

# TD-SCDMA一体化 美化天线研究

高峰 马华兴 何继伟 朱文涛 中国移动通信集团设计院有限公司

**【摘要】**文章通过Ansoft HFSS软件结合遗传算法优化设计TD-SCDMA一体化天线阵列，并结合美化罩的形状和尺寸整体设计了TD-SCDMA一体化美化天线。经过实验室和现网测试验证，其性能指标良好，为TD-SCDMA网络优化提供了新的思路。

**【关键词】**TD-SCDMA 一体化美化天线 优化设计 业务波束

## 1 前言

随着TD-SCDMA四期大规模招标的展开，TD基站建设也越来越紧密，移动网络运营商根据实际建设和维护、调试过程产生的问题，对天馈系统特别是TD天线提出了更高的要求，如希望TD天线具备电调遥控功能以方便维护调试、希望具有美化效果以便和城市环境和谐一致，希望具备宽带、超宽带特点，以方便实现多网络共站共址及为TD网络向未来TD-LTE演进做准备，希望TD供应商能够提供新技术、新方案以降低建网成本，提高建网速度和效率。

密集城区也面临基站选址的难题，站址资源有限，业主对环境污染的抵制心理，TD目前主要以共站址为主，在原有基站上再增加多付天线会引起业主的反感。当前解决这一难题的普遍方法是在常规TD天线外加装美化外罩，而加罩美化工程施工复杂，对基础施工要求较高，工程建设施工带来较大困难。而且加罩方式的美化天线没有经过实验室测试检验，有可能对网络质量带来较为严重的影响。

为了解决以上问题，提出了一体化美化天线解决方案，当前市场上的一体化天线主要考虑天线阵列对美化外罩的相互影响，缺乏对实际应用场景的研究，本文通过智

能电调天线与一体化美化设计，提出TD电调天线一体化美化解决方案，即通过宽频化、双极化、电调远程控制、一体化美化等特殊的天线。

设计技术，实现天线性能与外观造型的完美统一，从而不仅能够增加天线有效容量、减少天线数量、提高天线的适用性，而且能够解决目前TD网络的建设瓶颈问题。

## 2 TD-SCDMA一体化美化天线的仿真设计

一体化美化天线是指经优化设计，直接使用具有隐蔽效果的外罩封装天线，本身就满足防水密封、可安装、外观隐蔽等目的。而加罩美化天线是指在常规基站天线的外部，再增加介质外罩，将其隐蔽起来，具有隐蔽美化效果。

一体化美化天线分为以下几个仿真设计步骤：

### 2.1 天线振子及馈电网络初步仿真设计

采用IE3d、HFSS、Designer等仿真软件工具，辅助微波CAD软件，协同地完成天线辐射参数和电路参数的分析、优化和综合设计，设立不同的环境模型，进行包括天线电气性能、一体化美化结构以及天线与TD基站网络系统相适应之间的仿真设计。仿真阵列模型如图1所示。

## 2.2 垂直面赋形波束设计

基站天线的垂直面赋形波束设计是提高移动通信系统信道性能的有效手段之一。如果在天线垂直面方向图上半空间旁瓣的辐射电平很低，就可以减少基站之间的干扰，增加频谱重用距离，提高信道容量。如果垂直面方向图下半空间旁瓣的零陷很浅，就可以填充服务区波瓣之间的空隙，减小通话盲区，扩大基站覆盖范围。

如图1所示是一个N元均匀直线阵，阵元以等间距 $\sigma$ 排列在直线上，各元电流幅度相等。

则总的辐射场为<sup>[4]</sup>：

$$\begin{aligned} E = \frac{A}{r} I e^{-jk\hat{r}} f_0 [1 + e^{ju} + e^{j2u} + \dots + e^{j(N-1)u}] = \\ \frac{A}{r} I e^{-jk\hat{r}} e^{\frac{j(N-1)\varphi}{2}} \left[ f_0 \frac{\sin(\frac{Nu}{2})}{\sin(\frac{u}{2})} \right] \quad (1) \end{aligned}$$

则归一化阵函数为

$$F_{ar}(\eta) = \frac{\sin(\frac{Nu}{2})}{N \sin(\frac{u}{2})} = \frac{\sin(\frac{N}{2}(kd \cos \eta - \varphi))}{N \sin(\frac{1}{2}(kd \cos \eta - \varphi))} \quad (2)$$

本波束赋形设计方法，将综合TD-SCDMA基站天线的应用环境，对天线增益、垂直面方向图的上半空间副瓣峰值和下半空间的零陷施加约束，将阵列的激励电流幅度、相位和单元间距作为变量，建立优化目标函数，然后将其转变为只具有简单约束条件的问题迭代求解，以实现波束赋形设计目标。

仿真的垂直面方向图如图2所示。

## 2.3 一体化美化设计

在一体化美化天线中天线的造型和一体化美化方案设计也是很关键的部分。常规的设计思路是将天线开发和天线造型设计分开进行，但是本设计将采取天线开发关键部分和一体化美化设计同步进行的方式进行，即在进行天线关键部分设计时，充分考虑到天线的造型需要，在天线的内部结构安排及部件选择上，注意造型设计的特殊需求，

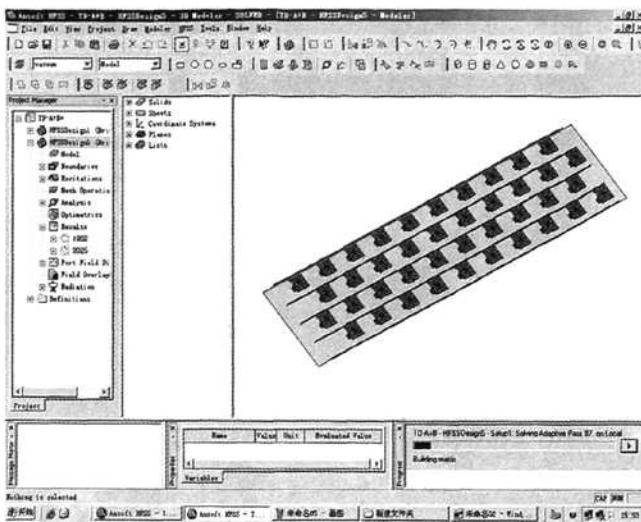


图1 天线阵列仿真模型

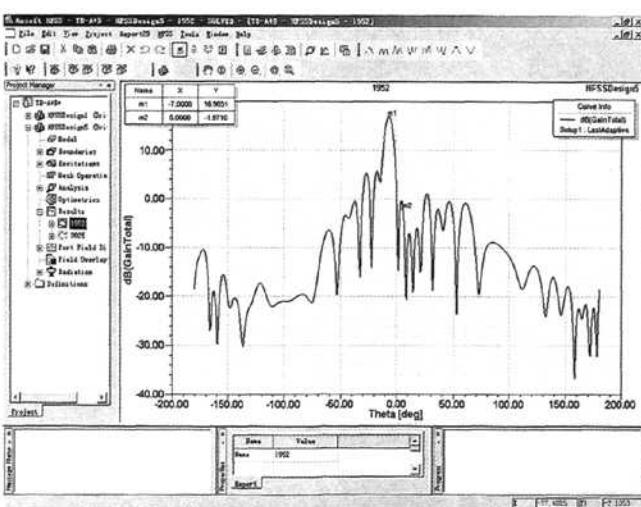


图2 垂直面赋形波束

同时兼顾天线的电气性能。

## 2.4 电调RCU控制装置设计

采取的是涡轮蜗杆方案，并结合RRU设备，设计出满足TD-SCDMA数字蜂窝移动通信网——电调天线接口技术要求的RCU远程控制器，可实现对天线进行一定距离内的电调控制的目标。

## 2.5 螺旋循环实验论证的设计方式

为了实现融合各种优势于一体的最优设计，需要不断的对天线的设计方案进行优化调整，因此本文采取一种螺旋循环实验论证的设计方式来不断修正天线的指标性能。

针对其中的重点问题包括天线振子的选择、馈电网络的设计、移相器设计等通过循环实验论证，找到最优的设计。仿真设计出的天线三位方向图如图3所示。



图3 天线阵列三维方向图

### 3 TD-SCDMA一体化美化天线实验室测试

TD-SCDMA一体化美化天线方向图测试的照片见图4。在天线暗室测试了其电路参数和方向图参数，并进行了环境试验。天线的电调下倾角度范围为 $3^\circ\sim15^\circ$ ，由于篇幅所限，测试数据只取下倾角度为 $8^\circ$ 时的部分数据。

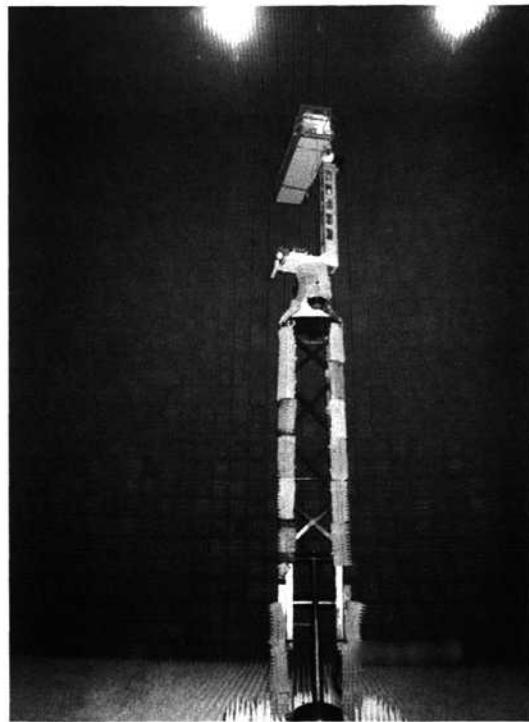
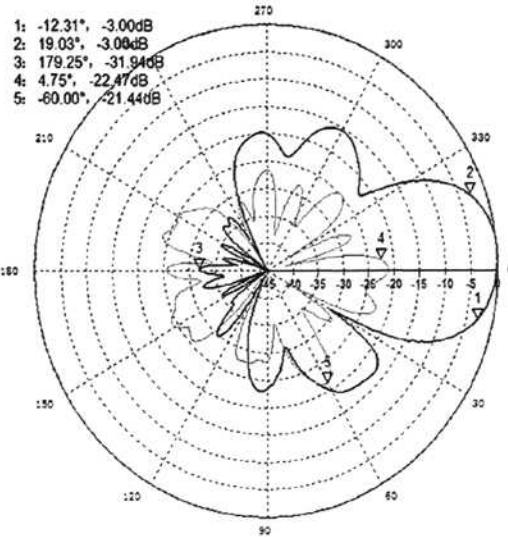


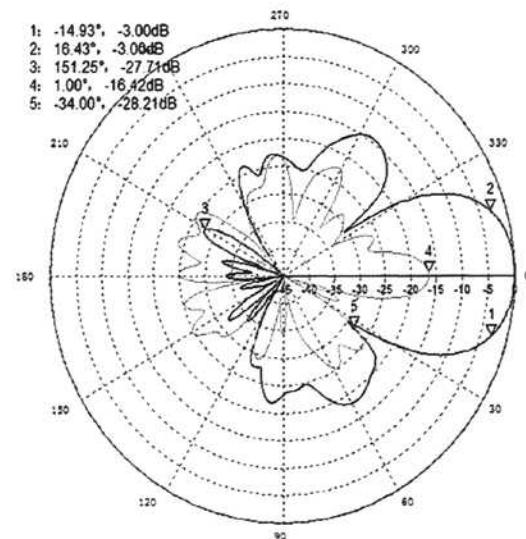
图4 TD-SCDMA一体化美化天线方向图测试

#### 3.1 业务 $0^\circ$ 波束

TD-SCDMA一体化美化天线在电下倾 $8^\circ$ 时2018MHz业务 $0^\circ$ 的水平面方向图见下图，由图5可知，业务 $0^\circ$ 波束各项指标满足系统要求。



(a) TD一体化天线+45°业务 $0^\circ$ 波束



(b) TD一体化天线-45°业务 $0^\circ$ 波束

图5 TD一体化天线 $\pm 45^\circ$ 业务 $0^\circ$ 波束

#### 3.2 业务 $60^\circ$ 波束

TD-SCDMA一体化美化天线在电下倾 $8^\circ$ 时2018MHz业务 $60^\circ$ 的水平面方向图见下图，由图可知，业务 $60^\circ$ 波束

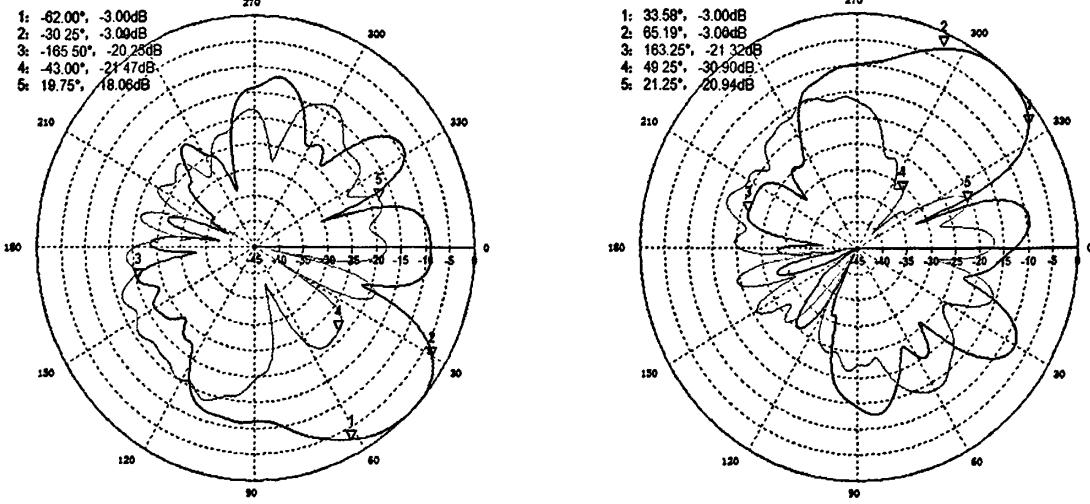


图6 TD一体化天线±45°业务60°波束

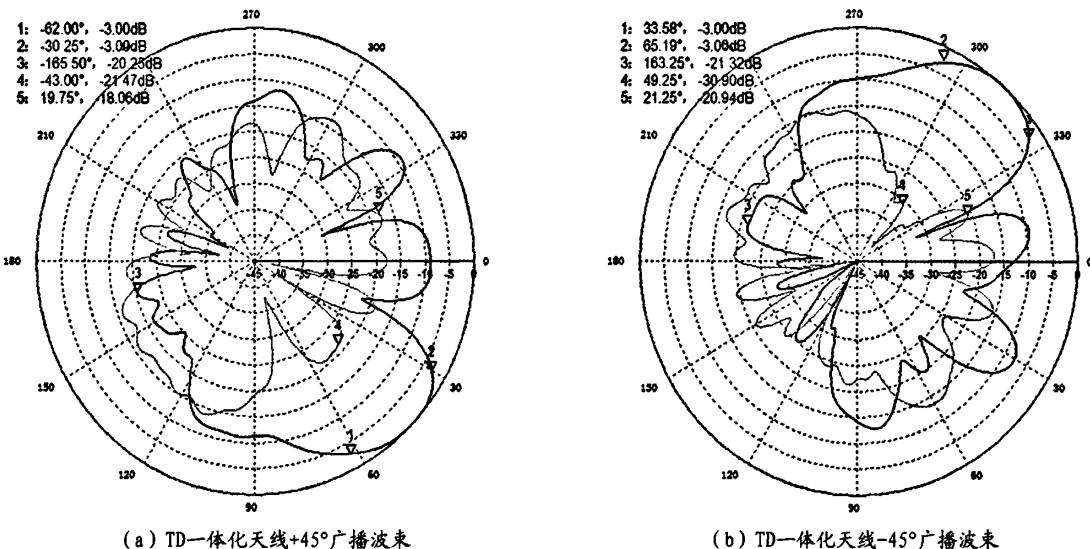


图7 TD一体化天线±45°业务广播波束

各项指标满足系统要求。

### 3.3 广播波束

TD-SCDMA一体化美化天线在电下倾8°时2018MHz广播波束的水平面方向图见图7，由图可知广播波束各项指标满足系统要求。

## 4 现网测试

在某城市，一体化美化天线与常规双极化固定电下

倾6°的TD-SCDMA智能天线进行了对比测试，测试了CQT和DT性能，其中DT测试包括广播信道的PCCPCH、RSCP信号覆盖、AMR12.2业务信道覆盖和CS64K业务信道覆盖等情况。测试表明在大下倾角度时，一体化美化天线在覆盖区域内尤其是在边缘区域的电平值及掉话率等性能较常规天线明显提高。图8为广播信道的测试图。

## 5 结论

总之，TD-SCDMA一体化美化天线是顺应TD-

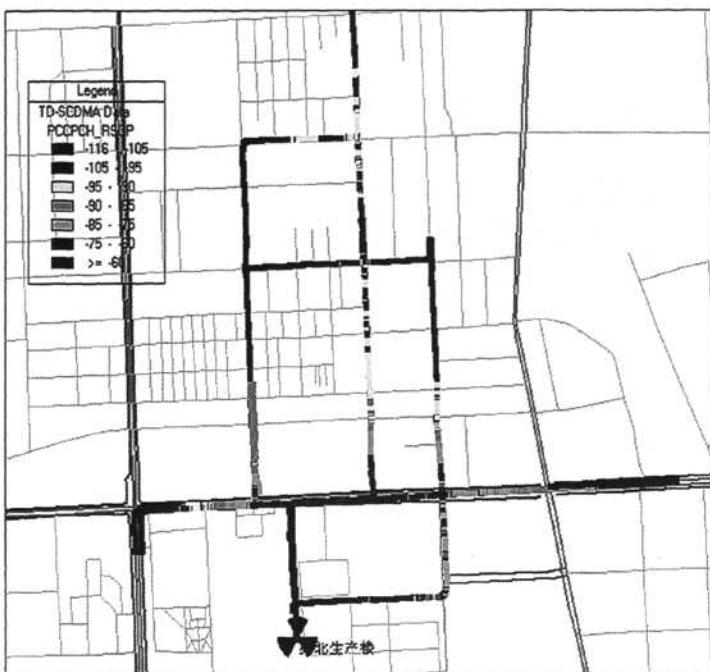


图8 一体化天线现网测试图

## 参考文献

- [1] Akihide Sakitani, Shigeru Egashira. Analysis of Coaxial Collinear Antenna: Recurrence Formula of Voltages and Admittances at Connections [J]. IEEE Trans. on AP, 1991, 39(1): 15-21.
- [2] 廉行健. 天线原理与设计 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1995.
- [3] Seong-Sik Jeon, Yuanxun Wang, Yongxi Qian, et al. A Novel Smart Antenna System Implementation for Broad-Band Wireless Communications [J]. IEEE Trans on AP, 2002, 50(5): 600-607.
- [4] 刘其中, 宫德明. 天线的计算机辅助设计 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1988.
- [5] 陈国良, 王旭发. 遗传算法及其应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 1996.
- [6] Gao feng, Shan runhong, Liu qizhong. A novel circular smart antenna array implementation and its analysis with mutual coupling [J]. Journal of Electromagnetic Waves and Applications, 2004, 18(12): 1671-1678. ★

(上接第88页)

## 参考文献

- [1] 李世鹤, 杨运年. TD-SCDMA 第三代移动通信系统 [M]. 北京: 人民邮电出版社.
- [2] 彭木根, 等. TD-SCDMA 移动通信系统 [M]. 北京: 机械工业出版社.
- [3] Godara, L. Applications of antenna arrays to mobile communications. I. Performance improvement, feasibility and system considerations [C]. Proceedings of the IEEE, 1997, 85(7). ★

## 【作者简介】

- 董伟辉:** 硕士毕业于北京邮电大学通信与信息系统专业, 现就职于中国移动通信研究院, 主要研究方向为: 无线信道测量和建模、通信系统性能仿真评估。
- 刘光毅:** 博士研究生, 中国移动研究院资深研究员, 主要从事TD-SCDMA系统研究设计, 无线通信系统关键技术研究、标准化和性能评估等。

## 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，一直致力于专注于微波、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>