

# 用作全向共形机载天线的微带缝隙天线

路志勇

(中国电子科技集团公司第 54 研究所)

**摘要** 在高速运动的飞行器上, 要求机载天线不但要满足各种电气指标要求, 而且要满足与飞行器机体共形设计。在测控系统中, 要求机载天线在方位面具有全向的方向图。对于一般的微带天线, 虽然可以实现共形设计, 但是无法形成方位面全向的方向图。对于振子天线, 虽可实现全向的方向图, 但很难实现共形设计。采用双环微带缝隙天线, 可以设计出全向共形机载天线, 可同时满足电气要求和共形要求。

**关键词** 全向天线; 共形天线; 机载天线; 微带缝隙天线

## 0 引言

在高速运动的飞行器上, 对机载天线提出苛刻的要求: 即机载天线不但要满足各种电气指标要求和环境要求, 而且要满足与飞行器的共形设计。由于测控等系统的需要, 要求机载天线在方位面具有全向的方向图。这对于一般的微带天线, 虽然可以实现与机体的共形设计, 但是无法形成方位面全向的方向图。对于半波振子天线或单极子天线, 虽可实现全向的方向图, 但很难实现共形设计。现采用双环微带缝隙天线, 基本上解决这个矛盾。

## 1 系统对机载天线的要求

在测控或通信系统中, 地面天线一般采用高增益的定向天线, 配有伺服跟踪系统, 可对机载天线发出的信号进行自动跟踪。对于机载天线, 则一般采用全向天线, 即要求机载天线具有方位面全向的方向图。这种对于机载天线的要求, 是为了保证飞行器在远离或朝向测控站等各种状态下, 天线都能有效的接收或发射信号。另外由于飞行器在转向或升降中, 都会使机身有较大角度的倾斜, 因此机载天线需要在俯仰面覆盖一定的区域。对于机载天线, 主要关心天线波束对空间的覆盖, 一般不要求很高的增益, 在所要的波束范围内达到 0 dB 或-2 dB 即可, 天线增益对链路电平的贡献主要由地面天线实现。因此, 对于机载天线, 在电气性能上一般要求其方向图在方位面全向, 在俯仰面具有一定的波束宽度。

机载天线在设计中, 不仅要考虑天线的电气性能, 并且由于机载天线安装在飞机上, 飞机表面形状、尺寸大小、天线安装位置等许多因素都会直接影响天线的电气性能。机载天线不仅需要满足电气指标要求, 还要满足飞机的使用环境条件要求, 如气动、振动、冲击、三防等。在某些高速飞行器上, 为保证飞行器的空气动力性能, 要求机载天线与机体必须完全共形, 即天线要完全埋入机体, 不能外露。因此, 在某些测控系统中, 需要设计性能良好的全向共形机载天线。

对于不需要共形设计的机载天线, 采用常规的对称振子或单极子形式, 都可以形成全向的方向图要求。但是, 常规天线不能满足严格的共形要求。在这里, 提出采用微带缝隙天线, 既保证具有良好的电气性能, 又可以与机体共形。

## 2 微带缝隙天线的设计

微带缝隙天线是微带天线的一种, 本文所研究的是探针馈电微带缝隙环天线。根据等效原理, 这种缝隙环天线与对称振子天线具有相同的辐射特性, 因此具有低仰角辐射、水平面全向辐射的特性。对于环形缝隙的形式, 经过大仿真计算, 最终确定双环缝隙天线为可行方案。在双环缝隙天线的工作中, 首先进行了大量的仿真计算工作, 确定天线中环的尺寸, 缝隙的尺寸, 飞行器对天线方向图性能的影响等。然后根据优化的仿真结果, 加工制作了天线样机, 进行了实测。

· 探针馈电双环微带缝隙天线由圆金属片上开双圆环槽形成, 采用探针馈电形式, 并用小电容补偿片补偿长探针电感。天线介质基板采用聚四氟乙烯, 介电常数为 2.6。对于 C 波段进行设计, 天线外形和主要尺寸参数如图 1 和图 2 所示。

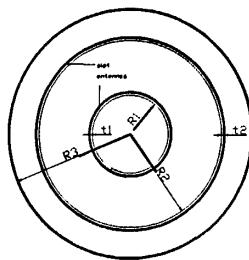


图 1 双环微带缝隙天线俯视图

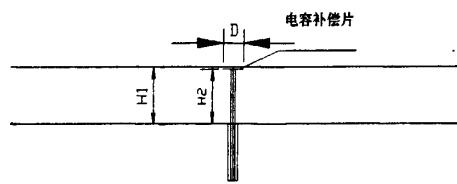


图 2 双环微带缝隙天线侧视图

图 1 和图 2 中,  $R1=25$  mm,  $R2=60$  mm,  $R3=80$  mm,  $t1=t2=2$  mm,  $H1=5$  mm,  $H2=4.8$  mm,  $D=2$  mm。

这种天线利用环形缝隙进行辐射, 根据等效原理, 这种天线的方向图与半波振子天线相似, 在方位面具有全向的辐射方向图, 在俯仰面具有较宽的波束。因此可以满足方位面和俯仰面方向图的要求。

该天线有很宽的驻波带宽,  $VSWR<2$  时,  $BW=25\%$ ;  $VSWR<1.5$  时,  $BW=18\%$ 。对于一般系统而言, 收发频段共用天线不超过 25% 的相对带宽, 因此该天线可以满足较宽频带的驻波比要求。

为了验证设计方法的正确性, 加工了双环缝隙天线实物, 并进行实测。天线的实物照片如图 3 所示。天线仿真结果和实测结果比较如图 4 所示。

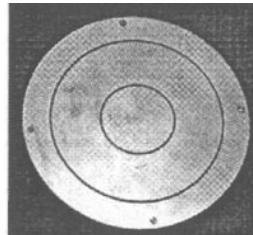
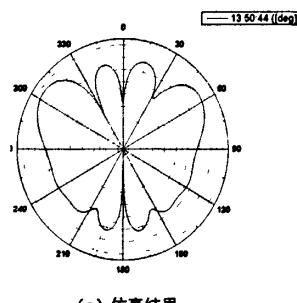
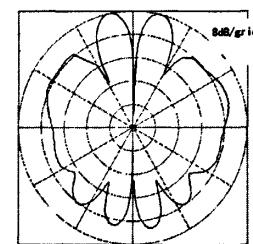


图 3 双环缝隙天线实物照片



(a) 仿真结果



(b) 实测结果

图 4 仿真与实测单独天线方向图

比较图 4 中的仿真方向图和实测方向图, 可以看出, 两者的形状基本一致, 因此可以说明设计方法的正确性。

### 3 结束语

双环微带缝隙天线具有较宽的工作频带、全向的辐射方向图, 并且易于实现共形设计, 因此可用作全向共形机载天线。

#### 参考文献

- [1] 魏文元, 宫德明, 陈必森. 天线原理[M]. 北京: 国防工业出版社, 1985.
- [2] 梁福生, 王广学. 飞机天线工程手册[M]. 北京: 中国民航出版社, 1997.
- [3] 金显盛. 再入飞行器天线[M]. 北京: 国防工业出版社, 2000.

#### 作者简介

路志勇 男, (1974-), 中国电子科技集团公司第 54 研究所工程师, 北京理工大学在读博士。主要研究方向: 天线理论研究与设计。

## 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](http://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](http://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](http://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>