

文章编号:1008-8652(2005)04-037-002

# 小型化平面单极子天线研究

李绪平 史小卫 郑会利

(西安电子科技大学 西安 710071)

**【摘要】** 研究一种新型的全向电小天线。在平面单极子天线的末端采用蛇形结构,并在适当的位置加载,将大大减小天线尺寸,扩展阻抗带宽。所设计的天线在30—400MHz频带内 $VSWR < 2.5$ ,阻抗带宽达到1:13,天线高度仅有0.4m,适用于移动载体多频段通信系统。设计过程中使用了基于有限元法的HFSS电磁仿真软件,计算结果与实测数据吻合得较好,表明电磁场数值仿真技术在加载天线设计中的可行性。

**关键词:** 小型化;平面单极子;加载天线中图分类号:TN 821<sup>+</sup>.3 文献标识码:A

## Study on a Wideband Small-sized Planar Monopole Antenna

Li Xuping Shi Xiaowei Zheng Huili

(Xidian University Xi'an 710071)

**Abstract:** A new omni-directional small-sized antenna is studied. Using snake structure at the end of the planar monopole and adding load at proper position can decrease the size greatly and broaden the impedance bandwidth. It achieves 1:13 impedance bandwidth within 30 to 400MHz frequency band (with  $VSWR < 2.5$ ). The antenna is only 0.4m in height. The design will be used for mobile and multi-frequency band communication system. During the process of the design, the HFSS EM simulation software is used, which is based on the finite element method. The calculated results are similar to the measured. It indicates that EM simulation technology is practicable for the design of loading antennas.

**Keywords:** small-sized; planar monopole; loading antenna

## 1 引言

随着电子技术的发展,特别是跳扩频技术和移动通信的大规模使用,对天线的宽频带和小型化提出越来越高的要求。近年来,平面单极子天线以其重量轻、全向特性好、成本低廉等优点得到广泛应用。矩形平面单极子天线阻抗带宽大,辐射方向图在阻抗带宽内变化不大,几何形状简单,是一种性能良好的全向天线<sup>[1]</sup>。但是,传统的平面单极子天线高度大约为工作频段波长的1/4,当频率较低时,天线过高,不利于在移动通信载体上使用。本文提出一种新型的矩形平面单极子天线,其上端变形为蛇形结构(如图1),并在适当位置加载,这将大幅度降低天线高度,并且进一步扩展阻抗带宽,使之在设计要求的30—400MHz频带内,满足 $VSWR < 2.5$ ,增益大于-32dB,天线高度小于0.4m的电气特性和结构尺寸要

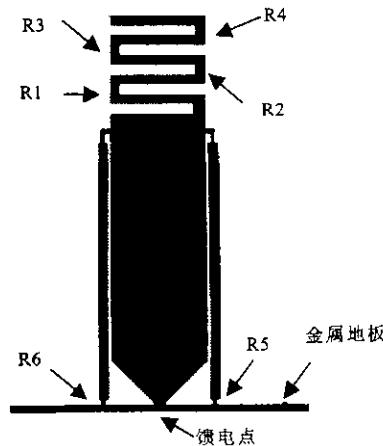


图1 天线结构图

求。用一部天线覆盖了原来两部天线的频段，并且达到使用要求，大大提高了移动设备的空间使用效率。

## 2 设计思想

未加载的振子天线可看作一段终端开路的传输线，沿线电流呈驻波分布，其输入阻抗会随频率剧烈变化。在天线适当位置加载，可改善天线中的电流分布，使之尽可能接近行波状态，从而展宽工作频带。分布式加载天线是利用在天线表面涂敷厚度渐变的电阻层的方法，做成渐变电阻加载天线。对于线天线加载的电阻应满足规律<sup>[2]</sup>。

$$Z(z) = \frac{60\varphi}{L - |z|} (\Omega/m) \quad (1)$$

式中  $L$  为天线长度， $z$  是以馈电点为原点的天线上任一点的坐标， $\varphi$  是比例因子

$$|\varphi| = 2\ln \frac{2L}{a} - 3 \quad (2)$$

其中  $a$  是线天线的半径。

本文介绍的宽频带天线是在平面单极子天线的末端采用蛇形结构，线宽 1cm，这样一方面在天线高度不变的情况下增加了有效电长度，便于天线工作在较低频段时有良好的驻波特性，另一方面有利于加载元件的引入。对于这种结构的天线，加载的电阻阻值没有现成的公式可循，仿照线天线电阻加载的公式(1)，阻值应从馈电点到天线末端逐渐增大。由于分布式加载加工困难，这里采用分段集中加载来近似，可取得相似的效果。电阻值是在公式(1)的基础上，利用 Ansoft 公司的电磁仿真软件 HFSS 优化得到的。R1=100Ω, R2=200Ω, R3=500Ω, R4=2200Ω，实测数据与仿真结果吻合。

天线两侧分别接电阻 R5 和 R6 后与地相连，其目的是将一部分反射波直接导入金属地板，进一步减少反射波对天线阻抗特性的影响。R5=R6=200Ω，阻值的选择考虑到对天线阻抗特性和辐射效率两方面的影响。使用同轴线将 R5 和 R6 与地相连，其内导体的上端在距地 28cm 处与天线平面连接，此处离馈电点较远，这是为了使天线效率不至于过低，保证天线具有一定的增益。内导体的下端在焊接电阻后与金属地板相连。同轴线的外导体悬空，目的是屏蔽内导体上反向电流的辐射，减少对天线方向图全向特性的影响。

实际设计中天线馈电点采用三角形渐变结构，能进一步展宽阻抗带宽<sup>[3]</sup>。

## 3 仿真计算及实测结果

在天线的设计过程中，应用了 Ansoft 公司的 HFSS (High-frequency structure simulator 8.0) 电磁仿真软件，HFSS 基于有限元法，能够较为精确的计算各种结构的天线，并给出扫描范围内各频点的辐射方向图和端口参数，极大的提高了设计天线的效率。图 2 比较了上文介绍的加载天线 VSWR 的仿真和实测结果。虽然仿真结果与实测值相比有少量偏差，但对于大多数情况下的工程设计是可以接受的。这显示出 HFSS 在仿真计算集总电阻加载天线方面的可行性。

图 3 给出了用 HFSS 仿真的 30MHz 和 200MHz 两个频点的水平面增益方向图。由于是电阻加载，而且是电小天线，所以在频率较低时增益不高，增益会随频率的提高而增加，表 1 列举了一些频点的增益。

## 4 结论

本文研究了低轮廓加载宽带平面单极子天线，利用优化设计方法研究了该天线的加载特性。设计出一部

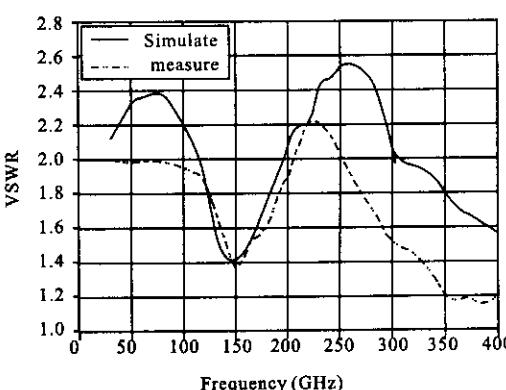


图 2 仿真与实测天线驻波比

时间。时隙之间有相位突变,OLT 必须能在很短的时间(几个 bits)内实现相位同步。在传送帧结构中加入同步保护字,OLT 接收机迅速恢复从不同节点传来的每个突发信号的正确时钟,在上行信元到达 OLT 的前几个 bits 内实现快速突发比特同步。为了使 OLT 能正确的接收各个ONU 传来的突发数据,要求 OLT 能够迅速恢复出接收到的数据的时钟信号,从而实现比特同步和帧同步,实现正确的数据接收。

## 6 结束语

本文对设计的一套点对多点的传输系统进行了介绍,由于采用高性能的光收发组件模块和优化设计的电路结构,本系统能够实现高性能、高可靠的信号传输。系统体积小,重量轻,低功耗,低成本。

### 参考文献:

- [1] 王延尧等. 光通信设备基础[M]. 天津:天津科学技术出版社;1992.
- [2] 宋玉娥、邱琪、阳树宗. 高速数字光纤传输系统研究[J]. 电子科技大学学报,2000(8).
- [3] 陈建松、王华民. 通用雷达信号数字光纤传输系统[J]. 空军雷达学院学报,2001(6).
- [4] 孟凡秋. 雷达信号光纤传输系统[J]. 光通信研究,1999(5).
- [5] 高学民. 光纤技术在雷达中的应用[J]. 光纤与光缆及其应用技术,1994(1).
- [6] 曾晓波、秦志辉、原荣. ATM—PON 上行突发同步设计与实现[J]. 光通信技术,2002(4).

(上接第 38 页)

新型的电小全向天线。在 30MHz—400MHz 范围内,天线的 VSWR<2.5, 天线的高度小于 40cm,很好的解决了移动载体宽频段通信天线尺寸过大的问题。利用 Ansoft 中 HFSS 进行仿真,并与实测 VSWR 相比较,验证了 HFSS 在仿真集总参数加载天线方面的可行性。此天线由于电尺寸小,且加载了有耗元件电阻,所以在频率较低时增益不高。但是考虑到低频电磁波空间传输损耗小,此电小天线的增益在工作频段内满足工程需要。

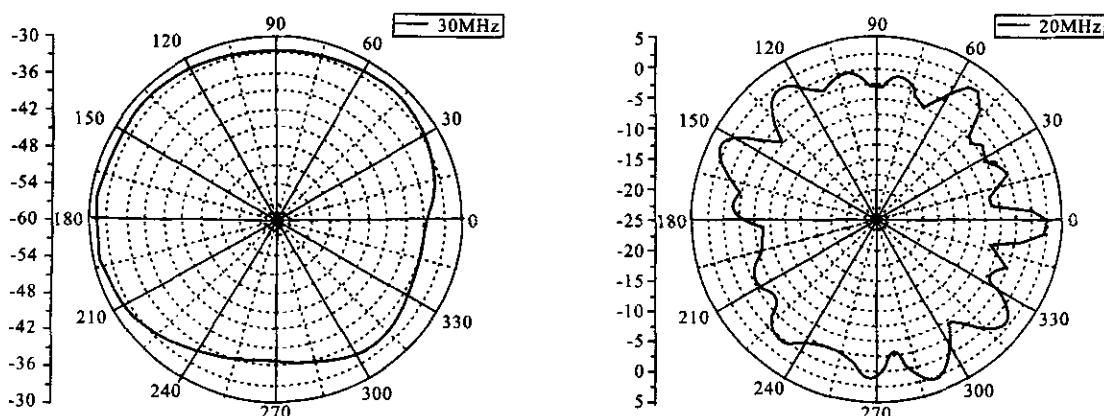


图 3 仿真的天线水平面方向图

表 1 仿真的不同频率对应的增益值

频率(MHz)	30	60	100	150	200	250	300	350	400
增益(dBi)	-32	-21.5	-10.4	-1	3	3	3	5	5

### 参考文献:

- [1] M. J. Ammann. Impedance bandwidth of the square planar monopole[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2000, 24(3).
- [2] 王元坤,李玉权. 线天线的宽频带技术[M]. 西安. 西安电子科技大学出版社,1995.
- [3] [美] John D. Kraus and Ronald J. Marhefka 著,张文勋译. 天线[M]. 北京:电子工业出版社,2004.

## 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>