

# 一种新型双频双环天线

高国平, 张金生

(兰州大学 信息科学与工程学院, 甘肃 兰州 730000)

**【摘要】**文中设计了一种可用于GSM900/DCS1800的双频双环形天线。该天线由两个并排的环形天线构成,在天线中加入的断路片和反射杆实现了阻抗匹配和单向辐射特性。实验结果表明,分别在800~1000MHz和1716~2040MHz两个频段内,天线获得了良好的输入特性和辐射特性。该天线适用于GSM900/DCS1800手机信号,以及PHS1905MHz信号的传输。

**【关键词】**双环天线; 双频天线; 阻抗匹配

**【中图分类号】**TN82

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1002-0802(2008)04-0025-03

## A Novel Dual-loop Antenna for Dual-band Application

GAO Guo-ping, ZHAG Jin-sheng

(School of Information Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou Gansu 730000, China)

**【Abstract】**A dual-loop antenna with dual-band frequency range is designed. The proposed antenna is composed of two loop antenna constructed side by side, and the short patch and reflection pole is added so that the good impedance matching and single radiation performance is achieved. The experimental results shows that in both 800~1000MHz and 1716~2040MHz frequency range, this antenna obtains good input performance and radiation performance. The proposed antenna is suitable for GSM900/DCS1800 mobile telephone signal and PHS1905MHz signal propagation.

**【Key words】**Dual-loop antenna; Dual-band antenna; impedance matching

## 0 引言

双环天线具有增益高、频带宽、易匹配、高效率、层间耦合小、结构简单等特点,因此广泛应用于UHF波段的电视发射和调频广播电台发射中<sup>[1]</sup>。到目前为止已经有很多文献对环天线进行了分析。环天线加反射面可以成为较高增益的定向天线<sup>[2]</sup>。对馈电方式的改进使得环天线的应用范围进一步扩大<sup>[3]</sup>。最近将双环天线应用于3G基站中,并取得了很好的效果<sup>[4-5]</sup>。这是对传统双环天线应用新的探索与尝试。

随着现代无线通信的发展和技术的进步,人们对双频天线的研究兴趣也日益增加。如果在两个频段内分别设计各个频段的天线,则会造成很大的浪费,同时也不易于系统集成。为了兼容两个频段,双频收发系统是当前的必然趋势。现今已发展了很多的技术来实现天线的双频工作<sup>[6]</sup>。

双频天线的设计是很复杂的。要求天线两个频带工作也是很困难的。环天线都工作在单频带。文中改进传统的双环天线结构,使其工作在双频段,天线中加入的反射器,在提高天线的增益,也起到了很好的阻抗匹配作用。同时由于在

天线的匹配环节加入了一个短路片,从而使得该天线在两个频带内都获得了很好的阻抗匹配特性。

## 1 天线的设计

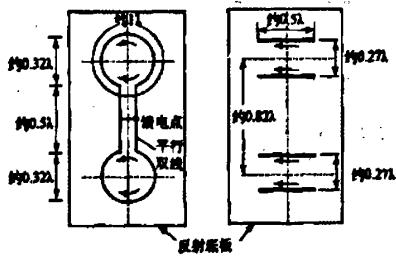
### 1.1 基本双环天线原理

传统的双环天线基本结构如图1所示,它是由一段长约半波长的平行双线将两个周长约为波长的相同圆环串联起来而构成的,选取平行双线的中点为馈电端。当圆环周长为一个波长时,环上电流分布如图1中所示。在同一环中,由于上半环与下半环的电流是同相流动的,电流辐射的垂直极化波相抵消,而水平极化波相互迭加,因此每个环可等效为相距约0.27λ的半波对称振子阵。

双环天线的阻抗特性包括:环天线的自阻抗,环天线间的互阻抗以及终端短路的电抗补偿电路的综合效果。此外还应考虑环天线与平行双线连接时的阻抗变换作用。由于这些阻抗的相互影响与补偿,才有可能在最佳情况下,得到天线的宽频带特性。

收稿日期: 2007-12-03。

作者简介: 高国平(1984-),男,硕士研究生,主要研究方向为无线通信与天线技术;张金生(1950-),男,硕士生导师,主要从事天线技术,高频电路和移动通信的研究。



a 基本结构 b 等效半波振子阵  
图 1 传统双环天线及其等效

## 1.2 改进型双环天线

为了减小天线的尺寸，改善传统双环天线的结构，设计出了如图 2 结构的双环天线。其中将传统双环天线中平行双线匹配结构改到与双环垂直的面内，从而在双环 R 的平面内缩小了约  $0.5\lambda$  的尺寸。调节馈电点 A 到双环 R 的距离  $D_1$  可以改变双环的输入阻抗；同时又在平行双线中加入了一个短路片 S 和反射杆 D，进而通过调节短路片和反射杆到双环的距离  $D_2$  和  $D_3$  来获得阻抗匹配。同时反射杆 D 的引入使天线具有单向辐射特性，提高了天线的增益。

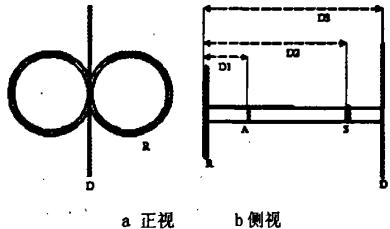
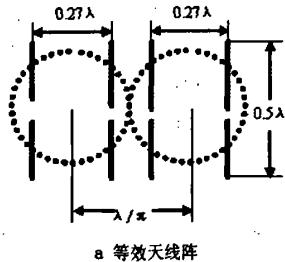


图 2 改进型双环天线结构

由图3所示,该设计中并排环形天线可看作是两个同相半波振子两次组阵的结果,其阵因子应该包含两项。由此,可得到改进型双环天线的两个主平面的方向图分别为:

$$f_E(\theta, \varphi) = f_a(\theta, \varphi) f_1(\theta, \varphi) f_2(\theta, \varphi) = \\ 2 \frac{\cos(\frac{\pi}{2} \cos \theta)}{\sin \theta} \cos\left(\frac{\pi d_1 \sin \theta}{\lambda}\right) \cos\left(\frac{\pi d_2 \sin \theta}{\lambda}\right), \\ f_H(\theta, \varphi) = f_a(\theta, \varphi) f_1(\theta, \varphi) f_2(\theta, \varphi) = \\ 2 \cos\left(\frac{\pi d_1 \cos \varphi}{\lambda}\right) \cos\left(\frac{\pi d_2 \cos \varphi}{\lambda}\right),$$

其中  $f_E(\theta, \phi)$  和  $f_H(\theta, \phi)$  分别是 E 面和 H 面的方向性函数。  
 $f_a(\theta, \phi)$  是半波振子的方向性函数,  $f_1(\theta, \phi)$  和  $f_2(\theta, \phi)$  是等幅同相二元阵的阵函数。 $d_1$  是单个环等效后半波振子的中心距离,  $d_2$  是两个环的中心距离。取  $d_1 = 0.27\lambda$ ,  $d_2 = \lambda / \pi$  可得无反射时并排环形天线的方向图。



### a 等效天线阵

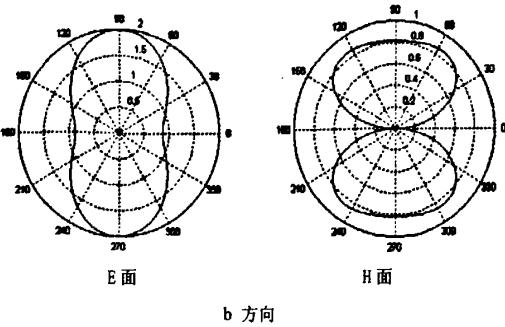


图 3 并排环形天线等效及其方向

可见该方向图与基本振子类似, 由于组阵的结果使得 E 面和 H 面方向图有所变形。但仍然在与双环平面垂直平面内  $\theta = 90^\circ$  和  $\psi = 90^\circ$  的方向上辐射最大。通过在这个方向上加入与等效振子方向相同的反射杆, 可以最好的实现信号的反射, 从而提高天线的增益, 获得单向辐射特性。

## 2 实验测试结果

根据设计原理做出了 GSM900/DCS1800 天线实物如图 4 所示，采用直径为 0.4cm 的钢管，

平行双线的间距为 1.3cm 每个环的半径都为 5cm, 反射杆长 20cm,  $D1=5\text{cm}$ ,  $D2=11\text{cm}$ ,  $D3=14\text{cm}$ 。同轴馈线通过平行双线的一个管, 接到靠近双环的地方进行馈电。



图4 天线实物

实测得该天线的驻波随着频率变化如图 5 所示。结果表明, 该天线在 800 MHz 到 1000 MHz 和 1716 MHz 到 2040 MHz 两个频段上其驻波值均低于 2。这包括了 GSM900/DCS1800 以及 PHS1905MHz 的信号频带范围。

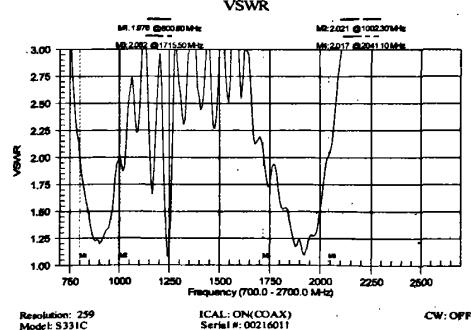
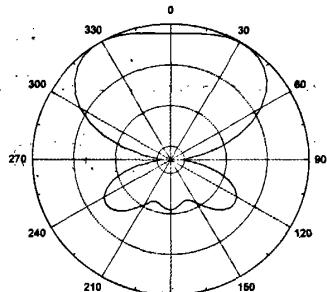
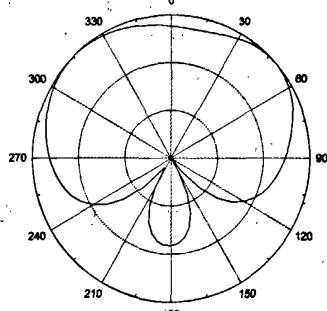


图 5 实测驻波比

天线在两个工作频段内的方向图分别如图 6 和图 7 所示, 在 900MHz 天线的 E 面和 H 面有很好的单向辐射特性; 在 1800MHz 天线近似呈单向辐射, 但同时有旁瓣和后瓣。但其最大辐射方向不变。

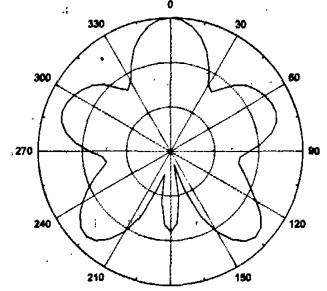


(a) E面

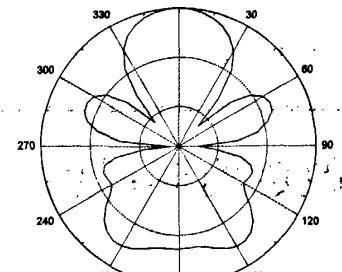


(b) H面

图 6 900MHz 方向



(a) E面



(b) H面

图 7 1800MHz 方向

### 3 结语

通过对传统双环天线的分析,文中提出了一种新型双频双环形天线。通过短路片和反射杆的作用使天线在两个频段范围内获得了较宽的阻抗匹配,同时使天线具有单向辐射特性。实测结果表明,此天线非常适合GSM900/DCS1800双频通信,以及PHS1905MHz信号的传输。

### 参考文献

- 1 无伦次潘云中. 双环电视发射天线制作[J]. 电子制作, 2004, 1:13.
- 2 Monzon C A Loop Antenna in Front of a Resistive Sheet[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1996, 44(03): 405-412.
- 3 Nakano H, Fujimori K, Yamauchi J. A Low-Profile Conical Beam Loop Antenna with an Electromagnetically Coupled Feed System[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2000, 48(12): 1864-1866.
- 4 陈宏山, 卜斌龙, 薛峰章. 一种应用于3G基站的双环天线阵列设计[J]. 无线电工程, 2005, 35(12): 44-46.
- 5 陈宏山, 薛峰章, 卜斌龙. 双环天线在3G基站中应用的研究与改进[J]. 微波学报, 2006, 22(05): 39-42.
- 6 张需潘, 钟顺时. 螺形微带天线的谐振频率与双频设计[J]. 微波学报, 2003, 19(02): 53-56.

(上接第24页)

### 参考文献

- 1 LV Zhuo, LI Jian-dong, LI Wei-ying. Capacity analysis of the MIMO-OFDM system over frequency and time-selectivity fading channels, Journal of Xidian University, 2005, 32(06): 935-939.
- 2 Shiu D S, Foschini G J, Gans M J, et al. Fading Correlation and Its Effect on the Capacity of Multi element Antenna Systems[J]. IEEE Trans. Commun., 2000, 48 (03):502-513.
- 3 Bolcskei H, Gesbert D, Paulraj A J, et al. On the Capacity of OFDM-Based Spatial Multiplexing Systems[J]. IEEE Trans on Commun., 2002, 50 (02):225-234.
- 4 Van de Beek J, Edfors O, Sandell M, et al. On Channel Estimation in OFDM System[A]. IEEE Vehicular Technology Conf . 1995 VTC 95 [C]. Chicago: IEEE, 1995.
- 5 Oyman O, Nabar R U, Bolcskei H, et al. Characterizing the Statistical Properties of Mutual Information in MIMO Channels [J]. IEEE Trans on Signal Processing, 2003, 51 (11):2784-2785.
- 6 Saleh A A M, Valenzuela R A. A statistical model for indoor multi-path propagation. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1987, 5 (02):128-137.

## 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>