

# 天线方向性图的神经网络建模研究

谢泽明 赖声礼

(华南理工大学 电子与通信工程系, 广东 广州 510640)

**摘要:** 为了探索多层前传神经网络模型对天线方向性图的建模能力与特性, 本文用多层前传神经网络模型对对称振子天线及二元对称振子天线阵的方向性图进行建模试验。实验表明, 多层前传神经网络模型可以有效地对天线的方向性图进行建模, 可用于天线的计算机辅助设计(CAD)。

**关键词:** 天线; 神经网络; 模型; 函数逼近

## 1 引言

传统的天线分析方法都是基于电磁模型并应用电磁场理论进行计算的, 如矩量法(MOM)、有限元法(FEM)、时域有限差分法(FDTD)等。经过多年的发展, 这些方法已经可以对各种各样的天线的性能(如天线的方向性图、输入阻抗等)进行准确的计算。然而, 这些方法计算量巨大, 计算时间长, 而且常常需要占用大量的内存空间。这使这些方法难于用于工程设计, 特别是难以与计算机优化设计程序相结合, 造成天线CAD设计的困难。本文将尝试用多层前传神经网络[1]对对称振子天线及用对称振子天线组成的二元天线阵列的方向性图进行建模, 目的在于探讨神经网络对天线方向性图的建模能力及特性, 神经网络模型的输入参数包括天线的结构(天线长度、阵元间距)及方位角, 输出为天线在该方向的归一化方向性函数值。虽然对称振子天线及其阵列只是非常简单的天线, 其方向性函数在天线的教科书上都有计算公式可以计算[2], 然而其方向性图随结构尺寸的变化是非常丰富的, 随着对称振子天线的长度及阵元间距的加大, 其方向性图会出现复杂的波瓣分裂, 其波瓣也具有一般天线方向性图的特征, 用来考察神经网络对天线方向性图的建模能力是非常适合的。用多层前传网络为天线方向性图建模即用多层前传网络逼近天线的方向性函数 $f(\theta)$ , 也就是用多层前传网络实现从天线的结构参数和方位角向到天线沿这一方向的辐射能力的映射。在本文中进行建模的天线是对称振子天线及其等幅同相馈电二元阵, 如图1所示。

用于天线方向性图建模的神经网络为包含2层隐蔽层的多层前传网络, 隐蔽层神经元的特性函数为Sigmoid函数, 隐蔽层神经元的个数通过试验确定, 输出层只有一个神经元, 它的特性函数采用线性函数。输入层的输入参数为方位角、对称振子臂长及两振子间间距, 输出为天线的方向性函数。训练算法采用动量BP算法并采用学习率自适应调整策略[3]。

## 2 建模结果及讨论

图2给出对对称振子天线方向性图进行建模的结果, 图中虚线为神经网络模型计算的归一化方向性图, 实线为理论计算[2]的计算结果。计算样本时 $l$ 从 $0.2\lambda$ 到 $1\lambda$ 每隔 $0.05\lambda$ 计算一个样本, 方位角 $\theta$ 的采样间隔为5度, 建模所用多层前传神经网络的第一隐蔽层单元数20, 第二隐蔽层的单元数为30。由图中可见, 二者吻合的很好, 表明建模是成功的。从图中可以看到, 当对称振子臂长从 $0.2\lambda$ 变到 $1\lambda$ 时, 其方向性图发生了很大的变化, 神经网络模型的计算结果还能和理论计算的结果吻合。图中给出结果的三个天线其臂长 $l$ 都不是计算训练样本时所用的值, 因此从图3的结果中我们可以看到神经网络模型的推广能力。

图 3 给出对二元对称振子天线阵的方向性图进行的建模结果。计算样本时  $l$  从  $0.2\lambda$  到  $1\lambda$  每隔  $0.05\lambda$ 、 $d$  从  $0.2\lambda$  到  $1\lambda$  每隔  $0.05\lambda$  计算一个样本,方位角  $\theta$  的采样间隔为 5 度。多层前传神经网络的第一隐蔽层单元数 40,第二隐蔽层的单元数为 40。图中实线为理论计算计算的归一化方向性图,虚线为神经网络计算的归一化方向性图。由图可看到,随着天线参数的变化,方向性图的形状随之也发生的变化,但神经网络模型的结果和理论计算的结果还是吻合得相当好,图 3 的结果表明二元对称振子天线阵的神经网络建模是成功的。同样,为了考察神经网络的推广能力,图 3 中天线的参数值也不是训练样本所采用的值,由图 3 可看出,对于这种情况,神经网络的建模结果依然是令人满意的,反映出神经网络的良好推广能力。

图 2 和图 3 的结果表明,用神经网络对天线的方向性图进行建模是可行的。一个含有 2 层隐蔽层,每层有 40 个神经单元的多层前传神经网络,已经可以对结构参数为 1~2 个、方向性图有 2~6 个波瓣的天线进行建模。由此,我们可以初步了解神经网络对天线方向性图的建模能力与特性。由图 2 和图 3 可看到,天线结构改变以后(由单对称振子变为二元对称振子天线阵),通过增加隐蔽层神经元的数目,多层前传神经网络依然可以可靠地建模,并不需要重新选择神经元的传递函数,这表明多层前传神经网络对各种各样天线方向性图的高度适应性。建模试验过程中我们发现,天线的输入参数越多,每个参数的输入范围越宽,参数对方向性图形状的影响越大,对建模精度要求越高,所需的神经网络的隐蔽层数及每层单元数就越大,占用存储空间就越大,训练所需的时间就越长。对于输入参数范围大、方向性图特性对输入参数比较敏感的情况,对输入参数分段进行建模要比对输入参数全范围建模要节省存储空间和训练时间。本文主要是考察多层前传神经网络模型对天线方向性图的建模能力和特性,因而只采用了简单的天线作为例子,没有和电磁模型计算(MoM、FDTD、FEM 等)进行计算时间的定量比较。但是,在计算中我们发现一旦多层前传神经网络训练完成后,其计算时间还是要比传统电磁模型计算(MoM、FDTD、FEM 等)要快得多。同时我们发现多层前传神经网络的推广能力主要在于它能方便可靠地对多输入参数情况下进行插值,而对于输入参数的外推能力则尚待解决。由此我们认为多层前传神经网络模型比较适合于在对某种天线进行了深入研究后为工程设计提供一个快速的计算模型;对于进行天线研究的场合则受到较多的限制。

### 3 结论

本文中我们用多层前传神经网络模型对对称振子天线和二元对称振子天线阵的方向性图进行建模,试验表明,多层前传神经网络模型可以有效地对天线的方向性图进行建模。试验还表明,天线方向性图的多层前传神经网络比较适合于为工程设计或天线 CAD 提供一个快速计算模型。

### 参考文献:

- [1] 韦岗,贺前华.神经网络模型、学习与应用 [M].电子工业出版社,1994.
- [2] 李绪益.电磁场与微波技术(下册) [M].华南理工大学出版社,2000.
- [3] 施阳,李俊等. MATLAB 语言工具箱—TOOLBOX 使用指南 [M].西北工业大学出版社,1999.

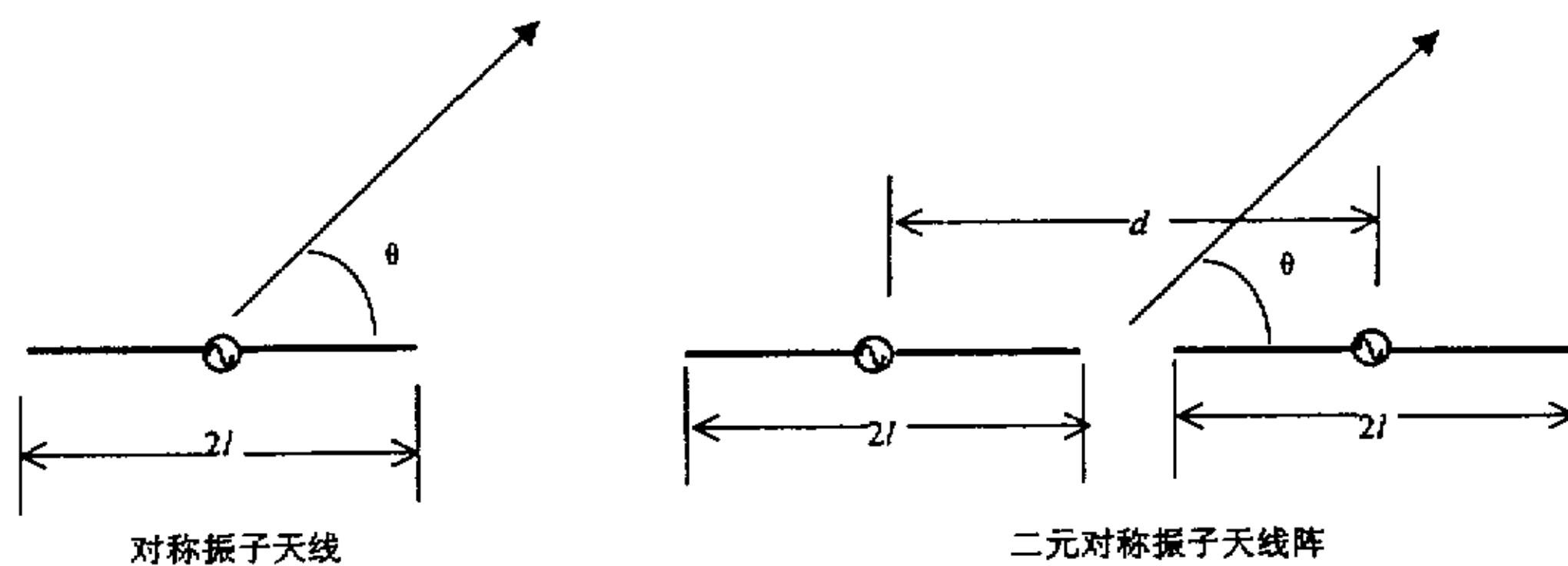


图 1、对称振子天线及其二元阵

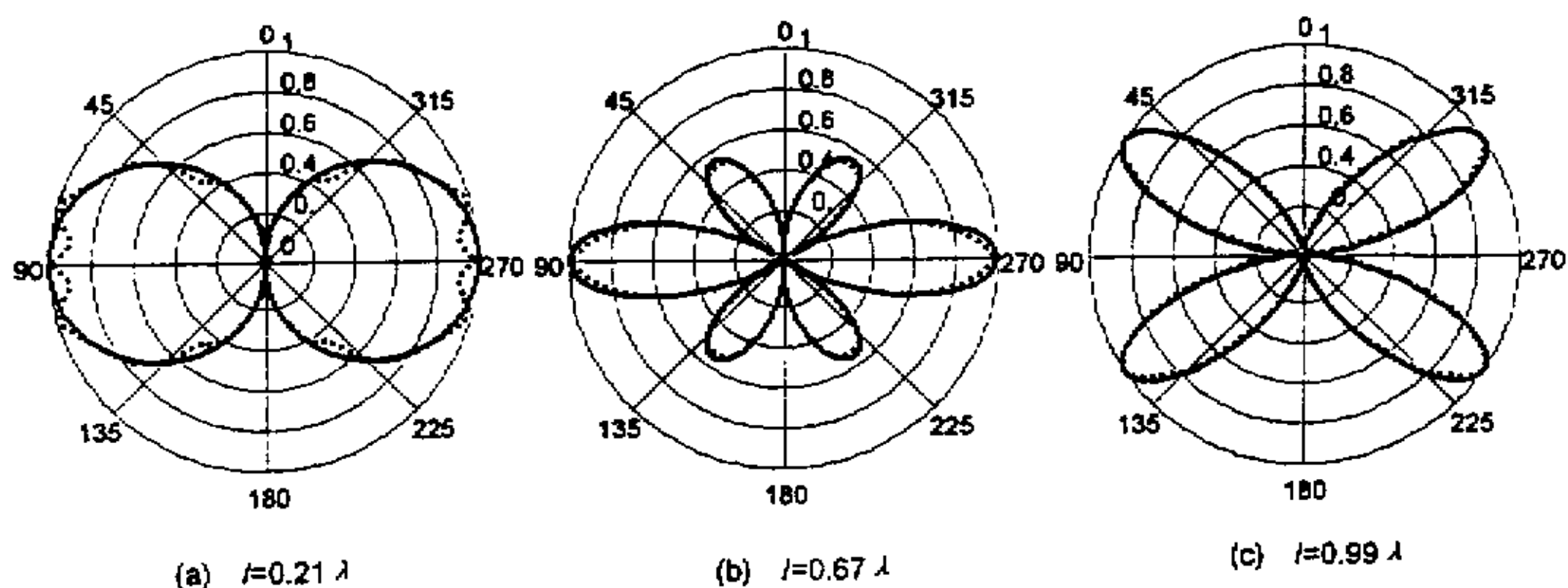


图 2 对称振子天线的建模结果。虚线为神经网络结果，实线为理论计算结果。

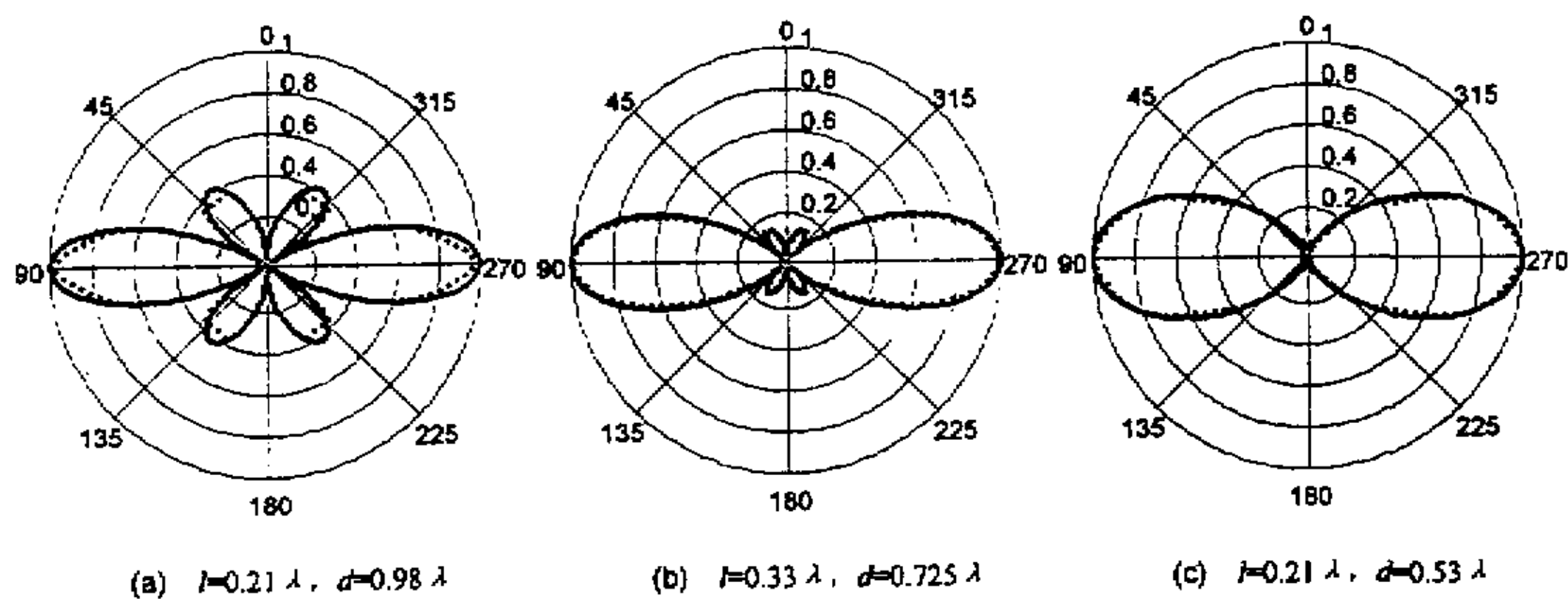


图 3 二元对称振子天线阵的建模结果。虚线为神经网络结果，实线为理论计算结果。

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



### 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, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

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

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程, 培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合, 全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作, 同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习, 可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



## 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经典培训课程和 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、既能达到了现场培训的效果，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主讲，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>