

# T 型线天线结构的风荷载研究

邱建源

(京信通信系统(广州)有限公司, 广东 广州 510663)

**摘要:** T 型线天线作为工程中应用比较广泛的结构, 在施工的过程中需要对天线的柔索进行力学结构分析。风荷载分析计算的结果是进行天线和塔桅设计的基础, 也对天线的材料选择具有重要的影响。通过对天线结构进行风荷载分析和研究, 可以有效提高天线结构的安全性和可靠性, 对于天线的施工成本等具有重要的意义, 因此加强对 T 型线天线结构的风荷载研究是非常有必要的。

**关键词:** T 型线天线; 风荷载; 研究

**中图分类号:** TN823

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-1131(2013)03-0024-02

天线在安装设计的时候, 不仅要求其满足电气设计的要求, 而且还要能够满足一定的抗风强度。因此在进行结构设计的过程中, 需要对天线面在风荷载和自然状态下的受力情况进行计算, 并且确定各线的长度。

## 1 安装状态下天线结构分析

T 型线天线是一种呈 T 字结构的线悬挂在两座塔桅之间的偶极天线, 天线面的振子线通过尾线悬挂于高度相同的塔桅架上, 下引线从振子线中间的悬挂点垂直拉到地面进行固定, 其结构示意图如图 1 所示。

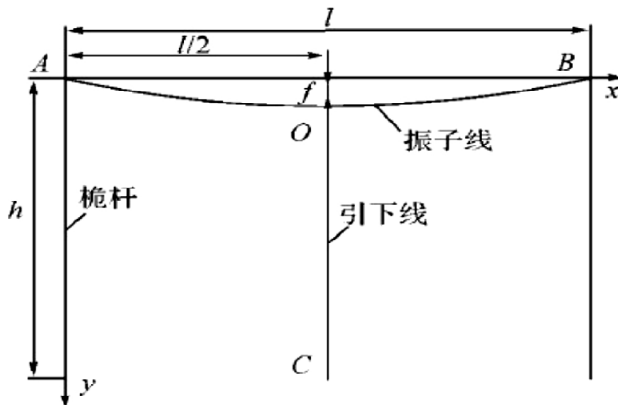


图 1 T 型天线结构示意图

在安装状态下, 这种情况可以认为风荷载为零, 天线的内力和长度可以按照小垂度柔线的理论进行结构分析。不管 T 型天线振子是笼形还是多根线形, 都可以进行针对性的简化为单根线形。在安装状态下振子线受到自身均匀的重力荷载以及在悬挂点 O 处的集中荷载作用, 通过建立相应的坐标系, 利用右手定则来确定 z 轴的方向。那么振子线在没有受到集中荷载时的水平张力  $H_0$  的计算公式为

$$H_0 = q_1 l^2 / (8f)$$

当悬挂点 O 受到引下线集中荷载  $P_1$  的作用时, 根据小垂度柔索相关的理论, 可以对振子线建立相应的均匀垂直荷载和集中荷载的状态方程:

$$H_1^2 - \left( H_0 - \frac{EA}{2H_0^2} \int_0^l Q_{0n}^2 dx \right) H_1 - \frac{EA}{2l} \int_0^l Q_{0r}^2 dx = 0$$

式中  $H_1$  表示振子线受到垂直均匀荷载和集中荷载作用时的水平作用力,  $E$  表示振子材料的弹性模量,  $A$  表示振子线的横截面面积,  $Q_0$  表示结构相同的而且只受均布荷载简支梁的剪力,  $Q_1$  表示跨距和荷载情况相同的简支梁的剪力。悬挂点 O 的 x 坐标值为  $l/2$ , 经过推导得

$$\int_0^l Q_{0n}^2 dx = q_1^2 l^3 / 12;$$

$$\frac{EA}{2l} \int_0^l Q_{0r}^2 dx = q_1^2 l^3 / 12 + (P_1^2 l + P_1 q_1 l^2) / 4$$

进一步整理得

$$H_1^2 - \left( \frac{q_1 l^2}{8f} - \frac{8EAf^2}{3l} \right) H_1 - \frac{EA}{2l} (q_1^2 l^3 / 12 + (P_1^2 l + P_1 q_1 l^2) / 4) = 0;$$

从而可以得到关于振子线和引下线的长度。假设引下线的线密度为  $q_2$ , 引下线上的连接件和绝缘子等物体的重量为  $G$ , 那么在引下线低端平衡锤的重量为

$$T = P_1 - q_2 L_2 - G.$$

## 2 T 型线天线结构的风荷载分析

在风荷载的作用下, 天线和塔桅之间有相互作用, 天线面的不同线之间也存在着相互作用, 而且其结构分析计算也更加的复杂。在具体的工程施工过程中, 由于塔桅的刚度和强度比较大, 塔桅在受到外力作用时的变形和位移比较小, 在研究的过程中可以认为是固定支座。通过简化, 可以将天线的结构分析看做是对悬挂在固定支座上的天线面分析, 将振子线看做是在均匀荷载下的重力作用和下引线的重力作用以及附加预拉力下的集中荷载下的悬索, 对其进行风荷载下的分析和计算。

假设天线面是由  $m$  根振子线和  $n$  根下引线组成的, 在各振子线和下引线之间的荷载和跨度情况都相同, 通过对其中一根振子线、下引线以及尾线进行风荷载下的结构分析就可以达到研究的目的。假设风荷载垂直于天线面的初始平面, 振子线和引下线上所承受的均布风荷载分布为  $q_3$  和  $q_4$ , 根据小垂度柔索悬挂理论, 建立相应的状态方程如下:

$$H_2^2 - \left( H_0 - \frac{EA}{2H_0^2} \left( \int_0^l Q_{0n}^2 dx + \int_0^l Q_{0r}^2 dx \right) \right) H_2 - \frac{EA}{2l} \left( \int_0^l Q_{2n}^2 dx + \int_0^l Q_{2r}^2 dx \right) = 0$$

$$\text{其中 } \int_0^l Q_{0n}^2 dx + \int_0^l Q_{0r}^2 dx = q_1^2 l^3 / 12;$$

$$\int_0^l Q_{2n}^2 dx + \int_0^l Q_{2r}^2 dx = \frac{q_1^2 l^3 + q_3^2 l^3}{12} + \frac{P_{2v}^2 l + P_{2v}^2 q_1 l^2 + P_{2H} q_3 l^2}{4}$$

$$P_{2v} = T + q_2 L_2 + G;$$

$$P_{2H} = q_4 L_2 / 2;$$

经过整理可以得到  $H_2$  的表达式, 最终求得引下线在振子线上悬挂点的坐标  $y'$  和  $z'$  分别为

$$y_0' = \frac{\sum M_y}{H_2} = \frac{2P_{2v} l + q_1 l^2}{8H_2}$$

$$z_0' = \frac{\sum M_z}{H_2} = \frac{2P_{2H} l + q_3 l^2}{8H_2};$$

根据计算的  $y'$  和  $z'$  值可以计算出引下线的长度。然后将该数值不断的代入到上式中可以得到悬挂点的坐标, 通过不断的循环迭代直到得到悬挂点的坐标值收敛为止。

# 轴角编码及时码器在天线测控中的应用

金福忠

(中国电子科技集团公司第三十九研究所,陕西 西安 710065)

**摘要:**结合轴角编码及时码在卫星天线测控中的作用,阐述了编码及时码的功能与原理,并结合工程的需要将二者设计为一个统一的单元,作为整个天线测控系统的标准时基信号,更易于天线测控系统在统一时间尺度下的工作。

**关键词:**编码;时码;旋转变压器;AVR 单片机;

**中图分类号:**TN957.51

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-1131(2013)03-0025-02

我们在卫星天线的测控系统中,要求天线的轴角编码单元实时同步编码,并以 20Hz 的速率串行传送天线方位、俯仰轴角编码数据。同时要求具备时码时频终端功能,形成高精度时间信号与高稳定频率信号,作为天线测控系统的标准时基信号。在工程中,将二者一体化设计为基于 AVR 单片机的以“MCU+CPLD”为设计主体的系统,使整个天线测控系统在同一时间标准下工作,以满足系统的测量精度与要求。

## 1 AVR 单片机主要特点

AVR 单片机作为系统 MCU,AVR 单片机是 ATMEL 公司推出的全新配置的精简指令集(Reduced Instruction Set CPU)单片机。ATMEL 在设计 AVR 系列单片机时吸取 PIC 及 8051 单片机的优点,并作了重大改进:

(1)AVR 程序存储器可由擦写 1000 次的 Flash 构成,并具有较大容量,且可多次更改程序而不必浪费单片机或电路板。

(2)高速度和低功耗,具有 SLEEP(休眠)功能。每一指令执行速度可达 50ns(20MHz),当执行某一指令时,下一指令被预先从程序存储器中取出,这使得在每一个时钟周期内都可以执行一条指令。

(3)高度保密(LOCK)。可多次烧写的 Flash 具有多重密码保护锁死(LOCK)功能。

(4)超功能精简指令。具有丰富的指令集,所有的寄存器都直接与运算单元(ALU)相连接,使得一条指令可以在一个时钟周期内同时访问两个独立的寄存器。大大提高了代码效率,并且具有比普通的复杂指令集微处理器高 10 倍的数据吞吐量。

(5)程序写入器件可以并行写入,也可串行在线下载(ISP)

擦写,方便产品升级,尤其是 SMD 封装,更利于产品微型化。

(6)并行 I/O 口的输入输出特性与 PIC 的 HI/LOW 输出及三态高阻抗 HI-Z 输入相似,能正确反映 I/O 口的输入/输出真实情况。

(7)单片机内置模拟比较器,具有较高精度的 A/D 转换器。

(8)有串行异步通信 UART(不占用定时器)和 SPI 传输功能,因其高速,故晶振可以工作在一般标准整数频率,而波特率可达 115.2Kbps 和 576Kbps。

(9)工作电压范围宽 1.8 ~ 6.0V,电源抗干扰性能较强。

## 2 时码器的原理

天线控制系统中,时间统一系统是通信系统的一个分系统,其功能是通过时统中心接收授时信号同步自身频标系统,形成高精度时间信号与高稳定频率信号,并以特定的调制方式通过时码(以下简称 B 码)形式送给天线伺服终端设备。B 码器在天线的测控中主要完成目标的速度、方位、距离的测量,尤其在雷达天线的测距过程中,对 B 码器的精度要求更高,1 $\mu$ s 的误差就会造成 150 米的测距误差。时统分为内外时统:外时统工作方式下需解调 IRIG-B(DC)码信号,产生时间信息和本分系统所需的与 B 码参考码元前沿严格同步的各路同步信号;内时统工作方式下自行产生本分系统所需的各路同步信号。所以 B 码精度的稳定与否成为影响天线测量结果精度的重要因素之一。

IRIG(靶场时间仪器组)为国际通用标准;

IRIG-B(每秒一帧的时间码)使用最为广泛;

B-AC 交流码,适合远距离传输,精度低、时延大,主要通过双绞线或 PCM 数字信道传输;

B-DC 直流码,传输距离近,精度高、时延小,主要通过同

在对引下线低端固定端的天线进行风荷载分析计算的过程中采用数值解法比较麻烦,可以考虑有限元思想进行求解。先利用有限元软件对天线进行结构分析对 T 型天线进行找形,找到在内力分布和形状分析一致的结果系统,然后根据推导的风荷载方式对给定的风荷载进行技术,然后将计算所得到的风荷载简化为各节点的作用力添加到有限元模型中,通过有限元软件可以得到真正线和引下线各节点的内力。在实际的研究中发现风荷载的作用下,平衡锤在引下线低端时引下线中点和悬挂点的位移都比引下线低端固定支座时偏大,这主要是由于平衡锤在低端时,引下线的竖向力就是平衡锤的重力。当低端为固定支座的时候,引下线在受到风荷载作用时低端的竖向支反力会增大,防止天线结构在风荷载作用下发生比较大的变形,使得底端为固定支座的时候节点位移比较小。

## 3 结语

通过利用数值分析的方法,对 T 型线天线结构在风荷载

作用下的变形和位移情况进行研究,当天线振子为笼形或者多根线的时候,通过等效转化的方法将复杂的问题转化为单根振子的形式,便于问题的解决。在利用小垂度索理论进行风荷载分析计算的过程中,可以借助有限元思想和软件对天线结构进行分析,这种方法既简单又方便,在工程施工中得到了广泛的应用。

## 参考文献:

- [1] 宋宗凤,梁汉新,陈建军,等.T 型线天线结构的找形与风荷载分析[J].空间结构,2012,18(1):66-70,57
- [2] 宋宗凤,梁汉新,陈建军,等.T 型线天线结构的找形与风荷载分析[C]//现代空间结构创新学术研讨会暨董石麟院士八十寿辰庆祝大会论文集.2011:66-70,57
- [3] 宋宗凤,梁汉新,陈建军.燕尾型对数天线悬索结构分析[J].科技导报,2011(25)

## 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](http://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](http://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](http://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>