

对数周期天线结构尺寸的一种近似算法

吕普勇

(中国电子科技集团公司第二十二研究所, 新乡 453003)

摘要 利用近似方法来计算对数周期天线的结构尺寸。通过分析天线在水平面和垂直面内的受力情况,利用简单的力学方法计算出天线的吊索和振子尾线的长度,为天线结构设计和工程应用提供数据支撑。计算方法通过实际工程验证,适用于大多数柔索结构的分析计算。

关键词 对数周期天线 结构尺寸 吊索 振子尾线

中图分类号 TN821.6; **文献标志码** A

对数周期天线是一种应用广泛的宽波段行波定向天线^[1],其示意如图1所示。天线面靠两根吊索悬挂在四座塔桅上,天线结构一般呈对称分布。集合线长度、振子长度、振子数、相邻振子间距、天线面高度等电气尺寸为已知。结构计算就是在满足电气尺寸的前提下,计算出天线面各部分的工程长度,使天线架设后各部位受力均匀、成型美观。现介绍一种近似的计算方法。

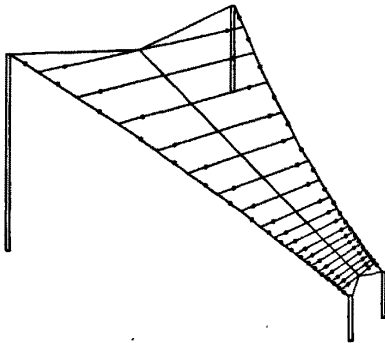


图1 对数周期天线示意图

1 振子受力分析

计算时,设定第 $i(i=1,2,\dots,n;n$ 为振子数量)个振子的跨距为 l_i ,要求天线架设成形后各振子垂度基本一致,所以计算时先对振子给定一个垂度值 $\Delta f_i = a l_i$, a 为相对垂度。对天线来说,一般取 $a = 0.02$ 。对于每个振子来说,要保证给定的垂度就必须在水平方向施加一定的拉力 H_i 。单个振子的受力分析情况如下。

单个振子的受力情况可以简化成图2所示,其中 P_{ia} 为集合线重量在第 i 个振子挂点处的作用力、 P_{iz} 为第 i 个振子重量在振子中点的作用力、 P_{iy} 为第 i 个振子上绝缘子的重量、 P_{iw} 为第 i 个振子尾线的重量在中点的作用力。

O 点支座反力:

$$R_i = \frac{1}{2} P_{ia} + P_{iz} + P_{iy} + P_{iw} \quad (1)$$

对 O 点取力矩^[2]:

$$H_i \Delta f_i = \frac{1}{2} R_i l_i - \left[\frac{1}{2} P_{ia} (l_i - d_i \cos(2a)) + P_{iy} \left(\frac{1}{2} l_i - d_i \cos(2a) \right) + \frac{1}{2} P_{iw} \left(\frac{1}{2} l_i - d_i \cos(2a) \right) \right] \quad (2)$$

(2)式中, H_i 为第 i 个振子所受的水平力, Δf_i 为第 i 个振子的垂度, l_i 为第 i 个振子的跨距, d_i 为第 i 个振子的长度。

2009年2月5日收到

作者简介:吕普勇(1975—),男,河南新乡人,中国电子科技集团公司第二十二研究所工程师,研究方向:天线结构设计。E-mail:lvcs@sina.com。

由此可求出各振子的水平拉力 H_i 和各振子对吊索垂直方向上的作用力 R_i 。

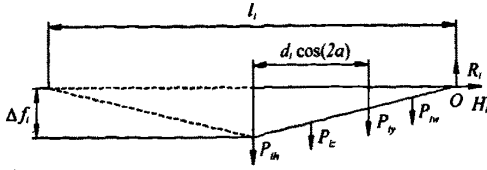


图2 振子受力情况

2 吊索受力分析

吊索在垂直面和水平面内都受外力作用,垂直面内主要受吊索及其它结构连接件的重力、振子对吊索垂直方向上的作用力;水平面内则只受各振子拉力(即上面求出的振子水平拉力)。

2.1 垂直面内受力分析

吊索在垂直面内各挂点所受的集中力为 T_i, T_i 为吊索各段自重集中在挂点的集中力、对应挂点处振子对吊索垂直方向上的作用力、对应挂点处连接件的重力之和。吊索垂直面受力情况如图3所示。

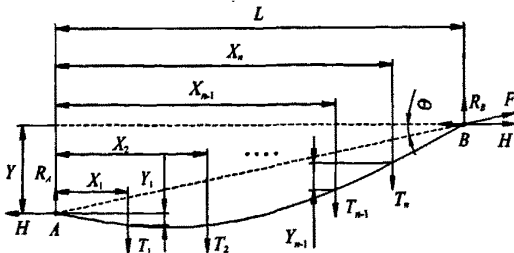


图3 吊索垂直面受力情况

根据工程经验,计算时给定吊索一个水平初拉力 H ,然后对 A 点取力矩,得

$$R_B L - HY - \sum_{i=1}^n (T_i x_i) = 0 \quad (3)$$

(3)式中, R_B 为塔桅 B 的垂直支座反力, L 为 A, B 两塔桅水平间距, T_i 为吊索上第 i 个挂点处的集中力, x_i 为第 i 挂点到塔桅 A 的水平距离。

求得 B 点垂直支座反力 V_B 值:

$$R_B = \frac{HY + \sum_{i=1}^n (T_i x_i)}{L} \quad (4)$$

再根据力平衡原理,求出 A 点垂直支座反力值

$$R_A = \sum_{i=1}^n T_i - R_B \quad (5)$$

将图3中 x_1 段拿出来,此时 x_1 段处于平衡状态,已知 R_A, H 和 x_1 ,对于 T_1 挂点来说,根据力矩平衡,则可求出:

$$Y_1 = \frac{R_A x_1}{H} \quad (6)$$

再将 x_2 段拿出来,可得

$$Y_2 = \frac{(R_A - T_1)}{H} (x_2 - x_1) \quad (7)$$

$$\text{同理, } Y_3 = \frac{(R_A - T_1 - T_2)}{H} (x_3 - x_2) \quad (8)$$

.....

$$Y_n = \frac{(R_A - \sum_{i=1}^{n-1} T_i)}{H} (x_n - x_{n-1}) \quad (9)$$

依次可分别求出各挂点的相对垂度 Y_i 。

$$\text{各挂点的垂度 } y_n = \sum_{i=1}^n Y_i \quad (10)$$

分析各挂点的垂度值,找出最大垂度 y_{max} ,根据工程经验,一般取 $0.04 < \frac{y_{max}}{L} < 0.08$ 。如果垂度不在

该区间,可以相应调整吊索的水平初拉力,重复上述计算过程,直至满足垂度的区间要求。

2.2 水平面内受力分析

吊索在水平面内的受力情况和垂直面内的受力情况类似,只是此时受到的水平力是 H' , H' 可由图3的弦向力 $F (F = H / \cos\theta)$ 求得。根据力矩平衡原理可求出吊索各挂点在振子水平拉力作用下的水平垂度 y'_n 。

因此,我们在计算振子拉力时,首先假定吊索在水平方向上挂点的垂度为零,根据振子的跨距计算振子的受力,再把此力作为吊索的初始力,计算出吊索在水平方向上的垂度。经过计算,边吊索在水平面内受振子拉力后变形成近似抛物线^[2-4],此时振子的跨距 l_i 变小了,因而保证垂度 $\Delta f_i = a l_i$ 所需要的拉力也跟着发生了变化。然后按照振子新的跨距计算出振子新的受力。如此反复计算,经过多次循环后,计算结果会趋于收敛状态不再变化,此时整个天线达到一个平衡稳定状态。

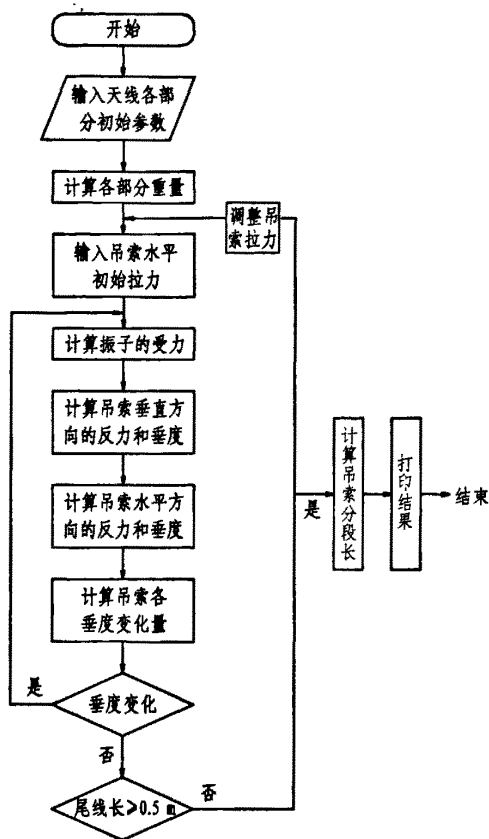


图4 计算程序流程图

通过上述计算过程,可以求出吊索上各挂点的空间相对位置,这样就可以很方便地求出吊索各段及振子与尾线的长度。计算程序流程图如图4所示。

3 工程应用

依据此近似计算方法所设计的天线,实际架设一次成形,且成形良好。应用实例有北京某单位通信用的对数周期天线、浙江玉环某通信单位机动使用的干扰对数周期天线、淄博某地参加演示的对数周期干扰天线阵、合肥某地对数周期干扰演示样阵等。

4 结论

本计算方法除适用对数周期天线的结构尺寸计算外,还适用鱼骨形天线、垂直极化单极(偶极)对数周期天线、同相水平天线等多种线天线的结构尺寸计算。虽然计算精度不如目前常用的一些分析计算软件如 Ansys 软件等,但对于工程应用来说,其计算结果足以满足实际工程的需要。该计算方法在许多实际工程中已经得到了很好的验证。

参考文献

- 1 邮电部北京设计所. 天线和馈电线. 北京:人民邮电出版社,1985
- 2 Казурица К. К. 小垂度柔线计算理论. 杨福新,译. 上海:科学技术出版社,1958
- 3 段宝岩. 天线结构分析、优化与测量. 西安:西安电子科技大学出版社,1998
- 4 钱若军、杨联萍. 张力结构的分析、设计、施工. 南京:东南大学出版社,2003

Approximate Method on the Calculation of Logarithmic Antenna Structure Size

LÜ Pu-yong

(No. 22 Research Institute, China Electronics Technology, Xinxiang 453003, P. R. China)

[Abstract] An approximate method to calculate structure size of logarithmic antenna is put forward. By analyzing stressed conditions of antenna in the plane of the vertical and the horizon, the simple mechanics method is used to calculate the length of the cable and the tail circuit of vibrator, and thus the data of antenna structure design and engineering application is supported. Tested by some practical projects, the method has proved efficient in most of analysis and calculation of cable structure.

[Key words] logarithmic antenna structure size cable tail circuit of vibrator

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>