

“分离科学与工程”教学改革研究

孙超 高燕 杨庆敏 吴景梅* 吕长鹏

蚌埠学院 材料与化学工程学院 安徽蚌埠 233030

摘 要: 本文基于高校的应用型和数智化的办学定位要求,在培养高水平应用型人才目标引导下,综合评价了《分离科学与工程》课程教学改革问题。针对当前该课程教学中存在的内容偏难、数字化资源较少和新型分离工艺内容较弱等问题,提出从教学内容、教学手段和评价标准三方面对该课程培养方案进行改革,旨在通过改革提高学生对复杂工程知识的理解和应用能力,培养学生解决复杂实践难题的能力。从而为应用型高校的专业改革提供可推广的课程革新经验。

关键词: 分离科学与工程;化工分离工程;教学改革;应用型高校;数字化转型

引言

随着我国经济和社会的高速发展,高校本科阶段教学工作变得日益多元化和复杂化。社会发展需要高校对本科教学内容、教学手段和评价标准及时更新,以更加贴近社会发展需求、学生个人职业发展需求和学校发展需求。

《分离科学与工程》课程作为化工、应用化学、材料等专业的核心课程,主要教授精细化工、石油化工等相关行业中原料和产物的分离和提纯工艺的原理和应用。分离工艺在化工和制药等行业占据了重要的地位,分离工艺的效果往往决定了最终产品的质量和生产成本的高低。据美国能源部 2016 年数据,分离工艺在石油炼制行业内占据了设备总成本的 40%–60%。鉴于分离科学与工程技术的重要性,本科阶段教学需要进一步改革教学内容、教学方式和评价标准以适应社会发展和人才培养需要。分离科学与工程课程内容与化工原理、热力学和微积分等课程内容关系密切,涉及知识点多,数学知识要求高,学习难度较高 [1–2]。此外,掌握一定的仿真模拟软件技术(如 Aspen Plus, HYSYS, PRO/II)对于学好这门课程也很重要。传统的教学内容和授课方式由于内容难度高,普通院校学生接受度较差。基于以上原因,为了提高这门课程的培养效果。本文计划从教学内容、教学方式和评价标准三方面进行调整,对该课程进行深入的改革;通过加入课程设计、实践培训和软件仿真模拟等板块,并且改革课程成绩评价体系,从而提高课程授课效果,增强学生对课程内容理解能力,提升教育效果。

1 教学内容改革

当前的分离科学与工程课程内容仍然以传统的分离工

艺为主,如精馏过程分析、相平衡和泡露点计算等。课程内容与化工原理、物理化学、反应工程和化工热力学等内容重复较多,而且课程内容涉及大量高等数学知识点,难度较高;对于普通高校学生而言学习难度较大 [2]。同时,该课程课时量也较少(一般 32 课时)。因此,传统的教学模式已经很难满足当前教学需要,导致学生学习难度较大,学习程度不够深入。尽管传统的以精馏工艺为主的传统分离方法应用广泛,在石油化工、煤化工、天然气化工等领域应用较多。但目前有关精馏过程的教学手段较为单一,计算过程复杂,推演过程不够细致,缺乏详细的作图和案例分析;因此,对于多组分精馏部分教学可结合其他课程内容建立更加有效的教学资源库,比如和化工原理课程结合,借助该课程的资源,整合相关精馏教学内容。目前,新能源、新材料、化学制药、生物制药等新兴行业领域对于新型分离技术的需求越来越大;如色谱分离和纯化、膜分离技术、超临界流体萃取和高性能吸附材料(如金属有机骨架材料)等新型分离技术发展迅速 [3]。因此,调整课程内容结构,增加更多新型分离技术的原理和应用,对于学生未来职业发展更加有用,符合应用型高校的办学定位。因此,针对地方型和应用型高校,着眼于提高学生的技能培养,应当从以下几个方面对该课程进行内容改革。第一,构建“校–企–研”多维教育平台(校内仿真实验室+企业实训基地+教师科研课题导入)。通过该平台,使学生利用仿真模拟软件等模拟工具开展分离工艺的模拟–实训融合操作。这种融合培训模式可有效地将理论和实践结合,使泡露点计算等复杂概念转化为具象直观地工艺参数调控操作。和企业合作建立校外实训基地能够

让学生更加了解企业实际需要,能够进行更加有针对性的学习。第二,建立化工原理-反应工程-分离科学与工程耦合教学体系,将多个课程相关内容合并加强教学;考虑到分离科学与工程课程课时有限,知识结构繁杂,有必要综合利用其他学科的教学资源以更好地将相关知识点教授给学生。这对于学生打通各课程间的逻辑关系,建立牢固的知识体系具有重要作用。例如,化工原理知识体系中包括精馏原理、闪蒸和吸收等知识点,反应工程涉及到反应釜的设计内容。分离工程也包含这些知识点,将分离工程的相关知识点与以上内容结合起来,将以上内容与分离科学与工程的内容有机结合,借助已有教学资源,引导学生回顾和复习已学内容,将前置知识运用到新知识点的学习和分析过程,从而帮助学生高效掌握该课程中的复杂知识体系。例如,多组分精馏体系内容涉及到过程分析和理论计算等知识,可以将化工原理和化工设计等课程的相关教学内容与该部分内容教学联立起来,加深学生对该部分内容的理解和掌握。再比如,本课程中有关单级平衡过程的计算,可以直接将物化和化原中的相关知识点和本课程结合起来,从而提高该部分内容的课堂教学效果,这对于地方应用型高校学生培养质量提升有较大帮助。此外,复杂数学计算知识点如多级分离严格计算需要用到复杂的矩阵求解或者计算机求解,针对这部分内容,应当将相关数学知识点进行简要回顾,细化解题过程,照顾数学基础薄弱学生的理解能力,通过设计合理的习题结构加深学生对科学知识的理解能力。还可以增加利用软件和 AI 解题的内容,从而增加课堂内容的吸引力。第三,针对主流教材中对最新的分离技术的介绍仍然较少,仍然以传统精馏分离技术为主,而学生就业越来越多的倾向于新兴行业。因此,有必要在课程内容结构中增加更多新型分离技术的知识;尤其是在绿色生产和“减碳”的大背景下,增加更多新型分离技术和材料有助于学生知识结构的更新,增加对于前沿行业的了解。例如,膜分离原理和工程、高效色谱分离技术和新型分离功能材料等内容。当前的教材对于膜分离的教学内容仍稍显不足,尤其是结合信息化技术的膜分离技术研究内容,部分教材不包含该部分内容,有必要在教学大纲中增加该部分内容。此外,一些新型分离材料,如高比面积和孔体积 MOF 和 COF 材料、无机陶瓷膜、合成聚合物分离膜等新型功能材料对于吸附、催化和分离都有良好的效果;例如,MOF 和 COF 材料对于二氧化碳分子有良好的吸附作用,可

用作二氧化碳的固体吸附剂,从而实现绿色和低碳的分离效能。无机陶瓷膜材料如氧化铝和氧化锆材料,具有良好的高温稳定性,工业上可用做多通道管式膜材料。另外,沸石材料由于其特殊的孔结构和表面酸性位点,在分离和催化领域也广泛运用;比如,新型沸石材料 SSZ-74 经过改性工艺处理后能够将二氧化碳从包含甲烷的混合气中高效分离出来;一些沸石材料还可以实现氢气的高效纯化,在氢燃料领域有重要应用。再如,人工合成的聚合物材料(如聚芳基胺膜)可以实现一些液态烃类的绿色高性能分离。综上,改善传统分离工艺的教学内容,增加课程实践内容,增加新兴分离工艺和材料的理论和应用教学可以起到良好的教学效果。如何将传统分离工艺和其他课程有机结合,如何有效开展课程实践,如何将新型分离工艺融入分离工程的教学是教学设计的重点;通过合理的教学设计融入该部分内容,有助于提高学生的视野,拓宽学生未来发展空间。

2 教学手段革新

分离科学与工程课程当前授课模式仍然是以教师现场授课为主的传统模式,MOOC 慕课资源较少,软件模拟仿真教学也很少,数字化教学资源和其他课程相比略显不足。在高校应用型和数字化转型办学的要求下,当前教学手段亟需更新。因此,该课程需要加大线上课程资源建设,大力开展线上线下混合式教学,为学生提供更多学习资源。任课教师可通过申请教研项目,增加更多线上教学资源。任课教师可通过录播将线下课程资源转为线上,以供学生随时回顾学习。还可以将网络已有的各种资源和线下课程内容进行有机整合,去芜存菁,以供学生使用。尤其是结合人工智能大模型(AI LLM)技术对线上资源进行优化,比如 DeepSeek R1 推理大模型在课程教学中的应用^[4]。AI 可以快速将相关知识点的原理、公式和计算过程等内容整合出来,以供教师制作线上课程资源。同时,也可开展提示词教学,教授学生如何善用提示引导 AI 给出相关内容。再者,增加如 Aspen Plus、HYSYS、PRO/II 和 ChemCAD 仿真软件的可获取资源^[5]。仿真模拟软件能够直观地模拟化工生产中的物料和能量衡算,对反应和分离过程进行仿真计算。增加该类软件的教学有助于提升学生的理论水平和动手能力,还可以鼓励学生参加化工设计竞赛。最后,建立课程设计体系,综合运用 AI 教学和软件模拟教学,构建分离科学与工程的课程设计体系,开展课程设计教学工作。借助课程论文手段提升

学生的知识运用能力。

3 评价标准科学化

现阶段分离科学与工程的成绩评价主要以过程性成绩和终结性成绩相结合的模式为主。过程性成绩侧重于平时作业的考核,终结性成绩侧重于期末闭卷考试的考核^[6]。从教学手段革新部分的叙述可知,当前的课程内容亟需增加更多数字化资源和实训基地。因此,课程评价标准也应当多元化。增加校内/校外实训评价、课程设计评价、AI 技术综合运用能力评价和软件模拟作品评价等多维评价手段至关重要,也符合应用型高校的办学目标。在此,我们建议将分离科学与工程的课程评价分解为以下几个部分:平时成绩(50%)=课程设计成绩(30%)+校外实训成绩(20%)+仿真模拟成绩(30%)+课后作业成绩(20%),期末成绩(50%)=考试成绩(100%)。该评价体系能够更好地反应学生对该课程的综合掌握,增强学生主动学习能力,改善学生解决工程问题的能力,从而为今后的就业或升学夯实基础。

4 结论

在新工科建设、数智化转型和地方高水平应用型大学办学定位下,当前高校的《分离科学与工程》课程亟需进行改革,以达到社会和学校对复合型和应用型人才的要求。本文提出从教学内容、教学手段和评价标准三方面入手对课程体系进行深入变革。在内容上,增加新型分离技术、改革传统分离工艺教学、增加软件模拟教学和实训基地建设;在手段上,建立更多线上慕课教学资源库,结合人工智能大模型技术,增加 Aspen Plus、HYSYS、PRO/II 和 ChemCAD 等化工模拟软件的学习资源,建立课程设计体系。在评价标准上,建立平时成绩(50%)=课程设计成绩(30%)+校外实训成绩(20%)+仿真模拟成绩(30%)+课后作业成绩(20%)的综合考核标准。通过这些教学改革,改善学生对课程内容

的掌握,提高学生发现和解决问题的能力。培养出优秀的复合型和应用型人才,以满足我国经济和社会建设的需要。

参考文献:

- [1] 刘振,宋亚坤,勾明雷.“双碳”目标下“化工分离工程”教学改革探讨[J]. 化学工程与装备, 2024, 01: 157-158.
- [2] 陈洪钊,刘家祺. 化工分离过程(第二版)[M]. 化学工业出版社, 2014.
- [3] 卜永强,汪珊. 超临界流体萃取技术在中药研究开发中的应用[J]. 四川化工, 2024, 27 (01): 24-27.
- [4] 杨晓宇. DeepSeek 大模型赋能石油化工行业——石化央企引领 AI 与能源融合新浪潮[J]. 中国石油和化工, 2025, 02.
- [5] 薛科创. 常用化工流程模拟软件的比较[J]. 当代化工, 2014, 43(5): 759-760.
- [6] 张红秀,尹永恒,宋兰兰,牟善良.“三融三变”混合式教学模式在化工分离工程中的探索与实践[J]. 大学化学, 2023, 38 (8), 15-21.

作者简介: 孙超(1989—),安徽,男,汉,博士研究生;研究方向为:能源和环境催化。

通讯作者: 吴景梅(1974—),女,汉,硕士研究生,研究方向:生物基可降解材料。

基金项目: 安徽省质量工程项目-应用化学专业改造提升(2023zygzt090)、应用化学教研室示范基层教学组织(2023jcjx023);材料科学与工程安徽省教学创新团队(2023extd106);基于成果导向模式下化工安全人才培养课程体系的构建(2022jyxm964);蚌埠学院高层次人才启动基金(2025GQD023)。