

与柱体共形的毫米波宽波束 定向天线的设计

任晞

中国电子科技集团公司第十研究所四研究部 四川, 成都, 610036

摘要: 将毫米波喇叭天线的口面倾斜, 可使天线波束具有一定倾斜角。但当天线安装于柱形导体内部时, 由于受到导柱体壁厚对喇叭口径的遮挡及天线罩和柱体内环境的影响, 天线的方向图在 P 面变窄, 尤其在低仰角处天线增益大幅度降低, 同时天线的方向图发生分裂, 直接影响了天线的使用性能。本文通过天线罩内表面外形的赋形设计和将天线罩、载体环境及天线本身作为一个整体进行的天线增益及 0dB 波瓣宽度优化, 实现了天线宽波束。

关键词: 宽波束; 毫米波天线; 赋形; 天线罩

Design of a Millimeter-Wave Directional & Wide-Beam Antenna Conformal with the cylindrical body

Renxi

Southwest China Institute of Electronic Technology, Sichuan, Chengdu 610036

Abstract: A millimeter-horn antenna will have a leaning beam by being inclined its aperture. But its pattern will become misshapen when it be placed in the cylinder, because of the bad effect of antenna radome and environments in the body. In this article, wide-beam has been realized by means of optimizing the whole body composed of antenna, antenna radome and environments in the body.

Key word: wide beam; millimeter-wave antenna; shaped; antenna radome

一、引言

为了工程需要, 装于某飞行柱形载体的毫米波天线除了要满足一般天线的电气性能, 如驻波比、增益外, 还有很多特殊的性能应该予以考虑, 如要求天线的方向图主瓣要与柱形载体轴线有一定夹角范围; 同时要求天线结构上应符合载体飞行的气动力要求。此类天线通常采用的形式有介质天线^[1]、波导裂缝天线^[2]和微带漏波天线^[3]。

本文所设计的天线工作于毫米波频段, 在与柱形载体轴线夹角 50°的宽角度范围内要求有足够的增益, 以此保证整个系统正常工作。由于受到工作频段的限制以及天线方向图宽波束、低仰角的要求, 本文所选用的天线设计方案不同于以上三种形式, 而是采用结构较为简单的小张角喇叭天线^[4], 同时将天线的口面倾斜^[5], 使天线波束满足要求。为满足天线与柱形载体共形的设计要求, 天线必须沉入载体。

天线埋入载体内, 致使天线方向图在受到载体壁厚遮挡和具有一定厚度的天线罩^[6]的影响下发生变化: 天线 P 面方向图变窄, 尤其在低仰角处天线增益大幅度降低; 天线的方向图发生明显分裂。要想得到满足要求的天线方向图, 仅对天线进行单独优化在此环境下是不可行的。本文提出了天线和天线罩一体化设计的思路, 利用 Ansoft HFSS 仿真软件, 将天线罩、载体及天线本身作为一个整体, 进行天线增益及 0dB 波瓣宽度的优化, 最终实现了满足增益要求的宽波束天线设计。实验证明, 通过优化设计的此天线及天线罩整体, 其在载体上的方向图较前明显变好, 已满足设计要求。

二、仿真分析与实验结果

当天线罩^[6]与天线之间的间隙很小时, 天线罩的反射能量较大, 足以与主瓣能量相干, 因此喇叭天线加罩后, 远区辐射场由两部分组成, 一部分是分布在天线罩外表面上一次传输场量的辐射场, 通常为直射瓣; 另一部分是天线罩内表面罩壁上反射场二次传输场的辐射场, 称为反射瓣, 两矢量的合成得到了喇叭加罩后的波瓣。将天线置于柱形载体内, 如直接使用与载体共形的单层弧形天线罩, 天线 P 面方向图变窄并发生分裂, 用图 1 所示的坐标, 天线方向图受载体壁厚和天线罩的影响如图 2 (a)、2 (b) 所示:

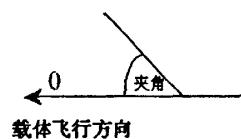
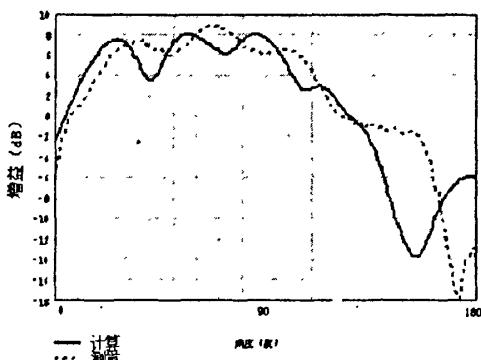
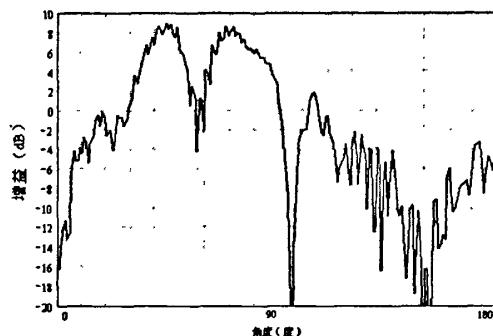


图 1 天线 P 面坐标示意



2 (a) 天线不在载体内,
正 P 面测试方向图



2 (b) 天线置于带罩的载体内,
正 P 面测试方向图

为了使天线 P 面方向图的波瓣宽度展宽，并且不出现波瓣分裂，需对天线罩进行修形。设计时，保证天线罩外表面与柱形载体共形的同时对内表面赋形，并将天线罩、载体内环境及天线本身作为一个整体，采用 Ansoft HFSS 仿真软件对天线增益及 P 面方向图进行优化，得到了具有一定厚度要求的内表面赋形的天线罩，如图 3。同时，按照仿真确定的天线安装位置得出天线的最终加工模型，如图 4。

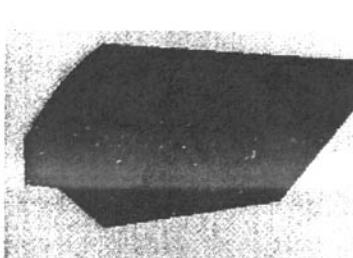


图 3 修形后的天线罩外形



图 4 天线外形图

将尺寸修正后的天线安装于带罩（修形）的载体内，所测的天线不同角度处 P 面的方向图如图 5：

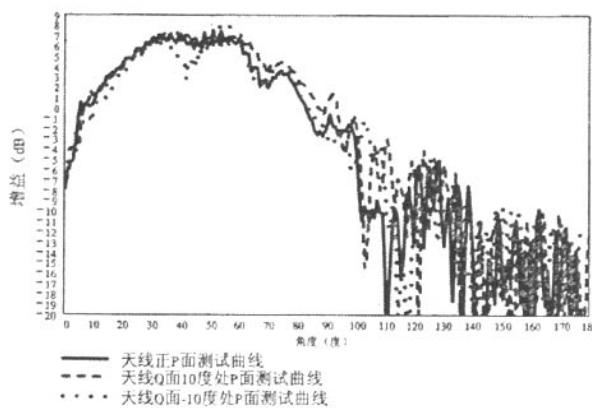


图 5 Q 面不同位置处，天线 P 面方向图测试曲线

用表格列出图 5 中测试曲线的数据，见表 1

表 1 天线 Q 面不同角度处增益值

特性 \ 角度	Q 面不同角度处的 P 面各角度								
	Q 面 0 度			Q 面 -10 度			Q 面 +10 度		
	10 度	15 度	65 度	10 度	15 度	65 度	10 度	15 度	65 度
增 益 (dB)	0	3	4	-0.5	2	3	0	3	5

从图 5 和表 1 的测试数据可以看到, 通过天线罩的修形和天线尺寸的调整, 天线 P 面方向图较图 2 (b) 明显改善:

- 天线 P 面方向图的分裂现象消失;
- 天线方向图展宽, 正 P 面天线方向图主瓣在与柱形载体轴线夹角 $10^{\circ}\sim65^{\circ}$ 的宽角度范围增益大于 0dB。
- 天线方向图在 Q 面 $\pm 10^{\circ}$ 范围内无明显变化。

三、结论

从以上分析和计算可以看出, 本文提出的天线和天线罩一体化设计能够很好地满足飞行柱形载体上天线的电性能要求, 而且天线罩及天线结构简单, 尺寸小, 性能一致性好, 易于批量制造, 成本低廉。

参考文献

- [1] 黄忠华, 介质天线辐射特性的计算机辅助分析, 兵工学报, 2001. 1
- [2] 徐炎, 波导缝隙阵引信天线的设计和仿真, 制导与引信, 2003. 1
- [3] 姚广锋, 一种弹载毫米波引信天线的分析与设计, 制导与引信, 2004. 4
- [4] 谢处芳 邱文杰, 天线原理与设计, 电子科技大学出版社, 1998
- [5] 吴万春 微波网络及其应用, 西安电子科技大学出版社, 1992. 2
- [6] 张强, 基于曲面口径积分/几何光学的天线罩混合分析, 电波科学学报, 2003. 4

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>