

文章编号: 1671-6612 (2026) 04-623-06

AI 赋能《发动机原理与构造》本科课程教改方向

张 猛 王金华 李倩倩 黄佐华

(西安交通大学能源与动力工程学院 西安 710049)

【摘 要】 《发动机原理与构造》作为车辆工程、能源与动力工程等本科专业的核心课程,传统授课模式存在知识抽象难懂、实体实操资源受限、课程内容滞后行业发展等痛点,难以满足新时代本科人才培养需求。为此,提出引入 AI 技术赋能该课程教学改革,从助力理论教学、丰富实践场景、更新课程内容、实现考核评价多元化、提升教学管理效率、培养学生创新能力六个核心方面,阐述 AI 与课程深度融合的具体路径。同时明确 AI 赋能课程改进的实施原则,即兼顾学生认知特点与课程核心目标、坚持教师主导 AI 辅助、注重数据安全、分步推进落地,以此破解传统教学难题,实现知识传授、能力培养与创新引导的有机结合,推动课程教学质量和本科专业人才培养水平的双重提升,助力培养贴合行业发展需求的工程技术人才。

【关键词】 发动机原理与构造; AI 赋能; 虚拟仿真; 实践教学

中图分类号 H191 文献标志码 A

Directions of AI Empowerment in the Undergraduate Course "Principles and Structure of Internal Combustion Engines"

Zhang Meng Wang Jinhua Li Qianqian Huang Zuohua

(School of Energy and Power Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an, 710049)

【Abstract】 "Principles and Structure of Internal Combustion Engines" is a core undergraduate course for majors such as Vehicle Engineering and Energy and Power Engineering. However, the conventional teaching mode is plagued by prominent drawbacks, including the abstract and elusive nature of core knowledge, constrained resources for physical practical training, and course content that lags behind the latest developments in the industry. It is difficult to meet the demands of undergraduate talent cultivation in the new era. To address these challenges, this paper proposes the integration of artificial intelligence (AI) technology to advance the teaching reform of this course. It elaborates on the specific pathways for the deep integration of AI and the course from six core dimensions: facilitating theoretical teaching, enriching practical scenarios, updating course content, implementing diversified assessment and evaluation, enhancing the efficiency of teaching management, and fostering students' innovative capabilities. Meanwhile, the paper clarifies the implementation principles for AI-empowered course improvement, namely balancing students' cognitive characteristics with the core objectives of the course, adhering to a teacher-led and AI-assisted teaching model, prioritizing data security, and promoting phased implementation. By adhering to these principles, the study aims to resolve the predicaments of conventional teaching, realize the organic integration of knowledge transmission, ability cultivation and innovation guidance, drive the dual upgrading of course teaching quality and the level of undergraduate professional talent cultivation, and ultimately cultivate engineering and technical talents that align with the development needs of the industry.

基金项目: 西安交通大学 2025 年人工智能赋能课程教学改革专题研究: “《发动机原理与构造》课程智能化和个性化教学改革”

作者简介: 张 猛 (1988-), 男, 博士, 副教授, E-mail: mengz8851@xjtu.edu.cn

通讯作者: 王金华 (1981.03-), 男, 博士, 教授, E-mail: jinhua wang@xjtu.edu.cn

收稿日期: 2026-03-26

【Keywords】 Principles and Structure of Engines; AI empowerment; Virtual simulation; Experimental teaching

0 引言

《发动机原理与构造》是车辆工程、能源与动力工程等本科专业的核心课程,兼具理论性、实践性和工程性,但其传统授课模式存在诸多痛点,传统教学中,发动机内部结构、工作原理等核心知识点抽象难懂,仅依靠课本插图和静态模型,难以帮助本科生直观理解;实体发动机设备昂贵、损耗快,难以满足每位学生的实操需求,且故障诊断实践场景单一,学生难以接触工程实际中的复杂故障;同时,本科生个体学习差异较大,传统“一刀切”教学难以兼顾不同学生的学习进度与需求,课程内容更新也滞后于行业技术发展,不利于学生对接就业市场。以上传统授课模式难以满足新时代立体式学生培养需求^[1-3],因此引入 AI 技术授课十分必要,其能有效破解上述痛点,为课程教学提供有力支撑。AI 的应用可将抽象知识具象化,通过三维建模、动态仿真让学生直观感知发动机结构和工作原理,可搭建虚拟实操平台,降低实践门槛、丰富实践场景,提升学生实操能力。可实现个性化教学,推送针对性学习资源,兼顾学生个体差异;还能实时更新行业前沿内容,优化考核与教学管理,减轻教师负担,同时激发学生创新潜能,助力培养贴合行业需求的本科专业人才,推动课程教学质量与人才培养水平的双重提升^[4]。

1 AI 赋能《发动机原理与构造》课程改革的整体逻辑

在《发动机原理与构造》课程中融入 AI 技术,并非简单的教学工具叠加,而是基于课程理论性、实践性、工程性的核心特质,围绕本科人才培养的知识、能力、创新三维目标开展的教学模式重构。该融合以破解传统教学的核心痛点为出发点,以贴合行业技术发展工程人才需求为落脚点,依托 AI 的可视化、仿真化、数据化、个性化优势,搭建适配课程教学的智能教学体系,实现从“知识灌输”到“能力培养”、从“统一教学”到“因材施教”、从“课堂理论”到“工程实践”的转变。

AI 技术与课程的融合始终紧扣发动机课程的教学重点与难点,针对发动机结构拆解、工作原理推演、故障诊断分析等核心教学内容设计适配方

案,同时衔接行业前沿技术发展趋势,让 AI 在教学各环节发挥辅助支撑作用。其核心逻辑是通过技术赋能,打通理论教学与实践教学的壁垒,串联知识传授与创新培养的链路,既兼顾本科学生的认知规律,降低抽象知识的理解门槛,又强化学生的工程实践能力与创新思维,让课程教学更贴合新时代高等工程教育对复合型、应用型人才的培养要求,为后续六大维度的教改实施奠定整体框架与核心导向。

2 AI+课程深度融合路径

AI 技术的融入在《发动机原理与构造》课程中,可从以下六个核心方面改进,如图 1 所示,实现“AI+课程”的深度融合,兼顾知识传授、能力培养与创新引导。



图 1 AI 赋能《发动机原理与构造》
六大改革维度实施路径

Fig.1 Paths for AI-enabled implementation in the course
of "Principles and Structure of Internal Combustion
Engines"

2.1 理论教学

本科阶段学生对发动机内部结构(如曲柄连杆机构、配气机构)、工作原理(如四冲程循环、爆震机理)的理解,多依赖课本插图和静态模型,抽象难懂且易混淆。AI 可通过可视化、交互化手段,将抽象知识转化为可感知、可操作的内容,适配本科学生的认知特点^[5,6]。具体体现在以下几个方面。

三维交互式建模与拆解,开发 AI 驱动的发动机三维虚拟模型,替代传统静态模型。学生可通过鼠标拖拽、手势操作,实现发动机各零部件(活塞、凸轮轴、火花塞等)的精准拆解、组装,实时标注零部件名称、材质、作用及装配要求,如图 2 所示

为 AI 生成的发动机三维交互式建模与拆解示例。针对易混淆结构（如顶置凸轮轴与侧置凸轮轴、直列发动机与 V 型发动机），AI 可一键对比展示，自动讲解差异点，帮助学生快速区分。同时，可根据学生的操作轨迹，识别其薄弱环节（如组装错误、零部件认知偏差），推送针对性讲解视频和知识点卡片。

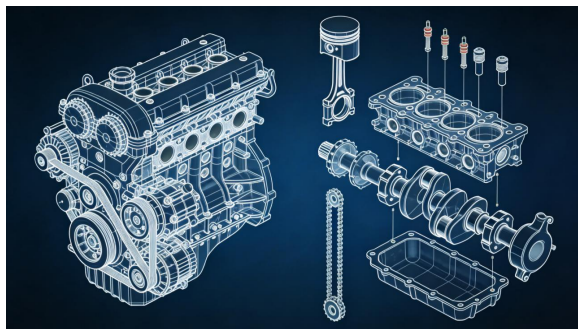


图 2 AI 三维交互式建模与拆解示例

Fig.2 Examples of AI-driven interactive 3D modeling and disassembly

动态仿真演示核心原理，利用 AI 仿真技术，动态演示发动机四冲程（进气、压缩、做功、排气）的全过程，可调节转速、负荷等参数，实时显示气缸内压力、温度、燃油燃烧状态的变化曲线，让学生直观理解“力的传递”“能量的转换”等核心原理。针对爆震、敲缸等异常工况，模拟不同故障下的发动机运行状态，对比正常与异常工况的参数差异，帮助学生建立“原理-现象-参数”的关联认知，避免死记硬背。

个性化答疑与知识点梳理，搭建 AI 智能答疑系统，整合课程知识点、常见问题、习题解析等资源，学生可通过语音、文字提问（如“配气机构的工作时序是什么”“发动机排量如何计算”），AI 即时给出精准解答，同时推送相关知识点延伸内容（如最新发动机配气技术进展）。针对本科学生的学习进度差异，可根据学生的课堂答题、课后作业情况，自动生成个性化知识点总结，标注薄弱环节，推送适配的学习资源（如简化版讲解视频、针对性习题），实现“因材施教”。

2.2 丰富实践场景，提升实操能力

实践教学作为《发动机原理与构造》课程体系的核心组成部分，在培养学生工程实践能力与创新思维方面发挥着不可替代的作用。然而，传统实践教学模式面临诸多现实困境：实体发动机设备购置

与维护成本高昂，且易耗损，难以保障每位学生获得充分的实操机会。故障诊断教学场景固化，学生接触的多为典型、简单故障，缺乏对复杂、偶发故障的认知与处理经验。实操过程中，学生因操作不熟练易导致设备损坏，且教师难以对所有学生进行实时、精准的指导，教学效率与安全性均受到制约。

人工智能技术的引入为突破上述瓶颈提供了有效途径。通过构建 AI 驱动的虚拟实操平台，可实现低成本、高安全性的实践训练。该平台能够模拟发动机拆装、保养、故障诊断等全流程实操场景，学生可通过电脑、平板等终端设备进行沉浸式训练。在操作过程中，系统能够实时引导操作步骤，对错误操作进行即时预警，并提供错误原因分析与纠正方案。针对拆装与保养实操，系统可自动记录操作时长、步骤准确性等数据，生成量化评分与个性化改进建议，助力学生规范操作流程；同时，平台可模拟不同车型、工况下的保养需求，使学生在虚拟环境中掌握多样化实操技能，显著降低对实体设备的依赖，有效控制教学成本。

基于 AI 大数据技术，可构建发动机故障诊断模拟系统。该系统整合海量典型及复杂故障案例，学生可通过扮演“维修工程师”角色，获取故障现象描述与实时检测数据，结合课程理论知识进行故障分析与排查。能够对学生的诊断思路进行实时反馈与引导，帮助其逐步定位故障根源；同时，系统可随机生成多故障叠加的复杂场景，强化学生的综合分析能力与应急处理能力，使其更好地适应工程实际需求。此外，AI 基于学生的诊断过程数据，识别其知识薄弱点与思维盲区，推送针对性的故障案例与诊断技巧，进一步提升知识应用能力。

在实体发动机实践教学环节，融合 AI 视觉识别与传感器技术，可实现对学生操作行为的实时监测与风险预警。系统能够识别违规拆卸、工具使用不当等危险操作，并及时发出警报，必要时通知教师介入干预。通过采集发动机运行参数，AI 可实时评估学生的实操效果，如拆装后发动机的运行稳定性，并提供精准的改进建议。对于实操能力较弱的学生，系统可提供分步式引导，逐步提升其操作熟练度与自信心。

2.3 教学内容更新，贴合行业前沿

发动机领域技术迭代更新迅速，如新能源发动机（氢能、电能等动力源）、智能发动机（融合智

能控制算法)、混合动力发动机等类型。传统课程内容更新滞后,难以满足本科学生的就业和深造需求。发动机技术虽然迭代更新,但是及时梳理发动机构造课程的知识谱系是培养新一代学生的必要措施, AI 可推动课程内容与知识谱系实时更新、精准拓展,助力学生掌握行业前沿技术,提升核心竞争力^[7-9]。在此基础上还可以从以下三个方面进行内容更新,让学生基于基本知识掌握行业前沿。

首先,通过 AI 爬虫技术,可实时抓取汽车行业及发动机领域的最新技术成果,包括新能源发动机的结构创新、智能控制技术的发展、先进排放控制技术的应用等前沿动态,同时整合最新行业标准与企业招聘需求,自动更新至课程内容体系中,有效替换滞后知识点。例如,系统可将混合动力发动机的结构原理、氢燃料电池发动机的工作机制等前沿内容推送至教学环节,并结合工程案例进行深入

讲解,使学生及时了解行业发展趋势,避免知识与实际应用脱节。其次,能够实现个性化拓展内容推送。基于学生的专业方向(如车辆工程、能源与动力工程)及兴趣偏好(如发动机研发、故障诊断、新能源技术),系统可精准推送定制化学习资源。例如,针对倾向于研发方向的学生,推送发动机仿真设计、性能参数优化等进阶内容;针对倾向于应用方向的学生,则推送汽车企业实际故障维修案例、实操技巧等实用知识,实现“千人千面”的个性化学习支持,充分满足学生的差异化发展需求。此外, AI 技术有助于整合跨学科知识体系。《发动机原理与构造》课程与材料科学、控制工程、计算机技术等学科存在深度交叉, AI 可自动关联并整合相关跨学科知识点,帮助学生构建完整的知识网络,如图 3 所示。



图 3 发动机知识谱系

Fig.3 Engine knowledge genealogy

2.4 考核评价多元化

传统课程考核多以期末考试、平时作业为主,存在“重结果、轻过程”“重理论、轻实践”的问题,难以全面评价学生的知识掌握程度和实践能力。AI 可实现考核方式的多元化、过程化,精准捕捉学生的学习过程,提升考核的公平性和科学性^[10,11]。

全程追踪学习状态并进行过程化考核。利用 AI 记录学生的全流程学习数据,包括课堂答题情况、课后作业完成质量、虚拟实操表现、答疑提问记录等,自动生成过程性考核成绩;例如, AI 可

根据学生的虚拟实操准确率、故障诊断效率,给出实践环节的考核分数。根据学生的知识点掌握情况,给出理论学习的过程分数,避免“一考定终身”,全面反映学生的学习效果。另一方面可以实行多元化考核,可设计多元化的考核题型,包括理论选择题、填空题、简答题以及虚拟实操题、故障诊断题、案例分析题等。针对理论题, AI 可自动组卷、自动批改,减少教师的工作量,同时避免批改误差。针对实践题,可根据学生的操作过程、诊断思路,进行精准评分,并给出详细的评分标准和改进建议。此外, AI 可引入开放性考核题目(如“利用

AI 仿真设计一款小型发动机的配气机构”), 培养学生的创新能力和工程设计能力。考核结束后, 可自动生成每位学生的考核报告, 分析其优势和薄弱环节, 推送针对性的复习建议和补充练习。同时, 可汇总全班学生的考核数据, 分析课程教学中的薄弱环节(如某一知识点的通过率过低), 为教师调整教学方案、优化课程内容提供数据支撑, 实现“以考促学、以考促教”, 实现考核反馈。

2.5 教学管理

本科课程的教学管理涉及作业批改、考勤、学情分析等诸多环节, 教师工作量大, 难以兼顾每位学生的学习需求。AI 可自动化完成部分教学管理工作, 让教师将更多精力投入到教学设计、个性化指导中^[10,11]。可自动批改客观题(选择题、填空题), 对于主观题(简答题、案例分析题), 根据预设的评分标准, 进行初步批改, 标注疑似错误和改进方向, 减少教师的批改工作量。同时, 分析全班学生的作业数据, 识别共性问题(如某一知识点普遍掌握不扎实), 自动生成学情分析报告, 帮助教师精准把握教学重点, 调整教学节奏。并且可尝试利用 AI 视觉识别技术, 实现课堂考勤的自动化, 无需教师手动点名, 同时可识别学生的课堂状态(如走神、迟到、早退), 及时提醒学生集中注意力。此外, AI 可记录课堂互动数据(如学生的提问次数、答题准确率), 帮助教师了解学生的课堂参与度, 优化课堂互动设计, 提升课堂教学效率。例如, AI 可建议教师增加某一前沿知识点的教学课时或调整实践教学的侧重点, 帮助教师提升教学质量, 贴合本科人才培养目标。

2.6 创新能力培养

本科教育不仅要传授知识和技能, 更要培养学生的创新思维和工程创新能力。AI 可搭建创新实践平台, 为学生提供自主探索、创新设计的空间, 激发学生的学习兴趣和创新潜能。

学生可利用 AI 仿真工具, 自主设计发动机零部件结构、优化发动机参数(如压缩比、配气时序), 实时模拟设计方案的可行性, 分析设计方案的优缺点(如动力性、经济性、排放性), 帮助学生优化设计思路。例如, 学生可设计一款适用于新能源汽车的发动机, 对比不同设计方案的性能, 引导学生进行创新改进, 培养工程设计能力。教师可以结合课程内容, 设置小组创新项目(如“发动机故障诊

断 AI 模型的搭建”“混合动力发动机结构优化”), 为学生提供项目指导、数据支持和技术参考。学生小组可利用大数据技术, 收集发动机故障数据, 训练简单的故障诊断模型, 指导学生完成数据预处理、模型训练、效果验证等环节, 培养学生的团队协作能力和创新能力。AI 可整合全国大学生车辆工程竞赛、发动机创新设计竞赛等赛事资源, 推送竞赛题目、往届优秀作品, 为学生提供竞赛指导^[12]。同时, 可对接汽车企业的实际需求, 推送企业的研发项目、实习岗位, 让学生将课堂所学与企业实际结合, 提升创新实践的针对性和实用性, 为就业和深造奠定基础。

3 结语

本文针对《发动机原理与构造》课程理论性、实践性、工程性兼具的专业属性, 围绕本科工程人才培养目标, 构建了六大维度的 AI 赋能教改体系, 实现了 AI 技术与发动机课程教学的深度融合。本方案并非通用型工科 AI 教改的简单叠加, 而是紧扣课程痛点专属定制: 以 AI 三维仿真破解抽象知识理解难点, 以虚拟实操平台解决实体资源受限问题, 以智能知识图谱对接行业技术迭代, 以工程化工具强化学生实践创新能力, 为同类核心课程的 AI 教改提供了针对性参考。同时, AI 赋能课程改进需避免“为了 AI 而 AI”, 需坚持工具适配学生认知、教师主导 AI 辅助、保障数据安全、分步推进落地的原则, 确保其真正服务于教学质量提升与学生综合能力培养。

参考文献:

- [1] 赵昶辰,董建锋,况琨,等.生成式人工智能赋能高等教育的机遇与挑战[J].计算,2026,2(2):73-77.
- [2] 王小燕,彭闪闪,刘干,等.车辆工程专业发动机原理课程混合式教学改革探析[J].中国机械,2025,(26):161-164,168.
- [3] 贾文静.发动机原理与汽车理论课程思政教学改革研究[J].汽车测试报告,2025,(21):79-81.
- [4] 杨倩,王伟宜.创造性学习力:智能时代大学人才培养的转向[J].清华大学教育研究,2022,43(5):141-148.
- [5] 向燕飞.人工智能赋能的混合式教学设计与实践-以数据结构与算法课程为例[J].软件,2021,42(2):46-51.
- [6] 苏小红,何钦铭.人工智能赋能教与学场景和模式革新

- 的探索-以程序设计课程为例[J].中国大学教学, 2025,(6):65-72.
- [7] 肖福赞.人工智能驱动高校思政课教学改革的内在机理、风险挑战与应对之策[J].电化教育研究,2025, 46(5):103-107.
- [8] 王鼎,李涛,任小勇,等.Ai 赋能机械原理课程“数据驱动+场景融合”教学改革实践范式[J].河北工程大学学报(社会科学版),2026,(1):1-10.
- [9] 刘明,郭烁,吴忠明,等.生成式人工智能重塑高等教育形态:内容、案例与路径[J].电化教育研究,2024,45(6): 57-65.
- [10] 肖卓宇,徐运标,陈果,等.“人工智能+教育”融合的实施路径研究[J].计算机时代,2020,(11):103-105.
- [11] 吴静怡,刘妍.人工智能赋能高等教育的多重路径思考-基于价值塑造、课堂教学创新与教师角色进化的考察[J].上海交通大学学报(哲学社会科学版),2026, 34(3):41-52.
- [12] 王清霞,宋学志.Ai 赋能职业院校汽车专业赛教融合教学改革研究[J].汽车维修技师,2026,(6):55-56.
-
- (上接第 548 页)
- [17] ZHOU F, Liu X. Numerical modeling of the interaction between evaporative cooling and natural ventilation in high-rise buildings[C] Proceedings of the 8th International Symposium on Computational Fluid Dynamics. Cambridge: Wiley, 2022:109-115.
- [18] LIU J, LI S, ZHANG J. Error analysis and its application in measurements[J]. Acta Physica Sinica, 2017,66(5): 1501-1509.
- [19] ZHANG L, WANG J. Numerical simulation of evaporative cooling ventilation in urban areas[J]. Energy and Buildings, 2019,19(1):198,125-134.
- [20] QIU G, YANG C, Liu X. Multi-factor error analysis and optimization methods[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2018,54(6):117-125.
- [21] GB 50019-2015,工业建筑供暖通风与空气调节设计规范[S]北京:中国计划出版社,2015.
- [22] 谈美兰.夏季相对湿度和风速对人体热感觉的影响研究[D].重庆:重庆大学,2012.