

doi: 10.3969/j.issn.1674-8425(z).2012.11.018

超宽带圆锥天线的设计

龙文峰, 李 杜, 周 伟, 付云起

(国防科学技术大学 电子科学与工程学院, 长沙 410073)

摘 要:提出了一种对圆锥天线的外部轮廓线进行改进以提高天线性能的方法。介绍了组成天线轮廓线的每个椭圆半径的设计过程, 用 HFSS 软件对设计的天线进行仿真优化, 并选定七椭圆锥凸起型天线。仿真结果表明: 天线覆盖 0.3 ~ 3 GHz 的频带, 在 10:1 的频带范围内天线的实际增益大于 0 dBi。

关 键 词:超宽带; 圆锥天线; 增益

中图分类号: TN823

文献标识码: A

文章编号: 1674-8425(2012)11-0088-05

Design of Ultra-wideband Conical Antenna

LONG Wen-feng, LI Du, ZHOU Wei, FU Yun-qi

(College of Electronics Science and Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: A method to improve conical antenna performance based on external contour modification is presented in this paper. It also describes the design process of radius of each ellipse that composes antenna contour. The antenna designed is simulated and optimized by HFSS software and the seven-ellipse and convex-type cone antenna is finally selected. The results show that the frequency of the antenna ranges from 0.3GHz to 3 GHz and the actual gain of the antenna is greater than 0dBi within the frequency rang of 10:1.

Key words: ultra-wideband; conical antenna; gain

锥天线由于具有较好的宽频带特性, 被广泛应用于 VHF\UHF 波段的天线设计。理想无限长的双锥天线具有输入阻抗、方向图均与频率无关的特性, 而实际中有限长的双锥天线, 由于终端反射而不具有这种与频率无关的特性, 其宽频带特性会受到一定影响。为了拓宽天线的带宽, 人们

对典型双锥天线做了很多改进, 包括同轴双锥天线、盘锥天线、加载双锥天线、V 型天线等, 使得天线的阻抗带宽有很大改善。

为了实现低剖面共形的超宽带 VHF\UHF 天线设计, 人们在单锥天线的基础之上对其进行了一定程度的改进, 实现了天线性能的提升, 取得了

收稿日期: 2012-07-11

基金项目: New Century Excellent Talents in University of China (grant No. NCET-10-0894)

作者简介: 龙文峰(1983—), 男, 重庆人, 硕士研究生, 主要从事微波、毫米波研究。

进展。美国俄亥俄州立大学电子科学实验室的 Jing Zhao、John L. Volakis 等提出的一种新型的 IHA (inverted-hat antenna) 天线,改善了天线的性能,所设计的天线在 0.2 ~ 2 GHz 的带宽内实现了特性阻抗匹配。

但单锥天线也存在一些局限,例如有限尺寸的单锥天线难以实现很大的带宽。某项目要求天线直径不超过 120 mm,高不超过 120 mm,覆盖 0.3 ~ 3 GHz 的频带。利用渐变的椭圆曲线代替直线型的锥外形,对多个椭圆线段组成的天线进行仿真优化,最终选定了 7 椭圆凸起型锥天线。

1 天线设计

图 1 展示了椭圆线段组成锥天线的几何结构。天线的外表面辐射波采用的是垂直极化辐射。为了达到超带宽,天线的外部轮廓线是由原点开始的许多相似的椭圆线段组合而成,如图 1(b)所示。

组成天线的椭圆的半径变化趋势是成指数螺旋增长的,令椭圆主半径为 X_n ,副半径为 Y_n ,如图 1(b)所示。主半径 X_n 的变化趋势为 $\phi = 0$ 开始的螺旋增长,如图 1(a)所示,即:

$$X_n = e^{a\phi_n} \quad (1)$$

其中: X_n 为螺旋线在 x 轴上的长度; $\phi_n = \pi, 3\pi, 5\pi, 7\pi, \dots$; a 是螺旋线增长速率。假设椭圆锥天线的外部结构由 N 个椭圆组成,那么

$$X_n = e^{a(2n-1)\pi}, n = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

由于构成天线的相邻椭圆半径是成比例增长的,且比值为常数,因此

$$\frac{X_{n+1}}{X_n} = e^{a\pi} \quad (3)$$

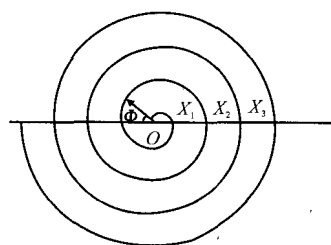
从图 1(b)可以看出,如果天线的宽为 ω ,取最大椭圆的主半径 X_N 为 $\omega/2$ 来计算天线的其他椭圆的半径,即

$$X_N = e^{a(2N-1)\pi} = \omega/2 \quad (4)$$

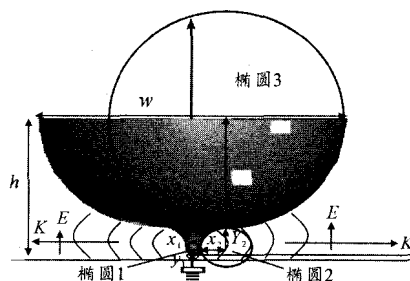
因而

$$a = \frac{1}{(2N-1)\pi} \ln \frac{\omega}{2} \quad (5)$$

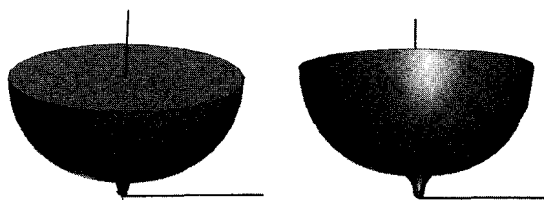
因此将式(5)带入式(2)就可以求出其他椭圆的半径 $X_n, n = 1, 2, \dots, N-1$ 。



(a) 椭圆半径增长的螺旋线



(b) 3个椭圆构成的锥天线



(c) 3椭圆锥天线的3D图形

图 1 椭圆线段组成锥天线的几何结构

由于每个椭圆的主半径 X_n 和副半径 Y_n 成比例,对比值作了规定:

$$Y_n = \begin{cases} \gamma_1 \cdot X_n & \text{直线型} \\ M \cdot (e^{\gamma_2 \cdot X_n} - 1) & \text{凸起型} \\ M \cdot \ln(\gamma_3 \cdot X_n + 1) & \text{凹入起} \end{cases} \quad (6)$$

其中 γ_i 的值为:

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= \frac{h}{(\omega/2)} \\ \gamma_2 &= \frac{1}{(\omega/2)} \cdot \ln\left(\frac{h}{M} + 1\right) \\ \gamma_3 &= \frac{1}{(\omega/2)} \cdot (e^{\frac{h}{M}} - 1) \end{aligned} \quad (7)$$

M 是一个控制天线凸起和凹入比率的参量,在设计中取 $M = 10$ 来计算。注意到最大椭圆的主

半径和副半径为 $\omega/2$ 和 h , 所有椭圆主半径 X_n 和副半径 Y_n 的和值分别为 $\omega/2$ 和 h , 所以必须降低每个椭圆半径的值才能满足天线的高和宽, 那么修订后的椭圆主半径 x_n 和副半径 y_n 为:

$$\begin{aligned} x_n &= f_x \cdot X_n \\ y_n &= f_y \cdot Y_n \end{aligned} \quad (8)$$

其中:

$$\begin{aligned} f_x &= \frac{(\omega/2)}{\sum_{n=1}^N X_n} \\ f_y &= \frac{h}{\sum_{n=1}^N Y_n} \end{aligned} \quad (9)$$

对直线型椭圆天线 f_x 和 f_y 的值也是同样。图 1(b) 为 3 个椭圆组成的直线型椭圆锥天线, 图 1(c) 为 3D 图形。

2 天线性能

2.1 不同数目椭圆组成锥天线的阻抗和增益性能

考察由 3 个椭圆、7 个椭圆、11 个椭圆组成的锥天线, 如图 2 所示, 并设定所有椭圆锥天线的直径 $w = 100$ mm, 高 $h = 120$ mm。用 HFSS 仿真软件对天线在 0.05 ~ 3 GHz 频率范围进行了仿真。仿真采用 50 Ω 的同轴线进行馈电, 接地面为无限大, 边界条件为吸收边界。通过图 3(b) 和图 3(c) 可以看到 7 个和 11 个椭圆的组合符合作为天线的要求, 天线阻抗的实部接近 50 Ω , 而虚部接近 0 Ω 。另外图 3(a) 显示所有天线的实际增益大于 0 dBi。

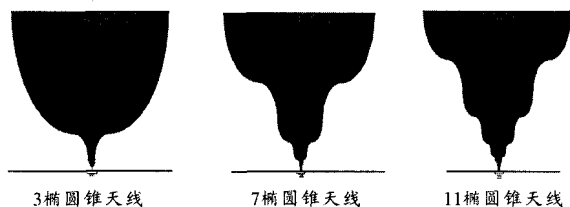
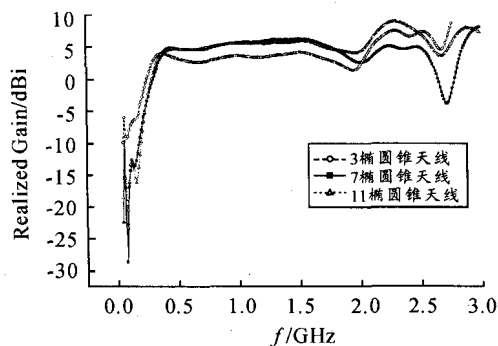
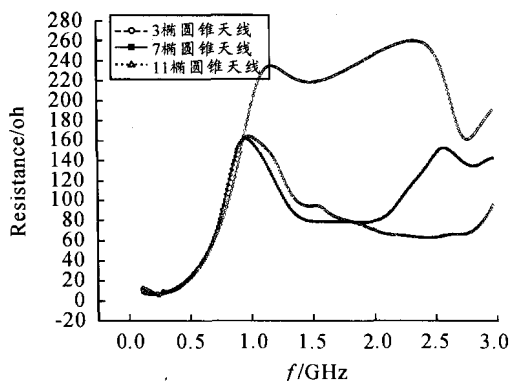


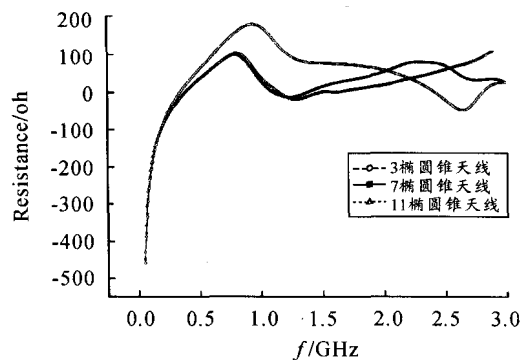
图 2 不同椭圆组成的天线的外部形状



(a) 水平方向上的实际增益



(b) 天线阻抗实部



(c) 天线阻抗虚部

图 3 不同椭圆组成的天线的性能

2.2 轮廓线幅度的变化对天线阻抗的影响

由图 2 可以看到: 构成天线的椭圆切线都在一条直线上。但是为了更好地实现阻抗匹配, 设计椭圆的切线为凸起型和凹入型, 如图 4(a)、图 5(a) 所示。

图 4(b) 和图 4(c) 给出的是 11 椭圆锥不同幅度天线的阻抗实部和虚部。通过图 4(b) 和图 4(c) 的仿真结果可以看出: 对于 11 个椭圆组成不同形式天线的阻抗特性, 凹入型最高, 直线型其次, 凸起型最低, 结果表明凸起型天线的阻抗最接

以上,直线型天线部分频段实际增益在 0 dBi 以下,凹入型天线的实际增益都在 0 dBi 以下。通过图 5 可以看到,7 椭圆锥凸起型天线覆盖了 0.3 ~ 3 GHz 的频段。

经过上面的分析,得到 7 椭圆锥天线直径为 100 mm,高为 120 mm,阻抗匹配较好,频带宽度达到了 10:1,性能良好,达到了项目所提出的要求。

3 结束语

本文介绍了一种利用渐变的椭圆曲线代替直线型的锥外形来提高天线性能的方法。通过分析不同数目椭圆组成锥天线对阻抗的影响及轮廓线幅度的变化对天线的影晌,得到了这种天线的设计规律。根据项目的要求,最终选择 7 椭圆锥凸天线结构,后续天线的进一步优化和匹配等工作正在进行。

参考文献:

- [1] Jing zhao, Chi-Chih Chen, John L. Volakis Frequency-Scaled UWB Inverted-Hat Antenna[M]. USA: IEEE,2010.
- [2] Zhao J, Peng T, chen C C, et al. Volakis Low-profile ultra-wideband inverted-hat monopole antenna for 50 MHz - 2GHz operation [J]. ELECTRONICS LETTERS, 2009 (1):.
- [3] Jing Zhao, Chi-Chih Chen, Dimitris Psychoudakis, et al. Volakis ElectroScience Laboratory, Broadband Characteristics of a Dome-Dipole Antenna[M]. USA: IEEE, 2010.
- [4] Jing Zhao. Design Optimization of a Low-Profile UWB Body-of-Revolution Momopole Antenna [M]. USA: IEEE, 2011.
- [5] Ted Simpon, Milos Pavlovic, Dragan Olcan. Comparing Pulse Radiaton from the Unloaded Ice Crem Cone and Resistively Loaded Cone[M]. USA: IEEE, 2011.
- [6] Wei Cheng, Zhaogxiang shen. DESign of a Compace and Broadband Monopole ntenna[M]. USA: IEEE, 2009.
- [7] Daniel, W Aten, Randy L. Haupt, Genetically Optimized, Low Profile, Wideband, Shorted Monocone Antenna[M]. USA: IEEE, 2009.
- [8] AL-Askalani R, Hammad H F, Leib M. Investigation on a small UWB combining a monopole and a Cone-Shaped dielectric resonator[M]. USA: IEEE, 2010.
- [9] Cengiz Ozzaim, Member. Monopole Antenna Loaded by a Stepped-Radius Dielectric Ring Resonator for Ultrawide Bandwidth[M]. USA: IEEE, 2011.

(责任编辑 陈 松)

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),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>