

一种双频共形耐高温导航天线

李 方

(中国电子科技集团公司第 20 研究所 基础专业部, 陕西 西安 710068)

摘要 针对高温工作环境中的天线设计问题, 采用了共形天线的工作原理和设计方法, 设计了一种双端口输出的双频共形耐高温导航天线。天线结构中使用了耐高温材料, 并在 L 波段天线中集成了 C 波段天线, 节省了安装空间和材料。通过仿真实验表明, 该天线达到了较好的电性能指标。

关键词 天线双频; 共形; 耐高温

中图分类号 TN82 文献标识码 A 文章编号 1007-7820(2014)05-065-04

Research on Dual-band Conformal Thermostability Navigation Antenna

LI Fang

(Basis of Specialized Units, 20th Institute of Chinese Electronics Technology Company, Xi'an 710068, China)

Abstract For high temperature environments antenna design problem, this paper expatiates the operating principle and design method of conformal antenna, designs a dual-band conformal thermostability navigation antenna with dual-port. Some thermostability material is used in a L-band antenna structure, and a C-band antenna is integrated in it. This kind of antenna requires a smaller installation space and less material. This design has good electrical specifications on dual-band by simulation and optimization.

Keywords antenna; dual-band; conformal; thermostability

随着航空、航天技术的发展, 高空、高速^[1]是飞行器设计者的不断追求。为达到这一目标, 需要设计结构紧凑、耐高温的共形机载天线^[2]以应对高速飞行器体表恶劣的环境条件。同时在电性能方面, 也应具有良好的收发导航信号的作用。根据在机身安装的位置情况, 以某种导航天线为例, 一般要求天线由 C 波段及 L 波段双天线组成, 并具备方位面全向覆盖能力。常规的机载天线为刀型天线, 如图 1 所示。该种天线广泛应用于普通飞行器上, 但若应用于高空高速环境, 天线体特别是迎风面会因空气摩擦产生高温^[3], 从而影响性能^[4-5]及飞行安全。而共形天线所特有的低轮廓特性有效减弱了空气摩擦的影响, 辅以耐高温材料即可满足高温环境下的使用要求, 如图 2 所示。

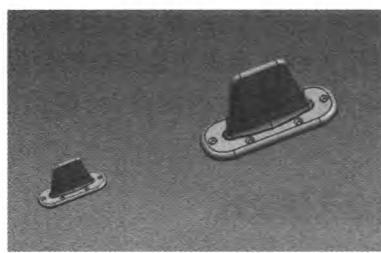


图 1 刀型机载天线形式

收稿日期: 2014-03-21

作者简介: 李方(1982—), 男, 硕士, 工程师。研究方向: 天线技术。E-mail: kleelf@163.com

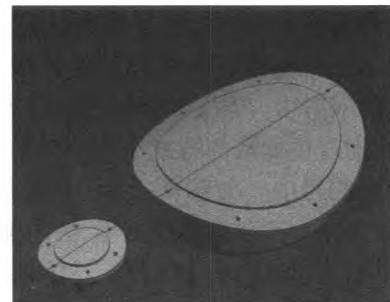


图 2 共形机载天线形式

图 1 和图 2 中较小的为 C 波段天线, 较大的为 L 波段天线。刀型天线安装时采取在飞机蒙皮上开螺钉孔直接安装的方式, 而共形天线安装时是在飞机蒙皮上开与辐射孔径等大的孔, 由内向外安装。该种安装方式进一步提高了天线强度, 防止天线在高速飞行中脱落。

1 共形天线耐高温设计

设计的共形天线采取天线罩与飞机蒙皮共形的腔体结构, 该结构的优点在于天线辐射体不直接与高温环境接触, 利用腔体内部空间的隔离, 延缓了相对易损的天线内部结构升温, 降低了设计难度。

本文首先对单一频段的共形耐高温天线进行了设计。其中 C 波段天线采用微带天线形式。微带天

线^[6]以其低剖面、小体积、易共形等特点广泛应用于机载天线设计中。考虑到导航天线的全向性,天线辐射体采用中心对称结构的微带天线形式,以耐温达300℃的材料制成的天线罩与飞机蒙皮共形,并使用同样材料制备的耐高温介质板作为微带天线的基板,同时采取开槽及短路探针加载的形式对天线进行低剖面小型化设计^[7-8],如图3所示。该方案在C波段可实现4%的相对带宽,并较普通刀型天线在高度上可降低70%,较常规微带天线在辐射贴片面积上减小了80%,达到了小型化及天线短时耐温250℃以上的目的,为后续的集成设计工作创造了条件。

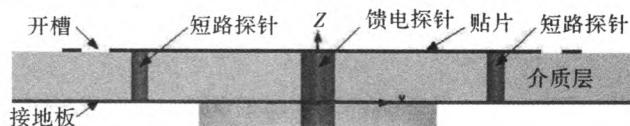


图3 C波段天线辐射体示意图

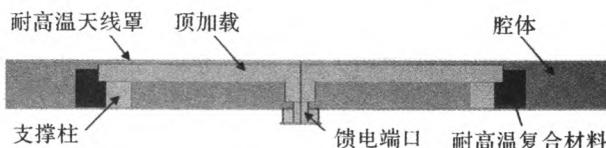


图4 L波段天线辐射体示意图

对L波段天线的设计过程与之类似。不同之处在于L波段要求工作在相对带宽15%的频段内,此时微带天线形式已不适用。本文采用腔体与变形单极子相结合的结构,辅以顶加载的方式压缩单极子的高度,以达到增加带宽的目的。如图4所示,中间为变形单极子,顶部加载并在远端以金属柱支撑,并由耐高温复合材料作为辅助支撑结构,该材料工作温度范围在-200~300℃,保证了天线辐射体在250℃以上高温环境下的结构强度。

对C波段及L波段天线进行了仿真优化,其驻波如图5和图6所示,与常规刀型天线俯仰面方向图对比如图7、图8所示,其中实线为共形天线方向图,虚线为刀型天线方向图。

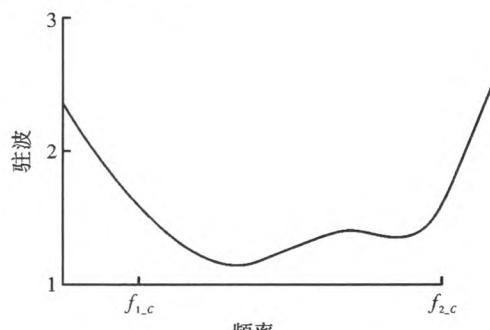


图5 C波段天线驻波

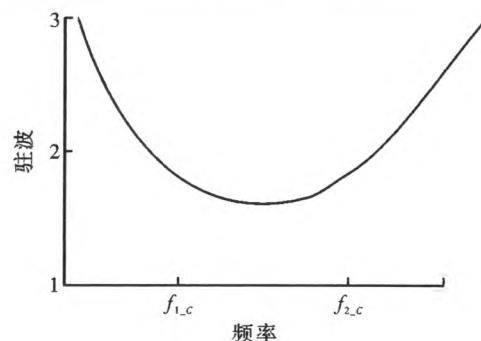


图6 L波段天线驻波

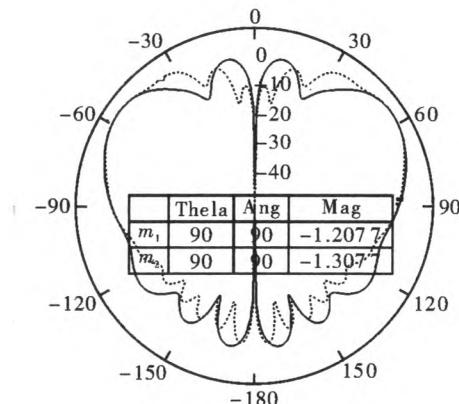


图7 C波段天线俯仰面方向图

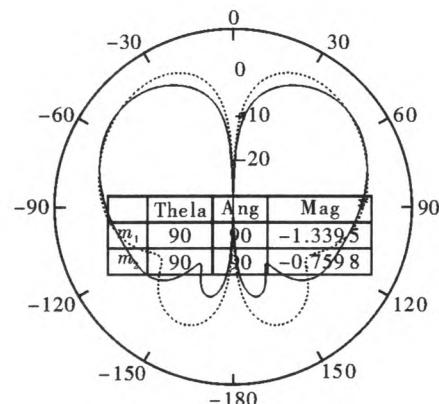


图8 L波段天线俯仰面方向图

如图5和图6所示,C波段的相对带宽可达4%,L波段相对带宽可达15%,达到了设计要求。由图7和图8可见,共形天线波束由于腔体影响会发生改变,水平面增益会出现1dB以内的波动,但仍在可接受范围内。

2 双频组合天线设计

为将C、L波段双天线组合为单天线,需对天线馈电方式进行改进。本文利用L波段天线辐射体的金属支柱作为C波段天线的馈线,形成单天线双端口馈电形式,实现了双频工作。

如图9所示,C波段天线置于L波段天线辐射体

顶端,中心以探针馈电,信号通过金属支柱引导至天线外部C波段馈电端口。考虑到常规电缆中的绝缘体无法耐受超过250℃的高温,C波段馈电网络采用空气介质同轴线与微带传输线^[9]相结合的方式设计,其中微带线的基材选用与C波段天线辐射体同型的耐高温复合材料。经实验验证,该结构可在高于250℃的环境下耐受30 min以上。

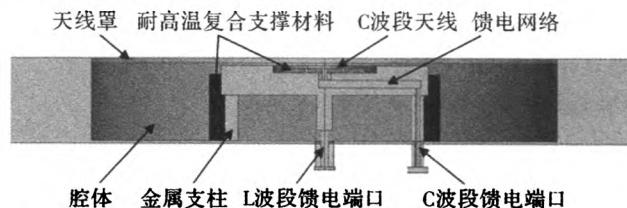


图9 双频共形耐高温天线结构示意图

对双频天线的辐射特性进行了优化仿真,水平面增益如图10和图11所示。

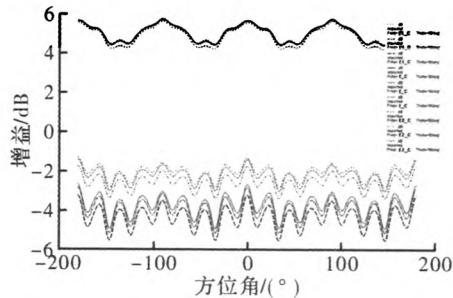


图10 C波段天线方位面增益

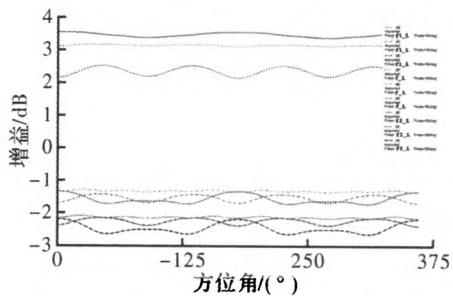


图11 L波段天线方位面增益

由图10可见,天线C波段在工作波段内(考察低频 $f_{1,C}$ 、中频 $f_{2,C}$ 、高频 $f_{3,C}$ 3个点频)可实现方位面全向覆盖,分别取俯仰角为60°、90°、95°进行仿真,可见随着俯仰角的上升,天线增益逐渐提高,在水平面(俯仰角90°面)内天线增益在-1.2~-3.2 dB之间。作为全向天线,同时需考察方位面不圆度,天线C波段不圆度<2 dB。

由图11可见,天线L波段在工作波段内(考察低频 $f_{1,L}$ 、中频 $f_{2,L}$ 、高频 $f_{3,L}$ 3个点频)可实现方位面全向覆盖,分别取俯仰角为60°、90°、95°进行仿真,可见随着俯仰角的上升,天线增益同样逐渐提高,在水平面

(俯仰角90°面)内天线增益在-1.2~-1.8 dB之间。作为全向天线,天线L波段不圆度<0.6 dB。对天线进行实测得到水平面增益如图12和图13所示。

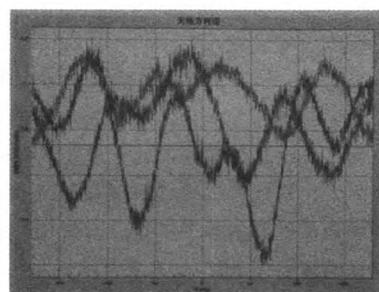


图12 实测C波段水平面增益

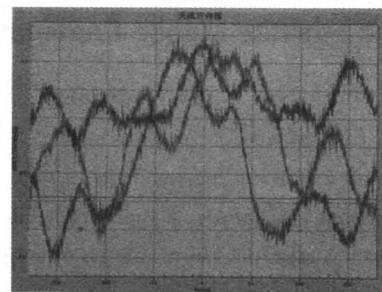


图13 实测L波段水平面增益

由图12和图13可知,实测天线C波段水平面增益在-1.2~-3.9 dB之间,天线L波段水平面增益在-1.0~-2.6 dB之间。由于介质损耗、加工误差及测试误差等因素使实测结果与仿真设计结果略有差异,但仍可证明该设计的可行性。

3 结束语

本文对共形耐高温天线进行了设计,并利用已有的结构将C波段与L波段单天线进行组合,实现了双端口单天线的双频工作能力,在C波段和L波段分别具有4%和15%的相对带宽。该设计结构紧凑,减少了飞机表面天线孔径面积和数量,并使天线在高于250℃的高温环境下连续工作30分钟以上,达到了设计目的。后续将进一步优化水平面增益,另外,研究装机位置对天线方向图的影响及方向图优化,也是下一步的工作方向。

参考文献

- [1] 郭琦,周军.美国军用航空动力的发展趋势[J].燃气涡轮试验与研究,2012(4):56~57.
- [2] 许国清,武伟.机载共形的双环微带缝隙全向天线[J].无线工程施工,2011(12):47.
- [3] 孙健,刘伟强.尖化前缘高导热材料防热分析[J].航空学报,2011,32(9):1~6.

(下转第71页)

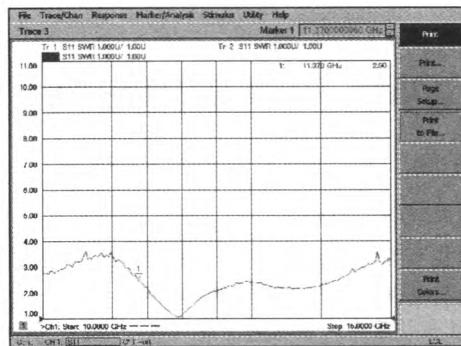


图 9 水平极化端口驻波比

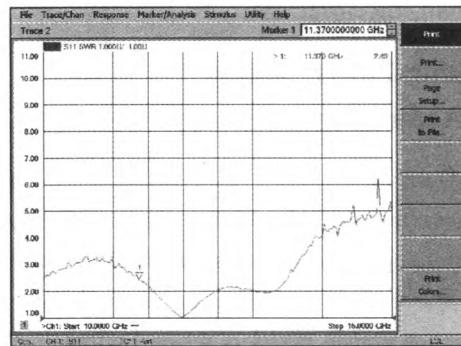


图 10 垂直极化端口驻波比

4 结束语

本文设计了一款工作于卫星通信频段的宽频带双极化微带天线。优化了天线的结构尺寸。天线采用层叠贴片结构实现宽频带工作,并采用 H 字形缝隙耦合微带中心馈电的方式实现双线极化辐射,获得了同频宽带、高隔离度和高增益的良好性能。仿真天线两个端口分别获得 22% 和 30.6% 的相对带宽($VSWR < 2$),且两个极化正交的端口隔离度 > 30 dB,这种微带

天线阵可用于 Ku 波段卫星通信,也可作为双极化微带天线阵组阵的子阵单元。

参考文献

- [1] REZA A. A Ku - band planar antenna array for mobile satellite TV reception with linear polarization [J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2010, 58(6): 2097 – 2101.
- [2] YOUNGBAE J, SOONYOUNG E, SOON I J. Experimental design of mobile satellite antenna system for commercial use [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2010, 56(2): 429 – 435.
- [3] SCHIPPERS H, VERPOORT J, JORNA P, et al. Broadband optical beam forming for airborne phased array antenna [J]. IEEE AC Paper #1507, 2009(1): 978 – 996.
- [4] HIENONEN S, LEHTO A, RAISANEN A V. Simple broadband dual – polarized aperture – coupled microstrip antenna [C]. IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, 1999: 1228 – 1231.
- [5] ROSTAN F, WIESBECK W. Design considerations for dual polarized aperture – coupled microstrip patch antennas [J]. Antennas and Propagation Society International Symposium, 1995(4): 2086 – 2089.
- [6] EGASHIRA S, NISHIYAMA E, SAKITANI A. Stacked microstrip antenna with wide band and high gain [J]. Antennas and Propagation Society International Symposium, 1990(5): 1132 – 1135.
- [7] NISHIYAMA E, AIKAWA M, EGASHIRA S. Three – element stacked microstrip antenna with wide – band and high – gain performances [J]. Antennas and Propagation Society International Symposium, IEEE, 2003(2): 900 – 903.

(上接第 67 页)

- [4] HANCOX L. Thermal effects on polymer matrix composites: part 2 thermal degradation [J]. Materials and Design, 1998, 19(3): 93 – 97.
- [5] 高禹, 张志松, 王柏臣, 等. 空天飞行器用碳/双马复合材料环境损伤行为的研究现状 [J]. 高分子材料科学与工程, 2013(6): 165 – 166.
- [6] 钟顺时. 微带天线理论与应用 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1991.
- [7] 薛睿峰, 钟顺时. 微带天线小型化技术 [J]. 电子科技, 2002(3): 62 – 64.
- [8] 荣丰梅, 龚书喜, 贺秀莲. 利用开槽和短路探针加载减缩微带天线 RCS [J]. 西安电子科技大学学报: 自然科学版, 2006, 33(3): 479 – 481.
- [9] 吴万春, 梁昌洪. 微波网络及其应用 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1980.

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>