

夯基础、强实践的化工原理教学创新初探

李昱*, 宋兰兰, 张红秀

临沂大学化学化工学院, 山东 临沂 276000

摘要: 针对在“化工原理”教学活动中所面临的学生“难理解、难应用、难坚持”三难痛点, 教学团队基于OBE教学理念, “多维度、全方位”丰富理论教学体系, “夯基础、强实践”培养化学工程思维, “多项目、众主体”合理化教学评价, 在摸索中推进了“化工原理”课程教学改革创新, 有效强化了学生的创新能力、实践能力与工程思维, 团队教师在推进教学改革创新的同时, 积极参与教学研究、参加各项教学赛事, 教学能力得到有效提升。

关键词: 化工原理; 教学创新; OBE教学理念

中图分类号: G64

Exploring the Innovation in Teaching Principles of Chemical Engineering: Emphasizing Foundational Knowledge and Practical Skills

Yu Li*, Lanlan Song, Hongxiu Zhang

College of Chemistry and Chemical Engineering, Linyi University, Linyi 276000, Shandong Province, China.

Abstract: Addressing the challenges faced in “Principles of Chemical Engineering” teaching, characterized by students’ difficulties in comprehension, application, and persistence, the teaching team, guided by the Outcome-Based Education (OBE) philosophy, has enriched the theoretical teaching framework through a “multi-dimensional and comprehensive” approach. Efforts to solidify foundational knowledge and strengthen practical skills aim to cultivate chemical engineering thinking. The adoption of a “multi-project, multi-stakeholder” approach for teaching evaluation has facilitated the innovative reform of the “Principles of Chemical Engineering” course. This initiative has significantly enhanced students’ abilities in innovation, practice, and engineering thinking. Simultaneously, as the teaching team progresses with the instructional innovations and reforms, their engagement in teaching research and participation in teaching competitions have notably improved their teaching competencies.

Key Words: Principles of chemical engineering; Teaching innovation; OBE teaching concept

国家如何在世界长林中屹立不倒, 创新是源泉, 创新创业人才是国家的重要资源, 是中国实现创新型国家建设的重要基石。大学是提供创新能力的重要场所, 在大众创新万众创业的大背景下, 不少高校已将培养学生的创新创业能力摆在专业人才培养目标的突出地位, 致力建设好的大学, 培养创新创业型人才, 为国家输送新鲜血液, 为驱动国家前进添加动力^[1-3]。

“化工原理”作为大化工类专业的一门专业必修课, 在化学工程与工艺、化学、应用化学、材料化学、材料工程以及制药工程等专业学生的知识体系构建中具有重要地位, 主要研究化工相关生产过程中各物理单元操作, “化工原理”在自然科学与 engineering 之间起着承前启后, 由理到工的“桥

收稿: 2023-12-26; 录用: 2024-02-20; 网络发表: 2024-03-20

*通讯作者, Email: flying_ly@126.com

基金资助: 临沂大学课程思政示范课建设项目(K2021SZ111); 临沂大学教学改革项目(JG2022M34); 临沂大学新工科研究与实践项目(XGKJG2005)

梁”作用，良好的“化工原理”学习将学生引入工科的大门^[4-6]，对于培养学生的工程思维、创新思维及综合能力具有重要意义，因此对于“化工原理”课程教学的创新改革研究一直是当前各高校化工相关专业教育的热点问题^[7-10]。

本校化工教研室现有教师13人，博士占比超90%，团队思维活跃，创新意识强，教研室承担化工、化学、应化、材料及制药等专业的化工原理课程教学工作，在教研室老师的共同努力下，持续推进化工原理课程教学创新改革，在摸索中前进，力求通过此项教学创新实现更好的化工原理课程教学效果。

1 教学创新动力与思路

1.1 教学目标

围绕化学工程与工艺培养方案“面向现代化学工业培养具有青年政治特质的工程技术人才”的总体要求，“化工原理”课程聚焦3个方面课程目标：

知识目标：能够构建化工原理知识体系，掌握动量传递、热量传递与质量传递相关单元操作的基本原理与规律。

能力目标：能够应用化工原理理论知识解释相关现象，能够根据生产工艺和物系特性进行典型单元操作的相关计算，能够运用正确的研究方法分析和解决工程类问题。

素质目标：能够树立化工强国、事业强国的抱负，能够具有化工人的工程伦理素养，能够树立安全生产理念和绿色化工环保意识。

1.2 学情分析

“化工原理”课程通常在大二或大三学年开设，先修课程包括“高等数学”、“无机化学”、“有机化学”、“分析化学”及“物理化学”等，后续将学习“化工工艺学”、“化工设计”、“化工热力学”等相关专业课程，因此在知识储备方面，课程学习前学生通常已有较扎实的数学及化学理论知识储备，但工程相关的知识储备相对薄弱；在综合能力方面，学生大多已具备基础的数学计算分析及自然科学分析解决问题的思维与能力，但尚缺乏分析和解决工程问题的能力；随着信息化技术的发展，当代大学生都善于利用各种信息化技术平台获取学习资料，但对于丰富多元的知识进行整合贯通有所欠缺。

1.3 教学痛点

1.3.1 “难理解”

“化工原理”课程本身具有知识容量大、研究方法丰富等特点，学习难度较大，学生作为初学者缺乏行业相关知识储备，对化工案例接触少，学习起来感觉内容枯燥，晦涩难懂，但同时课程体系改革中不少专业的“化工原理”课时缩减，通常教学节奏较快，因此许多学生反映“化工原理”很难理解，难以构建课程的知识体系。

1.3.2 “难应用”

在“新工科”建设背景下，国家、社会及行业对于学生工程实践能力的培养日益重视^[11,12]，“化工原理”作为自然科学与工程科学的连接桥梁，强调理论知识联系实际生产，但是课堂教学的理论规律与实际生产的具体细节的偏差以及经典教材相对于当代化工生产工艺的信息差等因素增大了学生理论联系实际生产过程的难度，不少学生反映应用“化工原理”课程理论解决化工生产中的工程问题仍一头雾水。

1.3.3 “难坚持”

“化工原理”的“难理解”及“难应用”使部分学生产生畏难情绪，另一方面学生行为的目的性和实用性显著，唯分数的心态仍然存在，使得学生学习内驱力不足，部分学生对于课程的学习热情与专注度浅尝辄止，难以为继。

“化工原理”课程教学创新改革依据新工科建设的要求和专业人才培养目标，基于“学生中心、

产出导向、持续改进”的OBE教育理念^[13], 针对教学过程中的“难理解、难应用、难坚持”三大痛点, 丰富教学内容, 优化教学模式、调整评价体系, 以此三个维度考虑, 在摸索中推进“化工原理”课程创新, 创新思路如图1。

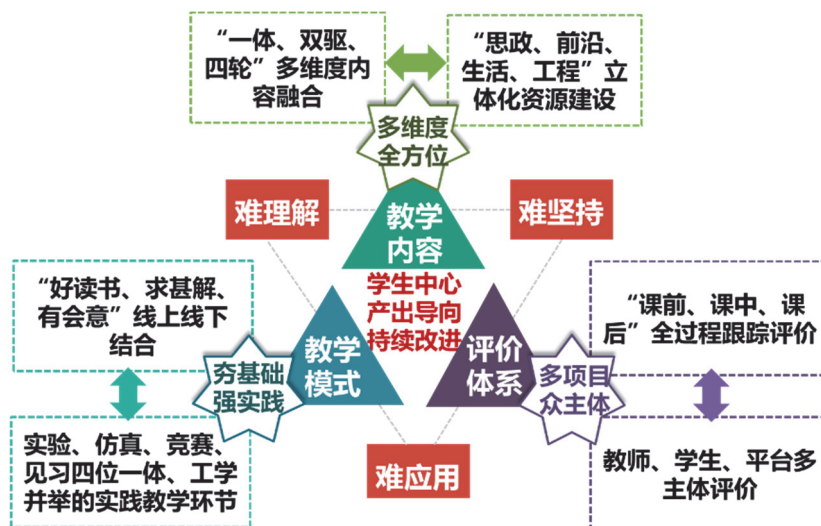


图1 教学创新思路

2 教学创新方法与实施

2.1 “多维度、全方位”，丰富理论教学体系

2.1.1 “一体、双驱、四轮”多维教学内容设计

“化工原理”综合运用数学、物理、化学、计算技术等基础知识, 分析和解决化工类型生产过程中各种物理操作问题, 各经典教材中通常将各单元操作作为独立章节, 弱化了其相互之间的交叉渗透, 且课程理论知识体量大, 内容相对抽象生涩, 不利于学生对于相关理论知识的综合应用, 因此, 教学团队紧贴课程目标进行了教学内容设计。

“一体”即指“化工原理”所研究的物理单元操作这一主线, 在保证基础传递过程原理教学同时, 以课程目标为导向, 兼顾深度广度进行教学设计, 适当引入科研及工程前沿, 凸显课程针对性。

“双驱”指生活案例与工程案例, 团队尝试采用“生活案例-理论讲授-工程案例”的教学方式, 以浅显易懂的生活案例提问式导入, 激发学生学习兴趣, 通过理论讲授后讨论解释生活案例并最终落脚于工程案例的解决, 强化学生对于理论的应用。

“四轮”即指设计后的“化工原理”课程教学内容落脚于四个方面, 分别为基本原理、相关计算、典型设备以及思政融合, 使教学内容阶次化的同时落实全过程育人、全方位育人。

“一体、双驱、四轮”多维教学内容设计具体落实到相应单元操作, 如以传热这一单元操作为例(图2), 先进行传热方式即热传导、热对流及热辐射的基本规律学习, 继而设计相关换热计算内容教学, 最终落脚于工业生产中的实际应用换热设备, 实现由理论到工程应用的升华, 同时课程思政渗透, 将课程思政与工程学科知识高度融合。整个章节教学通过生活案例与工程案例双重驱动, 化抽象为形象, 适时引入高新导热材料以及大国工程, 培养学生的创新意识与科技报国的理想信念。

2.1.2 “思政、生活、工程、前沿”全方位教学资源建设

为更好地支撑“一体、双驱、四轮”多维教学内容设计, 团队进行了相应的全方位教学资源整合与建设。团队进行了积极的课程思政建设, 秉持显隐结合的原则, 通过不断深入挖掘, 越来越多知识点开始加入育人的行列, 逐渐摸索出了家国情怀、民族自信、辩证思维、科研素养及绿色化工五个维度的课程思政育人元素(图3)。

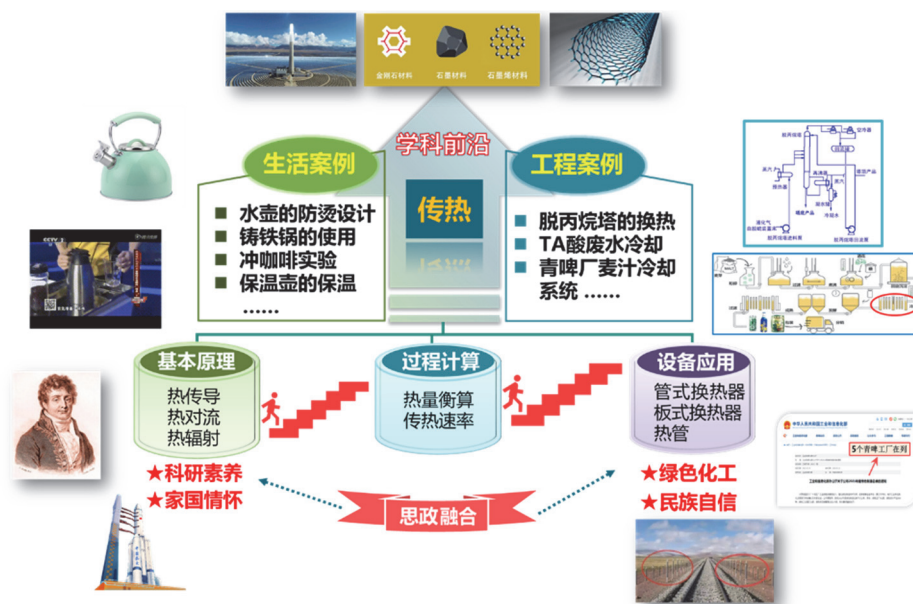


图2 设计后的传热章节知识体系

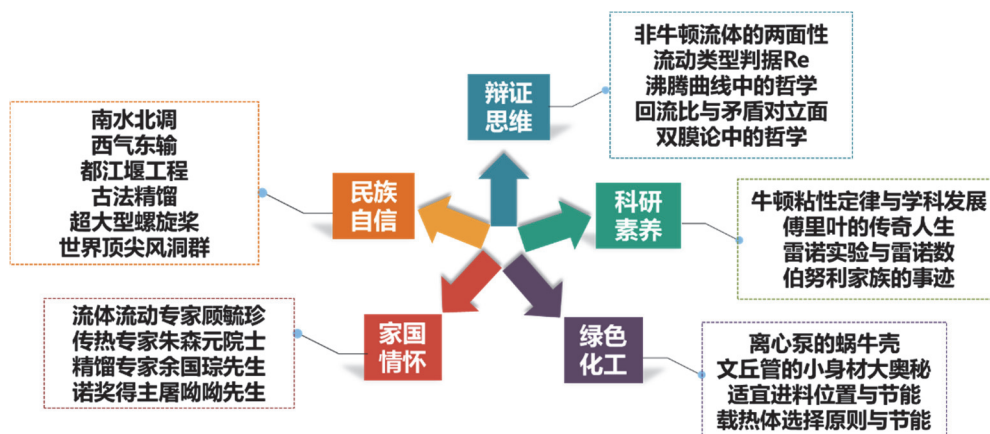


图3 课程思政建设方向与思政库(部分)

同时，为更高效驱动课程理论教学，团队教师基于教学实践和实地调研等方式多渠道挖掘课程蕴含的有效案例资源，着力打造优质“学科前沿案例库”、“生活案例库”及“工程案例库”，目前已完成在学习通完成学科前沿案例20余项，生活案例40余项，工程案例30余项建设工作，并在持续丰富。为更好地服务于教学工作，我们将各教学单元案例库进行了整合，如以热传导的教学为例，其中包含生活案例、工程案例、学科前沿与课程思政，首先以古人青睐的铸铁锅产生锅灰影响烹饪效果这一生活现象导入，以精制对苯二甲酸废水的冷却问题这一工程案例结束，过程中以傅里叶传奇的事迹分享渗透科学思想并通过新型导热材料碳纳米管的优越导热性能拓宽学生知识面(图4)。

2.2 “夯基础、强实践”，培养化学工程思维

2.2.1 “好读书、求甚解、有会意”线上线下混合式教学

在教学工作的展开过程中，团队采用了MOOC平台“学堂在线”推出的混合式教学工具雨课堂将混合式教学模式融入了“化工原理”教学。课前教师将预习课件、单元操作的动画及小视频等资料推送至平台，学生预习并完成自测或讨论，引导学生“好读书、广读书”，课堂教学中平台记录日常考勤，通过教师讲授、随堂测试、分组讨论等过程引导学生“求甚解、悟真知”。课后教师发布作

业、总结，师生可在讨论区围绕课堂疑惑畅所欲言，力求“有会意、得领悟”，混合式教学模式在传统多媒体数字学习的基础上增加移动学习乐趣的同时，便于教师对于学生过程性评价支撑材料的获取(图5)。如在伯努利方程的教学时，课前教师将预习课件及相关资料推送至平台，学生通过预习及查阅资料完成“流体管内流动系统涉及哪些能量？”的讨论，引导学生自主学习，增强学习内驱力；在课中，通过学生的吹纸实验以及乒乓球的视频引入课堂，激发学生学习兴趣。在伯努利方程理论讲授前，通过平台开启弹幕发言，结合课前所查阅资料对应课堂上的流动系统，进一步强化学生对于流动系统能量的认知，通过平台发起小组讨论并开启弹幕发言，有效增加学生课堂参与度。在理论学习完成后，通过平台发起小组讨论，引发对于伯努利方程应用的深入思考；在课后，通过平台发布相关文献，学生自主阅读并完成课后思考，应用伯努利方程解释课堂上的吹纸实验结果，引导学生在课后对于伯努利方程的意义理解与应用得到进一步强化，从而实现该知识点课前-课中-课后的教学闭环。



图4 案例库应用示例(热传导)

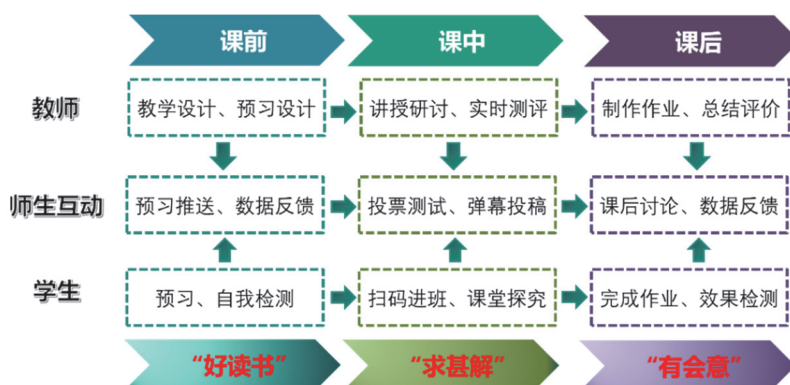


图5 基于雨课堂平台的线上线下载混合式教学模式

2.2.2 “实验、仿真、竞赛、见习”四位一体的实践教学环节

基于理论与实践联系不足，课程理论“难应用”一痛点，在教学过程中，我们强调实践与理论并重，打造实验、仿真、竞赛及见习四位一体的实践教学环节。各开课专业均设置化工原理实验课程，在短学时化工原理教学中采用理论含实验的教学模式，实验项目均以化工原理理论内容为基础，

尽可能覆盖三大传递过程的单元操作，强化理论知识的应用。实验课前设有虚拟仿真环节，可有效解决实验室设备的限制。我们有效发挥与本地周边相关化工企业的合作联系，设有工厂实习与见习环节，对各单元操作得到更直观的了解，真正意义上实现从课本理论知识到工厂实际生产的联系。同时，以赛促学，指导学生积极参加校内外化工相关竞赛，进一步促进学生应用化工原理理论知识解决化工生产中的工程问题的综合能力的提升。总体来说，我们以实验教学为抓手、虚拟仿真为辅助、学科竞赛为动力、企业见习为平台，全方位一体化提升学生动手能力、工程思维与创新意识(图6)。



图6 四位一体的实践教学环节

2.3 “多项目、众主体”，合理课程教学评价

为更好更全面评价课程目标达成情况与课程改革创新效果，团队对于“化工原理”教学评价体系进行了“多项目、众主体”的合理化调整，致力于构建包括教师评价、信息技术平台评价、学生互评的过程性评价与终结性评价相结合的全方位课程评价考核体系。其中过程性评价通过课前、课中、课后不同阶段对学生学情跟踪评价，形成“教学-评价-反馈-分析-调整-教学”的循环，教学过程支撑评价数据，评价数据反哺教学效果(图7)。

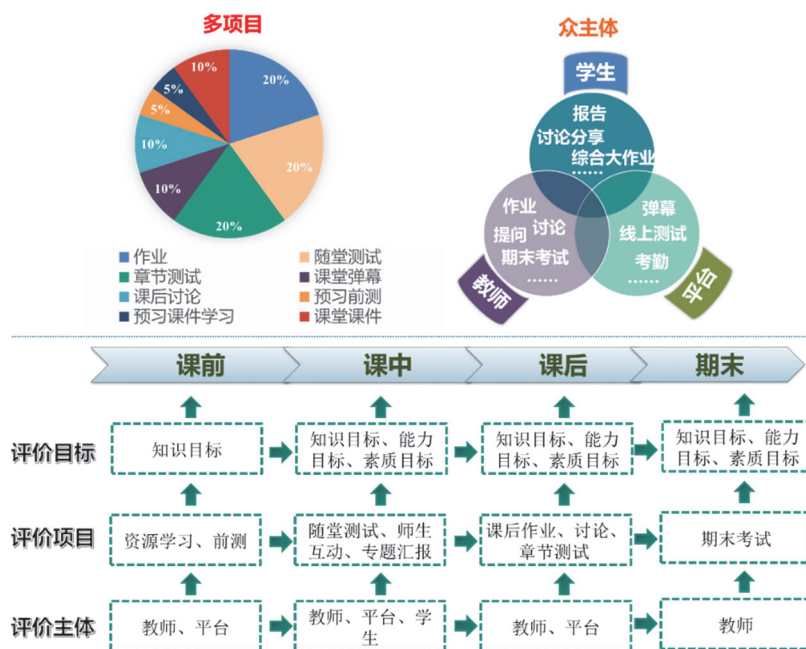


图7 基于雨课堂平台“多项目、众主体”的课程评价体系

3 教学创新效果与成就

3.1 课程目标达成情况改善

团队教师在持续推进“化工原理”课程教学改革的过程中，竭力优化教学内容，注重内容创新与思政教育的有机结合，化抽象为具体，使“难解”变“易懂”，有效强化学生学习内驱力，基于雨课堂平台的混合式教学取得了较好的教学反响，通过学生对于课程学习的目标达成情况的自我评价(图8)，本团队收获了不少好评，同时也收获了许多宝贵的意见。

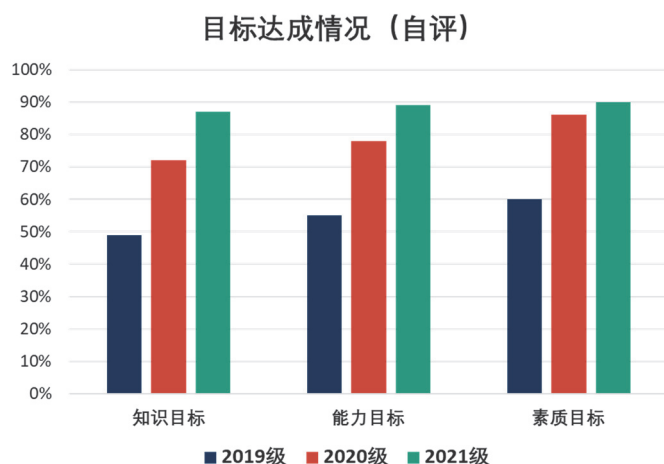


图8 课程目标达成情况自评反馈

我们对近3年化工专业“化工原理”课程教学班级的课程目标达成情况进行了对比，结果显示对于课程能力目标及素质目标的达成值有了较明显的提升，如图9为化工专业3个教学班对于课程能力目标的达成情况分析，从左至右分别为2019级、2020级及2021级教学班学生，2021级的平均达成值有了近15%的提升(图9)。

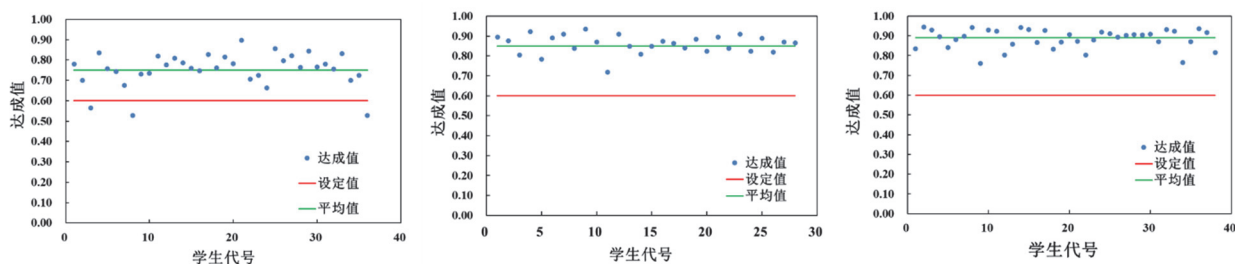


图9 近3年学生对于课程能力目标的达成情况对比

3.2 育人效果明显

通过“化工原理”教学创新改革的推行，育人效果得到了较为显著的改善和提升。学生对“化工原理”学习后的课程思政育人效果自评反馈评价显示，学生民族自信、辩证思维、科研热情、家国情怀、环保意识及经济意识等自身素养均得到了提升(图10)。而实践教学的落实激发了学生对化工实验竞赛、大学生创新创业项目及科研热情，有效提高了学生的创新能力、实践能力与工程思维。近年来，化工专业学生学科竞赛、大学生创新创业项目及科研活动参与度逐渐增加(图11)。近5年来有100余人获国家级、省部级学科创新竞赛一、二、三等奖40项，参与竞赛的学生200余人，学生科研热情高涨，多人在主讲老师指导下获专利授权，其中发明专利2项，实用新型专利10项。



图10 课程思政育人效果自评反馈结果

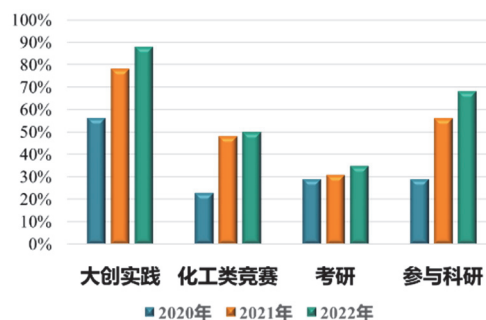


图11 近年学生实践活动参与度

4 结语

在笔者团队教师的不断摸索研究下,本校“化工原理”课程已逐渐走上了定位准确、目标明确、脉络清晰的教学改革创新之路,近年来,我们丰富了“化工原理”的教学知识体系,优化了“化工原理”课程的教学模式,重新调整了“化工原理”课程的考核体系,在夯实学生知识基础、提升学生工程实践能力,强化学生价值塑造的同时,团队教师的教学水平也得到了较大提升,相继在省内各大教学竞赛中收获奖项。当然,教学改革创新研究是一个持续的工作,接下来,我们将坚持以学生为中心,秉持OBE教学理念,进一步推行“化工原理”课程的教学改革创新,如完善课程案例库及思政库的建设,利用雨课堂等平台的预警功能对重点关注学生进行个性化推送辅导等。

参 考 文 献

- [1] 李森. 中国教育学刊, 2023, No. 3, 1.
- [2] 熊庆旭. 中国大学教学, 2021, No. 8, 73.
- [3] 教育部关于一流本科课程建设的实施意见(教高〔2019〕8号). [2019-10-30].
http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/201910/t20191031_406269.html?eqid=f7c3f61e0013b3fb0000000264617e0d
- [4] 秦正龙. 西南师范大学学报(自然科学版), 2021, 46 (1), 183.
- [5] 李卫宏, 周惠燕, 王芙蓉. 化学教育(中英文), 2021, 42 (2), 24.
- [6] 李昱, 杨兰, 宋兰兰, 牟善良. 广东化工, 2021, 48 (18), 196.
- [7] 傅杰, 金新新. 化工高等教育, 2023, 40 (3), 48.
- [8] 贾广信, 焦纬洲, 李裕, 李同川, 袁志国, 王海宾. 化工高等教育, 2021, 38 (4), 1000.
- [9] 张钰, 张茂林. 大学化学, 2023, 38 (3), 80.
- [10] 程倩, 李淑君, 张继国, 任世学, 李劼. 大学化学, 2023, 38 (9), 1.
- [11] 刘吉臻, 翟亚军, 荀振芳. 高等工程教育研究, 2019, No. 3, 21.
- [12] 姜晓坤, 朱泓, 李志义. 高教发展与评估, 2018, 34 (2), 17.
- [13] 宋跃, 陈想平, 胡胜, 任斌. 实验室研究与探索, 2021, 40 (2), 215.