

## 全向框形天线在 RFID系统中应用探讨

文/ 黄小韵 黄瑞灿

物联网的建立,加速了RFID事业的发展。大家知道物联网是建立在计算机互联网基础上利用RFID,无线数据通信等技术与互联网组成一个覆盖全球万物万事相互联接的一个新技术体系,其实质是利用RFID自动识别技术,无线数据通信通过计算机互联网实现物品(商品)的自动识别和信息互联与共享。RFID是物联网重要组成部分,未来RFID产业将成为一个新兴的高技术产业集群,成为国民经济新的增长点。

在RFID系统中，无论是读写器或电子标签的射频信号都必须通过天线收发进行两者非接触信息传输交换，天线是收发射频信号设备的“进出门户”。RFID系统性能如何，天线起着重要与关键作用，它的好坏直接影响整个RFID系统是否正常运行和应用。

开发优良的RFID天线对整个RFID系统具有相当重要意义，也有一定难度。在现阶段国内外虽有一大批天线专业工程师和厂家设计了很多RFID天线，但极少有所突破和创新，基本都沿用传统的偶极子型天线，微带天线（偶极子天线的变形）或者在偶极子天线基础上分形或加载，来达到减少天线长度、展开频带、改变阻抗等来改善一些天线性能达到一定设计要求。

### 电子标签天线设计以及要求

当前，RFID系统天线在远场区方面应用主要是偶极子型天线，其理由是：偶极子天线辐射能力强、工艺简单、成本低、容易制作、而且能够实现全向性的方向图，适应范围广等。所以大量RFID系统中读写器、电子标签射频传输都采用偶极子型天线。

一般单根偶极子天线方向图呈“8”字型，即垂直于偶极子振子的两个方向上为最大辐射方向，沿轴线辐射为零。微带天线组阵是为了加强方向性，增加定向辐射能力而设计的。偶极子天线、微带天线从方向图看来都是具有一定方向性的。

电子标签，理论上希望它在各个方向都可以接收到读写器的能量，所以一般要求标签天线具有全向或半球覆盖的方向性。

对电子标签天线设计要求为：

足够小，以至于能够贴到需要的物品上；

有全向或半球覆盖方向性；

有提供最大可能的信号给标签的芯片；

无论物品在什么方向上，天线的极化都能与读写器天线极化相匹配；

具有相当稳定性；

天线是收发射频信号设备的“进出门户”，开发优良的RFID天线对整个RFID系统具有相当重要意义，也有一定难度。

造价低。

### 读写器天线设计以及要求

最好的电子标签天线平面方向与读写器天线极化方向平面互相平行，这时电子标签能够收到最强能量。当电子标签天线旋转一定角度后，对无线电平面极化波而言电子标签天线的有效接收面积就减少了，吸收能量也就减少，电子标签的读写范围相应减少。对偶极子天线来说，如果双方极化互成垂直90度时，此时则称为天线方向盲区，获取能量最差，小于40度角时一般还可以进行读写操作。

为了实现上述全向或半球覆盖以及无论物品在什么方向上，电子标签天线的极化都能与读写器天线极化相匹配，以及电子标签天线角度大幅度旋转后能正常读写，（也即能够全向收发）传统上在读写器或电子标签天线设计中，采用相互垂直正交放置半波双偶极子全向天线来解决。这样无论是读写器天线或电子标签天线它们各自两个相互垂直正交放置天线至少有一个天线平面能够与另一个天线极化能够相互平行，达到正常读写。

因而,为了提高增益,除特殊要求外一般读写器天线都设计成定向天线。

两个相互垂直正交放置半波偶极子天线虽然解决了全向接收问题,但存在着增益低、配接复杂等问题。本文提出全向框形天线除了能满足全向收发外,还具有制作容易、配接简单、应用范围广、而且增益比正交双偶极子全向天线高等优点。在RFID领域中,对于一些在海上和空中,隧道或地形复杂等区域运动着的射频识别物品(商品),由于方位不稳定、角度变化大、轨迹不规则等因素造成射频极化接收困难问题,采用全向框形天线无论天线安装在读写器或电子标签任何一方都可以保证射频信号收发正常工作,因此,在实际工程中有一定应用价值。

### 全向框形天线工作原理

本文提出的全向框形天线,它与正交半波偶极子天线相比,当单元数相等时,具有较高增益。所谓 $\lambda/2$ 的框形天线,即指框形天线的每边长等于半波长。其原理如图1所示。

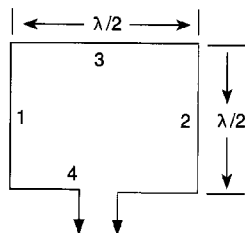


图1 框形天线原理图

在天线平面上,当信号从垂直于1(或2)边框的方向传来时,1、2两边框构成了一个半波振子的二元天线阵。若信号从垂直于3(或4)边框的方向传来时,则3、4两边框构成一个半波振子的二元天线阵。因此, $\lambda/2$ 框形天线的增益要比普通正交半波振子的全向天线高。其全向性基本相同。

### 方向性函数与方向性图

根据图1所示的框形天线和前面的前面的说明,不难看出,这种天线水平放置时,在水平面内它相当于两组正交的二元阵。阵的单元是半波

振子,二元阵的间距 $d=\lambda/2$ 。因此可以方便地写出这种天线的方向性函数:

$$F(\theta) = \left[ \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2}\cos\theta\right)}{\sin\theta} \cdot \sin\theta\left(\frac{\pi}{2}\sin\theta\right) + \frac{\cos\left(\frac{\pi}{2}\sin\theta\right)}{\cos\theta} \cdot \sin\theta\left(\frac{\pi}{2}\cos\theta\right) \right]$$

由 $F(\theta)$ 给出的方向性图,如图2所示。其中虚线是框形天线1、2两边给出的方向性图;细实线是框形天线3、4两边给出的方向性图;粗实线为合成方向性图。

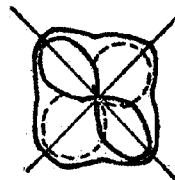


图2 方向性图

### 方向性图的测试

框形天线水平放置,以图1中边框3对准发射天线,并以此为零度,测得数据列于表1。根据表1所描绘的水平方向性图见图3。

框形天线垂直放置,以框形平面垂直信号波传来的方向作为零度,此时接受信号最强,实测数据见表2。根据表2所描绘的垂直方向性图如图4所示。

本测试选用中心频率为195MHZ(波长为1540mm)的射频信号作为信号源,框形天线每边长 $L=\lambda/2=770\text{mm}$ ,天线输入阻抗为300欧姆,天线输入端通过宽带阻抗变换器与特性阻抗为75欧姆的同轴电缆相连进行。

选用BT3扫频仪对框形天线进行驻波系数S的测量,其测试数据如表3所示。由表3数据可以看出框形天线有一定频宽,从187MHZ—211MHZ频带上,驻波系数 $S<1.5$ ,可以满足设计一般要求。

实测框形天线的水平方向性图与理论分析的水平方向性图有一定差异。其中凹谷比较大的

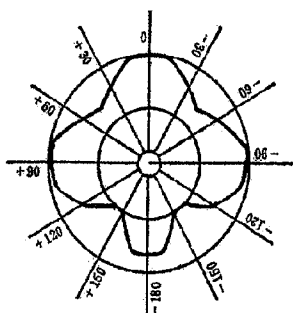


图3 水平方向性图

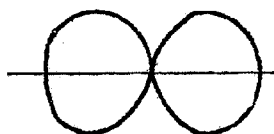


图4 垂直方向性图

方向恰巧是以接馈线的边框对准信号传来的方向。这说明接馈线的那条边框实际接收效果比不接馈线的边框略差。

## 结论与讨论

通过以上分析和对全向框形天线的测试，根据天线互易原理，可以看出：全向框形天线相当一个半波振子二元天线阵，具有全向天线性能，能够满足RFID系统中高频段读写器或者电子标签天线全向远距离收发要求，而且比一般传统正交双偶极子天线增益高约1dB，适应远距离无源、半有源、有源天线范围应用。

全向框形天线可根据需要，分别在各边条中间采用电感加载方式来改变天线方向性和增益。全向框形天线为一个闭合环，当天线与芯片直接配接时，在直流状态下对芯片构成一短路环，通过闭合环对静电放电，实现对芯片保护。

需要说明的是，本文意在将 $\lambda/2$ 框形天线应用于RFID方面展开讨论。文稿数据使用频率187~211MHz（VHF电视频率）信号源发射，同时进行接收测试得到的。根据天线原理，天线收发主要性能在于天线具体尺寸与频率比例关系和匹配。在实际应用于RFID方面还需进行大量的实验和测试。在实际应用中，最好采用仿真实验，得出 $\lambda/2$ 框形天线阻抗、与芯片匹配、增益、

表1 框形天线水平方向图测试值

偏转角 (度)	最大读数 (格)	归一 化值
0	60	1
15	57	0.95
30	48	0.80
45	36	0.60
60	48	0.80
75	57	0.95
90	60	1
105	57	0.95
120	48	0.80
135	33	0.55
150	27	0.45
165	48	0.80
180	51	0.85

表2 框形天线垂直方向图测试值

偏转角 (度)	最大读数 (格)	归一 化值
0	0	0
15	15	0.20
30	30	0.41
45	48	0.66
60	69	0.95
75	70.5	0.97
90	72	1
105	70.5	0.97
120	69	0.95
135	48	0.66
150	30	0.41
165	15	0.20
180	0	0

表3 驻波系数S与频率F的关系值

测试频率 F (MHz)	驻波系数 S
171	2.75
179	2.25
187	1.5
195	1.1
203	1.1
211	1.3
219	1.6

方向图等参数再与实测结果进行比较，笔者鉴于目前条件限制无法实现以上实验与测试，希望本文能抛砖引玉，给行家和有条件作仿真实验部门提供參考。Auto-ID

（作者单位：黄小韵，广东省有线广播电视网络有限公司；黄瑞灿，深圳航远供应链管理有 限公司）

请在读者服务卡上按5分制给出您对本文的评价。本文代码为：100315

## 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>