

“制造强国”视域下产教融合型课程的重构与智能化升级

——以《热能与动力机械制造工艺学》为例

张杰, 王波*

上海理工大学能源与动力工程学院, 上海

收稿日期: 2025年11月1日; 录用日期: 2025年12月1日; 发布日期: 2026年3月3日

摘要

在“制造强国”与“高质量发展”国家战略驱动下, 高等工程教育课程改革亟待深化产教融合并融入智能技术。本文以上海理工大学上海市产教融合型重点课程《热能与动力机械制造工艺学》的建设实践为研究对象, 系统阐述了其以“三维目标”(筑基固本、精技强能、熔铸素养)为引领的课程重构路径。研究重点分析了课程通过“五个结合”(专业与思政、线上与线下、教学与产业、讲授与参观、学习与实践)的混合式教学模式, 以及构建“人工智能+课程知识库”与深化校企协同平台等智能化升级举措。实践表明, 该课程建设模式有效解决了传统工科课程与产业脱节、内容滞后、实践薄弱等核心问题, 显著提升了教学实效与学生工程创新能力, 为同类工科专业课程的产教融合与智能化改革提供了可借鉴的系统化方案。

关键词

制造强国, 产教融合, 课程重构, 智能化升级, 热能与动力机械制造工艺学

Restructuring and Intelligent Upgrading of Industry-Education Integrated Courses from the Perspective of a “Manufacturing Powerhouse”

—A Case Study of “Thermal Energy and Power Machinery Manufacturing Technology”

Jie Zhang, Bo Wang*

*通讯作者。

Abstract

Driven by the national strategies of “manufacturing powerhouse” and “high-quality development”, the reform of higher engineering education urgently requires deeper integration of industry and education and the incorporation of intelligent technologies. This paper takes the construction practice of the Shanghai key industry-education integration course, *Thermal Energy and Power Machinery Manufacturing Technology*, at the University of Shanghai for Science and Technology as the research object. It systematically elucidates the course restructuring approach guided by the “three-dimensional objectives” (laying a solid foundation, honing technical skills, and cultivating comprehensive qualities). The study focuses on analyzing the course’s blended teaching model through the “five integrations” (integrating professionalism with ideological education, online and offline methods, teaching with industry, lectures with site visits, and learning with practice). It also explores intelligent upgrading measures, such as building an “AI + course knowledge base” and deepening university-enterprise collaboration. Practice has shown that this course construction model effectively addresses core issues in traditional engineering courses, such as disconnection from industry, outdated content, and weak practical training. It significantly enhances teaching effectiveness and students’ engineering innovation capabilities, providing a systematic and referential solution for the industry education integration and intelligent reform of similar engineering courses.

Keywords

Manufacturing Powerhouse, Industry-Education Integration, Curriculum Restructuring, Intelligent Upgrading, Manufacturing Technology of Thermal Energy and Power Machinery

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

“制造强国”战略的纵深推进，标志着我国制造业已进入以智能化、绿色化、高端化为核心特征的新发展阶段[1][2]。这一转型不仅对产业技术本身提出了革新要求[3]，更深层次地，对支撑产业发展的人才供给体系，即对高等工程教育形成了改革压力[4]。传统的工程教育课程体系，往往存在理论教学与工程实践脱节、知识更新滞后于技术迭代、培养目标与产业需求错位等结构性矛盾。因此，探索并实践一种能够紧密对接产业前沿、深度融合教育教学与生产创新、并能灵活适应技术变革的新型课程模式，成为当前工程教育改革的紧迫课题[5]-[7]。

《热能与动力机械制造工艺学》作为能源与动力工程专业的核心课程，是学生将工程热力学、流体力学、材料科学等基础理论转化为装备设计与制造能力的关键枢纽，其教学质量直接关系到为我国能源动力装备制造业输送人才的素质[8][9]。然而，该课程长期以来面临一系列典型挑战：教学内容偏重传统工艺，对智能制造、绿色制造等新范式回应不足；教学方式以讲授为主，学生缺乏对大型复杂装备制造过程的直观认知与系统性实践；产学之间虽有一定合作，但多为浅层次的实习参观，未能形成贯穿课程

设计、教学实施与评价反馈全过程的深度协同生态[10]。

针对上述问题, 上海理工大学《热能与动力机械制造工艺学》教学团队以申报并建设上海市产教融合型重点课程为契机, 开展了一场系统的课程重构与升级实践。本课程明确以“产教融合”为根本类型, 旨在打破学校与行业企业之间的壁垒, 将真实的产业技术环境、项目资源和人才标准融入课程教学全过程。本文旨在系统梳理和呈现这一改革实践的整体框架、核心举措与初步成效, 深入分析其以“智能化升级”为支撑、以“三维目标”为引领、以“五个结合”为方法的内在逻辑, 并对其可持续深化所面临的机制性挑战进行讨论, 以期同类工科课程在“制造强国”背景下的改革与创新提供可资借鉴的案例与思路。

2. 方法

2.1. 以三维目标为引领的产教融合内容体系重构

课程内容的重构紧密围绕成果导向教育(OBE)理念, 以清晰的知识、能力、素质三维目标为引领(图 1), 旨在通过深度产教融合, 将产业真实需求与技术前沿系统性植入教学。在知识维度, 课程目标确保学生掌握从机械加工基础、通用制造工艺到锅炉、汽轮机、制冷机等特定能源装备制造工艺的扎实理论。重构的核心在于, 使每一知识单元都与具体的产业技术链条形成强关联, 其设计逻辑遵循构思 - 设计 - 实现 - 运作(CDIO)工程教育模式的全周期思维, 使学生在学习具体工艺时即能理解其在完整产品生命周期中的位置与价值。在讲授“通用制造工艺”中的无损检测时, 同步引入上海电气集团的企业内部标准与典型缺陷案例库, 使抽象的国家标准与具体的工程判据相结合, 实现了理论知识的“情境化”与“标准化”融合。在能力维度, 课程旨在培养学生制定工艺方案、识别并解决制造难题的系统工程能力。为此, 教学内容深度融入教师的横向科研项目与产业前沿课题。在“锅炉制造工艺”模块中, 将教学团队在百万千瓦等级锅炉混煤燃烧技术研究、核电汽水分离再热器性能试验等国家级项目中的发现, 转化为分析“制造精度对热工水力性能影响”的综合性案例, 引导学生在掌握经典工艺的同时, 建立“设计 - 制造 - 性能”关联的系统分析思维。在素质维度, 课程着力塑造学生的科技报国情怀、工匠精神与工程伦理意识。这不仅通过挖掘校史、行业奋斗史中的思政元素来实现, 将合作企业劳动模范所代表的精益求精、追求卓越的实践精神, 作为鲜活的素质培养素材, 有机嵌入对操作技术的知识点讲解中, 使价值引领具象化为可感知、可效仿的职业行为准则。

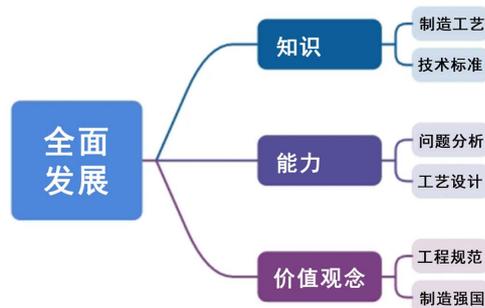


Figure 1. Course teaching objectives

图 1. 课程教学目标

2.2. “五个结合”的混合式教学模式

教学模式的创新凝练为“五个结合”的混合式教学范式(图 2), 并进行了系统化设计与全环节实施。

一是专业教育与课程思政的深层次结合。思政元素源于专业机理的内在挖掘,将学校“制造业黄埔军校”的传承、大国重器自主创新的奋斗史及劳模工匠的实例,编织进工艺知识点的教学叙事,并编撰《课程思政教学设计简编》予以固化,激发学生的行业使命感与内生学习动力。二是线上学习与线下研讨的闭环结合。课程构建了结构化的在线资源库(含微视频、企业标准、虚拟案例、自测系统),支持学生自主学习。线下课堂则转型为基于学情数据反馈的深度研讨、项目评审与难点攻坚工作坊,实现了课堂功能从“知识传授”到“能力内化与高阶思维训练”的转变。三是理论讲授与直观感知的即时结合。系统性嵌入“云参观”环节,利用从合作企业采集的关键部件制造过程高清视频,使学生在理论学习时能反复观摩实际生产流水线,构建起对复杂工艺的感性认知与空间想象力。四是校内教学与产业浸润的机制化结合。建立产业专家稳定参与机制,包括定期前沿讲座与关键工艺章节的“校企双师同堂授课”,由企业技师展示实操与案例,校内教师剖析原理,共同保障教学内容的实践保真性与理论深度。五是人工智能技术与个性化学习的探索性结合。规划构建本地化“课程知识图谱与智能助手系统”,旨在整合多源专业知识,开发具备自然语言交互能力的课程专属 AI 助手,为学生提供精准答疑与初步工艺方案推演支持,探索人机协同的深度学习新路径,它通过价值融合、时空拓展、情境创设、认知分布与技术赋能,构建了一个多维、互动、沉浸的学习生态系统,有效支撑了 OBE 所设定的复杂学习成果的实现,并贯穿了 CDIO 所强调的工程实践全过程。



Figure 2. Implementation methods of the “five integrations” course teaching
图 2. “五个结合”课程教学实施方法

2.3. 校企协同与 AI 赋能的育人平台共建

课程着力构建了实体与虚拟相结合的支撑平台体系,践行 CDIO 实现与运行所需的环境条件。在实体层面,与上海电气集团等龙头企业签署产教融合协议,共建两类平台:一是开放特定产线作为固定“现场实践教学基地”,由企业指定高级技能专家担任现场导师;二是共建“共享教学资源库”,企业贡献产品三维模型、内部工艺文件及典型失效案例等数字化资产。在虚拟与智能化层面,重点推进“AI+ 课程”支撑平台建设,其核心是规划中的本地化知识库与智能助手,这是连接产教融合资源与现代教育技术的关键节点。同时,推动师资队伍“双向赋能”,实施“教师产学研践习计划”提升青年教师工程实践能

力, 并聘任企业技术骨干为兼职教师并提供教学法培训, 从而形成了一支结构合理、能力互补的产教融合型教学团队, 为课程改革的可持续发展提供了人力资源保障, 确保平台运行与教学实施始终与工程前沿和产业需求同步, 为 OBE 理念的持续落实和 CDIO 能力的培养提供了坚实的生态保障。

3. 结果

3.1. 课程建设获得的多层次认可与立项

在问卷调查后收到学生的学习反馈(图 3), 本课程的教学模式显著提升了学生的学习热情和对专业知识实际价值的认同, 为教师持续推进教学改革注入了信心与动力。

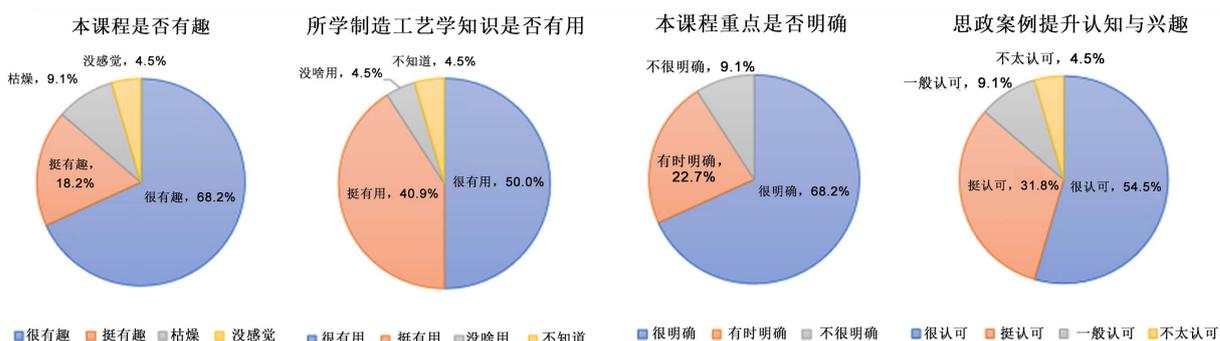


Figure 3. Questionnaire survey results from the thermal energy and power machinery manufacturing technology class
图 3. 热能与动力机械制造工艺学教学班问卷调查结果

为进一步客观评估课程改革成效, 本研究收集并对比了改革前后学生在期末平时成绩、考试成绩以及工程设计项目成绩数据(图 4)。平时成绩和期末考试成绩分布对比显示, 教改后学生的平均分提升了约 5%。工程设计项目评分中, 学生们的平均得分均有显著提升。这表明, 课程改革在提升学生学业成绩方面取得了显著成效, 为教学模式的持续优化提供了依据。

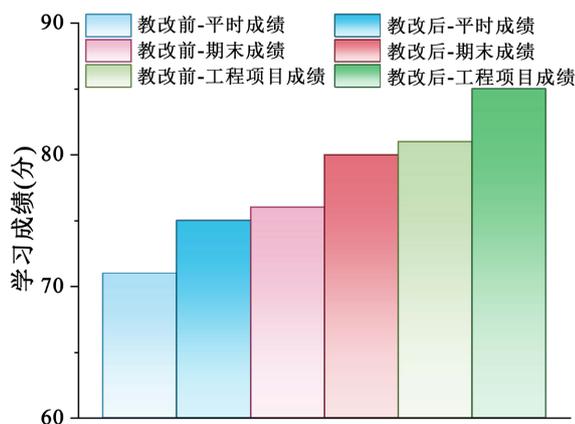


Figure 4. Comparison of student performance before and after teaching reform
图 4. 教改前后成绩对比

课程改革的质量与方向获得了一系列制度性认可。在建设过程中, 课程先后入选院级“课程思政专业示范课建设项目”、校级“精品改革领航课程”及“一流本科课程建设项目”, 其创新的“五个结合”

教学模式被评为校级“线上线下混合式教学优秀案例”。这些阶段性成果标志着课程改革的理念与路径得到了教学管理体系内的逐级肯定。这一系列进阶式、制度化的认可,从客观层面验证了课程改革的必要性、先进性与实践可行性。

3.2. 教学模式创新成效

改革所创立的“五个结合”混合式教学模式,已从理念构想落地为可操作、可复制的教学实践,并产生了超出本课程范围的辐射效应。“专业与思政相结合”方面,课程团队汇编的《课程思政教学设计简编》成为将制造强国战略、校史传统、劳模精神融入专业教学的可视化成果,为工科专业课程思政建设提供了具体范例。“线上与线下相结合”方面,课程线上资源(MOOC)累计访问量超过 6.7 万次,“一网畅学”平台覆盖近三届 721 名学生,证明了数字化教学资源的有效利用与广泛接受度。该模式因成效显著,其经验得以在更大范围内分享。“教学与产业相结合”及“讲授与参观相结合”方面,常态化邀请上海电气等企业专家进课堂、以及将课程教学与毕业实习深度绑定的闭环设计,已成为该课程教学的固定环节,确保了产业元素对教学过程的持续滋养。

3.3. 产教融合协同育人成果

产教融合从松散合作走向机制化共建,初步构建了校企协同育人的生态(图 5)。在资源共建层面,与上海电气集团等企业合作,系统收集了产品制造过程影像、企业专家讲座资料,建成了用于“云参观”和案例教学的产教融合教学资源库,实质性丰富了课程内容。依托上海市科学技术委员会科技攻关重点项目完成了百万千瓦等级锅炉混煤燃烧技术研究,依托国家重大科技专项完成了 CAP1000 和 CAP1400 核电机组除氧器和汽水再热分离器性能试验研究,依托国家电网科技项目开展了智慧变电站集中户外柜环境控制系统和储能电站电池热管理技术研究,主持开发了 5000 m³/h~20 万 m³/h 挥发性有机废气蓄热燃烧及余热利用系列装备,参与开发了可移动撬装式医疗废弃物焚烧特种装备,共同建设了高水平实验平台,为学生接触前沿工程问题提供了硬件支撑。在人才共育层面,“双导师制”的推行,尤其是企业高级技师直接指导学生实践,将前沿技艺与工匠精神直接传递给学生,有效提升了学生的工程实践认知和职业素养。对于企业而言,课程成为其前置培养和精准识别人才的有效渠道;对于学校而言,产业资源的注入显著提升了课程的实践性与前沿性;对于教师而言,产教互动为科研反哺教学提供了丰富源泉。



Figure 5. AI-empowered industry-education collaborative education

图 5. 人工智能 + 赋能产教融合协同育人

4. 讨论

4.1. 课程内容动态更新与同步机制

当前课程内容的更新主要依赖于教学团队教师的科研转化、企业专家的临时输入和教材的周期性修

订,这是一种“点状”和“人为驱动”的更新模式。要适应技术快速迭代的产业特点,必须建立一种“制度化”和“网络化”的动态同步机制。未来可探索与行业协会、龙头企业共建“课程内容动态更新联盟”,定期接收产业技术发展白皮书、典型工程案例集和新技术培训包,并将其标准化后融入教学模块。或是利用课程正在建设的AI知识库,建立与行业专利数据库、技术论坛的关联,利用数据挖掘技术智能识别技术热点与趋势,为教师更新内容提供数据支持。

4.2. 跨区域产教资源共建共享生态

本课程的产教融合深度受益于上海理工大学地处装备制造业高地的区位优势,以及与传统龙头企业深厚的历史渊源。对于众多不具备同等区位和行业关系优势的高校而言,如何有效实施类似的产教融合课程改革,是一个现实难题。因此,构建“跨区域、跨校际的产教资源共建共享生态”势在必行。可以倡议由教育主管部门、行业学会牵头,联合不同区域的代表性高校和龙头企业,共同建设“国家级能源动力装备制造工艺学虚拟教研室”和“产教融合数字资源云平台”。将各校各企的优质视频案例、虚拟仿真实验、工程项目库、专家讲座资源等进行汇聚、标准化和开源共享,通过“众筹、共建、共享”模式,缩小资源鸿沟,让更多学生受益。

4.3. 校企协同创新的利益联结机制

目前的校企合作虽已超越简单实习,但在“协同创新”层面的深度仍有待拓展。企业投入资源参与育人,其核心诉求不仅是获得优质毕业生,更希望高校的智力资源能直接助力其解决技术难题。要激发企业更深层次、更持久参与的内生动力,必须完善“风险共担、成果共享”的利益联结机制。未来应着力推动项目制深度合作,将企业的真实研发难题拆解为学生课程设计、毕业设计或创新竞赛题目,由校企导师联合指导,研究成果知识产权清晰界定、共享,让企业直接获得智力成果。更要政策激励引导,呼吁政府出台更具体的税收减免、荣誉授予等政策,对深度参与课程共建、接收教师践习、开放核心资源的企业给予实质性奖励,将企业的教育投入转化为其竞争优势的一部分。

5. 结论

在“制造强国”战略目标的引领下,对《热能与动力机械制造工艺学》这类核心工科课程进行以产教融合为根本、以智能化升级为支撑的系统性重构,是高等工程教育主动适应并引领产业发展的必然选择。上海理工大学的改革实践表明,通过确立“三维”教学目标、重构模块化课程内容、创新“五个结合”教学模式、并构建多层次校企协同机制,能够有效破解传统课程与产业脱节的困境,显著提升课程的先进性、创新性和挑战度,从而在知识传授、能力培养和价值塑造上培养出更符合时代需求的工程人才。

本课程建设的价值不仅在于其获得重点课程立项的认可,更在于它提供了一套可分析、可讨论、可部分借鉴的产教融合型课程改革系统方案。然而,改革永无止境。课程内容的动态更新、优质资源的跨区域共享、校企利益的深度绑定,是决定此类改革能否从“优秀案例”转化为“普遍范式”的关键。展望未来,课程团队应在现有基础上,持续深化与产业的互动,积极探索基于人工智能的个性化学习支持系统,并主动参与更大范围的资源共建共享生态建设。唯有坚持开放协同、持续改进的理念,工程教育课程改革才能真正夯实制造强国的人才基石,为中华民族伟大复兴输送源源不断的卓越工程力量。

基金项目

上海市教育委员会上海高校市级重点课程项目“热能与动力机械制造工艺学”(沪教委高〔2024〕38号),上海理工大学一流本科课程建设项目“热能与动力机械制造工艺学”YLKC202424401。

参考文献

- [1] 李海舰, 李真真. 中国制造业的高质量发展:“五维一体”求解[J]. 学习与探索, 2024(9): 94-105+76.
- [2] 周文楚, 江小国. 推动制造业高端化发展的形势、路径与国际经验借鉴[J]. 安徽工业大学学报(社会科学版), 2023, 40(5): 7-10.
- [3] 李超, 许润华. 赋能新质生产力发展的高等工程教育改革[J]. 教育教学论坛, 2025(46): 41-44.
- [4] 吴爱华, 杨秋波, 郝杰. 以“新工科”建设引领高等教育创新变革[J]. 高等工程教育研究, 2019(1): 1-7+61.
- [5] 潘天红, 陶骏. 地方高校现代产业学院新工科人才培养模式探索与实践——以安徽大学奇瑞现代汽车产业学院为例[J]. 中国大学教学, 2025(10): 32-38.
- [6] 尚妍, 王璐, 刘宏升, 等. 能源动力类校企协同实践机制研究与实践[J]. 实验科学与技术, 2024, 22(5): 116-120+128.
- [7] 史维秀, 孙方田, 王瑞祥, 等. 卓越工程师人才培养背景下能源与动力工程专业课程多元化实践教学方法研究[J]. 高等建筑教育, 2020, 29(5): 143-148.
- [8] 南国防, 刘妮. 新时代下热能与动力机械制造工艺学课程思政教学改革与实践[J]. 高教学刊, 2024, 10(34): 45-48.
- [9] 兆圻纪, 永谦戴, 照杰沈, 等. 校企联合培养新能源动力专业大学生的创新模式与实践价值[J]. 现代教育前沿, 2025, 6(1): 133-135.
- [10] 黄惠兰. 热能与动力机械制造工艺学教学的探讨[J]. 广西大学学报(自然科学版), 2002(S1): 236-237+241.