

# 一种新颖的同轴双锥天线的设计

周东明 万双林 章宇建 何建国

(国防科技大学电子科学与工程学院, 湖南 长沙 410073)

**摘 要** 介绍了一种可应用于无线通信系统 (1.7~2.5GHz) 的宽带同轴双锥全向天线。分析了工作原理并用电磁仿真软件 CST 对其阻抗特性和远区场辐射特性做了研究, 给出了天线的具体结构尺寸以及 VSWR、增益和辐射方向图的仿真结果, 并分析了加载对天线电性能指标的影响。该天线的带宽涵盖了 WCDMA(1.92~2.17GHz), TD-SCDMA(1.88~2.4GHz), WLAN(2.4~2.48GHz) 等多个无线通信频段, 同时具有增益高, 全向均匀性好, 结构简单等优点, 具有一定的应用价值。

**关键词** 同轴双锥天线, 无线通信, 宽频带, WCDMA, TD-SCDMA, WLAN

**中图分类号** TN011

## 1. 引言

随着无线通信的迅猛发展, 对天线也提出了更高的要求。如何用一种天线涵盖多个通信系统频段成为天线研究工作者的课题。双锥天线最早由 Schelkunoff 提出, 由于具有良好的宽带特性而得到了广泛的研究与应用。典型双锥天线虽然具有宽频带特性, 但由于有限尺寸的限制所引起终端反射波的影响, 阻抗特性不是特别良好, 因此人们对双锥天线做了许多变形和该进。双锥天线的变形可以分为同轴双锥, 偏轴双锥, 盘锥天线和单锥天线等; 而双锥天线的改进则有通过终端加载以及对曲线进行渐变等。经过变形和改进后天线的阻抗带宽会有较大程度的改善<sup>[1,2]</sup>。

## 2. 理论分析

同轴双锥天线是双锥天线的一种变形, 与典型的对称双锥天线 (见图 1) 不同的是其两锥同向, 但张角和长度均不相同, 如图 2 所示。

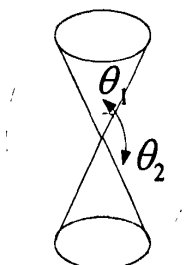


图 1 对称双锥天线

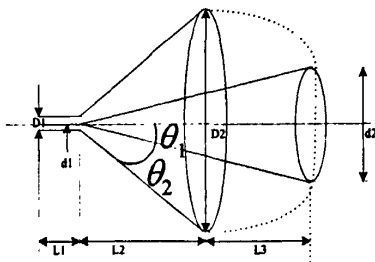


图 2 同轴双锥天线

双锥天线可以用求解电磁场边值问题的方法求得解析解。它的特性阻抗:

$$Z_c = 60[\ln \lg(\theta_2 / 2) - \ln \lg(\theta_1 / 2)]\Omega^{[3]} \quad (1)$$

由式(1)可以看出, 双锥天线的特性阻抗与频率无关, 仅与圆锥的锥角有关。对于对称双锥天线,  $\theta_2 = \pi - \theta_1$ , 而同轴双锥天线  $\theta_2 \ll \pi - \theta_1$ , 因此同轴双锥天线的特性阻抗必然小于对称双锥天线。而特性阻抗越小, 天线的阻抗带宽就越宽。可以预期, 同轴双锥天线一定具有良好的阻抗宽频带特性。用同轴线给同轴双锥天线进行馈电, 同轴线内导体接内锥作为辐射体, 同轴线外导体接外锥作为反射面, 就像将同轴线的内外导体都张开了一定的角度。天线外导体的外壁电流与内导体电流同向, 也构成了辐射体的一部分, 外导体内壁电流与内导体电流大小相等流向相反, 起到了传输线的作用<sup>[4]</sup>。因此, 同轴双锥天线能够极大的改善阻抗特性, 降

低电压驻波比。外锥体同时也起到了反射面的作用,不仅可以提高增益,还使得最大辐射方向偏向于锥角较小的一侧。

### 3. 仿真计算

为了验证上述分析是否正确,用电磁仿真软件 CST 对其进行了仿真计算。天线建模结构如图 2 所示,尺寸如表 1 所示:

表 1 天线结构尺寸

$L1=10\text{mm}$	$L2=60\text{mm}$	$L3=70\text{mm}$
$d1=2\text{mm}$	$d2=80\text{mm}$	$D1=6\text{mm}$ $D2=180\text{mm}$

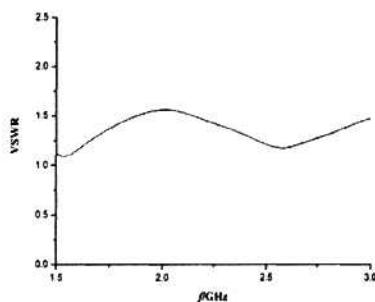


图 3 天线电压驻波比曲线

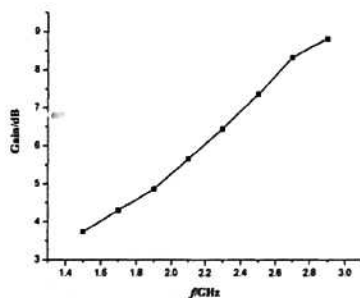


图 4 天线增益曲线

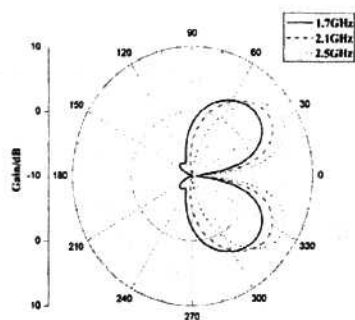


图 5 天线 E 面方向图

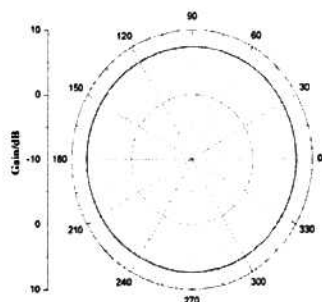


图 6 天线 H 面方向图

由图 3 和图 4 可以看出,天线在 1.7~2.5GHz 频率范围内  $VSWR < 2$ , 峰值增益大于 4dB。由图 5 和图 6 可以看出,天线 E 面方向图背瓣很小, H 面方向图为均匀的圆,天线全向辐射,与典型双锥天线的方向图类似,差别在于最大辐射方向偏向于锥角较小的一侧,这有助于安装在楼顶使用。

### 4. 优化设计

为了进一步改善天线的性能,下面研究给天线内锥体终端加载球体对电性能指标的影响。加载后的同轴双锥天线如图 7 所示:

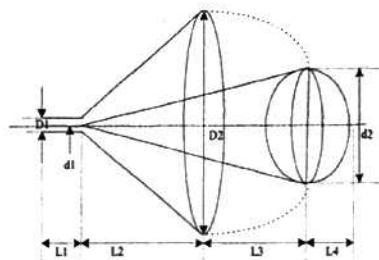


图 7 加载同轴双锥天线

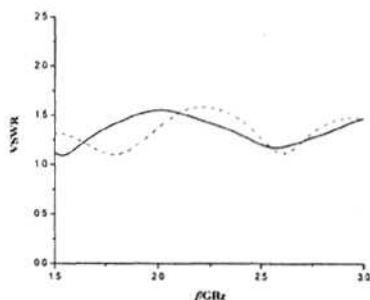


图8 天线电压驻波比曲线对比

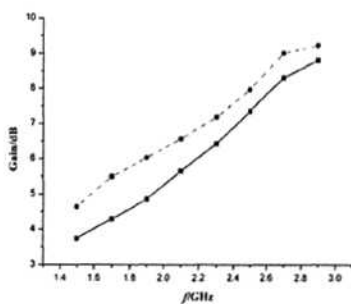


图9 天线增益曲线对比

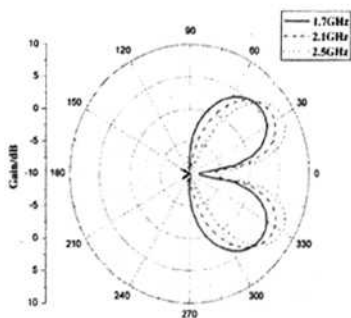


图10 加载天线方向图

图8和图9中实线为没有加载球体时的仿真结果,虚线为加载球体后的仿真结果。对比可见,给内锥体终端加载球体使之获得平滑渐变结构,不仅改善了VSWR,而且提高了增益,并且对比图5和图10可以看出方向图的背瓣也进一步减小。

## 5. 结论

文章首先对同轴双锥天线的辐射机理做了分析,然后用CST仿真软件进行了验证,仿真结果符

合理预期。最后通过加载对天线进行了优化设计。总体上看,本文所设计的同轴双锥天线阻抗特性优良,增益较高,方向图为全向辐射,且全向均匀性很好,达到了预期目的,可以应用于1.7~2.5GHz范围的无线通信系统。

## 参考文献

- [1] 任朗.天线理论基础.人民邮电出版社.
- [2] 王元坤,李玉权.线天线的宽频带技术.西安电子科技大学出版社.
- [3] 王琪,阮成礼,王洪裕.任意锥角有限长双锥天线电磁特性的仿真研究.电波科学学报,2003年第6期.
- [4] John D.kraus 著,章文勋译.Antennas: For All Applications.电子工业出版社.
- [5] 刘培国,毛钧杰.电波与天线.国防科技大学出版社.
- [6] 朱杰.两类宽频带天线的设计.硕士学位论文,西安电子科技大学,20080101.
- [7] 唐红艳.锥形天线分析及其在雷达诱饵中的应用.硕士学位论文,20020305.
- [8] 雷雪,张求广,周慧琴.超短波宽带二元双锥天线系统设计与实现.无线通信技术,2004年第4期.
- [9] 汪漪,徐勤,吴志峰.一种超宽频带双圆锥全向天线的设计.雷达与对抗,2005年第1期.
- [10] 赵克玉,许福永.微波原理与技术.高等教育出版社.

## 作者简介

周东明(1978-),男,国防科技大学电子科学与工程学院讲师,研究领域:计算电磁学与电磁兼容等。

万双林(1986-),男,国防科学技术大学电子科学与工程学院硕士生。研究方向:天线设计与电磁兼容。

覃宇建(1981-),男,国防科技大学电子科学与工程学院博士生,研究领域:计算电磁学与电磁兼容等。

何建国(1954-),男,国防科技大学电子科学与工程学院教授,博士生导师,研究领域:超宽带技术和电磁兼容等。

## 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>