

文章编号: 1673-8691(2007)04-0283-03

## 基于 ADAMS 的雷达天线举升机构优化设计

潘玉龙, 李晓峰, 许平勇, 万 强

(空军雷达学院电子对抗系, 武汉 430019)

**摘要:** 通过运用虚拟样机技术, 利用 ADAMS 软件建立了雷达天线举升机构的虚拟样机模型, 对其进行动力学仿真分析, 对举升机构的关键点作参数化处理, 进行优化分析, 得到优化结果.

**关键词:** 雷达; 举升机构; 优化设计; ADAMS 软件

**中图分类号:** TN957.8; TP391.9 **文献标识码:**A

在现代高技术局部战争中, 随着反辐射武器应用的越来越广泛, 为了提高雷达的战场生存能力, 以雷达装备为代表的电子战对雷达的机动性也提出了更高的要求. 雷达的机动性是指雷达快速隐蔽或转移阵地的能力, 提高雷达的机动性是提高雷达生存能力的有效手段之一. 某型高机动塔架式雷达升降天线(如图 1 所示)采用套杆式平行四边形结构, 使用液压缸作为动力元件, 可实现天线快速举升与撤收, 使雷达抗地物杂波的能力显著增强, 近距离低空盲区大大减小, 提高了雷达的战术性能.



图 1 某型高机动塔架式雷达升降天线

ADAMS (Automatic Dynamic Analysis of Mechanical System) 软件是美国 MDI 公司开发的机械动力学仿真分析软件, 它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中的拉格朗日方程方法, 建立系统动力学方程, 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 软件的仿真可用于预测机械系统的性能、运动范围、碰撞检测、峰值载荷以及计算有限元的输入载荷等<sup>[1]</sup>.

本文研究了利用 ADAMS 进行举升机构优化设计的问题. 以举升机构的翻转为例, 建立了举升机构参数化模型, 以翻转油缸最大推力最小为优化目标, 对机构中各铰接点位置进行了优化计算.

### 1 虚拟样机的建立

#### 1.1 建立模型

在 ADAMS 中, 采用参数化建模方式, 可以将机构中有关参数设置为设计变量. 在分析过程中, 改变样机模型中的有关变量, 程序就可以自动地更新整个样机模型. 而且还可以由程序根据预先设置的可变参数, 自动地进行一系列的仿真分析, 观察在不同参数值下样机的变化<sup>[2]</sup>.

举升机构中各铰接点的位置是主要参数, 优化设计的实质就是确定举升机构的最佳布置方案, 因此各铰接点位置必须确定为变量. 而外形几何尺寸只需满足可视化效果, 对仿真没有实质影响, 因此建模时只需给定一固定值.

完成后的参数化模型如图 2 所示. 以天线举升为例, 工作时翻转油缸推动套杆转动, 直至与底座垂直, 接下来主升油缸将天线举升至一定高度, 天线架设结束.

各部件在之间采用转动副连接, 翻转油缸缸体与推杆之间采用移动副连接, 给定运动关系, 模拟活塞在液压缸体中的相对运动. 底座加上一固定副可固定在车体或地面上.

收稿日期: 2007-07-11; 修订日期: 2007-09-07

作者简介: 潘玉龙(1978-), 男, 讲师, 主要从事机械 CAD 研究.

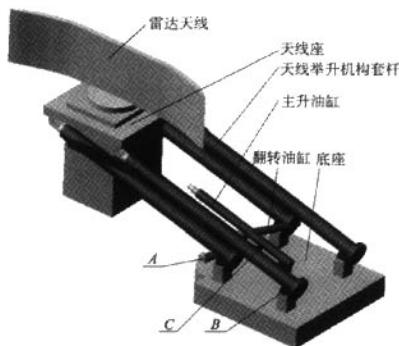


图 2 虚拟样机模型

翻转过程由两对称液压缸提供动力,这里对其中一个液压缸进行分析,定义翻转油缸与底座、套杆与底座和翻转油缸与套杆间的铰接点分别为 A、B 和 C 点,由 A、B、C 3 个设计点确定机构的位置方案。在模型中添加一传感器,其表达式定义为比较 B、C 两点间的 x 坐标差,使用传感器后,仿真将在表达式的值等于 0 时,即翻转结束套杆与底座呈垂直状态时停止仿真。

### 1.2 虚拟样机的仿真

各部件的材料都为钢,各部件的质量由系统根据各自的体积计算出来。设计举升的雷达天线重量为 1.6 t,由两对称液压缸提供动力,故施加在套杆上的载荷应为 800 kg。按现有装备设计点 A、B、C 的实际位置,即 3 点坐标分别为(0,0)、(2100,0)和(920,300)时,对模型进行仿真。油缸行程为 1120 mm,推杆移动速度为 10 mm/s,套杆翻转至与底座呈 90°时,传感器作用,仿真停止,时间约为 112 s。油缸推力随时间变化曲线如图 3 所示。

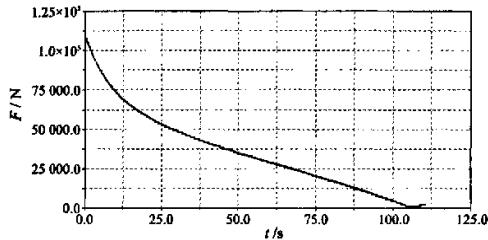


图 3 油缸推力随时间变化

从图 3 可看出翻转阶段的举升力近似为线性变化,最大值在初始状态为  $1.0924 \times 10^5$  N,其后不断减小,到 105 s 左右变为 0。之后套杆和负载的重心转过了转动中心,举升力由压力变为了拉力重新增大,到 112 s 左右翻转完成,传感器停止仿真。

## 2 优化计算

将 A、B、C 3 个设计点的 x、y 坐标分别创建为设计变量,用设计变量代替样机模型中设计点的 x 和 y 坐标值,即可得到  $DV_1 \sim DV_6$ (分别对应于  $Ax$ 、 $Ay$ 、 $Bx$ 、 $By$ 、 $Cx$ 、 $Cy$ )6 个变量,ADAMS 自动设置相对设计变量值的范围为 10%。优化设计就是要对这 6 个变量进行优化,找出举升机构在同等情况下以油缸最大推力最小为优化目标时各设计变量的值。

由图 3 可知,油缸推力在初始时间为最大,故只执行 10 s、50 步动态仿真,ADAMS 首先将各个设计变量的范围平分以确定变量水平值,在设计过程中,ADAMS 对每个设计变量的每一个水平值进行一次仿真分析,对设计变量进行优化设计研究<sup>[3]</sup>,ADAMS 自动生成优化过程中不同实验值下油缸推力 F 随时间 t 的变化曲线(以  $DV_1$  为例,如图 4 所示),同时设计研究报告提供在每一个实验步骤下设计变量的取值对油缸推力影响的敏感度,如表 1 所示。

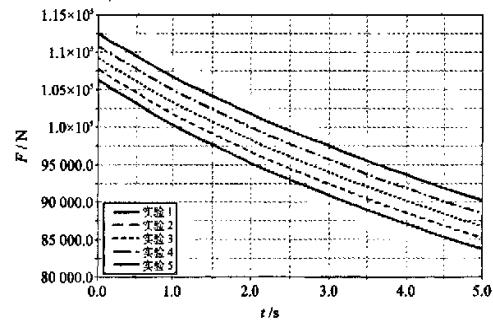
图 4 油缸推力随  $DV_1$  变化曲线

表 1 油缸推力在初始位置的敏感度

设计变量	变量初始值/mm	初始值敏感度/(N/mm)
$DV_1$	0.0	30.846
$DV_2$	0.0	206.63
$DV_3$	2100	34.055
$DV_4$	0.0	139.36
$DV_5$	920.0	-85.488
$DV_6$	300.0	-344.19

从表中可以看出,  $DV_2$  和  $DV_6$  的敏感度最大,则这 2 个变量对举升力的影响最大,即在相同尺寸变化下,设计点 A 和点 C 的 y 方向坐标值对油缸推力的影响最大。

对这 2 个变量再次进行分析,取值范围不变。优化结果如表 2 所示。在  $DV_6 = 297$ ,  $DV_2 = -100$ ,

表2 优化结果

实验次数	油缸推力/N	$DV_1/\text{mm}$	$DV_2/\text{mm}$
0	$1.5249 \times 10^4$	270.0	100.10
1	92716	297.0	-100.00
2	92731	297.0	-99.90

即A、B、C3点坐标分别为(0, -100)、(2100, 0)、(920, 297)时得出举升力的最小值为92716 N。此即为设计点在设计变量范围内优化后的参数取值,如图5所示,而优化前的举升力大小为109240 N,举升力

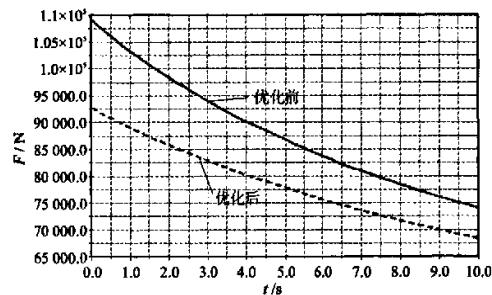


图5 优化前后油缸推力对比

减小15.1%。

### 3 结束语

优化结果表明,采用ADAMS软件的参数化建模与分析功能解决雷达举升机构位置布置的优化问题,较传统编程计算,不需推导相关数学计算公式和编写计算机程序,实用性强,工作量小,其结果形象直观,仿真效果良好,为雷达天线举升机构的设计、优化提供了一种方便实用的分析方法。

### 参考文献:

- [1] 李军,等. ADAMS 实例教程[M]. 北京:北京理工大学出版社,2002: 53-87.
- [2] 马闻,等. 基于ADAMS 的夹紧机构优化设计[J]. 机械制造与自动化,2006,(4): 11-13.
- [3] 王国强,等. 虚拟样机技术及其在ADAMS 上的实践[M]. 西安:西北工业大学出版社,2002: 101-107.

## Optimization Design of Radar Antenna Lift Mechanism With ADAMS

PAN Yu-long, LI Xiao-feng, XU Ping-yong, WAN Qiang

(Department of Electronic Countermeasures, AFRA, Wuhan 430019, China)

**Abstract:** With the help of ADAMS software the virtual model machine of a radar antenna lift mechanism was given using virtual model machine technology. The dynamic simulation and analysis was done, which includes the parameterization of the key points of mechanism, the optimization analysis and the optimization result.

**Key words:** radar; lifting mechanism; optimization design; ADAMS software

### “电子科技文摘”收录我院《学报》2006年第4期论文情况

论 文 题 名	作 者
一种抗“飞点”的UKF算法	黄伟平 徐毓 盖旭刚
基于北斗系统的战场抢修指挥系统设计	姜志敏 郭宜忠 刘健
一种机动与间歇辐射相结合抗ARM的方法	孙山 石尚庆 郑竞华
分布式兵种指挥协同系统关键平台设计	周祖华 李强 崔健
一种基于协方差控制的异步数据融合方法	高嵒 田康生
一种雷达网反隐身雷达开关机模型	徐会法 梁幼鸣 刘维炜
雷达装备采购效能评估方法的研究	王少娟 夏敏学 郭宜忠
基于级联SSA-SOFM神经网络的信号分选方法	程柏林 袁俊泉 马晓岩
$\alpha$ 稳定分布噪声下信号的分数阶协方差谱估计	朱晓波 王首勇
一种提取非线性调频信号脉冲内特征的新方法	陈昌孝 何明浩 朱元清 王鹏
实际采集数据的参数估计及其分布检验分析	敖金刚 鲁千红 蔡春
一种基于滑窗相关的回波包络对齐方法	肖涛 汤子跃 黄强辉
BIT/PLZT/BIT多层铁电薄膜的I-V特性研究	易图林 张颖 谢艳丁
基于DSP的SVPWM控制三相逆变器设计	石磊 陈媛媛 朱忠尼
一种L波段跳频信号源的设计与实现	王新 高玉良
单带环瞬时值控制及其存在的问题分析	龙希 余明友
一种小波树分类和合成编码结合的图像压缩方法	张培珍 黄子俊 管幼东
某型飞机主机检测系统设计与实现	崔建 熊家军 朱慧敏
某型飞机操纵显控台仿真系统设计与实现	郭晔 熊家军
0-1背包问题的一种新的启发式算法	谈群 夏敏学 钱建刚 彭飞
基于MapX 数字高程模型的实现	陈凌 田康生 贾明捷
基于 Web Services 的工作流管理系统研究	李宏涛 彭晓明 王薇 刘智渊

## 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>