

# 双频水平极化全向天线设计

张翔, 潘锦

(电子科技大学 电子工程学院, 四川 成都 611731)

**摘要** 分析并设计了一种双频水平极化全向天线, 该天线采用印刷偶极子组阵形式实现全向辐射性能, 采用双辐射臂形式以及梯形渐变线馈电, 实现在 2.4~2.5 GHz 和 5.1~5.9 GHz 上回波损耗低于 -10 dB 的双频特性。低频增益 1.2 dB, 不圆度为 0.2 dB; 高频增益 2.4 dB, 不圆度为 2 dB。该天线结构简单, 拥有良好的全向性。

**关键词** 水平极化; 全向天线; 双频

中图分类号 TN821<sup>+</sup>.1 文献标识码 A 文章编号 1007-7820(2014)05-059-03

## Design of a Dual-band Omni-directional Antenna with Horizontal Polarization

ZHANG Xiang, PAN Jin

(School of Electronic Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China)

**Abstract** This paper analyzes a dual-band omni-directional antenna with horizontal polarization. A group of printed dipole antenna is used for omni-directional radiation. Double radiation arm and trapezoidal feed line are used to realize dual-band in 2.4~2.5 GHz and 5.1~5.9 GHz with return loss of generally less than -10 dB. The gain in low frequency is 1.2 dB, and its un-roundness is 0.2 dB. The gain in high frequency is 2.4 dB, and its un-roundness is 2 dB. The antenna has simple structure and good omnidirectionality.

**Keywords** horizontal polarization; omni-directional antenna; dual-band

在现代无线通讯中, 全向天线发挥着重要作用。工程应用中所指的全向天线是能在水平面内实现全向均匀辐射的天线, 广泛应用于点对多点通讯、广播、数据传输和组建无线扩频网等领域。按极化方向来分, 全向天线有垂直极化全向天线、水平极化全向天线以及圆极化全向天线。垂直极化全向天线易于实现并已得到广泛的工程应用, 典型的垂直极化全向天线为单极子天线。然而随着电子技术的发展, 人们对通信质量的要求越来越高。天线系统通常要工作在复杂的移动传播环境下, 电磁波在信道传播时会受到多方面的衰落。高增益全向天线、分集天线技术是改善通讯质量的有效方法<sup>[1]</sup>。由于极化分级在通信中的日渐重要性, 水平极化全向天线的开发也变得重要起来。

偶极子天线是一种常用的天线类型, 它既可以作为单独的天线使用, 也可以通过组阵的方式应用, 也常用于大型口径天线的馈源。当前报道的全向辐射性能较好的水平极化全向天线多是以偶极子为单元进行组阵, 从而模仿均匀电流环来实现全向辐射<sup>[2]</sup>。然而已有的天线设计或者为了宽阻抗带宽而采取了复杂的天

线形式和复杂的馈电线路, 或者形式上简单却带宽较窄并且增益很低<sup>[3-5]</sup>。

本文在沿用偶极子天线组阵形式基础上, 每个单元通过采用高低频两副辐射臂以及渐变微带线馈电, 实现了天线工作在低频 2.4~2.5 GHz 以及高频的双频 5.1~5.9 GHz 特性。该天线结构简单, 易于制作。

### 1 天线设计

#### 1.1 天线结构及原理

天线结构如图 1 所示, 天线被制作在厚度为 1.6 mm, 半径 50 mm, 介电常数为 4.4, 损耗角正切为 0.02 的 FR4 介质基板上。辐射部分采用异面结构的双频偶极子单元组阵而成, 图 1(a) 及图 1(b) 分别为天线正反面敷铜部分形状。馈电采用阻抗为 50 Ω 的同轴电缆, 馈电点位于天线几何中心的位置。

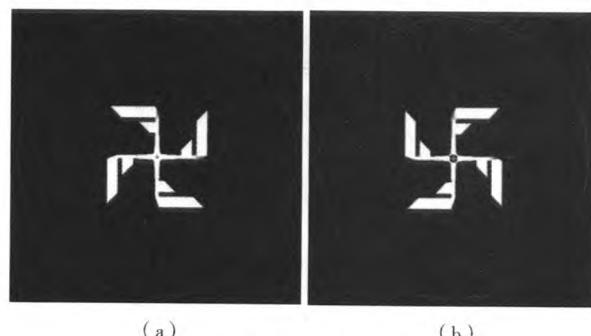


图 1 天线正反面结构

收稿日期: 2013-11-05

作者简介: 张翔(1990—), 男, 硕士研究生。研究方向: 天线理论与技术。E-mail: 932764217@qq.com。潘锦(1962—), 男, 教授, 博士生导师。研究方向: 非均匀介质中的场与波, 时域宽带电磁探测系统, 瞬时宽带天线理论与技术等。

由天线理论可知,为实现天线在 2.4~2.5 GHz 和 5.1~5.9 GHz 的双频辐射,必须使天线在这两个频段处分别有谐振点。本文采用平面印刷偶极子作为辐射单元,每个偶极子单元由一副低频辐射臂和一副高频辐射臂组成,两副偶极子辐射臂串联馈电。对于不同频率偶极子单臂的臂长分别为各自对应波长的 1/4,即采用半波偶极子。其一臂的长度由下式决定<sup>[6]</sup>

$$L = \frac{\lambda_0}{4\sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

其中,  $\lambda_0$  为自由空间波长;  $\epsilon_r$  为等效相对介电常数, 其数值介于空气介电常数与介质基板介电常数之间。

为实现天线的全向辐射, 将 4 个双频偶极子单元组成圆阵, 每一个单元的辐射波瓣覆盖一个方向, 从而形成全向辐射的方向图。由于天线采用 50 Ω 同轴电缆馈电, 而在等效电路中 4 个单元相当于并联结构, 所以每个单元在输入端口处的阻抗需要变换到 200 Ω。由于单元中的两个偶极子串联馈电, 其端口的输入阻抗为两个偶极子各自辐射阻抗之和, 同时还需计入它们之间连接传输线引入的电感以及两辐射部分之间产生的寄生电容的影响。为使天线频带尽可能的宽而又避免复杂的馈电网络, 设计采用了梯形渐变的带状线进行阻抗变换。为避免由在弯曲段和天线臂末端的不连续性引入的寄生电抗而造成的天线性能恶化, 在天线的相应不连续处采取了削角的办法来补偿这种不连续性<sup>[7-9]</sup>。

## 1.2 天线仿真结果分析

采用美国 Ansoft 公司的三维电磁仿真软件 HFSS13.0 建立天线模型来进行仿真, 如图 2 所示。优化得到的天线参数为: 天线厚度为 1.6 mm, 低频偶极子一臂长度为 16.2 mm, 宽度为 4 mm; 高频偶极子一臂长度为 6 mm, 宽度为 4 mm; 馈电线宽度从输入端口的 2 mm 渐变到天线处的 1.5 mm。

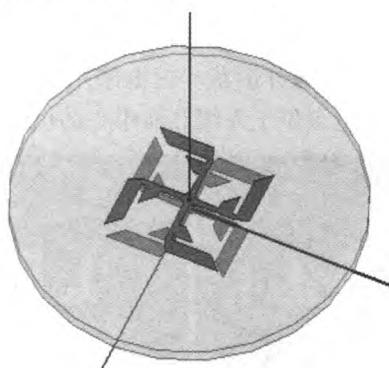


图 2 HFSS 中的天线模型

优化后的天线  $S_{11}$  结果如图 3 所示。从曲线中可以看到, 该天线具有良好的双频特性, 2.4~2.5 GHz

和 5.1~5.9 GHz 频段上的回波损耗都低于 -10 dB。

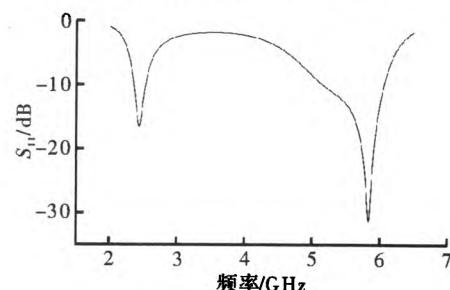


图 3 优化后的天线回波损耗

图 4 为天线分别在 2.4 GHz 和 5.6 GHz 的 E 面及 H 面方向图, 天线的 E 面在水平面上, 即平行于天线所在平面, H 面垂直于天线所在平面。

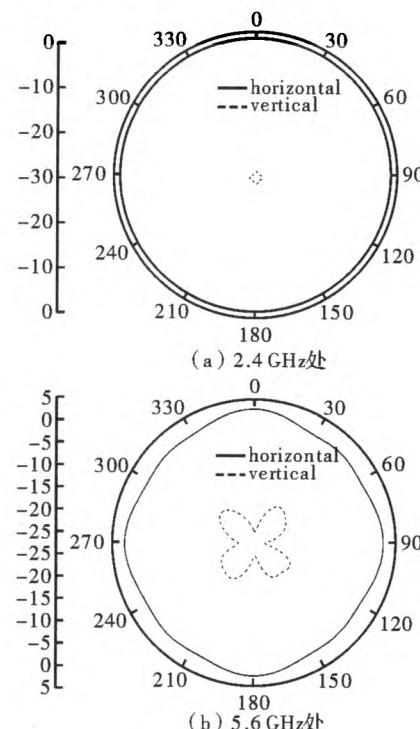


图 4 天线方向图

图 4(a) 为天线在 2.4 GHz 处的 E 面及 H 面方向图, 可看到在 2.4 GHz 处天线有较好的全向性, 最大增益为 1.2 dB, 不圆度为 0.2 dB, 交叉极化隔离度 > 28 dB。图 4(b) 为天线在 5.6 GHz 处的 E 及 H 面方向图, 可以看到在 5.6 GHz 处天线全向性起伏仍然较小, 最大增益为 2.4 dB, 不圆度为 2 dB, 交叉极化隔离度 > 20 dB。从方向图可以看出, 该天线在两个频段上都具有良好的水平极化全向性能。

## 2 实测结果与误差分析

根据以上仿真数据制作的天线实物正反面如图 5 所示。

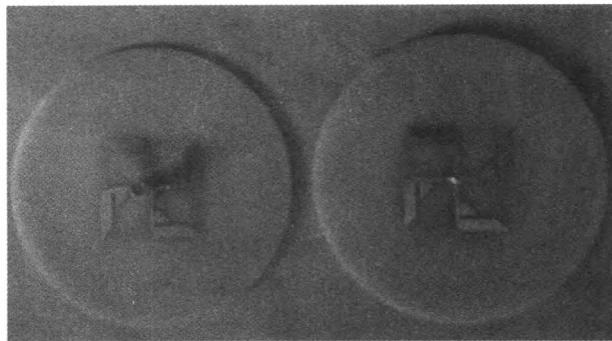


图 5 天线实物

图 6 所示为采用安捷伦矢量网络分析仪测得的天线回波损耗曲线。由该曲线可看出,天线在 2.4 ~ 2.5 GHz 和 5.1 ~ 5.9 GHz 的频段具有良好的双频特性。但与仿真所得回波损耗曲线在高频处具有明显的差异。产生误差的原因在于:(1)由于天线加工具有一定的不精确且 FR4 介质基板的介电常数并不准确。(2)在实际测试时在天线的馈电端口处焊接了 50 Ω 同轴接头,而在仿真时则未考虑在内,从而在一定程度上造成仿真与实测曲线的差异。(3)实测的环境也并非软件仿真中的理想的辐射边界。

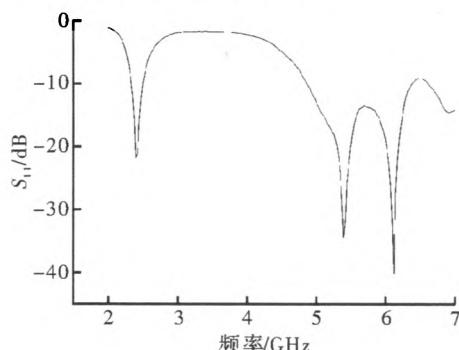


图 6 天线实测回波损耗

### 3 结束语

本文利用偶极子组阵的形式设计了一个工作在 2.4 ~ 2.5 GHz 和 5.1 ~ 5.9 GHz 的双频水平极化全向天线。该天线结构简单,制作成本低,并具有良好的双频全向辐射性能。

### 参考文献

- [1] 李硕. 水平极化全向(高增益)通讯天线的设计和研究 [D]. 成都:电子科技大学,2007.
- [2] JOHN D K. 天线 [M]. 3 版. 北京:电子工业出版社,2011.
- [3] 冯祖建,张立新,孙绍国. 水平极化全向天线的设计 [J]. 微波学报,2008,24(6):60~63.
- [4] 马天鸣,杨魁,袁晓兵. 印刷偶极子天线实现全向辐射的一种设计方法 [J]. 微波学报,2010,26(6):46~50.
- [5] 张国光. 一种平面结构的宽带水平极化全向天线 [J]. 大众科技,2012,14(4):35~37.
- [6] 谢处方,邱文杰. 天线原理与设计 [M]. 西安:西北电讯工程学院出版社,1985.
- [7] DAVID M P. 微波工程 [M]. 3 版. 北京:电子工业出版社,2010.
- [8] 董胜,赵宪臣,张长慧. 一种高增益并行激励全向天线设计 [J]. 电子设计工程,2012,20(6):74~75,82.
- [9] 郑琨,王英民,曲少春. 波导缝隙全向天线设计与仿真 [J]. 计算机仿真,2010,27(8):316~319,324.

欢 迎 投 稿

029 - 88202440

[www.dianzikeji.org](http://www.dianzikeji.org)

欢 迎 刊 登 广 告

请 访 问: [www.dianzikeji.org](http://www.dianzikeji.org)

联 系 电 话: 029 - 88202440

E-mail: [dzkj@mail.xidian.edu.cn](mailto:dzkj@mail.xidian.edu.cn)

传 真: 029 - 88202440

## 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>