

宽带高增益精测向天线的设计

徐可荣

(船舶重工集团公司 723 所,扬州 225001)

摘要: 本文介绍一种具有和、差功能的宽带切割抛物柱面天线,相对于传统的测向天线而言,在对目标信号进行识别时,其高增益能够增加作用距离,较小的差零点漂移能提高其测向精度。

关键词: 测向 切割抛物柱面

The design of wideband high gain DF antenna

Xu Ke-rong

(The 723 Institute of CSIC, Yangzhou 225001, China)

Abstract: A kind of wideband cut parabolic antenna with both sum and difference pattern is introduced, the designing method and the simulation results of the antenna are provided, the measuring of the VSWR and the pattern of the antenna showed the success of this antenna. For the excellent performance of the high gain and small shift of the null over the band makes the antenna to be a good candidate of some high precision of direction finding system.

key words: direction finding, cut parabolic antenna

1 引言

众所周知,通常比幅测向的天线都将得到和、差两种信号,并且带宽较宽,不过由于常用的多元阵天线增益较低,波束宽度宽,测向精度受到限制。反射面天线具有高增益、窄波束的特点,而反射面的带宽主要取决于馈源的带宽,如果能够解决多模馈源的带宽问题,则可以将反射面天线用于侦察机的测向,这将大大提高其测向精度。

2 设计思路

总体电气要求天线在 2 个倍频程内方位面形成窄波束,并含有和、差支路;俯仰面宽波束。由于俯仰角波束较宽,反射面尺寸较小,馈源对反射体的副面遮挡较大,天线选用偏馈型式的抛物柱面,天线俯仰面的波束宽度由馈源的俯仰面波束宽度决定,方位面波束宽度由反射面确定。结合馈源计算

得出的初级方向图和结构要求选定焦距直径比,计算出反射面的尺寸。

由于侦察机需要在水平极化和垂直极化都具有测向能力,要求天线 45° 斜极化。馈源选用水平极化方式,在经过反射面以后用极化栅进行极化扭转。

3 天线的设计

抛物柱面天线是一抛物线沿一直线平移而成,如图 1 所示,其焦线为一直线。本天线馈源的相位中心在焦线的中心偏下位置,馈源初级照射最大值指向向上偏离角为 Φ ,而天线正常工作时波束指向为 0°,天线架设时向下偏置角度为 2 Φ 。

水平方向波束宽度要求为 4°~8°,按此要求可以计算出抛物面的口径 D:

$$D \approx 68 * \lambda / 2\theta_{0.5E} \quad (1)$$

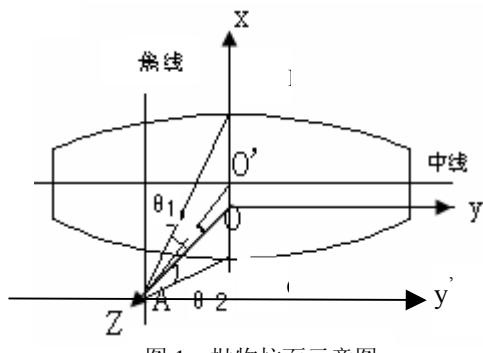


图 1 抛物柱面示意图

取 $F/D=0.4$, 可以得出焦距 F 值。由于俯仰口径总体有具体要求, 尺寸已经确定。从焦点到俯仰面上下边的角度应该一致, 取定馈源的偏置角度, 则可以确定焦点在焦线上的具体位置, 此时 $\angle OAB=\angle OAC$ 即 $\theta_1=\theta_2$ 。用 BAy' 面和 CAy' 面切割抛物柱面即可得到如图 1 所示的反射面外形。

4 多模馈源的理论设计

多模馈源的工作原理是用控制口面上场分布幅度及相位的方法, 实现对馈源方向图的控制, 因此对多模馈源各部分尺寸的选择需要进行严格的理论计算。主要依据以下几个方面:

4.1 主、次波导尺寸的确定

选定主波导尺寸 a_0 、 b_0 , 次波导尺寸 $a_1=a_0$, $b_1=b_0+\lambda/2$ 。如图 2 所示:

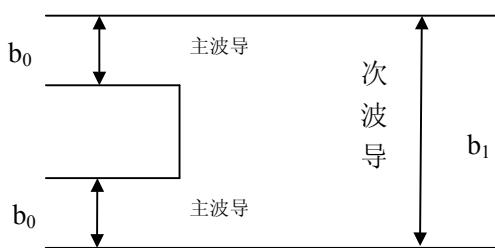


图 2 两侧激励 E 面模产生器

在单脉冲天线设计中, 对馈源的初级方向图有一定要求。多模馈源喇叭口的设计, 应使其初级方向图符合天线边缘锥削的要求。为了解决和、差矛盾, 需使和状态时, 馈源口径场尽量集中在中央, 使得有效的口径尺寸只有几何尺寸的一半。这样,

和、差状态下馈源口径的有效尺寸仍能满足 1:2 的关系。喇叭孔径尺寸 a_2 和 b_2 的选择, 应根据馈源 E 面方向图公式进行求解。

E 面差方向图:

$$G_{\Delta E} = \frac{1+\cos\varphi}{2} \cdot \frac{\frac{\pi b_2}{\lambda} \cdot \cos\left(\frac{\pi b_2}{\lambda} \sin\varphi\right) \cdot \sin\varphi}{1 - \left(\frac{2b_2}{\lambda} \cdot \sin\varphi\right)^2} \quad (2)$$

E 面和方向图:

$$G_E = \frac{1+\cos\varphi}{2} \cdot \frac{\sin\left(\frac{\pi b_2}{\lambda} \sin\varphi\right)}{\frac{\pi b_2}{\lambda} \sin\varphi} \left[\left(1 - \frac{\alpha}{3}\right) - \frac{\beta \left(\frac{b_2}{\lambda} \sin\varphi\right)^2}{1 - \left(\frac{b_2}{\lambda} \sin\varphi\right)^2} \right] \quad (3)$$

式中 β 为模比。

4.2 模比 β 的选择

对两侧激励, $0 < |\beta| < 2$, $\varphi_{12} - \varphi_{10} = \pi$, 也就是说模比 β 总是取负值。

4.3 喇叭长度的选择

l 必须满足下式:

$$l \geq \frac{1}{2\lambda} [a_2(a_2 - a_1) + b_2(b_2 - b_1)] \quad (4)$$

5 天线的模型及仿真

5.1 仿真模型

根据以上几点规则计算出馈源的尺寸, 并进行仿真优化, 将优化过的馈源模型与抛物柱面组合在一起进行仿真, 天线模型如图 3 所示。

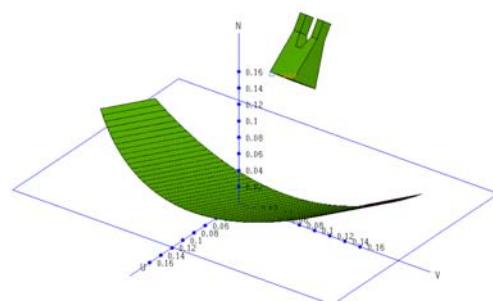


图 3 天线的仿真模型

5.2 仿真结果

利用软件对模型进行仿真，并对结果进行优化。在2个倍频程内结果如下：

a) 驻波系数：仿真结果如图4所示：

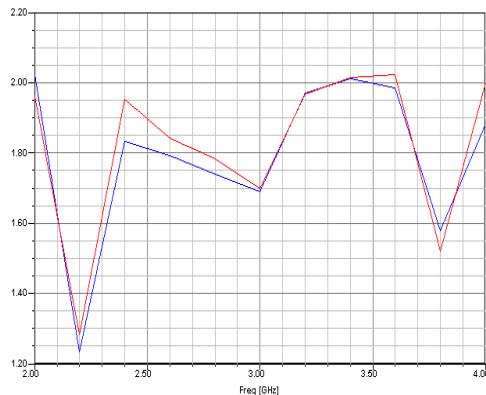


图4 驻波曲线

b) 和波束方向图如图5所示：

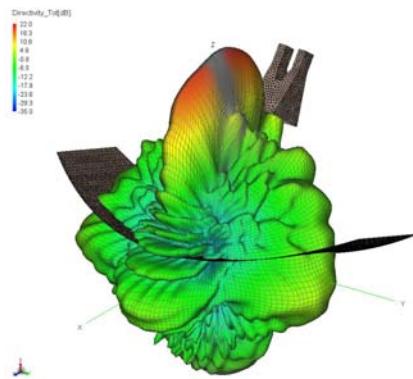


图5 f1 时和波束 3D 方向图

c) 差波束方向图如图6所示：

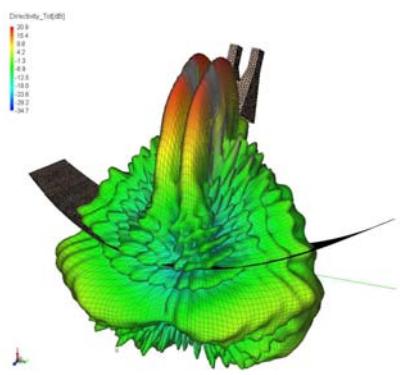


图6 f1 时差波束 3D 方向图

6 天线实物及测试结果

6.1 天线结构外形图

用优化出来的模型结构尺寸进行加工，得到的天线结构外形图如图7所示：

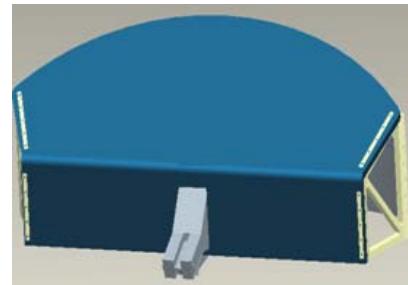


图7 天线结构外形图

6.2 天线测试结果

将加工出来的馈源加适当的匹配元件进行调试，所得到的测试结果如下：

馈源驻波的测试结果如图8所示：

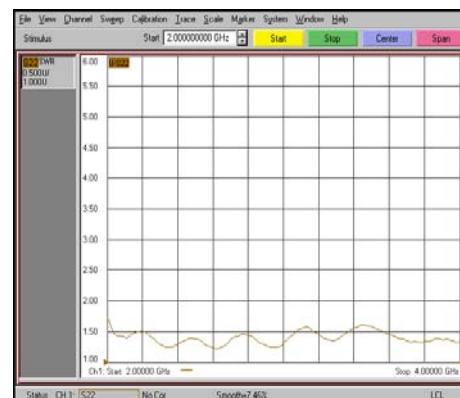


图8 驻波曲线

天线测试方向图如图9所示：

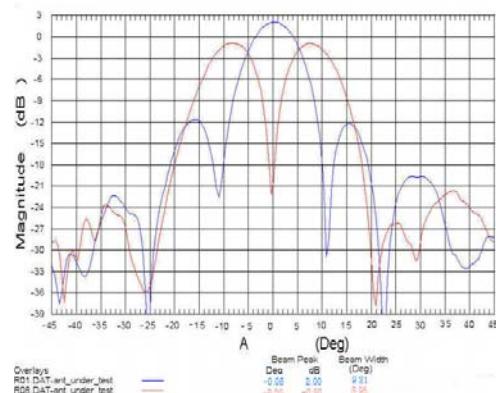


图9 天线测试水平面和、差方向图

为了兼顾天线频带，在该频点的和波束初级照射边缘电平较低，与差支路效率相比相对较低，只比差增益高 2.9dB。图 9 为天线水平极化测试方向图，和路最大值比标准增益喇叭最大值小 2.9dB，该频点标准增益喇叭的增益为 21.1dB，测试得到的增益为 18.2dB。天线不加极化器时增益的测试值为 21.7dB，极化器的插入损耗以及带来的极化损失为共计 3.5dB。

7 结束语

根据测试结果可以看出，仿真结果与实际测试结果基本吻合，天线加上极化器以后副瓣电平上升，而驻波比因为调试过程中加了适当的调配件比仿真结果还好。本类型的天线在两个倍频程范围之内满足侦察机的系统要求，现已在多种型号装备上使用。

参 考 文 献

- [1] 林昌禄，天线工程手册，电子工业出版社 2002.
- [2] 林昌禄，近代天线设计，1990.
- [3] 杨可忠，“偏置抛物面天线”，电子信息技术，1982.3，PP.11-22.
- [4] 徐可荣，“宽带馈源的设计”，电子对抗年会，2008.

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>