

2026 年湖南省普通本科高校教育教学改革 典型分享项目成果简介

项目名称：《化工原理》课程中连续流技术知识的传授方法
探索与研究

单位名称：吉首大学

项目主持人：卓 欧

团队成员：李辉、邹晓勇、李飞

一、项目研究背景

《化工原理》是化工类专业（包括制药工程）的专业基础课程，是连接基础课程（如高等数学、物理化学、普通化学等）与专业课程（如分离工程、反应工程等）之间的“桥梁纽带”课程，是由基础课程向工程专业课程过渡的基础核心课程。《化工原理》课程主要讲授的内容为流体流动与输送、传热、吸收、精馏和干燥等化工生产中常用的单元操作，这些过程所涉及的传质、传热和动量传递等核心知识内容是连续流技术发展的知识基础，此外连续流过程使用的泵、换热器和过滤设备等基本设备也是《化工原理》教授的重要内容。但是，传统的《化工原理》课程中讲授的内容以单元操作为核心，对化工过程的连续操作与各个单元操作之间的关联没有系统的介绍，这导致学生对知识的认识不成体系，对知识的理解深度也同样不够。总之，这些现状不利于化工类毕业生应对新形势下化工企业工作的知识需求，所以在《化工原理》课程中重点讲授连续流技术是培养新工科毕业生的需求，也是化工行业发展对人才培养的需求。

连续流技术是指在连续流动状态下进行化学反应及相关过程的生产技术，由于具有安全性高、产品质量好、节约原料、环境污染小、自动化程度高和灵活性好等优点，连续流技术成为了近年来化学工业发展和研究的热点方向，不仅引起了学术界的广泛关注，而且受到了各级政府的重点支持。作为一种高效、安全、绿色的生产方式，连续流技术成为了化工行业发展的一个主要方向，它有望带来化工行业的一场革命，实现化工厂向智能化、微型化、多通道化和实验室化方向发展。连续流技术在化工产品的批量生产中有着悠久的历史，但由于受技术发展水平限制，连续流工艺一直没有成为化工产业发展的主流方向，直到过去二十年，连续流工艺已从化工中的特殊领域上升到有机合成的全领域，对精细化学品和药品的生产具有重要意义。此外，流动化学的使用让在规模和安全性方面受到限制的传统间歇化学领域出现了新的巨大增长，这一趋势仍在继续发展，今后有望为化工行业的发展带来更多机遇。

考虑到连续流工艺在化工生产中的优势，尤其在制药和精细化工品生产中日益重要的地位，在化工类相关专业的教育中，连续流化学知识的传授就显得尤为重要了。但是，目前无论是理论课教学还是实验课教学，主要还是通过传统的间歇过程进行的，将连续流工艺的相关内容加入到新工科教育体系中来已是势在必

行，相关化学工程知识的教授也就需要进行相应的改革。《化工原理》课程主要讲授的内容为流体流动与输送、传热、吸收、精馏和干燥等化工生产中常用的单元操作，这些过程所涉及的传质、传热和动量传递等核心知识内容是连续流技术发展的知识基础，此外连续流过程使用的泵、换热器和过滤设备等基本设备也是《化工原理》教授的重要内容。所以，在《化工原理》课程中讲授连续流技术、在化工类专业实验中开设连续流实验是培养新工科毕业生的需求，也是化工行业发展对人才培养的需求。

二、研究目标、任务和主要思路

《化工原理》课程教学涉及内容多、概念抽象而且推理过程复杂，学生学习和理解领悟的难度很大，所以这门课是化工类专业学生“不愿意学”、“老师不愿意教”的一门课程，但是所涉及的课程内容又是化工类专业的核心知识内容，直接影响着学生的个人发展和相关产业的发展。传统的《化工原理》课程中讲授的内容以单元操作为核心，对化工过程的连续操作与各个单元操作之间的关联没有系统的介绍，这导致学生对知识的认识不成体系，对知识的理解深度也同样不够。这些现状不利于化工类毕业生应对新形势下化工企业工作的知识需求。

将连续流过程的知识 and 实验，与《化工原理》课程进行融合教学，即在《化工原理》课程教学中引入连续流教学的相关知识和内容，在化工专业的实验教学中引入连续流相关的实验，一方面能够调动学生学习《化工原理》课程知识的积极性，使课程内容更加生动丰富，另一方法也培训了学生应用《化工原理》理论知识来理解和操作连续流实验，实现理论与实验的融合，并能够通过学习的连续流知识支撑个人职业发展。

三、主要工作举措

(1) 《化工原理》课程教学内容的改革

在化工、制药工程和化学专业的《化工原理》课程教学中，在讲授相关知识时，结合连续流技术和相关设备的知识，使《化工原理》知识的传授和应用更加具体化和案例化，让同学们更容易理解和应用《化工原理》的基础知识，了解和学会使用连续流技术和相关设备，具体包括：

a. 在传授传质知识（吸收和萃取等单元操作）时，利用微通道能够提供更多气液接触面积、液液接触面积，提高传质速率快的特点，可以提高相间的传质速率，从而提高反应速率，举例如硝基苯的催化加氢反应、酯化反应；

b. 在传授传热知识时，引入微反应器中进行苯的硝化反应的实例，利用微反应传热速率快的特点，提高反应速率和反应的选择性，可防止局部过热和反应失控，从而使硝化反应更加安全的可控的操作，国内部分高校已经开始了这部分实验；

c. 在讲述流体输送时，详细介绍一些连续流流体控制设备，如恒流泵、蠕动泵、气体质量流量控制器和涡流流量计等连续流所涉及的流体输送设备引入到《化工原理》课程中，有利于学生理解流体输送过程，又能学习到最新的连续流技术的流体输送原理和相关设备的基础知识。这部分教学引入了恒流泵、蠕动泵和旋涡泵等设备运行的微视频，促进学生对这些流体输送设备的结构、工作原理和运行过程的理解。

d. 在传授分离知识（精馏、吸收）时，引入连续流层析、膜分离和连续流离心分离等技术，一方面能让学生了解最新的分离技术，又能增强对典型分离的单元操作过程的理解，熟悉分离原理和相关应用原理。

（2）化工专业实验的教学改革

在教学实践中，依托微通道反应器等新型实验设备，将流体流动、传热和反应工程等核心单元操作的理论知识与连续流工艺的实操相结合，近三年，化工专业新开了水煤气变换反应催化剂评价实验、停留时间分布与反应器流动特性测定实验、多釜串联混合性能测定实验和化工仪表与控制实验等与连续流技术密切相关的实验，学生通过操作连续流催化评价装置、停留时间分布与反应器流动特性测定实验装置、多釜串联混合性能测定实验装置和化工仪表与控制实验装置等实验设备，学会设定流速、温度和压力等参数，在微米级尺度的反应通道中直观观察物料混合与反应过程，不仅能加深对雷诺数、停留时间分布、传热系数等抽象概念的理解，更能深刻体会“三传一反”在连续流条件下的新特征。此外，结合数字孪生系统与虚拟仿真技术，可实现反应过程的可视化监控与误差模拟，帮助学生构建从实验室小试到工业化生产无缝衔接的工程思维。

化工专业实验的连续流技术改革，核心在于将“工艺”与“工程”深度融合，

将知识原理与动手操作进行了密切关联,抽象的化工概念被小型的化工设备具体化了,有助于学生掌握微化工技术这一行业前沿,建立连续制造的工程观,提升对自动化与本质安全的认知,提高学生学习的积极性。对教师教学而言,改革有助于突破传统实验“时间长、危险大、控制粗放”的瓶颈,将实验重心从“体力操作”转向“数据分析、流程优化和故障诊断”,更契合新工科对创新型工程人才的培养要求。通过这样的教学改革,不仅能让學生掌握前沿技术,更能培养其多学科交叉融合的能力,为未来从事绿色、安全、高效的现代化工行业奠定坚实基础。

(3) 教学思想与教学方法的改革

通过《化工原理》理论课与化工专业实验教学内容的优化与整合,淘汰了以前重复开设和内容陈旧的教学内容,改善了以前理论课与实验课脱节,理论与实验互相不能支撑、互不关联的问题,将《化工原理》理论课教学与化工专业实验教学进行系统整合,使理论联系实验实践,实验实践促进对基础理论的理解。另外,加强了学生预习及实验总结效果,转化师生角色,实施灵活多变的课堂教学方法;开展信息化教学,推进优质教学资源建设,采用计算机辅助教学,充分利用图像、图形、动画、视频等形象直观的功能;课程思政教学,挖掘思政元素,合理融入课堂。

四、取得的工作成效

(1) 《化工原理》课程和化工专业实验教学内容建设

对《化工原理》课程教学内容进行了多次认真梳理,淘汰那些脱离现代技术的内容,凝练与现代化工、材料发展密切相关的知识内容作为教学重点,对涉及传质、传热和动量传递的相关知识进行梳理和总结,在讲授这些知识时,结合连续流技术的知识和相关设备的情况,使《化工原理》知识的传授过程中,充分利用现代连续流技术和相关设备对《化工原理》的知识内容进行具体化和案例化,通过将化工原理和具体实验操作相结合的方式,让学生更容易理解和应用《化工原理》的基础知识,了解和学会使用连续流技术和相关设备,构建相关教学方法、教学内容和教学思路。

在实验教学方面,取消了如酯化反应等一系列落后或重复开设的化工专业实

验，依托微通道反应器等新型实验设备，将流体流动、传热和反应工程等核心单元操作的理论知识与连续流工艺的实操相结合，近三年，化工专业新开了水煤气变换反应催化剂评价实验、停留时间分布与反应器流动特性测定实验、多釜串联混合性能测定实验和化工仪表与控制实验等与连续流技术密切相关的实验，使学生可以通过相关设备的操作和实训。

（2）《化工原理》课程课程网站建设

项目执行过程中不断完善并优化了《化工原理》课程的网站，在课程网站中更新并补充完整的教学课件（ppt），制作了 10 余项相关视频，如流体流动型态的呈现、各种微量泵的工作原理、精馏塔工作原理，吸收塔工作原理等一系列视频，方便学生通过微视频的形式理解相关原理和设备，具体见课程网站：

<https://mooc1.chaoxing.com/course/portal/Z0xeMNdtEJDlsLvzFnqu0A==?edit=true&articleId=224009237>

（3）化工专业实验室建设

对 2022 年开始，近四年化工专业实验室发生了翻天覆地的变化，教学设备的到了更新，改善了教学环境，采购了连续流催化评价装置、停留时间分布与反应器流动特性测定实验装置、多釜串联混合性能测定实验装置和化工仪表与控制实验装置等昂贵的实验设备，对设备进行了调试，相关教师参加了培训，并在后续的教学过程中逐步改进完善了教学内容和教学方法。

（4）教师队伍建设

建设一支具有丰富教学经验和实践经验、学术水平高、相对稳定的教师队伍，针对地方院校教师生产一线的实践经验不足的问题，近 3 年来我们一方面加强产学研结合，安排实验教师进湖南酒鬼酒股份有限公司、湖南三立集团股份有限公司、湖南湘泉药业股份有限公司、湖南湘纯农业科技有限公司、湖南奇异生物科技有限公司、湘西自治州丰达合金科技有限公司、湘西州边城醋业科技有限责任公司、湘西州质量技术监督局、湘西州食品药品检验所、花垣县强桦矿业有限责任公司、保靖天瑞钒业有限公司等企业锻炼，了解生产一线的相关流程和技术，提升教师的实践经验；二是聘请当地相关企业的技术骨干来指导学生的设计性研究性实验；三是积极参加相关学术会议和教学交流会议，与其他院校交流教学方法和教学经验。

(5) 教学方法和手段革新

安排教师主动学习建设虚拟仿真平台，目前已建有超星学习通网络课程，课前学生必须进平台学习，其成绩作为预习效果的凭据，该系统还作为实验后学生巩固复习的一种方式。课前实验材料准备阶段，分组轮流在老师的指导下准备教学内容和实验，如 ppt 修改优化、新设备的调试、新实验的开设等，同时也让学生参与实验准备，让学生知道老师教学准备的不易，提高学生的成就感和学习兴趣。课中，提高教师讲述方式的多样性，根据不同的教学内容，可采取启发式、互动式、探究式，基于问题逐级转化式等教学方法；教学过程中，挑选某个基本操作表现优秀的学生演示和教师进行讲评相结合，另外 2 人一组相互监督，指出对方确实存在的问题。此外，挖掘《化工原理》教学的思政元素，明确培养目标，融入教学设计，将思政元素融入化工专业教学过程，达到立德树人的目的。

(6) 支撑学科竞赛和人才培养

通过近几年的持续改革，《化工原理》课程的教学效果明显提高，学生学习积极性大幅提高，对《化工原理》和连续流技术知识的理解有明显提高，考试不及格人数明显减少。另外，通过相应的化工专业实验的改革，学生对单元过程的基本原理的理解大幅提高，实践操作能力明显增强。在近三年的全国大学生化工设计竞赛中，吉首大学化学化工学院获得国家一等奖 2 项、二等奖 3 项，其它国家级和省级奖项数十项。

五、特色和创新点

本项目的研究成果为《化工原理》课程教学和化工专业实验教学的开展提出了新的模式，将现代连续流技术、先进化工设备与理论实验教学紧密结合，更新教学内容，改进教学方法，完善考核评价体系，充分发挥智慧教学模式的优越性，从而克服了传统教学模式下的改善了以前理论课与实验课脱节，理论与实验互相不能支撑、互不关联的问题，将《化工原理》理论课教学、化工专业实验教学和学科竞赛进行系统整合，使理论联系实验和学科竞赛实践，实验与竞赛促进对基础理论知识的理解。