

文章编号 1005-0388(2009)06-1124-05

## 一种新型超短波宽带天线

徐良 赵东贺 王毅

(西安电子科技大学, 陕西 西安 710071)

**摘要** 介绍了一种新型的超短波宽带双鞭天线。根据经验确立了天线的结构, 利用三维电磁场仿真软件 HFSS 对该天线进行了理论分析, 并根据实测天线的输入阻抗, 设计出合适的匹配网络。理论计算值与实验测试结果较好地吻合, 结果表明该双鞭天线的阻抗带宽, 增益, 方向图都达到设计要求。

**关键词** 双鞭天线; 宽带; 超短波; HFSS

**中图分类号** TN823.14

**文献标识码** A

### Novel VHF broadband twin-whip antenna

XU Liang ZHAO Dong-he WANG Yi

(Xidian University, Xi'an Shaanxi 710071, China)

**Abstract** A novel VHF broadband twin-whip antenna is introduced in this paper. The antenna was built based on our experience and simulated with the Ansoft HFSS. The matching network was designed as well after the antenna input impedance was measured. The experimental results are consistent with the theoretical ones. It is shown that this antenna has the properties of broadband, high efficiency and good radiation patterns.

**Key words** twin-whip antenna; broadband; VHF; HFSS

## 引言

在现代通信技术中, 为了实现保密通信, 消除干扰, 广泛应用多频段、多功能电台和宽带跳频、扩频等技术, 调谐天线已不能满足系统要求, 需要宽带的天线结构。一些载体上(如中小型水面舰艇、潜艇、坦克、机动通信车等)可供安装天线的空间有限, 难以安装诸如笼形天线、双锥天线等体积型宽带天线。此外, 狭小的空间内密布多副天线, 相互之间的干扰较为严重, 影响通信质量, 这就要求研制宽频带天线, 使多个电台共用一副天线, 从而减少天线数量。在这种背景下, 天线的宽带小型化成为天线研究中的一个重要课题。

现阶段移动载体上的无线电台多使用一类鞭状

天线, 如通常的 3 米中馈和 1.8 米底馈的单极天线。这类天线受结构以及车载环境要求的限制不能做得太高、太粗, 通常效率也不是很高。但在某些特定场合需要将天线升高到一定高度时使用, 增加通信距离。传统的 3 米中馈或 1.8 米底馈天线都是非对称天线而且效率相对较低, 不能满足系统要求。针对这一实际应用要求, 本文提出了一种新型超短波宽带双鞭偶极天线的设计方案。

该天线为双极中部馈电的结构, 架设采用升降杆与载体连接。天线架设在距地面 3 米的高度进行调试, 通过实验将天线结构改进优化, 达到宽频带要求。然后根据实测出的天线输入阻抗, 利用自行编制的计算软件, 以驻波比为优化目标函数, 设计出了一种无耗元件组成的宽带阻抗匹配网络。理论值与

收稿日期: 2009-03-25

联系人: 徐良 E-mail: xuliang32@hotmail.com

实测结果比较,两者吻合较好。由于天线结构和匹配网络都没采用有耗加载,所以该天线具有较高的效率和增益。

## 1 偶极双鞭天线的设计

传统上对于电振子天线,为了展宽频带,通常增加振子直径,使振子有较大的截面,从而降低振子的长度直径比  $l/a$  (即长细比),此举对改善工作频带内的阻抗特性有明显的效果。但是在实际应用中,不可通过无限加粗振子的直径来增加带宽。为了克服这一缺点,本文采用双鞭天线来等效代替粗振子的结构,既展宽了带宽,同时又使天线结构简单化。双鞭天线之所以有较好的带宽特性,其实质是用底部相连的两根相邻一定距离的细振子等效某一直径的粗振子。文献[1][2]中对安装在地面或反射板上的一类单极双鞭天线做了详细的分析和研究。单个双鞭天线振子半径  $r$  (对于渐变的辐射体,其直径用顶端和底端的平均值来代替),间距  $D$  和等效粗振子半径  $r_e$  之间有关系式

$$r_e = \sqrt{D \cdot r} \quad (1)$$

在实际应用中,经常需要将天线架高使用,比如在舰船的桅杆或车载的升降杆上,此时不可能有地板存在,因而必须将接地板用其镜像来代替。本文正是基于这一实际需求,设计了一种偶极双鞭天线,天线的4根振子采用金属管组成,采用非对称偶极子,下辐射体略长,中心馈线为  $50\Omega$  同轴线,同时增加了扼流器,解决馈线的影响。结构如图1所示。

虽然双鞭天线具有一定的宽带特性,但其带宽不能满足性能要求。为此必须设计合适的 LC 串并联匹配网络。关于宽带匹配网络的设计已有报道[3~5]。这里根据实验测出了未加匹配网络时天线的输入阻抗,将反射系数作为优化目标函数,利用 T 型或 II 型网络优化出合理的 LC 串并联电路形式和参数值。设天线的输入阻抗为  $Z_A$ ,匹配网络终端端口的输入阻抗为  $Z_L$ ,特性阻抗为  $Z_0$ ,如图2所示。将所考虑的频带分成  $N$  个频率点,则对应于第  $i$  个频率点的  $f_i$ ,其反射系数为

$$\Gamma_i = \frac{Z_{Li} - Z_0}{Z_{Li} + Z_0} \quad (2)$$

则优化时目标函数为

$$f = \sum_{i=1}^N W_i |\Gamma_i|^2 \quad (3)$$

式中,  $W_i$  为加权函数。根据这一理论[6]编制了计算软件,优化出了合适的 LC 串并联电路。

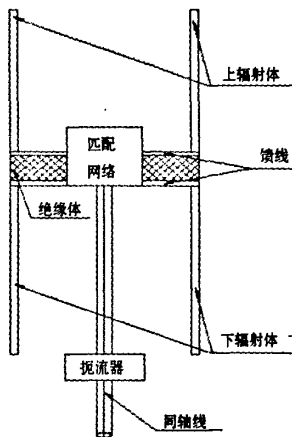


图1 双鞭天线的结构图

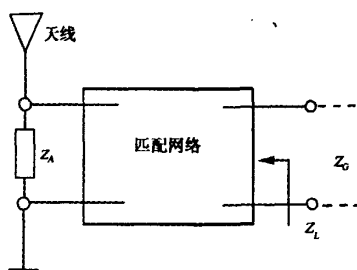


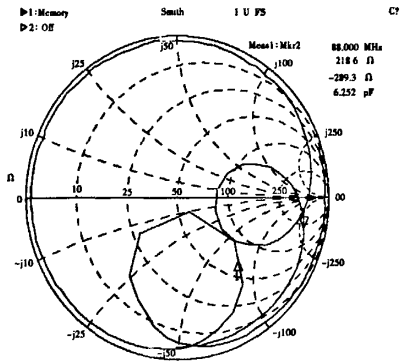
图2 天线匹配网络

## 2 结果及分析

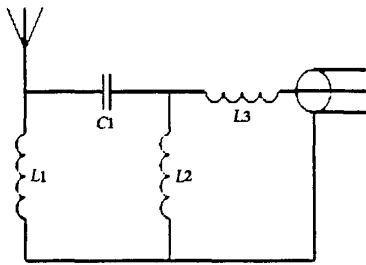
### 2.1 匹配网络的优化

实际制作了一副双鞭天线,上臂  $l_1$  长度为 1.8 米,下臂  $l_2$  长度为 2.1 米,两鞭相距 0.45 米。图3(a)给出了不加网络时天线的输入阻抗圆图。通过优化设计,图3(b)给出了匹配网络的结果,  $L1=140\text{nH}$ ,  $L2=120\text{nH}$ ,  $L3=672\text{nH}$ ,  $C1=35\text{pF}$ 。

图4(a)为天线加匹配网络前后的驻波比曲线,可以看出匹配网络的引入使原来的驻波特性得到很大改善,加匹配网络后的驻波比在 30~88 MHz 范围内小于 3。图4(b)为引入匹配网络后实验数据与 HFSS 仿真数据的对比。由于实验中元件选取的近似,以及实验环境和条件的影响,试验结果与仿真结果有所差异,但基本吻合。

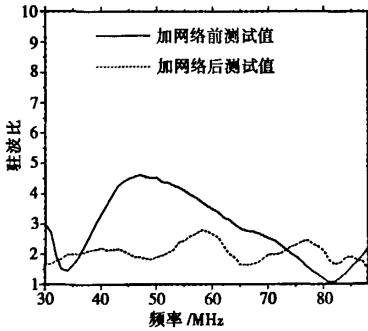


(a)天线未加网络输入阻抗圆图

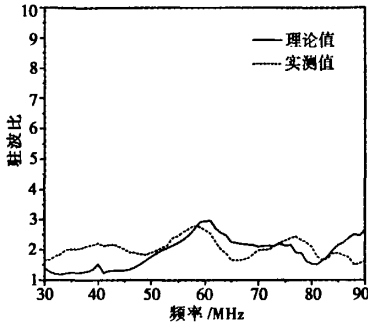


(b)天线匹配网络结构图

图 3



(a)加匹配网络后驻波比实测和理论值比较

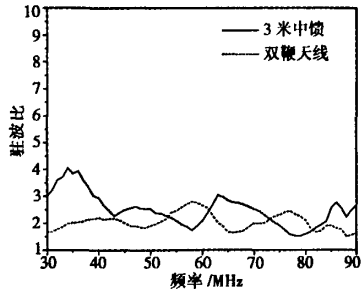


(b)天线驻波比理论值与实测值比较

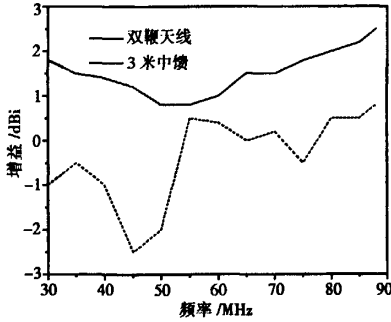
图 4

2.2 增益及对比结果

由于该天线的研制目的主要是为了替代现有的 3 米中馈天线,因此有必要将其同传统使用的 3 米中馈天线的性能做个比较。图 5(a)给出了两者驻波比的比较曲线。从图中可知,双鞭天线的驻波比优于 3 米中馈天线。增益的比较曲线如图 5(b),可以看出双鞭天线增益明显优于 3 米中馈天线,大大改善了天线的性能,可以作为 3 米中馈天线的换代产品使用。



(a)双鞭天线与 3 米中馈天线驻波比比较

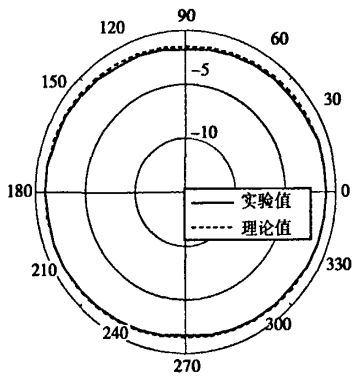


(b)双鞭天线与 3 米中馈天线增益比较

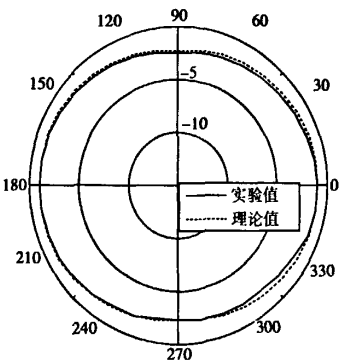
图 5

2.3 天线的方向图

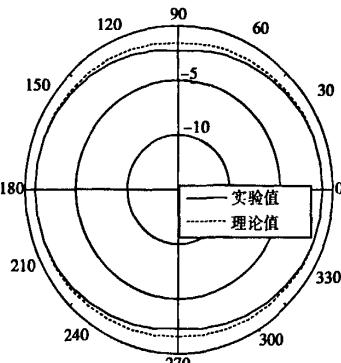
图 6 和图 7 分别给出了天线在 4 个不同频率点上的水平面和垂直面的方向图。尽管天线结构上存



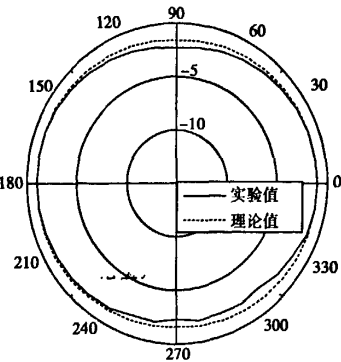
(a)30MHz 的水平面方向图



(b)50MHz 的水平面方向图



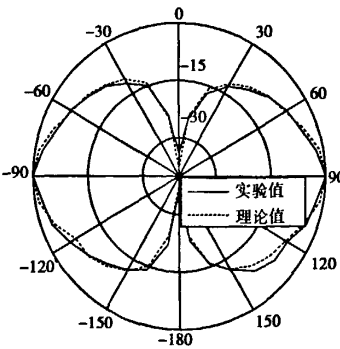
(c)70MHz 的水平面方向图



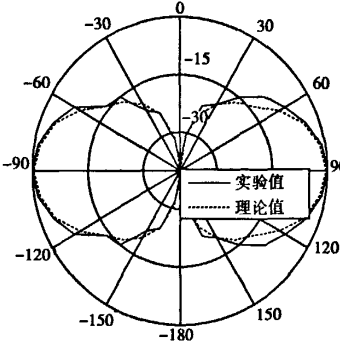
(d)85MHz 的水平面方向图

图 6

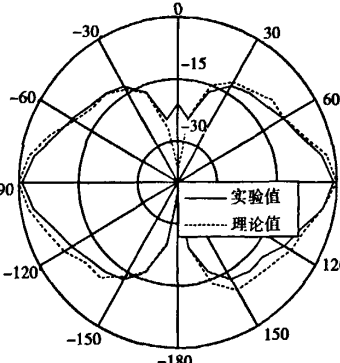
在不对称,但由于两鞭间距相对波长而言较小,天线水平方向图仍近似为圆,不圆度随频率升高而增大,但不圆度始终小于 1 dB。天线的垂直面方向图随频率升高出现副瓣,理论值与试验结果基本吻合。



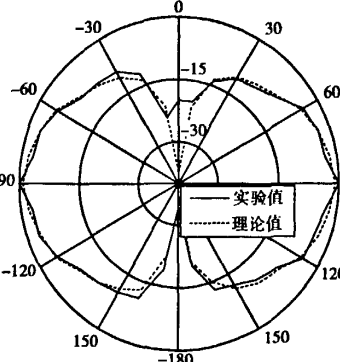
(a)30MHz 的垂直面方向图



(b)50MHz 的垂直面方向图



(c)70MHz 的垂直面方向图



(d)85MHz 的垂直面方向图

图 7

### 3 结 论

介绍了一种新型的超短波宽带双鞭天线,通过实际测试结果和仿真结果比较,天线具有良好性能,该天线可广泛用于车载或舰载通信中。

#### 参考文献

- [1] 徐 良,韩香娥,刘其中,等. 旋转对称体宽带天线的研究[J]. 电子学报,1997,25(12):108-111.  
XU Liang, HAN Xiang, LIU Qizhong, et al. Study of broad-band characteristics of rotationally symmetric antennas[J]. Acta Electronica Sinica, 1997, 25(12): 108-111. (in Chinese)
- [2] 周 斌,刘其中,纪奕才,等. 超短波宽带双鞭天线的研究[J]. 电波科学学报,2005,20(1):115-118.  
ZHOU Bin, LIU Qizhong, JI Yicai, et al. Analysis of broadband twin whip antennas in very high frequency [J]. Chinese Journal of Radio Science, 2005, 20(1), 115-118. (in Chinese)
- [3] CHEN W K. Theory and Design of Broadband Matching Networks[M]. Great Britain:Elsevier,1976.
- [4] ROCKAWAY J W. Interactive Computer Aid for Design of Broadband Antenna Matching Networks[R]. NELC Technical Note TN2733,1974.
- [5] SELEEM D J, MATCH S. A Computer program for the Design and Optimization of Broadband Matching Networks [ R ]. NUSC. Technical Memorandum 851154. 1985.

- [6] 徐 良,朱红星,毛乃红. 一种新型舰用短波宽带天线[J]. 电波科学学报,1998,13(1):74-78.

XU Liang, ZHU Hongxing, MAO Naihong. A new type or broadband HF shipboard antenna[J]. Chinese Journal of Radio Science, 1998,13(1):74-78. (in Chinese)



徐 良 (1965—),男,江苏人,分别于1986年和1988年获原西北电讯工程学院学士和硕士学位,1997年获西安交通大学博士学位。现在西安电子科技大学任教。主要从事宽频带天线的设计和分形天线的研究。



赵东贺 (1984—)男,河北人,现为西安电子科技大学理学院研究生,主要研究方向宽频带天线设计和研究。



王 毅 (1978—),男,陕西人,现为西安电子科技大学理学院研究生,主要研究方向宽频带天线设计和研究。

## 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>