

同频双极化双路输出天线的设计

李连辉

(北京遥测技术研究所 北京 100076)

文 摘 介绍两种新型的基于 GPS 频段的同频双极化双路输出天线,用于接收 GPS 卫星信号。它们的共同点是在一个天线上同时输出两路信号,两路信号频率相同,极化方式不同。该天线非常适用于一些特殊的应用场合。

主题词 同频双极化双路输出天线 双馈电点微带天线 套筒单极子天线

前 言

在任务研制过程中,由于天线使用方式不同,严重制约所采用的天线形式。在这种情况下,要求开发多种天线,以备需要。在体积和空间受限的情况下,天线使用方式上的某些问题可通过电路来解决,也可通过采用不同形式的天线来解决。比如,在分时收发系统中,可以采用两个独立的天线,分别完成接收和发射,也可以使用一个天线,而在电路中增加定时切换开关电路。但在电路中增加定时切换的开关电路,不但会增加电路的复杂程度,有时还要增加电路的体积,这在某些情况下是不能够接受的。而采用两个天线,又常常会使天线的总体积不能够满足使用要求。

本文介绍双馈电点微带天线、微带天线和套筒单极子组合的天线。这两种天线很好地解决了上述问题。在 $1575 \pm 5\text{MHz}$ 频率范围内,两天线指标良好、性能稳定可靠。

1 双馈电点微带天线^[1]

双馈电点微带天线的结构示于图 1。

天线介质基片用介电常数为 9.2,厚度为 3.8mm,直径为 50mm 的陶瓷复合介质基片。微带辐射器的近似尺寸为 $28\text{mm} \times 29\text{mm}$,是按照单点背馈电右旋圆极化微带天线的设计方法设计的。短边尺寸 W 略小于半个波长, W 可按式(1)近似求出。

$$W = \frac{c}{2f} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-1/2} \quad (1)$$

式中 c 为光速, f 为工作的中心频率, ϵ_r 为基片的相对介电常数。

当 W 小于式(1)的计算值时,天线辐射效率会降低,而当 W 大于计算值时,辐射效率虽然会提高,但是会产生高次模,而引起场的畸变。

长边尺寸 L 约等于半个波长,可由下式(2)求出。

$$L = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_e}} - 2\Delta L \quad (2)$$

式中, ϵ_e 为等效介电常数, ΔL 和 ϵ_e 由式(3)式(4)联合求出。

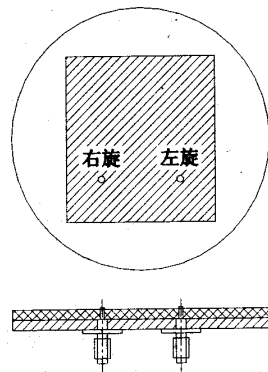


图 1 双馈电点微带天线结构

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \cdot \frac{(\epsilon_3 + 0.31)(\frac{w}{h} + 0.264)}{(\epsilon_e - 0.258)(\frac{w}{h} + 0.8)} \tag{3}$$

$$\epsilon_e = \frac{1 + \epsilon_r}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} (1 + \frac{12h}{w})^{-1/2} \tag{4}$$

由于微带天线固有的窄带宽特性,因而长边尺寸 L 是个关键参数,需要用上面的公式精确计算,并通过试验仔细调整求得。

上面是单点馈电右旋圆极化天线的设计,所列的计算公式同样适用于左旋圆极化天线的设计。

通过调整辐射器的尺寸和馈电点的位置,在天线内激励出两个正交的模式,并使两个模式的相位满足左手(或右手)螺旋法则,便可形成左旋(或右旋)圆极化信号。实测结果显示,如果适当选择辐射器的尺寸和两个馈电点的位置,则左旋和右旋圆极化轴比可以小于 1dB,驻波比也可以小于 1.5。

图 2 为软件仿真的单馈电点右旋圆极化天线的驻波比,图 3 为单馈电点右旋圆极化方向图;图 4(a)为软件仿真的双馈电点情况下右旋圆极化天线的方向图,左旋端口相位为 0° ;图 4 (b)为软件仿真的双馈电点情况下右旋圆极化天线的方向图,左旋端口相位为 45° 。比较图 4 的两个方向图可以看出,双馈电点微带天线右旋圆极化方向图性能与左旋端口的馈电相位密切相关。另外,比较图 3 和图 4 (a)可以看出,两个天线方向图在增益、波束宽度两项指标上基本一致,这充分验证了我们最初的设想,即调整一个馈电端口的相位,可以改善另一个端口的辐射性能。实际测试过程中,由于测试环境不是理想的,天线方向图主瓣与仿真结果基本吻合,旁瓣电平比仿真结果偏高。

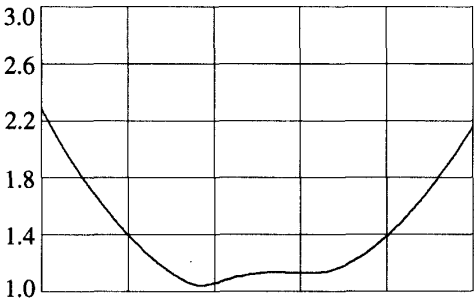


图 2 单馈电点右旋圆极化天线的驻波比

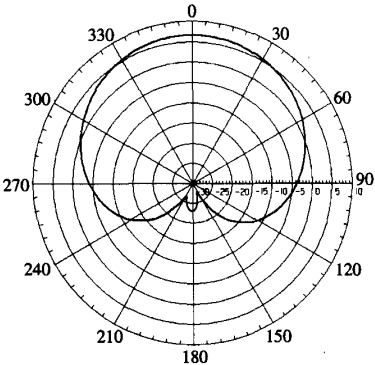
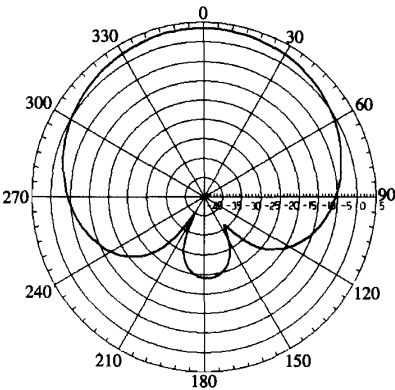
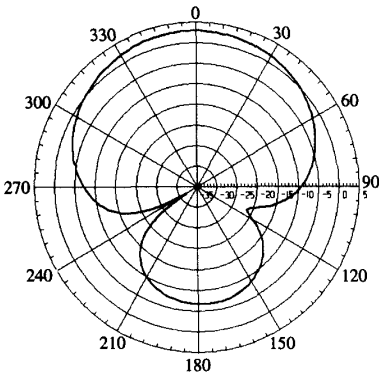


图 3 单馈电点右旋圆极化天线的方向图



(a)左旋端口相位为 0°



(b)右旋端口相位为 45°

图 4 双馈电点时的右旋圆极化方向图

微带天线具有其它天线无可比拟的体积小的优点,但同时具有频带宽度窄的缺点。与此相似,双馈电点微带天线也存在着它固有的缺点。由于要同时输出两个旋向的圆极化信号,这就要求在形成两路圆极化信号的同时,两路信号之间的相位也必须满足一定的关系,才能保证每个信号的性能指标。也就是说,一个端口圆极化信号性能的好坏依赖于另一个端口连接电缆所引入的相位。因此,在同时使用两路信号时,必须充分考虑两个端口的输入情况。

2 微带天线和套简单极子组合的天线^[2]

微带天线和套简单极子组合的天线示于图 5。套简单极子天线方向图示于图 6。

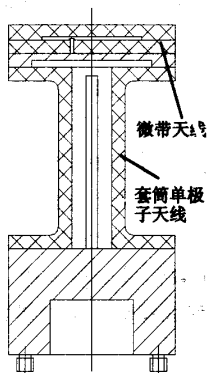


图 5 微带和套简单极子组合天线结构

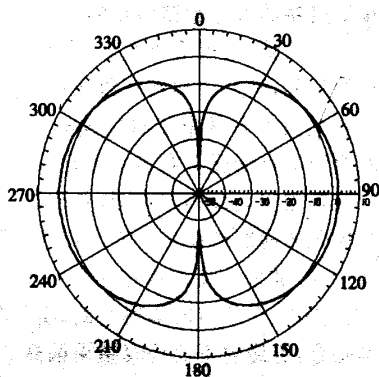


图 6 套简单极子天线方向图

在图 5 中,上边是一个单馈电点的右旋圆极化微带天线,下边是一个套简单极子天线。由图 6 可见,套简单极子天线的方向图正前方一定角度范围内方向图形成一个凹点,在该区域内天线增益非常小,如果在此区域加一个小的金属物体,并且位置选择合适,使它不足以构成套简单极子天线的顶电容加载,则它对套简单极子天线指标的影响将会小到可以忽略。如果小金属物体的截面尺寸选得与该频率的微带天线的尺寸相同,便可以用微带天线代替小金属物体,从而实现了微带天线与套简单极子天线的组合。

按照套简单极子天线理论,当小金属物体与套简单极子天线距离达到一定程度,便会使套简单极子天线变成具有顶电容加载形式的天线,加载电容的大小取决于小金属物体的截面尺寸和它与套简单极子天线之间的距离。因此,要获得满意的指标,小金属物体的大小和高度需要经过仔细的调整。

在该组合中,微带天线的设计方法与普通微带天线相同。

套简单极子天线的一般结构如图 7 所示。图 8 为套简单极子天线电流流向示意图。这种天线用同轴线馈电,同轴线的内导体伸出段便作为辐射体。同轴线外导体外壁电流与内导体电流方向相同,它们也构成辐射体的一部分,并兼作套筒。同轴线外导体内壁电流与内导体电流大小相等流向相反,起到了传输线的作用。

套简单极子天线的主要参数是上辐射体长度 l 、套筒长度 $L=L_1+L_2$ (其中 L_1 是馈电点到套筒开口处的长度, L_2 是馈电点到套筒底部的长度)、上辐射体直径 d 和套筒直径 D 。实际测试结果表明,套简单极子的总长度 $L+l$ 以及上辐射体长度与套筒长度之比 l/L 对天线的性能起决定性的作用。

套简单极子天线的总长度约等于工作频段下限频率所对应波长的四分之一,即 $L+l \approx \lambda_{\min}/4$ 。一旦总长度确定了,上辐射体长度与套筒长度之比 l/L 将对天线的性能起决定作用。当 $L+l \leq \lambda/2$ 时,由于上辐射体和套筒外壁上的电流同相位,因此其辐射方向图随 l/L 的变化不明显。当频率升高时, l/L 的取值对方向图的影响将增大。大量的试验结果表明,当 $l/L \approx 2.25$ 时,套简单极子天线方向图在 4:1 频带范围内变化最小,并且天线旁瓣电平最低。因此,通常的设计中都取 $l/L=2.25$ 。另外,加粗上辐射体直径,可以进一步降低高频段的旁瓣电平,并可大大增加工作带宽,一般取 $D/d=3$ 比较合适。

另外,在该结构中,改变微带天线与套简单极子天线之间的外加介质材料,可有效地改变套简单极子

天线的总长度。

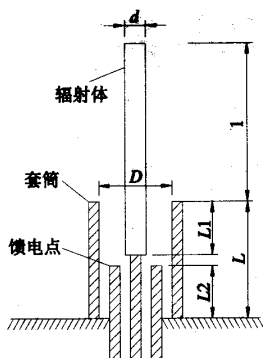


图 7 套简单极子天线结构图

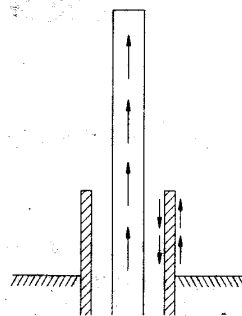


图 8 套简单极子天线电流流向示意图

3 结束语

本文所介绍的两种天线,实测方向图与图 3、图 4 给出的仿真方向图基本吻合,整个工作频带内驻波比小于 1.5,微带天线轴比约等于 2dB。

在此谨向在该课题的研制和试验过程中给予大力帮助的张凤林老师和课题组的同志表示感谢。

参考文献

- 1 林昌禄、宋锡明. 圆极化天线 人民邮电出版社
- 2 王元坤、李玉权. 线天线的宽频带技术 西安电子科技大学出版社, 1995

Dual Output Common-channel Dual Polarized Antenna

Li Lianhui

Abstract This paper describes two new types of the dual output common-channel dual polarizaied antennas based on GPS frequency. It is used to receive the signal from GPS Satellite. The common points between the two type of antennas are that each antenna works on the same channel, and has two different polarized outputs. These antennas will be very applicable at some specific occasions.

Subject terms Dual polarization microstrip antenna Double feed microstrip antenna Sleeve monopole antenna

[作者简介]

李连辉 1975 年生,工程师,1999 年毕业于天津大学电子工程系,现主要从事天线的研究设计工作。

(上接第 9 页)

small size, light weight and low profile. It is consisted of stacked structure of a patch over another patch, and then a dual band circularly polarized microstrip antenna is formed.

Subject terms Dual band Microstrip antenna

[作者简介]

丁克乾 1976 年生,1999 年和 2002 年在电子科技大学分别获得电磁场与微波技术专业学士学位和无线电物理专业硕士学位,工程师,从事天线理论与天线技术的开发工作。

李连辉 参见本期本页。

张凤林 参见本期第 21 页。

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)，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>