

基于 BOPPPS 教学模式的《工程热力学理论及应用》 课程改革与实践

刘广强 唐初阳 王雪梅

辽宁科技大学

摘要: 在全球科技竞争日益激烈的背景下,批判性思维能力已成为衡量研究生创新人才培养质量的关键指标。针对当前研究生教育中存在的“被动接受知识、欠缺深度思辨”以及传统教学模式与高阶思维培养相脱节等问题,本文以辽宁科技大学土木水利专业核心课程《工程热力学理论及应用》为研究对象,优化构建了 BOPPPS 教学模式,探寻研究生批判性思维能力培养的有效途径。通过重构课程导入环节、分层设计教学目标、研发前测诊断工具、创新参与式学习机制、完善动态后测反馈以及升级总结模块,形成了“BOPPPS+批判性思维”的教学框架。经过两年的教学实践检验,该模式显著提高了课堂互动率和学生高阶思维能力达标率。所开发的标准化教学设计模板和课程资源包具备良好的可迁移性和推广价值,为工科研究生课程教学改革提供了理论支撑与实践借鉴。

关键词: BOPPPS 教学模式; 研究生教育改革; 批判性思维; 工程热力学

DOI: 10.65976/3080-0374.2026.06.061

引言

BOPPPS 教学模式源自加拿大 ISW 教学技能工作坊,秉持以学生为中心和闭环反馈的核心理念,借助导入 (Bridge-in)、目标 (Objectives)、前测 (Pre-assessment)、参与式学习 (Participatory Learning)、后测 (Post-assessment)、总结 (Summary) 这六个结构化模块,切实增强了课堂教学的系统性与互动性^[1-2]。此模式能够达成学情的精准诊断、个性化学习路径的规划以及教学效果的实时评估,在培养批判性思维方面具备独特的优势^[3-4]。

研究生教育作为我国培养高层次创新人才的关键领域,正面临着由“规模扩张”向“质量提升”转变的挑战^[5]。批判性思维作为创新能力的核心要素,是研究生开展学术研究、解决复杂工程问题所必需的素养。其有助于学生从多个维度审视科学问题、甄别信息真伪,并依据科学推理提出创新性观点^[6-7]。然而,当前研究生教育普遍存在教学模式僵化、课堂互动不足、评价体系单一等问题,致使学生缺乏系统性的批判性思维训练。面对复杂科研问题时,他们缺乏深入分析和逻辑推理能力,难以满足国家对高层次创新人才的培养需求^[8-9]。

《工程热力学理论及应用》是土木水利专业研究生的核心基础课程,旨在帮助学生掌握热功转换过程的核心知识与工程应用方法,为科研实践奠定基础。

该课程具有理论性强、公式抽象、与工程联系紧密等特点。传统教学模式多以单向讲授为主,学生处于被动接受状态,缺乏主动思考和批判性分析的机会,在培养高阶思维能力和问题解决能力方面存在显著局限^[10]。如何突破传统教学的瓶颈,构建更具针对性的批判性思维培养模式,成为该课程教学改革的迫切需求。基于此,本研究对 BOPPPS 教学模式进行优化,以《工程热力学理论及应用》课程为载体,探索研究生批判性思维能力培养的创新路径与实践方案。

一、BOPPPS 教学模式的构建

本模式以“学生中心、思维导向、闭环优化”为核心指导理念。“学生中心”着重强调尊重学生在学习过程中的主体性,通过开展个性化的教学设计,充分满足不同学生的学习需求;“思维导向”凸显批判性思维培养这一核心目标,将思维训练全面贯穿于教学的整个过程;“闭环优化”借助前测—参与式学习—后测—总结的闭环设计,持续不断地优化教学过程,有效提升教学效果^[11]。

(一) 设计原则

本研究在批判性思维培养与课程教学改革中严格遵循四大原则:一是层次性原则。依据 Bloom 认知目标分类理论,构建基础层、进阶层、高阶层三级批判性思维培养目标,引导学生逐步从知识辨析向创新应用进阶。二是实践性原则。立足工程热力学课程的工

程属性,引入大量行业真实案例与虚拟仿真实验,强化理论与实践的紧密结合,切实提升学生解决实际问题的能力。三是可迁移性原则。提炼标准化的教学设计框架与工具模板,确保教改成果能够推广应用于其他工科研究生课程。四是思政融入原则。在教学的各个环节巧妙嵌入思政元素,实现专业知识传授、思维能力培养与价值观塑造的有机统一。

(二) 教学模式的整体框架

BOPPPS 教学模式围绕批判性思维培养目标,对六个核心模块进行优化重构,构建出“三维驱动、六维支撑、闭环优化”的整体框架。“三维驱动”是指以行业需求、学术价值、思政内涵为驱动力,激发学生的学习内驱力;“六维支撑”是指重构后的课程导入、教学目标、前测、参与式学习、后测、总结这六个模块;“闭环优化”是指通过实时采集、分析与反馈教学数据,持续优化教学过程。

(三) 各模块具体设计

本设计包含认知突破点、思维盲区、行动改进计划的标准化反思模板。教师依据学生在整个学习过程中的表现与数据,为学生提供个性化的反思报告,引导学生进行深入反思,明确自身学习的进步与不足,制定切实可行的行动改进计划。同时,教师结合班级整体情况进行总结升华,强化核心知识与思维方法,助力学生构建系统的知识体系与思维框架。各模块的核心任务、关键方法/工具以及预期成果具体如表1所示。

1. 课程导入 (Bridge-in): 三维驱动模式构建

针对研究生学习动力不足的问题,研发“行业痛点导入+学术价值阐释+思政内涵挖掘”的三维驱动模式。教师团队精心梳理并筛选与课程紧密相关的前沿行业痛点案例,建立案例库,同时进行分类和标签化管理,以便依据课程内容和学生特点快速检索案例,并且根据学生的学习反馈动态更新案例库。在课程导入环节融入思政要素,结合国家战略需求与行业榜样事迹,实现专业认同与价值观塑造的同步渗透。

2. 教学目标 (Objectives): 分层可视化设计

构建批判性思维梯度目标体系,依据 Bloom 认知

目标分类理论,设计三级目标:基础层—辨析基本概念的逻辑结构;进阶层—评价不同方案的技术经济性;高阶层—构建优化模型并提出创新解决方案。教师通过课前调研评估学生的初始能力水平,为其匹配相应层次的教学目标,并提供个性化的学习路径建议。

开发“思维导图式教学目标卡”,以图形化方式展现知识、能力、素养目标的关联路径,通过节点链接图明确“掌握公式推导→分析实际偏差→设计改进方案”的递进关系。教师手动绘制思维导图,并结合学习进度实时更新,突出显示学生已掌握和待提升的部分,助力学生清晰了解学习目标和自身学习状态。

3. 前测 (Pre-assessment): 诊断工具开发

设计包含知识储备、思维惯式、技术应用的复合前测工具,基于超星学习通平台构建前测模块,实现答题数据统计、学情梳理、个性化学习建议推送等功能。教师分析学生限时测试的答题情况,判断学生对知识的掌握程度,梳理学生思维模式的特点以及在技术应用方面的熟练度;通过数据整理形成学情分析报告,直观呈现班级整体和学生个体在各个知识点、能力维度上的掌握情况;根据每个学生的前测结果,制定针对性的学习计划,包括推荐学习资源、建议学习顺序等。

4. 参与式学习 (Participatory Learning): 沉浸式机制创新

设计贯穿教学单元的“问题链”,教师团队深入剖析学科知识体系和前沿研究,确保问题链具有逻辑性、启发性和层次性。配套实施“微型科研项目群”,在学生参与项目的过程中,教师为学生提供文献检索、数据分析、实验模拟等专业支持。引入“角色代入”协作学习法,在小组项目中设置多种角色扮演,通过多立场辩论训练批判性思维。

5. 后测 (Post-assessment): 动态反馈体系构建

采集课堂发言逻辑性、项目报告创新性等过程性数据,结合 Watson-Glaser 批判性思维量表进行量化分析;设计开放性工程案例题,重点考察学生方案论证的深度与技术可行性,教师通过文本分析评估项目报告的创新性。建立“后测—诊断—补偿”闭环,对未

表 1 BOPPPS 模块的核心任务与关键方法

BOPPPS 模块	核心任务	关键方法 / 工具	预期成果
Bridge-in	学习动机激发	行业案例库搭建、情境模拟设计	学生课堂专注度提升 20%
Objective	目标分层可视化	思维导图绘制、目标达成度量表	教学目标实现率超 85%
Pre-assessment	学情精准诊断	诊断三维量表、学情分析方法	教学设计响应时间缩短 50%
Participatory-learning	深度参与保障	问题链设计、角色扮演法	课堂互动频率提高 40%
Post-assessment	能力成长评估	批判性思维量表、开放性题库	高阶思维能力达标率超 75%
Summary	元认知能力培养	概念地图分析、反思日志撰写	自主学习意愿提升 30%

达标的学生启动“微课补学+导师一对一辅导”干预程序,教师根据后测结果诊断未达标原因,推送针对性微课资源,制定辅导计划并跟踪学习效果。

6. 总结 (Summary): 元认知训练模块升级

引导学生标注课前/课后绘制的概念地图,明确已掌握的知识点、新产生的疑问以及自主拓展的学习内容,通过对比分析思维结构的变化,使批判性思维的成长轨迹显性化。教师对学生绘制的概念地图进行对比分析,结合课堂表现与作业完成情况,直观呈现学生思维结构的变化,有针对性地指导学生优化思维方式。

二、教学实践与实施过程

(一) 实践对象与课程概况

以辽宁科技大学土木水利专业 2024 级、2025 级研究生作为实践对象,选取《工程热力学理论及应用》课程作为试点课程。此课程为专业必修课程,共计 32 学时,主要涵盖热力学基本定律、焓分析、热力循环优化等核心内容,具备理论性强、工程应用广泛等特点,适合开展批判性思维培养实践。2024 级参与试点的研究生共有 21 人,2025 级推广至 23 人,同时逐步将该模式应用于《传热学理论及应用》《流体力学》等 3 门工科研究生课程。

(二) 具体实施流程

以第二定律的工程应用——火电厂热效率优化的教学环节为例,详细阐述实施流程。此环节共计 3 课时,教学目标为培育学生从技术、经济、环境等多维度评估工程方案的批判性思维能力。

课程导入:引入聚焦行业痛点的视频,并结合火电厂的实际运行数据进行分析,引导学生思索理论效率与实际效率存在差距的关键问题。融入思政元素,展示钱学森手稿片段,关联“双碳”目标,提出“能源安全与低碳转型协同”这一核心议题。通过学习通平台发起“制约火电效率提升的核心因素”在线投票,教师实时呈现投票结果并引出教学目标。

教学目标展示:展示知识目标,复述热力学第二定律的克劳修斯表述与开尔文表述,掌握焓效率计算公式;通过思维导图演示能力目标:运用焓分析法定位效率损失环节,设计多维度优化方案;强调素养目标:在工程决策中体现批判性思维,综合评估技术、经济、环境三重底线。

前测诊断:通过学习通平台完成在线测试题,包括判断题“绝热过程的熵变一定为零”、绘图题“在 T-s 图上标注朗肯循环的 4 个过程”等;开展预习作业讨论,抽取典型观点进行课堂辩论,分析学生思维惯式中的逻辑漏洞,如“忽视材料成本与安全性的参数升级建议”

等。

参与式学习:第一阶段,基础理论应用,学生基于 MATLAB 在线计算器计算超临界机组的理论卡诺效率与实际朗肯效率,对比结果并分析差距根源;第二阶段,角色扮演辩论,分组扮演电厂工程师、环保专家、政府代表,围绕技术方案展开辩论并提出政策建议;第三阶段,虚拟仿真验证,使用 COMSOL 仿真软件模拟不同蒸汽参数下的热应力分布,验证方案可行性。

后测评估:通过学习通平台开展在线测试,包括选择题“焓损失最大的环节”、计算题“给定参数计算焓效率”等;布置开放性工程案例题,要求学生以总工程师身份撰写决策建议书,论证熔盐储热技术的应用可行性,兼顾技术优势与政策要求。

总结反思:学生对比课前/课后概念地图,标注认知变化;填写三维反思日志,明确认知突破点、思维盲区与行动计划;教师总结升华,强调热力学定律的工程伦理内涵,实现技术理性与价值理性的统一。

三、教学效果与数据分析

(一) 数据采集与评估指标

本研究采用多维度数据采集方法,包括:(1)量化数据,前测后测成绩、课堂互动频率(发言/辩论/仿真操作次数)、Watson-Glaser 批判性思维量表得分、课程考核成绩等;(2)质性数据,学生反思日志、项目报告、课程评价问卷、访谈记录等;(3)过程性数据,学习通平台学习数据、学情分析报告、虚拟仿真操作记录等。

构建“教学过程—学生能力—教学成果”三维评估指标体系:(1)教学过程指标,课堂互动率、学生参与度、教学目标实现率等;(2)学生能力指标,批判性思维能力(包含逻辑推理、方案评估、创新应用等子维度)、工程问题解决能力、自主学习能力等;(3)教学成果指标,课程考核优秀率、学生竞赛获奖数、教改论文发表情况、资源共享辐射范围等。

(二) 教学效果分析

通过 Watson-Glaser 批判性思维量表测试,对比试点班级与非试点班级(采用传统教学模式的 2023 级研究生)的得分情况。试点班级学生的量表平均得分较非试点班级提高 23.6%,其中逻辑推理维度得分提高 27.8%,方案评估维度得分提高 25.3%,创新应用维度得分提高 21.5%。75% 以上的试点班级学生能在工程方案设计中综合考量技术可行性、经济合理性与环境可持续性,较非试点班级提升 38%。例如,在“火电厂余热回收系统优化”项目中,试点班级学生提出的方案平均包含 3.2 个创新点,且能通过焓分析、经

济性核算、环境影响评估等多维度进行论证；而非试点班级学生的方案多聚焦于技术层面，平均创新点仅1.1个，缺乏系统性的综合评估。

试点班级的课堂互动率从传统教学模式的35%提升至79%，其中主动发言学生比例从22%提升至68%，虚拟仿真操作参与率达到100%。教学目标实现率超过85%，较非试点班级提高32%；教学设计调整响应时间缩短50%，能够根据学情分析结果及时优化教学内容与方法。

课程评价问卷显示，92%的学生认为该教学模式“能够有效激发学习兴趣”，89%的学生表示批判性思维能力得到明显提升，87%的学生认为虚拟仿真与案例教学有助于理解复杂理论。访谈中，学生反馈：“角色扮演辩论让我学会了从不同立场思考问题，不再局限于单一的技术视角”“个性化的学习建议帮助我精准找到薄弱环节，学习效率更高”。

试点班级学生课程考核优秀率达到62%，较非试点班级提高25%；2025级研究生中，有3组学生基于课程内容参与中国研究生“双碳”大赛，获得二等奖2项；发表工程技术方面论文8篇。

四、结论

本研究以《工程热力学理论及应用》课程为载体，优化构建了BOPPPS教学模式，通过重构课程导入、分层设计教学目标、开发前测诊断工具、创新参与式学习机制、完善动态后测反馈及升级总结模块，形成了“BOPPPS+批判性思维”的教学框架。教学实践表明，该模式有效解决了传统教学中存在的课堂互动不足、评价体系单一等问题，显著提升了学生的批判性思维能力、工程问题解决能力与自主学习能力，改善了课堂教学质量。

研究成果不仅为《工程热力学理论及应用》课程教学改革提供了具体方案，也为其他工科研究生课程

的批判性思维培养提供了可复制的范例。未来，随着教育教学理念的不断更新，本研究构建的BOPPPS教学模式将不断优化完善，为研究生教育质量提升与高层次创新人才培养做出更大贡献。

参考文献：

- [1] 金鑫, 李良军, 杜静, 等. 基于BOPPPS模型的教学创新设计——以“机械设计”课程为例[J]. 高等教育研究, 2022(6):19-24.
- [2] 曹丹平, 印兴耀. 加拿大BOPPPS教学模式及其对高等教育改革的启示[J]. 实验室研究与探索, 2016,35(2):196-200+249.
- [3] 王若涵, 张志翔. BOPPPS式教学在“植物生殖生态学”课程中的探索与实践[J]. 中国林业教育, 2011,29(6):55-57.
- [4] 陈卫卫, 鲍爱华, 李清, 等. 基于BOPPPS模型和问题驱动教学法培养计算思维的教学设计[J]. 工业和信息化教育, 2014(6):8-11+18.
- [5] 秦春秀, 李凡, 马续补, 等. 研究生思维模式对科研能力的影响研究[J]. 西安电子科技大学学报(社会科学版), 2024,34(4):34-50.
- [6] 孙明源. 研究生培养有量更要保质[N]. 科技日报, 2024-11-18(6).
- [7] 高红星, 司晓宏, 候利兵, 等. 扩招背景下研究生入学动机与学习状态——导学关系和学习压力的链式中介作用[J]. 高教探索, 2024(5):98-105.
- [8] 王青. 批判性思维导向的研究生生成教学模式研究[J]. 学位与研究生教育, 2024(9):30-37.
- [9] 刘和健, 马浚锋. 研究生规模扩招后的质量保障诉求与路径创新[J]. 高教探索, 2025(1):78-86.
- [10] 高红星, 司晓宏, 候利兵, 等. 扩招背景下研究生入学动机与学习状态——导学关系和学习压力的链式中介作用[J]. 高教探索, 2024(5):98-105.