

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2020.05.020

欢迎按以下格式引用:史维秀,孙方田,王瑞祥,等.卓越工程师人才培养背景下能源与动力工程专业课程多元化实践教学方法研究[J].  
高等建筑教育,2020,29(5):143-148.

# 卓越工程师人才培养背景下 能源与动力工程专业课程 多元化实践教学方法研究

史维秀,孙方田,王瑞祥,闫全英

(北京建筑大学 环境与能源工程学院,北京 102616)

**摘要:**针对当前传统教学模式在实践创新型专业人才培养中存在的问题,以能源与动力工程专业热力设备原理、换热器原理与设计两门专业课程为例,探讨卓越工程师背景下多元化实践教学方法与常规教学模式的差异,提出课程教学过程中应加强多媒体课件设计、工程案例分析和校外工程师进课堂和实验、课程设计实际工程化及工程现场实践教学环节等多元化实践教学内容,让学生从基础知识、案例应用、实验现象与结果分析、工程现场实践等多角度开展全面的深度学习,提高学生的学习兴趣和综合实践能力,培养满足社会需求的卓越工程师人才。

**关键词:**卓越工程师;能源与动力工程;多元化;实践教学

**中图分类号:**G642.0;TK **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2020)05-0143-06

## 一、专业课程多元化实践教学的重要性

随着我国高等教育的普及,人才培养质量显得尤为重要。《高等院校能源动力学科热能与动力工程专业规范》指出:“在不同历史阶段,社会的人才需求不同,对高等教育的要求也不同”“办学应当与时俱进,培养人才的模式应当转型”。能源与动力工程专业致力于如何更高效地利用能源<sup>[1]</sup>,对国家快速发展肩负着重大使命,亟需与时俱进的人才培养模式。因此,根据社会发展需要,在卓

修回日期:2020-01-08

**基金项目:**教育部高等学校能源动力类新工科研究与实践项目(NDXGK2017Y-65);北京建筑大学教育科学研究重点项目(Y-1809);北京建筑大学环能学院教学团队建设项目“基于建筑能源工程中心的专业能力培养体系创新实践”;北京建筑大学环能学院教学团队建设项目(优秀课程教学团队教育)

**作者简介:**史维秀(1983—),女,北京建筑大学环境与能源工程学院副教授,博士,主要从事高效强化传热技术研究,(E-mail) shiweixiu1983@163.com。

越工程师人才培养背景下,应及时构建新的人才培养模式,强化学生实践创新能力的培养。

多元化实践教学模式以多种不同形式的实践教学手段,提高学生工程实践能力和专业应用能力。现行的能源与动力工程专业培养模式致力于对学生基础知识的教学及专业素质的培养,能够为国家培养一批批专业基础过硬的能源动力人才,但在创新型工程实践人才的培养上还存在着一些问题需要解决。比如,在专业基础课或专业课的教学中,学生虽然通过实验或实践环节能够锻炼基本的专业实践能力,但对创新能力的培养、实践能力的训练还远远不够,无法高效提升学生的创新能力,难以满足行业对专业人才培养质量的要求。

新形势下,能源与动力工程专业需要在现有的实践教学基础上,加强学生的工程实践能力培养<sup>[2]</sup>,锻炼学生的实际动手操作能力,培养学生的实际工程设计及运行能力<sup>[3]</sup>,让能源与动力工程专业学生满足工程化和国际化要求,实现专业水平的不断提升<sup>[4-5]</sup>。

沈阳化工学院<sup>[6]</sup>能源与动力工程专业的发展方向为锅炉与压力容器设计制造、运行、管理及清洁能源,课程建设采用“2+1.5+0.5”的课程体系,重视在实践教学培养学生的创新精神和实践能力,学生就业前景良好。山东科技大学<sup>[7]</sup>能源与动力工程专业在培养方案体系、创新研究性实验模式、青年教师教学能力等方面,开展多元化人才培养的改革与实践,大大提高了专业人才培养质量。南京航空航天大学<sup>[8]</sup>结合“航空、航天、民航”三航办学特色和“能源与动力工程专业导论”课程特点,探讨专业导论课程理论和实践相结合的教学方法,提升学生对专业的认知,提高学生的专业实践水平。

专业课程的多元化实践教学是培养学生实践创新能力的基础环节,对学生专业知识的学习及专业综合素质的提升具有不同的意义。本文以热力设备原理、换热器原理与设计两门专业课程为例,探讨如何开展融合多元化实践教学方法的人才培养。

## 二、专业课程中的多元化实践教学

### (一) 热力设备原理课程多元化实践教学

#### 1. 常规教学方法及问题分析

热力设备原理课程是一门以热能方面专业知识综合运用为特色的理论与实践相结合的专业课程,教学过程中注重实践教学与理论教学的融合,强调实践与创新能力的培养。原有课程计划安排为32学时,其中,课堂理论教学28学时,实验教学4学时。教学安排见表1。

表1 教学内容及课时分布

内容	讲授	实验	内容	讲授	实验
(一) 锅炉及锅炉房设备的基本知识	2		(九) 燃油、燃气锅炉燃料供应系统	2	
(二) 燃料与燃烧计算(实验所在章节)	2		(十) 燃气锅炉房设计	2	
(三) 锅炉热平衡	1		(十一) 燃气轮机热力循环	4	
(四) 燃烧设备	2		(十二) 燃气-蒸汽联合循环装置	4	
(五) 供热锅炉	2		(十三) 复习	2	
(六) 锅炉的水循环及汽水分离	2		实验1: 锅炉烟气分析		2
(七) 锅炉设备的通风计算	1		实验2: 燃气热值测定		2
(八) 供热锅炉水处理	2		总计	28	4

原有的课程教学更关注对锅炉及锅炉房设备知识点的精讲,但脱离了工程案例与实训的教学,主要存在以下三个方面的问题。

一是传统教学模式缺乏针对性。热力设备原理课程主要讲授锅炉及锅炉房、热力发电系统相关的热力设备等内容,是热能与动力工程专业课程体系中的核心课程,也是最为重要的专业课程之一。该课程的传统教学方式以课堂讲授为主,每周安排4个学时,主要讲解热力设备系统及其不同的位置结构原理,以及对应的热力及结构设计计算。课堂讲授注重系统的普遍性,按照整个热力设备系统的一般布置方式进行一一讲解,缺乏具体工程及设计需求条件下的针对性。这种教学方法对学生分析问题及解决问题能力的培养相对较弱,不能满足应用型人才的培养需求。

二是课程教学内容的广度和深度不够。热力设备原理虽然以锅炉及锅炉房系统与热力发电系统等热源为应用对象,开展相关的系统设计及设备选择,但是随着科学技术的快速发展,热力设备及系统无论在内涵还是外延上均有了发展与技术更新,热力设备设计研发的性能有了较高的提升,热力系统的布置也从原来单纯的供热热源耦合发电发展到热能梯级利用或建立热电冷联供系统。热源系统供应区域范围也大大扩展,涉及整个城市的热源热网的规划。

因此,学习热力设备原理需要有广博的专业知识作为支撑,但该课程设置的口径太窄,缺乏与相关课程的融合与沟通,教学内容大多停留在表面的基本知识点上,缺乏知识的广度与深度。例如,该课程教学仅仅局限于传统燃气锅炉房供热系统的工程设计及基础知识的讲解,而对于多功能型用能系统/生态环境、新技术等关注不够,与之相关的资源、环境的合理利用等内容也涉及得不够广泛。

三是课程教学与实践结合得不够紧密。热力设备原理课程教学主要采取教师理论授课、课堂提问及课下答疑相结合的教学模式,主要讲授相关的理论知识、设计方法与技巧及设备布置方案等内容。虽然这种方式具有较好的直接沟通的优势,但与实践结合得不够紧密,不利于学生分析能力、解决问题能力及创新实践能力的培养。

## 2. 多元化实践教学方法探讨

一是在课程教学中尽可能多地采用多媒体图片展示锅炉内部结构,讲授锅炉的工作过程、锅炉房的系统配置及其应用等,提高学生的学习兴趣,也有助于学生对整体知识框架的掌握。

二是强化案例教学。热力设备原理课程具有很强的工程实践性。在课程教学过程中引入注册公用设备工程师动力专业执业资格考试案例素材,贴近实际工程,强化实际工程技术应用,以实际问题的解决,激发学生的学习兴趣,提高学习效果。

热力设备原理课程可以从三方面进行案例教学。

(1) 引入基础知识点。在注册公用设备工程师动力方向的考试中,有一些案例考题是关于热力设备基础知识点的灵活应用,这类题目可以直接作为教学素材引入课堂教学中。

(2) 综合案例的应用。在注册设备工程师的考试中,还有一些题目是综合案例的应用。这类题目往往涉及多门学科的知识。在教学过程中,也可以借鉴此类案例,将热力设备原理的知识点和其他相关学科融会贯通,体现学科知识体系的系统连贯性,培养学生的综合应用能力。

(3) 引入试题案例素材进行实践教学。注册公用设备工程师考试大量试题都是实际工程案例简化后改编的,可为课堂教学提供大量的素材。这类题目往往涉及的知识点比较多,涵盖范围更为广泛,通过对一个题目的透彻分析,可梳理知识结构脉络,使学生对相关的知识有更系统的认识。

三是邀请工程或设备单位的相关专家来校为学生授课(热力设备原理课程邀请的专家为锅炉设备厂家的总设计工程师)。校外专家均来自实际工程单位一线,课堂教学过程中多引入实际工程案例,让学生在课堂上就能接触实际工程,并引导学生将所学习的零散基础知识通过案例综合起来,提升学生学习兴趣的同时,也极大地提高了学习效果。校外专家还介绍工程上的最新技术,比课本知识更接近实际应用。通过校外专家的讲解,学生能从工程、市场的角度认知自己所学的专业,以及今后所从事的职业。

四是以解决实际问题为导向确定课程设计选题。热力设备原理课程设计选题以解决特定实际问题为导向,将实际工程中所涉及的不同问题与课程设计相结合,强化课程设计的目的性。针对传统教学模式缺乏针对性的问题,在锅炉房的设计环节,改变以往根据教材案例讲授设计过程的方法,而从设计院最近的工程设计项目中挑选有特色的建筑来进行讲解,让学生从实际工程入手,了解设计环节。

五是促进课程设计与相关知识模块的融合。与热力设备原理课程相匹配的课程设计是以锅炉房为主的热源设计,主要包括燃料供应及燃烧系统、锅炉房汽水系统和通风及除尘系统。要做好课程设计除了需要具有广博而坚实的专业基础知识,还需要与其他专业课程进行融合。如燃料供应系统部分涉及燃气输配工程和燃气与燃气设备课程基础知识;通风及除尘系统部分涉及工业通风课程的知识点。因此,采用开放式课程教学模式可以更好地促进课程与相关知识模块的融合,从而实现能力训练与基础知识学习的良好结合。

六是课程实验应结合课堂教学有序开展,最好是授课结束后随即开展该部分内容的实验,增强课程实验的针对性。如若统一在学期末开展实验,会减弱课程实验教学效果。

七是增设现场实践环节。目前课程教学模式为理论+实验,而实验只是针对某个知识点,不能结合整个课程知识,因此增设课程实践环节非常必要。在工程专业课程教学中,针对课程开展的现场实践教学,能够较好地增加课程学习深度。授课结束后要求学生去燃气锅炉房进行为期半天的实践训练,这样才能让学生对锅炉房的系统配置情况了然于心。特别是现场专业技术人员的讲解,能使学生进一步深化理论知识,掌握实际工程设备及系统的运作过程。

## (二) 换热器原理与设计课程多元化实践教学

### 1. 常规教学方法及存在的问题

换热器原理与设计课程是能源与动力工程专业的任选课,原来学时数为32,后来相继调整为24学时、16学时,其中包括2学时的实验课。传统教学方法主要存在以下问题。

一是传统教学模式缺乏针对性和连贯性。换热器原理与设计课程主要讲授能源利用工程领域涉及的不同类型换热器的基本结构、工作原理和设计方法。传统课程教学为理论知识授课和2学时的换热器传热性能实验。在有关换热器的讲解中,不同类型换热器的内容是相互独立的,彼此之间缺乏针对性和连贯性,教学方法也较单一,学生学习效果不理想。

二是课程教学内容深度不够。能源与动力工程领域换热器的种类较多,在授课过程中仅关注教学内容的广度,忽视知识深度。教学内容一般停留在换热器最基本的知识层面上,对换热器的具体设计、换热器设计中的难点问题、使用过程中容易出现的问题及解决方案、现有换热器的新技术等内容,一般涉及较少。

三是课程教学与实践结合得不够紧密。换热器原理与设计课程属于一门应用性的课程,重在



培养学生的换热器设计能力。因此,在换热器基本原理讲授的基础上,应该更加重视培养学生的设计实践能力。但传统教学方式缺乏对学生实践能力的培养。

## 2. 探索多元化实践教学方法

本着提高学生实践创新能力的原则,探索多元化实践教学方法,通过增加实践课程,强化学生的实际设计能力。

将理论课程与实践课程紧密结合,教学中利用简单工程案例讲授一些系统运行知识,提出探索性问题,引导学生对系统运行的难点进行思考。理论课程结束后,马上开展课程实践,引导学生充分应用课堂理论知识开展课程实践。课程考核成绩实践与理论两部分各占50%。实践考核内容包括学生现场实践的表现、回答问题的情况等。

主要从以下几方面进行多元化实践教学方法的探索。

一是增设换热器设计的实践环节,强化换热器设计训练。作为能源与动力工程专业的学生,不仅要掌握换热器的原理及系统应用,还应掌握换热器的具体设计方法。实践中重点讲授目前应用最广泛的管壳式换热器的设计方法与设计重点,掌握换热器的设计计算及校核计算,培养学生的实际设计能力。换热器设计环节在该课程教学过程中非常重要,需要以课程设计或课下大作业的方式增加换热器设计的内容,设计内容的增设,有助于学生对换热器基本原理的理解,以及从更高层次认识传热过程。由于换热器的种类较多,因此在设计环节,可以针对不同的工程应用背景,引导学生对选择换热器的原因进行分析,进而完成对换热器结构的设计。

二是增设学生设计展示环节。设计完成后,要求学生对整个设计方案进行综合展示,将整个设计过程清晰陈述,分析优点及缺点,然后由其他同学进行评价。这一过程,可以使学生对自己设计存在的问题认识得更加清楚,起到强化理论知识的应用及培养实践能力的作用。设计类实践教学课程改革旨在强化学生的实践能力。

三是增设拆装实践环节。借鉴集美大学能源与动力工程专业为学生提供拆装实践的做法,在专业建设过程中,学校建立拆装实验室,购置一定数量且类型齐全的实践设备,包括不同类型的压缩机、换热器、风机以及水泵等。学生在相关课程理论学习之后,可以进行设备的拆卸与重新组装。在此过程中学生对实际设备的工作原理及结构组成有了更深入的认识。

## 三、结语

课程教学模式的改革,旨在强化实践环节对学生工程能力的培养。热力设备原理课程教学改革,进一步完善了工程案例分析、实验和针对性实践教学环节等多元化实践教学内容,从基础知识、案例应用、实验现象与结果分析、工程现场实践等角度强化学生的学习,提高学生的学习兴趣和综合实践能力。换热器原理与设计课程改革,建立了课堂理论知识讲授—换热器设计实践—换热器设备本身的拆装实践—换热器在实际工程中的应用实践等课程教学体系,通过理论与实践的有机结合,强化学生从换热器本身结构原理到实际工程应用的系统全面学习。

多元化实践教学模式按照“教师提出问题—学生回答—实践/实验运行—学生对比分析—教师总结”这一设计思路推进课程教学,整个教学过程重点突出,思路清晰,学生对学习主线有较为深刻的认识,更容易掌握课程的重点与难点知识。特别是通过多元化实践内容的增设,教学方式更加多样,学生学习兴趣更加浓厚。课程教学模式改革后,学生不仅能较好地掌握专业基础知识,而且开

阔了专业视野,提高了工程实践技能,对未来职业发展也有更清醒的认识,能更好地融入社会,满足社会对人才的需求。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国教育部高等教育司. 普通高等学校本科专业目录和专业介绍: 2012年[M]. 北京: 高等教育出版社, 2012.
- [2] 林日亿, 姜焯, 黄善波, 等. 热能与动力工程专业多元化人才培养模式探索[J]. 教育教学论坛, 2017(7): 172-174.
- [3] 陈联盟. 实验室开放与学生实践创新能力培养[J]. 高等建筑教育, 2007, 16(5): 56-59.
- [4] 戴红玲, 胡锋平, 彭小明, 等. 工程教育认证视阈下专业实践教学体系的构建与实践[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(11): 225-228.
- [5] 段世飞. “一带一路”背景下高等教育人才培养需求展望[J]. 湖北函授大学学报, 2017, 30(4): 32-33.
- [6] 战洪仁, 张建伟, 李雅侠, 等. 热能与动力工程专业人才培养模式及课程体系探讨[J]. 化工高等教育, 2008(1): 19-21.
- [7] 孔祥强, 李瑛, 衣秋杰. 面向多元化的能源与动力工程专业人才培养改革与实践[J]. 高等建筑教育, 2018, 27(2): 14-17.
- [8] 李建中, 袁丽, 何小民, 等. 浅谈能源与动力工程专业导论课程[J]. 科技资讯, 2015, 13(32): 171-172.

## Diversified practice teaching methods on energy and power engineering under the background of excellent engineers training

SHI Weixiu, SUN Fangtian, WANG Ruixiang, YAN Quanying

(School of Environment and Energy Engineering, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 102616, P. R. China)

**Abstract:** In view of the shortcomings of the current traditional teaching mode in the cultivation of innovative professional talents, the two courses of thermal equipment principle and heat exchanger principle and design of energy and power engineering are taken as examples to discuss the differences between diversified practice teaching methods and traditional teaching mode under the background of excellent engineers training. Diversified practice should be strengthened during the course teaching process, including multimedia courseware design, engineering case analysis, off-campus engineers entering the classroom and experiment, actual engineering design and practice on project site. The teaching content allows students to carry out indepth and comprehensive learning from basic knowledge, case application, experimental phenomena and results analysis, engineering field practice, etc. Diversified practice can improve students' interest in learning and comprehensive practical ability, and also cultivate outstanding engineers who can meet the needs of society.

**Key words:** excellent engineer; energy and power engineering; diversification; practice teaching

(责任编辑 王 宣)