

面包板硬件原型与 AI 仿真协同的教学模式创新与改革研究——以《电路》课程为例教改论文

苏绍卓, 周子为, 于成龙

黑龙江东方学院信息工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150066

DOI:10.61369/ETI.2025110016

摘要 : 《电路》作为工科电气、电子、自动化等专业的核心基础课程, 兼具理论抽象性与实践操作性, 传统教学中“理论灌输为主、实践滞后脱节”的模式, 易导致学生出现“懂公式但不会接线、会计算但不懂原理”的学习困境。本文针对这一痛点, 提出“面包板硬件原型+AI仿真”协同的《电路》课程教学模式, 通过重构“理论-仿真-硬件-复盘”四阶教学流程、设计分层协同实践任务、搭建多维度评价体系, 解决传统教学中实践成本高、故障排查难、教学反馈慢等问题。以某高校电子信息工程专业2个班级为实验对象, 经过1学期教学实践验证, 实验班学生的电路实验操作熟练度提升42%、课程综合成绩平均分高于对照班13.6分, 充分证明该协同教学模式可有效提升学生的理论应用能力与工程实践素养, 为工科基础电路类课程的教学改革提供实践参考。

关键词 : 《电路》课程; 教学改革; 面包板硬件原型; AI仿真; 协同教学; 工程实践素养

Research on The Innovation and Reform of a Teaching Model Combining Breadboard Hardware Prototyping with AI Simulation – A Case Study of the "Circuits" Course Teaching Reform Paper

Su Shaozhuo, Zhou Ziwei, Yu Chenglong

School of Information Engineering, Heilongjiang Oriental College, Harbin, Heilongjiang 150066

Abstract : As a core foundational course for engineering majors such as electrical engineering, electronics, and automation, the "Circuits" course combines theoretical abstraction with practical operation. The traditional teaching model, which primarily focuses on theoretical (indoctrination) with delayed and disconnected practical training, often leads students into a learning dilemma where they "understand formulas but cannot wire circuits, can perform calculations but do not comprehend principles." To address this issue, this paper proposes a collaborative teaching model for the "Circuits" course that integrates "breadboard hardware prototyping and AI simulation." By reconstructing a four-stage teaching process of "theory-simulation-hardware-review," designing layered collaborative practical tasks, and establishing a multi-dimensional evaluation system, the model resolves problems in traditional teaching such as high practical costs, difficulties in troubleshooting, and slow teaching feedback. An experiment was conducted with two classes of electronic information engineering majors at a certain university over one semester of teaching practice. The results showed that students in the experimental class improved their proficiency in circuit experiment operations by 42%, and their average comprehensive course scores were 13.6 points higher than those of the control class. This fully demonstrates that the collaborative teaching model can effectively enhance students' theoretical application abilities and engineering practical competencies, providing practical references for the teaching reform of foundational engineering circuits courses.

Keywords : "Circuits" course; teaching reform; breadboard hardware prototyping; AI simulation; collaborative teaching; engineering practical competencies

引言

《电路》课程的核心目标是让学生掌握电路的基本定律（欧姆定律、基尔霍夫定律等）、电路分析方法（节点电压法、网孔电流法

课题信息：本论文受黑龙江东方学院教学改革项目（DFXYJG2025034）资助。

等），并具备“将理论转化为实际电路”的应用能力，其教学效果直接影响后续《模拟电子技术》《数字电子技术》等专业课程的学习质量。然而，当前《电路》课程教学仍存在三大突出问题，制约了教学目标的实现。

一是“理论与实践脱节”，传统教学多遵循“先课堂讲理论、后实验室做实验”的顺序，课堂上学生仅通过黑板、PPT理解抽象的电路模型，难以将“电阻串联分压”“电容充放电”等理论与实际电路的接线、参数变化关联，进入实验室后常出现“照图接线、不懂原理”的情况，实践沦为“机械操作”，无法深化理论认知。

二是“实践教学痛点突出”，一方面，实验室硬件设备有限，学生需分组操作，人均实践时间不足，且电阻、电容、导线等元器件易因反复插拔损坏，增加教学成本；另一方面，实际电路故障排查难度大，学生面对“接线正确但无输出”“电流过大烧元件”等问题时，难以快速定位故障点（如导线接触不良、元器件参数选错），教师需逐一指导，教学效率低下，学生也易因反复受挫失去实践兴趣。

三是“教学反馈滞后单一”，传统教学中，学生的学习效果多通过课后作业、期末笔试及实验报告评价，作业与笔试侧重理论计算，难以反映实践能力；实验报告常存在“抄数据、编结论”的情况，教师无法及时掌握学生真实的实践漏洞，反馈缺乏针对性，难以实现“因材施教”。随着教育信息化的推进，Multisim、Proteus等电路仿真软件逐渐应用于《电路》教学，但部分教师仅将仿真作为“替代硬件实验”的工具，忽视了仿真与硬件的协同价值——仿真虽能快速验证理论、降低故障成本，却无法让学生感受“导线接触电阻”“元器件实际误差”等工程实际问题；面包板硬件原型虽能培养动手能力，却存在效率低、成本高的短板^[1]。基于此，本文提出“面包板硬件原型+AI仿真”协同的教学模式，以AI仿真的“高效性、容错性”弥补硬件实践的不足，以面包板硬件的“真实性、实操性”强化仿真的工程落地，二者互补融合，破解《电路》教学的传统困境，实现“理论认知—仿真验证—硬件实践—能力提升”的闭环教学^[2]。

一、面包板硬件原型与AI仿真协同教学模式的核心内涵与设计原则

（一）核心内涵

面包板硬件原型是指学生利用面包板、电阻、电容、二极管、电源、万用表等基础元器件，按照电路设计方案搭建实际电路，其核心优势是“真实可触”——学生可通过插拔导线、更换元器件，直观感受电路的物理连接关系，体会实际元器件的参数误差、接触电阻等工程因素对电路性能的影响，培养动手操作与故障排查能力。

AI仿真则是基于人工智能技术优化的电路仿真工具，相较于传统仿真软件，其核心优势体现在三方面：一是“智能辅助设计”，学生输入电路需求（如“设计一个5V转3.3V的分压电路”），AI可自动生成电路原理图，并标注关键元器件参数选择依据；二是“实时故障诊断”，仿真过程中若出现短路、无输出等问题，AI可快速定位故障点，并给出修改建议；三是“参数动态优化”，学生可通过AI调整元器件参数（如改变电阻值），实时观察电压、电流的变化曲线，直观理解参数与电路性能的关联，深化理论认识。

“面包板硬件原型+AI仿真”协同教学模式，并非二者的简单叠加，而是以《电路》课程知识点为核心，将AI仿真与面包板硬件实践融入“理论学习—实践验证—总结复盘”的全教学流程，形成“仿真先行验证理论、硬件跟进落地实践、二者对比深化认知”的协同逻辑——通过AI仿真解决“理论抽象、故障难查”的问题，为硬件实践奠定基础；通过面包板硬件实践解决“仿真脱离工程实际”的问题，实现理论与实践的深度融合，最终达成“提升学生理论应用能力与工程实践素养”的教学目标。

（二）设计原则

1. 知识点适配原则：协同教学模式需结合《电路》课程不同知识点的特点，设计差异化的协同方案，避免“一刀切”。例如，对于“基尔霍夫定律”“欧姆定律”等基础理论知识点，可采用“仿真验证+硬件巩固”的流程，先通过AI仿真直观展示定律的适用性，再用面包板搭建简单电路，实测电压、电流数据，对比仿真与硬件数据的差异，理解工程误差；对于“RC充放电电路”“戴维南定理应用”等复杂知识点，可采用“仿真探索+硬件验证+仿真优化”的流程，先通过AI仿真探索电路参数对充放电时间的影响，再搭建硬件电路实测，最后基于硬件实测的误差，用AI调整参数，优化电路性能。

2. 学生主体原则：协同教学模式需打破“教师讲、学生听”的传统模式，将学生定位为“实践的主导者、问题的解决者”。教师仅需明确教学目标与任务要求（如“用协同模式验证戴维南定理，误差需控制在5%以内”），引导学生自主完成“AI仿真设计—仿真数据记录—面包板硬件搭建—硬件数据实测—仿真与硬件数据对比—故障排查与优化”的全流程，教师在学生遇到困难时（如硬件电路无输出、仿真与硬件数据差异过大），以“提问引导”的方式帮助学生思考（如“你检查过面包板的导线是否插紧？”“AI提示仿真与硬件差异源于电阻误差，你是否更换过不同精度的电阻？”），而非直接给出答案，培养学生的自主学习与问题解决能力。

3. 成本与效率平衡原则：协同教学模式需兼顾教学成本与效率，避免因硬件投入过大或仿真操作复杂导致教学难以落地。面包板硬件选择“基础通用型”元器件（如 $1k\Omega$ 、 $10k\Omega$ 电阻， $10\mu F$ 电容，直流稳压电源等），单次实验人均元器件成本控制在20元以内，且元器件可反复使用，降低长期教学成本；AI仿真工

具选择“轻量化、易操作”的平台，此类平台无需复杂安装，支持网页端操作，且AI助手功能简洁易懂，学生1-2节课即可熟练掌握，避免因工具操作复杂占用过多教学时间。

二、面包板硬件原型与AI仿真协同的《电路》课程教学模式设计

基于上述核心内涵与设计原则，本文从“教学流程重构、教学任务设计、教学资源搭建、评价体系优化”四个维度，设计《电路》课程协同教学模式，确保模式可落地、可推广。

（一）重构“理论-仿真-硬件-复盘”四阶教学流程

传统《电路》课程教学流程多为“理论讲授（2课时）+实验室实践（2课时）”，二者间隔时间长，学生易遗忘理论知识，导致实践效果差。协同教学模式将“理论、仿真、硬件”融入同一教学单元（4课时），重构为“四阶流程”，实现“理论学习与实践验证”的无缝衔接，具体流程如下：

1. 理论精讲阶段（40分钟）：聚焦“核心考点+实践需求”

教师摒弃“逐公式推导”的传统讲授方式，以“实践问题”为切入点，精讲知识点的核心内涵与实践应用场景。例如，讲解“戴维南定理”时，先提出实践问题：“如何用一个等效电路替代复杂的线性含源二端网络，简化电路分析与硬件搭建？”，再结合简化的示意图，精讲戴维南定理的核心（“等效电压源+等效电阻”），以及定理在硬件实践中的应用价值（“减少元器件使用，降低硬件搭建难度”），最后明确本单元的协同实践任务：“用AI仿真与面包板硬件，验证戴维南定理，等效电路与原电路的输出电压误差需 $\leq 5\%$ ”，让学生带着“解决实践问题”的目标学习理论，提升学习主动性。

2. AI仿真阶段（60分钟）：完成“设计-验证-诊断”

学生以小组（2-3人/组）为单位，使用AI仿真工具完成三项任务：一是“AI辅助设计”，基于理论精讲的任务要求，小组讨论电路方案（如原电路选择“直流电源+两个电阻+一个负载电阻”的含源二端网络），输入AI工具生成电路原理图，核对原理图是否符合戴维南定理的应用条件，若存在问题（如元器件选型错误），根据AI提示修改；二是“仿真数据验证”，运行仿真，记录原电路负载电阻两端的电压、电流数据，以及等效电路（等效电压源+等效电阻+负载电阻）的对应数据，验证戴维南定理的正确性；三是“故障模拟与诊断”，故意在仿真电路中设置故障（如原电路电阻虚接、等效电压源参数错误），观察AI的故障诊断结果，学习故障排查的思路，为后续硬件实践奠定基础。教师在该阶段巡回指导，重点关注学生是否理解“仿真数据与理论计算的关联”，以及是否掌握AI故障诊断的方法。

3. 面包板硬件阶段（80分钟）：完成“搭建-实测-排查”

基于AI仿真的成功经验，学生小组搭建面包板硬件电路，分三步开展实践：一是“精准搭建”，对照AI生成的电路原理图，将电阻、导线、电源、万用表等元器件接入面包板，注意导线插拔的牢固性、元器件极性的正确性（如电源正负极），教师随机抽查小组的搭建情况，避免因接线错误导致元器件损坏；二是

“数据实测”，用万用表实测原电路与等效电路负载电阻两端的电压、电流数据，记录在实验报告中，同时对比实测数据与AI仿真数据的差异，标注差异值（如“原电路负载电压仿真值为3.0V，硬件实测值为2.85V，差异5%”）；三是“故障排查”，若出现硬件电路无输出、实测数据与仿真数据差异过大（ $> 10\%$ ）等问题，小组先自主排查（参考AI仿真的故障诊断思路，检查导线接触、元器件参数），自主排查无果后，向教师求助，教师通过“提问引导”帮助学生定位问题（如“你用万用表测过电阻R2的实际阻值吗？是否与仿真时的参数一致？”）。

4. 总结复盘阶段（40分钟）：实现“知识深化+能力提升”

复盘环节采用“小组汇报+教师点评”的形式，先由各小组汇报三项内容：一是AI仿真与面包板硬件实践的核心流程与数据对比结果；二是实践中遇到的问题（如“硬件电路中导线接触不良，导致实测数据波动大”）及解决方法；三是对戴维南定理的新认知（如“仿真中忽略了导线电阻，硬件中导线电阻导致数据差异，这就是理论与工程实际的区别”）。

（二）设计分层递进的协同实践任务

为兼顾不同基础学生的学习需求，避免“基础好的学生觉得任务简单、基础弱的学生觉得任务困难”的情况，结合《电路》课程知识点的难易程度，设计“基础型-提升型-创新型”三层递进的协同实践任务，让学生根据自身基础选择任务，同时鼓励基础弱的学生在完成基础型任务后，尝试提升型任务，实现“因材施教”。

1. 基础型任务：聚焦“知识点掌握与基本操作”

针对“欧姆定律”“电阻串并联”“基尔霍夫定律”等基础知识点，任务设计以“验证理论、掌握基本操作”为目标，流程简单、要求明确，确保所有学生都能完成。例如，“电阻串并联电路”的基础型任务：①用AI仿真工具搭建“ $1k\Omega$ 与 $2k\Omega$ 电阻串联”“ $1k\Omega$ 与 $2k\Omega$ 电阻并联”的两个电路，仿真测量总电阻、各电阻两端电压，验证串并联电路的电阻、电压规律；②用面包板搭建相同的两个硬件电路，实测总电阻、各电阻电压数据；③对比仿真与硬件数据，计算误差，说明误差原因（如“硬件电阻实际阻值存在 $\pm 5\%$ 的精度误差，导致数据差异”）；④掌握万用表的电压、电阻测量方法，以及面包板的基本接线技巧。

2. 提升型任务：聚焦“知识点应用与故障排查”

针对“RC充放电电路”“戴维南定理”“叠加定理”等中等难度知识点，任务设计以“应用理论解决问题、提升故障排查能力”为目标，增加任务复杂度，要求学生自主设计方案、排查故障。例如，“RC充放电电路”的提升型任务：①用AI仿真工具设计一个“充放电时间为10s的RC电路”，AI辅助选择电阻、电容参数，仿真观察充放电电压变化曲线，记录充放电时间；②基于仿真方案，用面包板搭建硬件电路，实测充放电时间，若实测时间与10s的偏差 $> 2s$ ，自主排查故障（如“电容量不足”“电阻参数选错”），必要时用AI优化参数；③改变电阻值（如将 $10k\Omega$ 电阻改为 $20k\Omega$ ），分别通过仿真与硬件实测，观察充放电时间的变化，总结“电阻参数对RC充放电时间的影响规律”；④撰写故障排查报告，说明排查思路与方法。

3. 创新型任务：聚焦“知识整合与工程创新”

针对“电路综合设计”“实际电路应用”等知识点（如课程期末综合实践），任务设计以“整合多知识点、解决实际工程问题”为目标，不限制具体方案，鼓励学生自主创新。例如，“简易应急灯电路”的创新型任务：①明确实际需求（“输入220V交流电，经过整流、滤波、分压后，输出5V直流电，同时并联一个电容，

实现断电后应急照明5s”）；②整合“整流电路”“滤波电路”“RC充放电电路”“分压电路”等多知识点，用AI仿真工具设计电路方案，AI辅助优化元器件参数（如选择合适的整流二极管、滤波电容），仿真验证电路是否满足需求；③用面包板搭建硬件电路，实测断电后的应急照明时间，若不满足5s需求，结合AI仿真与硬件实测数据，优化电路（如增大电容容量）。

参考文献

-
- [1] 王建国, 刘敏, 陈丽. 基于 Multisim 仿真与硬件实验协同的《电路》课程教学改革 [J]. 电气电子教学学报, 2022, 44(3):123–127.
 - [2] 李娜, 张军, 赵阳. 人工智能技术在工科基础实验教学中的应用研究——以《电路》实验为例 [J]. 中国现代教育装备, 2023(15):89–92, 96.