

一种实用新型宽波束圆极化天线

杨小龙

(中国电科第 36 研究所 天馈技术研究室, 嘉兴 314033)

摘要: 圆极化天线是一种应用非常广泛的天线形式, 尤其是在卫星通信和卫星定位设备中, 随着这些系统的发展, 对天线提出了越来越高的要求, 低剖面、宽波束覆盖的圆极化天线越来越受到追捧, 本文提出了一种新型宽波束圆极化天线——双臂螺旋天线, 该天线 3dB 波束宽度可达 160° 以上, 具有结构简单、尺寸小、性能稳定等优点, 可以广泛应用于各种军用、民用通信领域。

关键词: 圆极化; 宽波束; 低剖面

A Practical and Novel Circularly Polarized Antenna with Broad Beam

YANG Xiao-long,

(Jiangnan electronic and communications research institute, Jiaxing 314033, China)

Abstract: Circularly polarized (CP) antenna is wide used in satellite communication and orientations. As the development of satellite system, CP antennas of low profile and wide beam are more and more interest. In this paper, A practical and novel CP antenna with broad beam is presented, which uses double arm helix as radiated body. The proposed antenna achieves the wide beam above 160°, and operates well impedance matching and CP performance. The presented antenna can be applied to warp and civil communication domain.

Key words: circularly polarized, broad beam, low profile.

引言

近年来, 在军事和民用领域, 卫星导航、定位以及通信得到了广泛应用并起到了越来越重要的作用。为了快速捕捉到微弱的卫星信号, 一般要求天线具有很宽的波瓣宽度, 并能保持一定的低仰角增益^[1], 目前研究比较多的宽波束天线多为谐振式四臂螺旋天线^[2], 四臂螺旋天线通常需要增加一个一分四、等幅相位相差 90° 的馈电电路, 馈电电路的引入增加了设计的复杂度, 而且, 如果馈电电路设计得不好可能还会引起天线性能的恶化, 这里, 本文作者提出了一种新型宽波束圆极化天线——双臂螺旋天线, 双臂螺旋天线的宽波束特性本文作者也曾经介绍过, 然而, 由于当时无法解决此种天线的小型化问题所以一直不能广泛应用, 为此, 对此种形式的天线进行了进一步的研究, 最终得出该天线的尺寸可以降低, 而且, 此种形式天线的馈电方式^[3]相对简单, 直接通过同轴线加工而成, 经过实验证明该天线具有结构简单、尺寸小、性能稳定等优点, 可以广泛应用于各种军用民用领域。

1 双臂螺旋天线

双臂螺旋天线的结构如图 1 所示。它由两根螺旋臂构成, 每根螺旋臂空间上相差 180° 放置, 根据不同的圆极化特性需求, 改变螺旋臂的旋向可以实现左旋圆极化和右旋圆极化。

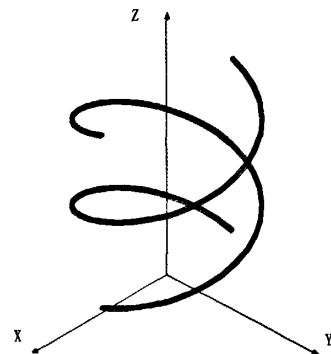


图 1 双臂螺旋天线示意图

由于圆极化天线多用于卫星导航、定位领域, 而目前存在的导航系统有美国 GPS、欧洲伽利略、俄罗斯格洛纳斯以及中国的北斗。我国的北斗导航系统起步相对较晚, 目前升空的卫星较少, 因

此, 对天线的性能提出了更高的要求。这里, 我们将围绕着北斗导航卫星的接收频率设计一款圆极化天线, 来验证双臂螺旋天线的性能。北斗接收天线的接收频率为 $2492 \pm 7 \text{MHz}$, 这里我们将以 2492MHz 为设计中心频率进行设计。

2 双臂螺旋天线设计

双臂螺旋天线的设计主要涉及螺旋臂的设计以及馈电设计, 对于螺旋臂主要是围绕着螺旋臂的直径和螺距的选择来开展的。

我们都知道螺旋天线有两种典型的辐射模式: 法向模和轴向模。法向模螺旋天线的辐射能量主要聚集在螺旋天线的法向方向, 轴向模螺旋天线的辐射能量主要集中在螺旋天线的轴线方向。螺旋天线可以近似等效为若干个小环和短线按照一定的间距在轴线上等间距的组阵, 螺距等效为和阵元间距相关的一个参量, 当螺旋天线的直径确定后, 螺距的大小就决定了螺旋天线的主要辐射模式, 通常, 法向模螺旋天线螺距较大, 轴向模螺旋天线的螺距较小, 这是因为要在法向方向集中天线的能量就必须在轴线方向上压低方向图的波束宽度, 也就是阵元间距要大, 相反, 要在轴线方向上能量集中就要减小阵元间距。如果我们要求天线能够在上半空间(仰角 10° 以上) 均匀辐射, 则要求天线兼具法向模和轴向模的辐射特性, 因此, 该螺旋天线的螺距尺寸应该介于法向模螺旋天线和轴向模螺旋天线螺距之间, 法向模螺旋天线的螺距尺寸通常为 $S > 0.6 \lambda$, 轴向模螺旋天线的螺距尺寸通常为 $0.15 \lambda < S < 0.3 \lambda$, 在这里我们选择螺距, $S = 0.53 \lambda$, 螺旋天线半径 $r = 0.19 \lambda$, 圈数 $N = 1$, 图 2 为天线 2492MHz 仿真辐射方向图, 图 3 为仿真轴比方向图。

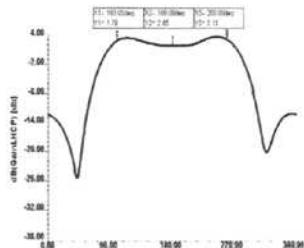


图 2 天线 2492MHz 仿真辐射方向图

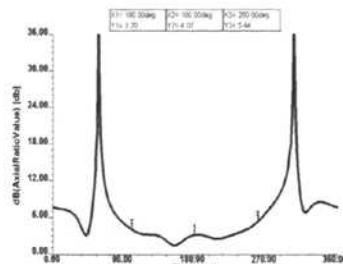


图 3 天线 2492MHz 仿真轴比方向图

从图中我们可以看出, 该天线的 3dB 波束宽度为 160° , 轴比在低仰角的地方稍差一些, 小于 6.0dB 左右, 有待进一步提高。

四臂螺旋天线通常选择在天线的底部馈电, 馈电电路为一个一分四功率分配器, 功率分配器的每个输出端口的相位依次延迟 90° , 而双臂螺旋天线的馈电方式相对简单得多, 仅用同轴线就可以解决其馈电问题, 其馈电结构图如图 4 所示。

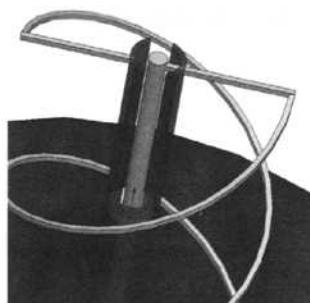


图 4 双臂螺旋天线馈电方式结构图

匹配直接在同轴线上实现, 即在同轴线上开有两个对称的纵向缝隙, 其长度约为 0.25λ 。螺旋天线的一臂(左臂)与同轴线左半部外导体相连, 另一臂则与同轴线内导体相连, 并同时和同轴线右半部外导体相连。这种结构使螺旋天线两臂对于同轴线外导体是对称的, 而且这种对称性并不随频率的变化而变化, 因此能在宽频带范围内保证双臂螺旋天线双臂对称激励。然而, 由于缝隙的电长度是随频率而变化的, 因而使宽带应用受到了一定的限制。这种开槽式平衡变换器的突出优点是结构简单、紧凑, 其和双臂螺旋天线结合使用使天线显得更加紧凑和简单, 完整的双臂螺旋天线结构示意图如图 5 所示。

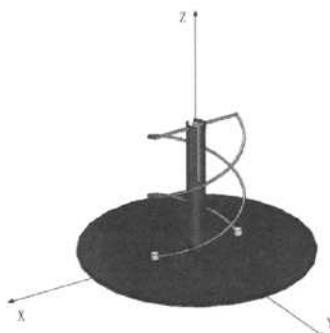


图 5 双臂螺旋天线结构示意图

3 双臂螺旋天线的应用

上述提到的双臂螺旋天线均在底部带有金属反射板, 这主要是考虑了螺旋天线的实际使用环境, 当其用在弹载、星载等环境下, 通常和发射或接收设备直接相连, 由于发射或接收设备外壳均为金属材质, 所以增加一块金属板来减少天线背面金属设备壳体的影响。当然, 双臂螺旋天线也可以不依赖金属反射板来实现, 为此, 我们也给出一组没有反射板的双臂螺旋天线的设计参数及其性能曲线, 其设计参数为 $S=0.45\lambda$, 螺旋天线半径 $r=0.175\lambda$, 圈数 $N=3$, 其辐射方向图和轴比方向图如图 6 和图 7 所示。从图中我们可以看出, 不带反射板的双臂螺旋天线的波束宽度也超过了 160° , 而且在上半空间增益起伏比较小, 轴比在仰角 10° 以上小于 5dB , 总的来说性能是相当不错的。

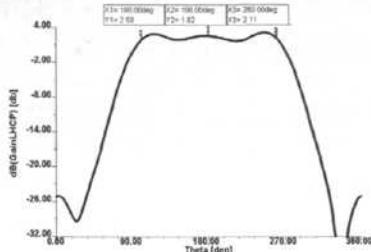


图 6 不带反射板仿真辐射方向图

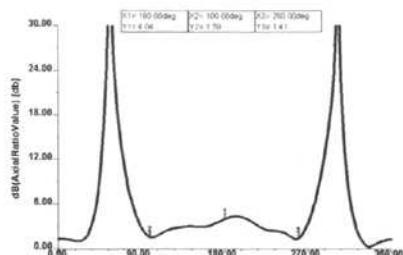


图 7 不带反射板仿真轴比方向图

4 结论

圆极化天线是一种应用非常广泛的天线形式, 尤其是在卫星通信和卫星定位设备中, 随着这些系统的发展, 对天线提出了越来越高的要求, 低剖面、宽波束覆盖的圆极化天线越来越受到追捧, 本文提出了一种新型宽波束圆极化天线——双臂螺旋天线, 并且以我国的北斗接收天线为实例介绍了该天线的设计过程, 提出了可行的匹配方法, 经验证该天线 3dB 波束宽度可达 160° 以上, 具有结构简单、尺寸小、性能稳定等优点, 可以广泛应用于各种军用、民用领域。

参 考 文 献

- [1] 张继龙、钱祖平、卢春兰. 一种用于卫星定位系统的宽波束圆极化天线 [J]. 中国电子科学研究院学报, 2007(6)
- [2] D. Kraus Ronald J. Marhefka. *Antennas: For All Applications* [M]. Third Edition, John Publishing House of Electronics Industry 2004
- [3] 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, 1995.6
- [4] 林昌禄. 天线工程手册 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2002

杨小龙 男, 1979 年生, 工程师, 大学本科。主要研究方向: 天馈技术研究。

E-mail: yxdragon@sina.com

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>