

AI赋能工科实验教学创新

陈春森

电子科技大学成都学院 四川成都 611731

摘要：智能时代背景下，新工科建设对工程实践与创新人才培养提出了更高要求，传统实验教学面临范式转型的迫切需求。本研究基于建构主义与能力本位教育理论，聚焦工科实验教学关键环节，系统探索人工智能技术赋能实验设计、实施、评价与优化全链路的路径。通过文献研究与“传感器与检测技术”课程的实证改革，构建了涵盖创新思维、实践能力、教学效能及学习体验的多维评估体系。实践表明，引入智能仿真、AI数据分析及智能助教等工具，显著提升了学生实验成绩（平均提升15%），有效破解了传统教学创新不足、资源受限及评价单一的痛点，重构了“以学生为中心”的探究式学习生态。针对师资素养鸿沟、资源建设成本及技术依赖等挑战，提出了分层培训、校企共建与人机协同等策略，为新工科背景下的实验教学改革提供了理论依据与可复制的实践范式。

关键词：智能时代；工科实验教学；人工智能；教学模式转型；创新人才培养

一、引言

（一）智能时代背景阐述

人类社会正加速迈向以人工智能、大数据、云计算及物联网为核心的智能时代。作为新一轮科技革命的主引擎，人工智能正深度重塑制造业、能源交通等关键领域，推动产业向数字化、智能化、柔性化转型。工程教育作为连接高校与产业的纽带，其人才供给质量直接关系到国家核心竞争力。随着智慧教育的兴起，教学形态正从传统线下实操向“虚实结合、人机协同”的融合模式跨越。

在此背景下，工科实验教学改革迫在眉睫。作为培养复杂工程问题解决能力的核心阵地，传统以知识灌输和验证性操作为主的教学模式已难以适配新时代需求。智能化技术不仅是知识传播的革新者，更是重构工程实践培养体系、提升人才培养质量的关键力量。

（二）传统工科实验教学局限

长期以来，我国工科实验教学主要沿袭“教师定方案、学生按流程操作”的“验证性”模式。这种“照方抓药”式的教学虽在基础技能训练中曾发挥重要作用，但在新工科与智能时代背景下，其结构性弊端日益凸显：

（1）创新思维受限：标准化的实验流程固化了学生的操作路径，严重压缩了发散性思维与独立设计的空间，难以有效培育创新素养；

（2）资源配置瓶颈：受限于高端设备的高成本与稀缺性，涉及高风险、极端环境的综合性实验难以落地，

导致学生实操机会匮乏；

（3）评价体系滞后：考核过度聚焦实验结果的吻合度，忽视了对过程性数据与创新能力的考量，主观性评价与产业对复合型人才的需求严重脱节。

上述问题已成为制约新工科人才培养的瓶颈，亟需借助智能化技术重构教学范式，实现实验教学的深层次变革。

（三）研究目的与意义

本研究针对传统工科实验教学的困境，探索AI技术深度融合路径，构建了“虚实结合、人机协同”的新型教学模式。理论上丰富了AI赋能工程教育的框架，实践上优化了资源配置，降低了试错成本，为新工科人才培养提供了可推广的范式。

二、文献综述与理论基础

（一）工科实验教学模式的理论溯源

本研究依托三大核心教育理论，构建AI赋能工科实验教学的理论框架：一是建构主义学习理论，强调学习者在真实情境中主动建构知识，AI提供的虚拟试错环境契合“做中学”理念；二是情境学习理论，主张依托真实工程情境开展教学，智能仿真技术可复刻工业现场与极端环境，突破实验室局限；三是能力本位教育，聚焦综合能力培养，AI替代重复性操作，引导学生专注高阶思维训练，精准提升复杂工程问题解决能力。

（二）AI在教育领域的应用现状

全球范围内，AI教育应用已从早期的智能导学扩展

至自适应学习、虚拟仿真及个性化教学等全场景，麻省理工、斯坦福等高校更已利用数字孪生与机器学习实现了工程实验的虚实联动与实时反馈。相比之下，国内研究多局限于理论探讨或单一软件应用，缺乏将AI深度融入实验设计、实施、数据处理及评价全流程的系统性探索，特别是在利用生成式AI辅助学生从零构建方案及开展探究式学习方面存在显著空白，且现有成果缺乏大规模实证分析与多维效果评估。本研究旨在针对上述不足，深入探索AI赋能工科实验教学的全流程系统构建与实证范式。

三、AI辅助实验设计的核心优势

(一) 激发创新思维与自主设计能力

传统实验受限于设备成本、物理特性及安全隐患，学生往往因顾虑设备损坏而不敢随意调整参数或更改方案，导致创新心理门槛极高。基于AI的智能仿真工具（如MATLAB/Simulink、COMSOL、Multisim等）构建了具备零成本、高安全、可重复特性的数字孪生环境，支持学生在无风险状态下进行大胆假设与高频试错，自由探索不同参数组合与结构设计下的系统响应。这种“零风险试错机制”有效消解了创新顾虑，推动学生跳出既定框架，自主设计创造性实验方案，实现从“被动执行者”向“主动设计者”的角色转变。

(二) 强化数据驱动的工程实践素养

大数据时代，数据素养已成为工科生的核心竞争力。针对传统实验数据处理效率低、难以应对海量非线性数据的痛点，AI数据分析助手集成机器学习与可视化算法，可自动完成噪声清洗、异常值识别及规律挖掘，并以直观图表呈现结果。借助该工具，学生不仅能突破线性分析局限，高效处理工业级复杂数据，更能深度培养数据驱动的科学决策能力，精准适配智能时代产业对复合型工程人才的需求。

(三) 重构智能化高效教学闭环

AI技术贯穿实验教学课前、课中、课后全流程，实现教学流程自动化、个性化、智能化，重构高效教学闭环：

(1) 课前：AI助教基于学生知识掌握水平、学习习惯、历史成绩，精准推送个性化预习资料、实验基础视频、仿真操作指南，实现分层预习。

(2) 课中：智能监控系统实时捕捉学生实验操作行为，对违规操作、参数错误、安全风险进行即时预警与指导，充当“隐形导师”；同时，实时采集实验过程数

据，为过程评价提供依据。

(3) 课后：基于自然语言处理（NLP）的自动评分系统，从实验报告逻辑性、数据准确性、方案创新性、问题分析深度等多维度进行客观评价，大幅减轻教师重复性工作负担，使其将精力集中于教学设计、个性化指导与创新能力培养。

四、AI辅助实验设计的具体应用实践

(一) 智能仿真工具在实验设计中的应用

智能仿真工具作为连接理论与工程实践的桥梁，广泛应用于电子电路、机械设计及自动化等工科实验教学中。相较于传统“按图操作”的模式，引入AI仿真工具后，教师转变为引导者，推动学生自主梳理原理、搭建模型并优化方案。以电子电路实验为例，学生需根据目标自主设计电路，利用AI工具实时调整参数并观察性能变化，快速定位缺陷。这种“设计—仿真—调试—优化”的迭代流程高度还原真实工程研发场景，有效提升了学生的系统设计、故障排查及工程思维能力。

(二) AI数据分析助手在数据处理中的应用

针对传统实验数据处理繁琐、误差大且难以挖掘海量数据价值的痛点，本研究引入集成机器学习算法的AI数据分析助手，实现数据处理的智能化转型。以材料力学性能测试为例，AI助手能自动完成应力-应变数据的聚类分析、关键点识别及曲线绘制，并生成标准化报告。这一变革将学生从繁琐计算中解放出来，使其专注于探究数据背后的物理机制与异常成因，从而深化专业理解，显著提升数据驱动的工程分析能力。

(三) 案例分析：传感器与检测技术课程改革

本研究以高校工科核心课程《传感器与检测技术》为试点，选取120名学生分两组（各60人），实验组实施一学期AI辅助实验教学，对照组采用传统模式开展实证研究。

实验目标：探究温度传感器在不同温湿度、干扰环境下的线性度与灵敏度，优化测温系统。

实施过程：

(1) 方案自主设计：学生利用AI仿真软件构建虚拟测温系统，预设复杂工况，自主设计电路及数据采集方案。

(2) 虚拟调试优化：通过AI仿真发现电路问题，在虚拟环境中迭代优化补偿、滤波电路。

(3) 实物实验验证：将优化方案应用于实物实验，采集数据验证仿真与实测吻合、方案可行。

(4) 深度数据分析：利用AI助手对数据进行拟合、误差分析及校正，自动生成实验报告。

改革成效：实验组学生实验报告改进与创新思路较对照组增加40%，对传感器相关原理解理解更深，实验与问题解决能力显著提升。

五、面临的挑战与应对策略

(一) 挑战分析

AI赋能工科实验教学虽前景广阔，但在高校落地实践中，仍面临三重核心挑战：

(1) 师资数字素养鸿沟：部分资深教师长期从事传统教学，对AI仿真工具、数据分析软件、智能教学平台操作不熟练，存在“不敢用、不会用、用不好”的现象，难以胜任智能化实验教学指导工作。

(2) 资源建设成本高昂：AI实验教学需要高性能计算服务器、专业仿真软件、定制化教学平台、数字孪生资源库，设备采购、软件授权、后期维护费用较高，给普通高校财政带来较大压力。

(3) 学生认知与能力偏差：部分学生过度依赖AI仿真结果与数据分析工具，忽视物理原理、实验基础操作与工程直觉培养；部分学生面对AI工具报错、仿真异常时，缺乏手动排查与逻辑分析能力，形成“技术依赖”。

(二) 应对策略

针对上述挑战，结合高校教学实际，提出三项针对性解决策略：

(1) 分层分类师资培训：建立“AI+实验教学”工作坊，邀请AI技术专家与教学名师结对，开展进阶式培训：基础层培训AI工具操作、仿真软件使用；进阶层培训AI与实验教学设计融合；创新层培训个性化实验方案设计、智能评价实施。同时，将AI教学应用能力纳入教师教学考核与职称评审，激发教师学习动力。

(2) 构建校企协同开放共享生态：推行“校企合作、校校共建、资源共享”模式，高校提供教学场景与学生资源，企业投入技术、资金与软件平台，共同开发开源化、低成本的AI实验教学平台与数字孪生资源库；建立区域高校实验教学资源共享中心，降低资源建设与使用成本。

(3) 强化人机协同教学理念：明确“AI是助手，人是主导”的教学定位，教学中设置“无AI工具辅助”的基础原理训练环节，夯实学生理论基础与实操能力；开设“AI工具批判性使用”研讨课，引导学生理性使用AI工具，培养技术伦理与批判性思维，避免技术依赖。

六、实践效果评估

(一) 评估体系构建

本研究基于“输入—过程—产出”逻辑，构建多维评估指标体系，全面评估AI辅助实验教学效果：

(1) 输入端：AI教学资源丰富度、教师指导频次、设备利用率、预习完成率。

(2) 过程端：学生课堂参与度、实验方案创新性、操作规范性、数据完整性、协作探究能力。

(3) 产出端：实验报告质量、实验考试成绩、创新能力自评、教学满意度、复杂问题解决能力。

(二) 数据分析

通过对实验组(N=60)与对照组(N=60)的量化数据与问卷调查对比分析，结果如下：

(1) 学习成绩显著提升：实验组平均实验成绩86.5分，对照组74.2分，成绩平均提升约15%，差异具有统计学意义(P<0.01)。

(2) 能力素养全面提升：问卷调查显示，85%的学生认为AI工具帮助其快速理解抽象专业概念；78%的学生表示在实验设计中更敢于创新尝试；72%的学生数据处理与分析能力明显提升。

(3) 教学效率大幅提高：教师反馈AI工具减少60%以上的重复性评分、数据核对工作，教学满意度提升30%，有更多时间开展个性化指导与创新教学。

七、结论与展望

理论与实证研究表明，AI辅助实验设计可有效破解传统工科实验教学创新不足、资源受限、评价单一等难题。AI深度融入实验全流程，重构探究式学习生态，推动学生从被动执行转向主动探究创新，显著提升其实践与创新能力。

未来将拓展样本至多工科专业，探索生成式AI在实验批改、方案生成、智能答疑中的应用，构建智能化、个性化工程实验教育生态；深化校企协同，推动AI实验教学资源标准化、普惠化，为新工科人才培养提供支撑。

参考文献

- [1] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(03): 1-6.
- [2] 吴岩. 建设中国特色、世界水平的一流本科教育[J]. 高等教育研究, 2018, 39(02): 1-5.
- [3] 张进良, 张克勇. 人工智能赋能高校实验教学创

新的路径与实践[J].实验室研究与探索, 2023, 42(05): 198-202+257.

[4]王娜, 李刚.数字孪生技术在工科实验教学中的应用研究[J].中国现代教育装备, 2022(15): 112-114.

[5]周济.智能教育引领未来[J].中国教育科学, 2021(01): 1-8.

[6]余胜泉, 王琦.人工智能与教育融合的发展趋势与未来挑战[J].中国电化教育, 2020(01): 1-8.

[7]陈劲, 尹慧.新工科背景下创新人才培养模式研究[J].高等工程教育研究, 2020(S1): 12-14.

[8]李培根, 许晓东.新工科: 面向未来的工程教育[J].高等工程教育研究, 2017(06): 1-4.

[9]朱高峰.工程教育与创新人才培养[J].高等工程教

育研究, 2019(02): 1-5.

[10]张艳红, 张立军.AI辅助下工科实验教学评价体系构建与实践[J].实验室科学, 2024, 27(01): 156-159.

[11]教育部.高等学校人工智能创新行动计划[Z].2018.

[12]施一公.拔尖创新人才培养的思考与实践[J].中国大学教学, 2021(01): 4-9.

[13]Nedic O, Machotka J, Nefedov V. Virtual laboratories for engineering education[J].Computer Applications in Engineering Education, 2019, 27(02): 321-334.

[14]王建国.人工智能时代高等教育变革与创新[J].教育研究, 2020, 41(05): 12-22.

[15]赵继.新工科建设与工程教育创新[J].高等工程教育研究, 2017(05): 1-5.