

基于AI + 生态的电磁场课程项目式教学改革探索

任群, 胡冰, 徐岩*, 高镇

天津大学电气自动化与信息工程学院, 天津

收稿日期: 2025年8月4日; 录用日期: 2025年9月6日; 发布日期: 2025年9月16日

摘要

在AI(人工智能)技术蓬勃发展的背景下,传统《电磁场》课程的教学模式及人才培养方式面临着迫切的改革。本文以项目式教学为核心,电磁场课程的知识体系为基础,结合前沿AI“软技术”,探索并设计了一系列不同难度层次的项目,打破传统知识传授的局限,建立了“师-生-机”协同的AI+生态。该生态的核心是借助AI技术赋能项目式教学,构成要素为教师、学生和AI系统三方,运行机制在于重塑教学关系与流程。一方面,引入项目式教学模式,将知识导向转变为问题导向,帮助学生在动手实践中掌握基础理论知识,提升学生解决实际工程问题的能力;另一方面,顺应技术发展潮流,AI与电磁场相融合将会使智能超材料、电磁空间感知等电磁场多个应用领域焕发新的光彩,基于AI的项目式教学将为培养新一代电磁领军人才打好基础。

关键词

AI + 生态, 电磁场, 项目式教学, 教学改革

Reforming the Electromagnetic Field Course with Project-Based Learning in an AI-Powered Ecosystem

Qun Ren, Bing Hu, Yan Xu*, Zhen Gao

School of Electrical and Information Engineering, Tianjin University, Tianjin

Received: Aug. 4th, 2025; accepted: Sep. 6th, 2025; published: Sep. 16th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 任群, 胡冰, 徐岩, 高镇. 基于AI + 生态的电磁场课程项目式教学改革探索[J]. 教育进展, 2025, 15(9): 962-967. DOI: 10.12677/ae.2025.1591762

Abstract

Amid the exponential advancement of Artificial Intelligence (AI), conventional pedagogical models and talent development strategies for the “Electromagnetic Field” curriculum are confronted with an imperative for profound transformation. This paper delineates a pedagogical framework predicated on Project-Based Learning (PBL), which is rooted in the foundational knowledge of electromagnetics and augmented by the integration of state-of-the-art AI technologies. Through this framework, a spectrum of projects with graduated levels of complexity has been designed to transcend the constraints of traditional didactic instruction, culminating in the establishment of a symbiotic “instructor-student-AI” ecosystem. The quintessence of this ecosystem is leveraging AI to empower PBL; its constituents are instructors, students, and AI systems, and its operational mechanism involves the fundamental reconfiguration of pedagogical workflows. Primarily, this model catalyzes a pedagogical pivot from a knowledge-transmission paradigm to a problem-oriented one, thereby facilitating students’ mastery of foundational theories through experiential learning and augmenting their proficiency in resolving tangible engineering challenges. Concurrently, in alignment with contemporary technological trajectories, the convergence of AI and electromagnetics is poised to invigorate diverse application domains, such as intelligent metamaterials and electromagnetic spatial sensing. Consequently, this AI-augmented PBL methodology is instrumental in laying a robust foundation for the cultivation of the next generation of vanguard talent in the field of electromagnetics.

Keywords

AI-Powered Ecosystem, Electromagnetic Field, Project-Based Learning (PBL), Teaching Reform

Copyright © 2025 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

随着人工智能技术的飞速发展，AI 逐渐成为各个领域的重要驱动力，在电子信息工程领域更是如此 [1]。智能超材料、电磁空间感知等领域都应用了 AI 技术，电磁数字孪生等新概念层出不穷，使传统电磁场领域焕发了新的生机。然而，当下电磁场课程的教学工作存在诸多挑战，在目前的教学中学生只能被动接受知识，而该课程核心概念较多，公式复杂，学生往往疲于应对考试而忽略了理论与实际问题的结合，难以培养出基础扎实、具备工程实践能力的专业人才。

在此背景下，将 AI 这个“软技术”运用到电磁场理论的教学工作中去，进行 AI + 生态的电磁场课程项目式教学改革探索很有意义，借助 AI+ 电磁场，创建“师 - 生 - 机”协同生态 [2]。把传统的以知识传授为主的教学模式转变成以问题为导向的项目式教学模式，为培养具有创新精神、发散性思维和实践能力的工程人才提供了重要的途径 [3]。在 AI 技术高度介入的项目式教学当中，学生不再是理论知识的被动接受方，而是课程内容的探索者，更是实际工程问题的发现者和解决者。教师则是学生的合作伙伴，在项目的完成过程中教会学生复杂的电磁理论知识，提高学生的实践能力和创新能力。

2. AI 技术简介

人工智能从十九世纪五十年代诞生至今，一系列与之相关的前沿技术不断被提出，包括线性回归、

遗传算法、神经网络等核心算法或模型，也形成了机器学习、深度学习等诸多细分领域，其核心技术在工程实际中有着广泛的应用。本次教学改革将以线性回归、遗传算法、神经网络等核心算法或模型为基础建立一系列与电磁场工程实际相结合的项目。

线性回归算法是 AI 领域中一种简单而基础的算法，通过建立因变量与一个或多个自变量之间的线性关系模型，对已有数据进行拟合并预测未知的数据。该算法核心思想在于找到一条直线或一个超平面，使其尽可能地接近所有的训练样本点。算法原理简单，实现起来也比较容易，可以让学生快速上手。

遗传算法是一种模仿生物进化过程的算法，它借鉴了自然选择和遗传学的原理，模拟生物进化过程中的选择、交叉和变异等操作，对解空间进行搜索，以求解各种优化问题。遗传算法的基本概念和原理比较简单，容易理解，具体实现时要注意一些细节，在具体的项目中使用可以激发学生的学习兴趣，培养学生的创新思维和实践能力。

神经网络是模仿人脑结构建立起来的一种模型，由输入层，隐藏层，输出层等多个层组成，每层均有若干神经元，不同层之间的神经元通过权重相连，输入层接收外部数据并把数据传给隐藏层，隐藏层对这些数据进行处理并提取出数据特征，输出层给出最后结果。模型训练时，利用反向传播算法来调节网络的连接权重，减小输出结果和实际值之间的误差，改善模型的性能。对于复杂的预测和分类任务，神经网络模型具有优异的性能。在项目式教学中引入神经网络，可以拓展学生的视野，锻炼学生的工程思维。

3. 电磁场理论知识引入

麦克斯韦方程组是电磁理论的基石与核心，是学好电磁场课程的关键。麦克斯韦方程组共有四个方程，第一个方程为高斯定理，描述了电场与电荷之间的关系，表明穿过一个闭合曲面的电通量与该闭合曲面所包围的自由电荷量成正比，电场由电荷产生。第二个方程为高斯磁定理，说明磁场无源，即穿过任何一个闭合曲面的磁通量为零。第三个方程为法拉第电磁感应定律，表明时变磁场会在其周围产生电场。当穿过一个闭合回路的磁通量发生变化时，回路中就会产生感应电动势，变化的磁场能够产生电场[4]。第四个方程为全电流安培环路定理，表明电流和时变电场都能产生磁场，磁场既可以由传导电流产生，也可以由变化的电场(位移电流)产生。

由麦克斯韦方程组衍生出了整个电磁场理论，从其入手可以推导出如电磁场能量、边界条件、泊松方程等一系列结论，这些结论在工程实际中的各个领域中都拥有着广泛的应用。

3.1. 电磁场能量

电磁场能量是场在空间中分布所具有的能量，一般用单位体积内的能量即电磁场能量密度来作为空间中电磁场存储能量的量度，其与空间中电场和磁场的分布和变化情况紧密相关，可以分为电场能量密度和磁场能量密度，两者之和是电磁场能量密度。在电磁波中，电场和磁场方向相互垂直，能量在两个场中传递和转移，此消彼长。

3.2. 电磁场边界条件

电磁场边界条件描述了电磁场在两种不同介质分界面上所遵循的规律，分为法向边界条件和切向边界条件两种，分别描述了电磁场在垂直于分界面和平行于分界面两个方向上的行为。

法向边界条件：电位移矢量的法向分量在两种介质的分界面上连续，磁感应强度的法向分量在边界上连续。

切向边界条件：电场强度的切向分量在两种介质的分界面上连续，磁场强度的切向分量在边界上受表面电流密度的影响。如果没有表面电流，磁场强度的切向分量在边界处也是连续的。

边界条件决定了电磁场如何在不同材料之间传播，调整材料的设计参数可以优化磁场的分布，从而

得到在工程实际中最适宜使用的电磁场分布。

3.3. 泊松方程

泊松方程是用于描述介质中电势分布的方程，介质中电势分布与电荷密度分布有关。泊松方程适用于非均匀媒质，比如电缆中不同材料层的电荷分布情况，如果介质均匀且介质中电荷密度处处为零，则泊松方程退化为拉普拉斯方程。在求解恒定电流的边值问题时，要先求出电势与电流密度的分布，这不可避免地要用到泊松方程和拉普拉斯方程。

4. 具体项目设计

项目设计需要综合考虑，既要考虑到学生的实际水平，又要兼顾工程性，确保学生在掌握电磁场理论的同时得到工程思维和动手能力的培养。本次课程改革项目探索从电磁场工程应用中的常见问题入手，结合电磁场理论知识，给出难度不一的若干项目，引导学生使用 AI 技术解决问题，培养学生的创新能力和解决工程实际问题的能力。

4.1. 基于线性回归的电磁炮性能预测

项目背景：电磁炮是一种基于电磁感应定律所研发的武器，依靠磁场能量的积累和释放产生巨大威力。发射速度，能量损耗等主要性能预测是电磁炮设计和优化中的重要环节，如何通过磁场能量的积累和电流密度的分布来准确预测其性能是目前技术实现中的难题。

项目目标：本项目需要创建多元线性回归模型来预测电磁炮性能，线性回归是工程中应用最多的统计分析手段，能够有效解决简单的预测问题。在完成该项目的过程中，学生将学会使用多元线性回归模型处理实验数据，并将处理后的数据应用到电磁炮性能的预测和优化中。

项目难度：简易且易于上手。

4.2. 遗传算法优化超导磁体设计

项目背景：恒定磁场在超导磁体设计中的应用是现代电磁场理论的重要研究内容之一。超导磁体是医学核磁共振成像的重要部件，涉及磁场分布的均匀性、磁通的连续性及边界条件等问题，关键在于控制磁场边界条件以获得高磁场强度和高稳定度，同时减少能量损耗。

项目目标：本项目主要目的是运用遗传算法对超导磁体进行优化设计，学生需根据麦克斯韦方程组的基本方程结合边界条件建立数学模型，运用遗传算法寻找最优参数进行设计优化。通过遗传算法，学生可以在最优解未知的情况下，通过进化过程快速找到最优磁体设计方案。

项目难度：中等，需关注具体细节问题。

4.3. 基于神经网络的接地网故障检测

项目背景：接地网系统在电力传输中扮演着重要的角色，它保障了电力设备的正常运作，保证了人身安全[5]。接地网故障检测十分重要，故障接地网会造成严重的安全隐患。传统的检测方式常常需要很多人工操作和数据处理，而且检测精度不高，不能做到快速检测故障。

项目目标：本项目依靠神经网络实现接地网故障位置及故障类型的自动检测，建立的神经网络模型可从诸多历史故障数据中去学习规律，从而大幅度提升检测的效率。通过本项目，学生将学会利用神经网络模型来处理繁杂的电磁数据，首先需要建立接地网的磁感应强度模型，然后用收集到的故障数据来训练模型，以达到自动识别故障点的目的。

项目难度：较难，需具备一定数学与编程基础。

4.4. 基于深度学习的最佳电缆参数设计

项目背景：电缆设计、信号传输等工程应用均需求解恒定电流边值问题。在电缆设计的时候要考虑到电流密度的分布情况、导体材料的选择以及绝缘层的设计，传统的做法依靠电磁场方程求解出解析解或者数值解，但当几何结构和材料特性非常复杂的时候，解析解常常不是最佳选择，求解会变得相当困难。

项目目标：神经网络擅长解决复杂的非线性问题，创建模型后可以自动从海量数据中学习电缆参数与电流分布的关系。本项目采用神经网络模型来改善电缆的设计参数，包含导线材质、电缆直径、绝缘层厚度等，目标是保证恒定电流下的电缆性能达到最优。学生要创建电缆模型并借助神经网络实施模拟预估，最终找到最佳设计。

项目难度：较难，需具备一定数学与编程基础。

5. 教学改革的开展过程与效果评估

5.1. AI 项目式课程的开展

课程开展前，教师需要明确课程目标，讲解项目式教学的核心思路，通过实际生活中的例子引入一系列待解决的实际电磁场项目，引导学生分组并调研，初步明确项目目标以及项目的重难点。在此基础上，教师进一步讲授电磁场理论与 AI 技术的结合应用，为同学们解决实际问题打下坚实的理论基础。在项目实践阶段，学生依据选定的项目方案深入讨论并搭建 AI 模型，结合电磁场仿真软件进行模拟实验，并基于实验数据对模型进行调整和优化以进一步提高系统性能。

5.2. AI 项目式课程的效果评估

AI 项目式课程从学生对于知识的掌握程度、项目完成的质量、团队协作的情况等多个角度入手建立多维度的评估体系对学生综合水平进行评价。在完成项目的过程中通过大语言模型对每个同学进行基础知识的测试，将大模型打分作为学生理论知识掌握程度部分的指标。在每个项目完成后，学生需要进行团队汇报以及成果展示，教师、学生以及大模型共同对项目完成情况以及团队合作情况进行评价，综合考虑给出同学们最后的成绩。

6. 结语

本文通过 AI 技术赋能的项目式教学，将电磁场理论与实际工程结合起来，特别在超导磁体优化设计，最佳电缆参数设计等工程应用方面，体现出了 AI+ 生态的课程理念。在这种教学模式下学生能更直观，更有效地掌握复杂的电磁场原理及其工程应用，极大地调动了学生的学习热情和创新潜能，有利于学生在复杂的工程环境中从容应对。

电磁场与 AI 技术的结合也在工程应用领域焕发了新的光彩，引入大模型可以使智能超材料具备与环境自主交互的能力，从而实现更智能的电磁感知与调控，通过人工智能与数字调控技术实现对空间中电磁波的精准感知与动态调控可以实现电磁空间的数字孪生，在智慧城市、空天技术等多个场景中将会有广泛的应用。电磁领域与 AI 技术的融合是不可避免的趋势，基于 AI 技术的项目式教学也将为培养新一代电磁领军人才打下坚实的基础。

参考文献

- [1] 田丰. 探析人工智能技术在机械电子工程领域的应用[J]. 江苏建材, 2022(1): 62-63.
- [2] 易凯谕, 韩锡斌. 从混合教学到人智协同教学: 生成式人工智能技术变革下的教学新形态[J]. 中国远程教育, 2025, 45(4): 85-98.

- [3] 宁乐盛. 核心素养下信息技术学科项目式教学开展路径探究[J]. 中学课程辅导, 2025(14): 96-98.
- [4] 梁锋. 从法拉第电磁感应定律到麦克斯韦方程[J]. 电气电子教学学报, 2024, 46(5): 119-124.
- [5] 闫孝姮, 丁一凡, 陈伟华, 等. 多注意力残差脉冲神经网络的接地网故障诊断[J]. 电子测量与仪器学报, 2025, 39(3): 77-91.