

doi:10.19306/j.cnki.2095-8110.2017.04.012

# 一种新型双线极化 BD2 B3 抗干扰天线设计

张艳梅, 李 峰, 吴婵娟

(北京自动化控制设备研究所, 北京 100074)

**摘要:**设计了一种双线极化 BD2 B3 抗干扰天线单元,采用 2 个幅度相等相位相差  $90^\circ$  的馈电点,产生幅度相等相位正交的 2 个线极化波实现双线极化,用该天线单元进行抗干扰阵列组合,能够有效减小天线阵列的体积。

**关键词:**双线极化;微带天线;耦合;自由度

**中图分类号:**U666.12 **文献标志码:**A

**文章编号:**2095-8110(2017)04-0082-05

## A New Design of Dual-linear Polarization Anti-jamming Antenna Element for BD2 B3

ZHANG Yan-mei, LI Feng, WU Chan-juan

(Beijing Institute of Automatic Control Equipment, Beijing 100074, China)

**Abstract:** A design of a dual-linear polarization anti-jamming antenna element for BD2 B3 is presented. The two feed points with equal amplitude phase and 90 degrees phase are used to generate two linear polarized waves with equal amplitude and orthogonal phase in this antenna element. Using this antenna element can reduce the dimension of the antenna array effectively.

**Key words:** Dual-linear polarization; Micro-strip antennas; Coupling; Degrees of freedom

### 0 引言

在导弹等飞行器的设计中,为了提高整体性能,要求作为导航组件的卫星接收天线占用空间尽可能小,同时又要求卫星接收天线具有较高的抗干扰能力。因此,在不影响天线性能的情况下尽可能使天线小型化成为天线设计中需要考虑的重要因素<sup>[1]</sup>。

普通的右旋圆极化天线阵列仅利用了空域信息,体积庞大,而双线极化天线阵列不仅可以利用期望信号和干扰信号空间到达角的差异在空域滤波,而且还可以利用其极化状态的差异在极化域滤波。因此为尽可能缩小占用空间同时具有相同的抗干扰能力,双极化天线阵列符合弹载平台小型化的要求<sup>[2-4]</sup>。

双极化天线的一个天线单元可以实现对一个干扰的抑制,普通右旋圆极化天线是无法做到这点

的。同时,如图 1 所示,以四阵元天线阵列为例,常用的右旋圆极化阵元组成的天线阵列的自由度为  $4 - 1$ ,即  $N$ (天线阵元个数)  $- 1$ ,而双线极化四阵元阵列天线的自由度为  $8 - 1$ ,即  $2N - 1$ 。所以,在相同布阵面积下,双线极化天线阵列可以显著提高天线阵列的自由度。也即,当干扰个数同为 3 时,双线极化天线单元组阵仅需要圆极化天线单元组阵的一半面积,从很大程度上降低了天线所占的体积,为导弹飞行器等节省空间。

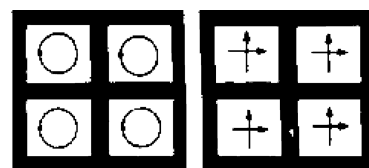


图 1 4 阵元普通右旋圆极化阵列和双极化阵列示意图

Fig. 1 Sketch map for RHCP and dual-polarization antenna array

收稿日期:2017-02-10;修订日期:2017-03-21

作者简介:张艳梅(1984-),女,硕士,工程师,主要从事导航天线方面的研究。E-mail:zymht0033@163.com

国外多家大学已开展了极化阵列应用于移动基站<sup>[5]</sup>和手持终端<sup>[6]</sup>的研究,加拿大多伦多大学电磁研究小组对极化阵列天线在移动通信中的应用进行了研究;美国弗吉尼亚大学科研小组对多极化阵列在 GPS 移动通信中手持终端进行了研究。该小组开发了单极化和多极化四元阵列,由于极化自由度的增加,解决了 GPS 小型化问题。也就是说要抗相同数目的干扰,极化阵列的几何孔径将缩小 50%,具有重要意义,标志着极化阵列已进入系统开发阶段。可见,国外对于极化阵列天线在导航抗干扰中已有所应用,并有效地缩减了阵元天线所占体积。国内对于极化阵列在导航抗干扰中的应用刚刚起步,仅有的几篇相关论文也处于仿真研究阶段<sup>[7-11]</sup>。

本文所设计的双线极化天线单元,利用馈电网络将 2 个幅度相等相位相差 90°的馈电点,同时馈电到辐射贴片上,从而产生幅度相等相位正交的 2 个线极化波<sup>[12]</sup>,该天线单元剖面低,可集成度高,可以应用到各型抗干扰天线阵列中。

## 1 天线建模

### 1.1 微带天线原理

根据微带天线理论<sup>[13]</sup>,贴片单元宽度  $a$  的尺寸直接影响着微带天线的方向性函数、辐射阻抗及输入阻抗。考虑到要兼顾辐射效率和避免产生高次模,通常要求宽度  $a$  满足式(1)的要求

$$a \leq \frac{c}{2f_r} \left( \frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

实际工程中,  $a$  一般取  $\frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_r}}$ , 式中:  $c$  为光速;  $f_r$  为天线的工作频率;  $\epsilon_r$  为天线基片的相对介电常数。

### 1.2 天线建模

由式(1)初步计算,天线贴片在介质板的介电常数为  $\epsilon_r = 6.0$  的情况下,边长  $a = 47.2\text{mm}$ , 天线结构如图 2 所示。顶层为微带天线辐射贴片,贴片的边长为  $a$ , 中间为微波复合介质板,采用国产泰州旺灵的 TP-2 板材,其介电常数为 6.0, 厚度为  $h$ , 最下层为天线的金属基板。

设计中采用背馈的方式来实现馈电信号的输出,该方式能够通过馈电点的位置变化来实现阻抗的匹配调节,信号从背部馈入,可以避免输入信号与辐射信号的相互干扰,保证天线增益的最大化。

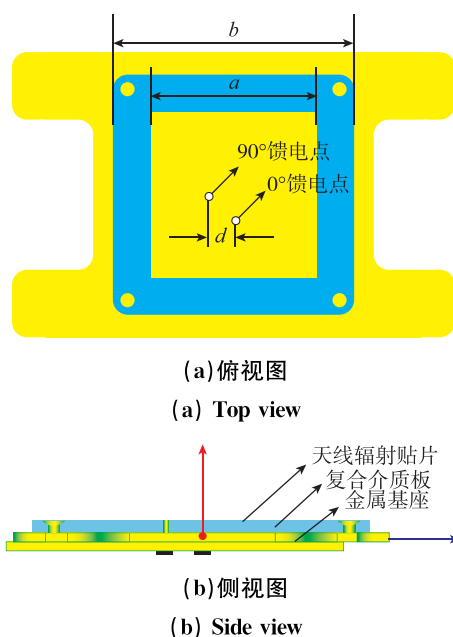


图 2 天线结构

Fig. 2 Antenna geometry

按照设计经验。2 个馈电点之间的距离为  $d = a/6 = 7.8\text{mm}$ 。

## 2 仿真分析

本研究利用 Ansoft 公司的 HFSS13.0 仿真软件进行建模仿真,本文以 BD2 B3 为例进行设计,该设计可以衍伸到各导航频段。辐射贴片的边长  $a$  确定了该天线的一个工作频点 BD2 B3 的 1268.52MHz, 边长  $a$  越大, 频点越向低频偏移,  $a$  越小, 频点越向高频偏移, 可以通过仿真不同的辐射贴片的尺寸来适应不同的导航频段。通过仿真和优化确定下来的尺寸为  $a = 46.6\text{mm}$ ,  $b = 65\text{mm}$ ,  $h = 4\text{mm}$ ,  $d = 8\text{mm}$ , 图 3 所示为软件中的仿真模型。

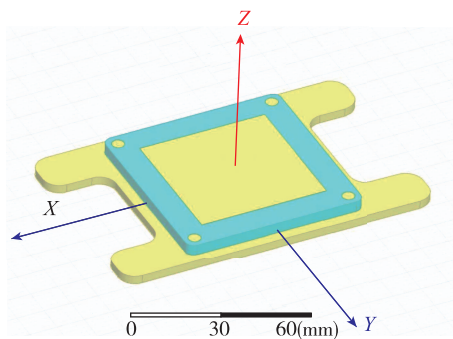


图 3 在软件中的仿真模型

Fig. 3 The simulated antenna mode

图4~图6所示为2个馈电点中0°馈电点工作时天线的仿真性能曲线。

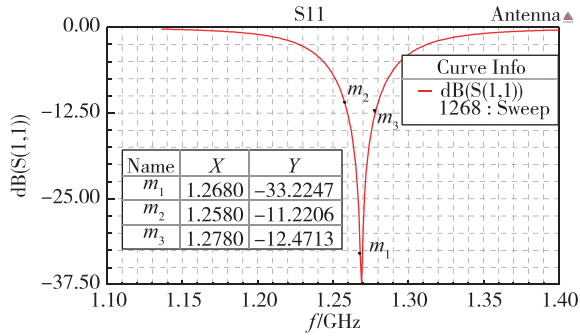


图4 BD2 B3的工作频点反射系数

Fig. 4 The return loss for the antenna at BD2 B3

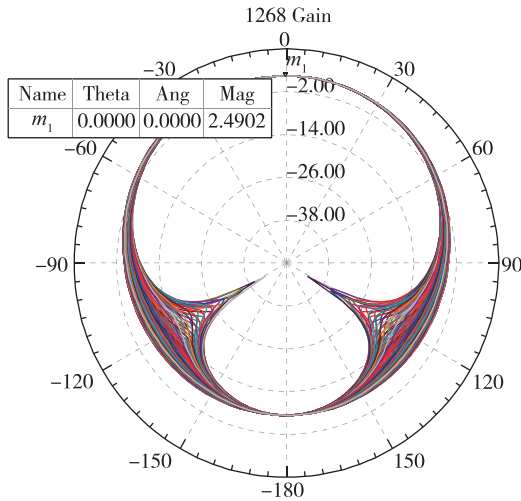


图5 BD2 B3的E面方向图

Fig. 5 The radiation pattern for the antenna at BD2 B3

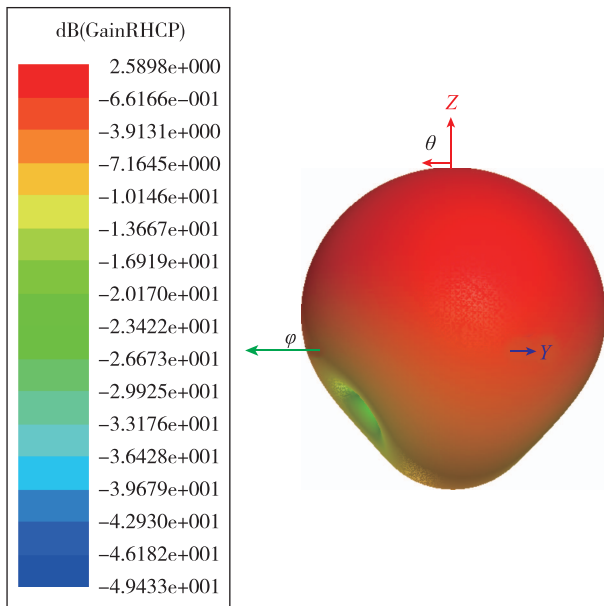


图6 BD2 B3的三维立体方向图

Fig. 6 The 3D radiation pattern for the antenna at BD2 B3

图5中,在BD2 B3频点,该天线的顶向增益为2.58dB,图6中该天线的上半平面为分布均匀的圆形,为全向天线,满足导航天线以及抗干扰天线单元对方向图的要求。

图7~图9所示为2个馈电点中90°馈电点工作时天线的仿真性能曲线。

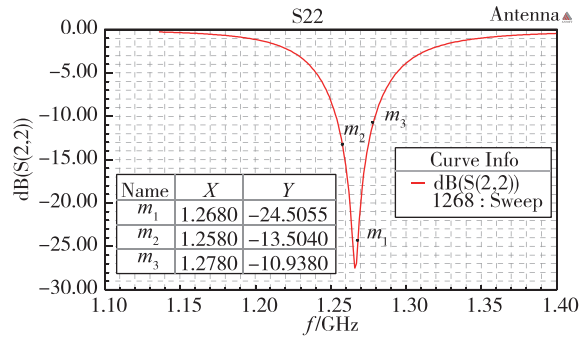


图7 BD2 B3的工作频点反射系数

Fig. 7 The return loss for the antenna at BD2 B3

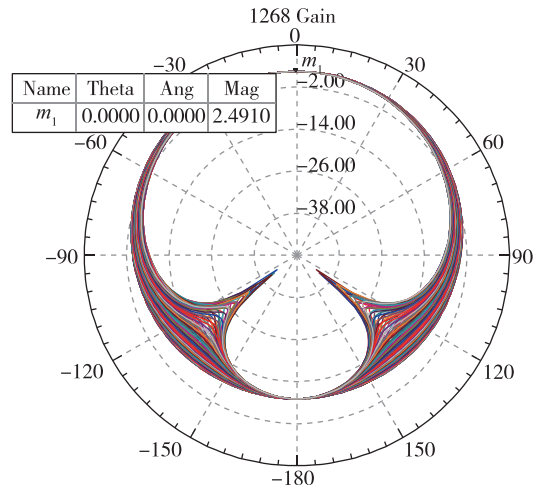


图8 BD2 B3的E面方向图

Fig. 8 The radiation pattern for the antenna at BD2 B3

图8中,在BD2 B3频点,该天线的顶向增益为2.30dB,图9中该天线的上半平面为分布均匀的圆形,为全向天线,满足导航天线以及抗干扰天线对方向图的要求。

极化天线作为极化阵列抗干扰卫星接收机的关键组成部分,负责接收卫星与干扰极化信号,其双线极化之间的互耦对与抗干扰指标尤其重要,图10中,2个线极化之间的耦合为-48.46dB,远远优于单一极化产品的阵元之间的耦合。

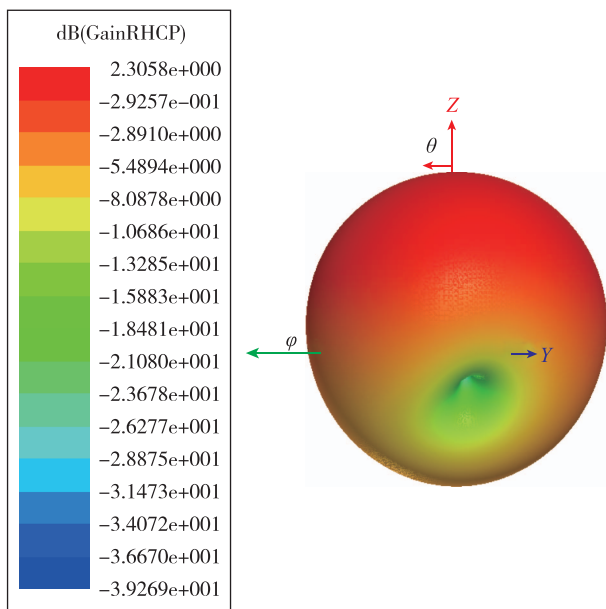


图 9 BD2 B3 的三维立体方向图

Fig. 9 The 3D radiation pattern for the antenna at BD2 B3

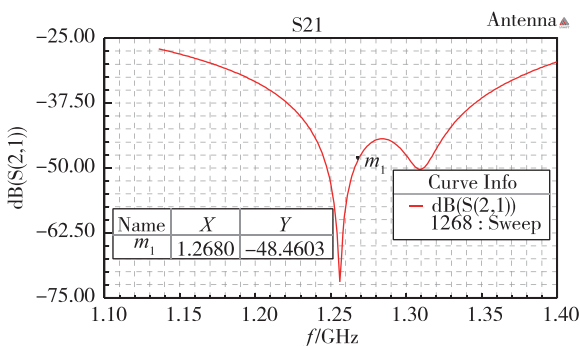
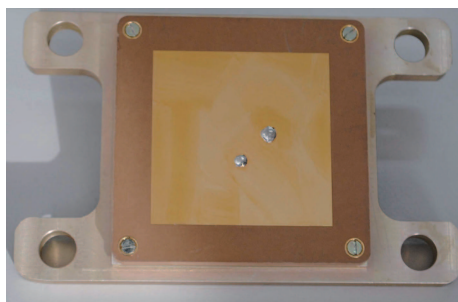


图 10 BD2 B3 的工作频点两个线极化之间的互耦

Fig. 10 The mutual coupling for the two feed point at BD2 B3

### 3 样机制作与测试

用 HFSS 13.0 进行仿真分析后,对该模型进行加工。图 11 所示为实际加工、装配出来的双线极化天线单元。



(a)俯视图  
(a) Top view



(b)侧视图

(b) Side view

图 11 实物装配图

Fig. 11 The prototype for the antenna

图 12 所示为使用矢量网络分析仪 E5061B 测量的该天线实物在 BD2 B3 频点的反射系数,由结果可以看出,该天线单元的 2 个馈点的反射系数在  $-28\text{dB}$  以下,能够很好地工作在 BD2 B3 频点。

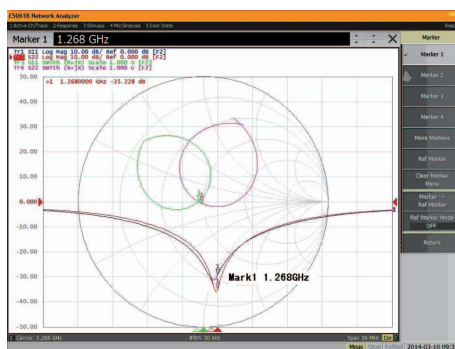


图 12 实物天线在 BD2 B3 频点的反射系数

Fig. 12 Measured return loss for the antenna at BD2 B3

对该双线极化天线单元进行了室外抗干扰试验,按照设计思想,单个天线单元可以抗单宽带干扰。经实际测试,该天线单元旋转一周对固定方向的单宽带干扰的抑制能力达到了业内的抗干扰水平。

### 4 结论

本文设计了一款 BD2 B3 频点的双极化天线单元,通过 2 个相差  $90^\circ$  的馈电正交馈电,产生不同的极化。经过仿真分析,该天线单元在 2 个不同的极化状态下顶向增益均大于  $2.3\text{dB}$ ,在 BD2 B3 频点的反射系数小于  $-28\text{dB}$ ,且该天线单元的 2 个线极化之间的耦合也优于两阵元天线阵中 2 个右旋圆极化天线单元之间的耦合,性能满足应用要求。利用该天线单元进行组阵,可以实现抗多个干扰。相较于单一右旋圆极化天线阵列,双线极化阵列能够减小阵列面积,为原来的 50%。

该设计可以推广到各导航频段的设计,用于各频段的抗干扰阵列中,应用前景十分广阔。

## 参考文献

- [1] 庄钊文,徐振海,肖顺平,等.极化敏感阵列信号处理[M].北京:国防工业出版社,2005.
- [2] 徐振海,肖顺平,张光义.极化阵列天线的性能优势与应用前景[J].现代雷达,2008,30(2):6-9.
- [3] Compton R T. On the performance of a polarization sensitive adaptive array [J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1981, 29(5):718-725.
- [4] 庄钊文,肖顺平,王雪松.雷达极化信息处理及其应用[M].北京:国防工业出版社,1999.
- [5] Fujimoto K, James J R. Mobile antenna system handbook (Second edition) [M]. Norwood, MA: Artech House, 2001.
- [6] Godara L C. Handbook of antennas in wireless communications [M]. Boca Raton: CRC Press, 2002.
- [7] 徐振海,王雪松,肖顺平,等.极化敏感阵列滤波性能分析:相关干扰情形[J].通信学报,2004,25(10):8-15.
- [8] 姚德森,袁军.极化自适应抗干扰研究[J].电子学报,1996,24(6):114-116.
- [9] 宋广,徐振海.部分极化干扰条件下极化阵列性能分析[J].火控雷达技术,2008,37(3):22-24.
- [10] 刘拥军,王大鸣,胡捍英.一种小型四阵元GPS天线阵列的设计[J].电波科学学报,2009,24(5):969-972.
- [11] 杨雪霞.双极化与变极化微带天线的研究[D].上海大学,2001.
- [12] Tao D. Design of broad-band circularly polarized micro-strip patch antenna array [C]//IEEE 2007 International Symposium on Microwave, Antenna, Propagation and EMC Technologies for Wireless Communications. IEEE, 2007:636-638.
- [13] 林昌禄.天线工程手册[M].北京:电子工业出版社,2002.