

# 山东建筑大学研究生《高等热力学》课程教学大纲

## 一、课程基本信息

课程名称（中文）	高等热力学		
课程名称（英文）	Advanced Engineering thermodynamics		
课程性质	学位课	课程属性	专业课
课程学时	32	课程学分	2
开课学期	1	考核方式	考试

## 二、课程简介

《高等热力学》是一门在本科生《工程热力学》课程基础上深化、拓展且逻辑推理性较强的课程，主要内容包括热力学基本概念、基本定律、工质物性、理想气体和实际气体、热力学基本关系式和特征函数等。作为供热供燃气通风及空调工程、动力工程及工程热物理领域硕士研究生的专业基础课程，在理论上加深学生对热、功转换理论的认识和理解，让学生掌握热力学的思维特点及综合分析方法，提高学生的理论修养和处理实际热力系统学问题的水平及能力。

## 三、课程教学目的与要求

通过《高等热力学》的学习，要求能掌握常规热、功转换现象中蕴含的最重要、最普遍机理和规律。要求通过课程的学习，能对热力系统的概念和能量转换的规律有更深入的了解，了解热力学研究能量转换的方法，能将热力学的理论应用于实际问题的分析和求解中。要求建立系统级即全局视角分析问题的视野，能够抽象出物理过程的主要矛盾，凝练出科学问题。

通过《高等热力学》的学习，能够综合运用热力学的基本理论和方法，结合宏观和微观的多角度、多途径去分析和解决实际工程问题，提出自己全面而详尽的见解和研究技术路线，为研究生将来解决涉及系统级的热、功转换问题提供必要的理论和方法论基础。为供热供燃气通风及空调工程、动力工程及工程热物理领域硕士研究生在后续的科研和工程工作中能够独立解决专业问题打下坚实的理论基础，为每个硕士生能够深入开

展课题研究完成必要的知识储备。

《高等热力学》将在本科生工程热力学的基础上，着重加强学生对基本概念及定律的深入理解，注意培养学生理论联系实际，对实际问题分析推理的能力。课程目标如下：

课程目标 1：通过本课程学习，加深学生热力学基本概念、基本原理的理解，深刻理解热力学参数“熵”的物理意义；学生能够利用所学知识对热力学系统的发展方向进行判断和预测，并能计算热力学系统发展的不可逆度。

课程目标 2：通过本课程学习，学生应初步掌握实验科学研究的方法论，建立事物普遍联系的观念，了解众多物理现象间存在相通和相似的特征，逐渐形成多学科、多领域交叉的科学研究思维方式。

课程目标 3：学生能够综合分析问题，初步具有系统级即全局视角分析问题的视野，能够抽象出物理过程的主要矛盾，凝练出科学问题。针对实际工程问题，提出自己的见解和研究技术路线，解决复杂工程实际应用问题，具备较强的系统思维及工程素养。

#### 四、课程思政策略与目标：

坚持培养学生“坚定理想信念、厚植爱国情怀、加强品德修养、培养奋斗精神”的课程思政理念。分析《高等热力学》课程内容的特点，深入挖掘课程思政元素、科技前沿和社会热点等思政教育资源，收集具有鲜明思政意义的工程案例，挖掘课程相关知识内容的思政内涵，融合课程内容与思政理念，设计课程思政内容与实施方法，创建《高等热力学》课程思政知识体系。

课程思政总目标可以概括为三个思维：大国工匠思维、创新实践思维和系统工程思维。具体培养目标为：（1）培养的学生应具有可持续发展意识与团队精神，拥有精益求精的大国工匠精神以及强烈的社会责任感与职业道德；（2）具有较强的创新实践能力，学术型硕士应具有工程科学创新，专业型硕士应具备工程应用创新能力；（3）具有研究的科学态度，较强思辨能力，具有较强的系统工程思维。

（知识内容与课程思政元素的有机融合）

教学单元	教学主要内容	教学学时	课程思政元素
------	--------	------	--------

基本概念部分	热力学参数、热力学系统、热力学过程等基本概念	2	通过基础的重要性，引导同学们建立重基础、厚积累的学习理念，个人的良好发展要从脚下做起，稳扎稳打，坚持不懈地去努力。
	热力学第一定律： 热力学能、总能、焓、热力学第一定律的基本能量方程式	4	将能量守恒的基本原理引入个人生活和工作发展中，切实体会“少壮不努力，老大徒伤悲”的人生哲理，鼓励大家拼搏进取。
	热力学第二定律： 卡诺循环、卡诺定律、熵的理论定义、熵方程、热力学第二定律数学表达式、系统可用能	4	鼓励学生们建立正面的、积极的人生观和价值观，具备强大的责任感，树立为民族的伟大复兴而不屑奋斗的人生目标。
工质性质部分	理想气体：	2	引导学生建立科学的方法论，善于抓住问题的主要矛盾。
	实际气体： 范德瓦尔斯方程、R-K 方程、对应态原理与通用压缩因子	2	讲述实际气体模型的完善历程，学习科学家精益求精的科研精神，帮助学生树立正确的科学态度，增强科研兴趣。
	湿空气和制冷剂： 理想气体混合物、分压力定律、分体积定律、湿球温度、露点温度、	2	引导学生学以致用，建立与实际应用相结合，注重理论联系实践的观念。
热力学函数及其普遍关系式部分	二元函数的性质： 全微分条件、循环关系、链式关系、自由能、自由焓	2	将数学在本学科的应用进行阐述，帮助学生们理解基础科学工具的重要性，再次向学生强调打好基础的重要性。
	热力学基本关系式及特征函数： 热力学基本关系式、麦克斯韦关系式、热膨胀系数、定温压缩系数、绝热压缩系数、压力的温度系数、定容比热、定压比热和绝热节流系数。	4	通过基本函数的推导，锻炼学生的逻辑思维能力，增强学生科技强国的信心。
	熵、内能和焓的一般关系式： 熵、内能和焓的第一、第二和第三方程。	2	由热力学函数表征热力学参数之间的相互关系引申，帮助学生建立事物普遍联系观念，进一步引导出多学科、多领域交叉的科学研究思维方式。
案例教学	经典案例： 卡诺定律、燃气轮机、蒸汽动力循环	2	由卡诺定律证明过程的讲解引申要学习科学家的严谨治学态度，以及用于攀登科研高峰的勇气。
	新理论和研究成果 例如，“火积”耗散理论等	2	介绍国内外最新热力学概念和理论，培养学生科技创新意识，了解国情，树立专业荣誉感与社会责任。

综合实践环节	项目实践或科研报告	4	分组开展实践教学活活动，提高学生的团队协作能力、拓展创新思维，锻炼文献调研、提出和解决问题的能力，并形成尊重科学、诚信科研的态度。
--------	-----------	---	---

## 五、课程教学模式及内容：

课程总学时为 32 学时，采用课堂教学模式。其中理论授课学时为 32 学时，课堂讨论及综合实践学时为 8 学时。

### （一）总体教学安排

教学单元	教学主要内容	教学学时	教学形式
基本概念部分	热力学参数、热力学系统、热力学过程等基本概念	2	课堂讲授
	热力学第一定律： 热力学能、总能、焓、热力学第一定律的基本能量方程式	4	课堂讲授+分组讨论
	热力学第二定律： 卡诺循环、卡诺定律、熵的理论定义、熵方程、热力学第二定律数学表达式、系统可用能	4	课堂讲授+分组讨论
工质性质部分	理想气体	2	课堂讲授
	实际气体： 范德瓦尔斯方程、R-K 方程、对应态原理与通用压缩因子	2	课堂讲授
	湿空气和制冷剂： 理想气体混合物、分压力定律、分体积定律、湿球温度、露点温度、	2	课堂讲授+分组讨论
热力学函数及其普遍关系式部分	二元函数的性质： 全微分条件、循环关系、链式关系、自由能、自由焓	2	课堂讲授
	热力学基本关系式及特征函数： 热力学基本关系式、麦克斯韦关系式、热膨胀系数、定温压缩系数、绝热压缩系数、压力的温度系数、定容比热、定压比热和绝热节流系数。	4	课堂讲授+分组讨论
	熵、内能和焓的一般关系式： 熵、内能和焓的第一、第二和第三方程。	2	课堂讲授

案例教学	经典案例： 卡诺定律、燃气轮机、蒸汽动力循	2	专家讲座
	新理论和研究成果 例如，“火积”耗散理论等	2	专家讲座
综合实践环节	项目实践或科研报告	4	项目汇报

## (二) 综合实践环节

### 1. 基本要求

以实验室教学和科研试验平台为基础，开设开放性综合实验，利用热力学理论和方法分析和解决问题。学生自愿组队，题目可在教师提供的目录里面选取，也可结合自身研究方向自行选定。项目组应设组长一名，要分工明确，确保每人都参与研究。

### 2. 综合实践可选方向

**针对专业型硕士和学术型硕士培养目标的差异：**学术型硕士以学术研究为导向，偏重理论和研究，重点培养学生从事科学研究创新工作的能力和素质。而专业型硕士的突出特点是学术型与职业性紧密结合，以专业实践为导向，重视实践和应用，以实际应用为导向，以职业需求为目标，以综合素养和应用知识与能力的提高为核心，突出案例分析、实践研究、现场研究等方法。

**专业型硕士**可以针对具体工程应用、设计及体系评价等进行案例模拟、分析等；**学术型硕士**可以侧重于热力学经典理论的深入研究，新理论的探索等方面。

包含但不限于以下题目，题目可以根据具体研究内容自定：

- (1) 气体比热容测定及其影响因素
- (2) 材料导热系数测定及热工分析
- (3) 换热器热力性能试验及分析
- (4) 工质饱和参数及临界状态测定
- (5) 气体状态方程测定和影响因素分析
- (6) 流体风洞测试及热力分析

### 3. 考核

- (1) 开课三周内提交分组名单及选题题目
- (2) 结课前一周提交研究报告，并做 PPT 汇报或者做展报交流。
- (3) Word 版或 PPT 版研究报告格式（展报参考）要求：

题目（中英文）

摘要（中英文）

关键词（中英文）

正文（要充分展开讨论，并给出明确的结论）

参考文献（不少于 15 篇）

总字数不少于 2000 字

## 六、考核方式

闭卷笔试     开卷笔试    课程小论文     调研报告     专题设计

试闭卷笔试占 50%，课程小论文占 30%，平时作业占 20%。

## 七、选用教材或参考书目

教材：高等工程热力学. 童钧耕, 吴孟余, 王平阳. 北京: 科学出版社, 2006.

本课程参考教材:

[1]工程热力学（第五版）. 沈维道、童钧耕. 高等教育出版社, 2016 年.

[2]高等工程热力学. 曹建明, 李跟宝. 北京: 北京大学出版社, 2010.

[3]高等工程热力学. 谭羽非. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2018.

[4]高等工程热力学. 陈则韶. 北京: 高等教育出版社, 2008.

[5]工程热力学（2 版）. 史琳, 吴晓敏, 段远源, 改编. 北京: 清华大学出版社, 2011.

[6] 朱自强. 化工热力学. 北京: 化学工业出版社, 2010.

[7] 曹烈兆, 周子舫. 热学、热力学与统计物理（第二版）. 北京: 科学出版社, 2020.

编写人: 杨开敏, 钱换群

审核人: 课程教学组成员

分管院长:

热能工程学院（加盖公章）

2020 年 11 月