

# 八木微带圆极化天线的研究与设计\*

田辉, 王杰

(北京遥感设备研究所, 北京 100854)

**摘要:**对八木微带天线进行了研究。通过 Ansoft HFSS 仿真软件设计了一种宽带宽波束圆极化八木微带天线, 在中心频率上实现了波束由侧射向端射偏转  $26^\circ$ , 频率带宽达 800 MHz, 0 dB 主波束宽度为  $110^\circ$ ; 采用 Wilkinson 微带功分器产生两路幅度相等相位相差  $90^\circ$  信号对天线进行馈电, 实现了圆极化。同时研究了在保持天线良好性能的前提下, 结构的变化对于主波束偏转角度的影响。

**关键词:**八木微带; 圆极化; 宽波束; 波束偏转

doi:10.3969/j.issn.1009-086x.2010.06.019

中图分类号: TN821<sup>+.1</sup>

文献标志码: A

文章编号: 1009-086X(2010)-06-0098-04

## Analysis and Design of Microstrip Yagi Planar Antenna

TIAN Hui, WANG Jie

(Beijing Institute of Remote Sensing Equipment, Beijing 100854, China)

**Abstract:** A wide-band and wide-beam circular polarization microstrip Yagi antenna using Ansoft HFSS software is designed on basis of the analysis of microstrip Yagi planar antenna. The beam's direction defluxion reaches 26 degree from side-fire to end-fire at center frequency. The frequency bandwidth reaches 800 MHz. The 0 dB main beam bandwidth reaches 110 degree. The circular polarization is realized when the antenna is fed by two signals with the same maximum available gain but 90 degree phase discrepancy produced by Wilkinson microstrip power splitter. In addition, the beam's direction defluxion affected by the change of antenna structure is also studied. Results show that the antenna may still have good performance.

**Key words:** microstrip Yagi; circular polarization; wide-beam; direction defluxion

## 0 引言

微带天线是 20 世纪 70 年代初期研制成功迅速发展起来的一种天线。和其他微波天线相比, 具有如下一些优点: 体积小, 质量轻, 低剖面, 具有平面结构, 并可制成与导弹、卫星等载体表面共形的结构, 馈电网络可与天线结构一起制成, 适合于用印刷电

路技术大批量生产, 能与有源器件和电路集成为单一的模块, 便于获得圆极化、容易实现双频段、双极化等多功能工作<sup>[1-3]</sup>。微带天线的突出优点决定了其可以比较自由而充分地利用弹体表面, 且安装时不影响弹体结构的强度, 很容易实现装置小型化, 共形微带天线具有不额外占有空间和对飞行姿态影响小等优点, 在航空制导等多个领域具有很大的吸引

\* 收稿日期: 2010-05-10; 修回日期: 2010-07-20

基金项目: 有

作者简介: 田辉(1984-), 男, 江苏沛县人。硕士生, 研究方向为天线设计。

通信地址: 100854 北京市 142 信箱 205 分箱 电话: 010-88525294 E-mail: tianhui21th@sina.com

力。

八木天线是一种典型的定向天线,通过调整八木天线的振子长度、数量以及振子间距离可以很容易改变天线的各性能参数。但是八木天线只能实现端射辐射,无法直接与载体表面共面安装。利用微带天线实现八木天线的功能,不仅可以与载体表面共面安装,而且可以使波束从端射向侧射倾斜,实现对不同天线倾角波束的控制<sup>[4-6]</sup>。

因此,以微带天线理论作为基础,研究八木形式的微带天线,通过优化参数,使其在性能指标上达到更好的要求,这在工程上有很大的应用价值。本文在 John Huang 的微带八木天线<sup>[7]</sup>的基础上,结合工程应用,对天线进行改进,对参数进行优化设计,并设计了馈电网络,完成了一种性能优良的圆极化八木微带天线设计,使天线满足了应用需求。同时研究了八木微带天线波束偏转角度随天线结构变化的关系,对这种天线的设计具有非常实用的参考价值。

## 1 天线结构设计

微带八木天线是在一块介质基片上,同时刻蚀一个有源贴片,一个反射贴片和几个引向贴片,这些贴片都做成正方形的。其中有源贴片的尺寸约为工作频率的介质波长的一半左右,反射贴片略大于有源贴片,而引向贴片略小于有源贴片。电磁波主要通过有源贴片辐射,在相邻贴片之间产生较强的耦合,使天线波束发生偏转。贴片之间的间隙一般约等于介质基片的厚度<sup>[8-9]</sup>。在介质基片确定的前提下,通过调整贴片尺寸的大小和贴片间隙的大小,可以改变波束偏转的角度,调整馈电点的位置,可以结合馈电网络调整端口的匹配情况以及端口驻波特性。

设计的微带八木天线中心频率为  $f_0$  GHz,结构如图 1 所示,整个结构的尺寸为  $2.07\lambda \times 1.32\lambda$ 。

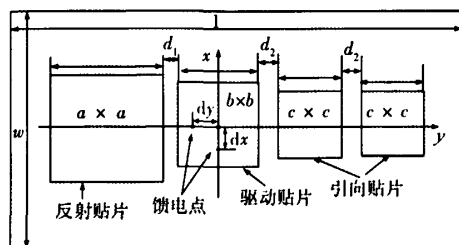


图 1 八木微带天线结构图

Fig. 1 Structure of microstrip Yagi antenna

## 2 天线仿真结果

图 2 是使用 HFSS<sup>[10]</sup> 仿真时建立的天线仿真模型,天线采用上下两层结构,上层使用介电常数为 2.95,厚度为 1.5 mm 的介质基片,基片上方刻蚀辐射贴片,在实现良好圆极化性能的条件下对天线的各贴片的边长、间隙距离以及馈电点的位置进行微调,优化之后的参数为: $a/\lambda = 0.384$ ,  $b/\lambda = 0.273$ ,  $c/\lambda = 0.249$ ,  $d_1/\lambda = 0.045$ ,  $d_2/\lambda = 0.028$ ,馈电点的位置  $dx/\lambda = dy/\lambda = 0.055$ 。天线下层馈电网络采用介电常数为 2.2,厚度为 0.508 mm 的介质基片,基片的下方刻蚀 Wilkinson 功分器,两臂的长度差约为  $1/4$  波长,用来产生相位相差  $90^\circ$  的等幅信号。两层之间采用直径为 1.4 mm 的理想金属圆柱互连。

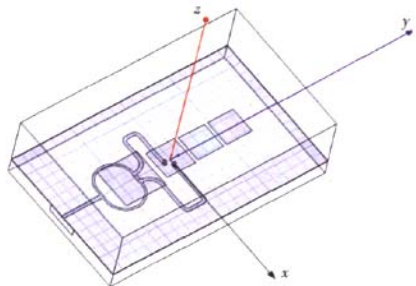


图 2 八木微带天线仿真模型

Fig. 2 Simulated model of microstrip Yagi antenna

对 Wilkinson 功分器两臂的长度差进行微调,可以使天线达到更好的匹配,从而得到更好的  $S$  参数。天线的方向图、轴比特性以及不同频率下的电压驻波比等性能如图 3~6 所示。

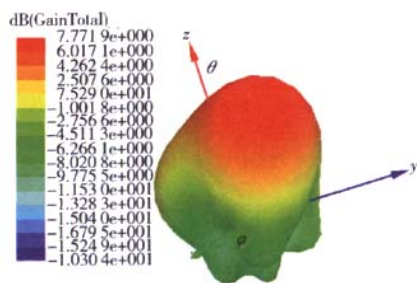


图 3 八木微带天线 3D 方向图

Fig. 3 3D rectangular plot of microstrip Yagi antenna

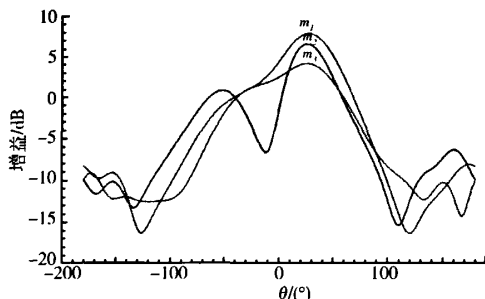


图4 中心频率及两个边频增益方向图

Fig. 4 Antenna's radiation pattern of total gain at center and two border frequencies

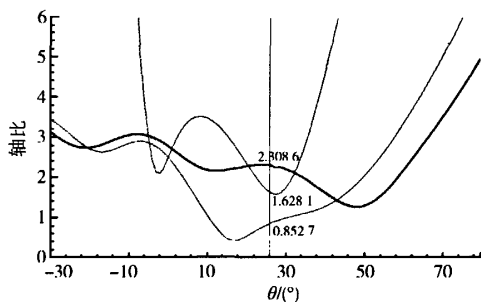


图5 中心频率和2个边频的轴比值

Fig. 5 Antenna's radiation pattern of axial ratio value at center and two border frequencies

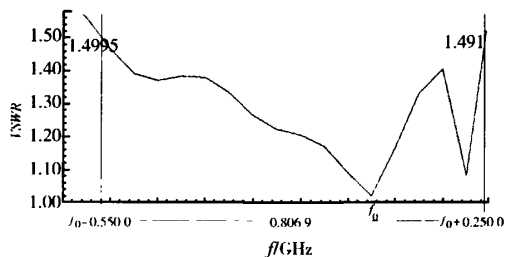


图6 天线的电压驻波比

Fig. 6 VSWR of antenna

从图4中可以看出,设计的八木微带天线在中心频率和边频,主波束方向相对于微带天线法向向引向贴片方向偏转了 $26^\circ$ , $Oyz$ 平面0 dB带宽在 $110^\circ$ 左右。在主波束方向,增益可达7.82 dB。随着频率的变化,波束宽度和增益会有相应的变化,但是从图中可以看出,主波束的偏转角度基本不随频率改变,稳定在 $26^\circ$ 左右。

图5为中心频率以及两个边频在不同方向的轴

比图,对于中心频率, $\theta$ 角从 $-23^\circ$ 到 $57^\circ$ 都在3 dB以下,3 dB轴比波束宽度达到 $80^\circ$ 。在实际应用中,可以通过调节2个馈电点距离驱动贴片中心的距离以及Wilkinson功分器两臂的长度差来改变天线的轴比特性,这种调整对于天线的其他性能,比如增益、偏转角度等没有多大的影响。

图6为输入端口的电压驻波比随频率变化的曲线图,在中心频率电压驻波比可达1.02,电压驻波比不大于1.5的带宽可以达到800 MHz,对于中心频率工作在C波段的天线,相对带宽可达百分之十几,真正实现了天线的宽波束性能。

### 3 结构变化的影响

在不改变其他参数的条件下,对设计八木微带天线做些结构上的改变,当减少一个引向器时,天线仍然能满足良好的圆极化及其驻波特性,但其偏转角度变为 $22^\circ$ 。当增加一个引向器时,在满足良好圆极化以及驻波特性的条件下,偏转角度变为了 $29^\circ$ 。两种情况下增益方向图分别如图7、图8所示。

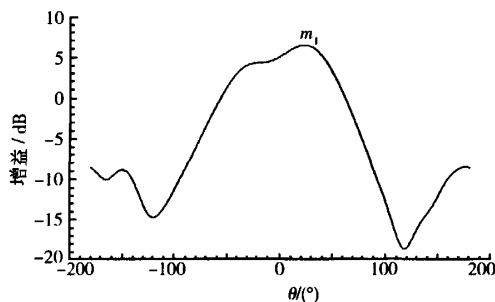


图7 1个引向器天线的增益方向图

Fig. 7 Total gain radiation pattern of antenna with one director

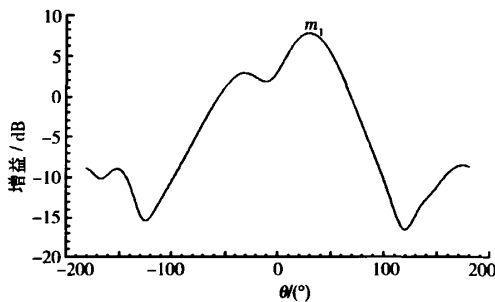


图8 3个引向器天线的增益方向图

Fig. 8 Total gain radiation pattern of antenna with three directors

基于这种结构变化的规律,继续改变引向器的数量,当引向器的个数分别为4个和5个的时候,主波束偏转的角度分别为 $35^\circ$ 和 $36^\circ$ 。在3个引向器的基础上,增加一个反射器,偏转的角度变为 $28^\circ$ ,同样有增加主波束偏转角度的效果。通过不同的试验可知,在引向片个数为5个,反射器个数为2个的时候,可以得到最大偏角 $39^\circ$ 。当引向器的个数多于5个,反射器的个数多于2个的时候,偏转角度没有多大的变化,这是因为八木微带天线的能量主要通过介质耦合到寄生贴片上,增加的再多的寄生贴片距离激励贴片会更远,使得耦合到这些贴片上的能量非常小,因此它们对方向图的影响也就非常小了。

#### 4 结束语

本文将典型八木天线的原理应用到微带天线上,利用HFSS软件的优化仿真功能,结合工程应用,对天线尺寸、馈电方式以及使用的介质等各种参数进行设计,并设计了隔离度很好的馈电网络,最后得到一种宽带宽波束圆极化的八木微带天线。与通常的圆极化天线不同,它是一个带倾斜波束的圆极化天线,特别适合弹载条件的应用。在这个基础上又研究了通过改变八木微带天线的结构形式来改变天线主波束偏转的角度,得到了有意义的结论,这对于工程上的应用以及类似天线的研制提供了非常有用的参考。

#### 参考文献:

- [1] [加]I. J. 鲍尔, P. 布哈蒂亚. 微带天线[M]. 北京: 电子工业出版社, 1984.
- [2] 林昌禄, 聂在平. 天线工程手册[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [3] 毛康候. 防空导弹天线[M]. 北京: 宇航出版社, 1991.
- [4] John D. Kraus Ronald J. Marhefka. Antennas: For all Applications [M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [5] 刘学观, 郭辉萍. 微波技术与天线[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2005.
- [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] Jonh Huang, Arthur C. Densmore. Microstrip Yagi Array Antenna for Mobile Satellite Vehicle Application [J]. IEEE Trans. On Antennas and Prop, 1991, 39 (7): 1024-1030.
- [8] 赵书晨, 王秉中, 赵德双. 宽带宽波束圆极化平面微带八木天线设计[C]//全国微波毫米波会议论文集. 北京: 中国电子学会, 2007: 365-367.
- [9] 杨雪松, 王秉中, 赵德双, 等. 一种槽加载的可重构微带八木贴片天线[C]//全国微波毫米波会议论文集. 北京: 中国电子学会, 2005: 1328-1331.
- [10] 谢拥军, 刘莹. HFSS原理与工程应用[M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [11] 钟玲玲, 邱景辉, 白文静, 等. 新型超宽带宽波束圆极化天线[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2007, 39(5): 742-744.

## 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](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>