

认知负荷视角下生成式 AI 赋能电磁场教学路径研究

王 锋 诸葛霞 谷楠楠 朱 磊

宁波工程学院电子与信息工程学院, 浙江 宁波 315211

摘要: “电磁场与电磁波”课程的内容高度抽象、数学推导极其繁琐, 面临多重认知困境。生成式人工智能的内容生成能力被认为是解决这一问题、重构认知路径的有效手段。因此, 本文从认知负荷理论出发, 深入分析了课程所涉及的认知负荷困境, 提出了生成式人工智能赋能教学的三重机制, 最后以教师—学生双主体的协同作用为切入点, 构建“课前一课中—课后”三阶段融合的教学路径, 开展教学实践探索。

关键词: “电磁场与电磁波”; “新工科”; 人工智能

DOI: 10.64649/yh.jydk.issn3080-2660.202603016

0 引言

“电磁场与电磁波”是电子信息类专业的核心课程, 从麦克斯韦方程组出发, 通过数学公式来描述宏观电磁物理现象, 是后续专业课程、工程应用的重要理论基础。课程的知识点高度抽象、相互关联, 需要学生具备良好的数学、物理基础和空间想象能力, 导致了课程难教、难学的特点。在“新工科”教育改革背景下, 教学要以学生为中心, 需要主动打破传统的教学模式, 根据学生认知规律优化课堂教学设计^[1]。生成式人工智能 (Generative Artificial Intelligence, GAI) 在重塑认知加工路径、促进探究式学习方面有十分明确的优势, 陆续出现 AI 助教^[2]、知识图谱^[3]、虚拟仿真实验^[4]、学生画像系统^[5]等方面的教学实践报道。普通高校“电磁场与电磁波”课程教学也逐步迈向数字化与智能化^[6]。然而, GAI 的教学赋能研究多停留在技术应用层面, 很少有人把认知负荷理论作为教学设计的底层逻辑来系统思考, 缺少成熟、可移植的范式。因此, 本文以认知负荷理论为基础, 厘清如何将 GAI 工具妥帖地融入整个教学过程, 切实提高学生解决电磁工程复杂问题的能力。

1 电磁场与电磁波课程的认知负荷困境

认知负荷理论认为学习过程的各项活动都需要消耗认知资源^[7]。根据电磁场与电磁波课程的特点, 其教学过程存在三重认知困境: (1) 符号转换困难。电磁场知识是以数学符号为主要载体 (例如高斯定理的表述 $\nabla \cdot E = \rho / \epsilon_0$), 学生要读懂并理解其中的物理图景就必须具备良好数学基础、物理背景及空间想象能力。(2) 信息输入过载。传统教学中四路信息同时涌入工作记忆: 教师语言讲解、板书和 PPT 呈现公式、教材文字描述概念、学生脑中同步进行空间想象。然而, 人的工作记忆容量有限, 当所输入信息总量超过其阈值时, 外在负荷升高并引起

认知过载。(3) 加工层次浅表。前两重困境已经挤占了有限的认知资源, 导致学生容易停留在记忆公式、套用解题方法的浅层加工阶段, 难以真正进入理解物理本质、建构知识图式的深层加工, 即相关负荷不足。

2 生成式人工智能的赋能机制

针对上述三重认知困境, GAI 的赋能逻辑并非简单地“提供答案”, 而是基于内容生成、智能交互、路径优化三个方向, 重构了学习者的认知加工路径。

2.1 认知资源重组机制

利用 GAI 的教学资源生成、信息整合能力, 同时传递多通道信息, 把原本学生在脑内完成的“符号—图像”任务转移给技术平台来承担, 从而实现认知负荷的卸载。学生不必在“想象通道”上耗费大量认知资源, “视觉—听觉”双通道中接收的直观信息帮助构建物理图景, 从而大大降低掌握课程核心概念时的认知难度。

2.2 认知路径引导机制

以降低学生处理课程核心概念时的内在认知负荷为目标, 将“被动接收”式的认知方式转变为“路径引导”。GAI 与知识图谱、可视化技术结合之后, 高度耦合的电磁场知识可以较容易地拆解为层次分明、步骤紧密衔接的认知模块, 教学内容的呈现方式在图像、视频、课程资料等多个方面进行优化。AI 助教能理解学生用自然语言提出的复杂问题, 支持多轮对话澄清问题, 以苏格拉底式提问引导学生主动建构而非机械记忆, 从而促进知识图式的建立。学生在每一次对话中仅解决一个子问题, 单位时间内所承担的总认知负荷大大降低。

2.3 认知状态调控机制

统一进度的课堂讲授容易导致两类极端情况: 数理基础好的学生理解快, 因而会产生认知闲置, 感觉缺乏挑战性; 基础薄弱的学生跟

不上节奏,容易出现认知超载、产生逃避性学习行为。因此,采用GAI工具综合学生线上线下的学习过程中的行为数据,分析、诊断其认知状态并在认知负荷过低或过高时及时干预,真正让每位学生的认知负荷始终处于“略高于现有水平但不超载”的最佳挑战区。

3 生成式人工智能在电磁场与电磁波课程中具体应用途径

3.1 课前阶段的应用

课前环节既是教学过程顺利进行的基础,也是优化认知负荷、做到认知资源适配的关键。因为学生基础存在差异,课程初期就需要建立学生认知画像,据此推送个性化的补学资料,利用在线学习平台已推出AI出题功能设计不同学习层次的个性化学习任务。

教师可以利用GAI工具把抽象物理情景直观化,很方便地生成教学素材、预习资料、学前自测与补习内容等。例如,向DeepSeek-R1大语言模型提出需求:“根据我提供的MATLAB程序,生成一个网页,用于演示电磁波的极化方式与X与Y分量之间相位及幅值的关系。”图1是DeepSeek输出的智能体,能演示电场矢量在XY平面的运动轨迹,用户调节X与Y分量的相位差、幅值比,左侧同步显示电场传播轨迹与姿态的变化。教师还可以在此基础上继续提出修改要求,直至完善。该智能体兼容移动、平板及PC端,既能可发布于在线教学平台,也能嵌入线下课堂的PPT课件中。学生能跟随课堂节奏,在手机端无延迟地同步验证,成为知识的主动探索者。

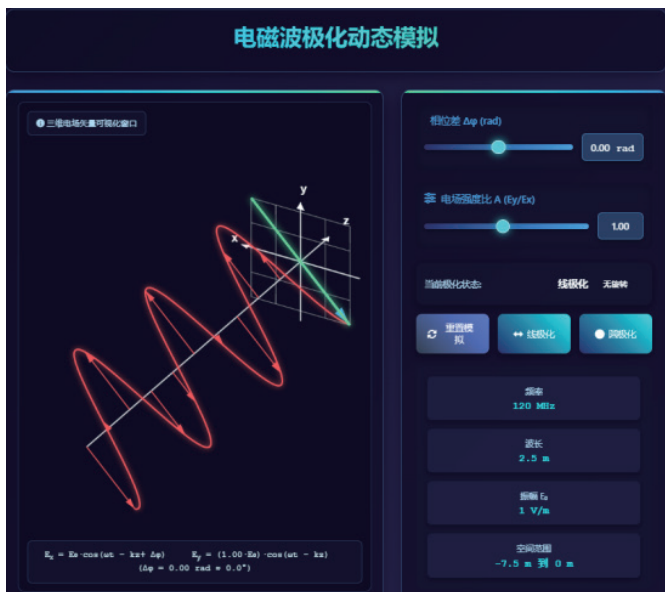


图1 基于DeepSeek生成的电磁波极化动态演示智能体

此外,GAI与大数据结合有利于系统、有层次地挖掘电磁定理及定律中所蕴含的思政元素。以中国在特高压输电技术领域处于世界领先地位为例,在讲解电磁感应原理时可引入“科

技报国、工匠精神”的思政内容。实现方式可以通过布置课前作业,让学生用AI查询、搜集中国特高压、高铁牵引电机等“大国重器”中所涉及的电磁技术资料,并在课堂进行讨论。在自主探究的过程中,学生潜移默化地升起民族自豪感,此种“润物细无声”的方式比直接说教要有力得多,符合课程思政“如盐在水”的理念。

3.2 课堂阶段的应用

课堂教学实质上是课前准备的落地,此时GAI作用在学习过程的动态优化,从而实现认知负荷的精准调控。例如,基于GAI开发知识模块化封装智能体,解决电磁理论教学中公式推导复杂、容易引起学生认知超载的问题。以反射系数推导为例,模块化封装就是将推导过程中的边界条件建立、方程组求解、公式得出等步骤封装为可逐层展开的“推导卡片”。学生初次接触时不用记住全部推导细节,先弄清物理逻辑,再按需展开各具体步骤。这种渐进式呈现策略切实降低了单位时间内学生需要处理的元素数量,将高度耦合的知识在时间上合理分散呈现,让学生在低认知负荷状态下完成对核心概念的深度加工。GAI还可以作为课堂互动的“实时引擎”,直接提高学生的关注度及参与感:教师根据课堂反应,利用学习平台推送讨论性问题,学生可自主讨论或向AI助手求助,并在规定时间内提交答案。教师端实时获取作答数据,据此即时、准确地判断学生的认知状态,及时调整课堂节奏、突出教学重点。既避免了单向讲授中常见的认知闲置(注意力涣散)问题,又因AI辅助而降低了问题解决时所涉的外在认知负荷,课堂得以进入师生协同、人机共舞的良性节奏。学生作答获得课堂积分,作为平时成绩的一个重要量化依据,能够激发学生的课堂学习兴趣。最后,还可以借助在线平台的AI辅助教学功能设计个性化AI智能体,诸如随机点名程序,让课堂互动真正有温度、有层次。

3.3 课后阶段的应用

课后阶段是知识从习得走向内化、迁移的重要一环。电磁场理论本身系统性强、各部分前后衔接紧密,学生课后复习若没有恰当引导,很容易掉入“机械刷题”的低效重复或“焦虑刷题”的认知超载陷阱。因此,GAI在课后阶段以个性化深度引导、立体化精准评估的方式促成知识图式整合及有害认知负荷的转化。

线上教学平台可以根据学科特点定制AI教学助手,实现24小时全天候解答学生问题,并基于苏格拉底式提问策略引导学生回忆课堂所学内容。以时变电磁场的习题解答为例,AI教学助手通过提问式对话唤醒学生波阻抗、边界条件、电磁波传播特性等知识点的记忆,使学生在回答问题的过程中主动、完整地构建起知识图式。如图2所示,利用AI学情分析工具,

教师综合主观数据（学生自评的难度感知、学习情绪）与客观数据（章节访问次数、习题作答时长情况、AI教学助手提问的使用情况），对学习者的认知状态做出实时、准确的诊断，并在教学过程中持续改进。

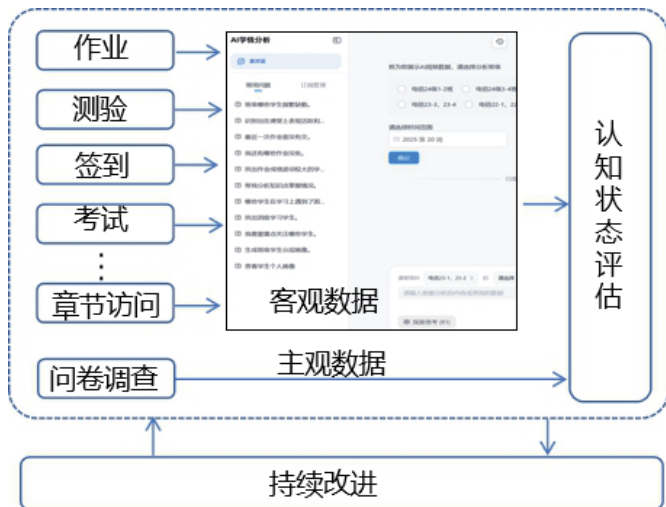


图2 认知状态调控过程图

4 结束语

当今时代，GAI的发展趋势不可逆转，助力高教课程教学的应用仍处于探索阶段，尚未形成成熟范式，需要在实践教学过程中不断地探索完善。作为高校教师，应顺应时代潮流，积极探索该技术赋能高校教学的路径。本文基于认知负荷理论，分析了GAI赋能“电磁场与电磁波”课程教学的机制，并探索在教学中的一系列应用。以学科特点为“因”，以GAI技术为“桥”，以认知负荷理论为基础，在课前一课中一课后的时序中，通过教师-学生双主体的协同作用，实现了对课程教学创新探索，为GAI赋能高校工科课程教学提供了理论和实践参考。

最后，高校教师还要清醒地认识到技术应用中可能存在的问题。教师作为教学的主体，要善于用AI，但绝不可过度依赖AI，否则就会导致教学的同质化、机械化，进而丧失教学创新能力及教学热情。教师应发挥教学内容把关者、教学决策制定者的作用，有意识、有计划地培养学生独立思考的能力，恰如其分地引导学生使用AI工具，杜绝其沦为“作业帮”式的工具。技术终究要为深度学习、能力发展服务。

参考文献：

- [1] 王菲. 高等教育中新工科人才培养的实践与思考 [M]. 北京: 中国商务出版社.
- [2] 吴海娜, 吴思忠, 王晗等. 基于知识图谱与 AI 助教的大学物理 AI 课程探索与实践 [J]. 大学教育, 2025 (S1) 62-64.
- [3] 李念强, 周沛, 黄于等. 结合人工智能与知识图谱的智慧创新课程探索—以电磁场与电磁波课程为例 [J]. 高教学刊, 2025, 11(12): 76-79.
- [4] 赵颖. “电磁场与电磁波”课程多方位虚实融合教改探索 [J]. 中国新通信, 2024, 26(22): 101-103.
- [5] 高玲. 融合知识图谱与学生画像的数字化教学资源智能推荐方法 [J]. 电脑编程技巧与维护, 2026(01):159-161.
- [6] 张海, 钟文深, 王安军等. “电磁场与电磁波”可视化教学的探索和实践 [J]. 电气电子教学学报, 2025, 47(5): 126-131.
- [7] 张慧. 智能教育时代认知负荷理论发展、应用与展望—“第十一届国际认知负荷理论大会”综述 [J]. 现代远程教育研究, 2018,(06): 37-44.

作者简介: 王锋 (1991.04—), 男, 汉, 山东临沂人, 博士研究生, 讲师, 主要研究方向: 空间光通信、可见光定位方向研究。

项目信息: 宁波工程学院 2025 年校级课程改革项目“新工科背景下生成式人工智能赋能电路分析理论课程的改革研究” (项目编号 2025NGGJA04)。