

工程认证背景下化学反应工程课程教学改革

单建锋 王登峰 陈政 刘泳 张学兰*

枣庄学院化学化工与材料科学学院

DOI:10.12238/jief.v7i2.12820

[摘要] 在工程教育专业认证背景下,化学反应工程教学团队基于课程教学中存在的主要问题和枣庄学院化学工程与工艺专业“一流专业”建设进展,主要从强化思政引领、扩展教学内容、丰富教学模式和优化考核评价四个方面进行改革,以提高教学质量,增强化工专业本科生的工程能力。

[关键词] 工程教育; 专业认证; 化学反应工程; 教学改革

中图分类号: G642.4 文献标识码: A

Exploration of Teaching Reformation of “Chemical Reaction Engineering” Course under the Background of Engineering Education Certification

Jianfeng Shan Dengfeng Wang Zheng Chen Yong Liu Xuelan Zhang*

College of Chemistry, Chemical Engineering and Materials Science

[Abstract] To meet engineering education certification, a series of teaching reformation actions were taken by our team basing on the problems in Chemical Reaction Engineering course and the quality of first-class curriculum construction. In this paper, teaching reform was carried out from four aspects, such as strengthening ideological and political education, extending teaching contents, diversifying teaching modes, and optimizing evaluation methods, to promote teaching quality and enhance the engineering ability of undergraduates majoring in Chemical Engineering and Technology.

[Key words] engineering education; professional certification; Chemical Reaction Engineering; teaching reformation

引言

工程教育专业认证是提高高校工程教育质量的有力抓手,更是提升高校工程专业毕业生综合素养和新工科发展的必然要求^[1-3]。枣庄学院的化学工程与工艺专业是山东省一流专业,并于2020年全面启动工程教育专业认证。作为化学工程与工艺专业的核心课程,化学反应工程课程的重点内容由化学反应动力学以及反应器设计两部分组成,涉及物理化学、化工原理、化工热力学和化工传递过程等课程的核心知识,是培养学生工程意识和工程能力的关键课程。由于化学反应的工业反应器升级改造等均以化学反应工程的知识为基础,因此也是需要化工从业人员终身学习的一门课程^[4,5]。

1 改革背景

随着工程教育专业认证的推进,化工专业人才培养面临新的挑战 and 机遇。传统的化学反应工程课程教学模式已不能满足现代工程教育的要求,需要进行系统性的改革。首先,课程教学中缺乏对学生思想政治素养的培养,未能充分挖掘课程中的思政元素,以引导学生树立正确的价值观和职业理想。其次,教学内容相对陈旧,未能紧密结合化工行业的最新发展和实际需求,

导致学生所学知识与实际应用脱节。而且,考核评价主要以期末考试成绩为主,过程性评价流于形式,无法全面、客观地反映学生的学习过程和综合能力。

2 改革的具体举措

2.1 强化思政引领,推进课程育人

化学反应工程课程与化学工业生产实践联系密切,在各章节的学习过程中均可将相关的课程思政元素进行深入融合。使学生在过程中深入了解化学工业的发展历史和经济社会发展贡献,不断提高学生的专业认同感和历史使命感,积极引导学为实现中华民族的伟大复兴而努力奋斗,利用扎实的化工专业知识建设富强中国并实现自身价值^[6]。例如,在绪论教学中带领学生学习化工行业发展简史,介绍化工行业历史名人,突出化工行业对我国国民经济和社会发展的支柱性作用。在复合反应和反应器选型章节中,引导学生主动讨论中国特色社会主义道路的发展历程,让学生认识到中国特色社会主义是实现中华民族伟大复兴的必由之路,是革命先辈不断探索的伟大结晶,只有选择正确的道路,才能实现祖国富强。由大及小,对于化工行业而言,作为化工生产的关键装置,反应器关乎化工生产的安全、经

济及环保等多个方面,必须进行正确的选型。此外,将国内前沿化工科技成果与授课内容深度融合,激发学生学习热情和民族自豪感。教学中的思政元素和采用的相关素材如表1所示。

表1 化学反应工程课程中的思政元素和相关素材

教学内容	思政融入点	
	思政材料	思政元素
绪论	化工行业发展简史; 侯德榜事迹	家国情怀
均相单一反应动力学和理想反应器	动力学研究的学术前沿	时代精神
复合反应与反应器选型	中国特色社会主义理想奋斗史	职业理想
气固相催化反应本征动力学	神华集团400万吨/年煤制油项目	专业自信
气固催化固定床反应器	中国反应器设计发展情况	民族自信
气固相催化反应流化床反应器	中国科学院大连物理化学研究所DMTO技术	创新意识

2.2更新教学内容,提升学习效果

2.2.1因材施教

化学反应工程研究的核心问题是化学反应动力学和反应器设计,是化学反应和工程设计学科交叉的产物,化学反应动力学分析和反应器建模等学习内容要求学生具备较好的高等数学和计算机基础。本校化学工程与工艺专业学生高考录取分数较低,高等数学基础普遍薄弱,计算机编程水平普遍较低,导致出现学生学习难度大、效果差的情况。针对上述问题,课程团队课前通过雨课堂把与学习内容涉及的高等数学、数理统计与概率论和计算机基础等课程相关知识通过练习题的形式发送给学生进行预习,并对作答情况进行分析,了解学生对相关知识的掌握情况,进而制定有针对性教学方案,将数学、计算机编程等进行有机地融入,从而稳步提升学生理论课学习效率和学习效果。

2.2.2基于科研课题开发教学项目

化学反应动力学参数(反应级数、反应速率常数、活化能等)的实验测定和求解是本课程的重点和难点。为了提高学生对相关知识内容掌握程度,更好地做到学以致用,结合团队研究课题和科研成果^[7],开发设计了“HZSM-5分子筛上甘油脱水动力学参数测定”及“HZSM-5分子筛上甘油丙酮缩合反应动力学参数测定”等实验内容,使学生提前了解学科前沿,激发其对化学反应工程课程的学习兴趣。以“HZSM-5分子筛上甘油丙酮缩合反应动力学参数测定”为例,反应在间歇釜反应器中进行,丙酮与甘油缩合反应动力学方程为:

$$r_A = kc_A^a c_B^b \quad (1)$$

式中: k 为反应速率常数, $L/(\text{mol} \cdot \text{min})$; c_A 为甘油浓度, mol/L ; c_B 为丙酮浓度, mol/L ; r_A 为反应速率; a 、 b 分别为甘油和丙酮的反应级数。

反应中丙酮过量,因此 kc_B^b 可看作常数,令 $k_1 = kc_B^b$, 式(1)可简化为:

$$r_A = k_1 c_A^a \quad (2)$$

甘油在反应体系中的初始浓度为 c_{A0} , 转化率为 x_A , 则有:

$$c_A = c_{A0}(1 - x_A) \quad (3)$$

根据反应速率定义式有:

$$r_A = -\frac{dc_A}{dt} = -\frac{d[c_{A0}(1 - x_A)]}{dt} = c_{A0} \frac{dx_A}{dt} \quad (4)$$

由式(2)和式(4)可得:

$$c_{A0} \frac{dx_A}{dt} = k_1 c_A^a = k_1 [c_{A0}(1 - x_A)]^a \quad (5)$$

简化得:

$$\frac{dx_A}{dt} = \frac{k_1}{c_{A0}} [c_{A0}(1 - x_A)]^a \quad (6)$$

对式(6)两边同时取对数得:

$$\ln \frac{dx_A}{dt} = \ln \frac{k_1}{c_{A0}} + a \ln [c_{A0}(1 - x_A)] \quad (7)$$

利用实验测得反应温度 T_1 下、 t 时刻的转化率 x_A 数据,以 $\ln [c_{A0}(1 - x_A)]$ 为横坐标、 $\ln \frac{dx_A}{dt}$ 为纵坐标进行绘图,所得直线斜率为甘油得反应级数 a , 截距为 $\ln \frac{k_1}{c_{A0}}$, 以此求得 a 和 k_1 。

再以相同方法,测得反应温度 T_2 、 T_3 下的反应速率常数 k_2 、 k_3 。

对Arrhenius方程 $k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$ 两边同时取对数得:

$$\ln k = \ln A - \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T}\right) \quad (8)$$

式中 E_a 为活化能, A 为指前因子, R 为通用气体常数。

以 $\ln k$ 对 $\frac{1}{T}$ 作图,得到直线得斜率为 $-\frac{E_a}{R}$, 可求得活化能 E_a 。

2.3丰富教学模式,强化主动学习

前期的化学反应工程课程教学主要以课本内容为主,普遍采用教师课堂讲授、学生被动接受的教学模式,导致学生缺乏自主学习的动力,对所学知识无法做到认真思考、深入理解。为了改善这种状况,课程团队基于BOPPPS教学理念进行化学反应工程课程教学设计,并利用雨课堂软件开展线上线下混合式教学,提高学生学习的主动性,让学生意识到自己才是课程学习的主体。以“自催化反应特性与反应器选型”为例,小节的学习重点是自催化反应速率与反应物浓度的关系和自催化反应在不同反应器中的反应特点,学习难点是利用图解分析进行反应器选型。教学中,以近代中国革命道路的探索历程作为导入(Bridge in),指出只有选择中国特色社会主义这一正确发展道路才能实现中

华民族的伟大复兴,并引申出在实际化工生产过程中只有选择合适的反应器才能在最经济环保的情况下实现生产目标。随后,在放映的课件中清晰展示出学习目标(Objectives)“正确认识自催化反应特性;根据自催化反应特性利用图解分析进行正确的反应器选型”,并进行口述。前测(Pre-assessment)通过雨课堂软件发布题目,测试学生在课前预习后对自催化反应原理的掌握情况。根据学生的回答情况对自催化反应的基本原理进行讲解,并引导学生参考课本内容对自催化反应的反应速率与反应物浓度间的关系进行思考与理解。

在学生对自催化反应特性充分理解的基础上,设置学习任务引导学生进行参与式学习(Participatory Learning)。具体任务为“根据反应器设计方程,图解分析自催化反应分别在平推流反应器、全混流反应器和循环反应器达到目标转化率所需的体积”,并在课件中给出思考题:(1)高/低转化率下,自催化反应在哪种反应器中进行更适宜?并说明原因。(2)如何确定循环反应器的最佳回流比?按照课前分组,要求学生在完成任务的基础上,每组分析一个问题;然后,通过随机抽取的方式,确定一名学生阐述本小组的讨论结果;最后,抽取其他小组成员对问题进行补充,教师根据回答情况逐一点评。为了检验学习效果,基于雨课堂平台发布自催化反应器选型的习题开展后测(Post-assessment),根据学生作答情况,进行分析讲解,强化学习成果。最后,总结(Summary)本节课的学习重点和难点,布置课后学习任务“仅从反应器体积最小的角度,进行自催化反应器的选型”。

2.4 优化考核评价,全面评判效果

工程教育专业认证背景的课程考核应更注重对学习全过程的考核,提高过程考核比重,改变以往期末考试为主的单一评价方式。在化学反应工程课程考核中,课程将过程考核(课前预习效果、课堂参与度、随堂提问情况和课后学习任务完成效果等)的比例提升至50%,从而综合评价学习效果,使学生在主动参与中增强自身的工程意识和工程能力。在期末考试方面,试题中增加了与工程实例相关分析题的比重,重点考核学生对课本知识的灵活运用能力。最后通过多要素的过程考核和高标准的期末考试检验课程目标达成情况,并对照工程认证的要求不断改进完善。

3 改革效果

通过对2022级学生进行问卷调查发现,学生对改革后教学情况的总体满意率达90%,课程评教得分为93.7(满分100分),超60%的学生认为基于教师科研课题开发的实验项目增强了其对化学反应工程课程的学习兴趣。同时,课程改革也激发了学生参与学科竞赛热情,2022级学生化工专业学生在全国大学生化工设计竞赛中的参赛比例达到80%以上(历年最高),促进了学生的

全面发展。

4 结语

枣庄学院化学反应工程课程教学团队根据工程教育专业认证的内在要求和化工专业高素质工程人才培养需要从多个维度进行了深入的教学改革,初步实现了思政要素与教学内容的较好融合,并通过扩展教学内容提高了学生的学习效率,以多样化的教学模式凸显了学生为中心的教育理念。同时,建立了更加多元化的考核评价机制,并基于评价结果持续改进,从而逐步提高工程人才培养质量,满足化工行业对应用型人才的需求。

[基金项目]

教育部产学研合作协同育人项目(应用型地方高校化学反应工程在线实验平台建设2024);国家自然科学基金(22308305);山东省自然科学基金(ZR2022QB113);山东省高等学校“青创团队计划”项目(2023KJ281);山东省本科教学改革研究重点项目(Z2022099,Z2024336);山东省本科教学改革研究项目(M2020080);山东省高等学校课程思政教学改革研究项目(SZ2023115);枣庄学院化学化工与材料科学学院院级教学研究课题(工程认证专项)(HXY2023]XYJ04)。

[参考文献]

- [1]吴启迪.提高工程教育质量,推进工程教育专业认证——在全国工程教育专业认证专家委员会全体大会上的讲话[J].高等工程教育研究,2008(2):1-4.
- [2]中国化工教育协会.新工科背景下化工类专业认证标准解读[M].北京:化学工业出版社,2022.
- [3]国际工程联盟.华盛顿协议专业认证标准[S].2021.
- [4]徐英,王晓敏,吴春燕,等.新工科建设背景下《化学反应工程》课程改革探索[J].科技创新导报,2022(6):146-150.
- [5]张建平,何春红,程学礼.新工科背景下地方院校《化学反应工程》课程教学探索[J].山东化工,2021,50(5):232-233.
- [6]陈恒,李丽,王晓锤,等.工程教育认证背景下《化工工艺学》教学改革的探索与实践[J].广州化工,2022(50):194-195.
- [7]Shan Jianfeng, Li Zhikai, Chen Zheng, Wang Dengfeng, Zhang Xuelan, Ning Zihan, Xue Yanfeng, Zhu Shanhui. Enhancement in catalytic performance of HZSM-5 zeolite for glycerol dehydration after acidity regulation[J]. Chemical Engineering Journal, 2023, 460: 141-147.

作者简介:

单建锋(1991--),男,汉族,河南信阳人,副教授,博士研究生,研究方向:多相催化。

*通讯作者:

张学兰(1982--),女,汉族,山东济宁人,教授,博士研究生,研究方向:绿色化工。