

一种基于 HFSS 的 4GHz 双模圆锥喇叭卫星天线设计

冯庆玉¹ 杜汪洋²

1. 中国传媒大学信息工程学院 100024

2. 装备指挥技术学院装备采办系 101416

Design of 4GHz dual mode conical horn satellite antenna based on HFSS

Feng Qingyu¹ Du Wangyang²

1. School of Information Engineering, Communication University of China, Beijing 100024, China

2. Department of Equipment Acquisition, the Academy of Equipment Command & Technology, Beijing 101416, China

摘要

为解决在通讯卫星上使用 C 频段下行链路频率带天线存在的辐射稳定性和中继天线接受问题,提出一种双模圆锥喇叭天线的优化设计方法,计算出了的天线结构尺寸,应用 HFSS 对其进行仿真,给出了仿真结果,结果表明该天线具有结构简单、辐射方向图较好的特点。

关键词

HFSS 方向图;双模圆锥喇叭;卫星天线

中图分类号: TN82

文献标识码: B

Abstract

In order to solve problems on trunk antenna gain and the instability of antenna radiation on Telstar, which use from on C Broadband as downlink, give out an optimize design of dual mode conical horn, then the size of the antenna framework is reckoned, which is analyzed by HFSS Method, and the simulation results are presented. The outcome testifies the proposed antenna has simple structure, good radiation pattern.

Key words

HFSS radiation pattern; dual mode conical horn; satellite antenna

1 引言

现有星载天线因热变形,展开精度而导致性能的不稳定性一直无法得到解决^[1],因而采用更有效的天线元减少伸展面积是解决问题的一个途径。喇叭天线是微波频段上广泛使用的天线,其用途主要有两个方面^[2]:(1)作为独立天线使用;(2)用来照射不同形式的反射面或透镜。近年喇叭天线的核心课题^{[3][4]}是研究开发设计在双频段、多

频段、极宽频带上具有优良性能的馈源喇叭天线,其设计基本要求是合适的幅度方向图和相位方向图、相位中心,低交叉极化和所需的频带宽度。本文设计了一种双模圆锥喇叭天线,通过 HFSS 设计优化了天线的尺寸,通过仿真得到了较好的二维、三维方向图,对于进一步改进提高星载、地面接收天线性能具有重要的应用价值。

2 天线工作原理

喇叭天线通过馈电段向移相段输入电磁场,通过波模的激励、传输和控制到达喇

叭口面形成口面场,由口面向空间辐射,在辐射区干涉叠加,形成了辐射场在空间的分布^[5]——幅度方向图和相位方向图,并得到各项辐射性能。在双模圆锥喇叭中,使用主模 TM_{11} 和另一个高次模 TE_{11} ,主模圆波导的模在台阶处激发若干高次模,选择尺寸 α 、 A ,台阶比 $\rho = \alpha / A$,使之能传输 TM_{11} 和 TE_{11} 模,其余可能激起的高次模被截止。

3 天线结构参数确定

本天线设计的结构参数有:激励段小

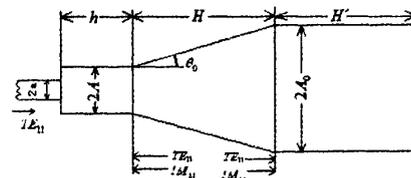


图1 喇叭天线结构示意图

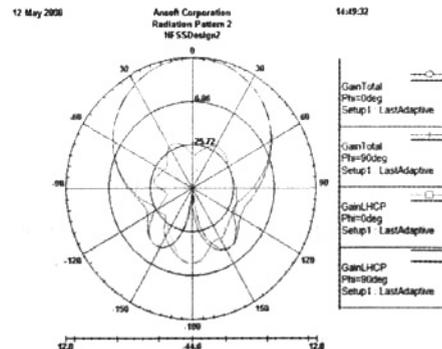


图3 天线二维远区方向图

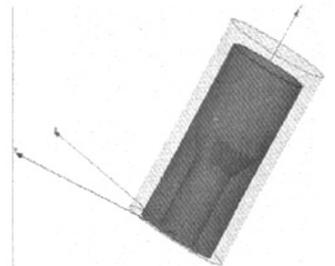


图2 HFSS 模型

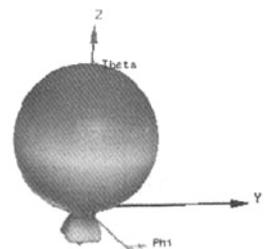


图4 天线三维远区方向图

圆波导半径 a 和长度 L , 移相段喇叭口面半径 A 和喇叭轴向长度 h , 辐射段大圆波导半径 A_0 和轴向长度 H . 激励小圆波导的长度 L 取半个波导波长 λ_g 来衰减可能引起的高次模. 由双模圆锥喇叭对台阶的要求 $1.84 < k\alpha < 3.83$ 以及 $3.83 < kA < 5.33$, 得 $\alpha \in (0.860, 1.800)\text{in}$; $A \in (1.800, 2.505)\text{in}$. 根据 TM_{11} 模与 TE_{11} 模振幅复矢量之比确定口面模比 M_{11} . 喇叭近似无耗, 取台阶处的模比 $M_{11,0} \approx M_{11}$, 而 $|M_{11,0}| \approx 3.41(1 - \sqrt{\rho})$, 可求得台阶 $\rho = 0.5406$. 再由 $\tau = 1/\rho$ 与 θ_0 的近似关系^[6]得出 θ_0 , 由 $\rho = \alpha/A$ 确定的比值关系对 α , A 取一组等间隔值, 最后根据以下公式和工作频率 4GHz 可计算出一组天线各部分尺寸.

$$h = (A - \alpha) \cot \theta_0,$$

$$\theta_0 = 44.6^\circ / (2A_0/\lambda),$$

$$H = 0.75\lambda \left\{ 1 - [1.84/(kA_0)]^2 - \sqrt{1 - [3.81/(kA_0)]^2} \right\},$$

通过 HFSS 建模仿真, 对方向图副瓣数及辐射单向性的对比筛选, 得出当天线各部分尺寸如下: $\alpha = 1.045\text{in}$, $A = 1.933\text{in}$, $A_0 = 5.566\text{in}$, $H = 1.535\text{in}$, $h = 4.24\text{in}$, H' 任取一正值时设计天线方向图最优, 有最少副瓣数和高增益.

其在 HFSS 高频三维仿真软件中构建的模型如图 2 所示.

4 仿真结果

图 3、图 4 为 Ansoft HFSS 仿真得到的天线二维、三维远区方向图, 优于近年来设计的新型卫星天线.

天线增益方向图如图 5 所示.

在 $3.7\text{GHz} \sim 4.2\text{GHz}$ 频段上驻波比如

表 1 所示.

5 结论

虽然该尺寸天线未在其余频段上仿真, 但喇叭天线频带宽的特性一般优于其它类型天线, 且只针对卫星 C 频段下行链路 $3.7\text{GHz} \sim 4.2\text{GHz}$ 窄频带, 变化区间小, 涉及天线的尺寸可以限制在 $6\text{in} \times 6\text{in} \times 7\text{in}$ 空间内, 采用新材料可以在不大量增加卫星负荷的情况下提高天线性能.

参考文献

- [1] 程亮. 大口径星载雷达天线结构分析[J]. 江苏: 电子机械工程, 2007, 5: 24-26.
- [2] 王长清. 现代计算电磁学基础[M]. 北京: 北京大学出版社, 2005.
- [3] 秋实, 高红卫等. E面和H面方向图等化的双模圆锥喇叭设计[J]. 北京: 强激光与粒子束, 2005, 17: 1236-1238.
- [4] Shlager K L, Smith G S, Maloney J G. Optimization of bow-tie antennas for pulse radiation, IEEE Trans Antennas Propagat, 1994, 42: 975-982.
- [5] 林昌禄. 天线工程手册[M]. 北京: 电子工业出版社.
- [6] 陈文豫. 台阶双模圆锥喇叭及其频带宽[J]. 邮电部第四研究所, 1979.

作者简介

冯庆玉 (1983-), 女 (汉族), 湖北洪湖人, 硕士研究生. 主要研究方向: 电磁场与微波技术, 卫星通信等;
杜汪洋 (1980-), 男 (汉族), 湖北洪湖人, 讲师, 硕士. 主要研究方向: 通信与信息系系统, 通信对抗等.

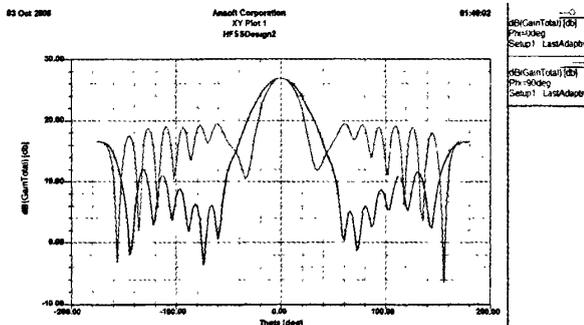


图 5 天线增益方向图

表 1

频率/GHz	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2
驻波比	1.215413	1.201473	1.185654	1.199213	1.176592	1.198475

上接第 109 页

(PC104) 功能完善, 界面丰富, 数据存储量大, 但由于 PC104 噪声大, 晚期信号淹没在噪声中很难提取, 从而丢失了一部分有用信息, 同时工控机功耗大, 给野外长时间工作带来不便. DSP 芯片集实时处理能力和控制能力于一身, 功耗低, 具有灵活的操作性和高速的运算能力, 为控制系统应用提供了理想的解决方案. 目前已有的 DSP 系列接收机主要是双 CPU 工作, 即 DSP 和单片机联合作, 其电路复杂, 逻辑性要求高, 推广使用不便. 为此, 本文中采用单 DSP 为主控制器, 主要完成对发射系统和瞬变信号数据采集的控制及数据的实时处理. 采用单 DSP 的优点主要在于其功耗低, 抗干扰能力强, 并且成本低, 体积小, 电路简单, 实时性强, 同时可以对后期数据的复杂算法进行

快速处理.

在进行数据采集过程中, 信号首先通过传感器将磁信号转变为电信号, 再通过放大器放大, 并且滤掉高频干扰信号, 由 A/D 转换器将模拟信号转换成数字信号后, 送入微机处理上传到上位机并存储.

接收线圈接收一次场激发的二次场, 前段调理提供信号的匹配, 钳位电路对输入的高动态范围的二次场信号钳位, 以保护后端电路的安全, 低通滤波器对输入信号进行滤波处理, 前段采样对输入信号进行初采样, 决定后端浮点放大的放大倍数, 后端采样对浮点放大的瞬变信号进行二次采样, 同初次采样的数据在 CPLD 时序控制下编入 FIFO, 在 DSP 的干预下, 对采集的数据进行再次数据重组, 以还原采样数据. 通过通信接口, 将获取的瞬变信号数据发送到笔记本中.

参考文献

- [1] 林君. 电磁法仪器在工程与环境中的应用现状. 物探与化探, No. 3, 2000.
- [2] 静思杰, 李志聘. 瞬变电磁法基本原理[J]. 北京: 中国煤田地质, 1995, 7(2), 83-87.
- [3] 刘丽萍. 基于 DSP 的瞬变电磁数据采集系统的研制 [D]. 长春: 吉林大学硕士学位论文, 2005
- [4] 嵇艳鞠. 浅层高分辨率全程瞬变电磁系统中全程二次场提取技术研究[D]. 长春: 吉林大学博士学位论文, 2004

HFSS 视频培训课程推荐

HFSS 软件是当前最流行的微波无源器件和天线设计软件，易迪拓培训(www.edatop.com)是国内最专业的微波、射频和天线设计培训机构。

为帮助工程师能够更好、更快地学习掌握 HFSS 的设计应用，易迪拓培训特邀李明洋老师主讲了多套 HFSS 视频培训课程。李明洋老师具有丰富的工程设计经验，曾编著出版了《HFSS 电磁仿真设计应用详解》、《HFSS 天线设计》等多本 HFSS 专业图书。视频课程，专家讲解，直观易学，是您学习 HFSS 的最佳选择。



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程，是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装，可以帮助您从零开始，全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装，更可超值赠送 3 个月免费学习答疑，随时解答您学习过程中遇到的棘手问题，让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

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，可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>



更多 HFSS 视频培训课程:

● 两周学会 HFSS —— 中文视频培训课程

课程从零讲起，通过两周的课程学习，可以帮助您快速入门、自学掌握 HFSS，是 HFSS 初学者的最好课程，网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/1.html>

● HFSS 微波器件仿真设计实例 —— 中文视频教程

HFSS 进阶培训课程，通过十个 HFSS 仿真设计实例，带您更深入学习 HFSS 的实际应用，掌握 HFSS 高级设置和应用技巧，网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/3.html>

● HFSS 天线设计入门 —— 中文视频教程

HFSS 是天线设计的王者，该教程全面解析了天线的基础知识、HFSS 天线设计流程和详细操作设置，让 HFSS 天线设计不再难，网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/4.html>

● 更多 HFSS 培训课程，敬请浏览: <http://www.edatop.com/peixun/hfss>

关于易迪拓培训:

易迪拓培训(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),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相关培训课程和 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讲授,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>