

椭圆波束天线设计

朱翠肖

(中国电子科技集团公司第 54 所 石家庄 050081)

摘要 讨论了双偏置天线产生椭圆波束的机理和设计方法,介绍了多模喇叭的理论和实测电性能,给出了多模喇叭的模系数公式及辐射场计算结果,理论和实测吻合性良好。同时给出了天线实测方向图。该天线以高效率、低副瓣为主。

关键词 双偏置 椭圆波束 多模喇叭

71062P

0 引言

随着通信、雷达技术的发展,椭圆波束天线的用途越来越广。双偏置反射面天线,由于消除了遮挡,可以获得优越的电性能;又由于利用消除交叉极化的对称转换原则,从天线设计的开始就取得了消除或降低交叉极化的保证。用矩形口径喇叭可方便实现椭圆波束,因为它能独立地控制两个方向上口径的大小。在普通的矩形喇叭中引进高次模之后,适当控制高次模的幅度和相位,就可以使喇叭方向图得到改善。以下讨论产生椭圆波束的双偏置面天线。

1 天线设计及参数计算

1.1 主、副反射面的设计

天线结构如图 1 所示。由于有了偏置角 β ,这时从副反射面出来的射线束斜照射到主反射面上,主反射面的反射线不被副面所遮挡。同理,使馈源的轴线也不与副反射面的轴线相重合,出现一个偏置角 θ_{30} ,这时从副面出来的射线束也不被馈源所遮挡。当描述初级馈源、副面轮廓和主面轮廓时,使用不同的坐标系较方便。主面用坐标 $x'y'z'$ 描述,主面是以 z' 描述为对称轴的旋转对称抛物面;副面用坐标 xyz 描述,它是以 z 为对称轴的椭球面;馈源用坐标 $x_hy_hz_h$ 描述。

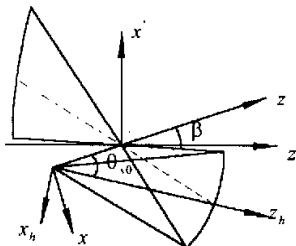


图 1 双偏置反射面天线示意图

正面的极坐标方程

$$\rho = \frac{2f_m}{1 + \cos\theta} \quad (1)$$

背面的极坐标方程

$$r = \frac{r_0(1 - e)}{1 - e \cos\theta} \quad (2)$$

对称转换关系

$$\tan\theta_{30} = \frac{(1 - e^2)\sin\beta}{(1 + e^2)\cos\beta - 2e} \quad (3)$$

式中: e 是椭圆的偏心率; r 及 ρ 是极坐标的矢径。

1.2 馈源的设计

馈源是天线的重要组成部分,天线的性能很大程度上依赖于馈源性能。天线要产生椭圆波束,馈源就应是椭圆

波束,用矩形口径喇叭可方便实现椭圆波束。喇叭的辐射场的照度分布与天线反射面形状基本一样,减少了能量的漏射,提高了天线效率。

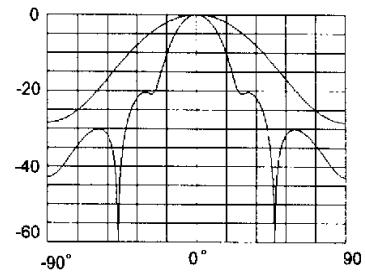


图 2 喇叭的计算方向图

(1) 多模喇叭的口面场分布函数

$$E_x = 0 \quad (4)$$

$$E_y = \sum_{mn} A_{mn} \cos\left(\frac{m\pi}{a}x\right) \cos\left(\frac{n\pi}{b}y\right)$$

式中: $m = 2p + 1$; $n = 2i$; 其中 A_{mn} 是模系数, $p, i = 0, 1, 2, \dots$ 是整数。

(2) 不连续截面模的转换

在不连续截面处,假设右边场的波阵面为零相

位面,则左边场相位落后 ϕ ,不连续截面处的模转换系数由下式得到:

$$P_{kl}(mn) = \frac{2\epsilon_1}{a^2} \int_0^a \int_0^b \sin\left(\frac{m\pi}{a}x\right) \cos\left(\frac{n\pi}{b}y\right) \times \sin\left(\frac{k\pi}{a}x\right) \cos\left(\frac{l\pi}{b}y\right) e^{-\mu} dx dy \quad (5)$$

(3) 多模喇叭方向图的计算(见图 2)

喇叭辐射场的计算公式如下:

$$E_\theta(\theta, \phi) = A \sum_{mn} \left(1 + \frac{\beta_{mn}}{k} \cos\theta\right) A_{mn} F_{mn}(u, v) \sin\phi \quad (6a)$$

$$E_\theta(\theta, \phi) = A \sum_{mn} \left(\frac{\beta_{mn}}{k} + \cos\theta\right) A_{mn} F_{mn}(u, v) \cos\phi \quad (6b)$$

$$F_{mn}(u, v) = \frac{4v \sin\phi}{m(m\pi)^2} \times \frac{\cos(u \cos\phi)}{1 - \left(\frac{2u \cos\phi}{m\pi}\right)^2} \times \frac{\sin(v \sin\phi)}{1 - \left(\frac{2v \sin\phi}{n\pi}\right)} (-1)^{\frac{m+n-1}{2}} \quad n \neq 0 \quad (7a)$$

$$F_{m0}(u, v) = \frac{1}{m} \times \frac{\cos(u \cos\phi)}{1 - \left(\frac{2u \cos\phi}{m\pi}\right)^2} \times \frac{\sin(v \sin\phi)}{v \sin\phi} (-1)^{\frac{m-1}{2}} \quad (7b)$$

$$u = \frac{ka \sin\theta}{2}; v = \frac{kb \sin\theta}{2} \quad (8)$$

(4) 实测喇叭方向图

该喇叭的实测方向图如图 3、图 4 所示。通过比较发现,实测与理论计算方向图非常接近,馈源的副瓣电平都低于 -20 dB。横坐标每格 18° ,纵坐标每格 5 dB。

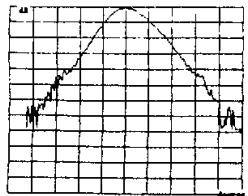


图 3 馈源 E面方向图

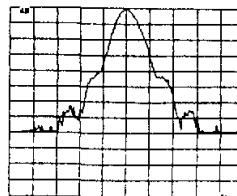


图 4 馈源 H面方向图

2 双偏置反射面天线测试结果

●增益比较

用一正切割天线与双偏置抛物面天线比较,测天线增益,双偏置抛物面天线比正切割天线增益高 1.5 dB;正切割天线口面面积是双偏置抛物面天线口面面积的 1.22 倍;双偏置抛物面天线的效率是正切割天线的 1.72 倍;若正切割天线效率取 $40\% \sim 45\%$,那么,双偏置抛物面天线的效率将达 $68.8\% \sim 77.4\%$ 。

●方向图

用于某工程的双偏置反射面天线,频率 $F =$

35GHz,测试方向图如图 5 和图 6 所示。图中,横坐标每格 20° ,纵坐标每格 6 dB。

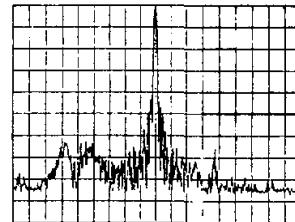


图 5 双偏置反射面天线 E面方向图

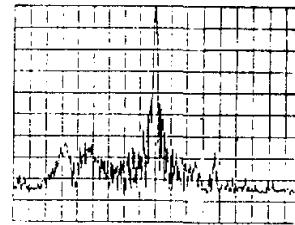


图 6 双偏置反射面天线 H面方向图

●前后比

由测试方向图可以看出,天线前后比大于 40 dB。

参 考 文 献

张益凤等.方口径变张角喇叭的分析和计算.跟踪雷达,1979(2)

(上接第 44 页)

依赖,同样可以把位置基准器件直接安装在天线座上,让其敏感轴和天线的转轴保持在同一平面内。由位置基准、轴角器件及相关调整电路即可构成位置稳定系统。

3 结束语

本文介绍的二轴式天线稳定系统具有高隔离度、高独立性、高实时性的特点,经过工程实践,切实可行。该方案同国内外有关产品所采用的引导稳定方案相比,其性能指标优势明显。尤其在采用大口径、高频段天线的各种通信测控系统中,该方案可作为首选方案之一。

参 考 文 献

- 1 南京航空学院 304 教研室.捷联式惯导原理.南京航空学院,1981
- 2 方成一等.舰载雷达天线电子稳定方程的推导方法.雷达与对抗,1999(2)

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>