

对角反相探针馈电贴片天线研究

刘锡国¹, 何山红², 刘敏³, 王红星¹

(1. 海军航空工程学院, 烟台 264001; 2. FinGu 电子技术研发中心, 武汉 430074;
3. 空军工程大学, 西安 710077)

摘要:在传统L形探针耦合馈电贴片天线的基础上进行了改进,采用了探针对角反相馈电技术构成了宽带、双极化贴片天线。采用基于有限元法的数值仿真方法对对角反相探针耦合馈电天线进行了研究,给出了实测结果。该天线适合作为通信基站阵列天线、智能天线及机载\舰载相控阵天线阵列阵元。

关键词:双极化;探针馈电天线;高隔离;反相双馈技术

中图分类号:TN821

文献标识码:A

文章编号:CN32-1413(2006)06-0070-04

Study of Probe Feeder Patch Antenna Using Dagonal Anti-phase Technique

LIU Xi-guo¹, HE Shan-hong², LIU Min³, WANG Hong-xing¹

(1. Naval Aeronautical Engineering Academy, Yantai 264001, China;
2. R&D Center of FinGu Co., Wuhan 430074, China; 3. AFEU, Xi'an 710077, China)

Abstract: In this paper, an improved L shape probe fed antenna with dual polarization is proposed and developed based on conventional ones. The anti-phase & dual-feed technique is employed in order to enhance the port isolation and the gain level. The characters of the antenna are experimentally studied and presented. The experimental results are also presented. The antenna can be used as elements of base station array antenna, smart antenna and space borne or ship borne phase array.

Key words: dual-polarized; probe feeder antenna; high port isolation; anti-phase & dual-feed technique

0 引言

随着无线技术的发展,对天线的要求也越来越高。宽频带、双极化、高隔离、低剖面、小尺寸等特性已成为通信阵列天线及智能天线的基本要求。近年来,L形探针耦合馈电天线已成为研究热点。这种天线的主要优点是结构紧凑、剖面低、辐射效率高、带宽较宽,适合用作阵列单元。但是传统的L形探针馈电天线在实现双线极化时尺寸较大、端口隔离度很低,往往需要结合其它手段才能降低极化隔离度,增加了天线的复杂性和不可靠性,一般只作为单极化天线单元使

用。本文在传统L形探针馈电天线的基础上进行了改进,将对角反相馈电技术应用于探针耦合贴片天线,克服了此类天线固有的缺点。该天线采用两对L形探针在方形辐射贴片对角线方向上反相耦合馈电,在减小天线尺寸的基础上提高了天线的端口隔离度,使天线方向图更加规则、对称,并提高了天线增益。

1 天线设计方案及结构

采用L形探针馈电结构实现双极化的常见结构是采用两支探针分别在天线的两个极化方向进行激励。本文的反相双馈天线是将天线每

一极化方向上的激励探针由一个变为两个,两个探针物理位置上相对辐射贴片轴线对称分布,两个探针激励的信号等幅反相。为了进一步减小天线所占空间,将贴片绕中心旋转45°。单馈与对角双馈两种天线的结构如图1所示。

根据模展开理论,微带贴片天线的输入阻抗可表示为对应于各模的并联谐振电路阻抗之和。L形探针耦合贴片天线可看作介质为空气的微带天线,因此可以将探针馈电贴片天线看作由馈电激励单元和辐射单元构成的系统。探针垂直部分可等效为一个电感,水平部分等效为一个电容,辐射贴片可看作一并联GLC谐振回路,探针与辐射贴片通过耦合相互作用。双馈探针耦合贴片天线的传输线等效集总电路模型如图1(b)所示。

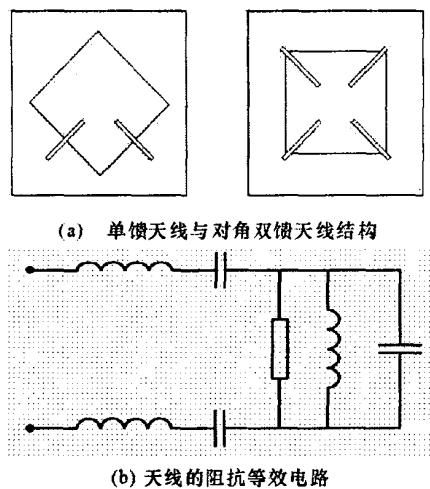


图1 天线单元馈电结构及集总电路

天线由反射板、探针以及敷铜贴片构成,由探针通过电磁耦合对金属贴片进行馈电。贴片采用正方形对称结构,探针沿正方形对角线方向朝中心延伸,同一对角线上的两个探针由同一端口等幅反相馈电。该天线辐射贴片的等效辐射长度为贴片对角线长度,根据矩形贴片天线的等效辐射长度和探针耦合馈电天线的相关工程经验知,贴片的基本尺寸由 $W \times \sqrt{2} \cong \frac{\lambda_0}{2} = \frac{C}{2f_0}$ 确定,其中 W 为大贴片边长, λ_0 为天线的中心频率。为了形成定向辐射,大贴片距反射板的距离约为 $0.1 \sim 0.2\lambda_0$ 。

2 天线主要特性的仿真及实验研究

有文献对传统的探针耦合馈电天线的阻抗特性进行了深入研究,由结果知单馈天线的输入阻抗主要取决于探针位置、长度以及辐射板离地平面的距离等,且很敏感。由此判断,本文提出的双馈天线对这些参数也较为敏感。在此以中心频率为1.9 GHz的天线为例对天线的输入阻抗特性进行了研究。对天线的数值分析采用基于有限元法的高频电磁结构仿真软件HFSS9.0完成。论文以探针垂直部分高度、长度、正方形敷铜贴片边长、距反射板的高度等尺寸参数为变量,对天线的回波损耗进行了数值仿真。为了使性能波动不是太大,以上尺寸都限制在一个较小的范围内。图2为天线回波损耗随频率变化的曲线。从中看出:

(1) 探针对天线回波损耗影响很大。探针垂直部分高度 h_1 是一个敏感参数, h_1 有较小变化都会导致天线回波损耗变化很大,随着 $h_1(\lambda_0)$ 为 中心频率1.9 GHz的增大(从 $0.032 \sim 0.044\lambda_0$),天线的工作频段($S_{11} < -10$ dB)向低端移动。

(2) 探针水平部分长度 a 及探针与贴片的相对位置 d 主要影响天线的谐振程度,当 a 为 $0.1\lambda_0$ 左右、 d 为 0 时,天线的谐振程度较高。作为谐振主体的贴片的大小会影响天线的谐振程度,贴片尺寸过小会造成天线不能良好辐射及谐振频率的偏移,贴片有效辐射长度 \bar{W} (在此天线中相当于对角线长度 $\sqrt{2}W$)为 $\lambda_0/2$ 左右时能良好辐射。贴片距反射板的高度 h_2 对辐射性能影响较小。

(3) 反射板尺寸对天线回波损耗的影响很小,选取反射板尺寸为 $0.75\lambda_0$ 、 λ_0 、 $1.5\lambda_0$ 、 $2\lambda_0$ 时天线的回波损耗几乎没有变化。

最后要指出,几个主要尺寸参数对天线阻抗特性的影响不是孤立的,探针水平部分与垂直部分的长度、探针高度与贴片高度、探针位置与贴片大小等参数都是相互联系的,几个参数同时调整才能使天线有更好的辐射性能。

由仿真结果得到的具有最佳阻抗特性时天

线的尺寸为: $W=52 \text{ mm}$ ($0.33\lambda_0$), $h_1=6.5 \text{ mm}$ ($0.041\lambda_0$), $h_2=26 \text{ mm}$ ($0.165\lambda_0$), $a=24 \text{ mm}$ ($0.152\lambda_0$), $W_0=120 \text{ mm}$ ($0.76\lambda_0$), $d=0$, $H=0$ 。依照该尺寸制作了样品并进行了实际测试。为了测试天线的端口隔离, 采用两个天线单元构成了一个两单元阵列, 两单元中心的间距为 120 mm ($0.76\lambda_0$)。反射板尺寸为 $120 \text{ mm} \times 240 \text{ mm}$ 。作为对比, 对单馈探针耦合天线也进行了仿真和实测, 两阵列天线只是馈电结构不一致。对天线 S 参数的测量采用 HP8510D 矢量网络分析仪在微波暗室中进行。对天线的方向图也进行了仿真研究。

图 3 为经过调试的二单元阵的电压驻波比及端口隔离度与频率关系的实测曲线。由图可

知, 双馈天线与双馈天线的相对带宽分别为 47.1% ($S_{11} < -10 \text{ dB}$)、 43.7% ($S_{11} < -20 \text{ dB}$) 和 36.4% ($S_{11} < -10 \text{ dB}$)、 26.8% ($S_{11} < -20 \text{ dB}$) , 前者较后者要宽。这与反相微带电路的阻抗特性有一定的关系, 通过对微带功分器的调整会有进一步的改善。由隔离度曲线可知, 单馈天线隔离度很差, 在整个工作频带内最佳值为 -25 dB , 整体在 -20 dB 以上, 很难满足对隔离度要求较高的极化分集系统的要求。采用对角反相双馈技术可使天线两个端口的隔离度改善 $15\sim20 \text{ dB}$, 若在阵列中采用其他手段进一步提高隔离, 阵列的隔离性能会更好。因此, 对角反相双馈技术可以极大地改善该天线的端口隔离。

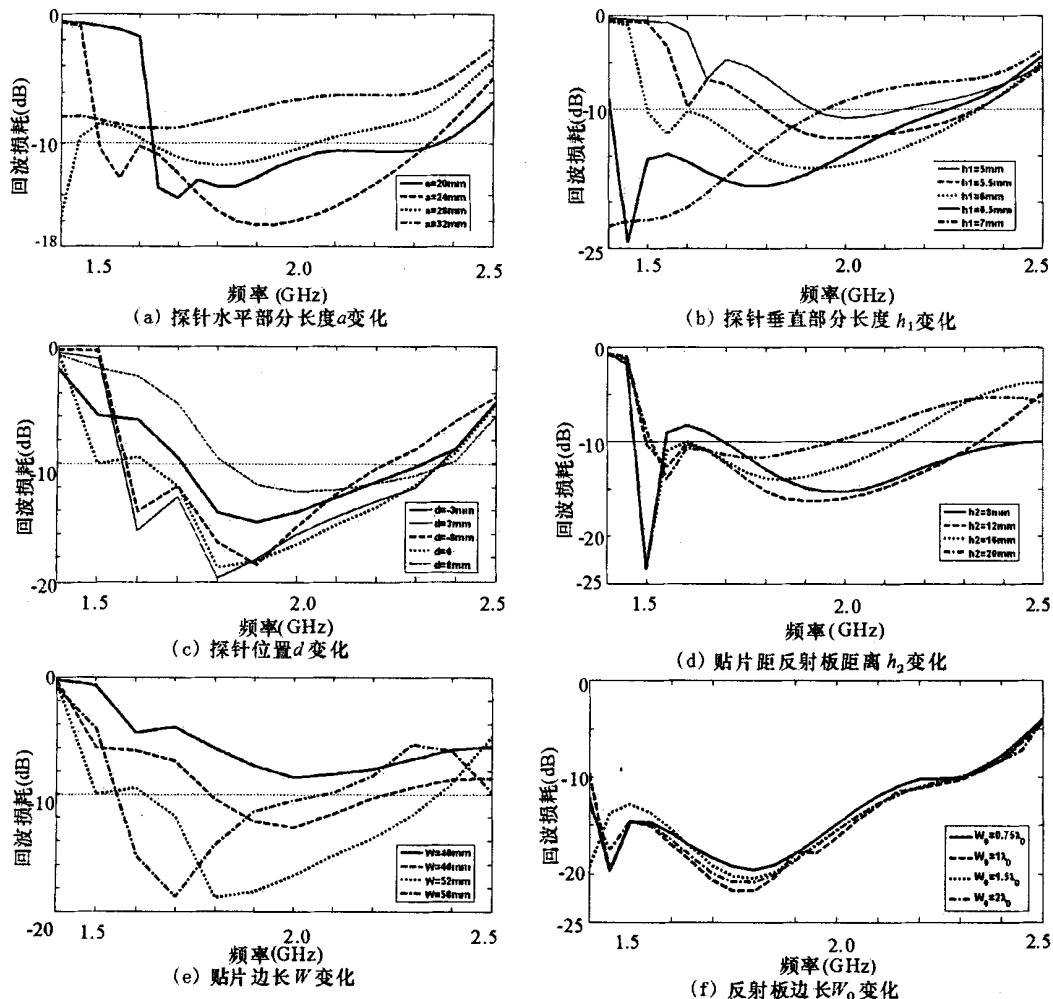


图 2 天线尺寸参数变化时阻抗特性随频率变化曲线

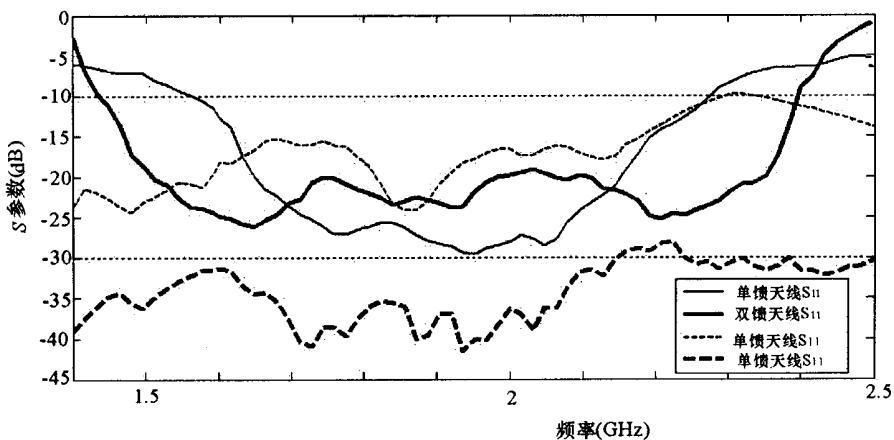


图3 实测的天线S参数曲线

由于是 $\pm 45^\circ$ 双极化天线,图4给出了两个天线在中心频率(1.9 GHz)的水平面归一化辐射方向图。可见常规单馈天线的辐射方向图不对称,发生了畸变;本文提出的双馈天线方向图沿最大辐射方向轴线呈对称分布,方向图规则。

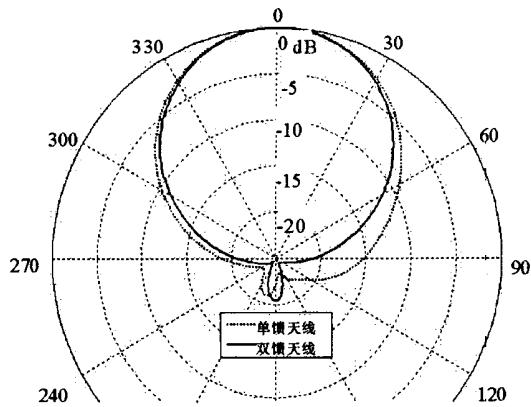


图4 仿真的天线水平面方向图

图5给出单馈、双馈天线的仿真增益曲线。

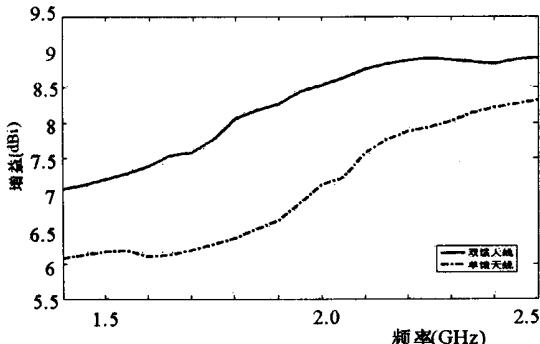


图5 天线增益曲线

由图6知,减掉双馈天线等幅反相馈网络的损耗,双馈天线的实际增益高于单馈天线约1.5 dBi,双馈贴片天线在整个工作频段内增益都超过7 dBi,增益较高,适合用做阵列单元。

3 结束语

综上所述,本文将对角反相双馈技术应用于L形探针馈电天线,有效克服了常规探针耦合馈电贴片双极化天线端口隔离度差的缺点,增强了天线方向图的对称性,提高了天线增益。该天线尺寸小、重量轻,剖面低、结构简单、成本低廉、制作方便,非常适合用做双极化通信基站阵列天线、智能天线及机载、舰载相控阵列天线的阵列单元。

参考文献

- [1] 蔡明娟,尹家贤,刘克诚.一种结构新型的双频双极化共口径微带天线[J].电波科学学报,2006(2):121-125.
- [2] Hang Wong, Ka-Leung Lau, Kwai-Man Luk. Design of dual-polarized L-probe patch antenna arrays with high isolation[J], IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2004, 52(1):45.
- [3] Mak C L, Luk K M, Senior, Lee K F, Chow Y L. Experimental study of a microstrip patch antenna with an L-shaped probe[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2000(5):777-783
- [4] 董玉良,田步宁,纪奕才.宽频带双层微带天线研究[J].微波学报,2002(3):43-45.

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>