

新工科背景下AI驱动的电力电子仿真教学模式创新

张磊 唐亚南 张慧洁

成都工业学院 电气与电子工程学院, 中国·四川 成都 611730

摘要: 电力电子技术课程是高校电气工程类专业的核心课程之一, 具有理论抽象、拓扑多样、仿真参数复杂等特点, 传统教学模式下学生在开展 Simulink 仿真实验前往往缺乏系统的参数设计指导, 导致仿真调试效率低下、学习效果不佳。随着人工智能技术的快速发展, 将大语言模型 (LLM) 引入工科实践教学成为提升教学质量的新路径。本文以《电力电子技术》课程仿真实验教学为切入点, 设计并实现了一套 AI 驱动的“仿真前置诊断工具”工具, 该工具集成参数计算、设计合理性诊断、理论波形预览、变压器参数设计及学生提交记录管理五大功能模块, 提供个性化、实时的诊断反馈。通过将该工具嵌入仿真实验前置环节, 有效降低了学生入门门槛, 提升了参数设计能力与工程思维水平。实践结果表明, 该教学方式显著减少了教师重复性答疑负担, 提高了实验课堂效率, 为 AI 赋能工科实践教学提供了可复制的实施范式。

关键词: 电力电子技术; 人工智能; 仿真前置诊断; 大语言模型; 工程教育; 教学改革

Innovation of AI-Driven Power Electronics Simulation Teaching Mode Under the New Engineering Education Context

Zhang Lei, Tang Yanan, Zhang Huijie

School of Electrical and Electronic Engineering, Chengdu Technological University, China Sichuan Chengdu 611730

Abstract: Power Electronics Technology is one of the core courses in electrical engineering programs at universities, characterized by abstract theories, diverse circuit topologies, and complex simulation parameters. Under traditional teaching modes, students often lack systematic parameter design guidance before conducting Simulink simulation experiments, resulting in low debugging efficiency and suboptimal learning outcomes. With the rapid advancement of artificial intelligence technologies, integrating Large Language Models (LLMs) into engineering practice teaching has emerged as a new pathway to enhance educational quality. This paper focuses on the simulation experiment teaching of Power Electronics Technology, designing and implementing an AI-driven Pre-Simulation Diagnostic Assistant. The tool integrates five functional modules: parameter calculation, design rationality diagnosis, theoretical waveform preview, transformer parameter design, and student submission record management. It provides personalized and real-time diagnostic feedback. By embedding this tool into the pre-simulation experiment phase, students' entry barriers are effectively lowered, and their parameter design capabilities and engineering thinking are improved. Practical results demonstrate that the assistant significantly reduces teachers' repetitive Q&A burden, improves laboratory class efficiency, and provides a replicable implementation paradigm for AI-empowered engineering practice education.

Keywords: Power electronics technology; Artificial intelligence; Pre-simulation diagnosis; Large language model; Engineering education; Teaching reform

1 引言

1.1 电力电子技术课程教学的新理念与发展动态

电力电子技术是现代电气工程的核心支柱学科, 涵盖电能变换、功率半导体器件控制及其在新能源、电动汽车、智能电网等领域的广泛应用。随着“双碳”战略的深入推进和新型电力系统建设的加速, 电力电子技术人才培养的战略地位日益凸显。教育部近年来持续推进新工科建设, 强调工程实践能力培养与产教融合, 《电力电子技术》课程作为典型的理实一体化课程, 其教学改革已成为高校电气

类专业人才培养的重要议题。

当前国内外电力电子课程教学呈现出若干显著趋势: 其一, 基于 Simulink、PLECS 等专业仿真平台的实验教学逐步普及, 强调“做中学”的实践范式; 其二, 项目制学习 (PBL) 与真实工程案例的引入日益普遍, 注重学生工程问题解决能力的培养; 其三, 在线教育资源与混合式教学的融合推动了个性化学习路径的构建; 其四, 国际工程教育认证 (OBE 理念) 的广泛推行要求以学生学习成果为导向重构课程体系。这些新理念为电力电子课程的改革指

表1 传统电力电子仿真教学的主要痛点与表现

痛点维度	主要表现	教学后果
参数设计盲目	学生凭经验猜测L、C、D等参数，缺乏理论依据	仿真无法收敛或波形失真
答疑效率低下	教师需反复解答相同的参数计算问题	课堂时间碎片化，深度讨论不足
CCM/DCM判断缺失	学生无法预判工作模式，忽略DCM风险	仿真结果与理论严重偏差
波形预期模糊	仿真前缺乏理论波形参照，不知“应该看到什么”	分析能力薄弱，验证环节形式化
变压器设计缺位	反激/正激拓扑匝数比、磁芯选型无从下手	隔离型变换器实验质量差

明了方向，也为 AI 教学工具的引入提供了契机。

1.2 传统教学模式的痛点与不足

尽管教学理念持续更新，电力电子仿真实验教学在实践层面仍面临诸多突出矛盾，集中体现在以下几个维度，见表 1。

上述痛点表明，传统“先讲理论—后做仿真”的线性教学流程存在明显的知识断层，学生在参数设计与仿真实施之间缺乏有效的过渡支撑。这一现象在电力电子课程中尤为突出，原因在于该课程参数设计涉及多个耦合变量（如占空比、电感量、电容量、开关频率等），任一参数的偏差都可能导致仿真失败，而这些计算过程传统上依赖教师现场指导，难以实现规模化的个性化支持。

1.3 AI 赋能工程教育：机遇与路径

2022 年以 ChatGPT 为代表的大语言模型（LLM）的横空出世，开启了人工智能赋能教育的新纪元。国内外研究者迅速关注 LLM 在工程教育中的应用潜力：Filippi, S 等（2024）研究发现，AI 辅助编程教学能显著提升学生的调试能力与代码理解深度；华中科技大学电气工程学院（2025）则针对电力电子实验教学开展了 LLM 应用探索，提出通过电路图识别与网表转换提升 AI 在专业电路领域的诊断精度。

在政策层面，教育部于 2023 年发布《关于加强人工智能与教育融合创新的指导意见》，明确鼓励高校探索 AI 辅助教学的新模式。工信部等部门亦将 AI 与先进制造、新能源等领域的人才培养列为战略重点。上述背景为本研究提供了充分的理论依据与现实必要性——将大语言模型能力精准嵌入电力电子仿真教学的关键环节，构建“AI 辅助、学生主导、教师引导”的新型实践教学范式，具有重要的学术价值与推广意义。

2 AI 驱动的教学模式的创新和实现

2.1 总体设计理念

教学模式的核心设计理念是“诊断前置、反馈即时、记录可溯”。所谓“前置”，是指将原本需要学生在仿真调试过程中通过试错才能获得的参数反馈，前移至仿真实验

开始之前，形成系统性的设计审查环节；“即时”是指借助大语言模型的推理能力，实现秒级的个性化诊断响应；“可溯”是指通过本地化的提交记录功能，为教师提供全班学习数据，支持精准教学干预。

在技术架构上，工具采用纯前端单页应用（SPA）架构，不依赖后端服务器，以国产大模型作为 AI 推理引擎，Chart.js 实现交互式波形渲染，jsPDF 支持诊断报告的本地化导出。这一轻量化架构使得工具可直接通过静态网页托管平台发布，学生无需安装任何软件，扫码即可使用，极大降低了工具的使用门槛。

2.2 五大功能模块详解

2.2.1 参数诊断模块

参数诊断模块是仿真工具的核心功能，支持 Buck 降压、Boost 升压、Buck-Boost、反激（Flyback）、正激（Forward）及全桥六种主流拓扑。学生输入输入电压 V_{in} 、输出电压 V_{out} 、输出功率 P_{out} 、开关频率 f_s 、允许电感电流纹波 ΔI_L 及输出电压纹波 ΔV_o 等基本参数后，AI 模型自动完成以下工作：

关键参数计算：占空比 D 、最小电感量 L_{min} 、最小滤波电容 C_{min} 、峰值电流 $I_{L_{pk}}$ 、器件电压应力等；

设计合理性诊断：逐项评估各参数的合理性，以绿色（通过）、橙色（警告）、红色（错误）三级标注显示，并给出具体改进建议；

综合评分：输出 0—100 分的设计综合评分及等级（优秀 / 良好 / 合格 / 不合格），帮助学生建立量化的自我评估意识；

仿真注意事项：针对该拓扑生成 4—6 条 Simulink 建模的具体操作建议，如初始条件设置、采样时间选取、关键波形观测点等。

2.2.2 理论波形预览模块

波形预览模块基于诊断结果自动填充参数，利用 Chart.js 实时绘制三组理论波形：电感电流 $i_L(t)$ 、开关管驱动信号 $V_{gs}(t)$ 及输出电压纹波 $V_{out}(t)$ 。模块同时自动判断工作模式——当最小电感电流 $I_{min}>0$ 时标注为连续导通模式

(CCM)，否则提示学生进入断续模式(DCM)，需重新审视参数设计。

这一模块的教学价值在于建立“预期—验证”的学习闭环：学生在仿真前已知理论波形的形态与关键特征量，完成 Simulink 仿真后可与理论对照，差异即为深度分析的起点。这种“先预期、再验证、再分析”的学习路径有助于培养学生的工程批判性思维。

2.2.3 变压器设计模块

针对隔离型变换器（反激、正激、全桥、半桥）教学中变压器设计难度大、参数选取缺乏指导的痛点，本模块提供完整的变压器参数设计支持，输出内容包括：匝数比推导过程、原副边匝数建议值（含取整说明）、励磁电感计算、原边峰值电流、所需磁芯最小截面积，以及三款推荐磁芯型号的对比表格（含型号、有效截面积 A_e 、窗口面积 A_w 及适用功率范围）。

2.2.4 学生提交记录模块

工具自动将每次诊断记录保存至浏览器本地存储，记录内容包含学生姓名、拓扑类型、电路参数、诊断评分及完整诊断报告。教师可在“提交记录”标签页按姓名或拓扑类型检索，对任意记录重新生成波形预览或导出 PDF 报告。该模块为教师提供了非侵入式的学习过程数据，支持精准识别全班共性错误，实现有针对性的课堂讲评。

2.2.5 PDF 报告导出模块

基于 jsPDF 库，工具支持将完整诊断报告导出为格式规范的 PDF 文件，报告内容涵盖电路参数摘要、综合评分、关键参数计算表、设计诊断结论、仿真注意事项及预期波形特征描述。文件名自动包含学生姓名与拓扑类型，便于教师统一收取与归档，可作为实验预习报告的考核依据。

2.3 系统工作流程

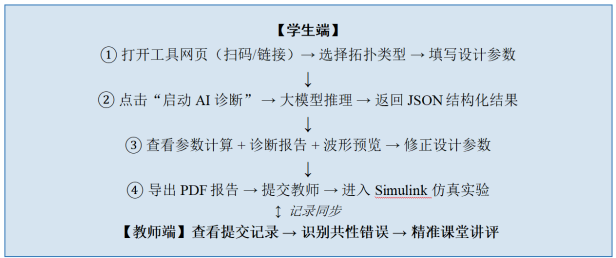


图1 仿真前置诊断工具工作流程图

2.4 对传统教学手段的提升维度分析

与传统教学模式相比，仿真前置诊断工具在以下维度实现了系统性提升：

表2 传统教学模式与AI辅助模式的对比分析

对比维度	传统教学模式	AI辅助诊断模式
参数计算	学生自行推导，易出错； 教师现场纠正	AI即时计算，含推导过程； 学生对照验证自己的计算
设计反馈	提交报告后批改，周期长， 滞后性强	秒级响应，三级分类诊断， 修改即时可见
波形认知	仿真后才看到波形，缺乏 预期对照	仿真前已有理论波形， 形成预期—验证闭环
变压器设计	教材公式多，步骤繁杂， 常被跳过	AI完整推导+磁芯选型建议， 知识点可视化
教师负担	重复答疑占用大量课堂时间	工具承接基础答疑，教师 专注高阶引导
学习数据	仅凭实验报告评价，过程 不可见	全程记录，支持学情分析 与精准讲评

2.5 实施方案与课堂应用建议

建议将仿真前置诊断工具作为实验课的必做前置环节，纳入实验预习考核体系。具体实施方案如下：

课前布置（T-2天）：教师发布实验任务单，要求学生使用工具完成参数设计，导出 PDF 报告并在课前提交；课堂开始（T+0）：教师查阅提交记录，汇总全班共性错误，针对性进行 5—10 分钟的集中讲评；仿真实施（T+15min）：学生基于修正后的参数开展 Simulink 建模，将仿真波形与工具中的理论波形进行对比分析；实验报告（T+1周）：在实验报告中附上诊断截图及“预期—实际”波形对比分析，作为实验成绩的组成部分。

此外，教师还可利用工具设计“反向教学”案例：故意输入一组错误参数（如 Buck 电路中 $V_{out} > V_{in}$ ），让学生先判断对错后再运行诊断，通过 AI 给出的红色错误标注形成强烈的认知冲击，显著提升概念理解的深度与持久性。

2.6 教学模式的可达性与可推广性

这种前置教学模式在技术层面充分考虑了高校实际部署条件的约束：纯静态网页架构无需服务器运维；通过免费静态托管平台即可实现公网发布，全程无需编程能力；学生端无需安装任何软件，支持手机、平板、电脑多端访问；诊断记录保存于浏览器本地，保护学生数据隐私。上述特性使得此模式具备极强的可推广性，适用于各类本科高校的电力电子及相关专业实践教学，亦可为其他工科仿真类课程提供模式参考。

3 结语

3.1 主要工作总结

本文围绕电力电子技术课程仿真实验教学中的核心痛点，提出并实现了 AI 驱动的“仿真前置诊断工具”。该工具以大语言模型为推理核心，将参数诊断、波形预览、变压器设计、提交记录、PDF 报告五大功能有机整合，构建

了“前置诊断—自主修正—仿真验证—报告存档”的完整教学闭环。工具采用轻量化纯前端架构，可一键部署为公网访问的网页应用，具备良好的易用性和可推广性。

实践层面，该工具显著改善了学生的参数设计能力与仿真前准备质量，有效减轻了教师的重复性答疑负担，并通过提交记录功能为教师提供了班级学情的量化视角。以“AI 工具承接基础认知—教师专注高阶引导”为核心逻辑的教学模式，为工科实践教学的提质增效提供了可复制的实施路径。

3.2 研究展望

面向未来，本工具尚有以下几个方向值得进一步探索：一是引入班级管理功能，实现学号绑定与全班报告的批量导出，提升教师端的数据管理效率；二是将诊断知识库与课程思政元素结合，在参数建议中适时融入国产功率器件（如时代电气 IGBT、比亚迪 SiC 模块等）的工程案例，强化爱国主义教育专业认同感；三是探索与 Simulink 的更深度集成，实现诊断参数到仿真模型的自动配置，进一步压缩“设计—仿真”之间的操作摩擦；四是开展多轮教学实验，收集学生学业成绩与仿真质量数据，对工具的教学效果进行系统性的实证评估。

人工智能赋能工科教育不是技术的炫耀，而是教育本质的回归——让每一位学生都能在实践中获得及时、精准的个性化支持。本研究的探索仅是起点，期待更多同仁共同参与，推动 AI 教学工具在工程教育领域的深度融合与持续创新。

参考文献：

[1] 教育部，中央网信办，国家发展改革委等. 教育部

等九部门关于加快推进教育数字化的意见[J]. 中国教育信息化, 2025(4).

[2] 王兆安, 刘进军. 电力电子技术 (第 6 版) [M]. 北京: 机械工业出版社, 2022.

[3] 于济凡, 郝展欣, 刘知远等. “AI 传授 AI”: 清华大学生成式人工智能赋能教学的探索[J]. 复旦教育论坛, 2025, 23(4):49-57.

[4] Filippi, S.; Motyl, B. Large Language Models (LLMs) in Engineering Education: A Systematic Review and Suggestions for Practical Adoption. Information 2024, 15, 345.

[5] 陈宇, 陈汉文, 祝之森等. 基于智能插件和大语言模型的电力电子实验教学辅助设计方法[J]. 实验技术与管理, 2025, 42(4):205-212.

[6] 林飞, 杜欣. 电力电子应用技术的 MATLAB 仿真 [M]. 中国电力出版社, 2009.

[7] 徐德鸿. 电力电子系统建模及控制[M]. 北京: 机械工业出版社, 206.

[8] 陈玉芳, 韩伟, 周立丽等. 新工科背景下电力电子技术课程教学改革探索与实践[J]. 全体育, 2023(14):77-78.

[9] Erickson, Robert W. Fundamentals of Power Electronics. Kluwer Academic Publishers, 2010.

基金项目：项目信息：教育部产学研合作协同育人项目《AI 赋能的“电力电子技术”课程师资教学能力提升项目》立项编号：241203873114850。

作者简介：张磊，男，满族，河南，讲师，博士研究生，研究方向：电力电子技术。