

文章编号:1672-6685(2009)01-0023-04

## 基于 ADAMS 的车载天线动力学仿真与试验研究

吴丽华

(南通航运职业技术学院 交通工程系,江苏 南通 226010)

**摘要:**针对车载天线机构在方位运动与俯仰运动过程中承受最大荷载问题,提出了一种新的研究方法,首先创建车载天线机构实体模型,将实体模型导入到动力学仿真软件 ADAMS 中,建立相应的运行环境,添加相应约束,利用 ADAMS 软件仿真出车载天线发现目标至锁定目标的全过程,进行两种风载荷工况下天线机构的动力学分析,找出天线承受最大荷载的临界点,并将仿真分析结果与实际实验结果进行比较,验证了仿真结果的准确性,从而为车载天线机构的研发设计提供了一种有效的现代化手段。

**关键词:**车载天线;建模;动力学仿真;ADAMS 软件

**中图分类号:**TH113 **文献标识码:**A

## ADAMS Based Dynamic Simulation and Experimentation of Vehicle-mounted Antenna

WU Li-hua

(Dept. of Communication Engineering, Nantong Vocational Shipping College, Nantong 226010, China)

**Abstract:** In respect to the problem of peak load borne by vehicle-mounted antenna construction in the luffing and motion orientation, this paper puts forward a new research method. The solid model of vehicle-mounted antenna construction is first set up, and led into the dynamic simulation software ADAMS. The set-up unit construction mold, together with the corresponding restriction in the set-up operating ambient simulates the whole process from discovery to the target locking of vehicle-mounted antenna by use of the software ADAMS. The mold is analyzed by means of vehicle-mounted antenna dynamic simulation under the circumstances of two different wind loads and the critical point of peak load borne by the antenna is found. The simulation results are compared with the actual experimental results, and the accuracy of the simulation results is proved. Such a study provides useful modern means for the research and development of vehicle-mounted antenna structure.

**Key words:** vehicle-mounted antenna; molding; dynamic simulation; ADAMS software

车载天线是指设计安装在车辆上的移动通讯天线。由于通信质量和性能的要求,车载天线应具有良好的抗风性能,并且要结构紧凑,质量轻,道路通过性好<sup>[1]</sup>。传统车载天线必须边试验边改进,

从设计到试制、试验、成型,产品开发成本高,周期长<sup>[2-3]</sup>。运用机械系统动力学分析软件 ADAMS 进行仿真分析及优化设计,可简化系统开发过程,缩短开发周期,减少开发成本,提高产品性能。

收稿日期:2008-04-23;修订日期:2008-09-11

作者简介:吴丽华(1973—),女,江苏南通人,南通航运职业技术学院交通工程系讲师,硕士在读,主要从事力学及 CAD 等方面的研究。  
(E-mail)wulih@ntsc.edu.cn。

## 1 ADAMS 软件简介

ADAMS, 即机械系统动力学自动分析 (automatic dynamic analysis of mechanical systems), 该软件是美国 MDI 公司开发的虚拟样机分析软件。该软件使用交互式图形环境和零件库、约束库、力库, 创建完全参数化的机械系统几何模型, 其求解器采用多刚体系统动力学理论的拉格朗日方程, 建立系统动力学模型, 对虚拟机械系统进行静力学、运动学和动力学分析, 输出位移、速度、加速度和反作用力曲线。ADAMS 软件由基本、扩展、接口、专业领域及工具箱等 5 类模块组成。用户可采用通用模块对机械系统进行仿真, 还可采用专用模块针对特定工业应用领域进行快速有效的建模与仿真分析。

## 2 车载天线的实体建模

机械系统的建模, 主要有两种方法<sup>[4]</sup>: 一是对于一些简单的机械系统, 可以在 ADAMS 软件中, 通过在创建的机械系统中建立运动部件的物理属性来建立。二是对于较复杂的机械系统, 需通过三维实体建模软件, 如 CATIA, UG, Pro/E 等建立模型<sup>[5]</sup>, 通过软件中接口模块 ADAMS/Exchange, 将建立的三维实体模型导入 ADAMS 软件中, 并将其转化为一组 ADAMS/View 几何元素, 用专业的 CAD 软件和专业的动力学仿真软件进行联合建模。

车载天线结构由大小轮、转动台、蜗轮蜗杆调速转动机构、转台左右支座、谐波减速器、天线座等构成。作为一种复杂的机械系统, 选择第二种建模方法, 在充分理解车载天线结构各零部件外形及它们间相对位置和装配关系的基础上, 严格按实际尺寸利用 Pro/E 软件进行实体建模, 在建模过程中要特别注意单位和密度的设定。考虑到与 ADAMS 的结合, “mm, kg, N, °C” 的单位方案是一种比较好的选择。同时, 还要注意用于装配的单位设定, 在多数情况下, Pro/E 中图形不能转换至 ADAMS 环境下是由于各零部件或装配的单位不统一而造成的。装配时, 要考虑到仿真模型的后续定义。

## 3 车载天线的联合建模

### 3.1 模型的导入

在 Pro/E 里建立好车载天线结构的实体模型

后, 须将其完整、准确地导入 ADAMS 软件进行分析。这一过程中应注意: ① 在 Pro/E 中建立 Mechanism/Pro 环境, 在 Mechanism/Pro 环境下定义刚体; ② 用 Mechanism/Pro 菜单下的 “Interface—ADAMS/View” 来完成 ADAMS 环境下的转换。

### 3.2 添加约束、力元素以及驱动

在 ADAMS 环境下, 对建好的模型添加相应的约束、相应的力元素以及相应的驱动。

3.2.1 添加约束 本问题包含的约束有: 固定约束、铰链约束、齿轮副约束和耦合副约束等。在车载天线的模型上, 同步带与大地之间、左右支座与底座之间、波发生器与主传动轴之间简化为固定约束; 小带轮与大地的连接、大带轮与大地之间的连接、蜗杆与大地之间的连接、蜗轮轴与大地之间的连接、柔轮与大地之间的接触等添加铰链约束; 在蜗杆和蜗轮之间加入齿轮副; 在小带轮和大带轮之间、谐波减速器的波发生器和柔轮之间, 加入耦合副。

3.2.2 添加力元素 力体现了零件上的负载以及零件间的相互作用。车载天线结构主要承受自重以及风载荷的作用, 受外界多种因素影响, 风载荷并非是规则的受力关系, 所以需对其进行相应的处理, 使其最大限度地符合理论和实际要求。具体操作是: 对照风载荷对于车载天线的理论受力作用图, 读取相应的一组数据, 导入到 ADAMS 系统中, 形成一条 SPLINE 曲线, 采用 AKISPL 函数调用相应的 SPLINE 曲线并施加给添加的力元, 进行相应的系数修正。图 1 为风载荷水平受力系数. TXT 导入到 ADAMS 系统后的曲线, 图 2 为风载荷垂直受力系数. TXT 导入到 ADAMS 系统后的曲线。

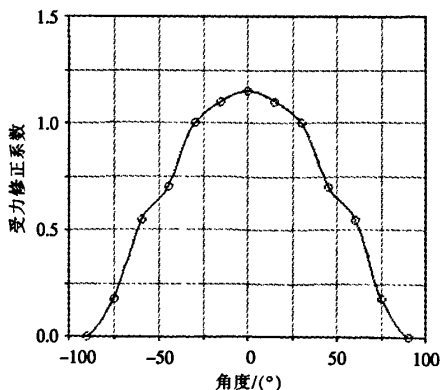


图 1 风载荷水平受力系数. TXT 导入到 ADAMS 系统后的曲线

Fig. 1 Horizontal wind force coefficient curve appearing after TXT led into ADAMS system

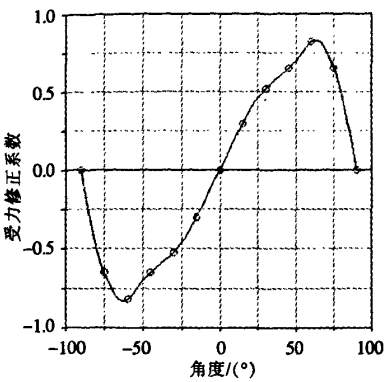


图 2 风载荷垂直受力系数.TXT 导入到 ADAMS 系统后的曲线  
Fig. 2 Vertical wind force coefficient curve appearing after TXT led into ADAMS system

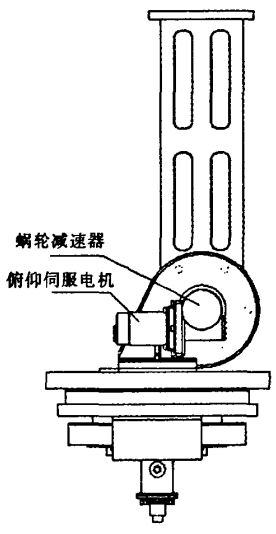
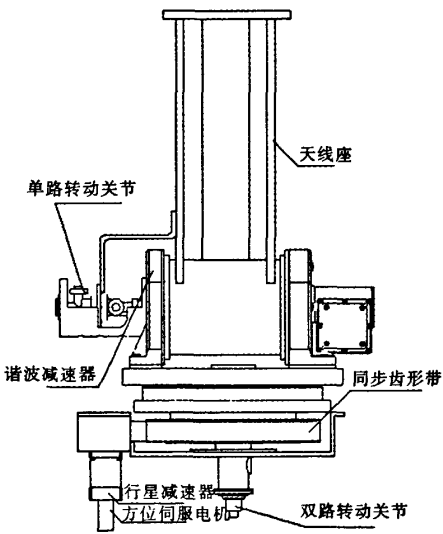


图 3 车载天线结构示意图  
Fig. 3 Vehicle-mounted antenna structural schema

4 仿真计算与分析

车载天线模型完成后,就可对其进行运动学或动力学仿真。首先设置仿真参数为:时间 25 s,步长 2 500 步。对风载速度为 20 m/s 和 33.5 m/s 的两种状况进行分析,考虑天线自重作用的情况,得到车载天线最终仿真受力曲线图。图 4 为风载速度 20 m/s 时的仿真受力图,图 5 为风载速度 33.5 m/s 时的仿真受力图。图 4、图 5 中,下面两条曲线分别为风载荷水平作用力曲线和垂直作用力曲线,最上边一条曲线为加入重力后处理得到的最终受力曲线。

3.2.3 添加驱动 在车载天线模型中,主要由两个模块组成,它们是俯仰机构和转向机构。由于这两个模块的工作状态和工作时间的先后顺序不尽相同,所以需要采用两个驱动(即两个 motion)的方式来完成整套机构的仿真,并且为了能够实现这两个驱动之间的分时段工作,系统采用 IF 函数来完成驱动的创作。

3.3 模型检验和修正

在机械系统动力学自动分析软件环境下进行仿真,将所获得的仿真结果与来自物理样机的结果进行对照,如果不一致,则需要回到前面各步修改相应的参数定义,直至虚拟样机与物理样机的结果一致。至此一个完整的仿真模型建立与导入完毕,如图 3 所示。

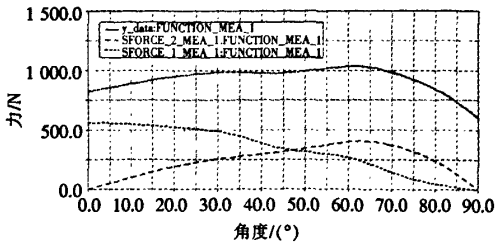


图 4 风载荷 20 m/s 时雷达天线仿真受力曲线  
Fig. 4 Simulational force curve of radar antenna in the condition of wind load 20 m/s

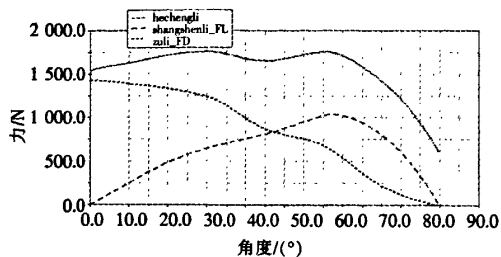


图5 风载荷 33.5 m/s 时雷达天线仿真受力曲线图

Fig. 5 Simulational force curve of radar antenna in the condition of wind load 33.5 m/s

## 5 实验对比

在 ADAMS 环境下进行仿真, 所得到的一些相关参数仅仅是理论上的目标参数, 与实际状态下的工况是否吻合, 还需做进一步的验证。所以, 需将上述仿真获得的结果与来自物理样机的结果进行对照, 以检验仿真结果的准确性, 如不一致, 则需要回到前面各步, 修改相应的参数定义(仿真时间、仿真步长等), 直至虚拟样机与物理样机结果一致。图 6 和图 7 为实验得出的不同风载荷条件下(20 m/s 和 33.5 m/s)雷达天线受力数据曲线。从图中可以得出: 雷达天线在收回下落过程中, 当风载荷为 33.5 m/s, 天线与水平面之间的夹角为 30° 时, 所受的作用力最大。

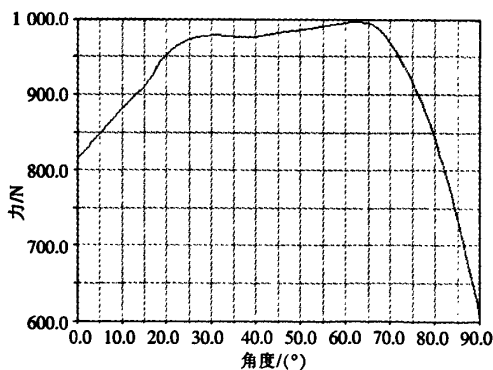


图6 风载荷 20 m/s 条件下实验受力曲线

Fig. 6 Experimental force curve in the condition of wind load 20 m/s

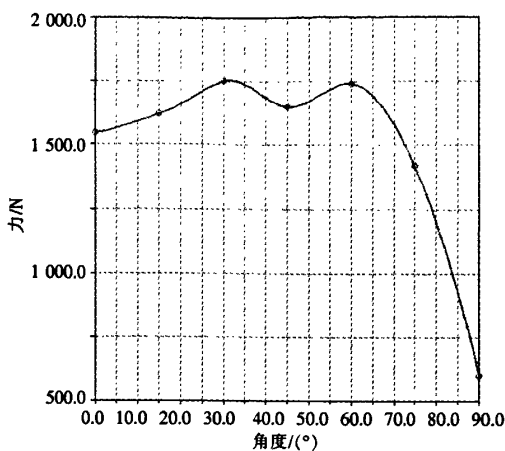


图7 风载荷 33.5 m/s 条件下实验受力曲线

Fig. 7 Experimental force curve in the condition of wind load 33.5 m/s

通过比较可以发现: 实验得出的天线受力曲线图与仿真得出的天线受力曲线图, 在其两种风载情况下相应的曲线基本上是吻合的, 在实验受力数据中, 当风载荷为 33.5 m/s, 天线与水平面之间的夹角为 30° 的时候, 天线受力最大; 而通过查看仿真得到的曲线图可以得出, 当风载荷为 33.5 m/s, 雷达天线与水平面之间的夹角为 30.059 6° 时, 天线受力最大, 二者结果基本一致。至此, 可以确定仿真结果是准确可靠的。

## 参考文献:

- [1] 周华良. 车载卫星天线稳定跟踪系统的设计与工程实现[D]. 南京: 南京理工大学, 2005.
- [2] 王玉. 车载卫星天线座结构分析[J]. 无线电通讯技术, 2001, 27(5): 58-59.
- [3] 吴凤高. 天线座结构设计[M]. 西安: 西北电讯工程学院出版社, 1993.
- [4] 陈立平, 张云清, 任卫群. 机械系统动力学分析及 ADAMS 应用教程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [5] UICKER J J. Dynamic force analysis of spatial linkages[J]. ASME Journal of Applied Mechanics, 1967, 34: 773-778.

(责任编辑: 吉美丽)

## 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>