、系统分类及热水系统结构，太阳能热水系统安装与维护；晶硅太阳能光伏系统分析方法，太阳电池组件的选型，支架设计，控制器逆变器的选配，控制测量系统的设计，防雷设计和配电系统设计等。

掌握：太阳能热水系统设计：热水负荷计算、水箱管路设计等；独立晶硅光伏系统设计：系统容量、方阵倾角计算，系统布置、发电量计算等。

熟练掌握：太阳能热水系统集热面积计算及系统设计。

**教学组织与实施：**课堂讲解与随堂提问。

**五、实验教学内容及学时分配（8学时）**

**（一）实验课程简介**

本实验课程重点介绍太阳能的热利用原理及相关成熟的利用技术——强制循环太阳能热水系统相关参数测定及效率计算。引导学生思考并设计单根全玻璃真空管性能测试方法。

**（二）实验教学目的和基本要求**

通过本门实验课，进一步增进学生对太阳能热水系统的原理和技术指标的了解，使学生掌握太阳能相关设备的测试标准和测试方法，从实验中得到热水系统的热性能参数，熟悉太阳能在实际情境中的应用情况，并激发学生创新的意识。实验的基本要求：1.了解实验装置的结构、工作原理；2.掌握测试相关的最新测试标准；3.熟练掌握各种测试仪器的使用要求和方法；4.调整合适的环境条件；5.掌握正确的操作规程；6.实验记录齐全；7.撰写实验报告和创新意见。

**（三）实验安全操作规范**

1.检查实验环境，确定实验设备的水、电等通路良好，无漏水漏电、加热老化等隐患。

2.实验进行中，不得无故触碰、敲打实验用全玻璃真空管的外壁，不得无故频繁开关实验控制 台按键，不得随意、暴力调整模拟光源开关。出现蒸汽泄露、真空管破裂或漏气失效等现象时，及时关闭电源，水源。等待实验专职教师处理。

3.实验完成时，关闭管路阀门、水泵、切断电源水源，检查并复位实验仪器确认安全后离开。

**（四）实验项目名称与学时分配**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **学时** | **类型** | **实验要求** | **每组人数** |
| 04021248h＋01 | 太阳能热水器性能测试实验 | 4 | 综合性 | 必做 | 5-10人 |
| 04021248h＋02 | 真空玻璃管性能测试实验 | 4 | 综合性 | 必做 | 10-15 |

**（五）实验方式及基本要求**

室内实验台实验，要求按照《实验指导书》严格实验时间和实验纪律。要求学生按照实验指导教师的辅导自主进行实验操作，记录实验数据，并进行数据处理，撰写实验报告。

**（六）实验内容安排**

**【实验一】太阳能热水器性能测试实验**

**1.实验学时：**4学时

**2.实验目的：**了解太阳能热水器的工作原理，掌握太阳能热水器热性能的测试方法，引导学生思考并设计单根全玻璃真空管性能测试方法。

**3.实验内容：**通过实验求出实验系统的平均热效率，计算出集热器的时间常数，绘制基于采光面积和集热器进口温度的瞬时效率曲线。

**4.实验要求：**(1) 在白天实验期间，不得有外界的阴影落在太阳热水器的采光面上，也不应有从反射率大于0.2的其他表面（贮水箱的外壳除外）反射的能量落在太阳热水器的采光面上。(2) 太阳热水器采光面上全天的累积太阳辐照量应大于17000kJ/m2，室内模拟实验辐照量不受此限制。

(3) 白天实验期间的平均环境温度应大于15℃，小于30℃。

**5.实验设备及器材：**全玻璃真空管太阳能集热系统模拟光源实验台、太阳辐照计、卷尺、热电偶温度计、电阻温度计等。

**【实验二】全玻璃真空管性能测试实验**

**1.实验学时：**4学时

**2.实验目的：**了解全玻璃真空集热管的工作原理，掌握全玻璃真空集热管的性能测试方法。

**3.实验内容：**单根全玻璃真空管空晒性能参数测定；闷晒太阳辐照量测定；平均热热损失系数测定。

**4.实验要求：**参照国标G/T 17049-2005 《全玻璃真空太阳集热管》相关测试方法与要求。

**5.实验设备及器材：**全玻璃真空管、漫反射板、总日射表、卷尺、风速仪、热电偶温度计、铂电阻温度计、水银温度计、保温帽等。

**(七)考核方式及成绩评定**

根据实验报告结果进行成绩评定，见本课程考核大纲。

**六、课程思政**

本课程在教学过程中将政治认同、家国情怀、文化素养、宪法法治意识、道德修养等思政元素融入专业教育。举例说明：在课程绪论、光伏系统设计等专业内容中针对光伏系统降本增效内容讲解时，在阐述逆变器等光伏部件在光伏产业发展初期占比较高，价格昂贵这一事实的基础上，分析现状时重点点明华为等企业自主研发、破除国外垄断，将光伏逆变器价格降至原来的几十分之一，顺势展开交换机、芯片等当年和当今卡脖子问题，激发学生爱国爱学的奋斗精神。

**七、教材及教学参考书**

**1、选用教材：**

（1）理论课教材：太阳能转换原理与技术. 戴松元 主编.中国水利水电出版社，2018年

（2）实验课教材：自编实验指导书

（3）实习指导书：自编实习指导书

**2、参考书：**

（1）太阳能利用技术.罗运俊 主编.化学工业出版社，2005年

（2）太阳能.肖刚 主编.中国电力出版社，2019年

（3）太阳能热利用.岑幻霞 主编.清华大学出版社，1997年

（4）太阳热水器及系统.罗运俊 主编.化学工业出版社，2007年

（5）太阳能干燥技术.张璧光 主编.化学工业出版社，2007年

（6）太阳能制冷.王如竹 主编.化学工业出版社，2007年

（7）太阳能光伏发电系统原理与应用技术. 何涛 主编. 化学工业出版社，2012年

（8）太阳能热利用原理与计算机模拟（第2版），张鹤飞 编，西北工业大学出版社，2004年

**3、推荐网站：**

（1）中国太阳能网，http://www.etaiyang.com/

（2）环球光伏网，<http://www.globepv.com/>

（3）北极星太阳能光伏网，<http://www.guangfu.bjx.com.cn/>

（4）国际能源署，<https://www.iea.org/>

（5）CSPPLAZA光热发电网，<http://www.cspplaza.com/>

**八、教学条件**

本课程实施需要硕士以上学位专业教师、实验师多名，多媒体教室，封闭式实验室30平米，配合教学实习相关太阳能热水系统、太阳能光伏企业实习基地若干。

**九、教学考核评价**

1. 过程性评价：过程性评价主要针对学生课堂表现、实验、课后作业、小论文、小组学习讨论、期中测试等部分，成绩比重占综合评价的30%，期中考试占平时成绩的50%。

2. 终结性评价：本课程终结性评价采用笔试闭卷考试形式实施。成绩比重占综合评价的70%

3. 课程综合评价：总评价成绩由过程性评价成绩和终结性评价组成，过程性评价占总评价成绩的30%，终结性评价占综合评价成绩的70%。

# 分布式能源系统

（Distributed Energy System）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021258 | **课程总学时：**32 | **实验学时：** 0 **学时** |
| **课程性质：**选修 | **课程属性:**专业深化类 | **开设学期：第** 6 **学期** |
| **课程负责人：**张志萍 | **课程团队：**张甜 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | |
| **对先修的要求：**先修课程包括电工技术、电子技术、工程热力学、传热学等 | | |
| **对后续的支撑：**对热力发电厂、能源与环境等课程的学习有支撑作用 | | |
| **主撰人：**张志萍 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《分布式能源系统》是集小型燃气轮机、内燃机、吸收式冷热水机、能源综合控制等高新技术和设备为一体的先进高环保型能源系统。作为新能源科学与工程专业的专业选修课，通过本课程的学习，从科技层面对分布式能源系统进行全面了解。从介绍科学用能与能量梯级利用的基本原理开始，阐述了分布式能源系统的概念和应用领域，介绍了技术产生和发展的国际、国内背景，并讨论了在我国发展所面临的技术、政策等方面的问题。拓展学生的知识面，树立科学用能的概念和关注环保的社会意识。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：

了解分布式能源系统的定义和发展现状，了解智能电网及其与分布式能源系统间的相互关系，了解内燃机、燃气轮机、斯特林机等动力装置的构造和工作过程，了解制冷与热泵技术的评价方法，了解各类储能技术，了解热电联产和冷热电三联供技术。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

达成课程目标采用形成性评价和结果评价相结合的方式。这种方式是将以往由注重结果调整为注重学习过程，加大形成性评价的比例，以调动学生学习的主动性和积极性，并且有利于学生综合能力培养的目标。形成性评价包括平时作业、在线测试、小组协作综合问题的探究学习、网络讨论、混合课堂、网络资源利用、网络学习痕迹等。结果评价是课程结束后采用闭卷考试，全面考察学生对本课程知识的理解、掌握程度以及灵活运用知识解决问题的能力。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：使学生具备分布式能源系统专业知识体系，并能综合运用所学知识解决工程中的实际问题。 | 1.工程知识 |
| 2 | 目标2：使学生具备具体分布式能源系统项目系统设计、工艺优化、设备选型等能力。 | 3.设计/开发解决方案 |
| 3 | 目标3：使学生能够结合实际，对分布式能源系统在农村可持续发展、环境友好度等方面进行系统评价。 | 7.环境和可持续发展 |

**四、理论教学内容及学时分配（32学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **绪论** | **学时数：2** |

本章将通过描述世界能源需求现状，介绍科学用能与能量梯级利用的基本原理，引出分布式能源系统的概念和应用领域的简单描述。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第一章 分布式能源解析** | **学时数：2** |

**教学目标：**

通过本章对分布式能源系统的定义和分类进行详细介绍，使学生掌握分布式能源的具体内涵，尤其理解其与集中式能源系统的对比，了解分布式能源系统的体系及分布式能源工程的发展。

**教学重点和难点：**

分布式能源系统与集中式能源系统的区别。

**主要教学内容及要求：**

了解：分布式能源系统的分类。

理解：分布式能源系统的具体内涵。

掌握：分布式能源系统与集中式能源系统的区别。

**教学组织与实施：**

课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第二章 智能电网** | **学时数：4** |

**教学目标：**

通过本章对智能电网的提出和发展过程的描述，使学生了解智能电网的具体内涵，了解智能电网在现代能源体系的应用，尤其使了解智能电网与分布式能源系统之间相辅相成的关系。

**教学重点和难点：**

智能电网与分布式能源系统的关系。

**主要教学内容及要求：**

了解：智能电网的提出和发展。

理解：智能电网在我国的发展概况。

掌握：智能电网的概念和特征。

熟练掌握：实现智能电网的关键技术。

**教学组织与实施：**

课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第三章 分布式能源系统的动力装置** | **学时数：8** |

**教学目标：**

通过本章对分布式能源系统动力装置的具体介绍，使学生了解基于内燃机的分布式发电技术、基于燃气轮机的分布式发电技术、基于燃料电池的分布式发电技术和基于斯特林机的分布式发电技术，熟悉各动力装置的工作原理和基本构成，了解其工作过程和应用范围。

**教学重点和难点：**

内燃机、燃气轮机、燃料电池和斯特林机等动力装置的工作原理和基本构成。

**主要教学内容及要求：**

了解：分布式能源系统各动力装置及系统组成。

理解：不同动力装置分布式能源系统的工作过程。

掌握：内燃机、燃气轮机、燃料电池和斯特林机等动力装置的工作原理和基本构成。

**教学组织与实施：**

课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第四章 制冷与热泵** | **学时数：4** |

**教学目标：**

通过本章对制冷和热泵技术的学习，使学生了解制冷与热泵技术的分类、制冷与热泵技术的基本原理和评价方式，了解不同制冷与热泵循环工质的性能，了解制冷与热泵技术在分布式能源系统中的应用。

**教学重点和难点：**

制冷与热泵技术的基本原理和评价方式。

**主要教学内容及要求：**

了解：制冷与热泵技术的分类。

理解：制冷与热泵技术在分布式能源系统中的应用。

掌握：制冷与热泵技术的基本原理和评价方式。

熟练掌握：不同制冷与热泵循环工质的性能。

**教学组织与实施：**

课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第五章 储能技术** | **学时数：4** |

**教学目标：**

通过本章对储能技术的学习，使学生了解储能技术在分布式能源系统中的重要性，了解其与智能电网的负荷调节需求、分布式能源系统能量储存需求和新能源利用的间歇特性之间的关系，了解各种主要储能方法的基本概念、原理和应用，使学生熟悉储能技术和方法的特性和进展。

**教学重点和难点：**

储能技术基本原理。

**主要教学内容及要求：**

了解：储能技术在分布式能源系统中的重要性。

理解：储能技术与与智能电网的负荷调节需求、分布式能源系统能量储存需求和新能源利用的间歇特性之间的关系。

掌握：各种主要储能方法的基本概念、原理。

熟练掌握：储能材料的基本特性。

**教学组织与实施：**

课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第六章 燃气分布式能源工程** | **学时数：4** |

**教学目标：**

通过本章对燃气分布式能源工程的深入学习，使学生了解基于燃气的热电联供和冷热电三联供这两种代表性分布式能源工程，了解燃气分布式能源工程及其类型、燃气冷热电联供系统的主要设备及具体工程案例，使学生了解具体的分布式能源工程的运行。

**教学重点和难点：**

燃气冷热电联供系统的主要设备。

**主要教学内容及要求：**

了解：燃气分布式能源工程的类型。

理解：发展燃气分布式能源工程的重要性。

掌握：燃气冷热电联供系统的组成及设备工作原理。

熟练掌握：燃气分布式能源工程的环境效益。

**教学组织与实施：**

课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第七章 分布式能源系统集成准则及性能评价** | **学时数：4** |

**教学目标：**

通过本章对分布式能源工程集成准则和性能综合评价知识的学习，使学生了解分布式能源系统的本质特征及用于分布式能源系统集成的主要设备和技术，了解集成的原则思路，并学习分布式能源系统典型的集成案例，了解影响。分布式能源系统发展的影响因素

**教学重点和难点：**

用于分布式能源系统集成的主要设备和技术。

**主要教学内容及要求：**

了解：分布式能源系统的本质特征。

理解：分布式能源系统集成的原则思路。

掌握：用于分布式能源系统集成的主要设备和技术。

**教学组织与实施：**

课前主题引入、知识构成梳理、课堂授课、互动环节设置、在线学习、课后复习、指导学生查阅相关文献、课后反馈。

**五、课程思政**

《分布式能源系统》课程是在科学用能和能的梯级利用原理指导下，能源动力领域的新的实践探索，其能源利用率可以达到70％-90％，符合我国建设节约型社会的要求，可实现大幅度节能，减少环境污染。授课过程中，将以绿色中国和生态文明建设为切入，引导学生关注能源危机和环境问题，并考虑为了解决能源这一国民经济和社会发展的瓶颈问题，必须大力推进节能和科学用能。使学生的世界观、价值观与国家中长期科技规划战略相结合，使学生树立为了服务国家战略而学习的使命感。

**七、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

（1）理论课教材：新能源与分布式发电技术（普通高等教育十二五规划教材），孙云莲 杨成月 编著，中国电力出版社，2015年

**2.参考书：**

（1）分布式能源技术及应用．潘卫国 等．上海交通大学出版社, 2019年

（2）多能互补分布式能源技术．华电电力科学研究院有限公司．中国电力出版社, 2019年

（3）分布式发电. 詹金斯 埃克纳亚克. BOOKUU, 2016年

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）国家能源局，http://www.nea.gov.cn

（2）能源网，http://www.nengyuancn.com

（3）慕课堂，https://www.icourse163.org/spoc/course/LZJTU-1205687801

**八、教学条件**

课程依托的河南农业大学机电工程学院能源与环境工程系，具备课程实施所需要的一切软、硬件条件。

《分布式能源系统》课程团队有良好的师资配置，授课教师全部拥有博士学位。

教学场地和实验教学条件充足。现有实验用房3000多平方米，拥有教学、实习和示范基地16个，产品研发及产业化场所达5500m2，实验室共有仪器设备625台套，总值2752.1万元，近3年实验室新增微量热仪、高效液相色谱仪、光合生物制氢试验装置自控系统、全自动工业分析仪等设备43套，仪器设备总值814.3万元。

校外实习基地能满足学生的实习需求。多年来与河南省能源研究所有限公司、河南桑达能源环保有限公司、郑州市夜明珠太阳能科技有限公司、商丘三利新能源有限公司、郑州鑫地机械设备有限公司、太康锅炉厂等大中型集团企业在联合共建实验室学生实习、科技成果转化等方面己进行长期合作，对这些企业人才现状和人才需求情况非常了解。

**九、教学考核评价**

**过程性评价：**

（1）课堂表现（10%）：包括课堂签到情况、上课状态、回答问题情况等。

（2）课后作业（10%）：布置作业的完成情况等。

（3）小组学习讨论（40%）：考核案例教学过程及小组协作展示效果，包括参与科学研究、专业知识探讨、PPT制作、论文撰写、单元测验、单元作业等。

（4）综合测评（40%）：课程结束后，进行分布式能源系统创新设计，并上交设计文稿。

# 热力发电厂

（Thermal Power Plant）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021263 | **课程总学时：**32 | **实验学时：** 0  **学时** |
| **课程性质：**选修 | **课程属性:**专业深化类 | **开设学期：第**7**学期** |
| **课程负责人：**张志萍 | **课程团队：**张甜 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | |
| **对先修的要求：**先修课程包括：工程热力学、传热学、流体力学、热工设备、汽轮机原理等 | | |
| **对后续的支撑：**能够将所学的工程热物理及热工机械等技术的专业知识融会贯通，用于推演、分析热力发电中的专业工程问题 | | |
| **主撰人：**张志萍 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《热力发电厂》是新能源科学与工程专业的一门专业深化类选修课。主要教学理念是，树立对象意识，以学生为主体，实现学生综合素质的全面发展；关注教学效益，树立时间和效益观念，完成“高效”教学；建立明确的教学成效的量化指标，以结果为导向，对学生的学业成就进行量化，以便于及时把握教学过程的有效性；对具体的情境做出不同的决策，因地制宜、因材施教的制定出良好的教学方案。任务是使学生全面掌握现代大型热力发电厂热力系统及基本运行知识，掌握电厂主要热力辅助设备与系统的构造、工作原理和运行知识，掌握发电厂管道与其附件等基本知识，能熟练阅读热力系统图，并能对热力系统作初步分析，使学生能够正确运用热、功转换理论，对电厂热力系统进行热经济性分析，了解提高热经济性的基本途径，使学生具有对火电厂热力系统实施正确控制的能力，初步具备对机组运行情况提出经济性改进措施的能力，为发电机组的安全、可靠、经济性运行打下基础。通过本课程的学习，使学生具备从事热力设备及系统设计、分析评价、技术改造、运行管理所必需的知识与能力，为学生将来从事电厂实际工作和科研工作打下必要的基础。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：

了解评价热力发电厂热经济性的方法，掌握用热量法定量评价发电厂的热经济性，掌握提高发电厂热经济性的主要途径和方法。熟悉发电厂的主要经济指标，能定量分析发电厂的运行经济性。掌握发电厂热力辅助设备的结构、工作原理，掌握发电厂各热力系统组成、连接方式及其基本运行知识。了解热负荷特性，能够定量分析热电厂的热经济性，熟悉热电厂对外供热系统及设备。 熟悉原则性热力系统、全面性热力系统及各局部热力系统，掌握发电厂管道及其附件的基本知识。熟悉发电厂的输煤与供水系统，了解火电厂主厂房布置的类型及特点。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

达成课程目标采用形成性评价和结果评价相结合的方式。这种方式是将以往由注重结果调整为注重学习过程，加大形成性评价的比例，以调动学生学习的主动性和积极性，并且有利于学生综合能力培养的目标。形成性评价包括平时作业、在线测试、小组协作综合问题的探究学习、网络讨论、混合课堂、网络资源利用、网络学习痕迹等。结果评价是课程结束后采用闭卷考试，全面考察学生对本课程知识的理解、掌握程度以及灵活运用知识解决问题的能力。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：使学生具备热力发电厂专业知识体系，并能综合运用所学知识解决工程中的实际问题。 | 1.工程知识 |
| 2 | 目标2：使学生能利用热力发电厂所学的专业知识，识别、表达并通过科学方法研究分析热力发电领域的工程问题。 | 2.问题分析 |
| 3 | 目标3：使学生能基于热力发电科学原理，采用科学方法对热力发电厂运行等问题进行实验设计、分析与数据解释。 | 4.研究 |

**四、理论教学内容及学时分配（32学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **绪论** | **学时数：2** |

**教学目标：**

（1）了解电能生产的特点和基本要求，了解我国的能源构成和电力工业的技术发展动向，明确本课程的任务和作用；

（2）简要介绍火电厂清洁生产技术、污水回用技术、电厂环境监测与评价等方面的知识，强调电厂环保和节能方面的重要性。

**教学重点和难点：**

（1）我国的能源构成和电力工业的技术发展动向；

（2）火电厂发展现状与局限。

**主要教学内容及要求：**

了解：（1）本课程主要内容；

（2）课程学习方法和考核方式；

（3）电厂的感性认识；用几个问题和形象的比喻来阐述。

理解：（1）火力发电厂生产过程；

（2）新能源发电技术。

掌握：能源分类及热力发电厂发展趋势。

熟练掌握：火力发电厂与其他发电技术比较优势与劣势。

**教学组织与实施：**

采用线上线下相结合的教学方式，本章内容主要根据不同的课堂内容，采用多媒体融合、翻转课堂、文献综述等，开拓学生的思维方式，引导学生寻求新的解决问题的途径。基本教学组织与实施过程是，建立情境-激发动机-组织教学-应用新知-检测评价-巩固练习-最后做到举一反三，能自发完成知识的拓展和理论的迁移。根据其对学生要求的程度的变化，由易入难，根据不同的知识构成有所侧重的进行实施，主要的过程包括课前主题引入、互动环节设置和课后思维发散。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第一章 热力发电厂的热经济性** | **学时数：4** |

**第一节 热力发电厂热经济性的评价方法 2学时**

**教学目标：**

掌握发电厂热功转换过程的基本规律，掌握热力电厂热经济性的计算，理解热量法和熵方法的概念及其区别与联系，强调热量法的现实意义，概括地介绍减少热力过程不可逆性的根本方向。

**教学重点和难点：**

掌握热力电厂热经济性的计算方法，热量法的概念，减少热力过程热量损失的根本方向。

**主要教学内容及要求：**

了解：发电厂热功转换过程的基本规律。

理解：热量法和熵方法的概念及其区别与联系。

掌握：热经济性评价的方法；

熟练掌握：热力电厂热经济性的计算方法热量法。

**教学组织与实施：**

采用线上线下相结合的教学方式，以解决电厂热经济性评价方法问题为中心的，着眼于学生思维能力的培养，进行教学。基本教学组织与实施过程是，设置问题-进行假设-完成推理-开展验证-总结提高。考虑各教学环节的组成要素，根据其对学生要求的程度的变化，由易入难，根据不同的知识构成有所侧重的进行实施，如知识构成梳理，课程讲授，互动环节设置和课后思维发散等。

**第二节 热力发电厂的主要热经济性指标及核能发电 2学时**

**教学目标：**

掌握凝汽式发电厂的主要热经济性指标；了解核能发电的热经济性

**教学重点和难点：**

凝汽式发电厂的主要热经济性指标及各自的意义

**主要教学内容及要求：**

了解：核能发电的热经济性。

理解：凝汽式发电厂各种损失及全厂总效率。

掌握：凝汽式发电厂的主要热经济性指标。

熟练掌握：各指标的分布位置和意义。

**教学组织与实施：**

采用线上线下相结合的教学方式，以电厂热经济性评价指标和核能发电为本节重点介绍内容，着眼于学生思维能力的培养，进行教学。基本教学组织与实施过程是：设置问题-进行假设-完成推理-开展验证-总结提高。考虑各教学环节的组成要素，根据其对学生要求的程度的变化，由易入难，根据不同的知识构成有所侧重的进行实施，如知识构成梳理，课程讲授，互动环节设置和课后思维发散等。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第二章 热力发电厂的动力循环** | **学时数：6** |

**第一节 蒸汽参数对电厂热经济性影响**   **2学时**

**教学目的：**

（1）提高初参数对电厂热经济性的影响，以及提高初参数受到的限制；

（2）降低终参数对电厂热经济性的影响，凝汽器的最佳真空。

**教学重点和难点：**

（1）提高蒸汽初温和初压对电厂热经济性的影响，并且在汽轮机的进汽参数与容量的配合上为何必然“高参数必大容量”；

（2）降低蒸汽终压对电厂热经济性的影响。

**主要教学内容及要求：**

了解：（1）改变蒸汽参数对电厂热经济性的影响意义

（2）采用高参数大容量机组的意义

理解：（1）提高蒸汽初参数受到的限制

（2）降低蒸汽终参数的极限

掌握：（1）初温对电厂热经济性影响

（2）初压对电厂热经济性影响

熟练掌握：凝汽器的最佳真空

**教学组织与实施：**

采用线上线下相结合的教学方式，以解决热力发电厂初终参数对电厂热经济性的影响问题为中心的，着眼于学生思维能力的培养，进行教学。基本教学组织与实施过程是：设置问题-进行假设-完成推理-开展验证-总结提高。考虑各教学环节的组成要素，根据其对学生要求的程度的变化，由易入难，根据不同的知识构成有所侧重的进行实施，如知识构成梳理，课程讲授，互动环节设置和课后思维发散等。

**第二节 蒸汽中间再热循环及其热经济性**  **2学时**

**教学目标：**

掌握热力发电厂的动力循环，采用蒸汽中间再热目的及其对电厂热经济性的影响。

**教学重点和难点：**

蒸汽中间再热参数的选择

**主要教学内容及要求：**

了解：蒸汽中间再热的目的；

理解：蒸汽中间再热参数的选择

掌握：蒸汽中间再热的经济性

熟练掌握：蒸汽中间再热的方法

**教学组织与实施：**

采用线上线下相结合的教学方式，了解热力发电厂的动力循环，探讨采用蒸汽中间再热目的及其对电厂热经济性的影响。着眼于学生思维能力的培养，进行教学。基本教学组织与实施过程是：设置问题-进行假设-完成推理-开展验证-总结提高。考虑各教学环节的组成要素，根据其对学生要求的程度的变化，由易入难，根据不同的知识构成有所侧重的进行实施，如知识构成梳理，课程讲授，互动环节设置和课后思维发散等。

**第三节 回热循环及其热经济性**  **2学时**

**教学目标：**

（1）采用回热循环的目的及其热经济性；

（2）多级回热给水总焓升在各加热器间的分配。

**教学重点和难点：**

（1）利用熵方法分析朗肯循环的热经济性；

（2）多级回热给水总焓升在各加热器间的分配。

**主要教学内容及要求：**

了解： 给水回热加热的意义；

理解：多级回热给水总焓升在各加热器间的分配

掌握：（1）给水回热加热的热经济性；

（2）影响回热过程热经济性的因素。

熟练掌握：朗肯循环及其热经济性

**教学组织与实施：**

采用线上线下相结合的教学方式，讨论采用回热循环的目的及其热经济性，以解决多级回热给水总焓升在各加热器间的分配问题为中心，着眼于学生思维能力的培养，进行教学。基本教学组织与实施过程是：设置问题-进行假设-完成推理-开展验证-总结提高。考虑各教学环节的组成要素，根据其对学生要求的程度的变化，由易入难，根据不同的知识构成有所侧重的进行实施，如知识构成梳理，课程讲授，互动环节设置和课后思维发散等。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第三章 热电联产及其供热系统** | **学时数：4** |

**第一节 热电联产及热电厂总热耗量的分配 2学时**

**教学目标：**

了解热电负荷特性，掌握热电联产的概念及热电厂总耗量的分配，懂得热电联产的几种热量分摊方法，特别是热量法。

**教学重点和难点：**

热电联产的热量分摊方法。

**主要教学内容及要求：**

了解：热负荷及其载热质。

理解：热电厂热量分摊方法：热量法（好处归电法）；实际焓降法（好处归热法）；做功能力法的分摊方式和意义。

掌握：热电厂总耗量的分配。

熟练掌握：热电联产。

**教学组织与实施：**

采用线上线下相结合的教学方式，回顾旧课，引出本节新课，重点讨论热电联产的热量分摊方法，记忆热负荷与热载质的基本概念，着眼于学生思维能力的培养，进行教学。基本教学组织与实施过程是：旧课回顾-新课引出-设置问题-展开讨论-总结提高。考虑各教学环节的组成要素，根据其对学生要求的程度的变化，由易入难，根据不同的知识构成有所侧重的进行实施，如知识构成梳理，课程讲授，互动环节设置和课后思维发散等。

**第二节 热电厂的主要热经济指标与热电联产节约燃料的条件**  **2学时**

**教学目标：**

（1）掌握热电厂的主要热经济指标和分项热经济指标；

（2）了解热电联产和分产热经济性的比较基础，熟悉热电联产节约燃料的条件。

**教学重点和难点：**

（1）热电联产节约燃料的条件；

（2）熟悉不同供热机型的节煤条件。

**主要教学内容及要求：**

了解：热电联产和分产热经济性的比较基础。

理解：进行热电联产的目的和意义。

掌握：（1）热电厂总的热经济指标；

（2）热电厂的分项热经济指标。

熟练掌握： 热电联产较分产节约燃料的条件。

**教学组织与实施：**

采用线上线下相结合的教学方式，回顾热电厂的热经济性指标，引出本节新课，重点讨论热电联产节约燃料的条件和不同供热机型的节煤条件，着眼于学生思维能力的培养，进行教学。基本教学组织与实施过程是：旧课回顾-新课引出-设置问题-展开讨论-总结提高。考虑各教学环节的组成要素，根据其对学生要求的程度的变化，由易入难，根据不同的知识构成有所侧重的进行实施，如知识构成梳理，课程讲授，互动环节设置和课后思维发散等。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第四章 热电厂的回热加热系统** | **学时数：4** |

**第一节 表面式加热器及系统的热经济性 2学时**

**教学目标：**

了解掌握表面式和混合式回热加热器的优缺点

**教学重点和难点：**

表面式加热器组成的回热加热系统的优点。

**主要教学内容及要求：**

了解：回热加热器的型式

（1）混合式加热器结构

（2）表面式加热器结构

理解：两者的优缺点。

掌握：表面式加热器组成的回热加热系统。

熟练掌握：表面式加热器的端差。

**教学组织与实施：**

采用线上线下相结合的教学方式，了解掌握表面式和混合式回热加热器的优缺点，着眼于学生思维能力的培养，进行教学。基本教学组织与实施过程是：设置问题-讨论问题-归纳总结-思维拓展。考虑各教学环节的组成要素，根据其对学生要求的程度的变化，由易入难，根据不同的知识构成有所侧重的进行实施，如知识构成梳理，课程讲授，互动环节设置和课后思维发散等。

**第二节 表面式加热器的热经济性 2学时**

**教学目标：**

（1）掌握表面式加热器端差对加热器经济性的影响；

（2）掌握蒸汽冷却器及其热经济性。

**教学重点和难点：**

（1）蒸汽冷却器及其热经济性；

（2）表面式加热器的疏水方式及热经济性分析。

**主要教学内容及要求：**

了解：系统采用表面式加热器的原因。

理解：抽汽管道压降Δpj及其热经济性；

掌握：表面式加热器的热经济性。

熟练掌握： （1）蒸汽冷却器及其热经济性；

（2）表面式加热器的疏水方式及热经济性分析。

**教学组织与实施：**

采用线上线下相结合的教学方式，讨论采用回热循环的目的及其热经济性，以解决多级回热给水总焓升在各加热器间的分配问题为中心，着眼于学生思维能力的培养，进行教学。基本教学组织与实施过程是：设置问题-进行假设-完成推理-开展验证-总结提高。考虑各教学环节的组成要素，根据其对学生要求的程度的变化，由易入难，根据不同的知识构成有所侧重的进行实施，如知识构成梳理，课程讲授，互动环节设置和课后思维发散等。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第五章 给水除氧及热电厂的辅助热力系统** | **学时数：6** |

**第一节 给水除氧及除氧器 2学时**

**教学目的：**

（1）了解给水除氧的必要性和给水除氧的方法，重点掌握热力除氧原理和方法；

（2）掌握除氧器的类型和结构，掌握除氧器自生沸腾现象发生的原因以及消除的办法。

**教学重点和难点：**

热力除氧的原理（道尔顿定律和亨利定律），保证热力除氧效果的基本条件；

**主要教学内容及要求：**

了解：除氧器的类型和结构

理解：（1）给水除氧的必要性

（2）给水除氧方法。

掌握：热力除氧原理

（1）道尔顿定律

（2）亨利定律

（3）传热、传质要求

（4）保证热力除氧效果的基本条件

熟练掌握：除氧器自生沸腾现象发生的原因以及消除的办法。

**教学组织与实施：**

采用线上线下相结合的教学方式，回顾热工设备中除氧器的基本内容以及热力除氧原理，引出本节新课，重点讨论除氧器的类型和结构，着眼于学生思维能力的培养，进行教学。基本教学组织与实施过程是：旧课回顾-新课引出-设置问题-展开讨论-总结提高。考虑各教学环节的组成要素，根据其对学生要求的程度的变化，由易入难，根据不同的知识构成有所侧重的进行实施，如知识构成梳理，课程讲授，互动环节设置和课后思维发散等。

**第二节 热力除氧器运行方式及热经济性 2学时**

**教学目的：**

（1）了解除氧器的热平衡；

（2）影响除氧器除氧效果的因素；

（3）掌握除氧器的运行方式和连接方式。

**教学重点和难点：**

除氧器的滑压运行。

**主要教学内容及要求：**

了解：除氧器的热平衡

理解：影响除氧器除氧效果的因素

掌握：（1）除氧器的运行方式；

（2）除氧器的热经济性分析；

（3）除氧器的连接方式。

熟练掌握：除氧器的滑压运行的特点。

**教学组织与实施：**

采用线上线下相结合的教学方式，在了解除氧器热平衡的基础上，讨论除氧器的运行方式和连接方式，着眼于学生思维能力的培养，进行教学。基本教学组织与实施过程是：设置问题-讨论问题-归纳总结-思维拓展。考虑各教学环节的组成要素，根据其对学生要求的程度的变化，由易入难，根据不同的知识构成有所侧重的进行实施，如知识构成梳理，课程讲授，互动环节设置和课后思维发散等。

**第三节 发电厂辅助热力系统 2学时**

**教学目的：**

了解热力系统的损失类型，掌握发电厂的辅助热力系统。

**教学重点和难点：**

补充水引入系统的方式。

**主要教学内容及要求：**

了解：（1）轴封蒸汽回收及利用系统；

（2）辅助蒸汽系统。

理解：（1）工质损失类型；

（2）减少损失的措施。

掌握：汽包锅炉连续排污利用系统

熟练掌握：补充水引入系统的方式

**教学组织与实施：**

采用线上线下相结合的教学方式，了解热力系统的损失类型，掌握发电厂的辅助热力系统。着眼于学生思维能力的培养，进行教学。基本教学组织与实施过程是：设置问题-讨论问题-归纳总结-思维拓展。考虑各教学环节的组成要素，根据其对学生要求的程度的变化，由易入难，根据不同的知识构成有所侧重的进行实施，如知识构成梳理，课程讲授，互动环节设置和课后思维发散等。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第六章 原则性及全面性热力系统** | **学时数：4** |

**教学目标：**

（1）了解发电厂原则性热力系统

（2）掌握发电厂的主蒸汽系统的型式与选择，主蒸汽系统设计时应注意的问题；

（3）掌握中间再热机组旁路系统的类型和作用，了解两级旁路串连系统的运行，了解给水、疏放水系统的类型。

**教学重点和难点：**

（1）主蒸汽系统的型式与选择；

（2）中间再热机组旁路系统的类型和作用。

**主要教学内容及要求：**

了解：主设备的选择原则

理解：原则性热力系统和全面性热力系统的区别和联系

掌握：（1）给水管道系统类型

（2）疏放水系统的类型

熟练掌握：（1）主蒸汽系统

1.1主蒸汽系统的型式与选择

1.2 主蒸汽系统设计时应注意的几个问题

（2）中间再热机组的旁路系统

2.1旁路系统的类型

2.2旁路系统的作用

2.3 旁路系统的型式

**教学组织与实施：**

采用线上线下相结合的教学方式，回顾热电厂的各部分的设备的基本功能，引出本节新课，重点讨论原则性热力系统和全面性热力系统的区别和联系，着眼于学生思维能力的培养，进行教学。基本教学组织与实施过程是：旧课回顾-新课引出-设置问题-展开讨论-总结提高。考虑各教学环节的组成要素，根据其对学生要求的程度的变化，由易入难，根据不同的知识构成有所侧重的进行实施，如知识构成梳理，课程讲授，互动环节设置和课后思维发散等。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第七章 新能源热力发电系统** | **学时数：2** |

**教学目标：**

（1）了解不同类型新能源热力发电系统；

（2）掌握新能源热力发电系统的基本构成；

（3）掌握新能源热力发电系统的关键技术。

**教学重点和难点：**

新能源热力发电系统的工作过程和新兴关键技术。

**主要教学内容及要求：**

了解：新能源热力发电技术的优缺点。

理解：新能源热力发电系统在碳中和时代的重要作用。

掌握：不同新能源热力发电系统的基本构成和工作过程。

熟练掌握：新能源热力发电系统的应用场景和关键技术。

**教学组织与实施：**

采用线上线下相结合的教学方式，在对常规热力发电厂相关知识的梳理后，引出新能源热力发电系统的重要性，着眼于学生思维能力的培养，进行教学。基本教学组织与实施过程是：旧课回顾-新课引出-设置问题-展开讨论-总结提高。考虑各教学环节的组成要素，根据其对学生要求的程度的变化，由易入难，根据不同的知识构成有所侧重的进行实施，如知识构成梳理，课程讲授，互动环节设置和课后思维发散等。

**六、课程思政**

《热力发电厂》是新能源科学与工程的专业深化类选修课，主要内容涉及热经济性指标、热力发电厂各系统工作过程及新能源热力发电系统等，培养学生具有综合分析和解决发电厂工程技术问题和运行管理问题的实践能力和创新能力。课程坚持以学生为中心、结合时政及能源发展，融入课程思政元素，尤其强调新能源热力发电系统与我国生态文明建设、碳中和目标战略的重要关系，达到知识传授与价值引领、教学与育人的有机统一，实现高质量教书育人目标。

**七、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

理论课教材：热力发电厂 第六版（十四五普通高等教育本科规划教材），张燕平、叶涛 编著，中国电力出版社，2020年

**2.参考书：**

（1）热力发电厂，谢冬梅 著，机械工业出版社，2019年

（2）热力发电厂，张学镭 著，中国电力出版社，2022年

（3）热力发电厂，陈海平 等著，中国电力出版社，2018年

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）百度文库，http://wenku.baidu.com/view/725e1da70029bd64783e2c94.html

（2）国际能源网，<http://www.in-en.com/>

（3）中国大学MOOC，https://www.icourse163.org/course/detail.htm?cid=1450324274

**八、教学条件**

课程依托的河南农业大学机电工程学院能源与环境工程系，具备课程实施所需要的一切软、硬件条件。

《热力发电厂》课程团队有良好的师资配置，授课教师全部拥有博士学位。

教学过程采用线上线下结合的方式进行，线上采用超星学习通APP进行线上签到、抢答、分组讨论等形式组织教学。线下在多媒体教室进行多媒体演示教学。本课程的实验部分共包括火力发电厂模型参观和火力发电厂生产过程演示，演示性实验在实验室进行。

教学场地和实验教学条件充足。现有实验用房3000多平方米，拥有教学、实习和示范基地16个，产品研发及产业化场所达5500m2，实验室共有仪器设备625台套，总值2752.1万元，近3年实验室新增微量热仪、高效液相色谱仪、光合生物制氢试验装置自控系统、全自动工业分析仪等设备43套，仪器设备总值814.3万元。

校外实习基地能满足学生的实习需求。多年来与河南省能源研究所有限公司、河南桑达能源环保有限公司、郑州市夜明珠太阳能科技有限公司、商丘三利新能源有限公司、郑州鑫地机械设备有限公司、太康锅炉厂等大中型集团企业在联合共建实验室学生实习、科技成果转化等方面己进行长期合作，对这些企业人才现状和人才需求情况非常了解。

**九、教学考核评价**

**过程性评价：**

（1）课堂表现（10%）：包括课堂签到情况、上课状态、回答问题情况等。

（2）课后作业（10%）：布置作业的完成情况等。

（3）小组学习讨论（20%）：考核案例教学过程及小组协作展示效果，包括参与科学研究、专业知识探讨、PPT制作、单元作业等。

（4）综合测评（60%）：撰写有关新能源热力发电系统的课程论文。

# 能源技术经济学

（Technological Economics of Energy）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021275 | **课程总学时：**16 | **实验学时：**  0  **学时** |
| **课程性质：**必修 | **课程属性:** 专业类 | **开设学期：第** 6 **学期** |
| **课程负责人：**岳建芝 | **课程团队：**岳建芝 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程专业 | | |
| **对先修的要求：**学习过概率统计有关知识，掌握了标准差、离散系数、数学期望值等概念  **对后续的支撑：**可以对工程设计中各种方案进行技术经济分析，给出正确的决策建议 | | |
| **主撰人：**岳建芝 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

能源技术经济学的教学秉承关注学生进步和发展、关注教学效益、关注可测性和量化、教师具备反思意识的教学理念。《能源技术经济学》是一门研究能源技术领域经济问题和经济规律，研究能源技术进步与经济增长之间的相互关系的应用型课程。它包括能源技术经济学的基本理论及其基本理论在项目投资决策分析中的应用。能源技术经济学也是决策论证的科学，是关于方法论的一门应用性学科，实用性很强。本课程是作为新能源科学与工程专业的必修课，旨在培养学生对具体能源系统进行技术经济论证的能力。使学生在今后在工作中能自觉地从经济角度去考虑技术问题、讲求经济效益。

《能源技术经济学》的任务是使工科大学生掌握必要的技术经济学基本方法，培养学生在能源领域的实践中利用其技术经济的方法分析问题和解决问题的能力，为学生以后在工程技术领域的经济决策提供科学依据并获得满意的经济效益。

**二、课程教学的基本要求**

能源技术经济的教学重点放到其经济方法的应用上。具体说，通过该课程学习，能具备技术经济分析的思维方法；掌握技术经济学的基本原理和基本方法，包括技术经济效果原理、可比原理、资金时间价值原理、优化原理、经济效果评价与择优方法、项目财务评价与经济评价方法、价值工程方法、投资风险分析等；能运用技术学的基本原理和基本方法对能源工程项目及其它能源技术活动进行技术经济分析与评价选优。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

能源技术经济学教学方式采用课堂讲授。授课方式采用板书和多媒体结合，也会在总结课中插入翻转课堂，理论教学中根据内容模块采用教授式、问题探究式、练习讨论式和案例法等教学方法。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 通过课程学习，使学生理解技术经济活动要素的构成及经济系统的构成。 | 1 职业规范 |
| 2 | 使学生能够选择合适的经济指标去评价分析工程中各种技术方案的优劣。 | 2.环境和可持续发展 |
| 3 | 使学生初步具备对工程项目方案进行可行性评估和项目管理的能力。 | 3项目管理 |

**四、理论教学内容及学时分配（16学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第一章 绪论** | **学时数：2** |

**教学目的：**初步了解能源技术经济学的研究对象和学科性质

**教学重点和难点：** 让学生了解学习技术经济学的重要性

**主要教学内容及要求：**本章讲述技术与经济的关系、能源技术经济学的研究对象、技术经济分析的一般过程、技术经济的发展历史，以及为什么工科学生也要学习技术经济学。

**教学组织与实施：**本章内容次用多媒体课堂讲授，根据内容采用问题探究式的教学方法。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第二章 经济评价基本要素** | **学时数：4** |

**教学目的：**本章全面介绍技术经济分析的各种基本要素，为准确计算建设方案的各种资源投入量和科学进行经济效果定量分析奠定技术。

**教学重点和难点：**经济效果的概念；经济效果三种表达方式；投资、成本、利润等基本概念和计算口径；资金时间价值内涵；资金等值计算；

**主要教学内容及要求：**

了解：税收和税金

理解：经济效果、投资的概念和构成，投资估算，会计成本、经济成本、经营成本，利润

掌握：机会成本、沉没成本、变动成本和固定成本在投资决策的作用

熟练掌握：资金的等值计算

**教学组织与实施：**本章内容次用多媒体课堂讲授，根据内容采用教授式和练习讨论式的教学方法。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第三章 经济性评价方法** | **学时数：6** |

**教学目的：**工程技术方案评价的核心内容就是经济效果评价，本章介绍经济性评价方法，介绍评价工程技术方案经济效果的各类指标、方法和标准，从而确保经济决策的正确性和科学性。

**教学重点和难点：**经济性评价方法的意义；时间型、价值型和效率型经济评价指标的计算；备选方案与经济性评价方法及不确定性评价方法

**主要教学内容及要求：**

了解：经济评价方法在现实工程中的应用发展状况

理解：经济性评价方法的意义

掌握：时间型、价值型和效率型经济评价指标的概念；

熟练掌握：时间型、价值型和效率型经济评价指标的计算；备选方案与经济性评价方法，不确定性评价方法

**教学组织与实施：**本章内容次用多媒体课堂讲授，根据内容采用教授式和练习讨论式的教学方法。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第四章 能源建设项目可行性研究** | **学时数：2** |

**教学目的：**使学生掌握能源项目可行性研究的意义，掌握能源项目财务评价的理论体系，明确国民经济评价参数之间的换算以及国民经济评价意义。掌握可行性研究各阶段要求研究的深度、需要的时间、费用，了解可行性研究的全部内容。掌握投资项目财务评价和国民经济评价要求计算的指标，掌握各类评价报表的格式、填写方法及其各报表之间的关系，要求对分析结论做出正确评价。

**教学重点和难点：**本章的重点和难点内容是财务评价的内容

**主要教学内容及要求：**

了解：项目建设程序和我国建设项目管理体制

理解：社会评价

掌握：掌握可行性研究的内容及报告编制技术；

熟练掌握：项目市场分析、技术选择、经济效益评价以及资金筹措等内容的研究思路与分析方法。

**教学组织与实施：**本章内容次用多媒体课堂讲授，根据内容采用教授式的教学方法。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第五章 价值工程** | **学时数：2** |

**教学目的：**使学生明确价值工程的内涵，掌握价值工程在提高企业利润、降低成本方面采用的基本原理，掌握价值工程应用过程中提高价值的角度，为企业多创利润打下良好的基础。

**教学重点和难点：**本章的重点内容是功能的分析、整理和评价。

**主要教学内容及要求：**

了解：价值工程的内在涵义，

理解：各种选择对象方法，明确这些方法应用的范围和特点，

掌握：给功能下定义时应注意的问题，绘制功能系统图的方法，掌握功能评价的方法。

熟练掌握：怎样才能提出有价值的功能改进方案，明确提出的改进方案在方案的不同阶段应如何进行评价。

**教学组织与实施：**本章内容次用多媒体课堂讲授，根据内容采用教授式和练习讨论式的教学方法。

**五、课程思政**

人类发展技术的目的是为了经济，发展技术的过程是经济效果不断提高的过程，经济发展是社会发展的重要基础，经济建设是全党和全国工作的大局。因此在能源技术经济中贯彻以习近平新时代中国特色社会主义思想、贯彻党的十九大和十九届二中、三中和四中全会精神的思政内容非常必要。在本课程中将以案例教学的方法，要求学生了解企业现金流量的概念及构成系统现金流量的基本要素，掌握投资、费用与成本、销售收入、利润和税金的构成与估算方法。传承中华民族优秀传统文化，践行社会主义核心价值观，从而培养学生经济观念、正确的“三观”，金钱观、理财观和合理消费观念；培养学生科学精神、工匠精神、勤俭节约精神；培养学生逻辑思维、法律思维、底线思维和思辨能力；增强学生民族自豪感、社会责任感等。

**六、使用教材**

**1、选用教材：**

技术经济学概论（第三版）,吴添祖 主编,北京：高等教育出版社，2011

**2、参考书：**

（1）新能源技术经济学，杨晴 主编，北京：中国水利水电出版社，2018

（2）工业技术经济学（第三版）．傅家骥、仝允桓 主编．北京：清华大学出版社，1996

（3）技术经济学．陶树人 编著．北京：经济管理出版社，1999

（4）技术经济学．徐莉 主编．武汉：武汉大学出版社，2003

（5）技术经济学前沿问题．傅家骥、雷家马肃 等．北京：经济科学出版社，2003

（6）现代工程经济学．赵国杰 主编．沈阳：辽宁大学出版社，1999

（7）工程经济学．黄有亮、徐向阳 等 编．南京：东南大学出版社，2002

（8）工程经济学．杜葵 主编．重庆：重庆大学出版社，2001

（9）工程经济学．李南 主编．北京：科学出版社，2000

**3、推荐网站：**

（1）大连理工大技术经济学精品，http://www.icourses.cn/coursestatic/course\_4209.html

（2）西安科技大学工程经济学精品课程，<http://xkd-gcjjx.xinpop.com/>

（3）中国大学慕课浙江工业大学工程经济 <https://www.icourse163.org>

**七、教学条件**

学校提供本课程日常理论教学所需的场地和多媒体设备，保证教学活动的顺利进行；授课教师对课程体系有全面的设计和把握，可根据学生的反馈及时调整教学内容、设计合理的教学环节，保证良好的教学效果和较高的教学质量。

**八、教学考核评价**

**1.过程性评价：**课前预习、课堂表现、课后作业、小组学习讨论等学习过程全面纳入课程形成性评价体系。

**2.终结性评价：**开卷考试或者提交课程论文，比重占比50%

**3.课程综合评价：**总成绩=期末开卷考试或者课程论文（50%）+ 过程性评价成绩（50%）。

# 文献检索与科技论文写作

（Literature Search and Scientific Paper Writing）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021276 | **课程总学时：**8 | **实验学时：**  0 **学时** |
| **课程性质：**必修 | **课程属性:**专业类 | **开设学期：第** 7 **学期** |
| **课程负责人：**张甜 | **课程团队：**张甜、张洋 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | |
| **对先修的要求：**具有一定的英语基础，具备阅读英文科技文献的能力。先修课程：大学英语。 | | |
| **对后续的支撑：**培养学生获取、利用文献信息和科技论文写作的能力，为后续毕业论文及一般科技论文的撰写打下良好基础。 | | |
| **主撰人：**张甜 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

本课程是新能源科学与工程专业的一门专业类必修课，旨在培养学生获取、利用文献信息和科技论文写作的能力。通过本课程的学习，使学生能够掌握文献信息及其相关检索系统的特点及使用方法，获得一定的文献信息收集、整理、加工与利用能力，并掌握科技论文写作方面的基本知识，为毕业论文及一般科技论文的撰写打下良好的基础。学生在本课程学习中应重点掌握以下几个方面的内容：文献信息检索的途径、方法与步骤；工具书的排检方法；网络信息资源检索的方法、技术和工具；科技论文的写作内容和格式等。为培养学生具备独立获取、利用文献信息和科技论文写作的能力，本课程将依托中国大学慕课网和超星学习通等平台，采用课堂讲授和学生操作实践相结合的方式开展教学活动，从理论知识掌握情况和对所学知识的实际应用情况各方面对学生进行综合考评，有效提高课程目标的达成度，切实提升人才培养质量。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：通过本课程的学习，使学生熟悉和掌握各种不同类型的检索工具和检索系统，掌握文献检索基本知识和检索方法与技巧，具备用手工、计算机检索方式从文献检索工具或系统中获取知识和情报的能力，并熟练掌握科技论文的写作方法。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

为培养学生具备独立获取、利用文献信息和科技论文写作的能力，本课程将依托中国大学慕课网和超星学习通等平台，采用课堂讲授和学生操作实践相结合的方式开展教学活动。具体教学设计包括课前、课堂和课后三部分。课前通过慕课堂、超星学习通或QQ等平台提前发布学习任务和通知；课堂上老师讲授和学生操作实践相结合，首先老师对课前发布学习内容中的重难点进行讲解并对实际案例进行操作示范，然后学生对课堂所学内容进行实践操作，巩固和应用所学知识，同时课堂上通过随机提问和随堂练习检验教学效果；课后发布慕课学习视频和作业，供学生巩固所学知识和检验阶段性学习成果。课程评价方式主要包括过程性评价和期末考核，更注重学习过程的综合性评价。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：具有文献检索基本技能，了解本专业领域的最新进展和发展动态。 | 5 |
| 2 | 目标2：掌握科技论文撰写步骤和方法，了解科技论文投稿的基本过程。 | 2  4 |
| 3 | 目标3：具有自主学习和终身学习意识，有不断学习和适应科学与技术发展的能力。 | 12 |

**四、理论教学内容及学时分配（8学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第一章 文献信息检索概论** | **学时数：2** |

**教学目标：**了解信息、知识和文献的定义；理解文献信息检索基础知识；掌握文献信息检索的途径、方法与步骤。

**教学重点和难点：**文献信息检索的途径、方法与步骤。

**主要教学内容及要求：**

了解：信息、知识、文献的定义；

理解：文献信息检索基础知识；

掌握：文献信息检索的途径；

熟练掌握：文献信息检索的方法与步骤。

**教学组织与实施：**结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，提前发布课程简介与教学总体安排。本章内容以老师讲授为主，首先从学会文献信息检索的重要性讲起，引起学生的重视并激起学生的学习兴趣，介绍信息、知识、文献的定义和文献信息检索基础知识，重点讲授文献信息检索的途径、方法与步骤。课后通过慕课网发布作业和拓展学习资料，督促学生课后深入思考和学习。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第二章 工具书** | **学时数：2** |

**教学目标：**了解工具书的特点和类型；掌握工具书的排检方法。

**教学重点和难点：**工具书的排检方法。

**主要教学内容及要求：**

了解：工具书的特点和类型；

掌握：工具书的排检方法。

**教学组织与实施：**结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，课前提前发布本章教学安排。本章内容采用老师讲授和学生讲授相结合的方式进行学习，首先老师介绍工具书的特点和类型，重点讲授工具书的排检方法，并选择具有代表性的工具书给同学们进行介绍，然后抽点几位同学对自己选择的工具书进行介绍。课后通过慕课网发布作业并向学生推荐常用工具书，督促学生巩固所学知识并学会快速高效使用工具书。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第三章 网络信息资源检索** | **学时数：2** |

**教学目标：**了解网络信息资源分类；理解网络信息资源检索策略；掌握网络信息资源检索方法、技术和工具。

**教学重点和难点：**网络信息资源检索方法、技术和工具。

**主要教学内容及要求：**

了解：网络信息资源分类；

理解：网络信息资源检索策略；

掌握：网络信息资源检索方法、技术和工具。

**教学组织与实施：**结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，课前提前发布本章教学安排。课堂上首先老师介绍网络信息资源分类和网络信息资源检索策略，重点讲授网络信息资源检索方法、技术和工具，并列举实际案例进行操作示范，然后抽点学生亲自动手操作实践，进行随堂练习。课后通过慕课网发布作业，督促学生课下查漏补缺。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第四章 科技论文写作** | **学时数：2** |

**教学目标：**了解科技论文的概念和分类；理解科技论文的写作意义；掌握科技论文的写作内容和格式。

**教学重点和难点：**科技论文的写作内容和格式。

**主要教学内容及要求：**

了解：科技论文的概念和分类；

理解：科技论文的写作意义；

掌握：科技论文的写作内容和格式。

**教学组织与实施：**结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，课前提前发布本章教学安排。课堂上老师介绍科技论文的概念、分类及写作意义，重点讲授科技论文的写作内容和格式。课后通过慕课网发布作业，督促学生巩固所学知识并学会独立撰写科技论文。

**五、课程思政**

本课程在培养学生获取、利用文献信息和科技论文写作能力的同时，可促进学生信息意识、信息价值、信息道德与信息安全等信息素质观念的形成与发展，提高学生的学习、研究和创新能力，使其更好地适应当今知识经济时代，满足信息社会的需求。此外，本课程学习可引领学生认识我国科研成果的快速发展现状，增强学生的科研强国自信和学术诚信意识。

**六、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

（1）理论课教材：文献检索与科技论文写作，黄军左编著，中国石化出版社，2018年

**2.参考书：**

（1）科技信息检索及科技论文写作实用教程. 赵飞. 兵器工业出版社，2005年

（2）科技写作与文献检索. 孙平等. 清华大学出版社，2016年

（3）文献检索与毕业论文写作. 张言彩. 西安电子科技大学出版社，2022年

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）国家精品课程资源网，http://course.jingpinke.com/

（2）网易公开课网，https://open.163.com/

**七、教学条件**

学校可提供本课程日常理论教学所需的场地和多媒体设备，保证教学活动的顺利进行。授课教师对课程体系有全面的设计和把握，可根据学生的反馈及时调整教学内容、设计合理的教学环节，保证良好的教学效果和较高的教学质量。

**八、教学考核评价**

**1.过程性评价：**通过慕课堂或超星学习通进行随机提问、慕课堂练习和课堂讨论，评价课堂表现和听课效果。通过中国大学慕课网作业完成、作业互评及章节测验完成情况，评价阶段性学习成果。

**2.终结性评价：**采用期末闭卷考试形式，占综合成绩的70%。

**3.课程综合评价：**本课程综合评价由过程性评价和终结性评价两部分组成，过程性评价占比30%，终结性评价占比70%。从理论知识掌握情况和对所学知识的实际应用情况各方面对学生进行综合考评，有效提高课程目标的达成度，切实提升人才培养质量。

# 新能源科学与工程专业导论

(Introduction to New Energy Science and Engineering)

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021277 | **课程总学时：**8 | **实验学时：** 0 **学时** |
| **课程性质：**必修 | **课程属性:**专业类 | **开设学期：第** 3 **学期** |
| **课程负责人：**李刚 | **课程团队：**刘圣勇、徐桂转、胡建军、李刚 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程专业 | | |
| **对先修的要求：**无 | | |
| **对后续的支撑：**生物质能工程、风能工程、氢能技术及应用、太阳能工程、储能原理及技术 | | |
| **主撰人：**侯婷婷 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《新能源科学与工程专业导论》是新能源科学与工程专业基础必修课之一，是本专业本科学生首次接触专业知识的基础、概论性课程，是引导学生认知专业的重要课程，同时也是激发学生专业兴趣的重要环节。本课程主要介绍生物质能源转化与利用的新发展与前沿知识，包括生物质高效转化成气体燃料、液体燃料、成型燃料以及其在储能领域应用的发展趋势和技术进展。通过本课程教学，使学生对生物质能发展的新理论、新工艺、新技术及热点问题有较全面和深入的理解，拓宽学生的视野和知识面；深入讨论各类技术发展的特点与局限性，培养学生发现问题、分析问题和解决问题的能力；同时指导学生掌握基本的资料搜索、文献调研和写作能力，为后续的学习和工作奠定基础。

**二、课程教学的基本要求**

了解世界范围内各种传统能源现状和能源危机，以及生物质能的发展现状和趋势；

理解生物质能高效转化成气体燃料、液体燃料、成型燃料的技术进展和应用现状；

掌握文献检索和热点追踪的技巧。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

本课程采用专题讲授与学生分组讨论相结合的教学方法，注重过程学习，实现过程评价；引导学生围绕课程主题结合先修课程收集前沿资料、独立思考、学会质疑，并在合作讨论中分析解决问题，充分调动学生学习主动性，体现学生是学习主体的理念。在教学过程中，教师借助网络辅助教学等现代化手段将专题片、新闻报道、权威讲座、期刊文献等信息资讯运用于课堂讲授，激发学生的学习兴趣，提高教学效果。学生可以通过教师的讲授、线上线下交流、网上信息查阅、多媒体教学软件等教学方法及手段的综合应用来完成学习过程。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：使学生对生物质能发展的新理论、新工艺、新技术及热点问题有较全面和深入的理解 | 1 |
| 2 | 目标2：使学生掌握基本的资料搜索、文献调研和写作能力，为后续的学习和工作奠定基础。 | 1 |
| 3 | 目标3：着重培养学生对本专业知识学习的兴趣和爱好，激发学生自我学习、终身学习意识以及责任担当。 | 12 |

**四、理论教学内容及学时分配（8学时）**

|  |  |
| --- | --- |
| **专题一 农林废弃物热化学转化制备高品质燃气技术与发展** | **学时数：2** |

**教学目标：**本专题主要学习不同热化学转化技术制备高品质燃气的原理、研究现状及应用前景，使学生了解高品质燃气制备工艺过程中定向调控、数值模拟及动力学分析的方法。

**教学重点和难点：**高品质燃气制备工艺、高品质燃气制备工艺过程中定向调控、数值模拟及动力学分析

**主要教学内容及要求：**

了解：不同热化学转化技术制备高品质燃气的原理、研究现状及应用前景；

理解：高品质燃气制备工艺过程中定向调控、数值模拟及动力学分析的方法；

掌握：催化重整技术制备高品质燃气。

**教学组织与实施：**选取代表性研究成果作为案例，通过多媒体展示进行详细讲解，引导学生分组讨论，分析案例的优缺点并提出改进建议。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **专题二 生物质成型燃料研究现状及其锅炉的设计** | **学时数：2** |

**教学目标：**本专题主要学习成型燃料及设备研究现状、成型燃料锅炉的技术现状及成型燃料机烧炉设计，使学生了解生物质固化成型技术的难点及相应解决方案。

**教学重点和难点：**生物质固化成型燃料制备的关键技术、成型燃料机烧炉设计

**主要教学内容及要求：**

了解：固化成型技术存在的问题及新型工艺设备和产业化的概况；

理解：成型燃料燃烧发电、燃烧供热的典型案例；

掌握：成型燃料机烧炉的设计。

**教学组织与实施：**选取代表性研究成果作为案例，通过多媒体展示进行详细讲解，引导学生分组讨论，分析案例的优缺点并提出改进建议。

**专题三    生物液体燃料制备原理与技术进展          学时数：2**

**教学目标：**本专题主要学习生物质制备乙醇、生物柴油等液体燃料的技术发展趋势和热点，使学生了解催化热解、水热液化、超临界萃取、酯交换、生化转化等主要制备方法的工艺原理及特点，能够分析其优势与瓶颈。

**教学重点和难点：**生物质生化转化法制备乙醇和生物柴油的技术原理。

**主要教学内容及要求：**

了解：生物质提取液体燃料的技术发展趋势和热点；

理解：生物质提取液体燃料的主要方法；

掌握：液体燃料的不同制备方法的原理与联系。

**教学组织与实施：**课前教师将课程内容相关参考资料分享给学生自学，获取学生存在的疑难点和兴趣点；课堂根据学生反馈进行内容总结和深入讲授，并引导学生分组讨论发表个人观点。

**专题四    生物质高效转化制备气体燃料                   学时数：2**

**教学目标：**本专题主要学习生物质转化制备沼气和氢气的前沿技术工艺和装备。通过学习生物质发酵制沼气原料及工艺条件的最新研究趋势及生物质制氢的工艺和设备的创新成果，使学生对生物质高效制备气体燃料的研究现状有较为全面的认识。

**教学重点和难点：**生物质厌氧发酵制沼气和生物质光合制氢的技术原理。

**主要教学内容及要求：**

了解：生物质发酵制沼气的产量提升手段和影响因素；

理解：生物质制氢和热化学制氢存在的问题及其进步性；

掌握：生物质氢烷联产的原理及研究意义。

**教学组织与实施：**选取代表性研究成果作为案例，通过多媒体展示进行详细讲解，引导学生分组讨论，分析案例的优缺点并提出改进建议。

**五、课程思政**

实现碳达峰、碳中和目标，是以习近亚同志为核心的党中央统筹国内国际两个大局作出的重大战略决策，是着力解决资源环境约束突出问题、实现中华民族永续发展的必然选择，是构建人类命运共同体的庄严承诺。作为能源青年要积极投身能源事业发展对标行业所需，提升本领，助力“双碳”目标实现。生物质能的开发和利用符合我国提出的双碳战略，课堂讲授过程中自然融入国内一流生物质能高效利用技术和领头企业，加强学生对生物质能产品国产化的深度理解。

**六、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

理论课教材：生物质能转化原理与技术，陈汉平编著，中国水利水电出版社，2018年

教师根据专题内容指定相关材料，学生以阅读文献资料为主。

**2.参考书：**

（1）中国生物质能产业发展路线图2050．秦世平．中国环境出版社，2015年

（2）沼气技术及其应用（第四版）．张全国．化学工业出版社，2018年

（3）生物质能源技术与理论．陈冠益．科学出版社，2018年

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）科学网，http://www.sciencenet.cn

（2）BP能源统计，https://www.bp.com

（3）SCI数据库，http://webofknowledge.com

**七、教学条件**

多媒体教室。

**八、教学考核评价**

**1.过程性评价：**参考课堂提问、课堂讨论、课程作业及出勤情况等综合评定。

**2.终结性评价：**综述性论文，占比70%。总成绩=平时成绩×30%+考试成绩×70%。

**3.课程综合评价：**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 评价项目 | 评价环节 | 课程目标 |
| 平时成绩（30分） | 考勤、作业、课堂测试（30分） | 课程目标1：使学生对生物质能发展的新理论、新工艺、新技术及热点问题有较全面和深入的理解。 |
| 综述论文（70分） | 综述论文（70分） | 课程目标1：使学生对生物质能发展的新理论、新工艺、新技术及热点问题有较全面和深入的理解。  课程目标2：使学生掌握基本的资料搜索、文献调研和写作能力，为后续的学习和工作奠定基础。  课程目标3：着重培养学生对本专业知识学习的兴趣和爱好，激发学生自我学习、终身学习意识以及责任担当。 |

# 新能源科学与工程专业英语

（English for New Energy Science and Engineering）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021278 | **课程总学时：**16 | **实验学时：** 0 **学时** |
| **课程性质：**必修 | **课程属性:**专业类 | **开设学期：第** 6 **学期** |
| **课程负责人：**张志萍 | **课程团队：**张志萍、张甜 | **授课语言：**中英双语 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | |
| **对先修的要求：**先修课程包括生物质能工程、新能源科学与工程专业导论等 | | |
| **对后续的支撑：**能够将新能源科学与工程专业英语中的常用词汇、专业术语用于开展创新实验、毕业设计等科研实践活动，并具备一定的提出问题和解决问题的能力。 | | |
| **主撰人：**张志萍 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《新能源科学与工程专业英语》是新能源科学与工程专业的一门专业必修课，是学生在完成大学英语和本专业基础课程及部分专业方向课程后进行的一门强化新能源科学与工程领域的专业英语识、记、用能力的语言课程。课程紧密围绕新能源科学与工程的专业特点，介绍了新能源现状、生物质能、太阳能、风能等基本知识，涵盖了新能源类型、特点、利用技术、发展前景等方面的专业词汇。本课程从专业工作的实际需求出发，通过讲授新能源科学与工程专业英语的词汇，引申至专业基础知识、技术现状和发展前景的学习，使学生在掌握一定数量的新能源科学与工程专业英语常用词汇和专业术语的基础上，能够基本正确地阅读和理解新能源科学与工程专业英语书籍和文献，能借助词典阅读和翻译有关英语业务资料，在涉外交际的日常活动和业务活动中进行简单的口头和书面交流，并为今后进一步提高英语的专业交际能力打下基础。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：

（1）掌握学习中常用的新能源科学与工程专业英语常用词汇和专业术语；

（2）能够阅读新能源科学与工程专业领域内的英文文献，与国际新兴专业知识接轨；

（3）能够掌握专业文献的翻译方法和技巧，并进行中英互译；

（4）能够运用所学专业英语词汇，进行写作和涉外交流。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

为实现学生对新能源科学与工程专业英语的识、记、用，本课程将围绕着新能源科学与工程常用词汇和专业术语的讲授、专业英文文献的阅读和科技英语中专业词汇的应用等教学内容，贯通基础层（词汇量积累）、应用层（专业词汇读和写）和创新层（涉外交流和科研创新）这三个学习层次，开展过程性评价。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 课程目标1:使学生能增加新能源科学与工程专业英语词汇储备，自主学习相关外文资源，能运用专业英语进行涉外交流，开展实验创新和英文写作 | 10.沟通 |

**四、理论教学内容及学时分配（16学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Introduction to new energy** | **学时数：2** |

通过本章的学习，使学生了解中国能源的现状，新能源的发展及其重要性，理解专业词汇学习的必要性和重要性，了解新能源科学与工程专业英语的主要对象，掌握能源方向的专业词汇，并知悉专业英语的用法。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第一章 An overview of biomass conversion technology** | **学时数：6** |

**第一节 Introduction** 2学时

**教学目标：**通过本节学习，使学生了解生物质能的特点及其在碳中和进程中的重要作用，了解目前生物质能的发展现状，并掌握碳中和、碳达峰、生物质能等专业词汇。

**教学重点和难点：**生物质能在碳中和进程中的重要作用。

**主要教学内容及要求：**

了解：了解生物质能的特点和发展现状及其专业词汇。

理解：理解生物质能利用的减污降碳属性及其在碳中和进程中的重要作用及相关专业词汇。

掌握：掌握生物质能、碳中和等专业词汇，能自主学习碳中和技术方面的外文资源。

熟练掌握：熟练掌握科技文献中专业词汇的应用，并能熟练进行生物质能方向的中英互译。

**教学组织与实施：**通过课前任务发布，引导学生学生查阅课程相关文献资料；课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略，实现师生间的有效互动。

1. **Bioenergy conversion technology     4学时**

**教学目标：**通过本节学习，使学生了解生物质能转换技术及其英语基本表达方式，了解生物质生化转化、热化学转化和固化成型等技术的研究现状和发展前景，能掌握并运用专业词汇进行外文文献资源的阅读和科技论文的撰写。

**教学重点和难点：**生物质生化转化、热化学转化和固化成型等技术及其专业词汇的应用。

**主要教学内容及要求：**

了解：了解不同生物质能转换技术及其专业词汇。

理解：理解不同生物质能利用方式的优缺点和应用场景及其专业词汇。

掌握：掌握生物质生化转化、热化学转化和固化成型等技术的研究现状，能自主学习生物质能转换技术领域的外文资源。

熟练掌握：熟练掌握生物质转换技术领域科技文献上专业词汇的应用，并能熟练进行中英互译。

**教学组织与实施：**通过课前任务发布，引导学生学生查阅课程相关文献资料；课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略，实现师生间的有效互动。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第二章 Solar Energy** | **学时数：4** |

**第一节 Solar radiation and solar collectors 2学时**

**教学目标：**通过本节的学习，使学生掌握太阳能应用技术的专业英语词汇，了解太阳能的概念、特点，太阳能不同利用方式、太阳能集热器及太阳能利用系统的英文表达，能够进行简单的太阳能利用等方面的英文交流。

**教学重点和难点：**太阳能的不同利用方式及其工作过程。

**主要教学内容及要求：**

了解：太阳能的概念、特点及其专业词汇。

理解：太阳能的不同利用方式、太阳能集热器及太阳能利用系统及其专业词汇。

掌握：掌握太阳能及其利用技术等专业词汇，能自主学习太阳能利用技术领域的外文资源。

熟练掌握：熟练掌握太阳能集热器等领域科技文献中专业词汇的应用，并能熟练进行太阳能方向的中英互译。

**教学组织与实施：**通过课前任务发布，引导学生学生查阅课程相关文献资料；课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略，实现师生间的有效互动。

**第二节 Utilization of solar energy      2学时**

**教学目标：**通过本节学习，使学生了解太阳能在生活中的多种应用方式，学习太阳能热利用技术和光电转换技术等太阳能利用技术，理解太阳能在粮食烘干、被动式太阳房等领域的应用，能掌握并运用专业词汇进行外文文献资源的阅读和科技论文的撰写。

**教学重点和难点：**太阳能热利用技术、光电转换技术等及其专业词汇等学习和应用。

**主要教学内容及要求：**

了解：了解生活中太阳能的多种利用方式及其专业词汇。

理解：理解太阳能在粮食烘干、被动式太阳房等领域的应用及其专业词汇。

掌握：掌握太阳能热利用技术和光电转换技术等太阳能利用技术及其专业词汇，能自主学习太阳能利用技术领域的外文资源。

熟练掌握：熟练掌握太阳能利用技术领域科技文献上专业词汇的应用，并能熟练进行中英互译。

**教学组织与实施：**通过课前任务发布，引导学生学生查阅课程相关文献资料；课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略，实现师生间的有效互动。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第三章 Wind Energy** | **学时数：4** |

**第一节 Wind energy and the characteristics 2学时**

**教学目标：**通过本节的学习，使学生掌握风能的概念、特点及其在世界范围内，尤其是在中国的分布情况，学习风能的不同利用方式及其专业英语词汇，能够进行简单的风能利用等方面的英文交流。

**教学重点和难点：**风能的不同利用方式及其专业英语词汇。

**主要教学内容及要求：**

了解：风能的概念、特点及其专业词汇。

理解：风能的分布情况、不同利用方式及其专业词汇。

掌握：掌握风能不同利用技术及其等专业词汇，能自主学习风能利用技术领域的外文资源。

熟练掌握：熟练掌握风能领域科技文献中专业词汇的应用，并能熟练进行风能方向的中英互译。

**教学组织与实施：**通过课前任务发布，引导学生学生查阅课程相关文献资料；课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略，实现师生间的有效互动。

**第二节 Wind machine and wind energy applications      2学时**

**教学目标：**通过本节学习，使学生了解风力发电机的工作过程、设计特点，以及风能的应用场景，尤其是风能在农村地区的应用情况，掌握并运用专业词汇进行外文文献资源的阅读和科技论文的撰写。

**教学重点和难点：**风力发电机的工作过程和设计特点、风能利用技术及其专业词汇等学习和应用。 **主要教学内容及要求：**

了解：了解风力发电机的结构设计及其专业词汇。

理解：理解风力发电机的工作过程及其专业词汇。

掌握：掌握风能的应用场景及其专业词汇，能自主学习风能利用技术领域的外文资源。

熟练掌握：熟练掌握风能利用技术领域科技文献上专业词汇的应用，并能熟练进行中英互译。

**教学组织与实施：**通过课前任务发布，引导学生学生查阅课程相关文献资料；课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略，实现师生间的有效互动。

**五、课程思政**

在课程教学过程中，引导学生深入领会我国实现碳达峰、碳中和“双碳”战略目标的决心，通过新能源汽车的弯道超车、光伏研发利用的世界领先、风电装机的持续扩大、生物质能的燃料化、肥料化、材料化、饲料化、基料化的“五化”利用，使学生真切感知我国在新能源开发利用领域的决心和成就，理解“绿水青山就是金山银山”的深刻内涵，尤其通过专业英语的学习，了解中国新能源科学与工程的迅猛发展及其在世界上的地位，进一步坚定学生的文化自信、制度自信、理论自信、道路自信，自觉投身绿色中国的建设中。

**六、教材及教学参考书**（教材的选用应符合教育部和学校教材选用规定，教学资源丰富多样，体现思想性、科学性与时代性）****

**1.选用教材：**

理论课教材：新能源科学与工程专业英语（“十三五”普通高等教育本科规划教材），李洁 编著，中国电力出版社，2017 年

**2.参考书：**

（1）新能源专业英语基础．薛春荣．科学出版社, 2016年

（2）新能源专业英语．李迺璐 等．江苏大学出版社, 2016年

（3）New Energy. Caineng Zou. Springer, 2020 年

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）ScienceDirect，https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/renewable-energy-source

（2）新能源网，http://www.newenergy.org.cn

（3）新能源类专业教学资源库http://xnyzyk.hxpxxy.com/SystemManager/Reception/index/1-181-181-0.html

**七、教学条件**

课程实施要求多媒体，教学网络，教学实验室，教师应具备丰富的相关专业知识与教学经验。

**八、教学考核评价**

**过程性评价：**

（1）课堂表现（20%）：包括课堂签到情况、上课状态、回答问题情况等。

（2）课后作业（20%）：布置作业的完成情况等。

（3）小组学习讨论（30%）：考核案例教学过程及小组协作展示效果，包括参与科学研究、专业知识探讨、PPT制作、论文撰写、单元测验、单元作业等。

（4）综合测评（30%）：课程结束后，以英译汉、汉译英、英文协作等形式对学习内容的综合考察。

# 能源动力测试技术

（Energy and Power Testing Technology）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021279 | **课程总学时：**32 | **实验学时：** 6 **学时** |
| **课程性质：**必修 | **课程属性:**专业类 | **开设学期：第** 6 **学期** |
| **课程负责人：**王伟 | **课程团队：**王伟、郑亚萍 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | |
| **对先修的要求：**大学物理、电工学、电子电路、流体力学、工程热力学、传热学 | | |
| **对后续的支撑：**使学生能够掌握常规仪器的工作原理与使用方法，结合理论分析进行实验数据处理，为毕业设计实习打下坚实的理论基础和实践基础。 | | |
| **主撰人：**王伟 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《能源动力测试技术》是新能源科学与工程专业的一门专业类必修课程，是一门理论性和实践性均较强的专业课程。本课程注重实用性和科学性的统一，从实用角度出发，对目前在能源测量过程中较为流行的热工仪表进行全面系统的介绍，包括仪表及传感器的基本原理和基本结构，安装、使用、校验方法等。此外3个专题实验，促使学生掌握热工仪表的使用方法，加深对测量理论的理解。主要教学理念和教学策略有：1）引导学生自主学习。教师的角色向引导者、帮助者转变，改变以往教师主动、学生被动的情况。2）培养学生思维能力。在授课过程中采用探究式教学—传授学生探究知识的方法—以培养学生的创新思维能力。3）项目驱动，以赛促学。鼓励学生结合课程知识，申报大学生创新创业项目，构建基于大学生竞赛为中心的学习模式。小范围尝试，带领学生参加大学生竞赛，在竞赛的准备过程中，增强实践能力的同时加深对所学基本理论知识的理解。通过本课程的学习，使学生掌握能源动力测试技术的理论和方法的同时，培养学生创新能力，为今后的专业工作打下坚实的基础。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：了解能源测量的一般原理及过程，掌握测量中的误差与数据处理理论；熟悉评价测量仪表的基本技术性能指标的定义，能正确合理选用符合测量要求的仪表；了解常用的热工测量仪表的基本构造原理；掌握仪表的正确使用方法，测得准确的、符合测量精度要求的测量数据。

2.实验技能方面：能够熟练掌握温度、流速流量和噪声等测量仪表的使用方法，以及正确处理所得数据。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

整体规划：本课程共32学时，其中，理论教授部分共9章，26学时；实验环节3个，6学时。

教学策略：调动学生主动学习、提高学生兴趣为主。本课程以培养复合型工程技术人才为核心，以课程教学和实践教学为抓手，使学生掌握能源动力测试技术的基本原理和方法，具备学以致用、解决实际问题的能力。在教学过程中：1）引导学生自主学习。在教学过程中避免填鸭式的知识满堂灌，教师的角色由灌输者、说教者、支配者向引导者、支持者、帮助者转变，改变以往教师主动、学生被动的情况。2）培养学生独立思考的能力。在授课过程中注重讲述知识的来龙去脉，激发学生主动思考。在遇到问题时，充分利用各种资源探寻答案。3）项目驱动，以赛促学。鼓励学生结合课程知识，申报大学生创新创业项目，构建基于大学生竞赛为中心的学习模式。带领学生参加大学生竞赛，在竞赛的准备过程中，通过解决遇到的一个个专业性问题，在增强实践能力的同时加深对所学基本理论知识的理解。

教学方法：1）教师主导。教师主要讲授课程的基本概念、原理、重点难点和易混淆点。2）因需施教。课堂问题分为基本问题和附加问题。基本问题为必答题，附加问题为选答题。选答题提供给学有余力，且兴趣浓厚的同学思考回答。3）翻转课堂。学生自由组合形成学习小组，并利用网络空间开展学习，课上交流讨论，老师解答共性的疑问，注重学生的课前预习。4）创新实验。学生在实验环节以外，自己设计实验，经教师确认无误后，学生利用现有实验资源完成实验验证。

教学内容：教学内容在教学组织实施中分为两部分，课程教授和案例教学为一部分，主要是各种测量仪表的基本构造原理，重点难点和易混淆点；另一部分通过课程布置主题讨论或线下完成议题思考、系统设计等。

教学评价：学习过程评价为多元体系，既包括课堂考勤、回到问题、听课情况等，也包括线下内容与讲解过程的评价，再结合课程实验和考试环节综合评价。

通过理论教授、案例教学、综合实验、课外实践和问题讨论等提高学生工程知识水平、现代动力测试工具使用能力、应用设计能力等。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：通过测量误差和不确定相关知识学习，使学生具备根据测量误差的规律性，找出消除或减小误差的方法，合理地处理和分析实验数据，科学地表达测量结果。 | 工程知识 |
| 2 | 目标2：通过对能源动力相关参数测量原理和方法的学习，使学生具备根据测试需求合理设计测量系统的能力。 | 设计/开发解决方案 |
| 3 | 目标3：通过对测量原理的学习，使学生具备使用现代测试工具的能力。 | 使用现代工具 |

**四、理论教学内容及学时分配（26学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第一章 热工测量的基本概念** | **学时数：2** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生了解测量的意义，认识到测量对我国能源高效利用、国防建设、科学研究和医疗诊断的重要性，树立科技强国信念和精益求精永不止步的工匠精神；理解测量的定义及测量过程三要素；掌握测量系统的组成，测量仪表的主要质量指标；熟练掌握测量方法的分类及其原理。

**教学重点和难点：**重点包括测量方法、测量系统的组成及功能、测量元件的基本要求、测量仪表的质量指标。

**主要教学内容及要求：**

了解：测量的意义和发展，测量分类。

理解：测量的定义；测量系统三个主要作用元件感受件、传送元件和显示元件的功能及对它们的要求。

掌握：测量仪表的主要质量指标：量程、准确度、线性度、回差、重复性和重复性误差、灵敏度、分辨率、漂移等。

熟练掌握：测量方法的分类及其原理。

**教学组织与实施：**课前备课；课中从测量的发展历史导入测量的重要意义、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第二章 测量误差和不确定度** | **学时数：2** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生了解测量误差和不确定评定的基本知识；理解误差的来源、分类和特点；掌握误差处理理论和方法；能对实验所测结果进行误差分析、剔除坏值；树立测量误差虽然不可能彻底消除但仍能通过合理的逐步减小的意识；培养学生的敬业精神，减小人为误差，从而提高测量质量。

**教学重点和难点：**重点是测量误差的理论基础和间接测量中的误差分析；难点是测量误差的不确定度评定。

**主要教学内容及要求：**

了解：测量误差的定义、来源和分类。

理解：真值、约定真值；绝对误差、相对误差、最大引用误差；测量准确度、精密度和精确度；系统误差、随机误差和粗大误差的概念和特点。

掌握：系统误差变化规律；系统误差的判别和确定；随机误差的分布规律和误差估计；粗大误差的判定；不确定度的评定方法。

熟练掌握：测量的精度等级的计算和仪表的选取。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第三章 温度测量概述** | **学时数：2** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生进一步了解温度的重要性；理解温度的概念；了解国际温标的建立和发展；了解温标的传递；了解温度测量方法分类；掌握膨胀式温度计的结构和测温原理。通过对国际温标、温度计形成和发展的介绍，使学生对科技由粗到精致的发展历程有一个宏观的把握，激发学生对科技史的兴趣，树立科学的发展观和遵守温度计量法规的意识。

**教学重点和难点：**重点是膨胀式温度计的分类和原理；难点是热力学温标的建立和温标的传递。

**主要教学内容及要求：**

了解：温度的定义；温度计的发展；温度测量方法分类；国际温标的建立；温标传递。

理解：热力学第零定律；热力学温标。

掌握：温标建立要素；膨胀式温度计的结构和原理。

熟练掌握：压力式温度计的结构、原理和特点。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第四章 热电偶和热电阻温度计** | **学时数：4** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生了解热电偶和热电阻的型号及特点；理解热电现象和热电偶测温原理；掌握热电偶的基本定律；掌握热电偶冷端温度补偿方法；了解标准化热电阻、铠装热电偶和标准热电阻温度计的结构和特点；掌握热电偶与热电阻温度计的选择、安装与标定。

**教学重点和难点：**重点是热电偶测温技术，热电阻测温技术，热电偶与热电阻温度计的安装与标定；难点是热电偶测温技术和热电偶与热电阻温度计的标定。

**主要教学内容及要求：**

了解：几种常用的热电偶类型及其性能；标准化和铠装热电偶、热电阻的结构；热电偶温度计和热电阻温度计的选择和安装；半导体热敏电阻温度计的结构和特点。

理解：热电偶的测温原理、热电阻测温原理，金属热电阻温度计和热敏电阻温度计的区别。

掌握：热电偶冷端温度补偿方法；热电势测量电路，热电阻测温线路；热电偶与热电阻温度计的标定。

熟练掌握：热电偶回路的基本定律及其应用。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第五章 压力及压差测量** | **学时数：2** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生了解压力的基本概念；了解压力计和压差计的分类；理解液柱式压力计和弹性式压力计测量原理；掌握压力传感器的合理选用、安装和压力测量系统的标定。了解压力检定规范，树立压力表及压力容器定期送检意识。

**教学重点和难点：**重点是稳态压力的测量，稳态压力指示仪表（液柱式压力计和弹性式压力计），压力传感器及压力测量系统的标定（包括静态标定和动态标定），压力仪器的安装及测压系统的组成。难点是动态压力的测量及不同的压力传感器。

**主要教学内容及要求：**

了解：压力的基本概念；压力单位件换算；液柱压力计的分类；弹性式压力计分类。

理解：液柱式压力计的结构、原理和特点；弹性式压力计的结构、原理和特点。

掌握：液柱式压力计和弹性式压力计测量范围；压力传感器及压力测量系统的静态标定；压力仪器的安装及测压系统的组成。

熟练掌握：压力计的选用原则。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第六章 流体流量的测量方法** | **学时数：4** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生了解目前工业上常用的容积式、速度式和质量式流量测量方法；了解流量计的分类；理解各种流量计的测量原理；掌握各种流量计的结构特点和适用情况；掌握流量计选用、安装和标定；能利用毕托管对管道流量进行测量。

**教学重点和难点：**重点是各种流量计的测量原理、结构特点和适用情况，流量计的安装；难点是流体流经节流件时压力和速度的变化规律。

**主要教学内容及要求：**

了解：流量概念；流量计的分类；标准节流装置特点及分类。

理解：容积式流量计的结构及工作原理，如椭圆齿轮流量计、腰轮流量计、刮板式流量计和湿式气体流量计；速度式流量计的结构及工作原理，如涡轮流量计、旋涡流量计、电磁流量计、超声波流量计和热式流量计；差压式流量计的结构及原理，如毕托管、均速管、靶式流量计、转子流量计、孔板流量计、文丘里管、喷嘴流量计。

掌握：流量计选用、安装和标定；孔板取压。

熟练掌握：毕托管的使用；节流降压差流量计的特点。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第七章 汽包水位测量** | **学时数：4** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生了解汽包液位测量的重要意义；了解连通式水位计、差压式水位计的分类；掌握云母水位计、双色水位计、电接点水位计、双室平衡容器、双压差平衡容器的测量原理；了解其他液位测量方法。

**教学重点和难点：**重点是连通式水位计、差压式水位计的的工作原理；难点是双色水位计的工作运力，双室平衡容器的结构及工作原理。

**主要教学内容及要求：**

了解：汽包水位测量对锅炉安全运行的重要性；连通式水位计、差压式水位计和其它液位计的分类。

理解：汽包满水和缺水对锅炉安全运行的危害；散热对连通式水位计测量的影响；汽包压力和密度差的关系。

掌握：云母水位计、双色水位计、电接点水位计、双室平衡容器、双压差平衡容器的测量原理。

熟练掌握：双室平衡容器输出差压的推导；汽包水位变化对差压输出的影响。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第八章 炉烟分析** | **学时数：4** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生了解电厂烟气连续监测的重要性，树立环保、节能意识；理解烟煤燃烧产物中CO2和O2的含量与过量空气系数的关系；掌握射水抽气装置的工作原理；掌握热磁式氧量计、氧化锆氧量计、热导式二氧化碳分析仪、红外线气体分析仪、气象色谱分析仪的工作原理。

**教学重点和难点：**重点是氧化锆氧量计、热导式二氧化碳分析仪、红外线气体分析仪、气相色谱分析法原理；难点是检测器和色谱仪的定性定量分析。

**主要教学内容及要求：**

了解：热磁式氧气分析仪、热导式二氧化碳分析仪和红外气体分析仪的组成及工作原理。

理解：红外分析仪工作原理；热导式检测器和氢火焰离子检测器原理。

掌握：射水抽气装置的工作原理；气相色谱分析法原理；气相色谱分析仪的主要组成。

熟练掌握：氧化锆氧气分析仪、色谱图及色谱仪的定性定量分析。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第九章 噪声测量** | **学时数：2** |

**教学目标：**通过本章的教学，使学生了解噪声测量的基本概念，噪声测量的重要意义，噪声测试仪器的工作原理，掌握噪声现场测量的原则。能够熟练应用噪声测量仪器对设备噪声进行测量。提高学生在日常生活和工作中，尽量减小噪声的意识。

**教学重点和难点：**噪声的物理度量，总声压级和声功率级的合成、分解与平均，噪声的频谱，噪声的评价，噪声的现场测量原则。

**主要教学内容及要求：**

了解：噪声测量的重要性，噪声测试仪器的结构和组成元件。

理解：噪声的物理度量：声压、声压级，声强、声强级，声功率、声功率级。

掌握：掌握噪声的现场测量原则。

熟练掌握：总声压级或声功率级的合成、分解与平均。

**教学组织与实施：**课前备课；课中主题引入、知识构成梳理、理论讲授、课堂互动、随堂练习；课后答疑、指导学生查阅相关文献、根据反馈进行教学反思和整改。

**五、实验教学内容及学时分配（6学时）**

**（一）实验课程简介**

本实验课程重点讲授常见的热工参数：温度、流速流量和噪声的测量原理及测试方法，使学生能够深入理解常规测试仪器的工作原理并掌握其使用方法，结合理论分析进行实验数据处理。

**（二）实验教学目的和基本要求**

实验教学目的：

（1）能够使用常规的实验仪器、掌握其测试技术。

（2）培养学生观察、分析能力，使学生掌握试验数据处理和实验报告编写能力。

实验基本要求：

（1）实验前必须阅读实验指导书，明确实验目的和内容，了解实验原理与方法。

（2）实验中要掌握实验仪器的使用方法，理解实验原理和方法，同时认真做好实验数据记录。

（3）实验后撰写实验报告，分析实验数据。

**（三）实验安全操作规范**

（1）实验前做好预习，明白实验过程与操作注意事项。

（2）严格遵守实验室的规章制度，严格遵守安全操作要求。

（3）实验过程中，如果仪器设备发生故障，应立即向指导教师报告，以便及时排除故障。

（4）实验完毕后，关闭电源，整理好使用后的仪器、设备 、工具。

**（四）实验项目名称与学时分配**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **学时** | **类型** | **实验要求** | **每组人数** |
| 04021227＋01 | 热电偶温度计的制作与标定 | 3 | 综合性 | 必做 | 5 |
| 04021227＋02 | 流速流量测量 | 2 | 综合性 | 必做 | 5 |
| 04021227＋03 | 噪声测量 | 1 | 综合性 | 必做 | 5 |

**（五）实验方式及基本要求**

在讲解实验仪器的使用、实验内容和实验方法的基础上指导学生进行实验，要求学生协作完成实验、独立完成实验数据的处理、实验报告的撰写。

**（六）实验内容安排**

**【实验一】热电偶温度计的制作与标定**

**1.实验学时：**3学时

**2.实验目的：**掌握热电偶制作和标定方法；理解并掌握热电偶测温的原理，影响热电偶测温的原因；会自己动手制作热电偶并进行相应的标定。

**3.实验内容：**采用热电偶电焊机焊接热电偶，进行不同恒温热源温度下的热电偶标定实验。

**4.实验要求：**实验前要预习，操作时分组进行，每组5人，学生按要求合作制作出热电偶并对其进行标定，提交格式规范的实验报告。

**5.实验设备及器材：**热电偶电焊机，电位差计，恒温水浴，热电偶丝，酒精灯，硼砂，水银温度计，冰点瓶。

**【实验二】流速流量测量**

**1.实验学时：**2学时

**2.实验目的：**掌握皮托管的使用，熟悉矩形通道内空气平均流速和流量测量的方法。

绘制截面上的流速分布图；计算断面上的平均流速v和流量Q。

**3.实验内容：**绘制截面上的流速分布图；计算断面上的平均流速v和流量Q。

**4.实验要求：**实验前要预习，操作时分组进行，每组5人，学生按要求合作进行矩形通道内空气流速和流量的测量，提交格式规范的实验报告。

**5.实验设备及器材：**风机、实验槽道、毕托管、测压管、控制阀门。

**【实验三】噪声测量**

**1.实验学时：**1学时

**2.实验目的：**掌握测量噪声仪器的使用方法；掌握测定机器和工作环境噪声的方法。

**3.实验内容：**现场噪声测定。

**4.实验要求：**实验前要预习，操作时分组进行，每组5人，学生按要求合作进行不同环境下噪声的测量，提交格式规范的实验报告。

**5.实验设备及器材：**噪声测量仪，噪声源。

**(七)考核方式及成绩评定**

撰写实验报告，根据实验表现和实验报告规范性、完整性进行评定，是平时成绩的重要组成部分。

**六、课程思政**

随着科学技术的飞速发展和工程技术的迫切需求，能源测试技术已愈来愈广泛地应用于工业、农业、国防、航空、航天、医疗卫生和生物工程等各个领域。测试是科学研究的基本方法，传感器是实现测试的首要环节，现代生活、国防和高科技的发展离不开传感器与测试技术。科技要发展，计量须先行。通过对测试技术发展的学习，树立精益求精的大国工匠精神。通过了解传感器与测试技术在国民经济中的应用以及最新发展趋势；提高学习者创造性地运用知识，自主地发现问题、研究问题和解决问题的能力。

**七、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

（1）理论课教材：热工测量及仪表，朱小良，方可人，中国电力出版社，2011

（2）理论课教材：能源与动力工程测试技术. 韩东太. 中国矿业大学出版社, 2022

（3）实验课教材：自编实验指导书

**2.参考书：**

（1）热能与动力机械测试技术. 厉彦忠. 西安交通大学出版社, 2020

（2）能源与动力工程测试技术. 康灿. 科学出版社, 2016

（3）热工测量仪表. 张华, 赵永柱. 冶金工业出版社, 2013

（4）热工测量. 万金庆. 机械工业出版社, 2013

（5）热工测量及仪表. 张东风, 片秀红．中国电力出版社, 2013

（6）热工测量及控制. 李洁. 上海交通大学出版社, 2010

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）中国大学MOOC，https://www.icourse163.org/course/NUDT-1003089003

（2）爱课程，http://www.icourses.cn/sCourse/course\_2758.html

**八、教学条件**

课程依托的河南农业大学机电工程学院能源工程系，具备课程实施所需要的一切软、硬件条件。教学场地和实验教学条件充足。现有实验用房3000多平方米，拥有教学、实习和示范基地16个，产品研发及产业化场所达5500平方米，实验室共有仪器设备625台套，总值2752.1万元。教学由老教师和青年教师形成的教学团队共同承担，理论教学场地均为多媒体教室，实验教学在工程楼8楼，实验设备齐全。

**九、教学考核评价**

**1.过程性评价：**过程性评价主要有课堂表现、课后作业、期中考试和课程实验得出综合占比50%的平时成绩，其中，平时成绩总分为100分（占比30%）。过程性评价采用扣分制，迟到扣5分/次，旷课扣10分/次，作业少交一次扣5分/次，实验报考少交一次扣10分/次。

**2.终结性评价：**闭卷考试（60%）。

**3.课程综合评价：**总成绩=平时成绩（40%）+期末考试（60%）。

# 制冷原理与设备

（Refrigeration Principal and Equipment）

**课程基本信息**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021284 | **课程总学时：**32 | | **实验学时：**  4  **学时** |
| **课程性质：**选修  **课程负责人：**王伟 | **课程属性:**创业教育类  **课程团队：**马晓然、刘新新 | | **开设学期：第** 6 **学期**  **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | | |
| **对先修的要求：**工程热力学、传热学、流体力学 | | | |
| **对后续的支撑：**培养学生的综合分析和实践动手能力，为后续毕业设计及实验提供理论与实践的基础 | | | |
| **主撰人：**马晓然 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 | |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《制冷原理与设备》是新能源科学与工程专业的一门创业教育类选修课程，是一门实践性较强的专业课程。本课程主要讲授获得低温的方法及循环的原理，设备结构和性能特性，系统流程和设计，新工质的性质及使用等。设置本课程的目的是使学生掌握蒸汽压缩式制冷和吸收式制冷的原理；了解设备的结构；常用制冷剂的性质以及制冷系统分析计算。本课程将线上、线下和实践教学结合在一起，将课堂教学（理论教学）和工程设计（实践教学）紧密衔接，将工程设计理念在理论教学中同步讲授，通过工程案例设计明确课程重点和难点，提高学生对课程内容的把控，促进学生综合知识融合贯通能力、工程应用能力和分析能力的全面提升。

**二、课程教学的基本要求**

1.理论知识方面：掌握压缩直冷式制冷和吸收式制冷的原理，具备相应的分析计算能力；了解组成制冷循环各类设备的类型和结构、工作工程和运行特性；掌握常用制冷剂的性质。

2.实验技能方面：掌握系统的布置与流程，制冷技术理论在空调和冷藏方面的应用。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

为提高学生对课程内容的把控，促进学生综合知识融合贯通能力、工程应用能力和分析能力的全面提升，依托中国大学慕课网和超星学习通等平台，本课程将线上、线下和实践教学结合在一起，采用探究式、启发式和互动式等方法进行教学活动。具体教学设计包括课前、课堂和课后三部分。课前通过慕课堂、超星学习通或QQ等平台提前发布学习任务和通知；课堂中将理论教学和工程设计（实践教学）紧密衔接，将工程设计理念在理论教学中同步讲授，重视理论教学与实物教学的结合，充分利用模型、动画、工程案例等开展工艺结构和工艺参数教学，直观呈现制冷设备结构特征、运行参数影响，明确课程学习的重点和难点，使课堂生动鲜活，通过随机提问和随堂练习检验教学效果；课后发布慕课学习视频、作业、测验；提供拓展文献、行业标准等资源，供学生检验阶段性学习成果、巩固所学知识。课程评价方式主要包括过程性评价和期末考核，更注重学习过程的综合性评价。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：使学生具备制冷原理与设备专业知识体系，并能综合运用所学知识解决工程中的实际问题。 | 1.工程知识 |
| 2 | 目标2：使学生具备具体制冷工程项目系统设计、工艺优化、设备选型等能力。 | 3.设计/开发解决方案 |
| 3 | 目标3：使学生能够结合实际，对制冷设备在可持续发展、环境友好度等方面进行系统评价。 | 7.环境和可持续发展 |

**四、理论教学内容及学时分配（28学时）**

**绪论 学时数：2**

**教学目标：**了解制冷技术发展现状和趋势。

**教学重点和难点：**制冷技术发展历程及发展现状。

**主要教学内容及要求：**

了解：制冷的概念、研究内容及理论基础、制冷技术的发展。

理解：制冷技术在我国能源变革中发挥的作用及其地位。

掌握：制冷技术应用。

熟练掌握：几种常用制冷的方法。

**教学组织与实施：**

结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，提前发布课程简介与教学总体安排；课堂以讨论式教学为主，结合讲授法进行绪论内容的学习。教师重点讲授我国制冷技术发展历程及现状，通过具体案例的介绍，使学生了解目前制冷技术和设备的优势和不足，增强对制冷未来发展前景的信心。课后通过慕课网发布作业和拓展学习资料，督促学生课下的深入思考和学习。

**第一章 单级蒸汽压缩式制冷循环 学时数：6**

**教学目标：**掌握逆卡诺循环原理，制冷剂的压焓图。

**教学重点和难点：**制冷循环的热力计算的步骤和方法。

**主要教学内容及要求：**

了解：变温热源的逆向循环，热泵的应用。

理解：理论循环和逆卡诺循环的区别及由此带来的影响。

掌握：制冷系数、热力完善度等概念，吸气过程及回热循环对制冷循环的影响。

熟练掌握：理论制冷循环的热力计算。

**教学组织与实施：**

结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，提前发布本节教学安排；课堂教学主要采用讲授法进行，教师重点讲授逆卡诺循环的原理，介绍压焓图和温熵图，制冷循环的热力计算过程等内容，通过慕课堂练习、慕课堂随机点名挑选学生回答问题等方式检验课堂学习效果；课后根据随堂练习情况在慕课网发布重点难点学习资料，督促学生课下查缺补漏。

**第二章 制冷剂与载冷剂 学时数：4**

**教学目标：**熟悉常用制冷剂的性质。

**教学重点和难点：**盐水溶液的浓度与温度曲线图。

**主要教学内容及要求：**

了解：对制冷剂的要求，常用制冷剂的分类和命名，制冷剂的检漏方法和存放注意事项。

理解：臭氧层的作用，氯氟碳化合物对臭氧层的破坏，氯氟碳化合物的禁用及其对策。

掌握：常用载冷剂的性质。

熟练掌握：盐水溶液的浓度与温度曲线图。

**教学组织与实施：**

结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，提前发布本节教学安排；采用慕课堂点名的形式随机挑选学生回答问题，检验基础知识掌握程度；课堂教学主要采用讲授法进行，结合实例重点讲授制冷剂的分类和命名、常用制冷剂的性质、检漏方法和存放注意事项等内容，通过慕课堂练习、慕课堂随机点名回答问题等方式检验课堂学习效果；课后在慕课网发布重点难点学习资料，供学生课下深入学习。

**第三章 双级和复叠式蒸汽压缩式制冷循环 学时数：6**

**教学目标：**掌握双级压缩制冷循环原理，熟悉两种循环各自使用的制冷剂。

**教学重点和难点：**循环在压焓图上的表示。

**主要教学内容及要求：**

了解：制取低温的叠复式蒸汽压缩制冷循环。

理解：双级压缩制冷循环的过程。

掌握：一次节流、完全中间冷却的双级压缩制冷循环及一次节流、不完全中间冷却的双级压缩制冷循环的原理。

熟练掌握：循环在压焓图上的表示。

**教学组织与实施：**

本章内容偏重于工程设计，结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，提前发布本章教学安排；课堂教学主要采用讲授法进行，结合具体案例、期刊文献、动画、模型等讲授两种双级压缩制冷循环的原理、在压焓图上的表示等内容，通过慕课堂练习和讨论等方式检验课堂学习效果；课后在慕课网发布重点难点学习资料、作业及单元测验等，督促学生按时完成。

**第四章 溶液热力学基础 学时数：2**

**教学目标：**了解理想溶液的性质、相律、相图，二元溶液的焓浓度图。

**教学重点和难点：**二元溶液的焓浓度图。

**主要教学内容及要求：**

了解：溶液的性质、相律、相图。

理解：溶液的相平衡、溶解与结晶、吸收与解析、蒸馏与精馏。

掌握：稳定流动下溶液的混合与节流。

熟练掌握：两组分体系的焓浓度图。

**教学组织与实施：**

结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，提前发布本节教学安排；采用慕课堂点名的形式随机挑选学生回答问题，检验基础知识掌握程度；课堂教学主要采用讲授法进行，结合动画、视频、图片、模型等重点讲授溶液的性质、相律、相图、两组分体系的焓浓度图等内容，通过慕课堂练习、慕课堂随机点名回答问题等方式检验课堂学习效果；课后在慕课网发布重点难点学习资料，供学生课下深入学习。

**第五章 溴化锂吸收式制冷 学时数：4**

**教学目标：**熟悉溴化锂水溶液的性质和图表，掌握溴化锂吸收式制冷机的工作原理。

**教学重点和难点：**溴化锂吸收式制冷的热计算的步骤和方法。

**主要教学内容及要求：**

了解：吸收式制冷系统的组成。

理解：溴化锂吸收式制冷机的循环过程。

掌握：两效溴化锂吸收式制冷机的工作原理，溴化锂水溶液的比焓浓度图。

熟练掌握：溴化锂吸收式制冷理论循环在比焓浓度图上的表示。

**教学组织与实施：**

结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，提前发布本章教学安排；本章内容偏重于理论与实践的结合，课堂教学主要采用互动式、探究式，讨论法与讲授法结合，教师重点讲授吸收式制冷循环的工作原理、在比焓浓度图上的表示等内容，通过慕课堂练习、慕课堂随机点名回答问题等方式检验课堂学习效果；课后在慕课网发布重点难点学习资料、作业、单元测验等，督促学生按时完成。

**第六章 制冷机的热交换热备和辅助设备 4学时**

**教学目标：**熟悉水冷式冷凝器、空气冷却式冷凝器、蒸发式、淋激式冷凝器的工作原理；掌握冷凝器的选择和计算，熟悉冷却液的蒸发器、冷却空气的蒸发器的工作原理和特点，掌握蒸发器的选择和计算。

**教学重点和难点：**冷凝器和蒸发器的选择和相关计算。

**主要教学内容及要求：**

了解：各种辅助设备的结构和作用、使用场合和安装，毛细管的结构及使用时的注意事项。

理解：水冷式冷凝器、空气冷却式冷凝器、蒸发式、淋激式冷凝器的工作原理。

掌握：内平衡式热力膨胀阀的工作原理与外平衡式热力膨胀阀的工作原理及其区别。

熟练掌握：根据不同的要求，掌握冷凝器和蒸发器的计算。

**教学组织与实施：**

本章内容属于理论课程向工程设计的延伸，结合中国大学慕课网、超星学习通、慕课堂、QQ等平台，提前发布本章教学安排；课堂教学主要采用讲授法进行，结合具体案例、行业标准、视频、动画、模型等重点讲授制冷机的换热设备及辅助设备工作原理、冷凝器和蒸发器的相关计算等内容，通过慕课堂练习检验课堂学习效果；课后在慕课网发布重点难点学习资料、作业及单元测验等，督促学生按时完成。

**五、实验教学内容及学时分配（4学时）**

**（一）实验课程简介**

制冷原理与设备实验主要讲授压缩式制冷系统原理、复叠式制冷系统原理。

**（二）实验教学目的和基本要求**

本课程要求学生掌握两种制冷循环的工作原理。

**（三）实验安全操作规范**

本实验为演示性实验。

**（四）实验项目名称与学时分配**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **实验名称** | **学时** | **类型** | **实验要求** | **每组人数** |
| 04021284+01 | 压缩式制冷系统原理演示实验 | 2学时 | 验证性实验 | 必做 | 5人 |
| 04021284+01 | 复叠式制冷系统原理演示实验 | 2学时 | 验证性实验 | 必做 | 5人 |

**（五）实验方式及基本要求**

实验前需复习两种制冷系统的结构和工作原理。

**（六）实验内容安排**

**【实验一】压缩式制冷系统原理演示实验**

**1.实验学时：**2学时

**2.实验目的：**掌握压缩式制冷循环的工作原理。

**3.实验内容：**压缩式制冷系统原理演示。

**4.实验要求：**复习压缩式制冷循环系统的相关理论知识。

**5.实验设备及器材：**压缩式制冷循环系统

**【实验二】复叠式制冷系统原理演示实验**

**1.实验学时：**2学时

**2.实验目的：**掌握复叠式制冷循环的工作原理。

**3.实验内容：**复叠式制冷系统原理演示。

**4.实验要求：**复习复叠式制冷循环系统的相关理论知识。

**5.实验设备及器材：**复叠式制冷循环系统

**（七）考核方式及成绩评定**

以实验报告为评价指标进行成绩评定，满分为100分。

**六、课程思政**

随着大国工匠精神不断深入人心，《制冷技术与设备》课程教学内容与思政元素的结合越来越紧密。例如，在讲到制冷压缩机的章节时，介绍压缩机技术发展瓶颈，指出高精度加工是我国制造业亟需发展的要点，特别是我国大多是品牌空调的压缩机仍然采用国外的压缩机，这也限制了国内空调技术的发展，通过涡旋压缩机的实例，可以激发学生树立为中国工程技术奋斗的决心，提升课程内容的思想高度。

**七、使用教材**

**1、选用教材：**

（1）教材：制冷原理及设备（第四版），吴业正编著，西安交通大学出版社，2015年

**2、参考书：**

（1）制冷原理与技术（第2版），王志远、盛伟编著，机械工业出版社，2019年.

（2）制冷与低温工程，周远、王如竹主编，中国电力出版社，2003年

**3、推荐网站：**

（1）中国制冷网，http://www.coldchina.com/

（2）制冷网，http://www.zhileng.com/

**八、教学条件**

学校可提供本课程日常理论教学所需的场地和多媒体设备，保证教学活动的顺利进行；授课教师对课程体系有全面的设计和把握，可根据学生的反馈及时调整教学内容、设计合理的教学环节，保证良好的教学效果和较高的教学质量；机电工程学院能源工程系实验室可为课程实验提供场地等条件保障实验的顺利开展。

**九、教学考核评价**

**1.过程性评价：**通过慕课堂或超星学习通进行随机提问、慕课堂练习和课堂讨论，评价课堂表现和听课效果，团队列名法可作为课堂学习小组讨论效果的评价依据；中国大学慕课网作业完成、作业互评及单元测验完成情况评价阶段性学习成果；实验报告评定实验成绩。

**2.终结性评价：**采用期末闭卷考试形式；占综合成绩的40%。

**3.课程综合评价：**

本课程综合评价由过程性评价和终结性评价两部分组成，过程性评价占60%，终结性评价占40%。考核方式将线上、线下、虚拟仿真和实践四方面紧密结合，促进学生的综合知识融合贯通能力、工程应用能力和分析能力三方面能力的提升，课堂教学和工程设计两方面无缝衔接，课堂教学与课程考核同步进行，有效提高了课程目标的达成度，切实提升了人才培养质量。

# 智慧能源体系

（Intelligent Energy System）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021285 | **课程总学时：**32 | **实验学时：** 0 **学时** |
| **课程性质：**选修 | **课程属性:**创业教育类 | **开设学期：第** 6 **学期** |
| **课程负责人：**张洋 | **课程团队：**孙辉、张甜 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程 | | |
| **对先修的要求：**无 | | |
| **对后续的支撑：**无 | | |
| **主撰人：**张洋 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

本课程是新能源科学与工程等专业的选修课程，为后续专业课及未来的创新和创业工作提供理论和工程基础。课程教学理念为厚基础、宽知识面、坚实工程应用能力，在教学过程中体现课程发展的学术前沿内容，加深对基础理论和概念的讲解和把握，增强电气工程、能源工程、系统工程和自动控制领域等实际问题解决能力，提高创业和创新思维。课程教学分为知识目标、能力和素养目标，知识目标：1、了解智慧能源体系的基本理论和基本概念；2、掌握智能电网、微电网、泛能网和能源互联网的特征、关键技术、工程实践、商业模式及其相互之间的关系；3、掌握智慧能源体系的发展背景、社会需求、技术难点、系统组成、工程应用、创新模式及应用前景；能力和素养目标：能够在技术和应用层面，掌握智慧能源体系的发展脉络、关键技术、工程实践及当今和未来的商业运营模式。采取学生主动学习、教师组织讨论和案例讲授的教学方式，对知识点组织检测、对智慧能源工程设计和实际案例进行分析和讨论。讲授中通过对相关技术在国际上发展的历程和不同国家中智慧能源技术发展现状的对比，激发学生热爱祖国、建设祖国的热情。

**二、课程教学的基本要求**

理论知识方面：掌握智慧能源体系的基本概念、逻辑结构和发展路径；熟知国内外智慧能源体系的发展；掌握微电网关键技术、工程实践和商业模式；掌握泛能网关键技术、工程实践和商业模式；掌握智能电网关键技术、工程实践和商业模式；掌握能源互联网关键技术和商业模式；全方位地了解各自的发展背景、社会需求、技术难点、系统组成、工程应用、创新模式及应用前景。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

为提高学生对智慧能源体系的把控，促进学生综合知识融合贯通能力、工程应用能力和分析能力的全面提升，依托中国大学慕课网和超星学习通等平台，本课程将线上、线下教学结合在一起，采用探究式、启发式和互动式等方法进行教学活动。具体教学设计包括课前、课堂和课后三部分。课前通过慕课堂、超星学习通或QQ等平台提前发布学习任务和通知；课堂中将理论教学和工程设计紧密衔接，将工程设计理念在理论教学中同步讲授，重视理论教学与实践教学的结合，充分利用模型、动画、工程案例等开展工艺结构和工艺参数教学，直观呈现智慧能源体系的逻辑结构和发展路径，明确课程学习的重点和难点，使课堂生动鲜活，通过随机提问和随堂练习检验教学效果；课后发布慕课学习视频、作业、测验；提供拓展文献、行业标准等资源，供学生检验阶段性学习成果、巩固所学知识。课程评价方式主要包括过程性评价和期末考核，更注重学习过程的综合性评价。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：了解智慧能源体系的概念、内涵、逻辑结构和发展路径。 | 1 |
| 2 | 目标2：掌握智能电网、微电网、泛能网和能源互联网的特征、关键技术、工程实践、商业模式及其相互之间的关系。 | 2 |
| 3 | 目标3：通过课程的学习，使学生全方位地理解智慧能源体系的发展背景、社会需求、技术难点、系统组成、工程应用、创新模式及应用前景，提高学生相应的工程设计创新能力。 | 5 |

**四、理论教学内容及学时分配（32学时）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **绪论** | **学时数：2** |

结合近年来国内外智慧能源的建设和发展实际，从智慧能源体系的概念、内涵、逻辑结构和发展路径入手，重点介绍智能电网、微电网、泛能网和能源互联网的特征、关键技术、工程实践、商业模式及其相互之间的关系，全方位地展示各自的发展背景、社会需求、技术难点、系统组成、工程应用、创新模式及应用前景。在传统电网基础上，通过建设“微电网”或“泛能网”，解决区域用电或用能需求；通过建设新一代“智能电网”，实现电源、电网、用户间的信息双向流动、高度感知和灵活互动；通过建设具有能量流、信息流、业务流相互融合功能的“能源互联网”，实现智能电网和互联网的深度融合；通过“一带一路”倡议和全球共同发展，实现跨国和跨地区电网互联，探索构建“全球能源互联网”。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第一章 智慧能源体系概论** | **学时数：3** |

**第一节 智慧能源体系概述 2学时**

**教学目标：**了解智慧能源体系的概念；理解智慧能源体系的发展路径；掌握智慧能源体系的逻辑结构。

**教学重点和难点：**智慧能源体系的逻辑结构。

**主要教学内容及要求：**

了解：智慧能源体系的概念。

理解：智慧能源体系的发展路径。

掌握：智慧能源体系的逻辑结构。

**教学组织与实施：**以能源技术为切入点，结合互联网的发展，引出智慧能源体系，从广义和狭义两个层面对智慧能源体系进行了界定。线上教学与课堂教学相结合，课前指导学生查阅课程相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、小组协作式、案例教学式等教学策略，使学生能够从多维度、纵深度去理解智慧能源体系。

**第二节 国内外智慧能源体系的发展    1学时**

**教学目标：**了解国内外微电网、泛能网和智能电网的发展；理解国内外能源互联网的发展。

**教学重点和难点：**国内外能源互联网的发展。

**主要教学内容及要求：**

了解：国内外微电网的发展。

了解：国内外泛能网的发展。

了解：国内外智能电网的发展。

理解：国内外能源互联网的发展。

**教学组织与实施：**介绍智能电网、微电网、泛能网和能源互联网的特征、关键技术、工程实践、商业模式及其相互之间的关系。课前指导学生查阅智能电网、微电网、泛能网和能源互联网的相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、案例教学式等教学策略。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第二章 微电网** | **学时数：7** |

**第一节 微电网概述 2学时**

**教学目标：**了解微电网的起源、发展历程、概念及特征；掌握微电网的概念及特征；理解新能源与微电网的关系及微电网发展的意义。

**教学重点和难点：**微电网的概念及特征。

**主要教学内容及要求：**

了解：微电网的起源、发展历程、概念及特征。

掌握：微电网的概念及特征。

理解：新能源与微电网的关系。

理解：微电网发展的意义。

**教学组织与实施：**介绍微电网出现的缘由及其意义，旨在实现分布式电源的灵活、高效应用，解决数量庞大、形式多样的分布式电源并网问题。课前指导学生查阅微电网相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、案例教学式等教学策略，加深学生的理解。

**第二节 微电网关键技术    2学时**

**教学目标：**了解常用分布式发电控制技术、发电功率预测技术、储能技术和检测与控制技术；掌握微电网能量管理技术和微网群协调控制技术。

**教学重点和难点：**微电网能量管理技术和微网群协调控制技术。

**主要教学内容及要求：**

了解：常用分布式发电控制技术。

理解：发电功率预测技术、储能技术和检测与控制技术。

掌握：微电网能量管理技术。

掌握：微网群协调控制技术。

**教学组织与实施：**由浅至深，从微电网相关研究延伸至关键技术，课前指导学生查阅微电网关键技术相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行虚实结合、案例教学式等教学策略，使学生全面了解微电网的关键技术，并加以掌握。

**第三节 微电网工程实践   2学时**

**教学目标：**了解偏远地区微电网、城市微电网、海岛微电网和其他类型微电网。

**教学重点和难点：**城市微电网。

**主要教学内容及要求：**

了解：偏远地区微电网。

了解：城市微电网。

了解：海岛微电网。

了解：其他类型微电网。

**教学组织与实施：**根据地域对微电网类型进行划分，并分别介绍，课前指导学生查阅微电网工程实践的相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，主要实行案例教学式教学策略，使学生全面了解微电网工程的主要类型。

**第四节 微电网商业模式    1学时**

**教学目标：**理解微电网典型的运营模式；掌握微电网的经营策略。

**教学重点和难点：**微电网经营策略。

**主要教学内容及要求：**

理解：微电网典型运营模式。

掌握：微电网经营策略。

**教学组织与实施：**从微电网的典型运营模式切入，阐述微电网运营的基本策略。课前指导学生查阅微电网商业模式的相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，主要实行主题探究式、案例教学式教学策略，使学生深入了解微电网典型的运营模式，并掌握微电网的基本经营策略。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第三章 泛能网** | **学时数：7** |

**第一节 泛能网概述 2学时**

**教学目标：**了解泛能网的发展背景、概念及特征和演进；理解泛能网发展的价值与意义；掌握泛能网与微电网、微能网的差异性。

**教学重点和难点：**泛能网与微电网、微能网的差异性。

**主要教学内容及要求：**

了解：泛能网的发展背景、概念及特征和演进。

理解：泛能网发展的价值与意义。

掌握：泛能网与微电网、微能网的差异性。

**教学组织与实施：**介绍泛能网发展的背景及意义，从用户需求出发，以能量全价值链开发利用为核心，因地制宜、清洁能源优先，实现多能互补的用供能一体化。课前指导学生查阅泛能网相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、案例教学式等教学策略，加深学生的理解。

**第二节 泛能网关键技术    2学时**

**教学目标：**理解能源物理设施类技术、系统集成优化类技术和精益交易运营类技术；掌握契合现代能源体系的新型标准体系。

**教学重点和难点：**契合现代能源体系的新型标准体系。

**主要教学内容及要求：**

理解：能源物理设施类技术。

理解：系统集成优化类技术。

理解：精益交易运营类技术。

掌握：契合现代能源体系的新型标准体系。

**教学组织与实施：**循序渐进，从泛能网相关研究延伸至关键技术，课前指导学生查阅泛能网关键技术相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行虚实结合、案例教学式等教学策略，使学生全面了解泛能网的关键技术，并结合现代能源体系加以掌握。

**第三节 泛能网工程实践    2学时**

**教学目标：**理解存量改造区域-泛能融合迭代模式和新建区域-泛能规划牵引的网络迭代模式；掌握泛能站由点及面逐步扩展模式；了解类泛能项目。

**教学重点和难点：**泛能站由点及面逐步扩展模式。

**主要教学内容及要求：**

理解：存量改造区域-泛能融合迭代模式。

理解：新建区域-泛能规划牵引的网络迭代模式。

掌握：泛能站由点及面逐步扩展模式。

了解：类泛能项目。

**教学组织与实施：**由点及面逐步扩展，介绍泛能网工程实践的主要模式，课前指导学生查阅泛能网工程实践的相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，主要实行案例教学式教学策略，使学生全面了解泛能网工程实践的主要模式。

**第四节 泛能网商业模式    1学时**

**教学目标：**了解泛能网商业场景；理解数字化能源解决方案模式和综合能源交易运营模式；掌握智慧运维模式。

**教学重点和难点：**智慧运维模式。

**主要教学内容及要求：**

了解：泛能网商业场景。

理解：数字化能源解决方案模式。

理解：综合能源交易运营模式。

掌握：智慧运维模式。

**教学组织与实施：**从泛能网的商业场景切入，阐述泛能网运营维护的模式。课前指导学生查阅泛能网商业模式的相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，主要实行主题探究式、案例教学式教学策略，使学生深入了解泛能网的商业模式，并掌握泛能网的智慧运维模式。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第四章 智能电网** | **学时数：7** |

**第一节 智能电网概述 2学时**

**教学目标：**了解智能电网的发展背景、概念及特征和信息革命与智能电网的差异性；理解智能电网发展的意义；智能电网的建设思路和建设过程。

**教学重点和难点：**智能电网的建设思路和建设过程。

**主要教学内容及要求：**

了解：智能电网的发展背景、概念及特征。

理解：智能电网发展的意义。

掌握：智能电网的建设思路和建设过程。

了解：信息革命与智能电网。

**教学组织与实施：**介绍智能电网发展的背景及意义，是建立在集成的、高速双向通信网络的基础上，通过先进的传感和测量技术、先进的设备技术、先进的控制方法以及先进的决策支持系统技术的应用，实现电网的可靠、安全、经济、高效、环境友好和使用安全的目标。课前指导学生查阅智能电网相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、案例教学式等教学策略，加深学生的理解。

**第二节 智能电网关键技术 2学时**

**教学目标：**理解电源侧技术、电网侧技术和用户侧技术；掌握储能技术；了解智能电网关键技术发展趋势分析。

**教学重点和难点：**储能技术。

**主要教学内容及要求：**

理解：电源侧技术、电网侧技术和用户侧技术。

掌握：储能技术。

了解：智能电网关键技术发展趋势分析。

**教学组织与实施：**循序渐进，从智能电网相关研究延伸至关键技术。课前指导学生查阅智能电网关键技术相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行虚实结合、案例教学式等教学策略，使学生全面了解智能电网的关键技术，并对储能技术加以掌握。

**第三节 智能电网工程实践 1学时**

**教学目标：**了解国内外智能电网典型工程实践。

**教学重点和难点：**无。

**主要教学内容及要求：**

了解：国外典型工程实践。

了解：国内典型工程实践。

**教学组织与实施：**主要介绍国内外智能电网典型工程实践，课前指导学生查阅智能电网工程实践的相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，主要实行案例教学式教学策略，使学生全面了解智能电网工程实践的典型案例。

**第四节 智能电网商业模式 1学时**

**教学目标：**了解大规模能源格局商业模式；理解分布式电源商业模式、屋顶光伏商业模式和电网大数据商业模式；理解能效电厂商业模式和电动汽车充换电商业模式；掌握储能调峰调频商业模式。

**教学重点和难点：**储能调峰调频商业模式。

**主要教学内容及要求：**

了解：大规模能源格局商业模式。

理解：分布式电源商业模式、屋顶光伏商业模式和电网大数据商业模式。

理解：能效电厂商业模式和电动汽车充换电商业模式。

掌握：储能调峰调频商业模式。

**教学组织与实施：**从大规模能源格局商业模式切入，阐述智能电网主要的商业模式。课前指导学生查阅智能电网商业模式的相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，主要实行主题探究式、案例教学式教学策略，使学生深入了解智能电网的商业模式，并掌握储能调峰调频商业模式。

**第五节 智能电网展望 1学时**

**教学目标：**了解智能电网建设成效和机遇与挑战；理解智能电网发展模式。

**教学重点和难点：**智能电网发展模式。

**主要教学内容及要求：**

了解：智能电网建设成效。

了解：智能电网的机遇与挑战。

理解：智能电网发展模式。

**教学组织与实施：**以工程实践为例，讲述智能电网建设成效，由此展开思考，既是机遇，也是挑战，最终阐明智能电网的发展模式。课前指导学生查阅智能电网发展的相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行案例教学式等教学策略，使学生全面了解智能电网的发展模式。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **第五章 能源互联网** | **学时数：6** |

**第一节 能源互联网概述 2学时**

**教学目标：**了解能源互联网的概念及特征；理解能源互联网发展的意义。

**教学重点和难点：**能源互联网发展的意义。

**主要教学内容及要求：**

了解：能源互联网的概念及特征。

理解：能源互联网发展的意义。

**教学组织与实施：**介绍能源互联网的概念、特征及发展的意义，是综合运用先进的电力电子技术, 信息技术和智能管理技术, 将大量由分布式能量采集装置, 分布式能量储存装置和各种类型负载构成的新型电力网络、石油网络、天然气网络等能源节点互联起来, 以实现能量双向流动的能量对等交换与共享网络。课前指导学生查阅能源互联网相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行主题探究式、案例教学式等教学策略，加深学生的理解。

**第二节 能源互联网关键技术 2学时**

**教学目标：**了解清洁能源技术；理解能源传输与变换技术和能源存储技术；掌握能源互联网运行优化技术和信息通信关键技术。

**教学重点和难点：**能源互联网运行优化技术和信息通信关键技术。

**主要教学内容及要求：**

了解：清洁能源技术。

理解：能源传输与变换技术和能源存储技术。

掌握：能源互联网运行优化技术和信息通信关键技术。

**教学组织与实施：**循序渐进，从能源发展历程延伸至清洁能源技术，引出能源传输与变换技术和能源存储技术，进一步着重讲述能源互联网运行优化技术和信息通信关键技术。课前指导学生查阅能源互联网关键技术相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行虚实结合、案例教学式等教学策略，使学生全面了解能源互联网的关键技术，并对能源互联网运行优化技术和信息通信关键技术加以掌握。

**第三节 能源互联网商业模式 1学时**

**教学目标：**了解能源互联网商业模式初探；掌握能源互联网相关环境因素分析；理解商业模式中的互联网思维和碳排放权交易。

**教学重点和难点：**能源互联网相关环境因素分析。

**主要教学内容及要求：**

了解：商业模式初探。

掌握：能源互联网相关环境因素分析。

理解：商业模式中的互联网思维。

理解：碳排放权交易。

**教学组织与实施：**从能源互联网商业模式的初探切入，分析能源互联网相关环境因素，理解商业模式中的互联网思维，据时代的背景讲述碳排放权交易。课前指导学生查阅能源互联网商业模式的相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，主要实行主题探究式、案例教学式教学策略，使学生深入了解能源互联网的商业模式。

**第四节 能源互联网展望 1学时**

**教学目标：**掌握能源互联网的建设思路与建设重点；理解能源互联网发展路径；了解全球能源互联网发展格局。

**教学重点和难点：**能源互联网相关环境因素分析。

**主要教学内容及要求：**

掌握：能源互联网的建设思路与建设重点。

理解：能源互联网发展路径。

了解：全球能源互联网发展格局。

**教学组织与实施：**以工程实践为例，讲述能源互联网建设思路与建设重点，由此延申至能源互联网的发展路径，最终阐明全球能源互联网的发展格局。课前指导学生查阅能源互联网发展的相关文献资料，课堂教学在讲授型教学基础上，实行案例教学式等教学策略，使学生全面了解能源互联网的发展模式，并掌握能源互联网的建设思路与建设重点。

**五、课程思政**

能源是国民经济的基础性产业，是经济社会发展的命脉。当前，全球经济快速发展，能源需求日趋增加，要素和环境约束不断趋紧，高耗能、高污染的生产和消费模式给生态环境带来严重破坏，环境承载能力接近极限，传统的能源生产和消费模式难以为继，全球能源发展方式需要从简单、粗放式发展向集约和可持续发展方向转变。随着互联网技术的不断发展和完善，“互联网”与“智慧能源”的有机融合，将是重塑全球能源竞争新格局的重要契机，是实现能源绿色和可持续发展的内在动力与要求，是推动能源生产和消费革命的强劲引擎。可以预期，随着储能技术、信息技术的发展，“互联网+智慧能源”将全面引领未来的能源革命与技术创新。

课程《智慧能源体系》结合近年来国内外智慧能源的建设和发展实际，从智慧能源体系的概念、内涵、逻辑结构和发展路径入手，重点介绍智能电网、微电网、泛能网和能源互联网的特征、关键技术、工程实践、商业模式及其相互之间的关系，全方位地展示各自的发展背景、社会需求、技术难点、系统组成、工程应用、创新模式及应用前景。在实现路径层面，在传统电网基础上，通过建设“微电网”或“泛能网”，解决区域用电或用能需求；通过建设新一代“智能电网”，实现电源、电网、用户间的信息双向流动、高度感知和灵活互动；通过建设具有能量流、信息流、业务流相互融合功能的“能源互联网”，实现智能电网和互联网的深度融合；通过“一带一路”倡议和全球共同发展，实现跨国和跨地区电网互联，探索构建“全球能源互联网”。

**六、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

理论课教材：《智慧能源体系》，童光毅和杜松怀 编著，科学出版社，2020 年

**2.参考书：**

（1）《清洁能源的世界》．林伯强 编著．科学出版社, 2016

（2）《中国低碳发展战略、路径与对策》．何建坤 编著．科学出版社, 2018

（3）《碳中和技术概论》．江霞和汪华林 编著．高等教育出版社, 2022

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）雪球，https://xueqiu.com/5855759421/178932648

（2）科学智库，https://thinktank.sciencereading.cn/booklib/v/subLibPreview/122/246/2968857.html

**七、教学条件**

智慧能源体系线上线下混合式教学由老教师和青年教师形成的教学团队共同承担。课程需要具有网络的多媒体教室和实验所需的实验设备。课程依托的河南农业大学机电工程学院能源与环境工程系，具备课程实施所需要的一切软、硬件条件。

**八、教学考核评价**

**1.过程性评价：**智慧能源体系线上线下混合式教学采用粗浅的内容学生线上学习，通过作业测验和讨论加深理解，比较精深的内容，老师线下采用讲授和启发式讨论的方法教学，对于线上讨论中出现的问题通过线下启发教学进行，最后达到设定的知识目标、能力目标和素质目标。因此过程评价的考察点主要为线上作业提交情况和参与讨论情况，比重40%。

**2.终结性评价：**笔试, 比重60%。

**3.课程综合评价：**过程性评价（40%）+终结性评价（60%）=课程综合评价（100%）。

**实习教学大纲**

# 新能源科学与工程专业实习教学大纲

（Energy and Power Engineering）

**一、前言**

新能源科学与工程专业全学程实习环节教学共36周，包括数字化工程测绘实2周、工程训练4周、机械设计基础课程设计2周、热工综合设计2周、生物质能工程设计2周、太阳能工程设计2周、新能源创新设计2周、储能技术生产实习2周、风能工程设计2周、氢能动力系统实习2周毕业实习2周、毕业论文（设计）12周。通过实习环节教学体系，使学生将课堂知识与实际生产实际结合起来，为培养成复合型工程技术人才打下基础。

**总体要求与学分分配**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **实践环节** | **学时（周）** | **学分** | **时间安排** |
| 数字化工程测绘实 | 20 | 2 | 第2学期 |
| 工程训练 | 40 | 4 | 第3学期 |
| 机械设计基础课程设计 | 20 | 2 | 第4学期 |
| 热工综合设计 | 20 | 2 | 第5学期 |
| 生物质能工程设计 | 30 | 3 | 第5学期 |
| 太阳能工程设计 | 20 | 2 | 第6学期 |
| 新能源创新设计 | 20 | 2 | 第6学期 |
| 储能技术生产实习 | 20 | 2 | 第7学期 |
| 风能工程设计 | 20 | 2 | 第7学期 |
| 氢能动力系统实习 | 20 | 2 | 第7学期 |
| 毕业实习 | 20 | 2 | 第8学期 |
| 毕业论文（设计） | 120 | 12 | 第8学期 |
| 合计 | 370 | 37 |  |

**二、专业课程名称实习教学大纲**

**（一）数字化工程测绘实习（参见机械设计制造及其自动化专业）**

**（二）工程训练实习（参见机械设计制造及其自动化专业）**

**（三）机械设计基础课程设计实习（参见机械设计制造及其自动化专业）**

**（四）热工综合设计实习**

**开设学期：第**5**学期 实习周数：** 2周 **学分：**2.0

**适用专业：**新能源科学与工程

**先修课程：**机械制图、工程力学、流体力学、工程热力学、传热学

**主撰人：**刘新新 **审核人：**贺超 **大纲制定（修订）日期：**2023年

**1.课程简介**

热工综合设计是传热学、工程热力学理论的强化和应用，是对传热学、工程热力学、材料力学、机械制图等多门课程的综合。通过课程设计在强化对传热理论掌握的同时引导学生利用热工综合设计手册和相关的国家标准进行实际工程用热工设备的计算，培养学生独立完成资料收集、设计计算、图纸制作的综合能力。

**2.课程劳动教育**

热工综合设计主要是让学生根据前期掌握的理论知识，结合实际要求，独立完成换热器的设计，通过设计过程进一步了解换热器的基本结构，工作原理及应用场景和设计规范要求，提升工科生的设计能力，培养学生设计思维，提升专业素养。

**3.目的和要求**

通过本课程的学习,使学生初步熟悉常用换热器的结构型式、掌握管壳式换热器的设计基本理论、基本方法及对标准换热器的选用原则。本课程的学习,将使学生掌握热工设计的基本步骤、掌握获取设计数据的方法，为学生后续课程的学习打下坚实的基础。

**4. 实习地点及内容**

**（1）实习地点：**校内。

**（2）实习内容：**换热器设计。

**5. 实习时间安排**

第5学期，共计2周。

1. 设计任务下达、讲解设计注意事项、明确设计过程。 4学时
2. 换热器热负荷计算，换热面积计算过程。 3天
3. 换热器选用及换热器管板和壳体设计计算。 3天
4. 换热器阻力分析计算及强度、刚度校核。 1天
5. 换热器装配图的绘制。 2天
6. 换热器设计计算说明书编写。 1天

**6. 实习具体要求**

(1) 完成换热器换热面积的设计计算。按照给定的换热器设计参数，依据流体力学，工程热力学及传热学中的相关理论，利用热工设计手册查到相应的物性数据，计算出换热器冷热流体侧的换热量，得到换热器的热平衡计算式及冷热流体侧的表面传热系数，根据换热器设计步骤，计算出换热器所需换热面积。

(2) 根据计算出的换热器面积，选用商业标准换热器。

(3) 根据计算出的换热器面积,利用GB151-2014对换热器的管板及壳体进行相应的设计计算。得到换热器的管板及壳体尺寸，对换热器作整体阻力损失及对换热器中管板和壳体作强度和刚度分析。

(4) 编写设计说明书。

(5) 绘制换热器装配图。

**其中设计说明书包含以下内容:**

(1) 目录（标题、页次）；

(2) 设计题目（包括设计条件、要求等）；

(3) 换热器中物性参数的取值依据，换热面积设计计算过程；

(4) 标准系列换热器的选用过程；

(5) 换热管的选用和布置，管板的设计、计算，壳体的设计计算过程；

(6) 换热器中管程和课程阻力损失分析计算过程；

(7) 换热器中管板和壳体强度和刚度分析计算过程；

(8) 参考文献

**设计说明书格式应满足：**

(1) 设计说明书必须用蓝、黑钢笔书写，要求书写工整，文字简练、步骤清楚；

(2) 计算内容要列出公式、代入数据、解出结果、标明单位，中间运算可省略；

(3) 说明书中应编写必要的大、小标题，并在右上角注明所用公式和数据的来源(参考文献的标号及相应的页码)；

(4) 说明书用16开纸书写，并装订成册。

**换热器装配图绘制要求：**

(1) 作图准确、布图均匀、图面整洁、标注齐全；

(2) 图上的中文字用仿宋体，数字和外文用斜体字母书写；

(3) 图纸规格、线条、尺寸标注、标题栏的格式应符合国家制图标准的规定，使用一号图纸。

**7. 考核方式与成绩评定标准**

课程设计的考核内容有：平常设计出勤情况、设计说明书及装配图。内容必须要求有学生个人完成，不得抄袭，格式要严格按照要求。

成绩评定：课程设计实习的成绩评定由三部分组成:

（1）学生个人在实习（设计）中的表现,占30%；

（2）根据设计说明书的书写情况，给出分数,占50%；

（3）根据换热器装配图的绘制情况，给出分数，占20%。

**8. 教材及主要参考资料**

（1）传热学（第五版），陶文铨编著，高等教育出版社，2019年

（2）传热学（第四版），杨世铭、陶文铨编著，高等教育出版社，2016年

（3）传热学（第二版），戴锅生，高等教育出版社，1999年

（4）换热器设计手册，钱颂文，化学工业出版社，2002年

**（五）生物质能工程设计**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **开设学期**：第5学期 | **实习周数**：2周 | **学分**：2.0 |
| **适用专业**：新能源科学与工程 | | |
| **先修课程**：工程热力学、传热学、燃烧学、现代工程图学、生物质能工程 | | |
| **主撰人**：黄黎 | **审核人**：贺超 | **大纲制定（修订）日期**：2023 |

**1.课程简介**

本课程是新能源科学与工程专业的一门必修课，是在学习和掌握生物质能工程课程基本理论的基础上，将理论知识结合生物质能转化技术的应用，而进行的实践教学。通过课程学习，使学生深入了解不同生物质转化方式的基本原理、工艺流程、装置结构和实际应用等，具备分析实际应用中生物质热化学转化系统存在问题的能力，使学生掌握生物质气化工艺过程以及气化炉装置的关键部件结构，并由此熟悉生物质能转化技术的发展现状与前景，提高学生在能源领域从事技术工作和进行科学研究的能力与素质，为学生从事本专业的长远发展打下基础。

**2.实习目的和要求**

生物质能工程设计涉及工程热力学、传热学、燃烧学、现代工程图学、生物质能工程等多门课程，目的是培养学生综合运用上述所学课程的知识和技能，以具体参数为基础开展生物质气化装置的计算和设计，增强学生分析工程实际应用中存在问题的能力。要求学生独立完成给定参数的生物质气化装置设计计算、选型分析、工程图纸绘制等。

**3.实习地点及内容**

**（1）实习地点：**学校指定教室与绘图室。

**（2）实习内容：**按给定参数指标分组开展生物质气化装置的设计计算、选型分析、图纸绘制。

**4.实习时间安排**

第6学期，两周

（1）线上展示、讲解分析典型气化工程 1天

（2）任务布置、设计规范讲解 1天

（3）设计计算、设计校核、设备选型 6天

（4）图纸绘制 4天

（5）设计说明书整理与编写 2天

**5. 实习具体要求**

（1）根据设计参数进行分组，5人为一组，确定小组负责人，进行小组分工；

（2）完成生物质气化炉装置的设计计算、选型分析与图纸绘制。

（3）设计说明书包含题目、目录、设计计算过程、装置配件选用过程分析、规范整洁图纸等。

（4）实习期间严格实行实习签到制度，学生不得无故迟到、早退和旷课。

**6. 考核方式与成绩评定标准**

课程设计的考核内容有：平常设计出勤情况、设计说明书及图纸。相关内容要求学生必须个人完成，不得抄袭。

成绩评定：课程设计实习的成绩评定由三部分组成：

（1）学生个人在设计实习中的表现，分值占30%；

（2）设计说明书的书写情况，分值占50%；

（3）工程图纸的绘制情况，分值占20%。

**7. 教材及主要参考资料**

（1）生物质能，骆仲泱等编著，中国电力出版社，2021年

（2）生物质能利用原理与技术，袁振宏等编著，化学工业出版社，2016年

（3）生物质能源工程，李文哲 主编，中国农业出版社，2013年

（4）生物质能实验，张无敌等编著，科学出版社，2017年

（5）生物质能转化原理与技术，陈汉平等编著，水利水电出版社，2018年

（6）生物质能源技术与理论，陈冠益等编著，科学出版社，2018

**（六）太阳能工程设计**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **开设学期**：第6学期 | **实习周数**：2周 | **学分**：2.0 |
| **适用专业**：新能源科学与工程 | | |
| **先修课程**：高等数学、工程热力学、传热学、流体力学、机械制图 | | |
| **主撰人**：刘亮 | **审核人**：贺超 | **大纲制定（修订）日期**：2023年 |

**1.课程简介**

本课程是新能源科学与工程专业的一门必修课。课程主要介绍太阳能利用的基础理论和各种装置的结构、原理与应用技术，内容主要针对太阳能光热转换领域。通过本课程学习，掌握太阳能利用的基本原理以及各种装置的结构、原理和应用技术，掌握其热工计算的方法和技巧，从而让学生掌握新型能源太阳能应用技术的一般原理和方法，提高学生在能源领域从事技术工作和进行科学研究的能力与素质，为学生从事本专业的长远发展打下基础。

**2. 实习目的和要求**

太阳能工程设计将融合贯通所学的传热学、流体力学、机械制图、太阳能工程等多门课程，培养学生综合运用上述所学课程的知识和技能，以具体参数为基础开展计算和设计，理论联系实际学生拓宽视野、巩固和运用理论知识。同时增强学生劳动观念、提高素质，为学生将来走上工作岗位奠定基础。要求学生独立完成给定参数太阳能工程的设计计算、设备选型、工程图纸绘制，并将上述资料按照设计规范装订成册。

**3. 实习地点及内容**

**（1）实习地点：**学校指定教室，工程参照点选择河南农业大学文化路校区、龙子湖校区，也可根据周边企事业单位需求以宾馆、集中住宅区为参照点进行。

**（2）实习内容：**太阳能热水工程现场勘查、设计计算、设备选型、图纸绘制。

**4. 实习时间安排**

第6学期

（1）任务布置，设计规范讲解 1天

（2）已有典型工程参观 1天

（3）设计现场勘查 1天

（4）设计计算、设计校核、设备选型 5天

（5）图纸绘制 4天

（6）设计书编写 2天

**5. 实习具体要求**

（1）根据设计参数进行分组，5人为一组，确定小组负责人，进行小组分工；

（2）工程参观、现场勘查均以小组单位，组长负责成员的出行管理。

（3）院校实习领导小组负责实习计划落实和效果检查。

（4）实习期间严格实行实习签到制度，学生不得无故迟到、早退和旷课。

**6. 考核方式与成绩评定标准**

课程设计的考核内容有：平常设计出勤情况、设计说明书及图纸。内容必须要求学生个人完成，不得抄袭。

成绩评定：课程设计实习的成绩评定由三部分组成:

（1）学生个人在实习（设计）中的表现,分值占30%；

（2）根据设计说明书的书写情况，分值占50%；

（3）根据工程图纸的绘制情况，分值占20%。

**7. 教材及主要参考资料**

（1）太阳能.肖刚 主编.中国电力出版社，2019年

（2）太阳能热利用原理与计算机模拟，张鹤飞.西北工业大学出版社（第2版），2004年

（3）太阳能利用技术，罗运俊主编，化学工业出版社，2005年

（4）太阳能，王长贵主编，能源出版社，1985年

（5）太阳能热利用，岑幻霞主编，清华大学出版社，1997年

（6）太阳热水器及系统，罗运俊主编，化学工业出版社，2007年

（7）太阳能干燥技术，张璧光主编，化学工业出版社， 2007年

（8）太阳能制冷，王如竹主编，化学工业出版社，2007年

（9）太阳能光伏发电技术，沈辉主编，化学工业出版社，2005年

（10）民用建筑太阳能热水系统工程技术手册，郑瑞澄，化学工业出版社，2006年

**（七）新能源创新设计**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **开设学期**：第6学期 | **实习周数**：2周 | **学分**：2.0 |
| **适用专业**：新能源科学与工程 | | |
| **先修课程**：风能工程、可再生能源发电技术 | | |
| **主撰人**：杨绍旗 | **审核人**：贺超 | **大纲制定（修订）日期**：2023年 |

**1. 课程简介**

随着化石能源的枯竭及日趋严格的环境要求，新能源技术成为未来能源的主要供给形式。目前我国的新能源技术还处于一个成长和发展期，工程技术还存在诸多不足和待开发的内容。本课程结合课本理论知识通过工程实习学习将进一步加深对光伏发电、生物质发电、风力发电等新能源技术的直观了解，为新能源技术的发展奠定基础。

**2. 实习目的和要求**

通过新能源实习培养学生综合运用所学可再生能源发电技术、风能工程等新能源工程知识和技能，了解光伏发电、生物质发电、风力发电等新能源技术实际应用情况，使学生拓宽视野、巩固和运用理论知识。同时增强学生劳动观念、提高素质，为学生将来走上工作岗位奠定基础。实习要求学生结合所学专业知识了解技术发展现状、存在问题，并针对问题提出切实可行的建议，具有独立思考和分析的能力。

**3. 实习地点及内容**

**（1）实习地点：**郑州市夜明珠太阳能科技有限公司、长葛恒光热电有限公司

**（2）实习内容：**光伏发电系统运行与维护、生物质发电机组运行与维护

**4. 实习时间安排**

第7学期

（1）光伏发电系统运行与维护4天

（2）生物质发电机组运行与维护3天

**5. 实习具体要求**

（1）学生进入实习基地后根据运行排班制度进行分组，确定小组长。

（2）根据实习单位排班和安排，由值班班组直接负责与各小组对接，直接负责实习期间的考勤和工作安排。

（3）组织形式，由专业教师组成实习指导小组，负责实习教学的领导、实习计划的落实及实习进程和效果的检查工作。

（4）由1~2名专业教师担任实习指导教师，蹲点负责实习指导工作，认真做好实习期间学生的思想政治工作，解决同学的实际问题，解答实习疑难，并做好与实习单位的交流和联系工作，使实习能顺利完成，并达到预期的效果。

（5）实习期间严格实行实习签到制度，学生不得无故迟到、早退和旷课。

**6. 考核方式与成绩评定标准**

实习结束后及时撰写并上交实习报告，并作为实习考核的主要依据之一。

实习成绩的考核分2部分，一部分为实习期间综合表现，包括实习态度，工作表现，遵守纪律情况，这一部分占总成绩的60%，另一部分为实习报告成绩，占40％。

**7. 教材及主要参考资料**

（1）理论课教材：陈汉平，杨世关 编.生物质能转化原理与技术. 水利水电出版社出版.2018.

（2）陈冠益，马隆龙，颜蓓蓓主编.生物质能源技术与理论. 科学出版社出版. 2018 .

（3）实验课教材：自编实验指导书。

（4）风力发电原理，吴双群、赵丹平，北京大学出版社，2011年10月。

（5）太阳能.肖刚 主编.中国电力出版社，2019年。

（6）太阳能光伏发电系统设计施工与应用，[李钟实](https://www.amazon.cn/s/ref=dp_byline_sr_book_1?ie=UTF8&field-author=%E6%9D%8E%E9%92%9F%E5%AE%9E&search-alias=books)，人民邮电出版社， 2012年10。

（7）太阳能光伏发电系统原理与应用技术，[王昌国](https://www.amazon.cn/s/ref=dp_byline_sr_book_1?ie=UTF8&field-author=%E7%8E%8B%E6%98%8C%E5%9B%BD&search-alias=books)，化学工业出版社，2012年7。

**（八）储能技术生产实习**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **开设学期**：第7学期 | **实习周数**：2周 | **学分**：2.0 |
| **适用专业**：新能源科学与工程 | | |
| **先修课程**：储能原理及技术 | | |
| **主撰人**：刘亮 | **审核人**：贺超 | **大纲制定（修订）日期**：2023年 |

**1.课程简介**

储能技术生产实习是一门面向储能技术相关专业的实践性课程，旨在通过理论学习、实验室和工厂参观、设备操作、总结报告等方式，让学生深刻理解储能技术的基本概念、原理、分类和应用，掌握储能技术的主要方法、技术路线和研究进展，熟悉储能技术的关键设备、材料和系统，培养学生的实践能力和创新意识。

**2.课程劳动教育**

（1）增强学生的理论与实践相结合的能力，让学生在实际的储能技术应用场景中，观察和了解储能技术的工作原理、运行状态、效果评估等，加深对储能技术理论知识的理解和运用。

（2）培养学生的观察和分析问题的能力，让学生在参观储能技术项目的过程中，注意发现和思考储能技术应用中存在的问题和挑战，如储能成本、效率、安全、环境等，分析问题的原因和影响，提出解决问题的思路和建议。

（3）激发学生的兴趣和创新意识，让学生在参观储能技术项目的过程中，感受到储能技术的魅力和前景，激发对储能技术的热爱和探索，培养创新思维和创新精神，为今后从事储能技术相关工作或研究打下良好的基础。

**3.实习目的和要求**

通过实习，让学生了解储能技术的基本概念、原理、分类和应用，掌握储能技术的主要方法、技术路线和研究进展，熟悉储能技术的关键设备、材料和系统，培养学生的实践能力和创新意识。

实习要求学生认真听取指导教师和科研人员的讲解，积极参与实验室观察、设备操作和数据分析，完成实习报告，遵守实习纪律和安全规定。。

**4.实习地点及内容**

**（1）实习地点：**河南宇通等

**（2）实习内容：**

1) 储能技术的基本情况介绍，包括储能技术的定义、分类、功能、特点等。

2) 储能技术的主要方法和技术路线，包括机械储能、电磁储能、化学储能、热储能等不同类型的储能技术的原理、工艺和发展现状。

3) 储能技术的关键设备、材料和系统，包括储能装置（如抽水蓄能、飞轮储能、压缩空气储能、电化学储能等）、变流器、控制系统、保护系统、监测系统等。

4) 储能技术的应用案例和前沿动态，包括储能技术在电力系统、新能源并网、微电网、分布式能源等领域的应用示范和效果评价，以及储能技术的国内外发展趋势和挑战。

**5.实习时间安排**

第7学期

（1）理论学习，通过课堂讲授、视频观看、资料阅读等方式，让学生掌握储能技术的基本知识和相关理论。3天

（2）实验室参观，通过实地观察、设备演示、数据展示等方式，让学生了解储能技术的主要方法和技术路线。2天

（3）设备操作，通过模拟操作、实际操作、数据分析等方式，让学生熟悉储能技术的关键设备、材料和系统：1周

（4）总结报告，通过撰写实习报告、参与评价反馈等方式，让学生总结实习经验和收获。2天

**6. 实习具体要求**

（1）学生以小组为单位，分别到实习工厂进行实习，以便于集中管理；

（2）组织形式，由系主任和专业教师组成实习指导小组，负责实习教学的领导、实习计划的落实及实习进程和效果的检查工作；

（3）委托实习单位领导安排技术人员对实习学生进行技术指导和工作督促；

（4）由1~2名专业教师担任实习指导教师，蹲点负责实习指导工作，认真做好实习期间学生的思想政治工作，解决同学的实际问题，解答实习疑难，并做好与实习单位的交流和联系工作，使实习能顺利完成，并达到预期的效果。

（5）实习期间严格实行实习签到制度，学生不得无故迟到、早退和旷课。

**7. 考核方式与成绩评定标准**

实习结束后及时撰写并上交实习报告，并作为实习考核的主要依据之一。

实习成绩的考核分2部分，一部分为实习期间综合表现，包括实习态度，工作表现，遵守纪律情况，这一部分占总成绩的60%，另一部分为实习报告成绩，占40％。

**8. 教材及主要参考资料**

（1）储能原理与技术（第2版）．黄志高．中国水利水电出版社, 2020

（2）储能技术应用及案例分析．杨少波．中国电力出版社,2022

（3）电网储能技术．贝努瓦·雷恩．机械工业出版社,2017

（4）新能源系统储能原理与技术．李强．机械工业出版社,2022

**（九）风能工程设计**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **开设学期**：第7学期 | **实习周数**：2周 | **学分**：2.0 |
| **适用专业**：新能源科学与工程 | | |
| **先修课程**：高等数学、工程热力学、流体力学、机械制图 | | |
| **主撰人**：蒋丹萍 | **审核人**：贺超 | **大纲制定（修订）日期**：2023年 |

**1.课程简介**

本课程是新能源科学与工程专业的一门必修课。风能是一种清洁的可再生能源，对提高我国能源供应的的多样性和安全性具有积极贡献，作为后续能源的重要组成部分，风力发电有利于能源结构调整，减少能源进口压力。本课程主要采用案例教学、自主探究教学和理论教学相结合的方式，讲授风能基础理论和以风力发电为代表的风能应用技术。通过本课程的学习能够掌握风能基础理论、风力机工作原理、风力发电机组结构及运行特征，了解风能资源评价方法以及风力发电场的选址、维护、管理等相关工程技术知识，具备应用风能工程的知识进行风力发电工程设计及对实际问题进行分析和计算的能力，为后续专业课的学习和将来从事专业技术工作打下良好的基础。

**2. 实习目的和要求**

风能工程设计将融合贯通所学的流体力学、机械制图、风能工程等多门课程，培养学生综合运用上述所学课程的知识和技能，以具体参数为基础开展计算和设计，理论联系实际学生拓宽视野、巩固和运用理论知识。同时增强学生劳动观念、提高素质，为学生将来走上工作岗位奠定基础。要求学生独立完成给定参数风能工程的设计计算、设备选型、工程图纸绘制，并将上述资料按照设计规范装订成册。

**3. 实习地点及内容**

**（1）实习地点：**学校指定教室，工程参照点选择河南农业大学文化路校区、龙子湖校区，也可根据周边企事业单位需求以宾馆、集中住宅区为参照点进行。

**（2）实习内容：**风力发电厂工程现场勘查、设计计算、设备选型、图纸绘制。

**4. 实习时间安排**

第7学期

1. 任务布置，设计规范讲解 1天
2. 已有典型工程参观 1天
3. 设计现场勘查 1天
4. 设计计算、设计校核、设备选型 5天
5. 图纸绘制 4天
6. 设计书编写 2天

**5. 实习具体要求**

1. 根据设计参数进行分组，5人为一组，确定小组负责人，进行小组分工；
2. 工程参观、现场勘查均以小组单位，组长负责成员的出行管理。
3. 院校实习领导小组负责实习计划落实和效果检查。
4. 实习期间严格实行实习签到制度，学生不得无故迟到、早退和旷课。

**6. 考核方式与成绩评定标准**

课程设计的考核内容有：平常设计出勤情况、设计说明书及图纸。内容必须要求学生个人完成，不得抄袭。

成绩评定：课程设计实习的成绩评定由三部分组成:

1. 学生个人在实习（设计）中的表现,分值占30%；
2. 根据设计说明书的书写情况，分值占50%；
3. 根据工程图纸的绘制情况，分值占20%。

**7. 教材及主要参考资料**

1. 风力发电系统控制原理，[马宏伟](https://book.jd.com/writer/%E9%A9%AC%E5%AE%8F%E4%BC%9F_1.html" \t "_blank)，[李永东](https://book.jd.com/writer/%E6%9D%8E%E6%B0%B8%E4%B8%9C_1.html" \t "_blank)，[许烈](https://book.jd.com/writer/%E8%AE%B8%E7%83%88_1.html" \t "_blank)，机械工业出版社，2020年。
2. **风**力发电机组原理与应用，[姚兴佳 宋俊](https://book.jd.com/writer/%E5%A7%9A%E5%85%B4%E4%BD%B3%20%E5%AE%8B%E4%BF%8A%20%20%E7%AD%89%E7%BC%96%E8%91%97..._1.html" \t "_blank)，机械工业出版社，2020年。
3. 风力发电功率预测技术及应用/新能源并网与调度运行技术丛书，[王勃](https://book.jd.com/writer/%E7%8E%8B%E5%8B%83_1.html" \t "_blank)，[王铮](https://book.jd.com/writer/%E7%8E%8B%E9%93%AE_1.html" \t "_blank)，[刘纯](https://book.jd.com/writer/%E5%88%98%E7%BA%AF_1.html" \t "_blank)，[范高锋](https://book.jd.com/writer/%E8%8C%83%E9%AB%98%E9%94%8B_1.html" \t "_blank)，中国电力出版社，2019年。
4. 风力发电机组原理与应用，[薛迎成](https://book.jd.com/writer/%E8%96%9B%E8%BF%8E%E6%88%90_1.html" \t "_blank)，[彭思敏](https://book.jd.com/writer/%E5%BD%AD%E6%80%9D%E6%95%8F_1.html" \t "_blank)，中国电力出版社，2018年。
5. 风电场运行与维护，[孙强](https://book.jd.com/writer/%E5%AD%99%E5%BC%BA_1.html" \t "_blank)，[郑源](https://book.jd.com/writer/%E9%83%91%E6%BA%90_1.html" \t "_blank)，中国水利水电出版社，2016年。
6. 风能工程，董良杰编著，中国农业出版社，2016年。
7. 风电场施工与安装，[赵显忠](https://book.jd.com/writer/%E8%B5%B5%E6%98%BE%E5%BF%A0_1.html" \t "_blank)，[郑源](https://book.jd.com/writer/%E9%83%91%E6%BA%90_1.html" \t "_blank)，中国水利水电出版社，2015年。
8. 风力发电原理，吴双群、赵丹平，北京大学出版社，2011年。
9. 风力发电技术及应用，范海宽，北京大学出版社，2013年。
10. 风力机空气动力学，吴双群、赵丹平，北京大学出版社，2011年。

**（十）氢能动力系统实习**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **开设学期**：7 | **实习周数：**2周 | **学分**：2.0 |
| **适用专业**：新能源科学与工程 | | |
| **先修课程**：氢能技术及应用 | | |
| **主撰人**：路朝阳 | **审核人**：贺超 | **大纲制定（修订）日期**：2023年 |

**1.课程简介**

该课程是新能源科学与工程专业的一门必修课。课程主要介绍生物制氢系统和氢气燃料电池系统的基本理论、装置结构、原理与应用技术，内容主要针对制氢生产和动力系统。通过该课程学习，掌握生物制氢的基本原理以及各种装置的结构、原理及应用技术，掌握氢能燃料电池系统的原理、装置及应用技术，从而让学生掌握氢能生产及动力系统工程的一般原理和方法，提高学生在能源领域从事技术工作和进行科学研究的能力与素质，为学生从事本专业的长远发展打下基础。

**2.课程劳动教育**

安排学生到实习基地进行现场考察、实地学习，切实增强理论知识和动手能力，让学生走进新能源、走近工业生产，走向强国之路，提升学生现代工业生产素养和专业实践能力。

**3.实习目的和要求**

通过氢能动力系统实习培养学生综合运用氢能工程、动力工程的知识和技能，并使学生拓宽视野、巩固和运用理论知识。同时增强学生劳动观念、提高素质，为学生将来走上工作岗位奠定基础。

**4.实习地点及内容**

**（1）实习地点：**河南省能源研究所有限公司、河南省图天新能源科技有限公司、河南农业大学机电工程学院实习工厂

**（2）实习内容：**①生物制氢生产工艺与设备操作

②氢气燃料电池动力系统测试

**5.实习时间安排**

第7学期

（1）生物制氢生产工艺与设备操作 10学时

（2）氢气燃料电池动力系统测试 10学时

**6. 实习具体要求**

（1）学生以小组为单位，分别到实习工厂进行实习，以便于集中管理；

（2）组织形式，由系主任和专业教师组成实习指导小组，负责实习教学的领导、实习计划的落实及实习进程和效果的检查工作；

（3）委托实习单位领导安排技术人员对实习学生进行技术指导和工作督促；

（4）由1~2名专业教师担任实习指导教师，蹲点负责实习指导工作，认真做好实习期间学生的思想政治工作，解决同学的实际问题，解答实习疑难，并做好与实习单位的交流和联系工作，使实习能顺利完成，并达到预期的效果。

（5）实习期间严格实行实习签到制度，学生不得无故迟到、早退和旷课。

**7. 考核方式与成绩评定标准**

实习结束后及时撰写并上交实习报告，并作为实习考核的主要依据之一。

实习成绩的考核分2部分，一部分为实习期间综合表现，包括实习态度，工作表现，遵守纪律情况，这一部分占总成绩的60%，另一部分为实习报告成绩，占40％。

**8. 教材及主要参考资料**

(1) 教材：能源动力工程导论，肖睿，中国电力出版社，2022年；十四五规划教材。

(2) 车用氢燃料电池，帕斯夸里·科尔沃，机械工业出版社，2022年。

(3) 实验指导书：河南农业大学能源系自编。

(4) 实习指导书：河南农业大学能源系自编。

**课程考核大纲**

# 工程热力学考核大纲

（Engineering Thermodynamics Examination Syllabus）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021201h | **课程学时：**56 | **课程学分：**3.5 |
| **主撰人：**徐桂转 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《工程热力学》是新能源工程与技术专业的必修课和核心课程，使学生了解并掌握关于能量转换规律及能量有效利用的基本理论、树立合理用能思想，并能应用这些理论对热力过程及热力循环进行正确的分析、计算，为学生学习专业课提供充分的理论准备，同时培养学生对工程中有关热工问题的判断、估算和综合分析的能力，为将来解决生产实际问题和参加科学研究打下必要的理论基础。

**二、理论教学部分的考核目标**

本课程的考试目标为学生应掌握工程热力学的基本理论知识，并能应用相关理论进行热力过程中热功转换的计算，分析能量利用的效率，并能分析热力过程的可行性，通过本课程的学习，应达到以下基本要求：掌握热力学第一和第二定律的含义、数学表达及应用；熟练掌握热力学过程的分析方法和计算过程；熟练掌握热力过程中工质热力学特性的分析和计算；熟练掌握动力循环、制冷循环和湿空气热力过程的分析和计算；理解热力学微分关系式和实际气体的热力学特性；了解化学热力学的基本概念和分析问题的方法。

**第一章 绪论**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：工程热力学在工程应用中的重要作用。

**2.一般掌握**：能量转换装置的基本工作过程。

**3.熟练掌握**：工程热力学常用的计量单位。

**（二）考核内容**

能量转换装置的基本工作过程，工程热力学常用的计量单位。

**（三）考核要求**

**1.识记**：热力学物理量基本量纲；

**2.领会**：热力装置和热力循环分析计算

**第二章 基本概念及定义**

**一、学习目标**

**1.一般了解**：状态公理和独立状态参数的确定。

**2.一般掌握**：热力循环的概念及计算，热力学系统的各种状态及其相互之间的关系。

**3.熟练掌握**：热力学系统划分的基本原则，描述和计算热力学系统状态的方法，状态参数坐标图的应用，准静态过程的物理意义及工程应用的价值，准静态过程功量和热量的本质。

**二、考核内容**

状态参数数学特性。

**三、考核要求**

**1.识记**：状态公理和独立状态参数的确定。

**2.领会**：热力循环的概念及计算，热力学系统的各种状态及其相互之间的关系。

**3.应用**：热力学系统划分的基本原则，描述和计算热力学系统状态的方法，状态参数坐标图的应用，准静态过程的物理意义及工程应用的价值，准静态过程功量和热量的本质。

**4.分析：**平衡状态的特性、状态参数数学特性辨析、状态参数和过程参数辨析。

**5.综合**：示功图、示热图。

**第三章 热力学第一定律**

**一、学习目标**

**1. 一般了解**：闭口系统能量方程式的微分表达式。

**2. 一般掌握**：热力学第一定律的本质，轴功、技术功、膨胀功以及流动之间的关系，焓的物理意义。

**3. 熟练掌握**：闭口系统能量方程式、开口系统能量方程式（稳定状态稳定流动能量方程式）的推导和应用。

**二、考核内容**

闭口系统能量方程式、开口系统能量方程式（稳定状态稳定流动能量方程式）的推导和应用。

**三、考核要求**

**1.识记**：闭口系统能量方程式的微分表达式。

**2.领会**：热力学第一定律的本质，轴功、技术功、膨胀功以及流动功之间的关系，焓的物理意义。

**3.应用**： 稳定流动闭口系能量方程式的应用。

**4.分析：**开口系统能量方程式微分表达式的应用。

**5、综合**： 稳定流动开口系统中轴功、技术功、流动功和热量交换的分析计算。

**第四章 工质的热力学性质**

**一、学习目标**

**1. 一般了解**：理性气体的定义和真实气体与理性气体间的差别。

**2. 一般掌握**：理想气体的比热容计算方法。

**3. 熟练掌握**：理想气体热力学能、焓、熵的计算。

**二、考核内容**

理想气体热力学能、焓、熵变化量的计算。

**三、考核要求**

**1.识记**：理想气体的定义、概念，比热容的定义、理想气体状态方程式。

**2.领会**：理想气体比热容的不同计算方法和计算精度。

**3.应用**：理想气体平均比热容和真实比热容的分析和计算。

**4.综合**：理想气体热力学能、焓、熵变化量的分析和计算。

**第五章 基本热力过程和多变热力过程**

**一、学习目标**

**1. 一般了解**：多变热力过程多变指数与过程的能量交换方向。

**2. 一般掌握**：四个基本热力过程的状态参数变化量、功和热量变化量的分析和计算公式。

**3. 熟练掌握**：四个基本热力过程的状态参数坐标图；简单多变热力过程状态参数坐标图；热力过程引起的状态参数变化量和功、热量的交换量。

**二、考核内容**

四个基本热力过程的状态参数坐标图；简单多变热力过程状态参数坐标图；热力过程引起的状态参数变化量和功、热量的交换量。

**三、考核要求**

**1.识记**：基本热力过程过程方程、能量交换量计算公式、状态参数变化量计算公式、多变热力过程随多变指数变化在状态参数坐标图上的表达。

**2.领会**：多变热力过程状态参数坐标图与功量和热量交换间的定性关系。

**3.应用**：四个基本热力过程的状态参数坐标图；简单多变热力过程状态参数坐标图。

**4.分析：**基本热力过程曲线和多变热力过程曲线的绘制。

**5、综合**：包含基本热力过程的热力循环状态参数坐标图、每个热力过程引起的状态参数变化量和功、热量的交换量。

**第六章 热力学第二定律**

**一、学习目标**

**1. 一般了解**：热力学第二定律的文字表述及其含义。

**2. 一般掌握**：熵方程的应用，热量㶲和冷量㶲的简单计算。

**3. 熟练掌握**：卡诺循环、卡诺定理、克劳修斯积分不等式、孤立系统熵增原理在热力过程分析中的应用。

**二、考核内容**

卡诺循环、卡诺定理、克劳修斯积分不等式、孤立系统熵增原理在热力过程分析中的应用。

**三、考核要求**

**1.识记**：熵方程的应用，熵变化量的计算公式、热机效率、卡诺效率、克劳修斯积分不等式、孤立系统熵增原理公式、做功能力损失公式、热量㶲和冷量㶲的计算公式。

**2.领会**：热力学第二定律的文字表述及其含义。

**3.应用：**卡诺循环、卡诺定理、克劳修斯积分不等式、孤立系统熵增原理在热力过程分析中的应用；做功能力损失和㶲方程分析能量利用效率。

**4.分析**：利用卡诺定理、克劳修斯积分不等式、孤立系统熵增原理分析热力过程能否发生

**5.综合：**熵方程的应用，卡诺循环、卡诺定理、克劳修斯积分不等式、孤立系统熵增原理在热力过程分析中的应用。

**6.评价**：利用做功能力损失或㶲方程分析有效能利用效率。

**第七章 热力学微分关系式及真实气体**

**一、学习目标**

**1. 一般了解：**真实气体的压缩因子图、对应态原理、比热容的一般关系是、维里方程。

**2. 一般掌握**：用来描述真实气体的经验状态方程式。

**3. 熟练掌握**：对应态原理，热力学能、焓和熵一般微分关系式的简单应用。

**二、考核内容**

对应态原理，热力学能、焓和熵一般微分关系式的概念掌握。

**三、考核要求**

**1、领会：**真实气体的压缩因子图、对应态原理、热力学微分关系式、维里方程。

**2、应用**：真实气体压缩因子图、真实气体对理想气体的偏离。

**第八章 气体和蒸汽的流动**

**一、学习目标**

**1. 一般了解**：气体流动的基本方程式。

**2. 一般掌握**：气体流动的流速与压力、体积、流道截面积之间的函数关系式，喷管内气流流速和流量计算。

**3. 熟练掌握**：喷管内气流流动特性，喷管设计计算步骤。

**二、考核内容**

气体流动的流速与压力、体积、流道截面积之间的函数关系式，喷管内气流流速和流量计算，喷管内气流流动特性，喷管设计计算步骤。

**三、考核要求**

**1.识记**：气体流动的基本方程式，喷管、扩压管、音速、马赫数、超音速流和亚音速流。

**2.领会：**气体流动的流速与压力、体积、流道截面积之间的函数关系式，喷管内气流流速和流量计算。

**3.应用**：喷管内气流流动特性。

**4.分析**：临界压力比对喷管设计的影响；背压不同对喷管出口压力造成的影响。

**5.综合**：喷管设计计算步骤。

**6.评价**：喷管阻力损失造成喷管出口实际流速降低和能量损耗。

**第九章 压气机的热力过程**

**一、学习目标**

**1. 一般了解：**叶轮式压气机工作过程。

**2. 一般掌握**：余隙容积的影响，实际压气机耗功量的分析和计算。

**3. 熟练掌握**：压气机理论耗功量的分析和计算，压气机压气过程在状态参数坐标图上的表达，多级压缩压缩比的确定和每级耗功量的计算。

**二、考核内容**

压气机理论耗功量的分析和计算，压气机压气过程在状态参数坐标图上的表达，多级压缩压缩比的确定和每级耗功量的计算。

**三、考核要求**

**1.识记**：活塞式压气机压气过程、多级压缩极间冷却作用和压气过程、叶轮式压气机压气过程。

**2.领会**：余隙容积对压气机的影响，实际压气机耗功量的分析和计算。

**3.应用**：单级和多级压气机理论耗功量的分析和计算，压气机压气过程在状态参数坐标图上的表达。

**4.综合**：活塞式压气机多级压缩压缩比的确定和每级耗功量的计算；叶轮式压气机实际压缩耗功量的分析计算。

**第十章 气体动力循环**

**一、学习目标**

**1. 一般了解**：活塞式内燃机的实际循环，喷气式发动机热力过程。

**2. 一般掌握**：活塞式内燃机三种理想循环热效率的比较、提高燃气轮机装置循环效率的方法和措施、实际燃气轮机循环和内燃机循环的分析和计算。

**3. 熟练掌握：**活塞式内燃机三种理想循环及燃气轮机装置理想循环的状态参数坐标图、热效率的分析和计算、工质在循环中状态的确定。

**二、考核内容**

活塞式内燃机三种理想循环及燃气轮机装置理想循环的状态参数坐标图、热效率的分析和计算、工质在循环中状态的确定。

**三、考核要求**

**1.识记**：活塞式内燃机的理想循环和燃气轮机理想循环过程及其在*P-v、T-s*图上的表达。

**2.领会**：活塞式内燃机三种理想循环热效率的比较、提高燃气轮机装置循环效率的方法和措施、实际燃气轮机循环和内燃机循环的分析和计算。

**3.应用**：活塞式内燃机三种理想循环及燃气轮机装置理想循环的状态参数坐标图、热效率的分析和计算、工质在循环中状态的变化。

**4.分析**：内燃机和燃气轮机循环过程中，工质状态参数变化情况。

**5.综合**：活塞式内燃机及燃气轮机装置新型热力循环的状态参数坐标图分析、热效率的分析和计算、工质在循环中状态参数变化量计算。

**第十一章 蒸汽动力装置循环**

**一、学习目标**

**1. 一般了解**：蒸汽动力循环的实际循环过程在状态参数坐标图上的表达、热电合供循环、蒸汽-燃气联合循环、蒸汽动力装置循环的㶲分析。

**2. 一般掌握**：提高蒸汽动力循环的方法：回热和再热循环的状态参数坐标图、循环效率的计算。

**3. 熟练掌握**：水蒸气的定压发生过程、湿蒸汽状态参数的计算、简单蒸汽动力循环朗肯循环的*P-v、T-s*图、循环热效率的计算、影响循环热效率的因素、提高循环热效率的方法和措施。

**二、考核内容**

水蒸气的定压发生过程、湿蒸汽状态参数的计算、简单蒸汽动力循环朗肯循环的状态参数坐标图、循环热效率的计算、影响循环热效率的因素、提高循环热效率的方法和措施。提高蒸汽动力循环的方法：回热和再热循环的*P-v、T-s*图、循环效率的计算。

**三、考核要求**

**1.识记**：蒸汽动力循环的实际循环过程*P-v、T-s*图。

**2.领会**：提高蒸汽动力循环的方法：回热和再热循环的*P-v、T-s*图、循环效率的计算。

**3.应用**：水蒸气的定压发生过程、湿蒸汽状态参数的计算、朗肯循环的*P-v、T-s*图、循环热效率的计算、影响循环热效率的因素、提高循环热效率的方法和措施。

**4.分析**：蒸汽动力循环过程中蒸汽流过每个设备状态参数的变化情况。

**5.综合**：水蒸气的热力学性质图表、实际蒸汽动力循环的*P-v、T-s*图、循环热效率的计算、影响循环热效率的因素、提高循环热效率的方法和措施。

**第十二章 制冷循环**

**一、学习目标**

**1. 一般了解**：制冷热力过程和制冷装置的发展历史、制冷剂的特性、压缩空气制冷循环的状态参数坐标图、热效率的计算。

**2. 一般掌握**：蒸汽喷射式制冷系统和吸收式制冷系统的工作原理和发展状况。

**3. 熟练掌握**：简单蒸汽压缩式制冷循环和热泵循环的状态参数坐标图、循环热效率的计算、影响循环热效率的因素、提高循环热效率的方法和措施。

**二、考核内容**

蒸汽喷射式制冷系统和吸收式制冷系统的工作原理、简单蒸汽压缩式制冷循环和热泵循环的状态参数坐标图、循环热效率的计算、影响循环热效率的因素、提高循环热效率的方法和措施。

**三、考核要求**

**1.识记**：制冷热力过程和制冷装置的发展历史、制冷剂的特性、蒸汽压缩式制冷循环的*P-v、T-s*和*lgp-h*图、热效率的计算。

**2.领会**：蒸汽喷射式制冷系统和吸收式制冷系统的工作原理和发展状况。

**3.应用**：简单蒸汽压缩式制冷循环和热泵循环的*P-v、T-s*和*lgp-h*图；制冷系数、供热系数和制冷剂流量的计算。

**4.综合**： 制冷剂蒸汽热力学性质图表的应用、提高蒸汽压缩式制冷循环的措施和相应的*P-v、T-s*和*lgp-h*图。

**第十三章 理想气体混合物及湿空气**

**一、学习目标**

**1. 一般了解**：理想气体混合物的分体积、分压定律，热力学能、焓、熵、比热容的计算。

**2. 一般掌握**：湿空气的基本概念的掌握。

**3. 熟练掌握**：湿空气焓-湿图的应用、湿空气干燥过程和湿空气调节过程的分析和计算；饱和湿空气、湿空气的含湿量、绝对湿度、焓、相对湿度等概念。

**二、考核内容**

湿空气的基本概念的掌握、湿空气焓-湿图的应用、湿空气的各种湿度的含义、湿空气干燥过程和湿空气调节过程的分析和计算。

**三、考核要求**

**1.识记**：理想气体混合物的分体积、分压定律，热力学能、焓、熵、比热容的计算。

**2.领会**：湿空气焓-湿图制作的理论基础。

**3.应用**：湿空气基本概念的考核。

**4.综合**：湿空气焓-湿图的应用、湿空气的各种湿度的含义、湿空气干燥过程和湿空气调节过程的分析和计算。

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

（1）必须自己动手参与实验过程，进行数据记录、处理，实验过程实名制；

（2）必须上交实验报告，要求报告中包含实验测试原理、原始实验数据记录、数据处理公式、数据处理结果和对实验结果的分析。

**四、考核方式**

期末考试采用闭卷形式；过程考核方式由线上提交测验、作业、视频学习情况、线下课堂中讨论参与情况、实验完成情况及期中考试闭卷考试六部分组成。线上测验由每次线上学习测验、每章测验两部分内容，作业为每章布置的作业题，由计算题、论文、讨论题等形式；视频学习情况为视频观看时间；线下课堂中讨论参与情况根据学生发言情况给予评定；实验完成情况包括实验操作和实验报告；期中考试主要考查学生对理论知识的理解掌握情况，根据学生掌握情况进行评价。

**五、成绩评定**

1.平时成绩的评价方法。

平时成绩由线上提交的测验、作业、视频学习情况和线下课堂中讨论参与情况、实验完成情况和期中考试成绩组成。其中线上测验、作业、视频学习情况、线下课堂讨论情况、试验完成情况占平时成绩的50%，分别是线上提交的测验成绩占平时成绩的10%、作业成绩占平时成绩的10%、视频学习情况占平时成绩的10%、线下课堂组织的讨论，根据学生参与情况给出成绩，占平时成绩的10%、试验完成情况占平时成绩的10%；期中考试结果占平时成绩的50%。平时成绩内容都属于过程性评价内容，占总成绩的50%。

2.期末成绩

期末成绩采取闭卷考试的考核方式，期末考试成绩占总成绩的50%。

1. 综合成绩

平时成绩×50% +期末成绩×50%

**六、考核结果分析反馈**

学生可以及时看到线上提交的测验、作业成绩，平时课堂参与讨论情况成绩由教师每周反馈给学生，期中考试成绩和实验成绩也由教师在2周内反馈给学生。期末考试前，任课教师将每位同学的平时成绩反馈给学生，让学生心中有数；参加完期末考试后，期末考试试卷标准答案即对学生公布，2周内将本门课程总成绩反馈给学生。

根据学生考核结果，分析学生存在的薄弱环节，在后续的教学过程中重视学生的参与和分析能力的培养。

# 传热学考核大纲

（Heat Transfer）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021202h | **课程学时：**56 | **课程学分：**3.5 |
| **主撰人：**杨绍旗 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《传热学》是新能源科学与工程专业的一门重要的专业基础课程和核心课，为后续专业课程提供必要的学习基础。本课程研究热量传递的规律，它不仅为学生学习有关的专业课程，如燃烧学、热能工程、供热工程等提供基础理论知识，也为从事能源有效利用、能源工程设计的工程技术人员打下必要的专业基础。通过本课程的学习，应使学生掌握分析工程传热问题的基本能力，掌握热量传递的基本规律。

**二、理论教学部分的考核目标**

掌握热量传递的三种方式(导热、对流换热和热辐射)的基本概念和基本定律；掌握一维稳态导热、一维非稳态导热的诺谟图解决实际传热问题；掌握选择、利用对流传热系数经验关联式计算常见对流传热问题；掌握空间两物体之间的辐射换热网络图分析和计算方法；掌握换热器选型、校核计算，并会设计、计算简单换热器。

**第一章 绪论**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：传热学的发展史。

**2. 一般掌握**：热对流和对流传热、热辐射和辐射传热、表面传热过程与总传热过程的差异，如何由三种传热方式组成复杂的总传热过程。

**3. 熟练掌握**：热量传递的三种方式(导热、对流换热和热辐射)的物理概念和三个基本公式。

**（二）考核内容**

热量传递的三种方式的物理概念和基本公式。

**（三）考核要求**

**1.识记**：热传导、热对流、热辐射。

**2.领会**：热对流和对流传热、热辐射和辐射传热、表面传热过程与总传热过程的差异。

**3.应用**：热量传递的三种方式的计算和分析。

**4.分析：**生产和生活中的传热现象。

**5.综合**：总传热过程的热阻分析法及计算。

**6.评价：**传热学在工程领域中的地位和应用。

**第二章 导热基本定律及稳态导热**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：柱坐标系、球坐标系中导热微分方程的表达；有内热源的一维稳态导热问题的分析。

**2. 一般掌握**：导热微分方程的表达、定解条件的表达；肋片一维稳态导热问题的理论分析。

**3. 熟练掌握**：傅里叶定律、等温面、等温线、温度差、热导率；平面、柱体、球体、变导热系数、变截面、肋片的一维稳态导热问题的分析和计算。

**（二）考核内容**

傅里叶定律、等温面、等温线、温度差、热导率；平面、柱体、球体、变导热系数、变截面、肋片的一维稳态导热问题的分析和计算。

**（三）考核要求**

**1.识记**：傅里叶定律、等温面、等温线、温度差、热导率。

**2.领会**：导热微分方程的表达、定解条件的表达；肋片一维稳态导热问题的理论分析。

**3.应用**：肋片的一维稳态导热问题的分析和计算。

**4.分析：**生产生活中的一维稳态导热问题分析。

**5.综合**：平面、柱体、球体、变导热系数、变截面一维稳态导热问题的计算和分析。

**6.评价：**解析解的应用。

**第三章 非稳态热传导**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：多维非稳态导热问题的理论分析；半无限大物体的非稳态导热问题的理论分析。

**2. 一般掌握**：一维非稳态导热问题的图解法。

**3. 熟练掌握**：集总参数分析和计算方法。

**（二）考核内容**

集总参数方法、时间常数、图算法。

**（三）考核要求**

**1.识记**：集总参数方法的判断依据；时间常数的概念。

**2.领会**：多维非稳态导热问题的理论分析；半无限大物体的非稳态导热问题的理论分析。

**3.应用**：一维非稳态导热问题的图解法。

**4.分析：**生产生活中的非稳态导热问题分析。

**5.综合**：集总参数分析和计算方法。

**6.评价：**导热热阻和对流热阻的相对大小对非稳态导热的影响。

**第四章 导热问题的数值解法**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：导热问题离散方程的建立方法、非稳态导热问题的离散方程的建立。

**2. 一般掌握**：二维稳态导热问题离散方程的建立及求解、一维非稳态导热问题的离散方程的建立。

**3. 熟练掌握**：一维导热问题离散方程的建立和求解。

**（二）考核内容**

二维稳态导热问题离散方程的建立及求解、一维非稳态导热问题的离散方程的建立，一维导热问题离散方程的建立和求解。

**（三）考核要求**

**1.识记**：离散方法、离散方程。

**2.领会**：导热问题离散方程的建立方法、非稳态导热问题的离散方程的建立。

**3.应用**：热平衡法的应用。

**4.分析：**简单形状物体的一维导热过程。

**5.综合**：导热问题离散方程的建立和求解。

**6.评价：**数值解的优点和应用。

**第五章 对流换热的理论基础**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：对流换热理论分析的三种方法：微分法、边界层微分法、边界层近似积分法；对流换热的相似理论内涵。

**2. 一般掌握**：对流换热的相似理论分析前提，要求满足的条件。

**3. 熟练掌握**：对流换热特征数关联式的应用。

**（二）考核内容**

对流换热特征数关联式的应用、注意事项。

**（三）考核要求**

**1.识记**：对流换热理论分析的三种方法。

**2.领会**：对流换热的相似理论。

**3.应用**：对流换热特征数关联式的应用。

**4.分析：**边界层方程的简化依据。

**5.综合**：对流换热特征数关联式的选取和应用。

**6.评价：**边界层对对流换热过程的影响。

**第六章 对流换热特征数关联式的应用**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：层流相变对流换热理论分析；沸腾换热的实验和理论分析。

**2. 一般掌握**：相变对流换热特征数关联式的应用。

**3. 熟练掌握**：相变对流换热的影响因素、特征数关联式的选取和应用。

**（二）考核内容**

对流换热的影响因素、特征数关联式的选取和应用。

**（三）考核要求**

**1.识记**：对流换热的类型和特点

**2.领会**：对流换热的影响因素和强化

**3.应用**：管内、管外、管束之间、层流、湍流对流换热特征数关联式的应用。

**4.分析：**强化对流换热的基本机制。

**5.综合**：换热器中各种情况下对流换热特征数关联式的选取和应用。

**6.评价：**对流换热的主要强化技术。

**第七章 相变对流换热**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：凝结对流换热的分析理论和特征数关联式；大容器沸腾换热理论及特征数关联式。

**2. 一般掌握**：掌握凝结对流、沸腾换热特征数关联式的选用原则及影响因素。

**3. 熟练掌握**：凝结和沸腾换热的影响因素及强化措施。

**（二）考核内容**

外部膜状凝结换热和大空间核态沸腾换热。

**（三）考核要求**

**1.识记**：凝结和沸腾换热的有关概念。

**2.领会**：凝结和沸腾换热的影响因素。

**3.应用**：凝结和沸腾换热特征数关联式的选取。

**4.分析：**强化凝结和沸腾换热的基本思想。

**5.综合**：凝结和沸腾换热特征数关联式的应用。

**6.评价：**强化凝结和沸腾换热的主要技术。

**第八章 热辐射基本定律和物体的辐射特性**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：辐射换热中黑体的辐射理论。

**2. 一般掌握**：灰体的概念和工程意义。

**3. 熟练掌握**：基尔霍夫定律。

**（二）考核内容**

辐射换热中的基本概念、两表面系统之间和多表面系统之间的辐射换热量的分析和计算。

**（三）考核要求**

**1.识记**：辐射换热的基本概念。

**2.领会**：辐射换热中简单的基本理论。

**3.应用**：基尔霍夫定律、灰体的概念。

**4.分析：**日常生活中的辐射传热现象。

**5.综合**：热辐射基本定律的应用。

**6.评价：**辐射换热与导热及对流传热的不同。

**第九章 辐射传热的计算**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：投入辐射、有效辐射、表面辐射热阻和空间辐射热阻。

**2. 一般掌握**：辐射换热中角系数的求取，辐射换热网络法的应用。

**3. 熟练掌握**：两表面系统之间和多表面系统之间的辐射换热量的分析和计算。

**（二）考核内容**

两表面系统之间和多表面系统之间的辐射换热量的分析和计算，辐射换热的控制。

**（三）考核要求**

**1.识记**：投入辐射、有效辐射、表面辐射热阻和空间辐射热阻。

**2.领会**：投入辐射、有效辐射概念和物理意义。

**3.应用**：辐射换热网络法的方法。

**4.分析：**表面之间辐射换热情况分析。

**5.综合**：两表面系统之间和多表面系统之间辐射换热量的计算。

**6.评价：**辐射传热过程的控制。

**第十章 传热过程和换热器**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：换热器的制造方法、保温和强化措施。

**2. 一般掌握**：换热器的校核计算方法、传热效率-传热单元数法。

**3. 熟练掌握**：换热器中的基本概念，换热器的传热系数、平均温差的分析和计算；换热器的设计计算方法。

**（二）考核内容**

换热器中的基本概念，换热器的传热系数、平均温差的分析和计算；换热器的设计计算方法。

**（三）考核要求**

**1.识记**：换热器的基本概念，传热系数、平均温差等。

**2.领会**：换热器校核计算方法。

**3.应用**：换热器的校核计算。

**4.分析：**传热过程的强化机制。

**5.综合**：换热器的设计计算。

**6.评价：**控制热量传递过程的技术。

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

1.实验部分要求学生会动手操作实验设备，会观察、分析实验数据。

2.能够利用传热学理论分析实验数据。

**四、考核方式**

本课程考核方式由2部分构成：过程性考核和结果考核。

过程性考核包括考勤、平时作业、在线测试、实验和学习表现五个考核项，主要是针对教学内容和教学设计，在每节课设置线上签到，进行出勤率的考核；每节课设置课堂互动，对学生上课表现进行考核；每一章节后设置线上和线下作业，考核其平时作业和在线测试的情况。

结果考核指期中和期末时的卷面考试，用以考核学生对知识点的掌握程度。

**五、成绩评定**

1.平时成绩

平时成绩占最终成绩的30%；

平时成绩=(考勤\*20%+平时作业\*20%+在线测试\*20%+实验\*20%+学习表现\*20%)\*50%+核心课期中考试\*50%；

注：各考核项均按百分制评分，总评时按比例折算各项实际得分。

2.期末成绩

闭卷考试：百分制

3.综合成绩

最终综合成绩 = 平时成绩×30% + 期末考试成绩×70%。

注：各考核项均按百分制评分，总评时按比例折算各项实际得分。

**六、考核结果分析反馈**

1.绘制课程班级总成绩分布图，直观分析不同得分区间学生数量及所占比例；横坐标为分值区间，纵坐标为人数及人数占班级总人数的比例。

2.绘制课程成绩构成表格，分析不同考核形式（考勤、平时作业、在线测试、小组探究学习表现等）的考核结果，及其所占权重；

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 考核形式 | 考核要求 | 考核权重 | 备注 |
|  |  |  |  |

3.卷面考核分析，对命题题型、难易程度、学生得分情况、掌握程度等进行分析；

4.对课程教学目标达成度进行划分，列举相应考核要求，通过与实际考核结果进行对比，分析目标达成情况及改进方向。

通过对考核结果进行详细分析，进行教学总结和反思，向学生及课程团队反馈，指导进一步向课堂教学反馈，向专业达成度反馈。

**流体力学考核大纲**

（Fluid Mechanics）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021203h | **课程学时：**40 | **课程学分：**2.5 |
| **主撰人：**岳建芝 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

该课程是新能源科学与工程专业本科生的专业基础课和核心课，是现代力学的重要分支，是这些专业的主干课程。通过该课程的学习使学生掌握流体力学的基础知识、研究理论和研究方法，从而为后续课程奠定基础，并能应用流体力学理论知识去解决实际生活和工程中的一些问题。

**二、理论教学部分的考核目标**

本课程要求学生通过学习，掌握流体的主要物理性质；熟练掌握流体静压强的分布规律和总压力的计算方法；熟练掌握不可压缩定常流动条件下理想流体与粘性流体的基本概念、流动规律和基本方程；了解量纲分析和相似原理，会根据实际情况选择模型律；掌握测量流体速度和流量的方法，能够掌握孔口、管嘴、简单管路和复杂管路的水力计算。

**第一章 绪论**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：了解流体的主要物理性质：密度、比体积、压缩性和膨胀性、液体的表面张力

**2. 一般掌握**：流体区别于固体的显著特性，连续介质，流体质点

**3. 熟练掌握**：质量力、表面力、流体粘性随温度的变化规律、牛顿粘性内摩擦定律应用

**（二）考核内容**

流体质点概念；连续介质概念；流体的压缩性和膨胀性的变化特点；流体的粘性；牛顿内摩擦定理

**（三）考核要求**

**1.识记**：流体质点；连续介质；压缩系数；体胀系数

**2.领会**：流体的易流动性；气体和液体的粘性随温度变化规律

**3.应用**：压缩系数和体胀系数

**4.综合**：利用牛顿粘性内摩擦定理解决活塞、圆盘等在做回转运动、直线运动时所需力矩或者功率的问题

**第二章 流体静力学**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**： 欧拉平衡微分方程的推导；等压面方程的推导；压强的测量方法

**2. 一般掌握**：欧拉平衡微分方程的物理意义；流体静压强的两个基本特性

**3. 熟练掌握**：流体静力学基本方程；压强的计算和表示方法，静压强分布图；静压力的计算

**（二）考核内容**

欧拉平衡微分方程的物理意义；等压面的特性；流体静力学基本方程及其应用；压强的计算和表示方法，静压强分布图；静压力的计算

**（三）考核要求**

**1.识记**：流体静力学基本方程的表达式；体静压强的两个基本特性

**2.领会**： 流体静力学基本方程的物理意义和几何意义；实压力体和虚压力体

**3.应用：**几种测量压强的工具（微压计、U型管则压计、双杯式测压计测压计算）

**4.分析：**利用静力学基本方程分析测压管高度变化；分析虚实压力体

**5.综合**：根据压强的分布规律求解静止液体作用在平板和曲面上的总压力

**第三章 流体运动学和动力学基础**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**： 描述流体运动的两种方法：拉格朗日法和欧拉法；了解质点加速度的表达式；输运公式的推导

**2. 一般掌握**：迹线、流线的概念；掌握关于流体运动的基本概念：定常流动和非定常流动；流管和流束；过流断面；湿周和水力半径；流量；平均流速；输运公式的物理意义

**3. 熟练掌握**：流体运动的连续性微分方程；总流的能量方程；惯性坐标系中的动量方程；理想流体的伯努利方程

**（二）考核内容**

一维不可压缩流体定常流动的连续性方程；惯性坐标系中的动量方程；粘性总流的能量方程；以及关于流体流动的一些基本概念

**（三）考核要求**

**1.识记**：迹线、流线的概念；掌握关于流体运动的基本概念：定常流动和非定常流动；流管和流束；过流断面；湿周和水力半径；流量；平均流速；输运公式的物理意义

**2.领会**： 粘性总流的能量方程的物理意义和几何意义；流体主法线方向速度和压强的变化规律；伯努利方程、动量方程和连续方程的各自应用条件

**3.应用**：能利用伯努利方程解释一些日常生活中的现象，比如为什么火车站要求火车进站时乘客要站在白线之外？为什么飞机可以飞起来？

**4.综合**： 能利用连续性方程、动量方程和粘性总流的伯努利方程解决一些工程中需要求运动流体和固体壁面之间的作用力、流量测定和流速测定等问题

**5.评价：**根据水轮机的叶片角度评价出合理的安装角度

**第四章 相似原理和量纲分析**

**（一）学习目标**

1. 一般了解：相似原理有关理论

2. 一般掌握：相似准则数的物理意义及应用；自模化模型律及其应用

3. 熟练掌握：诱导量纲的表达

**（二）考核内容**

流体的力学相似、量纲和单位的区别、基本量纲和诱导量纲的概念、相似准则、量纲和谐原理、量纲分析方法

**（三）考核要求**

1.识记：几何相似、运动相似、动力相似、量纲、单位、基本量纲

2.领会：量纲和谐原理

3.应用：单项力相似准则

4.综合：相似准则、瑞利法和π定理法

**第五章 管流损失和水力计算**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：管道进口段中粘性流体的流动；非圆形管道沿程损失的计算；虹吸管、堰流的水力计算；复杂管网的水力计算；紊流附加切应力及混合长度的概念

**2. 一般掌握**：雷诺实验过程，层流与紊流流态的特点；粘性流体管内流动的能量损失产生的种类和原因；圆管中粘性流体层流流动的切应力和速度分布规律；圆管中粘性流体紊流流动的切应力分布和速度分布规律；紊流的特点

**3. 熟练掌握**： 判别流体流态的判据；沿程损失的实验研究中每个区的特点；工业管道的流动阻力特定和水头损失的计算；串并联管道水力计算的特点

**（二）考核内容**

管流中的能量损失类型及形成原因；两种流动状态的判别准则；圆管中粘性流体的层流流动的流速、流量分布规律；粘性流体的紊流流动流速分布规律；时均流速的概念；水力粗糙与水力光滑概念及本质认识；尼古拉斯实验中的五个区域流动特点；管道流动的并串联水力计算

**（三）考核要求**

**1.识记**：雷诺数；临界雷诺数；沿程损失和局部损失的计算公式；圆管中粘性流体层流流动的切应力和速度分布规律；圆管中粘性流体紊流流动的切应力分布和速度分布规律

**2.领会**： 领会尼古拉兹不同分区中沿程阻力系数和雷诺数和相对粗糙度的关系

**3.应用**： 简单管路水力计算

**4.分析：** 会分析水力光滑管和水力粗糙管变化的原因

**5.综合**： 串联和并联管路的水力计算

**第六章 液体出流**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**： 薄壁孔口非定常出流

**2. 一般掌握**：表征孔口出流性能的出流系数，包括收缩系数、流速系数和流量系数；淹没出流

**3. 熟练掌握**： 薄壁小孔口定常出流；薄壁大孔口定常出流；外伸管嘴定常出流

**（二）考核内容**

大孔口和小孔口的划分；厚壁孔口和薄壁孔口的划分；薄壁小孔口定常出流出流流速和出流流量的计算；外伸管嘴定常出流出流流速和出流流量的计算

**（三）考核要求**

**1.识记**：大孔口和小孔口的概念；厚壁孔口和薄壁孔口的概念；完全收缩和不完全收缩

**2.领会**： 淹没出流出流流量和孔口位置为什么无关

**3.应用**：孔板流量计测量流量的原理

**4.分析：**可以运用伯努利方程分析出为什么相同条件下管嘴出流比孔口出流流量大

**5.综合**：利用出流流速计算式和出流流量计算式解决实际工程中液体经孔口和管嘴出流问题

**6.评价：**对于工业上不同情况的管嘴和孔口，可以根据使用目的和要求评价出是否适合

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

1．要求学生明确实验目的，熟悉实验过程，并可以协作完成整个实验流程

2. 实验结束后要求学生独立完成实验数据，并可以根据实验过程完成实验报告中的思考题

**四、考核方式**

流体力学课程的考核分成两部分，过程性考核和期末考试考核。其中过程性考核会对学生课堂内外、线上线下的表现、实验操作动手能力和实验报告分析等分别赋予不同的权重。期末试卷内容分为基本知识考核和能力考核两部分。基本知识考核题要覆盖所学的内容，题型有判断、填空、选择和问答四类；能力考核题的难度和习题相当，内容包括流体静压强计算，压力体的绘制，连续性方程、伯努利方程、动量方程的应用，管路的阻力损失分析及计算等。

**五、成绩评定**

1.平时成绩的评价方法。平时成绩的评价主要从在线观看视频学时数、慕课堂测试成绩、线上参与讨论情况、作业完成情况和实验完成情况进行多方位多角度的评价，每个考核点有不同的权重。

2.最终成绩评价方法。最终成绩=平时成绩（20%）+期中考试（20%）+期末考试（60%）。期末采用闭卷考试形式，重点考核学生对知识的运用能力。

**六、考核结果分析反馈**

考核结果通过网络直接通知到学生，并向学生下发调查问卷，根据学生提出的问题进行教学反思，提出后续教学的改进方案。考试结束后根据试卷提供全面的试卷分析，召开教学团队总结会，根据试卷成绩分析教学环节可能存在的问题，提出改进方法，达到在后续的教学中不断提高教学产出能力目的。

# 燃烧学考核大纲

（Combustion）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021204 | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**荆艳艳 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《燃烧学》是新能源科学与工程专业的一门专业基础必修课程。它是研究燃料和氧化剂进行激烈化学反应的燃烧动力学规律，运用先进的燃料燃烧和节能技术来提高燃料的使用效率的一门综合性较强的学科，要用到高等数学、工程热力学、传热学、流体力学、化学动力学等学科的知识。本课程以这些学科为基础，讲述各类燃料的特性及燃烧的一般现象和规律，分析影响燃烧的各种化学和物理因素，介绍燃烧基本原理在能源工程及环境保护工程中的应用，并探索提高燃料使用效益的途径。掌握和研究燃烧学基础知识，对于发展我国的能源与环境保护工程事业，促进国民经济的发展有重要的作用。

**二、理论教学部分的考核目标**

**第一章 绪论**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：燃烧与火焰。

**2．一般掌握**：燃烧与经济、能源及环保的关系；燃料利用状况及其燃烧科学的发展简史。

**3．熟练掌握**：燃烧学的研究对象及研究方法。

**（二）考核内容**

燃烧与火焰；燃烧学的研究对象及研究方法。

**（三）考核要求**

**1．识记**：燃烧学的发展史。

**2．领会**：燃料燃烧与经济、能源及环保的关系。

**3．应用**：燃烧学的研究对象及研究方法。

**第二章 燃料**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：燃料形成与分类、各化学组成的燃烧特性；人工沼气、天燃气、液化石油气、各种煤气的燃烧特性与发展现状。

**2．一般掌握**：木质燃料（包括植物桔杆、木柴等）的组成、燃烧特性；煤的工业分析方法及其燃烧特性；液体燃料的理化性质及燃烧特性。

**3．熟练掌握**：燃料组成四种基的表示方法，基间换算；燃料发热量的计算，燃烧的元素分析与工业分析。

**（二）考核内容**

燃料组成的四种基准表示方法，基间换算方法；液体燃料（石油产品、植物柴油、洒精等）等的理化性质及燃烧特性；热值的测定方法。

**（三）考核要求**

**1．识记**：燃料形成与分类、各化学组成的燃烧特性。

**2．领会**：木质燃料的组成、燃烧特性及其气化技术的基本原理与发展状况。

**3．应用**：燃料组成的四种基准表示方法，基间换算方法。

**第三章 燃料燃烧计算**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：烟气分析方法及应用计算。

**2．一般掌握**：燃烧过程的物质平衡计算，燃烧温度的测定与计算。

**3．熟练掌握**：空气需要量计算、燃烧产物烟气的分析计算，过量空气系数的确定，影响燃烧温度的各种因素分析。

**（二）考核内容**

物质平衡计算，燃烧温度的测定，影响燃烧温度的各种因素分析，

**（三）考核要求**

**1．识记**：燃烧过程的物质平衡。

**2．领会**：燃烧过程的物质平衡计算。

**3．应用**：烟气分析方法及应用计算，过量空气系数的确定。

**4．分析：**影响燃烧温度与燃烧效果的各种因素分析。

**第四章 燃烧反应动力学**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：影响燃烧反应速度的因素分析，氢及一氧化碳的燃烧反应。

**2．一般掌握**：活化能的定义及其对燃烧速率的影响及工程应用，链锁反应的分类。

**3．熟练掌握**：燃烧反应速度的计算。

**（二）考核内容**

燃料的燃烧反应速度。

**（三）考核要求**

**1．识记**：影响燃烧反应速度的因素。

**2．领会**：质量作用定律及阿累尼乌斯公式的意义与使用条件。

**3．应用**：燃烧反应速度的计算。

**4．综合：**利用燃烧反应速度进行燃烧工程技术优化。

**第五章 着火与灭火**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：着火条件、着火延迟、可燃界限、淬熄距离和最小点火能的概念。

**2．一般掌握**：强迫点燃的理论及其常用点燃方法的基本原理。

**3．熟练掌握**：简单燃烧系统的着火与灭火分析及临界条件。

**（二）考核内容**

强迫点燃的理论及其常用的点燃方法的基本原理；简单燃烧系统的着火与灭火分析。

**（三）考核要求**

**1．识记**：火焰点火的点燃条件；火花点火的最小点火能。

**2．领会**：自发着火与灭火的热力学分析原理。

**3．分析**：简单燃烧系统的着火与灭火分析。

**4．应用：**自发着火温度测定的实验方法。

**第六章 气体燃料燃烧**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：层流与紊流火焰传播理论及其影响因素。

**2．一般掌握**：气体燃料的燃烧方法，燃烧器的分类及其技术要求。

**3．熟练掌握**：防回火和脱火的主要措施，火焰稳定性原理，大气式燃烧器的组成与工作原理。

**（二）考核内容**

火焰稳定性；民用燃气用具设计的基本方法；低压引射大气式燃烧器的设计计算。

**（三）考核要求**

**1．识记**：层流与紊流火焰传播理论及其影响因素。

**2．领会**：气体燃料的燃烧方法，燃烧器的分类及其技术要求。

**3．应用**：火焰稳定性，燃气用具设计的基本方法。

**4．综合**：民用燃气用具（炊事灶、热水器、沸水器、沼气灯等）的设计计算。

**第七章 液体燃料燃烧**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：单颗油滴的燃烧理论；雾化方法与雾化机理。

**2．一般掌握**：雾化滴群的燃烧理论。

**3．熟练掌握**：影响油滴的燃烧速度的因素和雾化燃烧的机理。

**（二）考核内容**

单颗油滴的燃烧理论；雾化方法与雾化机理。

**（三）考核要求**

**1．识记**：单颗油滴的燃烧理论；雾化方法与雾化机理。

**2．领会**：雾化滴群的燃烧理论。

**3．分析**：液体燃料在点燃式发动机中的燃烧原理及其影响因素分析。

**第八章 固体燃料燃烧**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：固体燃料的燃烧方法及其过程。

**2．一般掌握**：碳的反应速度，煤的燃烧过程，生物质的燃烧机理。

**3．熟练掌握**：固体燃料的层燃燃烧过程。

**（二）考核内容**

固体燃料燃烧的过程，影响碳粒燃烧速度的因素。

**（三）考核要求**

**1．识记**：固体燃料的燃烧方法。

**2．领会**：固体燃料的燃烧过程。

**3．应用**：固体燃料颗粒的燃烧应用。

**第九章 燃烧污染与控制**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：能源与环境的关系。

**2．一般掌握**：脱硝、脱硫、消烟除尘的方法及相关技术的应用。

**3．熟练掌握**：燃料燃烧污染物排放的防控措施。

**（二）考核内容**

脱硝、脱硫、除尘技术的原理及应用。

**（三）考核要求**

**1．识记**：能源与环境的关系。

**2．领会**：脱硝、脱硫、除尘技术的原理。

**3．综合：**燃料燃烧污染物排放的防控措施。

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

实验内容作为课程考试的一部分，实验课程操作及实验报告作为平时成绩考核。

**四、考核方式**

本课程针对教学目标、教学内容和教学组织形式，采用多元化考核评价方法，课程考核方式主要包括过程性评价和终结性评价两部分。过程性评价得分为百分制，由课堂表现（课堂签到、上课状态、回答问题等）、课程学习（课程自主学习、资料查询、小组讨论、作业等）和实验（实验参与、操作能力、实验报告撰写）等多环节构成。终结性评价主要是指期末考试，采用闭卷笔试形式进行。

**五、成绩评定**

1．平时成绩

平时成绩以过程性评价方式进行，总分按100分计算，课堂表现、课程学习和实验等各占比例如下：

（1）课堂表现（40%）：包括课堂签到情况、上课状态、回答问题情况等。

（2）课程学习（40%）：包括课程自主学习、资料查询、小组学习讨论、作业等。

（3）实验（20%）：包括实验参与、实验完成情况、操作能力、实验报告撰写质量等

2．期末成绩

课程结束，期末考试采用闭卷考试形式，得分为百分制，比重100%。

3．综合成绩

课程考核综合成绩由平时成绩和期末成绩两部分组成，综合成绩=期末考试成绩×70%+平时成绩×30%

**六、考核结果分析反馈**

学生通过教务系统可以查询自己的平时成绩和最终成绩，教师按照学生学习效果，利用超星学习通、微信群、QQ群等将课程教学效果反馈给学生，并完成成绩评价分析，及时改变教学方式、查漏补缺，形成持续改进的闭环反馈机制。

# 生物质能工程考核大纲

（Biomass Energy Engineering）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021206h | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**黄黎 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《生物质能工程》是以生物质高效转换利用原理与技术为研究对象的一门应用性学科，为新能源科学与工程专业的核心课程。本课程涉及生物学、物理化学、工程热力学、传热学、燃烧学等课程知识，以这些学科为基础，紧密围绕新能源交叉学科的特点，讲述生物质转化为新能源的方法、基本原理与相关工艺、设备，使学生通过本门课程的学习后，了解生物质能源利用的各种方法，掌握生物转化，热化学转化及物理转化的基本理论及工艺，并正确掌握基本操作的知识和技能以及一些重要的实验，获得科学研究方法的初步训练，从多个角度学习和掌握生物质利用领域相关知识，并在此基础上，掌握生物质转化与利用系统的工作原理及设计方法，探索复合创新型人才培养的改革与实践。

**二、理论教学部分的考核目标**

根据新能源科学与工程专业的培养目标与特点，本课程的考试重点应放在生物质新能源转化的基本理论及其工艺设备等方面。通过考试，促使学生通过本门课程的学习后，认识生物质新能源转化的各种工艺方法，掌握生物质新能源转化的基本原理，以及应用这些理论进行生物质高效、清净能源转化的工程应用中的工艺与操作方法，并正确掌握基本操作的知识和技能以及一些重要的实验，获得科学研究方法的基本训练，了解本学科范围内重大的科学技术新成就。培养学生辩证唯物主义的观点和坚持理论联系实际的原则，使学生具有初步分析问题和解决问题的能力，为学好专业知识，进一步掌握新的科技成就，或成为生物质能源领域的合格工程技术人才打好基础。

**第一章 绪论**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：国内外能源发展现状，我国能源生产利用形式与特点，生物质能工程研究进展

**2.一般掌握**：生物质能工程研究的主要内容，生物质能转换技术的类型与各自的特点

**3.熟练掌握**：生物质、生物质能的概念，生物质能源转换原理

**（二）考核内容**

生物质、生物质能的概念，生物质能工程研究的主要内容，生物质能源转换原理，生物质能转换技术的类型与各自的特点

**（三）考核要求**

**1.识记**：生物质、生物质能的概念

**2.领会**：生物质能源转换原理

**3.应用**：生物质能转换技术的选择

**4.分析**：生物质原料特性与转化技术之间的关系

**5.综合：**针对生物质类型，依据能源转换原理，选择相应的生物质能转换技术

**第二章 生物质压缩成型燃料技术**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：生物质压缩成型技术的发展现状，固体生物质结构特点，螺旋挤压成型机、活塞冲压成型机、压辊成型机的结构和工作原理

**2.一般掌握：**生物质压缩成型过程中的物理、化学变化，生物质压缩成型的工艺流程，生物质压缩成型的工艺类型和设备类型，螺旋挤压成型、活塞冲压成和压辊成型工艺的特点

**3.熟练掌握**：生物质压缩成型燃料特点与燃烧特性，典型的生物质压缩成型设备的结构特点与工作原理

**（二）考核内容**

生物质压缩成型原理，生物质压缩成型的工艺流程，生物质压缩成型的工艺类型和设备类型，螺旋挤压成型、活塞冲压成和压辊成型工艺的特点，生物质压缩成型工艺影响因素，生物质压缩成型燃料特点与燃烧特性，典型的生物质压缩成型设备的结构特点与工作原理

**（三）考核要求**

**1.识记：**生物质压缩成型燃料的概念，生物质压缩成型的工艺流程，生物质压缩成型的工艺类型和设备类型

**2.领会：**生物质压缩成型原理，生物质压缩成型设备的结构特点与工作原理

**3.应用：**选用合适的生物质压缩成型设备进行生物质压缩成型燃料生产

**4.分析：**生物质物料的基本特性

**5.综合：**针对燃料生产目标，依据不同类型生物质压缩成型燃料的燃烧特性，选择相应的生产设备，组织生物质压缩成型燃料的生产

**6.评价：**生物质压缩成型设备的性能

**第三章 生物质燃烧技术**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：生物质燃烧技术的发展现状，生物质燃烧污染物排放情况，生物质燃烧设备的类型与基本特点

**2.一般掌握**：生物质燃烧组织特点，民用炉具与工业锅炉的常见类型及结构特点

**3.熟练掌握**：生物质燃料的特性，生物质燃烧原理，生物质工业燃烧技术

**（二）考核内容**

生物质燃料的特性，生物质燃烧原理，民用炉具与工业锅炉的常见类型及结构特点，生物质工业燃烧技术

**（三）考核要求**

**1.识记：**民用炉具与工业锅炉的常见类型及结构特点

**2.领会：**生物质燃烧原理，生物质工业燃烧技术

**3.应用：**民用炉具与工业锅炉的选择

**4.综合：**针对用能需求，依据生物质燃烧原理，选择相应的生物质燃烧设备及附属设施

**第四章 生物质热解技术**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：生物质热解液化技术的研究现状，生物油应用途径，生物质热解固化与液化工艺类型，炭化炉的类型和特点

**2.一般掌握**：生物质热解的概念，生物质发生热解的内在机理，影响生物质热解的主要因素，生物质热解的主要设备类型和主要运行参数，生物油的特点与精制方法，生物质炭化的操作过程，生物质热解液化的工艺流程

**3.熟练掌握**：影响生物质热解的主要因素，生物质热解的工艺类型和主要运行参数

**（二）考核内容**

生物质热解的概念，生物质发生热解的内在机理，影响生物质热解的主要因素，生物质热解的工艺类型和主要运行参数，生物油的特点与精制方法，生物质炭化的操作过程，生物质热解液化的工艺流程，影响生物质热解的主要因素，生物质热解的工艺类型和主要运行参数

**（三）考核要求**

**1.识记：**生物质热解的概念，生物质热解的工艺类型和主要运行参数

**2.领会：**生物质发生热解的内在机理，影响生物质热解的主要因素，生物质热解液化与热解制备生物炭的工艺要求

**3.应用：**以生物质为原料，选用合适的热解工艺生产气、固、液燃料

**4.综合：**针对燃料生产目标，依据生物质热解特性，选择相应的设备和工艺参数，生产气、固、液态料，进行生物油精制

**5.评价：**生物热解产品的品质

**第五章 生物质气化技术**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：生物质气化技术发展现状，生物质燃气的用途，生物质气化技术类型，生物质气化设备类型及各自的特点

**2.一般掌握：**生物质气化的概念，生物质气化制备燃气的机理，生物质气化过程中的影响因素，生物质气化设备的工作原理，生物质主要的气化设备的结构特点与工作过程，生物质燃气中的主要杂质成分及净化方法

**3.熟练掌握**：生物质气化原理，上吸式和下吸式固定气化床的基本结构和工作原理，流化床气化床的基本结构和工作原理，生物质气化操作的主要参数（气化效率、热效率、气化强度）及其计算方法

**（二）考核内容**

生物质气化技术类型，生物质气化设备类型及各自的特点，生物质气化原理，生物质气化影响因素，生物质主要的气化设备的结构特点与工作过程，生物质气化操作的主要参数（气化效率、热效率、气化强度等）及其计算方法生物质燃气中的主要杂质成分及净化方法

**（三）考核要求**

**1.识记：**生物质气化的概念，生物质气化类型、气化设备类型及其结构特点，生物质气化操作的主要参数

**2.领会：**生物质气化机理，生物质气化过程中的影响因素，生物质气化设备的工作原理

**3.应用：**根据生物质类型选用合适的气化设备

**4.综合：**针对需求情况，依据生物质气化原理，选择合适的气化设备和气化工艺，生产生物质燃气或制备原料气

**第六章 厌氧发酵与沼气技术**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：沼气基本性质及燃烧特点、户用式沼气池的常见类型、大中型厌氧反应器的类型、沼气工程技术发展历程

**2.一般掌握：**发酵原料测定指标、发酵原料的配比与产气特性、大中型厌氧反应器的运行参数、大中型沼气工程的工艺流程，沼气发酵产品及利用

**3.熟练掌握**：沼气厌氧发酵生化反应过程、沼气发酵的工艺条件、典型的厌氧反应器的结构与工作原理

**（二）考核内容**

沼气发酵原料有机质测定指标、发酵原料的配比，厌氧反应器的运行参数、沼气发酵产品及利用、厌氧发酵生化反应过程、沼气发酵的工艺条件、典型的厌氧反应器的结构与工作原理

**（三）考核要求**

**1.识记：**沼气与沼气工程的概念、沼气发酵原料有机质测定指标、厌氧反应器的运行参数

**2.领会：**沼气厌氧发酵原理、沼气发酵的工艺条件、厌氧反应器的结构与工作原理

**3.应用：**发酵工艺与厌氧反应器的选择

**4.分析：**沼气发酵原料测定指标与配比

**5.综合：**针对不同沼气发酵原料、生产目标等选用合适的工艺流程

**6.评价：**厌氧反应器的性能

**第七章 生物质燃料乙醇技术**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：生物燃料乙醇技术发展现状，燃料乙醇的基本性质、生产原料与生产方法，发酵法乙醇生产的工艺类型

**2.一般掌握：**菌种、糖酵解、乙醇发酵、淀粉糊化、水解（糖化）、乙醇蒸馏等概念，乙醇发酵过程中的生化反应原理，连续发酵工艺的乙醇生产原理，淀粉质、糖质原料和纤维素原料发酵法生产燃料乙醇的工艺流程，无水乙醇制备方法

**3.熟练掌握**：乙醇发酵的原理，乙醇蒸馏提浓的原理

**（二）考核内容**

糖酵解、乙醇发酵、淀粉糊化、水解等概念，乙醇发酵过程中的生化反应原理，燃料乙醇生产的工艺流程，乙醇蒸馏提浓的原理

**（三）考核要求**

**1.识记：**菌种、糖酵解、乙醇发酵、淀粉糊化、水解（糖化）、乙醇蒸馏等概念

**2.领会：**乙醇发酵过程中的生化反应原理，连续发酵工艺的乙醇生产原理，发酵法生产乙醇的工艺流程，无水乙醇制备方法

**3.应用：**发酵法生产乙醇

**4.综合：**针对淀粉质、糖质原料和纤维素原料，采用相应的处理方法进行厌氧发酵，生产燃料乙醇

**第八章 生物柴油技术**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：生物柴油生产技术发展现状，生物柴油特点与用途，生物柴油的生产工艺类型

**2.一般掌握：**生物柴油的生产原理，生物柴油的概念，生物柴油的生产原料，生物柴油的主要生产工艺

**3.熟练掌握**：酯交换法生产生物柴油的工艺流程

**（二）考核内容**

生物柴油的概念，生物柴油特点与用途，生物柴油的生产原理与生产工艺类型，生物柴油的主要生产工艺与各自特点

**（三）考核要求**

**1.识记：**生物柴油的概念，生物柴油特点与用途，生物柴油的生产工艺类型

**2.领会：**生物柴油的生产原理，生物柴油的主要生产工艺与各自特点

**3.应用：**掌握动、植物油脂化学催化酯交换法生产生物柴油的工艺

**4.综合：**针对生产原料特点，依据生物柴油生产原理，选择合适的生产工艺制备生物柴油

**第九章 生物质制氢技术**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：氢气的能源特性，不同的制氢途径及其特点，几种主要的生物质制氢装置

**2.一般掌握：**生物质制氢的特点，主要的生物质制氢的工艺类型，微生物产氢原理，光合微生物制氢反应器运行原理

**3.熟练掌握**：生物质微生物制氢途径

**（二）考核内容**

氢气的能源特性，生物质制氢的特点，主要的生物质制氢的工艺类型，微生物产氢原理，生物质微生物制氢途径，光合微生物制氢反应器运行原理

**（三）考核要求**

**1.识记：**氢气的能源特性，生物质制氢的特点，主要的生物质制氢的工艺类型

**2.领会：**微生物产氢原理，生物质微生物制氢途径，光合微生物制氢反应器运行原理

**3.应用：**根据氢气需求选用合适的制氢方法

**4.综合：**依据生物质制氢原理，选择合适的制氢工艺，提高生物质产氢效率

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

1.正确掌握 “气相色谱仪测定沼气成分”、“总固体（TS）与挥发性固体（VS）的测定”基本操作技能与计算方法；

2.在实验实习中培养学生严谨的科学作风和实事求是的科学态度；

3.在实验实习中培养学生独立思考和独立互作的能力。

**四、考核方式**

考核方式包括考试及过程评价。

**1.考试方法：** 闭卷考试。

**2.过程性评价：**包含课程学习、阶段测评、综合测评、课堂表现、实验实践等环节。

（1）课堂表现：包括上课状态、回答问题情况等。

（2）课程学习：包括课程自主学习情况、资料查询情况、小组学习讨论等。

（3）阶段测评：课程每章节完成后进行，形式包括参与科学研究、专业知识探讨、PPT制作、论文撰写、单元测验、单元作业等。

（4）综合测评：课程进行过程中每月一次，形式包括参与科学研究、专业知识探讨、PPT制作、论文撰写、课程答辩、综合测验等。

（5）实验：包括实验参与情况、实验完成情况、实验操作能力、实验报告撰写质量等。

**五、成绩评定**

1.平时成绩

平时成绩 ＝ 课堂表现（20%）+ 课程学习（20%）+ 阶段测评（20%）+ 综合测评（20%）+ 实验（20%）

2.期末成绩

闭卷考试，100%

3.综合成绩

最终成绩 ＝ 考试卷面成绩×60% + 平时成绩×40%

**六、考核结果分析反馈**

过程考核情况即时向学生发布，卷面考试在考完后两周内向院、校报备，之后向学生公布成绩。学生对考核结果持异议者可申请成绩复核，教师在系院两级督导协助下进行成绩复核。老师应对考试结果进行考试分析，形成分析文件上报。

过程考核即时反馈评价体系可以使教师随时了解学生在教学过程中的接受消纳程度，进而完成持续改进；最终考核结果的纵向比较可以使教师掌握在前沿知识更迭过程中，学生的理解掌握深浅，同时最终考核结果也可以对前序课程及后续课程的课程目标达成情况进行反馈或预测，相应结果同时可对前序课程及后续课程的持续改进提供参考；综上多课程考核结果联动与综合有助于专业建设形成持续改进闭环，进而达到基于学习产出的教育效果。

# 沼气工程考试大纲

（Biogas Engineering）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021209 | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**李攀攀 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《沼气工程》是新能源科学与工程专业的一门创业教育类选修课程。沼气是清洁的可再生能源，其在我国能源消费结构尤其是农村地区能源消费中占有越来越重要的地位。同时，沼气技术也是解决农村地区畜禽粪便污染、秸秆利用和生态农业发展的重要技术形式。本课程主要讲授沼气厌氧发酵原理、厌氧发酵工艺、沼气利用及以沼气为基础的生态农业模式。通过本课程的学习要求学生掌握沼气发酵基本原理、主要技术工艺及其特征，沼气发电系统选型设计及生物天然气制备技术，了解沼气技术在生态农业发展、农村生态环境整治中重要作用及主要利用模式。

**二、理论教学部分的考核目标**

掌握沼气厌氧发酵基本原理和工艺、原料的可获得性评价、沼气净化利用及生物天然制备技术，根据原料特性进行沼气工程工艺设计，熟悉相关设备的选型和维护，了解以沼液沼渣利用为纽带的生态农业模式。

**第一章 沼气厌氧发酵原料及预处理**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：主要原料类型。

**2. 一般掌握**：不同原料在沼气厌氧发酵过程的转换规律及主要预处理措施。

**3. 熟练掌握**：各类原料的可获得性评价及预处理工艺。

**（二）考核内容**

本章主要考核不同原料的发酵特性及产气潜力，根据原料特性选择预处理形式的能力，培养学生自主学习素养。

**（三）考核要求**

**1、识记**：不同原料的产气特性及可获得性。

**2、领会**：主要原料类型和不同原料的组分特性。

**3、应用**：不同原料基本特性、发酵潜力分析及可获得性分析。

**4、分析：**原料预处理工艺特点。

**5、综合**：不同养殖模式下畜禽粪便的预处理工艺及流程。

**6、评价：**秸秆物料的预处理工艺。

**第二章 沼气厌氧发酵工艺**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：厌氧发酵微生物、厌氧反应器的主要类型及发展历程。

**2. 一般掌握**：厌氧发酵生化过程和不同厌氧反应器工艺的差异及特征。

**3. 熟练掌握**：厌氧发酵工艺的优化；不同厌氧反应器优缺点、适用范围，根据不同物料和预处理形式选择适应反应器形式。

**（二）考核内容**

本章主要考核厌氧发酵过程的优化，不同厌氧反应器优缺点、适用范围，根据不同物料和预处理形式选择合理的反应器形式的能力，鼓励学生进行自主创新。

**（三）考核要求**

**1、识记**：沼气厌氧发酵生化过程。

**2、领会**：厌氧反应器的主要类型。

**3、应用**：根据不同物料和预处理形式选择适用反应器形式。

**4、分析：**不同厌氧反应器工艺的差异及特征。

**5、综合**：结合物料特征及预处理优化厌氧发酵过程。

**6、评价：**厌氧发酵过程的影响因素。

**第三章 沼气发酵装置设计**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：常用沼气发酵装置的类型。

**2. 一般掌握**：沼气发酵装置的结构特点和厌氧反应器设计的内容。

**3. 熟练掌握**：UASB、CSTR反应器的设计。

**（二）考核内容**

本章主要考核沼气厌氧发酵装置的类型、结构特点及适用范围；考查厌氧发酵反应器的综合设计能力，培养学生科学与工程素养。

**（三）考核要求**

**1、识记**：沼气厌氧发酵装置的类型及特点。

**2、领会**：厌氧反应器的设计原则。

**3、应用**：UASB、CSTR反应器的整体设计。

**4、分析：**不同材料反应器的优缺点及适用范围。

**5、综合**：UASB、CSTR反应器的主要特点和预处理工艺。

**6、评价：**搪瓷拼接罐的结构特点及优势。

**第四章 沼气的净化储存与利用**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：沼气的主要成分及净化储存的主要工艺形式。

**2. 一般掌握**：沼气脱水、脱硫和脱碳主要工艺形式及工作原理。

**3. 熟练掌握**：根据沼气工程不同沼气产气特性及沼气成分进行沼气脱碳工艺选择及生物天然气制备工艺流程设计。

**（二）考核内容**

本章主要考核沼气净化主要工艺、沼气储存方式、生物天然气制备技术，培养学生追踪前沿知识能力。

**（三）考核要求**

**1、识记**：沼气净化的目的及主要净化工艺形式；沼气脱碳主要工艺形式。

**2、领会**：沼气脱碳的技术发展趋势。

**3、应用**：生物天然气制备工艺流程设计。

**4、分析：**储气方式、优缺点及适用性。

**5、综合**：根据沼气工程不同沼气产气特性及沼气成分进行沼气脱碳工艺选择。

**6、评价：**沼气脱水、脱硫的主要工艺形式

**第五章 沼液沼渣利用技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：沼液沼渣的主要利用形式。

**2. 一般掌握**：沼液沼渣主要成分及其对植物生长的影响。

**3. 熟练掌握**：沼液沼渣的加工、利用形式及注意事项。

**（二）考核内容**

本章主要考核沼液沼渣主要成分、加工、及综合利用形式，考查以沼气技术为核心的生态农业设计能力，培养学生绿色生态可持续发展理念。

**（三）考核要求**

**1、识记**：沼液沼渣的主要利用形式。

**2、领会**：沼液沼渣主要成分。

**3、应用**：沼液沼渣的加工。

**4、分析：**沼液沼渣对植物生长的影响

**5、综合**：以沼气技术利用为核心的生态农业模式设计。

**6、评价：**沼液沼渣的利用形式及注意事项。

**第六章 沼气工程系统设计**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：沼气工程组成及工艺流程。

**2. 一般掌握**：沼气工程各组成部分的作用。

**3. 熟练掌握**：不同原料沼气工程组成及工艺流程。

**（二）考核内容**

本章主要考核沼气工程组成及各主要单元的作用，考查沼气工程整体工艺流程的设计能力，培养学生综合知识贯通、工程应用和分析创新等多方面素质。

**（三）考核要求**

**1、识记**：沼气工程组成及工艺流程。

**2、领会**：沼气工程各组成部分的作用。

**3、应用**：不同原料沼气工程组成及工艺流程的选择。

**4、分析：**各工艺点技术要求及工艺特征。

**5、综合**：根据不同物料合理规划沼气工程工艺流程。

**6、评价：**能源生态型和能源环保型沼气工程工艺。

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

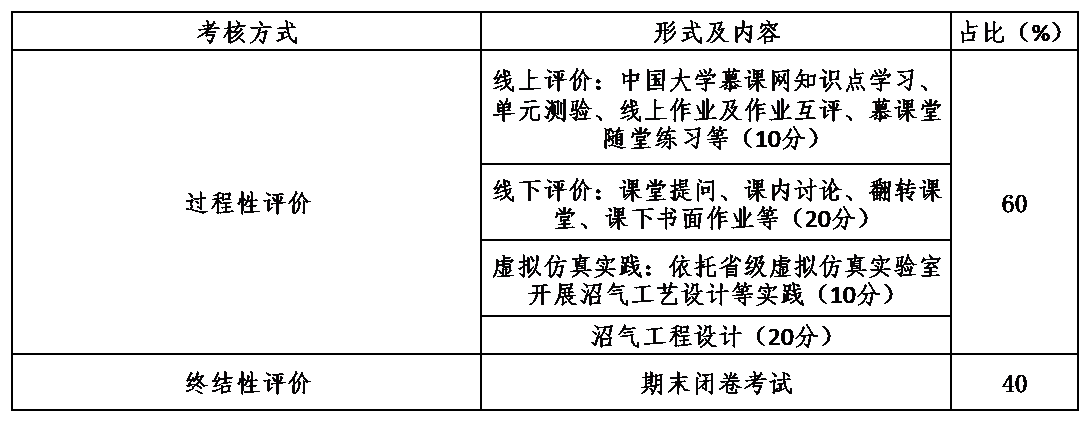
（1）掌握沼气工程工艺设计步骤。

（2）根据物料特性科学合理选择工艺路线。

**四、考核方式**

本课程考核采用过程性评价和终结性评价两种形式评定综合成绩。过程性评价占60%，终结性评价占40%。过程性评价方式将线上、线下、虚拟仿真和实践四方面紧密结合，促进学生的综合知识融合贯通能力、工程应用能力和分析能力三方面能力的提升，课堂教学和工程设计两方面无缝衔接，课堂教学与课程考核同步进行。期末试卷中引入考查学生综合分析能力的实践应用问题，促进学生综合知识融合贯通能力、工程应用能力和分析能力的全面提升。具体实施细则见表1。

表1 《沼气工程》课程考核实施细则



（过程性评价细则可根据每学期教学条件变化动态调整）

**五、成绩评定**

1.过程性评价（平时成绩）

（1）慕课网、微信群提前发布预习内容；通过课堂随机提问评价预习成效与理论知识掌握程度；

（2）课堂中通过微信小程序发布慕课堂练习，评价即时听课效果；

（3）课堂总结发布课后拓展学习资料和讨论主题；下次课由翻转课堂和小组讨论评价课后拓展学习成果；

（4）慕课网作业及互评、单元测验、课后书面作业实现线上线下评价阶段性学习成果；

（5）组织课程设计小组讨论，根据设计说明书评定实践成绩。

过程性评价占综合成绩的60%。

2.终结性评价（期末成绩）

采用期末闭卷考试形式；占综合成绩的40%。

3.综合成绩

最终成绩由平时成绩和期末考试两部分组成，平时成绩×60% + 期末成绩×40%。

**六、考核结果分析反馈**

学生可通过慕课堂、超星学习通直接查询个人签到情况；学生完成慕课堂练习和单元测验之后，程序直接显示练习结果，学生可通过题目的解析检验本节/本章学习效果，查漏补缺，授课教师可通过后台查看题目统计，了解学生学习情况和薄弱环节，课后资料上传有的放矢；课堂讨论效果可通过团队列名法直接反馈，学生可检验课上课下学习效果，开拓思维，提高自主学习和创新能力，教师可通过课堂教学活动进行总结、并根据学生兴趣点引导深入学习；课程进行中可不定时发放问卷，及时了解学生对课程内容和教学方式等方面的意见，随时调整教学方法，因材施教，达到良好的教学效果；慕课网作业及作业互评使得每个学生都能从老师的角度出发对比查看其他同学的学习成果，提升学生的综合能力。试卷中加入调查学生对课程考核的建议等题目，在阅卷的过程中即可了解学生真实想法，由此持续推进课程考核的动态调整。

# 可再生能源发电技术考核大纲

（Renewable energy generation technology）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021210 | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**张志萍 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《可再生能源发电技术》是新能源科学与工程专业的一门重要的专业选修课程，是一门注重理论联系实践的课程。

**二、理论教学部分的考核目标**

通过本课程的学习，使学生了解中国的能源现状和中国可再生能源的发展现状，掌握太阳能光伏发电的基本原理及系统的构成，加深对中国风力资源和风力发电基本原理的认识，深化理解作为分布最广泛的生物质资源的利用现状，把握生物质发电的基本原理。掌握地热发电和潮汐能发电的基本原理和应用现状，掌握燃料电池的基本原理及其各种形式的燃料电池的具体应用及机理，掌握常见储能技术及其工作原理，清楚智能电网在可再生能源发电技术中的应用，及可再生能源电力变换技术。

**绪 论**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：能源的概念。

**2. 一般掌握**：能源与环境的关系及发展可再生能源的重要性。

**3. 熟练掌握**：可再生能源的分类和特点。

**（二）考核内容**

**知识点：**可再生能源的分类及特点，可再生能源的开发利用在环境保护等领域的重要性。

**能力：**具备文献检索能力，熟悉总结和归纳方法，掌握课程研究的主要方法。

**（三）考核要求**

**1.识记**：能源的分类、可再生能源的概念及特点。

**2.综合**：可再生能源的开发利用现状。

**3.评价：**可再生能源开发对环境保护的重要意义。

**第一章 太阳能及其利用**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：太阳能资源及分布情况，太阳能的直接利用方式，光伏发电的类型。

**2. 一般掌握**：太阳能热发电系统原理，光伏发电原理。

**3. 熟练掌握**：太阳能的利用方式，太阳能热发电系统特点及应用形式，光伏发电系统的构成和特点。

**（二）考核内容**

**知识点：**太阳能的利用方式，太阳能热发电系统原理、特点及应用形式，光伏发电原理、类型及构成。

**能力：**掌握文献检索能力，掌握小组探究学习培养沟通能力、演讲能力、协调能力。

**（三）考核要求**

**1.识记**：太阳能资源及其分布，以及太阳能的利用方式。

**2.领会**：太阳能热发电和太阳能光伏发电的概念、特点，太阳能热发电和太阳能光伏发电的系统原理、构成。

**3.应用**：太阳能热发电和太阳能光伏发电的应用形式。

**4.分析：**影响太阳能发电效果的因素。

**5.综合**：不同太阳能发电技术的优缺点。

**6.评价：**太阳能发电技术对环境的影响。

**第二章 风能与风力发电**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：风能资源分布，风力机的种类和特点，水平轴风力机结构，风力机功率调节方式。

**2. 一般掌握**：风能利用系数等基本概念，工作风速的概念。

**3. 熟练掌握**：风电场的特点。

**（二）考核内容**

**知识点：**风力机的种类和结构，风能利用系数等概念。

**能力：**掌握文献检索能力，掌握小组探究学习培养沟通能力、演讲能力、协调能力。

**（三）考核要求**

**1.识记**：风力机的种类和结构。

**2.领会**：水平轴风力机的工作原理，风力发电机组和风电场的运行。

**3.应用**：风能利用系数的计算。

**4.分析：**影响风能发电效果的因素。

**5.综合**：风能利用的历史。

**6.评价：**风能发电技术对环境的影响。

**第三章 潮汐能与潮汐发电**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：潮汐的利用方式，潮汐电站的结构，潮汐发电的发展。

**2. 一般掌握**：潮汐发电的方式。

**3. 熟练掌握**：潮汐的特征和类型，潮汐发电的特点。

**（二）考核内容**

**知识点：**潮汐的利用方式、潮汐发电的方式，潮汐电站的结构和特点。

**能力：**掌握文献检索能力，掌握小组探究学习培养沟通能力、演讲能力、协调能力。

**（三）考核要求**

**1.识记**：潮汐的利用方式和发电方式。

**2.领会**：潮汐发电原理。

**3.应用**：潮汐电站的类型和特点。

**4.分析：**人类对潮汐的认识和利用。

**5.综合**：潮汐的特征。

**6.评价：**潮汐能发电技术对环境的影响。

**第四章 海洋能多种发电技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：波浪形成的原因和类型，波浪能发电的发展，海流能的基本概念，海流能发电的原理，海流能发电发展，温差发电的发展，海水盐度差及盐差能分布，盐差发电的发展。

**2. 一般掌握**：波浪能发电系统的构成。

**3. 熟练掌握**：，温差发电的原理和构成，盐差能发电的基本方法。

**（二）考核内容**

**知识点：**海水温差和盐差形成的原因，温差和盐差发电的原理和构成。

**能力：**掌握文献检索能力，掌握小组探究学习培养沟通能力、演讲能力、协调能力。

**（三）考核要求**

**1.识记**：波浪发电、海流发电、温差发电、盐差发电的概念及工作原理。

**2.领会**：海洋和海洋能的概念。

**3.应用**：海水温差和盐差形成的原因及发电的原理和构成。

**4.分析：**海洋能资源分布。

**5.综合**：人类对海洋能的利用历史和现状。

**6.评价：**海洋能发电技术对环境的影响。

**第五章 地热能及其利用**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：地热资源等基本概念，地热能直接利用方式，地热发电的发展。

**2. 一般掌握**：地热资源的类型和特点。

**3. 熟练掌握**：地热发电系统的构成，地热发电系统与常规火力发电系统的主要区别。

**（二）考核内容**

**知识点：**地热资源的类型和特点，热发电系统的构成。

**能力：**掌握文献检索能力，掌握小组探究学习培养沟通能力、演讲能力、协调能力。

**（三）考核要求**

**1.识记**：地热资源的形成、类型。

**2.领会**：地热能资源及其分布。

**3.应用**：地热能的一般利用途径。

**4.分析：**地热发电系统与常规火力发电系统的主要区别。

**5.综合**：人类对地热能的利用历史和现状。

**6.评价：**地热能发电技术对环境的影响。

**第六章 生物质能及其利用**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：生物质能及其特点，生物质燃料的制取方法和利用方法，直接燃烧发电，生物质发电的发展。

**2. 一般掌握**：生物质能发电的原理和特点。

**3. 熟练掌握**：沼气发电和生物质燃气发电的原理。

**（二）考核内容**

**知识点：**生物质能源的资源特点，发电的原理和特点。生物质直燃发电、沼气发电和生物质燃气发电的原理。

**能力：**掌握文献检索能力，掌握小组探究学习培养沟通能力、演讲能力、协调能力。

**（三）考核要求**

**1.识记**：生物质和生物质能的概念，生物质能的利用方式。

**2.领会**：生物质燃料和生物质能发电。

**3.应用**：生物质能发电技术。

**4.分析：**生物质能发电系统与常规火力发电系统的主要区别。

**5.综合**：人类对生物质能的利用历史和现状。

**6.评价：**生物质能发电技术对环境的影响。

**第七章 燃料电池技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：燃料电池技术的发展。

**2. 一般掌握**：不同类型燃料电池的特点及适用范围。

**3. 熟练掌握**：燃料电池的概念、组成及基本工作原理。

**（二）考核内容**

**知识点：**燃料电池的不同类型和结构特点及其基本发电原理。

**能力：**掌握文献检索能力，掌握小组探究学习培养沟通能力、演讲能力、协调能力。

**（三）考核要求**

**1.识记**：燃料电池的基本原理，磷酸型燃料电池直接甲醇型燃料电池，固体电解质 型燃料电池，固体高分子型燃料电池，熔融碳酸盐燃料电池等的基本概念。

**2.领会**：燃料电池系统的基本组成和燃料电池的特征。

**3.应用**：燃料电池的发电原理和应用。

**4.分析：**燃料电池发电系统与常规火力发电系统的主要区别。

**5.综合**：燃料电池技术的发展现状。

**6.评价：**燃料电池利技术的优缺点。

**第八章 储能技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：储能技术的发展。

**2. 一般掌握**：储能技术特点及应用范围。

**3. 熟练掌握**：储能技术的不同分类和工作原理。

**（二）考核内容**

**知识点：**储能技术的不同类型和结构特点及其工作原理。

**能力：**掌握文献检索能力，掌握小组探究学习培养沟通能力、演讲能力、协调能力。

**（三）考核要求**

**1.识记**：不同类型的储能技术及其概念。

**2.领会**：储能技术的工作原理。

**3.应用**：储能技术的应用范围。

**4.分析：**不同储能技术的优缺点。

**5.综合**：储能技术的发展现状。

**6.评价：**储能技术对可再生能源发电技术的影响。

**第九章 可再生能源与智能电网**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：国内外最新的可再生能源发电应用工程情况。

**2. 一般掌握**：可再生能源发电系统对主干系统的影响及其运行和控制。

**3. 熟练掌握**：可再生能源电力变换技术。

**（二）考核内容**

**知识点：**可再生能源电力变换技术。

**能力：**掌握文献检索能力，掌握小组探究学习培养沟通能力、演讲能力、协调能力。

**（三）考核要求**

**1.识记**：可再生能源电力变换技术与智能电网概念。

**2.领会**：可再生能源发电的并网及控制。

**3.应用**：智能电网在可再生能源发电技术中的应用。

**4.分析：**可再生能源发电系统对主干系统的影响。

**5.综合**：可再生能源的互补发电技术。

**6.评价：**可再生能源发电对电力行业的影响。

**三、实验教学部分的考核要求**

**实验考核要求：**实验成绩分为优良中差四个等级，考核内容主要包括太阳能光伏发电实验各工具使用及设备的操作、概念的理解、实验过程、实验结果与讨论。

考核要求：能明确太阳能光伏发电的概念和工作原理；能熟练操作太阳能光伏发电中所需的工具和相关设备；能应用所学知识进行正确的实验操作；能得到正确实验结果；能根据实验结果，准确撰写实验报告。

**四、考核方式**

（1）课堂表现（10%）：包括课堂签到情况、上课状态、回答问题情况等。

（2）课后作业（10%）：布置作业的完成情况等。

（3）小组学习讨论（20%）：考核案例教学过程及小组协作展示效果，包括参与科学研究、专业知识探讨、PPT制作、论文撰写、单元测验、单元作业等。

（4）综合测评（60%）：课程结束后，进行开卷考试，时间为120分钟，评分采用百分制，占课程总评分的60%。

**五、成绩评定**

1.平时成绩的评价方法

平时成绩占最终成绩的40%。

平时成绩=考勤成绩\*25%+平时作业成绩\*25%+小组探究学习表现成绩\*50%

注：各考核项均按百分制评分，总评时按比例折算各项实际得分。

2.最终成绩评价方法。

最终成绩=平时成绩\*40%+期末考试卷面成绩\*60%

注：各考核项均按百分制评分，总评时按比例折算各项实际得分。

**六、考核结果分析反馈**

1.绘制课程班级总成绩分布图，直观分析不同得分区间学生数量及所占比例；横坐标为分值区间，纵坐标为人数及人数占班级总人数的比例。

2.绘制课程成绩构成表格，分析不同考核形式（考勤、平时作业、在线测试、小组探究学习表现等）的考核结果，及其所占权重；

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 考核形式 | 考核要求 | 考核权重 | 备注 |
|  |  |  |  |

3.卷面考核分析，对命题题型、难易程度、学生得分情况、掌握程度等进行分析；

4.对课程教学目标达成度进行划分，列举相应考核要求，通过与实际考核结果进行对比，分析目标达成情况及改进方向。

通过对考核结果进行详细分析，进行教学总结和反思，向学生及课程团队反馈，指导进一步向课堂教学反馈，向专业达成度反馈。

# 热工设备考核大纲

（Thermal Equipment）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021211 | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**潘晓慧 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《热工设备》新能源科学与工程专业的一门专业选修课程，主要介绍电厂锅炉原理方面内容，本课程在高等数学、工程热力学、流体力学、传热学等基础及专业基础课程先修的基础上开课，承担新能源科学与工程专业学生基本热工设备认知、工程设计能力培养的任务。通过该课程的学习，学生应掌握锅炉工作的基本原理、锅炉设备运行原理，具有锅炉安全、经济运行的一般知识，并培养分析工程问题、进行锅炉设计计算、运行校核计算和试验的初步能力；

**二、理论教学部分的考核目标**

总体目标：掌握锅炉工作的基本原理、锅炉设备运行原理，具有锅炉安全、经济运行的一般知识，电厂锅炉工程问题、进行锅炉设计计算、运行校核计算和试验的初步能力。

**第一章 绪论**

**一、一般学习目的与要求**

**1. 一般了解**：锅炉的概念发展历史与发展趋势。

**2. 一般掌握**：锅炉安全指标.

**3. 熟练掌握**：锅炉构成与工作原理、分类，经济指标。

**二、考核知识点**

锅炉概念、工作原理及分类、安全与经济指标

**三、考核要求**

**1、识记**：锅炉概念、工作原理及分类、安全与经济指标

**2、领会**：锅炉的发展历史与发展趋势。

**3、简单应用**：无。

**4、综合应用**：无。

**第二章 锅炉机组热平衡**

**一、一般学习目的与要求**

**1. 一般了解**：锅炉热平衡、有效利用热量和各项热损失的定义或概念、意义、计算方法。锅炉热平衡的试验方法。

**2. 一般掌握**：影响各项热损失的因素及提高锅炉经济性的有效途径，燃料消耗量的计算方法。

**3. 熟练掌握**：正反平衡锅炉效率的计算方法。

**二、考核知识点**

锅炉热平衡概念、各项热损失定义、热效率的正反平衡计算方法、燃料消耗量的计算。

**三、考核要求**

**1、识记**：锅炉热平衡概念、有效利用热量和各项热损失的定义或概念、意义、计算方法。

**2、领会**：影响各项热损失的因素及提高锅炉经济性的有效途径。

**3、简单应用**：燃料消耗量的计算方法。

**4、综合应用**：正反平衡锅炉效率的计算方法。

**第三章 煤粉制备系统及设备**

**一、一般学习目的与要求**

**1. 一般了解**：掌握煤粉的一般特性、煤粉细度、煤粉颗粒分布特性、可磨性系数及其对锅炉工作的影响。磨煤机的分类，制粉系统的辅助设备。

**2. 一般掌握**：筒型钢球磨、中速磨及其分离设备的工作过程及主要特性。制粉系统风量协调与干燥剂量的计算。

**3. 熟练掌握**：直吹及中间储仓式制粉系统的类型和特点。

**二、考核知识点**

煤粉的性质、低中高速磨典型设备的原理及特性、煤粉制备系统的中间储仓式及直吹式系统、煤粉制备系统的主要辅助设备。

**三、考核要求**

**1、识记**：掌握煤粉的一般特性、煤粉细度、煤粉颗粒分布特性、可磨性系数及其对锅炉工作的影响。磨煤机的分类，制粉系统的辅助设备。直吹及中间储仓式制粉系统的类型和特点

**2、领会**：筒型钢球磨、中速磨及其分离设备的工作过程及主要特性。

**3、简单应用**：制粉系统风量协调与干燥剂量的计算。

**4、综合应用**：无

**第四章 煤粉燃烧设备**

**一、一般学习目的与要求**

**1. 一般了解**：新型燃烧技术。

**2. 一般掌握**：直流燃烧器和旋流燃烧器的工作原理、结构特点及布置方式、大容量锅炉炉膛形状的设计要求、W型火焰燃烧方式和特点。

**3. 熟练掌握**：燃烧器的切向布置燃烧方式特点。

**二、考核知识点**

旋流与直流燃烧器结构与类型，直流燃烧器各种配风方式，煤粉锅炉炉膛型式及W型火焰炉膛，燃烧器的切向布置燃烧方式特点。

**三、考核要求**

**1、识记**：直流燃烧器和旋流燃烧器的工作原理、结构特点及布置方式。

**2、领会**：大容量锅炉炉膛形状的设计要求、W型火焰燃烧方式和特点。

**3、简单应用**：直流燃烧器的切向布置燃烧方式特点。

**4、综合应用**：无

**第五章 蒸发设备**

**一、一般学习目的与要求**

**1. 一般了解**：蒸发受热面存在的问题及其防止措施。

**2. 一般掌握**：蒸发设备的组成、汽包和水冷壁的结构及布置。汽包和水冷壁的作用及其特点。

**3. 熟练掌握**：直流锅炉冰冷壁的布置形式。

**二、考核知识点**

汽包作用、结构及汽包系统，水冷壁的作用和结构与分类，水冷壁的结渣原因与防治。

**三、考核要求**

**1、识记**：汽包和水冷壁的作用及其特点，水冷壁的结渣原因与防治。

**2、领会**：蒸发设备的组成、汽包和水冷壁的作用、结构及布置。

**3、简单应用**：直流锅炉冰冷壁的布置形式。

**4、综合应用**：无

**第六章 过热器和再热器**

**一、一般学习目的与要求**

**1. 一般了解**：对流受热面高温积灰与高温腐蚀。

**2. 一般掌握**：过热器和再热器的作用、工作特点、结构型式。热偏差概念、减少热偏差的措施。影响汽温的主要因素及汽温的调节方法。

**3. 熟练掌握**：喷水减温方法和烟气挡板调温方法。

**二、考核知识点**

过、再热器的作用及特点，半辐射、辐射式过、再热器，热偏差及过热与再热汽温调节。喷水减温方法和烟气挡板调温方法。

**三、考核要求**

**1、识记**：过、再热器的作用及特点。

**2、领会**：半辐射、辐射式过、再热器，热偏差及过热与再热汽温调节。

**3、简单应用**：喷水减温方法和烟气挡板调温方法。

**4、综合应用**：无

**第七章** **省煤器和空气预热器**

**一、一般学习目的与要求**

**1. 一般了解**：尾部受热面的低温腐蚀、磨损、积灰和堵灰的机理、防止措施。

**2. 一般掌握**：省煤器和空气预热器的作用、结构型式和布置方式。省煤器设计中应考虑的问题。

**3. 熟练掌握**：空预器的结构及尾部受热面的布置。

**二、考核知识点**

尾部受热面的布置，管式与回转式空气预热器，省煤器磨损与防止，低温腐蚀与防止。

**三、考核要求**

**1、识记**：省煤器磨损与防止，低温腐蚀与防止。省煤器和空气预热器的作用、结构型式。

**2、领会**：省煤器设计中应考虑的问题。

**3、简单应用**：省煤器和空气预热器的作用、结构型式。

**4、综合应用**：空预器的结构及尾部受热面的布置。

**第八章 自然循环原理及计算**

**一、一般学习目的与要求**

**1. 一般了解**：自然循环的基本原理及其影响因素。两相流的特性参数。

**2. 一般掌握**：自然水循环的安全性指标，提高水循环安全性的措施。汽水混合物的流型和传热、流体的流动阻力和水循环计算方法。

**3. 熟练掌握**：运动压头、循环倍率、蒸发管中汽水两相流传热。

**二、考核知识点**

两相流体的基本参数，汽水混合物的流型与传热，运动压头、循环倍率、简单循环回路水循环计算，自然循环故障及其可靠性校验。

**三、考核要求**

**1、识记**：自然循环的基本原理及其影响因素。两相流的特性参数。

**2、领会**：自然水循环的安全性指标，提高水循环安全性的措施。

**3、简单应用**：运动压头、循环倍率、蒸发管中汽水两相流传热。

**4、综合应用**：汽水混合物的流型和传热、流体的流动阻力和水循环计算方法。

**第九章 控制流动锅炉**

**一、一般学习目的与要求**

**1. 一般了解**：直流锅炉、控制循环锅炉、复合循环锅炉的工作原理。防止或减轻水动力多值性、脉动和热偏差的措施。超临界压力锅炉。

**2. 一般掌握**：强制流动锅炉蒸发受热面水动力的多值性、脉动等概念。传热恶化的概念及其预防措施。

**3. 熟练掌握**：直流锅炉水平蒸发受热面的水动力特性。

**二、考核知识点**

控制循环锅炉和直流锅炉的工作原理及特点；复合循环锅炉的工作原理；直流锅炉蒸发受热面的水动力特性和沸腾传热恶化及其预防措施。

**三、考核要求**

**1、识记**：直流锅炉、控制循环锅炉、复合循环锅炉的工作原理。防止或减轻水动力多值性、脉动和热偏差的措施。

**2、领会**：强制流动锅炉蒸发受热面水动力的多值性、脉动等概念。传热恶化的概念及其预防措施。

**3、简单应用**：直流锅炉水平蒸发受热面的水动力特性。

**4、综合应用**：无

**第十章 锅炉热力计算及其设计布置**

**一、一般学习目的与要求**

**1. 一般了解**：锅炉本体的典型布置及影响锅炉布置的因素。

**2. 一般掌握**：锅炉主要设计参数的选择方法。炉膛热力计算。对流和半辐射受热面的热力计算方法。

**3. 熟练掌握**：电厂锅炉热力计算的任务及顺序。

**二、考核知识点**

锅炉本体的典型布置及影响锅炉布置的因素；锅炉主要设计参数的选择方法；掌握电厂锅炉热力计算的任务及顺序；炉膛热力计算；对流和半辐射受热面的热力计算方法。

**三、考核要求**

**1、识记**：锅炉本体的典型布置及影响锅炉布置的因素。

**2、领会**：锅炉主要设计参数的选择方法。

**3、简单应用**：炉膛热力计算。对流和半辐射受热面的热力计算方法。

**4、综合应用**：电厂锅炉热力计算的任务及顺序。

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

（1）实验部分：理解实验原理及理论，具备独立操作实验仪器及实验平台的能力，按照实验大纲要求完成实验报告，具备根据实验数据对实验结果进行计算、画图并正确分析的能力。

（2）实习部分：认真书写并详实完整记录实习日记，在实习的基础上能够更加透彻的理解理论课所讲解内容，能够在实习中发现问题并应用所学知识进行理论解释。实习报告正确合理。

**四、考核方式**

考核方式包括实践教学考核和理论考核两部分。

实践教学考核的线上部分采用签到、抢答、分组讨论等形式，线下部分采用点名、课堂提问、小组讨论答辩等形式。

理论考核线上部分采用章节测试的形式，每个章节课后设置测试单元，满分为100分，包括单选题、多选题、填空题、识图题、分析题等。线下考核部分为课后作业、阶段性测试、专业论文撰写以及闭卷笔试的方式，其中闭卷笔试考试时间为120分钟，评分采用百分制，60分为及格线。题型包括单项选择题，填空题，名词解释题，判断题，简答题，计算题和画图题等。

另外，对于实验和实习部分考核采用提交实验报告和实系报告的形式。

**五、成绩评定**

1.平时成绩。占总成绩30%，教学过程采用线上线下结合的方式进行。在教学过程中采用线上签到、抢答、分组讨论等形式组织教学，将学生参与过程记录打分并计入平时成绩，同时要求学生每次课后都认真完成线上相关测试，将测试成绩同时计入平时成绩。另外，线下课堂回答问题情况，遵守纪律情况和平时作业完成情况都计入平时成绩。同时，实验课程上的签到及课程后实验报告的撰写也计入到平时成绩中。具体如下：课堂表现及作业（签到、抢答、讨论、线上线下作业等）15%+实验部分表现（签到、实验报告）15%。

2.期末成绩：考试采用闭卷考试方法；占总成绩70%。

3.综合成绩：总成绩=平时成绩（30%）+ 卷面成绩（70%）。

**六、考核结果分析反馈**

1.通过绘制课程班级总成绩分布图和课程成绩构成表格等方式，直观分析不同得分区间学生数量及所占比例和不同考核形式的考核结果；

2.卷面考核分析，对命题题型、难易程度、学生得分情况、掌握程度等进行分析；

3.对课程教学目标达成度进行划分，列举相应考核要求，通过与实际考核结果进行对比，分析目标达成情况及改进方向。

综上，通过对线上测试结果、分组讨论结果以及期中考试结果分析，了解学生基本学习情况，通过反馈情况调整学生学习模式、课堂教学设计内容以及专业相关拓展内容，以期最终学习产出结果达到较高的专业达成度。

# 风能工程考核大纲

（Wind Energy Engineering）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021213h | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**蒋丹萍 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期:**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《风能工程》是新能源科学与工程专业的一门专业必修课和核心课。风能是一种清洁的可再生能源，作为后续能源的重要组成部分,对提高我国能源供应的多样性和安全性具有积极贡献。本课程主要讲授风能基础理论和以风力发电为代表的风能应用技术。通过本课程的学习能够掌握风能基础理论、风力机工作原理、风力发电机组结构及运行特征，了解风能资源评价方法以及风力发电场的选址、维护、管理等相关工程技术知识，使学生具备应用风能工程的知识进行风力发电工程设计及对实际问题进行分析和计算的能力，从而有利于能源结构调整，减少能源进口压力。

**二、理论教学部分的考核目标**

掌握风能的基础理论知识、风力机工作原理及风力发电机组结构和运行调节，了解风能资源评价方法、风力发电场选址、风力机组运行维护和风电场管理等基本知识，能够进行简单的风力发电系统计算和设计，了解风力制热、风力提水等风能利用的其他应用形式。

**第一章 绪论**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：我国风能利用发展历史。

**2. 一般掌握**：我国风电产业的布局和国家的相关政策。

**3. 熟练掌握**：我国风电产业现状及主要发展形势。

**（二）考核内容**

考核世界和我国风力发电的产业发展现状及环境对风力发电技术发展的影响，达到全面了解风电技术发展的政治、环境、技术、社会等相关情况。

**（三）考核要求**

**1.识记**：风力机定义，代表性的风电场。

**2.领会**：世界风电发展史，中国风电政策。

**3.分析：**环境对风力发电技术发展的影响，出现弃风限电的原因。

4. **综合**：促使风力发电发展的原因。

**第二章 风与风能**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：风能形成的主要影响因素、大气环流及我国风能资源区划和分布特点。

**2. 一般掌握**：海陆风、山谷风、季风的形成原因及风能密度、风向玫瑰图、风频特征分布等。

**3. 熟练掌握**：风能资源的数学描述。

**（二）考核内容**

考核海陆风、山谷风、季风的形成原因和影响风能的主要因素，风能密度、风向玫瑰图、风频分布、有效风能等主要概念，我国风能资源规划指标体系及风能资源分布特征。使学生能够根据大气运动分析三维空间风的形成，并掌握风能相关简单计算。

**（三）考核要求**

**1. 识记**：风的形成原因，风能密度、风频、有效风能等主要概念。

**2. 领会**：海陆风、山谷风、季风的形成原因，空气密度、温度、压差对风能密度的影响。

**3. 应用**：正确识别风向玫瑰图，风能资源的数学表达。

**4.分析：**能够根据风能资源规划指标，分析风能资源丰富程度。

**5. 综合**：能利用测试工具测试当地风能基本参数并根据测定数据绘制风向玫瑰图和风频图。

**第三章 风力发电基本原理**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：风力机的分类、叶素理论、涡流理论、动量定理。

**2. 一般掌握**：翼型和翼型的特征表达；贝兹极限；攻角对升力和阻力的影响；风力机的空气动力学特性。

**3. 熟练掌握**：水平轴风力机和垂直轴风力机的工作原理和特性；翼型几何参数及其对空气动力学特性的影响。

**（二）考核内容**

本章主要考核风力机基本空气动力学理论，主要包括风力机的受力分析及力学表达，理解风能的转化过程及风能利用的最大理论极限，使学生具备设计风力机叶片的基础理论。

**（三）考核要求**

**1. 识记**：贝兹极限值，翼型的特征表达相关参数定义。

**2. 领会**：风力机受力的主要影响因素，水平轴风力机和垂直轴风力机特点和各自优势。

**3. 应用**：能够应用空气动力学特性及攻角与升力和阻力的关系，提出叶片设计改进的方法。

**4.分析：**根据翼型几何参数分析出翼型受力特性。

**第四章 风力发电机组**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：风力发电机组并网系统，机舱、通风散热等辅助系统组成。

**2. 一般掌握**：水平轴风力发电机组结构特点及组成。

**3. 熟练掌握**：水平轴风力发电机组的构成，偏航系统组成及工作特性。

**（二）考核内容**

本章主要考核风力发电机组的结构组成及运行特点，明确风力发电机各组成单元在系统运行中的作用及主要调节形式，使学生从主观和感官上对风力发电机组构成有一个明确的认识，且能够识别机组的组成的各个设备。

**（三）考核要求**

**1.识记**：叶片类型、材料特点，轮毂连接方式及特点。

**2.领会**：塔架、塔架基础、齿轮箱、调速装置、制动装置的结构与特点。

**3.应用**： 小型风力发电机组的安装、维护、常见故障及防御措施。

**4.分析：** 大型风力发电机组偏航、发电系统分析。

**5.综合**：能够进行风力发电机组的整机设计。

**第五章 风力发电机组的运行调节**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：风力发电机组功率调节形式。

**2. 一般掌握**：定桨距和变桨距风力发电机组的特点、功率输出及控制方式。

**3. 熟练掌握**：定桨距和变桨距风力发电机组的桨叶失速调节原理及噪音形成。

**（二）考核内容**

本章主要考核风力发电机组的运行特性和控制调节，明确不同工况下风力发电机组的功率输出特性，通过控制系统实现风力发电机组的最大功率输出。

**（三）考核要求**

**1.识记**：变桨距调节、定桨距调节的定义，空气动力刹车原理和装置。

**2.领会**：温度、气压、节距角与额定转速对功率输出的影响。

**3.应用**：双速发电机在风力发电机组功率调节中的应用，风力发电机组自动控制系统的组成及各组成单元间反馈控制。

**4.分析：**变桨距风力发电机组功率输出运行方式和控制方式，发电机组噪音形成和预防。

**5.综合**：风力发电机组的并网要求及特征。

**第六章 风电场选址及风能的其它利用技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：风电场的选址原则、可行性评估方法，风力提水、风磨等风力机械的作用形式，风力发电设计和模拟常用软件。

**2. 一般掌握**：风电场微观和宏观厂址选择方法、判断依据，风电场的运行、维护与管理。

**3. 熟练掌握**：风光互补发电系统的主要组成、工作特性及系统设计。

**（二）考核内容**

本章主要考核风力发电场的选址和影响因素，风力发电机组常见故障及维护，风能的其它利用技术形式，重点突出风光互补发电系统的组成及工作原理。

**（三）考核要求**

**1.识记**：风电场的选址原则、可行性评估方法，风能利用其他形式及其工作原理。

**2.领会**：风电机组安全运行要求，风电机组的环境影响；风光互补发电的系统组成及工作原理。

**3.应用**：小型风光互补发电系统的结构组成及控制。

**4.综合**：根据太阳能、风能资源形式进行风光互补发电系统设计。

**5.评价：**能够进行风电场建设的可行性评估。

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

1. 要求学生明确实验目的，熟悉实验过程，并可以协作完成整个实验流程。

2. 实验结束后要求学生独立完成实验数据，并撰写清晰的实验报告。

**四、考核方式**

风能工程考核方式为多元考核，涵盖理论教学与实践教学两个方面，既包括课堂考勤、回答问题、听课情况、线下内容完成、阶段测评、实验实践等多元过程性考核环节，也包括笔试考试环节。课程考试为闭卷考试，考试时间为120分钟，评分采用百分制。实践教学以实验操作的准确性和实验报告分析的合理性为评价标准。

**五、成绩评定**

1.平时成绩的评价方法。

平时成绩占最终成绩的20%~30%。平时成绩由平时考勤、听课状态、回答问题、平时作业、实验报告、期中考试等组成，各自所占比例由任课老师掌握。

2.最终成绩评价方法。

最终成绩由平时成绩、期中考试成绩、期末考试成绩三部分组成，平时成绩占总分值的20%~30%，期中考试采用闭卷考试形式，成绩占平时成绩的50%，期末考试采用闭卷考试形式，重点考核学生对知识的运用能力，成绩占总分值的70~80%。

**六、考核结果分析反馈**

学生通过教务系统可以查询自己的平时成绩和最终成绩。教师按照学生学习效果，利用超星学习通、微信群、qq群等将课程教学效果反馈给学生，并完成成绩评价分析，及时改变教学方式、查漏补缺，形成持续改进的闭环反馈机制。

# 节能技术考核大纲

（Energy-efficient Technology）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021215 | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**赵淑蘅 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

本课程是新能源科学与工程专业的一门专业选修课。其教学任务是使学生获得节能技术必要的基本理论、专业知识和基本技能，了解和掌握常用的节能技术，具备对用能设备进行节能改造设计的能力，能分析解决生产中的节能问题，为从事相关的工程技术工作打好基础。本课程涉及知识面广、实践性强，通过对本课程的学习能了解本学科的最新理论和技术，了解最新前沿动态，以贯彻国家的节能方针，推动我国节能工作。

**二、理论教学部分的考核目标**

通过本课程的学习，使学生能够获得有关节能技术的基本理论、专业知识和基本技能，了解和掌握通用的先进节能技术，具备对用能设备进行节能改造的能力，能解决生产中的节能问题，为从事相关的工程技术工作打好基础。学生在本课程学习中应掌握以下几个方面的节能相关内容与技术：节能基本原理、高效低污染燃烧技术、强化传热技术、余热利用技术、隔热保温技术、热泵与制冷节能技术、热管及其在节能中的应用、能量梯级利用技术、锅炉节能技术、建筑节能技术、新能源利用技术和分布式能源系统等；以及通过“翻转课堂”学习了解农业农村节能技术、工业生产节能技术、交通节能技术和电力节能技术。

**绪 论**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：节能的背景

**2. 一般掌握**：节能的定义及节能所用的热力学原理

**3. 熟练掌握**：节能的意义

**（二）考核内容**

考核学生对于节能定义和节能技术分类等知识点的掌握，对于节能原理的分析能力，以及综合评价节能意义的科学素养。

**（三）考核要求**

**1.识记**：节能定义

**2.领会**：节能技术分类

**3.分析：**节能所用原理

**4.综合**：节能的意义

**第一章 通用节能技术**

**第一节 高效低污染燃烧技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：燃烧的基本理论

**2. 一般掌握**：气体燃烧技术

**3. 熟练掌握**：燃料油和煤粉高效低污染燃烧技术

**（二）考核内容**

对高效低污染燃烧技术相关的知识掌握；将燃烧学知识与节能技术相结合的辩证思考能力；对工程应用实例中燃烧相关节能技术进行分析的素质。

**（三）考核要求**

**1.识记**：燃烧基本原理

**2.领会**：高效低温燃烧技术分类

**3.应用**：燃料油高效低污染燃烧技术

**4.分析：**煤粉高效低污染燃烧技术

**5.综合**：工程应用中燃烧相关节能技术

**第二节 强化传热技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：换热器的结构与分类

**2. 一般掌握**：强化传热的原则

**3. 熟练掌握**：评价换热器的性能指标与不同换热条件下可实施的强化传热技术

**（二）考核内容**

对强化传热相关知识的掌握；对于将传热学所学应用于工程实际节能途径分析的能力；对强化传热原则的理解与灵活运用素质。

**（三）考核要求**

**1.识记**：换热器的结构与分类

**2.领会**：强化传热原则

**3.应用**：不同工况条件下强化传热技术

**4.评价：**评价换热器的性能指标

**第三节 余热利用技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：余热的定义与分类

**2. 一般掌握**：余热利用方式

**3. 熟练掌握**：余热利用原则及余热利用实例

**（二）考核内容**

对余热定义和分类等知识的掌握；对于余热利用原则的理解和分析能力；对余热利用实例的综合评价素质。

**（三）考核要求**

**1.识记**：余热定义

**2.领会**：余热分类

**3.应用**：余热利用原则

**4.分析：**余热利用实例

**第四节 隔热保温技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：保温的目的

**2. 一般掌握**：保温材料的分类；保温材料的选用

**3. 熟练掌握**：保温材料的特性；保温层的经济厚度

**（二）考核内容**

对隔热保温技术相关知识的掌握；对于系统工程中隔热保温技术应用的分析能力；在工程应用中对隔热保温材料设计选用的素质。

**（三）考核要求**

**1.领会**：保温的目的

**2.应用**：保温层的经济厚度

**3.分析：**保温材料的特性

**4.综合**：不同保温材料的应用

**5.评价：**保温材料在工程中发挥的节能作用

**第五节 热泵与制冷技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：热泵与制冷的分类

**2. 一般掌握**：热泵与制冷的定义和热泵的分类

**3. 熟练掌握**：先进制冷节能技术

**（二）考核内容**

对热泵和制冷相关技术的知识掌握；对热泵系统的分析能力；对于制冷节能技术的应用素质。

**（三）考核要求**

**1.识记**：热泵的定义；制冷的定义

**2.领会**：热泵技术的分类

**3.应用**：先进的制冷节能技术

**4.分析：**热泵与制冷技术发展方向

**5.评价：**不同类型热泵技术特点

**第六节 热管及其在节能中的应用**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：热管的定义

**2. 一般掌握**：热管的分类；热管的特性；热管的热流极限

**3. 熟练掌握**：热管的结构与工作原理

**（二）考核内容**

对热管相关知识的掌握；对热管设计选用的能力；对热管热流极限综合评价分析的素养。

**（三）考核要求**

**1.识记**：热管的定义

**2.领会**：热管的结构

**3.应用**：热管的特性

**4.分析：**热管的工作原理

**5.综合**：热管的设计与选用

**6.评价：**热管的节能效果

**第七节 能量梯级利用技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：能量梯级利用原则

**2. 一般掌握**：多效蒸发；压差发电

**3. 熟练掌握**：朗肯循环效率提高途径；热电联产

**（二）考核内容**

对能量梯级利用知识的掌握；对不同系统工程中能量梯级利用方式的分析能力；对热电联产等典型能量梯级利用实例的应用与评价素质。

**（三）考核要求**

**1.识记**：多效蒸发定义与分类；

**2.领会**：热电联产概念

**3.应用**：压差发电技术

**4.分析：**热电联产分类及特性

**5.综合**：提高朗肯循环效率的途径

**6.评价：**能量梯级利用实例

**第二章 锅炉节能技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：锅炉的定义与发展

**2. 一般掌握**：锅炉的基本结构；锅炉的节能改造技术

**3. 熟练掌握**：锅炉的节能途径分析；常用的锅炉节能技术

**（二）考核内容**

对锅炉节能技术相关知识的掌握；对于锅炉节能途径分析的能力；能够对锅炉进行节能改造的素质。

**（三）考核要求**

**1.识记**：锅炉的基本结构

**2.领会**：我国锅炉产业的发展

**3.应用**：常用的锅炉节能技术

**4.分析：**锅炉的节能途径

**5.综合**：锅炉的节能改造

**6.评价：**通用节能技术在锅炉节能中的作用

**第三章 建筑节能技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：建筑节能的定义与发展

**2. 一般掌握**：建筑节能综合技术

**3. 熟练掌握**：建筑维护结构节能技术

**（二）考核内容**

对建筑节能相关知识的掌握；对建筑物进行节能途径分析的能力；对建筑物进行节能改造的素质。

**（三）考核要求**

**1.识记**：建筑节能定义

**2.领会**：国内外建筑节能发展

**3.分析：**维护结构节能技术

**4.综合**：建筑综合节能途径与技术

**5.评价：**通用节能技术在建筑节能中的作用

**第四章 新能源利用技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：新能源的分类与发展

**2. 一般掌握**：新能源技术在节能领域的作用

**3. 熟练掌握**：新能源节能技术实例分析

**（二）考核内容**

对新能源技术相关知识的掌握；分析新能源在节能领域作用的能力；综合评价新能源技术节能效果的素质。

**（三）考核要求**

**1.识记**：新能源分类

**2.应用**：新能源节能技术

**3.分析：**新能源技术在节能领域作用

**4.综合**：新能源技术节能实例

**5.评价：**不同新能源技术节能效果

**第五章 分布式能源系统**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：分布式能源概念

**2. 一般掌握**：节能技术的灵活性

**3. 熟练掌握**：分布式能源系统节能实例

**（二）考核内容**

对分布式能源相关知识的掌握；对分布式能源系统节能效果的评价能力；针对实际条件，设计选用分布式能源系统的素质。

**（三）考核要求**

**1.识记**：分布式能源系统定义与分类

**2.领会**：分布式能源系统作用

**3.分析：**分布式能源系统节能效果

**4.综合**：分布式能源系统实例

**5.评价：**不同分布式能源系统节能效果对比

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

1. 熟练掌握节能灯具的种类、特点及其在建筑节能和交通节能中发挥的作用；

2. 理解节能炉具的节能途径分析，掌握节能炉具的测试方法；

3. 通过实验能够综合理解影响炉具热损的主要因素，并能够提出相应的节能改进措施与方法；

4. 实验设计合理性；实验操作规范性；实验报告完整性。

**四、考核方式**

（1）“翻转课堂”讨论式学习过程考核，对学生自主查阅总结的节能技术相关资料和讲解过程进行考核，包括查阅资源的时效性、相关性、系统性等，讲解过程的熟练程度，回答问题综合表现，以及相应知识点的凝练度等多个方面学习能力与水平的考察。考核方式为学生相互评价以及教师综合评价；

（2）课堂表现能力考核，包括随堂测验、知识回顾提问等，相应考核过程均通过“学习通”等辅助软件进行记录与累计；

（3）课后作业与讨论的考核，通过“学习通”布置作业与讨论，根据在线作业完成度和讨论情况进行评价；

（4）实验能力与水平考核，对实验设计、实验操作、实验结果和实验报告四个环节进行考核，实验操作考核由教师进行实际评价，实验设计和实验结果均由最后形成的实验报告进行评价。

（5）布置节能技术相关议题，要求每个人完成一篇报告或一份PPT，考察学生对查阅资源的总结、提炼及表述能力。

（6）综合考核，以闭卷考试形式对学生掌握节能技术相关知识体系情况进行考核；考题中客观题比例限制为40%以下，以对学生综合运用节能技术相关知识的能力评价为主。

**五、成绩评定**

1.平时成绩：课堂表现10%、小组学习讨论40%、课程作业20%、实验操作水平及实验报告30%

2.期末成绩：闭卷考试，100%

3.综合成绩：平时成绩×50%+期末成绩×50%

**六、考核结果分析反馈**

平时成绩考核部分结果由“学习通”平台定期总结反馈给学生，督促学生完成相关学习环节；“翻转课堂”式讨论教学互评及教师综合评价在每次课堂进行时即形成反馈，对于后续讨论式教学过程的改进提供参考依据；实验能力考核由教师评价后向专业进行反馈；期末卷面成绩由教师进行卷面成绩分析，并反馈给所在院系；最终成绩由教务系统向学生进行反馈。

# 通风与供热工程考核大纲

（Ventilating and Heating Engineering）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021216 | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**刘新新 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

本课程是新能源科学与工程的专业选修课。本课程涉及建筑物的通风、供热、集中供暖、建筑节能等内容，主要阐述一般民用和工业建筑通风机空气调节、室内采暖和室外供热管道工程的设计方法和安装基本知识，介绍建筑物通风系统、室内采暖系统和室外供热管道的工作原理、系统构造，系统和设备的选择，安装技术要求以及系统运行、调整和维护基本知识。由于本课程专业性和实践性较强，课程学习注重培养学生发现问题、分析问题、解决问题的能力，培养学生系统综合运用基础知识、专业基础知识以及专业知识的能力，训练学生熟练查阅设计手册、设计规范和各类标准的能力。

**二、理论教学部分的考核目标**

通过本课程的学习，使学生能系统地掌握空气调节的基本理论知识和目前常用的以热水或蒸汽作为热媒的室内供暖及集中供热系统的基本原理和基本知识；培养学生具有一般民用和工业建筑的通风及空调系统、供暖系统的设计能力和系统运行调节等方面的基础知识；掌握供暖与集中供热运行管理的基本知识。对通风及供热方面的新理论、新技术、新设备及发展趋势有所了解。

**绪 论**

了解《通风与供热工程》课程的任务和基本内容，通风与供热工程技术发展概况。

**第一章 工业与民用建筑的通风**

**（一）学习目标**

**1.一般了解：**全面通风、自然通风、局部通风、事故通风、通风效果等的基本概念及常见通风技术的分类。

**2.一般掌握：**全面通风的气流组织、通风房间的空气平衡和热平衡、改善室内空气质量的综合措施。各不同通风方式的工作原理、送风系统的组成、评价通风效果的指标。

**3.熟练掌握**：通风管道的设计计算。

**（二）考核内容**

**知识点：**各不同通风方式的工作原理、送风系统的组成、全面通风的气流组织、通风房间的空气平衡和热平衡。

**能力：**具备文献检索能力，熟悉总结和归纳方法，掌握课程研究的主要方法。

**（三）考核要求**

**1.识记**：全面通风、自然通风、局部通风、事故通风、通风效果等的基本概念。

**2.领会**：全面通风的气流组织、通风房间的空气平衡和热平衡、改善室内空气质量的综合措施。

**3.应用**：通风管道的设计。

**4.分析：**各不同通风方式的工作原理、送风系统的组成。

**5.综合**：通风系统对室内采暖的影响。

**6.评价：**通风效果的指标评价。

**第二章 室内空气净化原理与设备**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解：**空气净化装置的性能和分类。

**2. 一般掌握：**净化装置的选择依据，不同除尘系统的工作原理和应用。

**3. 熟练掌握**：室内空气净化装置的结构和工作过程。

**（二）考核内容**

**知识点：**室内通风中的建筑除尘系统，净化装置的性能、工作过程和设备分类。

**能力：**具备文献检索能力，熟悉总结和归纳方法，掌握课程研究的主要方法。

**（三）考核要求**

**1.识记**：空气净化装置的性能和分类，粉尘的特性和除尘机理。

**2.领会**：净化装置的选择依据。

**3.应用**：不同除尘系统的安装应用。

**4.分析：**不同除尘系统的结构和工作原理。

**5.综合**：有害气体净化的原理和装置。

**6.评价：**不同气体净化方法的优缺点。

**第三章 供暖系统的设计热负荷与建筑热工**

**（一）学习目标**

**1.一般了解：**供暖系统设计热负荷计算的基本原理。暖系统设计热负荷、高层建筑热负荷、围护结构耗热量、附加耗热量、冷风渗透耗热量、冷风侵入耗热量的基本概念。

**2.一般掌握：**冷风渗透耗热量、冷风侵入耗热量、围护结构最小热阻与经济热阻、高层建筑热负荷计算特点以及得热量和失热量的热平衡。

**3.熟练掌握**：供暖系统设计热负荷计算、围护结构基本耗热量计算、附加耗热量计算方法。

**（二）考核内容**

**知识点：**供暖系统设计的计算原则与方法、采暖建筑的相关热工设计要求。多层和高层建筑供暖系统设计热负荷的计算方法，得热量和失热量的热平衡。

**能力：**具备文献检索能力，熟悉总结和归纳方法，掌握课程研究的主要方法。

**（三）考核要求**

**1.识记**：暖系统设计热负荷、高层建筑热负荷、围护结构耗热量、附加耗热量、冷风渗透耗热量、冷风侵入耗热量的基本概念和计算方法。

**2.领会**：供暖系统设计热负荷计算的基本原理。

**3.应用**：围护结构最小热阻在供暖系统设计中的应用。

**4.分析：**围护结构经济热阻的意义。

**5.综合**：供暖系统设计热负荷计算各项修正系数的物理意义。

**6.评价：**围护结构的热工性能评价。

**第四章 供暖系统的散热设备**

**（一）学习目标**

**1.一般了解：**散热设备的类型以及散热设备的使用条件。

**2.一般掌握：**对散热设备的热工、卫生和技术经济要求，散热设备的构造与性能。

**3.熟练掌握**：散热设备的作用、传热方式、散热器面积的确定的计算方法以及散热设备的布置原则。

**（二）考核内容**

**知识点：**铸铁和钢制散热器的选型和计算，不同类型的散热设备在高层和多层建筑物中的使用，散热设备的类型及使用条件，散热器的计算方法和布置原则。

**能力：**具备文献检索能力，熟悉总结和归纳方法，掌握课程研究的主要方法。

**（三）考核要求**

**1.识记**：散热设备的作用、传热方式和工作原理。

**2.领会**：散热设备使用过程中的基本要求。

**3.应用**：不同场所散热器的选择和应用。

**4.分析：**不同类型的散热器高层和多层建筑物中的使用。

**5.综合**：散热器的计算方法和布置原则。

**6.评价：**不同类型散热器的优缺点。

**第五章 热水供暖系统**

**（一）学习目标**

**1.一般了解：**室内热水供暖系统施工图的组成和内容、分户计量热水供暖系统的选择。

**2.一般掌握：**掌握高层建筑热水供暖系统的特点、室内热水供暖系统的管路布置的特点。

**3.熟练掌握**：热水供暖系统的分类以及自然循环和机械循环热水供暖系统的工作原理。

**（二）考核内容**

**知识点：**自然循环和机械循环热水供暖系统的分类、工作原理和适用场合，机械循环热水供暖系统的垂直式和水平式系统在工程中的应用，针对不同形式机械循环热水供暖系统在具体工程中的应用。

**能力：**具备文献检索能力，熟悉总结和归纳方法，掌握课程研究的主要方法。

**（三）考核要求**

**1.识记**：热水供暖系统的分类及工作原理。

**2.领会**：不同类型热水供暖系统的适用场合。

**3.应用**：机械循环热水供暖系统的垂直式和水平式系统在工程中的应用。

**4.分析：**供热系统中垂直失调等现象的分析和改善。

**5.综合**：不同类型热水供暖系统的适用场合。

**6.评价：**不同形式机械循环热水供暖系统在具体工程中的应用情况。

**第六章 室内蒸汽供热系统**

**（一）学习目标**

**1.一般了解：**蒸汽和热水作为热媒的比较。

**2.一般掌握：**室内低压蒸汽供暖系统水力计算。

**3.熟练掌握**：蒸汽和热水作为热媒的特点，室内蒸汽供热系统的分类及工作原理，疏水器及其他附属设备的结构和工作过程。

**（二）考核内容**

**知识点：**蒸汽作为热媒的特点、分类和工作原理，室内低压蒸汽供暖系统水力计算、疏水器的构造和工作原理，蒸汽和热水作为热媒的比较。

**能力：**具备文献检索能力，熟悉总结和归纳方法，掌握课程研究的主要方法。

**（三）考核要求**

**1.识记**：蒸汽供暖系统的分类及工作原理、疏水器及其他附属设备的概念和工作原理。

**2.领会**：蒸汽作为供热系统热媒的特点。

**3.应用**：不同类型蒸汽供热系统的应用。

**4.分析：**蒸汽供热系统的分类方式。

**5.综合**：不同类型蒸汽供热系统在设计中应注意的问题。

**6.评价：**蒸汽和热水作为热媒的比较。

**第七章 集中供热系统的热负荷**

**（一）学习目标**

**1.一般了解：**集中供热系统的热负荷的概算。

**2.一般掌握：**集中供热系统的热负荷图、年耗热量计算。

**3.熟练掌握**：集中供热系统的热负荷的概念、分类和特征。

**（二）考核内容**

**知识点：**集中供热系统的热负荷的概念、分类和特征，集中供热系统热负荷的概算和热负荷图。

**能力：**具备文献检索能力，熟悉总结和归纳方法，掌握课程研究的主要方法。

**（三）考核要求**

**1.识记**：集中供热系统的热负荷的概念、分类和特征。

**2.领会**：不同类型集中供热系统的特点。

**3.应用**：集中供热系统的概算方法。

**4.分析：**城市规划指标法的确定原则。

**5.综合**：热负荷图的类型。

**6.评价：**集中供热系统概算对工程实际的指导。

**第八章 热水供热系统的供热调节**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解：**供暖热负荷供热调节的基本公式。

**2. 一般掌握：**直接和间接连接热水供暖的集中供热调节方式之间相比较，各自具有的特点。

**3. 熟练掌握**：供热调节的概念、目的和特征，直接和间接连接热水供暖的集中供热调节的概念。

**（二）考核内容**

**知识点：**供暖热负荷供热调节的基本公式，直接和间接连接热水供暖的集中供热调节方式的概念、目的和特征，直接和间接连接热水供暖的集中供热调节方式比较。

**能力：**具备文献检索能力，熟悉总结和归纳方法，掌握课程研究的主要方法。

**（三）考核要求**

**1.识记**：直接和间接连接热水供暖的集中供热调节的概念、目的。

**2.领会**：直接和间接连接热水供暖的集中供热调节的几种不同方式。

**3.应用**：供暖热负荷供热调节的基本公式在实际的工程计算中的具体应用。

**4.分析：**直接和间接连接热水供暖的集中供热调节方式二者各自具有的特点。

**5.综合**：集中供热调节方法的适用场所。

**6.评价：**集中供热调节各方法的特点。

**第九章 热水网路的水力计算和水压图**

**（一）学习目标**

**1.一般了解：**水压图的基本概念。

**2.一般掌握：**热水网路的水压图的基本概念，水压图的基本公式，热水网路的水力计算的方法和例题。

**3.熟练掌握**：水压图的绘制和利用。

**（二）考核内容**

**知识点：**水压图的基本概念、热水网路的水压图、系统定压方式。

**能力：**具备文献检索能力，熟悉总结和归纳方法，掌握课程研究的主要方法。

**（三）考核要求**

**1.识记**：水压图的基本概念、热水网路水力计算的主要任务。

**2.领会**：水压图的理论基础。

**3.应用**：热水网路水力计算的基本公式。

**4.分析：**通过水压图，确定保证热网和热用户压力要求所需的技术措施。

**5.综合**：绘制水压图。

**6.评价：**通过水压图，分析热网和热用户的压力状况。

**第十章 供热管线的敷设和构造**

**（一）学习目标**

**1.一般了解：**供热管网以及补偿器的基本概念。

**2.一般掌握：**室外供热管道的敷设方式、供热管道及其附件、补偿器和管道支座、供热管道的保温。

**3.熟练掌握**：供热管网布置原则、补偿器构造和工作原理。

**（二）考核内容**

**知识点：**供热管网布置原则、室外供热管道的敷设方式、补偿器、供热管道的保温，补偿器构造和工作原理。

**能力：**具备文献检索能力，熟悉总结和归纳方法，掌握课程研究的主要方法。

**（三）考核要求**

**1.识记**：供热管网以及补偿器的基本概念。

**2.领会**：供热管网布置原则。

**3.应用**：室外供热管道的敷设方式、供热管道及其附件、补偿器和管道支座、供热管道的保温。

**4.分析：**补偿器构造和工作原理。

**5.综合**：不同类型供热管网定线的基本原则。

**6.评价：**不同供热管道敷设方式的适用场所。

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

实验考核要求：实验成绩分为优良中差四个等级，考核内容主要包括散热器热工性能测试实验所需各工具的使用及设备的操作、概念的理解、实验过程、实验结果与讨论。

考核要求：是否能明确供热系统中散热器的的概念和工作原理；

是否能熟练操作散热器热工性能测试中所需的工具和相关设备；

是否能应用所学知识进行正确的实验操作；

是否能得到正确实验结果；

是否能根据实验结果，准确撰写实验报告。

**四、考核方式**

本课程考核方式由2部分构成：过程性考核和结果考核。

过程性考核包括考勤、平时作业、在线测试和小组探究学习四个考核项，主要是针对教学内容和教学设计，在每节课设置线上签到，进行出勤率的考核；每节课设置课堂互动，对学生上课表现进行考核；每一章节后设置线上和线下作业，考核其平时作业和在线测试的情况；将学生6人分为一组，进行小组探究式学习，通过对小组协作水平、表达能力等内容进行评价，考核其探究协作能力。

结果考核指期中期末时的卷面考试，用以考核学生对知识点的掌握程度。

**五、成绩评定**

1.平时成绩

平时成绩占最终成绩的30%。

平时成绩=考勤\*20%+课堂表现\*20%+平时作业\*20%+在线测试\*20%+小组探究学习表现\*20%

注：各考核项均按百分制评分，总评时按比例折算各项实际得分。

2.期末成绩：闭卷考试

3.综合成绩

最终成绩=平时成绩\*30%+考试卷面成绩\*70%

注：各考核项均按百分制评分，总评时按比例折算各项实际得分。

**六、考核结果分析反馈**

1. 考核结果如何向学生反馈。

绘制课程班级总成绩分布图，直观分析不同得分区间学生数量及所占比例；横坐标为分值区间，纵坐标为人数及人数占班级总人数的比例，反馈给学生。

2. 基于学生考核结果，如何改进课堂教学。

对课程教学目标达成度进行划分，列举相应考核要求，通过与实际考核结果进行对比，分析目标达成情况及改进方向。

通过对考核结果进行详细分析，进行教学总结和反思，向学生及课程团队反馈，指导进一步向课堂教学反馈，向专业达成度反馈。

# 发酵微生物学考核大纲

（Fermentation Microbiology）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021217 | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**李攀攀 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《发酵微生物学》是农业新能源科学与工程专业开设的一门专业深化类选修课，是融合了基础微生物学、生物化学和发酵工程的综合性课程。发酵微生物作为发酵过程中最重要的组成，发挥着不可替代的作用。本课程要求学生了解发酵在农业废弃物资源化利用和农村生态环境改善中发挥的作用，了解微生物的分类鉴定、形态结构、生理生化以及发酵工业微生物的研究进展；掌握发酵微生物的生长与代谢、发酵过程的基本原理与参数控制，培养学生的创新意识和思维，提高实践创新能力。

**二、理论教学部分的考核目标**

要求熟练掌握微生物的生长与生理代谢过程、发酵过程的基本原理与各项参数的控制，掌握微生物的营养要素和营养类型、发酵培养基的选择和发酵罐的设计原则，并了解微生物的分类鉴定、形态结构、生理生化以及发酵工业微生物的研究进展。

**第一章 微生物的形态与分类**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：细菌、放线菌、酵母菌、霉菌、高等真菌、噬菌体、病毒和藻类的形态；

**2. 一般掌握**：病毒及噬菌体的结构及繁殖方式；霉菌菌丝体的特化形态及酵母菌的细胞结构；

**3. 熟练掌握**：细菌、高等真菌的细胞结构及菌落特征；原核生物与真核生物的结构差异。

**（二）考核内容**

本章主要考核细菌的细胞结构；酵母菌的细胞结构；霉菌菌丝体的特化形态；噬菌体的结构和繁殖方式；高等真菌的菌落特征；考查学生鉴别微生物的能力；培养学生科学素养。

**（三）考核要求**

**1、识记**：细菌、酵母菌的细胞结构

**2、领会**：噬菌体的结构和繁殖方式

**3、应用**：高等真菌的菌落特征

**4、分析：**霉菌菌丝体的特化形态

**5、综合：**原核生物与真核生物的结构差异

**6、评价：**细胞的革兰氏染色法

**第二章 微生物的营养与生长**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：微生物培养、灭菌、消毒、防腐、化疗等概念；

**2. 一般掌握**：营养物质进入细胞的方式；微生物的营养要素和营养类型；

**3. 熟练掌握**：微生物生长繁殖的测定方法和培养基的设计。

**（二）考核内容**

本章主要考核微生物的营养类型；营养物质进入细胞的方式；微生物灭菌；微生物生长的测定方法；考查学生针对不同类型微生物的培养基设计能力；培养学生创新精神。

**（三）考核要求**

**1、识记**：微生物的营养类型

**2、领会**：灭菌、消毒、防腐的概念

**3、应用**：微生物的灭菌和培养

**4、分析：**营养物质进入细胞的方式

**5、综合：**微生物生长曲线的特征及测定方法

**6、评价：**培养基的设计

**第三章 微生物的代谢**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：微生物的物质代谢和能量代谢等概念；

**2. 一般掌握**：化能自养微生物和光能自养微生物的代谢过程；

**3. 熟练掌握**：EMP途径、TCA循环、ED途径、HMP途径和无氧发酵途径。

**（二）考核内容**

本章主要考核微生物的代谢；光能自养微生物；EMP途径、TCA循环、ED途径、HMP途径和无氧发酵途径；考查学生对不同代谢途径的分析与整合能力；培养学生自然科学素养。

**（三）考核要求**

**1、识记**：微生物的能量代谢和物质代谢

**2、领会**：化能自养微生物的代谢

**3、应用**：EMP途径、TCA循环

**4、分析：**ED途径、HMP途径

**5、综合：**无氧发酵途径

**6、评价：**光能自养微生物的代谢过程

**第四章 发酵微生物菌种制备原理与技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：现代合成生物学的发展及其在发酵工业的意义；

**2. 一般掌握**：常用的微生物学诱变育种方法和菌种保藏方法；

**3. 熟练掌握**：发酵工业常用的微生物菌种及其特征。

**（二）考核内容**

本章主要考核合成生物学；微生物诱变育种；发酵微生物；产甲烷菌；光能产氢菌；嗜热梭菌；厌氧发酵等内容；考查学生对不同菌种保藏方法的分析和设计能力；培养学生辩证思维素养。

**（三）考核要求**

**1、识记**：发酵微生物菌种及其特征

**2、领会**：合成生物学在发酵工业中的意义

**3、应用**：菌种保藏方法

**4、分析：**微生物诱变育种过程

**5、综合：**发酵微生物菌种的制备

**6、评价：**工业微生物的系统生物学和合成生物学

**第五章 发酵培养基的制备与灭菌**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：发酵工业原料的种类组成；

**2. 一般掌握**：发酵原料的选择原则和预处理方法；

**3. 熟练掌握**：发酵培养基的设计和优化。

**（二）考核内容**

本章主要考核培养基灭菌方法；发酵工业原料的种类；原料的预处理；原料选择原则；考查学生对发酵培养基的设计和优化能力；培养学生自主创新意识。

**（三）考核要求**

**1、识记**：发酵工业原料的种类与组成

**2、领会**：培养基灭菌设备

**3、应用**：培养基的灭菌方法

**4、分析：**发酵工业原料的选择和预处理

**5、综合：**发酵培养基的设计

**6、评价：**发酵培养基的优化过程

**第六章 发酵设备和发酵过程的影响因素**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：常用的发酵设备；

**2. 一般掌握**：发酵设备的设计；

**3. 熟练掌握**：温度、pH、溶氧、泡沫、代谢产物、染菌及其他因素对发酵过程的影响。

**（二）考核内容**

本章主要考核发酵罐；自动化检测；发酵过程的影响因素及原理；发酵参数的控制；考查学生对发酵罐的选择、设计及优化能力；培养学生的钻研精神，增强社会使命感。

**（三）考核要求**

**1、识记**：影响发酵过程的重要参数

**2、领会**：发酵罐的设计与选择原则

**3、应用**：常用的发酵设备及用途

**4、分析：**参数变化对发酵过程的影响

**5、综合：**发酵过程参数控制

**6、评价：**发酵罐的自动检测系统

**三、实验教学部分的考核要求**

（1）熟练掌握培养基的配制方法和高压蒸汽灭菌设备的安全使用；

（2）熟练掌握微生物的接种、培养和分离等基础操作。

**四、考核方式**

本课程考核采用过程性评价与终结性评价结合的形式评定综合成绩。过程性评价与终结性评价分值各占50%。过程性评价具体方式包括：慕课堂或超星学习通进行学生签到评定出勤；随机提问和慕课堂练习，评价课堂表现和听课效果；团队列名法作为课堂学习小组讨论效果的评价依据；通过班级成员投票打分评价学习小组演讲成绩；中国大学慕课网作业完成、作业互评及单元测验完成情况评价阶段性学习成果；实验报告评定实验成绩。

**五、成绩评定**

1.过程性评价（平时成绩）

（1）通过慕课堂或超星学习通进行学生签到评定出勤；

（2）通过随机提问和慕课堂随堂练习，评价课堂表现和听课效果；

（3）课堂学习小组讨论效果可通过团队列名法进行评价；

（4）小组演讲成绩可通过班级成员投票打分评价；

（5）中国大学慕课网作业完成、作业互评及单元测验完成情况评价阶段性学习成果；

（6）实验报告评定实验成绩。

过程性评价占综合成绩的50%。

2.终结性评价（期末成绩）

采用期末闭卷考试形式；占综合成绩的50%。

3.综合成绩

最终成绩由平时成绩和期末考试两部分组成，平时成绩×50% + 期末成绩×50%。

**六、考核结果分析反馈**

学生可通过慕课堂、超星学习通直接查询个人签到情况；学生完成慕课堂练习和单元测验之后，程序直接显示练习结果，学生可通过题目的解析检验本节/本章学习效果，查漏补缺，授课教师可通过后台查看题目统计，了解学生学习情况和薄弱环节，课后资料上传有的放矢；学习小组讨论和课堂展示结果可通过团队列名法和投票法直接反馈，学生可检验课上课下学习效果，开拓思维，提高自主学习和创新能力，教师可通过课堂教学活动进行总结、并根据学生兴趣点引导深入学习；课程进行中可不定时发放问卷，及时了解学生对课程内容和教学方式等方面的意见，随时调整教学方法，因材施教，达到良好的教学效果；慕课网作业及作业互评使得每个学生都能从老师的角度出发对比查看其他同学的学习成果，提升学生的综合能力。

# 试验设计与分析考核大纲

（Experiment Design and Analysis）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021218 | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**党钾涛 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《试验设计与分析》是新能源科学与工程专业重要的专业选修课。它是数理统计的原理和方法在工程研究中的应用，不仅提供如何正确地设计科学试验和收集数据的方法，而且也提供如何正确地整理、分析数据，得出客观、科学结论的方法。本课程的任务是使学生能够掌握常用的试验设计原理及设计方法、试验结果的统计分析方法，了解常用的数理统计软件，为学生毕业论文以及将来从事科研工作打基础。

**二、理论教学部分的考核目标**

了解均匀设计方法，为多因素、多水平试验设计和优化提供研究思路和方法。理解响应面试验设计思路、方法、分析软件的应用。掌握工科学生在试验研究中应该具备的试验设计的基本理念、典型的方差、回归分析方法，掌握最基本的正交试验设计方法和分析统计方法，从而学会试验优化设计和分析，为未来的研究和实践工作提供基础知识。

**绪论**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：试验设计的概念、意义；试验设计的发展概况、应用效果。

**2. 一般掌握**：试验设计常用术语及统计模型。

**3. 熟练掌握**：试验设计常用术语。

**（二）考核内容**

试验设计的概念、意义，常用术语。

**（三）考核要求**

**1.识记**：试验设计的概念、意义、常用术语。

**2.领会**：试验设计的发展概况、应用效果。

**3.应用**：试验设计的应用效果。

**4.分析：**试验设计的发展历程。

**5.综合**：试验设计的常用术语和应用效果。

**6.评价：**试验设计的意义。

**第一章 试验数据的误差分析**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：误差在试验设计中的传递与影响；试验设计中的相关误差知识。

**2. 一般掌握**：真值与平均值、误差的概念、误差的来源与分类、试验数据的精准度、试验数据误差的统计检验、有效数字和试验结果表示等。

**3. 熟练掌握**：误差的概念、误差的来源与分类、试验数据的精准度、试验数据误差的统计检验等在实验结果分析中的应用。

**（二）考核内容**

真值与平均值、误差的概念、误差的来源与分类、试验数据的精准度、试验数据误差的统计检验、有效数字和试验结果表示、试验数据的精准度、试验数据误差的统计检验等在实验结果分析中的应用。

**（三）考核要求**

**1.识记**：真值与平均值，误差的概念，误差的来源与分类。

**2.领会**：试验数据的精准度，试验数据误差的统计检验。

**3.应用**：有效数字和试验结果表示，试验数据的精准度。

**4.分析：**试验数据误差的统计检验。

**5.综合**：试验数据误差的统计检验等在实验结果分析中的应用。

**6.评价：**试验数据误差的统计检验，试验数据的精准度。

**第二章 试验数据的表图表示法**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：常用计算机软件在图表绘制中的应用；列表法和图示法对试验数据的表示。

**2. 一般掌握**：列表法和图示法对试验数据的表示方法与格式要求。

**3. 熟练掌握**：列表法和图示法对试验数据的表示，常用的列表与图示格式要求。

**（二）考核内容**

列表法和图示法对试验数据的表示。

**（三）考核要求**

**1.识记**：常用的列表与图示格式要求。

**2.领会**：列表法和图示法。

**3.应用**：常用计算机软件在图表绘制中的应用。

**4.分析：**列表法和图示法对试验数据的作用。

**5.综合**：试验结果的图表绘制。

**6.评价：**列表法和图示法对试验数据的表示。

**第三章 试验的方差分析**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：各种方差分析方法在试验结果分析中的应用。

**2. 一般掌握**：单因素方差分析和两因素方差分析方法；离差平方和、显著性检验、S检验、方差分析表等有关数学知识；显著性检验方法用于两因素不重复实验和重复实验的具体分析方法。

**3. 熟练掌握**：离差平方和、显著性检验、S检验、方差分析表等有关数学知识在实验结果分析中的应用。

**（二）考核内容**

单因素方差分析和两因素方差分析方法；离差平方和、显著性检验、S检验、方差分析表等有关数学知识的应用。

**（三）考核要求**

**1.识记**：离差平方和、显著性检验、S检验、方差分析表等。

**2.领会**：各种方差分析方法在试验结果分析中的应用。

**3.应用**：单因素方差分析和两因素方差分析方法。

**4.分析：**离差平方和、显著性检验等有关数学知识在实验结果分析中的应用。

**5.综合**：方差分析方法。

**6.评价：**单因素方差分析和两因素方差分析。

**第四章 试验数据的回归分析**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：回归分析方法的发展和应用。

**2. 一般掌握**：一元线性回归分析方法及其应用；多元线性回归分析方法和正交多项式回归方法及分析。回归系数最小二乘估计方法，回归方程的显著性检验方法；一元非线性回归分析函数与应用；多元线性回归分析方法及显著性检验；正交多项式回归方法及显著性检验。

**3. 熟练掌握**：回归方程的显著性检验方法；一元线性回归分析方法及其应用，一元非线性回归分析函数与应用；多元线性回归分析方法及显著性检验。

**（二）考核内容**

一元线性回归分析方法及其应用，一元非线性回归分析函数与应用；多元线性回归分析方法及显著性检验。

**（三）考核要求**

**1.识记**：回归分析方法的发展和应用。

**2.领会**：回归系数最小二乘估计方法，回归方程的显著性检验方法。

**3.应用**：一元线性回归分析方法及其应用，一元非线性回归分析函数与应用。

**4.分析：**一元线性回归、多元线性回归。

**5.综合**：一元非线性回归分析函数与应用；多元线性回归分析方法及显著性检验。

**6.评价：**一元线性回归、多元线性回归与正交多项式回归分析。

**第五章 优选法**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：试验设计中的优选法。

**2. 一般掌握**：来回调试法、黄金分割法、分数法、对分法等单因素优选法；对开法、旋升法等双因素优选法。

**3. 熟练掌握**：来回调试法、黄金分割法、分数法、对分法等单因素优选法。

**（二）考核内容**

常用的单因素优选法和双因素优选法。

**（三）考核要求**

**1.识记**：优选法的概念与发展。

**2.领会**：单因素优选法和双因素优选法。

**3.应用**：单因素优选法和双因素优选法在试验设计中的应用。

**4.分析：**优选法对试验结果的分析。

**5.综合**：来回调试法、黄金分割法、分数法、对分法等单因素优选法。

**6.评价：**优选法的应用效果。

**第六章 正交试验设计**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：正交试验设计的灵活应用方法、直和和直积法。

**2. 一般掌握**：多指标正交试验设计和分析方法及其应用；重复试验与重复取样的正交试验方差分析。

**3. 熟练掌握**：正交表的应用、正交试验设计和分析方法；考虑交互作用的正交试验设计和分析方法；多水平正交设计。

**（二）考核内容**

正交表的应用；正交试验设计和分析方法；正交多项式回归在正交设计中的应用。

**（三）考核要求**

**1.识记**：正交试验设计的灵活应用方法、直和和直积法。

**2.领会**：正交表、正交试验设计和分析的理论基础；多指标正交试验设计和分析方法及其应用；重复试验与重复取样的正交试验方差分析。

**3.应用**：正交表的应用；正交试验设计和分析方法；考虑交互作用的正交试验设计和分析方法；正交多项式回归在正交设计中的应用。

**4.分析：**正交表、正交试验。

**5.综合**：正交表的应用；正交试验设计和分析方法；正交多项式回归在正交设计中的应用。

**6.评价：**正交试验设计与正交多项式回归在正交设计中的应用及意义。

**第七章 均匀设计**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：均匀试验设计的发展过程、发展现状。

**2. 一般掌握**：均匀试验设计的基本思想和理论基础；均匀试验设计试验安排方法和结果分析及其对试验的指导作用。

**3. 熟练掌握**：均匀试验设计方法在质量工程中的作用。

**（二）考核内容**

均匀试验设计和分析方法及其在质量工程中的作用。

**（三）考核要求**

**1.识记**：均匀试验设计的发展过程、发展现状。

**2.领会**：均匀试验设计的基本思想和理论基础；均匀试验设计试验安排方法和结果分析及其对试验的指导作用。

**3.应用**：均匀实验设计及结果分析。

**4.分析：**均匀实验设计的应用。

**5.综合**：均匀试验设计方法在质量工程中的作用。

**6.评价：**均匀实验设计在工程应用中的指导意义。

**第八章 回归正交试验设计**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：二次回归正交组合设计。

**2. 一般掌握**：一次回归正交试验设计及结果分析的原理与应用。

**3. 熟练掌握**：**一**次回归正交试验设计及结果分析。

**（二）考核内容**

**一**次回归正交试验设计及结果分析。

**（三）考核要求**

**1.识记**：**一**次回归正交试验设计。

**2.领会**：二次回归正交组合设计。

**3.应用**：一次回归正交试验设计的应用。

**4.分析：**一次回归正交试验设计及结果分析。

**5.综合**：回归正交试验设计方法。

**6.评价：**回归正交试验设计在工程应用中的指导意义。

**第九章 配方试验设计与响应面试验设计**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：配方试验设计的起源与发展；响应面试验设计和分析方法的基本理念、应用状况和发展现状。

**2. 一般掌握**：利用计算机软件进行响应面试验方案设计和分析的方法及对结果的分析。

**3. 熟练掌握**：配方试验设计的应用。

**（二）考核内容**

配方试验设计的起源与发展；响应面试验设计和分析方法的基本理念。

**（三）考核要求**

**1.识记**：配方试验设计的起源与发展；响应面试验设计和分析方法的基本理念、应用状况和发展现状。

**2.领会**：配方试验设计的方法；响应面试验设计和结果分析的基本理论；响应面试验设计和数据结果分析对试验的指导作用。

**3.应用**：配方试验设计的应用；响应面试验设计和结果分析的基本理论；响应面试验设计和数据结果分析对试验的指导作用。

**4.分析：**响应面试验设计和数据结果。

**5.综合**：利用计算机软件进行响应面试验方案设计和分析。

**6.评价：**配方试验设计和响应面试验设计在科研实践中的应用意义。

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

无

**四、考核方式**

理论课程结束1周以后择期进行考试，根据教学安排具体安排考试时间，采取闭卷考试形式。平时成绩包含考勤、作业、课堂提问、随堂小测验（不定期，根据讲课进度和学生掌握情况随堂安排）。

**五、成绩评定**

1.平时成绩：平时成绩实行百分制，根据学生考勤、作业、课堂提问情况进行适当扣分和奖励。

2.期末成绩：闭卷考试（一般情况下线下考试，如遇特殊情况可线上考试）；所占比例70%。

3.综合成绩：总成绩实行百分制，其中期末考试成绩占70%，平时成绩占30%。

**六、考核结果分析反馈**

考核结果体现在学生考试成绩、理论知识掌握情况、理论用于实践情况等环节。使用课堂考核结果当面告知、考勤与作业情况及时反馈到学生、考试结果分析反馈到专业与学院等途径，通过电话、网络、交谈等方式保障与学生的沟通渠道畅通，建立考核评价结果多元反馈机制，形成“考核结果促教学、教学发展促结果”的双促良性循环，提高教育教学效果。

**附件4：考核大纲格式**

# 节能原理考核大纲

（Principle of Energy Conservation）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021225 | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**王伟 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

该课程是新能源科学与工程的专业深化类选修课。主要阐述能量有效利用基本知识、有效用能的原理和方法、能量有效利用的热力学分析、能量利用过程的节能分析、通用有效用能技术、节能评估与审查等内容。有效用能有利于我国资源合理开发和环境保护，是调整国民经济结构、提高经济效益的重要途径，是实现我国经济持续、高速发展的保证。通过对本课程的学习，为后续的《节能技术与工程》课程提供理论基础，为今后从事的企事业单位生产的节能提供可靠的科学依据。

**二、理论教学部分的考核目标**

树立节能减排意识，灵活运用能量平衡原理，掌握能量平衡的微观分析和宏观分析方法。能够分析能量利用过程中，能量的有效部分、损失程度及原因，并给予定量的计算与评价，从而科学地分析节能潜力的大小、所在的部位及分布，指出节能的限度及节能途径，并科学地制定节能的任务与战略目标。

**第一章 绪论**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：国内外能源资源开发利用现状、能源在国民经济中的重要地位和作用。

**2.一般掌握**：节能的可能性与必要性、我国能源结构特点。

**3.熟练掌握**：我国能源利用率低的原因、能源消耗弹性系数。

**（二）考核内容**

知识点：节能的必要性、节能的可能性。

能力：熟悉国内外能源利用现状，能够把握未来能源利用发展方向；树立节能减排意识。

**（三）考核要求**

**1.识记**：我国能源结构、能源消耗弹性系数。

**2.领会**：节能的可能性及必要性

**3.分析：**我国能源利用率低的原因。

**第二章 能量有效利用基本知识**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：能的概念、能源的分类、节能类型。

**2.一般掌握**：有效用能的技术方法、能量有效利用的技术经济评价。

**3.熟练掌握**：有效用能原则。

**（二）考核内容**

知识点：能质、节能类型、能的性质、有效用能效益、用能过程环节、有效用能评价指标。

能力：宏观上把握节能的发展趋势，微观上掌握节能原则、方法。

**（三）考核要求**

**1.识记**：节能类型、能的性质、有效用能评价指标。

**2.领会**：有效用能原则。

**3.应用**：有效用能的技术方法。

**4.分析：**用能过程潜力分析。

**5.综合**：项目节能技术改造。

**6.评价：**能量有效利用的技术经济评价。

**第三章 能量的数量分析**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：能量平衡的应用举例。

**2.一般掌握**：能量平衡的基本概念、模型及类型、能量利用的分析方法、能量平衡的热工计算。

**3.熟练掌握**：能量平衡的方法与步骤。

**（二）考核内容**

知识点：能量平衡的基本概念、能量平衡的模型及类型、能量利用的分析方法、能量平衡的热工计算、能量平衡的方法与步骤。

能力：能够利用黑箱模型对耗能设备进行能量平衡分析。

**（三）考核要求**

**1.识记**：能量平衡的基本概念、能量平衡的模型及类型。

**2.领会**：能量利用的分析方法。

**3.应用**：能量平衡的热工计算、能量平衡的方法与步骤。

**4.分析：**利用黑箱模型对耗能设备进行能量平衡分析。

**第四章 能量的质量分析**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：火用分析举例。

**2.一般掌握**：能量的质量分析方法、火用的计算方法。

**3.熟练掌握**：火用的概念。

**（二）考核内容**

知识点：火用的概念、火用的计算、火用分析。

能力：能够利用火用概念，对常见热力设备的能量传递过程转换就行分析。

**（三）考核要求**

**1.识记**：火用的概念。

**2.领会**：热量火用、冷量火用、焓火用。

**3.应用**：火用的计算。

**4.评价：**火用效率。

**第五章 能量利用过程的节能分析**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：火用分析举例。

**2.一般掌握**：能量的质量分析方法、火用的计算方法。

**3.熟练掌握**：火用的概念。

**（二）考核内容**

知识点：火用的概念、火用的计算、火用分析。

能力：能够利用火用概念，对常见热力设备的能量传递过程转换就行分析。

**（三）考核要求**

**1.识记**：火用的概念。

**2.领会**：热量火用、冷量火用、焓火用。

**3.应用**：火用的计算。

**4.评价：**火用效率。

**第六章 节能评估与审查**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：节能评估的背景及意义、节能评估相关法规和产业政策。

**2.一般掌握**：节能评估的内容和方法。

**3.熟练掌握**：节能评估的原则。

**（二）考核内容**

知识点：节能评估的内容和方法、节能评估的原则。

能力：熟悉节能评估工作主要程序；掌握节能评估原则、方法，树立节能评估意识。

**（三）考核要求**

**1.识记**：节能评估的背景及意义、节能评估相关法规和产业政策。

**2.领会**：节能评估的内容和方法。

**3.应用**：节能评估的原则。

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

1.能够掌握风机、热管换热器性能的测试方法；

2.能够判定风机设备的设计和运行水平，明确提高效率降低热损失的途径；

3.能够应用能量分析的方法。

**四、考核方式**

本课程考核方式由两部分构成：过程性考核和结果考核。

过程性考核包括考勤、课堂表现、课后作业和课程实验四个考核项，主要是针对教学内容和教学设计，在每节课设置线上签到，进行出勤率的考核；每节课设置课堂互动，对学生上课表现进行考核；每一章节后布置课后作业，考核其平时作业完成情况；将学生5人分为一组，进行课程实验，通过实验表现、实验报告撰写水平进行评价。过程性考核总分为100分，过程性评价采用扣分制，迟到扣5分/次，旷课扣10分/次，作业少交一次扣5分/次，实验报考少交一次扣10分/次。

结果考核指期末卷面考试，采用闭卷笔试，考试时间120分钟，评分采用百分制。题型主要包括填空题，分析题，简答题，计算题和论述题等，理论考试课可增加10分的附加题。

**五、成绩评定**

1.平时成绩的评价方法。

平时成绩占最终成绩的40%。

平时成绩=考勤\*20%+课堂表现\*30%+平时作业\*25%+课程实验\*25%

注：各考核项均按百分制评分，总评时按比例折算各项实际得分。

2.期末成绩采用闭卷考试；占比60%。

3.综合成绩=平时成绩×40%+考试卷面成绩×60%。

注：各考核项均按百分制评分，总评时按比例折算各项实际得分。

**六、考核结果分析反馈**

1.绘制课程班级总成绩分布图，直观分析不同得分区间学生数量及所占比例和不同考核形式的考核结果；

2.绘制课程成绩构成表格，分析不同考核形式（考勤、课堂表现、平时作业、课程实验表现等）的考核结果，及其所占权重；

3.卷面考核分析，对命题题型、难易程度、学生得分情况、掌握程度等进行分析；

4.对课程教学目标达成度进行划分，列举相应考核要求，通过与实际考核结果进行对比，分析目标达成情况及改进方向。

通过对考核结果进行详细分析，进行教学总结和反思，向学生及课程团队反馈，指导进一步向课堂教学反馈，向专业达成度反馈。

# 能源测试技术考核大纲

（Energy Testing Technology）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021227 | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**王伟 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《能源测试技术》是新能源科学与工程专业的一门专业深化类选修课程，是一门理论性和实践性均较强的专业课程。本课程注重实用性和科学性的统一，从实用角度出发，对目前在能源测量过程中较为流行的热工仪表进行全面系统的介绍，包括仪表及传感器的基本原理和基本结构，安装、使用、校验方法等。本课程与传热学、工程热力学实验等热工专业实验可一起互为配合与促进，使学生能够掌握常规仪器的工作原理与使用方法，结合理论分析进行实验数据处理。随着科学技术的飞速发展和工程技术的迫切需求，能源工程测试技术已愈来愈广泛地应用于工业、农业、国防、航空、航天、医疗卫生和生物工程等各个领域。测试是科学研究的基本方法，传感器是实现测试的首要环节，现代生活、国防和高科技的发展离不开传感器与测试技术。科技要发展，计量须先行。通过对测试技术发展的学习，树立精益求精的大国工匠精神。通过了解传感器与测试技术在国民经济中的应用以及最新发展趋势；提高学习者创造性地运用知识，自主地发现问题、研究问题和解决问题的能力。

**二、理论教学部分的考核目标**

掌握热工测量中的误差与数据处理理论；熟悉评价测量仪表的基本技术性能指标的定义，能正确合理选用符合测量要求的仪表；能装置实验测量系统；掌握温度测量、压力测量、流速流量测量、湿度测量和噪声测量仪表的正确使用方法，测得准确的、符合测量精度要求的测量数据。

**第一章 热工测量的基本概念**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：测量的意义和发展，测量分类。

**2.一般掌握**：测量仪表的主要质量指标：量程、准确度、线性度、回差、重复性和重复性误差、灵敏度、分辨率、漂移等。

**3.熟练掌握**：测量方法的分类及其原理。

**（二）考核内容**

知识点：测量仪表的主要质量指标、测量方法的分类及其原理。

能力：熟悉总结和归纳方法，掌握测量仪表的主要质量指标的计算方法。

**（三）考核要求**

**1.识记**：量程、准确度、线性度、回差、重复性和重复性误差、灵敏度、分辨率、漂移等。

**2.领会**：测量系统三个主要作用元件感受件、传送元件和显示元件的功能及对它们的要求。

**3.应用**：测量方法的分类及其原理。

**4.分析：**设备所采用的测量方法分析。

**第二章 测量误差和不确定度**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：测量误差的定义、来源和分类。

**2.一般掌握**：系统误差变化规律；系统误差的判别和确定；随机误差的分布规律和误差估计；粗大误差的判定；不确定度的评定方法。

**3.熟练掌握**：测量的精度等级的计算和仪表的选取。

**（二）考核内容**

知识点：真值、测量误差来源及分类、测量误差计算、系统误差变化规律、随机误差变化规律。

能力：实验温差来源分析，数据误差分析、剔除、不确定度评定。

**（三）考核要求**

**1.识记**：测量误差的定义、来源和分类。

**2.领会**：真值、约定真值、绝对误差、相对误差、最大引用误差、测量准确度、精密度和精确度。

**3.应用**：系统误差、随机误差和粗大误差的概念和特点。

**4.分析：**随机误差的分布规律和误差估计；粗大误差的判定；不确定度的评定方法。

**5.综合**：测量的精度等级的计算和仪表的选取。

**6.评价：**测量误差的不确定度评定。

**第三章 温度测量概述**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：温度定义、温度计发展历史、温标建立历史及传递、温度测量方法分类。

**2.一般掌握**：温标建立要素；膨胀式温度计的结构和原理。

**3.熟练掌握**：压力式温度计的结构、原理和特点。

**（二）考核内容**

知识点：热力学第零定律、温标建立三要素、膨胀式温度计、压力式温度计。

能力：对不同类型的膨胀式、压力式温度计结构特点和运行分析的能力。

**（三）考核要求**

**1.识记**：温度定义、经验温标、ITS-90温标。

**2.领会**：热力学第零定律；热力学温标

**3.应用**：温标建立要素；膨胀式温度计的结构和原理。

**4.分析：**压力式温度计的结构、原理和特点。

**第四章 热电偶和热电阻温度计**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：几种常用的热电偶类型及其性能；标准化和铠装热电偶、热电阻的结构；热电偶温度计和热电阻温度计的选择和安装；半导体热敏电阻温度计的结构和特点。

**2.一般掌握**：热电偶冷端温度补偿方法；热电势测量电路，热电阻测温线路；热电偶与热电阻温度计的标定。

**3.熟练掌握**：热电偶回路的基本定律及其应用。

**（二）考核内容**

知识点：热力学第零定律、温标建立三要素、膨胀式温度计、压力式温度计。

能力：热电偶焊接、校准和安装。

**（三）考核要求**

**1.识记**：热电偶温度计和热电阻温度计的结构、选择和安装。

**2.领会**：热电偶和热电阻的测温原理。

**3.应用**：热电偶冷端温度补偿、热电偶与热电阻温度计的标定。

**4.分析：**热电偶回路基本定律推论。

**5.综合**：热电偶回路基本定律及其应用。

**6.评价：**热电阻和热面电阻的性能评价。

**第五章 压力及压差测量**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：压力的基本概念；压力单位件换算；液柱压力计的分类；弹性式压力计分类。

**2.一般掌握**：液柱式压力计和弹性式压力计测量范围；压力传感器及压力测量系统的静态标定；压力仪器的安装及测压系统的组成。

**3.熟练掌握**：压力计的选用原则。

**（二）考核内容**

知识点：压力的基本概念、压力单位件换算、液柱压力计的分类及特点、弹性式压力计分类及特点。

能力：压力表的选择、安装和校准。

**（三）考核要求**

**1.识记**：压力的基本概念、压力单位换算、肘管式和斜管式压力计的结构特点、弹性式压力计分类。

**2.领会**：温度、压力、工质密度等参数对液柱式压力计测量性能的影响。

**3.应用**：压力计的选择、安装和校准。

**4.分析：**压力校准装置的工作原理。

**第六章 流体流量的测量方法**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：流量概念；流量计的分类；标准节流装置特点及分类。

**2.一般掌握**：流量计选用、安装和标定；孔板取压。

**3.熟练掌握**：毕托管的使用；节流降压差流量计的特点。

**（二）考核内容**

知识点：流量概念、流量计的分类、标准节流装置的特点及分类。

能力：能熟练应用毕托管测量流道流速和流量。

**（三）考核要求**

**1.识记**：容积式流量计的结构及工作原理，如椭圆齿轮流量计、腰轮流量计、刮板式流量计和湿式气体流量计；速度式流量计的结构及工作原理，如涡轮流量计、旋涡流量计、电磁流量计、超声波流量计和热式流量计；差压式流量计的结构及原理，如毕托管、均速管、靶式流量计、转子流量计、孔板流量计、文丘里管、喷嘴流量计。

**2.领会**：流体流经节流装置前后压力和速度的变化。

**3.应用**：流体计的选用、安装和校准。

**4.分析：**流量计的结构特点与应用范围。

**第七章 汽包水位测量**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：汽包水位测量对锅炉安全运行的重要性；连通式水位计、差压式水位计和其它液位计的分类。

**2.一般掌握**：云母水位计、双色水位计、电接点水位计、双室平衡容器、双压差平衡容器的测量原理。

**3.熟练掌握**：双室平衡容器输出差压的推导；汽包水位变化对差压输出的影响。

**（二）考核内容**

知识点：重量水位、连通式水位计、差压式水位计和其它液位计的分类。

能力：水位计的选择、安装。

**（三）考核要求**

**1.识记**：重量水位定义、连通式水位计、差压式水位计和其它液位计的分类。

**2.领会**：汽包满水和缺水的危害，汽包水位变化对差压输出的影响。

**3.应用**：云母水位计、双色水位计、电接点水位计、双室平衡容器、双压差平衡容器的测量原理。

**4.分析：**云母水位计、双色水位计、电接点水位计、双室平衡容器、双压差平衡容器的特点。

**第八章   炉烟分析**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：热磁式氧气分析仪、热导式二氧化碳分析仪和红外气体分析仪的组成及工作原理。

**2.一般掌握**：射水抽气装置的工作原理；气相色谱分析法原理；气相色谱分析仪的主要组成。

**3.熟练掌握**：氧化锆氧气分析仪、色谱图及色谱仪的定性定量分析。

**（二）考核内容**

知识点：热磁式氧量计分析仪、氧化锆氧量计、热导式二氧化碳分析仪、红外气体分析仪、气相色谱分析仪、检出器。

能力：水位计的选择、安装。

**（三）考核要求**

**1.识记**：炉烟分析的重要意义、特征光谱、氧化锆浓差电池原理。

**2.领会**：热磁式氧气分析仪、红外气体分析仪、热导式二氧化碳分析仪和气相色谱分析仪的组成及工作原理

**3.应用**：气相色谱分析仪核心组成及功能。

**4.分析：**射水抽气装置工作原理，热导式检出器和氢火焰离子检出器区别。

**第九章 噪声测量**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：噪声测量的重要性，噪声测试仪器的结构和组成元件。

**2.一般掌握**：噪声的物理度量：声压、声压级，声强、声强级，声功率、声功率级。

**3.熟练掌握**：总声压级或声功率级的合成、分解与平均。

**（二）考核内容**

知识点：噪声的物理度量：声压、声压级，声强、声强级，声功率、声功率级，声级计的工作原理。

能力：能够熟练应用噪声测量仪测定设备噪声。

**（三）考核要求**

**1.识记**：声压、声压级，声强、声强级，声功率、声功率级等噪声的物理度量。

**2.领会**：总声压级或声功率级的合成、分解与平均。

**3.应用**：噪声的现场测量。

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

1.要求学生会动手操作实验设备；

2.要求学生会观察、记录实验数据；

3.要求学生会对对实验数据进行处理和分析。

**四、考核方式**

本课程考核方式由两部分构成：过程性考核和结果考核。

过程性考核包括考勤、课堂表现、课后作业和课程实验四个考核项，主要是针对教学内容和教学设计，在每节课设置线上签到，进行出勤率的考核；每节课设置课堂互动，对学生上课表现进行考核；每一章节后布置课后作业，考核其平时作业完成情况；将学生5人分为一组，进行课程实验，通过实验表现、实验报告撰写水平进行评价。过程性考核总分为100分，过程性评价采用扣分制，迟到扣5分/次，旷课扣10分/次，作业少交一次扣5分/次，实验报考少交一次扣10分/次。

结果考核指期末卷面考试，采用闭卷笔试，考试时间120分钟，评分采用百分制。题型主要包括填空题，分析题，简答题，计算题和论述题等，理论考试课可增加10分的附加题。

**五、成绩评定**

1.平时成绩的评价方法。

平时成绩占最终成绩的40%。

平时成绩=考勤\*20%+课堂表现\*30%+平时作业\*25%+课程实验\*25%

注：各考核项均按百分制评分，总评时按比例折算各项实际得分。

2.期末成绩采用闭卷考试；占比60%。

3.综合成绩=平时成绩×40%+考试卷面成绩×60%。

注：各考核项均按百分制评分，总评时按比例折算各项实际得分。

**六、考核结果分析反馈**

1.绘制课程班级总成绩分布图，直观分析不同得分区间学生数量及所占比例和不同考核形式的考核结果；

2.绘制课程成绩构成表格，分析不同考核形式（考勤、课堂表现、平时作业、课程实验表现等）的考核结果，及其所占权重；

3.卷面考核分析，对命题题型、难易程度、学生得分情况、掌握程度等进行分析；

4.对课程教学目标达成度进行划分，列举相应考核要求，通过与实际考核结果进行对比，分析目标达成情况及改进方向。

通过对考核结果进行详细分析，进行教学总结和反思，向学生及课程团队反馈，指导进一步向课堂教学反馈，向专业达成度反馈。

# 环境工程考核大纲

（Environment Engineering）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021231 | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**翟巧龙 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《环境工程》是新能源科学与工程专业的创业教育类选修课。本课程的开课时间为第7学期，学生已学习了本专业的各类主干课程，更需要对新能源的开发和综合利用中可能产生的环境问题有清醒的认识。通过传统授课与翻转课堂的结合，调动学生积极性，提高课堂参与度，使学生系统地掌握环境工程的基础知识，了解人口、环境、能源之间的关系，深刻领悟习近平总书记提出的“绿水青山就是金山银山”的内涵和可持续发展思想，较全面掌握环境污染控制的原理和方法以及环境管理方面的内容，包括水体、大气、固体废物、噪声以及其他物理污染的来源、污染组成及其相关治理和处置方法及措施，增强学生的环境保护意识，培养学生独立分析和解决环境工程问题的基本素质与创新能力。

**二、理论教学部分的考核目标**

了解环境、环境问题和环境保护的基本概念，了解环境质量监测与评价的基本知识；掌握环境工程领域的基础知识和各种污染的来源、污染组成及其相关治理和处置方法； 要求学生能综合运用多种方式预测和解决新能源开发与利用中可能带来的各种环境问题，特别是具体污染处理与处置工艺的设计与评价。

**第一章 水污染与控制**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：水质指标的定义和分类，水体自净原理，水体污染源和污染物

**2. 一般掌握**：污水一级处理、二级处理和深度处理概念，氮磷的去除，污泥处理

**3. 熟练掌握**：水的物理化学处理方法，生物处理方法及化学处理方法

**（二）考核内容**

常用水污染处理的工艺及设备、改进方法。

**（三）考核要求**

**1、领会**：水质指标，水体污染物的类型与来源，水体污染的危害；

**2、应用**：污水的物理处理、化学处理以及生物处理法；

**3、综合**：水污染处理工艺流程及其设计与改进。

**第二章 大气污染与控制**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：大气污染及其分类

**2. 一般掌握**：大气污染的影响，大气污染防治法规与标准体系

**3. 熟练掌握**：中国的大气污染综合防治

**（二）考核内容**

大气污染物净化处理的工艺及设备、改进方法。

**（三）考核要求**

**1、领会**：大气污染物的类型与来源，大气污染的危害；

**2、应用**：烟尘净化，硫氧化物污染控制，氮氧化物污染控制；

**3、分析**：全球性大气环境问题及其应对措施。

**第三章 固体废弃物的处理和利用**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：固体废弃物的概念和特点

**2. 一般掌握**：固体废弃物处理技术

**3. 熟练掌握**：城市垃圾的处理

**（二）考核内容**

固体废弃物的分类处理与资源化利用。

**（三）考核要求**

**1、领会**：固体废弃物的来源与分类，固体废弃物污染的特点；

**2、应用**：固体废弃物处理技术；

**3、综合**：城市垃圾的分类处理与资源化利用。

**第四章 噪声污染与控制**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：掌握噪声与振动及其污染的基本概念

**2. 一般掌握**：噪声及振动的控制方法

**3. 熟练掌握**：噪声评价

**（二）考核内容**

噪声来源及噪声污染控制方法。

**（三）考核要求**

**1、领会**：噪声的来源与危害；

**2、应用**：环境噪声的测量方法；

**3、综合**：环境噪声的评价标准与控制。

**第五章 其他物理污染与防护**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：电磁辐射污染、放射性污染、热污染和光污染的概念

**2. 一般掌握**：电磁辐射污染、放射性污染、热污染和光污染的危害

**3. 熟练掌握**：电磁辐射污染、放射性污染、热污染和光污染的防护措施

**（二）考核内容**

掌握电磁辐射污染的概念及防护措施，放射性污染的概念及防护措施，热污染和光污染的概念及防护措施。

**（三）考核要求**

**1、领会**：电磁辐射污染、放射性污染、热污染和光污染的来源与危害；

**2、应用**：电磁辐射污染、放射性污染、热污染和光污染的防护；

**3、分析**：突发性污染对全球与局部环境的影响及应对。

**三、考核方式**

本课程采用写论文的方式进行期末考核。总成绩由平时成绩和期末考核两部分组成，平时成绩占总成绩的40%，期末考核成绩占总成绩的60%。平时成绩重视过程性评价，包括通过超星学习通进行学生签到、点名等活动；通过随机提问评价课堂表现和听课效果；课堂学习小组讨论可通过团队列名法进行评价；小组演讲可通过班级成员投票打分评价；课后作业评价阶段性学习成果等评价方式。

**四、成绩评定**

1.平时成绩的评价方法。

（1）通过超星学习通进行学生签到、点名等活动；

（2）通过随机提问评价课堂表现和听课效果；

（3）课堂学习小组讨论可通过团队列名法进行评价；

（4）小组演讲可通过班级成员投票打分评价；

（5）课后作业评价阶段性学习成果。

2.最终成绩评价方法。

最终成绩由平时成绩和期末考核两部分组成，平时成绩占总成绩的40%，论文成绩占总成绩的60%。

**五、考核结果分析反馈**

学生可通过超星学习通直接查询个人签到情况；学习小组讨论和课堂展示结果可通过团队列名法和投票法直接反馈，学生可检验课上课下学习效果，开拓思维，提高自主学习和创新能力，教师可通过课堂教学活动进行总结、并根据学生兴趣点引导深入学习；课程进行中可不定时发放问卷，及时了解学生对课程内容和教学方式等方面的意见，随时调整教学方法，因材施教，达到良好的教学效果；课后作业批改之后及时反馈给学生，可供学生查缺补漏。

# 能源工程管理考核大纲

（Energy Engineering Management）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021240 | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**郑亚萍 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

能源工程管理课程是新能源科学与工程专业一门重要的创业教育类专业选修课。本课程共32学时，学分2.0。通过对该课程的学习，使学生初步了解我国能源的现状，认识能源管理的重要意义，掌握能源转换和利用的过程及原理，特别是一些新能源的转换和利用，并具体掌握如何利用余能，掌握多联产、热管与热泵的节能技术原理，初步了解现代管理学的相关知识及其管理方法、原则和优化，在此基础上能够熟练的进行相关系统的经济技术分析，深刻认识工程项目的评价原理，学会进行固定资产的折旧计算及进行重置决策的方法，能够熟练进行系统的不确定性分析，并对项目的可行性研究有进一步的认识。

**二、理论教学部分的考核目标**

理解能源工程管理学习的目的和意义，理解能量与能源的分类和评价。掌握能量转化与利用的基本原理和方法。掌握基本节能技术及其应用。了解现代管理理论的体系构成。掌握能源工程项目的经济效益评价、可行性研究及固定资产的折旧与重置。

**第一章 能源的转换与利用**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：蒸汽动力循环的发展趋势，煤气化技术的发展前景。

**2. 一般掌握**：燃料电池的发电原理，燃料电池的特点。磁流体发电原理，磁流体发电的循环系统，磁流体发电的特点。发生炉煤气的物质和能量的转变，水煤气的物质和能量的转变。

**3. 熟练掌握**：能量转换的原理，空气燃料比和过量空气系数。

**（二）考核内容**

本章主要使学生掌握汽动力循环、煤气化技术、燃料电池、磁流体发电等能源转换与利用的典型技术和方式。

**（三）考核要求**

**1.识记**：燃料电池的发电原理, 磁流体发电原理**。**

**2.领会**：空气燃料比和过量空气系数。

**3.应用**：能量转换的原理。

**4.分析：**发生炉煤气的物质和能量的转变，水煤气的物质和能量的转变。

**5.综合**：蒸汽动力循环的发展趋势。

**6.评价：**磁流体发电的循环系统。

**第二章 节能技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：余热资源种类，主要工业热利用方法，几种余热利用的系统。

**2. 一般掌握**：热管的原理，热管的优点，热泵的工作原理，热泵的工质及其工作温度范围。燃气轮机热电联产的方法及优点，热电冷联供系统。热电联产技术，热管在废热回收中的应用。

**3. 熟练掌握**：企业能量平衡管理。

**（二）考核内容**

本章主要使学生掌握余能、余热利用，了解余热利用的新技术；掌握企业能量平衡管理。

**（三）考核要求**

**1.识记**：余热资源种类。

**2.领会**：热管的原理，热管的优点，热泵的工作原理。

**3.应用**：热管在废热回收中的应用。掌握企业能量平衡管理。

**4.分析：**热电冷联供系统。热电联产技术。

**5.综合**：主要工业热利用方法。

**6.评价：**几种余热利用的系统。

**第三章 现代管理概论**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：管理的必要性的主要表现，管理工作的二种性，管理的六种功能，管理科学发展的历史，管理现代化的具体内容。市场调查，市场预测，营销策略和方法，质量管理，产品质量管理的特点。

**2. 一般掌握**：企业组织工作的性质和目的，决策在管理中的重要性。决策的内容和分类，风险型决策的分析方法。

**3. 熟练掌握**：产品管理与质量保证国际标准技术创新，新产品开发，技术引进和知识产权。

**（二）考核内容**

本章主要使学生掌握管理科学的形成与发展，企业组织与领导决策，市场营销管理和产品质量管理，技术创新与工业产权。

**（三）考核要求**

**1.识记**：管理工作的二种性，管理的六种功能，管理现代化的具体内容。

**2.领会**：管理的必要性，管理工作的二种性。

**3.应用**：风险型决策的分析方法。

**4.分析：**市场调查，市场预测，营销策略和方法，质量管理，产品质量管理的特点。

**5.综合**：新产品开发，技术引进和知识产权。

**6.评价：**产品管理与质量保证国际标准技术创新。

**第四章 技术经济分析基础**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：技术经济分析，方案的经济分析和比较。资金的时间价值，利息，利率，单利和复利，等值，现金流量。

**2. 一般掌握**：利终值因子，复利现值因子；等额年金终值因子，偿债基金因子，资金回收因子；等差变额现值因子，等差变额等额年金因子；名义利率和实际利率，连续复利的实际利率。

**3. 熟练掌握**：普通复利的等值计算方法。

**（二）考核内容**

本章主要使学生掌握理解资金的时间价值，掌握普通复利的利率因子及等值计算。

**（三）考核要求**

**1.识记**：资金的时间价值，利息，利率，单利和复利，等值，现金流量的概念。

**2.领会**：利终值因子，复利现值因子；等额年金终值因子，偿债基金因子，资金回收因子；等差变额现值因子，等差变额等额年金因子。

**3.应用**：普通复利的等值计算方法。

**4.分析：**名义利率和实际利率，连续复利的实际利率。

**5.综合**：八个利率因子公式。

**6.评价：**方案的经济分析和比较。

**第五章 工程项目经济效益的评价原理**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：工程建设项目经济评价的基本原则，内部收益率、投资回收期、投资利润率比较参数。

**2. 一般掌握**：互斥方案评价的比较条件、比较方法：现值法的概念，资金成本与贴现率，现值法评价的步骤，现值法的优缺点；年金法的概念，年金法的评价；净收益/费用比例法的提出与应用，评价方法。非互斥方案的评价方法。增额分析法的概念，增额分析法的计算程序及其计算方法。

**3. 熟练掌握**：内部收益率法的概念，内部收益率法的计算方法；投资回收期法的概念及其计算方法。

**（二）考核内容**

本章主要使学生掌握工程建设项目经济评价的基本原则、互斥方案、非互斥方案、方案评价的比较条件、现值法、年金法、净收益/费用比例法、投资内部收益率法和投资回收期的法的五种比较方案的具体方法以及各自的优缺点。

**（三）考核要求**

**1.识记**：现值法的概念，年金法的概念，增额分析法的概念，内部收益率法的概念。

**2.领会**：工程建设项目经济评价的基本原则。

**3.应用**：额分析法的计算程序及其计算方法。

**4.分析：**互斥方案评价的比较条件、比较方法。

**5.综合**：，现值法评价的步骤，现值法的优缺点。

**6.评价：**工程建设项目经济评价的互斥方案和非互斥方案、

**第六章 固定资产的折旧及其重置决策**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：固定资产折旧的概念、折旧的方法；我国目前使用的固定资产折旧的提取方法。

**2. 一般掌握**：经济寿命期的概念。

**3. 熟练掌握**：资产重置的决策的方法：帐面价值法、等额年成本重置法和鲍曼一斐特法、现金流量法。

**（二）考核内容**

本章主要使学生掌握直线折旧法、偿债基金折旧法。额外第一年折旧法、年数加总数折旧法、余额递减折旧法计算。

**（三）考核要求**

**1.识记**：固定资产折旧的概念。

**2.领会**：经济寿命期的概念。

**3.应用**：我国目前使用的固定资产折旧的提取方法。

**4.分析：**帐面价值法、等额年成本重置法和鲍曼一斐特法、现金流量法。

**5.综合**：资产重置的决策的方法。

**6.评价：**直线折旧法、偿债基金折旧法。

**第七章 项目的可行性研究**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：可行性研究，机会性研究，初步可行性研究，技术经济可行性研究，市场预测的重要性。

**2. 一般掌握**：技术方案选择，主要设备方案选择的基本要求，工程方案选择的基本要求。投资成本估算方法：生产规模指数法，定额流动资金，产品成本估算。工程项目的环境评价：环境影响评价的基本要求，污染的防治。

**3. 熟练掌握**：可行性报告编制：市场预测，项目的建设规模、产品方案和生产能力，建厂地区和厂址的研究。

**（二）考核内容**

本章主要使学生掌握可行性研究的三个阶段、技术方案选择、主要设备方案选择、工程方案选择、生产规模指数法、分项系数估算法、环境影响评价基本要求、可行性研究报告编制大纲。

**（三）考核要求**

**1.识记**：可行性研究，机会性研究，初步可行性研究。

**2.领会**：市场预测的重要性。

**3.应用**：工程项目的环境评价。

**4.分析：**技术方案选择，主要设备方案选择的基本要求，工程方案选择的基本要求。

**5.综合**：可行性报告编制。

**6.评价：**资成本估算方法。

**四、考核方式**

本课程考核采用期末闭卷考试形式。总成绩由平时成绩和期末考试两部分组成，平时成绩占总分值的30%，期末考试成绩占总分值的70%。平时成绩注重过程性考核，具体评价方法包括：慕课堂或超星学习通进行学生签到、点名评定出勤；随机提问和慕课堂练习，评价课堂表现和听课效果；团队列名法作为课堂学习小组讨论效果的评价依据；通过班级成员投票打分评价学习小组演讲成绩；中国大学慕课网作业完成、作业互评及单元测验完成情况评价阶段性学习成果；实验报告评定实验成绩。

**五、成绩评定**

1.平时成绩

平时成绩 ＝ 课堂表现（20%）+ 课程学习（20%）+ 阶段测评（30%）+ 综合测评（30%）

2.期末成绩：闭卷考试；70%

3.综合成绩

最终成绩 ＝ 期末考试卷面成绩×70% + 平时成绩×30%

**六、考核结果分析反馈**

过程考核情况即时向学生发布，卷面考试在考完后两周内向院、校报备，之后向学生公布成绩。学生对考核结果持异议者可申请成绩复核，教师在系院两级督导协助下进行成绩复核。老师应对考试结果进行考试分析，形成分析文件上报。

# 储能原理及技术考核大纲

（Principles and Technology for Energy Storage）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021241h | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**姚森 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《储能原理与技术》是新能源科学与工程专业的一门重要专业必修课程和核心课。能源存储是新能源产业发展的前提，培养掌握储能原理与技术的本科生是培养新能源人才的基础。本课程涉及材料、电化学、工程热物理等众多领域，是一个多学科知识深度交叉的专业课程，围绕这些交叉知识点，讲述储能技术的基本原理、储能系统的构成、储能材料和储能器件的基本特性等，使学生掌握电能、热能、化学能等储存及关键应用技术，具备从事储能设备设计和研究开发的初步能力，为将来从事工程设计、技术开发及研究创造条件。

**二、理论教学部分的考核目标**

掌握储热、电化学储能、机械储能、电磁储能以及氢储能等技术的基本原理、储能系统的构成、储能材料和储能器件的基本特性及关键应用、典型储热系统的热力学模型构建与分析方法等，具备从事储能设备设计和研究开发的初步能力，了解储能技术的科学前沿。

**绪论**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：能源的概念、储能的重要性。

**2. 一般掌握**：储能概念、储能技术分类及特点。

**3. 熟练掌握**：新能源领域中的储能技术及应用。

**（二）考核内容**

考核储能对于新能源技术与产业发展的重要性，储能技术及产业发展现状，储能的基本概念、技术分类及特点。

**（三）考核要求**

**1.识记**：储能的基本概念、技术分类及特点，能量密度与功率密度概念。

**2.领会**：广义储能与狭义储能的区别。

**3.应用**：储能技术的选择。

**4.分析：**储能技术的工作特性。

**5.综合**：发展储能技术的原因。

**第一章 储热**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：储热技术应用与新进展。

**2. 一般掌握**：储热技术的分类及技术特点，显热储热、相变储热、热化学储热三种储热方式的基本原理、基本方式，储热材料特性及筛选原则，相变材料的封装与强化换热等。

**3. 熟练掌握**：相变材料的封装与强化换热，热化学储热体系的反应特性分析，储热系统的设计及热力学评价等。

**（二）考核内容**

主要考核储热技术的分类、工作原理及技术特点，储热材料特性及筛选原则，相变材料的封装与强化换热，储热材料特性及筛选原则、储热系统工作特性以及储热系统的热力学分析与评价等。

**（三）考核要求**

**1.识记**：储热技术的分类、工作原理及技术特点，储热材料特性等。

**2.领会**：发展储热技术的重要意义，储热材料筛选原则。

**3.应用**：储热系统性能改进。

**4.分析：**储热系统的性能分析。

**5.综合**：储热系统设计。

**6.评价：**储热系统热力学性能。

**第二章 机械储能**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：机械储能的发展现状与应用前景。

**2. 一般掌握**：抽水蓄能、压缩空气储能及飞轮储能三种储能技术的工作原理、系统构成以及技术特点等。

**3. 熟练掌握**： 抽水蓄能、压缩空气储能及飞轮储能三种机械储能技术的技术特点，系统效率计算等。

**（二）考核内容**

主要考核三种机械储热技术的工作原理、系统构成、技术特点、应用范围及系统效率计算等。

**（三）考核要求**

**1.识记**：抽水蓄能、压缩空气储能及飞轮储能三种储能技术的工作原理、系统构成以及技术特点等。

**2.领会**：机械储能的本质等。

**3.分析：**各种机械储能技术的优点和局限性等。

**4.综合**：机械储能系统的优化设计。

**第三章 电化学储能**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：电化学储能的作用，电化学储能技术的发展现状及挑战。

**2. 一般掌握**：电化学储能的基本概念、技术分类及特点，铅酸电池、锂离子电池、液流电池的工作原理、工作方式及充放电特性等。

**3. 熟练掌握**：铅酸电池、锂离子电池、液流电池的技术特点。

**（二）考核内容**

电化学储能的基本概念、技术分类及特点，铅酸电池、锂离子电池、液流电池的工作原理、工作方式及充放电特性、技术特点等。

**（三）考核要求**

**1.识记**：电化学储能的基本概念、技术分类及特点，铅酸电池、锂离子电池、液流电池的工作原理、工作方式及充放电特性、技术特点等。

**2.领会**：铅酸电池、锂离子电池及液流电池的电化学过程。

**3.应用**：生产实际中电化学储能技术的选择。

**4.分析：**电池的能量转换效率。

**5.评价：**电化学储能系统性能。

**第四章 电磁储能**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：电磁类储能技术的应用前景与发展前景。

**2. 一般掌握**：超导储能与超级电容储能的工作原理及关键技术。

**3. 熟练掌握**：超导储能与超级电容储能的技术特点等。

**（二）考核内容**

超导储能与超级电容储能的工作原理、关键技术及特点等。

**（三）考核要求**

**1.识记**：超导储能与超级电容储能的工作原理及关键技术。

**2.领会**：超导储能与超级电容储能的电化学反应过程。

**3.应用**：超导储能与超级电容储能的能量计算方法。

**4.分析：**超导储能与电池储能的工作特性。

**5.综合**：利用电磁储能技术在新能源电力系统领域中优化风电、光伏系统效率及稳定性等。

**第五章 氢储能**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：氢储能的技术现状及科学前沿。

**2. 一般掌握**：氢储能的技术分类、原理、主要环节及特点，储氢材料的分类及特点等。

**3. 熟练掌握**：氢储能关键技术特点。

**（二）考核内容**

氢储能的技术分类、原理、主要环节及特点，储氢材料的分类及特点等

**（三）考核要求**

**1.识记**：氢储能的技术分类、原理、主要环节及特点，储氢材料的分类及特点等

**2.领会**：不同类型氢储能技术的储氢机制。

**3.分析：**氢储能技术的优点及局限性等。

**4.综合**：氢储能工艺设计。

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

1.实验部分：要求学生明确实验目的，理解实验原理，具备独立操作实验仪器的能力，并可以协作完成整个实验流程，能够独立整理分析实验数据及画图，并撰写清晰的实验报告。。

2.实习部分：认真书写并详实完整记录实习日记，在实习的基础上能够更加透彻的理解理论课所讲解内容，能够在实习中发现问题并应用所学知识进行理论解释，独立撰写实习报告。

**四、考核方式**

1.过程性评价：课堂表现（含考勤、听课状态、回答问题等）、核心课期中考试成绩、实验成绩等。

2.终结性评价：闭卷，考试时间为120分钟。

3.课程综合评价：采用多元化考试评价方法，综合评价得分为百分制，终结性评价占课程综合评价的70%，过程性评价占课程成绩总评分的30%。

**五、成绩评定**

1.平时成绩：百分制，由考勤、听课状态、回答问题、平时作业、期中测试及实验报告等组成。核心课程期中成绩50分，实验成绩20分，其它部分共30分。

2.期末成绩：闭卷考试，百分制，占课程综合评价的70%。

3.综合成绩：平时成绩×30% + 期末成绩×70%。

**六、考核结果分析反馈**

考试结束后根据试卷提供全面的试卷分析，根据试卷成绩分析教学环节可能存在的问题，提出改进方法，达到在后续的教学中不断提高教学产出能力目的。

# 能源与环境（双语）考核大纲

（Energy and Environment）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021243 | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**李亚猛 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《能源与环境》为新能源科学与工程专业的一门专业选修课。能源是人类赖以生存的重要物质基础，环境是社会可持续发展的根本保障。当前世界，化石能源正日渐枯竭，新能源的开发与利用受到普遍重视，与此同时，能源的开发利用造成了全球气候变暖、酸雨、臭氧层破坏等重大环境问题。针对能源与环境这二个当今世界的热点问题以及我国的节能减排形势，本课程将能源与环境相关知识浓缩讲解，并突出能源与环境之间的关系，突出可持续发展理念。通过讲解和学习，使学生较全面地了解能源、环境的基本知识、现状和发展趋势，了解能源与环境问题的解决途径和方法，培养受众的节能环保意识和社会责任感，从而主动为建设资源节约型和环境友好型社会做出贡献。

**二、理论教学部分的考核目标**

理解能源基本知识，了解能源的生产与使用对环境产生的影响；理解和掌握能量的转换和储存形式；理解和掌握传统能源的分类、应用和开发技术；理解和掌握新能源的应用与开发技术；掌握节能途径与技术；了解环境科学的基本知识，环境保护与可持续发展的关系；掌握燃烧污染防治措施和大气污染物控制方法；结合能源领域的最新进展，较为系统地了解能源发展与环境保护的基本动态。熟悉掌握专业术语中英模式。

**第一章 标题内容**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：能量的形式和性质，能源与人类文明的关系，能源的可持续发展。

**2. 一般掌握**：能量的转换和传递， 能源资源生产与消费，能源对人体健康的影响。

**3. 熟练掌握**：能源的分类与评价，能源与环境问题、温室效应、酸雨、臭氧层破坏、热污染、放射性污染。

**（二）考核内容**

能量的形式和性质，能量的转换和传递，能源的分类与评价，温室效应，酸雨，臭氧层破坏，热污染，放射性污染。

**（三）考核要求**

**1、识记：**机械能、热能、电能、辐射能、化学能、核能。

**2、领会：**能量的状态性、可加性、传递性、转换性、做功性和贬值性，能量的转换过程，能量传递的条件、规律、形式、途径、方法、方式、结果、实质。

**3、应用：**能源与环境问题、温室效应、酸雨、臭氧层破坏、热污染、放射性污染。

**4、分析：**能源与人类文明的关系，能源的可持续发展。

**5、综合：**能源的分类和评价。

**6、评价：**能源对人体健康的影响。

**第二章 常规能源**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解：**了解常规能源的形成机制，理解二次能源的分类方法。

**2. 一般掌握：**理解并掌握化石能源（煤炭、石油、天然气等）的储量形态与应用开发技术。

**3. 熟练掌握：**洁净煤技术。

**（二）考核内容**

常用的煤质指标、煤的分类、洁净煤技术、煤的气化与液化、天然气的特性、煤层气、天然气水合物、水电站的基本类型、水电站的主要参数、水轮机、小水电、二次能源分类。

**（三）考核要求**

**1、识记：**常用的煤质指标，褐煤、长焰煤、不黏煤、弱黏煤、贫煤、气煤、肥煤、焦煤、瘦煤、无烟煤。

**2、领会：**煤的气化与液化，煤层气、天然气水合物、水轮机、小水电，水电站的主要参数。

**3、应用：**洁净煤技术的燃烧前处理、燃烧中处理、燃烧后处理，水电站的基本类型。

**4、分析：**化石能源的储量形态与应用开发技术对环境的影响。

**5、综合：**二次能源分类，天然气的特性。

**6、评价：**洁净煤技术对环境的影响。

**第三章 新能源**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解：**新能源（核能、太阳能、风能、地热能、海洋能、生物质能和氢能）的储存形态。

**2. 一般掌握：**新能源（核能、太阳能、风能、地热能、海洋能、生物质能和氢能）的应用开发技术。

**3. 熟练掌握：**太阳能热利用和光利用，地热能的利用，地热能利用中的环境问题。

**（二）考核内容**

核电站、反应堆、可控核聚变，太阳辐射，太阳能热利用和光利用，风能利用，风力机和风能利用中的问题，地热能的利用，地热能利用中的环境问题，潮汐能和波浪能，温差能、盐差能和海流能，生物质能的转换技术，醇能和沼气，氢的制取和燃料电池，氢的储存和运输。

**（三）考核要求**

**1、识记：**核能、核聚变、核裂变、反应堆、动力堆、供热堆，太阳常数、太阳的高度角.

**2、领会：**可控核聚变，太阳辐射，太阳能集热器、太阳能热水器、太阳能采暖、太阳能干燥、太阳能海水淡化、太阳炉、太阳能制冷和空调、太阳池、太阳能热动力发电、太阳能光利用，风的形成、风的变化和风的等级、风能利用，地热资源的类型、地热能的利用，潮汐能和波浪能，温差能、盐差能和海流能，生物质能的转换技术、醇能和沼气，氢的制取和燃料电池，氢的储存和运输。

**3、应用：** 风能利用中的问题分析，地热能利用中的环境问题分析。

**4、分析：**氢能应用和氢经济的前景。

**5、综合：**太阳能热利用和光利用。

**6、评价：**生物质能的开发应用对环境的影响。

**第四章 能量的转换与储存**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解：**燃料的燃烧及燃烧设备，火力发电厂，煤炭、石油和天然气的输运，气体燃料、煤和油的燃烧技术。

**2. 一般掌握：**蒸汽轮机、燃气轮机和内燃机的工作原理，先进的发电技术，电能的输送。

**3. 熟练掌握：**能量守恒与转换定律、能量贬值原理、能量转换的效率，机械能、电能、热能的储存。

**（二）考核内容**

能量守恒与转换定律、能量贬值原理、能量转换的效率，蒸汽轮机、燃气轮机和内燃机的工作原理，电能的输送，机械能、电能、热能的储存。

**（三）考核要求**

**1、识记：**理论空气量、实际空气量、理论烟气量、实际烟气量、燃烧温度。

**2、领会：**能量贬值原理，蒸汽轮机、燃气轮机和内燃机的工作原理，燃气—蒸汽联合循环，整体煤气化联合循环发电（IGCC），增压流化床燃气—蒸汽联合循环，燃料电池和IGCC组合的联合循环，煤气—蒸汽—电力多联产系统。

**3、应用：**能量转换的效率，电能的输送，机械能、电能、热能的储存。

**4、分析：**电能的输送，机械能、电能、热能的储存过程中的能量守恒。

**5、综合：**能量守恒与转换定律。

**6、评价：**气体燃料、煤和油的燃烧技术对环境的影响。

**第五章 工业过程节能**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解：**节约热能、煤炭、石油和电能的措施或途径。

**2. 一般掌握：**节约热能、煤炭、石油和电能的技术。

**3. 熟练掌握：**节能经济评价。

**（二）考核内容**

能源的利用效率、节能潜力，技术和工艺节能的途径，结构和管理节能措施，节能经济评价，热能的主要用途，按质使用热能，余热回收和利用，热能节约中的新设备和新技术，节约煤炭的主要措施，节约用油、用电的途径或措施。

**（三）考核要求**

**1、识记：**热泵、热管、空冷技术、强化传热技术、建筑节能等热能节约中的新设备和新技术。

**2、领会：**节能潜力，技术和工艺节能的途径，结构和管理节能措施，热能的主要用途，提高燃烧设备和装置效率的措施、集中供暖、热电联产、发展先进的发电技术、城市垃圾的能源化利用，节约用油、用电的途径或措施。

**3、应用：**按质使用热能，余热回收和利用，能源的利用效率。

**4、分析：**余热利用的一般程序。

**5、综合：**节能经济评价。

**6、评价：**燃烧过程的节能方法。

**第六章 环境概论**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解：**生态圈、生态系统、自然环境和生态环境。

**2. 一般掌握：**环境污染及其分类，重大环境污染问题及环境污染的综合防治。

**3. 熟练掌握：**环境监测与评价。

**（二）考核内容**

生态圈与生态系统，自然环境与生态环境，环境污染及其分类，典型环境污染问题，能源开发利用与环境污染的关系，环境污染的综合防治，环境标准，我国几个重要的大气污染排放标准，防止公害的法律措施，环境监测与评价，环境保护与可持续发展。

**（三）考核要求**

**1、识记：**生态圈，生态系统，自然环境，生态环境，环境污染及其分类，环境评价。

**2、领会：**能源开发利用中的环境污染问题，防止公害的环境标准，我国环境保护的基本思路与可持续发展。

**3、应用：**大气污染排放标准，环境监测与评价指标。

**4、分析：**环境保护与可持续发展的关系。

**5、综合：**环境污染的综合防治。

**6、评价：**环境污染的分类和能源开发利用与环境污染的关系。

**第七章 燃烧污染防治**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解：**主要燃烧污染物的类别和成分。

**2. 一般掌握：**硫氧化物、氮氧化物、烟尘的生成机制和机理。

**3. 熟练掌握：**硫氧化物、氮氧化物、烟尘的治理和控制。

**（二）考核内容**

硫氧化物的生成机制，燃烧过程脱硫，排烟脱硫，氮氧化物的危害与生成机理，氮氧化物的燃烧抑制，排烟脱氮，浮游粒子及其危害，烟尘的生成机理，烟尘的燃烧抑制，除尘的基本原理，除尘设备。

**（三）考核要求**

**1、识记：**硫氧化物、氮氧化物、烟尘的危害。

**2、领会：**硫氧化物、氮氧化物、烟尘的生成机理和治理方法。

**3、应用：**燃烧过程脱硫，排烟脱硫，氮氧化物的燃烧抑制，排烟脱氮，烟尘的燃烧抑制。

**4、综合：**除尘方法与设备，燃烧污染防治。

**5、评价：**硫氧化物、氮氧化物、烟尘的治理方法。

**第八章 大气污染控制**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解：**大气污染物，臭氧层的耗损，温室效应，气溶胶的危害。

**2. 一般掌握：**大气污染物，臭氧层耗损，温室效应，气溶胶的生成机理。

**3. 熟练掌握：**大气污染物，臭氧层耗损，温室效应，气溶胶的治理方式。

**（二）考核内容**

大气污染物，影响大气污染物生成的因素，大气污染的防治措施，大气污染控制技术，臭氧层的耗损，臭氧层耗损的危害，臭氧生成与分解机理，臭氧层的修复，温室效应与全球气候变暖，温室气体，二氧化碳的排放与控制，氟氯烃的排放与控制，氧化亚氮的排放控制，气溶胶的分类及特性，气溶胶的来源与排放，气溶胶的危害，气溶胶对气候的影响，气溶胶的控制。

**（三）考核要求**

**1、识记：**大气污染物的来源和生成，臭氧层的耗损及其危害，温室效应和温室气体，气溶胶的分类及特性。

**2、领会：**影响大气污染物生成的因素，臭氧生成与分解机理，温室效应与全球气候变暖，气溶胶的危害和对气候的影响。

**3、应用：**降低燃料、原料消耗，采用清洁燃料或原料，发展无害技术或工艺，高烟囱排放，臭氧层修复，气溶胶的控制。

**4、综合：**温室气体排放与控制。

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

无

**四、考核方式**

考核方式由线下考试和过程评价组成，其中，本课程的基本考试形式建议采用课下撰写专题论文的方式。过程评价包括小组评价和个人评价两部分，教师根据平时课程过程中所分小组在完成相关任务时资料收集情况、分工协作情况、课堂表现情况来综合打分，其中，资料收集情况、分工协作情况和课堂表现情况分别占30%、30% 和40%。个人评价则根据学生在课堂上回答问题、参与讨论、作业完成情况来进行综合打分，其中，回答问题、参与讨论和作业完成情况分别占30%、30% 和40%。

**五、成绩评定**

1.平时成绩

平时成绩（百分制）=出勤率×30%+小组评价×35% （资料收集情况、分工协作情况和课堂表现情况分别占30%、30% 和40%）+个人评价×35% (回答问题、参与讨论和作业完成情况分别占30%、30% 和40%)。

2.期末成绩

期末成绩（百分制）=撰写专题论文×70%+专业术语中英互译×30%

3.综合成绩

最终成绩（百分制）=平时成绩×30%+期末成绩×70%。

**六、考核结果分析反馈**

学生通过教务系统可以查询自己的平时成绩和最终成绩。教师按照学生平时课堂中线上活动和线下活动的参与情况，绘制成表，通过超星泛雅学习通等软件反馈给学生。教师每个一段时间进行一次成绩评价分析，根据分析结果及时改变教学方式、查缺补漏，形成持续改进的闭环反馈机制。

# 氢能技术及应用考核大纲

（Technology and Application of Hydrogen Energy）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021247h | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**侯婷婷 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《氢能技术及应用》为新能源科学与工程专业的一门专业必修课和核心课。能源是人类赖以生存的重要物质基础，环境是社会可持续发展的根本保障。当前世界，化石能源正日渐枯竭，新能源的开发与利用受到普遍重视，氢能作为一个清洁、高效、安全、可持续的新型能源，具有极大的优越性，被视为21世纪最具发展潜力的清洁能源。与此同时，氢能的开发利用也是目前关注的热点问题。针对制氢和用氢这二个当今世界的热点问题，本课程将氢能技术及应用相关知识浓缩讲解，并突出能源与环境之间的关系，突出可持续发展理念。通过讲解和学习，使学生较全面地了解制氢技术、氢能应用的基本知识、现状和发展趋势，了解氢能储存和运输过程中的问题和解决途径，培养学生的氢能安全使用意识和社会责任感，从而主动为实现双碳目标做出贡献。

**二、理论教学部分的考核目标**

了解氢能的基本性质、氢的状态方程及其热力性质以及氢作为能源使用的内在依据；

掌握多种制氢技术方法各自的原理、设备、催化剂与特征等核心内容；

熟悉氢能的应用领域，掌握现有工业制氢方法和研究发展中的制氢方法，包括电解水制氢，化石原料制氢、生物质制氢、光解水制氢等；

掌握氢的氢的储存、液化、加注与运输方法。

**绪论**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：世界能源现状及我国面临的能源问题。

**2. 一般掌握**：氢能的基本含义及基本物理化学特性。

**3. 熟练掌握**：氢能作为清洁能源的优越性。

**（二）考核内容**

氢能的基本含义及基本物理化学特性，氢能作为清洁能源的优越性。

**（三）考核要求**

**1.识记**：氢能的基本含义

**2.领会**：氢能作为能源使用的内在依据

**3.应用**：氢能的利用方式及理化特性

**4.分析：**氢能与可持续发展的关系

**5.综合**：氢能的分类

**6.评价：**氢能作为清洁能源的优越性

**第一章 氢能技术研究现状**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：国内外氢能源的利用水平及氢能技术的研究现状。

**2. 一般掌握**：氢能的制取和储存方式。

**3. 熟练掌握**：氢能的主要利用方式。

**（二）考核内容**

氢能在减排温室气体中的重要地位，制氢工艺的发展，氢能开发存在的问题，氢能储存方式和主要利用方式

**（三）考核要求**

**1.识记**：国内外氢能源的利用水平

**2.领会**：氢能在减排温室气体中的重要地位

**3.应用**：氢能制取及主要利用方式

**4.分析：**氢能技术的研究现状

**5.综合**：氢能储存方式

**6.评价：**氢能开发存在的问题

**第二章 制氢技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：国内外制氢制氢工艺的发展及不同制氢技术的应用前景

**2. 一般掌握**：不同制氢技术包括化石原料制氢、电解水制氢、光解水制氢及生物质制氢的基本原理。

**3. 熟练掌握**：电解水制氢、光解水制氢和生物质制氢的工艺流程及主要设备。

**（二）考核内容**

不同制氢技术的基本原理和工艺流程，煤焦化制氢，煤气化制氢，甲烷水蒸气重整反应的热力学及动力学分析，甲醇水蒸气重整制氢，甲醇裂解制氢及工业副产物制氢，电解水制氢的电耗和影响因素，电解水制氢工艺技术的流程和主要设备，包括碱性电解槽、聚合物电解槽和固体氧化物电解槽，光催化剂种类和特性，暗发酵、光发酵、光合-发酵复合生物制氢、生物质气化制氢、生物质裂解制氢、生物质超临界水制氢及生物油制氢技术。

**（三）考核要求**

**1.识记**：不同制氢技术的基本原理和工艺流程

**2.领会**：煤焦化制氢和煤气化制氢

**3.应用**：不同制氢的工艺流程及主要装置

**4.分析：**不同制氢过程中的问题分析

**5.综合**：影响制氢工艺的因素

**6.评价：**不同制氢工艺的比较

**第三章 储氢技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：储氢容器的种类及构造，储氢技术的研究现状及应用领域。

**2. 一般掌握**：不同储氢技术的原理及优缺点。

**3. 熟练掌握**：储氢技术的适用条件及注意事项。

**（二）考核内容**

储氢容器的种类及构造，储氢技术的研究现状及应用领域，高压储氢技术及储氢容器的选择，低温液态储氢的定义、基本原理，固态储氢材料的特性、表征及对储氢材料的要求，合金储氢、金属有机框架储氢、氢化物储氢及碳材料储氢的基本原理，吸放氢材料的热力学和动力学，有机液态储氢技术中有机物的选择类型和特点。

**（三）考核要求**

**1.识记**：储氢容器的种类及构造

**2.领会**：高压储氢技术及储氢容器的选择，低温液态储氢的定义、基本原理，合金储氢、金属有机框架储氢、氢化物储氢及碳材料储氢的基本原理

**3.应用**：固态储氢材料的特性、表征及对储氢材料的要求

**4.分析：**吸放氢材料的热力学和动力学

**5.综合**：有机液态储氢技术中有机物的选择类型和特点

**6.评价：**不同储氢技术的比较及适用领域

**第四章 氢的运输技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：氢气管道运输主要方法及氢气车船运输方式。

**2. 一般掌握**：管道运输的管材选取要求及控制氢渗透和泄漏的需求，车船运输的适用场景及成本测算。

**3. 熟练掌握**：氢气运输的关键技术及安全事项。

**（二）考核内容**

氢气管道运输主要方法及氢气车船运输方式，管道运输的管材选取要求及控制氢渗透和泄漏的需求，车船运输的适用场景及成本测算，氢气运输的关键技术及安全事项。

**（三）考核要求**

**1.识记**：氢气管道运输主要方法及氢气车船运输方式

**2.领会**：氢能在减排温室气体中的重要地位

**3.应用**：车船运输的适用场景及成本测算

**4.分析：**氢气运输的安全事项

**5.综合**：控制氢渗透和泄漏的需求

**6.评价：**氢气运输的关键技术

**第五章 氢能利用技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：氢气作为热能利用的研究现状和应用前景，氢燃料电池的类型，氢燃料热机的类型，氢气的危险性及氢安全对策。

**2. 一般掌握**：氢气催化燃烧特性，不同类型氢燃料电池及氢热机的结构组成及工作原理。

**3. 熟练掌握**：氢气作为燃料的使用性能及热能效率。

**（二）考核内容**

氢气作为热能利用的研究现状和应用前景，氢气催化燃烧特性，氢燃料电池的类型，氢燃料电池的工作原理及在汽车中和其他领域的应用，氢燃料电池使用的安全性及氢燃料电池的效率，氢燃料热机的类型，氢燃料热机的工作原理，氢燃料热机的热能效率及余热利用，氢气的危险性及氢安全对策，氢气安全排放技术、安全性能评价测试及风险管控。

**（三）考核要求**

**1.识记**：氢的燃烧性能及氢气催化燃烧特性

**2.领会**：氢燃料电池使用的安全性及氢燃料电池的效率，氢燃料热机的热能效率及余热利用

**3.应用**：氢燃料电池的工作原理及在汽车中和其他领域的应用

**4.分析：**氢气的危险性及氢安全对策

**5.综合**：不同类型氢燃料电池及氢热机的结构组成及工作原理

**6.评价：**氢能应用过程中安全性能评价及风险管控

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

无

**四、考核方式**

考核方式由线下考试和过程评价组成，其中，本课程的基本考试形式建议采用课下撰写专题论文的方式。过程评价包括小组评价和个人评价两部分，教师根据平时课程过程中所分小组在完成相关任务时资料收集情况、分工协作情况、课堂表现情况来综合打分，其中，资料收集情况、分工协作情况和课堂表现情况分别占30%、30% 和40%。个人评价则根据学生在课堂上回答问题、参与讨论、作业完成情况来进行综合打分，其中，回答问题、参与讨论和作业完成情况分别占30%、30% 和40%。

**五、成绩评定**

1.平时成绩

平时成绩=(出勤率\*30%+小组评价\*35% (资料收集情况、分工协作情况和课堂表现情况分别占30%、30% 和40%)+个人评价\*35% (回答问题、参与讨论和作业完成情况分别占30%、30% 和40%))\*50%+核心课期中考试\*50%

2.期末成绩

采用闭卷考试，占比70%

3.综合成绩

最终成绩（百分制）=平时成绩\*30%+期末考试\*70%。

**六、考核结果分析反馈**

学生通过教务系统可以查询自己的平时成绩和最终成绩。教师按照学生平时课堂中线上活动和线下活动的参与情况，绘制成表，通过超星泛雅学习通等软件反馈给学生。教师每个一段时间进行一次成绩评价分析，根据分析结果及时改变教学方式、查缺补漏，形成持续改进的闭环反馈机制。

# 太阳能工程考核大纲

（Solar Energy Engineering）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021248h | **课程学时：**48 | **课程学分：**3.0 |
| **主撰人：**青春耀 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《太阳能工程》是新能源科学与工程专业的一门必修课和核心课，是以太阳能利用原理与技术为研究对象的一门应用性基础学科。本课程涉及传热学、工程热力学、流体力学等课程知识，以这些专业知识为基础，紧密围绕新能源交叉学科的特点，讲述太阳能利用的基础理论和各种装置的结构、原理与应用技术，内容包括太阳能光热转换和光电转换两大领域。通过本课程的学习，使学生掌握太阳能利用的基本原理以及各种装置的结构、原理和应用技术，掌握其热工计算的方法和技巧，从而让学生掌握新型能源太阳能应用技术的一般原理和方法，提高学生在能源领域从事技术工作和进行科学研究的能力与素质，为学生在本专业的长远发展打下基础。

**二、理论教学部分的考核目标**

掌握太阳能利用的基本原理及其系统组成装置的结构、原理和技术应用形式，掌握太阳能热利用、太阳能光伏设计计算的方法和技巧，并正确掌握太阳能系统基本操作的知识和技能以及一些重要的实验方法，获得科学研究方法的基本训练，了解本学科范围内重大的科学技术新成就。培养学生坚持辩证唯物主义的观点和坚持理论联系实际的原则，使学生具有基本分析问题和解决问题的能力，为学好专业知识，进一步掌握新的科技成果，成为新能源相关专业合格工程技术人才打好坚实的基础。

**绪 论**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解：**能源和太阳能的基本概念。

**2. 一般掌握：**我国太阳能资源区划及分布特点。

**3. 熟练掌握：**太阳能的性质。

**（二）考核内容**

能源的分类，太阳能的性质。

**（三）考核要求**

**1、识记**：能源的概念，能源的重要性和能源的分类。

**2、领会**：太阳能利用重点方向，我国太阳能资源区划及分布特——太阳能的性质。

**第一章 太阳辐射基础**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：太阳结构。

**2. 一般掌握**：地球大气层外、内的辐射性质。

**3. 熟练掌握**：太阳入射角和太阳辐射量的计算。

**（二）考核内容**

知识：太阳时和标准时间的换算，太阳高度角的计算，太阳方位角的计算。

**（三）考核要求**

**1、识记**：太阳的结构与太阳辐射的产生。

**2、领会**：太阳常数。

**3、应用**：大气层外太阳辐射的光谱分布，太阳辐射的测量，倾斜表面上的太阳总辐射照度。

**4、分析**：地球大气层外水平面上的太阳辐射，大气对太阳辐射的影响。

**第二章 太阳能光热转换原理与技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：太阳能集热器的分类；平板太阳集热器和真空管太阳能集热器基本结构；空气集热器的类型；太阳能干燥、太阳房、太阳灶。

**2. 一般掌握**：全玻璃真空集热管制造工艺；重力热管式真空集热器工作原理；聚光集热器的结构与工作原理；空气集热器类型及特点；典型集热器性能曲线；太阳能干燥技术；太阳能海水淡化技术。

**3. 熟练掌握**：平板集热器能量平衡方程，集热器总热损系数；全玻璃真空集热管工作原理。

**（二）考核内容**

知识：平板集热器的总热损系数，能量平衡方程。能力：平板集热器热性能理论分析。

**（三）考核要求**

**1、识记**：太阳能集热器的分类，平板太阳能集热器和真空管太阳能集热器基本结构；空气集热器的类型及特点；太阳能干燥的基本原理、类型及特点；太阳房的类型、原理及工作过程；太阳能海水淡化技术分类。

**2、领会**：集热器的效率表达式、集热器时间常数等。

**3、分析**：平板集热器能量平衡方程及其热性能分析。

**4、综合**：集热器结构设计及优化。

**第三章 太阳能热电转换原理与技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：太阳能热发电概念和分类；太阳能热气流发电；太阳池热发电技术。

**2. 一般掌握**：太阳能热发电系统工作原理、类型及系统组成；碟式系统及线性菲涅尔式中高温热发电系统；太阳能热发电系统的聚光方式及特性；太阳能光热发电的优势和发展趋势。

**3. 熟练掌握**：槽式线聚焦系统、塔式系统的组成和布置；相应太阳能热发电系统中的热传输系统设计基本原理。

**（二）考核内容**

知识：太阳能槽式、塔式、碟式系统及线性菲涅尔式中高温热发电系统原理、组成、结构和各自的特性分析。

**（三）考核要求**

**1、识记**：太阳能热发电概念和分类；太阳能热气流发电；太阳池热发电技术。

**2、领会**：槽式线聚焦系统和塔式系统的组成、布置及相应太阳能热发电系统中的热传输系统设计基本原理。

**第四章 太阳能制冷原理与技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：太阳能制冷的概念和分类。

**2. 一般掌握**：太阳能制冷技术的类型、系统组成、工作原理及特点等。

**3. 熟练掌握**：太阳能吸收式制冷的原理、流程及效率分析计算。

**（二）考核内容**

知识：辐射制冷、太阳能吸收式制冷、太阳能吸附式制冷、太阳能蒸汽压缩式制冷以及太阳能喷射式制冷的工作原理、系统组成及特点等。

**（三）考核要求**

**1、识记**：辐射制冷、太阳能吸收式制冷、太阳能吸附式制冷、太阳能蒸汽压缩式制冷以及太阳能喷射式制冷的工作原理、系统组成等。

**2、领会**：太阳能制冷的工作过程。

**3、应用：**太阳能制冷技术的选择。

**4、评价：**不同类型太阳能制冷系统的技术特点。

**第五章 太阳能光电转换原理与技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：太阳能光电转换的原理、光伏系统组成。

**2. 一般掌握**：光伏电池的分类，光伏储能-铅电池，光伏-逆变、控制、配电系统。

**3. 熟练掌握**：晶硅太阳能电池制造流程、方法与种类；太阳能光伏系统的分类。

**（二）考核内容**

知识：光生伏打效应，光伏等效电路与电学特性，太阳能光伏系统分类，晶硅晶硅太阳能电池制造。

**（三）考核要求**

**1、识记**：光伏基本原理与MPPT（最大功率点跟踪）。

**2、领会**：光伏制造方法和流程，光伏系统的分类。

**第六章 太阳能工程设计及太阳能其他转换方式与技术**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：太阳能的其它转换方式与相关技术；太阳热水系统组成、系统分类及热水系统结构，太阳能热水系统安装与维护；太阳电池组件的选型，支架设计，控制器逆变器的选配，控制测量系统的设计，防雷设计和配电系统设计等。

**2. 一般掌握**：太阳能热水系统设计：热水负荷计算、水箱管路设计等；晶硅太阳能光伏系统分析方法，独立晶硅光伏系统设计：系统容量、方阵倾角计算，系统布置、发电量计算等。

**3. 熟练掌握**：太阳能热水系统集热面积计算及系统设计。

**（二）考核内容**

知识：太阳能热水系统组成、独立光伏系统组成；能力：太阳能热水系统集热面积计算、独立光伏系统容量计算；素质：太阳能热水系统设计、独立光伏系统设计。

**（三）考核要求**

**1、识记**：太阳能热水系统组成、独立光伏系统组成及系统部件选型原则。

**2、领会**：太阳能热水系统和太阳能光伏系统设计基本流程和方法。

**3、应用**：掌握使用太阳能热水系统设计方法设计出实际工程的手段。

**4、分析**：能够提出类似太阳能热水系统、光伏系统的其它太阳能相关系统的初步设计方法及基本流程。

**5、综合**：能够综合运用太阳能工程设计方法及过程提出设计太阳能混合系统的思路。

**6、评价**：基本能够评价太阳能热水工程设计的优劣。

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

（1）实验部分：理解实验原理及理论，具备独立操作实验仪器及实验平台的能力，正确掌握家用太阳热水器性能测试实验的基本操作技能及实验设计和计算方法；按照实验指导书要求完成实验报告，具备根据实验数据对实验结果进行计算、画图并正确分析的能力。

（2）实习部分：认真书写并详实完整记录实习日记，在实习的基础上能够更加透彻的理解理论课所讲解内容，能够在实习中发现问题并应用所学知识进行理论解释。实习报告正确合理。

**四、考核方式**

理论部分采用闭卷考试，时间2小时，原则上理论课结束后1-3周内进行。理论考试题型设置名词解释、问答题、判断题、绘图题、计算题等。实验部分由学生完成实验报告的成绩结果进行评定。实习成绩按照各专业培养方案进行单独考核。实验部分纳入课程过程性考核，其它如阶段测评、综合测评、课堂表现等过程性考核成绩纳入本课程综合成绩。

**五、成绩评定**

1.平时成绩的评价方法。

平时成绩以百分制考核，由课堂表现（含考勤、听课状态、回答问题等）、平时作业、阶段测评、实验成绩等构成，核心课程期中成绩占平时成绩的50%。

2.最终成绩评价方法。

综合评定成绩由期末卷面成绩和平时成绩组成，期末成绩占总成绩的70%，平时成绩占总成绩的30%。

**六、考核结果分析反馈**

平时成绩中课堂表现与作业，下次上课课堂反馈给学生，及时提醒学生学习中出现的问题并给出解决方法。期中成绩和阶段测评成绩结果公示并针对问题查缺补漏。实验成绩通过教务系统及时反馈给学生。综合成绩评定后集中反馈。

# 分布式能源系统考核大纲

（Distributed Energy System）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021258 | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**张志萍 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《分布式能源系统》是集小型燃气轮机、内燃机、吸收式冷热水机、能源综合控制等高新技术和设备为一体的先进高环保型能源系统。作为新能源科学与工程专业的专业选修课，通过本课程的学习，从科技层面对分布式能源系统进行全面了解。从介绍科学用能与能量梯级利用的基本原理开始，阐述了分布式能源系统的概念和应用领域，介绍了技术产生和发展的国际、国内背景，并讨论了在我国发展所面临的技术、政策等方面的问题。拓展学生的知识面，树立科学用能的概念和关注环保的社会意识。

**二、理论教学部分的考核目标**

了解分布式能源系统的定义和发展现状，了解智能电网及其与分布式能源系统间的相互关系，了解内燃机、燃气轮机、斯特林机等动力装置的构造和工作过程，了解制冷与热泵技术的评价方法，了解各类储能技术，了解热电联产和冷热电三联供技术。

**绪 论**

**（一）学习目标**

**1．一般了解：**本课程主要内容；课程学习方法和考核方式。

**2．一般掌握：**能量梯级利用的基本原理。

**3．熟练掌握：**分布式能源系统的概念。

**（二）考核内容**

考核的知识点包括：分布式能源系统的概念。

**（三）考核要求**

**1.识记**：分布式能源系统的概念。

**2.领会**：科学用能和能量梯级利用的基本原理。

**3.应用**：分布式能源系统应用领域的梳理。

**4.分析：**世界能源需求现状。

**第一章 分布式能源解析**

**（一）学习目标**

**1．一般了解：**分布式能源系统的分类。

**2．一般掌握：**分布式能源系统的具体内涵。

**3．熟练掌握：**分布式能源系统与集中式能源系统的区别。

**（二）考核内容**

考核的知识点包括：分布式能源系统的具体内涵、分类，分布式能源系统与集中式能源系统的区别。

**（三）考核要求**

**1.识记**：分布式能源系统的内涵和分类。

**2.领会**：分布式能源系统的特点。

**3.应用**：分布式能源的典型应用案例。

**4.分析：**分布式能源系统与集中式能源系统的区别。

**第二章 智能电网**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：智能电网的提出与发展。

**2．一般掌握**：智能电网在现代能源体系中的应用。

**3．熟练掌握**：智能电网的组成及具体内涵。

**（二）考核内容**

考核的知识点包括：智能电网的具体内涵，智能电网在现代能源体系的应用，智能电网与分布式能源系统之间相辅相成的关系。

**（三）考核要求**

**1.识记：**智能电网的具体内涵。

**2.领会：**智能电网的优缺点。

**3.应用：**智能电网在现代能源体系的应用。

**4.分析：**智能电网与分布式能源系统之间相辅相成的关系。

**第三章 分布式能源系统的动力装置**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：分布式能源系统动力装置的地位。

**2．一般掌握**：分布式能源系统动力装置的应用范围。

**3．熟练掌握**：分布式能源系统动力装置的工作原理。

**（二）考核内容**

考核的知识点包括：分布式能源系统中内燃机、燃气轮机、燃料电池和斯特林机等动力装置的工作原理和基本构成。

**（三）考核要求**

**1.识记：**内燃机、燃气轮机、燃料电池和斯特林机等动力装置的工作原理和基本构成。

**2.领会：**不同动力装置分布式能源系统的优缺点。

**3.应用：**根据实际情况进行分布式能源系统的设计。

**4.分析：**不同动力装置下，分布式能源系统的能量转换效率。

**第四章 制冷与热泵**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：制冷与热泵技术的分类。

**2．一般掌握**：制冷与热泵技术在分布式能源系统中的应用。

**3．熟练掌握**：制冷与热泵技术的基本原理和评价方式及不同工质的性能特点。

**（二）考核内容**

考核的知识点包括：制冷与热泵技术的基本原理和评价方式及不同工质的性能特点。

**（三）考核要求**

**1.识记**：制冷与热泵技术的基本原理和评价方式。

**2.领会**：制冷与热泵技术的分类及其选择依据。

**3.应用**：制冷与热泵技术在分布式能源系统中的应用。

**4.分析：**不同制冷与热泵循环工质的性能。

**第五章 储能技术**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：储能技术在分布式能源系统中的重要性。

**2．一般掌握**：储能技术与与智能电网的负荷调节需求、分布式能源系统能量储存需求和新能源利用的间歇特性之间的关系。

**3．熟练掌握**：各种主要储能方法的基本概念、原理。

**（二）考核内容**

考核的知识点包括：各种主要储能方法的基本概念、原理及不同储能材料的基本特性，储能技术与与智能电网的负荷调节需求、分布式能源系统能量储存需求和新能源利用的间歇特性之间的关系。

**（三）考核要求**

**1.识记**：各种主要储能方法的基本概念、原理。

**2.领会**：储能技术与与智能电网的负荷调节需求、分布式能源系统能量储存需求和新能源利用的间歇特性之间的关系。

**3.应用**：不同分布式能源系统储能技术的选择。

**4.分析：**不同储能方式的优缺点。

**5.综合**：知道储能技术在分布式能源系统中的重要性。

**第六章 燃气分布式能源工程**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：燃气分布式能源工程的类型。

**2．一般掌握**：发展燃气分布式能源工程的重要性及其环境效益。

**3．熟练掌握**：燃气冷热电联供系统的组成及设备工作原理。

**（二）考核内容**

考核的知识点包括：燃气冷热电联供系统的概念、工作过程，燃气冷热电联供系统的组成及设备工作原理。

**（三）考核要求**

**1.识记**：燃气冷热电联供系统的概念，燃气冷热电联供系统的组成及设备工作原理。

**2.领会**：燃气冷热电联供系统的工作过程。

**3.应用**：基于用户需求，进行燃气分布式能源工程设计。

**4.分析：**具体燃气分布式能源工程案例的运行情况及经济环境效益分析。

**第七章 分布式能源系统集成准则及性能评价**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：分布式能源系统集成的原则思路。

**2．一般掌握**：影响分布式能源系统发展的影响因素。

**3．熟练掌握**：用于分布式能源系统集成的主要设备和技术。

**（二）考核内容**

考核的知识点包括：分布式能源系统的本质特征及用于分布式能源系统集成的主要设备和技术。

**（三）考核要求**

**1.识记**：用于分布式能源系统集成的主要设备和技术。

**2.领会**：分布式能源系统的本质特征。

**3.应用**：分布式能源系统典型的集成设计。

**4.分析：**分布式能源系统发展的影响因素。

**三、考核方式**

（1）课堂表现（10%）：包括课堂签到情况、上课状态、回答问题情况等。

（2）课后作业（10%）：布置作业的完成情况等。

（3）小组学习讨论（20%）：考核案例教学过程及小组协作展示效果，包括参与科学研究、专业知识探讨、PPT制作、单元作业等。

（4）综合测评（60%）：进行课程结题设计。

**四、成绩评定**

1.平时成绩的评价方法

平时成绩占最终成绩的40%。

平时成绩=考勤成绩×25%+平时作业成绩×25%+小组探究学习表现成绩×50%

注：各考核项均按百分制评分，总评时按比例折算各项实际得分。

2.最终成绩评价方法。

最终成绩=平时成绩×40%+结题设计论文×60%

注：各考核项均按百分制评分，总评时按比例折算各项实际得分。

**五、考核结果分析反馈**

1.通过对过程中每次成绩进行公布，并对最终课程成绩构成表格等方式，直观分析教学过程中不同考核形式的考核结果；

2.对课程教学目标达成度进行划分，列举相应考核要求，通过与实际考核结果进行对比，分析目标达成情况及改进方向。

将情况反馈至学生，并通过分析结果调整学生学习模式、课堂教学设计内容以及专业相关拓展内容，以期最终学习产出结果达到较高的专业达成度。

# 热力发电厂考核大纲

（Thermal Power Plant）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021263 | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**张志萍 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《热力发电厂》是新能源科学与工程专业的一门专业深化类选修课。任务是使学生全面掌握现代大型热力发电厂热力系统及基本运行知识，掌握电厂主要热力辅助设备与系统的构造、工作原理和运行知识，掌握发电厂管道与其附件等基本知识，能熟练阅读热力系统图，并能对热力系统作初步分析，使学生能够正确运用热、功转换理论，对电厂热力系统进行热经济性分析，了解提高热经济性的基本途径，使学生具有对火电厂热力系统实施正确控制的能力，初步具备对机组运行情况提出经济性改进措施的能力，为发电机组的安全、可靠、经济性运行打下基础。通过本课程的学习，使学生具备从事热力设备及系统设计、分析评价、技术改造、运行管理所必需的知识与能力，为学生将来从事电厂实际工作和科研工作打下必要的基础。

**二、理论教学部分的考核目标**

了解评价热力发电厂热经济性的方法，掌握用热量法定量评价发电厂的热经济性，掌握提高发电厂热经济性的主要途径和方法。熟悉发电厂的主要经济指标，能定量分析发电厂的运行经济性。掌握发电厂热力辅助设备的结构、工作原理，掌握发电厂各热力系统组成、连接方式及其基本运行知识。了解热负荷特性，能够定量分析热电厂的热经济性，熟悉热电厂对外供热系统及设备。 熟悉原则性热力系统、全面性热力系统及各局部热力系统，掌握发电厂管道及其附件的基本知识。熟悉发电厂的输煤与供水系统，了解火电厂主厂房布置的类型及特点。

**绪 论**

**（一）学习目标**

**1．一般了解：**本课程主要内容；课程学习方法和考核方式。

**2．一般掌握：**火力发电厂生产过程；新能源发电技术。

**3．熟练掌握：**火力发电厂与其他发电技术比较优势与劣势。

**（二）考核内容**

考核的知识点包括：新能源发电技术的类型及特点；火力发电厂生产过程及其优缺点。

**（三）考核要求**

**1.识记**：能源分类

**2.领会**：火力发电和新能源发电各自技术特点。

**3.应用**：火力发电厂与其他发电技术比较优势与劣势。

**4.分析：**火力发电技术发展的主要方向。

**第一章 热力发电厂的热经济性**

**（一）学习目标**

**1．一般了解：**核能发电的热经济性。

**2．一般掌握：**热经济性评价的方法和凝汽式发电厂的主要热经济性指标。

**3．熟练掌握：**热力电厂热经济性的计算方法热量法和各指标分布位置。

**（二）考核内容**

考核的知识点包括：热经济性评价的方法；热量法和熵方法的概念及其区别与联系；发电厂热功转换过程的基本规律；凝汽式发电厂的主要热经济性指标；凝汽式发电厂各种损失及全厂总效率；核能发电的热经济性。

**（三）考核要求**

**1.识记**：热量法和熵方法的概念；凝汽式发电厂的主要热经济性指标。

**2.领会**：热量法和熵方法的区别与联系；发电厂热功转换过程的基本规律。

**3.应用**：发电厂各种损失及全厂总效率评价电厂的热经济性。

**4.分析：**使用热量法和熵方法分析凝气式发电厂能量转换过程的热量利用的热量损失。

**5.综合**：热经济性评价的方法热量法。

**6.评价：**发电厂热经济指标的分类以及各指标之间的关系。

**第二章 热力发电厂的动力循环**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：蒸汽中间再热的目的；给水回热加热的意义；蒸汽中间再热参数的选择。

**2．一般掌握**：蒸汽参数对电厂热经济性影响；蒸汽中间再热的经济性；回热循环。

**3．熟练掌握**：朗肯循环及其热经济性；蒸汽中间再热的方法。

**（二）考核内容**

考核的知识点包括：提高初参数对电厂热经济性的影响，以及提高初参数受到的限制；降低蒸汽终参数对电厂热经济性的影响；采用蒸汽中间再热目的及其对电厂热经济性的影响；采用回热循环的目的及其热经济性；多级回热给水总焓升在各加热器间的分配。

**（三）考核要求**

**1.识记：**凝汽器的最佳真空度；蒸汽中间再热的方法。

**2.领会：**蒸汽初温和初压对电厂热经济性影响；蒸汽中间再热和给水回热对热经济性的影响。

**3.应用：**提高蒸汽初温；降低初压；采用蒸汽再热和回热以提高热电厂的热经济性。

**4.分析：**蒸汽的初终参数、蒸汽再热以及给水回热对热电厂热经济性的影响。

**5.综合：**利用朗肯循环分析电厂的热经济性。

**6.评价：**多级回热给水总焓升在各加热器间的分配。

**第三章 热电厂的热经济性及其供热系统**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：热负荷特性；热电厂的主要热经济指标和分项热经济指标。

**2．一般掌握**：热电厂总耗量的分配，懂得热电联产的几种热量分摊方法，特别是热量法；熟悉热电联产节约燃料的条件。

**3．熟练掌握**：热电联产的概念。

**（二）考核内容**

热电联合生产；热电厂总热耗量的分配；热电厂的主要热经济指标；热电联产节约燃料的条件。

**（三）考核要求**

**1.识记：**热电联产的概念；热电厂总热耗量。

**2.领会：**热电厂的主要热经济指标和分项热经济指标。

**3.应用：**利用热电厂总热耗量的分配方法分析确定好处归电还是好处归热。

**4.分析：**热化发电量和热化发电率对热电厂热经济性的影响。

**5.综合：**热电联产节约燃料。

**6.评价：**供热机组的机型和容量的选择

**第四章 发电厂的回热加热系统**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：回热加热器的型式。

**2．一般掌握**：表面式加热器的热经济性。

**3．熟练掌握**：表面式加热器的端差；蒸汽冷却器及其热经济性；表面式加热器的疏水方式。

**（二）考核内容**

回热加热器的型式及表面式加热器组成的回热加热系统的优点；表面式加热器端差对加热器经济性的影响；蒸汽冷却器及其热经济性。

**（三）考核要求**

**1.识记**：表面式加热器的端差

**2.领会**：表面式加热器组成的回热加热系统的优点；表面式加热器的热经济性；抽汽管道压降对热经济性的影响；蒸汽冷却器的作用及其热经济性；表面式加热器的疏水方式及热经济性分析。

**3.应用**：表面式加热器在不同热力系统中的连接方式。

**4.分析：**表面式加热器的端差对热力系统的经济性影响。。

**5.综合**：根据不同热力系统的特点，确定是否选择过热蒸汽冷却器及采用的疏水方式。

**6.评价：**不同的疏水方式对热经济性的影响。

**第五章 给水除氧及发电厂的辅助热力系统**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：除氧器的类型和结构；给水除氧的必要性；热力系统的工质损失类型。

**2．一般掌握**：除氧器的热平衡、运行方式及热经济性；发电厂的辅助热力系统。

**3．熟练掌握**：除氧器自生沸腾现象发生的原因以及消除的办法；除氧器的滑压运行。

**（二）考核内容**

给水除氧的原因、必要性及除氧器热力除氧器类型；除氧器的运行方式及热经济性；发电厂辅助热力系统包括工质损失及补充水引入。

**（三）考核要求**

**1.识记**：工质损失的类型；除氧器的运行方式；补充水引入系统的方式。

**2.领会**：热力除氧的原理（道尔顿定律和亨利定律），保证热力除氧效果的基本条件；除氧器的连接方式；汽包锅炉连续排污利用系统；除氧器定压运行和滑压运行的热经济性。

**3.应用**：会利用除氧器的热平衡进行简单的热经济性计算。

**4.分析：**除氧器的运行方式对热电厂热经济性的影响。

**5.综合**：知道如何解决自生沸腾。

**6.评价：**除氧器运行方式对除氧器的汽源连接方式的要求。

**第六章 原则性及全面性热力系统**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：发电厂原则性热力系统和全面性热力系统。

**2．一般掌握**：发电厂的主蒸汽系统的型式与选择，主蒸汽系统设计时应注意的问题；两级旁路串连系统的运行，给水、疏放水系统的类型。

**3．熟练掌握**：主蒸汽系统和中间再热机组旁路系统。

**（二）考核内容**

主蒸汽系统包括主蒸汽系统的型式与选择、主蒸汽系统设计时应注意的几个问题；中间再热机组的旁路系统包括旁路系统的类型、作用及型式；给水管道系统类型；疏放水系统的类型。

**（三）考核要求**

**1.识记**：原则性热力系统和全面性热力系统的定义；主蒸汽系统、中间再热机组的旁路系统、给水管道系统、疏放水系统的定义。

**2.领会**：原则性热力系统和全面性热力系统的区别和联系及彼此的应用范围。

**3.应用**：根据主蒸汽系统、中间再热机组的旁路系统、给水管道系统、疏放水系统可以识别简单的原则性热力系统和全面性热力系统图，并可以判别某一系统采用的运行方式。

**4.分析：**分析读识原则性热力系统图中各个设备的型式及作用。

**5.综合**：本章内容结合热电厂的热经济性及其供热系统、发电厂的回热加热系统、给水除氧及发电厂的辅助热力系统可以全面的了解热力系统的概念，并可以利用已知的条件综合给出某一热力系统的原则性热力系统图，能看懂简单的全面性热力系统图。

**6.评价：**全厂原则性热力系统的与机组原则性热力系统计算过程的异同点。

**第七章 新能源热力发电系统**

**（一）学习目标**

**1．一般了解**：新能源热力发电系统的分类。

**2．一般掌握**：新能源热力发电系统的工作过程和基本构成。

**3．熟练掌握**：新能源热力发电系统的关键技术。

**（二）考核内容**

新能源热力发电系统的工作过程、基本构成和关键技术。

**（三）考核要求**

**1.识记**：新能源热力发电技术的概念和基本构成。

**2.领会**：不同新能源热力发电系统的适用场景。

**3.应用**：根据新能源热力发电系统的基本构成，会进行系统设计。

**4.分析：**分析新能源热力发电系统关键部件的重要作用。

**5.综合**：可进行新能源热力发电系统的创新设计。

**6.评价：**不同类型新能源热力发电系统的优缺点。

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

（1）实习教学部分的考核要求

①参加本专业组织的实习的学生，必须服从所在实习单位的相关规定和指导教师的要求，如遇到问题需及时和指导教师和辅导员联系。没有特殊原因擅自离开的学生该课程将被视为不通过。

②实习项目结束后，学生应及时完成实习报告，并在规定时间内将交实习报告交给指导教师。

③成绩构成：平时表现占60%，实习报告成绩占40％。

④学生的平时表现成绩直接由指导教师评定，实习报告成绩由教研室负责批阅的教师评定。

**四、考核方式**

（1）课堂表现（10%）：包括课堂签到情况、上课状态、回答问题情况等。

（2）课后作业（10%）：布置作业的完成情况等。

（3）小组学习讨论（20%）：考核案例教学过程及小组协作展示效果，包括参与科学研究、专业知识探讨、PPT制作、单元作业等。

（4）综合测评（60%）：撰写专题论文。

**五、成绩评定**

1.平时成绩的评价方法

平时成绩占最终成绩的40%。

平时成绩=考勤成绩×25%+平时作业成绩×25%+小组探究学习表现成绩×50%

注：各考核项均按百分制评分，总评时按比例折算各项实际得分。

2.最终成绩评价方法。

最终成绩=平时成绩×40%+撰写专题论文×60%

注：各考核项均按百分制评分，总评时按比例折算各项实际得分。

**六、考核结果分析反馈**

1.通过对过程中每次成绩进行公布，并对最终课程成绩构成表格等方式，直观分析教学过程中不同考核形式的考核结果；

2.对课程教学目标达成度进行划分，列举相应考核要求，通过与实际考核结果进行对比，分析目标达成情况及改进方向。

将情况反馈至学生，并通过分析结果调整学生学习模式、课堂教学设计内容以及专业相关拓展内容，以期最终学习产出结果达到较高的专业达成度。

# 能源技术经济学考核大纲

（Technological Economics of Energy）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021275 | **课程学时：**16 | **课程学分：**1.0 |
| **主撰人：**岳建芝 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《能源技术经济学》属于新能源科学与工程专业的一门专业选修课，属于技术经济学的一个分支。能源技术经济学是一门应用理论经济学基本原理，研究能源技术领域经济问题和能源经济规律，研究能源技术进步与能源经济增长之间的相互关系的科学，是研究技术领域内资源的最佳配置，寻找能源技术与能源经济的最佳结合以求可持续发展的科学。

**二、理论教学部分的考核目标**

通过本课程的学习，使学生掌握技术经济分析与决策的基本理论和方法，为其从事能源专业领域的研究和实践活动提供技术经济学方面的思想、理论和方法论支持**。**

**第一章 绪论**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：从工程人员肩负的技术使命、经济使命、社会使命出发了解学习技术经济知识的重要性。

**2. 一般掌握**：技术与经济两者之间既相互制约又相互促进的关系。

**3. 熟练掌握**：技术经济学研究的内容；技术经济分析的一般过程。

**（二）考核内容**

技术经济学研究的内容；技术经济分析的一般过程；技术与经济两者之间既相互制约又相互促进的关系

**（三）考核要求**

**1. 识记**：技术经济学研究的内容；技术经济分析的一般过程

**2. 领会**：技术与经济两者之间既相互制约又相互促进的关系

**3. 应用：**技术和经济分析内容

**4. 综合**：技术经济分析的一般过程

**第二章 经济性评价基本要素**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：税收与税金

**2. 一般掌握**：利润

**3. 熟练掌握**：经济效果；投资；成本；资金时间价值及其等值计算

**（二）考核内容**

经济效果的概念；经济效果和经济效益的区别；经济效果表达式；投资的概念和构成；资产的分类；投资估算；机会成本；经济成本；沉没成本；变动成本和固定成本；边际成本；利润；资金时间价值及其等值计算

**（三）考核要求**

**1. 识记**：经济效果的概念；投资的概念和构成；资产的分类；经济效果表达式；利润

**2. 领会**：经济效果和经济效益的区别；

**3. 应用**：投资估算；经济成本；机会成本；沉没成本；变动成本和固定成本；边际成本；

**4. 综合：**资金时间价值及其等值计算

**第三章 经济性评价方法**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：固定资产投资借款偿还期；

**2. 一般掌握**：外部收益率；净现值率；投资收益率；

**3. 熟练掌握**：静态和动态投资回收期的计算；净现值、净年值和费用现值、费用年值的计算；内部收益率的经济含义及计算；备选方案与经济性评价方法；盈亏平衡分析和敏感性分析

**（二）考核内容**

净现值、净年值和费用现值、费用年值计算；净现值、净年值和费用现值、费用年值的概念及意义；内部收益率的经济含义及计算；备选方案与经济性评价方法；盈亏平衡分析和敏感性分析

**（三）考核要求**

**1. 识记**：净现值、净年值和费用现值、费用年值的计算公式；备选方案的类型

**2. 领会**：内部收益率的经济含义；

**3. 应用**：静态和动态投资回收期的计算；净现值、净年值和费用现值、费用年值计算；内部收益率的计算；

**4. 综合**：备选方案的经济性评价方法；盈亏平衡分析和敏感性分析

**第四章 能源建设项目可行性研究**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：社会评价；

**2. 一般掌握**：项目建设程序和我国建设项目管理体制；

**3. 熟练掌握**：可行性研究的内容及报告编制技术；项目市场分析、技术选择、经济效益评价以及资金

**（二）考核内容**

不同资金来源对项目收益和风险的影响；影响项目建设规模的因素；如何合理确定项目的规模；国民经济评价和财务评价；如何评估项目风险；收入分配的公平性在项目评价中的体现

**（三）考核要求**

**1. 识记：**财务评价的概念；国民经济评价的概念；影子汇率；影子工资

**2. 领会**：项目建设程序和我国建设项目管理体制；

**3. 应用**：财务评价；国民经济评价

**4. 综合**：可行性研究的内容及报告编制技术；项目市场分析、技术选择、经济效益评价以及资金

**第五章 价值工程**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：价值工程的发展历史；

**2. 一般掌握**：方案的创造与实施

**3. 熟练掌握**：价值工程的基本概念；寿命周期成本；价值；功能；价值工程的实施步骤和方法；

**（二）考核内容**

价值工程的概念以及它对企业生产经营起的作用；价值工程中的价值、成本和功能的含义；提高产品价值的主要途径；方案创造的方法；价值工程的实施步骤和方法；

**（三）考核要求**

**1. 识记**： 价值工程的概念；价值工程中的价值、成本和功能的含义；

**2. 领会**：价值工程对企业生产经营起什么作用；提高产品价值的主要途径；

**3. 应用**：方案创造的方法；

**4. 综合**：会运用价值工程的实施步骤和方法进行案例分析

**三、考核方式**

本课程的考核采用过程性考核加上课程结束后的期末考核加权后评定的形式。其中过程考核主要通过课堂出勤、课堂讨论和课程作业三方面考量，课程结课考核形式采用开卷笔试120分钟或者采用论文的形式进行考核，考试题型主要有名词解释、简答题、选择题、分析题、论述题、计算应用题组成，着重加强探究式和项目式的考核评价方式的应用，加强对课程的综合性评价。

**四、成绩评定**

1.平时成绩的评价方法。平时成绩的评价主要从学生的课堂出勤情况（10%）、参与课堂讨论情况（20%）和作业完成情况（20%）三方面来评价，每个考核点有不同的权重。

2.最终成绩评价方法。最终成绩=平时成绩（50%）+期末开卷考试或者论文（50%）。期末采用开卷考试形式或者提交课程论文形式进行考核，重点考核学生对知识的综合运用能力。

**五、考核结果分析反馈**

考核结果通过网络直接通知到学生，并向学生下发调查问卷，根据学生提出的问题进行教学反思，提出后续教学的改进方案。在考试结束后根据试卷提供全面的试卷分析，根据试卷成绩分析教学环节可能存在的问题，提出改进方法，达到在后续的教学中不断提高教学产出能力目的。

# 文献检索与科技论文写作考核大纲

（Literature Search and Scientific Paper Writing）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021276 | **课程学时：**8 | **课程学分：**0.5 |
| **主撰人：**张甜 | **审核人：**张甜、张志萍 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

本课程是新能源科学与工程专业的一门专业类必修课。本课程旨在培养学生获取、利用文献信息和科技论文写作的能力。通过本课程学习，使学生掌握文献信息及其相关检索系统的特点及使用方法，获得一定的文献信息收集、整理、加工与利用能力，并掌握科技论文写作方面的基本知识，为毕业论文及一般科技论文的撰写打下良好基础。

**二、理论教学部分的考核目标**

通过本课程的学习，使学生熟悉和掌握各种不同类型的检索工具和检索系统，掌握文献检索基本知识和检索方法与技巧，具备用手工、计算机检索方式从文献检索工具或系统中获取知识和情报的能力，并熟练掌握科技论文的写作方法。学生在本课程学习中应重点掌握以下几个方面的内容：文献信息检索的途径、方法与步骤；工具书的排检方法；网络信息资源检索的方法、技术和工具；科技论文的写作内容和格式等。

**第一章 文献信息检索概论**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：信息、知识、文献的定义及文献信息检索基础知识

**2. 一般掌握**：文献信息检索的途径

**3. 熟练掌握**：文献信息检索的方法与步骤

**（二）考核内容**

考核学生对信息、知识、文献的定义及文献信息检索基础知识的了解，对文献信息检索的途径、方法与步骤的掌握。

**（三）考核要求**

**1.识记**：信息、知识、文献的定义

**2.领会**：文献信息检索基础知识

**3.应用：**文献信息检索的途径、方法与步骤

**第二章 工具书**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：工具书的特点

**2. 一般掌握**：工具书的类型

**3. 熟练掌握**：工具书的排检方法

**（二）考核内容**

考核学生对工具书特点的了解，对工具书类型和排检方法的掌握。

**（三）考核要求**

**1.识记**：工具书的类型

**2.领会**：工具书的特点

**3.应用**：工具书的排检方法

**第三章 网络信息资源检索**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：网络信息资源分类

**2. 一般掌握**：网络信息资源检索策略

**3. 熟练掌握**：网络信息资源检索方法、技术和工具

**（二）考核内容**

考核学生对网络信息资源分类的了解，对网络信息资源检索策略、方法、技术和工具的掌握。

**（三）考核要求**

**1.识记**：网络信息资源分类

**2.领会**：网络信息资源检索策略

**3.应用**：网络信息资源检索方法、技术和工具

**第四章 科技论文写作**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：科技论文的概念和分类

**2. 一般掌握**：科技论文的写作意义

**3. 熟练掌握**：科技论文的写作内容和格式

**（二）考核内容**

考核学生对科技论文概念和分类的了解，对科技论文的写作意义、写作内容和格式的掌握。

**（三）考核要求**

**1.识记**：科技论文的概念和分类

**2.领会**：科技论文的写作意义

**3.应用：**科技论文的写作内容和格式

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

无

**四、考核方式**

本课程考核方式为多元考核，既包括课堂考勤、回答问题、听课情况、课后作业完成情况、阶段测评结果等多元过程性考核环节，也包括期末笔试考试环节。课程考试为闭卷考试，考试时间为120分钟，评分采用百分制。

**五、成绩评定**

1.平时成绩

平时成绩由课堂考勤、听课状态、回答问题、课后作业、阶段测评结果等组成，各自所占比例由任课老师掌握。平时成绩占最终成绩的30%。

2.期末成绩

闭卷考试，成绩占比70%。

3.综合成绩

综合成绩由平时成绩和期末成绩两部分组成，平时成绩占比30%，期末成绩占比70%。

综合成绩=平时成绩×30%+期末成绩×70%。

**六、考核结果分析反馈**

平时成绩考核结果通过“学习通”等平台定期总结反馈给学生，督促学生完成相关学习环节；期末考试成绩由教师评卷给出卷面成绩并反馈给所在院系；最终成绩通过教务系统反馈给学生。授课教师根据学生的实际学习效果，及时合理地调整学习内容和改变教学方式，形成持续改进的闭环反馈机制。

# 新能源科学与工程专业导论

(Introduction to New Energy Science and Engineering)

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021277 | **课程总学时：**8 | **实验学时：** 0  **学时** |
| **课程性质：**必修 | **课程属性:**专业类 | **开设学期：第** 3 **学期** |
| **课程负责人：**李刚 | 课程团队：刘圣勇、徐桂转、胡建军、李刚 | **授课语言：**中文 |
| **适用专业：**新能源科学与工程专业 | | |
| **对先修的要求：**无 | | |
| **对后续的支撑：**生物质能工程、风能工程、氢能技术及应用、太阳能工程、储能原理及技术 | | |
| **主撰人：**侯婷婷 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的教学理念、性质、目标和任务**

《新能源科学与工程专业导论》是新能源科学与工程专业基础必修课之一，是本专业本科学生首次接触专业知识的基础、概论性课程，是引导学生认知专业的重要课程，同时也是激发学生专业兴趣的重要环节。本课程主要介绍生物质能源转化与利用的新发展与前沿知识，包括生物质高效转化成气体燃料、液体燃料、成型燃料以及其在储能领域应用的发展趋势和技术进展。通过本课程教学，使学生对生物质能发展的新理论、新工艺、新技术及热点问题有较全面和深入的理解，拓宽学生的视野和知识面；深入讨论各类技术发展的特点与局限性，培养学生发现问题、分析问题和解决问题的能力；同时指导学生掌握基本的资料搜索、文献调研和写作能力，为后续的学习和工作奠定基础。

**二、课程教学的基本要求**

了解世界范围内各种传统能源现状和能源危机，以及生物质能的发展现状和趋势；

理解生物质能高效转化成气体燃料、液体燃料、成型燃料的技术进展和应用现状；

掌握文献检索和热点追踪的技巧。

**三、课程的教学设计**

1.教学设计说明

本课程采用专题讲授与学生分组讨论相结合的教学方法，注重过程学习，实现过程评价；引导学生围绕课程主题结合先修课程收集前沿资料、独立思考、学会质疑，并在合作讨论中分析解决问题，充分调动学生学习主动性，体现学生是学习主体的理念。在教学过程中，教师借助网络辅助教学等现代化手段将专题片、新闻报道、权威讲座、期刊文献等信息资讯运用于课堂讲授，激发学生的学习兴趣，提高教学效果。学生可以通过教师的讲授、线上线下交流、网上信息查阅、多媒体教学软件等教学方法及手段的综合应用来完成学习过程。

2.课程目标及对毕业要求的支撑

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **课程目标** | **毕业要求** |
| 1 | 目标1：使学生对生物质能发展的新理论、新工艺、新技术及热点问题有较全面和深入的理解 | 1 |
| 2 | 目标2：使学生掌握基本的资料搜索、文献调研和写作能力，为后续的学习和工作奠定基础。 | 1 |
| 3 | 目标3：着重培养学生对本专业知识学习的兴趣和爱好，激发学生自我学习、终身学习意识以及责任担当。 | 12 |

**四、理论教学内容及学时分配（8学时）**

|  |  |
| --- | --- |
| **专题一 农林废弃物热化学转化制备高品质燃气技术与发展** | **学时数：2** |

**教学目标：**本专题主要学习不同热化学转化技术制备高品质燃气的原理、研究现状及应用前景，使学生了解高品质燃气制备工艺过程中定向调控、数值模拟及动力学分析的方法。

**教学重点和难点：**高品质燃气制备工艺、高品质燃气制备工艺过程中定向调控、数值模拟及动力学分析

**主要教学内容及要求：**

了解：不同热化学转化技术制备高品质燃气的原理、研究现状及应用前景；

理解：高品质燃气制备工艺过程中定向调控、数值模拟及动力学分析的方法；

掌握：催化重整技术制备高品质燃气。

**教学组织与实施：**选取代表性研究成果作为案例，通过多媒体展示进行详细讲解，引导学生分组讨论，分析案例的优缺点并提出改进建议。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **专题二 生物质成型燃料研究现状及其锅炉的设计** | **学时数：2** |

**教学目标：**本专题主要学习成型燃料及设备研究现状、成型燃料锅炉的技术现状及成型燃料机烧炉设计，使学生了解生物质固化成型技术的难点及相应解决方案。

**教学重点和难点：**生物质固化成型燃料制备的关键技术、成型燃料机烧炉设计

**主要教学内容及要求：**

了解：固化成型技术存在的问题及新型工艺设备和产业化的概况；

理解：成型燃料燃烧发电、燃烧供热的典型案例；

掌握：成型燃料机烧炉的设计。

**教学组织与实施：**选取代表性研究成果作为案例，通过多媒体展示进行详细讲解，引导学生分组讨论，分析案例的优缺点并提出改进建议。

**专题三    生物液体燃料制备原理与技术进展          学时数：2**

**教学目标：**本专题主要学习生物质制备乙醇、生物柴油等液体燃料的技术发展趋势和热点，使学生了解催化热解、水热液化、超临界萃取、酯交换、生化转化等主要制备方法的工艺原理及特点，能够分析其优势与瓶颈。

**教学重点和难点：**生物质生化转化法制备乙醇和生物柴油的技术原理。

**主要教学内容及要求：**

了解：生物质提取液体燃料的技术发展趋势和热点；

理解：生物质提取液体燃料的主要方法；

掌握：液体燃料的不同制备方法的原理与联系。

**教学组织与实施：**课前教师将课程内容相关参考资料分享给学生自学，获取学生存在的疑难点和兴趣点；课堂根据学生反馈进行内容总结和深入讲授，并引导学生分组讨论发表个人观点。

**专题四    生物质高效转化制备气体燃料                   学时数：2**

**教学目标：**本专题主要学习生物质转化制备沼气和氢气的前沿技术工艺和装备。通过学习生物质发酵制沼气原料及工艺条件的最新研究趋势及生物质制氢的工艺和设备的创新成果，使学生对生物质高效制备气体燃料的研究现状有较为全面的认识。

**教学重点和难点：**生物质厌氧发酵制沼气和生物质光合制氢的技术原理。

**主要教学内容及要求：**

了解：生物质发酵制沼气的产量提升手段和影响因素；

理解：生物质制氢和热化学制氢存在的问题及其进步性；

掌握：生物质氢烷联产的原理及研究意义。

**教学组织与实施：**选取代表性研究成果作为案例，通过多媒体展示进行详细讲解，引导学生分组讨论，分析案例的优缺点并提出改进建议。

**五、课程思政**

实现碳达峰、碳中和目标，是以习近亚同志为核心的党中央统筹国内国际两个大局作出的重大战略决策，是着力解决资源环境约束突出问题、实现中华民族永续发展的必然选择，是构建人类命运共同体的庄严承诺。作为能源青年要积极投身能源事业发展对标行业所需，提升本领，助力“双碳”目标实现。生物质能的开发和利用符合我国提出的双碳战略，课堂讲授过程中自然融入国内一流生物质能高效利用技术和领头企业，加强学生对生物质能产品国产化的深度理解。

**六、教材及教学参考书**

**1.选用教材：**

理论课教材：生物质能转化原理与技术，陈汉平编著，中国水利水电出版社，2018年

教师根据专题内容指定相关材料，学生以阅读文献资料为主。

**2.参考书：**

（1）中国生物质能产业发展路线图2050．秦世平．中国环境出版社，2015年

（2）沼气技术及其应用（第四版）．张全国．化学工业出版社，2018年

（3）生物质能源技术与理论．陈冠益．科学出版社，2018年

**3.推荐网站（线上资源）：**

（1）科学网，http://www.sciencenet.cn

（2）BP能源统计，https://www.bp.com

（3）SCI数据库，http://webofknowledge.com

**七、教学条件**

多媒体教室。

**八、教学考核评价**

**1.过程性评价：**参考课堂提问、课堂讨论、课程作业及出勤情况等综合评定。

**2.终结性评价：**综述性论文，占比70%。总成绩=平时成绩×30%+考试成绩×70%。

**3.课程综合评价：**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 评价项目 | 评价环节 | 课程目标 |
| 平时成绩（30分） | 考勤、作业、课堂测试（30分） | 课程目标1：使学生对生物质能发展的新理论、新工艺、新技术及热点问题有较全面和深入的理解。 |
| 综述论文（70分） | 综述论文（70分） | 课程目标1：使学生对生物质能发展的新理论、新工艺、新技术及热点问题有较全面和深入的理解。  课程目标2：使学生掌握基本的资料搜索、文献调研和写作能力，为后续的学习和工作奠定基础。  课程目标3：着重培养学生对本专业知识学习的兴趣和爱好，激发学生自我学习、终身学习意识以及责任担当。 |

# 新能源科学与工程专业导论考核大纲

(Introduction to New Energy Science and Engineering)

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021277 | **课程学时：**8 | **课程学分：**0.5 |
| **主撰人：**侯婷婷 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《新能源科学与工程专业导论》为新能源科学与工程专业的一门专业必修课。能源是人类赖以生存的重要物质基础，环境是社会可持续发展的根本保障。当前世界，化石能源正日渐枯竭，新能源的开发与利用受到普遍重视。针对生物质能高效利用这个当今世界的热点问题，本课程主要介绍生物质能源转化与利用的新发展与前沿知识，包括生物质高效转化成气体燃料、液体燃料、成型燃料以及其在储能领域应用的发展趋势和技术进展。通过本课程教学，使学生对生物质能发展的新理论、新工艺、新技术及热点问题有较全面和深入的理解，拓宽学生的视野和知识面；深入讨论各类技术发展的特点与局限性，培养学生发现问题、分析问题和解决问题的能力；同时指导学生掌握基本的资料搜索、文献调研和写作能力，为后续的学习和工作奠定基础。

**二、理论教学部分的考核目标**

了解世界范围内各种传统能源现状和能源危机，以及生物质能的发展现状和趋势；

理解生物质能高效转化成气体燃料、液体燃料、成型燃料的技术进展和应用现状；

掌握文献检索和热点追踪的技巧。

**专题一 农林废弃物热化学转化制备高品质燃气技术与发展**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：不同热化学转化技术制备高品质燃气的原理、研究现状及应用前景。

**2. 一般掌握**：高品质燃气制备工艺过程中定向调控、数值模拟及动力学分析的方法。

**3. 熟练掌握**：催化重整技术制备高品质燃气。

**（二）考核内容**

高品质燃气制备工艺，高品质燃气制备工艺过程中定向调控、数值模拟及动力学分析的方法。

**（三）考核要求**

**1.识记**：农林废弃物的特点

**2.领会**：农林废弃物利用意义

**3.应用**：热化学转化技术制备高品质燃气

**4.分析：**品质燃气制备工艺过程中定向调控、数值模拟及动力学分析

**5.综合**：热化学转化制备高品质燃气技术发展方向和应用前景

**6.评价：**铁基复合载氧体制备与活性评价

**专题二 生物质成型燃料研究现状及其锅炉的设计**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：固化成型技术存在的问题及新型工艺设备和产业化的概况。

**2. 一般掌握**：成型燃料燃烧发电、燃烧供热的典型案例。

**3. 熟练掌握**：成型燃料机烧炉的设计。

**（二）考核内容**

固化成型技术存在问题及新型工艺设备和产业化概况，成型燃料燃烧发电、燃烧供热的典型案例分析，成型燃料机烧炉的设计。

**（三）考核要求**

**1.识记**：生物质成型燃料的主要用途

**2.领会**：新型工艺设备和产业化概况

**3.应用**：成型燃料燃烧发电、燃烧供热

**4.分析：**成型燃料经济效益

**5.综合**：成型燃料机烧炉的设计

**6.评价：**固化成型技术存在的问题

**专题三    生物液体燃料制备原理与技术进展**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：生物质提取液体燃料的技术发展趋势和热点。

**2. 一般掌握**：生物质提取液体燃料的主要方法。

**3. 熟练掌握**：液体燃料的不同制备方法的原理与联系。

**（二）考核内容**

生物质生化转化法制备乙醇及生物柴油的技术原理，生物质提取液体燃料的主要方法和研究现状，液体燃料的不同制备方法和原理的区别与联系。

**（三）考核要求**

**1.识记**：生物质生化转化法制备乙醇及生物柴油的技术原理；

**2.领会**：生物质提取液体燃料的主要方法和研究现状

**3.分析：**生物质制备液体燃料的几种主要制备方法的优势与瓶颈

**4.综合**：液体燃料的不同制备方法和原理的区别与联系

**专题四    生物质高效转化制备气体燃料**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：生物质发酵制沼气的产量提升手段和影响因素。

**2. 一般掌握**：生物质制氢和热化学制氢存在的问题及其进步性。

**3. 熟练掌握**：生物质氢烷联产的原理及研究意义。

**（二）考核内容**

生物质发酵制沼气产量的提升手段和影响因素，生物制氢和热化学制氢存在的问题及其进步性，生物质氢烷联产的原理及研究意义。

**（三）考核要求**

**1.识记**：生物质转化制备沼气和氢气的前沿技术工艺和装备

**2.领会**：生物质发酵制沼气产量的提升手段和影响因素

**3.应用**：沼气工程

**4.分析：**生物质氢烷联产的原理及研究意义

**5.综合**：生物质发酵制沼气原料及工艺条件的最新研究趋势及生物质制氢的工艺和设备的创新成果

**6.评价：**生物制氢和热化学制氢存在的问题及其进步性

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

无

**四、考核方式**

本课程期末考核为撰写一篇综述性论文。总成绩由平时成绩和期末考核两部分组成，平时成绩占总成绩的30%，期末考核成绩占总成绩的70%。平时成绩重视过程性评价，包括通过进行学生签到、点名等活动；通过随机提问评价课堂表现和听课效果；课堂学习小组讨论；课后作业评价等评价方式。

**五、成绩评定**

1.平时成绩

平时成绩（百分制）=出勤率\*30%+小组评价\*35% （资料收集情况、分工协作情况和课堂表现情况分别占30%、30% 和40%）+个人评价\*35% (回答问题、参与讨论和作业完成情况分别占30%、30% 和40%)。

2.期末成绩

采用撰写综述论文的方式，占比70%

3.综合成绩

最终成绩（百分制）=平时成绩\*30%+综述论文\*70%。

**六、考核结果分析反馈**

学生通过教务系统可以查询自己的平时成绩和最终成绩。教师按照学生平时课堂中线上活动和线下活动的参与情况，绘制成表，通过超星泛雅学习通等软件反馈给学生。教师每个一段时间进行一次成绩评价分析，根据分析结果及时改变教学方式、查缺补漏，形成持续改进的闭环反馈机制。

# 能源测试技术考核大纲

（Energy Testing Technology）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021279 | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**王伟 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《能源测试技术》是新能源科学与工程专业的一门专业类必修课程，是一门理论性和实践性均较强的专业课程。本课程注重实用性和科学性的统一，从实用角度出发，对目前在能源测量过程中较为流行的热工仪表进行全面系统的介绍，包括仪表及传感器的基本原理和基本结构，安装、使用、校验方法等。本课程与传热学、工程热力学实验等热工专业实验可一起互为配合与促进，使学生能够掌握常规仪器的工作原理与使用方法，结合理论分析进行实验数据处理。随着科学技术的飞速发展和工程技术的迫切需求，能源工程测试技术已愈来愈广泛地应用于工业、农业、国防、航空、航天、医疗卫生和生物工程等各个领域。测试是科学研究的基本方法，传感器是实现测试的首要环节，现代生活、国防和高科技的发展离不开传感器与测试技术。科技要发展，计量须先行。通过对测试技术发展的学习，树立精益求精的大国工匠精神。通过了解传感器与测试技术在国民经济中的应用以及最新发展趋势；提高学习者创造性地运用知识，自主地发现问题、研究问题和解决问题的能力。

**二、理论教学部分的考核目标**

掌握热工测量中的误差与数据处理理论；熟悉评价测量仪表的基本技术性能指标的定义，能正确合理选用符合测量要求的仪表；能装置实验测量系统；掌握温度测量、压力测量、流速流量测量、湿度测量和噪声测量仪表的正确使用方法，测得准确的、符合测量精度要求的测量数据。

**第一章 热工测量的基本概念**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：测量的意义和发展，测量分类。

**2.一般掌握**：测量仪表的主要质量指标：量程、准确度、线性度、回差、重复性和重复性误差、灵敏度、分辨率、漂移等。

**3.熟练掌握**：测量方法的分类及其原理。

**（二）考核内容**

知识点：测量仪表的主要质量指标、测量方法的分类及其原理。

能力：熟悉总结和归纳方法，掌握测量仪表的主要质量指标的计算方法。

**（三）考核要求**

**1.识记**：量程、准确度、线性度、回差、重复性和重复性误差、灵敏度、分辨率、漂移等。

**2.领会**：测量系统三个主要作用元件感受件、传送元件和显示元件的功能及对它们的要求。

**3.应用**：测量方法的分类及其原理。

**4.分析：**设备所采用的测量方法分析。

**第二章 测量误差和不确定度**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：测量误差的定义、来源和分类。

**2.一般掌握**：系统误差变化规律；系统误差的判别和确定；随机误差的分布规律和误差估计；粗大误差的判定；不确定度的评定方法。

**3.熟练掌握**：测量的精度等级的计算和仪表的选取。

**（二）考核内容**

知识点：真值、测量误差来源及分类、测量误差计算、系统误差变化规律、随机误差变化规律。

能力：实验温差来源分析，数据误差分析、剔除、不确定度评定。

**（三）考核要求**

**1.识记**：测量误差的定义、来源和分类。

**2.领会**：真值、约定真值、绝对误差、相对误差、最大引用误差、测量准确度、精密度和精确度。

**3.应用**：系统误差、随机误差和粗大误差的概念和特点。

**4.分析：**随机误差的分布规律和误差估计；粗大误差的判定；不确定度的评定方法。

**5.综合**：测量的精度等级的计算和仪表的选取。

**6.评价：**测量误差的不确定度评定。

**第三章 温度测量概述**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：温度定义、温度计发展历史、温标建立历史及传递、温度测量方法分类。

**2.一般掌握**：温标建立要素；膨胀式温度计的结构和原理。

**3.熟练掌握**：压力式温度计的结构、原理和特点。

**（二）考核内容**

知识点：热力学第零定律、温标建立三要素、膨胀式温度计、压力式温度计。

能力：对不同类型的膨胀式、压力式温度计结构特点和运行分析的能力。

**（三）考核要求**

**1.识记**：温度定义、经验温标、ITS-90温标。

**2.领会**：热力学第零定律；热力学温标

**3.应用**：温标建立要素；膨胀式温度计的结构和原理。

**4.分析：**压力式温度计的结构、原理和特点。

**第四章 热电偶和热电阻温度计**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：几种常用的热电偶类型及其性能；标准化和铠装热电偶、热电阻的结构；热电偶温度计和热电阻温度计的选择和安装；半导体热敏电阻温度计的结构和特点。

**2.一般掌握**：热电偶冷端温度补偿方法；热电势测量电路，热电阻测温线路；热电偶与热电阻温度计的标定。

**3.熟练掌握**：热电偶回路的基本定律及其应用。

**（二）考核内容**

知识点：热力学第零定律、温标建立三要素、膨胀式温度计、压力式温度计。

能力：热电偶焊接、校准和安装。

**（三）考核要求**

**1.识记**：热电偶温度计和热电阻温度计的结构、选择和安装。

**2.领会**：热电偶和热电阻的测温原理。

**3.应用**：热电偶冷端温度补偿、热电偶与热电阻温度计的标定。

**4.分析：**热电偶回路基本定律推论。

**5.综合**：热电偶回路基本定律及其应用。

**6.评价：**热电阻和热面电阻的性能评价。

**第五章 压力及压差测量**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：压力的基本概念；压力单位件换算；液柱压力计的分类；弹性式压力计分类。

**2.一般掌握**：液柱式压力计和弹性式压力计测量范围；压力传感器及压力测量系统的静态标定；压力仪器的安装及测压系统的组成。

**3.熟练掌握**：压力计的选用原则。

**（二）考核内容**

知识点：压力的基本概念、压力单位件换算、液柱压力计的分类及特点、弹性式压力计分类及特点。

能力：压力表的选择、安装和校准。

**（三）考核要求**

**1.识记**：压力的基本概念、压力单位换算、肘管式和斜管式压力计的结构特点、弹性式压力计分类。

**2.领会**：温度、压力、工质密度等参数对液柱式压力计测量性能的影响。

**3.应用**：压力计的选择、安装和校准。

**4.分析：**压力校准装置的工作原理。

**第六章 流体流量的测量方法**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：流量概念；流量计的分类；标准节流装置特点及分类。

**2.一般掌握**：流量计选用、安装和标定；孔板取压。

**3.熟练掌握**：毕托管的使用；节流降压差流量计的特点。

**（二）考核内容**

知识点：流量概念、流量计的分类、标准节流装置的特点及分类。

能力：能熟练应用毕托管测量流道流速和流量。

**（三）考核要求**

**1.识记**：容积式流量计的结构及工作原理，如椭圆齿轮流量计、腰轮流量计、刮板式流量计和湿式气体流量计；速度式流量计的结构及工作原理，如涡轮流量计、旋涡流量计、电磁流量计、超声波流量计和热式流量计；差压式流量计的结构及原理，如毕托管、均速管、靶式流量计、转子流量计、孔板流量计、文丘里管、喷嘴流量计。

**2.领会**：流体流经节流装置前后压力和速度的变化。

**3.应用**：流体计的选用、安装和校准。

**4.分析：**流量计的结构特点与应用范围。

**第七章 汽包水位测量**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：汽包水位测量对锅炉安全运行的重要性；连通式水位计、差压式水位计和其它液位计的分类。

**2.一般掌握**：云母水位计、双色水位计、电接点水位计、双室平衡容器、双压差平衡容器的测量原理。

**3.熟练掌握**：双室平衡容器输出差压的推导；汽包水位变化对差压输出的影响。

**（二）考核内容**

知识点：重量水位、连通式水位计、差压式水位计和其它液位计的分类。

能力：水位计的选择、安装。

**（三）考核要求**

**1.识记**：重量水位定义、连通式水位计、差压式水位计和其它液位计的分类。

**2.领会**：汽包满水和缺水的危害，汽包水位变化对差压输出的影响。

**3.应用**：云母水位计、双色水位计、电接点水位计、双室平衡容器、双压差平衡容器的测量原理。

**4.分析：**云母水位计、双色水位计、电接点水位计、双室平衡容器、双压差平衡容器的特点。

**第八章   炉烟分析**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：热磁式氧气分析仪、热导式二氧化碳分析仪和红外气体分析仪的组成及工作原理。

**2.一般掌握**：射水抽气装置的工作原理；气相色谱分析法原理；气相色谱分析仪的主要组成。

**3.熟练掌握**：氧化锆氧气分析仪、色谱图及色谱仪的定性定量分析。

**（二）考核内容**

知识点：热磁式氧量计分析仪、氧化锆氧量计、热导式二氧化碳分析仪、红外气体分析仪、气相色谱分析仪、检出器。

能力：水位计的选择、安装。

**（三）考核要求**

**1.识记**：炉烟分析的重要意义、特征光谱、氧化锆浓差电池原理。

**2.领会**：热磁式氧气分析仪、红外气体分析仪、热导式二氧化碳分析仪和气相色谱分析仪的组成及工作原理

**3.应用**：气相色谱分析仪核心组成及功能。

**4.分析：**射水抽气装置工作原理，热导式检出器和氢火焰离子检出器区别。

**第九章 噪声测量**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：噪声测量的重要性，噪声测试仪器的结构和组成元件。

**2.一般掌握**：噪声的物理度量：声压、声压级，声强、声强级，声功率、声功率级。

**3.熟练掌握**：总声压级或声功率级的合成、分解与平均。

**（二）考核内容**

知识点：噪声的物理度量：声压、声压级，声强、声强级，声功率、声功率级，声级计的工作原理。

能力：能够熟练应用噪声测量仪测定设备噪声。

**（三）考核要求**

**1.识记**：声压、声压级，声强、声强级，声功率、声功率级等噪声的物理度量。

**2.领会**：总声压级或声功率级的合成、分解与平均。

**3.应用**：噪声的现场测量。

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

1.要求学生会动手操作实验设备；

2.要求学生会观察、记录实验数据；

3.要求学生会对对实验数据进行处理和分析。

**四、考核方式**

本课程考核方式由两部分构成：过程性考核和结果考核。

过程性考核包括考勤、课堂表现、课后作业和课程实验四个考核项，主要是针对教学内容和教学设计，在每节课设置线上签到，进行出勤率的考核；每节课设置课堂互动，对学生上课表现进行考核；每一章节后布置课后作业，考核其平时作业完成情况；将学生5人分为一组，进行课程实验，通过实验表现、实验报告撰写水平进行评价。过程性考核总分为100分，过程性评价采用扣分制，迟到扣5分/次，旷课扣10分/次，作业少交一次扣5分/次，实验报考少交一次扣10分/次。

结果考核指期末卷面考试，采用闭卷笔试，考试时间120分钟，评分采用百分制。题型主要包括填空题，分析题，简答题，计算题和论述题等，理论考试课可增加10分的附加题。

**五、成绩评定**

1.平时成绩的评价方法。

平时成绩占最终成绩的40%。

平时成绩=考勤\*20%+课堂表现\*30%+平时作业\*25%+课程实验\*25%

注：各考核项均按百分制评分，总评时按比例折算各项实际得分。

2.期末成绩采用闭卷考试；占比60%。

3.综合成绩=平时成绩×40%+考试卷面成绩×60%。

注：各考核项均按百分制评分，总评时按比例折算各项实际得分。

**六、考核结果分析反馈**

1.绘制课程班级总成绩分布图，直观分析不同得分区间学生数量及所占比例和不同考核形式的考核结果；

2.绘制课程成绩构成表格，分析不同考核形式（考勤、课堂表现、平时作业、课程实验表现等）的考核结果，及其所占权重；

3.卷面考核分析，对命题题型、难易程度、学生得分情况、掌握程度等进行分析；

4.对课程教学目标达成度进行划分，列举相应考核要求，通过与实际考核结果进行对比，分析目标达成情况及改进方向。

通过对考核结果进行详细分析，进行教学总结和反思，向学生及课程团队反馈，指导进一步向课堂教学反馈，向专业达成度反馈。

# 制冷原理与设备考试大纲

（Refrigeration Principal and Equipment）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021284 | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**马晓然 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《制冷原理与设备》是新能源科学与工程专业的一门创业教育类选修课程，是一门实践性较强的专业课程。本课程主要讲授获得低温的方法及循环的原理，设备结构和性能特性，系统流程和设计，新工质的性质及使用等。设置本课程的目的是使学生掌握蒸汽压缩式制冷和吸收式制冷的原理；了解设备的结构；常用制冷剂的性质以及制冷系统分析计算。本课程将线上、线下和实践教学结合在一起，将课堂教学（理论教学）和工程设计（实践教学）紧密衔接，将工程设计理念在理论教学中同步讲授，通过工程案例设计明确课程重点和难点，提高学生对课程内容的把控，促进学生综合知识融合贯通能力、工程应用能力和分析能力的全面提升。

**二、理论教学部分的考核目标**

掌握压缩直冷式制冷和吸收式制冷的原理，具备相应的分析计算能力；了解组成制冷循环各类设备的类型和结构、工作工程和运行特性；掌握常用制冷剂的性质。

**第一章 单级蒸汽压缩式制冷循环**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：变温热源的逆向循环，热泵的应用。

**2. 一般掌握**：理论循环和逆卡诺循环的区别及由此带来的影响，制冷系数、热力完善度等概念，吸气过程及回热循环对制冷循环的影响。

**3. 熟练掌握**：压焓图，理论制冷循环的热力计算。

**（二）考核内容**

本章主要考核理想制冷循环并对循环进行热力计算，理解制冷剂过热、过冷、压力损失、不凝性气体对压焓图的影响和对制冷量、制冷系数的影响，理解输气系数、单位制冷量、耗功、能效比的含义。

**（三）考核要求**

**1、识记**：输气系数、单位制冷量、耗功、能效比等定义。

**2、领会**：制冷剂过热、过冷、压力损失、不凝性气体对压焓图的影响和对制冷量、制冷系数的影响。

**3、应用**：理想制冷循环的压焓图。

**4、分析：**循环热力计算。

**第二章 制冷剂与载冷剂**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：对制冷剂的要求，常用制冷剂的分类和命名，制冷剂的检漏方法和存放注意事项。

**2. 一般掌握**：臭氧层的作用，氯氟碳化合物对臭氧层的破坏，氯氟碳化合物的禁用及其对策。

**3. 熟练掌握**：常用载冷剂的性质，盐水溶液的浓度与温度曲线图。

**（二）考核内容**

本章主要考核制冷剂编号表示方法，了解GWP、ODP的含义，掌握临界温度、特鲁顿定律，掌握制冷剂的物性参数随温度的变化关系，熟记常用的制冷剂。

**（三）考核要求**

**1、识记**：临界温度、特鲁顿定律，常用的制冷剂。

**2、领会**：特鲁顿定律解释一些现象。

**3、应用**：氟利昂类制冷剂编号。

**4、综合**：制冷剂的物性参数随温度的变化关系。

**第三章 双级和复叠式蒸汽压缩式制冷循环**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：两种循环各自使用的制冷剂。

**2. 一般掌握**：双级和复叠式蒸汽压缩制冷循环原理。

**3. 熟练掌握**：循环在压焓图上的表示。

**（二）考核内容**

本章主要考核双级压缩中间完全冷却和中间不完全冷却的流程原理及热力计算，中间压力的选择原则及计算方法，把两级压缩画在压焓图上，掌握复叠式制冷与双级压缩制冷的相同点及区别，培养学生科学与工程素养。

**（三）考核要求**

**1、识记**：产生两级压缩的原因。

**2、领会**：产生两级压缩的原因。

**3、应用**：两级压缩在压焓图上的表示。

**4、分析：**复叠式制冷与双级压缩制冷的相同点及区别。

**5、综合**：双级压缩中间完全冷却和中间不完全冷却的流程原理及热力计算。

**第四章 溶液热力学基础**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：理想溶液的性质、相律、相图。

**2. 一般掌握**：溶液的相平衡、溶解与结晶、吸收与解析、蒸馏与精馏，稳定流动下溶液的混合与节流。

**3. 熟练掌握**：二元溶液的焓浓度图。

**（二）考核内容**

本章主要考核溶液的性质、相律、相图、两组分体系的焓浓度图，培养学生追踪前沿知识能力。

**（三）考核要求**

**1、识记**：溶液的性质、相律、相图，溶液的相平衡、溶解与结晶、吸收与解析、蒸馏与精馏。

**2、领会**：稳定流动下溶液的混合与节流。

**3、分析：**两组分体系的焓浓度图。

**第五章 溴化锂吸收式制冷**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：吸收式制冷系统的组成。

**2. 一般掌握**：溴化锂水溶液的性质和图表，溴化锂吸收式制冷机的工作原理。

**3. 熟练掌握**：溴化锂吸收式制冷的热计算的步骤和方法。

**（二）考核内容**

本章主要考核吸收式制冷系统的组成，两效溴化锂吸收式制冷循环的工作原理、在比焓浓度图上的表示等，培养学生科学素养。

**（三）考核要求**

**1、领会**：溴化锂吸收式制冷机的工作原理。

**3、应用**：溴化锂水溶液的比焓浓度图。

**4、分析：**溴化锂吸收式制冷理论循环在比焓浓度图上的表示。

**5、综合**：溴化锂吸收式制冷的热计算的步骤和方法。

**第六章 制冷机的热交换热备和辅助设备**

**（一）学习目标**

**1. 一般了解**：各种辅助设备的结构和作用、使用场合和安装，毛细管的结构及使用时的注意事项。

**2. 一般掌握**：水冷式冷凝器、空气冷却式冷凝器、蒸发式、淋激式冷凝器的工作原理。

**3. 熟练掌握**：冷凝器和蒸发器的选择和相关计算。

**（二）考核内容**

本章主要考核制冷机的换热设备及辅助设备工作原理、冷凝器和蒸发器的相关计算等，培养学生综合知识贯通、工程应用和分析创新等多方面素质。

**（三）考核要求**

**1、识记**：辅助设备的结构和作用、使用场合和安装。

**2、领会**：水冷式冷凝器、空气冷却式冷凝器、蒸发式、淋激式冷凝器的工作原理。

**3、分析：**内平衡式热力膨胀阀与外平衡式热力膨胀阀的区别。

**4、综合**：根据不同的要求，掌握冷凝器和蒸发器的计算。

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

（1）掌握两种制冷循环的工作原理。

（2）复习两种制冷系统的结构。

**四、考核方式**

本课程考核采用过程性评价和终结性评价两种形式评定综合成绩。过程性评价占60%，终结性评价占40%。过程性评价方式将线上、线下、虚拟仿真和实践四方面紧密结合，促进学生的综合知识融合贯通能力、工程应用能力和分析能力三方面能力的提升，课堂教学和工程设计两方面无缝衔接，课堂教学与课程考核同步进行。期末试卷中引入考查学生综合分析能力的实践应用问题，促进学生综合知识融合贯通能力、工程应用能力和分析能力的全面提升。

**五、成绩评定**

1.过程性评价（平时成绩）

（1）慕课网、微信群提前发布预习内容；通过课堂随机提问评价预习成效与理论知识掌握程度；

（2）课堂中通过微信小程序发布慕课堂练习，评价即时听课效果；

（3）课堂总结发布课后拓展学习资料和讨论主题；下次课由翻转课堂和小组讨论评价课后拓展学习成果；

（4）慕课网作业及互评、单元测验、课后书面作业实现线上线下评价阶段性学习成果；

（5）组织课程设计小组讨论，根据设计说明书评定实践成绩。

过程性评价占综合成绩的60%。

2.终结性评价（期末成绩）

采用期末闭卷考试形式；占综合成绩的40%。

3.综合成绩

最终成绩由平时成绩和期末考试两部分组成，平时成绩×60% + 期末成绩×40%。

**六、考核结果分析反馈**

学生可通过慕课堂、超星学习通直接查询个人签到情况；学生完成慕课堂练习和单元测验之后，程序直接显示练习结果，学生可通过题目的解析检验本节/本章学习效果，查漏补缺，授课教师可通过后台查看题目统计，了解学生学习情况和薄弱环节，课后资料上传有的放矢；课堂讨论效果可通过团队列名法直接反馈，学生可检验课上课下学习效果，开拓思维，提高自主学习和创新能力，教师可通过课堂教学活动进行总结、并根据学生兴趣点引导深入学习；课程进行中可不定时发放问卷，及时了解学生对课程内容和教学方式等方面的意见，随时调整教学方法，因材施教，达到良好的教学效果；慕课网作业及作业互评使得每个学生都能从老师的角度出发对比查看其他同学的学习成果，提升学生的综合能力。试卷中加入调查学生对课程考核的建议等题目，在阅卷的过程中即可了解学生真实想法，由此持续推进课程考核的动态调整。

# 智慧能源体系考核大纲

（Intelligent Energy System）

**课程基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **课程编号：**04021285 | **课程学时：**32 | **课程学分：**2.0 |
| **主撰人：**张洋 | **审核人：**贺超 | **大纲制定（修订）日期：**2023年 |

**一、课程的性质和地位**

《智慧能源体系》属于新能源科学与工程等专业的一门专业选修课。智慧能源体系是结合近年来国内外智慧能源的建设和发展实际，从智慧能源体系的概念、内涵、逻辑结构和发展路径入手，重点介绍智能电网、微电网、泛能网和能源互联网的特征、关键技术、工程实践、商业模式及其相互之间的关系，全方位地展示各自的发展背景、社会需求、技术难点、系统组成、工程应用、创新模式及应用前景，从广义和狭义两个层面对智慧能源体系进行了界定。

**二、理论教学部分的考核目标**

通过本课程的学习，使学生掌握智慧能源体系的逻辑结构和关键技术，为其从事电气工程、能源工程、系统工程和自动控制等领域的研究和实践活动提供技术经济学方面的思想、理论和方法论支持。

**第一章 智慧能源体系概论**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：智慧能源体系的概念和发展路径。

**2.一般了解**：国内外智慧能源体系的发展。

**3.一般掌握**：智慧能源体系的逻辑结构。

**（二）考核内容**

智慧能源体系的逻辑结构：微电网、泛能网、智能电网和能源互联网。

**（三）考核要求**

**1.识记**：智慧能源体系的概念

**2.领会**：智慧能源体系的发展路径

**3.分析**：国内外智慧能源体系的发展

**4.综合**：智慧能源体系的逻辑结构

**第二章 微电网**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：微电网的概念和发展历程。

**2.熟练掌握**：微电网的关键技术。

**3.一般了解**：微电网的工程实践。

**4.一般了解**：微电网的商业模式。

**（二）考核内容**

微电网的概念及特征；微电网能量管理技术；微电网群协调控制技术，微电网经营策略。

**（三）考核要求**

**1.识记**：微电网的概念和发展历程；微电网发展的意义

**2.领会**：微电网的工程实践；常用分布式发电控制技术

**3.分析**：微电网的商业模式；微电网典型运营模式

**4.综合**：微电网经营策略

**第三章 泛能网**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：泛能网的发展背景、概念及特征和演进。

**2.熟练掌握**：泛能网的关键技术。

**3.一般了解**：泛能网的工程实践。

**4.一般了解**：泛能网的商业模式。

**（二）考核内容**

泛能网的概念及特征；泛能网与微电网、微能网的差异性；契合现代能源体系的新型标准体系；泛能站由点及面逐步扩展模式；智慧运维模式。

**（三）考核要求**

**1.识记**：泛能网的概念和发展背景；泛能网发展的价值与意义

**2.领会**：泛能网的工程实践；类泛能项目

**3.分析**：泛能网的商业模式；数字化能源解决方案模式

**4.综合**：契合现代能源体系的新型标准体系

**第四章 智能电网**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：智能电网的发展背景、概念及特征。

**2.熟练掌握**：智能电网的关键技术。

**3.一般了解**：智能电网的工程实践。

**4.一般了解**：智能电网的商业模式。

**5.一般了解**：智能电网的发展模式。

**（二）考核内容**

智能电网的概念及特征；电源侧技术、电网侧技术和用户侧技术；储能技术；智能电网关键技术发展趋势分析。

**（三）考核要求**

**1.识记**：智能电网的概念和发展背景；智能电网发展的价值与意义

**2.领会**：智能电网的工程实践；智能电网的建设思路和建设过程

**3.分析**：智能电网的商业模式；智能电网的机遇与挑战

**4.综合**：智能电网关键技术的发展趋势与发展模式

**第五章 能源互联网**

**（一）学习目标**

**1.一般了解**：能源互联网的发展意义、概念及特征。

**2.熟练掌握**：能源互联网的关键技术。

**3.一般了解**：能源互联网的商业模式。

**4.一般了解**：能源互联网的发展格局。

**（二）考核内容**

能源互联网的概念及特征；清洁能源技术；储能技术；能源传输与变换技术和能源存储技术；能源互联网运行优化技术和信息通信关键技术。

**（三）考核要求**

**1.识记**：能源互联网的概念及特征；能源互联网发展的意义

**2.领会**：能源互联网的工程实践；商业模式中的互联网思维

**3.分析**：能源互联网的商业模式；能源互联网相关环境因素分析

**4.综合**：能源互联网的建设思路与建设重点；全球能源互联网的发展格局

**三、实验、实习教学部分的考核要求**

无

**四、考核方式**

考核方式由线下考试和过程评价组成，其中，本课程的基本考试形式建议采用课下撰写专题论文的方式。过程评价包括小组评价和个人评价两部分，教师根据平时课程过程中所分小组在完成相关任务时资料收集情况、分工协作情况、课堂表现情况来综合打分，其中，资料收集情况、分工协作情况和课堂表现情况分别占30%、30% 和40%。个人评价则根据学生在课堂上回答问题、参与讨论、作业完成情况来进行综合打分，其中，回答问题、参与讨论和作业完成情况分别占30%、30% 和40%。

**五、成绩评定**

1.平时成绩

平时成绩（百分制）=出勤率\*30%+小组评价\*35% （资料收集情况、分工协作情况和课堂表现情况分别占30%、30% 和40%）+个人评价\*35% (回答问题、参与讨论和作业完成情况分别占30%、30%和40%)。

2.期末成绩

采用闭卷考试，占比70%。

3.综合成绩

最终成绩（百分制）=平时成绩\*30%+期末考试\*70%。

**六、考核结果分析反馈**

学生通过教务系统可以查询自己的平时成绩和最终成绩。教师按照学生平时课堂中线上活动和线下活动的参与情况，绘制成表，通过超星泛雅学习通等软件反馈给学生。教师每个一段时间进行一次成绩评价分析，根据分析结果及时改变教学方式、查缺补漏，形成持续改进的闭环反馈机制。