

# 多频双圆极化北斗天线设计

周 涛, 张 豪, 边 成, 李灏一

(四川九洲电器集团有限责任公司, 四川 绵阳 621050)

**摘要:** 设计了一款应用于北斗导航系统的新型小型化圆极化天线。天线采用多层次层叠结构设计辐射单元和馈电网络, 将 B3 频段、B1 频段、L 频段、S 频段集成为一个单元。上层天线采用单馈切角形式, 实现 S 波段的右旋圆极化, 中间层采用 3 dB 定向耦合器馈电分别实现 B1 和 L 的右旋和左旋圆极化, 底层采用威尔金森功分器双馈实现 B3 的圆极化, 天线尺寸仅 60 mm×60 mm×21.6 mm。仿真结果和实测结果指标均满足北斗导航系统对天线性能的要求。

**关键词:** 圆极化天线; 小型化; 定向耦合器; 北斗导航系统

中图分类号: TN82

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.223312

中文引用格式: 周涛, 张豪, 边成, 等. 多频双圆极化北斗天线设计[J]. 电子技术应用, 2022, 48(10): 9-12.

英文引用格式: Zhou Tao, Zhang Hao, Bian Cheng, et al. Multi-band dual circularly polarized antenna for Beidou navigation system[J]. Application of Electronic Technique, 2022, 48(10): 9-12.

## Multi-band dual circularly polarized antenna for Beidou navigation system

Zhou Tao, Zhang Hao, Bian Cheng, Li Haoyi

(Sichuan Jiuzhou Electric Group Co., Ltd., Mianyang 621050, China)

**Abstract:** A novel miniaturized circularly polarized antenna used in Beidou navigation system is designed in this paper. The antenna adopts multi-layer laminated structure to design the radiation elements and feed network, and integrates B3 band, B1 band, L band and S band into one unit. Antenna placed on the top layer adopts the form of angle cutting to realize the right-handed circular polarization of the S band, the middle layer adopts 3 dB directional coupler to realize the right-handed and left-handed circular polarization of B1 band and L band respectively, and the bottom layer adopts Wilkinson power divider to realize the circular polarization of B3 band. The size of the antenna is only 60 mm×60 mm×21.6 mm. The indicators of the simulation and measured results are suitable for the requirements of Beidou system.

**Key words:** circularly polarized antenna; miniaturization; directional coupler; Beidou navigation system

## 0 引言

北斗系统作为由我国自主研发的新一代卫星导航系统, 在政治、军事、科技、文化等方面都具有重要意义<sup>[1-2]</sup>。天线作为射频前端, 相当于整个系统的耳目, 它的性能好坏将直接影响卫星导航系统的优劣。在卫导天线的设计中, 微带天线因其成本低、结构简单、尺寸小等优势, 成为终端导航设备天线的研究热点<sup>[3]</sup>。在北斗天线的工程应用中, 多频段小型化是天线设计的重点和难点<sup>[4-5]</sup>, 多频圆极化微带天线的实现方法通常有: 采用堆叠结构实现多频圆极化、多元法实现多频圆极化、采用缝隙加载实现多频圆极化、通过加载臂结构实现多频圆极化等<sup>[6-8]</sup>。

本文采用堆叠结构实现多频圆极化, 实现 B3、B1、L、S 频段的圆极化辐射, 其中 B3、B1、S 为右旋圆极化, L 为左旋圆极化。对于多频段的圆极化天线, 相关领域的研究多为天线的辐射体设计<sup>[9-12]</sup>, 很少有研究小型化情况下的多端口馈线设计实际问题<sup>[12-13]</sup>。在实际使用中多频段存在同时工作的情况, 因而多端口输出是工程研

制中必须处理的问题。本文研制的多频双圆极化天线在 60 mm×60 mm×21.6 mm 的尺寸下实现多端口独立输出, 仿真和实测结果表明该天线性能良好, 各项指标满足北斗系统对天线性能的要求。

## 1 天线结构设计

整个天线结构分为 6 层, 实现了每个工作频段都有独立端口输出的天线设计, 外形如图 1 所示。 $L_1$  为最底层, 采用带状线为 B3 频点设计印刷馈电网络, 厚度为 2 mm, 介电常数为 3.2; $L_2$  为 B3 频点的辐射体层, 厚度为 4.7 mm, 介电常数为 6.15; $L_3$  为低介电常数填充层, 厚

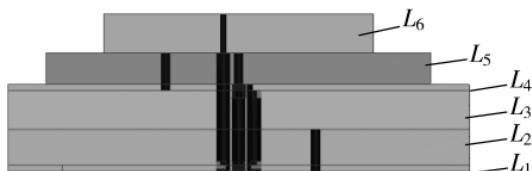
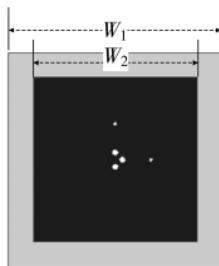


图 1 天线结构图

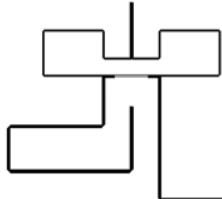
度为 5 mm;  $L_4$  为印刷的定向耦合器馈电网络, 厚度为 0.8 mm, 介电常数为 3.2;  $L_5$  为 L 和 B1 的共用辐射层, 厚度为 4.1 mm, 介电常数为 6.15;  $L_6$  为 S 频点的辐射体, 厚度为 5 mm, 介电常数为 16。整个天线单元尺寸为 60 mm×60 mm×21.6 mm。

### 1.1 B3 天线设计

最下层天线辐射体外形如图 2(a)所示, 辐射 B3 频点, 其中  $W_1=60$  mm,  $W_2=46$  mm。双馈法的圆极化天线设计主要在于馈电网络的设计, 本文采用 Wilkinson 功分器级联 90°移相器<sup>[14]</sup>, 结构如图 2(b)所示, 双馈形成右旋圆极化辐射。



(a) 辐射体设计

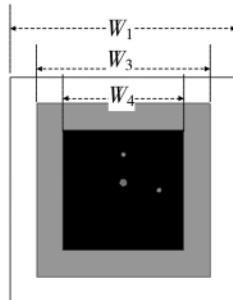


(b) 饲电网络设计

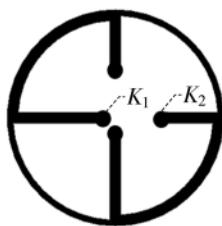
图 2 底层结构设计

### 1.2 B1 及 L 频段天线设计

中间辐射体外形如图 3(a)所示, 主要辐射 B1 和 L 频段。为了保证增益以及考虑到极化方向的不同, 中间层馈电网络采用 3 dB 定向耦合器, 结构外形如图 3(b)所示, 从两端口分别馈电, 同时使用双层辐射体扩展带宽, 可以分别实现 B1 和 L 频段的右旋和左旋圆极化<sup>[15-16]</sup>。



(a) 辐射体设计



(b) 饲电网络设计

图 3 中间层结构设计

实际设计中, 考虑到如果将馈电网络同样置于  $L_1$ , 此时馈电探针长度大于 15 mm, 将会引入电感, 对驻波匹配产生影响, 常用的处理方式为在馈电点增加一个容性环进行补偿。但是这样引入一个新的问题, 从  $L_1$  底部通过  $K_2$  饲电时, 饲电探针会穿过底层辐射体  $L_5$  和  $L_4$ , 若给底层辐射体开口直接馈电, 增益由于耦合, 会损失严重。解决方法是将馈电网络置于  $L_4$ , 由于  $L_3$  为低介电填充材料, 对微带电路影响很小, 同时从天线辐射体中部开口于  $K_1$  处馈电, 图 3 中  $W_3=45$  mm,  $W_4=32$  mm。

### 1.3 S 频段天线设计

S 频段带宽很窄, 而且处于顶层, 受其他频段辐射贴片影响很小, 因此采用单馈切角形式, 如图 4 所示, 在辐射贴片表面产生  $TM_{01}$  模式和  $TM_{10}$  模式, 从而产生两个相互正交的电场分量, 形成圆极化<sup>[17]</sup>。将  $L_5$  层辐射体作为地, 通过  $50 \Omega$  同轴线对  $L_6$  进行馈电, 其中  $W_5=35$  mm,  $W_6=10.8$  mm。

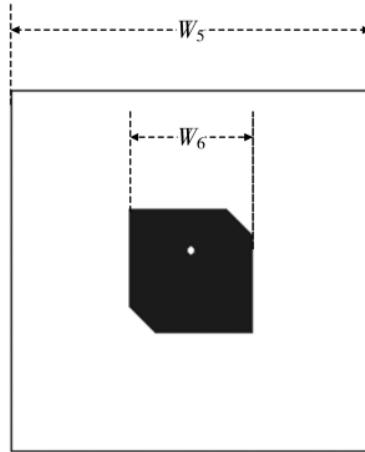


图 4 顶层结构设计

## 2 结果与分析

### 2.1 仿真结果

采用 HFSS 电磁仿真软件进行仿真, 本天线设计有 4 个谐振频率, 且均有独立输出端口。通过仿真可以看出, 驻波带宽均满足各频段要求, 仿真结果如图 5 所示; 增益方向图仿真结果如图 6 所示, B3 频点(1 268 MHz)法线增益大于 6.4 dBi, B1(1 561 MHz)和 L(1 575 MHz)频点法线增益约 3 dBi, S 频段(2 491 MHz)增益大于 4 dBi。本天线在实现小型化的同时, 仿真结果仍然具有良好的性能, 满足北斗卫星对天线的性能指标要求。

### 2.2 实测结果

使用 SATIMO 测试系统对天线进行测试, 天线测试场景如图 7 所示。增益测试结果如图 8 所示, 可以看出 B3 频点法相增益大于 6 dBi, 仰角 60°大于 0 dB; B1 频点法向增益大于 2.5 dBi, 仰角 30°大于 0 dB; L 频点法向增益大于 3 dBi, 仰角 60°大于 0 dB; S 频点法向增益大于 3 dBi, 仰角 30°大于 0 dB。轴比仿真结果如图 9 所示, 所有频点法向轴比小于 2 dB, 轴比小于 6 dB 的波束宽度超过 140°, 天线性能良好, 基本符合仿真结果。

## 3 结论

针对北斗卫星导航系统对天线的小型化、多频段和圆极化的需求, 本文设计了一款能覆盖北斗卫星的 B1 波段、B3 波段、L 波段、S 波段的多频段双圆极化北斗天线, 在极大缩减尺寸的同时, 仍能保证天线性能。通过馈电网络的合理设计, 实现了每个频段端口的独立输出, 相对于单端口多谐振点的多频段天线在实际工程运用

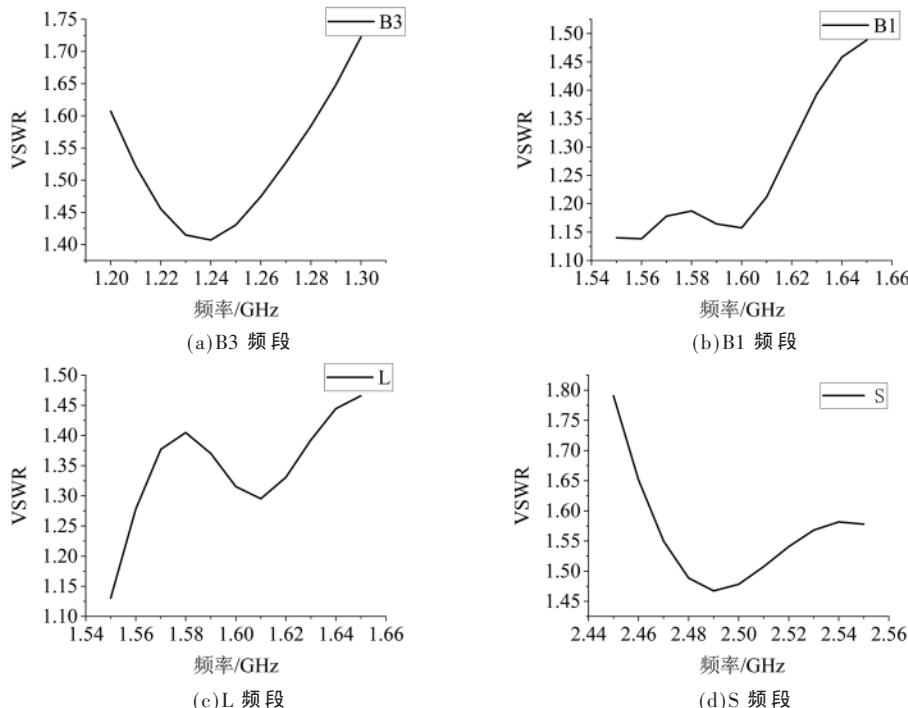


图 5 驻波比

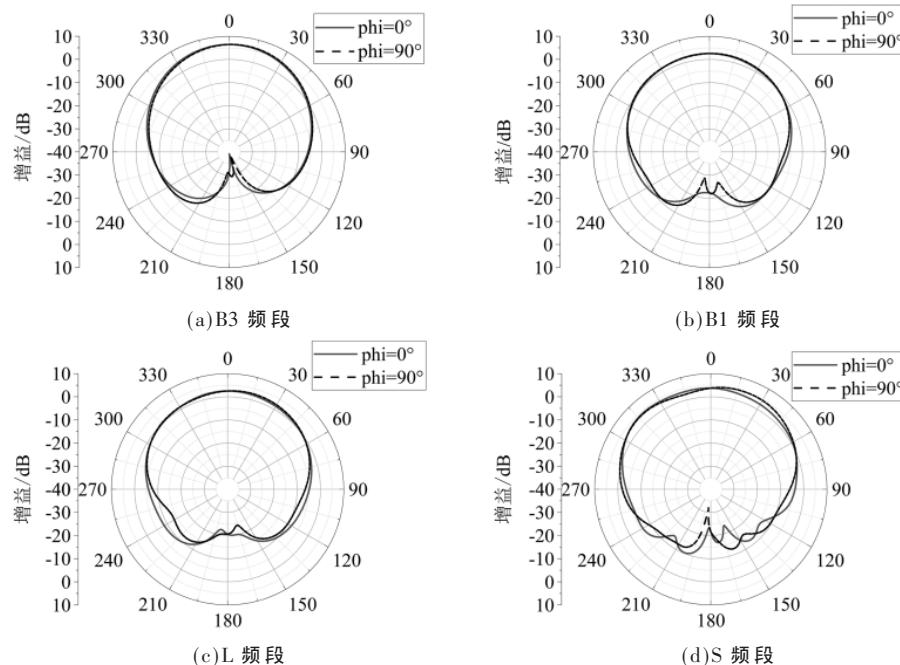


图 6 典型仿真结果

中更具实用性。仿真和实测结果表明天线在实现天线小型化的同时,增益较高,能满足北斗卫星导航系统的使用要求,具有广阔的应用前景。

#### 参考文献

- [1] 李琳琳.北斗双频圆极化微带天线的设计与工程实现[D].福州:福州大学,2017.
- [2] 于家傲,蒋永金,李有权.小型化北斗导航圆极化天线研究[J].现代电子技术,2014,37(7):79-81.
- [3] 隋涛,邢斯瑞,孙伟,等.星载L波段宽带高增益圆极化

微带天线设计[J].电子技术应用,2022,48(1):138-151.

- [4] Li Jianxing, Shi Hongyu, Li Hang, et al. Quad-band probe-fed stacked annular patch antenna for GNSS applications[J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2014(13):327-325.
- [5] 马丽.北斗导航系统的“千里眼”-多频圆极化微带天线[J].中国新通信,2016,18(4):90.
- [6] 郭倩,梁仙灵,叶声,等.一种小型宽带宽波束圆极化微带天线设计[J].中国电子科学研究院学报,2012,7(6):

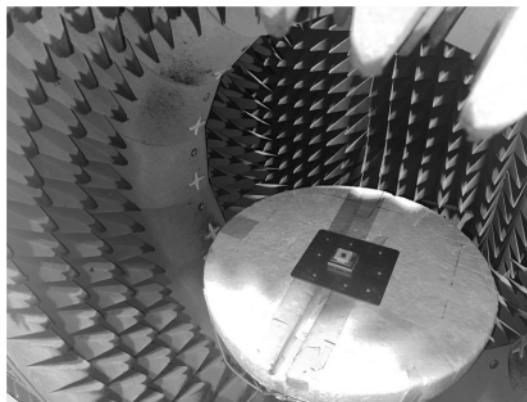


图 7 天线测试场景图

599–602.

- [7] 殷志斌, 傅宁, 马军, 等. 应用于卫星导航系统的多频圆极化天线[J]. 信息技术与网络安全, 2020, 39(6): 63–67.
- [8] 杨晓杰, 袁家德. 一种卫星导航终端多频圆极化微带天线的设计[J]. 微型机与应用, 2016, 35(4): 61–64.
- [9] 宋跃, 刘岚, 韩国栋. 北斗多模卫星导航天线设计[J]. 电子科技, 2013, 26(4): 137–139.
- [10] 陈兆丰, 潘锦. 应用于北斗和 GPS 的双频小型圆极化微带天线[J]. 电子科技, 2014, 27(12): 116–119.
- [11] AGARWAL K, NASIMUDDIN, ALPHONES A. Triple-band compact circularly polarised stacked microstripantenna over reactive impedance meta-surface for GPS applications[J]. IET Microwaves Antennas&Propagation, 2014, 8(13): 1057–1065.
- [12] 王志霞. 一种典型超宽带圆极化天线的设计及仿真[J]. 山西电子技术, 2021(6): 55–57.
- [13] 韩国栋, 陈侃, 袁家德. 应用于北斗导航终端的小型圆

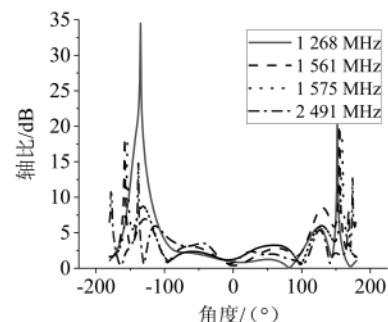


图 9 轴比实测图

极化微带天线[J]. 现代雷达, 2017, 39(12): 64–66.

- [14] 毛军发, 夏彬. 一种新型小型化功分器[J]. 微波学报, 2020, 36(1): 7–11.
- [15] 李强, 项铁铭, 王磊. 应用于卫星导航系统的微带天线设计[J]. 杭州电子科技大学学报, 2012, 32(3): 17–20.
- [16] 张书君, 李海峰. 一种高增益宽波束双圆极化微带天线的研究[J]. 舰船电子工程, 2016, 36(5): 66–69.
- [17] 商锋, 牛凡. 北斗 S 频段圆极化微带振子天线阵的设计[J]. 电子设计工程, 2018, 26(21): 119–123.

(收稿日期: 2022-08-28)

## 作者简介:

周涛(1993-), 通信作者, 男, 硕士, 主要研究方向: 宽带圆极化天线设计、相控阵天线技术, E-mail: zhoutdyx@163.com。

张豪(1994-), 男, 硕士, 主要研究方向: 相控阵天线结构设计。

边成(1991-), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 宽带宽角圆极化天线设计、隐身天线设计。



扫码下载电子文档

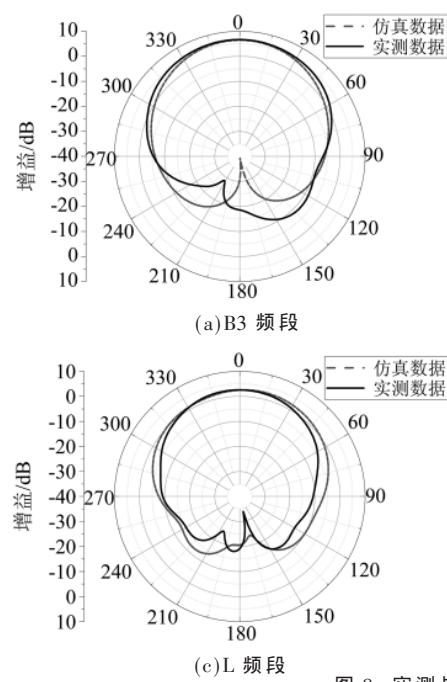
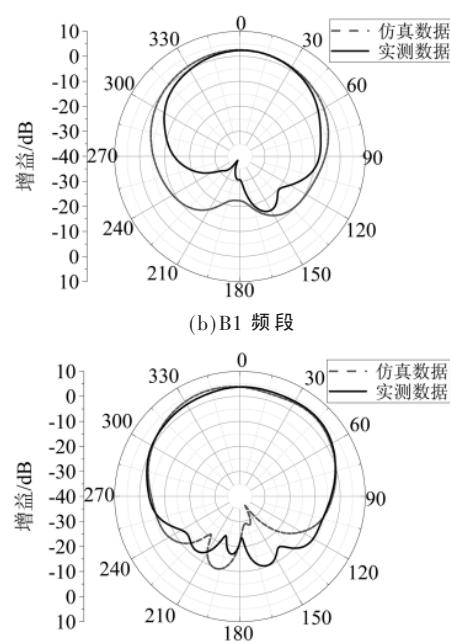


图 8 实测与仿真结果对比图



## 版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所