

## “价值引领，固基强能”的化工原理教改与实践

张香兰\*, 马靖文, 曹俊雅, 蔡卫滨, 畅志兵, 刘金昌

中国矿业大学(北京)化学与环境工程学院化学工程系, 北京 100083

**摘要:** 为培养适应时代和满足国家能源行业需求的高素质人才, 我们秉承“价值引领, 固基强能”育人理念, 实施教改和人才培养模式探索。通过课程思政强化学生的爱国敬业、行业责任感、节能减排意识和团队合作精神, 建设具有能源特色和智能化的教学资源, 根据学生认知重新组织教学内容, 并采用线上线下深度融合的教学模式以及“多元化、多主体、全过程”的评价体系来夯实学生的学科基础。同时, 以“工程案例牵引+小组讨论”、仿真与学科竞赛延伸相结合, 提升学生的工程创新能力。这些措施已取得一定成效。

**关键词:** 责任教育; 化工原理; 创新能力; 工程案例; 能源特色

中图分类号: G64; O6; TQ02

## Curriculum Reform and Practice of Principles of Chemical Engineering Guided by the Concept of “Cultivating Values, Strengthening Foundations and Enhancing Engineering Competence”

Xianglan Zhang\*, Jingwen Ma, Junya Cao, Weibin Cai, Zhibing Chang, Jinchang Liu

Department of Chemical Engineering, School of Chemical and Environmental Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China.

**Abstract:** To cultivate high-quality talents who can not only adapt to the demands of the information and digital era while addressing national energy security, we have implemented a series of curriculum reforms and explored innovative talent training models under the educational philosophy of “cultivating values, strengthening foundations, and enhancing engineering competence”. By integrating ideological and political education into the curriculum, we aim to foster students’ patriotism, professionalism, awareness of energy conservation and emission reduction, and teamwork skills. To strengthen students’ disciplinary foundations, we have developed energy-themed teaching resources and knowledge maps, reorganized teaching content based on students’ cognitive levels, adopted a blended teaching mode combining online and offline methods, and introduced a “diverse, multi-party, and comprehensive” assessment system to evaluate learning outcomes throughout the process. To enhance students’ engineering innovation capabilities, we have employed an “engineering case-driven approach combined with TBL (team-based learning)” in-class activities and extended the curriculum through simulation experiments and subject competitions. These measures have yielded significant results.

**Key Words:** Responsibility education; Principles of chemical engineering; Innovative ability; Engineering case studies; Energy characteristics

收稿: 2024-10-10; 录用: 2024-11-22; 网络发表: 2024-12-13

\*通讯作者, Email: zhxl@cumtb.edu.cn

基金资助: 校教改项目(J230306); 北京市教改项目(202311413003); 校级重点项目(J20ZD10, J23ZD06); 教育部产学研合作协同育人项目(230804697244412)

在信息化、数字化时代，特别是ChatGPT等生成式人工智能的出现，对人的终身学习能力、创新能力和协作能力提出了更高要求<sup>[1,2]</sup>。为保证国家能源安全，实现“双碳”目标，“加强煤炭清洁高效利用”<sup>[3]</sup>，能源特色高校也迫切需要培养一批既具备扎实专业知识又有高度责任感的创新人才。

中国矿业大学(北京)化工原理教学团队立足国家社会需求，紧密结合学校的办学定位和专业人才培养目标，以“价值引领，固基强能”为育人理念，进行了一系列的教学改革和实践<sup>[4-6]</sup>。解决了以下问题：(1) 学生对煤炭行业认可度低、责任感弱，不能满足行业发展需求；(2) 传统教学资源、教学方法与学生个性化学习需求及社会发展需求脱节；(3) 煤炭行业重任和新时代对人才协作能力和创新能力需求与现有人才培养模式不匹配。形成了“行业责任引领、智能混合固基、工程前沿强能”的能源化工工程创新人才培养模式(见图1)。本文对这一教学改革和人才培养模式进行了总结，以期能为能源高校培养国家行业高素质人才提供参考和借鉴。

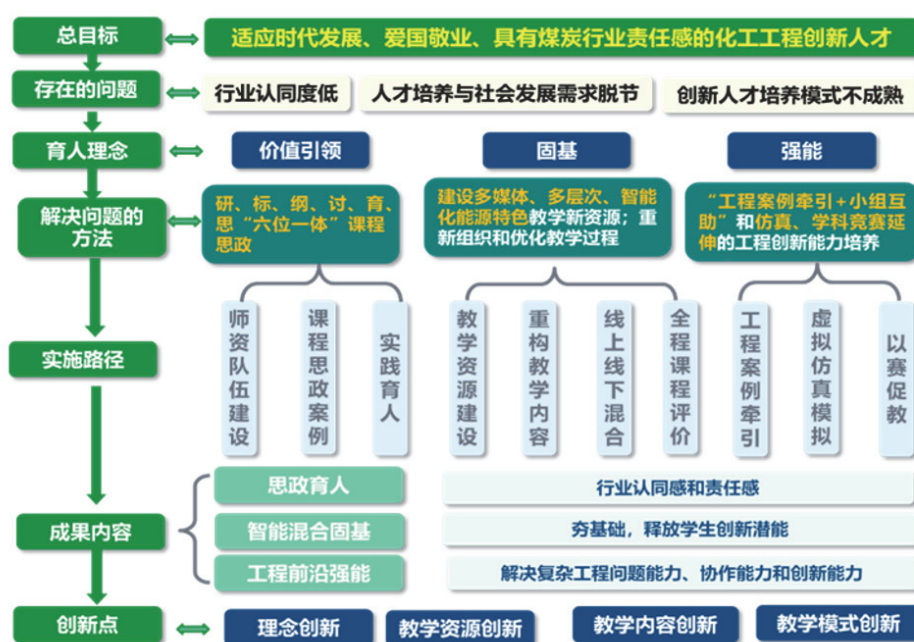


图1 教改和创新型人才培养模式整体设计思路

## 1 “六位一体”课程思政——价值引领

大学是学生“三观”形成的关键期，同时大学生对于行业的认知还不够深入，而教师科研与能源行业密切相关，深知行业的历史、发展和需求，教师的家国情怀和对能源行业的理解比学生深刻，因此通过课程思政培养学生的家国情怀和对行业的认同感和责任感，教师是关键。教师要从思想上高度重视课程思政的育人作用，要正“三观”，言传身教，将隐性思政放第一位。

提高教师队伍的素质，将教师朴素的、零散的价值教育系统化、专业化<sup>[7,8]</sup>。教学团队积极参加学校组织的各种暑期培训，转变理念，紧跟时代步伐。通过对国内化工高校调研、参加国内教学研讨会、与校外同行交流，教研组学习、讨论，以及学习和参加教学能力大赛、创新大赛等提高教师的爱国敬业、教书育人能力。

教学团队围绕“六位一体”的课程思政模式，即研、标、纲、讨、育、思，进行了系统性的构建与实施。“研”，即深入研究。教学团队深入研究时代特点和能源特色高校学生应有的责任担当、课程特点，为课程思政的融入提供理论基础和方向指引。“标”，即确定思政目标。团队将国家行业

需求、学校定位和化工专业人才培养目标有机结合,明确课程的思政目标——培养学生爱国敬业,践行节能减排、减污降碳理念,具备良好的工程素养、主动学习能力及团队合作精神。“纲”,即修订大纲。根据确定的思政目标,团队修订了教学大纲,确保思政元素在教学过程中的有效落实。“讨”,即讨论案例。团队讨论并建立了具有能源特色的课程思政素材和案例,包括煤炭行业科学家的故事,与课程内容相互促进的节能减排、减污降耗和煤炭清洁高效利用的科技前沿,以及大国重器等,为课程思政的融入提供丰富的素材支持。“育”,即融入教学过程。通过系统的教学设计,团队将课程思政点和教学内容有机融合(见图2),融入课堂讲授、作业布置、论文指导等各个环节,并进一步延伸到实验操作和学科竞赛中,实现全程育人、润物无声。“思”,即教学反思。团队在教学过程中不断进行教学反思,持续改进教学方法和手段,确保课程思政的融入更加自然、有效。通过这“六位一体”的课程思政模式,教学团队成功地将思政元素融入到课程中,实现了专业教育与思政教育的有机结合。

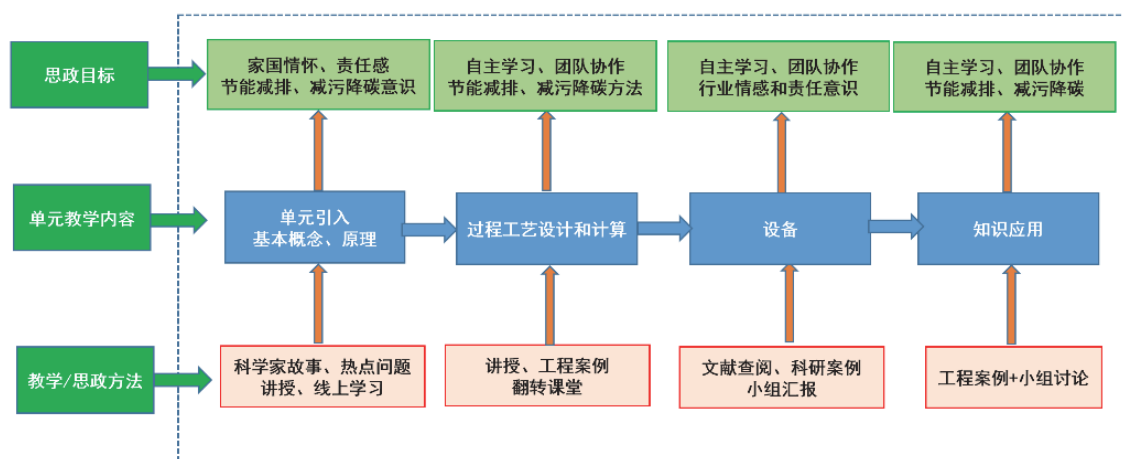


图2 单元教学内容和课程思政的结合

在教学、实验过程中,学生组成互助小组完成自主学习任务,或者组队完成单元实验、查阅并讲解我国煤炭清洁高效利用领域科学家故事,如在沉降分离单元对煤炭“风选”开创者陈清如院士一生贡献和奋斗精神的学习,既增加了学生对煤炭行业的认识,陈院士的开拓创新精神也为学生树立了榜样。

组织学生参加学科竞赛,与课程相关的有全国大学生化工设计竞赛(B类)、全国大学生化工实验大赛(B类)、北京市化工原理大赛等,这些赛事都需要学生组队参加,通过体验、实践,激发学生的爱国敬业、行业责任以及团队协作精神。如我们已组织学生参加全国大学生化工设计竞赛14年,学生作品的选题60%都包括煤为原料的煤化工路线,因需要而主动学习,增加了学生对煤炭行业的深入了解;学生参赛以团队形式提交作品,学生在作品完成过程中会遇到很多困难,我们要求学生对学校、教师和组员负责,培养学生责任意识。不知不觉中,培养了学生对煤炭行业认识,增加了责任感<sup>[9,10]</sup>。

## 2 “以学生为中心”的资源建设和教学过程改革——夯实学生学科基础

### 2.1 建设多媒体、多层次、智能化能源特色教学新资源,满足学生个性化学习需求

针对新时代学生注重个性发展、学习时间碎片化以及熟练使用信息化工具的特点,教学团队在中国大学MOOC平台和学校网络教学平台(超星学习通)分别建设了“化工传质与分离过程”“化工原理(化工流体流动和传热、化工传质与分离过程)”的视频、习题库和案例库,其中包含12个单元,细

分为170个知识点视频和习题库,案例库有思政案例库、工程案例库、能源科技前沿案例库,形成了丰富多元的学习资源。

为了帮助学生更好地理解 and 掌握知识点间的逻辑关系,教学团队还利用知识图谱技术,建立了系统的知识框架,并为学生指明了清晰的学习路径。此外,团队还开发了“化工原理智能机器人”小程序,这一创新工具能够让学生在任何时间、任何地点都能迅速、准确地获取化工原理的相关概念解释,极大地提升了学习效率。

针对学生线上视频学习效率低、把握重点困难的问题,教学团队采取了多项创新举措。首先在视频中嵌入弹题,即时检验学习效果;并结合知识图谱技术,将丰富的线上资源精准链接到各个知识点,使学生能够针对特定知识点,快速获取相关的视频教程、案例资源等,实现精准化学习。此外,学生还可以依托知识图谱,针对个人学习需求,对某一知识点进行个性化自测,从而有效提升线上资源的利用率,并实现因材施教的教学目标。为了进一步增强学习效果,教学团队还编写了兼具教材和教辅特色的《跟着思维导图学习化工原理》新形态活页教材和电子书。教材提供每个知识点(视频)的知识结构图、学习要点、能力训练题,同时书中还嵌入了教学视频、教学课件、名师答疑等二维码,方便学生随时扫码学习。通过这些线上线下、多媒体呈现、层次分明且智能化的教学资源建设,教学团队充分满足了不同学生的学习习惯,有效提高了学生的学习效率和时间管理能力,为学生打下坚实的化工原理知识基础。

## 2.2 重新组织教学内容并采用线上线下混合式教学模式,调动学生的学习主动性

化工原理课程因其包含大量公式且内容较为抽象,给学生学习带来了一定挑战。为了应对这一难题,我们将精心建设的教学资源与课程内容深度融合,并依据知识的“记忆、理解、综合、应用和分析”这五步认知规律,对教学内容进行全面重组,以确保与学生的认知能力相匹配。

根据我们为每个知识点设计的循序渐进的学习路径:“基础知识(线上)→知识理解(线上)→基本能力(线下)→高阶能力(线下)→进阶拓展(线上)”,匹配了从理论到应用,再到拓展的教学内容,帮助学生逐步深化对化工原理课程的理解和提高应用能力。

采用线上线下混合式教学培养学生的自主学习能力,调动学生的学习主动性。线上环节,我们以动量、热量、质量传递基础为核心主线,引导学生通过观看视频自主学习化工原理的基本概念、原理、计算方法推导、膜分离新型单元操作和科教案例。线下教学侧重于处理工程问题的方法论,通过启发式、问题导向式讲授,结合工程案例牵引和翻转课堂等教学方法,引导学生逐步解决工程实践问题,实现知识的有效迁移与应用。

线上利用微信和学习通等平台进行督学,通过重难点讲授、答疑和讨论等方式,确保学生能够深入理解知识。同时,通过设置课前测来考查学生的自学情况。线下教学则更加注重问题导向的讲授,鼓励学生进行小组汇报,并通过学习通进行互动,及时了解学生的学习情况。

通过线上线下双主线、双翻转的教学模式,成功地让学生在课堂上更加积极思考,与教师和同学进行更多的互动,真正成为课堂的“主人”。这种教学方式不仅夯实了学生的学科基础,还提升了他们的自主学习能力和解决问题的能力。

## 2.3 “多元化、多主体、全过程”的成绩考核方式,强化学生主体

课程考核采用全过程评价方法,将过程性考核(50%)和终结性考核(50%)相结合。过程性考核贯穿整个课程的学习过程中,包括线上单元测、课前测、随堂测及论文报告、课堂汇报、思维导图、进阶作业等,多元化的考核可以从多角度了解学生的学习状况,并促使学生更加注重学习过程的训练,而非仅仅关注终结考试。

在成绩评定方面,采用线上系统评定、生生互评、组内互评、教师评定等多主体评价方式,这种多主体的评价模式不仅让学生成为学习过程中的主体,通过批改同学作业发现不同的解题方法和潜在错误,从而主动思考,还通过组内互评激励学生为小组学习做出贡献。

通过创新成绩考核方式,强化学生在学习过程中的主体地位,引导学生更加关注知识的学习和掌握,而非仅仅追求考试分数。这种评价方式有助于全面提升学生的学习积极性和参与度,促进他

们的全面发展。

### 3 “工程案例牵引+TBL (Team based learning)小组互助”——提升工程能力

化工原理是学生从理论到工程的第一门专业课程，针对学生习惯于理论学习、工程概念弱的问题，我们设计了一系列工程案例为牵引的小组讨论环节，目的在于培养学生学以致用意识和分析、解决复杂工程问题的能力。

教学团队筛选并整合了我国煤化工领域近十年大发展的工程实例和科技前沿案例，将其加工成课程单元项目，例如，在现代煤化工领域，选取煤制甲醇工艺中甲醇精制工段，将其凝练成流体流动、流体输送机械、传热和蒸馏单元的项目，焦炉煤气净化工段凝练成非均相物系分离单元的项目，脱硫工段凝练成吸收单元的项目，煤气化含酚废水处理工段凝练成萃取单元的项目。这些工程案例不仅明确知识应用方向，更极大地激发了学生的兴趣和探索欲望。

以工程案例牵引形成具体单元项目，通过“自主学习-小组互助学习-教师引导-组内讨论和组间竞争-实践-拓展”的问题导向式引导学生进阶、深度学习；通过理论与实践融合，解决课程抽象难学问题，同时培养学生解决复杂工程问题的能力和团队协作能力。

为了促使学生之间的互相学习，采用TBL (Team-Based Learning)小组互助方式，这一模式鼓励学生相互帮助，共同解决学习难题，从而确保每位学生都能在团队中发挥自己的作用，避免部分学生因学习困难而掉队。同时，学有余力的学生在帮助同学的过程中，也能加深对知识的记忆和理解。小组需要共同提交一份解决方案，该方案将作为团队成绩的一部分，这进一步促使小组成员之间必须要团结协作。

在翻转课堂上，充分利用团队汇报和老师提问等互动环节，进一步培养学生应用课程知识解决实际问题的能力。通过这种教学模式的创新与实践，强化了学生的工程实践能力。

如图3所示为精馏单元中平衡蒸馏的“工程案例牵引+TBL (Team Based Learning)小组互助”方法的示例。本次课程聚焦于平衡蒸馏，课前我们向学生发放了一个工程案例，即焦炉煤气制备精甲醇过程中的双效精馏技术，要求他们根据图4数据计算进入常压塔物料的汽化分率(甲醇和水混合物，按摩尔百分数计)，并设置了关于平衡蒸馏的基础知识、知识理解和基本能力问题，包括平衡蒸馏的定义与流程(基础知识)、减压阀在流程中的作用、减压前后混合物的变化(知识理解)、汽化率对产品质量的影响以及影响平衡蒸馏产品质量的因素(基本能力)等。学生需分组学习相关视频，完成线上课前测试，并围绕这些问题和工程案例进行小组讨论。在翻转课堂上，各小组轮流回答课前问题、参与讨论，教师则针对重难点进行讲解。本次讨论课成绩由系统自动评定的课前测成绩和小组成绩两部分组成，小组成绩则依据组内互评(40%)、课堂讨论成绩(教师评定，40%)及组间互评(20%)综合评定，以确保评价的全面性和公正性。

仿真实验为化工专业学生提供了原有实践环节无法比拟的便利性，我们要求学生进行与课程相关的单元仿真模块训练，让学生熟悉精馏、吸收、萃取等单元的流程，进行开、停车操作和改变操作条件的训练，直观地理解影响操作过程的因素，虚实结合强化学生的工程理念。

各类学科竞赛给学生提供了学以致用解决复杂工程问题的平台，同时也为各校学生提供了一个互相切磋的舞台。如北京市化工原理竞赛首先要完成理论基础的考核，随后二人一组完成流体流动、精馏、吸收和传热等单元的综合案例的设计和计算，并进行答辩；再如全国大学生化工设计竞赛每年学生的设计作品中都有换热网络优化部分，在设计的流程中也会采用双效精馏、热泵精馏等节能方法，这一过程强化了学生节能减排理念，也培养了学生的创新力。专业学科竞赛的完成进一步训练了学生的工程能力，也是对学生工程实践能力的检验。

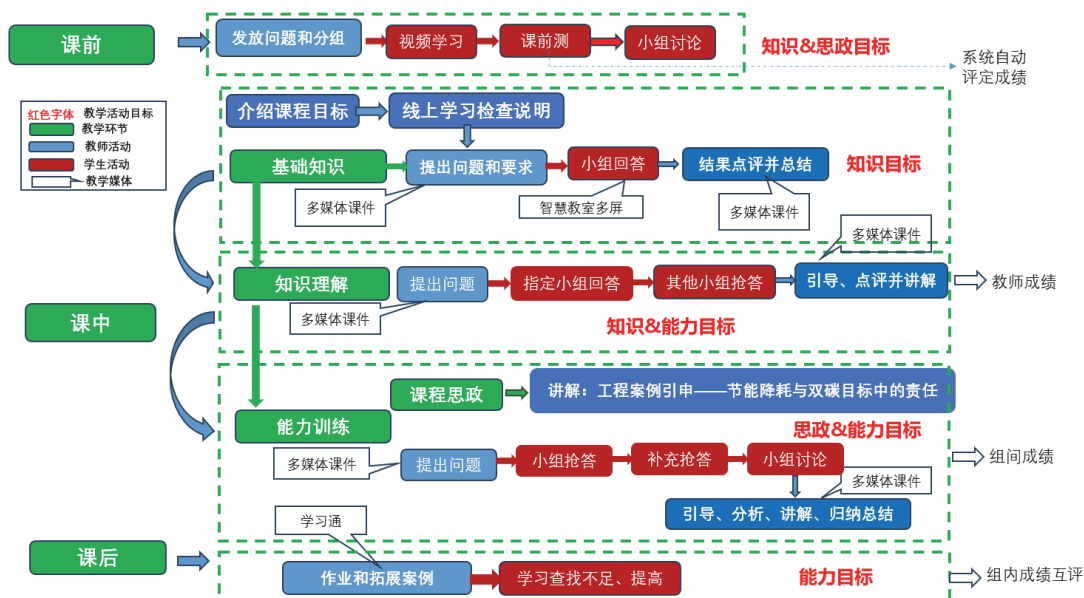


图3 “工程案例牵引+TBL小组互助”方法的示例

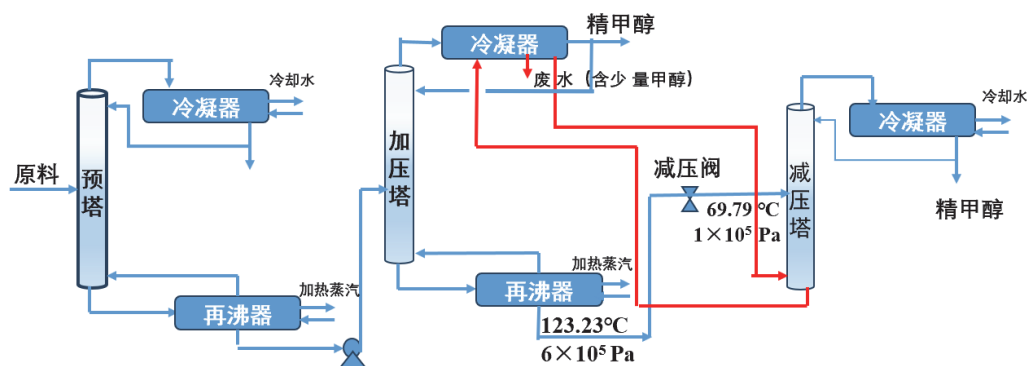


图4 精甲醇的双效精馏案例

#### 4 课程建设和教学改革成效

我们已组织学生参加全国大学生化工设计竞赛14年，提交的作品比例始终高于全国平均水平，表1给出2012–2023年的统计数据。这一成绩在一定程度上反映了我们学生的团队合作精神和责任感，也充分验证了我们实施课程思政教育的显著成效。另外，表1中也可以看到全国总决赛一等奖的比例逐年缩减，而我们连续14年成功晋级全国总决赛并荣获一等奖，这也从侧面反映出我们学生的工程实践能力在不断提升。

表1 2012–2023年组织学生参加全国大学生化工设计竞赛成绩统计表

年份	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
全国提交作品比例/%	—	64.54	54.79	58.90	—	58.26	58.15	60.01	55.49	59.45	64.4	59.13
全国总决赛一等奖/%	6.41	6.76	5.67	5.22	4.84	2.09	1.94	1.75	1.84	1.6	1.51	1.44
我校提交作品比例/%	100	100	91.7	94.1	80	65	60	92.86	69.23	62.5	92.3	62.5
我校作品获奖比例/%	50	88.89	36.36	31.25	25	53.84	66.67	76.92	55.55	90	50	80

从近年来组织学生参加北京市化工原理竞赛的获奖数据统计(见表2)看, 2023和2024年参赛学生团队都获得特等奖和一等奖, 印证了学生工程实践能力的提高, 也反映了我们长期以来致力于提升学生综合素质与工程实践能力的效果。

表2 2019–2024年组织学生参加北京市化工原理竞赛成绩统计表

年份	团体奖等级	特等奖	一等奖	二等奖	三等奖
2019	1	2	2	2	9
2021	1	0	2	2	2
2022	1	0	4	0	7
2023	1	2	4	0	0
2024	1	2	8	0	0
总数	5	6	20	4	18

## 5 结语

课程育人是高校教育体系的基石, 课程团队以“培养适应未来和能源行业发展的创新人才”为宗旨, 融合信息技术和数字技术, 以学生为中心, 进行了一系列教学改革和实践, 取得以下成效:

(1) 教师率先垂范, 引导学生在教学和竞赛等实践环节中不断实践, 因实践需要主动了解煤炭行业的发展状况和名人故事, 是培养学生家国情怀、行业情感和责任感、团队精神的有效方法;

(2) 建立了富含时代特色的数字资源和知识图谱体系, 精准对接学生的多元化学习需求、提高学生的学习效率。同时, 线上线下混合式教学模式和科学合理的考核机制, 促进了学生的自主学习能力和学习主动性的培养;

(3) 深入挖掘并提炼我国煤化工产业10余年来大发展的成就和煤炭清洁利用领域的科研成果, 作为能源特色教育资源, 为学生提供了深入了解能源行业、培养行业责任感的宝贵素材;

(4) “工程案例牵引+TBL小组讨论”的教学模式有利于调动学生的学习积极性, 学以致用, 培养了学生分析和解决复杂工程问题的能力, 还进一步强化了他们的团队协作精神。

面对日新月异的时代变迁与各具特色的学生群体, 我们深知教学内容与教学方法必须紧跟时代步伐, 不断革新, 方能培养出符合时代要求与国家行业需求的高素质人才。

## 参 考 文 献

- [1] 卢宇, 余京蕾, 陈鹏鹤, 李沐云. 中国远程教育, 2023, No. 4, 24.
- [2] 洪煜. 中小学校长, 2024, No. 3, 33.
- [3] 习近平代表第十九届中央委员会向党的二十大作报告. [2024-11-30].  
[https://jsnews.jschina.com.cn/zt2024/lddyxxpt/leyx/dzs/202402/t20240227\\_3367575.shtml](https://jsnews.jschina.com.cn/zt2024/lddyxxpt/leyx/dzs/202402/t20240227_3367575.shtml)
- [4] 王启宝, 刘寿, 王立艳, 刘迪, 张凯, 张香兰. 大学化学, 2022, 37 (10), 2202062.
- [5] 刘慧婷, 郝一成, 李鹏程, 周雨禧, 王雨尧, 杜槿阳, 马玲玲, 张香兰. 化工高等教育, 2022, 39 (4), 127.
- [6] 马靖文, 畅志兵, 徐立恒, 何宗京, 曹俊雅. 化学工程与装备, 2023, No. 8, 275.
- [7] 张弛. 思想理论教育, 2020, No. 4, 71.
- [8] 徐青. 课程思政教学研究, 2022, 2 (1), 61.
- [9] 张香兰. 煤炭高等教育, 2019, 37 (2), 106.
- [10] 张香兰. 教育理论与实践, 2013, 33 (18), 38.