

# 数智化工具在“工程力学”课堂中的应用研究

张兰芬

西南交通大学希望学院

**摘要:** 随着数字化和智能化技术的迅猛发展, 工程教育面临着新的机遇与挑战。工程力学作为工程教育的重要基础学科, 其教学模式的改革对提升学生的综合素质和创新能力具有重要意义。本文通过对工程力学课程各章节知识的解析与数智化工具的应用路径两个维度展开讨论, 将数智化工具融入各章节主要知识点, 并就实施路径从学校、教师、学生三个层面进行分析, 为在工程力学课堂上实现虚拟实验实时交互与静力学动画演示奠定基础。

**关键词:** 工程力学; 数智化工具; 应用研究

**【DOI】** 10.12252/j.issn.2096-6288.2025.07.183

## 引言

随着人工智能、大数据和虚拟仿真技术的迅猛发展, 教育领域正经历着深刻的数智化转型。习近平总书记在党的二十大报告中明确提出“推进教育数字化, 建设全民终身学习的学习型社会、学习型大国。”<sup>[1]</sup>2017年、2018年国务院和教育部分别印发了《新一代人工智能发展规划》和《高等学校人工智能创新行动计划》, 2021年12月联合国教科文组织发布《重塑全球教育互联互通宣言》<sup>[2]</sup>, 强调教育的数字化转型需要教学的创新和变革, 自此人工智能迅速成为高等教育改革的关注热点<sup>[3-5]</sup>。

工程力学作为一门基础性和应用性极强的学科, 肩负着培养学生分析与解决复杂工程问题能力的重任。自2016年“新工科”被正式提出以来<sup>[6]</sup>, “工程力学”教学中还存在以下主要问题: 学生在学习过程中理论与工程实际常常脱节, 缺乏与数学、物理、材料科学等学科的跨学科整合; 并且传统的讲授式教学模式限制了学生的主动性和创新思维, 缺乏对学生工程力学的实际应用能力的培养, 导致学生在学习过程中缺乏明确的工程目标, 难以理解学习的目的和意义。借助数智化工具, 可以推动工程力学课程内容的更新与整合, 使学生能够更直观、深入地掌握知识, 促进其在多学科技能的培养, 进而提升综合素质与创新能力。

## 一、需求调研

本次主要针对西南交通大学希望学院工程管理、工程造价专业在校学生进行问卷调查, 一共回收有效问卷110份。受访者已系统学习或正在学习工程力学课程。问卷聚焦工程力学教学模式改革需求, 从课程满意度、学习障碍、数智化工具应用及教学改革期待等维度展开分析。主要内容如下:

### (一) 现有课程学习体验

#### 1. 课程满意度

目前工程力学课程理论讲授清晰度(55.45%)、公式推导逻辑性(56.36%)均获得超半数学生的最高认可,

表明课程核心内容的教学效果突出。实践/实验参与感的满意度(47.27%)虽仍属较高水平, 但相较前两项低约8-9个百分点, 且部分学生(19.09%)期待更丰富的实践互动或实验设计优化。

基于调研结果发现学生对工程力学课程的整体满意度较高, 尤其在理论讲授与公式推导方面表现优异, 但实践环节仍有改进空间。

#### 2. 学习障碍

调查数据显示, 在工程力学的学习过程中, 高达75%的学生将“理论概念过于抽象”列为首要学习障碍, 这一比例显著高于其他障碍(计算过程繁琐(12%)、实验设备不足(8%)、学习兴趣不足(5%))。这一结果表明, 当前工程力学教学的核心痛点在于理论与工程实践的脱节。抽象的理论框架缺乏与实际应用场景的直观关联, 导致学生难以建立有效的认知连接。这种现象不仅降低了知识的吸收效率, 还可能进一步引发学生的畏难情绪, 形成“抽象—难懂—厌学”的恶性循环。

#### 3. 教学环节改革

在调研最需要改进的教学环节中, 超过六成受访者认为理论教学方法(如增加动画演示)(65.45%)、案例深度(如引入实际工程项目)(60%)和实验形式(如虚拟仿真替代传统实验)(62.73%)需要优先改进, 形成第一改进梯队。

### (二) 数智化工具认知与需求

就学生期待引入数智化教学功能版块, 虚拟实验实时交互以72.73%的比例成为最受期待的功能, 工程案例数据库紧随其后(64.55%), 两者均超过60%, 反映学生对实践操作和真实场景数据的高度需求。

在静力学章节, 在“传统板书推导、虚拟动画演示、小组协作解决实际案例”的教学方式中, 超过60%受访者选择虚拟动画演示, 显示动态可视化教学形式对抽象力学原理的阐释具有显著优势。

在材料力学实验部分，“纯实体实验、纯虚拟实验及虚实结合”三种实验形式中，超过70%受访者认为虚实结合（虚拟预演→实体验证→数据对比）是材料力学实验中最有效形式，反映出结合虚拟与现实操作的优势。

综上所述，目前工程力学课程理论教学虽获学生好评，但实践参与感不足，绝大部分学生反馈理论抽象难联系实际。学生期待的教学改革聚焦三大方向：改进理论教学（动态可视化）、案例深度（工程数据库）及实验形式（虚实结合），其中虚拟实验实时交互与静力学

动画演示验证数智工具在把抽象理论具象化的过程中起到关键作用。

## 二、数智化教学案例设计

为构建工程力学课程中“虚拟实验实时交互与静力学动画演示”的智能化教学体系，需深度融合多种软件，如 ABAQUS、ANSYS、MATLAB、Python、Unity 等搭建协同工作框架。

通过对工程力学课程各章节知识的解析与数智化工具的应用路径两个维度展开讨论，将数智化工具融入各章节主要知识点，如表1所示。

表1 数智化案例教学设计

教学章节	教学主要内容	数智化案例教学设计
静力学基础	静力学的基本概念、静力学公理、约束和约束力、物体的受力分析和受力图	约束类型可视化：利用3D建模工具（如SolidWorks、ABAQUS）动态展示固定铰支座、滑动支座等约束的受力差异。例如通过ABAQUS模拟悬臂梁受载时约束反力的分布变化。 静力学公理动态演绎：开发交互式动画演示二力平衡公理、力的可传性公理等。例如用Unity引擎模拟“三力平衡汇交定理”在不同空间布局下的适用条件。 受力分析实时反馈：基于MATLAB或Python搭建受力图绘制工具，学生拖拽力矢量时自动校验方向与作用线是否符合静力学公理。
平面基本力系	平面汇交力系合成与平衡的几何法、平面汇交力系合成与平衡的解析法、平面力对点之矩的概念及计算、平面力偶系的合成与平衡	平面汇交力系合成过程动态化：利用Unity引擎开发交互式动画，展示几何法中力多边形法则的动态构建过程。例如，通过拖拽矢量箭头实时调整分力大小与方向，系统自动生成合力矢量的合成路径。 解析法参数实时反馈：基于Python或MATLAB开发在线计算工具，输入分力投影后自动生成解析法计算步骤，并可可视化投影误差对结果的影响。 力矩计算三维可视化：通过SolidWorks或ANSYS创建可旋转的3D模型，动态展示力臂长度（d）与力矩方向的关系，结合力矩公式的实时数值标注（ $M = \pm F \cdot d$ ）。 力线平移定理动态演绎：利用Unity引擎开发交互式动画，演示力平移过程中附加力偶的形成原理，通过拖拽力矢量和调整力臂长度实时观察主矢与主矩的变化。
平面任意力系	力线平移定理、平面任意力系向一点简化、分布荷载、平面任意力系的平衡、平面平行力系的平衡、静定与超静定的概念	平面力系简化过程三维可视化：基于SolidWorks或ANSYS构建可旋转的3D模型，动态展示平面任意力系向一点简化时的主矢叠加过程与主矩分布特征，通过颜色映射技术标记不同分力对主矩的贡献比例。 分布荷载参数化模拟：在MATLAB中开发分布荷载动态加载工具，允许输入任意荷载函数（均布、三角形分布等），实时生成内力图并与理论解对比，直观展示荷载分布对结构平衡的影响。 利用有限元软件ANSYS与Python联动，构建超静定桥梁的参数化模型，输入荷载条件后自动生成力法方程并推荐最优解法。
摩擦	滑动摩擦、考虑摩擦时的物体平衡问题、滚动摩擦阻力的概念	摩擦方向可视化：利用SolidWorks或ANSYS建立三维模型，动态展示滑动摩擦中接触面微观形变对摩擦力方向的影响。 滚动摩擦阻动态演绎：基于Unity引擎开发交互式动画，展示滚动摩擦中接触面变形产生的等效阻力偶，通过调整滚珠轴承参数（如滚珠直径、材料硬度）实时观察力矩变化。 摩擦平衡实时计算：利用MATLAB或Python搭建摩擦平衡求解器，输入物体质量、接触面摩擦系数后，自动生成静摩擦与动摩擦的临界状态三维受力图，并标注最大静摩擦力与库仑摩擦力的转换阈值。
重心和形心	重心和形心的坐标公式、确定重心和形心位置的具体方法	基于ANSYS或SolidWorks构建参数化模型，实时演示形心坐标公式的积分计算过程。例如：通过调节梯形截面参数（上底a、下底b、高h），自动生成形心坐标公式推导动画，并标注积分公式 $\bar{x} = \frac{1}{A} \iint_A x dA$ 的运算步骤。 利用MATLAB开发交互式工具，输入任意多边形顶点坐标后自动生成形心位置，同步显示分割法/负面积法的分步计算结果。

拉伸和压缩	轴力及轴力图、横截面上的应力、拉压杆的强度计算、拉压杆的变形与位移、低碳钢和铸铁受拉伸和压缩时的力学性能、简单的拉压超静定问题	开发基于 Python 的交互式轴力图绘制系统，输入载荷分布后自动生成动态轴力图。通过参数化调节杆件截面尺寸，实时显示轴力分布变化，并标注危险截面位置。 开发 Unity 引擎驱动的材料试验模拟器，内置典型应力-应变曲线库。学生可交互调节加载速率，观察不同材料在拉伸/压缩时的颈缩、断裂等特征，同步显示弹性模量、泊松比等参数变化。 基于 BIM 软件，构建超静定桁架参数化模型。通过调节杆件刚度系数 (EA)，系统自动生成变形协调方程并推荐最优解。
扭转	扭矩和扭矩图、薄壁圆筒扭转时的应力和变形、圆杆扭转时的应力和变形、受扭圆杆的强度条件及刚度条件	开发基于 Python 的交互式扭矩图绘制工具，输入荷载分布后自动生成动态扭矩图，支持 3D 旋转观察与截面参数调节 (如圆杆直径、壁厚)。 基于 COMSOL 构建薄壁圆筒扭转参数化模型，通过滑动条调节壁厚比 (D/t)，实时显示剪应力分布与转角位移。设置异常参数预警 (如 $t/D > 1/10$ 时触发厚壁圆管算法切换提示) 搭建数字孪生系统，在实体圆杆表面布置光纤光栅传感器，实时采集扭矩-转角数据并映射至虚拟模型。设置破坏预警功能 (如当 $\tau / \tau_{max} > 0.8$ 时触发红色警报)
弯曲	剪力图和弯矩图、弯曲正应力、弯曲切应力、梁的强度条件、挠度和转角	开发基于 Python 的交互式剪力图/弯矩图绘制工具，输入载荷分布后自动生成动态内力图，支持实时调节梁长、截面尺寸等参数。 利用 ANSYS 构建参数化梁模型，通过滑动条调整截面高宽比 (h/b)，实时显示弯曲正应力 $\sigma_{max}$ 和切应力 $\tau_{max}$ 的分布规律，同步标注中性轴位置与最大应力点。 基于 MATLAB 开发梁挠度微分方程求解器，输入边界条件后自动生成转角 $\theta(x)$ 和挠度 $v(x)$ 的动态曲线。

### 三、实施路径

为了将数智化工具融入课堂，构建“虚拟实验实时交互与静力学动画演示”的智能化教学体系，学校、教师、学生应做好以下方面：

#### (一) 学校层面

学校需构建技术生态与制度保障，搭建 SolidWorks-ANSYS-ABAQUS 等联合仿真平台，部署相应的服务器集群；联合企业共建虚拟仿真实验室，引入并优化教学案例库，并通过云平台实现多终端资源同步，满足虚实数据交互需求，为教学体系提供硬件支撑与工程转化通道。

#### (二) 教师层面

教师应聚焦多模态课程开发与技术能力升级，掌握 SolidWorks 参数化建模、ANSYS 二次开发及 Unity 交互设计等技能，将理论知识点转化为三维可视化；同时创新评估体系，追踪分析学生注意力分布，结合 Python 脚本自动生成虚实数据偏差报告，实现精准教学反馈。

#### (三) 学生层面

学生需适应混合式的学习路径，课前完成虚拟预习，课中结合课本、老师讲授，同步操作数智化工具，开展“理论理解—工具实操—动态验证”的系统化学习，课后依托在线学习平台复习巩固，通过平台内置的题库、案例库深化知识掌握。此外，参与基础力学实验工具开发，借助数字孪生技术复现典型工程事故案例，在“理论建模—虚拟仿真—事故推演”的实践中强化理论应用能力与工程思维。

### 结语

数智化技术的迅猛发展为工程力学教学模式改革提

供了广阔的空间和可能性，教学革新需以“数字工具为杠杆，工程思维为内核”，在抽象理论与具象实践间架设可交互、可验证、可延展的新型教学方式。通过引入现代技术，构建适应未来需求的教学体系，同时应积极探索适合不同专业特点的工程力学教学新模式，以适应不断变化的工程教育需求，更好地培养具备创新能力和实践能力的工程人才。

### 参考文献

- [1] 习近平：高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告 [EB/OL]. (2022-10-25) [2023-02-09]. [http://www.news.cn/politics/2022-10/25/c\\_1129079429.htm](http://www.news.cn/politics/2022-10/25/c_1129079429.htm)
  - [2] 舒杭，顾小清. 数智时代的教育数字化转型：基于社会变迁和组织变革的视角 [J]. 远程教育杂志, 2023, 41 (2): 25-35.
  - [3] 赵长禄，尼古拉·克莱顿，裘新等. 数字时代教育变革与未来发展 (笔谈) [J]. 中国高教研究, 2024 (1): 15-22.
  - [4] 杨宗凯. 高等教育数字化转型的路径探析 [J]. 中国高教研究, 2023 (3): 1-4.
  - [5] 杨波，葛荣雨，王艳芳. 数智技术赋能课程改革的價值意蕴、基本取向与实施路径 [J]. 中国大学教学, 2024, (06): 55-61.
  - [6] 任毅如，方棋洪. 基于耐撞性的塑性变形教学改革. 力学与实践, 2023, 45 (5): 1154-1159.
- 基金项目：西南交通大学希望学院 2024 年校级质量工程与青年科研项目“数智化转型中的工程力学教学模式改革研究” (2024036)。