

文章编号 1005-0388(2008)02-0340-04

# 一种用于卫星定位系统的 宽波束圆极化天线

张继龙<sup>1,2</sup>☆ 钱祖平<sup>2</sup> 卢春兰<sup>2</sup>

(1. 空军装备研究院, 北京 100085; 2. 解放军理工大学通信工程学院, 江苏 南京 210007)

**摘要** 在卫星通信、定位设备中, 为了迅速完成定位和通信功能, 一般要求天线具有较大的波瓣宽度和较好的低仰角增益。研究设计了一种具有良好低仰角增益的宽波束圆极化四臂螺旋天线, 该天线在上半空间的增益分布十分均匀, 10°仰角的增益相对峰值增益下降不超过 3dB。为了改善天线的轴比性能, 提出了一种 4 脚等幅、相位依次相差 90°馈电的天线方案, 仿真结果表明, 这种天线的增益特性和轴比特性都得到了较大的改善。

**关键词** 四臂螺旋天线; 圆极化; 轴比

中图分类号 TN011.4

文献标志码 A

## Analysis of circular polarization wide-beam antenna for satellite position system

ZHANG Ji-long<sup>1,2</sup> QIAN Zu-ping<sup>2</sup> LU Chun-lan<sup>2</sup>

(1. The Equipment Academy of the Air Force, Beijing 100085, China; 2. Communication  
Engineering Institute of Science Technology University PLA, Jiangsu Nanjing 210007, China)

**Abstract** The antenna used for satellite position and communication system usually needs a wide beam and a good gain performance at low elevation. A quadrifilar helix antenna with good radiation property is designed, and a scheme of feed source with the same four feed ports and the phase difference 90 degree between two ports is proposed. The simulation results show that the antenna has a good performance of axial ratio and gain pattern.

**Key words** quadrifilar helix antenna; circular-polarization; axial ratio

## 1 引言

近年来, 在军事和民用领域, 卫星导航、定位以及通信得到了广泛应用并起到了越来越重要的作用。为了快速捕捉到微弱的卫星信号, 一般要求天线具有很宽的波瓣宽度并能保持一定的低仰角增益, 特别是我国的卫星导航系统中, 由于卫星较少, 这个特性就显得尤为重要。C. C. Kilgus 在 1968 年提出的谐振式四臂螺旋天线<sup>[1]</sup>具有一些引人注目的

特点, 该天线通过选择适当的物理尺寸以及馈电方式可以形成不同的辐射方向图; 此外它还具有重量轻、尺寸小、不需要参考地的优点。由于四臂螺旋天线<sup>[1~5]</sup>具有一些优越的性能, 在卫星通信的终端设备中得到了广泛应用。

## 2 四臂螺旋天线

四臂螺旋天线结构如图 1 所示。它有 4 根旋臂和顶部的两根直臂, 每根旋臂的旋转角度一般为

90°。当采用底部馈电时,一般对其中相邻两个臂等幅,相位相差90°馈电。根据不同的圆极化特性要求,改变旋臂的旋向便可以得到左旋圆极化或右旋圆极化。一般而言,顶部的两根直臂对天线轴线+z方向的增益影响较大,4根旋臂则主要影响水平方向的增益。根据卫星通信的特点,要求天线的3 dB波瓣宽度为160°,圆极化轴比在3 dB波瓣宽度内不大于5 dB,工作带宽10 MHz,驻波比小于1.5。

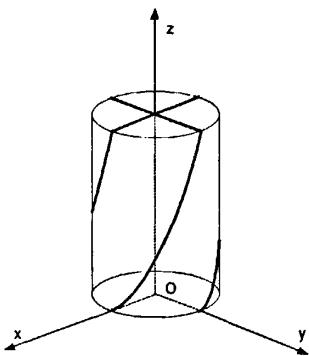


图1 四臂螺旋天线示意图

经过分析计算,我们选择螺旋半径  $r = 10$  mm,天线高度  $h = 43$  mm。此时10°仰角的增益相对峰值增益下降不超过3 dB,计算结果如图2。

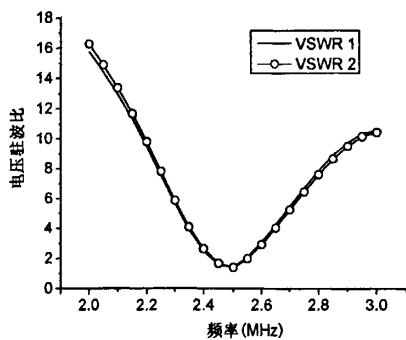


图2 天线驻波比随频率的变化

由上面计算结果可以看出天线的3 dB波瓣宽度约为土80°,3 dB轴比宽度为-55°~25°,其中轴比性能有待提高。

根据上面的分析,我们制作了天线实物,如图5。实测驻波比小于1.5,满足指标要求。实测方向图见图6。

该天线的增益特性能够满足性能指标,但是天线的轴比性能较差,实测的3 dB轴比仰角范围为-40°~30°。分析原因,应该是天线4个臂上的电

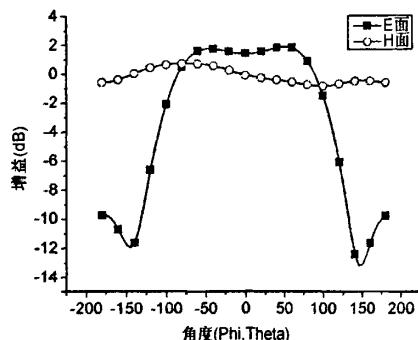


图3 天线的方向图

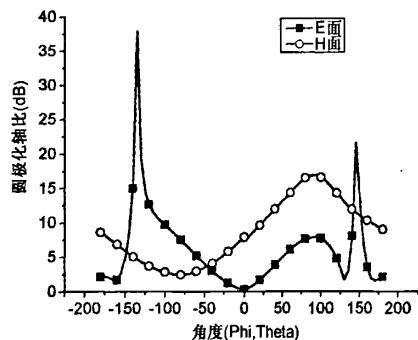


图4 天线的轴比

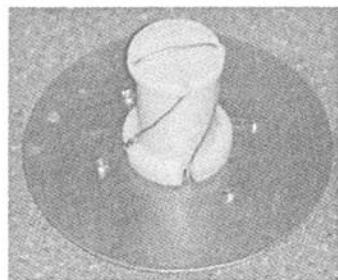


图5 四臂螺旋天线实物

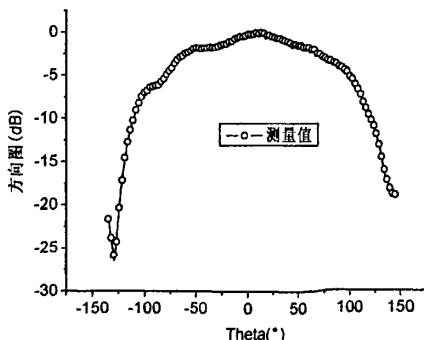


图6 实测天线E面方向图

流幅度分布不对称的因素影响较大。底部馈电时,由于只对4个旋臂中的两个进行馈电,能量一边沿旋臂传播,一边向空间辐射,能量的减弱必然导致4个臂上的电流幅度分布不对称。为此,我们提出在底部对4个旋臂都进行馈电,即相位依次相差90°的等幅四臂底馈方案。

### 3 四臂馈电方案

在底部对四个旋臂都进行等幅馈电,相位依次相差90°,则每个旋臂上的电流幅度分布应当是均匀的,并且四个旋臂上的电流也依次相差90°相位。

我们分析了螺旋半径  $r = 7.96$  mm,高度  $h = 41$  mm的四臂馈电螺旋天线,结果如下:

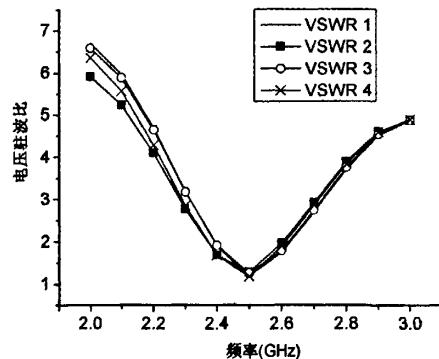


图7 四臂馈电螺旋天线的驻波比

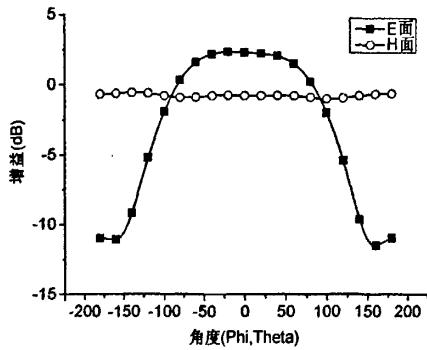


图8 四臂馈电螺旋天线的方向图

从上面的计算结果可以看出,采用四臂馈电的螺旋天线,驻波比能够满足要求,水平方向为全向天线,垂直方向天线的3 dB波瓣宽度为160°,10°仰角的增益下降不超过3 dB,且在整个波瓣范围内,增益变化不大。另一个重要参数圆极化轴比随方位角的变化不明显,在垂直方向3 dB波瓣宽度内其值不大于5 dB,能够很好的满足指标要求。

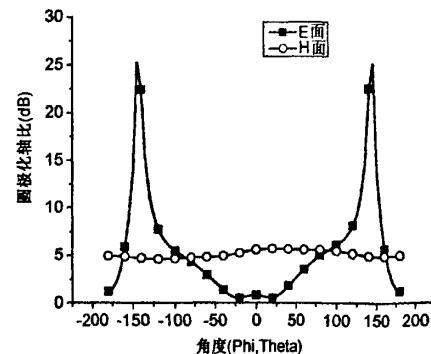


图9 四臂馈电螺旋天线的轴比

### 4 馈电电路的设计

四臂底馈螺旋天线需要一分四路、等幅相位依次相差90°的馈电电路,我们用微带电路来实现。图10为三个3 dB电桥组成的微带馈电电路的结构图,输入信号经过3个电桥后实现了等幅、相位依次相差90°的四路输出,并经过孔连接到背面的4个螺旋臂上。

此微带馈电电路较为复杂,我们对此馈电电路进行了仿真和优化,S参数的仿真结果见图11。由

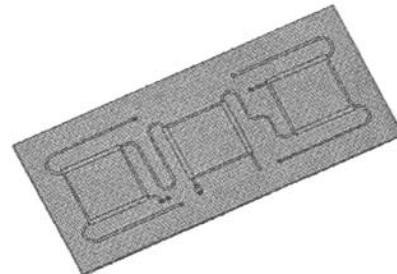


图10 馈电电路

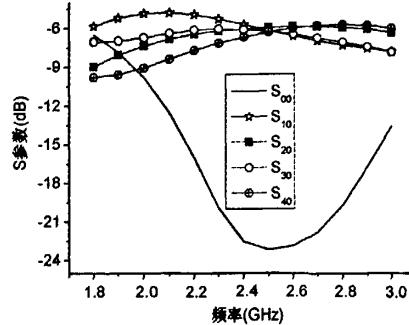


图11 馈电电路的S参数

仿真结果可以看出,在输出端口实现了一分四路的等幅输出,输出端口功率分配的差值不超过0.3 dB。

图12为输出端口的相位仿真结果,仿真结果表明,在四个输出端口间,相位依次相差 $90^\circ \pm 4^\circ$ 。

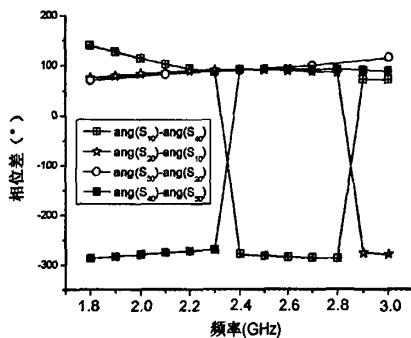


图12 喂电电路的相位

从上面的仿真结果可以看出,该馈电电路具有所需要的良好的幅度和相位特性,输出端口功率分配的差值不超过0.3 dB,相位依次相差 $90^\circ \pm 4^\circ$ ,能够很好满足等幅相差 $90^\circ$ 的馈电需求。

## 5 结论

通过对四臂螺旋天线的分析计算,设计制作了底端2臂馈电的实物天线,实测结果表明,除了圆极化轴比性能外,其它性能满足指标要求。为了改善天线的轴比性能,提出了底端四臂馈电的天线方案并分析研究了其馈电电路。分析表明,采用四臂馈电的螺旋天线,圆极化轴比性能得到提高,能够很好的满足指标要求。

## 参考文献

- [1] C C Killgus. Shaped-conical radiation pattern performance of the backfire quadrifilar helix[J]. IEEE Translation, 1975, 2(23): 392-397.
- [2] A T Adams, Rober K, C Lumjiak. The quadrifilar helix antenna[J]. IEEE Antenna and Propagation, 1974, 4 (44): 173-178.
- [3] J M Tranquilla, S R Best. A study of the quadrifilar helix antenna for global position system application [J]. IEEE Trans , 1990, 38: 1545-1550.
- [4] C Gerst and R A Worden. Helix antenna take turn for better[J]. Electronics, 1996, 2: 100-110.
- [5] 林敏,杨水根. 新型谐振式螺旋天线的设计[J]. 无线通信技术, 2000, (2): 42-45.



张继龙 (1976—),男,江苏人,博士后,解放军理工大学通信工程学院卫星系工程师。感兴趣的研究方向为微波技术与信号处理。



钱祖平 (1961—),男,江苏人,解放军理工大学通信工程学院卫星系教授,博士生导师,IEEE高级会员。从事微波技术、天线技术方面的教学与科研工作。



卢春兰 (1962—),女,陕西人,解放军理工大学通信工程学院卫星系副教授,硕士生导师。从事微波技术、天线技术方面的教学与科研工作。

## 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>