

# 星载双频双端口天线设计

安向东, 邢斯瑞, 隋涛

(长光卫星技术股份有限公司, 吉林 长春 130000)

**摘要:** 针对星载收发机的使用需求, 设计了一种双频段、双端口、双天线共口径的微带天线。通过辐射贴片加载短路过孔技术, 配合外部方形圆孔贴片和内部圆形贴片切角技术, 使双天线均工作在主模。双天线共口径工作, 分别辐射左旋圆极化和右旋圆极化波, 有效降低星载双天线布局复杂度。仿真结果表明: 天线在中心频点 1.615 GHz 处回波损耗为 -13 dB, 10 dB 带宽为 50 MHz, 增益为 6 dB, 半功率波束宽度为 90°, ±60°波束内轴比小于 3 dB; 天线在中心频点 2.491 GHz 处回波损耗为 -18 dB, 10 dB 带宽为 40 MHz, 增益为 6 dB, 半功率波束宽度为 90°, ±60°波束内轴比小于 3 dB; 双端口隔离度优于 32 dB。经加工, 实测结果与仿真结果一致, 该天线对星载双频段、双端口共口径天线设计具有一定指导意义。

**关键词:** 共口径; 双频段天线; 双端口天线

中图分类号: TN82

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.212198

中文引用格式: 安向东, 邢斯瑞, 隋涛. 星载双频双端口天线设计[J]. 电子技术应用, 2022, 48(8): 86-89.

英文引用格式: An Xiangdong, Xing Sirui, Sui Tao. Satellite dual-frequency dual-port antenna design[J]. Application of Electronic Technique, 2022, 48(8): 86-89.

## Satellite dual-frequency dual-port antenna design

An Xiangdong, Xing Sirui, Sui Tao

(Chang Guang Satellite Technology Co., Ltd., Changchun 130000, China)

**Abstract:** Aiming at the needs of satellite transceivers, a dual-band, dual-port, dual-antenna common-aperture microstrip antenna was designed. Both antennas work in the main mode by the radiation patch loading short via technology, with the external square patch and the internal circular patch corner cutting technology. Dual antennas work in common aperture, radiating left-handed circular polarization(LHCP) and right-handed circular polarization(RHCP) waves respectively, the complexity of the satellite dual antenna layout is reduced effectively. The simulation results show that the antenna has a return loss of -13 dB at the frequency of 1.615 GHz, the 10 dB bandwidth of 50 MHz, the gain of 6 dB, the half-power beam width of 90°, and the ±60° beam axis ratio less than 3 dB; the antenna has a return loss of -18 dB at the frequency of 2.491 GHz, the 10 dB bandwidth of 40 MHz, the gain of 6 dB, the half-power beam width of 90°, and the ±60° beam axis ratio less than 3 dB; the dual-port isolation is better than 32 dB. After processing, the actual measurement results are consistent with the simulation results, and the antenna has certain guiding significance for the design of dual-band, dual-port common-aperture antennas on satellites.

**Key words:** common-aperture; dual-band antenna; dual-port antenna

### 0 引言

随着卫星技术的发展, 星载一体化技术的进步, 小型化、高集成度和高性能化成为遥感卫星的发展方向<sup>[1]</sup>。卫星的小型化和高集成度对星载设备空间尺寸提出了更严格的要求。遥感卫星的发展离不开无线通信系统的支撑, 天线是无线通信系统的重要组成部分, 随着卫星功能的增加, 无线通信链路也变得复杂, 星上需要解决多天线引起的卫星外部布局空间有限的问题。

圆极化微带天线<sup>[2-7]</sup>由于结合了微带天线诸如结构紧凑、体积小、重量轻、剖面低、容易制造、易于集成并可附着于任意表面等优点和圆极化波能抑制雨雾的干

扰、抗多径反射、具有更好的移动性等优点<sup>[8]</sup>, 目前已广泛应用于卫星通信、雷达、移动通信以及各种无线通信设备当中。

针对天线引起的安装空间问题, 常规情况下可通过小型化、多频段或宽频带天线技术解决<sup>[9-11]</sup>, 但在面对高功率发射和高灵敏度接收时, 单端口天线在实际使用将增大射频通道的设计难度, 因此需要天线具有独立的双端口。

本文依托吉林一号卫星星座, 设计一款双频段、双端口共面集成化的微带天线, 采用单层介质板、双辐射贴片的结构, 通过外部贴片加环形分布短路过孔的方

法,使得双贴片均工作在主模,在满足设计指标的情况下,减小天线对于安装空间的需求。该天线具有高集成度、结构简单等优势,本文提供一种双频段对应双端口天线设计思路,依据此设计方法仿真设计并加工实测了一款天线。

### 1 天线结构与设计

天线结构如图 1 所示,天线主要由介质板和金属板组成,共有一层铝地板和一层介质板。铝板长宽  $D_2=78\text{ mm}$ ,厚度  $H_1=3\text{ mm}$ ,从应用的角度考虑,对铝板四角进行倒角处理,四角各有一个直径  $R_1=2.5\text{ mm}$  的通孔,用于天线安装固定。介质板的材料为泰康利 RF60A,介电常数  $\varepsilon_r=6.15$ ,厚度  $H_2=3.18\text{ mm}$ ,对介质板双面进行敷铜处理,厚度为  $0.018\text{ mm}$ 。介质板长宽  $D_2=78\text{ mm}$ ,为实现较好的力学特性,对四角进行切角处理。外部辐射贴片长宽  $D_6=64\text{ mm}$ ,贴片通过切角和边线上的凹槽方式实现左旋圆极化,切角直角边长  $D_5=3\text{ mm}$ ,凹槽长为  $D_7=3\text{ mm}$ ,宽为  $D_8=3\text{ mm}$ ;外部辐射贴片过孔分布在直径  $R_2=36\text{ mm}$  的圆上,过孔直径  $R_4=2\text{ mm}$ , $R_6=2.1\text{ mm}$ ;内部辐射贴片直径  $R_5=26\text{ mm}$ ,贴片通过在与水平呈  $45^\circ$  径向切凹槽的方式实现右旋圆极化,凹槽间径向距离  $D_1=23\text{ mm}$ ,凹槽宽度  $D_3=5\text{ mm}$ 。考虑到工程使用情况,在中心圆环形分布的过孔之间,通过 4 个金属螺钉,将介质板固定在底座铝板上。

天线采用同轴线馈电方式,有两个馈电点分别为外部、内部天线馈电,均采用结构简化的底馈方式。

按照传统的设计方法,外部贴片工作于主模,此时如果  $R_2>1/3D_5$ ,阻抗匹配点将不再处于方环内部,造成阻抗无法匹配<sup>[12]</sup>。当天线双端口频点较近时,不能满足内外侧尺寸比  $1/3$  的要求,传统方法将受到使用限制。

按照本文提出的设计方法,在外部辐射贴片的内侧圆环增加短路过孔设计,内侧尺寸和外侧尺寸比例较小时,外部方形贴片同样可工作于主模,并通过底馈的方式完成端口阻抗匹配。

天线外部辐射贴片为发射天线,通过切角实现 TM<sub>01</sub> 模和 TM<sub>10</sub> 模筒并分离,形成左旋圆极化辐射,馈电点位于外部辐射贴片中线的左侧;天线内部辐射贴片为接收天线,通过切凹槽实现 TM<sub>01</sub> 模和 TM<sub>10</sub> 模筒并分离,形成右旋圆极化辐射,馈电点位于内部辐射贴片中线的上侧。

### 2 天线仿真

根据上述的设计方法,研制了一款星载终端收发共用天线,通过电磁仿真软件对天线建模仿真,分析天线的电磁特性、天线结构及尺寸对性能的影响。天线双端口回波损耗和隔离度性能良好,如图 2 所示,L 端口工作频点  $1.615\text{ GHz}$  处回波损耗优于  $-13\text{ dB}$ ,工作频带内 L 端口与 S 端口隔离度优于  $32\text{ dB}$ ;S 端口工作频点  $2.491\text{ GHz}$  处回波损耗优于  $-18\text{ dB}$ ,工作频带内 S 端口与 L 端口隔离度优于  $33\text{ dB}$ 。

图 3~图 4 为天线的轴比仿真结果,天线 L 端口在中心频点处 E 面和 H 面  $\pm 60^\circ$  范围内轴比都比较平滑且小于  $3\text{ dB}$ ;天线 S 端口在中心频点处 E 面和 H 面  $\pm 60^\circ$  范围内轴比都比较平滑且小于  $3\text{ dB}$ 。

图 5~图 6 为天线远场方向图仿真结果,由图可知,在 L 频段天线主极化为左旋圆极化,中心频点天线法相增益为  $6\text{ dB}$ ,半功率波束宽度大于  $90^\circ$ ;在 S 频段天线主极化为右旋圆极化,中心频点天线法相增益为  $6\text{ dB}$ ,半功率波束宽度大于  $90^\circ$ 。

### 3 天线测试

按照仿真模型对天线进行加工,通过矢量网络分析

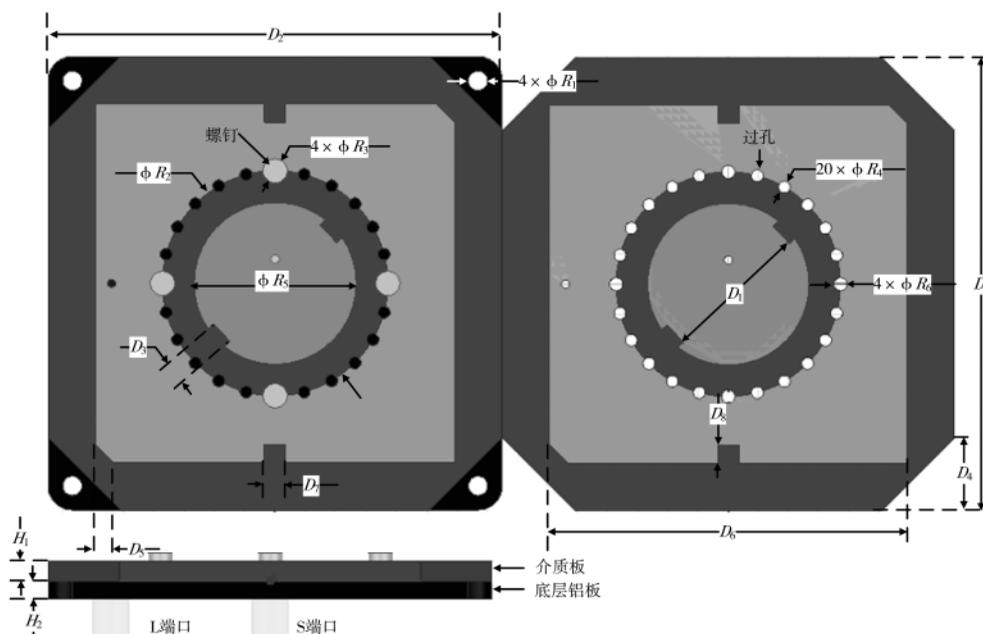
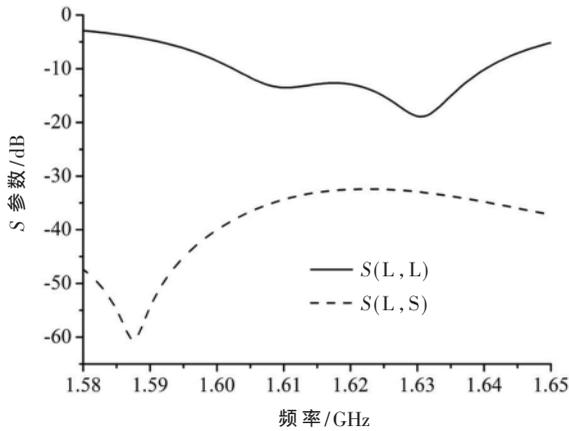
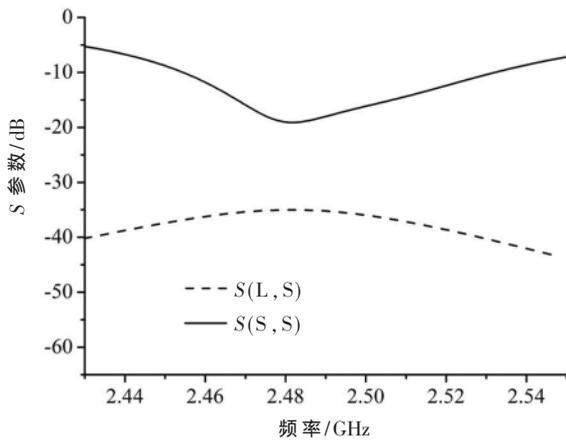


图 1 天线结构图



(a) L 频段



(b) S 频段

图 2 S 参数仿真结果

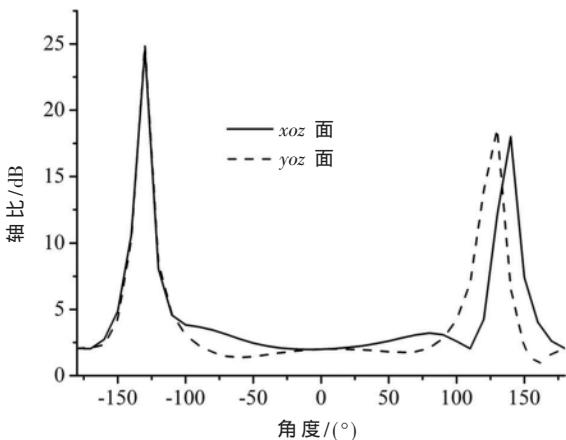


图 3 L 频段中心频点轴比仿真结果

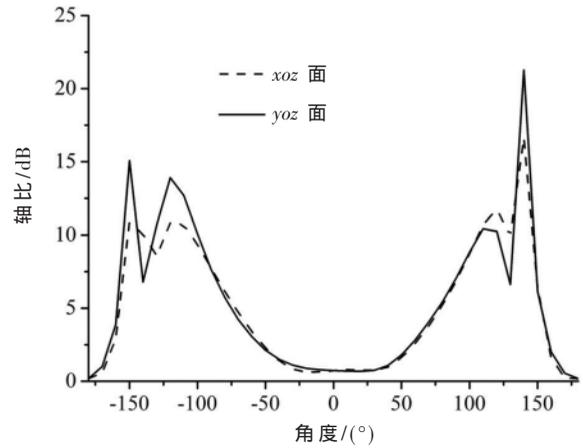


图 4 S 频段中心频点轴比仿真结果

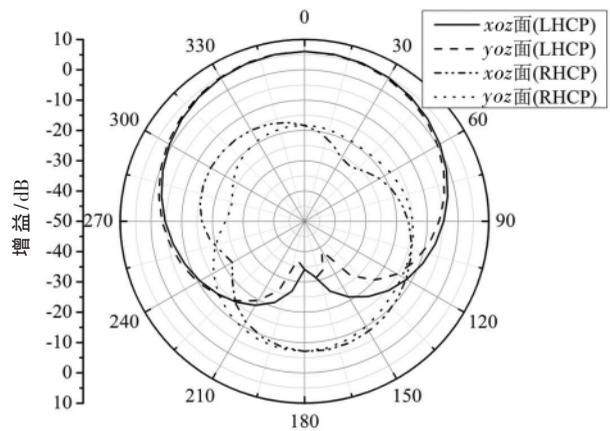


图 5 L 频段中心频点方向图仿真结果

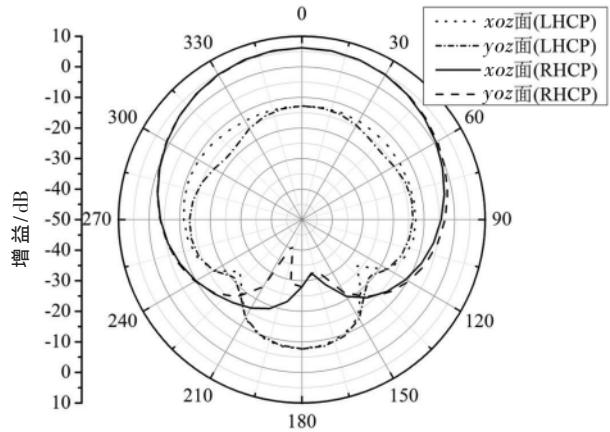


图 6 S 频段中心频点方向图仿真结果

仪对天线加工后实物的主要技术指标进行测试, S 参数测试结果如图 7 所示, 天线在 L 频段和 S 频段的回波损耗均小于 -15 dB, 双端口隔离度优于 32 dB, 与仿真分析结果基本一致。

天线轴比的测试结果如图 8 所示, 天线在 L 频段和 S 频段的轴比均小于 3 dB, 与仿真分析结果一致。

天线增益的测试结果如图 9 所示, 天线在 L 频段的

左旋圆极化增益均大于 5.8 dB; 天线在 S 频段右旋圆极化增益大于 5.8 dB, 与仿真分析结果基本一致。

#### 4 结论

本文采用共面双微带圆极化天线集成技术, 设计了一款双频段双端口微带共口径天线, 在保证天线性能的前提下, 大幅度削减双天线安装空间需求, 增加整星结构布局灵活性。该天线结构简单, 易于加工, 经加工测试

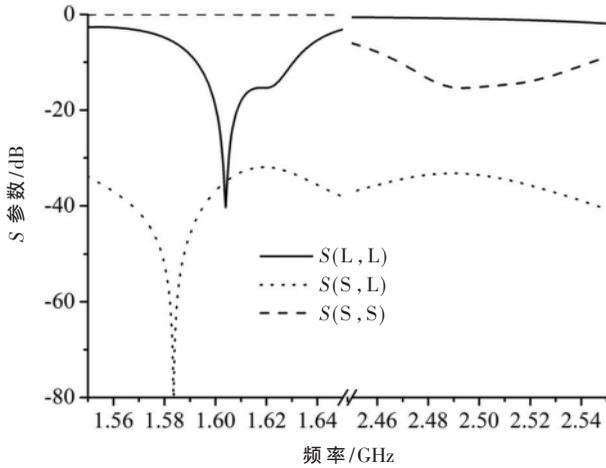


图7 S参数测试结果

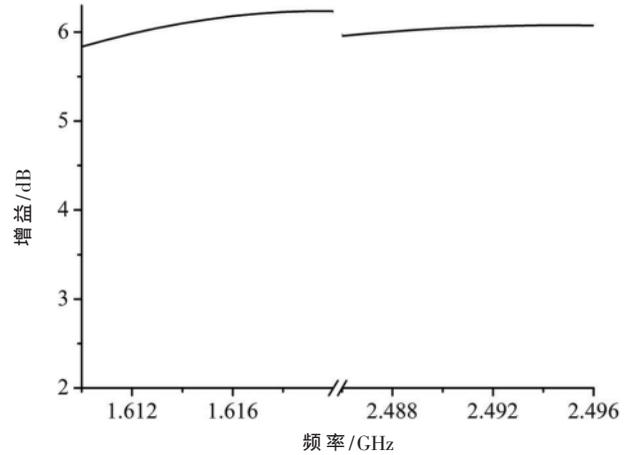


图9 工作频带内增益测试结果

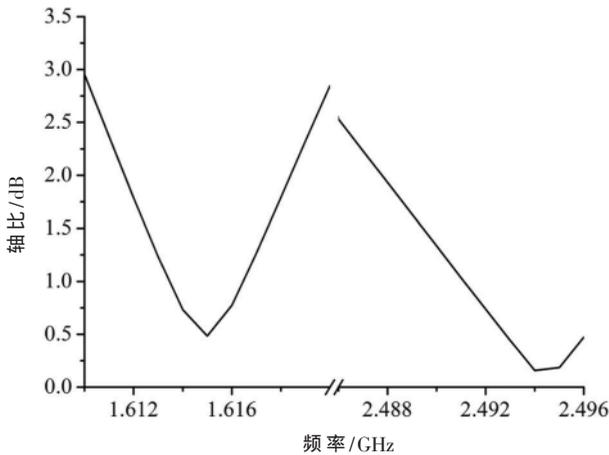


图8 轴比测试结果

结果与仿真结果一致,验证了设计的合理性。天线工作在两个频段,两个频段内都具有良好的辐射性能,对双频段双端口微带共口径天线设计具有一定的指导意义。

#### 参考文献

- [1] 金字婷,邢斯瑞,孙伟.星载高增益圆极化小型微带天线阵列[J].电子技术应用,2020,46(5):59-62.
- [2] 鲍尔 I J,布哈蒂亚 P.微带天线[M].梁联倬,译.北京:电子工业出版社,1985.
- [3] KRAUS J D, MARHEFKA R J.天线[M].章文勋,译.3版.北京:电子工业出版社,2005.
- [4] 钟顺时,罗远祉.微带天线理论和技术的进展[J].电子科学学报,1989,11(3):290-298.
- [5] 林昌禄,宋锡明.圆极化天线[M].北京:人民邮电出版社,

1996.

- [6] 张夔.微带天线的优化与设计[D].南京:南京理工大学,2000.
- [7] 薛虞锋,钟顺时.微带天线圆极化技术概述与进展[J].电波科学学报,2002(4):331-336.
- [8] 王喜龙,魏昆.卫星导航接收机系统中的多层圆极化微带天线设计[J].现代电子技术,2015,38(9):65-67.
- [9] 朱艳玲,刘琳琳,张福顺,等.新型共口径双频双圆极化微带天线设计[J].微波学报,2007,23(6):40-43.
- [10] SHAVIT R, ISRAELI Y, PAZIN L, et al. Dual frequency circularly polarized microstrip antenna[J]. IEEE Proc.-Microw. Antennas Propag., 2005, 152(4): 267-272.
- [11] CHEN W S, WU C K, WONG K L. Novel compact circularly polarized square microstrip antenna[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2001, 49(3): 340-342.
- [12] CHEN W S, WU C K, WONG K L. Single feed square-ring microstrip antenna with truncated corners for compact circular polarization[J]. Electronic Letters, 1998, 34(11): 1045-1047.

(收稿日期:2021-09-28)

#### 作者简介:

安向东(1991-),通信作者,男,硕士,工程师,主要研究方向:卫星通信载荷技术、天线技术, E-mail: 13504480849@126.com.

邢斯瑞(1987-),男,硕士,副研究员,主要研究方向:卫星通信系统设计。

隋涛(1994-),男,硕士,工程师,主要研究方向:卫星通信系统设计。



扫码下载电子文档

## 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