

超宽频带小尺寸对数周期偶极子天线设计分析

李黎¹ 李睿² 居美艳¹

(1. 河海大学计算机与信息学院, 江苏南京 2. 淮河水利委员会通信总站, 安徽蚌埠)

摘要: 文章研究了超宽频带对数周期偶极子天线(LPDA)的结构, 对15~110MHz超宽频带对数周期偶极子天线的尺寸参数进行了设计, 根据设计分析, 对于超短波波段超宽频带对数周期偶极子存在的天线纵向尺寸较大的问题对该天线纵向尺寸进行了设计创新, 从而使天线在包括工作带宽、增益、方向图等电特性参数不变差的前提下使纵向尺寸设计值从29.4329m缩短到18.6218m, 缩小了37%。

关键词: 对数周期偶极子天线; 超宽频带; 小尺寸; 天线设计

Design and Analysis of Miniature UWB Log-Periodic Dipole Antenna

Li Li¹ Li Rui² Ju Meiyuan¹

(1. Computer and Information College, Hohai University, Nanjing, Jiangsu 2. Communication Center of the Huaihe River Commission, Bengbu, Anhui)

Abstract: The structure of an ultra-wideband log-periodic dipole antenna (LPDA) is researched in this paper. And the size parameters of an ultra-wideband LPDA with 15~110MHz bandwidth is designed. Based on the design analysis and aiming at the issue that the longitudinal size of the antenna is larger which is existed in ultra-wideband LPDA in ultra shortwave band, the length of the LPDA is miniaturized. So that in the context of the electrical characteristics, such as operation bandwidth, gain, and direction pattern, not deteriorated, the length is shortened from 29.4329m to 18.6218m, reduced by 37%.

Key words: LPDA; ultra wide-band; miniature; antenna design

0 引言

对数周期偶极子天线(Log-Periodic Dipole Antenna, 简称LPDA)由于具有频带宽、增益高、方向性好、结构简单、成本低等优点, 在短波、超短波、微波等波段广泛应用于测向、通信、侦察、电子对抗等领域。其设计通常采用文献^[1]中介绍的方法, 但是在短波(3~30MHz)和超短波(30~300MHz)波段设计出的高增益超宽频LPDA的纵向尺寸很大, 使用受到限制, 因此超宽频带LPDA小型化的研究一直受到关注^[2,3]。本文对传统设计方法进行优化, 在相同频带内保持增益基本不变的前提下大大缩短了天线的纵向尺寸。

1 LPDA设计

1.1 LPDA结构

LPDA结构如图1所示, 由N根平行排列的半波振子构成, 各振子的尺寸、位置以周期性规律变化, 用双线传输线(即集合线)馈电, 馈源接在最短振子一端, 两相邻振子交叉馈电, 为减小电磁波在终端的反射以改善天线在低频端的电特性, 可在长振子端接一短路支节或阻抗元件^[2]。天线的结构尺寸决定于比例因子 τ 和间隔因子 σ 。

$$\tau = \frac{R_{n+1}}{R_n} = \frac{L_{n+1}}{L_n} = \frac{d_{n+1}}{d_n} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{d_n}{2L_n} = \frac{1-\tau}{4} \cot\alpha \quad (2)$$

其中 α 称为半顶角, 是偶极子端点的连线和中心线间的夹角。确定三个参数中任意两个即可确定天线的几何结构。

图1 对数周期偶极天线 (参见右栏)

根据文献^[1]提供的方法, 基本设计步骤为: 1) 根据所要求设计的天线的增益确定结构参数, 根据工作频段范围确定 τ 和 σ 。图2是R.L.Carrel给出的等方向增益与 τ 和 σ 的关系曲线, 由此求出的方向性增益平均偏大1dB左右, 设计时要留有1dB左右的余量^[4]。2) 根据天线的工作频段、

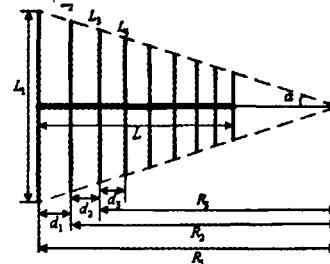


图1 对数周期偶极天线

比例因子、间隔因子确定最长偶极子长度和最短偶极子长度。3) 根据所选定的集合线的馈管及偶极子的长度与粗细, 计算集合线的两馈管的间距, 使其满足所需输入阻抗。

1.2 设计实例

要求设计一对数周期振子天线, 工作频段范围在15~110MHz, 天线增益不低于8dB。

参考修正后的增益数据, 留有余量, 选择9.2dB增益, 沿最佳设计的曲线取 $\tau=0.89$, $\sigma=0.16$, 其他设计参数: 最长振子10.9618m, 最短振子0.8137m, 总的振子数目 $N=23$, 纵向总长 $L=29.4329m$, 半顶角 $\alpha=9.7524^\circ$ 。各单元振子臂长及间隔如表1所示。振子粗细取长度与直径保持384的比值, 输入阻抗为 75Ω 。馈管直径30mm, 馈管间隔38mm。

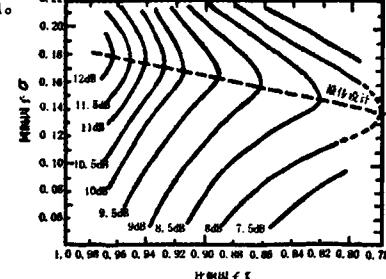


图2 以LPDA的 τ 和 σ 为参量变量的等方向性系数曲线

表1 改进前各振子臂长及间隔

单元i	1	2	3	4	5	6	7	8	9
臂长(m)	10.9618	9.7560	8.6828	7.7277	6.8777	6.1211	5.4478	4.8486	4.3152
间隔(m)	3.5078	3.1219	2.7785	2.4729	2.2009	1.9588	1.7433	1.5515	1.3809
单元i	10	11	12	13	14	15	16	17	18
臂长(m)	3.8405	3.4181	3.0421	2.7075	2.4096	2.1446	1.9087	1.6987	1.5119
间隔(m)	1.2290	1.0938	0.9735	0.8664	0.7711	0.6863	0.6108	0.5436	0.4838
单元i	19	20	21	22	23				
臂长(m)	1.3456	1.1975	1.0658	0.9486	0.8442				
间隔(m)	0.4306	0.3832	0.3411	0.3035					

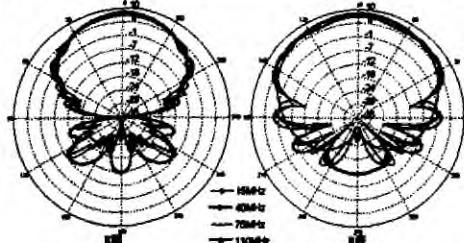


图3 改进前方向图增益仿真结果

图3所示为在工作频段内选取的四个频率点上的方向图增益曲线，在全频段内基本在8dB左右。

天线的结构尺寸可以满足设计要求，但是纵向尺寸接近30m，尺寸较大。

1.3 改进结果

改进设计仍参考图2的增益范围，避开最佳设计曲线，在所需增益范围的其他位置选择不同 τ 和 σ 的组合。经过对 τ 和 σ 两个参数的反复优化，在振子长度与直径比值、输入阻抗及馈管直径固定的条件下，综合考虑增益和天线尺寸两方面，最终确定 $\tau = 0.95$, $\sigma = 0.05$ ，并得出其他尺寸参数，但通过仿真发现，工作频率在90MHz以上时增益低于设计要求，分析是由于在高频端工作区的振子个数较少导致，因此在设计时将频率要求放宽到15~120MHz，振子个数 $N=46$ ，天线总长 $L=18.6218m$ ，虚顶角 14.0362° 。馈管间隔 $44.5940mm$ 。各振子单元臂长及间隔见表2。

表2 改进后各振子臂长及间隔

单元i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
臂长(m)	10.3390	9.8220	9.3309	8.8644	8.4212	8.0001	7.6001	7.2201	6.8591	6.5161
间隔(m)	1.0339	0.9822	0.9331	0.8864	0.8421	0.8000	0.7600	0.7220	0.6859	0.6516
单元i	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
臂长(m)	6.1908	5.8808	5.5868	5.3074	5.0421	4.7900	4.5505	4.3229	4.1068	3.9015
间隔(m)	0.6190	0.5881	0.5587	0.5307	0.5042	0.4790	0.4550	0.4323	0.4107	0.3901
单元i	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
臂长(m)	3.7064	3.5211	3.3450	3.1778	3.0189	2.8679	2.7245	2.5883	2.4589	2.3359
间隔(m)	0.3706	0.3521	0.3345	0.3178	0.3019	0.2868	0.2725	0.2588	0.2459	0.2336
单元i	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
臂长(m)	2.2192	2.1082	2.0028	1.9026	1.8075	1.7171	1.6313	1.5497	1.4722	1.3986
间隔(m)	0.2219	0.2108	0.2003	0.1903	0.1808	0.1717	0.1631	0.1550	0.1472	0.1399
单元i	41	42	43	44	45	46				
臂长(m)	1.3287	1.2623	1.1991	1.1392	1.0822	1.0281				
间隔(m)	0.1329	0.1262	0.1199	0.1139	0.1082					

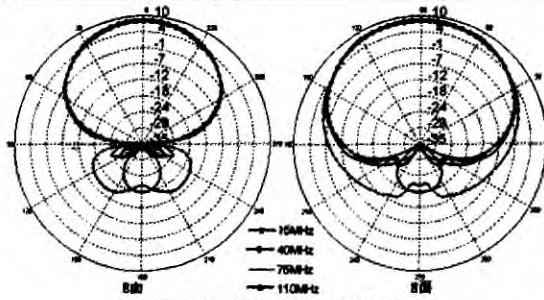


图4 改进后方向图增益仿真结果

图4所示为工作频段内四个频率点上的方向图增益曲线，从结果上看比改进设计前的增益高。

综合对比其他参数，纵向天线总长减少了10m左右，长度只有之前的63%，方向增益增大，但是振子数目增加一倍会造成加工成本的增加，设计时应综合考虑尺寸、增益及加工成本等方面的因素，选择合适的设计参数。

2 结论

对应用经典方法设计的LPDA的参数尺寸通过综合考虑增益和天线尺寸这两个参数进行分析优化设计，可以有效缩短天线的纵向尺寸。根据设计实例，得到了在保持增益不恶化的前提下使天线纵向尺寸缩小为原来的63%。但其缺陷是振子数目增加导致了成本的提高。

参考文献:

- [1] 林昌禄. 天线工程手册 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [2] 何帅, 王玉峰, 张光生, 等. 曲线振子对数周期天线的小型化研究 [J]. 微波学报, 2010(S1): 191-194.
- [3] 董晓娟, 武织才, 苏晓莉. 软对数周期天线的结构设计 [J]. 无线电工程, 2010, 40(2): 39-41.
- [4] 王金荣. 对数周期天线的简易设计法 [J]. 电子技术, 1991(11): 21-22.

作者简介:

李黎(1981—), 女, 河海大学计算机与信息学院助教, 南京理工大学电子工程与光电技术学院博士

手机: 13770940409

电子信箱: lili_lee@hhu.edu.cn

联系地址: 江苏省南京市江宁区佛城西路8号河海大学计信院李黎收(211100)

李睿(1981—), 男, 淮河水利委员会通信总站工程师

居美艳(1979—), 女, 河海大学计算机与信息学院讲师

(上接36页)

董正(1980—)男, 工程师, 现任职于南京师范大学, 主要从事电力工程实践。

基金项目:

淮安市科技(工业)支撑计划指导性项目

名称: 配电网自动电压无功控制系统

项目编号: HAGZ2010001

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)，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>