

# 天线阵动态特性及其计算模型研究

赵 宁<sup>1</sup> 孙晓玲<sup>1</sup> 肖 勇<sup>1,2</sup> 张 艳<sup>3</sup> 屈文涛<sup>1,4</sup>

**摘要** 针对卫星天线阵分别建立不同联接方式的计算模型、相同联接方式的不同计算模型,应用有限元方法分别计算其动态特性。通过计算结果对比分析,发现点耦合联接的整体结构模型相对于粘接方式联接的整体结构模型和粘接方式联接的对称简化整体结构模型计算结果更精确、更符合实际。

**关键词** 天线阵 动态特性 有限元 计算模型

中图分类号 TP274 文献标识码 A 文章编号 1671—3133(2005)07—0038—03

## Study on dynamic property and its calculation models of aerial array

Zhao Ning, Sun Xiaoling, Xiao Yong, Zhang Yan, Qu Wentao

**Abstract** The calculation models with different way of connection and the different calculation models with the same way of connection have been respectively established for the aerial array attached to the satellite. The dynamic properties of the above models have been calculated separately by the application of finite element methods. Through contrasting and analyzing, the result of the whole structural model with the coupling connection, comparing with the whole structural model with sticking connection, and of the symmetrical simplified whole structural model are proven to be more precise and more practical.

**Key words** Aerial array Dynamic property Finite element Calculation model

天线阵是卫星的重要机载设备之一,动态特性分析是其设计工作的重要内容之一,可以为相关试验和产品提供基础分析数据。最初进行设计分析时多采用试验的方法,研制周期长、工作量大、成本高。随着卫星研制周期的缩短、研制工作量的增加以及研制水平和精度的提高,仅仅靠试验的方法已经不能满足现代卫星研制工作的需要。CAE 和计算机数字仿真试验不仅可以提供有效的理论参考数据,同时也可以确定物理试验方向,减少了以往不必要的物理试验次数和麻烦,大大降低试验成本。本文采用有限元分析和仿真试验方法对卫星天线阵进行动态特性分析,并分析不同计算模型对计算精度、计算结果的影响,这对降低卫星研制成本、提高设计精度有重要意义。

## 1 有限元分析建模思路

卫星天线阵由螺旋天线阵面、辐射单元、功分网络、连接支架等组成。整个天线阵从结构上大致分为三层,第一层包括天线罩、辐射单元、接地板和发射组件,第二层是天线安装支架,第三层包括功分网络、安装盒体、底板和支座,各层之间靠螺栓联接。

应用有限元进行结构动强度分析时,涉及到模型简化和各层的联接定位问题。一般情况下,在不影响计算结果和精度的前提下,计算模型可以进行适当简化,例如,计算模型可以根据结构的对称情况简化成一半或者1/4,计算模型各个组成部分的联接也可以采用多种方式,例如,粘接方式和点耦合联接方式。针对卫星天线阵的结构特点,本文分别建立了粘接联接天

线阵整体结构计算模型、粘接联接天线阵对称简化整体结构计算模型、点耦合联接天线阵整体结构计算模型,根据上述计算模型分别计算了天线阵整体结构的前五阶固有频率和模态。

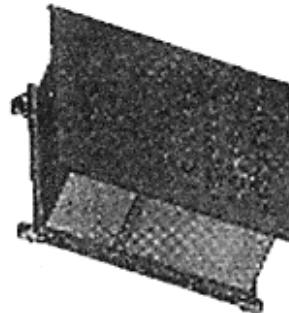


图 1 天线阵整体结构计算模型

## 2 粘接联接天线阵整体结构计算模型及其动态特性

天线阵整体结构计算模型如图1所示,所有联接处均采用粘接方式相互联接。根据天线阵的结构特点,选取实体单元(solid45),图1所示模型共有56万个单元。约束加在底座支架的底面上,均为整个支承面全约束。

粘接联接天线阵整体结构计算模型的前五阶固有频率见表1,对应振型分别如图2、图3所示。由图可见,粘接联接天线阵整体结构计算模型前五阶振动均为接地板、底板的振动。

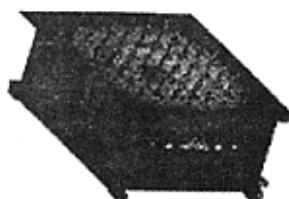


图 2 粘接联接天线阵整体结构一阶振型



图 3 粘接联接天线阵整体结构四阶振型

### 3 粘接联接天线阵对称简化结构计算模型及其动态特性

将天线阵简化为以中间支承的接合面为对称面、左右对称的结构,如图4所示。

所有联接处均采用粘接方式相互联接。对称简化结构整体计算模型选取实体单元(solid45),共有381518个单元,135238个节点。约束加在底座支架的底面上,均为整个支承面全约束。

天线阵对称简化结构前五阶固有频率见表1,对应振型如图5、图6所示。

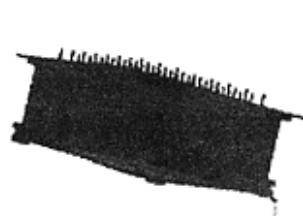


图5 天线阵对称简化结构一阶振型

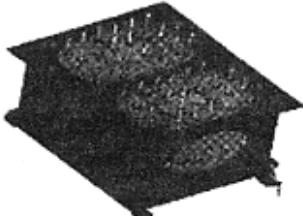


图6 天线阵对称简化结构四阶振型

### 4 点耦合联接天线阵整体结构计算模型及其动态特性

点耦合联接天线阵整体结构计算模型如图7所示。根据天线阵的结构特点,选取实体单元(solid45),天线阵整体结构共有381518个单元,135238个节点。

点耦合联接天线阵整体结构中间支承的结合处,接地板与支承架、底板与支承架、支承架之间,均采用点耦合方式相互联接,点耦合联接天线阵整体结构的其他部分联接均采用粘接方式相互联接。

在点耦合联接天线阵整体结构底板支架的底面上施加约束,均为整个支承面全约束。点耦合联接天线阵整体结构计算模型在施加约束情况下的低阶固有频率见表1,对应振型分别如图8、图9所示。

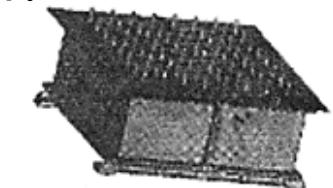
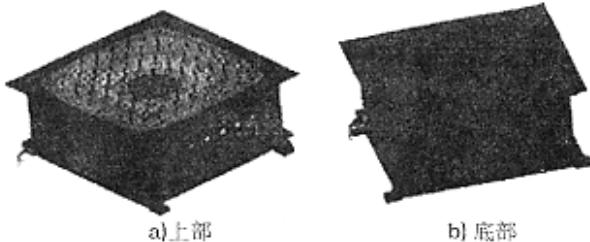


图4 天线阵对称简化结构计算模型

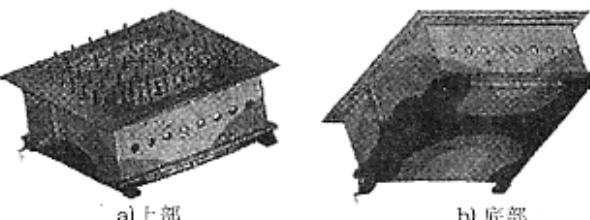


a) 上部

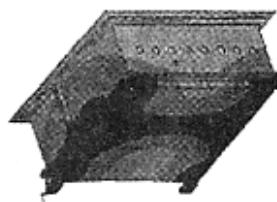


b) 底部

图8 点耦合联接天线阵整体结构一阶振动(接地板振动)



a) 上部



b) 底部

图9 点耦合联接天线阵整体结构四阶振动(接地板振动)

表1 三种计算模型固有频率对比结果

阶数	粘接联接对称简化结构		粘接联接整体结构		点耦合联接整体结构	
	固有频率/Hz	振型	固有频率/Hz	振型	固有频率/Hz	振型
1	432.63	底板振动	509.55	接地板振动	362.67	接地板振动
2	465.42	接地板振动	558.43	底板振动	619.35	底板振动
3	472.71	底板振动	630.41	底板振动	712.82	接地板振动
4	851.28	接地板振动	928.72	接地板振动	763.71	接地板振动
5	875.13	底板振动	964.20	接地板振动	807.47	底板振动

## 5 计算结果及分析

### 5.1 不能使用天线阵对称简化整体结构计算模型进行计算

将粘接联接天线阵整体结构与对称简化整体结构的固有频率计算结果进行对比,发现两者计算相差很大。分析原因后发现,虽然天线阵结构总体基本对称,但是由于其安装支架的联接结构有少许不对称(如图1~图3所示),引起其刚度不对称,进一步导致天线阵对称简化结构计算模型的计算误差较大。因此,不能使用天线阵对称简化整体结构计算模型进行计算。

### 5.2 点耦合联接整体结构计算模型的计算结果偏于安全

1)天线阵的振动主要是接地板的振动,接地板振动对天线阵的动态性能影响很大。

2)天线阵整体结构点耦合联接计算模型的一阶固有频率低于粘接联接计算模型的一阶固有频率,对应振型为粘接联接对称简化结构为地板振动,粘接联接整体结构和点耦合联接整体结构均为接地板振动。

3)天线阵整体结构点耦合联接计算模型接地板的前三阶固有频率均低于粘接联接计算模型接地板的前三阶固有频率,但振型基本相同。

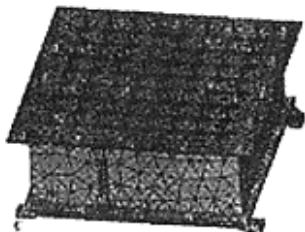


图7 天线阵整体结构支承架点耦合联接计算模型

# 基于 VB 的过程控制中多监控界面的研究

许有源 陈锦昌 李哲林

**摘要** 研究用 VB 中的窗体类和控件数组开发多监控界面的设计,主要针对工厂中同时监控多个车间或者多个生产现场的需求,弥补了大多工控软件只能实时监控单个场景的缺点。此外还研究如何运用窗体类数组方便地实现多界面的设计和如何运用控件数组实现窗体内控件的动态增加和删除等问题。

**关键词** 计算机应用 多监控界面 VB 窗体类 控件数组

中图分类号 TP31 文献标识码 A 文章编号 1671-3133(2005)07-0040-04

## Multiple supervising interface 's research of process control based on VB

Xu Youyuan, Chen Jinchang, Li Zhelin

**Abstract** Simply introduces the design of multiple supervising interface which is adapted by the form class and control array of VB. It is for supervising several workshops or productive scenes in the same time. And it conquers the disadvantage of the most existing software of industrial control which can only supervise the single scene. Presents how to use the form class array to realize the design of multiple supervising interface and how to use the control array to realize the dynamic loading and unloading of the control in forms.

**Key words** Computer application Multiple supervising interface VB Form class Control array

目前市场中大多数的工控软件都只能显示一个监控场景,这使得使用者在多个场景的切换时显得很繁琐。对此笔者提出了用 VB 设计多监控界面的方法,使能同时在屏幕上显示多个监控场景,解决工控软件中多个监控场景的实现问题。

### 1 多监控主界面的设计

由于是多监控界面的设计,主界面的作用就是对整个工业控制系统进行管理。其功能主要是完成对监控界面的增加、删除以及监控界面信息的管理等。为了能够更好地完成上述功能,在这个系统中将不采用 VB 自带的 MDI,因为 MDI 窗体只能包含 Menu 和 PictureBox 控件,具有 Align 属性的自定义控件,或者具有

不可见界面(如 Timer)的控件。本研究用 VB 中多重窗体设计方法,因为多重窗体能实现与普通窗体相同的功能。在多重窗体的程序中,每个窗体都可以有自己的程序代码,完成不同的操作。

主界面的左边是 Treeview 控件,用来管理右边的监控界面。右边是 PictureBox 控件以及它的子窗体(监控界面),以此来达到 MDI 窗体的效果。监控界面的背景图根据不同的场景可以在增加监控界面时进行不同的选择。

### 2 多界面的实现方法

为实现多监控界面的功能,需要采用基于对象的方法,先设计出监控界面的模板窗体类 SceneFrm,再

4)天线阵整体结构点耦合联接计算模型底板的前二阶固有频率均高于粘接联接计算模型底板的前二阶固有频率,但振型也基本相同。

### 6 结论

点耦合联接整体结构计算模型的前三阶固有频率低于其他计算模型的计算结果,点耦合联接整体结构计算模型的计算结果偏于安全。

卫星天线阵的低阶振动主要是接地板的振动,因此接地板的振动对天线阵的性能影响很大。为了保证天线阵动态性能良好,应该采用偏于接地板安全的点耦合联接计算模型进行天线阵动态性能计算。

### 参 考 文 献

- 1 倪振华. 振动力学. 西安: 西安交通大学出版社, 1990
- 2 宋勇, 艾宴清, 梁波. 精通 ANSYS7.0 有限元分析 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003

作者简介 赵宁, 西北工业大学机电学院教授, 博士, 硕士生导师。

主要研究方向为机械动力学及其控制、CAD/CAE/数字仿真及其一体化技术。

作者通讯地址 1 西北工业大学 324 信箱( 西安 710072 )

2 航天 504 所

3 航空 601 所

4 西安石油大学

收稿日期 20050308

## 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](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>