

文章编号 1005-0388(2009)02-0224-04

一种改进型全向宽带双锥天线的研究

周世钢 孙保华 刘其中

(西安电子科技大学天线与微波技术国家重点实验室,陕西 西安 710071)

摘要 研究了一种用于移动通信的改进型全向宽带天线,采用双锥结构,在馈电处加入短路枝节和寄生套筒,用于调节天线的输入阻抗特性,减小天线尺寸。该天线工作频率为 696~2500 MHz,高度仅为 $0.28\lambda_{max}$,直径为 6 cm,电压驻波比在整个频带内小于 1.7,全向特性良好。仿真和实测结果吻合良好,表明该改进型双锥天线在较宽的频带内达到了满意的阻抗特性和方向图特性。

关键词 全向;宽带;双锥天线

中图分类号 TN822⁺.8

文献标志码 A

Analysis and design of a novel omni-directional broadband biconical antenna for mobile communication

ZHOU Shi-gang SUN Bao-hua LIU Qi-zhong

(Key Lab. of Antennas and Microwave Technology,

Xidian Univ., Xi'an Shaanxi 710071, China)

Abstract In this paper, a novel omni-directional broadband biconical-structured antenna for mobile communication is studied. End shorted strip and sleeve structure are added to the feeding point for adjusting the input impedance and reducing the size. The working frequency band of the antenna is 696~2500 MHz, with a height of merely $0.28\lambda_{max}$ and a diameter of 6 cm respectively. The VSWR is less than 1.7 in the whole band. The acceptable agreement of measured and simulated results shows that this kind of antenna has perfect input impedance and pattern properties.

Key words omni-direction; broadband; biconical antenna

引言

随着现代无线和移动通信的发展,迫切需要一种全向宽带的天线来覆盖尽量多的通信频段。双锥天线最早由 Schelkunoff 提出并作为研究天线辐射特性的模型,由于其自身具有渐变结构形式和水平旋转对称的特点,而具有天然良好的宽频带特性和全向特性,因此在有关宽带天线的研究中,双锥天线是最受关注的天线形式之一^[1~3],并且几十年来,人们对这种形式的研究从未间断^[4~8]。此前很多双锥天线的研究都限于天线锥角和长度的研究方

面^[5~11]。由于天线的尺寸有时受到限制,因此如何在有限直径和高度的情况下设计双锥天线成为了一项有价值和意义的工作。

2008 年 3 月美国对 700 MHz 频段进行了拍卖,并以 156 亿美元的天价成交。700 MHz 频段具有传输距离长,并且可以穿透厚墙的特点,被认为是频段市场上最后一块大蛋糕,并一致认为是将来第四代无线宽带通信的频段;806~960 MHz 是 GSM 和 CDMA 的移动通信频段;1710~2170 MHz 覆盖了 DCS/PCS/WCDMA/CDMA2000 等多个频段;2.4~2.48 GHz 是 WLAN 的常用工作频段。结合

双锥天线全向宽带的特性,采用双锥形式的天线覆盖上述提到的所有频段是很适合的选择。

本文巧妙地在双锥天线的馈电处加了一段类似短路枝节的结构,又在不加大天线半径的情况下,充分利用空间加入一个寄生的套筒。通过调整短路枝节和寄生套筒的高度,可以有效降低天线的尺寸,并获得优良的电性能。设计了一种工作在 696~2500 MHz 的改进型全向宽带双锥天线,并给出了仿真分析和实验测试的结果。

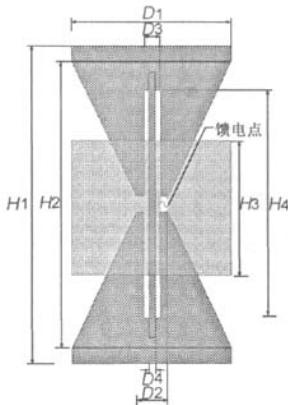


图 1 天线结构示意图

1 天线设计

如图 1 所示,天线采用一种类似双锥和粗振子的结构形式。天线上下两部分完全对称,高度为 H_1 ,直径为 D_1 ,其中双锥的部分高度为 H_2 ,调整 H_2 的大小可以实现带宽和天线小型化的中和,圆锥中间馈电处外径为 D_2 。天线内部的结构由一根圆柱和外面的套筒组成,圆柱的直径为 D_4 ,圆筒的直径为 D_3 ,套筒的上下两端分别和圆柱相连,中间断开,分别和馈电端相连,这样圆柱和套筒之间就形成了一种终端短路的传输线结构,因为套筒分别和馈电端的两端相连,这样就相当于在天线的输入端并联了一个等效的电感,电感的大小可以通过调整 H_4 来实现。因为这是类似短路传输线的结构,所以中间圆柱的高度对天线的影响不大,为了制作的方便,使圆柱的高度稍微高于外面套筒的高度,中间用铜片圆环焊接相连构成短路。天线的外面加一个寄生的套筒,高度为 H_3 ,为了便于实现,圆筒直径的取值和天线外径相同。这样就相当于给天线并联了一个电容,电容的大小可以通过改变 H_3 来调整。因此,这两部分结构的加入,相当于在天线输入端加

入一个由并联电感和电容构成的宽带匹配网络,通过调整电感和电容的大小,可以很方便地调整天线的输入阻抗,使之与 50Ω 同轴线实现阻抗匹配。

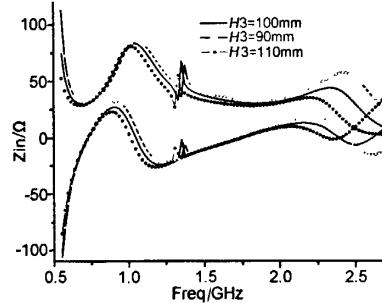


图 2 输入阻抗随 H_3 变化

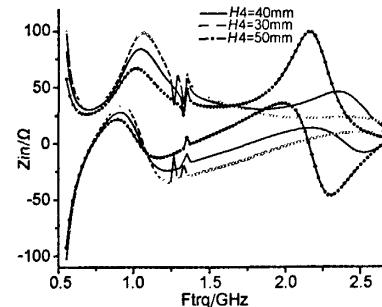


图 3 输入阻抗随 H_4 变化

基于这种思想,利用 HFSS11.0 对天线进行仿真研究,设置的参数为 $D_1 = 60 \text{ mm}$, $D_2 = 16 \text{ mm}$, $D_3 = 8 \text{ mm}$, $D_4 = 4 \text{ mm}$, $H_1 = 120 \text{ mm}$, $H_2 = 110 \text{ mm}$, 仿真频率为 550~2700 MHz,保持其他参数不变,天线的输入阻抗随 H_3 和 H_4 的变化规律如图 2 和图 3 所示。由仿真的结果可以看出:圆柱和圆筒的高度对天线输入阻抗的影响很大,调整圆柱和圆筒的高度可以使天线的输入阻抗变得平缓在 50Ω 附近,从而实现良好的阻抗匹配。从图中可以看出天线的阻抗在匹配结构谐振点位置的变化比较明显。

2 天线的仿真和实测结果

根据以上的分析,利用 HFSS11.0 对所提出的天线进行仿真计算,天线的工作频率为 696~2500 MHz,天线的各个参数最后选取为: $D_1 = 60 \text{ mm}$, $D_2 = 16 \text{ mm}$, $D_3 = 8 \text{ mm}$, $D_4 = 4 \text{ mm}$, $H_1 = 120 \text{ mm}$, $H_2 = 110 \text{ mm}$, $H_3 = 98 \text{ mm}$, $H_4 = 20 \text{ mm}$,在整个频带内,天线的 VSWR 仿真结果均在 1.7 以

下。根据仿真模型,实际制作了天线,天线照片如图 4 所示。

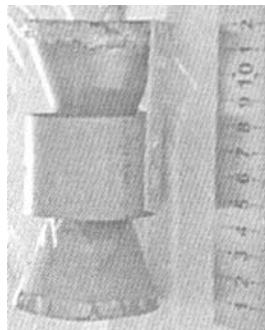


图 4 天线实物图

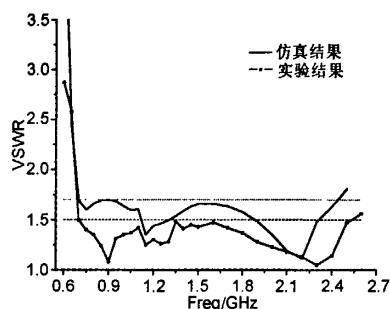


图 5 仿真和实测 VSWR

经过调试,采用网络分析仪(安捷伦 8752C)对天线进行测试,测试得到天线的 VSWR 如图 5 所示。从图中可以看出,天线在整个频带内的 VSWR 都在 1.5 以下,并且天线 VSWR 的仿真结果和测试结果吻合良好。图 6 给出了分别在 696 MHz、960 MHz、1710 MHz 和 2500 MHz 等频点下测试的天线 E 面、H 面方向图。从结果可以看出,天线的最大辐射方向在水平向,水平面的方向图不圆度都在 3 dB 以内。结果表明,此天线在较宽的频带内具有优良的驻波比特性和全向辐射特性。

天线水平面的增益如图 7 所示。由于天线尺寸小,其低频端增益比半波长对称振子低 0.5 dB 左右,在高端,天线水平面增益比半波振子高,可达到 3.5 dB 以上,这是因为天线结构对于方向图有压缩效果。另外,由于引入的结构谐振,在 1.5 GHz 附近增益突然下降,但仍在 1.6 dB 以上。

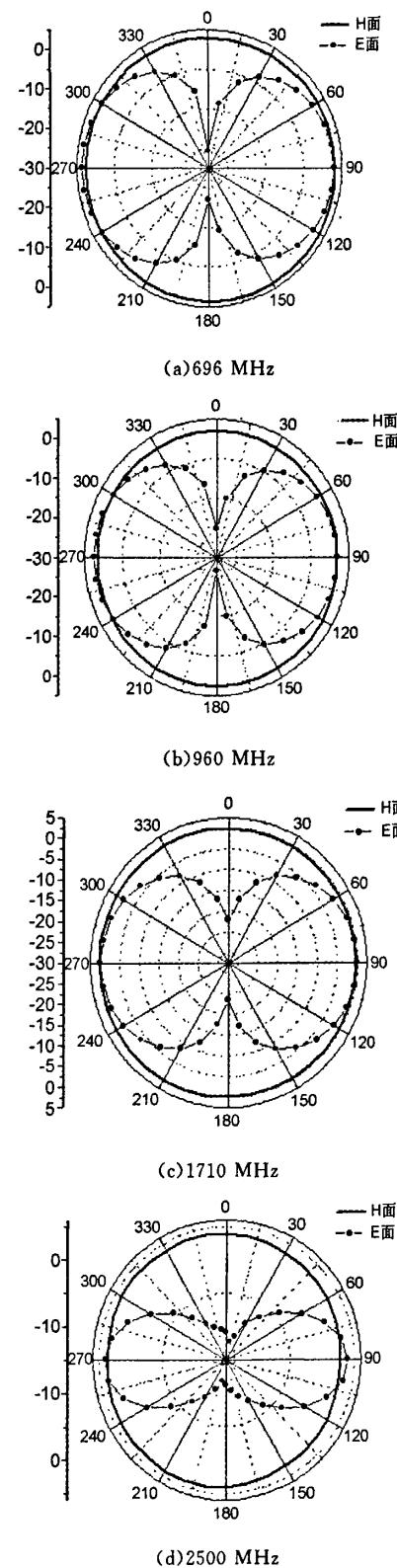


图 6 天线实测 E 面和 H 面方向图

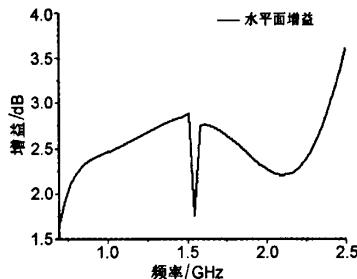


图7 天线水平面增益

3 结论

提出了一种改进型的双锥天线,采用仿真软件对天线的电特性进行了分析,设计并制作了一副696~2500 MHz天线。该天线具有较低的高度和较细的直径,充分利用了空间。仿真和实验的结果表明该天线具有优良的阻抗特性和全向辐射特性,能够同时满足GSM、CDMA、DCS、PCS、WCDMA、CDMA2000、WLAN等现有各种不同移动通信系统的需求,具有很好的实用价值。

参考文献

- [1] KING R W P, SANDLER S S. Compact conical antennas for wide-band coverage[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1994, 42(3): 436-439.
- [2] MORROW J D. Analysis of antennas for ultra wide band pulse radiation[C]// IEEE AP-S Society Symposium. Piscataway, NJ, 2004.
- [3] TANIGUCHI T, KOBAYASHI T. An Omni-directional and low-VSWR antenna for the FCC approved UWB frequency band[C]// IEEE AP-S International Symposium. Piscataway, NJ, 2003.
- [4] SCHELKUNOFF S A. General theory of symmetric biconical antennas[J]. J. Appl. Phys., 1951, 22(11): 1330-1332.
- [5] BROWN G H, WOODWARD D M Jr. Experimentally determined radiation characteristics of conical and triangular antennas[J]. RCA Review, 1952, 13(4): 425-452.
- [6] SANDLER S S, KING R W P. Compact conical antennas for wide-band coverage[J]. IEEE Trans. Antennas and propagation, 1994, 42(3): 436-439.
- [7] SAMADDAR S N. Biconical antennas with un-equal cone angles[J]. IEEE Trans. on antennas and propagation, 1998, 46(2): 181-193.
- [8] 阮成礼. 双锥天线的普遍模型[J]. 电波科学学报, 2001, 16(1): 39-41.
RUAN Chengli. A universal model for biconical antennas[J]. Chinese Journal of Radio Science, 2001, 16(1): 39-41.
- [9] 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[J]. 电波科学学报, 2003, 18(6): 704-708.
WANG Qi, RUAN Chengli, WANG Hongyu. Simulation study on the electromagnetic characteristics of the biconical antennas for finite length and arbitrary [J]. Chinese Journal of Radio Science, 2003, 18(6): 704-708.
- [10] 杨莘元,殷潜,毕晓艳,等. 有限长宽角双锥天线的超宽带特性研究[J]. 弹箭与制导学报, 2007, 29(2): 283-285.
YANG Shenyuan, YIN Qian, BI Xiaoyan, et al. Study of the ultra-wide band characteristics of the wide-angle biconical antenna[J]. Journal of Projectiles Rockets Missiles and Guidance, 2007, 29(6): 283-285.
- [11] 张晓刚,纪奕才,田步宁,等. 线栅型圆锥单极天线[J]. 西安电子科技大学学报, 2002, 29(6): 756-759.
ZHANG Xiaogang, JI Yicai, TIAN Buning et al. Analysis of conical monopole antennas[J]. Journal of Xidian University, 2002, 29(6): 756-759.



周世钢 (1983—),男,河北人,西安电子科技大学天线所博士生。研究方向为天线数值计算与CAD,宽带小型化天线。

孙保华 (1969—),男,河北人,西安电子科技大学天线所副教授、硕士生导师。研究方向为天线数值计算与CAD,宽带小型化天线和智能天线,移动通讯天线。

刘其中 (1938—),男,重庆人,现为西安电子科技大学天线所教授、博士生导师。在国内外刊物上发表论文五十多篇,研究方向为天线数值计算与CAD,宽带小型化天线和智能天线,电磁散射。

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)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)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)，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>