

智能化实验教学平台助力高层次人才培养

李 萌, 雷长海, 胡 适*

中国人民解放军海军军医大学基础医学院, 上海

收稿日期: 2026年6月25日; 录用日期: 2026年7月22日; 发布日期: 2026年7月29日

摘 要

数字技术持续迭代推动高等教育实验教学开展数字化转型与模式革新。本文针对当前实验教学中存在的资源受限、内容固化、评价滞后等突出问题, 探讨以智能化平台助推实验教学改革的路径与实践。平台融合虚拟仿真、远程交互与人工智能技术, 构建了“虚实结合、人机协同”的教学新生态: 通过虚拟实验室实现个性化预实验与安全演练, 依托远程集中控制系统突破高危高成本实验的操作限制, 并借助AI辅助系统提供实时个性化指导与过程性评价。实践表明, 智能化平台不仅提升了实验教学的效率与安全性, 更重构了以学生为中心的学习模式, 有效促进了学生科学探究能力、创新思维及复杂问题解决能力的培养。该模式为大规模因材施教、精准对接产业需求、推动教育资源优质共享提供了可行方案, 对深化新医科建设、赋能高层次创新人才培养具有重要实践意义。

关键词

数字化转型, 实验教学, 教学改革, 虚拟仿真, 人工智能

Intelligent Experimental Teaching Platform Empowers Cultivation of High-Level Talents

Meng Li, Changhai Lei, Shi Hu*

College of Basic Medical Sciences, Naval Medical University, Shanghai

Received: June 25, 2026; accepted: July 22, 2026; published: July 29, 2026

Abstract

Digital technologies are driving the digital transformation and pedagogical innovation of experimental teaching in higher education. Aiming to address prominent problems in current experimental instruction-such as resource constraints, rigid course content, and delayed evaluation-this paper explores the pathways and practices of reforming experimental teaching through an intelligent platform. The

*通讯作者。

文章引用: 李萌, 雷长海, 胡适. 智能化实验教学平台助力高层次人才培养[J]. 教育进展, 2026, 16(7): 1856-1862.
DOI: 10.12677/ae.2026.1671568

platform integrates virtual simulation, remote interaction, and artificial intelligence technologies to construct a new teaching ecosystem. Virtual laboratories enable personalized pre-experiment preparation and safety drills, remote centralized control systems break the operational limitations of high-risk and high-cost experiments, and AI-assisted systems provide real-time personalized guidance and process-oriented assessment. The practice shows that the intelligent platform not only improves the efficiency and safety of experimental teaching, but also reconstructs a student-centered learning model, effectively fostering students' scientific inquiry ability, innovative thinking, and complex problem-solving skills. This model offers a feasible solution for large-scale individualized instruction, precise alignment with industrial demands, and high-quality sharing of educational resources. It also carries significant practical implications for deepening the construction of new medical education and empowering the cultivation of high-level innovative talents.

Keywords

Digital Transformation, Experimental Teaching, Teaching Reform, Virtual Simulation, Artificial Intelligence

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 实验教学平台智能化升级的背景

以生成式人工智能、大数据、云计算为核心的数字技术，正深度重塑高等教育的教学形态与人才培养模式。人工智能已从单一的工具型应用，演进为具备推理、生成、交互能力的认知辅助载体，为规模化个性化教学提供技术支撑。高等教育作为高层次人才培养的核心载体，实验教学是衔接理论知识、科研实践与行业应用的关键环节，其教学质量直接决定学生实操能力、创新思维与复杂问题解决能力的发展水平[1]。

正是基于技术变革的现实，人才培养的目标与模式也必须进行根本性的调整。它不仅是对未来的展望，而是当下必须付诸行动的实践纲领。人才培养工作须适应时代发展的新趋势，紧密结合现代化产业体系建设的实际需求，加快构建高质量的人才培养体系，为产业升级和创新驱动发展提供坚实的人才支撑和智力保障[2]。高等教育作为高层次人才培养的主阵地，必须主动融入数字化转型浪潮。智能化教学平台通过整合多模态数据、实现动态学习路径推荐，正重塑实验教学与理论授课的组织形态。特别是在医学教育领域，虚拟仿真、智能评估与实时反馈系统的融合应用，显著提升了实践教学的标准化与个性化水平，有效弥合了课堂教学与临床实践之间的鸿沟，为培养具备创新能力和复杂问题解决能力的复合型人才提供了有力支撑。同时，智能化平台为教育资源的公平配置与高效利用提供了技术路径，推动形成多地区协同的教育生态。在产教融合背景下，平台连接高校与产业前沿，实时对接技术变革需求，促进学科链、人才链与产业链深度融合。

国内外多所高校已开展虚拟实验室、远程实验系统、智能导学平台的建设与应用探索[3]。虚拟仿真技术可构建高仿真、可重复、零风险的实验环境，降低实验试错成本与安全隐患，目前已广泛应用于医学、化学、工科等高危、高成本实验场景[4]。远程交互实验技术依托网络与集中控制系统，实现实体实验设备的远程共享与协同操作，突破空间与设备数量限制，推动教学资源均衡配置。智能导师系统依托人工智能算法，实时识别学生操作行为、研判知识薄弱点，提供个性化答疑与学习指导，弥补传统课堂师生答疑不及时、个性化辅导不足的缺陷[5][6]。三类技术的融合应用，逐步形成新型实验教学生态，但

现有研究多聚焦单一技术的功能实现[7], 结合教学实践开展长周期实证分析、从教育理论层面解析育人逻辑的成果仍有待补充。本文基于本校智能化实验教学平台的试点应用实践, 结合教育理论与实证数据, 分析平台的设计逻辑、实施路径、应用效果与现存问题, 为同类院校实验教学数字化改革提供参考。

2. 实验课程现状与问题分析

在高等教育中实验课是培养拔尖创新人才、产出原创科研成果的基础。对于学生而言, 实验课的目的不再是简单重复已知现象, 而是训练其设计、探索、发现未知的科研本能。这是培养未来科学家和工程师核心创新能力的基础。强大的、前沿的实验教学体系是支撑一流学科发展的基础设施和人才培养摇篮。面向国家重大需求的实验课, 能让学生提前接触高复杂性、高精度、高成本的工程与科学问题, 培养其解决问题的实战能力。

但是前沿设备成本高昂、更新快; 部分实验需要在高危、极端条件实验下开展。往往会存在实验教学与快速发展的科研前沿脱节; 个性化、探究性实验对师资和资源投入要求极高的问题, 导致多数高校难以大规模开设。同时, 实验教学内容更新滞后, 难以动态融入最新科研成果与产业需求, 制约了学生创新能力的有效释放。师资力量集中于基础性指导, 缺乏对个性化探究的深度支持, 限制了拔尖学生的差异化发展。

此外, 大多数高端仪器设备数量有限、实验空间有限, 学生往往以小组为单位, 轮流操作, 学生其余时间以围观为主。多数学生实际动手时间被严重压缩, 实验变成“看实验”或“局部参与”。在此期间关键的仪器校准、故障排除、精细操作等核心技能无法通过充分练习掌握。学生被动跟随步骤, 缺乏自主设计与探索的空间, 批判性思维和解决问题的能力无从培养。

实验指导书步骤详尽, 参数固定, 预期结果明确。学生只需要按流程完成操作、填写标准化报告。这种高度结构化、验证性的实验多年不变。学生只需机械执行, 无需思考“为何设计此步骤”“如果改变参数会怎样”。科研是探索未知, 而教学实验却在重复已知。现实世界的科学和工程问题都是非结构化的。重复性训练无法培养学生定义问题、设计解决问题的能力。

实验教学的评价与反馈环节薄弱、低效, 未能形成促进学生能力迭代提升的“教学闭环”。过分注重实验报告格式、数据是否“漂亮”, 而非对过程的理解、问题分析的深度, 以及面对异常情况的思考。教师批改报告工作量大, 反馈往往迟延且流于形式, 无法针对个人提供即时、具体、可操作的指导。

以上实验教学中的困境, 本质上是工业化时代标准化培养模式与数字化时代对拔尖创新人才需求之间的深刻矛盾。有限的经费和师资被消耗在维持“高围观、高耗材”的低效能循环中, 而非投入到能产生更高价值的探究性、前沿性实验设计与指导中。

3. 实验教学平台智能化升级关键步骤

面对这些挑战, 智能化实验教学平台的出现为实验教学改革提供了新的思路 and 方向。通过融合虚拟仿真、远程交互与人工智能技术, 智能化平台能够打破传统实验教学的时空限制, 为学生提供更加丰富、多元的学习资源和实验环境。

3.1. 虚拟仿真实验室

课前, 学生通过配发的平板电脑和 AI 眼镜, 使用虚拟仿真软件, 在上课前自主完成实验课程的预习, 在虚拟实验室中可以实现个性化、可重复的预实验设计与训练, 有效降低了实际操作中的试错成本。极大地鼓励学生大胆尝试不同参数、不同路径甚至颠覆性的方案, 从“验证已知”转向“探索未知”, 培养科学探究精神。并且, 虚拟实验室不仅能模仿本节实验课的物理环境, 更能构建出该知识的来源和应用

的完整现实场景。通过情境重构，完成了从“知识点”到“知识生态”的闭环。

3.2. 远程交互

课中，依托总机集中控制系统，老师可远程操作实体设备，所有操作过程实时同步映射至虚拟实验界面，动态生成可交互、可调控的过程曲线，极大提升了教学的效率。大大地改善了学生围观仪器、无法实时观察机器运转的困境。大幅缩短了学生无效等待的时间。并且，总机集中控制系统及其代表的远程实控教学模式，它通过技术架构的创新，重新定义了实验教学的教学模式。可以让教师操控以前不能接触的高危、高成本或前沿科研设备成为可能，帮助学生学习最前沿的实验仪器，打破空间与距离限制。学生在安全环境中远程操作，既保障了人身安全，又提升了设备使用效率，使稀缺资源得以向更多学习者开放，推动教育公平。技术赋能下，实验教学从封闭走向开放，从单一走向多元，真正实现因材施教、个性发展。

3.3. AI 赋能

课程全过程中，搭建 AI 辅助教学平台，AI 平台可自动识别学生当前所处的实验阶段，正在操作的设备、界面显示的实时数据曲线，甚至学生最近的操作历史。学生可以通过语音、文字或直接圈选界面上的异常曲线区域进行提问。提供了即时支持环境。所有学生与 AI 的问答记录，会形成高频问题热力图和知识薄弱点分布图，实时呈现给教师。教师从而能把握全班共性困惑，在集中讲解时有的放矢。学生的问题被及时回应，保护了学生的好奇心和探索欲，使实验课真正成为自主探索的过程。无论学生水平高低、问题基础或前沿，AI 都能提供匹配其当前认知水平的解答，实现了在传统课堂上无法实现的全员个性化即时辅导。教师得以从重复性、基础性的答疑中解放出来，将更多精力投入于组织深度讨论、引导学生进行批判性思考、观察并指导学生的综合科研素养。

4. 智能化平台教学应用案例

4.1. 研究设计

选取本校基础医学院 2024 级临床医学专业两个平行班级开展对照实验，试点课程为质谱仪原理与应用实验，该课程所用质谱仪单价高、参数调节复杂、设备台数少，传统教学中学生实操时长不足，图谱解读训练不充分，适合依托虚拟仿真 + 远程控制模块开展教学。每班 15 人共计 30 名学生，两组学生前期课程成绩、实验基础无显著差异。研究周期为 8 周，每门课程各开展 4 次实验教学。研究工具包括：课程前后测试卷、平台后台数据统计系统、《学生学习投入与满意度调查问卷》、教师半结构化访谈提纲。

对照组：采用传统实验教学模式，线下实体实验+纸质实验报告考核；

实验组：采用智能化实验教学平台开展混合式实验教学。课程教学流程分为课前、课中、课后三个阶段，全程依托智能化平台开展，具体实施流程如下：

课前教师在平台发布学习任务、虚拟实验资源与安全规范文档。学生通过平板登录虚拟仿真实验室，完成三项任务：学习质谱仪离子源、质量分析器、检测器等结构与基础原理；反复开展虚拟仪器参数调试、真空系统检查、设备启停等操作；自主修改电离电压、扫描范围等核心参数，观察质谱图谱变化，记录参数与图谱特征的关联；完成平台内置预习小测，系统自动研判预习效果，针对错误知识点推送专项讲解视频。此阶段依托虚拟环境完成基础操作训练，减少实体实验耗时。

课程中教师通过远程集中控制系统操控实体质谱仪，设备运行画面、实时质谱图谱同步至所有学生终端，讲解标准操作流程、关键控制点、常见故障与图谱识别要点，全体学生同步观察，无视觉盲区。学

生通过远程终端操控实体设备，完成标准化样品检测流程。实验过程中，学生遇到操作问题、图谱异常可随时向 AI 助手提问，AI 根据学生能力层级提供提示性解答，不直接给出答案，引导自主思考。教师依托学情报表，针对全班共性问题集中讲解，重点指导开展创新探究的学生。

课后学生登录平台回看实验操作录像，结合 AI 生成的个人操作报告，梳理自身操作失误与知识漏洞；平台推送不同类型质谱仪器拓展虚拟实验，供学有余力的学生自主探究。学生在线提交电子实验报告，AI 初步完成格式、数据规范性审核，教师重点批改图谱分析与探究内容，大幅降低基础批改工作量。

4.2. 结果分析

① 学生实验能力前后测对比

对比两组学生课程前后成绩，结果如表 1 所示。课程前，对照组与实验组理论成绩、实操成绩无统计学差异；经过 8 周教学后，实验组理论平均分、实操平均分均显著高于对照组($P < 0.01$)。其中实操成绩提升幅度更大，说明智能化平台通过反复虚拟训练、远程实操，有效提升了学生仪器操作与图谱解读能力。

Table 1. Comparison of pre- and post-test scores for the two groups of students in the experimental course (mean $\pm$ SD, full score 100)

表 1. 两组学生实验课程前后测成绩对比($\bar{x} \pm s$ ，满分 100 分)

组别	人数	前测理论	前测实操	后测理论	后测实操
对照组	15	72.3 $\pm$ 4.2	70.1 $\pm$ 5.1	78.5 $\pm$ 3.8	76.2 $\pm$ 4.5
实验组	15	71.9 $\pm$ 4.5	69.8 $\pm$ 4.8	85.2 $\pm$ 3.2	84.7 $\pm$ 3.9

② 平台后台客观数据统计

平台后台对实验组学生学习行为数据进行统计：单节实验课学生平均有效实操时长由传统模式的 12 分钟提升至 42 分钟；人均虚拟实验重复尝试次数达 6.3 次，78% 的学生主动修改实验参数开展探究性尝试；AI 问答人均 4.1 次，问题涵盖操作技巧、原理理解、异常图谱分析等多个维度，学生主动探究意愿显著提升。数据显示，平台有效延长了学生实操时长，激活了自主探索行为。

③ 问卷调查结果分析

发放问卷 30 份，回收有效问卷 30 份，有效回收率 100%，调查维度包括学习投入、学习满意度、能力提升感知，核心统计结果如下：86.7% 的实验组学生认为实验课注意力集中度、主动思考频次明显提升；仅 31.1% 的对照组学生表示在传统实验课中能够全程深度参与。实验组学生对教学模式满意度达 91.1%，认可虚拟预习、AI 答疑、远程实操等功能的实用性；主要正面反馈集中在“实操机会变多”“问题能及时得到解答”“敢于尝试新的实验方案”。88.9% 的学生认为自身实验操作能力、图谱分析能力、问题解决能力得到明显提升；82.2% 的学生表示愿意在后续课程中继续使用该平台开展探究性实验。

④ 师生访谈结果分析

对两门课程共 4 名授课教师、2 名实验技术员开展半结构化访谈，核心结论如下：教师反应 AI 答疑、报告初筛、数据统计等功能替代了大量重复性工作，课后报告批改时长减少 50% 以上，可将更多精力投入实验设计、思维引导与拔尖学生指导。

5. 实验教学平台升级在现代教学中的意义

5.1. 对学习模式的重构

实验平台的升级，将教学从传统、孤立的实验室环境转向高度数字化、互联化、智能化的综合教学

环境的演进。升级后的平台允许学生先进行模拟预演和参数调整,再进行实体实验,将重心从操作步骤转移到实验设计、问题解决和数据分析上,培养真正的科学探究能力。智能平台能记录每个学生的操作数据、耗时和错误点。系统可以自适应推送针对性学习资源、提示或拓展挑战,支持学生按自己的节奏和兴趣深入学习。教师从“知识的传授者”和“操作监督者”转变为“学习的设计者、引导者和数据分析的协作者”。他们能借助平台数据,更早发现学生的共性难点,进行精准干预。

5.2. 精准对接未来产业与新质生产力发展需求

智能制造、数字孪生、人工智能研发等未来产业的核心工作模式,正是基于高度数字化的协同平台。学生在校期间就在类似环境中学习,实现了“教学场景”与“工作场景”的融合。学生的融合性创意,可以在平台上经历虚拟验证-细节设计-仿真优化-实体制作的完整创新链条。平台大大压缩了从创意到原型的路径,极大激发创新热情。

5.3. 资源最大化

通过高精度虚拟仿真,将百万级别的扫描电镜、质谱等精密仪器的核心功能以虚拟形态融入教学流程。每个学生都能在自己的终端上进行原理学习、操作演练和样品模拟测试,掌握其核心功能和操作逻辑,降低认知和技术门槛。通过远程交互软件,改变传统教学中排队看讲解的现状,所有学生拥有同等的学习条件,个人能力和创造性成为评价的核心标尺,而非其所属实验室的硬件条件。教学资源最大化通过智能化平台的协同共享机制,优质教学资源得以突破时空限制,在虚拟与现实融合的教学场景中实现动态流转与高效配置。课程内容经数据化重构后,形成可迭代的知识图谱,支持学生个性化学习路径的智能推荐。实验教学模块借助虚拟仿真技术,使高成本、高风险的操作训练转化为沉浸式、可重复的数字体验,极大提升了培养效率与质量。教师从知识传授者转型为学习引导者,依托平台数据分析精准掌握学情,推动教学决策科学化。资源使用过程中产生的反馈数据反哺内容优化,形成“教-学-评-改”闭环生态,真正实现以学生发展为中心的教育目标。智能化平台推动教学评价体系革新,实现全过程、多维度。

5.4. 激发学习热情和创造力

创造性需要快速验证想法,学生在调整参数后,结果不再是一堆枯燥的数字,而是即时的动态图像、曲线或三维模型。AI甚至能提示参数之间的隐藏关联,或指出“异常但有趣”的数据点,引导学生发现未曾预料到的规律。强大的分析工具能帮助学生从数据中挖掘出更深层的信息。一次普通的实验,可能因为异常的数据点,启发出一个全新的研究问题。创造性从“解决问题”延伸到了“发现新问题”。

6. 讨论与展望

传统实验教学受硬件资源、教学模式、评价体系等多重因素制约,难以充分发挥人才培养价值。本文所构建的融合虚拟仿真、远程交互、人工智能的智能化实验教学平台,立足本校医学实验教学实际,通过两门试点课程的完整应用与实证检验,证实该平台可有效提升学生实验能力与学习投入度,降低教师重复性工作负担。

智能化实验教学平台的构建与应用,通过数字孪生与远程实控突破了时间、空间与成本的限制,使高危、高成本的前沿实验得以普惠化开展,更借助AI驱动的即时反馈与动态路径推荐,构建了高效的学习环境。这促使教师的角色从知识传授者转型为学习设计者与引导者,使教学重心真正回归到学生科学思维、创新能力和复杂问题解决能力的培养上。智能化平台的建设不仅是教学手段的升级,更是教育理念与人才培养范式的系统性重构。在肯定平台应用价值的同时,也需正视虚拟仿真真实度不足、算力成

本偏高、技术依赖、数据安全等现实挑战。唯有坚持技术服务教学核心理念,持续迭代平台功能、优化虚实融合教学模式、完善配套管理制度,才能让数字化技术与实验教学深度融合。未来仍需开展更长周期、更大样本的跟踪研究,不断探索适配不同学科、不同层次学生的智能化实验教学方案,持续深化高等实验教学改革,助力高层次创新人才培养。

参考文献

- [1] 许慧. 基于智能化与数字化技术的实验课程教学实践[J]. 集成电路应用, 2024, 41(3): 290-291.
- [2] 龚旗煌. 走好新时代高水平人才自主培养之路的思考与实践[J]. 国家教育行政学院学报, 2022, 293(5): 3-8, 85.
- [3] Li, J. and Liang, W. (2024) Effectiveness of Virtual Laboratory in Engineering Education: A Meta-Analysis. *PLOS ONE*, **19**, e0316269. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0316269>
- [4] 徐曦, 甘英华, 张驰, 王宇, 郭凤起, 龙麒妃. 虚拟仿真融合人工智能技术赋能新工科教学模式创新探索[J]. 教育进展, 2026, 16(1): 1021-1028.
- [5] 王玲玲, 梁勇, 王宏. 控制类专业基础课虚拟实验的建设及应用[J]. 实验科学与技术, 2025, 23(2): 114-122.
- [6] 孙一翥, 崔宝凯. 人工智能驱动的微生物学实验教学模式创新与评价体系构建[J]. 微生物学通报, 2025(12): 5934-5947.
- [7] 仲慧, 王晓龙. 基于建构主义的电磁场虚拟仿真实验教学设计与实践[J]. 高教学刊, 2024, 10(29): 111-115.