

# 基于 Ansoft HFSS 的矩形波导可视化教学

龚克<sup>1</sup>, 袁迎春<sup>2</sup>

- (1. 信阳师范学院 物理电子工程学院, 河南 信阳 464000;
2. 南京信息职业技术学院 电子信息学院, 江苏 南京 210046)

**摘要:** 本文通过 HFSS 仿真实现了矩形波导的可视化教学, 直观图示了矩形波导中几个低阶模式场的幅度分布、矢量分布, 仿真分析了矩形波导中各模式的截止频率和主模波导内壁电流分布特征, 同时利用 HFSS 强大的数据后处理功能进行图示和计算相关电磁物理量, 在教学过程中将抽象的概念和理论直观化、形象化, 取得了良好的课堂教学效果。

**关键词:** 矩形波导; 可视化教学; HFSS; 仿真

中图分类号: G434; TM15

文献标识码: A

文章编号: 1008-0686(2012)03-0118-03

## Visual Teaching of Rectangular Waveguide Based on Ansoft HFSS

GONG Ke<sup>1</sup>, YUAN Ying-chun<sup>2</sup>

- (1. Xinyang Normal University, Xinyang 464000, China; 2. Nanjing College of Information Technology, Nanjing 210046, China)

**Abstract:** In this paper, visual teaching of rectangular waveguide is realized by using HFSS simulation. The field distributions with amplitude and vector forms of several low-order modes are graphically represented. The cutoff frequency of the low-order modes in rectangular waveguide is analyzed with simulation, and the current distribution on the inner wall of the waveguide operating at the dominant mode is also simulated. In addition, some other related physical quantities are graphically represented or calculated employing the powerful data processing function of Ansoft HFSS. A qualified teaching is achieved by means of visualizing the abstract concepts.

**Keywords:** rectangular waveguide; visual teaching; high frequency simulator structure; simulation

## 0 引言

“微波技术基础”是电子类本科专业的一门重要技术基础课, 主要讨论电磁场的导行传输、辐射传输及其相关工程问题。课程涉及到分布参数电路理论、场的理论和微波网络理论。新概念多而且抽象, 运用数学知识比较多, 同时工程性强, 使得初学者很难理解课程理论知识, 更难以掌握相关的技术方法。

造成该课程学习困难的另一个重要原因是, 学生对微波技术中抽象的物理现象感性认识不足。而现在 Matlab 等科学计算软件已运用到课程的可视化教学和仿真实验教学之中<sup>[1,2]</sup>, 通过图示将抽象的概念

和理论直观化和形象化, 取得了较好的课堂教学效果。近年来, 随着计算电磁学的快速发展, 涌现出多种商用电磁仿真软件, 如 HFSS 和 CST 等, 为微波技术的可视化教学提供了便捷的工具。基于 CST 的偶极子天线虚拟实验直观给出了天线电流分布、空间电磁场分布、辐射方向性图等<sup>[3]</sup>, 有利于学生形象感性地理解和掌握微波技术中的电磁场辐射特性。

Ansoft 公司开发的仿真软件 HFSS 的一款基于有限元方法的三维电磁仿真软件, 能够全波分析求解任意形状三维无源结构的电磁特性, 同时具有功能强大的数据后处理能力, 已经广泛应用于航空、航天、电子、半导体及通信等诸多领域<sup>[4]</sup>。在电磁场

收稿日期: 2012-05-11; 修回日期: 2012-05-27

第一作者: 龚克 (1977-), 男, 硕士, 讲师, 主要从事微波毫米波理论与技术, E-mail: kegong@emfield.org



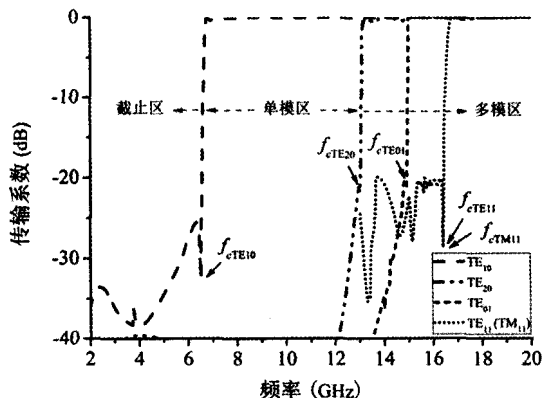


图 4 矩形波导中几个低阶模式的传输系数

$f_{c20}$ 时,波导处于多模工作状态。另外还可以看出,  $TE_{11}$ 和  $TM_{11}$ 模具有相同的截止频率,两者称为简并模式。在矩形波导的导行模式中,具有最低截止频率的  $TE_{10}$ 模称为主模,其他模式称为高阶模。

### 3 矩形波导主模特性仿真分析

在矩形波导的所有模式中,主模  $TE_{10}$ 具有最大的单模工作带宽和最小的传输损耗,而且其电场处处沿着一个方向极化,所以主模具有特别重要的实用价值。

主模工作时矩形波导内壁上的电流分布也很抽象,其大小和分布取决于紧靠波导壁的磁场强度,借助于 HFSS 仿真很容易将其图示化。由图 5(a)所示的内壁电流分布仿真结果可以看出,在波导宽壁中心线上只有纵向电流分量,而在波导窄壁上只有沿  $y$  轴的电流分量。这些可视化的电流分布对于学生深刻理解波导测量线和波导窄边缝隙天线等工程性问题的的工作原理大有帮助。

此外,利用 HFSS 强大的数据后处理功能,可以在图 5(b)中显示主模传输的坡印亭矢量。

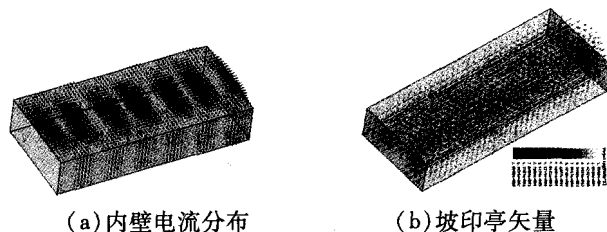


图 5 矩形波导主模传输仿真

## 4 结语

矩形波导中波的传输特性是研究电磁波导行传输的典型问题,也是微波技术教学中的重点和难点。由于涉及到抽象的场理论和较多的新概念,学生学习起来比较困难。本文通过 HFSS 仿真实现了矩形波导的可视化教学,将抽象的电磁场概念形象化有利于学生对电磁波传播特性的理解和掌握。在此过程中,还可以指导学生熟悉相关的微波技术专业设计软件,为生产实习、课程设计和毕业设计做准备。

### 参考文献:

- [1] 高翠云,汪莉丽. 利用 Matlab 进行电磁学计算及可视化教学[J]. 南京:电气电子教学学报,2006,28(2):90-92
- [2] 吕秀丽等. 基于 Matlab 的矩形波导场分布仿真实验研究[J]. 北京:实验技术与管理,2010,27(3):74-77
- [3] 刘广东等,王春雨. 基于 CST 的偶极子天线虚拟实验[J]. 吉林:大学物理实验,2011,24(4):58-60
- [4] 谢拥军,刘莹,李磊等. HFSS 原理与工程应用[M]. 北京:科学出版社,2009
- [5] 侯维娜,邵建兴. Ansoft HFSS 仿真软件在天线教学实践中的应用[J]. 重庆:数字通信,2009,(4):87-89
- [6] 赖颖昕. 基于 Ansoft HFSS 的电磁场与电磁波课程图示化教学[J]. 东莞:东莞理工学院学报,2012,19(1):104-108
- [7] David M. Pozar 著,张肇仪,周乐柱,吴德明等译. 微波工程[M]. 北京:电子工业出版社,2006

(上接第 113 页张瑞平文)

### 参考文献:

- [1] 胡翔骏. 电路基础[M]. 北京:高等教育出版社. 2009
- [2] 张新喜,许军,王新忠等. Multisim 10 电路仿真及应用[M]. 北

京:机械工业出版社. 2010

- [3] 崔建明,陈惠英,温卫中. 电路与电子技术的 Multisim10.0 仿真[M]. 北京:水利水电出版社. 2009

## HFSS 视频培训课程推荐

HFSS 软件是当前最流行的微波无源器件和天线设计软件，易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))是国内最专业的微波、射频和天线设计培训机构。

为帮助工程师能够更好、更快地学习掌握 HFSS 的设计应用，易迪拓培训特邀李明洋老师主讲了多套 HFSS 视频培训课程。李明洋老师具有丰富的工程设计经验，曾编著出版了《HFSS 电磁仿真设计应用详解》、《HFSS 天线设计》等多本 HFSS 专业图书。视频课程，专家讲解，直观易学，是您学习 HFSS 的最佳选择。



### HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程，是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装，可以帮助您从零开始，全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装，更可超值赠送 3 个月免费学习答疑，随时解答您学习过程中遇到的棘手问题，让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>



### 更多 HFSS 视频培训课程:

#### ● 两周学会 HFSS —— 中文视频培训课程

课程从零讲起，通过两周的课程学习，可以帮助您快速入门、自学掌握 HFSS，是 HFSS 初学者的最好课程，网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/1.html>

#### ● HFSS 微波器件仿真设计实例 —— 中文视频教程

HFSS 进阶培训课程，通过十个 HFSS 仿真设计实例，带您更深入学习 HFSS 的实际应用，掌握 HFSS 高级设置和应用技巧，网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/3.html>

#### ● HFSS 天线设计入门 —— 中文视频教程

HFSS 是天线设计的王者，该教程全面解析了天线的基础知识、HFSS 天线设计流程和详细操作设置，让 HFSS 天线设计不再难，网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/4.html>

#### ● 更多 HFSS 培训课程，敬请浏览: <http://www.edatop.com/peixun/hfss>

## 关于易迪拓培训:

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com)),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计相关培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到现场培训的效果,又能免除您舟车劳顿的辛苦,学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

## 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>