

教育数字化中机械原理课程虚实融合建设研究

高建辉 张云飞 谢丽华 陈菁 刘文莲

青岛城市学院

摘要：随着教育数字化战略的深化推进，虚拟仿真技术已成为推动工科类教育模式变革的重要手段。本文以机械原理课程为研究对象，对比分析了传统图解法、解析法与虚拟样机法的教学效能差异；论证了虚拟样机技术在课程设计中的应用价值，并设计了一套融入虚拟仿真技术的教学方案。教学统计数据表明，通过虚拟样机技术构建的动态可视化模型，有效提升了学生从理论分析到工程实践的认知能力，符合工科教学过程中对实践创新能力培养的实际需求。

关键词：教育数字化；课程设计；虚拟仿真；教学方案

引言

教育部、国家发展改革委、科技部等部门联合印发的《关于加快推进教育数字化的意见》（2025 年 4 月 16 日）提出，坚持数字赋能，推动教育理念、教学模式和教育治理整体性变革。鼓励各地高等教育、职业教育建设覆盖各学科的精品数字课程、虚拟仿真实习实践资源^[1]。

机械原理课程既具有数理及学科基础理论与方法的保障，也具备工程及专业实践项目的支撑。因此在课程教学中如果有意识地培养和训练学生的高阶思维能力，更有助于促进学生知识体系的系统化建构和自主学习能力的养成，从而为后续专业课程的学习奠定坚实基础^[2]。笔者结合近年来持续的教学探索与实践，提出了一些该课程结合虚拟仿真技术的有效教学设计，进而为同类课程的教育教学改革提供一些建设性思路与参考。

一、工程分析方法的应用现状与局限性

在机械原理课程中，常用的方法包括图解法、解析法和虚拟样机法。

图解法是一种常用的运动分析方法。通过按比例制图的方法将机构的运动轨迹、速度和加速度等运动参数通过图形直观、快速地表达出来，便于清晰地展现机构的运动规律^[3]。但这种方法需要通过手工或绘图软件完成计算过程，若缺乏足够的经验和知识，可能会导致绘图误差较大或结论错误。

解析法通过建立数学模型对机构的运动和受力情况进行精确的分析和计算，其计算结果精确，适用于各种不同类型的机构。但解析模型的建立要求学生具备矩阵运算、微分方程等扎实的数学基础，对部分学生而言学习难度较高。此外，复杂机构的解析模型可能因方程耦合度高而难以求解。

虚拟样机法可以用于模拟机构的真实运动情况并进行仿真分析，用于验证机械系统的动态特性和运动规律，也可以用于优化机械系统的设计和性能，减少物理样机的制造和测试成本，方便进行修改和优化设计^[4]。可视化的操作环境，可以更清楚地看到机械系统的实际状态，更好地理解相关概念和知识点^[5]。

二、虚拟仿真技术类型及对比分析

不同类型的虚拟仿真技术因其原理与功能的差异，在应用场景、分析精度及教学适配性上各具特色。本文以多体动力学仿真（ADAMS）、有限元分析（FEA）及计算流体力学（CFD）三种方法为典型代表，基于机械原理课程的需求，对比分析各类仿真方法在该课程教学与实践中的适用性。

（一）多体动力学仿真法（MBD）

多体动力学仿真以机械系统的运动学与动力学行为为核心研究对象，通过构建刚体或柔性体模型，模拟机构在驱动与约束条件下的动态响应^[6]。ADAMS 软件采用多体系统动力学理论，支持复杂机械系统的建模与仿真，该软件的核心优势在于动态特性分析的直观性与交互性^[7]。以曲柄连杆机构的运动分析为例，学生可通过 ADAMS 实时观察选定点的位移曲线生成过程，并通过调整曲柄转速或构件尺寸，分析其对机构运动性能的影响。

（二）有限元分析法（FEA）

有限元分析以连续介质力学为基础，通过离散化建模与数值计算，研究结构在载荷作用下的应力、应变及变形特性。ANSYS、ABAQUS 等 FEA 工具广泛应用于机械零件的强度校核、振动模态分析及热力学仿真等领域。以减速箱齿轮疲劳寿命分析为例，FEA 可精确计算齿根弯曲应力，为该零件的材料选择与结构优化提供依据。但 FEA 方法网格划分与边界条件设置

对用户专业素养和设备运行能力要求较高。

（三）计算流体力学法（CFD）

计算流体力学通过求解 Navier-Stokes 方程，模拟流体流动、传热及传质过程，广泛应用于风机叶片设计、发动机燃烧室优化等领域。以风机叶片仿真为例，CFD 将气流在叶片表面的压力分布进行可视化呈现，指导操作者优化叶片形状以降低能量损失。但 CFD 的应用场景与机械原理课程的关联度较低，难以作为机械原理课程的核心工具。

三、虚拟样机技术融入传统理论教学的方案设计

在机械原理课程设计中，虚拟样机技术的引入实现了理论教学与仿真技术的双向赋能，构建了以学生为中心、以能力为导向的新型教学体系。这一教学方案的核心在于将抽象的理论知识与直观的动态仿真相结合，通过分层任务设计逐步引导学生从基础操作到创新实践，最终实现解决工程实际问题能力的全面提升。

（一）理论—仿真融合教学方案

理论—仿真融合教学方案的实施以“三阶段递进式”教学模式为基础，深度融合虚拟样机技术与传统理论教学，如图 1 所示。

在课前预习阶段，学生通过智慧教育平台获取微课视频与虚拟仿真项目资源，自主学习机构建模与仿真基础，降低实操过程中学生面对复杂仿真工具的畏难情绪。在课堂讲授环节，通过对比图解法与虚拟样机法的异同，引导学生理解不同方法的适用场景与局限性。教师首先通过图解法推导机构自由度，建立理论模型；然后利用 ADAMS 构建虚拟样机进行实时演示，直观展示理论计算与仿真结果的差异。实操阶段则采用“任务驱动式”流程，学生须独立完成建模、仿真与优化设计，通过调整参数设置，观察其对机构运动特性的影响。经过对比分析，引导学生充分理解各参数对机器性能的影响。

（二）分层任务设计

基于机械原理课程的培养目标，搭建“基础验证—进阶优化—拓展创新”三级任务体系。

基础验证任务要求学生完成运动仿真与理论计算对比。通过机构运动仿真，验证各参数的关联性，强化运动学方程的理解。本阶段要求学生重点掌握 ADAMS 的几何建模与仿真条件设置。

进阶优化任务要求学生基于前述计算仿真过程，分析确定机构的关键参数，并利用 ADAMS 的优化工具进行求解，训练学生的问题解决能力。

拓展创新任务要求学生设计新型进给机构并验证可行性。学生可尝试引入柔性连杆或非对称曲柄结构，通过 ADAMS 模拟其运动学特性。

（三）多元化评价策略

本课程设计采用“理论考核+仿真实操+小组答辩”的多元评价机制。其中理论考核分值占比 30%，重点考查学生对机构的运动特性、受力特点等核心知识点的掌握深度。仿真实操分值占比 50%，该模块分两部分：①模型构建与仿真分析分值占比 30%，主要考核 ADAMS 建模准确性及仿真结果有效性；②技术文档分值占比 20%，强调逻辑性与工程规范性。小组答辩分值占比 20%，具体评价指标如表 1 所示。

（四）实施效果

1. 实施效果与学习数据对比

通过学生学习数据对比，课程改革效果显著。笔者在青岛城市学院机械原理课程中融入虚拟仿真算法的教学改革自 2023 级开始，对比分析其相对于 2021 级和 2022 级学生在各知识模块的综合评价得分可知，学生的问题解决能力显著提升，同时解决该任务的平均耗时显著缩短。如图 2 所示，学生在速度分析模块的综合得分由 80.8 分提高至 85.8 分；在加速度分析模块的综合得分由 75.7 分提高至 78.2 分；在动力分析模块的综合得分由 73.8 分提高至 79.2。

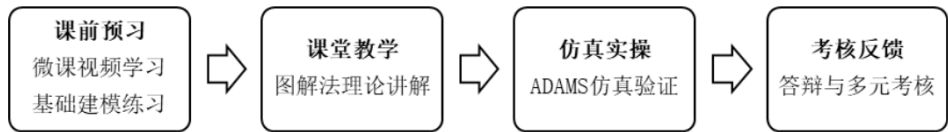


图 1 教学方案设计

表 1 小组答辩评价指标

评价标准	评价细则	权重
技术严谨性	ADAMS 参数设置合理性、实体机构与仿真数据偏差 $\leq 5\%$	8%
协作表现	组内任务分工合理性、答辩环节补位应答次数	5%
表达逻辑性	PPT 结构完整性、技术术语规范度	5%
知识迁移能力	对其他组方案的有效批判性次数	2%

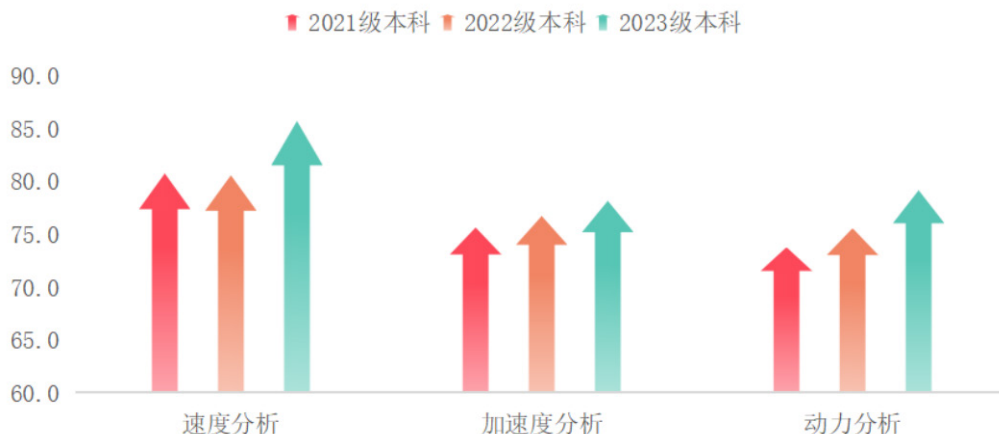


图2 各知识模块综合成绩对比

2. 对教师的作用与教学提升

教师通过该课程的虚实融合建设实践,教学能力与研究水平均得到了提升。首先,教师需要将ADAMS 仿真过程与理论教学深度融合,形成对比分析的教学模式,锻炼了教学设计能力。其次,学生反馈的数据能够帮助教师优化教学资源,推动教师从知识传授者向问题引导者转型。

四、结语

本研究以机械原理课程设计为例,借助 ADAMS 仿真软件和实体实验设备,搭建了“理论分析-仿真实操-优化改进”的教学方案。这种虚拟与现实结合的教学方式,不仅是适应教育数字化的必要选择,更能推动机械课程从单纯的知识传授转向实践能力培养,为培养懂理论、会操作、能创新的工程人才提供了可推广的教学模式。

参考文献:

[1]教育部,国家发展改革委,科技部,等.关于

加快推进教育数字化的意见[Z]. 2025-04-16.

http://www.moe.gov.cn/srcsite/A01/s7048/202504/t20250416_1187476.html.

- [2]于靖军,郭卫东,赵宏哲.依托机械原理课程,培养高阶思维能力[J].机械设计,2023,40(3):155-160.
- [3]孙桓,葛文杰.机械原理(第九版)[M].北京:机械工业出版社,2021.
- [4]宋媛媛.元宇宙视阈下高等教育数字化转型的内涵、困境与路径优化[J].教育理论与实践,2024,44(33):3-8.
- [5]杨平,张华明.ADAMS 在机械原理课程实践教学中的应用——以广东工业大学为例[J].现代农机,2025(2):110-112.
- [6]程诚,吴洪状,杨聪.“新工科”建设背景下“机械原理”课程的教学模式改革研究[J].装备制造技术,2023(9):102-104.
- [7]李峥,沈强,索双富.虚拟仿真技术在齿轮零件设计中的应用[J].实验科学与技术,2023,21(5):106-110.