

“双碳”背景下应用化学专业改革与实践

马 跃, 宋卫余, 岳长涛

中国石油大学(北京)理学院, 北京

收稿日期: 2024年4月7日; 录用日期: 2024年5月11日; 发布日期: 2024年5月22日

摘 要

中国石油大学(北京)应用化学专业于2019年入选国家一流专业, 以响应国家“双碳”政策为目标, 培养知识、能力、素质、人格俱佳和未来“双碳”领域紧缺性的人才已迫在眉睫。应用化学专业近5年在培养方案、教学内容、教学模式、专业教学质量保障体系以及人才培养模式等多方面进行了改革, 并且取得了一些成果, 对于一流专业建设、“双碳”领域人才培养有着重要的意义。

关键词

“双碳”背景, 专业改革, 专业建设, 人才培养

Reform and Practice of Applied Chemistry under the Background of “Double Carbon”

Yue Ma, Weiyu Song, Changtao Yue

College of Science, China University of Petroleum, Beijing

Received: Apr. 7th, 2024; accepted: May 11th, 2024; published: May 22nd, 2024

Abstract

The major of Applied Chemistry of China University of Petroleum (Beijing) was selected as a national first-class major in 2019. With the goal of responding to the national “dual carbon” policy, it is urgent to cultivate talents with “excellent knowledge, ability, quality and personality” and who will be in short supply in the future “dual carbon” field. In the past five years, the major of applied Chemistry has carried out reforms in training program, teaching content, teaching mode, professional teaching quality assurance system and personnel training mode, and has made some achievements, which is of great significance for the construction of first-class majors and the cultivation of talents in the field of “double carbon”.

Keywords

“Double Carbon” Background, Professional Reform, Professional Construction, Talent Cultivation

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

中国石油大学(北京)应用化学专业在石油石化领域具有明显的优势和特色,应用化学专业是中国石油大学(北京)较早设立的传统优势专业之一。应用化学学科是学校传统优势石油主干专业,是2010年教育部特色专业建设点,是2019年国家级一流本科专业。该专业学科基础雄厚,师资力量优越,在同类专业领域具有鲜明的特色和明显的优势。近年来,学生毕业率达100%、就业率95%以上、保研率达28%以上,一些列指标还在不断增长。学生质量获得了就业单位的广泛赞誉。

2020年9月以来,习近平多次在国际和国内重要会议上提及“双碳”目标,即“中国二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和”[1]。为实现我国“碳达峰、碳中和”的共同目标,培养知识、能力、素质、人格俱佳,具有全球竞争力的能源与动力拔尖创新人才和未来“双碳”领域紧缺性的人才已迫在眉睫。面对“新工科”人才培养要求,各高校应用化学专业面临诸多挑战,如人才培养与国家需求脱节、专业实践课程中前沿技术的支撑不足、能够产教结合的师资队伍不健全等。各高校都在探索并实践应用化学专业的教学改革,使本专业学生更好地适应新时代经济发展和全球化的需求[2][3]。同时,应用化学专业的教师在教学过程中会容易出现理论知识涉及面过宽且专业性不强的缺点,学生习得的知识无法和专业理论知识相联系[4][5]。

以响应国家“双碳”政策为目标,以教学名师、品牌课教师的课堂教学为引领,以培养目标和课程改革为支撑,以雨课堂等智慧教学工具为载体,以化学竞赛、创新创业比赛等要求形成的以学生为主体,以课堂教学和实践教学相结合的教学方式,进行“双碳”背景下应用化学专业的改革。

2. 专业特色及改革思路

2.1. 专业定位及培养目标

专业定位:面向石油石化等能源领域,培养掌握扎实的化学基础知识、基本理论、基本技能和现代实验技术的优秀人才,把应用化学专业建设成为石油特色鲜明,国内一流的高水平特色专业。

培养目标:培养适应我国石油石化及其相关领域经济建设的需要,德智体美全面发展,在坚持厚基础、宽专业、强能力、高素质、重应用的前提下,掌握扎实的化学基础知识、基本理论、基本技能和现代实验技术;获得一定的工程基础知识和计算机基础知识的基本训练;具有较强创新精神、团队精神和国际视野,能将化学基本理论和基础知识与科研、生产实际相结合,能在石油石化、精细化工等领域从事科学研究、技术开发与管理工作的优秀专门人才。

2.2. 专业建设和改革的主要思路

1) 明确专业定位,即培养厚基础、宽专业、强能力、高素质,并具有较强社会责任感、良好道德修养及较强创新精神和国际视野的优秀专门人才和创新人才的定位;2) “两个转变”,即由以教为主向以

学为主转变、由传承性教育向创新性教育转变；3) “三个整合”即整合教学资源、整合课程结构、整合教学内容；4) “四个强化”即强化技能训练、强化实践教学、强化创新创业能力、强化自我管理和学习能力；5) “五个结合”，即理论与实践结合、教学与调研结合、课内与课外结合、共性培养与个性发展结合、动态与静态结合；6) “六个一流”，即一流的培养方案、一流的教师队伍、一流的教材、一流的教学方法、一流的教学管理以及一流的毕业生。

3. “双碳”背景下应用化学专业改革与实践

3.1. 培养方案的改革

建设基础与专业、理论与工程课程相互配合的理工结合型课程教学体系，使应用化学专业培养的学生具有雄厚的化学基础理论知识，受到严格的化学基本技能和科学实验能力训练。2023年应用化学专业对于本科生培养方案作出了较大调整。首先对于实践教学环节进行了课程改革，必修环节增加了“应用化学专业研究训练”课程，选修环节增加了2学分，主要从创新创业课程中选修2学分，从而提高学生的实践能力。综合考虑了专业课程设置缺乏“双碳”相关的新课程，难以满足能源类学生深度全面理解“双碳”的需求，因此在专业选修课中增加了“能源与化学创思拓展”、“绿色化学”、“能源工程基础”和“非常规油气钻井液理论与技术”4门课程。新的培养方案融合与“双碳”相关的专业课程，提高了教学内容的高阶性(表1)。

Table 1. Arrangement of credits in the training program

表 1. 培养方案学分安排

课程模块	课程属性	最低要求
思想政治教育	必修	17 学分
	选修	0 学分
通识教育	必修	19 学分
	选修	6 学分
专业教育	必修	71 学分
	选修	20 学分
集中性实践教学环节	必修	29 学分
	选修	2 学分
第二课堂	必修	及格
总计		164 学分

1. 数学与自然科学类课程占 17%；
2. 工程基础类课程、专业基础类课程与专业课程占 19.8%；
3. 工程实践与毕业设计(论文)占 11.1%；
4. 人文社会科学类通识教育课程占 11.8%；
5. 专业实践环节累计学分占 25.3%。

3.2. 专业基础课程的教材建设

应用化学主干课教学偏重传统的能源认知，缺乏“双碳”政策的有机融合，导致能源学生对于“双碳”背景下对于化学相关的能源认知欠缺。教学内容与“双碳”结合松散，如何追踪“双碳”科研成果并与课堂教学有机融合；传统实践教学脱离理论课堂内容，如何开发“双碳”相关的化学实验实践，进

进一步完善教学体系。为了解决相关问题，结合石油院校油气特色与绿色智能理念，开发“双碳”相关的化学实验、综合实验以及教材建设等，从而提升课程的高阶性与创新性。2023年11月，本专业与新能源学院联合，由徐春明院士牵头，成功申请到了教育部关于战略性新兴产业领域“十四五”高等教育教材建设，其中包括了应用化学专业负责的“物理化学”、“有机化学”和“基础化学实验”三本教材。目前三本教材均已完成了知识谱图的构建以及部分章节的编写，将于2024年12月之前完成出版。教材中结合了新兴领域以及“双碳”相关的知识内容以及实际应用案例。例如物理化学教材中电化学章节中增加了“电解水制氢”的内容；化学平衡章节中增加了“液体有机物储放氢过程的化学平衡分析”；热力学章节中增加了“化工过程中热力学分析及应用”等。

3.3. 教学内容融合“双碳”内容

传统教学内容与新能源、新技术有机结合，丰富“双碳”内容。融合互联网+虚拟仿真的理念，变革教学手段与教学模式，形成应用化学学科多目标、多元化、多层次教学模式。

无机化学课程中引入计算含一个碳原子的可燃性有机物燃烧放出的热量、高分子在水溶液中的乳液聚合以及氢气的制备，拓展绿色制氢知识内容等与“双碳”相关的案例；专业基础课例如物理化学课程中通过与电解水科研结合，设计了相关的电解水的习题以及电解水课件的视频，增加了污水处理中对于表面活性剂水溶液的表面吸附的计算的例题，以及课程内容——泡沫法去除污水中表面活性剂；有机化学中引入了石油炼制过程中催化裂解的自由基、碳正离子等的反应机理。

Table 2. List of comprehensive experimental items

表 2. 综合实验项目列表

序号	实验名称	负责老师
1	Pt/CeO ₂ 催化剂制备及其发动机尾气碳颗粒物催化净化性能评价	韦岳长
2	PtSn/Al ₂ O ₃ 催化剂制备及其丙烷脱氢性能评价	韦岳长
3	Pt/TiO ₂ 催化剂制备及其光催化 CO ₂ 还原性能评价	韦岳长
4	Ni/CeO ₂ 催化剂制备及其甲烷重整性能评价	熊靖
5	Pd/CeO ₂ 催化剂制备及其催化甲烷燃烧性能评价	熊靖
6	氮掺杂空心碳壳负载贵金属催化剂的合成及其在电催化中的应用	孙源卿
7	三维层状氮掺杂碳材料负载贵金属纳米簇在电催化中的应用	孙源卿
8	负载贵金属纳米簇的三维自支撑材料在电解水中的应用	孙源卿
9	钴氮共掺杂碳纳米管的合成及其在电催化中的应用	孙源卿
10	氮掺杂三维有序大孔碳材料的制备及其在电催化中的应用	孙源卿
11	唑类金属有机框架材料的合成及应用	彭云雷
12	大孔树脂的改性及吸附性能研究	彭云雷
13	金属有机框架材料的改性及吸附性能研究	彭云雷
14	活性炭材料的改性和吸附性能研究	彭云雷
15	杂化超微孔材料的设计合成	彭云雷

本专业的基础化学实验主要是无机化学实验、物理化学实验和有机化学实验，实验内容相对比较基础，虽然所选的实验项目比较经典，但缺少和化学的研究前沿相结合，因此专门开设了应用化学专业设计课程，里面设计的实验内容结合了本专业老师获得的前沿性科研成果，各实验项目均为综合性实验，从而训练了学生查阅文献、设计实验、实验操作、团队合作等多方面能力。应用化学专业设计课程开设

了 48 学时, 实验名称如表 2 所示。实验过程中是先让学生组成 3~5 人的小组, 然后需要让学生自己通过查询文献, 根据实验目标提出实验方案, 学生有了更多的思考空间, 经过小组讨论和指导教师交流各自的研究方案, 有效提高了解学生解决问题的能力。同时也提升了学生的科研思维能力和科学创新能力。

3.4. 结果导向型教育(OBE)教学模式探索

成果产出为导向(Outcome-Based Education: OBE)的教育理念是在 20 世纪 80 年代由 Spady 在美国率先提出[6]。将 OBE 教学模式运用到应用化学专业基础课《物理化学》课程中, 以“双碳”领域人才培养为预期目标, 这种模式正好符合应用型课程的教学目标[7]。对《物理化学》课程的 OBE 重新构建中, 以“双碳”为背景 OBE 教育理论为基础, 结合专业培养目标, 从而形成了从定义学习产出到使用学习产出的改革。通过对国家“双碳”相关需求的调研及企业近几年的人才需求, 将《物理化学》课程的教学目标定义为更贴近企业用人需求的目标。以学生就业的企业之一中石化燕山石化有限公司为例, 该公司是我国建厂最早、规模最大的现代石油化工联合企业之一, 原油加工能力超过 1000 万吨/年, 乙烯生产能力超过 80 万吨/年, 是我国最大的合成橡胶、合成树脂、苯酚丙酮和高品质成品。它主要是以炼油和生产乙烯等化工产品等工业为主, 教学过程中课程以企业实际生产工艺为导向, 结合物理化学课程所学知识以设计项目式教学, 以与时俱进的教学设计去定义学习产出。把课程分为 7 个模块, 由 3 个准备模块、2 个精修模块和 2 个浅修模块组成。3 个准备模块由热力学、动力学和电化学知识的基本概念和基本理论组成; 3 个精修模块核心是具有实践性, 以石油行业需求为主选取相应的生产实例学习; 2 个浅修模块是以胶体界面化学和化学平衡为基础的应用型案例。实现课程从最初的基础目标逐步达到实际炼油过程的应用目标, 从理论知识到实践应用转化, 从最初的“学”到最终的“做”。

3.5. 专业教学质量保障体系建设

采取过程控制与目标管理相结合, 通过过程控制达到目标管理, 全面制定、规范各教学环节、教学资源质量标准, 实时调控与多层反馈相结合, 不断完善教学质量保障体系, 通过课堂教学评价、中期和期末教学检查、教学专家组督导、导师见面会、毕业生反馈等多种方式, 有效开展质量监控和教学评估, 及时发现问题、改善薄弱环节, 促进教学活动有序、健康开展, 确保教育教学质量。应用化学系建立四个教学团队(有机化学教学团队、无机化学与分析化学教学团队、物理化学教学团队、实践教学团队), 积极推进建设优秀教学团队, 应用化学系建立了职责明确、层级清晰、上下贯通的系-教学团队-课程负责人三级教学组织管理体系, 并向理学院主管教学副院长汇报。

近几年, 结合学校办学定位、用人单位需求和毕业生反馈等信息, 应用化学专业持续不断进行教学改革和专业建设工作。2020 年应用化学成立了专业建设指导委员会, 并聘请校外企业专家作为委员, 参与专业培养方案的制定和修订工作以及专业建设工作。制定和培养方案相配套的教学大纲和教学日历, 制定充分考虑学生个性特点, 采取多种方式循序渐进激发学生对专业的热爱和兴趣。

3.6. 人才培养模式的改革

我国本科高校的人才培养模式仍不能满足以新技术、新业态、新模式、新产业为代表的新经济社会模式对新型人才的要求, 特别是应用型地方本科高校的工科学院, 传统学科根深蒂固, 已成为应用型人才培养的桎梏[8]。应国家“双碳”目标对于能源行业对国际化拔尖创新人才的需求, 创新人才培养模式。建立“课程链”、“人才链”和“产业链”三链融合的创新人才培养模式, 依托国家级双碳目标的重点项目提升创新能力, 通过各类创新创业类国家级大赛提升学生实际问题解决能力, 依托基金委创新性国际联合培养项目, 以能源类人才为基础, 提升国际视野, 强化学生在碳中和利用领域的国际合作能力。

实践教学是培养大学生的重要教学环节, 伴随我国高等教育对教育的重视, 近年来各高校纷纷强化

各专业大学生工程实践能力的培养。工程实践教育的实施需要依托有良好的实验室和实践基地,更要有可行的实践教学模式。应用化学专业创建了良好的专业实验教学条件、虚拟仿真教学合作软件开发公司以及稳定的大型国企实习基地(燕山石化和胜利油田),以及石油化工、采油过程校外实训基地,为学生工程实践能力的培养奠定了良好的基础。另一方面,专业教师多年来致力于工程实践人才培养模式的探索与实践,形成了较为成熟的具有石油特色的工程实践人才培养模式,构建了“理论学习+虚拟仿真+现场实践”三结合的全景实践教学模式。培养学生运用专业基础理论知识解决工程问题能力,探索研讨式、案例式、混合式等教学模式,激发学生原始创新能力[9]。带领学生到燕山石化、胜利油田等实践基地进行三周的现场实习,并采用“集中-认识-讨论”的现场学习模式[10]。第一个“集中”是指学生进入实习基地后,请企业培训人员向学生集中介绍企业概况、车间概况、安全与环保规范及案例等,并到石油化工安全实训基地接受与企业员工类似的安全培训。“认识”指的是将学生集中学习到的知识进一步认识实践,到具体的车间进行实习,熟悉学习工艺流程、装置特点及作用、工艺操控、事故处理方案等。“讨论”是实习进行到最后阶段,由学生自由组成4~5人的小组,先进行小组讨论,然后小组成员共同准备最后的实习汇报PPT。最后学生集中进行实习汇报,由指导教师对汇报进行点评,同时进行一定讲解,让学生能有一个宏观的了解。通过现场实习,培养学生的生产安全与环保意识,了解石油石化企业的实际生产过程,熟悉工艺过程与生产原理[11]。

4. 结语

作为第一批获批的国家一流本科专业,应用化学专业以响应国家“双碳”政策为目标,以培养方案和课程改革为支撑,以课堂教学和实践教学相结合的教学方式,以学生为主体,进行了“双碳”背景下应用化学专业的改革。通过专业改革力争培养出更多国家发展战略性新兴领域的相关专业人才,充分发挥石油特色优势,为“双碳”领域人才方面作出重要贡献。

项目基金

中国石油大学(北京)教学改革项目“应用化学国家一流石油特色专业建设”,项目编号(XM1072022116)。

参考文献

- [1] 吕石磊,王冉.“30·60”双碳目标下建环专业的教学改革与思考[J].高教学刊,2021,7(30):62-65.
- [2] 任世学,李淑君,陈志俊,等.OBE理念下实践教学体系的构建——以农林类高校林产化工专业为例[J].化工高等教育,2020,37(4):103-109.
- [3] 吴峰,吴乐,陈立宇,等.基于工程教育专业认证的化工系统课程群教学体系的构建[J].化工高等教育,2021,38(1):38-42.
- [4] 曹佳佳.教育转型时期无机化学实验教学模式变革研究[J].广东化工,2017,44(3):161-162.
- [5] 孙楠.应用型本科教育下基础化学实验教学探究[J].广州化工,2017,45(3):139-140.
- [6] 孙霞,程宏斌.基于OBE模式的C语言课程教学改革[J].宁波教育学院学报,2016,18(4):15-18.
- [7] 傅妮娜,刘丽娜,赵保敏.基于OBE的化学类工科学校《分析化学》教学改革实践[J].广东化工,2019,46(8):194-195.
- [8] 张磊,闫飞.新工科背景下地方本科院校应用型人才培养的思考与探索[J].新余学院学报,2019,24(2):129-132.
- [9] 未本美,汪海波,秦振华,等.新工科背景下应用化学专业实验教学体系探究[J].山东化工,2020,49(14):235-236.
- [10] 黄菊文,乔俊莲,贺文智,等.改革认识实习教学模式加强学生实践能力和创新能力培养[J].实验室科学,2010,13(5):4-6.
- [11] 龚方红,张炳生.石油化工类工程中心建设的研究与实践[J].化工高等教育,2002(4):83-86.