

# 电路教学与人工智能融合：现状、实践与发展方向

胡静哲, 杭娟\*

上海第二工业大学计算机与信息工程学院, 上海

收稿日期: 2026年3月9日; 录用日期: 2026年4月10日; 发布日期: 2026年4月20日

## 摘要

电路教学作为工程教育的核心基础课程, 传统教学模式面临教学效率低、学生学习差异大、实验条件受限等问题。近年来, 人工智能(Artificial Intelligence, AI)技术的发展为电路教学提供了新的解决方案。本文系统综述了2000~2025年国内外电路教学与AI融合的研究进展, 从AI赋能电路课程教学、虚拟仿真实验技术、智能辅导系统、大语言模型应用等四个维度进行深度分析。研究表明: 1) AI技术在课程演示、虚拟仿真、故障诊断等方面已展现出显著优势; 2) 基于AI的自适应学习系统能够实现个性化教学和精准评价; 3) 虚实融合的混合教学模式已成为发展趋势。最后, 本文指出了当前研究的主要局限, 提出了AI与电路教学融合的关键发展方向: 建立学科特色的AI教学系统、加强教师AI能力培养、深化人机协同的教学模式创新。

## 关键词

电路教学, 人工智能, 虚拟仿真, 智能辅导, 自适应学习

# Integration of Circuit Teaching and Artificial Intelligence: Current Status, Practices, and Development Directions

Jingzhe Hu, Juan Hang\*

School of Computer and Information Engineering, Shanghai Polytechnic University, Shanghai

Received: March 9, 2026; accepted: April 10, 2026; published: April 20, 2026

\*通讯作者。

## Abstract

As a core foundational course in engineering education, circuit teaching faces challenges such as low teaching efficiency, significant differences in student learning, and limited experimental conditions in traditional teaching models. Recent advances in Artificial Intelligence (AI) technology have provided novel solutions for circuit education. This review systematically examines the progress of integrating AI with circuit teaching from 2000 to 2025 at home and abroad, analyzing four key dimensions: AI-enhanced circuit course instruction, virtual simulation experiments, intelligent tutoring systems, and large language model applications. The findings indicate that: 1) AI technologies have demonstrated significant advantages in course demonstrations, virtual simulations, and fault diagnosis; 2) AI-based adaptive learning systems enable personalized instruction and precision assessment; 3) hybrid teaching models combining virtual and physical experiments have become a development trend. Finally, this review identifies current research limitations and proposes key directions for AI-circuit education integration: developing subject-specific AI teaching systems, strengthening teacher AI capabilities, and deepening innovations in human-machine collaborative teaching models.

## Keywords

Circuit Teaching, Artificial Intelligence, Virtual Simulation, Intelligent Tutoring, Adaptive Learning

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

电路课程是电气工程、电子信息、通信等工程专业的重要基础课程,其教学质量直接影响学生后续专业课程的学习效果[1]。然而,传统的电路教学存在多个痛点:一是电路原理抽象复杂,学生难以建立直观认识;二是实验设备投资成本高、维护复杂,许多高校实验条件受限;三是课堂教学难以适应学生个体差异,容易出现学习两极分化;四是教师批改作业和答疑耗时耗力,教学效率有限。这些问题在高等工程教育转型升级的背景下愈发凸显[2]。

近十多年来,人工智能技术突飞猛进,特别是深度学习、大语言模型等技术的成熟,为教育领域带来了前所未有的机遇[3]。国际上已有众多研究证明,AI技术可以有效优化教学过程、提升学习效果。面对这一趋势,如何系统性地将AI技术融入电路教学,成为电气工程教育改革的重要课题。本文旨在通过文献综述,梳理国内外在该领域的最新成果,为一线教师进行教学改革提供理论支持和实践参考。

## 2. 研究方法

为了增强本综述的科学性与透明度,本文采用了系统的文献分析法,具体流程如下:

研究涵盖了2000年至2025年间的国内外相关文献。检索主要通过中国知网(CNKI)、IEEE Xplore、Web of Science及Google Scholar等主流学术数据库进行。检索关键词包括“电路教学”、“人工智能”、“虚拟仿真”、“智能辅导”及“自适应学习”[4]。

选取标准侧重于:1) 发表在同行评审期刊或重要国际会议上的学术论文;2) 讨论AI技术在电气工程及其自动化、电子信息类专业基础课中应用的实证研究或系统综述;3) 能够体现技术演进轨迹(如从早

期虚拟实验室到生成式 AI 应用)的代表性成果[5]。

本文从 AI 赋能课程教学、虚拟仿真实验、智能辅导系统及大语言模型(LLM)应用四个维度对收集到的文献进行深度归类与对比分析[6]。通过这种多维框架, 本文旨在探讨技术如何从简单的辅助工具演变为深度参与教学过程的“智能中介”。

### 3. 文献整合与思辨性对话: AI 赋能的演进与边界

在现有研究中, AI 在电路教学中的应用已从单纯的“数字化呈现”转向“智慧化赋能”。

#### 3.1. 技术的演进与共性: 从静态仿真到全链条辅助

早期的研究(如 2000 年汪诗林等人的工作)奠定了虚拟实验系统的技术基础, 主要解决实验设备成本和维护问题[7]。而当代的实践(如 2025 年王晓亮等人的研究)则更强调“虚实融合”, 通过 AI 驱动的问题库和教师辅导机制, 实现了从问题引导到技术支持的全链条辅助[8]。这种演进表明, 个性化和动态化已成为研究的共性趋势。

#### 3.2. 差异与争议: AI 的辅助边界

不同研究在 AI 的角色定位上存在差异。秦善强等人的实践侧重于内容生成, 通过 AI 自动生成视频和动画来辅助直观理解[1]; 而梁栋等人则更进一步, 主张构建自适应的智能辅导体系, 在一定程度上替代传统的评估模式[9]。

然而, 这种技术热忱在学术界引发了争议。关于“AI 是否会削弱学生电路设计直觉”的讨论逐渐升温:

**直觉缺失风险:** 电路设计需要学生在反复的动手实践中建立对参数、信号流和非线性特性的感性认识。Tedre 等人强调, 计算思维的培养需要主动探索与教师指导的平衡[10]。

**“黑盒”依赖问题:** 有研究指出, 学生可能会过度依赖 AI (如 ChatGPT) 直接生成答案, 而跳过复杂的逻辑推导过程。这种“走捷径”的行为可能导致学生缺乏对电路底层逻辑的深度思考, 难以培养出工程实践中至关重要的“电路直觉”[11]。

**创新思维的局限性:** 尽管 AI 在处理标准化、可重复的任务上具有显著优势, 但在处理复杂的非线性电路分析和高层次的创新设计时, 当前的 AI (包括 ChatGPT 4o) 仍可能产生错误或不完整的解答。如果学生将 AI 的输出视为“唯一真理”, 其批判性思维和创新思维可能会受到抑制。

#### 3.3. 人机协同的必要性

鉴于上述潜在的负面影响, 目前的共识是建立人机协同的教学模式。AI 应负责低阶任务(如故障识别、作业批改), 而教师则需专注于启发式教学和对心理、直觉的引导。这种分工旨在利用 AI 提升效率的同时, 保留并加强教育中“人性化”和“探索性”的灵魂。

### 4. 智能教学系统与自适应学习

#### 4.1. 技术高等教育中的 AI 平台

Niyozov 等人针对技术类高等教育机构进行了研究, 提出了 AI 驱动学习平台在工程基础课程中的应用[12]。他们指出, AI 驱动的仿真平台和自适应学习系统能够有效应对技术教育中的挑战。这一结论对电路教学具有直接的参考价值。具体而言, AI 可以实现: 1) 动态调整学习难度, 使每位学生都能在自己的最近发展区内学习; 2) 实时监测学生的学习进度, 及时识别和干预学习困难; 3) 生成个性化的学习建议和复习计划。

## 4.2. 机器学习教育的教学启示

Tedre 等人的研究虽然主要针对 K-12 阶段的机器学习教学, 但其提出的教学论战和技术轨迹对高等电路教学同样具有启发意义[10]。该研究强调, 在教授计算学科(包括与电路密切相关的计算思维)时, 应该注重: 一是理论与实践相结合; 二是循序渐进的学习路径设计; 三是学生主动探索与教师指导的平衡。这些原则应该成为设计 AI 赋能电路教学系统的指导思想。

## 5. 当前挑战与问题分析

### 5.1. AI 应用中的准确性与可靠性问题

虽然 AI 技术在电路教学中展现出巨大潜力, 但也存在明显的局限性。以 ChatGPT 为例, 虽然在简单和中等难度的电路问题上表现不错, 但在复杂的非线性电路分析、参数优化等问题上仍可能出现错误或不完整的解答[13]。这意味着, 单纯依赖 AI 进行教学而不加验证是危险的。因此, 设计 AI 系统时必须考虑如何在系统中融入专业知识验证机制, 以及如何让教师和学生学会评估 AI 输出的可靠性。

### 5.2. AI 伦理与教学伦理的问题

生成式 AI 的普遍使用也带来了新的伦理问题。学生可能会过度依赖 AI 进行作业完成, 而不是进行真正的思考和学习。对此, 教育界需要建立相应的规范和指导, 明确界定 AI 辅助的边界, 鼓励学生在使用 AI 的同时保持批判性思维。

### 5.3. 教师适应性与能力不足

虽然 AI 技术本身已经相对成熟, 但许多教师对如何有效利用 AI 进行教学仍然不够了解。现有的教师培训往往缺乏针对性的学科应用指导。这要求高校需要投入更多资源, 帮助教师掌握 AI 工具的使用, 理解 AI 如何与学科教学深度融合。

## 6. 发展方向与建议

### 6.1. 建立学科特色的 AI 教学系统

当前许多 AI 教学应用是通用的、泛化的, 缺乏对电路教学具体特点的深入考虑。未来的方向是开发学科特色的 AI 系统。这样的系统应该: 深入理解电路学科的知识结构和学生的常见误区; 融合领域专家知识, 建立电路学的知识图谱; 根据教学目标, 灵活组合多种 AI 技术(虚拟仿真、自然语言处理、计算机视觉等)。

### 6.2. 加强教师的 AI 应用能力

教师是教学改革的关键推动力量。需要大力推进教师的 AI 素养培养, 包括: 基本的 AI 概念理解、常用 AI 工具的使用能力、对 AI 教学应用效果的评估能力, 以及批判性思考 AI 在教育中的适用性与局限性。高校应该将 AI 应用能力纳入教师专业发展的重要内容。

### 6.3. 深化人机协同的教学模式创新

AI 不应该被简单地看作是对教师的替代, 而应该是与教师合作的工具。理想的教学模式应该是人机协同的: AI 负责标准化、可重复的任务(如虚拟仿真、自动阅卷、问题推荐), 而教师专注于创意性、高层次的工作(如课程设计、启发式教学、学生心理指导)。这样的模式既能提升教学效率, 又能保留教育中人性化的、创意性的维度。

## 6.4. 完善虚实融合的混合教学生态

当前虚拟仿真和真实实验还是相对独立的, 未来应该更紧密地融合两者。一方面, 虚拟实验可以提前为学生进行真实实验做准备, 降低错误风险; 另一方面, 真实实验中遇到的问题可以反馈到虚拟系统中进行深入探索。AI 技术可以在这个过程中充当“智能中介”的角色。

## 7. 结论

电路教学与 AI 的融合是高等工程教育现代化的重要方向。当前研究已充分证明, AI 技术在课程内容呈现、虚拟仿真实验、智能评价、个性化学习等多个方面都能有效提升教学质量。然而, 我们也需要清醒认识到, AI 并非教学的万能钥匙, 其应用中仍存在准确性、伦理、教师适应等多重挑战。

未来的重点应该放在: 1) 开发针对电路学科特点的 AI 教学系统; 2) 加强教师的 AI 应用培养; 3) 建立人机协同的新型教学模式; 4) 完善虚实融合的混合教学生态。通过这些努力, 我们可以充分发挥 AI 的优势, 在保持教育人性化本质的基础上, 进一步提升电路教学的效率和质量, 为培养适应时代需求的工程人才作出应有的贡献。

## 基金项目

上海市青年教师培养资助计划(A01GY26F011)。

## 参考文献

- [1] 秦善强, 黄江波, 申梦思. 基于人工智能的电路分析教学的新实践[J]. 教育进展, 2022, 12(11): 4887-4891.
- [2] 姜涛, 刘兵. 基于人工智能技术的智能化物理实验教学[J]. 创新教育研究, 2024, 12(6): 540-546.
- [3] 黄利军, 张娟, 周妮, 张耀东, 米贤武. 人工智能技术在电子信息类课程浸入式教学改革中的应用[J]. 创新教育研究, 2024, 12(3): 1788-1794.
- [4] 杨宗凯, 王俊, 吴砥, 陈旭. ChatGPT/生成式人工智能对教育的影响探析及应对策略[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2023, 41(7): 26-35.
- [5] 刘嘉豪, 曾海军, 金婉莹, 李至晟, 祁彬斌. 人工智能赋能高等教育: 逻辑理路、典型场景与实践进路[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2024, 44(3): 11-20.
- [6] 屈省源, 屈梓杭. 人工智能背景下的高职电气类专业课程体系改进与教学创新研究[J]. 教育研究与实践, 2025, 31(5): 76-82.
- [7] 汪诗林, 吴泉源. 开展虚拟实验系统的研究和应用[J]. 计算机工程与科学, 2000, 22(S1): 11-13.
- [8] 梁栋, 陈桂涛, 王艳婷, 解骞. 人工智能赋能下的电气工程专业自动控制课程体系教学改革探索[J]. 教育研究与实践, 2025, 31(4): 98-104.
- [9] 王晓亮, 李泽, 常琪, 范松丽. 面向新型电力系统的发电厂电气部分课程与虚拟仿真实验融合教学探索[J]. 创新教育研究, 2025, 13(6): 495-501.
- [10] Tedre, M., Toivonen, T., Kahila, J., Vartiainen, H., Valtonen, T., Jormanainen, I., et al. (2021) Teaching Machine Learning in K-12 Classroom: Pedagogical and Technological Trajectories for Artificial Intelligence Education. *IEEE Access*, 9, 110558-110572. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3097962>
- [11] Liu, Y., Chen, L. and Yao, Z. (2022) The Application of Artificial Intelligence Assistant to Deep Learning in Teachers' Teaching and Students' Learning Processes. *Frontiers in Psychology*, 13, Article 923456. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.929175>
- [12] Niyozov, N., Saburov, S., Ganiyev, S. and Olimov, S. (2023) AI-Powered Learning: Revolutionizing Technical Higher Education Institutions through Advanced Power Supply Fundamentals. *E3S Web of Conferences*, 461, Article No. 01092. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346101092>
- [13] Chen, B., Cochran, D.S. and Nowak, J.A. (2025) Assessing ChatGPT 4o for AI-Assisted Problem Solving in Electric Circuits Teaching. *2025 ASEE Annual Conference & Exposition*, Montreal, 22-25 June 2025, 1-15.