

人工智能赋能电气工程自动化实验教学的改革与应用

秦子硕¹ 秦帅^{2*}

1. 山东交通学院; 2. 国网山东省电力公司济南市长清区供电公司

摘要: 传统实验教学模式受固定课时限制, 学生难以深入理解实验原理与拓展探究。某职业院校在“电气故障诊断”实验中引入翻转课堂模式, 重构学习时空。课前学生借助智能学习平台看微视频、做预测试, 系统生成薄弱项清单; 课中教师针对共性难题微课讲解, 学生分组操作智能故障模拟装置并记录数据; 课后系统推送拓展案例, 学生利用虚拟仿真平台跨场景实验。该三段式设计突破课堂限制, 形成全流程深度学习闭环。

关键词: 翻转课堂; 电气故障诊断实验; 三段式设计; 深度学习闭环

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2026.01.163

引言

电气工程自动化是现代工业的核心领域, 其实验教学承担着培养学生实践创新能力的重要使命。随着人工智能技术的快速发展, 传统实验教学已难以满足行业对复合型人才的需求。将人工智能深度融入电气工程自动化实验教学, 不仅能够重构教学内容体系, 还能通过智能工具优化教学过程, 实现从知识传授到能力培养的范式转变。下面从教学理论重构、智能工具开发、教学模式创新、评价体系优化四个维度, 系统探讨人工智能赋能实验教学的改革路径与实践策略。

一、教学理论重构: 从经验驱动到数据驱动的范式转型

(一) 建构主义理论下的智能实验设计

传统的“电力系统暂态分析”实验教学往往依赖于固定参数仿真模型进行教学, 学生仅能按部就班地观察到预设的故障现象而缺少主动探究的空间, 很难对知识体系进行深度建构。建构主义主张, 学习者应当通过积极的探索活动来形成知识体系, 而人工智能的整合为这一知识构建过程提供了强大的动态支撑。引入人工智能之后, 该实验系统能够根据学生的操作数据对电网的拓扑结构和负载参数进行实时和灵活调节, 从而为学生生成个性化的故障场景。

(二) 认知负荷理论指导的智能分层教学

认知负荷理论认为学习者的工作记忆容量是有限的, 教学应避免信息过载对学习效果的影响。在传统的“工业机器人编程”实验课中, 教师通常会对运动学方程、轨迹规划算法及编程语法等进行同步讲解, 课程内容庞杂, 使得学生存在认知超载现象, 很难对知识进行高效吸收^[1]。为了解决这一难题, 人工智能推动的分层教学系统在其中扮演了举足轻重的角色。系统对学生操作日志进行深入分析, 准确地确定了每一位学生的知识薄弱点。

(三) 情境认知理论支撑的虚拟仿真实验

情境认知理论认为, 现实或仿真的实践情境是提高学习成效的关键。但在“高压设备绝缘检测”实验中, 真实设备的操作不但具有高安全风险, 操作出现失误就会危害人身安全, 同时设备的购置、维护费用较高, 很难使学生经常进行实践训练。基于数字孪生技术, 虚拟实验室被创建出来。这个实验室利用激光扫描和点云重建技术, 对变电站环境进行1:1精确模拟, 为学生创造了一个高度真实的实验环境。

二、智能工具开发: 从单一功能到全流程支持的生态构建

(一) 智能实验平台的模块化设计

1. 突破传统局限: 传统实验平台功能单一固化, 难以适应新兴技术涌现和实验需求快速迭代的情况, 无法为学生提供丰富多元且紧跟时代的实验体验。

2. 采用先进架构: 该平台采用先进的微服务架构, 把数据采集、模型训练、可视化展示等核心功能封装成独立模块, 为平台的灵活性和可扩展性奠定基础。

3. 支持个性化搭建: 在“电机调速系统优化”实验中, 学生可根据自身学习进度与创新想法, 自由组合PID控制、模糊控制与神经网络控制等模块, 利用拖拽式界面轻松搭建个性化实验系统, 满足学生多样化学习需求。

4. 自动记录与生成报告: 实验过程中, 平台自动精准记录各模块参数调整的详细过程, 并运用数据分析技术生成优化路径对比报告, 为学生分析实验提供依据。

5. 提升学生能力: 学生借助优化路径对比报告, 能直观理解不同控制策略在电机调速场景中的适用性、优势与局限, 有效提升实践操作能力与创新思维。

(二) 自适应实验资源的动态生成

传统实验教学中, 静态实验手册教学内容固定、更新速度慢, 很难针对学生不同的基础、兴趣以及学习

进度等因素提供相适应的学习资源，不能适应个性化学习的需要，致使有的学生“吃不饱”，有的“跟不上”。某职业院校在自然语言处理技术的支持下，创新性地创建了智能资源生成系统。在“供配电系统设计”实验中，只要学生输入自己的设计要求，该系统就可以快速生成个性化的实验指南，内容涉及负荷计算、设备选型和短路电流校验等多个关键环节^[2]。

（三）智能实验助手的全程陪伴

在传统的实验教学模式中，教师现场巡查指导受精力和时间限制，很难准确观察到每一个学生操作细节并给予及时帮助。学生在面对问题时，常常会因无法及时解决问题而感到沮丧。某应用型本科高校创新性地开发了实验助手机器人，用于对学生进行全程智能陪伴。在计算机视觉技术的辅助下，机器人可对学生操作状态进行实时准确识别。无论出现接线出错、元件安装有偏差或操作顺序不合适等情况，机器人均可快速抓取。

三、教学模式创新：从教师主导到学生中心的实践转型

（一）项目式学习驱动的跨学科整合

传统的实验教学模式通常集中在单一知识点验证上，每个实验环节都比较独立，很难指导学生建立完整

的知识体系，更不能有效地训练学生处理复杂现实问题时的系统思维。某大学对“智能电网调度”实验进行了大胆的改革，基于真实的电网运行数据设计了课题任务。学生以团队的方式参与其中，需要横跨电力市场分析、新能源预测和优化算法等众多学科领域，独立研发调度决策支持系统。

（二）翻转课堂重构的时空延伸

传统实验教学模式受固定课时制约，学生往往只能完成基础操作流程，缺乏对实验原理的深度理解与拓展探究。某职业院校在“电气故障诊断”实验中创新引入翻转课堂模式，重构学习时空维度：课前，学生通过智能学习平台观看“变压器故障特征提取”“电路拓扑分析”等系列微视频，完成包含10道知识点的预测试，系统自动生成薄弱项清单；课中，教师基于学情数据，针对“谐波干扰诊断”等共性难题进行15分钟微课讲解，随后学生分组操作智能故障模拟装置，通过改变负载参数、调整传感器位置等操作，记录不同故障现象下的数据特征；课后，系统推送“基于深度学习的电缆故障定位”“多源信息融合诊断”等拓展案例，学生可利用虚拟仿真平台进行跨场景实验。

“电气故障诊断”实验翻转课堂学生教学评估

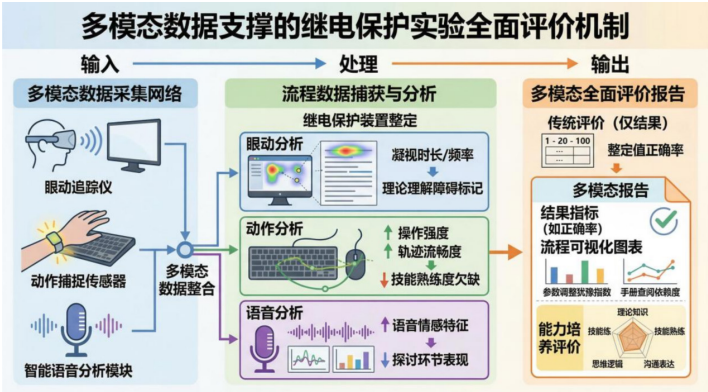
评估维度	评估内容	评分 (1—5 分)	评估说明
课前学习	观看微视频完成度	4	大部分学生能完整观看系列微视频，为课堂学习奠定较好基础。
	预测试成绩及薄弱项掌握	3.5	预测试平均成绩中等，部分学生对薄弱项有进一步学习，但仍有提升空间。
课中学习	共性难题微课理解程度	4	多数学生能理解教师针对共性难题的微课讲解，课堂互动较好。
	智能故障模拟装置操作熟练度	3	部分学生操作不够熟练，对负载参数改变等操作不够精准，需加强练习。
	故障现象数据记录准确性	3.5	大部分学生能较准确地记录不同故障现象下的数据特征，但存在个别数据误差。
课后学习	拓展案例学习积极性	4	学生对拓展案例表现出较高兴趣，主动利用虚拟仿真平台进行跨场景实验。
	知识迁移应用能力	3.5	学生在拓展实践中能一定程度上运用所学知识，但迁移应用能力还有待进一步提高。
整体学习	全流程学习参与度	4	整体上学生参与“课前 - 课中 - 课后”全流程学习的积极性较高。
	学习效果提升程度	4	相比传统实验教学模式，学生在知识理解和实践操作能力上有较明显提升。

四、评价体系优化：从结果评价到过程赋能的反馈升级

（一）多模态数据支撑的全面评价

传统的实验评价更多是以最终结果为主线，教师通常只根据实验报告或者操作成果来打分，很难完整地洞悉学生实验中思维活动和能力培养的情况^[3]。某大学创新开发的实验评价系统通过整合眼动追踪仪、动作捕捉传感器和智能语音分析模块，搭建多模态数据采集网络。该系统对“继电保护装置整定”实验中

学生凝视保
护定值计算界面时长、频率等信息进行实时记录，准确地捕捉到操作键盘力度和轨迹流畅度等信息，并结合语音情感特征对讨论环节进行分析。如学生对短路电流计算模块凝视时间较长，系统会标记他们存在理论理解障碍；如果操作轨迹经常被修改，系统会标记他们技能熟练度不足。最后产生的评价报告既显示了结果指标，如整定值正确率，又以可视化图表显示了参数调整犹豫指数和手册查阅依赖度等流程数据。



多模态数据支撑的继电保护实验全面评价机制

（二）动态反馈促进的持续改进

传统的实验评价通常需要教师在实验完成后才会进行重点批改和反馈，这时学生已经很难对操作细节进行追溯，从而造成问题纠正的低效^[4]。在“工业网络通信”实验中，某职业学院创新性地加入了动态反馈机制，从而构建了一个“感知—反应—顺应”的智能支持系统。该系统能够在学生配置Modbus协议参数出现错误的情况下提供帮助，通过实时数据监测即时辨识偏差，并弹出可视化错误提示窗口，对协议帧结构、校验位计算以及其他相关理论知识点进行同步推送；如果学生连续3次出现相同错误，系统开始支持“支架式”教学，将综合任务自动拆分成参数设置和通信测试的分步操作指导，降低数据传输速率和其他复杂度。

（三）成长档案记录的个性化发展

传统的实验评价通常集中在单次实验的结果上，对于学生的长远发展缺少系统性的追踪，造成个性化培养数据支持不足^[5]。某应用型本科院校创新性地建设了实验成长档案，该档案通过数字化平台记录了学生自入学至毕业期间的全部实验数据，覆盖了操作技能熟练度、创新方案提出频次和团队协作贡献值等20多个核心指标，构成动态更新的能力发展图谱。在“电力电子技术”这一系列的实验研究中，采用了时间序列分析方法，对比了学生在三年时间里的实验表现变化，特别是对于那些在操作技能上持续领先，但在理论分析得分上存在较大波动的学生，档案系统将利用其知识测试的数据，精确地识别出“对电路原理

缺乏了解”的弱点，并智能地推荐用户参与“电力电子建模和仿真”的专题研讨会。

结语

人工智能赋能电气工程自动化实验教学，不仅是技术工具的革新，更是教育理念的升级。通过教学理论的重构、智能工具的开发、教学模式的创新与评价体系的优化，实验教育正从“知识传递”向“能力培养”深度转型。这种转型不仅提升了学生的实践创新能力，也为培养适应智能时代需求的电气工程人才奠定了坚实基础。未来随着人工智能技术的持续演进，实验教学将迎来更多机遇，但无论如何变革，其核心始终是服务于学生的全面发展与终身成长。

参考文献

[1] 孙凯, 苏博文, 刘波, 等. 人工智能驱动的电力电子设计与控制研究进展[J]. 电气工程学报, 2025, 20(5): 1-10.
[2] 王梦岩. 人工智能赋能高等教育发展的路径与挑战[J]. 教育与教法, 2025(2): 162-165.
[3] 徐海峰, 徐宗刚, 史丰荣. 人工智能技术在电气工程自动化中的应用及发展[J]. 造纸装备及材料, 2025, 54(9): 76-78.
[4] 毕爽, 叶天迟. 电气工程自动化中人工智能的运用分析[J]. 数字技术与应用, 2025, 43(8): 226-228.
[5] 黄俊义. 人工智能技术在电气工程自动化中的应用[J]. 建筑与施工, 2025(10): 59-60.