

项目式牵引打造全链条应用课堂教学设计

苏婷 高雯雯 霍文兰 李健

榆林大学化学与化工学院, 中国·陕西 榆林 719000

摘要: 针对《煤化工工艺学》课程教学中存在的知识碎片化、学习被动化、应用能力培养虚化等问题, 将项目式教学法引入课程教学。按照真实性、进阶性、可行性原则遴选煤化工生产的真实项目, 构建“认知型—设计型—综合型”三层进阶的项目教学体系, 打通“理论学习—产业实践—能力输出”的应用链, 并以“年产 5 万吨兰炭的煤低温干馏车间”设计综合项目为例说明实施要点。实践表明, 项目式教学配合结构化的案例资源, 能够有效激发学习主动性, 促进学生知识整合与工程能力的协同发展。

关键词: 项目式教学; 低温干馏; 真实项目; 应用型人才培养

Full-chain application model teaching design created by project-based guidance

Su Ting, Gao Wenwen, Huo Wenlan, Li Jian

College of Chemistry and Chemical Engineering, Yulin University, China Shaanxi Yulin 719000

Abstract: To address issues such as fragmented knowledge, passive learning, and inadequate development of practical application skills in the teaching of the course "Coal Chemical Engineering", project-based teaching has been introduced. Practical coal chemical production projects are carefully selected based on principles of authenticity, progressive difficulty, and feasibility, forming a three-tiered project-based teaching system- cognitive, design-oriented, and comprehensive to seamlessly connect theoretical learning, industrial practice, and skill application. The implementation is illustrated through a comprehensive project example: designing a low-temperature carbonization workshop for producing 50,000 tons per year of blue coal. Practice shows that project-based teaching, combined with structured case resources, effectively stimulates student initiative and promotes the integrated development of knowledge and engineering competencies.

Keywords: Project-based teaching; Low-temperature pyrolysis; Practical projects; Applied talent training

1 教学设计背景

《煤化工工艺学》是化学工程与工艺专业的一门综合性核心课程, 内容横跨煤气化、煤液化、煤焦化与煤基化学品合成等多个领域, 涉及的反应原理繁杂、工艺流程冗长、设备类型众多。在教学实施层面, 传统课堂以教师讲授为主, 学生课堂参与度不足, 缺少项目式、案例式研讨环节; 产教融合深度不足, 企业工程专家很难常态化走进本科课堂, 学生缺少来自生产一线的工程视角; 同时, 课程思政容易出现“贴标签、两张皮”现象, 思政元素与专业知识点融合度有待提升。梳理总结当前存在的三个问题: (1) 教材内容与区域产业技术发展进度不统一; (2) 理论知识与真实工况场景应用联系不紧密; (3) 培养评价与企业应用能力需求吻合有偏差。

针对以上痛点, 本产教融合课程建设项目确立以项目式教学法为抓手, 打破校企“围墙”, 构建“理论—案

例—实践—评价”四位一体产教融合课程体系; 强化企业专家进课堂机制, 拓宽一线工程知识输入渠道; 采用内嵌式课程思政, 落实“知识传授、能力培养、价值塑造”三位一体育人目标, 如图 1 所示。

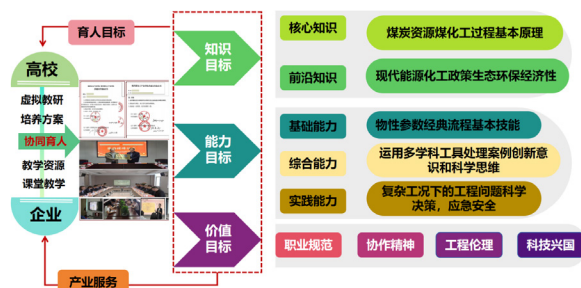


图 1 育人目标

2 项目式教学的内涵及实施思路

2.1 项目式教学的内涵与核心要素

项目式教学法源于杜威的“做中学”思想与克伯屈

的设计教学法,其当代形态以美国巴克教育研究所提出的“黄金标准”最具影响力。该标准将高质量项目式学习界定为七个核心要素:具有挑战性的问题、持续探究的过程、真实情境、学生自主的声音与选择、反思、评论与修订、面向公众的成果。在高等工程教育语境下,项目式教学的实质是:把工程师职业活动中真实存在的综合性任务,按照教学规律加以剪裁和转化,使学生在完成任务的全程中主动建构知识、训练能力、养成职业素养。

需要强调的是,项目式教学不等于“做大作业”。二者的根本区别在于主要体现在三个方面:(1)作业是知识讲授之后的巩固练习,项目是驱动知识学习的源头任务;(2)作业有唯一正确答案,项目允许多解并要求论证权衡;(3)作业个体完成,项目依托团队协作并经历完整的“定义问题-检索信息-设计方案-论证评价-成果表达”工程思维闭环。

2.2 项目制教学法实施思路

由于煤化工课程内容的强工程性使其与项目式教学之间存在天然的适配性,项目载体真实可得,每一座煤化工装置都是集反应、分离、换热、控制于一体的系统工程,为项目设计提供了取之不尽的真实素材。同时,课程内容的强系统性天然要求整合学习,任何一项工艺方案的确立都需要综合权衡原料特性、反应热力学与动力学限制、分离序列合理性、能耗水耗、安全环保与经济性,这种多目标权衡恰恰只能在项目情境中得到训练。此外,课程对应的职业岗位以团队协作为基本工作方式,项目式教学的组织形式与岗位工作形式同构,学习情境即未来工作情境的预演。因此,本课程实施项目式教学不是形式上的锦上添花,而是课程性质的内在要求。

基于以上分析,同时,为实现以上育人目标,课程团队坚持“以产业项目为牵引、以真实问题为驱动、以能力提升为核心”的教学理念,依托与地方头部企业如陕煤集团等煤化工企业建立的长期合作平台,实施三链融通、项目贯穿”的系统性改革:(1)课程链深度对接产业链,实现教学内容与区域产业发展的动态协同;(2)实践链全面贯彻应用链,打造“校内-中试-企业”三级递进式实践平台;(3)评价链有机融合企业链,构建“多元参与、成果导向”的全过程评价机制,形成多元过程化考评机制保障教学成效的总体建设思路。

3 项目式教学的总体设计

3.1 项目遴选原则与三层进阶体系

并非所有真实任务都适合直接作为项目制的教学设计

内容,因此,课程建设团队确立了三条遴选原则:(1)真实性原则:项目必须源于实际生产或工程实践,保留真实工程约束;(2)进阶性原则:项目难度应与学生的知识储备和认知发展水平相匹配,并形成由浅入深的梯度;(3)可行性原则:项目所需资料、软件工具与课时条件应可支撑。满足以上三个条件,完成项目制教学设计三层进阶的项目体系构建。

第一层为认知型项目,安排在课程前段,如“典型煤气化技术对比分析与流程图绘制”,要求学生分组检索资料,比较不同炉型的原料适应性、气化指标与技术经济特征,绘制规范的工艺流程图并作汇报,训练信息检索、流程表达与团队协作的基本功。第二层为设计型项目,安排在课程中段,结合气化、净化、合成等章节展开,如“合成气净化工段物料衡算与关键设备选型说明”,要求学生完成给定条件下的物料衡算与热量衡算,进行设备形式比较与初步选型论证,训练工程计算能力。第三层为综合型项目,安排在课程后段并延伸至课程设计环节,如“年产60万吨煤制烯烃项目工艺方案设计”,要求学生完成技术路线比选、全流程方案构思、主要衡算、能耗与碳排放初步估算及技术经济概算,训练复杂工程问题的综合求解能力。三个层级环环相扣,认知型项目为设计型项目储备工艺认知,设计型项目为综合型项目奠定计算基础,综合型项目则完成全部知识与能力的整合升华,形成“搭台阶、步步高”的能力进阶路径。

3.2 组织形式与评价设计

项目团队按6至10人异质分组,兼顾学业水平、性格特点与性别的差异,组内设组长负责统筹,角色分工随项目轮换,保证每位学生都经历不同的工程角色。评价采用“过程性评价+成果性评价”的组合。其中,过程性评价关注任务完成进度、团队贡献度与研讨表现,依托小组周报与教师观察记录实施;成果性评价针对项目报告与答辩表现,采用事先公布的行为锚定式量表,从方案合理性、计算正确性、论证深度、表达规范性、答辩应变五个维度评分。企业导师参与综合型项目答辩评审,其评分占总成绩的一定权重。个人成绩在小组成绩基础上依据贡献度系数与个人反思质量修正,夯实人人做事的团队协作精神。

4 典型综合项目实施示例

下面简单介绍项目制教学的全过程,以煤的低温干馏为例,介绍该部分内容的的项目制教学过程。首先,需要确定项目式学习的设计方案为煤低温干馏工艺设计与优化,本章内容为3理论3实践课时,项目名称为“年产5万吨

兰炭的煤低温干馏车间”设计,以榆林地区的长焰煤为原料,设计一个技术上可行、经济上合理、环境友好的小型低温干馏工艺方案,以最大化其经济价值并满足环保要求。项目周期为 3 周,课前按每 6-8 人一组,每小组接受分配任务,需要学生在课后持续跟进项目任务的推进。

(1) 知识与技能:深入理解煤低温干馏的基本原理、过程及其与高温干馏的区别。掌握典型低温干馏工艺(如鲁奇炉)的流程、主要设备结构及操作要点。能够根据原料煤的工业分析和实验室干馏试验数据,预测产物的产率和性质。了解主要产品(兰炭、煤焦油、煤气)的性质、用途及后续加工方向。

(2) 过程与方法:发展信息检索、文献调研和数据分析能力,培养工艺流程设计、设备选型和车间布局的初步能力。体验团队协作、项目管理和报告撰写的过程,进一步提升针对技术、经济、环保等多目标进行综合权衡与决策的能力。

(3) 情感与价值:树立工程伦理、安全与环保意识,培养严谨求实的科学态度和勇于探索的创新精神,增强对煤化工行业复杂性和挑战性的认识。

(4) 项目实施:

第一阶段:项目启动与知识构建,对基础知识实行“拼图”式学习,将基本任务分派给不同小组,学生汇报完成后教师总结深化、查漏补缺。热解机理,产物特性、科研融汇等理论部分由主讲教师进行讲授,实际工业生产过程以及干馏炉的结构特点由企业专家进课堂完成。

随后进行真实生产过程与环保实践知识储备,此部分内容属于学生的实践课时。教学过程采用多种形式对理解实践知识面临的困难进行分步拆解,主要分为三个层次:第一层次从最基本的实验室干馏实验入手进行生产过程演示,随后进行产品特性分析,接着展示实验室样品,然后分析所获科研成果,至此完成了对理解实际生产过程的铺垫。第二层次由企业实际生产过程的动画演示开始,然后展示干馏炉实际模型,能够让学生近距离观察到缩小版的干馏炉,并且邀请专家进课堂详细介绍,拉近理论与实践的距离,抛出一些实际的生产问题,引发学生的思考。第三层次用于解答学生的实践疑问,通过现场重现的方式带学生身临其境,解密现场生产流程,形成更直观的实践体验,最后引出目前行业发展热点新闻,重大技术突破等紧扣煤化工前沿的报道,让学生的专业知识积累实现从校内科研实验及产品分析实际生产动画演示+专家进课堂+实体模型讲解+生产现场围观+行业前沿初探的逐步递进过

程,完成课程向实践再向产业的链接,是课程创新举措的最大亮点。

学生课后需完成项目任务,各组通过教材、学术数据库、专业网站等资源,深入研究分配主题,并汇报小组成果。组别之间任务不同,各小组进行这种“拼图”式汇报,可以共享学习成果,确保所有成员对基础知识均有全面了解。

课后学生需要在学习通上认领各组的任务,比如原料煤性质对低温干馏的影响(重点关注年轻褐煤与长焰煤的特点),典型低温干馏炉型(鲁奇炉、回转炉、固体热载体炉等)的比较,低温煤焦油的组成与加工利用途径,低温干馏煤气的特点与净化、利用方案,基础物料衡算能量衡算知识的回顾等小组任务。

第二阶段:方案设计与核心探究以及基础数据获取与工艺方案初选。各小组将会收到老师提供的“虚拟”原料煤(榆林长焰煤)的工业分析、元素分析试验数据。各团队根据数据,估算年产 5 万吨兰炭条件下,所需的原料煤量、以及预计产生的煤焦油和煤气量进行产物预测。随后进行方案比选,各团队基于原料煤性质(粘结性、水分等)和产品目标,论证并选择一种主工艺炉型(如选择回转炉处理高水分褐煤),并绘制初步的工艺方块流程图。在工艺流程设计与计算过程中需要使用 Aspen Plus、CAD 或 Visio 等软件,绘制详细的工艺流程图,包含主要设备、物流走向、关键操作参数(温度、压力)。物料衡算就以“100kg 原料煤”为基准,对干馏炉进行物料衡算,并核算整个系统的物料平衡。如果部分学生尚有余力,可以选择进阶版的能量衡算,对干馏炉或换热器进行简单的能耗估算。

第三阶段:深化优化与整合,完成关键设备设计与车间布局,重点对核心设备干馏炉进行初步设计。确定其主要尺寸、材质要求,还原关注辅助系统,描述煤气净化系统(除尘、冷却、脱硫)和焦油回收系统的方案,并绘制简单的车间设备平面布置草图,考虑安全间距、操作和检修空间。经济与环保评估是煤化工设计过程的必备环节,进行粗略的投资估算(设备费、安装费)和运营成本分析(原料、能耗、人工)。估算产品(兰炭、焦油、煤气)的销售收入,进行简单的静态投资回收期计算。环保与安全方面明确生产过程中的“三废”(废气、废水、废渣)来源,提出治理方案(如废水生化处理、焦油渣危废管理)。进行初步的危险与可操作性分析,识别主要安全风险(如煤气泄漏、火灾爆炸)并提出对策。

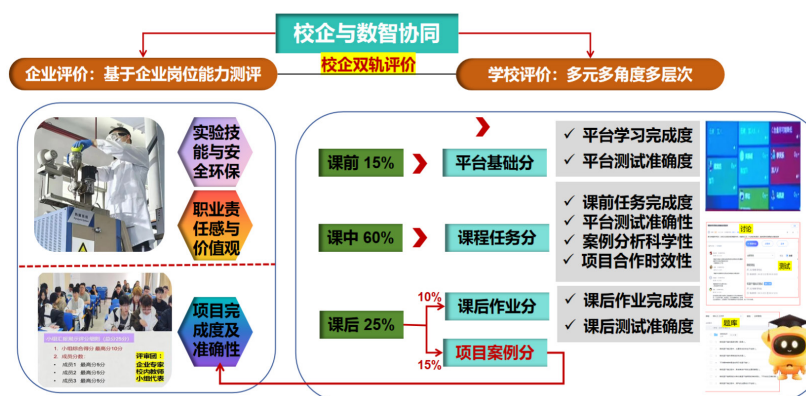


图2 课程多元过程化考核分配示意图

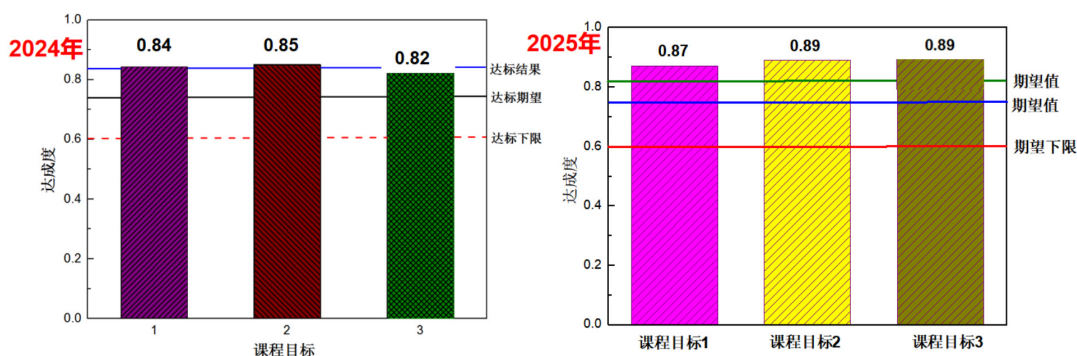


图3 两届学生课程目标达成情况对比图

第四阶段：成果展示与评价反思。各小组整合前几个阶段的所有成果，撰写完整的《年产5万吨兰炭的煤低温干馏车间工艺设计方案》报告，并制作答辩PPT。评审团由教师、行业专家和其他各小组代表（轮流）组成，主要从技术路线的合理性、计算的准确性、方案的创新性、经济环保的可行性、团队协作等方面进行辨析。答辩结束后就是项目总结与反思，每位学生提交一份反思日志，总结在知识、技能和团队合作上的收获与不足。教师对整个项目进行点评，梳理知识体系，强调重点和难点，并展示最优方案或行业最佳实践作为对比。至此，完成本章内容项目制教学全过程。

（5）多元过程化考核体系落地：校企共同研讨确定课程考核方案，构建“平台基础分15%+课程任务分60%+课后作业分10%+项目案例分15%”的“一课多要素”分布型综合考评模式测定平时成绩。考核不再单一依靠期末笔试，增加企业真实项目背景的大作业、小组汇报评价权重，更加注重学生工程分析、辩证思辨能力的考核，方案已在两届教学班完整落地使用，如图2。

5 实施效果

从近两轮的教学实践看，项目式教学改革取得了较为积极的效果，最明显的课堂出勤率与研讨参与度明显改善，

学生主动查阅工程手册与文献的现象普遍增加，课程达标度有所提升，而且课程设计成果的完整性与规范性显著提升，在后续的化工设计竞赛中，经过项目训练的学生表现出更强的方案构思与答辩能力；学生评教中对课程“能力锻炼价值”的认可度上升，如图3所示。

改革有令人鼓舞的成绩，但同时也值得反思，根据前面的实施过程发现，项目任务书不能把问题限定得过死、把步骤拆解得过细，不然学生实际上只是在执行一份加长的作业，项目式学习将会名存实亡，应该刻意设置任务的“弹性和空白”才能为学生的自主决策留出实质空间。改革的道路还很长，在实施过程中也深刻感受到了“工作量的额外负担”，相比于传统教学模式，教师工作量的增加是客观现实，学院层面在工作量认定与绩效政策上的支持也是不可或缺的。

6 结语

项目式教学法为《煤化工工艺学》破解知识碎片化、学习被动化、能力培养虚化的顽疾提供了有效路径，完成了多层次实践教学体系构建，探索实践了“课堂项目研讨+企业案例研读+企业专家专题授课+虚拟仿真拓展”的产教融合实践育人模式。依托陕西省低变质煤洁净利用重点实验室，将科研成果转化为课堂教学案例，打通“理

论学习－产业实践－能力输出”的培养链条，是值得完善和推广的教学模式。

参考文献：

[1] 巴克教育研究所. 项目学习教师指南－21 世纪的中学教学法[M]. 任伟, 译. 北京: 教育科学出版社, 2008.

[2] 国务院办公厅. 关于深化产教融合的若干意见（国办发〔2017〕95 号）[Z]. 2017.

[3] 中国工程教育专业认证协会. 工程教育认证标准（2022 版）[S]. 2022.

[4] 郭树才. 煤化工工艺学[M]. 3 版. 北京: 化学工业出版社, 2012.

[5] 贺永德. 现代煤化工技术手册[M]. 2 版. 北京: 化学工业出版社, 2011.

[6] 林健. 面向未来的中国新工科建设[J]. 清华大学教育研究, 2017, 38(2): 26-35.

[7] 鄂永胜, 张元, 刘彬.《煤化工工艺》课程思政教学的思考与探索[J]. 内蒙古石油化工, 2026 (1):65-69.

[8] 赵云, 秦志宏, 倪中海等. 基于新工科立体改造协

同作用的能源化学工程专业“双碳”工程人才培养模式探究[J]. 化工高等教育, 2024,41 (1):42-47.

[9] 李胜, 麻志浩, 肖瑞瑞等. 工程认证背景下煤化学课程的思政教学探索[J]. 山东化工, 2022,51 (14):214-216.

[10] 廉培超, 彭健, 陈鑫智等. “双碳”背景下新能源化工技术案例教学探索与实践[J]. 大学教育, 2024 (6): 73-77.

[11] 王训道, 宁卓远, 高健等. 基于煤制甲醇国家虚拟仿真实验教学一流课程的教学实践[J]. 河南化工, 2023,40 (8):60-62.

[12] 赵苏亚, 吕喜凤, 梁鹏举等. 基于 OBE 理念的“化工工艺学”教学方法改革[J]. 安徽化工, 2024,50 (4):170-173.

基金项目：能源利用与环境保护案例库（yjskc202402）、产教融合课程（PX-5224382、PX-1824564、PX-7251673）、行业企业共建课程（AL202319）。

作者简介：苏婷（1984-），女，汉族，陕西榆林人，博士研究生，副教授，研究方向：煤基新材料。