

新工科背景下材料类专业有机化学实验教学 改革探索

周雪飞*, 程巧换, 任 瑛, 王仁杰, 刘 萌, 苗 蔚, 程文喜, 林浩伟

河南工业大学材料科学与工程学院, 河南 郑州

收稿日期: 2024年1月15日; 录用日期: 2024年2月16日; 发布日期: 2024年2月23日

摘 要

有机化学实验是材料类专业基础化学实验的重要组成部分, 传统的实践教学模式已经不能满足新工科背景下培养创新型工程科技人才的需求。本文针对当前有机化学实验课程教学中存在的问题及弊端进行分析, 从整合基础操作类实验、增加创新设计类综合实验、构建网络教学资源平台、开发分析测试仪器教学功能、线上教学平台辅助过程性评价、增设期末考核等多方面进行教学改革探索, 以期为新工科背景下材料类专业创新型人才的培养提供借鉴。

关键词

新工科, 材料专业, 有机化学实验, 教学改革

Reform and Exploration of the Organic Chemistry Experiment Teaching of Material Specialty under the Background of New Engineering

Xuefei Zhou*, Qiaohuan Cheng, Ying Ren, Renjie Wang, Meng Liu, Wei Miao, Wenxi Cheng,
Haowei Lin

School of Materials Science and Engineering, Henan University of Technology, Zhengzhou Henan

Received: Jan. 15th, 2024; accepted: Feb. 16th, 2024; published: Feb. 23rd, 2024

*通讯作者。

文章引用: 周雪飞, 程巧换, 任瑛, 王仁杰, 刘萌, 苗蔚, 程文喜, 林浩伟. 新工科背景下材料类专业有机化学实验教学
改革探索[J]. 教育进展, 2024, 14(2): 1463-1469. DOI: 10.12677/ae.2024.142227

Abstract

Organic chemistry experiment is an important part of the basic chemistry experiment of materials major. The traditional practical teaching mode can no longer meet the demand of cultivating innovative engineering talents under the new engineering background. This paper analyzes the existing problems and drawbacks in the current teaching of organic chemistry experiment courses, and explores teaching reform from the aspects of integrating basic operation experiments, adding comprehensive experiments of innovative design, constructing network teaching resource platform, developing teaching functions of analysis and testing instruments, assisting process evaluation of online teaching platform, and adding final examination, in order to provide reference for the cultivation of innovative talents in materials specialty under the background of new engineering.

Keywords

New Engineering, Material Major, Organic Chemistry Experiment, Teaching Reform

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

随着当前世界范围内新一轮科技革命和产业变革加速进行,培养多样化、创新型卓越工程科技人才对于促进我国产业发展和提高国际竞争力至关重要。工程作为人类探索世界的伟大实践,其与科学技术的结合为文明的进步提供了不竭动力。工程推动社会进步,而工程教育则决定人类未来。基于此,教育部于2017年启动新工科建设,旨在探索形成新工科教育模式,主动适应新技术、新产业、新经济发展,培养未来多元化、创新型卓越工程人才,形成中国特色、世界一流工程教育体系,为实现中华民族伟大复兴的中国梦奠定坚实基础[1]。实践是工程的本质和创新的源泉,地方院校理工科专业在人才培养的过程中往往更偏向于基础理论知识的教学,实践教学则成为培养学生创新意识、实践能力、科学素养的重要环节。因此,新工科的建设过程中,全面推进实践教学改革模式对于培养应用型工程技术人才具有十分重要的意义。

材料是人类生产生活和社会发展的物质基础,在全球科技发展日新月异的今天,对具有材料类专业背景人才的需求更加迫切[2]。有机化学实验是我校材料科学与工程学院开设的一门重要的专业必修课,课程面向全院所有材料类专业学生。作为一门实践课程,有机化学实验课程除了训练学生掌握安全规范的实验操作技能、巩固对课堂上所学化学基础理论知识的理解,更重要的是培养学生严肃认真、实事求是的科学态度,以及增强创新意识、探索精神及分析和解决复杂工程问题的能力[3]。目前,有机化学实验教学内容大多属于验证性实验,知识体系相互关联、相互渗透的探索性和设计性综合实验相对较少。此外,传统的实践教学模式中,教师负责准备实验仪器、讲解实验内容、演示实验操作,而学生只需按照教师讲解按部就班进行操作,学生参与实验和深入思考问题的机会很少,难以提起学生的学习兴趣。不仅如此,注重操作过程而缺乏对产物结构和性能表征,也容易让实践教学形式化。本文将基于本校材料类专业有机化学实验的课程特点,结合新工科建设对创新型人才的培养需求,针对当前教学模式中存在的问题,对有机化学实验教学进行一系列的教学改革探索。

2. 课程教学中存在的问题

2.1. 实验内容不合理

有机化学实验课程实验内容可分为两大类：第一类是基本操作类，包括简单蒸馏、减压蒸馏、熔点的测定、沸点的测定、重结晶与过滤、柱色谱、从茶叶中提取咖啡因、花椒挥发油的提取等 8 个实验，共 32 课时；第二类是有机化合物合成类，包括环己烯的制备、1-溴丁烷的制备、苯甲酸的制备、乙酸乙酯的制备、聚乙烯醇缩甲醛的制备等 5 个实验，共 20 课时。其中，减压蒸馏在实验原理和内容上是简单蒸馏的延伸，实验重复度高，却安排了两次实验，占用 8 个课时。熔点的测定和沸点的测定在实验原理上有相似之处，均与环境大气压相关，且操作简单、耗时较少，却占用 8 个课时。这类简单且重复度高的实验，占用大量课时，造成课时的浪费，挤压了真正能够锻炼学生创新能力的综合类实验的时间。此外，在课程内容设置上，缺乏综合性和设计性实验，即使是合成类实验也都属于验证性实验，学生只需按照规定步骤操作就算完成实验。学生合成的产物也未做进一步表征，学生只是通过观察产物形态、称取产物重量来评价产物合成的成功与否及产量多少，并未以严谨的科研态度用具体数据分析样品，此类实验难以真正提高学生的创新能力和解决复杂工程问题能力。

2.2. 教学模式缺乏创新

长期以来，有机化学实验采用传统的教学模式，即学生课前提前预习并完成预习报告，教师课堂讲授并现场演示实验操作要点，然后由学生独立完成具体实验内容及实验报告。对于预习报告，不少学生只是将课本上的实验目的、原理等原文照搬到实验报告中，尽管文字任务完成了，但根据课前提问发现不少学生对实验操作原理和步骤十分陌生。教师在课堂讲授实验操作时，因大多数实验项目耗时较长而课时又相对有限，教师只能挑出实验中的重点内容进行讲解，这一教学模式对于部分学生尤其是课前没有认真预习的学生较困难，他们可能依然不知道如何进行实验操作，实验中遇到课本或者老师没讲过的情况便不知所措。由此可见，传统的教学模式难以调动学生的学习兴趣，学生容易产生依赖课本和老师的惯性思维，对于知识点的掌握常浮于表面，这不利于对学生创新性思维意识的培养和深度思考能力的提高。

2.3. 考核方式不够灵活

在有机化学实验的成绩评定中，每次实验的成绩由平时成绩和实验报告两部分组成，其中平时成绩评定内容及占比为预习 10%、操作 10%、台面 10%、产品 30%，实验报告则占 40%，期末总成绩为每次实验成绩加和的平均值。由于学生每次所做实验内容相同，关于操作规范度、台面整洁度、产品完成度等评分内容的得分区分度不大。不仅如此，根据以往的教学经验发现，部分学生甚至会篡改数据和照抄别人的数据，以获得所谓完美的实验结果和实验报告。而且，课程评价体系以教师为主体来评价学生，但由于教师精力有限，容易出现对学生评价不到位的情况，进而导致考核方式存在较大片面性，而不能真实反映学生的实际水平。此外，学生成绩仅依靠平时成绩和实验报告，却无期末考试，考核流于形式而缺乏挑战性，难以激发学生的学习积极性和主动性，容易产生一边学一边忘的情况。在新工科背景下，只有科学调动学生实验的积极性和主动性，建立以学习态度、理论认知和实验技能为基础的考核评价体系，才能实现材料类专业人才培养的目标。

3. 课程改革探索

3.1. 优化教学内容

1) 整合基础操作类实验

将简单蒸馏、减压蒸馏、熔点的测定和沸点的测定整合在 4 个课时内完成，将重结晶与过滤、柱色谱整合在 4 个课时内完成，基本操作类实验从 32 课时缩减至 16 课时。调整后，多出的课时可用于后续创新设计类综合实验的教学中，以适应新的课程考核评价体系。将简单的实验操作进行集中教学，既充实了实验课堂，又及时引导学生建立知识框架并产生获得感，从而在课程初期激发起学生的学习热情。

2) 增加创新设计类综合实验

通过增加创新设计类综合实验，构建分层渐进式课程体系，引导学生将所学理论知识和实验技能运用于实践探索中。如图 1 所示，整体上，有机化学实验课程可分为三个阶段。第一阶段为基础性实验阶段，通过基础操作类和简单合成类实验的训练，激发学生学习兴趣，帮助学生熟悉并掌握基本实验技能，该部分实验内容主要包括如重结晶与过滤、苯甲酸的制备等。第二阶段为综合性实验阶段，实验内容包括有机化合物的多步制备及对产物的分离和提纯等，该阶段引导学生通过团队合作的方式，逐步完成实验，巩固实验操作技能的同时培养其对有机化学理论知识的综合运用能力。比如，在“己内酰胺的制备实验”中，学生需掌握环己醇氧化制备环己酮，环己酮与羟胺反应制备环己酮肟，以及环己酮肟通过贝耳曼反应制备己内酰胺的方法和原理，同时也进一步巩固了低温反应、干燥和减压蒸馏等基本操作技能。第三阶段为创新设计性实验阶段，该阶段穿插相关的材料工程领域知识，引入学科前沿的热点材料的设计合成，引导学生了解有机化学发展前沿，锻炼和培养其文献查阅、独立设计、操作表征等创新能力。比如，“研究超声辅助下维生素 C 与棕榈酸的酯化反应”，学生需要查阅相关文献，对超声辅助下的水解反应或酯化反应进行综述，然后设计出合理且具体的实验方案，包括选择合适的实验装置、合理的原料配比、反应温度、反应时间、超声波参数设定(如功率、频率等)、确定产物表征方法并明确产物结构等，最后总结实验，撰写研究报告，并给出具体结果与相应的讨论分析。

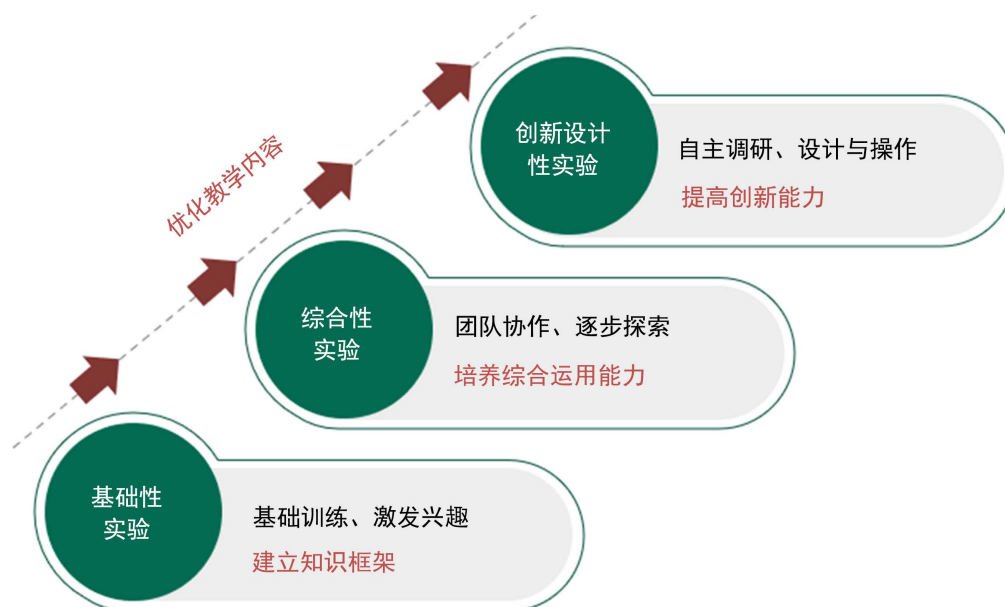


Figure 1. Three stages of teaching content diagram

图 1. 三个阶段教学内容示意图

3.2. 整合教学资源

1) 构建网络教学平台

随着世界范围新一轮科技革命和产业变革扑面而来，运用现代信息技术构建基于慕课、微课、翻转

课堂的“互联网 + 实验”的教学模式,已成为有机化学实验课程教学的重要改革方向[4]。如图2所示,以学习通为线上教学资源平台,教师可根据实验原理、重难点、操作技巧、知识拓展等,上传相关文献、习题和视频等学习资料,构建具有任务发布、视频学习、在线交流和在线测试等多功能的线上教学平台。在线下,教师则通过课堂提问、现场指导操作和组织学生分组讨论等方式,敦促学生认真、客观、严谨地完成实验操作,于课后及时分析实验数据并完成课后习题,锻炼学生独立探索、团队合作、讨论交流和总结反馈的能力。



Figure 2. Schematic diagram of teaching resource integration
图2. 教学资源整合情况示意图

2) 开发分析测试仪器教学功能

长期以来,有机化学实验课程的教学专注于对学生实验操作能力的训练,而忽视了对产物进一步测试与表征这一重要步骤。例如,在苯甲酸的制备实验中,学生通过对合成过程的控制以及对产物的后处理(酸化、过滤、重结晶、烘干)得到最终产物,仅依靠观察产物颜色来判断产物纯度,并通过称取产物重量粗略计算产物产率,这种分析方式既不准确也不利于培养学生严谨、客观、认真的科研态度。通过将分析测试仪器运用到某些有特定需求的有机化学实验课程中,将理论教学、实验操作和仪器测试分析这些孤立的环节相互融合,通过测试结果的及时反馈,帮助学生发现问题并持续改进,有助于学生对有机化学知识的深刻理解,体现了工程教育认证持续改进的核心要求,培养了学生工程思维和批判性思维能力。

3.3. 重建课程评价体系

1) 线上教学平台辅助过程性评价

网络教学平台的构建不仅为学习者提供充足的学习资源,创设良好的信息环境,也为科学地评价学生的学习成果提供了技术支撑[5]。如图3所示,在课前,教师对上传的“线上”教学资料赋予相应的经验值,同时创建“线上”试题库。学生通过观看教学视频、文献等学习资料,被赋予相应的经验值,采用与时俱进的“线上”考核方式激发学生的学习热情。在课中,教师通过学习通发布考核测试题,检查学生的预习情况,学生根据得分情况被赋予相应经验值。线上学习的经验值经过统计后进行折算,并计入学生的平时成绩。这种线上考核的方式更直观且全面地反映出每个学生的预习情况,老师可根据线上及时反馈的学习数据,将易出错、易发生危险的部分进行重点讲解。实验开始后,教师在实验室内不断巡视,及时发现问题并引导学生正确操作,同时要求学生将搭建的实验装置、记录的原始数据和实验现象等,以图片形式依次上传至学习通,确保每位学生都参与到整个实验中,以此作为评价学生的实验态度和操作能力的重要依据。实验结束后,教师再次发布考核测试题并增加拓展类题型,掌握学生对实验理论及技能知识的学习情况,提升其分析问题和解决问题的能力。

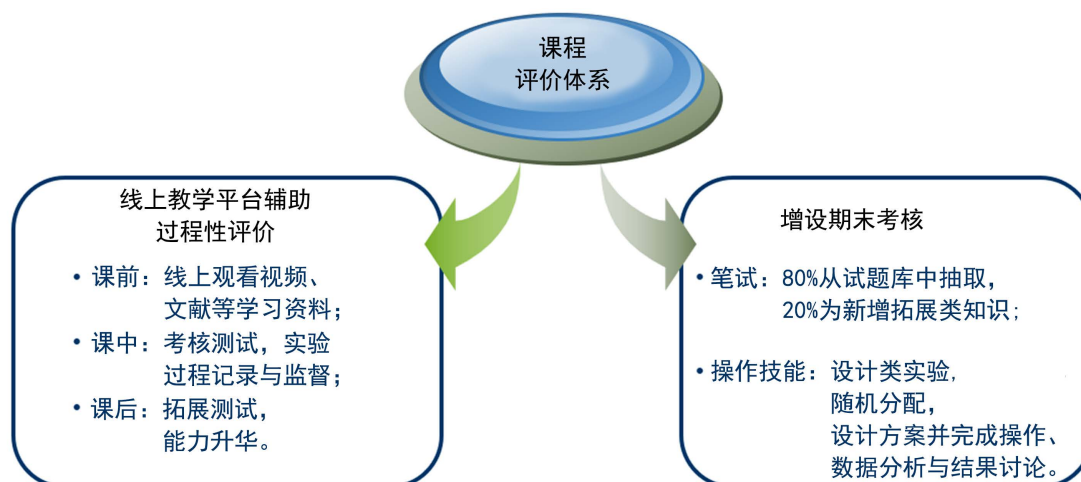


Figure 3. Curriculum assessment model diagram
图 3. 课程考核模式示意图

2) 增设期末考核

期末考试包括笔试和操作技能两项。笔试内容中, 80%从平时的线上测试题库里进行抽取, 20%为新增的一些应用拓展类知识; 测试内容覆盖实验室安全、实验原理、实验目的、实验装置、实验操作步骤和关键注意事项, 以及环境保护和应用拓展类知识等。笔试成绩由线上测试结果自动生成。操作技能部分由教师选择 3 个设计类实验题目, 提前 2 周在线上将题目告知给学生, 学生课下通过查阅文献、教材、视频等资料, 合理设计相应的实验方案。现场考试时, 学生根据随机分配的实验题目选择所需的实验原料和仪器设备, 在规定时间内根据设计方案完成实验操作, 并给出实验结果和数据分析。同时, 老师巡视检查学生实验方案的安全性、可行性及操作的规范性, 并根据评分标准给出分数。通过增设期末考核, 帮助学生复习所学知识, 提高学生对有机化学实验课程的重视程度, 增强其独立思考、动手操作和解决复杂工程问题的能力。

4. 结语

在建设领跑全球的特色工程教育体系的背景下, 材料类专业背景人才培养模式进行调整势在必行。有机化学实验是材料类专业学生提高专业能力的重要实践课程, 通过优化教学内容、整合教学资源 and 重建课程评价体系等方式进行教学改革, 有利于调动学生的学习兴趣, 切实提高学生的动手操作能力、创新思维能力以及分析和解决复杂工程问题的能力, 这些改革方式对于其他工科类的实验教学改革也有一定的借鉴意义。

基金项目

河南工业大学教育教学改革研究与实践项目(CLXYJY2021-8); 河南工业大学教育教学改革研究与实践项目(CLJG202308); 河南工业大学博士基金(2020BS038); 郑州市协同创新专(22ZZRDZX03)。

参考文献

- [1] 夏建国, 赵军. 新工科建设背景下地方高校工程教育改革发展刍议[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 15-19+65.
- [2] 宋莉芳, 高莉宁, 夏慧芸, 等. 材料类专业《有机化学实验》教学改革初探[J]. 科技创新导报, 2018, 15(17): 247+250.
- [3] 朱靖, 肖咏梅, 马丽. 有机化学实验[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011: 1-2.

-
- [4] 朱敏, 王丽娟, 白艳红, 等. 基于网络平台开展有机化学实验在线教学初探[J]. 实验室科学, 2022, 25(4): 104-108.
- [5] 于雪, 成乐琴, 张跃伟. 高分子材料与工程专业有机化学实验考核评价体系的构建与实践研究[J]. 高分子通报, 2022(8): 99-106.