

新工科理念下化学工艺学教学模式改革实践探讨

王 涵*, 刘广宇, 刘文革

河南工业大学化学化工学院, 河南 郑州

收稿日期: 2024年5月28日; 录用日期: 2024年7月11日; 发布日期: 2024年7月22日

摘 要

基于新工科理念, 为培养新时代卓越工程人才, 针对化学工艺学教学特点, 本次教学改革设计了一系列从创建线上线下混合式课程、结合研讨式教学方式、更新教学内容、增加课堂章节测试以及追踪学生反馈等全方位多角度的教学模式改革方式, 建立了一套完整的课程教学模式新体系, 形成基于新工科背景下的教学模式改革、创新与实践, 促进该课程在化工专业领域课程体系中的发展。

关键词

化学工艺学, 新工科, 教学模式改革

Exploration on Reform and Practice of the Course Teaching Mode of “Principles of Chemical Engineering” under the Concept of “New Engineering Education”

Han Wang*, Guangyu Liu, Wenju Liu

School of Chemistry and Chemical Engineering, Henan University of Technology, Zhengzhou Henan

Received: May 28th, 2024; accepted: Jul. 11th, 2024; published: Jul. 22nd, 2024

Abstract

Based on the concept of new engineering, in order to cultivate outstanding engineering talents in

*通讯作者。

文章引用: 王涵, 刘广宇, 刘文革. 新工科理念下化学工艺学教学模式改革实践探讨[J]. 创新教育研究, 2024, 12(7): 294-300. DOI: 10.12677/ces.2024.127464

the new era, according to the teaching characteristics of “principles of chemical engineering”, this teaching reform has designed a series of all-round and multi-angle teaching mode reform methods from the creation of online and offline integrated teaching courses, combined with seminar-based teaching methods, updating teaching content, increasing classroom chapter tests, and tracking student feedback, etc., and established a completely new system of curriculum teaching mode, forming a teaching mode reform, innovation and practice based on the background of new engineering and promoting the development of this course in the curriculum system of chemical engineering professional field.

Keywords

Principles of Chemical Engineering, New Engineering Education, Reform of Teaching Mode

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

当前我国经济发展正处于加速转变发展方式、调整优化产业结构、转换发展源动力的关键时期。为进一步提升高等教育在新科技革命、新产业革命、新经济背景下的服务支撑能力，教育部自 2017 年以来积极推动高校“新工科教育”——以立德树人为引领，以应对变化、塑造未来为建设理念，以继承与创新、交叉与融合、协调与共享为主要途径，培养未来多元化、创新型卓越工程人才[1]。

化工类专业作为与高科技最密切相关的传统工科专业之一，必须在新经济形势下实现课程教育理念和手段的积极调整，以满足高素质应用型、复合型新工科化工人才需求[2]。化学工艺学作为一门综合性较强的化工类专业核心课程，主要研究由化工原料合成化工产品的过程中所涉及的方法、原理、流程及设备，通过对典型化工产品的生产工艺过程做案例分析，使同学们掌握常见化工产品的生产方法、工艺流程及安全环保措施，提升学生工程实践能力以及培养其安全环保意识，为学生毕业后能够直接从事化工生产、设计、管理等相关工作打下坚实的化学工艺基础[3]。因此，本课程的学习对学生的学科基础知识要求较高，需要对基础专业理论知识熟练掌握，并且要求学生可以运用学过的化工基础理论知识解决工程实际问题。

但化学工艺学课程内容具有流程复杂、内容多、知识更新快等特点，时常导致学生存在对化学工艺理解不深刻，学习兴趣不高等问题。根据化工专业本科生培养方案，本课程安排在第 7 学期(大四上半学期)进行，许多学生此时正面临考研、考公、找工作等压力，导致学生不愿意将过多精力投入到本课程学习上[4]。因此，传统单一的“板书 + PPT + 课堂讲解”教学模式，往往以教师为中心，侧重于知识的单向传递，无法将大量的与化学、工程学等相关的理论、实践知识，在有限的课堂教学时间中进行传授的同时，也无法将化工厂工艺流程中比较复杂的内容，像是设备结构图、带控制点的工艺流程图以及化工设计理论等直观扼要地呈现，致使教学效果不理想。此外，教科书中的课程内容多为工业上已经极其成熟的化工工艺，但随着新时代科学研究以及工业化应用的飞速发展，部分传统工艺在工程实践中已逐渐被新技术、新设备所取代，如果教师在授课过程中仍然以教科书内容为主，将无法反映当前化工行业的最新动态和前沿技术，学生可能会缺乏对新技术和新方法的了解和掌握，从而影响他们的未来职业发展。同样面对工厂复杂的实际工艺流程，如果理论知识学习仅依赖于教师的口头讲解，那么学生可能难以真正理解和应用这些知识，更难以将其与工厂实际操作工艺相联系，纸上谈兵的教学方式可能会导致理论

与实践脱节,使学生缺乏实际操作的经验 and 技能。因此,要培养高质量的应用技术型人才,就必须对传统化学工艺学的教学模式进行优化与改革,激发学生的学习积极性和提高教学质量[5]-[7]。因此,为了较好地达成教学目标,需要针对本课程的特点,改变传统教学模式,设计安排切实有效的教学活动。

2. 突破传统教学模式,创建线上线下一体式教学

利用网络学习平台,如超星学习通、MOOC 等提供在线学习资源库,包括教学视频、教学课件、实验指导、习题库等,学生可以灵活自主地根据自己的时间和节奏进行学习,同时也可以通过互联网获取丰富的学习资源。化学工艺学作为河南工业大学一流本科课程、课程思政样板课程、研究性教学课程、在线开放课程,所有核心内容均已上传至超星学习通课程网站,使学生可以随时浏览、预习、复习课程的全部知识点。通过整合线上线下的教学资源,包括教材、网络资源、动画演示、工程视频资料、实际工厂操作流程等,结合新工科的理念,及时优化教学内容,关注行业动态和前沿技术,引入新工艺研究成果,使学生能够了解最新的工艺技术发展趋势,提高其创新能力和综合素质。例如在煤气化的工艺这一章,介绍间歇式制水煤气的工艺流程中,将工厂实际装置的演示引入课堂,通过动画展示的形式,将空气吹扫,水蒸气吹扫以及制气阶段一一展示,完整演绎了水煤气制备的工艺流程,强化了教学的视觉效果,使学生更好地理解煤制气的步骤。而同样在课堂上学生们难以想象水煤气发生炉设备的具体内部构造,通过线上工厂实际操作视频和动画演示得以充分展示,将枯燥的内容生动化、具体化,极大激发学生的学习兴趣,提高学生的学习参与度,进而提升学习的有效性、实用性和趣味性,满足不同学生的学习需求和兴趣爱好。在线上,学生可以自主选择学习内容和学习方式,通过学习通、QQ 群等方式,和教师进行充分交流,解决课堂教学时间有限、学生参与度不高等问题;在线下,学生可以参加课堂讨论,与教师或同学进行互动交流,更加专注于深度讨论和实践活动,以增强学生的实践能力和创新思维;同时教师可以针对学生的不同情况进行个性化指导,帮助学生更好地解决学习中遇到的问题,以便提升学习效果。

3. 创新教学方式,实现教学手段多样化

采用翻转课堂、研讨式教学、启发式教学以及案例教学等灵活多样的教学方法实现新工科人才的培养。课程初期,采用 PPT + 板书授课方法,详细讲解提高学生的接受水平,把工艺流程图中设备和现场实物图片一一对应,让学生对工艺流程的布置有直观的认识,逐步穿插启发式教学。同时选取典型章节,准备经典案例素材,开展案例教学,教师围绕工艺实践中最新研究进展布置研讨式教学题目,引导学生自主调研,并结合在实习单位掌握的生产工艺展开深入讨论,帮助学生深化对知识点的理解,拓展学生的思维边界。通过案例教学与研讨式教学相结合的方式,引导学生关注行业的最新动态与发展趋势,从而拓宽其知识视野与思维方式[8]。

在教学中期,结合通用单元工艺流程分析,逐渐过渡到翻转课堂,分组讨论,推举代表讲解,教师给予点评与指导。在翻转课堂中,学生通过在线学习资源自主学习课程内容,培养其独立思考和问题解决能力。而在传统的课堂时间里,则侧重于讨论、互动和实践等活动,以深化对知识的理解与应用。通过翻转课堂,使学生从选题、资料查阅、确定题目、工艺技术分析到 PPT 制作、课堂汇报、回答问题的整个过程,由被动学习转变为主动求知,有助于学生将所学知识与实际情境相结合,提高知识的应用能力和实践能力(图 1)。此外,课堂上的互动和讨论还可以培养学生的沟通能力和协作精神,促进他们全面发展。而贯穿其中的研讨式、启发式等教学方法能充分体现以学生为中心的教学思想,这些教学方法的实施不仅有利于学生成为教学过程的主体,成为知识的主动探究者和建构者,而且有利于教师激发学生的学习兴趣、提高学生的学习参与度,进而提升学习的有效性、实用性和趣味性。例如,在讲到甲醇羰

基化制醋酸时，向学生提出酿醋的历史和酿酒、酿醋的区别。这一方面使学生在在学习过程中能够主动思考，加深对醋酸结构的理解，同时提升了学生的学习兴趣，打消学生在学习中的畏难情绪。



- **项目式任务1: 讨论课——工艺流程的组织**
- 收集有关资料（中国知网 <http://www.cnki.net/>, Elsevier数据库 <https://www.sciencedirect.com/>）制作PPT讨论：(1)同一原料生产相同产品按不同工艺条件组织的工艺流程；(2)不同原料生产相同产品组织的工艺流程；(3)在工艺流程组织中如何具体体现工艺流程的先进性和合理性。
- 要求：(1)简述列举的工艺流程；(1)指出该工艺流程的特点(或优缺点)。
- 汇报要求及评分规则：按7-8人为1组，将3个班同学分成9组，每组制作一份PPT（3-5页），并在PPT备注中写3min左右的讲稿，要求图表清楚，文字简洁，并标明每位同学贡献值（平均值为1，组内成员根据实际贡献，协商后给出每人的贡献值，如0.95, 1.1）。课前将PPT发送到邮箱XXX@haut.edu.cn，课上每组随机选取1人进行讲解。根据PPT制作质量和讲解水平给出小组作品成绩，个人成绩为小组成绩乘个人贡献值。

Figure 1. Flipped class examples of student reports and project-based tasks contents

图 1. 翻转课堂学生讲解和项目式任务内容示例

4. 更新研究进展，教学内容与时俱进

Figure 2. Examples of the latest research progress in ammonia synthesis catalysts

图 2. 合成氨催化剂最新研究进展示例

教材中着重介绍的都是传统工业中的成熟工艺，而在生产实践中，为了提高原材料的利用率、改善产品质量及收率、减少环境污染、降低能耗以及结合地域性特征，对整个工艺过程都会有目的地进行工艺路线调整和设备改装。因此，实际工厂中的工艺路线往往和教材中的内容略有差异。教师在讲授这些

内容之前应做好充分的调研工作,积极参与工厂实习调研,及时更新生产条件、生产工艺路线等课程内容,并且授课过程中重点强调这些技术改造的原因、方法、结果等,这样不仅可以方便学生掌握知识,而且会让学生将所学理论应用于工程实际。其次,随着化学工业的发展,尤其是新技术、新工艺、新材料、新设备和新型催化剂的出现,化工生产的原理、方法、工艺条件、设备结构、流程组织等都发生了重大变革,因此课程教学内容也需要同步更新,及时补充前沿知识,确保教学内容与时俱进,以适应化学工业发展对人才知识储备的要求。例如在讲解合成氨通用反应单元工艺中,结合学生们在新乡心连心化肥厂实习时获得的相关工艺基础实践知识,积极导入合成氨催化剂的最新研究进展以及工业应用(图 2)。

5. 增加随堂测试,提升学生学习效果

在每堂课程授课过程中,针对重点流程、关键设备,随时穿插随堂在线测评。通过随堂测试,及时了解学生对课程内容的掌握情况,优化教学方法,提高教学质量和学生学习效果。同时,学生也可以通过随堂测试及时发现自己的不足之处,及时调整学习方法,提高学习效率。同时增加阶段性考查,这些考查方式多样,题型丰富,有简单的计算、选择、判断、简答或论述,以检验学生对关键知识点的掌握程度(图 3)。测试完毕后及时统计正确率和错题率,针对大家都出现的共性错误,再次进行纠正和强调,实现提升教学效果的目的。比如在氯化有机化工反应单元工艺的授课过程中,介绍完氯化反应类型后,直接对学生的掌握程度进行测试,并对正确率进行实时统计。对于学生掌握能力比较薄弱的氧氯化反应特点的共性错误,进一步讲解,加深学生理解程度以及对知识的掌握能力。

除此之外,在章节结束后增加章节测试,测试形式以客观题为主,内容是在对基本概念、原理有一定认知的基础上,对工程综合能力的进一步提升,主要考察学生将基本概念、原理应用于简单工程场景的能力[9]。章节测试所规定的完成时间相对宽泛,其主要目的是提醒并帮助学生发现学习过程中存在的问题,及时弥补不足。通过章节测试,使学生能够充分复习所学知识,初步形成知识体系,并逐步建立将知识、原理应用于一般工程问题的能力。

6. 改革考核模式,采用多元化考核方式

充分利用现代化信息手段,加强对学生课堂内外、线上线下学习的过程考核与监测,建立全过程学业评价方式,增加过程考核的占比,改变传统单一的闭卷考试方式,采用多元化的考核方式,包括课堂测试、课堂讨论、调研报告、课后作业以及期末考试等。在每一章节授课结束时,全体同学参与课程测试,及时检验授课效果;在课堂当中,引导学生积极参加课程讨论,并按照讨论的积极程度给予成绩;鼓励学生参与课堂汇报,根据调研报告和课程汇报的内容和质量,让学生们按照制定的评分标准进行互评;最后就是按照课后作业的完成度进行百分制评分。最终按照总成绩 = 课堂测验*10% + 课堂汇报*10% + 课后作业*10% + 期末考试*70%,来评估学生的最终成绩,全方面评估学生对于化学工艺学的学习效果和综合能力的提升。

7. 注重学生意见反馈,持续改进教学内容与模式

在本课程改革过程中,本教学团队注重对学生的热情、课堂表现等方面观察分析。同时在授课结束后,采用调查问卷的形式,让学生针对化学工艺学所有的教学内容以及教学模式提出相应的意见和建议。实践表明,学生对化工工艺学教学模式改革的反应是积极肯定的,对教师授课的满意度也很高,并且自从 2022 年起实行教学模式改革后,学生的学习平时成绩和期末考核成绩也有了显著提升(图 4);另外针对学生评教意见反映出教学中存在的问题和不足,教师可以及时调整教学大纲和教学模式,以满足学生的需求和提高教学质量。

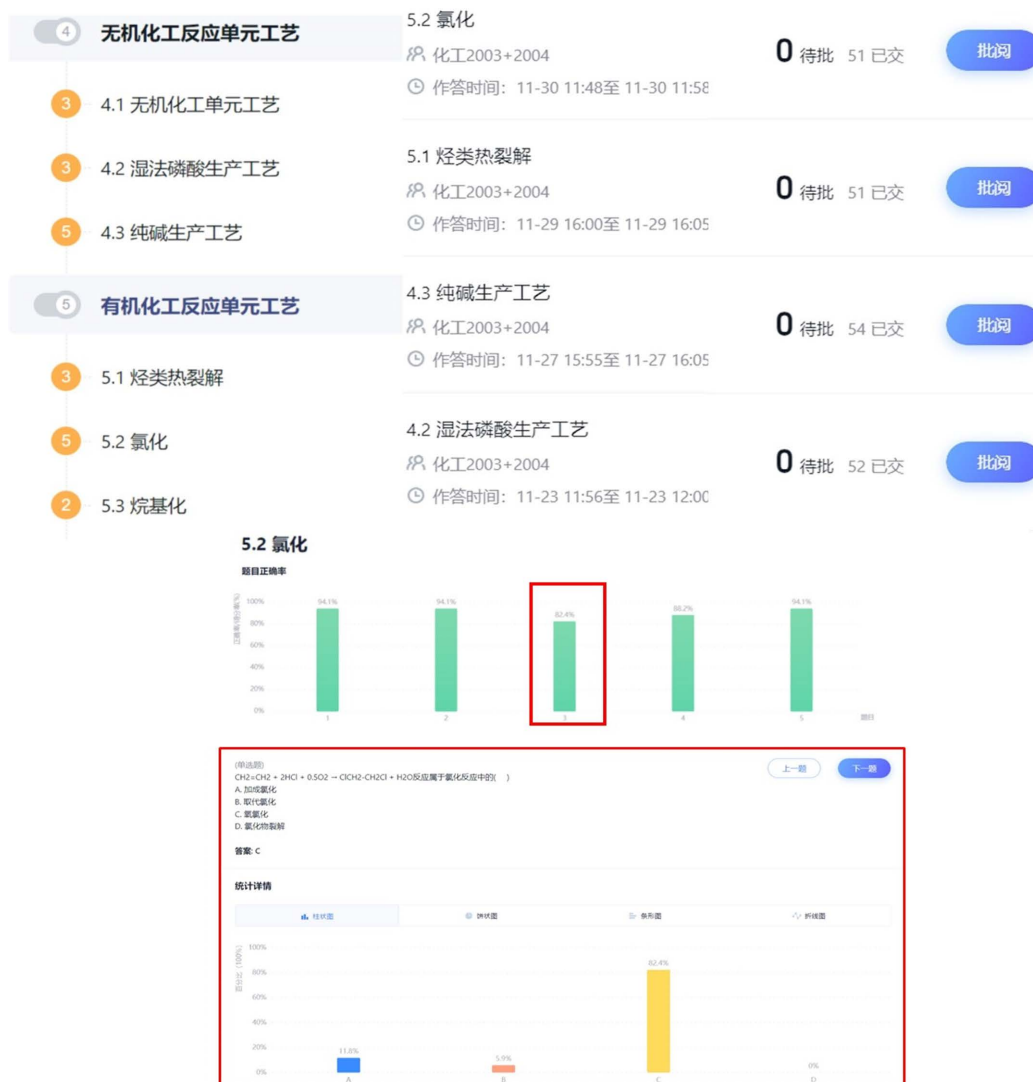


Figure 3. Examples of the class test and statistics accuracy

图 3. 随堂测试示例及正确率统计

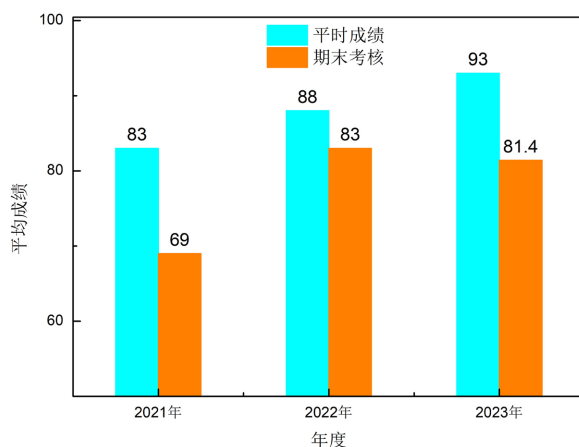
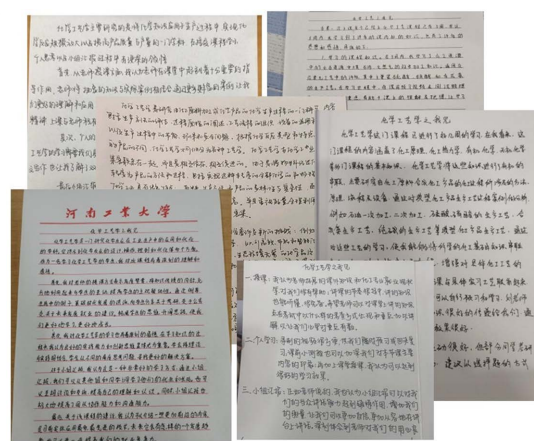


Figure 4. The effectiveness of teaching reform and feedbacks of students learning

图 4. 教学改革成效及部分学生学习反馈意见



8. 结语

随着化工技术的迅猛进步,社会对于具备高度创新能力和全面素养的化工人才的需求日益迫切。为了满足新时代人才培养的要求,化工工艺学,作为化工专业课程的核心基石,必须与时俱进,不仅要夯实学生的知识基础,还要全方位提升学生的专业素养和实践技能。我们通过创建线上线下一体式课程、创新教学方法、更新课程知识体系、增加过程考核方式以及教学反馈等手段持续创新教学模式,注重教学模式的多样丰富化发展;同时促进理论与实际应用的结合,实现课程全方位的质量评价与监督,提升教学质量与效果,培养学生的学习兴趣 and 主动性,提高学生的工程思维能力和创新能力,从而实现该课程的教学目标以及在新工科背景下高素质应用型人才的培养要求,为化工行业的发展贡献智慧和力量。

基金项目

河南工业大学校级项目资助:2023YJXJX-18;河南工业大学 2023 年度本科教育教学改革研究与实践项目重点项目:JXYJ2023016 以及河南省本科高校研究性教学项目。

参考文献

- [1] 吕春杰,刘青,孙娜,等.新工科背景下化工原理教学改革探索[J].广州化工,2022(23):189-191.
- [2] 夏淑倩,王曼玲,程金萍,等.践行 OBE 理念开展化工类专业新工科建设[J].化工高等教育,2018(1):9-12.
- [3] 黄仲九,房鼎业,单国荣,等.化学工艺学(第三版)[M].北京:高等教育出版社,2016.
- [4] 刘广宇,朱春山,孙晨,等.以学为中心的化学工艺学课程改革与实践[J].广东化工,2021,48(14):267-269.
- [5] 任秀彬,王丽娜,章结兵,等.化学工艺学课程研讨式教学改革与实践[J].化工高等教育,2022,40(4):43-47.
- [6] 王金龙.新工科背景下应用型本科高校化学化工虚拟仿真实验教学体系的构建[J].广东化工,2023(4):223-224.
- [7] 张旭.基于应用型人才培养的化学工艺学教学改革实践[J].广州化工,2019,47(16):167-168.
- [8] 李卫星,琚晓晖,陈日志,等.新工科背景下化工工艺学课程建设与教学实践[J].化工高等教育,2024(1):108-110.
- [9] 张彬,李阳,马金亮,等.“新工科”背景下生物工程专业《化工原理》课程考核改革与实践[J].广东化工,2023,50(13):226-229.