

## 北斗多模卫星导航天线设计

宋 跃<sup>1</sup>, 刘 岚<sup>2</sup>, 韩国栋<sup>1</sup>

(1. 中国电子科技集团公司第 54 研究所 天线伺服专业部, 河北 石家庄 050081; 2. 机械工业出版社, 北京 100037)

**摘 要** 设计了一种可以工作在 GPS L1、GLONASS 和北斗频段的多模卫星导航天线。采用“叠层结构”和引入宽带的带状线 90°电桥, 实现了天线的多频段工作。该天线易于调节, 可以应用于不同的载体, 具有与后端射频模块良好的集成性。

**关键词** 卫星导航; 多模天线; 北斗

**中图分类号** TN967.1 **文献标识码** A **文章编号** 1007-7820(2013)04-137-03

## Antenna Design for the Beidou Multiband Microstrip Navigation System

SONG Yue<sup>1</sup>, LIU Lan<sup>2</sup>, HAN Guodong<sup>1</sup>

(1. Antenna Servo Professional Unit, The 54th Research Institute of CETC, Shijiazhuang 050081, China;

2. China Machine Press, Beijing 100037, China)

**Abstract** A multiband microstrip antenna for GPS L1, GLONASS and Beidou navigation system is designed. By the use of stack structure and wideband 3 dB directive coupler, multiband operation is achieved. With its easily modifiable structure and good integration with rear-end RF circuits, the proposed antenna can be used on various platforms.

**Keywords** navigation system; multiband antenna; Beidou

卫星导航系统是指为地面、海洋、空间及太空的各种载体提供位置、速度、时间等资讯服务的专业系统, 可实现对目标的定位、导航、监管和管理, 已经在军事和民用等不同领域发挥出重要的作用, 成为不可或缺的无线电应用技术。目前, 相对成熟的卫星导航系统主要包括美国的“全球定位系统”GPS (Global Position System), 俄罗斯的“全球导航卫星系统”GLONASS (Global Navigation Satellite System)、欧洲“伽利略 (Galileo)”导航卫星系统。随着中国北斗导航卫星的使用, 急需开发相应导航系统所需的各种高性能设备, 如集成芯片、接收机和终端天线等。天线是无线系统中重要的部件之一, 其电性能决定着整个链路系统的性能<sup>[1-5]</sup>。由于星载、机载、车载或手持载体的不同及载体结构尺寸的限制, 卫星导航终端需要配备宽带、多频段、小型化或宽波束等不同性能组合的圆极化天线<sup>[1-5]</sup>。

文献中可查阅的多模卫星导航天线<sup>[1-5]</sup>多工作在 GPS (1 227.6 ± 2.06 MHz, 1 575 ± 2.046 MHz) 和 GLONASS (1 603.69 ± 10.732 5 MHz) 频段, 相对带宽约为 32.9%。而设计工作在 GPS 频段 (1 575 ± 2.046 MHz) 至北斗

频段 (2 491.75 ± 8.25 MHz) 的终端天线的相对驻波带宽约为 45.3%, 相对频带间隔宽于目前的多模卫星导航天线。设计覆盖北斗频段的多模卫星导航天线已经面临紧迫的挑战。同时, 文献中给出的天线设计多考虑天线自身的电性能实现, 但是结构方面的设计及不同载体的要求较少顾及, 如天线的载体限制尺寸且为金属结构, 则天线的馈电网络则不能直接使用微带线和槽线结构, 也不能过于复杂等。

由于铝金属结构具有强度高、重量轻和加工方便的特点, 大多数卫星导航终端都使用这类材料作为天线的载体。为了易于集成, 载体上层用于固定天线, 而下层则用于放置射频组件。本文设计了一种可以工作在 GPS 频段 (1 575 ± 2.046 MHz)、GLONASS 频段 (1 603.69 ± 10.732 5 MHz) 和北斗频段 (2 491.75 ± 8.25 MHz) 的多模圆极化天线结构形式。为了易于调谐和集成, 选用具有低剖面特性的圆环形天线和贴片枝节结构形式和不受天线载体的限制且具有宽带特性的带状线结构。

## 1 天线设计

图 1 给出了天线及馈电网络的结构示意图。北斗多模卫星导航天线的整体尺寸为 40 mm × 40 mm × 11 mm。通过双馈电点“叠层式”设计, 即耦合馈电方式实现双频带工作。为保证上、下贴片天线具有相同

收稿日期: 2013-02-01

作者简介: 宋跃 (1982—), 男, 博士, 工程师。研究方向: 微带天线, 超宽带阵列天线, 射频组件。E-mail: y\_song2006@126.com

的馈电位置,微带天线的介质基板分为两层,其介电常数分别选为  $\epsilon = 2.2$  和  $3.2$ ,厚度分别为  $2.4\text{ mm}$  和  $6.4\text{ mm}$ 。为了易于调谐,贴片天线选用调节参数少的圆环形结构,其内、外半径尺寸选为  $r = 16\text{ mm}$ ,  $r = 43\text{ mm}$  和  $r = 13\text{ mm}$ ,  $r = 52.6\text{ mm}$ ,上层贴片的谐振频率为  $1\ 589\text{ MHz}$ ,下层贴片的谐振频率为  $2\ 494\text{ MHz}$ 。贴片枝节尺寸为  $2.5\text{ mm} \times 2\text{ mm}$ ,来微调北斗天线的谐振频率。仿真软件选用 Ansoft HFSS 和 AWR Microwave Office。

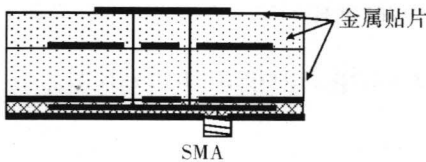


图1 天线整体结构示意图

2 天线仿真与分析

图2中给出了矩形贴片天线的  $S_{11}$  的仿真结果,可以看出,天线在频段  $1\ 573 \sim 1\ 577\text{ MHz}$ ,  $1\ 593 \sim 1\ 620\text{ MHz}$  和  $2\ 480 \sim 2\ 500\text{ MHz}$  内的  $S_{11}$  均  $< -10\text{ dB}$ ,满足指标要求。

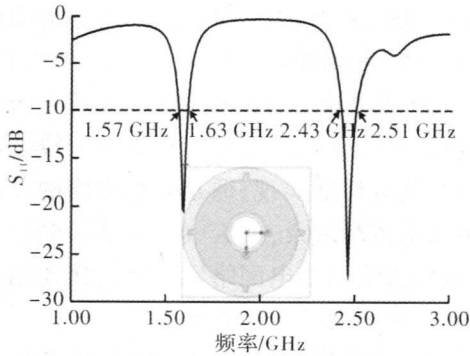


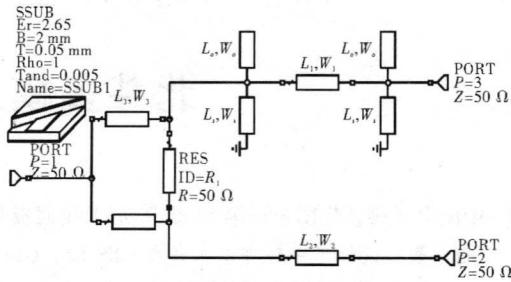
图2 “叠层式”微带天线的  $S_{11}$  仿真结果

图3为馈电网络的结构示意图和仿真结果。馈电网络采用改进的紧凑型  $90^\circ$  宽带移相器结构<sup>[4]</sup>,设计时需要兼顾带状线间的耦合相应。因为采用两层介质材料( $\epsilon = 3.2$ ,厚度  $1\text{ mm}$ ),为了保证带状线的电性能,实施过程中在带状线结构周围使用了很多金属销钉,保证两层介质板材贴合紧密。通过仿真结果可以看出,改进的宽带馈电网络在需要的  $1\ 570 \sim 2\ 492\text{ MHz}$  频段内具有良好的  $90^\circ$  移相特性和一致的幅度特性。表1给出了图3(a)中对应的圆极化网络参数的数值。

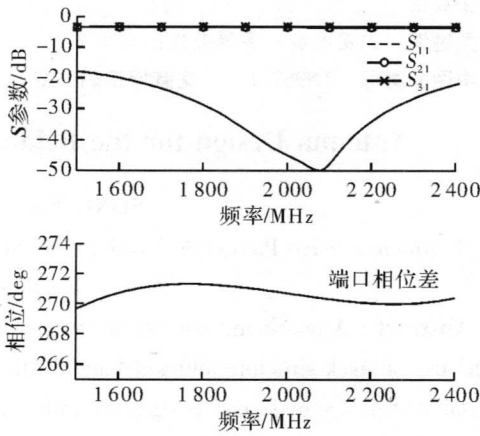
表1 圆极化网络参数

参数	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_0$	$L_s$	$W_1$	$W_2$	$W_3$	$W_0$	$W_s$
数值/mm	45.4	68	22.6	11.3	11.3	0.79	1.14	0.61	0.13	0.13

图4给出了北斗多模导航卫星天线的结构图。天



(a) 馈电网络的电路结构图



(b) 馈电网络的仿真结果

图3 圆极化馈电网络

线的接口为 SMA 同轴连接器。仿真过程中考虑了实施时的具体情况,馈电网络中带状线周围通过金属螺钉保证2层介质板贴实,同时移相器的短路点应连接带状线的上下底板以防止高次模的产生。在同轴与带状线过渡处应放置若干金属销钉连接带状线上下表面,通过仿真确定销钉位置以减小不连续产生的影响。介质基板的金属层起到接地板的作用,其上有通孔构造造成  $50\ \Omega$  同轴线,通过  $1\text{ mm}$  的金属细线连接天线和  $90^\circ$  电桥来实现对天线馈电。

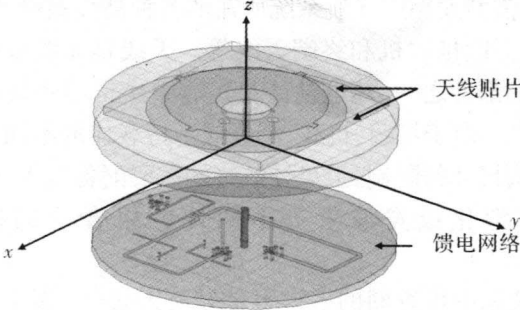


图4 多模导航卫星天线的结构图

图5给出了北斗多模导航卫星天线的实测电压驻波比曲线,可以看出,由于使用宽带馈电网络,使得在频段  $1\ 400 \sim 2\ 600\text{ MHz}$  内总端口的电压驻波比  $< 2$ 。

图6和图7分别给出天线的仿真辐射性能曲线。图6为天线在  $1\ 575\text{ MHz}$ ,  $1\ 603\text{ MHz}$  和  $2\ 492\text{ MHz}$  处实测的左、右旋圆极化方向图曲线。图7给出了在频

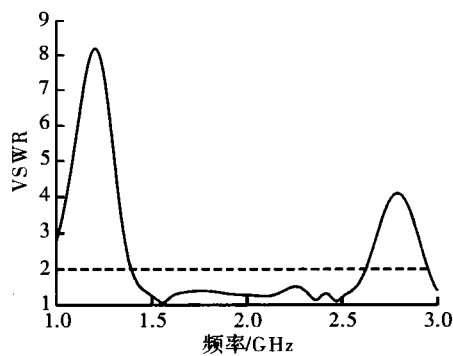


图5 天线的仿真电压驻波比曲线

带 1 500 ~ 1 700 MHz 和 2 350 ~ 2 550 MHz 内的实测增益和轴比曲线,实验数据表明,在要求的频带内该天线具有良好的圆极化辐射性能。

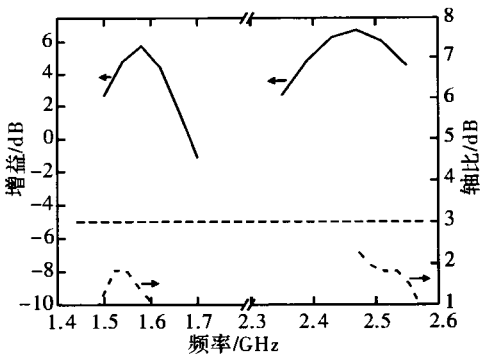


图7 天线的仿真增益曲线和轴比曲线

3 结束语

本文设计了一种易于调谐并应用于多载体平台的北斗多模卫星导航天线。该天线具有小型化、低剖面 and 结构稳固的特点,易于与后端射频组件集成,具有良好的电性能和工程实现性。

参考文献

[1] LIU Jiyu. GPS satellite navigation principles and methods [M]. Second Edition. USA: Science Press, 2008.

[2] ZHOU Yijun, CHEN Chichih, JOHN L VOLAKIS. Single - fed circularly antenna element with reduced coupling for GPS arrays [J]. IEEE Transactions on antennas and propagation, 2008, 56(5): 1469 - 1472.

[3] YOANN L, ALA SHARAIHA. Broadband folded printed quadrifilar helical antenna [J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2006, 54(5): 1600 - 1604.

[4] GUO Yongxin, LEI Bian, SHI Xiangquan. Broadband circularly polarized annular - ring microstrip antenna [J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2009, 57(8): 2474 - 2477.

[5] KA M M, KWAI M L. A circularly polarized antenna with wide axial ratio beamwidth [J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2009, 57(10): 3309 - 3312.

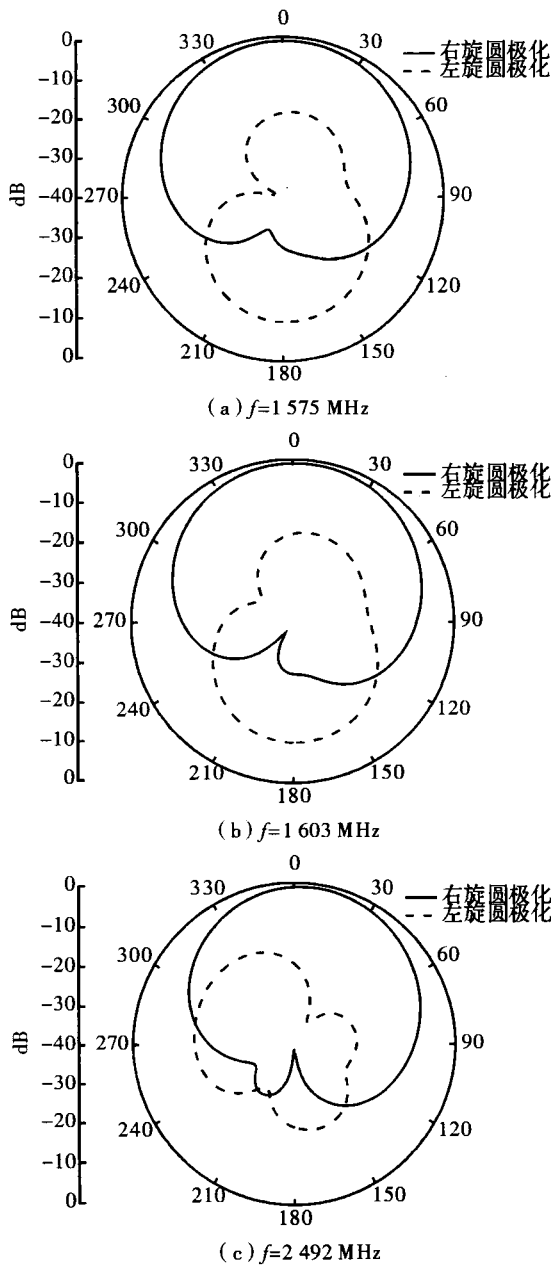


图6 天线的仿真方向图

欢迎投稿

029 - 88202440

www. dianzikeji. org

## 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,一直致力和专注于微波、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>