

文章编号: 2095-4980(2017)01-0087-03

星载小型化宽带全向印制天线

薛 欣, 韩运忠, 段江年, 张 杰, 江 涛

(北京空间飞行器总体设计部 北京市电磁兼容与天线测试工程技术研究中心, 北京 100094)

摘 要: 针对星载无缆化通信的需求, 研究了展宽印制天线工作带宽的方法。设计了星载小型化宽带全向印制天线, 通过三维全波电磁仿真软件(CST)进行了仿真分析与优化设计。在此基础上加工了天线实物样件, 并对其电性能进行了测试。仿真结果表明该天线具有小型化、宽带、全向等特点。

关键词: 星载; 小型化; 全向方向图; 宽带; 印制天线

中图分类号: TN82

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA201701.0087

Design of broadband compact omnidirectional printed antenna

XUE Xin, HAN Yunzhong, DUAN Jiangnian, ZHANG Jie, JIANG Tao

(Beijing Institute of Spacecraft System Engineering, Beijing Engineering Research Center of EMC and Antenna Test Technology, Beijing 100094)

Abstract: The method to achieve broadband printed antenna for satellite communications without cable is discussed. A broadband compact omnidirectional printed antenna is designed, and it is simulated and optimized by the Computer Simulation Technology(CST) software. A prototype is fabricated and tested. The measured results show that the proposed printed antenna is of the characteristic of wide bandwidth, omnidirectional far-field pattern, and compact size.

Keywords: spacecraft; compact size; omnidirectional far-field pattern; wide band; printed antenna

卫星是一个复杂的系统工程, 星上的电子设备繁多, 涉及通信、测控、导航、综合电子等多个领域, 而各个设备之间的微波信号传输目前都采取射频电缆传输的形式。一颗卫星上需要数量庞大的射频电缆, 这些射频电缆尺寸较大, 而且有着不轻的质量, 其布局在星体舱内也错综复杂, 耗费了宝贵的卫星资源。星载无缆通信可以为星载设备之间的通信提供一个优良的解决方案, 其主要理念是利用无线宽带通信技术, 代替星上小功率信号的射频电缆, 来优化整星的资源。而星载无缆通信终端天线为其中的关键设备。以 S 频段天线为例, 现有的 S 频段通信天线其尺寸往往大于 1 个波长, 质量大, 带宽窄, 很难满足高速率通信的需求及轻小型化的要求, 所以需要开发一种小型化、超轻质量、宽带、全向通信的终端天线^[1-2]。

1 天线的设计

星载小型化宽带全向天线的设计要求为: 工作带宽为 2.6~6 GHz, 工作带宽范围内其电压驻波比 $VSWR \leq 2.5$, 水平面方向图全向覆盖, 结构为平面天线, 质量小于 20 g。安装面以上尺寸小于 35 mm×35 mm×12 mm, 并且所使用的材料能满足空间环境要求。

本文采用铲形加载单极子印制天线来实现宽带工作的要求。其优点是结构简单, 便于加工。其中, 印制板选用 FR-4(全称覆铜箔环氧树脂玻璃布层压板), FR-4 是卫星常用的印制板电路材料, 也广泛用于星载天线, 该材料在长期空间环境中具有很高的稳定性; 天线馈电部分采用共面波导馈电, 一是方便接地; 二是对外辐射电场小, 不影响方向图特性; 天线辐射部分采用铲形加载单极子印制天线, 可以很大程度上展宽天线的工作带宽^[3-7]。

天线的外形结构如图 1 所示。天线分为 2 个部分: 上半部分为印制天线, 下半部分为 SMA(Sub-Miniature-A)插座。SMA 插座上有 2 个安装孔, 与天线连接部分为 5 个焊点。

2 天线的仿真设计

利用仿真软件对如图 1 所示的天线结构建模, 其中 FR-4 板厚度为 2 mm, 介电常数为 4.4。经过仿真优化设计, 最终确定了天线贴片部分的尺寸, 如图 2 所示。

天线的电压驻波比仿真结果如图 3 所示, 天线在工作频段内的水平面方向图仿真结果如图 4 所示。

图 3、图 4 的仿真结果表明天线在工作频段 2.6~6 GHz 内电压驻波比 $VSWR < 2.5$, 水平面方向图为全向覆盖。

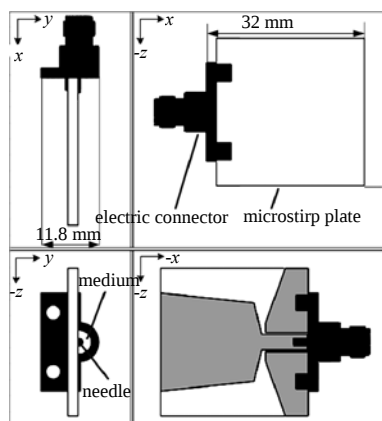


Fig.1 Diagram of antenna
图 1 天线组成

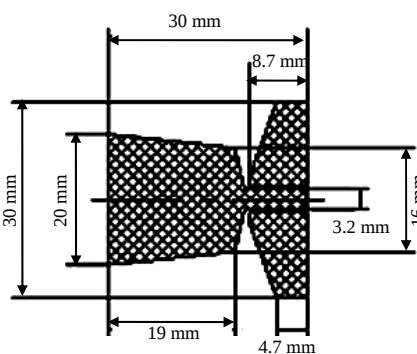


Fig.2 Antenna measurement
图 2 天线尺寸

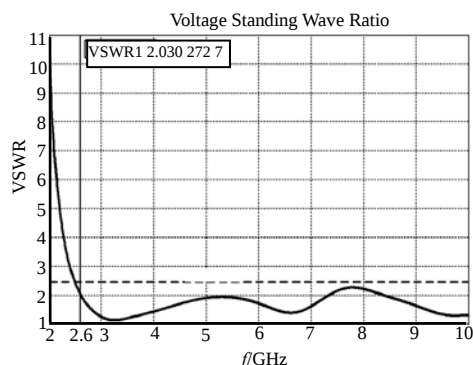


Fig.3 VSWR of antenna
图 3 天线电压驻波比

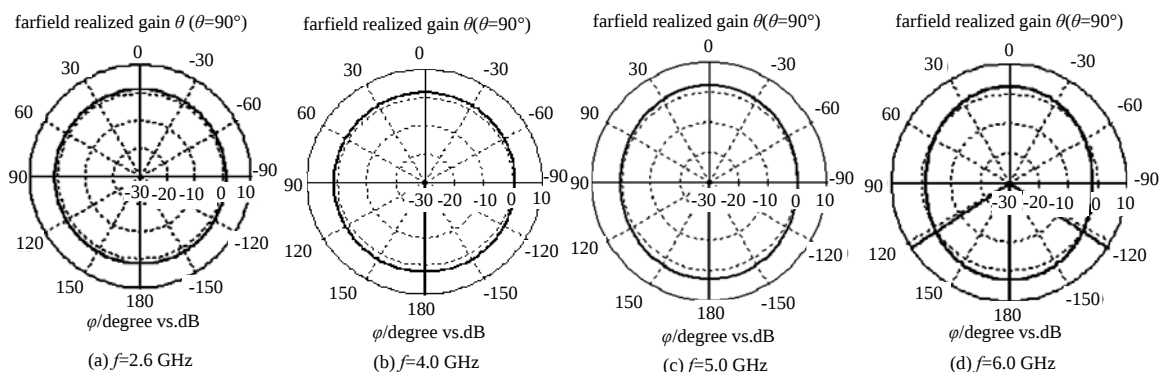


Fig.4 Antenna radiation pattern of horizontal plane
图 4 天线水平面方向图

3 天线的测试验证

根据仿真优化的尺寸, 加工了天线样件, 天线样件安装面以上尺寸为 30 mm×32 mm×11.8 mm, 质量 18 g, 如图 5 所示。采用矢量网络分析仪对天线样件进行了电压驻波比测试, 天线远场辐射特性在微波箱型暗室进行测试^[8], 测试结果如图 6、图 7 所示。图 6 所示的测试结果表明天线在工作频段 2.6~6 GHz 内电压驻波比 $VSWR < 2.5$, 且与仿真结果较好吻合, 水平面方向图全向覆盖, 满足工程应用需求。其中方向图的凹陷部分, 是由于架设工装影响造成的。

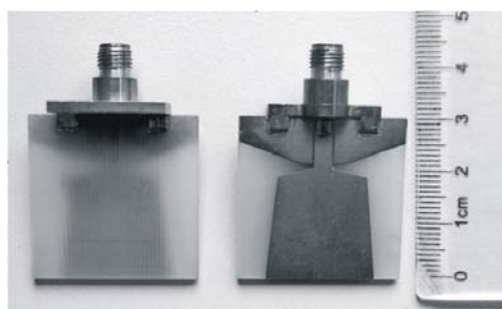


Fig.5 Pictures of the real antenna
图 5 天线样件照片

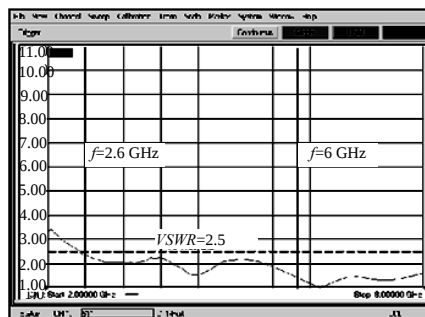


Fig.6 Measured VSWR of antenna
图 6 天线实测电压驻波比

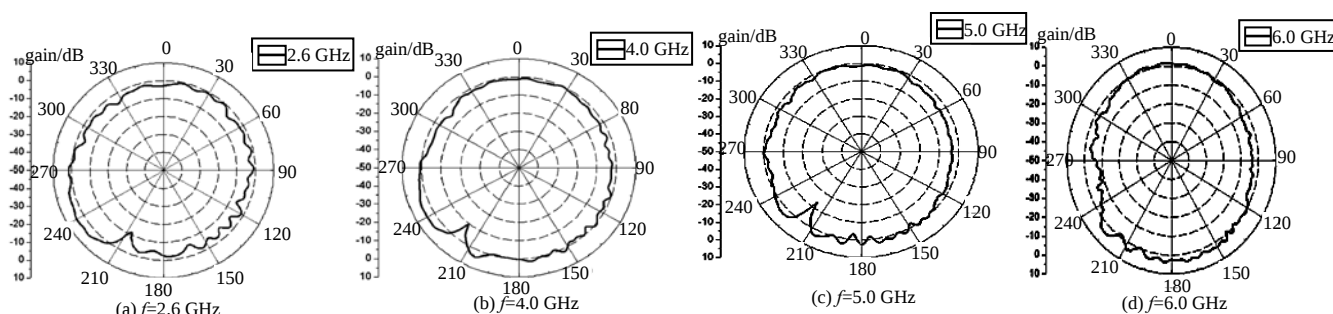


Fig.7 Antenna radiation pattern of horizontal plane
图 7 天线水平面方向图

4 结论

本文根据星载无缆通信的需求, 首先设计了星载小型化宽带全向印制天线, 其次通过 CST 软件进行了仿真优化设计, 最后加工了天线实物样件, 样件安装面以上尺寸为 $30\text{ mm} \times 32\text{ mm} \times 11.8\text{ mm}$, 质量 18 g , 在整个工作频段 $2.6 \sim 6\text{ GHz}$ 内电压驻波比 $VSWR < 2.5$, 水平面方向图全向覆盖, 满足工程需求。该天线具有结构简单、便于加工、工作带宽宽、结构尺寸小、质量轻等诸多优点, 具有较高的工程推广价值。

参考文献:

- [1] HERSCOVICI N, SIPUS Z, KILDAL P S. The cylindrical omnidirectional patch antenna[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2001, 49(12): 1746–1753.
- [2] 薛欣, 张福顺, 冯昕昱, 等. 双圆极化微带天线的设计[J]. 电波科学学报, 2010, 25(2): 393–397. (XUE Xin, ZHANG Fushun, FENG Xingang, et al. Design of dual-circularly-polarized microstrip antenna[J]. Chinese Journal of Radio Science, 2010, 25(2): 393–397.)
- [3] MA T G, JENG S K. A novel compact ultra-wideband printed dipole antenna with tapered slot feed [C]// IEEE antennas and propagation society international symposium. Piscataway: IEEE, 2003: 608–611.
- [4] 周云林. 一种相位中心稳定的层叠双频导航天线设计[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2016, 14(4): 596–598. (ZHOU Yunlin. Design of dual-band stacked navigation antenna with stable phase center[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2016, 14(4): 596–598.)
- [5] 钟顺时. 微带天线理论与应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1991. (ZHONG Shunshi. Antenna Theory and Techniques[M]. Xi'an: Xidian University Press, 1991.)
- [6] 连铎, 郭庆功. 一种小型化超短波单极子天线设计[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2013, 11(3): 416–419. (LIAN Hua, GUO Qingong. Design of a small ultra-short wave monopole antenna[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2013, 11(3): 416–419.)
- [7] 樊磊, 骆延, 黄卡玛, 等. 一种基于分形结构的树生长微带天线设计[J]. 太赫兹科学与电子信息学报, 2014, 12(2): 229–232. (FAN Lei, LUO Yan, HUANG Kama, et al. Design of a tree-growth microstrip antenna based on fractal structure[J]. Journal of Terahertz Science and Electronic Information Technology, 2014, 12(2): 229–232.)
- [8] 张福顺, 张进民. 天线测量[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1995. (ZHANG Fushun, ZHANG Jinmin. Measurement of Antennae[M]. Xi'an: Xidian University Press, 1995.)

作者简介:



薛 欣(1985–), 男, 陕西省咸阳市人, 工程师, 主要研究方向为电小天线、阵列天线及相控阵天线等. email: xuxwindy@163.com.

韩运忠(1971–), 男, 山东省泰安市人, 高级工程师, 主要研究方向为航天器天线、航天器微波载荷等。

段江年(1984–), 男, 陕西省咸阳市人, 工程师, 主要研究方向为航天器天线结构等。

张 杰(1983–), 男, 河北省三河市人, 工程师, 主要研究方向为航天器天线等。

江 涛(1985–), 男, 山东省潍坊市人, 工程师, 主要研究方向为航天器天线等。