

热能工程实践教学改革的探索

凡凤仙, 胡晓红

(上海理工大学 能源与动力工程学院, 上海 200093)

摘要: 以培养创新创业人才为目标, 对热能工程实践教学平台构建及组织实施进行研究和改革。创建了分层次、模块化的热能工程实践教学体系, 实施了开放实验室与网上预约相结合的教学组织模式, 开展了启发式、讨论式和参与式教学的探索。教学实践表明, 学生的工程实践能力、自主学习能力、创新思维、创新能力等综合素质得到了明显提升。

关键词: 实践教学; 热能工程; 教学改革; 创新创业; 人才培养

中图分类号: G 642 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-895X(2020)02-0179-05

DOI: 10.13256/j.cnki.jusst.sse.2020.02.014

Exploration on Reform of Practical Teaching for Thermal Energy Engineering

FAN Fengxian, HU Xiaohong

(School of Energy and Power Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Aiming at cultivating innovative and entrepreneurial talents, we studied the reform on the platform construction and implementation of the practical teaching for thermal energy engineering. A hierarchical and modularized practical teaching system was created for thermal energy engineering, and the teaching organization mode was implemented with open laboratory by online reservation. Moreover, elicitation, discussion, and participative teaching methods were explored in the course teaching. It turns out that the students' integrated qualities have been remarkably improved, including engineering practice capacity, autonomous learning ability, innovative thinking and innovation ability.

Keywords: practical teaching; thermal energy engineering; teaching reform; innovation and entrepreneurship; talent cultivation

随着经济转型升级, 国家高度重视创新创业人才培养。专业是创新的基础, 创新是创业的灵魂, 创新创业人才培养的核心是大学生创新能力的培养。实践教学是工科教育至关重要的环节, 是理论与实际相结合, 培养学生工程实践能力与创新能力的的重要途径^[1-4]。然而, 传统的实践教学目标通常

是通过提供模拟有关现象的装备和仪器, 帮助学生理解和巩固理论课程知识。这种实践教学不利于学生创新能力的培养。为满足当今社会对大学生专业技能与创新能力的综合要求, 必须对实践教学进行改革。上海理工大学热能工程实践教学依托学校能源动力工程国家级实验教学示范中心(以下简称

收稿日期: 2018-11-26

基金项目: 上海理工大学教师教学发展研究项目(CFTD16003Y); 上海市大学生创新创业训练计划项目(SH2017011)

作者简介: 凡凤仙(1982-), 女, 副教授。研究方向: 动力工程及工程热物理学科科研与教学。

E-mail: fanfengxian@homtail.com

“实验中心”),以及热能工程国家级特色专业与上海市本科教学高地,近年来,教学团队秉承“将创新创业教育与素质教育相结合、与专业人才培养相结合”的理念,以培养创新创业人才为目标,在实践教学平台构建和组织实施上不断进行研究和探索,取得了可供复制推广和参考借鉴的实践教学成果。

一、热能工程专业实践教学平台构建

热能工程专业实践课程是针对燃烧学、锅炉设备及运行、清洁燃烧技术等专业课程开设的,具有很强的实践性、综合性和创新性。结合实验中心资源,根据“基础—应用—提高—创新”的循序渐进的人才培养规律,对实践教学平台进行分层次、模块化建设,创建了由浅入深、层次分明、可适应创新创业人才培养的实践教学体系。表1给出了实践教学平台的模块划分及组成。

(一) 模型演示模块

模型演示模块是为了使学生理解热能工程专业理论课程的教学内容,更好地实现教学目标而开设的。将知识有效地传授给学生始终是每一位教师追求的目标。虽然在理论课程的教学可以借助多媒体,通过动画和图形展示装置构造和系统过程,但由于仍是平面呈现,学生不能直观、深入地了解结构全貌。带领学生到锅炉厂、电厂等企业实习,观察实际设备,存在安全性、经济性、时间成本,以及教学进度与生产进程协调的问题,而且也很难观察到装备的内部结构。实体模型具有良好的直观性和灵活性,模型演示能更立体、较真实地呈现出热能工程装备及系统的布置情况,一些比较复杂的设备能够看到内部构造,或者通过拆卸可以观察到组件构成,从而弥补多媒体教学与进厂实习的不足。通过模型演示模块教学,学生加深了对装备与系统的基本构架、工作原理、工作过程以及实际应用的理解,提高了学习兴趣和效率,增强了工程实践能力。

(二) 专业训练模块

专业训练模块旨在强化热能工程专业的综合实验技能,培养学生解决工程实际问题的能力。该模块包括四个子模块(见表1),主要设备和实验台架如图1所示,其中,燃料分析子模块配有较为完备的固体和液体燃料特性分析装置;锅炉水动力特

性子模块设有两套自行设计的实验台;污染物排放控制子模块配有除尘、脱硫和脱硝实验台架;燃烧与烟气分析子模块拥有自主研发的能源岛热电联产系统及其自动控制系统,并配有奥氏烟气分析仪、Testo350型便携式烟气分析仪和Gasboard-3000型在线式烟气分析仪。通过该模块,使学生全面掌握热能工程专业相关实验原理、实验方法、实验技能,提高发现、分析和解决问题的能力,并树立严谨求实的工作作风,为学生创新实践能力的培养打下坚实的基础。

表1 热能工程专业实践教学平台的模块划分及组成

Tab.1 Module and composition of practical teaching platform for thermal energy engineering

模块/子模块	内容
模型演示模块	可拆卸油气两用燃烧器 燃烧设备火焰自动控制和报警系统 YG-75/5.29-M型循环流化床模型 R-700-1型燃气轮机模型 2 000 kW单轴燃气轮机模型 超临界锅炉模型 火力发电厂整体模型
燃料分析	煤的工业分析 燃料发热量测定 灰熔点测定 燃油运动粘度测定 燃油闪点和燃点测定 燃油雾化性能测定
锅炉水动力特性	锅炉集箱流量分配实验 锅炉自然循环水动力特性实验
专业训练模块	旋风除尘器性能实验 袋式除尘器性能实验 电除尘器性能实验 湿式除尘器性能实验 喷射鼓泡式脱硫除尘器性能实验 选择性催化还原烟气脱硝实验
燃烧与烟气分析	程序点火及火焰监测 燃烧调整及燃烧效率测定 锅炉热平衡实验 烟气成分分析及燃烧污染物监测
虚拟仿真模块	锅炉炉内空气动力场 锅炉炉内燃烧过程 煤粉燃烧过程 循环流化床工作过程 气化炉工作过程
创新实践模块	气体燃料火焰传播综合实验台 液体燃料燃烧综合实验台 能源岛热电联产综合实验台 两个省部级重点实验室 多个产学研基地



图1 专业训练模块的主要设备和实验台架

Fig.1 Major apparatus and experimental benches for professional training module

(三) 虚拟仿真模块

随着计算机仿真技术的发展,构建虚拟仿真实验成为一种新的教学思路。虚拟仿真实验是一种基于软件技术开发的数字化、虚拟化的实验系统,可为专业实践课程提供全新的教学环境^[5-6]。实验中心开设了一系列虚拟仿真教学项目,形成了具有特色的热能工程实践教学虚拟仿真模块。

虚拟仿真模块是模型演示模块和专业训练模块的有力补充。该模块能够提供模型演示模块无法演示的过程,如锅炉炉内燃烧过程等,能够克服专业训练模块实验装备投资高、实验方式过于刻板、实验内容难以拓展的不足。通过虚拟仿真模块实现了理论和实际的有机融合,强化了学生的专业知识应用能力。此外,虚拟仿真实验灵活方便,学生可以自行搭建实验系统,调节实验参数,完成不同实验,从而学生的自主学习能力和创新思维能力得到了锻炼。通过该模块,一些富有创新潜质的学生显露出来,成为创新实践的参与者。

(四) 创新实践模块

创新实践模块是创新创业人才培养的必然要求,是实践教学的目标所在。开设该模块的目的是对有创新潜质的部分学生进行精英式培养,为这些学生提供创新实践的场所和导师,引导其参与创新

项目,全方位提升其创新能力。实验中心除拥有多个综合实验台可供学生开展创新实践外,还充分利用两个省部级重点实验室从事热能工程学科科学研究、装备开发的专职教师的科研平台,以及与行业内知名企业和研究所建立的产学研基地,有力延伸了创新实践模块的教学空间。例如,2018年获批立项的国家级大学生创新创业训练计划项目“液化石油气火焰传播速度与火焰特征的分析”就是基于实验中心自有的液体燃料燃烧综合实验台而提出的,2018年结题的上海市级大学生创新创业训练计划项目“上海理工大学校区大气颗粒物浓度分布及污染分析”则是借助专职教师的科研平台开展的。图2为学生利用实验中心自有的液体燃料燃烧综合实验台(左)和能源岛热电联产综合实验台(右)开展创新实践。



图2 创新实践模块实验台示例

Fig.2 Examples of laboratory benches for innovative practice module

二、热能工程专业实践教学组织实施

先进的实践教学组织实施模式在学生创新能力和综合素质培养中发挥着重要作用。实验中心充分考虑学生的学习需求和规律,在实践教学组织形式和教学方法上积极探索,为创新创业人才培养提供了新思路。

(一) 组织形式

传统的热能工程实践教学(即热能工程实验教学),仅涉及专业训练模块的内容,组织教学时教师将学生分组排出课程表,指导学生集中完成实验任务^[2]。这种教学组织形式课时有限,造成设备的利用率和学生的参与度不高。为培养创新创业人才,实验中心开拓出开放实验室与网上预约相结合的实践教学组织形式。

开放实验室强调以学生为中心,在实践内容、实践时间和实践难度等方面给予学生充分的自主权^[7-8]。在这种模式下,学生能够根据个人能力和兴趣爱好选择实践项目,能力强的学生可以多开展实践项目、开展难度更大的实践项目。实践时间由学生通过实验中心的网上预约平台提前预约,网上预约平台可以将参与实践的学生人数与实验室资源进行良好的匹配。

开放实验室与网上预约相结合的实践教学组织形式因实践模块的不同而存在差异性。模型演示模块重在观察、操作较少,实行个人预约,同一时段预约人数上限为10人。专业训练模块中的综合性实验需要团队协作完成,学生自由组合为3~5人的团队,确定团队负责人,由团队负责人完成预约;其他实验要求学生独立完成,实行个人预约,同一时段预约人数和实验设备或台架数目相匹配。虚拟仿真模块不受人数、时间和空间的限制,学生通过电脑、手机等终端设备登录网上预约平台后,即可使用相应资源。创新实践模块与大学生创新创业训练计划项目紧密结合,项目负责人在网上预约平台对项目进行登记,并按季度提交进展报告。

(二) 教学方法

传统的灌输式实践教学模式下,教师主讲,学

生跟随,学生按照教师指令操作设备,一般不会出现意料之外的现象和问题。在开放实验室教学模式下,学生自主预习实践报告,自主进行设备操作,实践过程中必然会出现多种情况和问题。因此,教师的参与必不可少,教师仍然是教学的灵魂,教学方法决定着创新创业人才的培养质量。实验中心对高等教育教学方法进行研究,推陈出新,将启发式、讨论式和参与式教学方法全方位引入实践教学。

启发式教学根据教学目的和内容,采用启发诱导方法给学生提供广阔的思考空间,使其思维能力和创新能力得到锻炼,是高等教育创新实践能力培养的重要途径之一^[9]。在专业训练模块的教学中,采用了启发式教学法,即在学生进入实验室时,通过提出启发性问题,引导学生思考、归纳、激发学生的求知欲,同时检验和强化学生的预习效果;进入操作阶段后,根据实验现象和实验中出现的问題,有针对性地提问,以调动学生的主动性,激发学生的创造性。以煤的工业分析实验为例,教师依次提出了“为什么需要进行煤的工业分析?”“煤的工业分析需要测定哪些指标?”“这些指标对煤的工业利用有何影响?”“如何测定这些指标?”,在实验过程中,向学生提问“煤的组成有哪几种基准表示?”“实验采用的煤样属哪种基准?”“煤有哪些种类?”“能否根据实验数据判断煤样的种类?”从而引导学生发挥教学中的主体作用,收到了良好的效果。

在讨论式教学中,教师通过组织学生讨论和发言,强化学生对知识的理解,培养学生的自主思考和分析解决问题的能力,并引导学生的思维触及学科前沿,使学生的知识体系得以巩固、创新思维 and 创新能力得以提升^[10]。在实验操作中,学生遇到问题向教师提问,教师不直接给出问题的答案,而是召集同一实验项目的学生就该问题发表各自的见解,逐步引导学生以找到问题所在和解决问题的方法。在实验操作完成后,教师再次召集学生就实验数据进行讨论和分析,将实验原理和方法与工程实际案例和学科前沿发展动态联系起来,在师生的讨论式互动中将新知识传授给学生,以最大限度地发挥实验教学的作用,培养学生的创新实践能力。以烟气成分分析及燃烧污染物监测实验为例,实验完成后召集学生讨论奥氏烟气分析仪与Testo350型

便携式烟气分析仪获得的实验数据,以及两种烟气分析仪的工作原理和特点,进而将讨论引申到其他烟气分析仪,以及烟气监测技术的发展趋势。

在参与式教学法的运用中,让学生感到自己并不是简单地操作实验设备,而是能够借助实验设备进行专业研究探索,对培养学生的创新能力有重要作用^[11-12]。在专业训练模块教学中,主动向学生提问相关知识点,如果学生能够迅速准确回答,则增加问题难度,向更深层次、更前沿的问题渗透,鼓励并引导学生借助实验台设计新的实验,当教学实验平台无法满足学生的实践要求时,为其推荐导师开展创新实践项目;如果学生面露困惑,则提示相关知识点,激发其探寻答案,使学生手脑并用。在虚拟仿真模块教学中,教师在评审学生提交的实验报告时,除给出成绩外,还给出继续探索的建议,鼓励学生由验证已知科学规律向探索未知科学问题转变,增强学生进行创新实践的积极性和主动性,为创新实践项目发掘有创新热情和潜质的学生。例如,程序点火及火焰监测实验中,部分学生不再满足于在实验工况下对火焰的定性观测,而提出不同空燃比下火焰温度、结构、传播速度的问题,在教师的引导下,他们设计了管道内液化石油气+空气预混燃烧火焰传播过程的创新试验,申报并获批国家级大学生创新训练项目。

三、结束语

高等学校创新创业人才培养的核心目标是培养学生基于专业的创新意识和创新能力。围绕这一目标,实验中心对热能工程实践教学平台构建、组织形式和教学方法等方面进行研究和探索,实现了创新创业人才培养与专业实践教学的有效融合,全面提升了学生的自主学习能力、工程实践能力、创新思维和创新实践能力,促进了教育教学水平和人才培养质量的全面提高。依托热能工程实践教学内容,学生申请并获批2018年度国家级大学生创新

创业训练计划项目2项,同时获批上海市级和校级大学生创新创业训练计划项目共计11项,各级项目覆盖学生56人。上海理工大学热能工程实践课程特色明显,成效显著,具有引领示范作用,可复制推广到其他高等学校的热能工程专业,同时可为工科专业实践教学改革提供参考和借鉴。

参考文献:

- [1] 黄幼川.对大学生创新创业教育改革的思考[J].实验室研究与探索,2017,36(3):226-230.
- [2] 凡凤仙.锅炉原理实验教学研究探讨[J].中国电力教育,2012(3):106-107.
- [3] 胡晓红,金晶.燃烧学实验教学的改革与实践[J].上海理工大学学报(社会科学版),2015,37(3):297-299.
- [4] 路勇,马修真,韩伟,等.高校能源动力类专业实验教学改革研究与探索[J].理工高教研究,2010,29(3):118-120.
- [5] 潘雪涛,邬华芝,蔡建文,等.创新虚拟实验教学模式培养自主学习能力[J].实验室研究与探索,2014,33(11):72-76.
- [6] 龚德鸿,朱兵,顾红艳,等.能源动力类专业虚拟仿真实验设计与实践[J].教育文化论坛,2016,8(5):72-76.
- [7] 肖红霞.开放式实验教学对创新型应用人才培养的内在机理[J].实验室研究与探索,2011,30(8):326-328,335.
- [8] 徐曾春,胡平.开放式实验教学与创新性人才培养[J].中国大学教育,2015(10):82-85.
- [9] 申文达,董云凤,李可.启发式教学方法在电工电子实验教学中的运用[J].实验技术与管理,2012,29(4):265-266.
- [10] 吕晖,马晓红,赵华凤.高校实验教学对学生执行力和创新力的培养作用——光电类实验课程教学过程探索[J].实验技术与管理,2013,30(11):194-196.
- [11] 刘一明.参与式教学与大学生专业综合能力的培养[J].高等农业教育,2014(11):76-79.
- [12] 邢晓敏,李贻涛,张光烈.“全程参与式”教学方法的探索与实践[J].实验室研究与探索,2014,33(10):173-175,206.

(编辑:程爱婕)