

基于科教融合的研究生一流实践课程建设 ——现代化学研究方法与技术训练

江继军, 杨立群, 苏成勇, 阮文红*, 朱芳*

中山大学化学学院, 广州 510275

摘要: 中山大学通过科教融合培养创新人才的方式, 将教学与科研相结合, 推出了一门研究生实践课程——现代化学的研究方法与技术训练, 以培养科研技术思维能力和科研技术为目标。该课程在课程体系梳理、训练平台拓展、师资队伍凝聚、科教转化融合、教材编写出版等方面取得了良好成效, 为硕博贯通教学及创新人才的培养奠定坚实基础。

关键词: 一流课程; 方法与技术训练; 创新人才培养; 本硕博贯通

中图分类号: G64; O6

First-Class Practice Course Construction for Postgraduates Based on Integration of Science and Education: “Modern Chemical Research Techniques and Skills Training”

Jijun Jiang, Liqun Yang, Chengyong Su, Wenhong Ruan*, Fang Zhu*

School of Chemistry, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China.

Abstract: Sun Yat-Sen University has adopted the approach of integrating science and education to cultivate innovative talents by combining teaching with scientific research. In this regard, a graduate practical course titled “Modern Chemical Research Techniques and Skill Training” has been introduced, aiming to develop students’ scientific research thinking abilities and practical skills. The course has yielded promising outcomes in curriculum design, expansion of training platforms, solidarity of faculty, integration of scientific research and education, and the development of teaching materials. These achievements have laid a solid foundation for the integrated education of master’s and doctoral programs as well as the cultivation of innovative talents.

Key Words: First-class course; Techniques and skill training; Innovative talent cultivation; Seamless undergraduate-graduate-Ph. D education

当今世界, 国际竞争日益激烈, 其主要表现为科技、教育和人才竞争。科技是关键, 教育是基础, 人才是根本。因此, 我们必须为人才培养创造高质量的条件和环境。高等教育是人才培养的一个重要前沿阵地。习近平总书记强调高校应将形成“高水平人才培养体系”作为高校三项基础性工作之一, 以办出具有中国特色的世界一流大学。培养一流人才是世界一流大学的重要标志, 因此, “双一流”高校建设的重点在于一流人才的培养^[1]。党的二十大报告也强调要坚持为党育人、为国

收稿: 2023-05-17; 录用: 2023-07-27; 网络发表: 2023-08-09

*通讯作者, Emails: cesrwh@mail.sysu.edu.cn (阮文红); ceszhuf@mail.sysu.edu.cn (朱芳)

基金资助: 中山大学 2022 年校级教学质量与教学改革工程项目; 广东省高等教育教学改革项目; 广东省研究生教育创新计划项目; 中山大学本科教学质量工程项目

育才,全面提高人才自主培养质量,着力造就拔尖创新人才。因此,我们要贯彻落实好中央决策部署,加快构建高质量教育体系,培养造就大批德才兼备的高素质人才。研究生教育肩负着为我国现代化建设培养高素质、高层次创新型人才的重任^[2]。国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010–2020年)明确指出:促进科研与教学互动、与创新人才培养相结合^[3]。2020年7月29日,习近平总书记在全国研究生教育会议上对研究生教育工作做出重要指示,“研究生教育在培养创新人才、提高创新能力、服务经济社会发展、推进国家治理体系和治理能力现代化方面具有重要作用。”由此可见,党和国家对研究生的培养提出了更高要求。

中山大学作为“双一流建设”大学,肩负着培养创新人才的历史使命。我们将以高度的历史自觉和强烈的使命意识,大力构建高质量教育体系,努力培养创新人才。面对百年未有之大变局,学院顶层设计,积极创新人才培养模式和培养机制,大力推动教育教学改革。在改革过程中,高质量的人才培养,有赖于高水平的教师队伍建设。因此,学院鼓励广大教师树标杆、作示范,克服重科研轻教学的不良现象,将育人育才渗透到教学科研各个环节和点滴之中。基于此,我们探索建设高质量研究生研究方法与技术训练的课程体系的路线,提出并开设一门现代化学研究方法与技术训练实践课程,包括理论教学和科研训练两大教学环节,推动实现科研与教学融合,并将课程开放给本科生,全面培养学生的创新意识、创新精神和创新能力,打造一门本硕博贯通式现代化学研究方法与技术训练实践课程体系。经过两年的初步实践,我们在内容创新、训练平台、师资队伍、科教转化等方面取得了良好的成效。

1 建设背景

首先,传统的研究生实验教学在创新人才培养理念和研究技能训练方面仍存在不足。当前的教学模式仍以教师为中心,注重知识传授和传输,忽视学生创新思维和科研技能的培养,这已成为制约研究生创新能力发展的主要因素之一。其次,由于我国研究生招生规模不断扩大,每一级研究生数量较多,导致生均资源稀少,培养模式采用集中培养的方式。这种模式下,研究生课程逐渐趋同于本科化,内容更新不够及时,缺乏理论系统性。再者,由于现阶段研究生的招生生源分布广泛,大学生的层次分布不均,以及非化学背景的本科生比例上升。这种情况下,需要对新生进行统一的科研技能训练,为课题研究阶段打下基础,并且在硕士一年级期间对学生进行现代化学研究技术和技能训练,以弥补学生在专业技能方面的不足。此外,学科交叉程度的提高也要求学生掌握高水平的技能。随着科研水平的提高和课题研究的深入,学科交叉频繁且层次较深,学生仅掌握化学专业的实验技能不够,有必要在硕士一年级期间对他们进行现代化学研究技术和技能训练,从而提高学生的综合素质和创新能力。最后,传统的硕士研究生科研训练主要集中在后期的学位论文研究,而忽视了创新能力的培养全过程。完成学位论文研究只是研究生科研训练的一个重要部分,在此之前,科学合理的研究方法与技术训练还应包括科研方法、科研思维训练、报告撰写训练等。这些训练应该始终贯穿于研究生的整个培养过程,而不是只单单集中在学位论文研究阶段。因此,作为培养单位,有必要从平台方面整体提升研究生的相关技能,以实现高质量人才培养。居沈贵等^[4]提出基于“问题导向”的科研能力训练,在探索实践中,通过不断自我革新,形成了较高质量的课程群,体现了内涵建设和特色发展。高武奇等^[5]在近期的研究中,对研究生科研能力培养目前存在的主要问题进行了总结,并提出了以科研训练为抓手的研究生科研能力培养措施,取得了良好的实践效果,并在200多个高校及研究院得到了应用。

2 建设内容

基于上述背景,在学校和学院的大力支持下,我们利用学院现有的硬件设备资源,通过一系列措施,有针对性地从技能训练平台整合、教学队伍建设、科研成果转化以及课程体系建构等方面进

行改进。自提出课程建设的设想以来,我们开展该课程的模块化建设,其中模块1 (表1)的实验已经开展了近10年,模块2 (表2)改革进行了近3年,我们分以下四个方面进行介绍。

表1 模块一开课实验教项目一览表

序号	实验教学内容	理论课学时	训练课学时	总结报告学时
1	课程总论, 荧光光谱	1	4	1
2	凝胶渗透色谱	1	4	1
3	动态力学分析	1	4	1
4	红外光谱法	1	4	1
5	力学性能测量	1	4	1
6	金相显微镜	1	4	1
7	光散射法	1	4	1
8	热分析法(TGA-DSC, 同步热分析仪)	1	4	1

表2 模块二开课实验教项目一览表

序号	实验教学内容	理论课 学时	训练课 学时	总结报告 学时
1	深地极端条件化学合成虚拟仿真和实地观摩	1	4	1
2	X射线单晶衍射法测定分子结构	1	4	1
3	无水无氧操作及应用——四三苯基膦钨的合成	1	4	1
4	分子体系的量子化学计算: 建模、结构优化、电子结构和光谱	1	4	1
5	液相色谱-串联质谱联用技术在大环内酯类抗生素分析中的应用	1	4	1
6	X射线粉末衍射法监测化合物结构转化过程	1	4	1
7	HKUST-1 (1,3,5-三羧酸铜苯酯金属有机框架)的氮气吸附及比表面分析	1	4	1
8	HKUST-1的气体吸附与分离性能研究	1	4	1
9	电催化分解水产氢	1	4	1
10	仿生矿化制备蛋白质-金属有机框架生物复合材料	1	4	1
11	利用二维核磁解析化合物结构	1	4	1
12	超高真空扫描隧道显微镜在观察金(111)面原子结构研究中的应用	1	4	1

2.1 训练平台拓展

中山大学化学学院在早年通过“985工程”和近期通过“双一流高校”的建设中,购置了一批大中型现代测试仪器。这些仪器分别属于化学学院中心实验室、生物无机与合成化学教育部重点实验室(简称无机平台)、聚合物复合材料及功能材料教育部重点实验室(简称聚合物平台)、广东省国际联合研究基地Lehn功能材料研究所(简称LIFM)。这些仪器主要为院内及院外各科研小组提供服务,为学院的学科建设和科研水平的提高提供了强有力的保障。为了更加有效地管理和整合设备资源,化学学院成立了公共仪器中心,并设立了四个子平台。在公共服务方面,公共仪器中心充分发挥仪器的公共属性,实现了资源的统一优化配置。具体而言,将一些日常科研服务机时较少的仪器用于教学,并将一些到报废年限的仪器利用学校报废留用的机制进行仪器改装实验,从而有效地利用了资源。

2.2 教学队伍凝聚

教学队伍建设是提高教育教学质量的重要保障。在实验教学体系的建设和改革中,高水平的教学队伍不可或缺。为了实现这一目标,学校和学院需要采取一系列措施,包括提供良好的工作条件和待遇、鼓励教师发展专业、培养教学骨干、加强教师培训等。我们鼓励学院有意愿的教师树标杆、作示范,克服重科研轻教学的思想困境,打破传统研究生技能训练的旧思想,积极参与研究生实验教学。第一批参与此次建设的教师队伍共16名教师,12名仪器管理技术人员。在实践中,教学队伍密切配合,圆满完成了课程筹备及开课工作。16名教师分别来自有机化学、无机化学、物理化学、分析化学及高分子化学二级学科,年龄跨度从33至53岁,中青年骨干教师居多且活跃在科研和教学的第一线。其中,珠江学者1名,青年长江学者1名,中山大学百人计划引进人才3名,国家优秀青年获得者1名。

2.3 科教融合转化

科教融合是当前高等教育发展的必然趋势。科教融合旨在将科学研究与教育教学相结合,提高研究生的综合素质和实践能力,为国家培养更多高素质创新型人才。研究生教育要积极推进科教融合,改革传统教学模式,引入实践教学、课题研究等环节,提高研究生的创新能力和实践经验。同时,教师也要不断更新教育理念,加强自身专业素养,提高教学质量,为研究生提供更好的教育服务。科教融合是提高研究生教育质量的必由之路,将为我国科技创新和高素质人才培养作出积极贡献。

科教融合是高质量培养创新人才重要的手段之一,它对于提高学生科研素质,培养创新型人才起着十分重要的作用。在课程建设过程中,我们鼓励教师根据自身课题的研究,成功地将一些科研成果转化到实验教学当中,更好地实现了科学和教育的融合,为学生提供更有意义和有益的学习体验,使学生得到较为系统的科研技术思维能力训练,提升相关技能,提升课题自主创新能力。

例如,潘梅教授课题组^[6]成功地合成制备了一例氟取代的ESIPT(激发态分子内质子转移)有机小分子化合物H₂hpi₂cf(5-(2-(5-氟-2-羟基苯基)-4,5-双(4-氟苯基)-1*H*-咪唑-1-基)间苯二甲酸)。该分子中苯环上的羟基氧和相邻咪唑基上的氮可作为激发态分子内质子转移位点,从而产生特征的四能级结构和醇式(E)-酮式(K)互变带来的双发射特性。由于在不同极性的溶剂体系中,该分子能够产生具有不同强度和发光色域的醇式和/或酮式发光,因此,可以基于这一特点将该分子制备成荧光探针薄膜,并应用于可视荧光检测醇类分子的研究。该分子在不同的溶剂以及结晶条件下可以得到5种不同的晶型,这些不同晶型在365 nm光源激发下,最大发射峰分别位于463、486、500、485、490 nm,发光寿命为纳秒级,表明均为荧光。该实验的一些现象和结果非常有趣,有利于学生透过现象按照科学合理的研究方法去研究其本质,在实验过程中收获乐趣并学习科学的研究方法和技能。通过合理的设计,利用上述结果设计了两个实验,分别是X射线单晶衍射法测定分子结构实验和X射线粉末衍射法监测化合物结构转化过程。

再如,陈国胜副教授课题组^[7,8]通过利用不同等电点的蛋白质(牛血清白蛋白,BSA, pI=5.8; 细胞色素c, Cyt c, pI=10.5)作为模板(成核位点),初步探索MAF-4(2-甲基咪唑锌盐)的生物矿化过程,并研究蛋白质对MAF-4结晶的影响规律;通过Bradford蛋白质试验测定反应前后上清液中蛋白质的含量,评估蛋白质的封装效率;通过粉末X射线衍射仪研究制备的MAF-4生物复合材料的结晶性,设计了仿生矿化制备蛋白质-金属有机框架复合材料实验。

2.4 课程内容建构

我们提出建设现代化学研究方法与技术训练这门课程,计划将该课程面向本科生、硕士和博士研究生开放,并将其打造成一门贯穿本硕博的核心科研训练示范课程。我们希望通过该课程的学习和实践,使每学年20名强基班本科生和150名研究生获得高水平的科研训练,从而丰富“创新型人才”的培养模式,并助力于“双一流”高校的建设。

该课程的主要建设内容是利用中山大学化学学院的优质仪器设备资源,凝聚一支高质量的骨干

教学队伍,改进研究生实验教学模式,建设一门高质量的现代化学研究方法与技术训练课程。研究生通过该课程的学习和实践,将得到较为系统的科研技术思维方法及实操能力训练,并提升课题自主创新能力。

我们将通过科教融合方式来实现这一目标。首先,我们整理一些科研成果并将其转化为教学内容,结合化学学院已有的仪器资源,设计和改造若干具有针对性的研究生实验,内容覆盖无机、有机、物化、高分子和分析等二级学科。其次,我们将编写实验讲义并进行反复实践,最后将这些讲义整合并编写成实验教材。在这一过程中,我们将进一步修正教学讲义,并最终开设该课程,为研究生提供系统的科研技术思维方法及实操能力训练。我们还将初步探讨编写优化教材,并着手整理编写更新教材,形成初稿,经过反复修改和实践验证后最终定稿,并准备出版事宜,同时撰写教学相关论文以总结改革成效。

3 实践及成效

3.1 教学实践

在开课初期阶段,为了确保实验教学的高质量,我们设置了理论讲授环节和实践环节,分别用时3周和6周以上(根据实验个数情况增减)。课程内容共分为四个模块,初期计划开放两个模块,第一个模块开放8个实验,主要内容聚焦高分子结构与性能的现代测试技术的训练。第二个模块开放9-12个实验。研究生根据个人的兴趣爱好、专业研究方向等均衡选择,每个实验限选60人,设1课时用于理论讲解,并以集中授课方式完成;设4-6个学时用于实践训练;设1-2个学时用于课后数据分析和总结报告。在训练课中,教师讲解演示30分钟,之后研究生逐个开始独立完成实验。期间组织学生讨论,分析处理数据,穿插讲解研究方法及其运用。对于个别基础较差的学生,将针对性地指导,最后由其独立完成分析报告。我们的目标是通过技能训练,培养研究生在今后课题研究过程中自主设计实验、熟练操作相关化学仪器、科学合理地进行数据处理与分析科学问题等的能力。在化学学院的大力支持下,此次教学实践顺利开展。

3.2 初步成效

我们通过调查问卷(问卷星)对2021级80名硕士研究生进行回访,了解他们对现代化学研究方法与技术训练课程的接受或认同程度以及初步成效,从而来评判实验教学改革应用效果进行综合评价。回访共收回73份问卷。调研的主要内容及结果如表3所示。数据结果表明,由于生源差异,82%的研究生无课程所涉及的仪器实践经验,大多数研究生(占比90%以上)对该课程的开设持肯定态度,并认为通过技能训练,可以提高科研素质、促进课题研究等。这给予了我们持续建设该课程极大的鼓励。

表3 2021级研究生对现代化学研究方法与技术训练课程的反馈意见

调查选项	是	否	选择“是”所占人数的比例
在学习本课程之前,教材上的仪器你都用来做过实验吗?	13	60	18%
现代化学研究方法与技术训练教学是否可以提高你的研究兴趣?	68	5	93%
现代化学研究方法与技术训练教学是否可以促进你自主研究课题?	66	7	90%
你认为科研技能训练对自身课题的帮助有多大?	60	13	82%
技能训练提高了自己分析问题并动手解决问题的能力?	65	8	89%
现代化学研究方法与技术训练教学是否可以提高你的科研素质?	71	2	97%
你认为将来是否还有必要开设更多的研究生实验课,强化科研技能训练?	68	5	93%
现代化学研究方法与技术训练教学是否可以促进你与教师的交流?	66	7	90%

4 结语

现代化学研究方法与技术训练是一门有很高实用价值的实践教学课程,其特色在于采用了先进的大中型分析仪器,为学生提供全方位的实验技能训练。这种教学方式弥补了传统单一教学模式的不足,能够有效提升研究生实验课程的教学质量。通过课程内容创新、训练平台拓展、师资队伍凝聚、科教融合转化、教材编写出版等方面的改革,我们取得了显著的成效。这门课程的成功实践,不仅为培养高水平的创新型人才提供了有力保障,还为高校探索新的创新型人才培养模式做出了积极贡献。此外,该课程的实施还完善了高质量的人才培养课程体系,为学生提供了极具价值的学习体验,并为创新人才的培养奠定了坚实基础。

参 考 文 献

- [1] 周玉清,黄欢,付鸿飞. 研究生教育研究, **2016**, No. 3, 1.
- [2] 郑冬梅,王悦. 实验技术与管理, **2010**, 27 (5), 146.
- [3] 国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010–2020年). [2023-08-08]. http://www.gov.cn/jrzq/2010-07/29/content_1667143.htm
- [4] 居沈贵,王晟. 化工高等教育, **2018**, 35 (4), 24.
- [5] 付雷杰,曹岩,白瑀,高武奇. 大学教育, **2022**, No. 2, 8.
- [6] Chen, L.; Yin, S. Y.; Pan, M.; Wu, K.; Wang, H. P.; Fan, Y. N.; Su, C. Y. *J. Mater. Chem. C*. **2016**, 4, 6962.
- [7] Tong, L. J.; Huang, S. M.; Shen, Y. J.; Liu, S. Y.; Ma, X. M.; Zhu, F.; Chen, G. S.; Ouyang, G. F. *Nat. Commun.* **2022**, 13, 951.
- [8] Chen, G. S.; Kou, X. X.; Huang, S. M.; Tong, L. J.; Shen, Y. J.; Zhu, W. S.; Zhu, F.; Ouyang, G. F. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2020**, 59, 2867.