

一种 LP 共形天线的设计

程继方

本文论

中国电子科技集团公司第 51 研究所, 上海, 201802

摘要: 讲述了一种多用途的对数周期天线的设计过程和实现方法, 并且讨论了天线某些参数对天线性能的影响。由于该天线外形的特点, 使得它能很好的实现共形, 如在当今电子战系统中可与飞机机身共形设计。

关键词: 对数周期天线; 共形; 电子战

A Log-Periodic Conformal Antenna Design

CHENG Jifang

China Electronics Technology Group Corporation (CETC) NO.51 Research Institute, Shanghai, 201802, China

Abstract: This dissertation is mainly dealing with the designment and realization of a kind of versatile LP (Log-periodic) antenna, meanwhile discussing effects to performance of this antenna when some design parameters varied. Because of shape characteristic, this kind of antenna can be well conformally mounted, the application in the EW systems is a good illustration.

Key words: log-periodic antenna, conformal, EW

1 引言

科学技术的创新不仅使电子战系统的尺寸不断变小, 而且也使其性能大大提高。由于电子战系统的尺寸越来越小, 即使小型飞机和直升机以及无人机也可安装高性能的无源电子战系统。先进的航空电子设备使一些操作共享成为可能, 但要完全到达一体化, 其中还有一项关键技术就是需要发展共形天线。例如, 现在预警机的总体布局已从最初的将雷达天线放在腹部鼓包内移到了现在最常见的机背旋转天线罩里, 正在向天线和飞机共形的方向发展。

该文将讨论一种可很好的应用于该领域的 LP (Log-Periodic) 天线。这种天线表现出及其通用的性能, 特别是在机载系统, 需要幅度和相位信息的测向系统等表现出良好的适用性。制造工艺上采用了简单的印刷电路使得制造也极为容易。该天线可以成功地覆盖 2GHz 到 20GHz 频段。外形上容易整体集成到一维平面中, 如飞机的机翼和尾翼边缘等, 因此可以实现天线与机身的共形。

2 设计过程

这些 LP 天线的设计关键在于一些重要的角度和比率, 图 1 中定义了折叠槽天线的参数。整个天线关于中轴线对称。主要的设计参数是 τ , 它是天

线单元扩大的比率, 体现为单元的长度比、宽度比等。角度 α , α_{sl} 和 β 用来确定单元长度和馈电点, 它们之间存在某些制约关系。还有一种互补设计方法就是把中间的槽变成金属而把周围的接地金属变成自由空间 (如图 2), 这两种天线的方向图非常的相近。

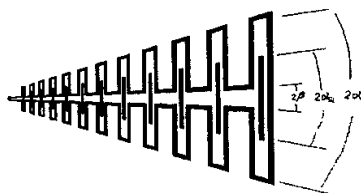


图 1 折叠槽天线的参数示意图

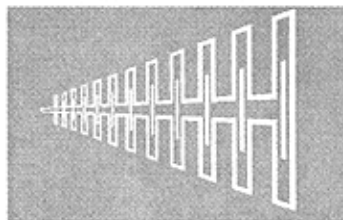


图 2 折叠槽天线的互补设计

使用一个巴伦或者一个 180°的电桥在槽天线的前端给平衡后的传输线供电，这里给出了折叠槽形式天线的馈电方式（如图 3）。这种天线也可以设计成折叠的单极子形式，那便是把偶极子版本天线沿中轴线剖开，然后把单极子阵列放置在大地的接地平面上，但馈电方式也相应作一些变化。这些折叠的槽、偶极子和单极子与传统折叠结构不同，因为它们在折叠结构的每一半上都有输入和输出终端，而传统的折叠结构只有一个终端，而另一个终端是用开路或者短路电路实现的。该折叠结构事实上也是电流结构，所以也会存在寄生负载。

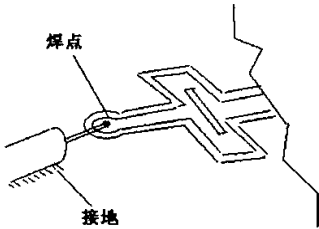


图 3 馈电形式

据研究，这种印刷电路折叠槽、折叠单极子和折叠偶极子天线在 2GHz 到 12GHz 的频率上实现起来比较容易，可以设计其中之一如折叠槽天线借以验证设计参数的合理性。一般说来，衬底采用 1.5 毫米左右的玻璃纤维， τ 值在 0.58 到 0.9 之间， α 应在 20°到 30°之间； α_{si} 取 $\alpha/2$ ， β 取 $\alpha/6$ ， ϵ 取 τ 的平方根。天线后端的单元长度为 76.2mm，前端长度应该在 7.6mm 到 10mm 之间变化，具体值应该由选定的 α 和 τ 决定。折叠单极子天线单元的长度刚好是折叠槽的一半，这一点是显而易见的。天线阵列放在一个长 609mm 宽 457mm 的金属地板中央。折叠槽天线的地板下面还应该放置一个吸收腔体，使得天线朝板的一边辐射。

我这里测了一个折叠槽天线，天线选用的参数如下：衬底厚度 1.5mm， τ 值 0.81。

测试后发现，该天线具有良好的驻波曲线和极佳并且实用的方向图。驻波曲线如图 4 所示。

天线从 2GHz 到 12GHz 的方向图一致性较好，且主瓣偏移方向均为 40°左右。6GHz 方向图如图 5

和图 6 所示。图 5 为 E 平面，图 6 为 H 平面的情况。

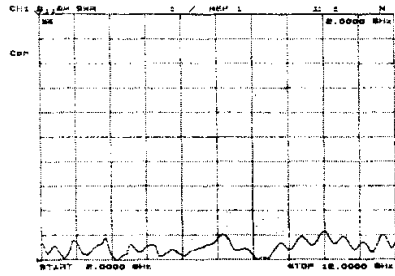


图 4 VSWR 曲线

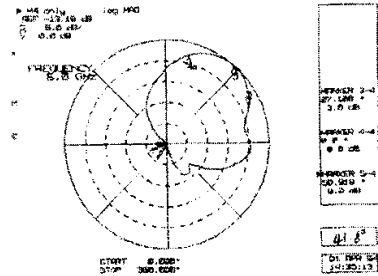


图 5 E 平面方向图

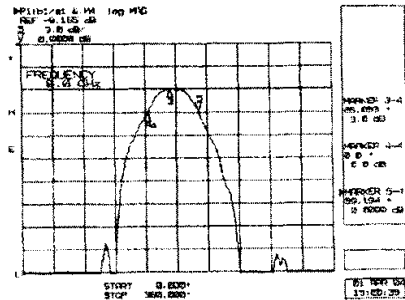


图 6 H 平面方向图

从方向图来看，该天线若装在飞机机身下方，则正好可以实现对机身下方广域的覆盖。而且从方向图形状来看，飞机下方不同距离处的能量比较均衡，如图 7 所示。

从测试结果得知，折叠单极子天线增益比折叠槽天线高 3dB 左右。在 α 和 τ 值相当的情况下，折叠槽天线和折叠偶极子天线增益相当。增益曲线如图 8 所示，图中上面的曲线是标准喇叭曲线，下面是被

测天线曲线。已知标准喇叭增益 10dB，可见天线增益平均在 -7dB 左右，和平面螺旋天线相当。



图 7 天线作用区域示意

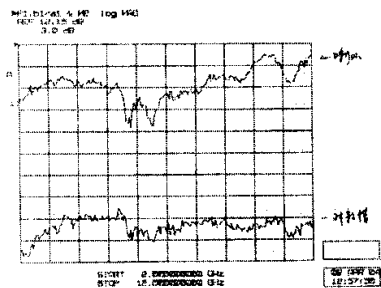


图 8 增益曲线

3 设计参数讨论

当 τ 值限定在 0.75 到 0.86 之间时天线的性能表现尤佳。当 τ 值低于 0.75 时，增益会下降而且方向图一致性变坏。当 τ 值超过 0.86 时，增益下降，很可能是由于电介质和电阻损耗造成的。 α 在 20° 到 30° 之间变化时，方向图和增益基本上没有太大的变化，

一致性很好。如果吸收腔体离地板之间的距离小于 0.1 倍波长后增益将明显下降，这是因为槽线单元内产生了寄生电场并且天线上馈线耦合进入吸收腔体。吸收腔体到天线单元之间距离最好的结果是从 6.35mm（高频端，12GHz）变化到 19mm（低频端，2GHz）。

4 结束语

本文介绍了一种实用型对数周期天线的工程实现方法，没有给出太多的原理性介绍。但从试验测试结果来看，该天线的交叉极化方向图也具有相近的形状，实际应用中，这无疑是可以利用的一个特点。另外，该天线有多种变形，分别用于不同场合，读者可以在制作中灵活处理。

参考文献

- [1] Antenna Engineering Handbook Richard C. Johnson Editor
- [2] "Advanced Microwave Radiometer Antenna System Study", W.H. Kummer, A.T. Villeneuve, and A.F. Seaton, NASA Cont. NAS 5-20738, Hughes Aircraft Company, Antenna Department, Culver City, Calif.

作者简介:

程继方 (1981—) 男, 2003 年毕业于北京航空航天大学电子工程系。现工作于上海微波设备研究所, 目前主要研制各种类型天线, 本人正积极探索电磁兼容领域。联系方式: 021-69123537 zerg_cheng@163.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>