

# 5m 抛物面双工自跟踪天线

杨文彩

(航天科技集团公司 704 所 北京 100076)

**摘 要** 介绍一种在单通道单脉冲基础上引入上行信道的 5m 抛物面双工自跟踪天线, 讨论该天线各部分的组成及需要解决的问题, 给出天线的主要性能指标。

**主题词** “自跟踪天线” “单通道单脉冲” “双工器” “馈电网络”

## 引 言

在 WYCK 统一测控系统中, 天线分系统包括两组 L 频段上行与 S 频段下行的天线。其中一组是中间的 5m 抛物面天线, 它同时具有 L 上行和 S 下行的功能; 另一组是挂于两侧的以 0.8m 小抛物面天线作上行和四元短背射天线阵(又称引导天线)作下行。该天线分系统示图 1。两组天线共用一个天线座, 可同时使用, 也可单独使用。本文叙述含有双工功能的 5m 抛物面自跟踪天线(又称主天线)。

当前, 我所遥测用的自跟踪天线都采用 80 年代国际上流行的单通道单脉冲体制, 也即在射频通道中将方位和俯仰两路误差信道叠加于和信道上变成一路输出的技术。5m 抛物面双工自跟踪天线则是在 S 频段单通道单脉冲的基础上引入 L 频段上行信道而成, 从而构成一种独特的宽频段双工自跟踪天线形式。

由于双工自跟踪天线的研制成功, 使得只作接收的遥测业务领域可以向外测、安控扩展, 形成新的统一测控系统。

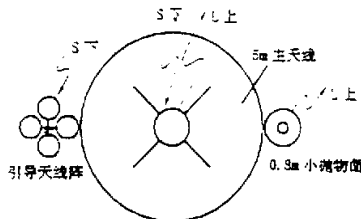


图 1 WYCK 天线分系统(正视)

## 1 设备的组成与工作特点

如图 2 所示, 5m 双工自跟踪天线是一个直径为 5m 的抛物面天线<sup>[1]</sup>, 前置式<sup>[2]</sup>, 位于焦点处的是双工馈源。完整的双工馈源由含有宽频段工作的中心单元的五元照射器、双工器、单通道单脉冲馈电网络及相应的匹配电缆组成, 该双工馈源的组成框图示于图 3。

工作时, 90°桥将正交振子接收到的两个线极化分量变成左、右旋圆极化信号。由 2×180°桥形

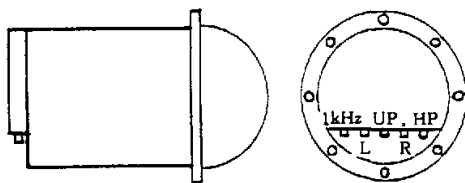


图 2 馈源外形

收稿日期: 2000-02-20

成的方位差信号  $\Delta A$  和俯仰差信号  $\Delta E$  分别在  $0/\pi$  调制相加器中被相位差  $90^\circ$  的两个 1kHz 方波信号调制,产生被调制的合成差信号  $(\Delta A + \Delta E)$ ,此信号经 12dB 定向耦合器与中心单元的和信号  $(\Sigma)$  叠加,获得单通道信号  $\Sigma + K(\Delta A + \Delta E)$ ,其中  $K$  为耦合因子。最后经滤波器、低噪声放大器输出。当天线对准目标时,误差信号  $\Delta A$ 、 $\Delta E$  为 0,和信号  $\Sigma$  没有被调制,即信道的误差电压为 0;当目标偏离天线轴线时, $\Delta A$  和  $\Delta E$  不为 0,和信号  $\Sigma$  被调制,其调制方波包络及深浅分别代表误差电压  $\Delta A$  和  $\Delta E$  及其大小,经接收机解调后,供伺服驱动天线跟踪目标。

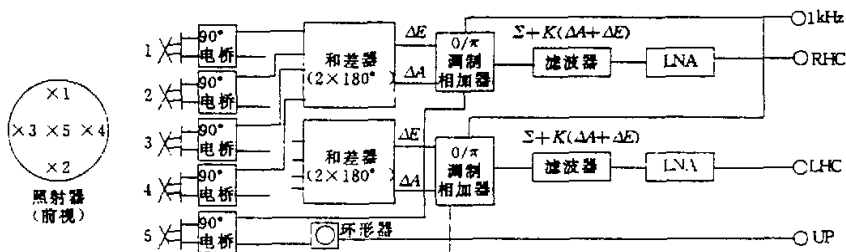


图 3 双工馈源组成方框图

L 频段上行信号经环形器后由中心单元直接发射出去。在本馈源中,上行回路只用一个旋向,即右旋圆极化。发阻滤波器用于对 L 频段信号进行抑制,而使 S 频段信号通过。

## 2 抛物面反射体的设计

5m 抛物面反射体的结构设计包括中心体、瓜瓣和馈源支撑架三部分。其中直径为 2.4m 的中心体(不超过运输车辆规定的车身宽度)固定在天线座上,不拆卸,运输时随天线座卧倒在半挂车上。瓜瓣共 16 块,可装拆。使用时采用定位销钉固定在相应的辐射架上,以使抛物面的型面精度保持不变。馈源支撑架与辐射架的固定也采用定位销钉。因此,虽经多次反复拆装,抛物面的同轴度可保持不变。正由于抛物面的设计采用多项定位措施,用户无需在现场作机械调整检测,天线的性能一直处于良好状态。在抛物面结构设计中,考虑到用于海边风大的工作环境,在 16 块后瓣上采取打孔措施,不仅减轻了重量,也加强了风负载能力。另外,按“三防”要求,从选材、表面处理、喷涂面漆等具体环节均采取了有效的措施。

## 3 馈源的设计

### 3.1 照射器

如图 3 左侧所示,照射器的五元阵按菱形排列,阵间距为  $1.30\lambda$ 。中心单元为宽带对称振子,产生 L 和 S 频段的和信号,故亦称和单元。周围的四个对称振子分别产生 S 频段的差信号,故亦称差单元<sup>[3]</sup>。

对于前置抛物面天线来说,其天线的性能主要由照射器的性能决定<sup>[2]</sup>,亦即只有照射器提供合理的照射波束、良好的匹配特性,才能保证天线的增益、波束宽度、旁瓣电平以及适当的和差矛盾。

为了满足 750MHz 宽频段工作的要求,中心单元不能选用一般的振子,必须作展宽频带的设计。

### 3.2 双工网络

馈源中的双工网络由宽带 90°桥、宽带环行器、发阻滤波器等组成,与照射器的中心单元相连,其原理图示于图 4。宽带环行器以其不可逆的传输特性构成收/发两个分离的信道<sup>[4]</sup>。发阻滤波器在 S 频段有较低的插损,以保证 S 频段信号通过,而对 L 频段有很高的抑制度,加上环行器自身的隔离比,最终收/发信道的隔离比大于 90dB。

3.3 单通道单脉冲馈电网络

单通道单脉冲馈电网络<sup>[4]</sup>如图 3 所示。单通道单脉冲馈电网络中的所有射频器件全部采用  $\epsilon_r=9.6$  的复合基片微带电路形式,利用计算机专用设计软件优化设计而得,并在生产中采用特殊工艺处理,具有工作频带宽、性能优良、体积小、重量轻等特点。

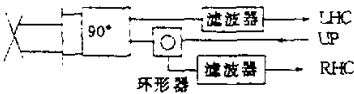


图 4 双工信道原理图

4 应重点解决的几个问题

- (1)照射器及相应网络的宽频段设计,其工作带宽为 750MHz,带宽比达 10%,这是研制中的首要难点。
- (2)在满足增益指标的同时,应采取降低旁瓣的综合措施,以利于低仰角或负仰角跟踪时克服多径效应的影响。天线最终达到的和波束旁瓣低于-18dB,差波束旁瓣低于-23dB。
- (3)馈电网络微带化、集成化的计算机设计技术和特殊的工艺既确保微带器件性能优良,又大大压缩体积和重量。
- (4)精密的幅/相调试技术不仅控制了各射频通道的最小插损,而且其相位差一般不大于  $\pm 5^\circ$ 。由于信道幅/相的一致性,左、右旋轴向偏差可控制在 3' 以内。
- (5)收/发信道的高隔离比( $\geq 90\text{dB}$ ),使单通道单脉冲馈源网络的传输特性不受任何影响。
- (6)抛物面反射体的结构设计采用多处环节的定位装置,可反复装拆而不使抛物面本身的型面精度和轴向精度产生变化,是天线性能始终保持良好状态的有力保证。

5 主要技术性能

本天线系统的主要技术性能如下:

天线口径	5m
工作频率	S 频段 2.2~2.3GHz; L 频段 1.55~1.62GHz
增益	S 频段 $G \geq 38.5\text{dB}$ ; L 频段 $G \geq 35.0\text{dB}$
波束宽度	S 频段 $2\theta_{0.5} \approx 1.8^\circ$ ; L 频段 $2\theta_{0.5} \approx 2.4^\circ$
旁瓣电平	$SL \leq -18\text{dB}$
极化	S 频段为左、右旋圆极化; L 频段为右旋圆极化
跟踪体制	单通道单脉冲
差波束零深	$\leq -30\text{dB}$
收/发隔离	$\geq 90\text{dB}$
上行功率	4W

## 6 结 论

5m 抛物面双工自跟踪天线是在单通道单脉冲技术的基础上引入上行信道而成,是新研制的一种双工自跟踪天线。由于馈源是一个独立的部件,它也可以用在其它不同口径的抛物面上,构成另外的双工天线。5m 抛物面双工自跟踪天线具有宽频段工作的能力,跨 L、S 两个频段,这在过去的遥测天线中是没有的。天线的低零深、低旁瓣有利于低仰角跟踪时抑制多径效应的影响,减少多径反射误差。馈源的体积小、集成度高,可减少对抛物面的遮挡,有利于提高增益。使用单位实践证明,本天线性能稳定可靠,低角跟踪效果显著。

## 参 考 文 献

- 1 H. 贾西克主编. 天线工程手册(第一版). 北京:国防工业出版社,1966:281~311
- 2 Rudge A W. The Handbook of Antenna Design. Vol 1. London Peter Peregrinns Led, 1982:123~142, 338~351
- 3 林昌绿等. 近代天线设计(第一版). 北京:人民邮电出版社,1990:98~139
- 4 顾其铮等. 微波集成电路设计(第一版). 北京:人民邮电出版社,1978:208~233, 276~320, 130~147

## 5m Paraboloid Diplex Auto-Tracking Antenna

Yang Wencai

**Abstract** The Design of a 5m paraboloid diplex auto-tracking antenna is introduced in this paper. The up-link radio frequency channel is based on a single channel monopulse sysstem. The composition of the antenna system with some important techniques are discussed. The main specifications are given too.

**Subject terms** Auto-tracking antenna Single channel monopulse(SCM) Diplexer Feed net

[作者简介] 杨文彩 1940 年生,1965 年毕业于北京航空航天大学无线电技术专业,研究员。一直从事天线与微波技术的研究设计。

## 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>