

智能 AI 赋能弹性力学课程教学的实践与探索

田志超 张艺博 李松哲 刘业娇

内蒙古科技大学矿业与煤炭学院 内蒙古 包头 014010

【摘要】：工科院校中除了经典力学（理论力学和材料力学）为基础外，弹性力学一般也是相关专业的核心基础课，由于其理论体系较为抽象，且数理运算较为复杂，要求学生具有较高的数学基础，进而使得传统的教学模式面临“教与学”的双重挑战。文章基于弹性力学教学现状，系统探讨 AI 智能技术在“概念具象化阐释、复杂问题求解、个性化教学引导”三大核心环节的应用路径。同时，基于教学现状及课堂反馈，采用 AI 技术提升弹性力学的教学质量，并针对当前类似课程中存在的适配性、主体性等提出优化方向，为工科基础课程的智能化教学改革提供实践参考。

【关键词】：弹性力学；智能 AI；应用路径；实践；探索

Practice and Exploration of Empowering Elastic Mechanics Course Teaching with Intelligent AI

Zhichao Tian, Yibo Zhang, Songzhe Li, Yejiào Liu

Inner Mongolia University of Science and Technology College of Mining and Coal Engineering, Baotou, Inner Mongolia 014010

Abstract: In engineering colleges, in addition to classical mechanics (theoretical mechanics and material mechanics), elasticity mechanics is generally also a core foundational course for related majors. Due to its relatively abstract theoretical system and complex mathematical operations, it requires students to have a high level of mathematical foundation, which further poses a "teaching and learning" dual challenge for the traditional teaching model. Based on the current situation of elasticity mechanics teaching, this article systematically explores the application paths of AI intelligent technology in the three core aspects of "concept visualization explanation, complex problem-solving, and personalized teaching guidance". At the same time, based on the teaching situation and classroom feedback, AI technology is adopted to improve the teaching quality of elasticity mechanics, and optimization directions are proposed for the adaptability and subjectivity issues existing in similar courses, providing practical references for the intelligent teaching reform of engineering basic courses.

Keywords: Elastic mechanics; Intelligent AI; Application path, Practice, Exploration

DOI:10.12417/2705-1358.26.03.009

1 引言

传统教学中，弹性力学课程多采用“板书推导+理论讲解”的模式，由于弹性力学课程内容以张量分析为主，结合偏微分方程为辅助计算工具，分析“应力状态分析”“弹性力学基本方程”“平面问题与空间问题求解”等重难点模块，使得学生陷入“听懂公式推导却不懂物理意义、会做课后习题却不会工程应用”的困境，造成学生对弹性力学的学习产生厌恶情绪，导致学习主动性与知识的转化率普遍较低。

由于科技和计算机的快速发展，以及智能 AI 技术的发展，智能 AI 技术为枯燥无味的基础学科的教学带来契机。通过智能 AI 技术与基础课程内容的深度融合，可实现“抽象知识具象化、繁琐计算智能化、学习过程个性化”的教学目标，助力学生突破传统学习瓶颈，培养其力学思维与工程实践能力。

2 智能 AI 技术在弹性力学应用场景分析

2.1 基于 AI 技术弹性力学概念具象化

弹性力学为工科专业基础课，以概念性强、理论抽象等特

作者简介：田志超（1981.10—），男，汉，山东省德州市，内蒙古科技大学矿业与煤炭学院/副教授，博士研究生，研究方向：矿山压力与岩层控制及巷道变形等。

项目基金：国家自然科学基金项目(52464019)，内蒙古自然科学基金项目(2024LHMS05031:内蒙古重点研发和成果转化计划项目(2025YFHH0034):内蒙古自治区直属高校基本科研业务费项目(2023QNJ095,2024QNJS044):2026年内蒙古自治区本科教育教学改革研究项目(编号 JGZD2026027, JGYB2026065):2025年度内蒙古科技大学教育教学改革研究重点项目(编号 JY2025009, JY2025019)。

点著称,使得学生产生厌学情绪。针对弹性力学中“应力张量”“应变能”“圣维南原理”等抽象概念,借助智能 AI 技术,通过多模态方式呈现背景,有效降低了学生对概念理解的难度。例如,上课过程中借助智能 AI 技术,采用有限元软件对“应力张量的对称性”进行分析,建立三维有效力学模型,以彩色云图动态展示各个截面的应力分布状态,同时同步标注应力张量矩阵的元素变化。这种“参数输入-动态演示-理论关联”的模式,将抽象的张量概念转化为直观的力学现象,帮助学生快速建立“数学表达式-物理意义-工程场景”的关联认知。

采用思维导图模式,以采矿为背景,安排学生利用智能 AI 技术构建弹性力学“知识关联图谱”可实现知识点的延伸拓展。通过思维导图能够清晰直观了解弹性力学课程内容分布形态,基于该模式还能系统的呈现其定义和基本方程,以及并通过思维导图形式展示知识点间的逻辑关系,助力学生构建系统化的知识网络。

2.2 基于 AI 技术弹性力学求解简化

借助智能 AI 技术可实现求解过程的智能化辅助,使得计算更为简单和精确。以“短纤维增强复合材料代表性体积单元 (RVE) 等效弹性模量求解”为例(工程核心痛点:复合材料 RVE 模型需考虑纤维体积分、长径比、取向分布等多参数耦合,传统有限元 (FEM) 需构建精细网格、施加周期性边界条件,单次计算耗时 3-8 小时,且参数调整后需重新计算;AI 代理模型可实现“训练后秒级预测”,精度与 FEM 高度一致)。

网络模型在训练过程中,模型参数和权重完成自动学习和调整。大量的数据能够使网络在迭代训练后掌握数据的特性,因此神经网络可以反映数据内部分布特性与规律,并对未来的结果有较为准确的预测能力。但在物理问题中,往往涉及多个变量函数的偏导数之间的复杂关系。一般的数据学习很难全面地反映问题真实的规律与特性。因此,借助物理驱动的方法控制网络的学习过程将更加有效。物理驱动能够结合深度神经网络的学习方式,并适应物理系统行为,以便更好地模拟、控制物理学问题的现象与规律。损失函数用于衡量模型的预测输出与真实标签之间的差距或误差,并作为优化算法的指导,通过最小化代价函数,使神经网络可以调整其参数,以改善预测结果。均方误差是一种用于度量模型预测值与实际观测值之间的差距或误差的损失函数。如图 2.1 所示。

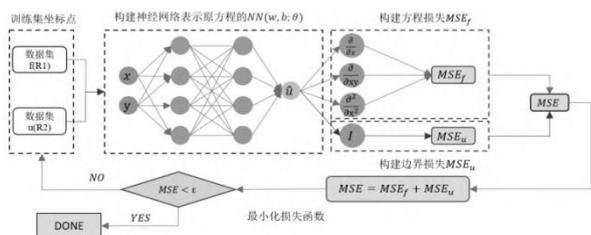


图 2.1 神经网络方法计算原理流程

通过图 2.2 对比,神经网络模型的求解结果与有限元的结果基本一致,图像趋势与有限元结果基本一致,最小化损失函数的误差范围控制在在 0.0001~0.00005 之间。

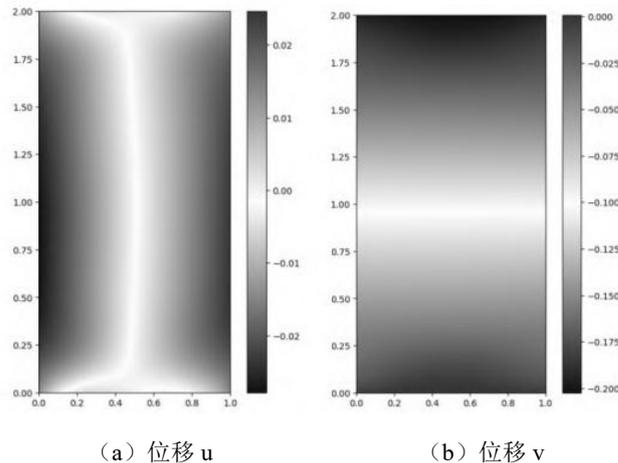


图 2.2 神经网络计算结果

但根据现有数值方法在求解弹性力学偏微分方程中存在的的关键问题与不足,结合神经网络模型的计算能力,构建了一种多任务神经网络的求解模型。该模型可以应用在弹性力学的求解问题中。借助二维算例验证了神经网络方法求解的有效性,通过对神经网络求解算法进行优化,能够得到合理的计算结果,如图 2.3 所示。同时,平台还会展示关键计算步骤的推导过程,如挠曲线微分方程的建立、积分常数的确定等,帮助学生理解数值计算与理论推导的内在联系。

面对工程中更为复杂的问题,例如“高层建筑基础与地基的耦合应力分析”,AI 系统可通过调用有限元分析库,实现多物理场耦合模拟,并对比不同计算模型(如弹性地基梁模型、实体单元模型)的计算结果,引导学生思考模型简化的合理性与适用范围,培养其工程问题的建模与分析能力。

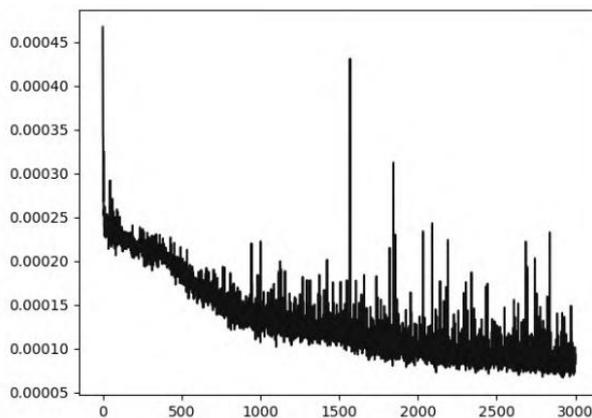


图 2.3 迭代损失曲线

2.3 基于 AI 技术弹性力学个性化教学

弹性力学教学方面，目前主要还是采用传统满堂灌以及多媒体 PPT 方式进行，创新性方面存在严重不足，基于机器学习算法，智能 AI 技术可以帮助学生在学习过程中进行深度分析，例如作业的完成情况、课堂互动、知识点的测试等等。另外，在智能 AI 系统中，发现某学生在“弹性力学变分原理”章节的测试错误率较高，且多次浏览该章节的基础概念视频，则会判断其“对变分法的数学基础与力学应用衔接不足”。针对这一问题，系统会推送“变分法核心思想微课”“弹性势能与变分原理的关联推导练习”等个性化学习资源，并设置阶梯式习题（从基础推导到工程应用），帮助学生逐步突破难点。

同时，AI 依托对学生作业质量、知识点测试正确率、学习时长分布、有限元模拟操作熟练度等数据的实时追踪，可精准动态调整学习进度。针对学习进度快、基础扎实的学生，推送弹性力学在智能采矿装备结构优化、采动冲击下巷道非线性弹性分析等贴合行业前沿的拓展内容，配套专业相关的模型构建要点与文献摘要，深化专业认知；针对进度滞后、存在知识漏洞的学生，提供采矿场景化复习提纲——如针对“应力张量理解不足”，以采矿巷道应力分析为核心梳理考点，搭配巷道应力计算例题解析，并嵌入即时答疑入口，帮助高效补漏的同时强化“弹性力学服务采矿工程”的应用思维，真正将“因材施教”理念落地到专业学习场景中。

3 基于 AI 技术弹性力学教学成果反思

3.1 教学实践效果分析

为验证 AI 辅助教学的成效，选取内蒙古科技大学智能采矿 24 级两个平行班开展对比教学：实验班采用“AI 辅助+传统讲授”混合模式，对照班采用传统教学模式，课程结束后通过多维度指标进行评估，结果如表 3.1 所示。

从表 3.1 呈现的数据可清晰看出，AI 辅助教学在弹性力学课程教学的多个核心维度均展现出显著优势，具体表现如下：
①课堂深度互动显著提升：实验班课堂上涉及知识本质、工程应用的深层次问题占比达 65%，较采用传统教学的对照班提升 35 个百分点，学生对课程的深度探究意愿明显增强；②概念理解清晰度大幅提高：结合课后访谈结果可知，实验班 88% 的学生能够结合采矿工程实例解释应力张量的物理意义，而对照班仅 55% 的学生能达成这一目标，AI 对抽象概念的具象化辅助效果凸显；③工程应用能力明显增强：实验班课程设计中融入采矿场景拓展、多方法求解优化等创新性内容的占比达 80%，是对照班的 1.7 倍，学生将理论知识转化为工程实践能力的水平提升；④自主学习主动性与互动频次显著提高：实验班学生每周自主学习平均时长为 4.5 小时，较对照班增加 2.7 小时；同时，实验班学期内小组讨论发起次数是对照班的 3.2 倍，学

习自主性与协作探究意识均得到有效激发。

表 3.1 弹性力学教学实践效果对比表

评估维度	实验班 (AI 辅助, 39 人)	对照班 (传统教学, 40 人)	差异 幅度
课堂深层次问题占比	65%	30%	+35%
概念理解清晰率 (访谈)	88%	55%	+33%
课程设计拓展 内容占比	80%	45%	+35%
自主学习平均时长 (小时/周)	4.5	1.8	+2.7
小组讨论发起次数 (学期)	32 次	10 次	+22 次

这些数据充分印证：智能 AI 技术可有效破解弹性力学传统教学的痛点，提升学生的知识掌握深度与工程实践能力，尤其契合采矿专业“理论联系工程”的培养需求。

3.2 实践教学中的问题反思

尽管 AI 辅助弹性力学教学在概念具象化阐释、计算效率提升及个性化引导等方面成效显著，但在采矿专业适配的教学场景来看，仍存在三方面核心问题制约其教学效能的充分发挥。

(1) 智能 AI 模型的专业适配性深度不足。在适配采矿工程相关的复杂弹性力学问题时，模型对专业领域的深度支撑能力有限，对非标准边界条件、特殊结构约束的识别能力也较弱，需教师额外介入修正，反而增加了教学环节的负担。

(2) 教学主体性平衡关系失衡。部分学生将 AI 工具异化为“结果生成器”，主动跳过弹性力学核心理论的手工推导环节，仅关注最终结果输出，导致对理论推导逻辑、关键概念内涵的理解流于表面，力学思维的严谨性与自主分析能力培养被弱化。

(3) 技术门槛差异加剧教学效果不均。AI 辅助工具的操作涉及软件参数设置、数据可视化分析等技术技能，而学生的计算机基础与技术掌握程度存在显著差异，导致部分基础薄弱的学生仅能完成“参数输入-结果获取”的浅层操作，无法借助 AI 工具深入探索弹性力学规律，错失深化知识理解的机会，进一步扩大了不同基础学生间的知识掌握差距。

4 结论

(1) 基于 AI 智能技术在弹性力学课程中的分析，通过概念具象化阐释、问题求解智能化辅助、个性化学习路径优化等创新应用，有效破解了传统教学中“抽象难理解、计算繁琐、

应用脱节”的痛点，显著提升了学生的知识掌握深度与工程实践能力。

(2) 目前 AI 智能技术在弹性力学课程中的应用还存在一

些问题，例如专业的适配性、教学主体性等问题，但结合自身 AI 技术的教学实践，能够为同类的教学提供一定的参考意义和价值。

参考文献：

- [1] 李传珍.人工智能时代的程序设计课程教学改革探索与实践[J].科技与创新,2021,(01):99-100+103.
- [2] 王迪.融合虚拟仿真技术的土力学实验教学探索与实践[J].山西青年,2024,(19):112-114.
- [3] 徐芝纶.弹性力学（第五版）[M].北京:高等教育出版社,2018.
- [4] 孙伟,周丽.虚拟仿真与 AI 融合的弹性力学教学模式创新[J].实验室研究与探索,2023,42(11):223-228.
- [5] 楚晓琳,王江盼,丁雪.基于 OBE 理念的机器学习基础课程教学改革探索[J].科教导刊,2024,(03):88-90.学报,2024,41(11):6261-6272.