

AI赋能下“电磁场、微波技术与天线”可视化教学改革探索

王洋洋, 刘起坤, 刘 庆

信息工程大学信息工程学院, 河南 郑州

收稿日期: 2026年8月19日; 录用日期: 2026年10月17日; 发布日期: 2026年10月30日

摘 要

“电磁场、微波技术与天线”是电子信息类专业一门非常重要的核心课程, 概念抽象, 电磁场电磁波看不见又摸不着, 理解非常困难。传统“灌输式”的教学模式并不适合于该课程。针对上述教学痛点, AI提供了新的解决思路, 其可以将抽象概念可视化, 帮助学生理解。对此, 本文基于成果导向教育(OBE)理念, 采用AI辅助教学, 对概念抽象性强的电磁场、微波技术与天线课程开展可视化教学改革。深入分析研究学情、教情, 基于Matlab仿真和AI辅助教学将三维模拟仿真引入到课堂教学。以平面波极化和对称振子天线为例, 实现电磁波三种极化以及对称振子天线三维、二维方向图的可视化仿真, 理论讲解与仿真实践相结合, 建立符合成果导向教育的教学策略。

关键词

AI, OBE理念, 可视化, 教学改革

Exploration and Visual Teaching Reform of AI-Electromagnetic Fields, Microwave Technology, and Antennas Course

Yangyang Wang, Qikun Liu, Qing Liu

Institute of Information System Engineering, Information Engineering University, Zhengzhou Henan

Received: August 19, 2026; accepted: October 17, 2026; published: October 30, 2026

Abstract

“Electromagnetic Fields, Microwave Technology, and Antennas” is a very important core course in

the field of electronic information. It has abstract concepts, Electromagnetic fields and electromagnetic waves are invisible and intangible, making students extremely difficult to understand. The traditional “lecture-style” teaching model doesn’t really fit for this course. To address this teaching pain point, AI offers new ways to solve problems; it can visualize abstract concepts and help students understand them. In response, this article is based on Outcome-Based Education (OBE) concepts and uses AI-assisted teaching to carry out visual teaching reforms for highly theoretical courses like Electromagnetic Fields, Microwave Technology, and Antennas. It deeply analyzes students’ learning situations and teaching conditions, introducing 3D simulation into classroom teaching based on Matlab simulations and AI-assisted instruction. Taking plane wave polarization and symmetrical dipole as an example, it achieves visual simulations of three types of electromagnetic wave polarization and the 3D, 2D radiation patterns of the symmetric dipole antenna, integrating theoretical explanations with simulation practice, and establishes a teaching strategy in line with Outcome-Based Education.

Keywords

AI, OBE Concept, Visualization, Teaching Reform

Copyright © 2026 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

电磁场、微波技术与天线是电子信息工程、通信工程等工科专业不可或缺的核心课程，是衔接大学物理与射频通信、天线设计、微波器件等工程应用的关键纽带，是现代无线信息技术产业发展的核心底层技术，当下 5G/6G 通信、卫星导航、雷达探测、无人驾驶等前沿领域都离不开该技术。该门课内容涉及矢量场分析、传输线理论、天线辐射与电波传播等知识，概念抽象难懂，电磁波学生看不见又摸不着，一直是一门教学中“教师难讲、学生难学”的课程。但是这门课对信息类专业的学生来说又非常重要。那么，作为教师，最应该关心的是如何激发学生的学习兴趣，提升学生学习效果。

“电磁场、微波技术与天线”概念抽象，需要学生具有较强的空间想象能力，传统的教学模式偏重“理论推导和 PPT 静态图文展示”，这让大部分学生认为这门课枯燥乏味，课堂上除了公式推导还是公式推导，大部分时间都是老师在讲，师生互动非常少，课堂死气沉沉，学生普遍积极性不高。这对于基础薄弱的学生而言，更加糟糕。因此，针对这些情况，需对“电磁场、微波技术与天线”的教学模式进行改革探索[1]-[4]。

通过在教学实践过程中引入 AI 辅助教学和 Matlab 仿真软件[5][6]，以平面波极化和对称振子天线为例，在理论讲授时，模拟仿真三种极化方式的形成过程，动态展示三种极化结果，形象的向学生讲述形成三种极化方式的区别。而讲授对称振子天线方向图时，利用 Feko 软件动态向学生展示其三维、二维方向图，将抽象的电磁波概念可视化，以便弥补学生空间想象力不足问题，激发学生的学习热情，提升、优化课堂教学效果。

2. 课情、学情和教情分析

2.1. 课情分析

电磁场、微波技术与天线是电子信息、通信工程专业极具代表性的高难度核心课程，在整个人才培

养方案中起着承上启下的作用，既是对高等数学、大学物理等基础课的应用，也是后续学习无线通信、雷达探测、电磁兼容等专业课程的基础。从本质特征来看，整体呈现知识点前后联系紧密、公式推导复杂、概念抽象、工程应用性强的显著特点，与普通应用型课程存在明显区别。

(1) 理论教学公式推导复杂、概念抽象、理解难度大

该课程是建立在电磁场理论、微波技术、天线技术等多门基础课程之上，知识跨度大、理论抽象，是学生公认的“难学、难懂”的课程。此外，课程内容多以看不见、摸不着的电磁场、电磁波为核心，其辐射机理、传播过程涉及大量的数学公式推导，导致许多数学基础薄弱的学生觉得课堂枯燥乏味、理解难度大，严重影响学生的学习信心。物理概念抽象，学生难以建立直观认知，如电磁波的传播过程、极化等，学生均难以肉眼直接看到，而传统课堂讲授过程中，教师以板书、PPT、静态图为主，缺乏动态演示、实时动态仿真与场景化呈现，导致学生难以理解电磁波到底是如何在自由空间传播的，天线之间是如何接收信号的，进一步降低学习热情。

此外，该课程知识体系逻辑性非常强、前后关联紧密，前面内容理解不透彻，后续学习便无法推进。例如，不掌握电基本振子辐射，就无法理解阵列天线；这种强关联性使抽象问题不断累积，学习难度持续增大，极易造成学生早期跟不上、后期就放弃的局面。

(2) 工程应用性强、覆盖面广

工程应用性较强，是现代无线信息技术产业的底层核心支撑。当前 5G/6G 移动通信、卫星导航定位、车载毫米波雷达、阵列天线优化设计等主流前沿领域，核心技术均源于本课程的电磁波传播、微波传输、天线辐射等核心知识。工程实际中，微波器件阻抗匹配、通信天线性能优化、电子设备电磁兼容设计、雷达探测精度调控等关键工作，均需依托本门课程理论开展分析与设计。在工程教育 OBE 育人体系下，该课程承担着培养学生电磁空间建模、仿真分析、复杂电磁工程问题求解的核心任务，是链接课堂理论与工程实践的关键纽带，为学生今后从事射频通信、天线研发、电磁工程等工作提供重要理论支撑。

(3) 学时紧张，教学效果要求高

该课程涵盖电磁场、微波技术与天线三大模块，知识点多、内容跨度大、理论与实践并重，但专业培养方案分配的课内学时有限，以大部分本科院校为例，电磁场电磁波这门课是 48 学时，微波技术是 48 学时，天线原理与设计 48 是学时，共计 144 学时，然而我们学校是三门课合成一门课共 48 学时，整体呈现“内容多、难度大、学时少”的突出矛盾。有限的学时使得教师难以兼顾复杂的公式推导、原理解释和虚拟仿真等。为完成教学进度，往往只能压缩实操演示、案例拓展和互动探究环节，多以快速理论讲授为主，导致学生知识消化周期不足、重难点理解不透彻。

2.2. 学情分析

“电磁场、微波技术与天线”要想学透学精，需要一个长期的过程，不是一蹴而就。在学习过程中你会发现其公式推导非常多、物理概念非常抽象，难于理解，课堂往往枯燥无味、死气沉沉，只有教师一个人在讲，学生几乎全程无参与。下面对最近三年学生的学情分析如下：

(1) 空间想象力不足

课程主要以三维矢量场、动态时变电磁场、微波技术与天线辐射为核心教学内容，对学生的空间想象能力要求极高。现阶段多数学生长期习惯于传统数理课程的二维、静态、公式化学习模式，普遍缺乏三维空间想象能力，无法将麦克斯韦方程组、波动方程等数理公式与电磁场分布、电磁波传播、极化、辐射等物理场景一一对应。学生大多停留在机械记忆公式、套用公式解题的浅层学习阶段，出现“会计算、不会理解”的普遍问题，难以建立系统、完整的电磁空间分布认知，成为制约课程学习的首要难题。

(2) 学生畏难情绪突出，主动性参与度不高

电磁场、微波技术与天线课程理论难度大、公式推导复杂、知识点晦涩难懂、前后逻辑关联性强。学生在前期基础不扎实、空间想象力不足的情况下,入门难度大、初期学习挫败感强,极易产生畏难、抵触与逃避心理。在传统以理论讲授为主、缺乏可视化辅助的课堂模式下,学生无法直观理解重难点,课堂跟随难度大,逐渐形成被动听课、消极应付的学习状态。课前无预习、课中无思考、课后无拓展成为普遍现象,学生自主探究、主动钻研的学习动力严重不足,整体学习积极性偏弱。

(3) 工程实践认知匮乏,工程应用思维缺乏

大部分学生长期偏重理论知识学习,缺乏射频微波、天线系统、无线通信工程的实践认知与行业场景积累,对波导、微带线、天线阵列、电磁兼容等工程器件与应用场景完全陌生。学生仅掌握书本理想化理论模型,无法理解真实工程中频率变化、介质损耗、边界干扰对微波传输与天线辐射性能的影响,难以将课堂理论知识迁移应用于复杂工程问题分析。同时,传统验证性实验模式固化,学生多机械完成仿真操作,缺少参数调试、对比分析、问题排查与优化设计的训练,导致工程思维碎片化,问题求解与创新设计能力薄弱。

2.3. 教情分析

(1) 教学方法单一

目前大部分高校的课程传授采取的是 PPT 与板书相结合的方式,而且往往是以 PPT 为主。教师讲、学生听,以课件为主要教学手段。课堂气氛较为单调,学生基本上处于被动接收状态。就“电磁场、微波技术与天线”课程而言,近年来教师的板书教学能力下降明显。由于课程本身特点,板书在电磁场课程教学中占据重要位置。在公式的板书推导中,学生才能沉浸式地体会公式的内涵,以及探索的奥妙。新工科背景下,课程学时降低,仅仅依靠板书,需要占据大量学时。而 PPT 课件讲授快速、简约,但给学生的感受往往是一带而过、浅尝辄止。

(2) 可视化教学手段严重匮乏

针对无形、动态、抽象的电磁场与微波传输,传统教学方法手过多依赖静态 PPT、板书公式和二维示意图,无法直观呈现电磁场时空分布、电磁波传播演化、微波模式转换、天线辐射方向图动态变化等核心物理过程。传统硬件实验设备精度有限、实验现象转瞬即逝、复杂实验无法开展,教师无法在有限课堂学时内开展高效动态演示,学生也难以自主完成参数对比、场态分析与仿真探究。长期缺乏动态可视化、交互式、智能化的教学辅助手段,导致课程重难点只能依靠抽象讲解与公式推导,学生认知难度大、知识理解浅层化,重难点突破效果极差。

(3) 难以适配个性化教学

学生个体在数理基础、空间思维能力、学习接受度上存在显著差异,学情分层明显。对于基础薄弱学生,复杂公式推导、矢量场分析难度过大,难以跟上课堂教学节奏,知识漏洞不断累积;对于基础较好、能力突出的学生,传统课堂内容偏基础、拓展性不足、创新性缺乏。传统统一进度、统一内容、统一要求的同质化教学模式,无法实现分层培养与因材施教,最终出现“弱者跟不上、强者学不够”的学情问题,整体育人效果受限。

3. AI 赋能下可视化“电磁场、微波技术与天线”课程教学改革

针对电磁场、微波技术与天线课程概念抽象难、可视化不足、学时紧张、学生空间感不足、工程思维欠缺等教学痛点,本文立足 OBE 成果导向教育理念[7],依托 AI 智能可视化与 BOPPPS 教学模式[8][9]对电磁场、微波技术与天线课程进行改革,改革围绕“课前、课中、课后”展开,通过 AI 技术解决无形难见、概念抽象、实践难练、评价不准等核心问题,具体实施过程如下:

(1) 课前 AI 精准预习, 基于 OBE 理念制定的目标

基于 OBE 理念, 以岗位学习目标为导向, 依托 AI 教学平台例如者学习通, 完成精准预习, 提高课堂教学效率。

首先, 基于 OBE 理念, 以岗位需求为牵引, 设置每节课的知识目标、能力目标与素质目标, 结合电磁场、微波传输、天线辐射等重难点知识, 借助 AI 智能备课平台自动生成模块化预习资源包, 包含精简理论微课、二维辅助示意图、AI 动态预演短视频、基础概念自测题库。针对矢量场分布、微波传输模式、天线极化特性等抽象内容, 提前推送 AI 可视化动态演示素材, 让学生课前初步感知无形电磁物理过程, 提前弥补空间感不足问题。其次, 依托 AI 发布课前自测题, 题型聚焦公式理解、基础概念辨析, 系统会自动统计学生答题正确率、错误多的知识点, 精准分析班级整体学情与学生个体差异。最后, AI 根据学情数据自动分层, 为基础薄弱学生推送基本概念, 为能力较强学生推送简易工程案例, 实现预习阶段分层赋能, 同时为教师课中 BOPPPS 教学的目标聚焦、重难点精讲、个性化互动设计提供精准数据支撑, 有效解决课堂学时紧张、学情参差不齐的教学难题。

(2) 课中 AI 可视化赋能, 依托 BOPPPS 模型构建闭环课堂

课堂教学以 BOPPPS 六大闭环环节为核心, 全程融入 AI 可视化仿真与智能交互技术, 彻底打破传统公式灌输、静态展示的模式, 实现抽象概念直观化、课堂互动高效化、重难点突破精准化。

课堂导入(Bridge)与目标明确(Objective)。依托短视频导入课堂, 结合 5G 天线辐射、电磁兼容干扰等真实工程案例, 快速吸引学生注意力, 让学生直观感知课程知识的工程应用价值。同时基于 OBE 制定的目标, 清晰的向学生展示, 本节课所需掌握的知识点、达成的仿真能力与工程素养目标, 让学生学习有目标。

课前测评(Pre-assessment)与精准定位。结合 AI 课前学情分析数据, 针对学生普遍存在的认知误区、知识盲区进行针对性提问与精讲, 不再无差别重复基础内容, 精准聚焦学生共性难点, 大幅提升课堂教学效率, 缓解学时紧张压力。

AI 赋能参与式学习(Participatory Learning), 为课堂改革核心环节。针对传统教学可视化缺失、概念难懂、实践难的痛点, 全程引入 AI 动态可视化与智能仿真辅助教学。对于电磁场分布、时变场演化、微波传输线驻波变化、波导模式转换、天线方向图辐射、电磁波极化与损耗等无形动态过程, 通过 AI 三维实时渲染技术, 将静态公式、抽象概念转化为三维动态场景。同时依托 AI 智能仿真平台, 学生可通过自然语言指令快速完成天线、微波器件模型搭建与仿真计算, 大幅降低实践操作门槛, 课堂中可开展多组参数对比、结构优化探究, 让学生从被动听讲转变为主动观察、动手仿真、探究分析, 有效培养电磁空间感知能力与工程思维。

课堂后测(Post-assessment)与即时反馈。课堂重难点讲解与仿真探究结束后, 依托 AI 平台实时发布课堂针对性习题与小型仿真任务, 系统自动批阅、实时统计正确率, 快速检验学生对当堂知识的掌握情况, 即时发现课堂遗留问题, 实现当堂问题当堂消化。

课堂总结(Summary)与知识梳理。由 AI 智能生成本节课知识框架、重难点清单、仿真操作要点与工程应用总结, 辅助教师完成课堂复盘, 帮助学生构建系统化知识体系, 同时衔接下节课教学内容, 形成课堂教学完整闭环。

(3) 课后 AI 分层拓展, 深化工程实践与创新能力培养

基于 OBE 理念, 依托 AI 技术打破课堂教学边界, 解决传统课后练习单一、无差异化指导的问题。一方面, AI 根据学生课堂学情数据、课后测试结果, 智能推送分层化课后任务, 针对基础薄弱学生, 推送基础可视化复盘任务、简单仿真练习, 巩固课堂核心知识点, 补齐基础短板; 针对中等学生, 推送参数调试、对比仿真任务, 强化机理理解与实操能力; 针对优秀学生, 推送天线结构优化、微波器件阻抗

匹配设计等创新性、工程性探究任务,满足高阶能力提升需求。另一方面,依托 AI 智能答疑与仿真辅助系统,全天为学生解答公式推导、仿真报错、参数优化等问题,替代传统人工答疑滞后、覆盖面窄的短板。同时, AI 自动收纳学生课后仿真模型、优化方案、探究报告,形成个人学习档案,为后续过程性评价提供完整数据支撑,持续深化学生工程实践与创新能力。

4. 案例分析

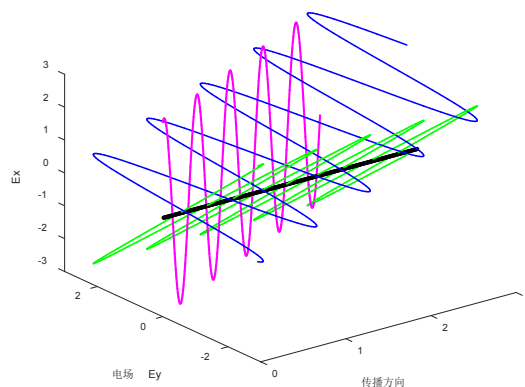
现以“电磁场、微波技术与天线”课程中的平面波极化和半波对称振子辐射为例,讲解 AI 赋能下可视化教学的设计过程。

(1) 平面波极化

平面波极化是电磁场课程核心重难点,包含线极化、圆极化和椭圆极化三种典型形态,圆极化和椭圆极化又分为右旋和左旋极化,传统教学仅依靠静态二维示意图、公式推导讲解,无法展示电场矢量随时间与空间的动态旋转轨迹,学生难以区分极化类型、判读旋向规律,极易出现概念混淆、机理理解偏差等问题。本案例基于 Matlab 软件仿真实现,在编程过程中可借助 AI 助手智能生成代码。如图 1(a)所示为线极化代码,图 1(b)绿色的线条为线极化。

```
Exm = 3;
% x分量幅值
Eym = 3;
% y分量幅值
w=10;
%角频率
z0=0;
%起始位置
x=0:0.01:3;
% x轴坐标取样
m0 = zeros(size(x));
%与x取样序列规模相同的0序列
Qx=0;
% x分量初相角
Qy = pi;
% y分量初相角 Qy - Qx=0,pi时
figure
m0=x;
for t=0:500
    Ex = Exm*cos(w*x+w*t*1e-2+Qx);%计算x方向幅值瞬时序列
    Ey = Eym*cos(w*x+w*t*1e-2+Qy);%计算y方向幅值瞬时序列
    plot3(x, zeros(size(x)), zeros(size(x)), 'black', 'Linewidth', 3); %画参考轴线
    hold on
    plot3(x, m0, Ex, 'm', 'Linewidth', 1.5); %画x轴方向分量
    hold on
    plot3(x, Ey, m0, 'b', 'Linewidth', 1.1); %画y轴方向分量
    hold on
```

(a) AI 生成线极化代码



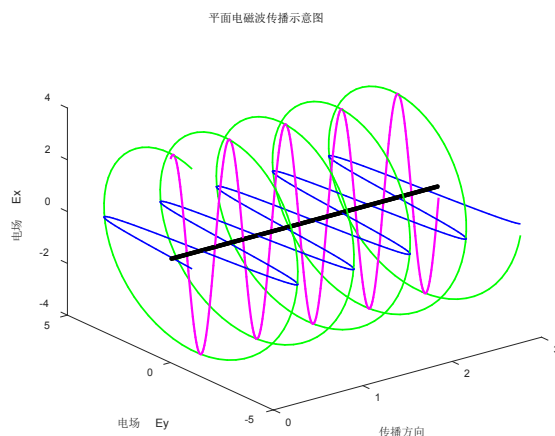
(b) 线极化三维图

Figure 1. Linear polarization

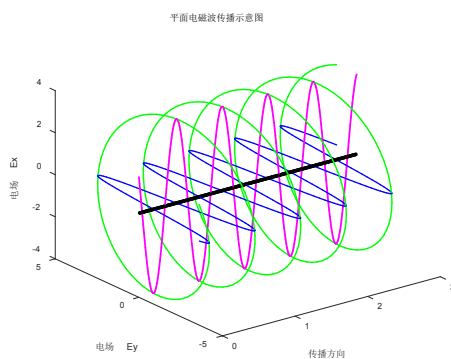
图 1. 线极化

```
Exm=4;
% x分量幅值
Eym=4;
% y分量幅值
w=10;
%角频率
z0=0;
%起始位置
x=0:0.01:3;
% x轴坐标取样
m0 = zeros(size(x));
%与x取样序列规模相同的0序列
Qx=0;
% x分量初相角
Qy = -pi/2;
% y分量初相角方便起见:线极化pi/2:圆极化其它:椭圆极化
figure
for t=0:500
    Ex = Exm*cos(w*x+w*t*1e-2+Qx);%计算x方向幅值瞬时序列
    Ey = Eym*cos(w*x+w*t*1e-2+Qy);%计算y方向幅值瞬时序列
    plot3(x, m0, m0, 'black', 'Linewidth', 3); %画参考轴线
    hold on
    plot3(x, m0, Ex, 'm', 'Linewidth', 1.5); %画x轴方向分量
```

(a) AI 生成右旋圆极化代码



(b) 右旋圆极化



(c) 左旋圆极化

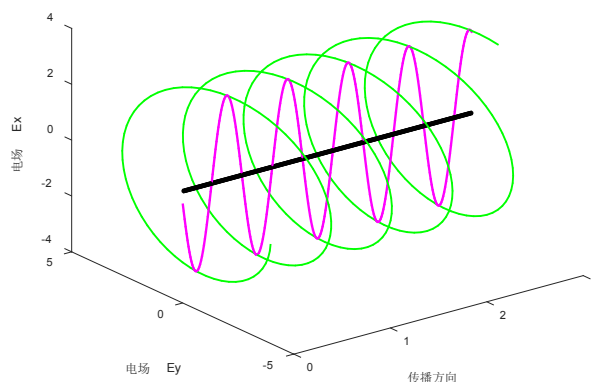
Figure 2. Circular polarization**图 2.** 圆极化

由上述代码可以看出, x 轴与 y 轴幅值相等, 相位相差 π , 若把相位差改为 0, 结果一样, 这与理论知识相吻合。

如图 2 所示, x 相位超前 y 相位 90 度, 为右旋圆极化, x 相位滞后 y 相位 90 度, 为左旋圆极化, 课堂仿真出结果为动图, 学生能很好的看出右旋与左旋圆极化的区别。此外, 学生自己动手仿真出结果, 能大大鼓励学生自主学习的积极性。

```
Exm=3;%x分量幅值
Eym=4;%y分量幅值
w=10;Z0=0;
x=0:0.01:3;
%x轴坐标取样
m0= zeros(size(x));
%与x取样序列规模相同的0序列
Qx=0;
%x分量初相角
Qy = pi/2;
%y分量初相角, Qy相对于Qx的值位于0<Qy - Qx<pi, 左旋,
%-pi<Qy - Qx<0右旋
for t=0:500
    Ex = Exm*cos(w*x+w*t*1e-2+Qx);%计算x方向幅值瞬时序列
    Ey = Eym*cos(w*x+w*t*1e-2+Qy);%计算y方向幅值瞬时序列
    plot3(x,m0,m0,'black','Linewidth',3);%画参考轴线
    hold on
    plot3(x,m0,Ex,'m','Linewidth',1.5);%画x轴方向分量
    hold on
    hold on
    %和向量y坐标为y分量幅值, z坐标为x分量幅值
    plot3(x,Ey,Ex,'g','Linewidth',1.2);
    hold off
```

(a) AI 生成左旋椭圆极化代码



(b) 左旋椭圆极化

Figure 3. Elliptical polarization**图 3.** 椭圆极化

如图 3 所示为椭圆极化, 椭圆极化也分左旋和右旋椭圆极化, 跟圆极化判别方法一样, 这里不再阐述。

(2) 对称振子天线辐射

假如 $f = 900 \text{ MHz}$, 波长 $\lambda = c/f$; 臂长 $l = (0.47 - 0.48)\lambda$, 馈点位置在中间, 选用铜线, 在 Feko 中建模优化仿真, 优化仿真的结果如图 4 所示。

如图 4 所示, 依托 AI 技术, 学生通过 Feko 软件, 能快速仿真出半波对称振子的三维方向图、VSWR、E 面和 H 面, 加深学生对课堂知识的理解, 提高学生课堂积极性。

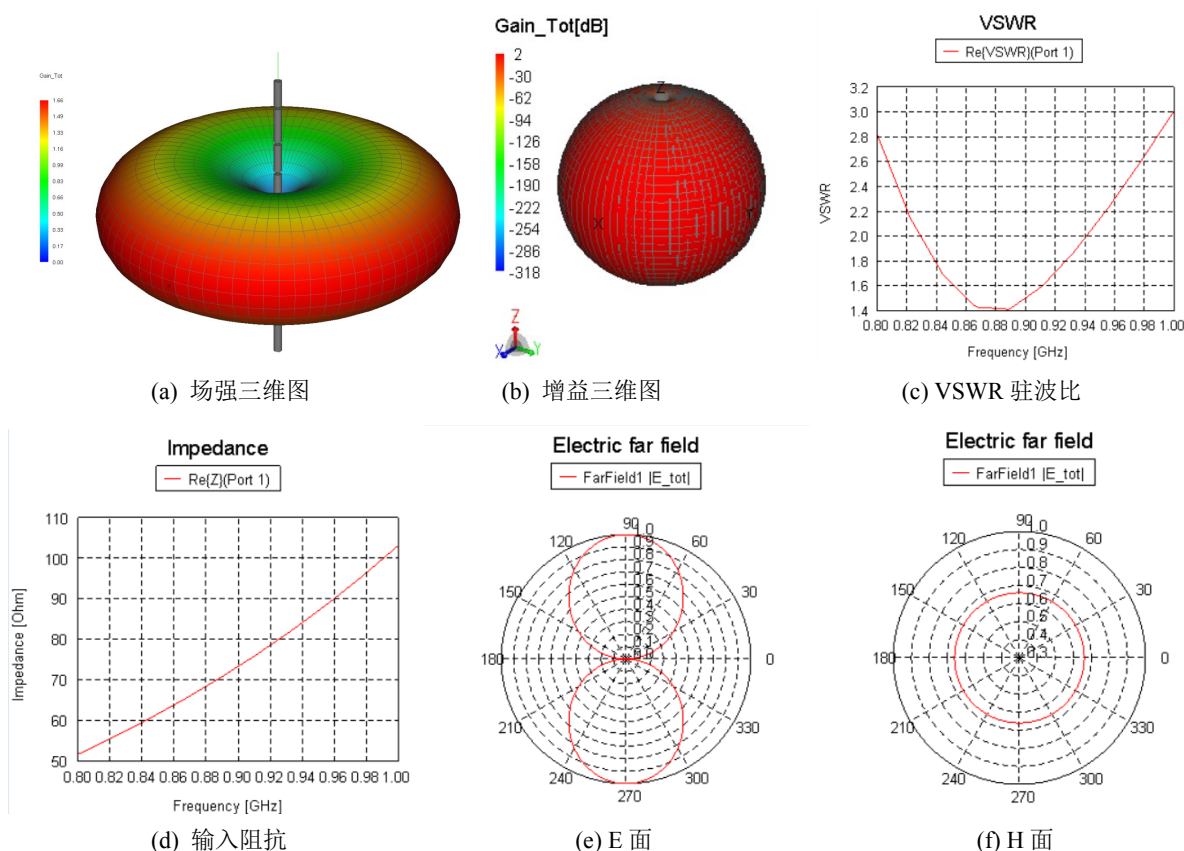


Figure 4. Simulation results of half-wave symmetrical antenna

图 4. 半波对称振子仿真结果

5. 结论

作为电子通信和通信类专业基础核心课程,“电磁场、微波技术与天线”数学公式推导复杂、物理概念抽象,既难学,又难教。基于 AI 技术,提出将 Matlab 和 Feko 电磁仿真软件运用到课堂教学中,充分将枯燥的理论知识转化为可视化的动图,利用 Matlab 和 Feko 电磁仿真软件将复杂的公式、抽象的概念进行仿真分析,三维动态演示,大大降低了课程的难度,提高了学生的学习兴趣,充实课堂信息量,提升课堂教学效果。

基金项目

河南省研究生教育改革与质量提升工程项目(项目批准号: YJS2026XSKC54)。

参考文献

- [1] 雷文太.《天线与电波传播》课程的教改实践[J]. 教改创新, 2012(13): 24-26.
- [2] 李慧, 李小兵, 马晓瑞. 梯度式虚拟仿真在电磁场教学改革中的应用[J]. 实验科学与技术, 2023, 21(2): 55-59.
- [3] 赵陶. 基于“电磁场与波”“教”与“研”的融合教学案例[J]. 电气电子教学学报, 2024, 46(6): 1-14.
- [4] 陈国炎, 陈志英, 马玮城, 等. “工程电磁场”课程教学创新探索与实践[J]. 电气电子教学学报, 2025, 47(2): 58-62.
- [5] 蒋红艳, 廖欣, 何宁. MATLAB 应用于电磁场实验教学的探索与实践[J]. 现代信息科技, 2023, 7(22): 183-186.
- [6] 支飞虎. MATLAB 在电磁场与电磁波课程内矢量分析教学中的应用[J]. 教育教学论坛, 2020(51): 354-355.

-
- [7] 范艺, 张琴. 基于 OBE 理念的天线与电波传播课程的教学改革探索[J]. 教育教学论坛, 2019, 43(1): 111-113.
 - [8] 曹丹平, 印兴耀. 加拿大 BOPPPS 教学模式及其对高等教育改革的启示[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(2): 196-200+249.
 - [9] 杨幸. “OBE + BOPPPS”在 Python 应用基础课程中的探索与实践[J]. 信息与电脑, 2025, 37(10): 179-182.