

## 基于“翻转课堂+慕课”教学模式下有机化学实验英文课程的教学探索与实践

蒋俊\*, 兰泉, 郑媛, 查正根

中国科学技术大学化学与材料科学学院, 化学国家级实验教学示范中心(中国科学技术大学), 合肥 230026

**摘要:** 有机化学实验作为高等学校化学专业本科生的四大基础实验课程之一, 对提高学生动手能力, 拓展创新思维有不可替代的作用。而全英文教学对于学生跟踪前沿科技及国际化交流等有极大助力。我校有机化学实验英文课程采用“翻转课堂+慕课”教学模式, 教学中“以学生为中心, 以问题为导向”, 提升学生自主学习及知识整合的能力。该课程有效帮助学生实现“深度学习”, 拓宽实验教学的深度和广度, 提升国际化人才培养水平。

**关键词:** 有机化学实验; 全英文教学; 翻转课堂; 慕课; 深度学习

**中图分类号:** G64; O6

## Teaching Exploration and Practice of the Organic Chemistry Laboratory English Course Based on the “Flipped Classroom + MOOC” Teaching Model

Jun Jiang\*, Quan Lan, Yuan Zheng, Zhenggen Zha

National Demonstration Center for Experimental Chemistry Education (University of Science and Technology of China), School of Chemistry and Materials Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China.

**Abstract:** Organic chemistry laboratory, as one of the four core laboratory courses for chemistry undergraduates, plays an irreplaceable role in enhancing students' practical skills and fostering creative thinking. The use of English-language instruction significantly supports students in tracking cutting-edge technologies and engaging in international academic communication. Our university's Organic Chemistry Laboratory English course adopts the “flipped classroom + MOOC (Massive Open Online Course)” teaching model. With a “student-centered and problem-oriented” approach, this model enhances students' ability for self-directed learning and knowledge integration. The course effectively promotes deep learning, broadens the depth and scope of laboratory teaching, and improves the level of international talent development.

**Key Words:** Organic chemistry laboratory; English instruction; Flipped classroom; MOOC; Deep learning

教育部在2001年8月28日的《关于加强高等学校本科教学工作, 提高教学质量的若干意见》中明确提出“本科教育要创造条件使用英语等外语进行公共课和专业课教学”的要求。中国科学技术大学(以下简称“中国科大”)作为研究型大学, 在科技创新方面取得了不错成绩。而在高水平科研开展和创新中, 无论是学术写作、还是国际学术交流与研讨、提升国际舆论引导力, 都要求学生掌握专业英文写作和交流能力。与此同时, 随着世界经济一体化的进程和我国“一带一路”发展战略的不

收稿: 2024-10-25; 录用: 2024-12-04; 网络发表: 2025-05-22

\*通讯作者, Email: jiang123@ustc.edu.cn

基金资助: 中国科学技术大学本科质量工程项目(2024xjyxm026); 安徽省省级质量工程项目(2022jyxm1810)

断推进,我国与其他国家的各方面的交流与合作也日趋密切。这一新的形势也促使高校人才培养方向和方式的改革。

为了适应新形势下国际化发展的要求,培养具有全球竞争力的科技拔尖人才,中国科大自2013年开始实施“英语授课推进计划”。有机化学基础实验英文课程于2021年秋入选该计划,2022年春季学期正式开课,已完成五轮的教学实践。该课程开设后,有效推动了中国科大有机化学英文培养体系建设,教学效果显著。有机化学实验作为高等学校化学专业本科生的四大基础实验课程之一,对提高学生动手能力,拓展创新思维有不可替代的作用。而英文模式有机化学实验教学对于学生跟踪前沿科技及国际化交流等都有极大助力。该实验课程授课过程采用“翻转课堂+慕课”一体化结合教学模式,以线上视频教学为基础,结合平台互动交流,以问题为导向进行翻转课堂教学活动。教学中构建高效实验课堂,引导学生“深度学习”,拓宽实验教学的深度和广度,激发学生的科研兴趣,培养高质量人才。

## 1 有机化学基础实验英文课程开设概况

中国科大有机化学基础实验(英文)课程为本科计划内课程,授课对象主要为化学与材料科学学院和生命科学学院“拔尖计划”科技英才班学生。该课程采用“翻转课堂+慕课”全英文教学模式,以问题为导向,实现学生“深度学习”的教学目标,培养学生高阶思维能力。实验教学中不仅指导学生基于英文语境下熟练掌握有机化学实验基础实验技能,而且强调引导学生“内化知识”及多维度思考解决问题的能力,助力学生关注学科前沿进展,培养具有国际视野和创新能力的高素质人才。课程设置共80学时,2学分。该课程实现小班授课,每班学生约14人。

## 2 课程安排

### 2.1 实验项目

课程安排由7个线下实验和1个大型虚拟仿真综合实验组成(如表1)<sup>[1,2]</sup>。线下实验分别是水杨酸的重结晶(Recrystallization of Salicylic Acid)、正溴丁烷的制备(Preparation of 1-Bromobutane)、茶叶中咖啡因的提取(Extraction of Caffeine from Tea-leaves)、苯甲酸乙酯的制备(Preparation of Ethyl Benzoate)、三苯甲醇的制备(The Grignard Reaction: Preparation of Triphenylmethanol)、乙酰二茂铁的微量制备(Microscale Synthesis of Acetyl Ferrocene)、柱色谱及薄层色谱(Column Chromatography and Thin Layer Chromatography)。虚拟实验是安徽省省级虚拟仿真实验教学一流课程项目:基于酮羰基选择性保护及去保护方法的有机合成虚拟仿真实验(国际双语版)。

在教学中,除了第一个实验“水杨酸的重结晶”是基本操作外,其他实验均为合成综合实验。我们将有机化学实验中的基本操作融合至这些合成综合实验中,在每次实验中复习前面实验学过的基本操作,并学习新的基本操作,达到知识的融会贯通。

基本操作包括回流(reflux)、热过滤(hot filtration),减压抽滤(vacuum filtration),简单蒸馏(simple distillation),萃取(extraction),干燥(desiccation),升华(sublimation),减压蒸馏(vacuum distillation),无水无氧实验(anhydrous and anaerobic experiment),水蒸气蒸馏(steam distillation),薄层色谱(thin layer chromatography),柱色谱(column chromatography)等。

### 2.2 英文课件、讲义及实验报告撰写

有机化学实验教研组开发了“有机化学实验”英文课程课件(如图1),同时撰写了“Experimental Organic Chemistry”英文实验教程,课件和英文实验教程均在“有机化学实验”英文课程教学中采用。

在英文实验教学开始之前,要求学生熟读英文实验教程,记诵专业英语词汇,理解实验及仪器原理,并能用英文口头流利表达,全英文书写预习实验报告,对即将进行的实验有整体的把握。

表1 有机化学实验英文课程内容

Organic chemistry experiments	Theory and related skills
Safety and Instruments	Safety and introduction of the organic chemistry instruments
Recrystallization of Salicylic Acid	Recrystallization, reflux, hot filtration, vacuum filtration
Preparation of 1-Bromobutane	The principles of preparing alkyl halides, nucleophilic substitution reactions, extraction, simple distillation, desiccation
Extraction of Caffeine from Tea-Leaves	Extracting organic compound from nature, solid-liquid extraction, sublimation and Soxhlet apparatus
Preparation of Ethyl Benzoate	The principles of Dean-Stark trap, vacuum distillation and extraction
The Grignard Reaction: Preparation of Triphenylmethanol	The principles of preparing triphenylmethanol, steam distillation, the preparation of Grignard reagents, anhydrous and anaerobic condition
Microscale Synthesis of Acetyl Ferrocene	Microscale synthesis, Friedel-Crafts reaction
Column Chromatography and Thin Layer Chromatography	The basic operation of thin layer chromatography, column chromatography
Virtual Simulation Experiment of Organic Synthesis Based on Selective Protection and Deprotection Methods of Ketone Carbonyl Groups	Organic multi-step synthesis experiment, selective protection of ketone carbonyl group
Summary	Review, Presentation

### A Choosing the Solvent

Like Dissolves Like

### B The Principle of Esterification

$$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH} + \text{HOR}' \xrightleftharpoons{\text{H}^+} \text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OR}' + \text{H}_2\text{O}$$

Le Châteliers principle

The Fischer esterification is an equilibrium, how can we achieve good yields of esters?

1. A large excess of the alcohol or the acid
2. Removing water or ester
3. Both methods can be used

图1 有机化学实验英文课程教学课件

### 3 有机化学实验英文课程“翻转课堂+慕课”教学模式的实施

有机化学基础实验课是有机化学教学中必不可少的一部分，构建高效英文实验课堂能大大提升学生的实验操作技能、科研素养及思维能力。传统的实验教学模式，主要以教师讲解为主，学生被动接纳知识，实验过程中学生缺乏主观能动性，忽略了知识整合对学生解决问题能力的培养，造成学生学习动力下降以及缺乏对课程探索的积极性。因此，探讨新的教学模式，在实验教学中最大化地提高学生实验操作水平、培养学生创新思维等综合能力，是有机化学实验教学改革的方向<sup>[3,4]</sup>。

#### 3.1 英文课程翻转课堂与慕课一体化结合的教学思路

“翻转课堂+慕课”教学模式通过调整课内、课外学习流程，实现了学生在课外利用线上课程进行自主学习，又能通过课堂参加线下交流互动，促进知识巩固与内化，从而更好地达到教学效果。翻转课堂的本质就是要促进学生将被动接受学习转变为主动探究学习<sup>[5]</sup>。教师选择学生最近实验内容放到课前自学预习阶段，学生将借助教师提供的学习资源和自己找到的相关资源进行学习，完成

教师安排的学习任务,对实验提出问题、归纳问题,在课堂上与同伴进行交流分享,合作解决新旧问题,教师进行指导及解惑答疑,最终实现协作式、交互式、个性化以及差异化学习<sup>[6]</sup>。“翻转课堂+慕课”学习模式不仅能增强学生的学习主动性和参与感,还能通过实践和互动提升学生的理解与应用能力。在这种教学模式下,无论是学生课前学习慕课教学视频,还是在课堂上师生面对面地互动交流,都是围绕着“学生为中心”展开。学生可以掌控自己看慕课视频的进度,对于即将操作的实验提出个人问题及想法,与教师或同学交流,在实验操作中进行验证及探索,从而获得学习上的主动权,逐渐构建起科学思维体系并培养创新能力,培养国际化复合人才。有机化学实验英文课程“翻转课堂+慕课”一体化结合课堂模型见图2。

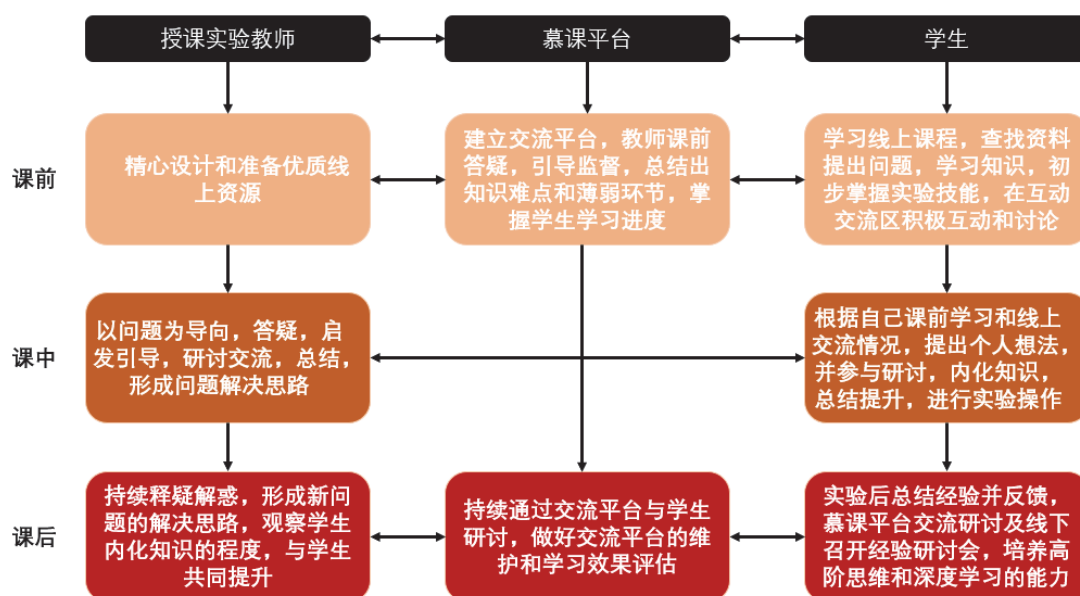


图2 有机化学实验英文课程“翻转课堂+慕课”一体化结合课堂模型

### 3.2 慕课资源(线上课程)建设

依托“学银在线”学习平台,教学团队建设了省级“有机化学基础实验双语”线上课程(慕课),已开课四期(链接网址: <https://www.xueyinonline.com/detail/245839921>)。

该有机化学实验双语线上课程MOOC总时长480 min,分为八个章节,34个小节。授课内容与线下课程保持一致。内容包括实验课程讲授及实验操作演示两大部分。例如图3A、3B、3C为实验讲授部分,对实验的背景、原理及实验使用的装置等进行了详细讲解;图3D为实验操作演示部分,规范仪器搭建方法,让学生观看学习整个实验流程。学生通过手机下载注册“学习通”APP,利用手机、平板或电脑直接观看线上课程内容,非常便捷。

### 3.3 线上教学

实验授课教师通过慕课平台设定清晰的学习目标,引导学生课前通过慕课线上课程先学习实验原理和基础实验知识,并参与英文课程线上讨论,确保实验线下课程开始前已建立坚实的理论基础。

教师设计学习资源是实施“翻转课堂+慕课”模式的核心环节,应精准满足学生需求并保证线上课程资源的多元化、科学性。在线视频要确保内容直观、易懂,有助于学生更好地理解新概念,从而顺利过渡到更深层次的学习。如对于正溴丁烷这个实验来说,线上课程教学视频由6个部分组成:概述及原理、蒸馏、萃取、干燥、实验步骤及注意事项和实验操作视频,详细讲解了正溴丁烷整个实验。此外,线上非视频资源,如实验课件、实验相关最新文献等也是线上资源的重要组成部分,满足学生个性化学习需求。



图3 有机化学实验双语线上课程(慕课)

线下实验课前利用慕课这个优质线上课程互动平台推送每次实验课程的教学视频、多媒体课件、实验最新参考文献等多元化资源给学生开展线上学习。学生通过课前自主学习(如图4A、4B)实现对知识的浅层理解,这是培养高阶思维和深度学习的基础。在学习过程中,学生遇到难点和疑问时,可系统性地查阅相关文献资料进行深入探究,并通过慕课互动交流区向老师和同学进行积极交流和讨论(如图5),这样的自主学习过程不仅填补了传统教学模式中的不足,还有利于提升学生的自主探究和解决问题的能力。而教师需关注学生学习的状态,及时答疑并参与互动交流,对学生的学习进行引导和监督,总结出知识难点和薄弱环节,提炼出有机化学实验线下课程交流时有价值的问题。

### 3.4 线下教学

线下有机化学实验英文课堂中,凸显学生在学习中的主体地位,以问题为导向,实现学生“深度学习”的教学目标,培养高阶思维能力。翻转课堂通过调整课内、课外学习流程,实现了学生在课外既能利用网络资源进行自主学习,又能通过课堂参与线下交流互动,促进知识巩固与内化,从而更好地达到教学效果。

教学中教师根据课堂节奏进行整体把控,引导学生找到有意义、有价值的问题进行深入探讨,并做相应的点评和指导,培养学生表达及解决问题的能力(如图6A)。如以苯甲酸乙酯的制备为例,对于分水器分出来的液体进行重点研讨:反应刚开始时分出来的液滴是什么?随着反应的进行,液滴的组成变了吗?反应快结束时,液滴的组成又发生什么变化?是什么原因导致液滴的组成发生了变化?通过这些实验关键问题,让学生用英文自由地表述、讨论、思考,促进知识巩固和内化。



图4 (A) “有机化学实验双语线上课程”学银在线登录界面; (B) 线下实验课前学生自主学习



图5 学生通过慕课互动交流区跟老师和同学进行积极交流和讨论

学生和教师的角色发生了变化，教师更多的是去检验学生对知识的掌握状况、引导学生运用知识和指导学生解决问题，培养学生思考和探究的习惯，提高学习兴趣和成效。对于实验中的重要原理及易错环节，请学生上台英文讲解并交流讨论(如图6B)。例如对于“分水器的玻璃仪器，它的工作原理是什么？如何搭建反应装置？如何工作？搭建时注意事项是什么？请学生上台逐步讲解，集体讨论纠错，找出实验关键点，让学生的参与度大大提高。对于学生尚未解决的问题，教师提供直观的实验演示讲解和针对性指导，确保每位学生能从中受益并加深理解，内化知识。

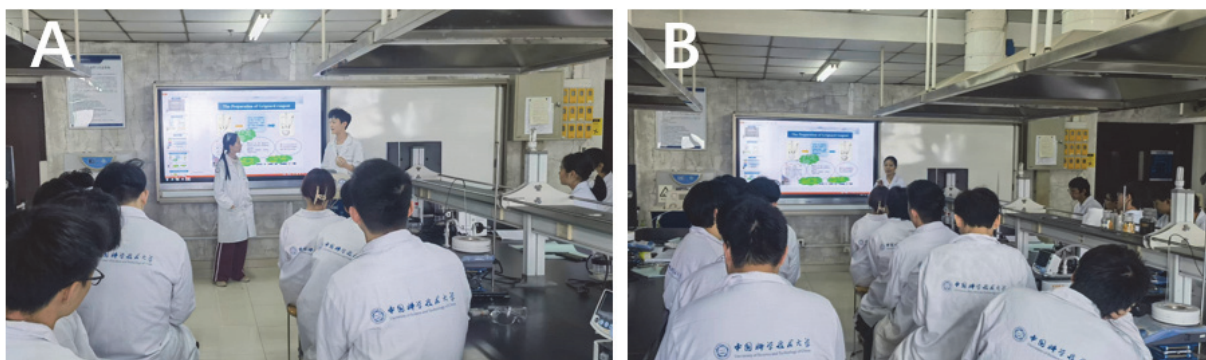


图6 (A) 线下实验课程中对关键问题深入探讨；(B) 学生内化知识后进行英文讲解

### 3.5 学生实验结束后总结、反思和拓展

“学而不思则罔，思而不学则殆。”为了培养学生高阶思维和深度学习的能力，教师在实验结束后要求学生把线下实验的有关情况进行分析研究，总结出有指导性的经验方法或者提出问题并通过慕课互动交流区及下次线下课程中和同学进行积极交流和讨论，这个环节能够使学生头脑更加清醒，目标更加明确。这个课后反馈讨论的环节将个体思考和集体思考有效结合起来，掌握评价他人观点并有效汇总的原则和方法，在系统性知识内化的同时建立规范的研究思维。

具体做法是，学生每次实验结束后，在实验记录本上记录实验经验及心得体会，并分享到慕课互动交流区。一段时间后召开线下实验英文研讨会(如图7A)，要求学生就实验过程中的失误及收获进行总结交流。教师在实验后的交流中持续对学生释疑解惑，观察学生内化知识的程度，与学生共同提升。例如常压蒸馏结束后，有学生根据自己的实验实践，总结了5个仪器搭建的实验要点：(1) 整个装置横平竖直，严丝合缝；(2) 温度计的位置非常关键，否则无法准确测出蒸气的温度；(3) 直行冷凝管要有一定的倾斜度，利于重力作用下液滴流入收集瓶中；(4) 直行冷凝管的尖端较长的一端在下侧，避免冷凝后的液滴聚集；(5) 在装置的蒸馏头外面包裹棉花进行保温，加快蒸馏速度。实践出真知，这些实验要点是学生通过自己的实验操作总结出来的，这种实验后的反思非常重要，让学生掌握从现象出发进行理论提炼的探索性思考技巧，不断提升实验实操能力。

在2022年10月底的新冠疫情期间，“有机化学实验”英文课程启动线上课程教学，我们利用网络课堂开展线上“实验经验交流研讨会”(如图7B)，教师提出一些问题，同学们积极踊跃用英文发言，积极交流讨论实验心得，提交心得报告，使自己的实验技能和创新意识不断得到提升。

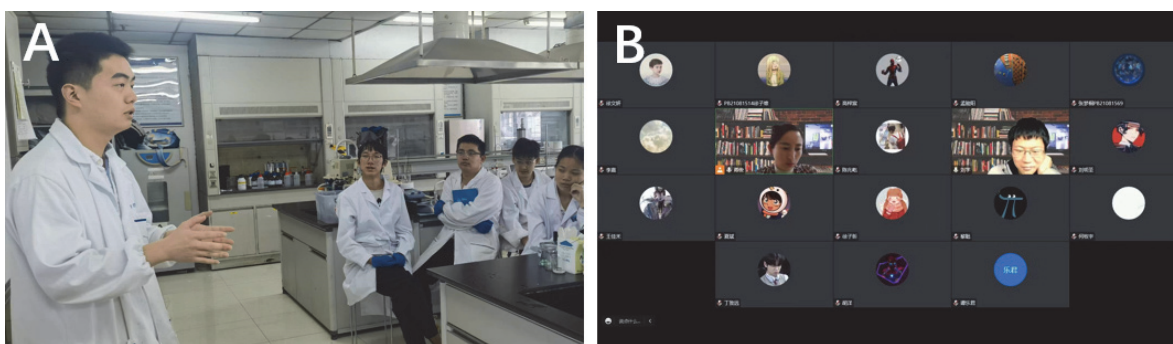


图7 (A) 线下英文实验研讨会；(B) 疫情期间开展线上“实验经验交流研讨会”

#### 4 教学成效

在教学过程中发现，随着英文课程的进行，学生识记了大量的化学专业英文词汇，英文交流能力和英文实验报告写作能力得到大大提升。翻转课堂教学模式下，学生线下课堂气氛活跃，从实验原理、实验步骤等方面积极参与研讨教学内容，提出了很多非常有价值的问题和思路，说明学生线上课程学习效果很好，带着问题来进行线下实验。同时学生经过线上课程的学习，对实验内容有比较深的理解，线下实验时操作速度和自信心有很大提高。而实验结束后的反思拓展环节能有效提高学生知识整合与解决问题的能力，实现深度学习及内化知识。

有机化学实验英文课程开课以来，选课学生好评度100%。学生们普遍认为刚开始选课英文实验课程时有畏难情绪，但是“翻转课堂+慕课”教学模式大大助益于英文课程的学习。全部学生都反映收获颇丰，“英文课程的线上线下混合教学模式提高了我的自学能力，线下课程的研讨让我实现了深度学习”“我掌握了很多专业英语词汇，看前沿文献更加顺畅，激发了科研兴趣”“线上课程可以反复观看，满足个性化需求，线下交流带着问题讨论及操作实验让我的学习效率大大提高”。

#### 5 结语

通过“翻转课堂+慕课”模式下有机化学实验英文课程教学探索与实践，推动英文培养体系建设，改变学生实验前糊里糊涂、实验后应付任务的心态，以线上视频教学为基础，结合平台互动交流，进行翻转课堂教学活动，切实提升了英文实验教学质量。学生的反馈很好，认为课程收获非常大，实现了深度学习。该教学模式“以学生为中心，以问题为导向”建立高阶思维培养的翻转教学理念，实现个性化教学，提高学习效率和教学质量，激发学生的科研兴趣，培养高质量人才。

参 考 文 献

- [1] 查正根, 郑小琦, 汪志勇, 郑媛, 兰泉, 刘艳芝, 刘晓虹. 有机化学实验. 第2版. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2019.
- [2] 汪志勇, 查正根, 郑小琦. 实用有机化学实验高级教程. 北京: 高等教育出版社, 2016.
- [3] 汤江江, 袁茂森, 王凤, 王小平, 王俊儒. 大学化学, **2022**, *37* (8), 2206094.
- [4] 吴倩. 大学化学, **2023**, *38* (9), 52.
- [5] 毛齐明, 王莉娟, 代薇. 高等教育研究, **2019**, *40* (12), 75.
- [6] 周新洋. 实验与分析, **2024**, *2* (1), 76.