

# Research on the Teaching of Simulation Experiments in the Course of “Electromagnetic Field and Microwave Technology”

Hui Zhang, Jianwei Zhan\*, Qian Miao, Yanling Li, Fei Cao

Institute of Nuclear, Rocket Force University of Engineering, Xi'an Shaanxi  
Email: [huizhangeme@163.com](mailto:huizhangeme@163.com)

Received: Jul. 26<sup>th</sup>, 2018; accepted: Aug. 8<sup>th</sup>, 2018; published: Aug. 15<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Based on the characteristics of the course “Electromagnetic Field and Microwave Technology”, this paper proposes the integration of experimental teaching measures based on electromagnetic simulation software in classroom teaching. Practice has proved that the classroom accompanying simulation experiment teaching method can make students more vividly and intuitively grasp the formulas, theorems and concepts in the course, stimulate students' enthusiasm and interest in learning, and significantly improve the classroom teaching effect.

## Keywords

Electromagnetic Field and Microwave Technology, Classroom Adjoint Simulation Test, Innovation Ability

---

# “电磁场与微波技术”课堂伴随仿真实验教学研究

张辉, 占建伟\*, 苗倩, 李艳玲, 曹菲

火箭军工程大学核工程学院, 陕西 西安  
Email: [huizhangeme@163.com](mailto:huizhangeme@163.com)

收稿日期: 2018年7月26日; 录用日期: 2018年8月8日; 发布日期: 2018年8月15日

\*通讯作者。

## 摘要

本文针对“电磁场与微波技术”课程的特点,提出了在课堂教学中融入基于电磁仿真软件的伴随实验教学措施。实践证明,课堂伴随仿真实验教学方法能够使学生更加形象且直观的掌握课程中的公式、定理与概念,激发学生的学习热情与兴趣,显著地提高了课堂教学效果。

## 关键词

电磁场与微波技术, 课堂伴随仿真试验, 创新能力

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

“电磁场与微波技术”课程在电子、通信类专业课程中占有重要学科地位[1],是基础课与专业课之间的桥梁。然而,该课程理论性强、概念抽象和数学推导繁多等特点[2],初学者难以建立直观概念,是一门“公认”的难教且难学的课程[3]。如何提高该课程的教学质量和教学效果,一直是教学改革探索和实践的课题。

传统的“电磁场与微波技术”课堂教学偏重于理论教学。随着计算机辅助教学的发展, Microwave Office、ADS、CST 和 Ansoft HFSS 等相关电磁模拟软件[4]由于其强大的电磁计算能力以及可视化的仿真环境[5],为“电磁场与微波技术”课堂教学中实现“现场演示”提供了可行的条件[6]。本文介绍我校课堂伴随仿真实验教学在“电磁场与微波技术”课程教学中的实施。实践表明这种教学方法能在教学中具有良好的辅助作用,有助于学生快速理解电磁的行为特点,提高教学质量,同时仿真软件的运用能够扩展学生的知识视野,增强学习兴趣。

## 2. 课堂教学设计

在教学过程中引入电磁软件的伴随实验仿真,需要教师在课前和教学过程中准备充分,主要教学步骤如下:

1) 根据教学内容,确定典型实例来求解实际电磁场与微波技术问题,如矩形波导的场分布、振子天线的辐射场、波导耦合器的场分布等等;

2) 熟练掌握常用的电磁软件,如 Microwave Office、CST 和 Ansoft HFSS 等,能够进行定性分析和定量计算及对计算结果的分析研究;

3) 修改原有教学文件,增加电磁场与微波技术仿真实例,使原来看不见、摸不着的场用形象的电流线、电场线甚至传播过程动态演示出来;

4) 教学过程中,复杂模型可以课前建好,简单模型则可以课堂完成,从而增加教学信息量。此外,利用电磁仿真软件强大的交互性能,让学生可以自己动手设置各种演示实验参数和模拟条件,并及时得到结果,灵活地仿真各种真实情况,提高学生电磁场与微波技术方面的工程经验。

5) 在学时充分的情况下,可以安排适当的课时,指导学生自己动手对所需的模型利用软件进行建模,

从而使得学生对电磁场知识实际的应用更加熟知。

将电磁仿真软件的仿真融入课堂教学，把抽象概念变得清晰直观，用直观的数据和图像形象地描述电磁场分布和电磁波传播的状态，帮助学生理解电磁场与微波技术的本质，激发学生的学习热情，提高课堂学习效率。

### 3. 教学实例

我们结合课程教学要求，重点对 Ansoft HFSS 软件在矩形波导中电磁场分布和矩形波导中  $TE_{10}$  模导体边界面上的电流分布教学中的应用，进行实例研究，分析并验证基于电磁仿真的课堂伴随仿真教学的有效性和可行性。

#### 3.1. 矩形波导中电磁场分布仿真

矩形波导是截面为矩形的金属波导管，其 HFSS 仿真模型如图 1 所示。波导的宽边  $a$  沿  $x$  轴，窄边  $b$  沿  $y$  轴，即  $a > b$ 。此处以空芯矩形波导为例进行仿真分析。

矩形波导中的导行电磁波只会以 TE 或者 TM 波形出现。 $TE_{mn}$  和  $TM_{mn}$  中不同  $m$ 、 $n$  的组合构成了电磁波众多的模式，其场分布的解析表达式可以通过分离变量法直接求解亥姆霍兹方程得到，但场解的数学形式复杂而抽象，不易于学生理解和掌握。因此，我们在课堂上通过 Ansoft HFSS 电磁仿真软件进行仿真实验，画出电场和磁场的矢量图，如图 2 和图 3 所示。

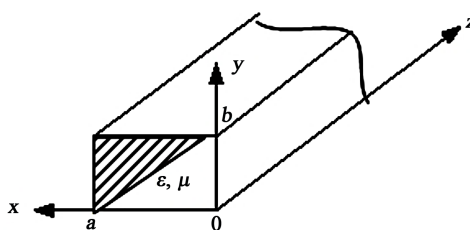


Figure 1. HFSS simulation model of rectangular waveguide  
图 1. 矩形波导的 HFSS 仿真模型

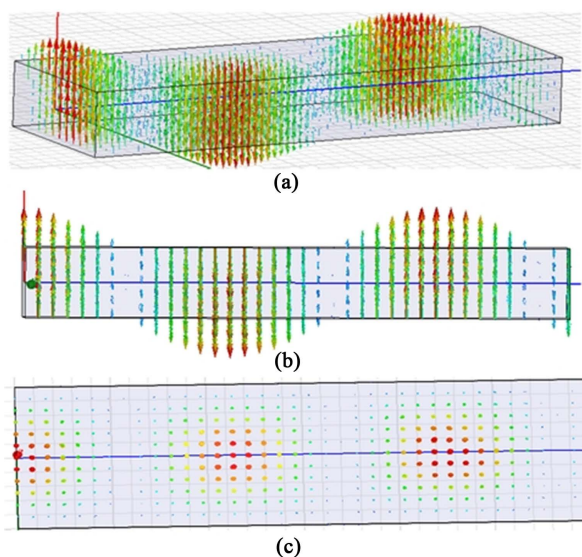
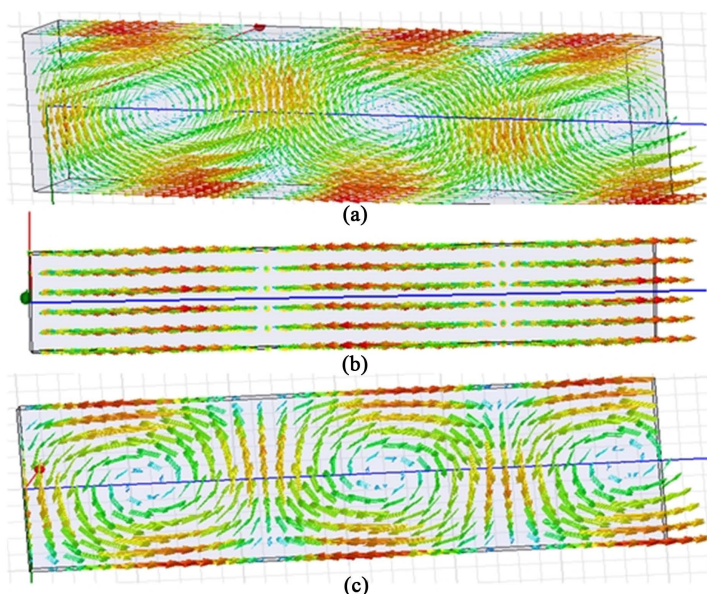


Figure 2. Electric field vector of rectangular waveguide  $TE_{10}$  mode. (a) Perspective view; (b) side view; (c) top view  
图 2. 矩形波导  $TE_{10}$  模的电场矢量图。(a) 立体图；(b) 侧视图；(c) 俯视图



**Figure 3.** Magnetic field vector of rectangular waveguide TE<sub>10</sub> mode. (a) Perspective view; (b) side view; (c) top view  
**图 3.** 矩形波导 TE<sub>10</sub> 模的磁场矢量图。(a) 立体图; (b) 侧视图; (c) 俯视图

借助于图 2 和图 3 中场分布的直观显示, 学生更容易理解数学形式下场解的物理内涵, 同时对电磁场的分布特性和传输规律有更加深刻的认识。例如, 各个模式中不同的  $m$ 、 $n$  分别代表纵向和横向上场的半周变化数; 各个模式在横截面内的场分布为驻波, 在传输  $z$  方向上为行波; 在 TE 模中电场线垂直于波导壁, 磁场线平行于波导壁, 而 TM 模中则相反; 同时各个模式对应的传播常数也可以由仿真结果直接读取, 易于与理论计算结果对比。

### 3.2. 矩形波导中 TE<sub>10</sub> 模导体边界面上的电流分布

表面电流的计算公式如式

$$J_{sm} = n \times H_m$$

从上式可以看出: 表面电流和表面处的切向磁场大小一样, 方向由表面法向方向  $n$  和表面磁场  $H_m$  方向共同决定。根据矩形波导 TE<sub>10</sub> 模的磁场矢量表达式, 可以计算出四个面的表面电流分布, 但是计算结果抽象。因此, 我们在课堂上通过 Ansoft HFSS 电磁仿真软件行仿真实验, 画出表面电流分布如图 4 所示。

## 4. 教学效果评估

经过一年多的基于电磁仿真软件的“电磁场与微波技术”课堂伴随仿真实验教学实践, 将常用电磁仿真软件应用电磁场与微波技术课堂辅助教学中, 形象地刻画电磁场与微波技术的分布情况, 动态演示电磁场与微波技术的传播过程。由此不仅可以弥补部分学校微波实验设备的不足, 大大改善课堂教学效果, 激发课程学习兴趣; 还可以通过课堂演示该微波软件的使用, 增强学生的工程实践经验, 提高学生的综合素质。

通过一学年的实践, 学生普遍反映对电磁场与微波技术这门课程的为难情绪减少很多, 生涩的知识也变得更容易理解。激发了一部分同学对电磁场、微波、射频这些内容的兴趣, 不少学生来教研室咨询保送或考试攻读本专业研究生的事宜。

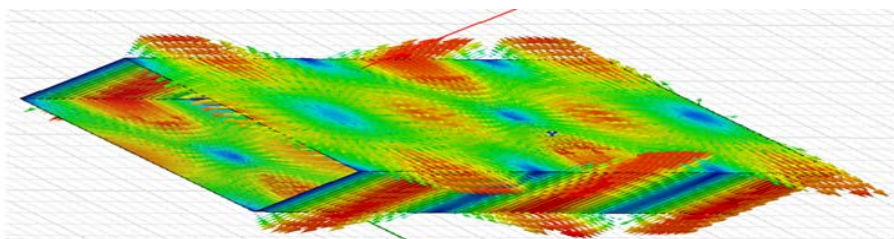


Figure 4. Surface current vector of rectangular waveguide  $TE_{10}$  mode  
图 4. 矩形波导  $TE_{10}$  模的表面电流矢量图

## 5. 结束语

电磁仿真是电磁场与微波技术进入实际应用的必经之路。本文讨论了在“电磁场与微波技术”的教学中融入电磁仿真软件的课堂伴随实验，使学生更加形象且直观的了解课程中的公式、定理与概念，激发学生的学期热情与兴趣，使学生对电磁场这门专业的研究方法有更深一步的了解，提高教学水平和教学效果，并有助于推进电磁场与微波技术这门课程的教学改革与课程建设的发展。

## 参考文献

- [1] 龚克, 袁迎春. 基于 Ansoft HFSS 的矩形波导可视化教学[J]. 电气电子教学学报, 2012(3): 118-120.
- [2] 褚慧. 初探电磁仿真软件与电磁场与电磁波课程的结合[J]. 科技信息, 2014(7): 97.
- [3] 侯维娜, 邵建兴. AnsoftHFSS 仿真软件在天线教学实践中的应用[J]. 数字通信, 2009(8): 87-89.
- [4] 黄健全, 蒋纯志, 谭乔来. HFSS 仿真在电磁场与微波技术教学中的应用[J]. 高等理科教育, 2007(4): 137-140.
- [5] 张祥军. 电磁仿真软件在“电磁场与电磁波”课程教学中的应用[J]. 中国电力教育, 2010(S1): 150-152.
- [6] 谢拥军. Ansoft 软件工程的应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2006.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2331-799X, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [ces@hanspub.org](mailto:ces@hanspub.org)