# 《热力学》课程教学大纲

|  |  |
| --- | --- |
| 课程名称：热力学 | 课程代码：MCEN1004 |
| 英文名称：Thermodynamics | |
| 课程性质：专业选修课程 | 学分/学时：2学分/36学时 |
| 开课学期：第5学期 |  |
| 适用专业：机械工程及自动化、机械电子工程、材料成型及控制工程 | |
| 先修课程：微积分、大学物理、流体力学 | |
| 后续课程：无 | |
| 开课单位：机电工程学院 | 课程负责人：吴鹏 |
| 大纲执笔人：齐菲、吴鹏 | 大纲审核人：倪俊芳 |

## 一、课程性质和教学目标（在人才培养中的地位与性质及主要内容，指明学生需掌握知识与能力及其应达到的水平）

**课程性质：**热力学是机械工程及自动化、机械电子工程、材料成型及控制工程专业的一门专业选修课程。本课程主要研究热能和其他能量相互转换以及能源有效合理利用的基本规律，使学生掌握热力学的基本规律，并能正确运用这些规律进行各种热现象、热力过程和热力循环的分析，为培养学生的工程实践和创新能力打好坚实的热力学基础。

**教学目标：**热力学研究热能转化为机械能的规律、方法以及怎样提高转化效率和热能利用的经济性。本课程以能量传递、转移过程中数量守恒和质量蜕变为主线，阐述了工程热力学的基本概念、基本定律，气体及蒸汽的热力性质，各种热力过程和循环的分析计算等内容。通过相关理论讲授，使学生理解热力学第一定律和热力学第二定律，掌握工质的性质及不同热力过程（包括循环过程）的能量变化特征，培养学生运用抽象简化的方法，从纷繁复杂的工程问题中抽出热力学问题本质、解决问题能力。

本课程的具体教学目标如下：

1. 掌握热--功转换的基本规律；掌握利用工质性质公式和图表进行热力过程及循环的分析和计算方法；
2. 掌握提高热力设备和系统能量利用经济性的基本原则和途径；
3. 培养学生的逻辑思维能力，发现、分析和解决问题的能力，创新思维和创造能力，特别是运用热力学基本定律和理论进行演绎、推论，解决实际工程问题的能力。

**教学目标与毕业要求的对应关系：**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 毕业要求 | 指标点 | 课程目标 | 对应关系说明 |
| 毕业要求1：  工程知识 | 1-1能将掌握的数理知识，用于专业问题的理解、建模、分析与求解 | 教学目标1 | 掌握热--功转换的基本规律；掌握利用工质性质公式和图表进行热力过程及循环的分析和计算方法；。 |
| 教学目标2 | 掌握提高热力设备和系统能量利用经济性的基本原则和途径； |
| 毕业要求2：  问题分析 | 1-2能运用数理和工程知识进行机械专业领域复杂工程问题中的内涵识别与理解分析 | 教学目标3 | 培养学生的逻辑思维能力，发现、分析和解决问题的能力，创新思维和创造能力，特别是运用热力学基本定律和理论进行演绎、推论，解决实际工程问题的能力。 |

## 二、课程教学内容及学时分配（含课程教学、自学、作业、讨论等内容和要求，指明重点内容和难点内容。重点内容：★；难点内容：∆）

1. **绪论（2学时）（支撑教学目标1）**
   1. 热能及其利用
   2. 热力学发展历史
   3. 工程热力学的主要内容及研究方法

* **目标及要求：**

1. 了解热力学的研究背景；
2. 了解工程热力学学科特点及发展历史，激发学习兴趣；
3. 了解工程热力学的主要内容、学习方法、主要参考资料、考试要求。

* **讨论内容：**

通过播放教学视频，讨论热力学研究对于生产和生活的指导意义，重点讨论工程热力学在机械学科中的作用。

1. **基本概念及定义（4学时）（支撑教学目标1）**
   1. 热能和机械能相互转换过程
   2. 热力系统
   3. 工质的热力学状态及其基本状态参数
   4. 平衡状态
   5. 工质的状态变化过程
   6. 功和热量
   7. 热力循环

* **目标及要求：**

1. 了解常用热能动力转换装置及其工作过程和热能转变成机械能的共同本质；
2. 熟悉工程或生活的实际装备中划分出的各类热力系统，归纳各类热力系特征，并用状态参数正确描述其状态；
3. 了解平衡状态的特征，分辨系统处于稳定还是平衡状态；
4. 熟悉可逆过程的特征，区分准平衡过程与可逆过程；★
5. 掌握功和热量的热力学定义，归纳两者的特性和异同；掌握可逆过程体积功和热量的计算；★
6. 掌握循环、可逆循环的定义及各类循环的经济性指标。★

* **讨论内容：**

针对具体实例，讨论过程是可逆过程还是准静态过程，总结两个过程之间的关系。

* **作业内容：**

强化热力学中功与热量的求解；

强化热力循环中的经济性指标。

* **自学拓展：**

通过生活和生产中的实例，区分开口系统、闭口系统、绝热系统、孤立系统，思考各热力系统的区别和联系，抓住概念的本质。

1. **热力学第一定律（5学时）（支撑教学目标1、2）**
   1. 热力学第一定律的实质
   2. 热力学能和焓
   3. 热力学第一定律的基本能量方程式
   4. 开口系统能量方程式
   5. 能量方程式的应用

* **目标及要求：**

1. 了解热力学第一定律，并指出其实质；
2. 了解物质热力能和总能的组成，说明焓的定义和物理意义；了解微观动能和宏观动能的本质差异；
3. 掌握热力学第一定律的基本能量方程式，计算闭口系能量（热力学能、功、热）转换；★
4. 熟悉区分推动功、流动功、轴功、技术功，指出它们的物理意义并在压容图上表示；★
5. 掌握常用设备稳定流动工况的能量方程，并求解。★∆

* **讨论内容：**

讨论自由膨胀过程中，系统为开口系还是闭口系，并应用热力学第一定律的能量计算热力学能、功和热量的转换关系。

* **作业内容：**

1. 强化热力学第一定律基本能量方程的应用；
2. 强化稳定流动开口系能量方程的应用。

* **自学拓展：**

基于热力学第一定律，学习建立人体在生命活动中的能量平衡方程。

1. **气体和蒸汽的性质（6学时）（支撑教学目标1）**
   1. 理想气体的概念
   2. 理想气体的比热容
   3. 理想气体的热力学能、焓和熵
   4. 水蒸汽的饱和状态和相图
   5. 水的气化过程和临界点
   6. 水和水蒸气的状态参数及热力性质图表

* **目标及要求：**

1. 了解理想气体模型及实际气体简化为理想气体条件；
2. 掌握理想气体状态方程；★
3. 掌握气体比热容与过程及温度的关系，写出迈耶公式，利用气体比热容资料计算不同过程的热量；★∆
4. 熟悉理想气体热力学能、焓和熵与温度、压力的关系，利用解析式、图表和电子文档计算理想气体过程中热力学能、焓和熵的改变量；★∆
5. 了解饱和状态的特性、指出临界状态的属性；描述并在 *p*-*v* 图和 *T*-*s* 图上画出水的定压加热汽化过程。
6. 了解利用热力性质表、图及电子文档确定水蒸气状态参数的方法；

* **讨论内容：**

对于理想气体和实际气体，热力学能变化量Δ*u* = *cV*Δ*T*和焓变化量Δ*h* = *cp*Δ*T*公式的适用范围。

* **作业内容：**

强化理想气体真实比热容和平均比热容的计算。

强化热力学能、焓和熵的变化量的计算。

1. **气体和蒸汽的基本热力过程（5学时）（支撑教学目标1）**
   1. 理想气体的可逆多变过程
   2. 定压过程、定容过程和定温过程
   3. 绝热过程
   4. 理想气体热力过程综合分析
   5. 水蒸汽的基本过程

* **目标及要求：**

1. 了解研究热力过程的目的和一般方法；
2. 列举多变过程以及特例：过程方程、多变指数；
3. 掌握基本热力过程*u*、*h*和*s*的变化量及过程功和热量的计算方法；★∆
4. 熟悉多变过程在*p*-*v* 图和*T*-*s*图上的定性曲线，指出 *p*-*v*图和 *T*-*s*图上温度、比体积等状态参数变化趋势，结合热力学第一定律综合分析过程的能量变化特征；★
5. 了解水蒸气定压过程的换热量和等熵过程的功的计算，了解汽化潜热与温度（压力）的关系；

* **讨论内容：**

讨论对于理想气体，如何在*T-s*图上用图形面积表示Δ*u*和Δ*h*，若对于真实气体以上方法是否适用。

* **作业内容：**

强化理想气体可逆多变方程式的应用。

强化几种典型过程的*p*-*v*图和*T-s*图，并会判断某个一般过程过程线在*p*-*v*图或者*T-s*图的范围。

1. **热力学第二定律（6学时）（支撑教学目标1）**
   1. 热力学第二定律概述
   2. 卡诺循环和多热源可逆循环分析
   3. 卡诺定理
   4. 熵、热力学第二定律的数学表达式
   5. 熵方程
   6. 孤立系统熵增原理

* **目标及要求：**

1. 了解热力学第二定律两种经典表述；
2. 掌握循环热效率的计算，根据卡诺循环（卡诺定理）分析提高热效率的原理；★
3. 阐述克氏积分，描述熵流和熵产，写出熵方程，指出其特征；★∆
4. 掌握应用孤立系统熵增（熵产）指出热过程方向及系统机械能损失。★∆

* **作业内容：**

强化卡诺循环的热效率计算。

强化克劳修斯积分不等式。

强化热力学第二定律的数学表达式。

强化熵方程，包括闭口系熵方程和开口系熵方程，会计算熵流、熵产。

* **讨论内容：**

讨论任意工质任意循环、任意工质多热源可逆循环、任意工质卡诺循环的热效率。

讨论孤立系统熵增原理的本质、应用及适用范围。

* **自学拓展：**

自学系统的作功能力（㶲），熵产与作功能力损失。

1. **压气机的热力过程（2学时）（支撑教学目标1）**
   1. 单极活塞式压气机的工作原理和理论耗功量
   2. 余隙容积的影响
   3. 多级压缩和级间冷却

* **目标及要求：**

1. 了解活塞式压气机的工作原理，计算单级活塞式压气机的理论耗功；
2. 熟悉余隙容积对生产量和理论耗功的影响；★
3. 了解多级压缩和级间冷却原理，计算耗功最小的最佳压力比。

* **讨论内容：**

余隙容积的存在对于生产量、理论耗功、实际耗功的影响。

1. **气体动力循环（3学时）（支撑教学目标1）**
   1. 分析动力循环的一般方法
   2. 活塞式内燃机实际循环的简化
   3. 活塞式内燃机各种理想循环的热力学比较
   4. 活塞式内燃机的理想循环

* **目标及要求：**

1. 了解标准空气假设主要内容及在活塞式内燃机装置简化过程中应用；
2. 熟悉活塞式内燃机各种理想加热循环及各特性参数，画出循环的*p*-*v*图和*T*-*s*图，并进行循环及热效率计算；★
3. 了解活塞式内燃机在不同参数条件下的热效率之间的关系；

* **讨论内容：**

压缩比、定容增压比、定压预胀比变化对于活塞式内燃机热效率的影响。

* **自学拓展：**

提高活塞式内燃机装置循环热效率的措施。

1. **应用专题：提高热力循环效率的方法（3学时）（支撑教学目标2）**
   1. 燃气轮机装置循环
   2. 提高燃气轮机装置循环热效率的措施
   3. 简单蒸汽动力装置循环—朗肯循环
   4. 压缩空气制冷循环
   5. 压缩蒸汽制冷循环
   6. 热泵循环

* **目标及要求：**

1. 了解燃气轮机装置定压加热理想循环构成，计算热效率及利用 图进行循环分析
2. 了解燃气轮机装置实际循环热效率，说明气轮机的相对内效率，回热和回热度等概念并分析计算回热基础上分级压缩和级间冷却循环的参数；
3. 了解水蒸气朗肯循环的构成，画出水蒸气朗肯循环*p*-*v*图和*T*-*s* 图，计算循环参数、耗气率和热效率；
4. 了解压缩气体制冷装置的构成、循环的特性，进行循环计算；
5. 了解循环压力比对循环经济性指标和循环制冷量的影响和回热的作用，并进行回热式压缩气体制冷循环分析计算；
6. 了解按压缩蒸气制冷装置设备流程图简化画出压缩蒸气制冷基本循环的*p*-*v*图的方法，利用制冷剂物性表或*T*-*s*图计算循环的制冷系数；分析、讨论提高压缩蒸气循环制冷系数的热力学措施；

* **讨论内容：**

通过前期知识的积累，结合生产、生活中的具体实例，讨论提高热力循环效率的方法。

## 三、教学方法

在教学方式上，根据本门课程概念多且抽象，公式多且应用条件复杂，内容多且分散，又具有极强的应用性的特点，综合运用课堂讲授和演示、课堂讨论、课堂练习、发现学习法和自学指导法，通过引入问题和启发式教学，使学生更加明确教学内容的知识体系，引导学生主动学习，激发内在学习动机，提高课堂的积极性。在目前的教学条件基础上，更多的结合生产和生活中的实例，强化所学知识的理解和运用，培养学生解决实际问题的能力。

**教学内容体系、前后关联和相关重点**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **教学内容** | **相关重点** | | **前后关联** |
| 绪论（2） | | 主要研究内容 | 开篇总领 |
| 基本概念及定义（6） | | 平衡状态、可逆过程、热力学功和热量、循环的经济性指标 | 基本概念--贯穿各章 |
| 热力学第一定律（5） | | 基本能量方程和稳定流动开口系能量方程 | 基本定理--能量守恒和转换 |
| 气体和蒸汽的性质（6） | | 理想气体状态方程、比热容、计算理想气体过程中热力学能、焓和熵的改变量 | 工质的性质—为工程的热力过程铺垫 |
| 气体和蒸汽的基本热力过程（5） | | 计算基本热力过程变化量及过程功和热量、多变过程在*p*-*v*图和*T*-*s*图中的定性分析 | 工质的热力过程—为过程进行的方向性铺垫 |
| 热力学第二定律（6） | | 卡诺循环、克氏积分、熵流和熵产、熵方程、孤立系统熵增原理 | 基本定理—热力过程进行的方向性 |
| 压气机的热力过程（2） | | 余隙容积的影响 | 基本概念与基本定理的应用 |
| 气体动力循环（3） | | 活塞式内燃机理想加热循环及特性参数、循环的*p*-*v*图和*T*-*s*图、热效率计算 | 基本概念与基本定理的应用 |
| 应用专题：提高热力循环效率的方法（3） | | 燃气轮机装置循环、蒸汽动力装置循环、制冷循环 | 基本概念与基本定理的应用 |

注：（）中为学时数。

结合具体教学内容，本课程所采用的教学方法说明如下：

1. **热力学基本概念与定义、热力学第一定理、热力学第二定理。**教学内容中概念和定义较多，从热力系统的划分（开口系、闭口系、绝热系、孤立系、简单可压缩系），到不同的热力状态及过程（平衡态、准平衡态、准平衡过程、非平衡过程、可逆过程），到状态参数（焓、熵）的定义，到各种形式的功（体积功、技术功、流动功）等等，而且这些概念比较抽象；此外，第一定律能量方程及第二定理中熵流、熵产、熵方程等计算公式较多，应用条件复杂，较难理解。在教学中对于基本概念和基本定律做重点讲解，采用**讲授法和讨论法**相结合，将抽象问题具体化，例如：在课堂教学中，应讲清楚实际的过程都是非平衡过程，但是热力学只能对平衡态及其有关问题进行能量分析和计算；对非平衡过程，一般只能作定性分析。因此，在热力学中需要对工程实际问题作定量计算时，通常都是将实际过程抽象简化作准平衡过程处理，使学生理解热力学的基本研究方法和由此带来的误差。讲授中要突出重点，精讲多练，在总结第一定律和第二定律基本公式的基础上，整理衍生公式的应用条件，帮助学生记忆和应用这些公式。
2. **气体和蒸汽的性质、气体和蒸汽的基本热力过程。**教学内容涉及工质（包括理想气体和水蒸气）的性质、状态变化及基本热力过程，不论是热力过程还是热力循环都是由若干次的“状态变换”来实现的，因此这部分知识构成整个课程的脉络。教学中采用**讲授法、演示法**相结合。由于图表具有形象、生动、直观的优点，无论是在教学或工程实践中，利用各类热力参数坐标图可以实现以下功能：①表示热力状态；②描述热力过程或循环；③有利于能量的分析和计算，因此，在讲授理想气体和水蒸气基本性质及热力过程基础上，通过查询压容图、温熵图、水蒸气的焓熵图及饱和参数表、湿空气的焓湿图等，包括演示计算机程序查询相关图表，培养学生掌握利用工质性质公式和图表进行热力过程及循环的分析和计算方法。
3. **压气机的热力过程、气体动力循环。**教学内容涉及活塞式压气机及活塞式内燃机循环过程。教学中采用**讲授法、讨论法**相结合。针对机械专业的特点和培养目标，针对压气机、活塞式内燃机等工程问题实例，让学生掌握提高热力设备和系统能量利用经济性的基本原则和途径。培养学生的逻辑思维能力，发现、分析和解决问题的能力，创新思维和创造能力，特别是运用热力学基本定律和理论进行演绎、推论，解决实际工程问题的能力。
4. **提高热力循环效率的方法应用专题。**本课程开设在第5学期，学生应该对对微积分、大学物理以及机械专业知识具备一定基础。教学中主要采用**讨论法和自学指导法**相结合。加强课堂内外的互动，激发学生学习兴趣。引导学生自己运用热力学第一定律、第二定律及相关知识对生产和生活中的热力循环过程进行分析，提出提高热力循环效率的方法，理论联系实际，从而加深对该课程系统的掌握。

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

## 四、考核及成绩评定方式

**考核方式**：闭卷笔试，平时测验及作业，报告

**成绩评定方式**：笔试成绩70%，平时成绩20%，报告10%

## 五、教材及参考书目

**教材：**

沈维道, 童钧耕, 工程热力学（第5版）, 高等教育出版社, 2016.

**参考书目：**

1. 童均耕, 范云良. 工程热力学学习辅导与习题解答（第2版）. 高等教育出版社, 2008.
2. 严家騄. 工程热力学（第5版）. 高等教育出版社, 2015.
3. 朱明善, 刘颖, 林兆庄. 工程热力学. 清华大学出版社, 2000.
4. Wark K, Richards E. Thermodynamics. 6th edition. New York: McGraw-Hill Book Company, 1999.