

大张角波纹喇叭在环焦反射面天线中的应用

王真 吴翔

(南京电子技术研究所, 南京 210039)

摘要: 将大张角波纹喇叭应用到环焦反射面天线的设计当中, 在满足电性能要求的同时, 可以很大程度上缩小反射面天线馈源的体积, 具有结构紧凑、重量轻、电性能优异等特点, 为同类反射面天线的馈源设计提供一个良好的借鉴。

关键词: 大张角波纹喇叭; 环焦反射面天线

Application of Wide-flare-angle Corrugated Horn in the Ring-focus Reflector Antenna

WANG Zhen, WU Xiang

(Nanjing Research Institute of Electronics Technology, Nanjing 210039, China)

Abstract: A kind of wide-flare-angle corrugated horn which has application in the ring-focus reflector antenna is recounted here; it can greatly reduce the volume of the feed and provide good performance in electric at the same time. Compact structure, light weight and good performance are the main characters; it could be a reference to the design of the feed of the reflector antenna.

Key words: Wide-flare-angle Corrugated Horn; Ring-focus Reflector Antenna

引言

馈源是反射面天线设计的关键, 在众多类型的反射面天线当中, 波纹喇叭正扮演着越来越重要的角色。30° 以内半张角波纹喇叭的设计方法以及工程应用已经相当广泛, 但是在半张角超过了 40° 以后的大张角波纹喇叭的设计和应用则相对较少。

本文通过实例将大张角波纹喇叭应用到环焦反射面天线的馈源设计当中, 充分利用大张角波纹喇叭的各项特性, 使得环焦反射面天线具有结构紧凑、重量轻、电性能优异等一系列显著特点。

1 大张角波纹喇叭的特性

大张角波纹喇叭 (如图 1 所示) 独有的特性如下所述^[1]:



图 1 大张角波纹喇叭剖面图

1) 大张角波纹喇叭的主极化方向图与张角角度直接相关, 而与喇叭口径基本无关;

2) -15dB 半波束宽度的数值和喇叭半张角的度数近似相等;

3) 大张角波纹喇叭的相位中心基本维持在喇叭

口面顶点附近, 且不同频率变化时相位中心不变;

4) 对于大张角波纹喇叭, 存在着最佳喇叭口面直径和半张角的关系, 如图 2 所示。

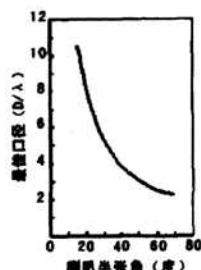


图 2 半张角与最佳口径的关系

基于以上特性, 在反射面口径相当的前提下, 大张角波纹喇叭比普通的馈源喇叭能更靠近反射面, 且大张角波纹喇叭的尺寸可以做的非常小, 可以作为小型化、高集成化的反射面馈源喇叭天线。

2 赋形环焦反射面天线的设计

环焦反射面天线因为其可以克服作为初级馈源的喇叭所引起的遮挡大于副镜造成的次级遮挡的缺点, 从而具有相当广泛的应用前景, 副镜母线为椭圆的环焦反射面天线是最常见的形式。设计时先给定一组基本反射面参数, 并按照工作频率的高频对主副面进行修正赋形。

下面的一个实例是给定主反射面口径为 6200mm, 工作在 L 波段的一个环焦反射面天线, 要求副瓣电平达到 -15dB 以下, 工作频率带宽为 200MHz。

环焦反射面天线的主副面赋形技术在文献[2-4]中都有详尽的描述,只是在选择初级馈源的时候有两种方案,一种是常用的小张角波纹喇叭,一种是大张角波纹喇叭。

小张角波纹喇叭的优势在于幅度波瓣和相位波瓣在较宽的频带内以及较大的张角范围内都能具有很好的等化特性;而大张角波纹的优势在于结构紧凑、重量轻,可以为馈源后面的正交模耦合器、环形器、极化开关等设备节省空间。

两种方案的剖面图形如下图 3 所示:

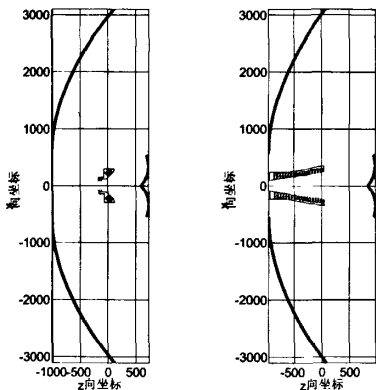


图 3 不同馈源方案的比较

图 3 的第一个图形为大张角波纹喇叭作为初级馈源的结构剖面图形,第二个图小张角波纹喇叭作为初级馈源的结构剖面图形。从结构的角度考虑大张角波纹喇叭的方案无疑具有更大的优势,下面是对该方案天线整体电性能详细的电讯优化设计。

赋形前给定的主副反射面基本参数为:主反射面口径 6200mm,副反射面口径 1100mm,主反射面半张角 80.2° ,副反射面半张角 37° ,馈源的边缘照射电平为 -11dB,然后依据赋形技术进行分析计算,理论上天线远场图的副瓣电平为圆口径 -24dB 的泰勒分布,经过拟合后,对基本反射面参数进行修正赋形,得到主副反射面的修正参数如下(修正后的曲线数据不单独列出)。

主反射面——直径:6200mm;深度 1100mm;主面焦距:1514mm;离心率:0.64;放大系数:4.62。

副反射面——直径:1100mm;深度 147mm;副面焦距:740mm;主副反射面的总深度:1782mm。

3 大张角波纹喇叭的设计

对环焦反射面天线的主副面进行赋形设计之后,需要对大张角波纹喇叭进行优化设计。该实例的大张角馈源喇叭需要在前向 $\pm 37^\circ$ 的角度范围内具有幅度波瓣等化性能,且边缘照射电平达到 -11dB。

根据文献[1]的优化设计方法,得到大张角波纹喇叭的结构参数如下。喇叭半张角: 45° (属于大张角波纹喇叭);口径:600mm;纵深:300mm;馈电口直径:180mm;波纹数目:4个;结构剖面图,如图 1 所示。

图 4-图 6 均为商业通用仿真软 HFSS11 得到的仿真结果。其中图 4 为大张角波纹喇叭的幅度波瓣,由图可见,该设计满足了赋形时给定的边缘照射电平需求。根据大张角波纹喇叭的相位中心特性可以很容易找到其相位中心的位置,该实物设计的馈源喇叭放置于相位中心后的相位波瓣,如图 5 所示。

(低中高频以 f_1 、 f_2 、 f_3 表示)

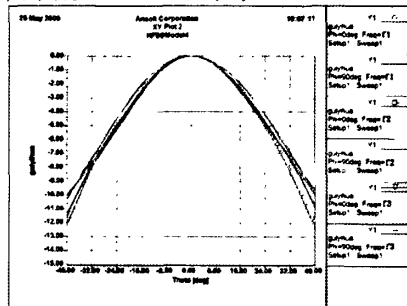


图 4 大张角波纹喇叭的幅度波瓣

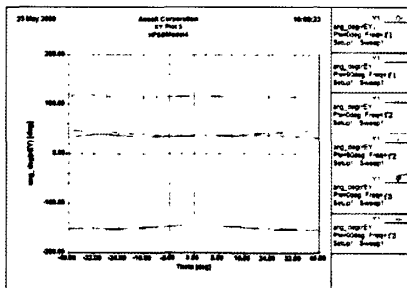


图 5 大张角波纹喇叭的相位波瓣

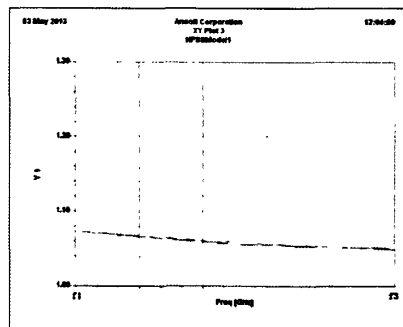


图 6 大张角波纹喇叭的驻波

由图 5 可见,该波纹喇叭在指定角度范围内的相位平坦度满足要求。

由图 6 可见,大张角波纹喇叭具有和小张角波纹喇叭一样的宽带阻抗匹配特性。

4 仿真模型

图 7 用商业通用仿真软件 FEKO5.0 建立的该实

例的环焦反射面天线的仿真模型, 该模型引入了赋形后的主副反射面以及大张角波纹喇叭的全部结构参数。且主副反射面的相对位置以及馈源喇叭的位置均和优化计算的结果一致。



图 7 大张角波纹喇叭环焦反射面天线仿真模型

5 仿真结果

经过仿真软件的计算, 仿真结果满足给定的指标要求, 具体结果如图 8 和图 9 所示:

1)、不同频率的波瓣图 (未归一化):

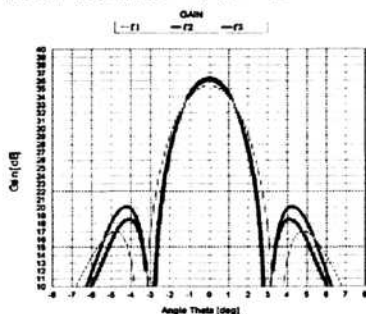
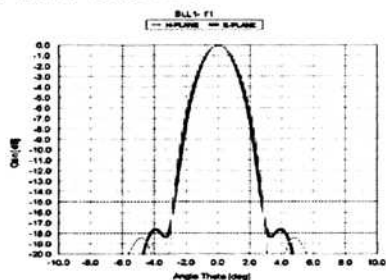
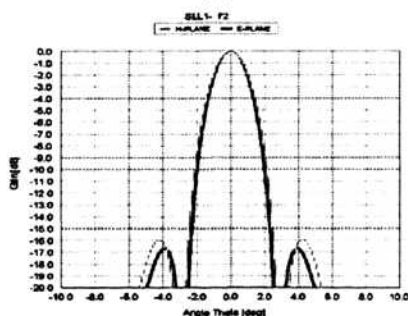


图 8 不同频率的增益

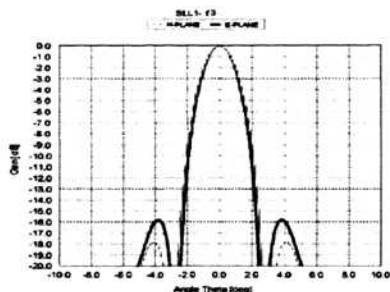
2)、不同频率的副瓣电平:



(a)



(b)



(c)

图 9 不同频率的副瓣电平

6 结论

本文叙述一个将大张角波纹喇叭应用到环焦反射面天线的实例, 通过对大张角波纹喇叭特性的详细分析, 实现了环焦反射面天线馈源喇叭的小型化、轻量化、集成化设计。并且, 通过对大张角波纹喇叭的优化设计, 建立了环焦反射面天线的整体仿真模型, 仿真结果跟预期的指标具有很好的一致性, 满足电性能设计的要求。因此, 本文提供了一种新颖的反射面天线的设计思路, 能够充分应用到各种发射面天线的设计当中。

参考文献

- [1] 许德森, 张文静, 秦顺友. 小口径大张角波纹喇叭的优良设计[J]. 无线电通信技术, 2003, 29(4)
- [2] 杨可忠, 杨志友, 章日荣. 现代面天线新技术[M].
- [3] 官山林. 高性能环焦天线的设计[J]. 通信与测控 1998(1)
- [4] 杨可忠. 环焦天线的设计[J]. 无线电通信技术, 1992, 18(2)

王真男, 工程师, 毕业于电子科技大学电磁场与微波技术专业, 从事微波天线的应用和研究工作

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)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),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>