

以应用效果为导向的研究生自主学习 - 互助 教学模式研究

——以“推进系统试验方法”课程为例

张宇, 吴建军, 王墨戈, 车碧轩, 李清廉

(国防科技大学 空天科学学院, 湖南 长沙 410073)

摘要: 针对研究生课程教学中普遍存在的课程教学方式单一、课程考核评价体系简单、学员创新实践能力不足等问题, 本文提出以应用效果为导向的自主学习 - 互助教学模式。在教学案例设计、课程知识体系重构、自主 - 互助教学实施、应用效果评价等方面开展“推进系统试验方法”课程教学改革, 构建“项目案例 - 自主学习 - 互助教学 - 应用实践 - 效果评估”闭环教学模式, 使学员在“师 - 生”角色的转换中加深对于课程知识点的理解, 提升学员分析和解决问题的能力, 培养学员团结协作、自主创新的精神, 为研究生实验类课程教学改革提供有益参考。

关键词: 自主学习; 互助教学; 教学改革; 应用效果

中图分类号: G642 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 - 8874 (2022) 01 - 0102 - 06

Research on Application Effect Oriented Postgraduate Autonomous Learning and Mutual Aid Teaching Model: Taking the Course of “Propulsion System Test Method” as an Example

ZHANG Yu, WU Jian-jun, WANG Mo-ge, CHE Bi-xuan, LI Qing-lian

(College of Aerospace Science and Engineering, National University of Defense Technology,
Changsha 410073, China)

Abstract: In view of the common problems in graduate course teaching, such as unvarying course teaching method, simple course assessment and evaluation system, students' lack of innovation and practice ability and so on, this paper puts forward an application effect oriented autonomous learning and mutual aid teaching mode. Teaching reform of the course “promoting system test method” was carried out in the aspects of teaching case design, reconstruction of curriculum knowledge system, implementation of autonomous learning and mutual aid teaching model, application effect evaluation, and so on. Then a closed-loop teaching model of “project case-autonomous learning-mutual aid teaching-application practice-effect evaluation” was built, so as to deepen the students' understanding of knowledge points in the transformation between teachers and students, improve the students' ability to analyze and solve problems, and cultivate students' team spirit and innovation ability, which can provide useful reference for the teaching reform of graduate experimental courses.

Key words: autonomous learning; mutual aid teaching; teaching reform; application effect

一、引言

强军兴国, 关键靠人才, 基础在教育。研究生是国家现代化建设和夺取科技制高点的重要支撑力量。近年来, 随着高等院校学科建设的迅猛发展, 研究生教育日益成为高等院校高层次、高素质人才培养的重点和核心^[1]。当前, 课堂教学仍是高校研究生教学中的核心环节, 是学员学习理论知识、掌握科研技能的主要渠道。然而, 研究生课堂教学普遍存在课程教学方式单一、课程考核评价体系简单、学员创新实践能力不足等问题, 究其原因没有针对研究生的专业背景和修课需求进行有效的课程教学方法设计。与本科生教学不同, 研究生课程教学的主要目的是为学员下一阶段的课题研究打下理论和技术基础, 因此研究生课程教学应尽量缩短理论知识学习与科研应用实践之间的距离。

“推进系统试验方法”是国防科技大学航空宇航科学与技术一级学科的研究生实验课程之一, 教学目的旨在使学员掌握航天推进技术研究过程中采用的试验方法及其理论基础, 掌握从事科学研究的试验技能, 并能够将这些方法与技能应用到科研实践中。从该课程以往的教学效果来看, 传统的课堂讲授形式容易导致学员在学习过程中不能集中注意力, 并且经常出现理论学习与实际应用脱节的现象, 学员不能有效地利用课堂学习的知识去解决实际问题, 导致学员的科研攻关能力和创新能力不足。针对上述问题, 围绕不同项目案例开展知识点的自主学习, 再通过学员之间的互助教学, 实现从知识点向知识域的补全覆盖, 其关键在于项目案例的合理设计、自主学习的有效驱动和互助教学的高效组织三个方面。

案例教学法是一种以案例为基础的教学方法, 以真实具体的案例为基本素材, 将学员引入特定的应用场景中, 通过教师与学员、学员与学员之间的多维互动, 促使学员理解、分析和处理问题, 实现对知识的自主学习与知识向能力的转化^[2]。广义上的案例教学法, 既包含经典成熟案例的课堂研讨, 也包含以解决具体任务为目标的项目式教学和具有一定创造性的研究型教学, 其复杂程度依次上升, 教师的中心地位依次弱化, 对学员高阶思维能力的培养效果则依次提高^[3]。现代案例教学法发源自美国哈佛大学, 目前美国研究生

的案例教学已经构筑起了非常完善的理论基础, 并建立起了良好的案例创作激励机制, 取得了显著的教学效果^[4]。

自主学习是案例教学法中常用的组织形式, 特别适合项目型和研究型案例教学。自主学习又称作自我调节学习, 其概念内涵不仅限于传统认知的“自学”, 是一种主动的、构建性的学习, 包含目标设置、计划和策略选择、行为执行及评价等多个阶段。在自主学习过程中, 教师的主导作用大幅削弱, 学员作为行为主体通过自主学习建立起对知识的认知^[5]。自主学习过程既是对知识点的认知过程, 也是对能力的塑造过程。自主学习所获得的知识相比教师直接讲授具有天然的亲和力优势。同时, 由于项目案例需要占用较多学员学习精力, 不可能让每一名学员对所有的项目案例开展自主学习。通过将学员分组, 各组围绕不同案例进行组内自主学习, 再通过组间互助教学, 可以高效实现对知识域的完整覆盖^[6]。

互助教学, 又称同伴互助学习。英国 Topping 教授和美国 Ehly 博士在 1998 年出版的《同伴互助学习》中将其定义为“通过地位平等或匹配伙伴积极主动的帮助和支援来获得知识和技能的学习活动”, 包含同伴间的指导、示范、教育、咨询、监督和评价等行为。互助学习已被证实有助于促进学员学习能力的发展和学习质量的提高。美国应用行为科学国家训练实验室的研究表明, 不同学习方式学习内容的保存率由低到高依次是听讲 5%、阅读 10%、视听 20%、演示 30%、小组讨论 50%、做中练 75%、教别人 90%。这一结果表明, 互助学习不仅有利于被辅导者, 也有利于指导者强化所掌握的知识^[7]。

案例法、自主学习法、互助教学法等创新型教学方法引入我国之后, 许多高校都尝试采用这些开放式、互动式的新型教学方式。任课教师将要学习的知识点放置到具体的情境中, 并设定一些相关的问题, 指导学员针对具体的问题积极思考、主动探索, 从案例分析中获得对知识本质的理解、对知识应用的启示, 再通过相互传授、讨论、评判等方式, 完成对知识的认知强化和对知识体系的全面覆盖。除课堂案例的短时研讨外, 国内高校还根据自身教学资源, 探索了参与创新竞赛、完成小型实践项目、解决具体科研问题的高阶模式^[8-10]。以国防科技大学为例, 在“火箭发动机动力学”课程教学中, 积极引入科研项目

的具体问题,师生互助,结合课程内容开展文献调研与问题分析,达到了良好的教学效果^[11];再如该校开展的小型火箭项目式案例教学,以本科生和研究生组成团队,开展小型火箭设计与实验,为学员提供了一个全方位认识典型飞行器的创新实践机会^[12]。

本文基于研究生实验类课程的教学特征,分析了“推进系统试验方法”课程的教学现状与问题,并有针对性地提出了基于自主学习-互助教学的课程改革措施,以引导学员创造性地运用知识和能力,自主地发现问题、研究问题和解决问题,为学员今后开展教学、科研和工程设计等工作奠定基础。

二、“推进系统试验方法”课程的教学问题

推进系统试验技术属于航空宇航推进理论与工程学科综合性的基础技术。“推进系统试验方法”课程旨在使学员掌握航天推进技术研究过程中采用的试验方法及其理论基础,掌握从事试验研究的试验技能,同时使学员能够将这些方法与技能应用到试验研究中,为学员深入开展推进系统的试验工作奠定理论知识基础和试验技能基础。课程内容涵盖了试验设计、各类推进试验系统及设备的工作原理与工作特性、重要测试仪器的工作原理与使用方法,学习试验数据的分析处理方法等,涉及推进系统试验的各个层面。通过对修课学员反馈意见的收集,结合授课教员的教学反思,我们归纳出以下几个方面的教学问题:

(一) 课程知识结构单一

“推进系统试验方法”是一门综合性实验课程,不同种类推进系统的物理原理、应用领域不同,其试验系统、方法及手段差异巨大。例如,大推力液体火箭发动机与空间精确冲量微推进系统之间的试验方法从原理到技术手段均不相同。在以往的课程教学过程中,只是将推进系统试验涉及的共性基础知识及方法进行讲授,再辅以1至2个应用案例。这样的课程知识结构,虽然可以在较短的时间内使学员掌握推进系统试验方法的相关知识,但忽视了学员对于知识探究过程的训练,不利于试验技能的培养。此外,全面系统的介绍所有类别推进系统的试验方法及其基础理论,必

然会减少对于推进系统试验方法的应用实践。单纯强调实践又容易使知识内容缺乏系统性,无法满足不同知识结构学员的需求,亦难以体现该课程与其他基础类课程的差异,导致课程教学效果降低。为解决这一矛盾,兼顾理论教学与应用实践,需在教学组织上采用系统的知识理论框架与丰富的实践组织方式,以兼顾教学内容的深度与广度。相比于基础类理论课程,该课程是在一定理论基础之上兼具实践性和灵活性。课程的实践性强,意味着要解决很多具体的应用问题;课程的灵活性强,意味着很多问题有着开放性的设计结果。

(二) 课程教学形式传统

“推进系统试验方法”具有理论与实践紧密结合的特点,内容偏重于应用性的试验手段。课程讲授中过于偏重试验系统,会使学员对器件的基础物理原理缺乏深层理解;当试验条件发生变化时,会影响学员对试验结果的预判能力。虽然课程已引入飞行器温度测量、推进剂流量测量等多种课堂案例,并开展了大作业分析等项目式教学,但课堂教学主要依照“教师讲解-学员学习”的传统教学模式,学员中心地位不够突出,自主学习能力锻炼不足,课堂案例也多以老师讲授为主,学员在教学活动中的参与度和体验感较差。以学员分组完成大作业的形式开展项目式教学,虽然能够调动学员的学习积极性和主动性,但教学案例库规模有限且案例体系性较差,缺乏以研究型教学案例为代表的高阶案例。

(三) 课程评价缺乏导向性

对课程学习效果的评价是教学过程中的一个重要环节,既是教员掌握学员学习效果的信息获取渠道,又是促进课程教学方法改进、提高教学质量的重要依据,也是学生检验自身课程学习效果、继续加强薄弱环节学习的重要反馈。以往“平时成绩(10%)+大作业(30%)+期末考试(60%)”的课程评价构成,虽然能够反映出学员平时学习、综合实践能力、课程内容综合掌握的情况,但对于学员学习效果进行评价的主体仍然是教员。教员与学员之间的单向评价会降低学员参与课程教学的活力。特别是实践教学环节,应当从课程的教学目标和学员的修课目的出发,以应用效果为导向进行教学效果评价,利用教学评价机制引导学员学习方向。

三、课程教学改革措施

针对“推进系统试验方法”课程教学中存在的问题，本文提出一种以应用效果为导向的自主学习 - 互助教学模式。通过构建学员自主学习 - 互助教学模式，解决学员课程学习积极性不高、课程内容理解不深入的问题；通过科研团队提炼、教学团队设计、专家名师把关的教学案例，解决学员理论学习与实际应用脱节、科研攻关能力和创新能力不足的问题；通过以应用效果为导向的学员互评机制，解决学员学习效果评价方式单一、评价标准不客观的问题。采取多线并举、交错进行的教学改革技术路线，如图 1 所示。对于项目案例设计，遵循“科研团队提炼、教学团队设计、

专家名师把关”的技术路线；对于课程知识体系，遵循“共基础 - 分技术 - 同分析”的技术路线，统一讲授试验设计基础理论，学员分组自主学习完成本项目案例所需的测量技术，通过相同的试验数据分析方法评价项目案例的完成效果；对于教学方法，采用“自主学习 - 互助教学”相结合的方式，项目组学员自主学习本项目所需的测量技术，项目组之间相互讲授本组的测量技术，并相互指导项目测量试验开展，在教与学中使所有学员掌握本课程的全部试验测量技术。通过课程教学改革，以期增强学员的课程参与积极性，提升团结协作和动手实践能力，为研究生课程教学改革提供参考，为国家和军队培养素质过硬、创新能力突出、综合能力全面的研究型人才。

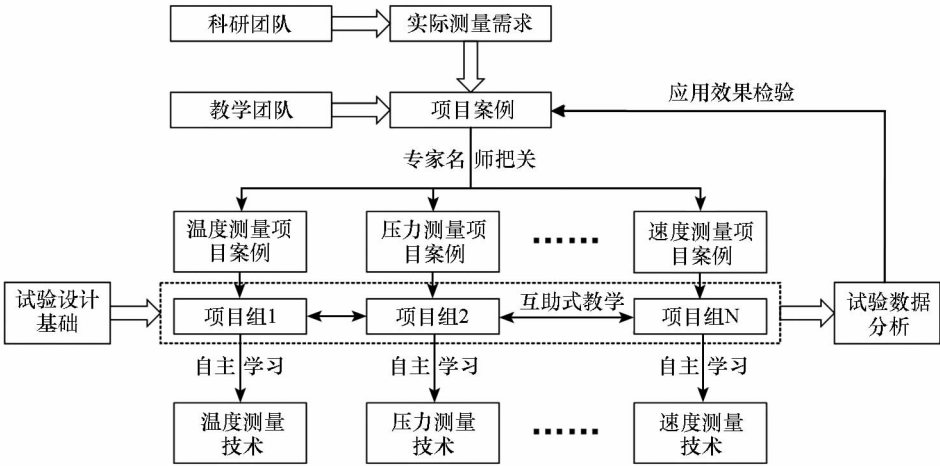


图 1 课题研究技术路线

（一）基于自主学习 - 互助教学模式的课程知识体系构建

紧扣“推进系统试验方法”课程教学目标，从学员的实际需求出发，将课程知识体系进行梳理和分类，总结研究生学员课题试验研究所需的基础理论、测量技术和数据分析方法，将本课程知识体系归纳为试验设计基础、试验测量方法和试验数据分析三大模块，如图 2 所示。（1）试验设计基础，归纳总结为单因素试验设计和多因素试验设计两大类。其中，单因素试验设计方法主要介绍方差分析、多重比较、正态性和方差齐性；多因素试验设计方法主要介绍析因试验设计和正交试验设计两类最常用的试验设计方法。试验设计基础的归纳总结应当从研究生学员的课题研究实际需求出发，区分重难点内容，并注重内

容的应用性。试验设计基础采用理论讲授的形式，使学员能够快速掌握开展试验设计的基础理论。（2）试验测量方法，依据科研项目实际需求，将试验测量方法总结为对于温度、压力、推力、流量、速度等 5 个常用参数的测量，针对各试验参数提炼项目案例，学员分组进行测量技术调研、学习。在学员自主开展相应的测量技术学习过程中，教员应明确该测量技术的学习目标和学习内容，为学员把准学习方向。对于组间不同试验测量技术的互助教学，教员以学员的身份和视角，对授课者讲授的内容进行深度挖掘和查漏补缺。通过自主学习 - 互助教学的形式，完成学员对于试验测量方法的学习，充分发挥学员的主观能动性，加深对于相关知识内容的理解和掌握。（3）试验数据分析，主要用于分析、检验学员分组完成的

课程项目案例。由教员演示 SPSS 软件的基本功能和操作方法，并带领学员一起完成软件的实际操作演练。学员基于 SPSS 软件完成对本组项目案例数据的可靠性分析、不确定度计算、相关性分析等，并将数据分析结果与结论向其他组进行汇报，接受现场质询，完成对于项目案例的应用效果检验。

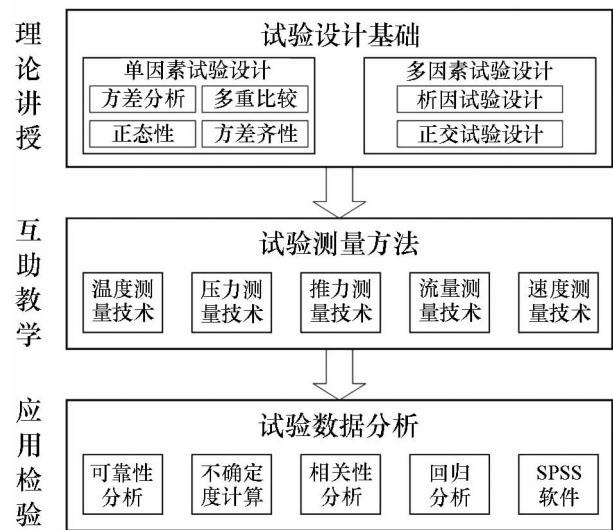


图 2 课程知识体系

（二）基于科研项目实际需求的项目案例设计

为更好地使研究生学员将本课程学习的试验方法与技能应用到科研实践中，从科研项目实际测量需求出发，采用项目团队提炼、教学团队设计、专家名师把关的方式确定课程项目案例。项目案例设计充分考虑修课研究生学员的专业背景，紧贴科研项目实际测量需求，形成案例问题分析 - 试验方案设计 - 测量技术学习 - 应用实践检验的闭环案例式教学模式，充分调动学员自主学习的积极性，实现从课程知识学习到科研项目实践的无缝衔接。依托单位科研环境与资源，结合课程教学内容，发布涉及单一变量参数、多变量参数和多参数的不同层级和难度的案例项目，学员依据自身的实际情况自由选择对应不同分值的案例。同时，对现有科研试验台做适应性改造，以满足项目案例的应用实践需求。案例注重综合设计，由学员组队协作完成。此外，在课程项目案例的基础上，选拔优秀的项目团队进一步改进研究方案，推荐参加相关的学科竞赛，充分调动学员开展创新实践的积极性和主动性。

（三）自主学习 - 互助教学模式实施

课程知识点讲授是教学中的重头戏，然而工科课程一般具有抽象性和专业性强的特点，在教学过程中往往表现出学员参与积极性不高、实践动手能力不强、知识点理解效果差等问题。针对以上问题，拟组织开展自主学习 - 互助讲授的教学活动，采用发布项目案例的形式，学员自由选择项目并分组协作完成。在项目执行过程中学员自主完成对该项目所需的测量技术的学习，各项目组互相讲授其所在项目的测量技术及其原理，并指导其他项目组完成本组的项目案例。最好的学习方式是讲授，通过“师 - 生”角色的转换，充分调动学员对课程知识学习的积极性，同时加强学员对于相关测量技术和原理的理解，提升学员的团结协作和实践动手能力。

自主学习 - 互助教学模式以学员为主体开展，但并不是将一切问题都丢给学员。教员进行适当的课前辅助教育和资料提供，可以为学员充实知识、拓宽研讨思路，提升研讨效果。例如，在“激光诱导荧光速度测量案例”开展前，学员对于诱导荧光和自发辐射荧光在试验上如何区分的问题认识较为模糊。通过课前辅导，学员掌握了荧光产生机制及空间分光原理，避免了研讨中出现概念错误。同时，教员可以通过提前了解，掌握学员的项目准备情况，为项目案例的组织和实施提供参考。

自主学习 - 互助教学模式的实施一般分为两个阶段：第一阶段为组内分工合作，进行该项目案例相关测量技术的自主学习，并协作完成项目案例；第二阶段为互助教学，各组分别向其他项目组讲授本组项目案例涉及的测量技术，若其他小组在讲授过程中对于该测量技术的原理和方法存疑，学员可以进行自由提问，通过充分的讨论使学员对于该测量技术的理解更加深入。在互助教学过程中，关键是要发挥学员的积极性，使其思维始终保持在积极活跃的状态。受以前学习习惯的影响，学员讲授和提问过程中有可能出现冷场现象，此时教员应根据课前了解的情况，预设几个问题，适时地以参与者的身份进行提问和讨论。

（四）以应用效果为导向的教学效果评价与改进

研究生课程的教学目的在于对所授知识的理

解和应用，而不是单纯对知识内容的记诵，因此通过考试往往不能充分反映学员的学习效果。为此，提出以应用效果为导向的教学效果评价机制。将学员的试验设计方案进行应用实践，并通过试验数据处理、分析和对比，获得各项目组的评分。项目案例评分采用项目专家组验收的形式，由项目案例完成团队进行验收汇报，其他团队组成评审专家组，借鉴科研项目评审办法，制定项目案例评审细则，如表 1 所示。通过“答辩－质询－互评”的形式，获得项目组的分值，保证所有学员对全部案例的参与度与案例评价的客观性。让学员提前了解科研项目的流程与要求，并以此检验课程学习效果，促进课程教学的不断改进。

表 1 项目组验收评价细则

评价内容	评价标准	分值
应用前景 (5)	该项目案例采用的测量方法是否具有应用前景，是否能够推广使用	
可行性 (20)	该项目案例采用的测量方法是否原理可行，是否技术可行	
真实性 (25)	该项目案例获得的测量数据是否真实，是否能够反映推进系统实际工作状态	
完成情况 (25)	该项目组是否完成了该项目案例涉及的全部工作，案例试验数据结果是否满意，数据处理与分析是否充分	
讲授效果 (25)	该项目组是否将其涉及的相关测量技术讲授清楚了。通过该项目组的讲授，你是否理解并掌握了该试验测量技术	

四、结语

本文在对“推进系统试验方法”课程的教学特点进行梳理和总结的基础上，针对课程知识结构单一、教学形式传统、评价缺乏导向性等教学

问题，提出了基于自主学习－互助教学模式的课程知识体系构建、基于科研项目实际需求的项目案例设计、自主学习－互助教学模式实施、以应用效果为导向的教学效果评价与改进等教学改革措施，使学员在“师－生”角色的转换中加深对于课程知识点的理解，打通研究生学员从理论学习到应用实践的“最后一公里”，为研究生实验类课程教学改革提供有益参考。

参考文献：

[1] 刘志宏,王祥科,李杰,等.新时期军队院校硕士研究生分类培养刍议[J].教育观察,2020(17):129-131.

[2] 海云志.案例教学及其设计初探[J].长江丛刊,2020(6):103-104.

[3] 赵永生,刘鑫,赵春梅.高阶思维能力与项目式教学[J].高等工程教育研究,2019(6):145-148,179.

[4] 傅伟锋,唐贤清.美国研究生案例教学及启示[J].湖南师范大学教育科学报,2016,15(5):124-128.

[5] 何莲珍.自主学习及其能力的培养[J].外语教学与研究,2003,35(4):287-289.

[6] 周炎根,桑青松.国内外自主学习理论研究综述[J].安徽教育学院学报,2007,25(1):100-104.

[7] 张文开.互助学习动机、参与度与互助学习收获的关系研究——以汕头大学本科生为例[D].汕头:汕头大学,2018:5-6.

[8] 王珊.基于互助教学模式的高校计算机教学改革与实践[J].无线互联科技,2021,18(5):156-157.

[9] 李劲华,周强.案例教学在工程专业的适用性研究[J].实验技术与管理,2017,34(9):157-159,163.

[10] 姜宇,刘艳磊,赵言诚,等.新工科背景下大学物理案例教学的探索[J].高教学刊,2019(20):102-104.

[11] 谭建国,吴建军.《火箭发动机动力学》的研究型教学实践[J].高等教育研究学报,2007(1):44-46.

[12] 江振宇,张士峰,杨华波,等.小型火箭项目式实践教学模式探索[J].实验室研究与探索,2013(2):140-142.

(责任编辑：邢云燕)