

文章编号:1005-6122(2006)04-0043-03

# 多波段共面天线的研究\*

陈 勇

(南京电子技术研究所,南京 210013)

**摘要:** 跟踪测量雷达因其精度要求,波束宽度很窄。为实现雷达自引导功能,本文介绍了一种跟踪测量雷达的多频段共面的天线技术,重点对共面天线设计、组合馈源设计以及双频段自引导概率计算进行了论述,并给出了一些设计实例和仿真计算结果。结果表明:多频段天线的应用完全可用一部雷达取代两部或两部以上的雷达。

**关键词:** 单脉冲,引导概率

## The Study on Multi-band Coplanar Antenna

CHEN Yong

(Nanjing Research Institute of Electronics Technology, Nanjing 210013, China)

**Abstract:** Because of the accuracy requirements of tracking radar, the beam width is very narrow. To implement the self-guidance of radar, the technology of multi-band coplanar antenna for tracking radar is described. The design of coplanar antenna, the design of composite feed and the self guiding probability calculation of dual-band radar are discussed specially. Some design examples and simulated results are given. The obtained results show that the application of multi-band coplanar antenna make it possible to use one radar to replace two or more radars.

**Key words:** Mono-pulse, Guiding probability

## 引言

脉冲测量雷达,因其测距及测角精度的要求,波束宽度很窄。为更好地捕获目标,通常为精密测量雷达配属引导雷达,这样做使设备量及操作人员大大增加。本文介绍一种C和S两波段共面天线的设计,雷达接收S波段遥测信号,同时将目标信号引入更小的C波段视场,完成自引导的功能。系统也可以作为通用雷达用于其它试验任务。

## 1 天线系统组成

天线系统由主、副反射面,C、S组合馈源,馈电网络组成。为了实现低旁瓣特性,天线选为标准卡塞格伦形式。C频段馈源采用五喇叭单脉冲形式,和喇叭选用方喇叭,其它4个差喇叭按“十”字分布在和喇叭周围;在C频段馈源周围排列8个S频段喇叭。C、S组合馈源如图1所示。

C频段和路馈电网络由圆极化器和正交模耦合器组成,差支路馈电网络由魔T、扭波导和90°弯波

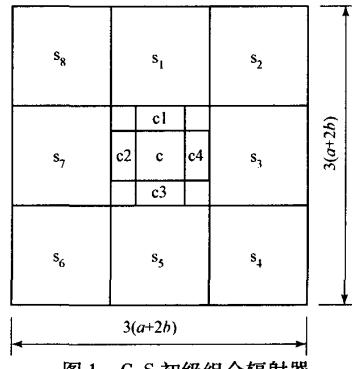


图1 C、S 初级组合辐射器

导组成。

S频段馈电网络由极化器、魔T、0/π调制器和10dB定向耦合器等组成。

## 2 天线反射面

根据系统对天线射频性能的要求,拟采用标准卡塞格伦天线。经天线电性能计算,选取主天线的主要参数为:

\* 收稿日期:2005-12-18;定稿日期:2006-03-17

- 主反射面直径:  $D_m = 10000\text{mm}$
- 主反射面焦、径比:  $F/D_m = 0.4$
- 副反射面直径:  $D_s = 1200\text{mm}$
- 副面边缘照射角:  $\theta_m = 17^\circ$

由以上基本参数可以得到主反射面照射角:  $\Psi_m = 2\tan^{-1} \frac{1}{(4F/D)} = 64.1^\circ$ , 副、主反射面直径比:  $D_s/D_m = 0.12$ 。

### 3 C 频段馈源

馈源是天线的关键器件之一, 天线的性能与它密切相关。设计的原则是: 综合考虑天线的和效率、第一副瓣电平以及差斜率, 在天线和效率与差斜率之间进行折衷设计, 使天线和效率、差斜率及第一副瓣电平都能满足要求。

初级辐射器采用多喇叭单脉冲体制。典型的多喇叭单脉冲体制有四喇叭和五喇叭两种形式。四喇叭的缺点是和差矛盾大, 和效率低, 因此选择和差性能较好的五喇叭单脉冲体制。五喇叭的布局如图2所示。中间的喇叭1为和喇叭, 在发射时, 对准目标辐射大功率电磁波; 接收时, 接收目标反射的微弱信号, 同时作为比较差信号的相位基准。四周的4个喇叭作接收用。喇叭2、4(上、下)提取俯仰差信号, 3、5(左、右)提取方位差信号。

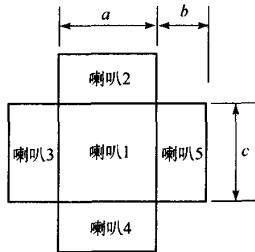


图2 C频段五喇叭

和喇叭的口径可以按天线和效率最佳选择, 也可以按差斜率最佳或和效率与差斜率的乘积最大选择, 在此, 我们按天线差斜率最佳并兼顾和效率来选择和喇叭的口径, 最终使得天线和效率及差斜率都能满足要求。

经仿真计算, 当副、主反射面之比为0.12时, 天线和效率、差斜率都可满足要求, 此时, 天线理论效率在65%以上, 和喇叭口径尺寸为:  $A = 100\text{mm}$ 。喇叭结构如图3所示。

C频段差喇叭尺寸的选取: 差喇叭选为矩形喇叭, 这样既可以提高差效率, 也可以使系统差斜率满

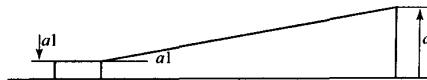


图3 喇叭结构示意图

足要求。计算仿真结果表明, 当差、和喇叭口径比为  $c/a = 1$ 、 $b/a \leq 0.52$  时, 计算的差斜率可以满足系统要求, 此时, 差喇叭口径尺寸为:  $c \times b = 100 \times 50\text{mm}^2$ 。

S频段初级辐射器由八喇叭组成, 喇叭口径边长为  $200 \times 200\text{mm}$ 。

### 4 和差网络

C频段和支路馈电网络由和喇叭和正交模耦合器构成; 差支路馈电网络由差喇叭正交模耦合器和魔T等主要部件组成。其组成原理如图4所示。

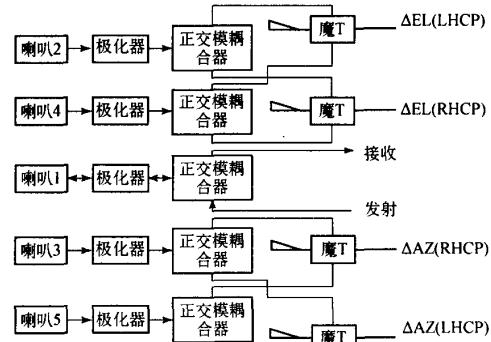


图4 C频段馈电网络示意图

S频段馈电网络由极化器、魔T、 $0/\pi$ 调制器和10dB定向耦合器等组成。其组成原理如图5所示。

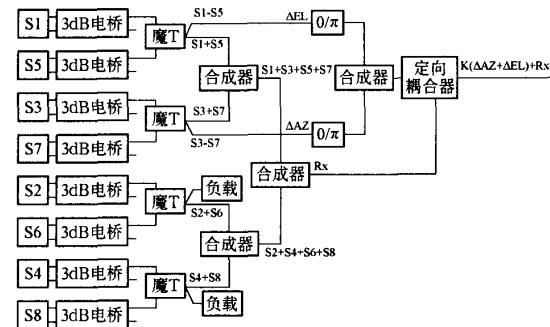


图5 S频段馈电网络示意图

## 5 天线系统的主要性能预算

### 5.1 天线辐射特性

根据设计的天线几何参数和馈源参数, 可计算中心频率的天线的辐射方向图, 由辐射方向图给出

的天线第一副瓣电平、半功率波束宽度、差峰值电平和差斜率见表1,计算的天线和、差辐射方向图如图6所示。

表1 天线和、差方向图特性(E面/H面)

参数	C波段	S波段
第一副瓣电平(dB)	-17/-21	-16/-16
半功率波束宽度(°)	0.32~0.36	1.15
差斜率(mil <sup>-1</sup> )	0.19	0.1
差波束零值深度(dB)	≤-30	≤-30

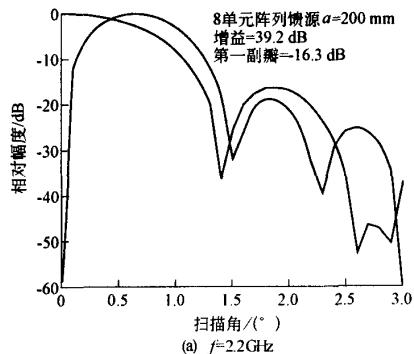
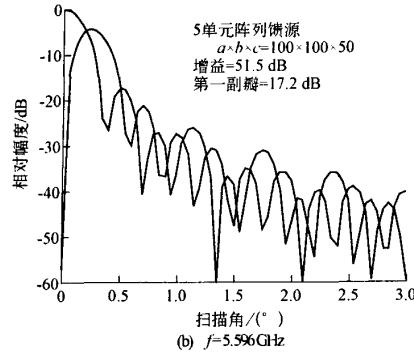
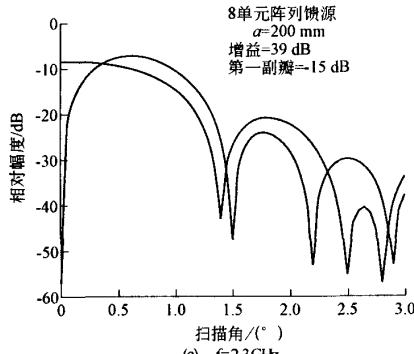
(a)  $f=2.2\text{GHz}$ (b)  $f=5.596\text{GHz}$ 

图6 计算的天线和、差辐射方向图

计算结果表明,当副、主面直径比 $\delta=0.12$ 时,C频段天线和方向图第一副瓣电平的理论计算值 $\leq -17\text{dB}$ 。

## 5.2 天线增益(天线方向性系数)

计算天线效率时考虑了多种效率损失因素,其中,天线面总精度按 $0.73\text{mm}$ ,其中,主反射面精度

为 $0.7\text{mm}$ ,副反射面精度为 $0.2\text{mm}$ ,口径效率中包括了馈源漏射效率、馈源系统相位损失效率和副反射面遮挡效率。计算结果见表2。

表2 天线方向性效率预算结果

参数	不同频段预算结果	
	5.596GHz	2.2GHz
口径效率(%)	95.0	34.8
馈源漏射效率(%)	46.5	54.8
副面支杆遮挡效率(%)	97.5	97.5
副面绕射效率(%)	95.0	90.0
交叉极化效率(%)	96.0	96.0
面精度效率(%)	97.0	99.0
天线辐射效率(%)	38.3	15.9
天线方向性系数(dB)	51.0	39.2

从天线增益、辐射特性、差斜率以及副瓣电平都可看出C、S共面天线各项指标都能达到或接近单一频段(C频段)的天线设计指标要求。但是为更好地抑制C频段高功率对S频段的影响,应在S频段场放的输入口加装带通滤波器。

## 6 自引导概率计算

S频段天线对C频段天线单次引导落入概率为 $R_0=0.2^\circ$ 。设 $\Delta A, \Delta E$ (引导设备的方位、俯仰系统误差)为 $0.42\text{mrad}$ ,设 $\sigma$ 为引导设备的角随机误差,并假设 $\sigma = \sigma A = \sigma E = 0.43\text{mrad}$ ,则

$$\frac{R_0}{\sigma} = 7.75, \frac{\sqrt{\Delta_A^2 + \Delta_E^2}}{\sigma} = 2.8\text{dB}$$

$\phi\left(\frac{R_0}{\sigma}, \frac{\sqrt{\Delta_A^2 + \Delta_E^2}}{\sigma}\right)$  为单次落入 $R_0$ 区域外的概率,约0.001,单次落入概率大于99%。

## 7 结束语

C和S两波段共面天线的设计,完全能够满足C波段跟踪雷达天线指标的要求,同时自引导的落入概率也能满足要求。如果后端再加上遥测终端,还能解调出遥测信号。这样就用一部雷达完成了两部雷达的功能。基于此,还可以考虑其它频段共面以及更多频段的共面设计。

## 参 考 文 献

- [1] 王德纯,丁家会,程望东,等.精密跟踪测量雷达技术.北京:电子工业出版社,2004
- [2] Barton D K. Radar System Analysis. Englewood Cliffs NJ: Prentice-Hall Inc, 1964

陈 勇 男,1991年毕业于北京航空航天大学电子工程系。长期从事雷达总体技术研究,承担了多个国家重点型号产品的研制。目前主要从事单脉冲测量雷达的研制工作。

## 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](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>