

“新工科”背景下创新实验课教学的探讨与实践

姜杰, 张洪, 阚光锋, 于凯, 姜延晓

(哈尔滨工业大学(威海)海洋科学与技术学院, 山东 威海)

摘要:“新工科”建设对本科生实验教学质量提出了更高的要求, 本文以哈尔滨工业大学为例, 归纳总结了本科创新实验“课程+项目”的Ⅱ型教学模式。以提高学生分析和解决实际问题的能力为目标, 从课程体系模块化设计、课程内容层次化、一体化等对教学内容和方式进行了探索, 为创新实践人才培养提供参考。

关键词:新工科; 创新实验; 教学改革; 课程建设

本文引用格式: 姜杰, 张洪, 阚光锋, 等. “新工科”背景下创新实验课教学的探讨与实践[J]. 教育现代化, 2021, 8(100): 69-72, 76.

Discussion and Practice of Undergraduate Innovation Experiment under Emerging Engineering Education

JIANG Jie, ZHANG Hong, KAN Guangfeng, YU Kai, JIANG Yanxiao

(School of Marine Science and Technology, Harbin Institute of Technology at Weihai, Weihai, Shandong)

Abstract: The development of emerging engineering requires higher quality of undergraduate experimental education. Taking Harbin Institute of Technology as example, this paper summarized the Ⅱ teaching model of undergraduate innovative experiments, with the combination of curriculum and project. With the goal of improving students' abilities on analyzing and solving problems, the paper discussed teaching contents and methods on the aspects of modular design of course system and hierarchy and integration of course contents. This provides a reference for the cultivation of innovative practical talents.

Keywords: emerging engineering; innovative experiment; educational reformation; course construction

一 引言

近年来,“新工科”建设蓬勃发展,高等研究型大学作为人才培养的高地,在应对未来新兴产业和经济业态需求的创新型人才培养方面被赋予了更高的期望^[1]。2017年以来,教育部陆续推出了“复旦共识”“天大行动”和“北京指南”等,为高校淘汰“水课”,打造“金课”提供了重大契机,引领着我国新一轮高校人才培养改革。

实验教学是培养创新型、复合型、应用型人才的重要一环。传统的本科实验教学主要是与理论课程相衔接,实验内容单一,以说教式集体授课为主,缺少对学生创新能力的引导和激励,不利于创新型高素质人才的培养^[2-3]。因此,如何摆脱传统本科实验教学模式的束缚,是高校创新人才培养的重要一

环。创新实验课程是近年来各高校在实验教学改革中提出的重要方案,在自主创新能力培养和卓越工程师教学培养计划的实施中具有重要意义^[4-5]。

哈尔滨工业大学作为一所理工科强校,注重拔尖创新人才培养质量,鼓励学生个性化发展,积极响应国家教育改革,建设了一批新工科专业群,在工程教学融合、教学方法创新、校企协同等方面取得了显著成效^[6-7]。2020年,在实践教学检验的基础上发布了“哈工大新工科‘Ⅱ型’方案”,构建了从培养目标、培养方案、教学模式、师资队伍等8个“Ⅱ模型”,给出了哈工大新工科建设与教育模式创新实践方案^[8-9]。创新实验课属于哈工大新工科方案“Ⅱ型”教学模式的重要一环,是学生实践能力培养的重要环节,开展了一系列本科生创新实验课建设立项和改革,建立了相应的创新学分和评价制度,促

基金项目: 本文系哈尔滨工业大学(威海)精品课程培育项目“基于科研创新能力培养的《现代检测技术》课程建设”和“基于科教融合理念的研究生《学术写作与规范》课程建设与实践”的研究成果。

作者简介: 姜杰,男,吉林四平人,博士,哈尔滨工业大学(威海)海洋科学与技术学院,院长,教授,主要从事分析仪器研发及应用;张洪,男,重庆人,博士,哈尔滨工业大学(威海)海洋科学与技术学院,讲师,主要从事分析仪器研发及应用。

进了本科生对创新实验课参与的积极性^[10]。课题组承担了哈工大本本科生创新实验课《离子阱质谱仪开发与应用》，本文将在在此基础上，探讨本科创新实验课开设过程中的教学方法、教学理念以及评价体系等，为创新实践人才培养提供参考。

二 创新实验课 Π 型教学模式

近年来，国际人才培养发生了重大变化，例如斯坦福大学提出了开环大学、麻省理工学院提出新工程教育转型 NEET 计划等，旨在积极探索工程教育改革，强化能力培养，实现目标导向学习。产业界对人才的需求已经从早期的精通工程专业知识的 I 型人才、具备广博知识与多种能力的 T 型综合素质转变为深度融合知识体系和工程经验的 Π 型精英人才，强调“专业+行业”的深度融合（图 a）。哈工大新工科 Π 模型在教学模式方面构建了以“课程+项目”的模式（图 b），实施基于项目的学习方法，注重培养学生对问题的求解和管控能力。创新实验课是教学模式实践的重要环节，以作者承担的创新实验课《离子阱质谱仪开发与应用》为例，从课程安排、课程内容设计等方面进行分析。

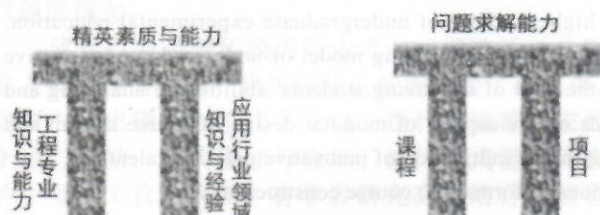


图1 “ Π ”型人才示意图(a)和创新实验“ Π ”型教学模式(b)

(一) 创新实验模块化课时分配

创新实验课《离子阱质谱仪开发与应用》共计24学时，课程的开展主要以模块化进行。如图2所示，整个课程主要分为集中授课、实验操作、提问汇报三个环节，其中课时分配分别为2学时、18学时和

4学时。从课时分配可以看出，课程秉承“厚基础、强实践、促个性发展、重独立思考”等理念。

集中授课主要考虑到两方面，一方面是学生来源于不同学科，知识体系结构不同，集中授课有利于帮助不同专业学生明确专业地位、作用以及在后续实验中如何团队协作体现专业知识；另一方面，通过集中授课将质谱的开发、技术难点以及前沿应用等传授给学生，通过课程思政树立学生正确的价值观，引导学生调研相关文献，激发学生兴趣，有利于后面模块化实验的选题以及开展等。

“1+N+M”实验教学模式是该创新实验课程的主要部分，“1”指的是一个实验研究方向；“N”指的是来源于不同学科的学生组成学科交叉的团队，一般以2-3人为一组；“M”指的是在指定实验研究方向上开展基础层次、专业层次、工作层次等不同层次的实验。各实验之间相互关联，层层递进，形成一体化实验教学，打破了传统实验课程中各实验内容相对独立的限制。“1+N+M”实验模式注重学生在某一个方向开展学科交叉实验。实验内容基于理论课程，来源于科研项目或科研成果，围绕国际前沿，吸引学生兴趣的同时，能够使学生快速地掌握领域研究方向、研究技术以及科学难点，进而激发学生独立思考的能力。

提问汇报主要包括三个方面，一是对完成的模块化实验进行总结分析，以ppt形式进行汇报，其次是小组成员外的学生或教师进行探讨式提问，最后对相关问题进行现场演示或讲解，使问题形象化、具体化。

(二) 创新实验模块化内容

创新实验课《离子阱质谱仪开发与应用》的核心实验内容主要围绕国际前沿或卡脖子关键科学问题开展，实验研究方向可在教师给出的范围选择，也可根据组建团队的特征、兴趣爱好在教师指导下进行实验方向的选择。以下列出了部分实验研究方向：(1) 微塑料分离、检测及应用综合实验；(2) 快速高

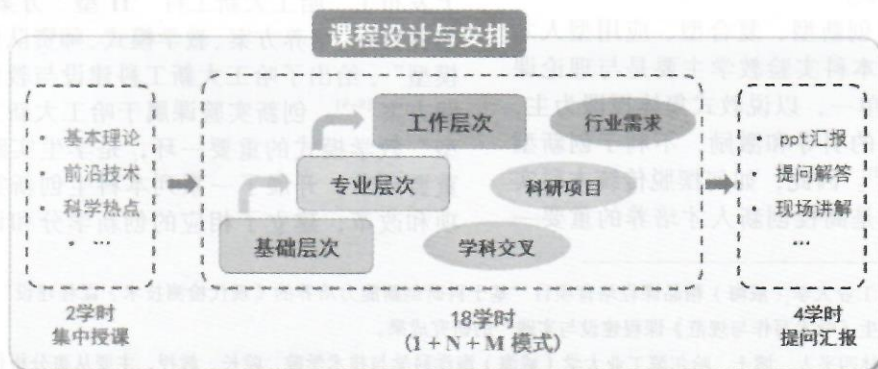


图2 创新实验《离子阱质谱仪开发与应用》教学模式

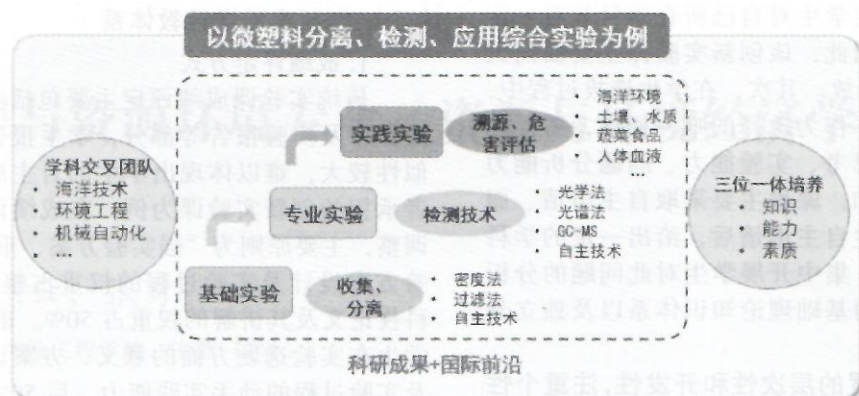


图3 创新实验《离子阱质谱仪开发与应用》模块化实验方案

通量分析方法、技术研究及应用实验；(3) 海洋、环境等复杂样品分析技术开发、应用实验；(4) 生物医药复杂样品分析技术开发、应用等。

如图3所示，以微塑料分析、检测、应用综合实验为例，实验团队可以来源于海洋技术、环境工程或机械自动化等专业，实验内容主要包含了实际样品的收集，对收集样品进行分离技术的开发，然后对比研究传统检测技术与科研成果的检测技术，最后再通过使用相应的技术对某一领域微塑料进行溯源分析及危害评估。通过整个实验的教学，学生不仅可以掌握该领域从源头到结果的整个流程，还可以了解当前微塑料研究各环节中存在的科学难点和热点。该模块化、一体化实验注重连贯性和前沿性，实验过程中技术方法较多，需要学生自主选择使用哪种方法或者对比研究得出哪种方法较好，然后进行下一步实验，有利于提高学生兴趣，促进学生独立思考，培养学生选择开发技术、分析问题、解决问题的能力。

三 创新实验课教学改革的思考

(一) 优化教师及课程配置,加强顶层设计

1. 创新实验课程开设

创新实验课的开设是为了解决传统实验课程中主要衔接理论课程，存在教学内容单一、缺乏学生独立思考能力培养等不足。因此，创新实验课开设需考虑以下方面，一方面课程开设前要经过申请、答辩等流程，确保创新实验课在教学内容、教学方法和教学评价方面区别于传统实验课；另一方面课程开设后要开展学生评教和考核等流程，以杜绝教师应付教学改革等现象，保障教学质量。

此外，明确创新实验课在人才培养方案中的地位，其不仅仅是服务于理论课程。以作者承担的创新实验课为例，其涉及的质谱技术不仅仅是拓展环境工程培养方案中《环境分析化学》核心课程的内容，还是海洋技术、生物、化学等专业核心课程基

础数据获取的重要技术；此外，该课程还可结合信息、计算机、材料等专业，在质谱离子源开发、大数据挖掘等方面具有重要作用。

2. 创新实验课教学团队建设

大多情况下创新实验课的开设主要由一位或两位教师完成，尚未形成完整的教学团队，导致教师对教学资源收集的不足，缺乏对教学内容的充分准备、设计和讨论，势必会影响到实验教学效果。针对这一问题，以作者承担的实验课程为例，形成了老、中、青三代的教师团队，分别开展实验理论教学、实验过程教学以及实验教学资源收集等，分工明确、准备充分，形成课前集体讨论教学设计方案，课后讨论教学过程存在的问题以及学生关注的动向，及时有效地更新教学内容和教学方法，保证内容的前沿性、新颖性以吸引和激励学生。

(二) 多学科学生选拔,促进学科交叉理念

当前开设的大多创新实验课主要是满足本学科/学院学生的创新实验教学，存在学生来源单一、学科交叉不足等现象。以作者承担的创新实验课为例，针对这一现象，主要考虑了以下方面：

1. 多学科交叉选拔学生

开设的创新实验课主要是质谱仪器的研制及其在环境、海洋、生物、化学、材料等领域的应用，涵盖了环境、生物、化学、信息、材料等学科。因此，学生的来源主要包括海洋、材料、计算机、信息等学院的学生，既弥补了单一学科对质谱仪器理论知识认识的不足，还有助于促进不同学科学生之间的思维方式碰撞以及知识的融合。学生来源于多个学科，尤其有助于学生在自主实验方案设计、实验过程分析、数据处理与挖掘方面的个人独立思考和团队合作的能力培养。此外，为保障教学效果，每期创新实验课程招收学生上限为10人，成员涵盖不同学科，做到小而精的特色交叉学生教学班。

2. 多角度综合选拔学生

首先，创新实验课的内容设置具有一定的自主

设计和开放性,需要学生对自己所在学科具有一定的专业基础知识。因此,该创新实验课主要面向大学三、四年级同学开放。其次,在学生选拔过程中,学生平时课程成绩不作为选择的唯一标准,需要综合考虑学生在独立思考、实验能力、问题分析能力等方面的表现。例如,课程主要采取自主申请、面试选拔的方式。学生自主申请后,给出一定的学科前沿热点开放话题,集中开展学生对此问题的分析与讨论,考查学生的基础理论知识体系以及独立分析问题的能力。

(三) 教学内容设置的层次性和开发性,注重个性化和创新思维的培养

与传统实验教学不同,创新实验课实验内容涉及面广、内容丰富、前后衔接具有逻辑性。教学内容上主要围绕国际前沿和热点问题开展实验方案设计及实施。实验内容设计上既包括基础创新实验、也包括自主创新实验等,实验方案设计中注重源头到结果的整个分析流程。

以本创新实验课程为例,实验内容注重选题的开放性,主要围绕当前海洋、生物、化学、环境国际前沿热点,比如微塑料检测分析、化学反应条件筛查、环境及食品领域样本高通量分析等。学生确定选题后,需要学生从样本获取、处理、分析及数据分析等整个过程进行方案的设计及实施,可以较大地激发学生在各个环节方案的自主选择和设计,极大地激发学生的创新能力。此外,教学班团队包括多个学科,可以在不同环节发挥出不同学科学生的优势和特点,促进学生团队组织、分工和合作的能力培养。

(四) 围绕科学前沿,以科研项目为支撑,激发学生兴趣

创新实验课教学主要依托科研团队开展,教师科研项目大多围绕国家重大战略需求、国际前沿热点或地方发展规划,具有一定的工程实践价值及理论创新。因此,以科研项目设置自主选题,设计方案、开展实验、分析数据等,解决学生难以接触分析仪器设备等传统教学过程中存在的难题,在强化学生理论知识的同时,有助于激发学生兴趣、了解和掌握当前领域的前沿和热点。

以作者承担的创新实验课为例,将质谱快速检测技术引入讲授部分,将科研成果形成的前沿分析技术带入课堂,激发学生兴趣。然后,围绕食品、环境、生物领域污染物或标志物快速检测、高通量分析等国际前沿热点,由学生调研文献,自主选择感兴趣污染物,引导学生自主设计实验方案、开展实验、分析数据、形成有效结论。整个教学过程学生自主创新空间大,独立思考机会多。

(五) 创新实验课评教体系

1. 成绩评定方式

传统实验课成绩评定主要包括实验预习、实验操作以及实验报告等部分,学生报告千篇一律、相似性较大,难以体现出学生的自主思考能力。以作者承担的创新实验课为例,在成绩评定方面进行了调整,主要原则为“强实验方案、重数据分析”。实验方案设计及其实验过程的权重占整个考核的50%,科技论文及其讲解的权重占50%。前50%主要考查学生在实验选题方面的意义、方案设计的完整性以及实验过程的动手实践能力,后50%主要考查学生科技论文撰写能力以及以研讨会形式展现讲解自己观点和总结的能力,实施过程需要阐明实验中的难点问题、措施以及未来发展方向等,还需解答教师及同学对该报告的提问。整个过程在实验室会议室完成,氛围轻松但不失科研的严谨性,能够对存在的问题进行实验室现场讨论,使学生充分发挥自己的主观能动性,培养发现问题、解决问题的能力。

2. 评教体系

为保障创新实验课教学效果,哈工大制定了《哈尔滨工业大学创新实验课教学质量评价体系》,包括学科发展、启发创新、能力培养、激发兴趣、学以致用等方面。此外,在课程实施过程中,教学团队注重学生对教学内容、过程的反馈,每个实验结束后都会现场交流获取学生对实验设计及实施的不足等。经实验教学团队的努力和课程的不断优化,本课程学生评教成绩高达97分,学生评教等级为A+。

四 结语

在“新工科”背景下,对高校学生实践创新能力的培养提出了新的要求和挑战,创新实验课是自主创新能力培养的重要环节。通过多年的教学实践,模块化、层次化、一体化综合实验教学有利于引导学生独立思考和以问题分析为导向的学习理念,达到理论与实践相结合的学习效果。创新实验课对学生创新能力的培养不是一朝一夕,需要不断优化教学制度、方法、评价体系等,并将其落实到具体教学实践中。未来,应充分发挥科研团队及其实验室的专业性和针对性,围绕国家重大战略、行业需求、国际热点前沿开展具有问题导向性的教学模式探讨,为创新型人才培养做出贡献。

参考文献

- [1] 徐晓飞,沈毅,钟诗胜,等.新工科模式和创新人才培养探索与实践——哈尔滨工业大学“新工科‘II型’方案”[J].高等工程教育研究,2020(2):18-24.
- [2] 徐晓飞,李廉,战德臣,等.新工科的新视角:面向可持续竞争力的敏捷教学体系[J].中国大学教学,2018(10):44-49.

(下转第76页)