

面向新工科建设“五维并举”的 “能量转换与利用”课程教学设计、创新与实践

张欣茹 姜泽毅 蒋滨繁 包成 张欣欣

(北京科技大学能源与环境工程学院热科学与能源工程系)

【摘要】“能量转换与利用”是能动、新能源和储能专业学生的一门课程。主要讲述能量转化与利用过程中的基本规律,常见能源热备和转换系统的节能评价方法,典型前沿能量转换与利用技术,是一门基础理论与实践应用并举的课程。基于当前“新工科建设”的大背景,针对教学中存在的问题:如课程基本概念、原理不易理解,方法难以掌握;教学中以知识讲授为主,教学氛围单一;学生在课堂外学习不足,教学效果受到限制;欠缺学以致用,学生实践能力培养有限等,我们采取了“五维并举”的教学创新,包括:以基础理论为核心、学科前沿为素材,重构课程内容;以课程思政为引领、师生交流为导向,丰富教学活动;以现代技术为手段、内驱自学为目标,开发教学资源;以实践理论为原则、创新竞赛为途径,引导学以致用;以多元评价为抓手、师生互评为主线,完善教学评价。通过近几年的教学实践和反馈,发现教学创新模式受到了学生认可,不仅提升了学生对理论知识的理解和吸收,还促进了实践能力的培养,教学成效明显。

【关键词】能源动力专业 能量转换与利用 课程创新 新工科建设 课程思政

一、引言

能量转换与利用是能动、新能源、储能等专业三年级学生的一门 32 学时课程,在国内多所高校都同步开设。该课程主要讲述能量转化与利用过程中的基本规律,常见能源热备和转换系统的节能评价方法,典型前沿能量转换与利用技术^[1,2];是一门基础理论与实践应用并举的课程,与当前“能源革命”“碳中和”“绿色制造”国家战略导向关系密切,也是能动专业“新工科”建设中非常重要的一门课程。^[3,4]

在教学中,我们落实“以学生发展为中心”的理念,遵循“原理方法突出经典,案例素材瞄准前沿,教学内容学以致用,教学手段灵活新颖,教学过程融入情怀”的原则(图 1),旨在培养学生掌握能量转换利用过程基本原理和节能评价方法,了解新时代能源领域国家战略和重大需求,提升解决实际节能问题的能力。近几年,我们针对在课程教学中面临的一些痛点问题,逐步开展了以“五维并举”为核心的教学创新,不仅提升了学生对理论知识的理解和吸收,还促进了对学生实践能力



图 1 课程的设计理念、教学指导原则和教学目标

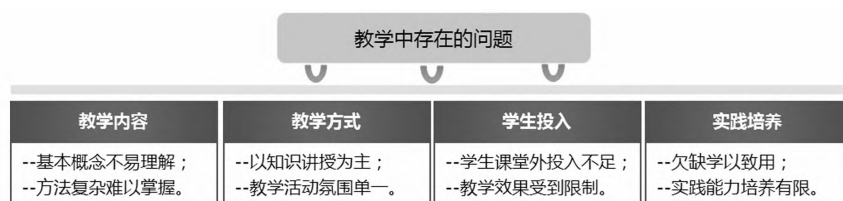


图 2 教学中面临的痛点问题

的培养,教学成效明显。

二、教学中面临的问题

能量转换与利用课程在我校已开设 30 余年,基础扎实,学生选修比例很高。在多年的教学中我们发现以下问题(图 2):如学生们普遍觉得课程基本概念原理不易理解,方法较为复杂难以掌握;在教学中多以知识讲授为主,教学活动氛围单一,不利于师生间交流互动;学生在课堂外学习不足,教学效果受到限制;欠缺学以致用,学生实践能力培养有限等。

1. 基本概念原理不易理解,方法复杂难以掌握

能量转换与利用是一门以热力学、流体力学、传热学、燃烧学为基础^[5,6],学习能量系统评价方法的课程。课程中会学到大量抽象的新概念和新方法,如“焓、热量焓、工质的焓、焓平衡、焓分析法、焓分析法、能级分析法”等;也需要结合数学技巧和清晰的物理概念来掌握能量转换与利用评价的“焓分析方法”和“能级分析法”。对于这部分基础理论,学生们易产生畏难情绪,导致对概念和方法的理解缺乏深度,影响实践应用。

2. 以传统的知识讲授为主,教学活动氛围单一

在实际教学中,该课程以基础理论的讲解和基础理论在实际能量系统中的节能分析应用为主线,重点培养学生能够运用基本理论(焓分析方法、能级分析法)分析能量转换过程中能耗损失关键环节的技能,着力提高学生解决实际问题的能力。因此,课堂中常结合多媒体,配合板书和简单的课堂讨论,以传统的知识讲授法为主,教学活动较为单一,课堂氛围也欠活跃,影响了学生的课堂参与度,降低了学生的融入感、学习兴趣和对知识的理解吸收。

3. 学生在课堂外学习不足,教学效果受到限制

通过课程匿名调研发现,对于专业课程,由于除教材外没有其它适宜的教辅资源,约 70% 学生

不会课前预习;约 40% 学生不会课后复习,普遍依赖于“随堂听讲”和“考前磨枪”。然而,由于课程中一些基本概念不易理解,焓分析方法也需一定数学技巧和物理分析;如果没有充足高效的课外投入,学生将无法清晰理解新概念和新方法,这在很大程度上限制了学生对课程知识的消化吸收和实际运用。

4. 欠缺学以致用,对学生实践能力的培养有限

能量转换与利用是一门“基础理论与实践指导”并举的课程,所学相关能量系统评价方法,可有效指导工程实际中系统能效评估和节能策略的制定。然而,教学中发现由于学生对新的前沿能量转换利用技术欠缺了解,对能量转换与利用评价方法的领悟不深刻,且在课后缺乏有效指导,导致学生的“学以致用”非常有限,不利于对学生创新实践综合能力的培养。

三、“五维并举”的教学创新实践

针对上述四个问题,我们从“重构课程内容”“丰富教学活动”“开发教学资源”“引导学以致用”和“完善教学评价”五方面,采取了“五维并举”的教学设计、创新和实践(图 3)。

1. 以基础理论为核心、学科前沿为素材,重构课程内容

针对基本概念不易理解,分析方法难以掌握的教学问题,考虑到基本原理、方法的经典性,以及各种新型能量转换与利用技术的更新换代,教学中,我们以“课程开篇→理论基础→实践应用→前沿拓展”为主线,采用“凝练整合基础理论,融入学科前沿素材”的方案,设置了 4 章内容(图 4),对课程内容进行了全面重构。

教学中各部分主要内容及知识点间层层递进,相互关联。在基础理论部分(第 2 章),重点介绍焓分析方法,简要介绍熵分析法和能级分析法,并将焓分析方法凝练为 3 个模块:焓计算、焓平衡与焓损失、焓效率与焓分析。在教学中,以解决实际问题为驱动,层层引入对每个模块的学习;同



图 3 课程教学设计创新

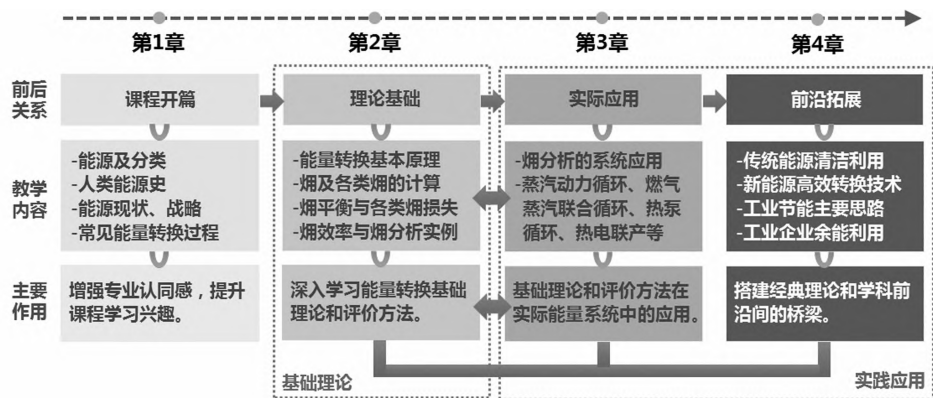


图 4 课程教学内容设计与重构

时,在每个模块的讲解中,融入学科前沿,深化学生对理论的理解和应用。如在压力焓中,以压缩空气储能技术为案例;在混合气体焓中,以高效节能气体制备技术的开发为背景。在实际应用部分(第3、4章),引入了全新的案例素材,如热泵系统、新型中低温余热利用技术、煤炭清洁利用技术、燃料电池、储热储冷、能源领域时事热点等;并以学生专题报告的形式,促进学生对前沿学科知识的自主探索,提升学习兴趣和教学效果。

2. 以课程思政为引领、师生交流为导向,丰富教学活动

针对传统的知识讲授法中教学活动比较单一,教学氛围缺情怀、欠温暖的问题,教学团队以“国家观念”“文化自信”“价值取向”“精神引领”四个思政主题为抓手,在课堂上于细微处融入“能源革命”“能源安全”“和合理念”“大道至简”“共建美丽中国”“绿色发展与绿色制造”等思政元素,在抽象的逻辑推理中融入形象的情怀感染,在知识传授中渗透价值和精神引领,提高了学生的学习兴趣,深化了对专业的认同,强化了学习效果。

在教学中,我们还全程使用“雨课堂”,通过发布课堂小测、投票互动、摇一摇等环节,活跃了课堂氛围。另外,还以促进师生交流为目标,设置了“好书共读共赏”“前沿技术报告”“课后师生共学”等教学活动。如在“好书共读共赏”中,推荐学生阅读《能源传——一部人类生存危机史》《智慧能源——我们这一万年》等科普读物,并在课上简短赏析。在“前沿技术报告”中,安排两个模块的专题报告:传统能源清洁利用和新能源转换利用技术,为学生提供30余个可选主题,引导学生自组队,完成专题报告,进行课堂展示。在“课后师生共学”中,以组织专题报告为契机,逐组和学生讨论所调研技术的内涵和报告准备。通过以上教学活动,有效增进了师生交流和情感互动,创建了高融入感的课堂氛围。

3. 以现代技术为手段、内驱自学为目标,开发教学资源

针对课堂外学生对课程学习投入明显不足的问题,考虑到信息化大环境下,学生普遍偏好于从图片和视听素材中获取信息,因此,为有效调动学

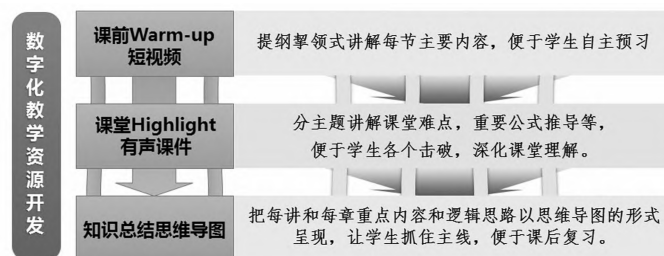


图5 教学资源建设

生在课堂外对课程的自主学习,教学团队开发了数字化教辅资料(图5),包括“课前 Warm-up”短视频、“课堂 Highlight”动态有声课件、“知识总结思维导图”等。在“课前 Warm-up”短视频中,提纲挈领式讲解每节主要内容,便于学生自主预习。在“课堂 Highlight”动态有声课件中,分主题讲解课堂难点,重要公式推导等,便于学生各个击破,深化课堂理解。在“知识总结思维导图”中,把每讲和每章重点内容和逻辑思路以思维导图的形式呈现,让学生抓住主线,便于课后复习。同时,教学中全程使用“雨课堂”语音直播,同学们在课后也可回放课程,查漏补缺,进行知识点温习。

通过开发多种教学资源,充分利用视频、动态有声课件、思维导图、雨课堂回放等数字化素材的知识集成性和文、图、声、意并茂的优势,教学团队创新了“非课堂、立体化、全方位”的教学空间,为学生的自主课前预习和课后复习提供了多种的资源,进一步拓展了课堂教学。

4. 以实践理论为原则、创新竞赛为途径,引导学以致用

针对课程理论知识如何在课堂外学以致用,考虑到大三学生们可参与的学科竞赛非常丰富,并已具备了一定的专业知识和技能,且乐于通过团队合作来探索前沿技术,同时,考虑到本课程的基础理论与实际应用部分均与“节能减排”的国家需求密切相关,因此,教学中团队及时指导学生将所学典型能量系统评价方法(如能量分析法、熵分析法、焓分析法、能级分析法),应用到各类学科竞赛和创新训练的“节能技术”设计和开发中,科学评价参赛作品的节能潜力,有效地延展课堂知识,实现学以致用。

近几年来,教学团队以课程为依托,以指导学生科技创新竞赛为途径,建立起了“理论方法-学科竞赛-创新训练-能力培养”的互促发展模式。已指导约 20 组学生参与各类科技创新竞赛,其中

8 组学生获国家级和省部级奖项,团队教师也多次被评为“学科竞赛优秀指导教师”。通过上述做法,切实提升了学生的实践能力,推进了创新性、应用型人才的培养。

5. 以多元评价为抓手、师生同评为主线,完善教学评价

课程考核中,增加了过程评价,采用了多元化评价方式,包括:平时作业、课堂小测、专题报告、期末闭卷考试。其中:平时作业占 10%,采用等级制评价(ABC 三等);每次作业上交即为 2 分。课堂小测占 10%,采用 5 分制给出分数,3 次小测成绩平均后,折成 10 分。专题报告占 20%,成绩由 3 部分组成,组内成员互评分(占 10%),学生打分(占 40%),教师打分(占 50%);满分 100 分,折成 20 分。期末考试占 60%,闭卷考试,满分 100 分,折成 60 分,同时在考试中加强综合分析性题目。通过多元化评价,加强过程考核,增设专题报告团队学习,减少了“考试突击”得高分的现象,也提升了学生的学习效果和综合能力。

除改善对学生学习效果的评价外,团队还调研学生对教师授课方式,授课内容的建议,并及时改进。通过逐年对教学内容和教学方式的补充、完善和改进,提升了学生对课程的满意度。

四、教学成效

本课程通过教学设计创新,凝练经典理论,融入前沿素材,重构了教学内容;增设了多种教学活动,以课程思政和多种活动促进师生交流互动为手段,创新了教学氛围;通过开发数字化教学资源,助力了学生的课前预习和重、难点复习;通过指导学生在学科竞赛中实践课程基础理论,深化了教学效果。校内教学评价显示,该课程近 3 年评教和排名名列前茅(2020 年度:100.00 分;2019 年度:98.79 分;2018 年度:100.00 分),教学创新模式受到了学生的认可。总体而言,课程中的教学创新理念和做法,适于大部分工科专业课程,具

有推广应用价值。

五、结语

基于“新工科”建设的大背景,能量转换与利用教学针对教学中存在的问题:如课程基本概念、原理不易理解,方法难以掌握;教学中以知识讲授为主,教学氛围单一;学生在课堂外学习不足,教学效果受到限制;欠缺学以致用,学生实践能力培养有限等;我们采取了包括:重构课程内容、丰富教学活动、开发教学资源、引导学以致用、完善教学评价在内的“五维并举”教学创新和改革。近几年教学实践中,团队多次获得北京科技大学“青年教师教学比赛”奖项;还以课程为依托,以指导学生科技创新竞赛为途径,建立起了“理论方法-学科竞赛-创新训练-能力培养”的互促发展模式,指导几十名学生获国家级和省部级创新竞赛奖,团队教师也多次被评为“学科竞赛优秀指导教师”。教学反馈中,我们发现上述教学创新模式受到了

学生认可,教学成效明显,可在能动类专业课程的建设中推广应用。

参 考 文 献

[1] 汤学忠. 热能转换与利用[M]. 第2版. 北京:冶金工业出版社,2002.
[2] 傅秦生. 能量系统的热力学分析方法[M]. 西安:西安交通大学出版社,2005.
[3] 王富强,张传新,于秋红,等.“能源与动力工程专业”阶梯式科教融合的教学方法对创新人才培养的探讨[J]. 教育教学论坛,2020(15):226-228.
[4] 王静静,冯妍卉,夏德宏,等. 能源动力类专业大系统观人才培养模式[J]. 中国冶金教育,2020(2):15.
[5] 黄军,武文斐,张智羽,等.“新工科”背景下能源与动力工程专业《传热学》案例教学改革与实践[J]. 科技创新导报,2020(2):226.
[6] 沈维道,童钧耕. 工程热力学[M]. 第5版. 北京:高等教育出版社,2016.

(上接第45页)培养模式;建立基于绿色能源岛、虚拟仿真科研教学平台以及产学研结合的新能源方向研究生培养支撑体系,以期为新能源领域高层次人才培养及其他交叉学科方向研究生培养的改革提供借鉴。

参 考 文 献

[1] 习近平. 科技是国家强盛之基,创新是民族进步之魂[N]. 人

民日报,2014-06-10(1).
[2] 陈代芬,孔为. 学术型研究生培养方案改革和创新能力培养[J]. 中国电力教育,2012(31):12-13.
[3] 薛亚平,雷卫宁,贝绍轶,等. 面向新工科的专业学位研究生培养体系研究[J]. 教育现代化,2019(43):5-7.
[4] 张瑛媛,徐泉,周红军. 新能源领域的跨学科研究生培养模式困境与对策探析[J]. 教育教学论坛,2019(44):229-230.