

文章编号 1005-0388(2007)01-0091-04

船用双馈笼锥组合式宽带天线

宗显政 聂在平 杨学恒

(电子科技大学电子工程学院, xz_zong@163.com, 四川 成都 610054)

摘要 实验研究了一类采用组合复用、双端馈电和套筒结构匹配等技术设计的用于船用短波超短波通信的小型宽带天线, 详述了各物理结构参数对天线性能的影响。据此设计的天线在超过 5 个倍频程的带宽范围内, 电压驻波比(VSWR)基本低于 2.5, 而尺寸远小于相同用途的传统盘锥、discage 等天线。

关键词 宽带天线, 船用天线, 组合复用技术, 双端馈电

中图分类号 TN82 **文献标识码** A

Shipboard dual feed broadband antennas with a cage-cone combined shape

ZONG Xian-zheng NIE Zai-ping YANG Xue-heng

(School of Electronic Engineering, UEST of China, xz_zong@163.com, Chengdu Sichuan 610054, China)

Abstract A kind of small sized HF or VHF/UHF broadband antenna for shipboard communication is designed through experimental studies. The antenna integrates the techniques of construction combination, dual feed and matching with sleeves. The effects of various physical parameters on the antenna's performance were described in detail. In a bandwidth greater than 5 octaves, the antenna's voltage standing wave ratio(VSWR) is under 2.5, and its dimensions are much smaller than those of the traditional disccone and discage antennas.

Key words broadband antenna, shipboard antenna, combination technique, dual feed

1 引言

实际的船用短波超短波通信需要在很宽的频率范围内使用多个信道。因船上空间极为有限, 若为不同信道分别架设天线, 将导致平台负荷增加并给安装和维护带来诸多不便, 更易滋生相互间的电磁干扰。小型化宽带天线成为克服上述困难的亟待解决的关键技术。

各种单馈天线由于天线结构简单, 本身效率较低且带宽有限, 采用加载或宽带匹配网络能够改善

天线的匹配, 但同时也引入了损耗^[1~5], 为克服这些缺点, 提出了 discage^[6] 及盘锥-单鞭^[7] 双馈组合式天线, 将各具优点的两类天线加以结合, 采用双端馈电、覆盖不同的频段, 既减小了整体尺寸同时可以保证所需工作带宽。而这种结合也并非简单的叠加, 两路馈电之间存在较强的相互作用。在文献[8]中进一步应用组合复用、双端馈电、套筒匹配、结构变形等技术, 提出了一类双馈笼锥组合式天线。通过反复实验能够得到这种天线各结构参数对天线性能影响的规律, 并可在此基础上设计、优化天线样机。

2 双馈笼锥组合式宽带天线结构

双馈笼锥组合式天线结构如图1所示:

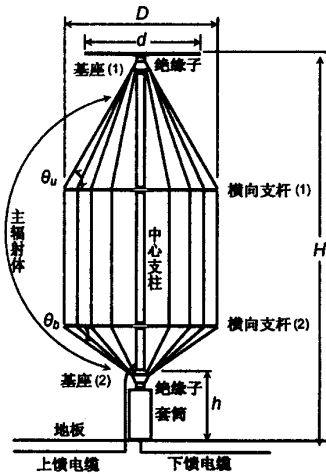


图1 双馈笼锥组合式天线结构图

该天线是典型的双馈结构,第一路同轴电缆内外导体分别与金属盘及金属基座(1)连接,金属盘及主辐射体上部在此构成一典型盘锥天线^[10]的两极,称为上馈;第二路同轴电缆内外导体分别与金属基座(2)及套筒结构连接,天线主辐射体在整体上形成具有套筒结构的笼形单极天线,称为下馈。上馈电缆穿过中心支柱、地板后置于地板底部,通过分布参数调整,可使下馈的工作频段进一步向低端扩展。为获得稳定的驻波特性、提高机械强度,上下两路均采用非对称馈电形式,在两个基座及套筒结构内部还进行了同轴腔式阻抗渐变结构设计。上馈的盘锥天线主要覆盖频段的高端部分;下馈则能够谐振于天线整体结构,同时利用顶盘及套筒结构进一步改善阻抗,从而覆盖频段的低端部分。两个频段间还需有一段重叠部分作为调节余量,最终的整个工作带宽由两个频段合成。

天线结构涉及较多参数,主要包括 d 、 D 、 θ_u 、 θ_b 、 h 、 H 及两个绝缘子的厚度,它们对两路馈电的输入阻抗、辐射方向图均具有程度不同的影响,也关系到两个工作频段的恰当衔接。

3 影响天线性能的各个参数

3.1 顶盘直径 d

在主辐射体横向口径 $D=24.3$ cm,天线总高 $H=144$ cm, θ_u 、 θ_b 分别为 60° 及 50° ,下馈基座上端距地板 $h=25$ cm的结构下,盘口径分别取: $d=6$ 万方数据

cm, $d=25$ cm、 $d=35$ cm时,下馈及上馈 VSWR 曲线分别如图2及图3所示。

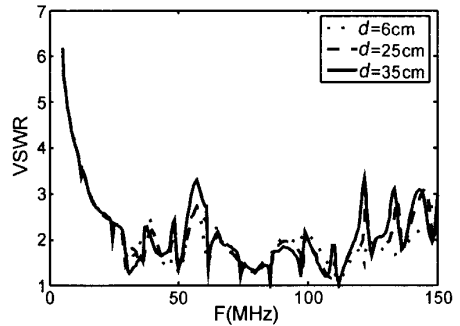


图2 顶盘直径对下馈 VSWR 的影响

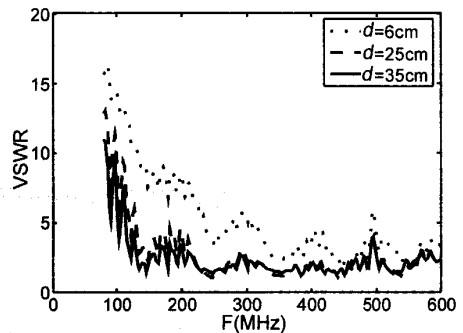


图3 顶盘直径对上馈 VSWR 的影响

由图可知,下馈驻波随盘口径减小在整体上逐渐降低;对于上馈则恰好相反,较大口径的盘有利于拓展工作频带,然而由于对上馈方向图的影响较敏感,盘的口径不能太大。传统盘锥天线盘直径的经验设计公式为 $d \approx 0.7D_{\max}$,其中 D_{\max} 为锥体底面直径,显然该公式对双馈笼锥组合式天线已不再适用。

3.2 主辐射体横向口径 D

研究时天线总体高度 $H=144$ cm, θ_u 、 θ_b 分别为 60° 及 35° ,下馈基座上端距地板 $h=25$ cm,横向口径 D 分别取 24 cm、 34 cm、 50 cm,考虑到盘对上下馈的影响,顶盘直径 d 与 D 取值一致。不同 D 值时下、上馈 VSWR 曲线分别见图4、5。

当天线主辐射体横向口径收缩时,下馈 VSWR 在其工作频段的低端基本保持不变,高端明显降低,中段有所抬高;上馈 VSWR 在其工作频段的中、高端略有改善,但在低端明显抬高。若 VSWR 以 3 为界,在 $D=24$ cm 时下馈与上馈工作频段已不能很好地衔接,伴随产生的另外一个问题是下馈工作频段的抬高较快,使得其纵向高度在下馈频率高端已较大超出了四分之一工作波长从而使俯仰面方向图

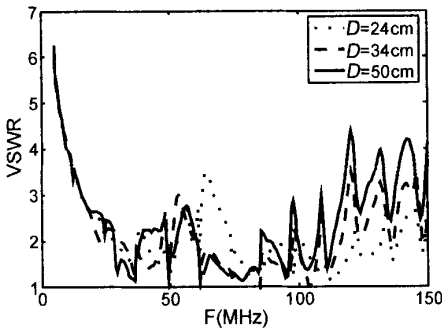


图 4 主辐射体横向口径对下馈的影响

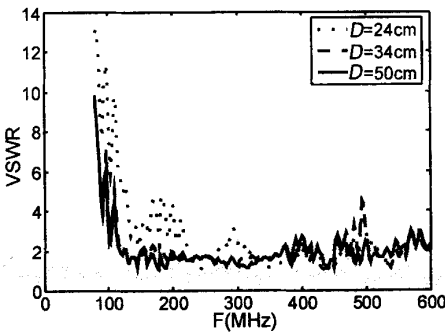


图 5 主辐射体横向口径对上馈的影响

3.5 上下锥体张角的选择及套筒结构的设计考虑

对于上馈盘锥天线,锥体张角介于 45° 、 75° 之间时性能较好,一般可选为 60° ;对于下馈单极天线,套筒结构提高了天线的馈电点,实验表明,下锥体张角较大时有利于驻波的改善,一般可在 $100^\circ \sim 110^\circ$ 间选择。另外,较高的套筒高度 h 有利于天线工作频段向低端扩展。

4 天线设计及性能测试

在上述实验规律基础上设计并实测了一副双馈圆锥组合式天线,顶盘直径 $d=27$ cm,总体高度 $H=100$ cm,横向口径 $D=34$ cm, $\theta_u=60^\circ$ 、 $\theta_s=35^\circ$ 、下馈底座顶端距地板高度 $h=11.5$ cm,主辐射体的直通部分向下略有收敛。实测结果显示所设计的天线表现出良好的宽带特性。合成工作频带 14.9 MHz~ 494.9 MHz,共约 33.2 倍频,其中下馈 14.9 MHz~ 210.9 MHz,上馈 165.7 MHz~ 494.9 MHz, VSWR 曲线分别见图 6、7。

产生裂瓣。

3.3 主辐射体长度 L

将上馈电流在天线主辐射体上电流路径长度记为 L ,对于完整的双馈结构, L 将包括主辐射体上下两个锥体的斜长及连接它们的直通部分(传统盘锥天线只具有锥体的斜长,并不包括双馈天线由于结构复用而不可避免的向下延伸的部分)。

当顶盘直径 $d=40$ cm, $\theta_u=60^\circ$,主辐射体横向口径 $D=50$ cm 时,考查 L 分别取 38 cm、87 cm、118 cm 的情况, $L=118$ cm 时上馈 VSWR 与完整结构几乎没有区别,即使在 $L=87$ cm 时工作频段仍具有稳定的低端。当 $L=38$ cm 时,上馈 VSWR 低、中端均明显抬高。对上馈而言,仅从驻波角度考虑, L 增大到一定程度后,频段低端已较稳定。据此结论,在设计天线时,可尽量压缩两个锥体的连接部分从而在整体上减小天线的纵向高度。

3.4 天线整体高度 H

实验结果表明:在一定程度上通过减小主辐射体直通部分来压缩天线整体纵向尺寸,结果对上馈 VSWR 的影响并不明显,但下馈 VSWR 在频段高端显著上升,使得上下两路馈电工作频带的重叠部分增加。

万方数据

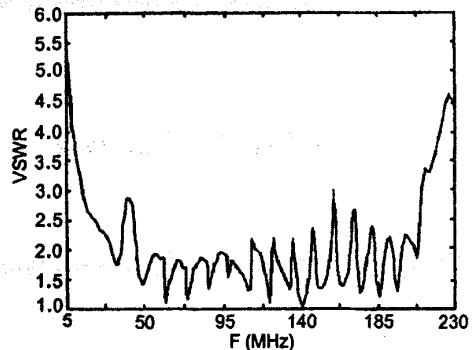


图 6 天线 下 馈 VSWR 曲线

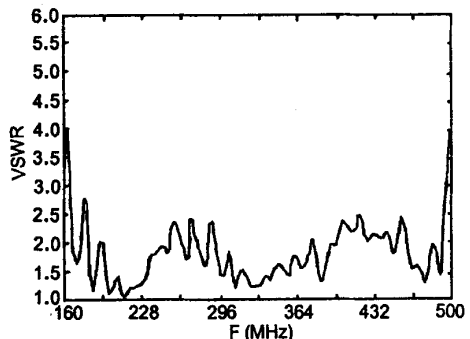


图 7 天线 上 馈 VSWR 曲线

由图可知,工作频段内 VSWR 基本小于 2.5,完全能够满足船上发射用一般 VSWR 低于 3 的要求。

求。

在下馈及上馈的典型频点上双馈笼锥组合式天线 E 面方向图参见图 8。

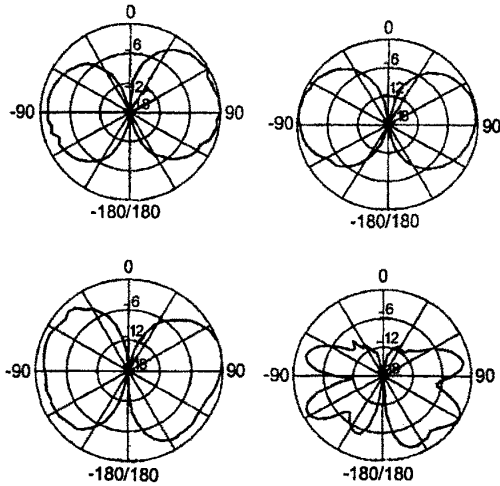


图 8 天线下馈 30MHz、80MHz, 上馈 150MHz、300MHz E 面方向图

大部分工作频带内, 天线能够维持俯仰面侧射、水平面全向辐射(不均匀度 < 3 dB), 实测增益在 0 dBi 左右。在上馈的频率高端波瓣产生一定程度的分裂, 这种情况符合盘锥天线的特性, 通过一定技术措施可以抑制。

该天线的工程应用优点还包括: 尺寸小、风阻低; 损耗小、效率高、功率容量可达 $1 \sim 2$ kW 以上; 较单馈天线更适用于多信道收发机共用。根据天线缩比理论, 将相同工作频段及短波频段内的传统盘锥天线, discage 天线的尺寸和双馈笼锥组合式天线尺寸作比较详见下表, 可见后者在尺度减缩方面的优越性。

表 1 实验天线工作频段及短波波段内天线所需尺寸与传统盘锥天线及 discage 天线的比较

频段	传统盘锥	discage	双馈笼锥
14.9~550 M	4.6/5.3	1.7/2.7	0.34/1.0
HF(2~30 M)	34.1/39.4	12.8/20.0	2.5/7.5

注: 表中尺寸为“横/纵向尺寸”, 单位(m)。

5 结论

针对综合了组合复用、双端馈电和套筒匹配等技术而形成的双馈笼锥组合式天线, 通过反复实验, 研究归纳了各参数对天线影响的规律, 这些规律可作为此类双馈笼锥组合式天线的经验设计规则。实

万方数据

际制作并测试了带宽超过 30 倍频的船用全向宽带短波超短波通信天线, 在工作频带内电压驻波比基本低于 2.5, 效率高、功率容量大, 尺寸小, 其性能与文献[8]相比有较大改进, 在船用通信工程应用上具有较强的竞争优势。

参考文献

- [1] Mattioni L, Marrocco G. Design of a broadband HF antenna for multimode naval communications[J]. Antennas and Wireless Propagation Letters, 2005, 4: 179-182.
- [2] Yegin K, Martin A Q. On the design of broadband loaded wire antennas using the simplified real frequency technique and a genetic algorithm[J]. IEEE Transactions on AP, 2003, 51(2): 220-228.
- [3] Gao Huotao, Li Jie, Zheng Xia. Optimal design of broadband loaded receiving antenna for HF/SWR using simulated annealing[C]. Antennas, Propagation and EM Theory, 2003 6th International Symposium, 2003, 30-33.
- [4] 徐良, 朱红星, 毛乃宏. 一种新型的舰用短波宽带天线[J]. 电波科学学报, 1998, 13(1): 74-78.
Xu L, Zhu H X, Mao N H. A new type of broadband HF shipboard antenna[J]. Chinese Journal of Radio Science, 1998, 13(1): 74-78.
- [5] 延晓荣, 金元松, 等. 阻容加载偶极天线的宽带性能及效率分析[J]. 电波科学学报, 2000, 15(2): 169-173.
Yan X R, Jin Y S, et al.. Analysis of wide-band properties and efficiency for dipole antennas with resistive and capacitive loadings[J]. Chinese Journal of Radio Science, 2000, 15(2): 169-173.
- [6] Preston E. Law. Shipboard Antenna[M]. Artech House inc, 1986.
- [7] Lu Wanzheng, Jiang Yan. Yuan Anmin and Li Shuanhong. A Novel Short-wave Broadband Antenna[C]. ISAPE, 2000, 5: 366-369.
- [8] 宗显政, 文武丰, 张斌, 等. 新型舰载超短波宽带天线[J]. 电波科学学报, 2004, 19(sup): 243-246.
- [9] 王元坤, 李玉权. 线天线的宽频带技术[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1995.
- [10] M B 维施可夫. 船用通信天线[M]. 北京: 国防工业出版社, 1983.
- [11] 林昌禄, 聂在平, 等. 天线工程手册[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [12] 林昌禄. 天线测量[M]. 北京: 国防工业出版社, 1981.

(下转第 99 页)

- eters[J]. IEEE signal processing letters, 2002, 9(4): 127-129.
- [4] Liping Zhang, Xiqin Wang and Xiang-gen Xia *et al.*. A novel parameter estimation algorithm and its iterative extension for chirp signals[C]. 2002 6th International Conference on Signal Processing 2002, 2: 1419 - 1424.
- [5] P M Djuric and S M Kay. Parameter estimation of chirp signals [J]. IEEE Trans. Acoust, Signal Processing, 1990, 38(12): 2118-2126.
- [6] S Peleg and B Porat. Estimation and classification of polynomial phase signals[J]. IEEE Trans. Inform. Theory, 1991, 37 (3): 422-430.
- [7] Ikram, M z, Abed-Meraim, K, Yingbo Hua. Estimating the parameters of chirp signals: an iterative approach[J]. IEEE Trans. Signal Processing, 1998, 46 (12): 3436-3441.
- [8] Rao P, Taylor F J. Estimation of instantaneous frequency using the discrete wigner distribution[J]. Electronics Letters, 1990, 26(4): 246-248.
- [9] 齐林, 陶然, 周思永等. 基于分数阶 Fourier 变换的多分量 LFM 信号检测和参数估计[J]. 中国科学(E 辑), 2003, 33 (8): 749-759.
- [10] 赵兴浩, 陶然, 周思永等. 基于 Radon-ambiguity 变换和分数阶傅里叶变换的 chirp 信号检测及多参数估计[J]. 北京理工大学学报, 2003, 23 (3): 371-377.
- [11] Bjorn Volcker and Bjorn Ottersten. Chirp parameter estimation from a sample covariance matrix[J]. IEEE Trans. Signal processing, 2001, 49 (3): 603-612.
- [12] Chung-Chieh Lin and Petar M Djurii. Estimation of chirp signals by MCMC[C]. Pro. ICASSP 2000, 1: 265-268.
- [13] J S Dhanoa, E J Hughes and R F Ormondroyd. Simultaneous detection and parameter estimation of multiple linear chirps[C]. Pro. ICASSP, 2003, 6: 129-132.
- [14] 黄克骥, 田达, 陈天麒. 基于任意阵列形式的 LFM 信号参数估计[J]. 电波科学学报, 2003, 18 (3): 346-351.
- Huang K J, Tian D, Chen T Q. Parameter estimation of LFM signals based on array of any form [J]. Chinese Journal of Radio Science, 2003, 18(3): 346-351.
- [15] Donghai Li, Yongjun Zhao, Zhenxing Wang. High-precision Measurement of Radar Carrier Frequency [C]. Pro. CIE, 2001, 10: 241-243



周良臣 (1975—), 男, 四川人, 于 2003 年获得电子科技大学通信与信息系统硕士学位, 目前在电子科技大学电子工程学院攻读博士学位, 主要从事雷达信号处理、信号检测与参数估计等研究工作。



杨建宇 (1963—), 男, 四川人, 博士(后), 现为电子科技大学电子工程学院教授, 博士生导师。研究领域: 雷达理论、关键技术与系统应用, 毫米波雷达成像, 数字信号处理, 信号检测与估计。



唐斌 (1964—), 男, 四川人, 博士(后), 教授、博士生导师。长期从事电子对抗技术与系统、雷达抗干扰能力提高及效能评估和新一代移动通信技术与系统等研究与教学工作。获部级科技成果二等奖一项, 发表论文 80 余篇。

(上接第 94 页)

宗显政 (1979—), 男, 山西人, 2002 年于电子科技大学获得学士学位, 电磁场与微波技术专业博士生, 主要研究方向: 宽带天线、大型复杂载体平台上的天线。

聂在平 (1946—), 男, 四川人, 教授, 博士生导师, 电子科技大学副校长, 中国电子学会会士, IEEE 高级会员。先后获国家科技进步二等奖一项, 省、部

级科技进步一、二、三等奖共七项, 在国内外发表学术论文 350 余篇, 主要研究方向包括: 计算电磁学、电磁散射与逆散射、非均匀介质中的场与波、新一代移动通信中的多天技术等。

杨学恒 (1944—), 男, 云南人, 副教授, 长期从事天线理论及工程、微波技术的教学及研究, 发表论文 10 余篇, 并具有多项国防应用成果。

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>