

面向高等院校新增新能源专业的工程热力学教学设计

◆李瑞¹ 吴玉龙²

(1 北京林业大学材料学院 100083; 2 清华大学核能与新能源技术研究院 100084)

摘要:工程热力学是研究热能利用及转化的一门工程专业基础学科。对于目前国内很多院校新开设的新能源科学与工程方向而言,建立适合学生知识体系特点、符合专业领域发展方向并具有延展性的教学体系和方法,可以在有效提高教学效果的同时,也有利于后续相关专业课程学习。本文在分析专业特点及热力学教程内容特点的基础上,提出了以教学内容重构为核心、以拓展教材为介质、以专业服务为目标的专业导向模式的工程热力学教学思路,通过突出专业实践,综合国内外典型热力学教材优缺点,完成了前后知识结构联系紧密、侧重点更贴合新能源方向专业特点的教学设计。

关键词:工程热力学; 新能源科学与工程; 专业导向

随着近年包括生物质资源利用的新能源需求的增加,很多高校建立了新能源专业方向以适应科技发展需要。工程热力学是工科专业一门基础学科,主要设置内容包括:热力学第一定律、热力学第二定律、热力学过程、过程工质热力学参数变化和系统能量的转移转化,具有涉及内容多、抽象性强、公式推导复杂、应用难度大等特点^{[1][2][3]}。而对于各院所新开设的新能源科学与工程方向属于非热能专业,前期相关课程只有大学物理和物理化学,学生对课程的接受程度受到热力学基础理论匮乏的限制。如何改善教学效果、提高理论消化程度、实现热力学基础理论为后续专业课程服务,是新专业热力学课程面临的挑战。根据多年教学探索,本文提出了以教学内容重构为核心、以拓展教材为介质、以专业服务为目标的专业导向工程热力学教学模式。

一、工程热力学课程分析

以普通教育国家十二五规划教材《工程热力学》为研究课程教材对象^[4],目前被广泛采用的教材内容主要包括:热力学第一定律、热力学第二定律、工质的焓和熵,不同热力学过程的公式推导及计算,并列各部分内容与新能源专业学生培养的紧密程度,具体如下表1所示。

表1 规划教材主要内容及专业相关度分析

章节	内容	从属关系	与专业相关系数	相关度
基本概念	热力系、过程和循环	概述	5	14%
热力学第一定律	功和热量的计算及其在压容图和温熵图中的表示	第一定律	5	14%
气体的热力性质和热力过程	定容过程、定压过程、定温过程、定熵过程、多变过程、无功过程和绝热过程	第一定律应用(理论基础F)	5	14%
热力学第二定律	可逆与不可逆过程、熵、卡诺循环	第二定律	3	8%
气体的流动和压缩	喷管过程、活塞压气过程、叶轮压气过程、引射器	第一定律应用	3.5	9%
气体动力循环	活塞式内燃机的混合加热循环、喷气发动机循环、活塞式热机循环	第一定律应用	3	8%

水蒸气性质和动力循环	水蒸气图表、热力过程、郎肯循环、郎肯循环热效率	第一、二定律	5	14%
制冷循环	逆向卡诺、空气压缩制冷、蒸汽压缩制冷、制冷剂热力性质、喷射制冷和吸收制冷	第一、二定律应用	3	8%
湿空气	湿空气、湿度、湿球温度、湿焓图	第一定律应用	5	14%
能源合理利用及新能源简介	能源合理利用、新能源概述	概述	4.5	12%

根据后续专业课程及新能源方向培养目标要求,课程需要学生重点掌握新能源中的热能、化学能等能量在转化过程中基本原理及热力学在工程方面实际应用方面的技能,如生物质热转化过程中能量的变化、流程设计中涉及的能量传递及优化原则、风能水力利用过程中能量转化原理及设计原则、能源转化过程中典型工质的计算,而在专业性很强燃气轮机、喷气(活塞)发动机、制冷机组、第二定律理论性推导方面,如果按照教程安排进行教授,不但需要消耗大量课时,也很容易造成学生在原本很复杂的热力学面前,精力分散不清楚重点和脉络,进入“听起来枯燥无味”、“公式不好理解也不好背”始终处于被动受教的角色,只听老师课前进行的专业课程联系介绍而最终“不确切知道为什么去学”使得课程的掌握程度和运用大打折扣。

二、专业导向的教学模式

按照传统的教学模式,概念的引出、公式的推导到重点的讲解,几乎都是由教师以先进的电化教学手段和尽可能深入浅出的方法教授给学生。对于工程热力学课程而言,一方面由于内容涉及面广、理论抽象、研究对象繁多;另一方面,几乎全国统一大纲式的传授不但在一定程度上忽视了不同专业背景的学生对特定知识的接受程度,更没有将这一重要的理论基础课在专业知识体系中的核心作用发挥出来,这种忽视差异的课程模式最终造成“课程学的好很难,学好了似乎又没多大用”的尴尬局面。因此,在新能源方向的工程热力学课程教学设计中,我们提出了以专业导向教学模式为核心,简化与相关专业课程重复部分并补充专业重点需求内容,按照专业培养人才目标进行课程内容的重构,使整个教学流畅明晰、难易适中、专业服务性强。

如前所述,设计思路为以教学内容重构为核心、以拓展教材为介质、以专业目标为标准,以下结合教学大纲的编写进行详述。

1. 教学内容重构

由表1的从属关系可以看出,教材主要内容为热力学第一定律、第二定律理论推导及具体应用,对于非热能反向的能源领域,热力学第一定律、水蒸气及空气的几种典型热力过程、节能方法是关注重点,而对于热力学第二定律的理论推导、复杂热力学过程中不可逆性及熵的变化则只需总体掌握即可。因此根据从属关系的加权值得到表1中专业相关度,小于10%的采用简化讲解,做到确保原理清楚,减少理论推导和理论论证的教学比例;大于12%的增加讲解深度,达到熟练掌握原理解决实际问题的程度。

在能源领域的热力学应用中,具体能量传递的技术及理论、典型的热工设备也是必须要掌握的关键点,这部分知识是热力学理论学习和实际应用之间必不可少的桥梁,目前工程热力学教材中普遍缺乏这部分内容,因此结合笔者《热工学》^[5]的教学实践,

进行这部分内容的补充。

2.教材拓展

根据上述内容重构需求,课程采用了以十二五规划工程热力学教材为基础,辅以热工学教材为补充参考,在传统热力学教学中,加入了传热过程计算(课时比例5%),工业锅炉(课时比例8%)。传热学置于课程最后部分作为各个热力过程中传热过程的补充理解,工业锅炉部分涉及燃料种类和分析方法、锅炉汽水循环原理、锅炉热平衡,不但是很好的第一定律应用实例,也详细和阐述燃料相关知识,对于新能源方向本科生知识体系是一个很好的补充,将其置于水蒸气热力过程部分讲解。

表2 调整后大纲教学内容

章节	内容	讲解重点	备注
基本概念	热力系、过程和循环	概述	
热力学第一定律	功和热量的计算及其在压容图和温熵图中的表示	运动系统的第一定律,工质热量平衡	
气体的热力性质和热力过程	定容过程、定压过程、定温过程、定熵过程、多变过程、无功过程和绝热过程	重点完成定容过程、定压过程、绝热过程的计算	
热力学第二定律	可逆与不可逆过程、熵、卡诺循环	掌握基本原理公式即可	
气体的流动和压缩	喷管过程、活塞压气过程、叶轮压气过程、引射器	喷管和引射器	
气体动力循环	活塞式内燃机的混合加热循环、喷气发动机循环、活塞式热气发动机循环	了解工作过程即可	
水蒸气性质和动力循环	水蒸气图表、热力过程、郎肯循环、郎肯循环热效率	第一、二定律	增加工业锅炉及燃料
制冷循环	逆向卡诺、空气压缩制冷、蒸汽压缩制冷、制冷剂热力性质、喷射制冷和吸收制冷	掌握工作过程,完成压缩制冷计算一例	介绍工业不同制冷流程
湿空气	湿空气、湿度、湿球温度、湿焓图	掌握应用	化工原理已经学习
能源合理利用及新能源简介	能源合理利用、新能源概述	新能源种类及生物质热转化	提前到课程概述中
传热学	热量传递计算		新增
生物质热转化	快速热解过程中能量变化	理论应用	新增

3.实践教学贴合专业培养目标

新能源涉及范围比较广泛,生物质能源是一个有很大发展空间的产业化方向,其中农林废弃物通过热解实现高附加值利用就是很好一例,该方法不但可以提升农林生产产业化水平、也可以有效降低环保压力,负荷目前可持续性产业构架发展需求,具体

过程如图1所示:

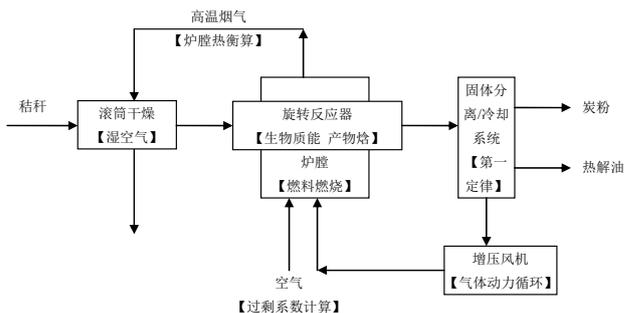


图1 农作物秸秆热解流程框图及涉及热力学知识点

Fig 1. Diagram of straw pyrolysis and related engineering thermodynamics knowledge

这个过程的热力学过程包括:燃料燃烧、不同等级能量的回收利用、能量传递、能量转换、自热锅炉,都在课程知识体系范围内,因此在本课程后期设置了生物质热解过程的课题研究和研讨,不但融会贯通了课程前面的知识,也增加了课程掌握程度和保留时间,为后续时段相关专业课程铺垫理论基础。

三、总结

教学模式的革新相对方法改革能从更高层面上满足提升课程教学质量、培养适合专业性人才的需求,工程热力学是新能源方向很重要的一门学科,而对于理论性和抽象性较强的热力学教学,从专业知识背景出发、以专业人才培养目标为考核标准、结合应用有侧重点去教授,可以更有利提高学生的主动性,引导学生增强分析、解决新能源领域工程实际问题能力,同时学生学习也更有主动性和目的性。

参考文献:

- [1] 闫翻辽,李强,刘聪等.工程热力学模块化教学探索[J].化工教学,2018.7(vol144):168-169
- [2] 申洁,唐海,陈小榆等.研究型—启发式联合教学法的探索与实践——以工程热力学与传热学课程为例[J].西南石油大学学报(社会科学版),2018.9(vol120),76-81
- [3] 陈庆东,王俊平.工程热力学综合设计性实验项目改革[J].物理通报,2018.11:77-79
- [4] 严家,王永清.《工程热力学》(第三版)[M].北京:高等教育出版社2014.9
- [5] 陈黔,吴味龙.热工学[M].北京:高等教育出版社,2004.1

作者简介:

第一作者:李瑞(1975.1-),男,籍贯:黑龙江,单位:北京林业大学,职称:副教授,从事化学工程及生物质能源教学、科研工作。

通讯(责任)作者:吴玉龙,男,1972年1月生,籍贯四川绵阳,单位:清华大学核能与新能源技术研究院研究员,博士生导师,从事化学工艺和新能源技术等方面的研究工作。

