

# 从智能天线与传统蜂窝基站天线比较谈 TD-SCDMA 组大网(宏蜂窝)的可能性

On the Possibility of TD-SCDMA Used in Macro-cell by Comparison between  
Smart Antenna and Traditional Cell Base Station Antenna

西安海天天线科技股份有限公司 肖良勇 卜安涛

**摘 要** 首先概述了 TD-SCDMA 系统智能天线技术的基本原理。给出了一种应用于 TD-SCDMA 智能天线系统的 4 端口阵列天线以及该天线上通过射频部分调节各端口权值可以实现智能天线系统所需的几种方向图。最后比较了 TD-SCDMA、WCDMA、CDMA2000 三种系统覆盖性能,从电磁传播角度说明 TD-SCDMA 系统组大网是完全可能的。

**关键词** 智能天线 阵列天线 方向图 TD-SCDMA WCDMA CDMA2000

**Abstract:** The basic principle of the smart antenna in TD-SCDMA is firstly summarized. A four ports antenna array used in TD-SCDMA smart antenna system is illustrated. Various patterns needed in smart antenna system are realized by adjusting the port coefficients of the antenna through RF parts. The coverage of three systems: TD-SCDMA, WCDMA, CDMA2000 are compared, which shows that it is possible to use TD-SCDMA system in macro-cell in view of electromagnetic transmission.

**Keywords:** smart antenna; array antenna; patten; TD-SCDMA; WCDMA; CDMA2000

IMT-2000 是 ITU 提出的第三代移动通信系统,最早称为未来公众陆地移动通信系统(FPLMTS),其目的在于全球使用统一的频率、统一的标准,实现全球漫游和提供多种业务。IMT-2000 总共包括了 5 大标准体系,其中 TD-SCDMA、WCDMA 和 CDMA2000,这 3 个标准是主宰移动市场的航母。TD-SCDMA 采用智能天线和多用户联合检测技术,是具有自主知识产权的移动通信标准。无线传输技术是决定系统性能和容量的关键技术,也是各个标准中差异最大的部分,并且任何高层的协议和应用都是以物理层为基础,为物理层服务。TD-SCDMA 的物理层关键技术包括上行同步、智能天线、联合检测、信道估计和接力切换等。

在基站使用阵列天线进行收发并且结合基带时空信号处理,可以大大改善系统的性能。在未来的第三代移动通信系统中,基站(和移动台)使用阵列天线进行时空联合自适应处理已经成为系统扩容的一个重要内容。TD-SCDMA 技术的关键技术之一就是智能天线技术,从某种意义上讲,TD-SCDMA 系统是基于智能天线设计的。对于其他的第三代移动通信系统,智能天线技术的引入仍然是系统性能(质量和容量)改善的重要内容。



## 1 智能天线性能介绍

### 1.1 工作原理

我公司研发的智能天线圆阵、扇区阵结构示意图如图1和图2所示。

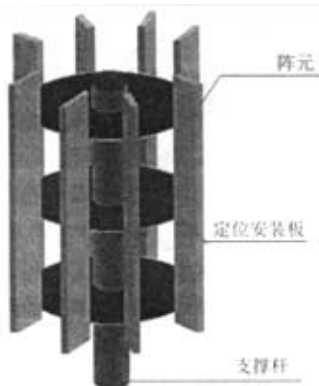


图1 全向阵列天线

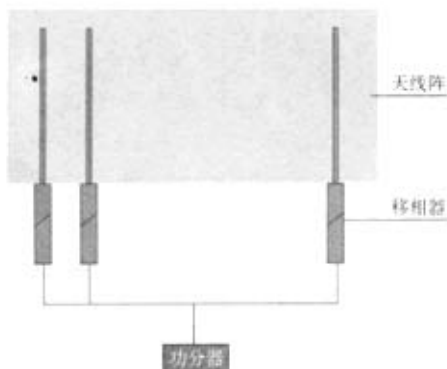


图2 扇区阵列天线

下面以扇区阵列天线的性能介绍智能天线的工作原理。该智能天线阵列有两种工作模式：波束形成模式和广播模式。在蜂窝移动通信系统中，由于用户通常分布在不同方向（也有用户方向重合的情况），加之无线移动信道的多径效应，有用信号仅存在一定的空间分布而并非整个蜂窝小区或者整个扇区。当基站接收信号（即在上行链路中）时，来自各个用户的有用信号到达基站的方向可能不同；当基站发射信号（即在下行链路中）时，可被用户有效接收的也只是部分信号。考虑到上述因素，调整天线的方向图使其能定向性的发射和接收就非常合适了，这也就是波束形成（Beam Forming）（可在射频、中频或基带实现），我们把

这种模式定义为工作模式。

智能天线系统在未通话状态时基站仍然需要向扇区内所有用户发送公共控制信息，并通过小区内不同方向的用户返回给基站的信息来判断用户方向和数量。这种功能要求基站天线的方向图能够均匀地覆盖整个扇区，即广播模式，如图3虚线所示。

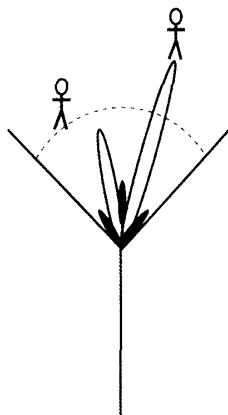


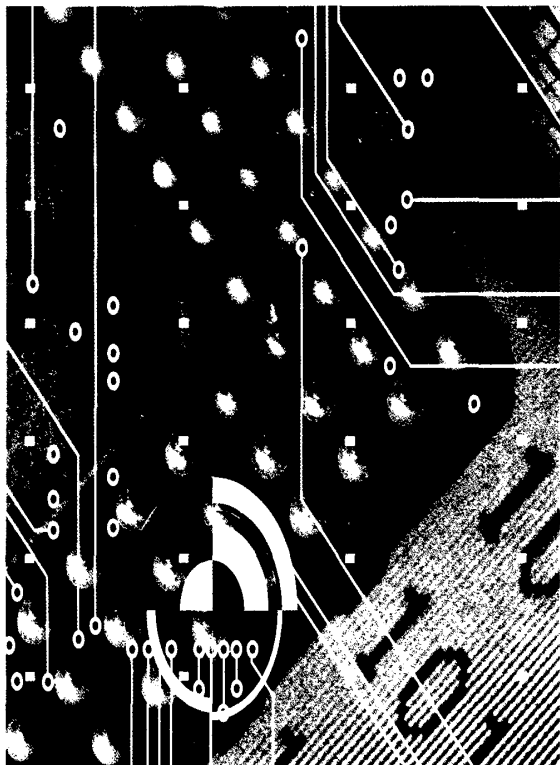
图3 系统工作示意

而通常提到的波束形成分

两种方法：切换波束阵列（Switching Beam Array）和跟踪波束阵列（Tracking Beam Array）。对于切换波束阵列，预先形成一定数量角度固定的窄波束，仅在数字信号处理中采用算法计算出切换到“最优”波束使波束指向期望用户方向。这种方法只能通过低副瓣来降低干扰。而跟踪波束阵列能够实时形成权值使主波束跟踪期望用户，并在干扰用户方向形成零陷以提高信噪比。这种方法的缺点是实时得到权值的计算量显著增加。

从阵列综合的角度出发，阵列形式的设计和激励权值的确定是两个核心的问题。阵列形式一旦设计好之后就固定不变的了，可以调整的只能是激励权值。激励权值即激励幅度、相位可分别通过衰减器、移相器或者在基带中使





用DSP芯片实现。对于上述两种工作模式应考虑实现的难易程度：先根据广播模式对方向图要求综合阵列结构和激励权值；再对求出的阵列结构综合工作模式激励权值。

1.2 天线性能

TD-SCDMA系统采用智能天线技术，可以将发射功率集中至小区内活动UE所在的位置，并在UE移动过程中全程监控。智能天线技术可以带来以下好处：

- 降低小区间干扰；
- 降低多径干扰的影响；
- 基站接收灵敏度增加9dB，故仍然可能使用低发射功率达到较远通信距离。在使用相同发射功率级别的手持机条件下，TD-SCDMA的通信距离比WCDMA要大。

下面是应用于TD-SCDMA系统的4单元扇区天线阵HTZN18/209014。该天线的工作频段同时覆盖了TD-SCDMA的1 880~1 920MHz和2 010~2 025MHz两个工作频段。图4分别给出了两个频段上阵列的广播模式方向图，具体参数如表1。在两个工作频段上波瓣宽度随频率变化误差仅为3.37%(1 880~1 920MHz)和3.06%(2 010~2 025MHz)，远小于国标±10%。

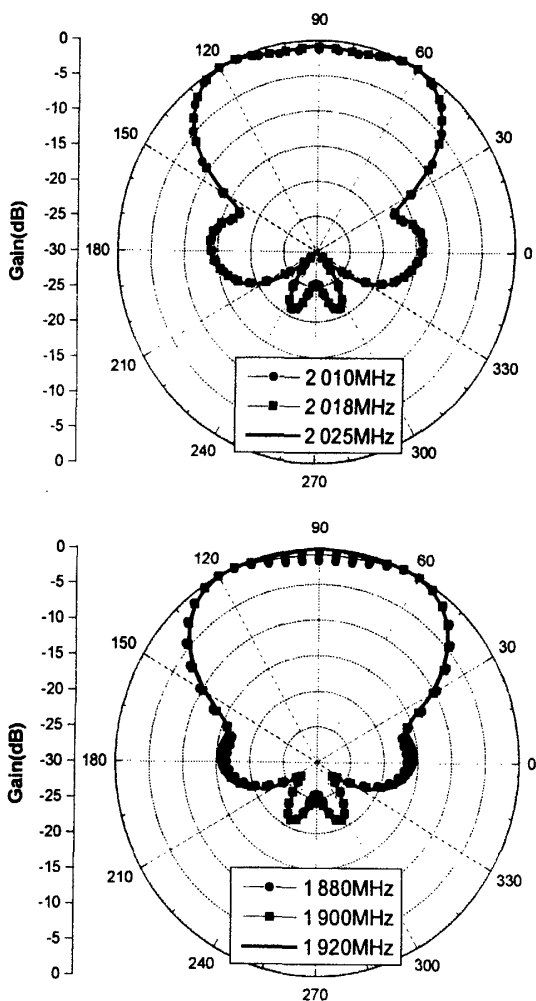


图4 4单元智能天线系统广播模式方向图

表1 广播模式方向图参数

| 变量<br>频率(MHz) | HPBW(度) | Ripple(dB) | Gain(dB) |
|---------------|---------|------------|----------|
| 2 010         | 88.14   | 1.35       | 14.00    |
| 2 018         | 87.69   | 1.18       | 13.96    |
| 2 025         | 87.25   | 1.17       | 13.94    |
| 1 880         | 93.37   | 1.68       | 13.66    |
| 1 900         | 91.71   | 0.87       | 13.51    |
| 1 920         | 89.94   | 1.07       | 13.39    |

对于边射阵，波束扫描角度至最大方向（扇区边缘）时正前方副瓣最高，必须采取波束形成技术抑制正前方副瓣。针对此情况，本研究给出了工作波束扫描至扇区边缘（扫描角度最大）45°时的方向图。图5给出了期望用户方向分别

为45°、67°形成的工作波束。可以看到，即使用户在扇区边缘时，由波束形成技术可提供的信干比仍可达到10.74dB。

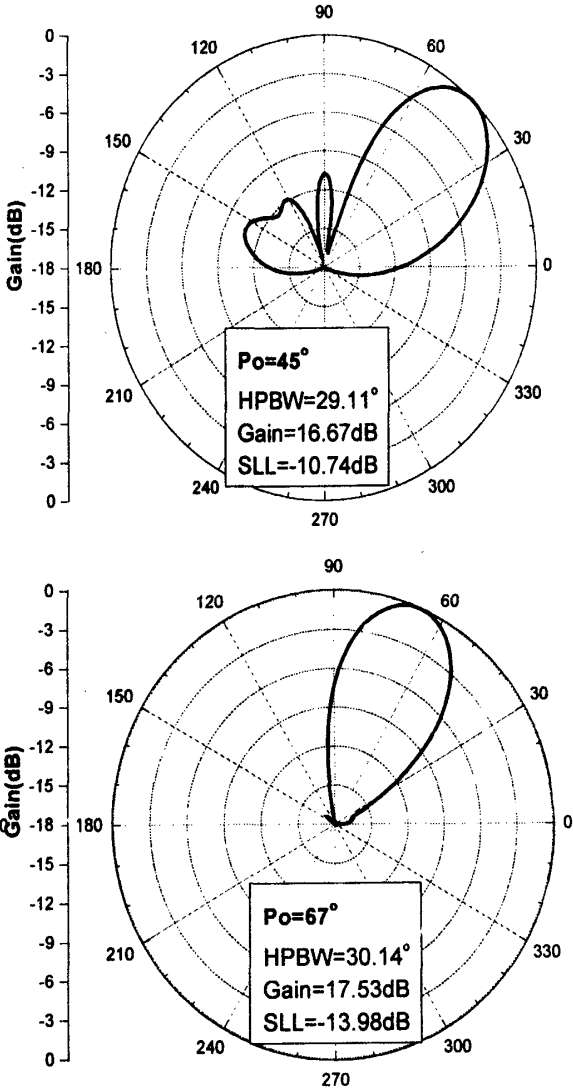
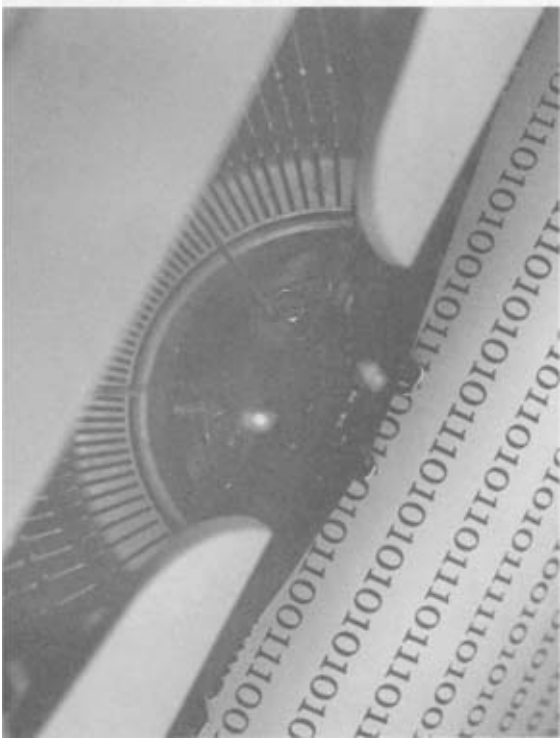
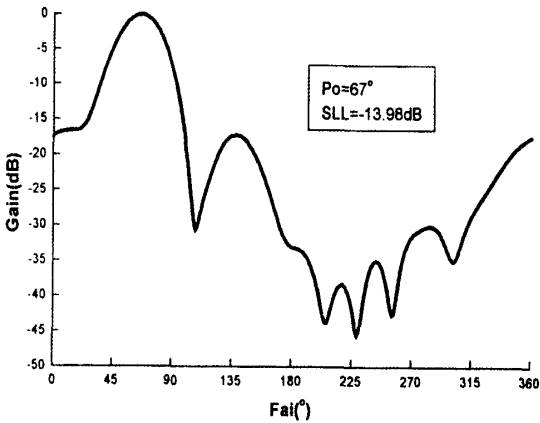


图5 调整权值使主波束对准期望用户方向

图6分别模拟了系统给定一个期望用户，且有一个、两个或者三个强干扰用户情况下，在天线阵上可形成的方向图。可以看到通过调整阵列的单元激励权值，可以在天线阵上形成主波束对准期望用户，同时在强干扰用户方向形成零陷以抵消干扰用户对系统的干扰。在有二个或三个强干扰用户情况下，由于天线阵上可以生成零陷达到-40dB以下。在有三个强干扰用户的情况下，由于单元数目的限



制，形成方向图零点数目少于干扰数目。但是所有零点的数值均小于-33dB，对干扰仍然具有很强的抑制作用。依据阵列波束形成方法机理来分析，如果希望在强干扰用户方向图上生成零点，强干扰用户的数目最多与天线阵阵元数目相当。那么，如果强干扰用户远多于阵元数目，则可以通过波束形成技术生成均匀低副瓣以抑制干扰保证信干比。



A 只有期望用户位于67°方向

## 2 三种系统覆盖区域比较

TD-SCDMA系统中使用了多端口阵列天线,通过调整不同的权值来实现扇区覆盖与波束扫描,业务波束的扫描实现了用户的跟踪。前面分别给出了两种模式下的TD-SCDMA扇区天线阵的工作特性,图7给出天线在跟踪过程中天线波束扫描的效果。

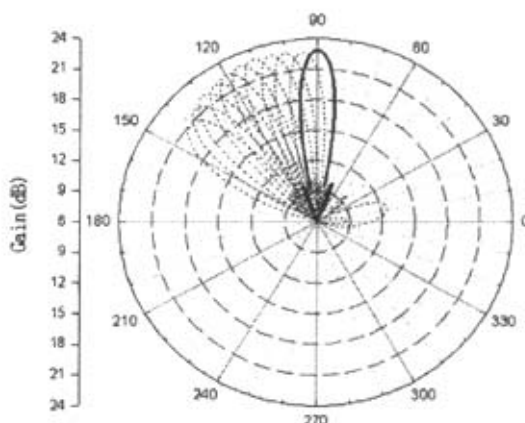


图7 TD-SCDMA 系统天线波束跟踪过程

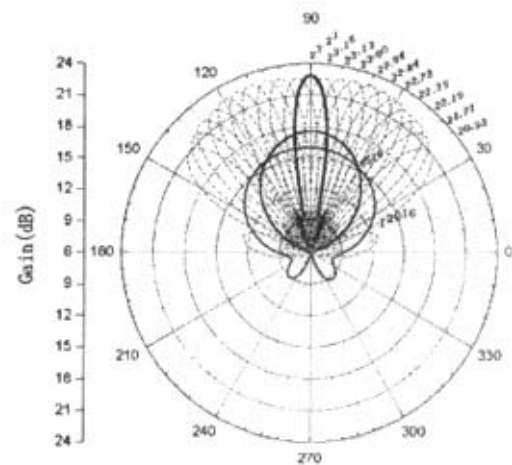
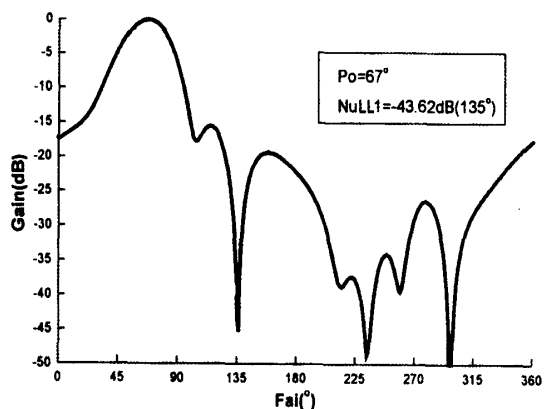
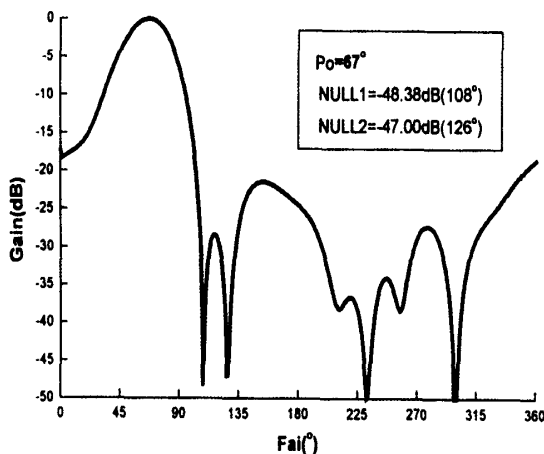


图8 三种系统覆盖区域比较

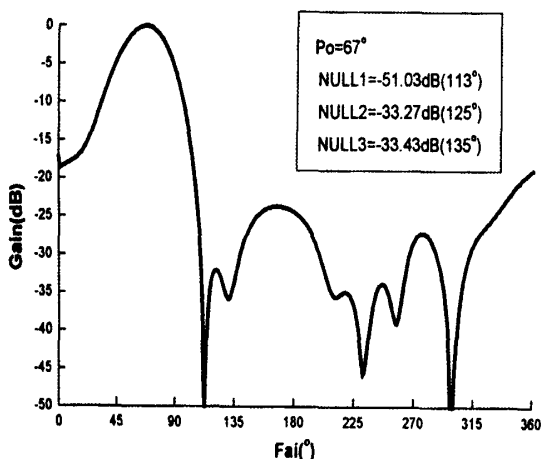
而WCDMA和CDMA2000使用的天线与2G移动通信系统中实用的天线相同,都是固定波束天线,图8给出TD-SCDMA采用扇区天线阵覆盖与WCDMA、CDMA2000采用常规波束宽度 $65^\circ$ 增益18dBi定向天线(红色)以及波束宽度 $120^\circ$ 增益16dBi定向天线(蓝色)覆盖区域



B 期望用户方向 $67^\circ$ , 干扰位于 $135^\circ$



C 期望用户 $67^\circ$ , 干扰位于 $108^\circ$ 、 $126^\circ$



D 期望用户 $67^\circ$ , 干扰位于 $113^\circ$ 、 $125^\circ$ 、 $135^\circ$

图6 主波束对准期望用户, 干扰用户方向生成零陷以抑制干扰提高信干比

比较。在此必须说明,传统蜂窝基站覆盖区域为六角形蜂窝,扇区中心方向A处距离为边缘方向B处距离的2倍,因此传统的天线中心方向比边缘方向低6dB增益是可行的,如图9所示。

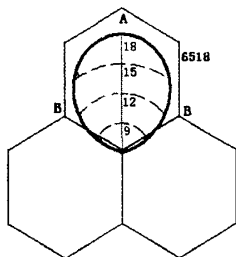
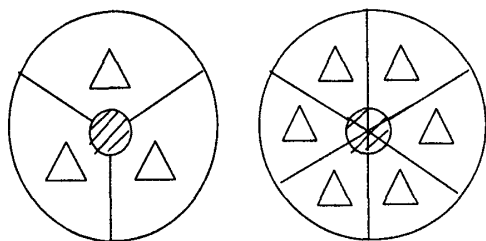


图9 波束宽度65°天线

TD-SCDMA 智能天线与WCDMA、CDMA2000传统天线场强覆盖比较有以下结果,图10为三种系统的比较。



● TD-SCDMA 基站 △ WCDMA、CDMA2000 基站

图10 三种系统比较



(1) 无论在扇区的中心方向还是扇区的边缘方向,TD-SCDMA系统天线比传统天线信号场强:高5~8dB(在发射功率相等的情况下);或要达到同样信号场强、基站的发射功率小3~6倍。

(2) 传输距离:远77%~150%。

(3) 基站数目:少2/3~5/6。

在多用户情况下,TD-SCDMA上下链路平衡,而WCDMA、CDMA2000上下链路不平衡。

图10表示实现相同大小的覆盖区域,TD-SCDMA系统采用一个基站,WCDMA、CDMA2000则需要3个或者6个基站。如果考虑到智能天线基站接收灵敏度与信号/噪声比正相关,不仅信号增益高,而且噪声、干扰、多径衰落由于工作波束的变窄而大大减小,实际通信情况可能还比图10中显示的更乐观。

因此,从电磁波传输的角度分析,TD-SCDMA完全可以组大网(宏蜂窝)。必须说明,TD-SCDMA系统时分工作模式TDD,上、下行保护时隙为75μs。75μs之内电波传输距离为 $3 \times 10^8 \times 75 \times 10^{-6} = 22.5\text{km}$ 。而由于通信容量限制,目前基站蜂窝距离远小于这个数据。因此,TDD模式并不是TD-SCDMA系统组大网的限制。

**作者简介:** 肖良勇, 原任西安电子科技大学天线工程发展中心主任、教授、硕士生导师、中国电子学会天线专业委员会委员, 现任西安海天天线科技股份有限公司董事长。

## 广告索引

### 彩色

“中国企业如何应对美国关税法337条款调查”

讲座

封二

第六届上海国际工业博览会数字电视

与无线多媒体通信国际论坛

封三

华旗资讯

封底

标准信息服务中心

前彩插1

《信息技术与标准化》杂志

前彩插2

2005年中国国际广播电视信息网络展览会

前彩插3

新书介绍

前彩插4

### 黑白

信息产业部隆重推出ERP标准

暗1

《国外电子元器件》征订信息

正文

## 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>