

文章编号:1001—9383(2013)01—0021—04

# MSC Patran/Nastran 在 12m 天线结构分析中的应用

武织才,王大为

(中国电子科技集团公司第五十四研究所,河北 石家庄 050081)

**摘 要:**应用 MSC Patran 和 MSC Nastran 软件对 12m 抛物面天线结构进行了有限元建模及仿真分析,得出了天线在不同俯仰角时最佳拟合抛物面的面板法向均方根误差,并运用数字近景摄影测量系统获得了对应俯仰角时反射面实际法向均方根误差,通过对仿真分析结果和测量结果的进行比较和分析,肯定了有限元仿真对天线结构设计的指导作用。

**关键词:**天线;最佳拟合抛物面;有限元;均方根

**中图分类号:**TN82;O241.82

**文献标识码:**A

## Application of MSC Patran/Nastran in 12m antenna structural analysis

WU Zhi-cai, WANG Da-wei

(The 54th Research Institute of CETC, Shijiazhuang Hebei 050081, China)

**Abstract:**Analyze 12m antenna structural based on MSC. PATRAN and MSC. NASTRAN software, the RMS accuracy along the normal direction of the best fit reflector surface for various elevation angles is obtained. Compare the value obtained by analysis and the real RMS accuracy obtained by digital close range photogrammetry, the guidance effect of the finite element analysis on the antenna structure design is proved.

**Keywords:**Antenna; Best fit reflector surface; Finite element; RMS

Patran 是 MSC 公司开发的有限元前后处理及分析系统,具有强有力的几何建模功能,强大的网格生成功能以及交互式的结果可视化后处理功能,可以帮助用户实现从设计到制造全过程的产品性能仿真。Nastran 则是 MSC 公司推出的大型结构有限元分析软件,可实现结构的静力学、屈曲、动力学、模态及非线性等分析。

笔者利用 MSC Patran 和 Nastran 分析软件,根据实际工程中 12m 天线的工作环境,对天线结构进行整体建模,校核其刚度和强度,以保证天线结构的合理性和生产成本的最小化。

**收稿日期:**2013—02—28

**作者简介:**武织才(1980—),男,河北平山人,硕士,工程师,主要从事天线结构设计开发应用。

## 1 有限元模型的建立

### 1.1 几何模型的简化

该天线结构主要包括方位机构、俯仰机构、中心体、反射面背架、反射面及馈源支撑机构组成。每一部分的真实几何特征非常复杂,建立几何模型时必须进行简化,简化原则如下:

#### a) 删除细节

如果结构件上某些细节对问题的计算结果的影响很小,就可以忽略。例如与结构件相比,尺寸可以忽略的孔、槽、凸台、倒角、退刀槽、键槽、过渡圆弧等。

#### b) 减维

如过某一个或者两个方向的尺寸远远小于其它方向的尺寸时,就可以进行减维处理,将三维结构件减为二维、一维或零维。如中心体的筒壁和筋板可简化为二维,反射面背架的梁可简化为一维,对于只提供负载而不提供结构支撑的天线设备可简化为零维,即质量元。

### 1.2 网格划分

划分网格是建立有限元模型的重要的环节。网格划分的形式、大小和数量会影响计算规模的大小和仿真结果的精度。网格越小、阶数越高,其计算结果的精度就越高,但是计算规模也越大,因此要根据实际情况进行网格的划分。如结构的关键连接部位和容易出现应力集中的地方必须将网格进行细化。

网格划分后的有限元模型如图 1 所示。

### 1.3 载荷施加

在工作环境中需考虑天线自重载荷和风力载荷。

自重是一种基本载荷,对于工作姿态不变的天线,其自重产生的结构变形可以在加工或安装时进行调整补偿。由于该 12m 天线工作范围为俯仰  $15^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ,所以只能在固定俯仰角度下进行自重的补偿调整,其余俯仰姿态时必须考虑自重载荷。

风载由如下公式得来:

$$F = C_F q A$$

式中: $q$ ——动压, $q = \frac{v^2}{16}$ ;

$v$ ——工作风速 12.5 m/s;

$A$ ——面板口径面积;

$C_F$ ——风力系数,该系数与面板的焦径比,风向角有关。



图 1 天线俯仰  $90^{\circ}$  有限元模型

## 2 仿真分析

### 2.1 工况

根据天线工作时的俯仰范围,选取三个具有代表性的工作姿态,施加重力及风力载荷后,利用 MSC Nastran 的静力学分析模块进行分析,具体工况如表 1 所示。

2.2 分析结果

天线架设过程中,自重的补偿调整是在天线俯仰角度 90°时进行的,因此,所有工况下计算出的面板变形值应减去工况 3 时的变形值,将最终数据进行处理后所得结果见表 2,各俯仰角度下谐振频率见表 3,工况 2 时面板变形云图见图 2。

表 1 工况

工况	俯仰角	载荷
1	90°	自重
2	45°	自重
3	15°	自重
4	15°	自重 12.5m/s 风正吹
5	15°	自重 12.5m/s 风侧吹
6	15°	自重 12.5m/s 风背吹

表 2 天线面板变形及精度

工况	最佳拟合抛物面精度	面板最大变形
	mm	mm
1	0	1.26
2	0.122	2.02
3	0.161	1.64
4	0.161	1.94
5	0.174	1.64
6	0.162	1.95

表 3 天线谐振频率

俯仰角	一阶频率 Hz	二阶频率 Hz	三阶频率 Hz
15°	4.90	4.98	5.88
45°	4.87	5.04	5.85
90°	4.95	5.21	5.97

3 检测结果及分析

3.1 面板精度检测

天线架设完毕后,采用数字近景摄影测量系统检验面板精度,数字近景摄影测量是摄影测量的一个分支是一种光学非接触测量方法,它处理的对象是由摄像机自由拍摄得到的二维图像信息,通过二维信息重建得到物体在三维空间的位置、大小、形状乃至物体的运动。

测量条件为无风(风速小于 2.8m/s),天线俯仰角度为 15°、45°和 90°。测量所得数据经工业三坐标测量系统 MetroIN 软件按照固定焦距拟合后,得到最佳抛物面天线的表面法向均方根误差 RMS,见表 4。

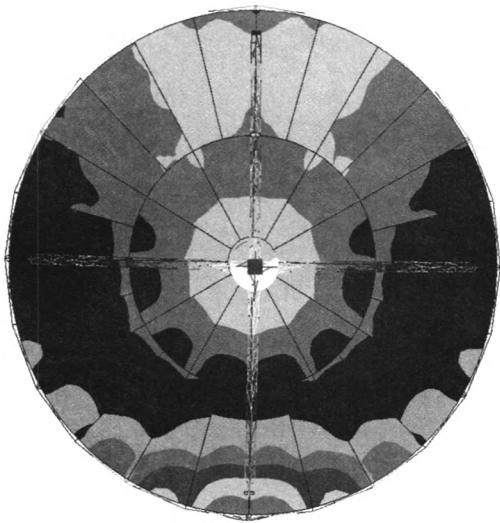


图 2 天线俯仰 45°自重变形云图

表 4 检测结果

工况	1	2	3
面板均方根误差(mm)	0.314	0.338	0.346

3.2 结果分析

由于有限元仿真条件为理想条件,忽略了单块面板的制造误差 $\sigma_1$ ,反射面总装时的调整误差 $\sigma_2$ 以及测量系统误差 $\sigma_3$ ,因此,对仿真结果必须按照如下公式进行修正,

$$\sigma=\sqrt{\sigma_1^2+\sigma_2^2+\sigma_3^2+\sigma_4^2}$$

式中 $\sigma_4$ 为有限元仿真结果,单块面板制造误差出厂检测值为 0.15mm,测量系统误差为 0.1mm,面板总装误差在 0.25~0.4mm 之间,而本次朝天状态测量值取测量值为 0.314mm,故本次取值 $\sigma_2$ 为 0.3mm;修正后仿真结果与测量结果对比见表 5。

表 5 仿真修正值与测量值的比较

工况	仿真结果 mm	仿真修正结果 mm	测量结果 mm	差值 %
1	0	0.34	0.31	9.7
2	0.12	0.37	0.34	8.8
3	0.16	0.38	0.35	8.6

修正后的仿真结果与测量结果存在差异的主要原因在于有限元仿真的假定环境为理想环境,与实际环境存在着风力和温度的影响。二者最大差值为 9.7%,差别微小,说明有限元仿真是可信赖的。

4 结束语

本文介绍了天线结构有限元模型建立的方法,并确定了 6 种工况进行仿真分析,得出了不同工况下天线最佳拟合抛物面的法向均方根和不同俯仰角下天线结构的前三阶固有频率,阐述了仿真结果的修正方法,并在 3 种工况下进行了摄影测量,并将摄影测量值和有限元分析值的进行了比较和分析,验证了 12m 天线有限元模型和分析的正确性。

参考文献:

[1] 马爱军,周传月,王旭. Patran 和 Nastran 有限元分析[M]. 北京:清华大学出版社,2005.  
[2] 冯文灏. 数码相机实施摄像测量的几个问题[J]. 测绘信息与工程,2002,27(3).  
[3] 朱钟淦,叶尚辉. 天线结构设计[M]. 成都:国防工业出版社,1996.

## 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>