

鱼骨形天线结构尺寸的一种简化算法

冀海鸣

(中国电子科技集团公司第二十二所, 新乡 453003)

摘要 利用简化方法来计算鱼骨形天线的结构尺寸。通过分析天线在垂直面和水平面内的受力情况,利用简单的力学方法计算出天线边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。计算方法经过实际工程验证,适用于大多数柔索结构的分析计算。

关键词 鱼骨形天线 结构尺寸 边吊索 振子尾线

中图分类号 TN823.16; **文献标识码** B

鱼骨形天线是一种应用广泛的宽波段行波定向接收天线,其示意如图1所示。天线面靠两根边吊索悬挂在对称的两排六座桅杆上。一般电器设计时,会给出天线长度、振子长度、振子数、相邻振子间距、天线面高度等。结构计算的任务就是在满足电气尺寸的前提下,计算出天线面各部分的实际制作长度,并使天线在架设起来后成型美观,各部位受力均匀一致。因为集合线和振子长度是电器设计给出的,可以说是结构计算的已知条件,结构计算只需确定边吊索各段长度和振子尾线的长度。天线面各部分都是柔索结构,要想很精确地计算出各部分的尺寸,并不很容易。现介绍一种简化计算方法。

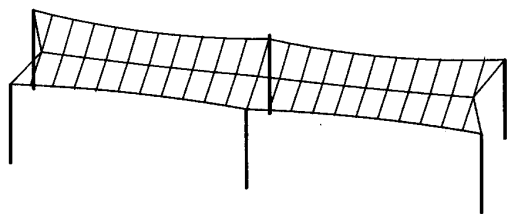


图1 鱼骨型天线示意图

后的垂度,认为边吊索在水平方向是一根直线。此时对于每根振子与尾线来说,其跨距 l_i 是一样的。因为对架设后成形的要求是各振子垂度基本一致,所以在计算时对振子给定一个固定的垂度值 $\delta_i = 0.02 \times kl_i$ 。这样,对于每根振子来说,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 。下面来分析单根振子的受力情况。

单根振子的受力情况可以简化成图2所示,其中 $P_{集}$ 为集合线重量在振子挂点处的作用力、 $P_{振}$ 为振子重量在振子中点的作用力、 $P_{绝}$ 为绝缘子的重量、 $P_{尾}$ 为尾线的重量在中点的作用力。

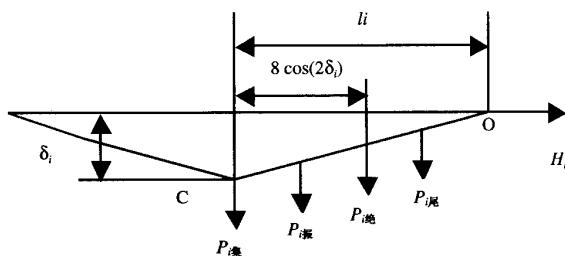


图2 振子受力情况

1 振子受力分析

初始计算时,先不考虑边吊索在水平方向受力

2007年2月7日收到

作者简介:冀海鸣(1973—),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: jihaiming137@sina.com.

对 O 点取力矩

$$H_i \delta_i = \frac{1}{2} P_{集} l_i + P_{振} (l_i - 4 \cos(2\delta_i)) +$$

$$P_{绝} (l_i - 8 \cos(2\delta_i)) + P_{尾} \frac{1}{2} (l_i - 8 \cos(2\delta_i)) \quad (1)$$

式中, H_i 为第 i 根振子所受的水平力, δ_i 为第 i 根振子的垂度, l_i 为第 i 根的跨距。

由此可求出振子此时所受的水平力 H_i ，依次类推，可分别求出各振子要保证固定垂度值 δ_i 时的水平拉力 H_i 。

2 边吊索受力分析

边吊索在垂直面和水平面内都受到外力作用，垂直面内主要是边吊索、振子与尾线、集合线及其它结构连接件的自身重量，水平面内则只受到各振子拉力（即上面求出的振子水平力）的作用。下面分别分析边吊索在垂直面和水平面内的受力及变形情况。

2.1 垂直面内受力分析

边吊索在垂直面内只承受各结构部分自重集中在挂点处的力 V_i ，此处的 V_i 为边吊索各段自重在挂点的集中力、对应挂点处振子与尾线的自重、对应挂点处集合线自重的一半及其它连接件的重量之合。边吊索垂直面受力情况如图 3 所示。

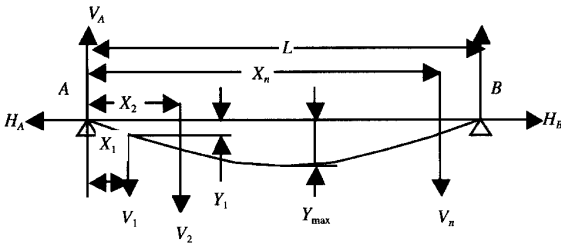


图 3 边吊索垂直面受力情况

在计算前，先根据工程经验，给定吊索一个水平初拉力 H_A ，所有力对 A 点取力矩，得

$$V_B L - \sum_{i=1}^n (V_i x_i) = 0 \tag{2}$$

式中， V_B 为桅杆 B 的垂直支座反力， L 为 A、B 两桅杆水平间距， V_i 为各结构部分自重在边吊索上第 i 个挂点处的作用力， x_i 为第 i 挂点到桅杆 A 的水平距离。

可求出 B 点垂直支座反力 V_B 值

$$V_B = \frac{\sum_{i=1}^n (V_i x_i)}{L} \tag{3}$$

再根据力平衡原理，求出 A 点垂直支座反力值

$$V_A = \sum_{i=1}^n V_i - V_B \tag{4}$$

将图 3 中 x_1 段拿出来，此时 x_1 段处于平衡状态，已知 V_A 、 H_A 和 x_1 ，对于 V_1 挂点来说，此时力矩平衡，则可求出

$$y_1 = \frac{V_A x_1}{H_A} \tag{5}$$

再将 x_2 段拿出来，可得

$$y_2 = \frac{V_A x_2 - V_1 (x_2 - x_1)}{H_A} \tag{6}$$

同理，依次类推分别分析 x_3, \dots, x_n 段，可求出此时各挂点的垂直垂度 y_i 。

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，重复上面的计算过程，直至最后满足垂度区间要求。

2.2 水平面内受力分析

边吊索在水平面内的受力情况和垂直面内是类似的，只是此时受的力是前面算出的振子保证垂度值所需要的水平力。同样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。

因为在计算振子拉力时，首先假设了吊索在水平方向是一条直线，经过此次计算后，吊索在水平面内受振子拉力变形成近似抛物线，这样就引起振子的跨距 l 变小了，而要保证固定垂度 $\delta_i = 0.02l_i$ 所需要的拉力也跟着发生了改变，根据此时的振子跨距，重复上述计算过程，重新确定振子在跨距改变后要保证给定垂度值时所需要的拉力，然后根据变化后的振子拉力再计算吊索的水平垂度。这是一个循环逼近的过程，如此循环四五次后，会发现计算结果趋于收敛，不再改变，此时整个天线形状达到稳定状态。

通过以上计算过程，可以得出此时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的长度及振子与尾线的长度。计算程序流程图如图 4 所示。

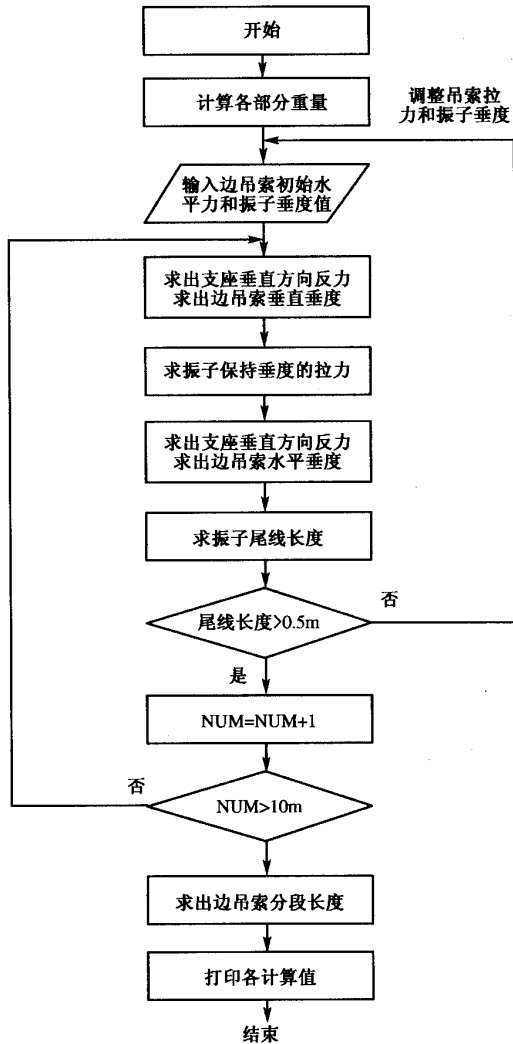


图4 计算程序流程图

3 实际算例

根据文献[1]中的天线尺寸,来计算边吊索各段的长度和振子尾线的长度。已知两边四座桅杆高19 m,中间两座桅杆高18.5 m;纵向间距96 m,横向间距28 m;21对振子,振子间距4.4 m,振子长8 m。由于是六座桅杆,可以将天线面看作是二个完全相同的面,只需计算其中一个面即可。本文对左边的天线面进行计算。

将吊索、振子、尾线等的比重以及各结构连接件的重量代入程序,设定边吊索初始拉力和振子尾线垂

度值,计算出振子尾线和边吊索的长度如表1所示。

表1 计算结果

| 序号 | 振子尾线/mm | 吊索分段/mm |
|----|---------|---------|
| 1 | 4 326 | 4 062 |
| 2 | 3 715 | 4 443 |
| 3 | 3 243 | 4 426 |
| 4 | 2 908 | 4 413 |
| 5 | 2 709 | 4 405 |
| 6 | 2 643 | 4 401 |
| 7 | 2 710 | 4 401 |
| 8 | 2 912 | 4 405 |
| 9 | 3 248 | 4 413 |
| 10 | 3 721 | 4 426 |
| 11 | 4 330 | 4 443 |

可见,计算结果与文献[3]中给出的尺寸是非常接近的,误差可能是由于一些结构连接件的重量设定不同而引起的,这样的误差对于天线成型的影响很小,在实际工程中可以不必考虑。

4 结论

计算方法除适用于鱼骨形天线的结构尺寸计算外,还可用于水平极化偶极对数周期天线、垂直极化单极(偶极)对数周期天线、同相水平天线等多种悬挂式柔索结构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,但对于实际工程应用来说,其计算结果足以满足实际工程的需要。计算方法在许多实际工程中已经得到了很好的验证,天线架设后成型效果非常理想。

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 Качурин В 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

Simplified Method on the Calculation of Herringbone Antenna Structure Size

Ji Hai-ming

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

[Abstract] A simplified method to calculate structure size of herringbone 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] herringbone antenna structure size cable tail circuit of vibrator

(上接第 2967 页)

4 结论

此 CCD 的驱动电路设计满足了该 CCD 器件手册的性能要求, 可用来驱动这款 CCD。这样为用此 CCD 制作的航天用 CCD 相机做好了充分准备。

参 考 文 献

1 侯伯亨, 顾 新. VHDL 硬件描述语言与数字逻辑电路设计. 西

安: 西安电子科技大学出版社, 1999

2 宋万杰, 罗 丰, 吴顺君. CPLD 技术及其应用. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1999

3 王军波, 孙振国, 陈 强, 等. 高速 CCD 摄像机驱动时序发生器的设计及基于 CPLD 技术的实现. 光学技术, 2002; 128(2): 132—134

4 张 勇, 唐本奇等. 基于 CPLD 的 CCD 通用驱动电路设计方法. 核电子学与探测技术, 2005; 25(2): 214—217

Designing CCD Driving Circuit Based on CPLD Technique

CHEN Zhi^{1,2}, QIU Yue-hong¹, ZHANG Bo-heng^{1,2}

(Xi'an Institute of Optics and Precision Mechanic of CAS¹, Xi'an 710068;

Graduate School of the Chinese Academy of Science², Beijing 100039, P. R. China)

[Abstract] According to frame transfer CCD, CCD driving circuit was detailed introduced. CCD driving schedule using the programmable logical device of the EPM7160SLC84-10 was designed. Bias voltage was designed by adjustable regulator LM117. CCD driving circuit was designed by specific driving chip. Designing of CCD driving circuit can meet the frame transfer CCD's demand.

[Key words] CCD driving circuit Complex programmable logical device(CPLD)

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>