

Ku 波段静中通环焦反射面天线的设计

伍捍东 王英英 李科娟 王立志 潘云飞 魏茂华

(西安恒达微波技术开发公司 西安 710061)

摘要: 环焦天线在卫星通信地球站天线中有其独特的地位。本文提出应用于静中通系统中的 Ku 波段环焦反射面天线的设计方案，并给出仿真设计及实测结果，表明本设计方案完全满足使用要求。

关键词: Ku 波段，静中通，环焦反射面天线。

Ring-focus Antenna Design for Ku-band Transportable Satellite Communication System

Wu Handong, Wang Yingying, Li Kejuan, Wang Lizhi, Pan yunfei, Wei Maohua

Xi'an HengDa Microwave Technology Development Company Xi'an 710061

Abstract: Ring-focus antenna is a typical component in satellite communication earth station antenna system. This paper presents a ring-focus antenna design for Ku-band transportable satellite communication system. The simulation design and test data have been provided to prove that the solution meets all of the application requirements.

Keywords: Ku-band; Transportable Satellite Communication System; Ring-focus Antenna

1 概述

所谓静中通天线是指在固定地点能够自动寻星的卫星通信地球站天线系统。适用于开车到郊外的旅游者、军事系统野外作业车辆以及相关部门野外工作车。所以该天线需具有小型、携带方便、操作简单等特点，天线形式一般选用反射面、喇叭微带等^[1]。环焦天线在国外通常称为抛物线焦轴偏移轴对称双镜天线，环焦天线在卫星通信地球站天线中有其独特的地位，特别是在中小型卫星通信地球站天线中，用这种天线可以克服作为初级馈源的波纹喇叭所引起的遮挡大于副镜所造成的次级遮挡的缺点，从而开辟了中小口径天线低旁瓣化和高极化鉴别率的新途径^[2]。介于静中通对天线的要求和环焦反射面天线电压驻波比极低、远近轴旁瓣特性较好、馈源的遮挡永远小于副镜遮挡等优点，选用环焦反射面天线作为静中通天馈线部分是可行的。

2 Ku 波段环焦反射面天线设计

2.1 环焦天线原理

环焦天线分为两类，一类是副反射面母线为椭圆形的，另一类是副反射面母线是双曲面形的，我们选用了具有广阔应用前景的副反射面母线为椭圆形的环焦天线反射面天线，如下页图 1 所示：

图 1 中，源为馈源喇叭的相位中心，是椭圆的一个焦点，它位于环焦天线的对称轴 AA' 上；BP 是主镜抛物线的母线；O' 是该线的焦点，又是椭圆的另一个焦点；K₁ 是馈源喇叭的口面中心；D 是环焦天线的口面直径；O'' 是以 AA' 为轴、与抛物线 BP 对称的另一抛物线 B'P' 的焦点；T 是副反射面的顶点（在 AA' 轴上）；D_s 是副面的直径；θ_v 是抛物线 BP 上任一点与 O' 的连线与 BO' 的夹角；θ_{vm} 是与 PO' 与 BO' 的夹角、是 θ_v 的最大值；θ 是副面母线上任一点与馈源喇叭相位中心 O 的连线 AA' 轴的夹角；θ' _m 是副面母线边缘 M 与 O 的连线与 AA' 轴的

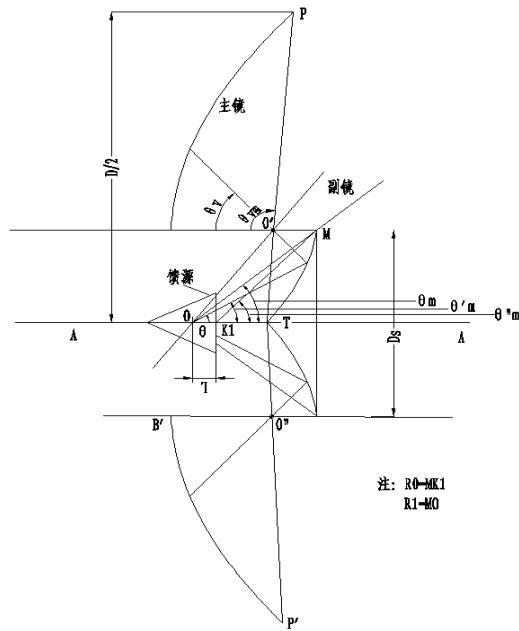


图 1

夹角, 是 θ 的最大值; θ_m 是 OO' 与 AA 轴的夹角; θ''_m 是副面母线的边缘点 M 与馈源喇叭口面中心 K_1 的连线与 AA 轴间的夹角; L 是馈源喇叭口面中心 K_1 到其相位中心 O 的距离。 R_0 是副面母线边缘 M 到馈源喇叭口面中心 K_1 的距离, 即 $R_0=MK$; R_1 副面母线边缘点 M 到馈源喇叭相位中心 O 的距离, 即 $R_1=MO$ 。

由馈源喇叭辐射的电波, 其波束的峰值入射到副面的顶点 T , 经反射后过 O' 点射向 P 点; 而入射到副面边缘 M 点的电波经反射后射向主反射面 B 点。经主反射面反射后, 形成平行光辐射。

2.2 Ku 波段副反射面母线是椭圆的环焦天线设计

2.2.1 θ_{vm} 的设计

对于大、中型卫星通信地球, 一般 $\frac{D_s}{D} \approx 0.1$ 是一种有利于降低近轴旁瓣的选择, 根据要求, 主面为环焦抛物面, $\varphi 0.6m$; 副面为椭圆, $\varphi 0.06m$;

$$\theta_{vm} = 2 \operatorname{tg}^{-1} \left[\frac{D - D_s}{4F} \right] = 93.9^\circ$$

2.2.2 波纹喇叭口面尺寸的设计^[3]

选定馈源喇叭对副面边缘照射锥削和喇叭口面的相差 Φ_m 后, 确定其空间因子, 再选定 θ_m'' , 求出

馈源喇叭波纹槽的内半径 a_h 。再根据 $R_0 = \frac{D_s/2}{\sin \theta_m''}$ 求出副面边缘到波纹喇叭口面中心的斜距 R_0 。

2.2.3 其它参数的设计

确定出喇叭长度和喇叭张角 θ_0 。利用式

$$l = 0.88L = \frac{0.88\pi a_h^2}{\phi_m \lambda}$$

求出喇叭相位中心到喇叭口面的距离, 然后求出喇叭的相位中心到副面边缘的余距 R_1 。

根据公式求出副反射面的离心率和放大系数, 再求出副面顶点到喇叭相位中心的距离 OT 。再根据公式求出椭圆的焦距和椭圆长轴。

将波纹喇叭尺寸带入 CST 中仿真计算, 仿真模型和结果见图 2、图 3。其中图 3 中(a)、(b)分别是接收频段的 E 面、H 面方向图, (c)、(d)分别是发射频段的 E 面、H 面方向图。

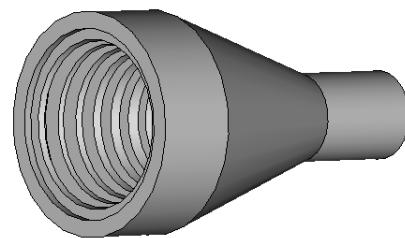
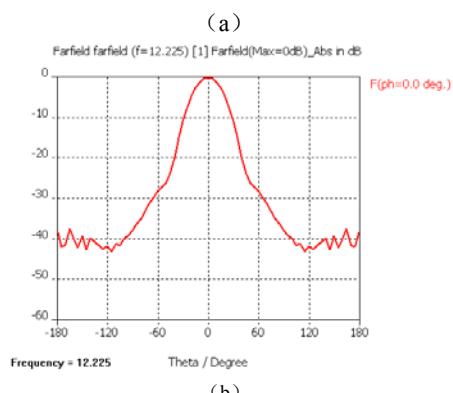
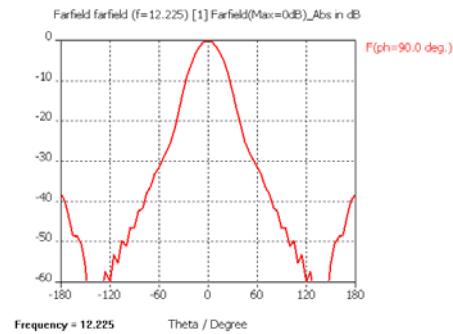


图 2 波纹喇叭仿真模型



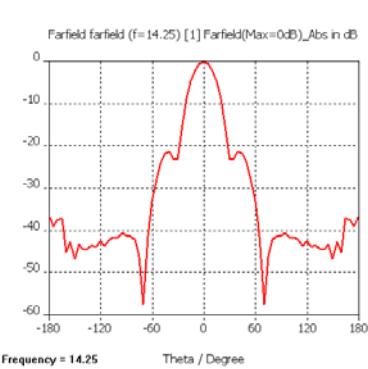
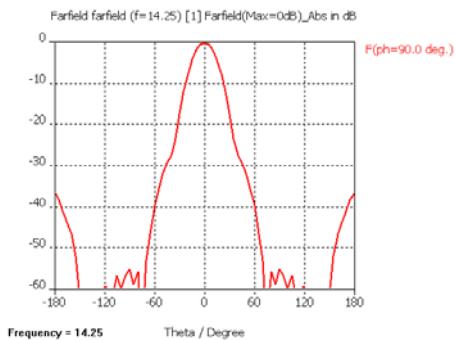


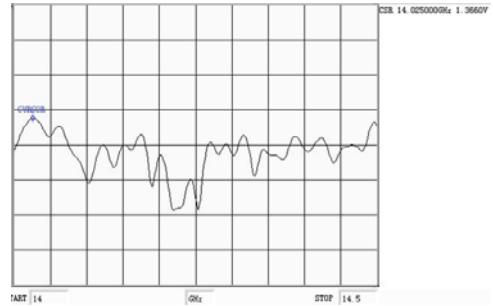
图 3 波纹喇叭仿真结果

3 天线测试结果及结论

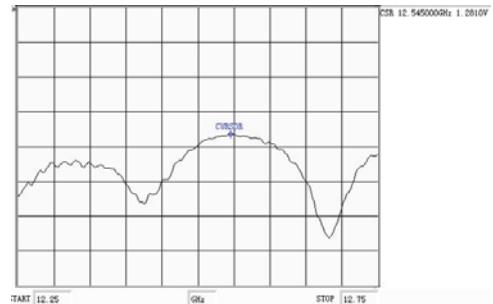
根据以上设计结果, 加工制造天线实物如图 4 所示, 采用恒达微波技术开发公司天线测试系统^[5], 对天线进行测试, 其驻波特性曲线见图 5, 方向图曲线见图 6。



图 4 天线实物图

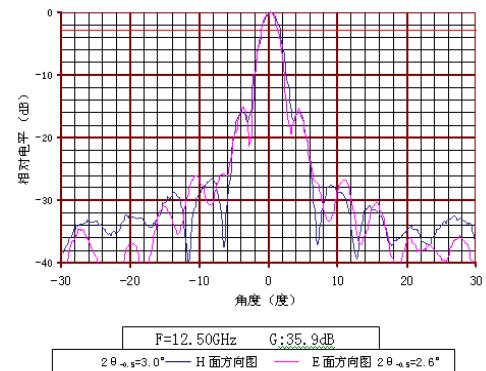


(a) 发射

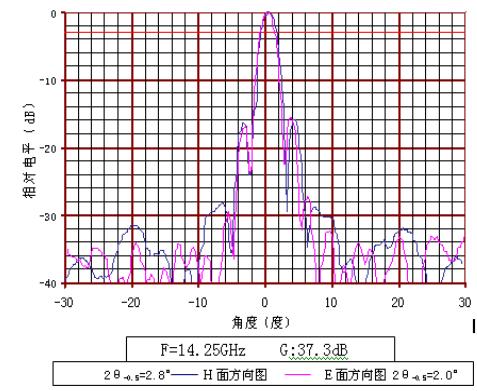


(b) 接收

图 5 驻波特性曲线



(a) E 面



(b) H 面

图 6 幅度方向图

实测结果：

- 接收频段增益：大于 35.8dB, 发射频带增益：
大于 37.2dB;
- 波束宽度： $2.6^\circ \sim 2.8^\circ$;
- 电压驻波比：小于 1.4;
- 第一旁瓣电平：小于-15 dB;
- 交叉极化隔离度：大于 25 dB;
- 收发端口隔离：大于 85 dB。

满足了设计使用要求。

参 考 文 献

- [1] 沈民谊、蔡镇远编著，《卫星通信天线、馈源、跟踪系统》，人民邮电出版社，1993，pp.26-31.
- [2] 林昌录主编，《天线工程手册》，电子工业出版社，2002，pp.608-610.
- [3] 章日荣、杨可忠、陈木华编著，《波纹喇叭》，人民邮电出版社，1988，pp.59-79.
- [4] 林昌录主编，《近代天线设计》，人民邮电出版社，1990，pp.450.
- [5] 西安恒达微波集团，《微波与毫米波》，2007，pp.78.

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)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)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力于专注于微波、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>