

学科前沿课程与研究生创新实践能力培养

林志勇¹, 李自然²

(国防科学技术大学 1. 航天科学与工程学院; 2. 研究生院, 湖南 长沙 410073)

摘要: 结合“高等燃烧学”研究生课程教学, 从以下三方面探讨了如何在学科前沿课程中培养研究生学习和科研兴趣, 进而提升创新实践能力: (1) 课程建设内容兼顾教师及课题组的科研经历及最新研究成果。(2) 课堂讲授结合基本理论和前沿知识。(3) 课程实践有层次有针对性地设定实践内容, 从课堂演示、实验观摩到直接动手参与三个层次组织开展。

关键词: 前沿课程; 实践教学; 课程建设; 创新能力培养

中图分类号: G643 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-8874(2017)01-0116-05

On Frontiers Course of the Discipline and Cultivation of Innovative Practice Ability of Graduates

LIN Zhi-yong¹, LI Zi-ran²

(1. College of Aerospace Science and Engineering, 2. Graduate School, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Based on the experience of teaching the “Advanced Combustion Science” graduate course, how to cultivate the graduate students’ interests of learning and researching, furthermore improve their capacity of innovation and practice, has been discussed from following three aspects in subject forefront curriculum teaching. First, the teachers’ researching experience and the newest research results should be involved in the curriculum construction contents. Second, the basic theory and the forefront knowledge should be combined in the process of teaching. Third, the curriculum practice topic should be determined on the basis of the specific research projects, and the practice should be organized from three aspects: presentation in class, on-scene observation in laboratories and participating-type experiment courses.

Key words: forefront curriculum; practice teaching; curriculum construction; innovation capacity cultivation

本文以“高等燃烧学”课程为例, 分析学科前沿课程的特点及其意义, 进而从课程建设内容、课程讲授方式和重点, 以及实践教学与课堂讲授相结合三个方面, 论述在学科前沿课程教学中, 培养研究生创新实践能力的教学体会。

一、课程教学改革的背景

与其他类型的研究生课程相比, 学科前沿课程既有相对系统的理论知识, 又涉及最新的科研

进展,还能充分发挥实践教学特点,直接培养研究生的动手实践能力。这有助于培养研究生的学习科研兴趣与创新探索意识,并进一步拓展研究生的知识面,为选择合适的学位论文研究方向提供重要的知识与技能储备^[1]。

以国防科学技术大学开设的“高等燃烧学”研究生前沿课程为例。燃烧是常见的物理现象,燃烧问题具有普遍的应用意义,燃烧学本身具有明显的专业性和前沿性。然而传统的“高等燃烧学”课程教学,不仅容易受到理论晦涩,知识体系不够直观具体的限制,且容易因为研究对象的单一和狭窄,形成课程研习的小众化趋势。针对这一特点,课程责任教研室自2009年秋季学期开始,逐步推开该课程的教学改革,在充分借鉴国内外高水平大学建设同类课程的有关经验的基础上^[2],充分发挥授课教员在航空航天先进推进领域中研究多年的经验优势,强调将课程内容与先进推进领域中燃烧基础科学和先进研究手段的发展相结合,强调将最新的科研实践、科研成果与基础理论相结合,强调课程实验教学环节与课堂授课相结合,从而较好地发挥了学科前沿课程理论性、前沿性和实践性的三大特点。与此同时,教员还注意在课程教学中,结合自身科研实践,引导学生关注燃烧学前沿领域,帮助学生打开探索未知世界的大门,培养浓郁的学习兴趣,并进而指导创新实践。教学改革进行,逐渐形成了一定的课程建设经验,也取得了较好的教学效果,在相关学科专业方向的研究生当中积累了一定的学术声誉。

二、课程建设突出前沿,强调学术背景

前沿课程虽然有课程大纲,但是讲课具体内容通常并不固定。因此,课程内容和建设情况,将直接影响着是否能调动学生的学习兴趣和听课效果。总结国防科学技术大学“高等燃烧学”课程内容建设的经验,具体有以下几方面:

(一) 授课内容结合教师课题组的科研经历和最新研究进展

前沿问题要讲深讲透,并且让学生听了感兴趣,最好是授课教师亲身经历过的。同时,前沿课程涉及面一般较广,要想在各个方面都亲身参与过研究几乎是不可能的,所以讲授学科前沿课

程的教员,就不应该停留在简单地按纲讲授基础理论上,而需要从基本概念入手,通过系统地分析,结合实践案例,帮助研究生把问题吃透,消化好,并通过指导研究生阅读相关文献,整理出这一研究方向上的最新进展和发展趋势。在具体授课方式上,除主讲教师授课外,还可以引入研讨性环节,通过教员,或者邀请其他在某一授课内容上有深入造诣的教员和学生一起探讨教学内容,确保课程教授内容的具体直观,进而达到丰富授课内容,扩充学术视野,培养学术兴趣的目的。

国防科学技术大学开设的“高等燃烧学”课程,直接面向高超声速推进技术的工程应用,包含化学动力学前沿与进展、湍流燃烧、超声速燃烧、爆震燃烧和燃烧激光诊断等五大内容,几乎涉及推进技术中燃烧的各种基础问题和研究手段。在实际教学中,授课教师对上述方面都有所涉猎,在课程建设阶段就对课程的外延和内涵建立了充分的认识和理解,从而为讲授这门学科前沿课程打下了坚实的师资力量基础。在授课过程中,由于密切参与科研项目,实践应用中的例子可以做到信手拈来,从而确保了授课内容能够对修课研究生的科研实践,发挥积极而具体的指导作用。

(二) 授课内容结合具有重大应用背景的基础问题

首先,具有重大应用背景的基础问题,可能是国际上近期正在重点攻关的难点,引导研究生了解或掌握相关知识,不仅有助于扩展知识面,甚至可以推动今后开展深入的科研工作。其次,这些基础问题和研究方向往往还是国际上的研究热点,有些学术方向可直接作为研究生的学位论文方向。如此,研究生在学习前沿课程时,就有了学习的具体目标和针对性,从而将对某个具体问题的兴趣,扩展到对整个研究领域和外围知识的兴趣。此外,在课程建设时,还有必要把不同研究方向中涉及的基础问题、共性问题进行提炼和分析,甚至对本课程与其他学科领域间存在的内在联系进行提炼,尽可能地帮助研究生建立系统完整的课程理论体系。

我们建设的“高等燃烧学”课程,内容涉及液体火箭发动机、超燃冲压发动机和爆震发动机等各种航空航天推进系统的理论与实践问题,大多是当前国际上研究的热点和难点,而课程课时又非常有限,于是在课程建设的初始阶段,就直

接从实践应用出发,充分提炼出湍流燃烧、超声速燃烧、爆震燃烧等几种最基本燃烧现象的本质问题,并以此为突破口,进行重点讲授。同时,对这几种燃烧问题之间的联系进行归纳,指出其中的一个共同问题就是化学反应动力学问题,进一步引导研究生认识到深入研究这些基础问题的重要途径之一,就是先进的光学诊断技术,从而引出了燃烧流场激光诊断技术章节。同时,考虑到超声速燃烧的主要应用对象是超燃冲压发动机,而在具体科研中,超燃冲压发动机中存在局部的爆震燃烧问题,并且其中湍流燃烧起到了枢纽联系作用。于是,在对这些教学内容进行设计时,就有意识地把不同章节的相关内容,通过在一个具体问题中集中体现,从而体现了课程知识点之间的联系,实现了授课内容的有机统一,并将授课内容面向重大应用问题进行了有效扩展。

(三) 课程内容必须是开放的、具有较强的可扩展性

虽然学科前沿课程涉及的大多数基础理论相对固定,但是对于实际问题的认识却有一个不断深化、且基础研究的技术手段也在不断更新发展的过程。因此,一门成功的前沿课程必须坚持与时俱进、实时更新,确保课程内容具有开放性,课程知识体系具有较强的可扩展性。

在“高等燃烧学”课程建设中,我们抓住学科发展与前沿中的本质问题,设计教学内容;围绕各种推进技术中的燃烧本质问题,设计研讨探究环节;结合最新基础问题、应用技术以及工程项目的攻关进展,讲解知识的衍变过程和技术的发展趋势。此外,在每年课程备课阶段,还注重随时更新知识,充分发挥网络优势,对教学内容进行不断地更新和充实,并鼓励研究生在老师的指导下,根据课堂上学到的知识,在网上搜寻相关内容,自行补充学习内容,也确保了课程教学内容始终不落伍、不脱节。

三、课堂授课突出概念,强调知识联系

(一) 重点讲清基本的物理概念

学科前沿课程通常知识点新、概念多且艰深晦涩,即便是对于具备一定知识基础的研究生而言,学习也具有一定的难度。因此,讲授学科前沿知识课程时,要特别注重突出几个重要概念,

尽可能地用通俗易懂的语言,为研究生讲清讲透,使抽象的内容形象化,枯燥的内容生动化,让研究生深入领会课程所涉及的概念、公式、定律等内涵与外延,从而以点带面,串起对整个课程理论体系的全面把握与消化吸收。

例如“高等燃烧学”课程中,湍流燃烧一章涉及知识点非常多,难度相对较大。针对这一特点,设计授课内容时,首先从湍流的概念入手,通过引入现实生活中的几个现象,重点把湍流相关的几个重要物理概念及其相互之间的联系讲透彻,帮助学生建立对湍流及湍流燃烧物理概念的清晰认识,再层层推进,从重点参数的物理概念入手,解释相关方程和模型等,从而抽丝剥茧地引导学生深入探究湍流概念之下,所蕴含的燃烧学理论本质与科研方法。

(二) 处理好基础理论和前沿知识间的关系

前沿课程要结合本学科最新的研究成果和科技进展,同时又要保证课程的系统性和理论性,所以讲课中必须把基础理论和前沿知识结合起来。但一般而言,前沿课程课时量相对较少,而广度和深度的跨度却很大,所以不能像基础课程那样面面俱到地介绍基础理论知识。针对这一特点,在讲课中就要充分展现知识理论如何应用于前沿科研,以及前沿科研又包含哪些知识理论,这样的问题,并把基础理论和前沿知识之间的逻辑关系探讨清楚,廓清其中的不同,这样才能把握住授课的主线,同时也才能使研究生对“基础理论问题来自科研实践,也是为了解决科研前沿问题”这一命题有了具体深入的理解,并在授课过程中,无形中向研究生传授了如何把基础理论和前沿进展问题联系起来开展研究的方法论。

以“高等燃烧学”课程为例,关于火箭发动机中的燃烧理论,涉及两相湍流燃烧、颗粒燃烧、喷雾燃烧等多种基础燃烧模型和理论,在课程讲授时,就重点以高超声速飞行器发动机燃烧流场为例,从燃烧现象的简化模型出发,逐渐引入实际工作状态的相关影响因素,着重引导学生加深对燃烧与流动过程数值模拟方法的理解和掌握,为探索理论发展和开展实验结果分析奠定基础。

四、实践教学突出应用,强调技能拓展

前沿课程往往针对某一学科具有重大应用前

景的问题而设, 有很强的科研实践性, 因此应该把基础理论、前沿讲座和科研实践三者统一起来, 创造条件引导研究生积极投入到思考、参观、探索和主动研究等实践活动中来^[3]。这不光对于讲课效果能起到事半功倍的作用, 而且还可充分培养学生的创新意识和动手能力。结合“高等燃烧学”的教学实践, 我们主要通过以下三个层次来达到这一目标: 教师课堂演示实验、组织学生到实验室观摩、分组组织学生直接参与实验。

(一) 课堂实验演示

由于是课堂教学, 需要考虑实验件简单易带、安全可靠, 采用的实验测量手段也力求简单且直观, 且还要重点注意实验对象能让学生容易接受。授课时, 教师选取平时日常生活中常见的对象, 在课堂中点出其不寻常之处, 并以此引出讲课内容, 从而充分调动学生听课主动性; 针对这些实验对象, 引导学生用课堂讲授的基础理论来解释或分析其中的物理机理, 进而培养学生的思维能力和创造力; 组织学生针对特定问题, 开展拓展性研讨, 在对学科前沿问题发散性思维中, 碰撞出创新的火花。

比如在“高等燃烧学”课程讲课中, 授课教师经常带一个常见的酒精灯在课堂上演示, 通过从酒精灯外焰比内焰温度高的常识入手, 针对火光较淡的外焰, 温度反而更高这一与直觉效果不一致的现象, 调动起研究生的听课积极性, 引出化学动力学章节内容; 通过对酒精灯火焰结构的分析, 又引出湍流燃烧章节中扩散火焰的概念, 再用一个热电偶现场对温度进行测量, 通过对测量误差进行探讨, 提出激光诊断在燃烧流场研究中的必要性; 在激光诊断技术章节中, 再次借用酒精灯, 探讨采用 CARS 技术对酒精灯火焰结构进行测量可能会出现的问题等。这样, 通过一个很简单的实验装置, 一环套一环地展开课堂理论讲述、实验演示和探讨, 帮助研究生从日常生活中发现和思考科学问题, 并启发学生去思考如何运用特定的实验技术手段, 针对某一问题从现象到本质地开展科学研究。

(二) 组织到实验室实践教学观摩

一个完整的科学知识体系包含两大部分: 一是静态的知识, 它以学科的研究成果体现出来; 二是动态的知识, 它是在学科的研究过程中体现出来的^[4]。课堂上的讲述大多是静态的知识, 而实验室则是开展科学研究和学习动态知识的地方。

学科前沿课程与实验室科研实践相结合, 通过组织研究生到实验室观摩实践教学, 把课堂中讲的理论知识及其在科研中的应用情况, 经现场实验演示直观地展示出来, 如此就能更好地展示理论知识在应用实践中的作用, 并帮助研究生加深对实验操作技能的理解。

在“高等燃烧学”的实践教学中, 授课教员重点注意了以下几个问题。一是提前把相关理论知识讲述透彻, 并结合实验室具体设备进行介绍。二是观摩前制定明确的目标, 提前布置思考题, 以便在实验现场能够开展互动交流。三是实验结束后, 把演示观摩的实验进行精炼, 将类似的实验进行对比讲解。四是在组织撰写实验总结报告阶段, 引导学生对一些基础问题和应用前景进行调研、思考并提炼。例如, 在高超声速推进技术实验室里, 授课教师以平面火焰炉层流火焰为研究对象, 把测量一点温度的 CARS 技术、测量一条线温度的 TDLAS 技术, 以及测量一个平面上组分和温度的 PLIF 技术进行对比分析, 让学生在观摩实验的过程中, 认识各种技术手段的优缺点和适用范围, 并提出一个在超燃中定量测温的实际应用例子, 组织学生在总结报告中设计实验方案展开探讨。

(三) 直接参与科学实验

组织学生直接参与科学实验, 这一环节离科研实际更接近, 但应用到课程教学, 则对授课教员将研究对象和科学问题本质的充分提炼能力提出了较高的要求。我们的做法是, 结合授课教师正在开展的具体科研项目, 设计能充分体现基础理论特征和学科发展前沿的项目, 分组进行实验。组织过程中, 重点注意了以下几点: 一是尽可能地运用基础理论知识和先进实验手段, 研究目标明确, 技术方案切实可行。二是提前做好实验预案, 注重设计多种可能的实验结果, 探索最终“答案不止一个”的实验结论。三是充分发挥学生的主观能动性, 组织研究生分组自由设计探索项目, 讨论制定实验大纲和实验流程, 并进行实验分工。四是在实际开展实验的过程中, 引导学生及时发现并抓住特殊现象, 从点滴现象观察到深入理论分析, 从偶然实验现象到规律性结论, 在实验中锻炼实践操作和分析总结能力。五是实验结束后, 结合实验结果的误差和不确定性分析, 组织研讨在更加复杂的环境下, 出现其他问题的可能性和解决对策。

五、小结

国防科学技术大学开设的“高等燃烧学”是一门面向研究生层次的学科前沿课程,每年开设一个教学班次。经过连续7年的教学改革,在将学术前沿背景和经典理论体系相融合,开展问题引导下的研究生创新实践能力培养方面,取得了一定的经验,也获得了修课研究生的好评。近年来,几乎每名修课研究生都在教学效果评价中,给出了积极、正面和肯定的评价,综合满意度趋近于100%,选修该课程的人数,也从最初每个班次的四五名,逐步扩大到二十余人的规模。然而,随着信息技术与教育改革的深入进行,该课程改革也面临一些新的问题,诸如对研讨性教学环节,经实践验证效果良好的SPOC教学模式引入该课程教学的探索还不够深入;建设MOORE平台,创设在线式课程教学创新实践条件还不够成熟;课时

较少和内容较多之间的矛盾也还未能从根本上予以解决。下一步,课程建设相关人员将致力于解决上述矛盾和问题,通过推进线上与线下教学相结合的教学模式改革,进一步提高该学科前沿课程在培养航天先进推进领域高层次高素质创新型人才方面的效用。

参考文献:

- [1] 侯静,贺军涛.学科前沿与基础教学相融合的研究生课程教学[J].高等教育研究学报,2006(1):65-66.
- [2] 何文广,李伟,刘桂波,等.高校实践教学的几点思考[J].黑龙江科技信息,2013(10):168-169.
- [3] 李元元,李正,徐向民.改革实践教学模式培养创新型工程人才[J].中国高等教育,2006(23):31-32.
- [4] 徐国财.讲授前沿课程促进教学相长[J].化工高等教育,2004(2):93-95.

(责任编辑:胡志刚)

(上接第107页)

空和航天相结合的设计理念,培养学生综合运用航空航天相关理论知识解决问题的能力。

2. 加强课程资源库建设。进一步丰富课程资源库的内容和形式,搜集与国内外新型飞行器紧密相关的视频资料,优化课程资源组织方式,为学生自主学习提供便捷、丰富的平台。

3. 改进课程组织形式。目前在课堂授课环节仍存在老师与学生互动性不够的问题。下一级段将通过加强课前预习和课堂研讨环节,激发学生自主学习的热情,提高学生课堂参与度。

参考文献:

- [1] 顾佩华,包能胜,康全礼,等. CDIO 在中国(上)[J]. 高等工程教育研究,2012(3):24-40.
- [2] Tian J E. A design approach in an Introduction to Engineering course[C]//ASEE Annual Conference and

Exposition, Conference Proceedings, Indianapolis: American Society for Engineering Education,2014:1-8.

- [3] Lengsfeld C S, Edelstein G, Black J, et al. Engineering concepts and communication: A two-quarter course sequence[J]. Journal of Engineering Education, 2004(1):79-85.
- [4] 刘超英.工科专业导论课一体化设计的基本原则探究——基于对MIT航天工程导论课程一体化设计的分析[J].宁波工程学院学报,2012(2):73-77.
- [5] 苏春,张继文.美国里海大学“工程实践导论”新生研讨课的组织与实施[J].东南大学学报:哲学社会科学版,2011(增刊):131-133.
- [6] 姚立根,王学文.工程导论[M].北京:电子工业出版社,2012:1-200.
- [7] 顾佩华,包能胜,康全礼,等. CDIO 在中国(上)[J]. 高等工程教育研究,2012(3):24-40.

(责任编辑:陈勇)