

AI 赋能下基于 P-MADE 循环的机械设计基础混合式教学模式研究

Research on a Hybrid Teaching Model for Mechanical Design Based on the P-MADE Cycle Empowered by AI

杨建花, 武时会*, 强华, 王晓阳, 邓凌云, 莫定红
重庆人文科技学院

摘要

在新工科建设与智能制造产业升级的背景下, 机械设计基础课程正面临着教学内容滞后、教学方法固化、实践环节薄弱以及评价体系单一等难题, 传统教学模式已经无法满足培养复合型工程人才的需求。为此, 本研究构建了 AI 赋能下基于 P-MADE 循环的混合式教学模式, 秉持以学生为中心、以能力为导向的核心理念, 借助 AI 技术实现学情精准诊断、个性化资源推送以及智能化评价反馈。通过重构模块化教学内容、搭建递进式实践体系、建立多维综合评价体系, 有效促进了知识体系的系统化构建与工程实践能力的逐步提升。教学实践表明, 该模式显著提高了学生课堂参与度、创新思维与解决复杂工程问题的综合素养, 为机械类专业课程的教学改革提供了一个可行、可借鉴的实践路径。

Abstract

Against the backdrop of the development of emerging engineering disciplines and the upgrading of the intelligent manufacturing industry, the fundamental course of mechanical design is facing challenges such as outdated teaching content, rigid teaching methods, weak practical components, and a singular evaluation system. The traditional teaching model can no longer meet the demand for cultivating interdisciplinary engineering talents. In response, this study constructs a hybrid teaching model based on the P-MADE cycle empowered by AI, adhering to the core concept of being student-centered and competency-oriented. By leveraging AI technology, the model achieves precise diagnosis of learning conditions, personalized resource delivery, and intelligent evaluation feedback. Through restructuring modular teaching content, building a progressive practical system, and establishing a multidimensional comprehensive evaluation system, it effectively promotes the systematic construction of knowledge frameworks and the gradual improvement of engineering practice abilities. Teaching practice indicates that this model significantly enhances students' classroom engagement, innovative thinking, and overall competence in solving complex engineering problems, providing a feasible and reference-worthy practical path for the teaching reform of mechanical courses.

关键词: 机械设计基础; AI; 混合式教学; P-MADE 循环; 教学创新

Keywords: Fundamentals of Mechanical Design; AI; Hybrid Teaching; P-MADE Cycle; Teaching Innovation

一、引言

随着新工科建设的不断推进和智能制造技术的快速发展,我国制造业对机械类专业人才的工程实践能力和创新思维等方面提出了更高要求[1]。“机械设计基础”作为机械类及近机械类专业的核心基础课程,是衔接先修课程与后续专业课程的重要桥梁,同时肩负着培养学生机械设计思维、锤炼其工程实践能力的关键使命。然而,面对新时代的人才培养需求,传统的教学模式已显得力不从心,课程教学改革势在必行。

混合式教学通过整合线上资源与线下活动,在拓展学习时间空间、丰富教学资源等展现出显著优势。已有相关研究将线上线下混合式教学模式应用于“机械设计基础”课程教学中,比如借助智慧教学平台、制作微课资源等丰富教学形式,在一定程度上提升了学生的自主学习能力和课堂参与度[4-6]。但现有改革大多仍停留在“线上资源辅助+线下课堂讲解”的浅层融合阶段,还没有实现真正意义上的深度融合。同时,人工智能(AI)技术迅速发展为教育教学变革带来了新的契机,其在学情诊断、个性化资源推送、智能评价等方面的独特优势,为解决传统教学的困境、推动实现课程精准化教学给出了有效路径[7]。但目前AI技术在机械设计类课程教学中的应用仍然存在初步探索阶段,还没有形成系统化、可推广的教学模式,其潜在的教育赋能价值有待进一步挖掘[8]。

基于此,本研究提出了AI赋能下基于P-MADE循环的混合式教学模式。通过重构教学内容、重塑教学流程与评价体系,将AI技术覆盖“课前-课中-课后”整个教学流程,促进教学内容系统化、教学过程精细化、实践教学层次化以及评价体系多元化推进。力求探索出一条既能夯实学生专业基础,又能增强数字化能力与创新思维培养的有效路径,也为同类工科课程的智慧化转型与升级提供一种可行路径。

二、机械设计基础课程教学现状

(一) 教学内容:滞后性与碎片化并存

教学内容与行业实际需求之间存在明显脱节,教学中既没有引入现代设计方法和行业前沿案例,教材中部分设计方法也难以适用于现代工业生产的实际需要,比如凸轮设计的图解法已经极少被应用在企业实际生产环节中[9]。同时,课程知识结构比较零散,知识点之间的关联性不强,各章节内容相对独立,齿轮、连杆、轴承等重点知识往往分散讲解,没有形成一个完整的设计逻辑体系,导致学生很难构建系统化的知识框架,能力结构上有所欠缺。

(二) 教学方法:固化与技术融合欠缺

当前课程教学方法以单向灌输为主,师生互动严重不足。传统课堂往往依赖“板书+PPT”的讲授形式,学生长期处在被动接受知识的状态,课堂中缺少一些能够引发思考、促进深度参与等活动。在这种传统模式下,教师很难全面顾及到学生的个体差异,整体课堂气氛常常不够活跃,学生的参与感和积极性不足。此外,现代教育技术与课程教学实践的结合仍然比较浅显,尽管混合式教学、虚拟仿真等手段已逐步带进课堂,但多数停留在资源平移或工具替代层面,没有从根本上实现技术与教学内容的深度融合。尤其是AI技术在赋能学生个性化学习、实现课程智能评价、激发创新设计等方面的应用潜力,到现在还没有得到充分挖掘与发挥。

(三) 实践教学:实效性与覆盖面不足

当前课程的实践教学仍然引用传统的验证性实验,如减速器拆装、齿轮参数测绘、机构运动简图绘制等。这类实验虽然能够帮助学生大致熟悉专业的基础操作,但由于内容比较经典、步骤也相对固定,学生常常只能按照既定的流程“跟做”,自主探究与设计发挥的空间比较有限。此外,现有实践内容与行业前沿技术及真实工程场景的联系不够紧密,而且也融入机械创新设计大赛、工程实践与创新能力大赛等学科竞赛的主题,缺乏以赛促学、以赛促练的实践载体。这一现状使得实践教学在激发学生创新意识、锻炼团队协作与综合设计能力等方面的作用没有充分发挥,进而影响了实践环节的整体育人效果。

(四) 评价体系:传统僵化与导向偏差

当前这门课程的评价方式仍以结果为导向,考核普遍沿用“平时成绩(约30%-40%)+期末闭卷考试(约60%-70%)”的固定模式。期末考试在考核中占有决定性分量,主要考查理论知识记忆与公式运用,不能衡量学生的工程设计能力、创新思维以及解决实际问题等方面的综合能力。这种“一考定乾坤”的导向,直接导致了课程教学和学生学习的应试化趋势。

过程性评价通常流于形式,尽管平时成绩的考核指标涵盖了考勤、作业、实验报告等内容,但这些指标大多仅作形式化记录或简单量化计分,并未真正发挥评价的导向与反馈作用。对于学生在课前预习探究、课中实践操作、课后项目实践,以及团队协作过程中所展现的参与状态、投入深度与能力成长,目前仍缺乏系统性的观察、记录和精细化评估。

评价主体相对单一,评价权主要掌握在任课教师手中,缺乏学生自评、同伴互评、企业导师评价等多主体参与。这不仅限制了评价视角的多元性与全面性,也难以推动学生在评价过程中开展深度反思,不利于其元认知能力的培养与发展。

三、机械设计基础教学改革

(一) 设计理念

秉持以学生为中心的教学理念,借助AI助教开展学情诊断,提供个性化学习支持,尊重个体差异,凸显学生课堂主体地位。紧扣新工科人才培养要求,以工程实践、创新与思辨能力培育为核心,通过项目化教学,强化学生解决实际工程问题的能力。以AI技术赋能教学全流程,优化课前预习、课中互动、课后复习及评价环节,同时借助虚拟仿真技术突破实践教学局限,提升教学直观性与学习体验。通过线上线下深度融合,构建“课前-课中-课后”闭环联动的课程教学新生态,实现知识、能力与素养三位一体培养目标。

(二) 重构教学内容

课程以专业问题与设计问题为导向,打破传统教材按单一知识点分章带来的碎片化局限,搭建贯通式教学框架。注重与理论力学、材料力学等先修课程的有效衔接,打破学科知识壁垒,实现知识体系的连贯与深化。围绕机械设计核心领域,课程引入现代智能设计技术,凝练为五大专题理论模块(图1),推动课程内容向系统化、模块化升级。

依托超星泛雅平台搭建专属课程教学资源库(图2),涵盖教学大纲、在线测试题、章节教学视频以及知识、能力和思政图谱(图3)等内容。通过资源库实现教学资源的精准匹配与动态供给,助力学生搭建完整的专业知识体系,提升工程设计与实际问题解决能力,最终实现从“碎片化知识接收”到“系统化能力生成”的转变。

深化实践教学改革,将学科竞赛项目、企业项目的任务拆解后引进课堂,并借助三维设计与虚拟仿真技术,打通第一课堂与第二课堂,突破传统教学的空间局限。通过构建“课堂小实验—实验室实验—开放实验”的递进式实践模块(图4),实现实践资源与理论知识的系统对接,克服传统实践内容分散、与产业脱节等问题。学生可在递进式训练中巩固专业知识,提升工程设计与实际解决问题的能力,从而推动学习成果从“系统化认知”向“实战化能力”的转化。

(三) 重塑教学模式

摒弃单向灌输的教学模式,构建“问题导引—方法探索—科学分析—设计解决—效果评估”的P-MADE设计型循环教学模式(图5)。

在“问题导引”环节,课前借助AI助教开展学情分析,识别学生在先修知识中的薄弱环节,并推送个性化预习资料,实时跟踪学习进度。

在“方法探索”环节,采取线上线下融合的互动教学模式,依托超星泛雅平台开展实时问答、小组

协作等活动，引导学生自主探究与协作学习，探索知识转化与技能落地的多元路径。同时借助 AI 助教为学生匹配学习路径，让学生在方法实践中提升自主学习与协同创新能力。

在“科学分析”环节，教师借助 AI 助教提供的课堂数据与与共性难点，进行精讲与点拨，并融入典型工程案例帮助学生深化对知识体系的理解。

在“设计解决”环节，围绕学科竞赛或企业真实项目，分解出可在课堂内完成的设计任务。指导学生完成方案构思、虚拟仿真与迭代优化，从而将理论转化为具体工程解决方案，锻炼处理复杂工程问题的能力。

在“效果评估”环节，建立师生、生生、企业导师以及 AI 助教协同参与的多维评价体系，实现对教学效果的全程跟踪与动态反馈。

理论课 (60学时)	专题	工程设计问题	整合内容	优势
第一章 绪论	设计基础、创新思维与连接技术	何为好设计？如何实现可靠连接？	机械设计概论、标准化、螺纹、键、销	打破学科壁垒，在讲解连接强度与结构设计的同时，植入工程伦理、标准规范和设计决策思维，奠定工程实践的基础认知与方法论。
第二章 平面机构的自由度和速度分析				
第三章 平面连杆机构	机构设计原理与运动系统实现	如何将抽象需求转化为具体运动方案？	平面机构自由度分析、连杆机构、凸轮机构、齿轮机构及轮系	通过对比不同机构实现特定运动的特点与方法，引导学生从功能出发进行机构选型与组合，实现从原理到方案的跨越。
第四章 凸轮机构				
第五章 齿轮机构	机械传动系统设计及动力传递	如何高效、精确、可靠地传递动力与运动？	带传动、链传动、齿轮传动、蜗杆传动	从单一传动件的计算，转向传动系统方案比较、选型与匹配设计。引入现代设计软件进行参数化建模与有限元分析，将传统设计公式与数字化验证手段相融合。
第六章 轮系				
第七章 机械零件设计概论				
第八章 连接				
第九章 齿轮传动	轴系部件设计与结构实现	如何将运动与动力部件集成为一个可靠运转的子系统？	轴的结构与强度设计、滚动轴承与滑动轴承的选型与寿命计算、联轴器与离合器的选用、以及润滑与密封等。	从“单个零件”到“功能部件”的系统集成思维，训练学生在约束条件下进行结构设计、标准件选配和性能校核的综合能力。
第十章 蜗杆传动				
第十一章 带传动和链传动	现代设计方法与系统集成创新	如何运用先进方法完成一个满足多目标要求的创新设计？	以工程实践与创新能力大赛项目智能小车为载体，系统介绍虚拟仿真、优化设计、可靠性设计、增材制造等现代设计方法。	引导学生对前四个专题的知识进行综合调用，完成从概念设计、详细设计到设计评价的完整流程演练，深化工程思维与创新意识。
第十二章 轴				
第十三章 滑动轴承				
第十四章 滚动轴承				
第十五章 联轴器、离合器与制动器				
第十六章 弹簧				

图 1. 理论模块



图 2. 在线课程平台的资源库



图 3. 知识、能力和问题图谱



图 4. 递进式实践模块



图 5. P-MADE 设计型循环教学模式

(四) 重塑评价体系

为全面、真实地反映学生在学习过程中的成长与发展,突破以往“一考定成绩”、教师单一评价的局限,构建了理论过程、实验过程、项目过程、总结过程的“四过程”能力进阶评价体系(图6),实现从结果评价向过程评价、从知识评价向能力评价的深刻转变。

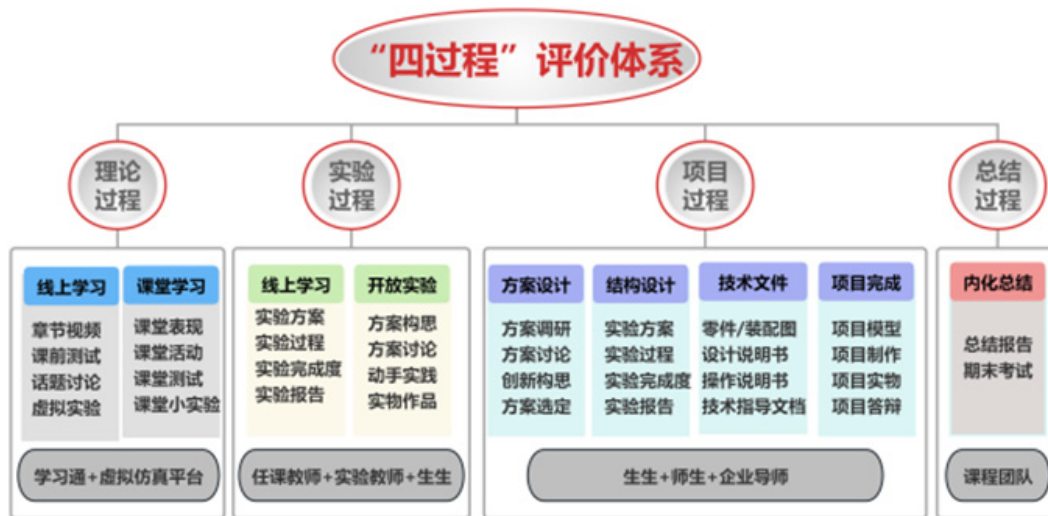


图 6. “四过程”课程评价体系

为确保评价的客观性与全面性，本课程构建了多元主体参与的评价体系，涵盖教师评价、学生互评、行业专家评价等维度，从不同侧面综合评价学生的学习成效。通过合理设置各评价权重（图 7），尤其提高了过程性评价、实践环节评价的比重，使考核结果更能真实反映学生的综合能力水平。

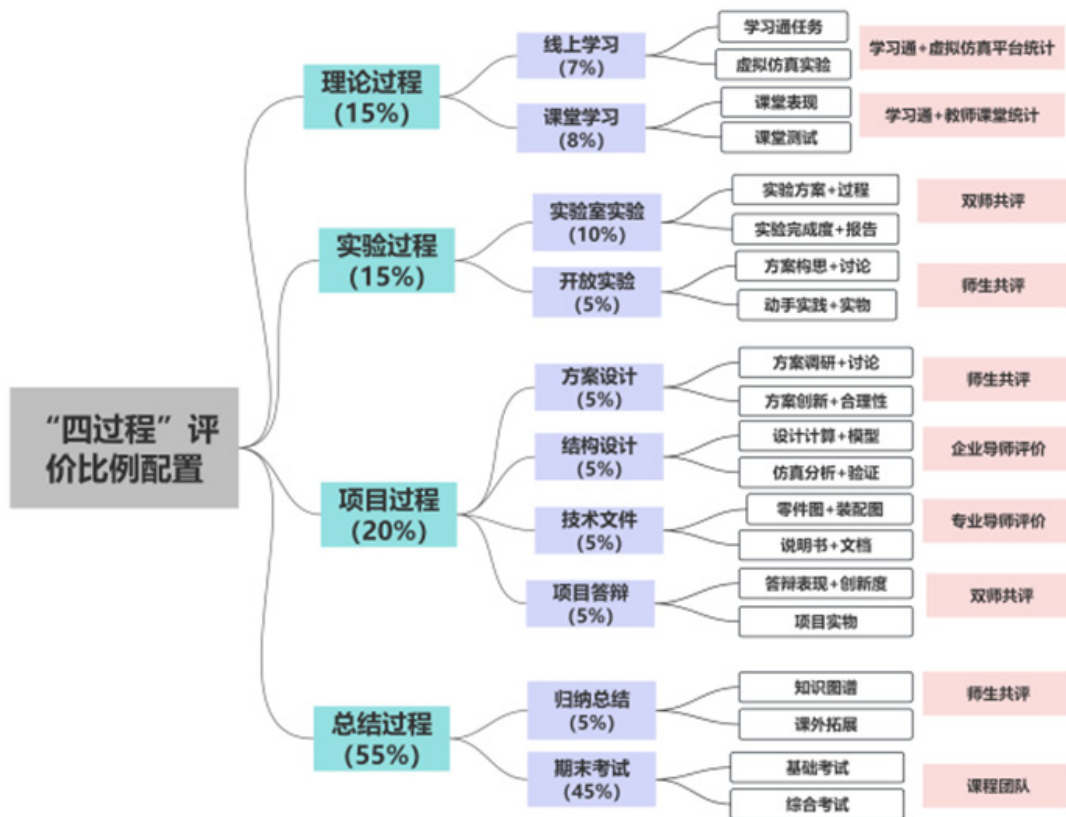


图 7. “四过程”评价比例配置和多主体评价

四、教学实践与效果分析

(一) 教学实践

以教材中第 5 章的“定轴轮系传动比的计算”教学为例，依托 AI 赋能 P-MADE 循环混合式教学模

式开展“课前 - 课中 - 课后”全流程闭环教学实践，具体实施过程见图 8。



图 8. 全流程闭环教学实践

（二）教学效果

为系统评估“AI 赋能下基于 P-MADE 循环的混合式教学模式”的实施效果，本研究围绕学生学习兴趣、课堂参与情况、能力发展及实践成果等维度，开展了为期一学年的持续跟踪与数据分析。教学实践表明，该模式在调动学生学习积极性、增强综合素养、推动知识向实践能力转化等方面均呈现出显著促进作用。

1. 学习兴趣与课堂参与度显著提升

AI 助教提供的学情诊断与个性化资源推送，有助于学生在课前就能明确学习目标与重点。课堂上，依托超星平台开展的实时互动、限时答题与小组协作等活动，改变了传统单向讲授模式，使学生在“方法探索”与“科学分析”环节的投入显著增加。实施该模式后，学生课堂平均参与率由原先的 68% 提高至 87%，互动频率与质量均得到改善，整体教学氛围逐步由被动接受转向主动探究。

2. 设计能力与工程实践稳步增强

在 P-MADE 循环的“设计解决”阶段，学生通过完成来源于学科竞赛和企业真实项目拆解的设计任务，在方案构思、参数优化、仿真验证与迭代调整的过程中，有效锻炼了工程设计与问题解决能力。此外，学生能够熟练地运用 AI 辅助工具进行性能分析与结构优化，使设计成果更具工程实践性与创新性。

3. 创新思维与综合素养全面进阶

“问题导引”环节引入跨学科情境，“方法探索”环节提供多元方法路径，结合 AI 工具在创新构思上的辅助，有助于拓宽学生思维视野，激发创新潜能。此外，项目式学习中的团队协作、方案论证与成果答辩等环节，系统锤炼了学生自主梳理知识短板、高效沟通协作、独立解决复杂问题的综合素养。

4. 实践成果与竞赛表现持续突破

依托“课堂小实验 - 实验室实验 - 开放实验”的实践体系，课程实现了学科竞赛、企业项目与教学内容的融合。学生参与大学生机械创新设计大赛、机器人类比赛等赛事的积极性明显提高，两年内累计斩获国家级奖项 18 项、省部级奖项 70 余项（图 9）。这些成果充分印证了 P-MADE 循环中“设计解决”与“效果评估”环节的实践价值，推动了理论知识向实践应用的有效转化，彰显了该教学模式的实践育人成效。



图 9. 学生参加学科竞赛部分获奖证书

五、结语

本研究针对“机械设计基础”课程存在的教学内容滞后且碎片化、教学方法固化、实践环节薄弱及评价体系单一等问题，构建并实践了“AI 赋能下基于 P-MADE 循环的混合式教学模式”。该模式将 AI 技术贯穿“课前 - 课中 - 课后”教学全过程，通过重构模块化教学内容、搭建递进式实践体系、实施“四过程”多元综合评价机制，有效促进了学生从接受零散知识点向形成系统性工程能力的根本性转变。

参考文献

- 常佩佩. (2023). 混合式教学在“大数据基础”课程中的探究. 科技风, (25), 108 - 110.
- 晁静. (2025). AI 驱动的机械设计基础课程教学模式改革实践. 中国机械, (20), 153 - 156.
- 李欣, 刘春东, 王烁, 等. (2023). 基于“机械设计基础”课程的多元混合式教学模式创新与实践. 中国多媒体与网络教学学报, (1), 27 - 30.

- 潘小明 . (2025). AI 大模型驱动数学教学改革的实践研究 . 教学与管理 , (36), 85 - 90.
- 王亮 , & 郭文静 . (2025). 线下为主、线上为辅的混合式教学模式在机械设计基础中的应用与探索 . 创新创业理论研究与实践 , 8(5), 158 - 161.
- 王奇瑞 , 黄秀琴 , 赵青松 , 等 . (2025). “机械设计基础”课程混合式教学模式创新与实践 . 常州工学院学报 , 38(5), 95 - 99.
- 徐亮 , 奚延辉 , 桂亮 , 等 . (2023). “双一流”背景下机械设计基础课程重建研究 . 中国现代教育装备 , (15), 121 - 124.
- 张跃敏 , 吴雪峰 , 郝晓茹 , 等 . (2025). 机械设计基础混合式教学改革与实践 . 中国现代教育装备 , (1), 88 - 90, 97.
- 郑静 , 龙湘云 , & 伍素珍 . (2023). 面向新工科人才培养的机械设计基础课程教学改革 . 高教学刊 , 9(5), 117 - 120.

作者简介

1. 杨建花, 硕士, 重庆人文科技学院, 机电工程学院, 讲师, 主要研究方向为教学设计基础教育教学。
2. 武时会, 硕士, 重庆人文科技学院, 机电工程学院, 副教授, 主要研究方向为工程教育教学。
3. 强华, 硕士, 重庆人文科技学院, 机电工程学院, 教授, 主要研究方向为农业机械, 材料性能。
4. 王晓阳, 硕士, 重庆人文科技学院, 机电工程学院, 副教授, 主要研究方向为仿生学, 农业机械。
5. 邓凌云, 本科, 重庆人文科技学院, 机电工程学院, 教授, 主要研究方向为工程教育教学。
6. 莫定红, 硕士, 重庆人文科技学院, 机电工程学院, 讲师, 主要研究方向为现代农业播种机械。

基金项目

1. 重庆市教育教学改革项目“应用型高校新工科‘双城协同, 三链融合’育人模式研究与实践”(项目编号: 233495)。
2. 重庆人文科技学院校级教学改革项目“AI 赋能机械设计基础课堂形成性评价的研究与实践”(项目编号: 24CRKXJJG15)