

仿真与人工智能技术赋能模电实验教学改革初探

韩绍程, 郝建新, 李德兴, 韩 征

中国民航大学工程技术训练中心, 天津

收稿日期: 2026年9月12日; 录用日期: 2026年10月14日; 发布日期: 2026年10月20日

摘 要

模电实验是电子信息专业培养学生实际动手和工程实践能力的核心基础实验课程。针对传统模电实验教学中存在的突出问题, 本文探索将仿真技术与人工智能(AI)技术有效融入模电实验教学全过程的改革与实施路径。构建“仿真 + AI”协同赋能教学模式, 覆盖模电实验课前、课中、课后三个环节, 形成持续改进的完整教学闭环。教学实践证明, 改革有效提升了学生的自主学习兴趣、实验操作能力和工程创新思维, 为电类基础实验教学的数智化转型提供了可推广的实践方案。

关键词

模电实验, 仿真技术, 人工智能, 教学改革, 协同创新

The Preliminary Exploration of Simulating and AI Technologies in Empowering the Reform of Analog Electronics Experiments

Shaocheng Han, Jianxin Hao, Dexing Li, Zheng Han

Engineering Technology Training Center, Civil Aviation University of China, Tianjin

Received: September 12, 2026; accepted: October 14, 2026; published: October 20, 2026

Abstract

Analog electronics experiment courses are core foundational courses in electronics and information technology programs designed to cultivate students' hands-on and engineering practical skills. Addressing the prominent issues in traditional analog electronics experiment teaching, this paper explores strategies and implementation pathways for effectively integrating simulation technology

and artificial intelligence (AI) technology throughout the entire teaching process. A “simulation + AI” collaborative teaching model was developed, covering the pre-class, in-class, and post-class phases of analog electronics experiment courses, thereby forming a complete, sustainable teaching loop. Teaching practice has demonstrated that this reform has effectively enhanced students’ interest in independent learning, their experimental skills, and their engineering innovation thinking, providing a replicable practical solution for the digital and intelligent transformation of electronics foundational experiment courses.

Keywords

Analog Electronics Experiment, Simulation Technology, Artificial Intelligence, Teaching Reform, Collaborative Innovation

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. 引言

模拟电子技术实验(以下简称“模电实验”)是电子信息、电气、自动化类专业的核心基础实验课程,其具有应用性、工程性、实践性强等特点,对培养学生电子技术动手实践能力和工程思维具有至关重要的作用[1][2]。该课程要求学生掌握晶体管分立元件和集成运放应用电路相关核心知识,并能通过动手搭接、测试实际电路,实现理论联系实际和提升工程实践能力。然而,随着电子技术的快速发展和工程教育认证的深入推进,传统模电实验教学模式在实验内容、教学手段、评价方式等方面的局限性日益凸显,亟须进行系统性改革[3][4]。

电路仿真软件和远程在线实验技术的日趋成熟,为突破传统实验的时空限制提供了有效支撑[2][5]。与此同时,随着人工智能(AI)、大数据等新一代信息技术迅猛发展,高等教育范式正经历从“经验驱动”向“智能驱动”的深刻转变。AI技术在智能识别、数据分析、虚拟现实等领域的突破,为实验教学改革提供了技术支撑和创新契机[6]-[8]。

本文立足我校模电实验教学改革的实际需求,系统探索仿真与 AI 技术协同赋能模电实验教学的路径与方法。首先分析了传统模电实验教学中存在的实际问题,其次从 Multisim 软件仿真、远程在线实验和 AI 技术三个维度阐述其应用于模电实验教学的优势,在此基础上构建“仿真 + AI”协同教学模式,最后结合本校教学实践情况,对课程改革成效进行分析与反思,以为同类实验课程教学改革提供可行参考方案。

2. 传统模电实验教学问题分析

随着新技术的不断革新和人才培养目标的逐步提升,传统模电实验教学模式的局限性主要存在以下几个方面的问题。

第一,实验内容低阶与设备资源受限。传统模电实验教学内容以验证性实验为主,综合性、创新性实验项目较少,学生系统思维训练不足。同时,实验室设备及空间有限,严重影响学生的学习体验。

第二,教学模式固化与互动性不足。传统教学多采用“教师先讲解理论、演示操作,学生再按步骤完成实验”的流程,学生较为被动,缺乏主动思考和解决实际问题的能力。在学时受限、师生比承压的情况下,如果学生实验预习工作不充分,会导致课内实验进度受阻。此外,课堂互动形式单一,学生学

习积极性有待提高。

第三, 评价体系单一与反馈迟滞。传统实验课程一般只通过考试成绩、作业完成情况等评价学生学习效果, 对学习全过程的统计和评估不够全面。评价反馈存在明显的迟滞性, 学生难以及时了解自身学习情况, 无法根据评价结果及时调整学习策略。

3. 仿真与 AI 技术在模电实验教学中的应用优势

虚拟仿真和 AI 技术作为新一代信息技术的产物, 在电类实验教学中展现出巨大的应用潜力。虚拟仿真技术可以创建虚拟实验环境, 让实验操作突破时空限制, 提升实验学习效果。AI 技术则通过智能识别、数据分析和自适应推荐等能力, 为实验教学提供个性化、智能化的教学支撑。

3.1. Multisim 软件仿真

Multisim 作为功能强大的电路仿真软件, 被广泛应用于模拟电子技术理论及实验课程教学中, 其核心优势在于能够构建高度逼真的软件虚拟实验环境, 支持从原理图绘制、参数设置到电路瞬态特性分析的全流程仿真。针对模电实验教学, Multisim 工具软件可用于课前的实验预习或电路设计前的功能验证, 通过图形化结果激发学生学习兴趣, 优化电路参数选择方案, 帮助学生加深对元器件特性及复杂电路工作原理的理解, 提高电路仿真故障诊断能力, 为后续开展综合性、设计性实验奠定坚实基础。

3.2. 远程在线实验

远程在线实验是通过互联网实现对实验设备的远程访问和控制, 它可以作为线下课堂硬件实验的重要补充, 使学生可以在任意时间、地点通过浏览器完成电路参数选择、信号输入设置、波形采集等远程硬件实验操作。与 Multisim 相比, 远程在线实验更接近真实实验环境, 能够保留仪器延迟、噪声、元件偏差和测量误差等因素; 与线下实验相比, 远程在线实验突破了固定课时和场地的限制, 适合用于课前实验预习、课后实验复测及补做训练、完成拓展实验项目挑战等。远程在线实验并不替代线下接线和仪器操作, 而是把有限的线下课时释放给更有价值的实验讨论、诊断和设计等活动。

3.3. AI 技术在模电实验中的应用

1) AI 助教: 分层答疑与实验过程陪伴

AI 助教是大语言模型在实验教学中最容易落地的应用形态。在模电实验教学中, AI 助教智能体可以给学生提供“启发式”全过程导学陪伴。例如, 可以在课前帮助学生理解实验任务、解释关键概念、推荐个性化学习资源; 在课中辅助学生梳理电路故障排查思路、提醒仪器操作注意事项、完成高阶任务设计; 在课后帮助学生检查实验报告逻辑、归纳误差来源和提出改进方案。与传统搜索引擎不同, AI 智能助教能够围绕学生提出的具体实验问题展开多轮对话, 适合支持基础不同的学生进行分层学习。不过, 教师设计 AI 助教时需要注意边界条件的设置, 不能让其直接给出完整答案, 削弱学生的独立思考过程和能力。

2) 多维图谱: 连接知识、问题与能力

模电实验涉及的知识点并不是孤立存在的。如果教学只按实验项目顺序推进, 学生容易把每次实验当作独立任务, 难以形成知识网络。多维图谱可以把课程知识点、实验任务、典型电路、仪器操作、常见错误、知识和能力目标等组织成结构化关系。例如, “共射极放大电路”可以关联静态工作点、交流等效模型、耦合电容、电压放大倍数、截止失真、饱和失真等知识和技能节点。

多维图谱的意义不只在于给学生展示清晰的“知识 - 问题 - 能力”映射关系, 更在于支撑 AI 助教和学情分析。例如, 当学生在 AI 助教中频繁询问“为什么输出削顶?”“为什么静态电压不对?”“为什

么仿真和实测差别大？”等问题时，系统可以把这些问题映射到静态工作点、器件参数离散性、仪器接地、输入幅值过大等节点，便于教师及时掌握个人及班级学情，有的放矢地调整教学重点及策略。

3) AI 实践：增强交互与过程智慧评价

AI 技术在模电实验的课堂互动和教学评价环节同样能够发挥重要作用。在课堂互动方面，AI 技术能够将传统实验教学形式由“被动操作”转变为“主动探索”的实践过程。教师可以在课前、课中、课后不同教学环节中，针对具体实验预习、实操、作业等学习任务开发不同难度的 AI 实践案例并发布，让学生能够充分参与交互式学习活动，提高实验学习积极性和体验感。AI 还可以将学生在实验过程中遇到的常见问题、典型故障等实时汇总并反馈，形成个人和班级的学情反馈报告，帮助教师快速定位实验共性问题并进行集中讲解，使课堂互动更有针对性。

在智慧评价方面，借助 AI 技术，教学平台可以自动采集学生的预习完成度、仿真操作时长、实验操作记录、实验报告规范性等多模态学习数据，结合知识图谱对学生的知识、能力水平进行综合评定，形成实验全过程动态评价体系，以达成“以评促学、以评促教”的良性循环和以数据为驱动的精准实验教学。

4. 模电实验“仿真 + AI”协同教学模式的构建与实施

课程组构建“仿真 + AI”协同实验教学模式，该模式在 OBE 教学理念的引领下，以“虚实结合、数据驱动、智能评价”为核心特征，基于 Multisim 软件仿真、远程在线实验平台构建虚实结合的实验环境，以 AI 助教、多维图谱、AI 学情诊断、交互式 AI 实践构建数智化教学实施支撑体系，覆盖课前、课中、课后实验教学全流程。在该教学模式下，仿真技术能够使学生在虚拟仿真和远程实验环境下完成电路设计、参数调试和故障排查，AI 技术可以为学生提供全天候、智能化、个性化的教学服务支撑。这两种技术的协同应用，使得实验教学过程从传统的“教师讲 - 学生做”转变为“智能诊断 - 自主预习 - 交互实操 - 智能评价 - 持续改进”。下面将结合具体实验案例，分阶段对教学实施过程进行说明。

4.1. 课前：AI 诊断与仿真预习

课前教师根据课程培养目标及教学大纲要求，基于超星学习通教学平台构建本课程的知识、目标、问题多维图谱，并针对每个实验项目上传微课视频、仿真案例、测试题库、扩展阅读等学习资源。学生登录学习平台后，系统根据多维图谱展示相关实验项目所涉及的知识点及其关联学习资源，引导学生按照推荐路径完成实验预习。AI 学情分析系统实时采集学生的预习数据，生成个性化诊断报告，让教师精准掌握班级或个体学生课前预习情况，从而实现从“经验驱动”向“数据驱动”的备课转变。图 1 为课中实验 3 预习测试作业学情分析部分截图。

学生在完成理论知识预习后，可以选择利用 Multisim 软件或远程在线实验平台，对实验电路进行仿真预习。以“比例运算电路”实验为例，学生在远程在线实验平台中搭建电路，调整输入信号设置，观察输出波形，测量电压放大增益等性能指标，如图 2 所示，使学生提前了解电路功能和实验现象，验证电路设计及参数选择的正确性，并初步掌握常规仪器的使用方法。学生在仿真过程中遇到的疑问，可以通过 AI 助教获得即时解答，最后在教学平台中提交仿真预习报告，作为过程性评价的一项重要内容。

4.2. 课中：自主探究与交互实操

线下课堂是实验教学的核心环节，其主要目标是让学生通过实物电路设计、搭接、测量，实现理论联系实际，从而提升动手实践和工程能力。AI 技术的融入，让模电实验课堂发生了根本性变革。下面以课中测试准备、故障排查、实测监督、仪器规整等几个典型教学场景为例，详细介绍 AI 技术如何真正赋能模电实验课堂学习过程，具体见表 1。

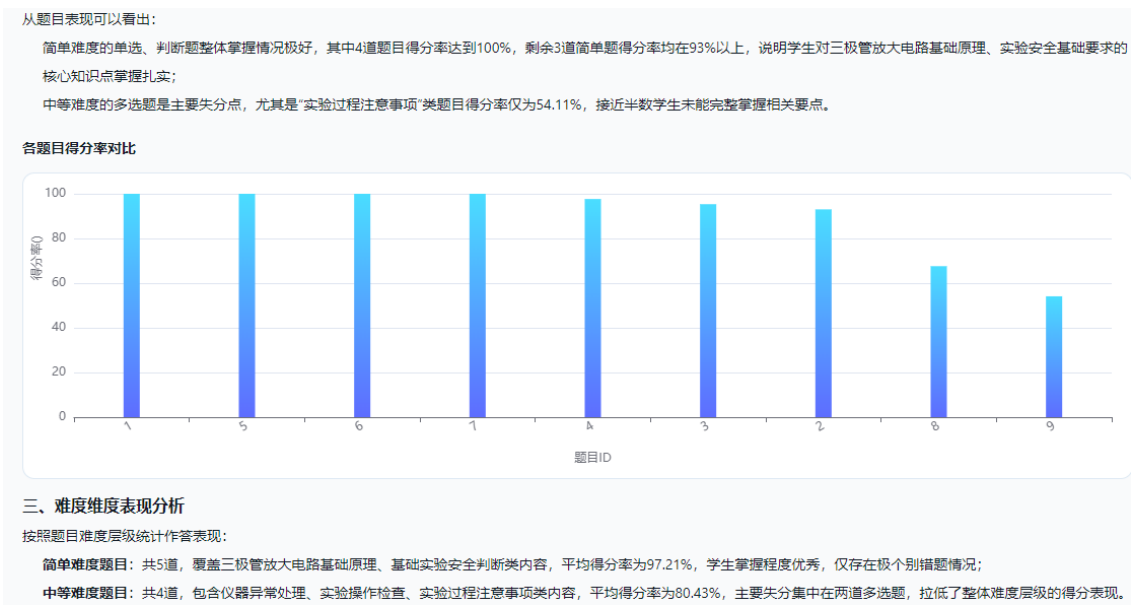


Figure 1. Selected screenshot of the student’s Performance analysis from experiment 3 preview test assignment
图 1. 实验 3 预习测试作业学情分析部分截图

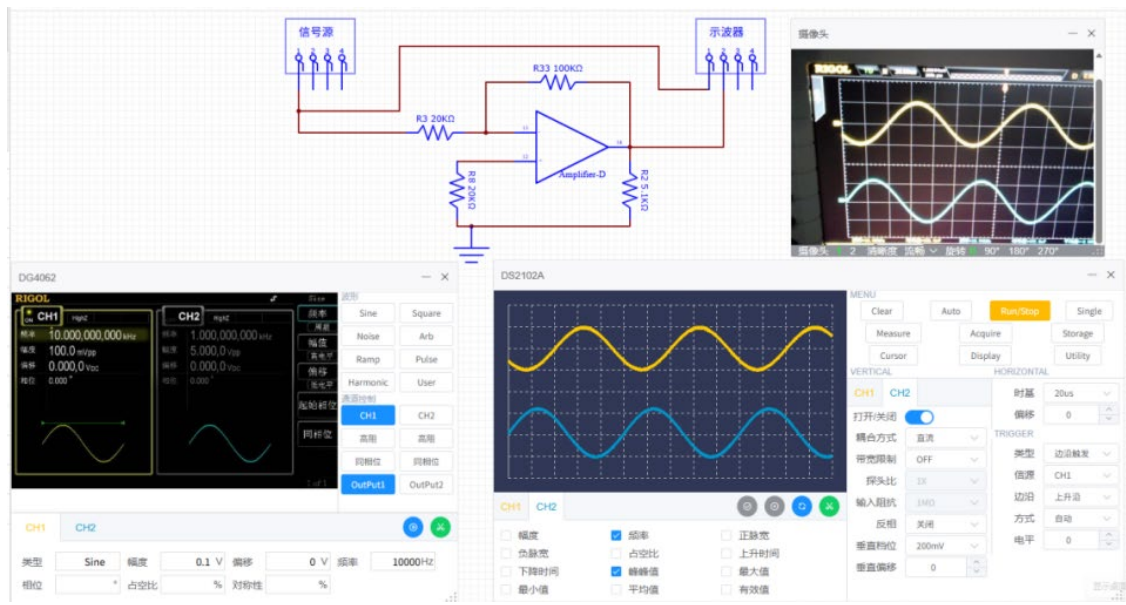


Figure 2. Circuit simulation using the remote online platform
图 2. 远程在线平台电路仿真

Table 1. Comparison of the implementation of AI technology in analog electrical experimental classes before and after its integration

表 1. AI 技术融入前后模电实验课堂教学实施情况对比

教学环节	教学场景	AI 技术融入前	AI 技术融入后	具体实施措施
课中	测试准备	学生忽略仪器自检操作细节、盲目接线，造成实验可能故障多发、进度缓慢。	任务驱动与及时评价，引导学生完成规范化开机自检与参数标定，筑牢实操基础。	开发仪器设备自检 AI 实践案例，通过人机交互规范信号源、示波器、实验电路板等初始状态与参数(实验前)。

续表

故障排查	学生举手，教师逐一排查，应接不暇，时间紧、效率低，答疑不到位，学生实验进度受阻。	AI 助教实时、精准、启发式解答；教师摆脱机械答疑，有闲进行高阶引导，学生实验效率提升。	依托模电排故智能体，建立常见故障语料库，基于多模态输入提供分步排错提示，培养系统性工程思维(实验中)。
实测监督	实测过程数据无痕，个别学生敷衍了事；实验链路断裂，实验复盘无据可依。	过程数据纳入考核，学生偷懒不易，数据、波形随时回溯，复习、反馈方便有效	设定关键测量 AI 数字打卡点，标定实操记录，AI 实时比对实测值与理论值偏差，及时预警并提供改进建议(实验中)。
仪器规整 (显著提升)	教师反复强调、学生置之不理，整理情况欠规范、个别行为难约束	任务明、标准齐、自动评、合理改、可追溯、品质提、效果优	开发劳动评估实践案例，引入实验工位图像智能识别，拍照检测工位还原度与整洁度(实验后)。

总体来说，融入 AI 技术后，模电实验课堂从传统的“照着做”转变为“人机协同 + 及时反馈”的参与式教学，AI 助学、AI 助评、AI 助管与课堂活动的充分结合，让学生可以及时获得“正向”的实验学习及操作反馈，以便能及时调整电路搭接、测试方案，最终顺利完成测试任务。以“仪器设备自检”教学场景为例，学生在“实验前设备检测评估”AI 实践活动中提交拍照数据，AI 会自动给出评估结果，如图 3 所示。从图中看出 AI 针对学生提交的电路板、示波器和信号源状态自检照片，能及时给出较为准确的评估结果及合理化修改建议，激励、引导学生自觉建立实验设备、仪器使用规范，提高实验操作成功率及学习成效。



Figure 3. AI practice and evaluation results of equipment testing before experiment
图 3. 实验前设备检测 AI 实践及评估结果

4.3. 课后：智能评价与持续改进

课程基于形成性评价理论，构建以能力为主的知识、能力、素质多元化、过程化考核体系，并以数

据为驱动反馈,支撑教学设计持续改进。课后,学生提交测试数据报告、完成扩展内容作业,针对实验报告和阶段性测试中的客观性数据实现智能自动批改,如图4所示,缓解教师报告批改压力,约束学生规范、科学记录实验数据。同时,课后教师结合学生问卷调查和AI学情分析报告结果,对各教学环节进行实时梳理和反思,精准定位教学实施难点和薄弱环节,形成“数据诊断-实时反馈-动态调整”的教学闭环,进一步优化、改革教学设计及实施方案,有效实现“以评促学、以评促教”。



Figure 4. Automatic grading of experimental data

图 4. 实验数据自动批改

5. 教学改革成效与分析

“仿真+AI”协同教学模式在模电实验教学中的实施,从多个维度展现出积极成效。下面结合教学实践情况,对改革成效进行分析,并提出后续改进方向。

首先,在学生学习效果方面,仿真预习环节使学生在进入实验室前已具备基本操作技能和电路认知,有效提高了实验操作的效率和准确性,课堂实验完成率明显提升。虚实融合的实验方式拓宽了实验空间边界,学生能够在仿真环境中自由探索参数变化对电路性能的影响,培养自主探究意识和工程创新思维。AI助教的全天候答疑,使学生在自主学习和实验过程中的疑问能够得到即时解答,降低了学习挫败感和知识盲区累积的风险。

其次,在教学效率与个性化方面,AI学情分析使教师能够精准把握全班整体和单个学生的学习状态,将更多精力投入个性化指导和深度交互,教学针对性显著增强。多维图谱的精准导航,使不同基础的学生能够按照适合自己的路径和节奏进行实验学习,有利于实现自适应分层教学。多元、智能评价体系的实施,使课程评价更加全面、客观,实验过程数据的及时反馈和有效利用也激励学生更加关注对自己学习过程的投入。

同时,在改革实践过程中,也存在一些值得关注的问题。一是部分学生对仿真软件和远程实验环境的适应性存在差异,实验预习效果有待提升;个别学生过度依赖AI推荐方案而缺乏对实验原理的深入思考,后续教师可加强对AI任务边界条件的设计,引导学生主动思考,加深对模电理论知识的理解。二是基于图像识别的AI评估结果可能会受拍摄角度或光照等随机因素的影响,后期将优化AI实践案例或任务提示词的设计,引导学生正确、规范提交数据,提高AI实践评估精准度。三是多维图谱和AI助教知识库需要建立长效更新机制,才能适应模拟电子技术快速发展和教学需求更新变化。此外,目前对模电实验课程智能评价数据的挖掘与应用仍处于探索阶段,如何基于学生多模态学习行为数据,科学评价实

验学习全过程及反哺教学优化设计，仍是未来需要重点研究的方向。

6. 结语

本文系统讨论了仿真与 AI 技术协同赋能模电实验教学改革的路径与方法。通过 Multisim 软件仿真和远程在线实验平台拓展实验学习空间；通过 AI 助教、多维图谱、AI 学情分析和交互式 AI 实践构建数智化教学实施支撑体系，实现了个性化、精准化的实验教学。教学实践表明，“仿真 + AI”协同教学模式有效提升了学生的自主学习兴趣、实验操作能力和工程创新思维，为电类实验教学的数智化转型提供了可推广的实践方案。今后将继续坚持 OBE 理念，持续改进、升级“仿真 + AI”协同教学模式和数智化教学资源建设，推动模电实验教学高质量发展，为培养高素质电子信息工程技术人才提供有力支撑。

基金项目

天津市普通高等学校本科教学质量与教学改革研究计划项目(A251005901)；教育部产学研合作协同育人项目(230802595284545)；教育部高等学校电工电子基础课程教学指导分委员会教改项目(E2524)；中国民航大学教育教学改革与研究项目(CAUC-2025-C-01)。

参考文献

- [1] 吴元亮, 贾永兴, 石会. “虚”“实”结合在电子电路类实验教学中的应用探索[J]. 教育教学论坛, 2021(49): 86-89.
- [2] 李科, 刘昊天, 徐启涛. Multisim14 在模拟电子技术实验教学中的应用[J]. 长春工程学院学报(社会科学版), 2025, 26(2): 148-152.
- [3] 杨静, 胡秋琦, 吴屏, 等. 电类实验教学中的线上线下混合模式研究[J]. 实验科学与技术, 2022, 20(5): 187-192.
- [4] 蒋铁珍, 宋钰. 基于虚实结合的混合式高校理工科实验教学方法[J]. 实验室科学, 2025, 28(1): 84-87.
- [5] 张玉芹, 洪远泉. 基于 ELF-BOX 的电工电子技术线上硬件实验教学模式研究[J]. 物联网技术, 2026, 16(3): 146-148.
- [6] 李琰, 崔振, 王猛, 等. AI 驱动的电工电子实验教学改革与创新实践[J]. 实验科学与技术, 2026, 24(1): 4-10.
- [7] 沈火明, 龚晖, 富海鹰. 智慧课程构建: 从数字赋能到教学模式的创新转型路径[J]. 中国大学教学, 2025(9): 10-18.
- [8] 武小鹏, 和萍, 黄春. OBE 理念下人工智能赋能的模拟电子技术课程智慧教学模式探索[J]. 中国教育技术装备, 2026(8): 44-47, 51.