



普通高校“十三五”规划教材

虚拟样机技术与ADAMS

应用实例教程（第2版）

郭卫东 李守忠 编著

随书免费提供

“虚拟样机综合设计实例”

电子资料



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高校“十三五”规划教材

虚拟样机技术与 ADAMS

应用实例教程(第2版)

郭卫东 李守忠 编著

北京航空航天大学出版社

ISBN 978-7-302-51010-0, 定价: 39.00元

内 容 简 介

本书以 ADAMS 软件为平台,全面介绍了虚拟样机技术在机构运动学分析、动力学分析和机构设计与仿真中的应用。共分为 9 章,主要内容有:虚拟样机技术概论,虚拟样机建模基础,函数的定义及其应用,柔性体建模及系统振动特性分析,机构的参数化建模与优化设计,虚拟样机的控制设计,机械传动系统设计与仿真分析,及虚拟样机建模中的用户化设计。

本书既可作为高等工科院校机械类、近机类专业本科生和研究生的教材,也可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟样机技术与 ADAMS 应用实例教程 / 郭卫东, 李守忠编著. -- 2 版. -- 北京: 北京航空航天大学出版社, 2018.8

ISBN 978-7-5124-2761-7

I. ①虚… II. ①郭… ②李… III. ①机械工程—计算机仿真—应用软件—高等学校—教材 IV. ①TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 164683 号

版权所有,侵权必究。

虚拟样机技术与 ADAMS 应用实例教程(第 2 版)

郭卫东 李守忠 编著

责任编辑 冯 颖

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316930

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:20.5 字数:525 千字

2018 年 8 月第 2 版 2018 年 8 月第 1 次印刷 印数:2 000 册

ISBN 978-7-5124-2761-7 定价:49.00 元



第2版前言

2008年6月,《虚拟样机技术与ADAMS应用实例教程》第1版正式出版发行。本书的编写思路是以虚拟样机技术的应用为出发点,以虚拟样机创建和开发软件ADAMS为平台,在介绍虚拟样机基础理论的基础上,全面阐述虚拟样机的创建和仿真的主要技术,从虚拟样机建模的基础知识开始,到重要函数的定义及应用,再到机械系统的有关设计与分析,到最后的用户化设计等,内容全面、详实。在叙述方法上,不是枯燥地介绍ADAMS的各种操作命令的格式和使用方法,而是从实用出发,以各个设计实例为主线,由浅入深地逐步引导读者通过具体操作过程来掌握ADAMS软件的基本建模、仿真和分析方法。由问题出发,有针对性地应用虚拟样机技术解决实际问题,使读者在使用此书的过程中,保持明确的目标和清晰的思路。在编写方法上,此书将图形和文字结合起来,以便于读者的学习和使用,文字前的标号与图形中的标号相互对应,可读性更强。

由于本书第1版具有详实的内容和鲜明的编写特点,自出版以来,一直受到广大读者的普遍欢迎,并于2011年被评为“北京市精品教材”。但在过去的十年中,ADAMS软件已经由2005版本升级到了2017版本,不但软件的界面风格由以前的Classic(经典)型变成了现在默认的Default(流行)型,而且功能和内容也有所增加,从而使得机械系统的虚拟样机创建更方便、仿真分析功能更强大。基于这些原因,并应读者的要求,作者重新编写了本书。

此次改版在保留第1版部分内容的基础上,也在编排顺序和叙述风格上进行了一定的调整和改进,以使其内容更系统连贯并更易于阅读。另外,第2版还增加了一些新内容,例如机械设计模块(ADAMS/Machinery)及柔性体的刚柔替换设计等等。

此次改版仍以设计实例为主线,由浅入深地一步步引导读者通过具体操作过程来掌握基于ADAMS 2017软件的虚拟样机技术的基本建模、仿真和分析方法。内容涉及虚拟样机建模基础、函数定义及应用、机构设计、控制系统设计、柔性体建模、参数化建模、优化设计与分析、机械系统设计、用户化设计等内容。

本书是作者结合多年的科研实践以及本科生与研究生的相关教学经验编写而成的。作者在编写过程中参考了来自美国MSC Software公司的一些实例,以及部分参考文献中的实例,在此一并致谢。

由于作者水平有限,书中错误之处在所难免,还请广大读者给予批评指正。

郭卫东 李守忠

2018年5月于北京航空航天大学

第 1 版前言

虚拟样机技术(Virtual Prototyping Technology)是当前设计制造领域的一项新技术,其应用涉及汽车制造、工程机械、航空航天、造船、航海、机械电子、通用机械等众多领域。虚拟样机技术的应用贯穿于整个设计过程,它可以用在概念设计和方案论证中,设计者可以把自己的经验与想象结合在虚拟样机里,让想象力和创造力得到充分地发挥。用虚拟样机替代物理样机,不但可以缩短开发周期,而且设计效率也得到了很大的提高。

本书以美国 MSC 公司的机械系统动力学分析软件 ADAMS 为平台,以设计实例为主线,从最基础的入门开始,介绍虚拟样机技术在机械产品设计与分析中的应用。

本书的特点是不泛泛介绍 ADAMS 的各种操作和命令,而是从实用出发,以设计实例为主线,由浅入深地一步步引导读者通过具体操作过程来掌握 ADAMS 软件的基本建模、仿真和分析方法。其内容涉及 ADAMS 的虚拟样机建模基础、函数定义及应用、机构设计、控制系统设计、柔性体建模、参数化建模、优化设计与分析、用户化设计等内容。

本书非常便于读者自学,跟着书中的实例进行操作,即可使读者熟练掌握 ADAMS 的基本操作,并在自己的设计分析任务中灵活运用。

本书是作者结合自己多年的科研实践以及教授本科生与研究生相关课程的一线教学经验编写而成的。

希望广大读者对书中的问题给予批评指正。

郭卫东

2007 年 11 月于北京航空航天大学

目 录

第 1 章 虚拟样机技术概论	1
1.1 机械产品设计的主要过程	1
1.2 虚拟样机技术的基本概念	2
1.3 虚拟样机技术的应用及其特点	3
1.4 虚拟样机技术应用软件	4
1.5 ADAMS 软件简介	4
1.5.1 前处理模块 ADAMS/View	4
1.5.2 CAD 接口模块 ADAMS/Exchange	5
1.5.3 后处理模块 ADAMS/PostProcessor	5
1.5.4 求解器模块 ADAMS/Solver	6
1.5.5 线性化求解模块 ADAMS/Linear	7
1.5.6 优化/试验分析模块 ADAMS/Insight	7
1.5.7 刚柔耦合分析模块 ADAMS/Flex	7
1.5.8 耐久性模块 ADAMS/Durability	8
1.5.9 控制模块 ADAMS/Controls	9
1.5.10 机电一体化模块 ADAMS/Mechatronics	9
1.5.11 振动分析模块 ADAMS/Vibration	9
1.5.12 自动的柔性体生成模块 ADAMS/ViewFlex	10
1.5.13 直接的 CAD 数据接口模块 ADAMS/Translators	11
1.5.14 汽车包 ADAMS/Car	11
1.5.15 机械包 ADAMS/Machinery	12
思考题与习题	12
第 2 章 虚拟样机建模基础	13
2.1 机构的运动学仿真与分析	13
2.1.1 启动 ADAMS 并设置工作环境	13
2.1.2 创建机构模型	16
2.1.3 保存模型	25
2.1.4 仿真与测试	25
2.1.5 机构的装配法建模	38
2.2 机构的动力学仿真与分析	42
2.2.1 启动 ADAMS 并设置工作环境	42
2.2.2 创建虚拟样机模型	43

2.2.3	仿真与测试	52
2.3	行星轮系建模与仿真	55
2.3.1	启动 ADAMS 并设置工作环境	55
2.3.2	创建虚拟样机模型	57
2.3.3	仿真与测试	65
2.3.4	实体模型的导入	67
2.4	凸轮机构建模与仿真	73
2.4.1	启动 ADAMS 并设置工作环境	73
2.4.2	创建虚拟样机模型	75
2.4.3	仿真与测试	81
	思考题与习题	85
第 3 章	函数的定义及其应用	87
3.1	基本函数的定义及其应用	87
3.1.1	启动 ADAMS 并设置工作环境	87
3.1.2	创建虚拟样机模型	87
3.1.3	仿真与测量模型	93
3.2	IF 函数的定义及其应用	95
3.2.1	启动 ADAMS 并设置工作环境	96
3.2.2	创建虚拟样机模型	97
3.2.3	设计凸轮	101
3.2.4	凸轮曲线的数据	105
3.2.5	仿真与测量	106
3.3	STEP 函数的定义及其应用	109
3.3.1	启动 ADAMS 并设置工作环境	109
3.3.2	创建虚拟样机模型	109
3.3.3	仿真与测量模型	114
3.4	SPLINE 函数的定义及其应用	116
3.4.1	启动 ADAMS 并设置工作环境	117
3.4.2	创建虚拟样机模型	117
3.4.3	仿真与测量模型	126
3.5	DIFF 函数的定义及其应用	131
3.5.1	启动 ADAMS 并设置工作环境	132
3.5.2	创建虚拟样机模型	133
3.5.3	仿真与测量模型	138
	思考题与习题	140
第 4 章	柔性体建模及系统振动特性分析	143
4.1	非连续柔性体建模	143

4.1.1	创建虚拟样机模型	143
4.1.2	仿真与测试模型	146
4.2	刚体转换成柔性体方式建模	150
4.2.1	创建虚拟样机模型	150
4.2.2	仿真与测试模型	152
4.3	ADAMS/Flex 柔性分析模块	154
4.3.1	创建柔性连杆 mnf 文件	154
4.3.2	创建虚拟样机模型	158
4.3.3	仿真与测试模型	160
4.4	ADAMS/Line 分析模块	161
4.4.1	打开机构模型文件	161
4.4.2	创建仿真描述	161
4.4.3	仿真模型	163
4.4.4	机械系统振动特性分析	164
	思考题与习题	165
第 5 章	机构的参数化建模与优化设计	166
5.1	机构的参数化建模	166
5.1.1	启动 ADAMS 并设置工作环境	166
5.1.2	创建虚拟样机模型	166
5.1.3	更改设计变量的数值	174
5.1.4	仿真与测试	175
5.2	设计变量研究	177
5.2.1	启动 ADAMS 并打开模型	177
5.2.2	设计变量的影响度分析	178
5.3	试验设计	181
5.4	机构优化设计	183
5.4.1	创建测量函数	184
5.4.2	创建约束函数	185
5.4.3	优化计算	186
	思考题与习题	189
第 6 章	虚拟样机的控制设计	190
6.1	传感器的创建与应用	190
6.1.1	启动 ADAMS 并设置工作环境	190
6.1.2	创建虚拟样机模型	191
6.1.3	仿真与测试模型	195
6.1.4	创建传感器	196
6.2	仿真过程描述(Simulation Script)设计	198

6.2.1	启动 ADAMS 并设置工作环境	199
6.2.2	创建虚拟样机模型	200
6.2.3	创建传感器	202
6.2.4	仿真过程描述的设计	203
6.2.5	仿真过程描述的执行	207
6.3	ADAMS/Control 模块的应用	209
6.3.1	概述	209
6.3.2	设计任务	211
6.3.3	启动 ADAMS/Controls	212
6.3.4	导入模型	212
6.3.5	输入/输出的设置	215
6.3.6	创建控制系统	222
6.3.7	系统仿真	226
	思考题与习题	230
第 7 章	机械传动系统设计与仿真分析	232
7.1	ADAMS/Machinery 模块简介	232
7.1.1	ADAMS/Machinery 模块的应用特点	232
7.1.2	ADAMS/Machinery 模块解决的问题	232
7.2	齿轮传动	233
7.2.1	启动 ADAMS 并设置工作环境	233
7.2.2	虚拟样机模型的创建	233
7.2.3	模型仿真与分析	237
7.3	带传动	240
7.3.1	启动 ADAMS 并设置工作环境	241
7.3.2	创建传动轴	241
7.3.3	创建带轮组	241
7.3.4	创建带	251
7.3.5	模型仿真与分析	257
7.4	链传动	259
7.4.1	启动 ADAMS 并设置工作环境	259
7.4.2	创建传动轴	259
7.4.3	创建链轮组	259
7.4.4	创建链条	268
7.4.5	模型仿真与分析	274
7.5	轴承	276
7.5.1	打开模型文件	276
7.5.2	创建轴承	277
7.5.3	轴承特征的输出设置	281

7.5.4 模型仿真及分析	281
7.6 绳索传动	285
7.6.1 启动 ADAMS 并设置工作环境	285
7.6.2 滑轮传动模型的创建	285
7.6.3 滑轮传动模型的完善	290
7.6.4 模型仿真与分析	292
7.7 电动机驱动	294
7.7.1 打开模型文件	294
7.7.2 电动机的创建	295
7.7.3 模型仿真与分析	299
思考题与习题	301
第 8 章 虚拟样机建模中的用户化设计	303
8.1 定制用户对话框	303
8.1.1 打开机构模型文件	303
8.1.2 创建用户对话框	304
8.1.3 测试用户对话框	311
8.1.4 输出对话框文件	312
8.2 定制用户菜单	312
8.2.1 打开机构模型文件	313
8.2.2 创建用户菜单	313
8.2.3 执行用户菜单	315
8.2.4 输出用户菜单	315
思考题与习题	316
参考文献	318

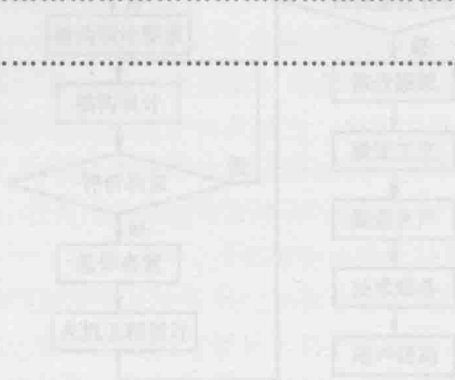


图 1-1 虚拟样机开发流程图

设计过程从市场调研开始,在确定设计任务、明确设计要求的背景下,进入概念系统方案设计,在完成结构设计、获得零件图的基础上,开始进行样机制造与测试,对整个系统进行评价评价。

在样机制造测试过程中,设计者不断利用物理模型、根据设计新科技水平不断进行改进,虚拟样机技术得到了迅速的发展,它得到了广泛的应用。

第 1 章 虚拟样机技术概论

虚拟样机技术(Virtual Prototyping Technology)是当前设计制造领域的一项新技术,它利用计算机软件建立机械系统的三维实体模型和运动学及动力学模型,分析和评估机械系统的性能,从而为机械产品的设计和制造提供依据。

1.1 机械产品设计的主要过程

机械产品设计的主要过程如图 1-1 所示。

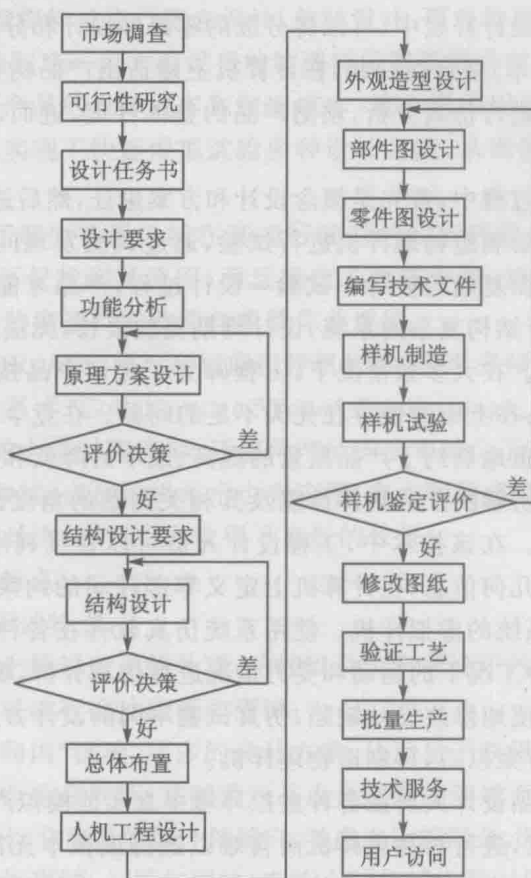


图 1-1 机械产品设计过程

设计过程从市场调查开始,在确定设计任务、明确设计要求的前提下,进入机械系统运动方案设计。在完成结构设计,获得零件图的基础上,开始样机制造和样机试验,对整个机械系统进行样机评价。

在样机制造和试验过程中,以往主要是采用物理样机。但随着计算机技术水平的不断提高,虚拟样机技术得到了迅速的发展,也得到了广泛的应用。

1.2 虚拟样机技术的基本概念

虚拟样机技术是一种基于产品计算机仿真模型的数字化设计方法,这些数字模型即虚拟样机(VP)支持并行工程方法学。虚拟样机技术涉及多体系统运动学与动力学建模理论及其技术实现,是基于先进的建模技术、多领域仿真技术、信息管理技术、交互式用户界面技术和虚拟现实技术的综合应用技术。虚拟样机技术是在 CAX(如 CAD、CAM、CAE 等)/DFX(如 DFA、DFM 等)技术基础上的发展,它进一步融合信息技术、先进制造技术和先进仿真技术,将这些技术应用于复杂系统全生命周期、全系统,并对它们进行综合管理。从系统层面来分析复杂系统,支持“由上至下”的复杂系统开发模式。利用虚拟样机代替物理样机对产品进行创新设计、测试和评估,能够缩短开发周期,降低成本,改进产品设计质量,提高面向客户与市场需求的能力。

虚拟样机技术在产品设计开发中,可以将分散的零部件设计和分析技术(指在某一系统中零部件的 CAD 和 FEA 技术)糅合在一起,在计算机上建造出产品的整体模型,并针对该产品在投入使用后的各种工况进行仿真分析,预测产品的整体性能,进而改进产品设计,提高产品性能。

在传统的设计与制造过程中,首先是概念设计和方案论证,然后进行产品设计。在设计完成后,为了验证设计,通常要制造物理样机进行试验,通过试验发现问题,再回头修改设计,进行样机验证。只有通过周而复始的设计—试验—设计过程,产品才能达到所要求的性能。这一过程是较长的,尤其对于结构复杂的系统,设计周期更加漫长,无法适应市场的变化,并且物理样机的制造增加了成本。在大多数情况下,工程师为了保证产品按时投放市场而中断物理样机试验这一过程,使产品在上市时便存在先天不足的问题。在竞争的市场背景下,基于物理样机上的设计验证规程严重地制约了产品质量的提高、成本的降低和对市场的占有。

虚拟样机技术是从分析解决产品整体性能及其相关问题的角度出发,解决传统的设计与制造过程弊端的高新技术。在该技术中,工程设计人员可以直接利用 CAD 系统所提供的各种零部件的物理信息及其几何信息,在计算机上定义零部件间的约束关系并对机械系统进行虚拟装配,从而获得机械系统的虚拟样机。使用系统仿真软件在各种虚拟环境中真实地模拟系统的运动,并对其在各种工况下的运动和受力情况进行仿真分析,观测并试验各组成部分的相互运动情况。它可以方便地修改设计缺陷,仿真试验不同的设计方案,对整个系统进行不断改进,直到获得最优设计方案以后,再制造物理样机。

虚拟样机技术可使产品设计人员在各种虚拟环境中真实地模拟产品整体的运动及受力情况,快速分析多种设计方案,进行对物理样机而言难以进行或根本无法进行的试验,直到获得系统的最佳设计方案为止。虚拟样机技术的应用贯穿于整个设计过程,它可以用在概念设计和方案论证中,设计者可以把自己的经验与想象结合在虚拟样机里,让想象力和创造力得到充分发挥。用虚拟样机替代物理样机验证设计时,不但可以缩短开发周期,而且设计效率也得到大幅提高。

1.3 虚拟样机技术的应用及其特点

1. 虚拟样机技术的应用

目前,虚拟样机技术得到了广泛的应用,涉及汽车制造、工程机械、航空航天、造船、航海、机械电子、通用机械等众多领域。

美国波音飞机公司的波音 777 飞机是世界上首架以无图纸方式研发并制造的飞机,其设计、装配、性能评价及分析均采用了虚拟样机技术。这不但使研发周期大大缩短(其中制造周期缩短 50%),使研发成本大大降低(如减少设计更改费用 94%),而且确保了最终产品一次接装成功。

通用动力公司 1997 年建成了第一个全数字化机车虚拟样机,并行地进行产品的设计、分析、制造及夹具、模具工装设计和可维修性设计。

日产汽车公司利用虚拟样机进行概念设计、包装设计、覆盖件设计、整车仿真设计等。

Caterpillar 公司以前制造一台大型设备的物理样机需要数月时间,并耗资数百万美元;为提高竞争力,大幅度降低产品的设计成本和制造成本,该公司采用了虚拟样机技术,从根本上改进了设计和试验步骤,实现了快速虚拟试验多种设计方案,从而使其产品成本低,性能却更加优越。

John Deere 公司为了解决工程机械在高速行驶时的蛇行现象及在重载下的自激振动问题,利用虚拟样机技术,不仅找到了原因,而且提出了改进方案,并且在虚拟样机上得到了验证,从而大大提高了产品的高速行驶性能与重载作业性能。

美国海军的 NAVAIR/APL 项目利用虚拟样机技术,实现多领域多学科的设计并行和协同,形成了协同虚拟样机技术(Collaborative Virtual Prototyping)。他们研究发现,协同虚拟样机技术不仅使得产品的上市时间缩短,还使得产品的成本减少了至少 20%。

在我国的农业机械领域,虚拟样机技术也有应用,有人利用虚拟样机技术来设计甘蔗收获机,实现了产品和产品设计方法的创新,取得了良好的效果。

2. 虚拟样机技术的特点

虚拟样机技术具有下述特点:

- 强调在系统层次上模拟产品的外观、功能以及特定环境下的行为;
- 可以辅助物理样机进行设计验证和测试;
- 可以在相同的时间内“试验”更多的设计方案,从而易于获得最优设计方案;
- 用于产品开发的全生命周期,并随着产品生命周期的演进而不断丰富和完善;
- 与常规的仿真实相比,它涉及的设计领域广,考虑也比较周全,因而可以提高产品的质量;
- 支持产品的全方位测试、分析与评估,支持不同领域人员对同一虚拟产品并行地测试、分析与评估;
- 可以减少产品开发过程中所需的时间,使产品尽快上市;
- 可以减少产品开发后期的设计更改,进而使得整个产品的开发周期最小化;
- 减少了设计费用。

虚拟样机技术在改善产品开发模式上面具有很大的潜力。尽管虚拟样机技术在现阶段有一些局限性,但其应用前景是好的。

1.4 虚拟样机技术应用软件

虚拟样机技术在工程中的应用是通过界面友好、功能强大、性能稳定的商业化虚拟样机软件实现的。国外虚拟样机相关技术软件的商业化过程已经完成,目前有二十多家公司在这个日益增长的市场上竞争。

比较有影响的有美国 MSC 公司的 ADAMS、比利时 LMS 公司的 DADS 以及德国航天局的 SIMPACK。其中美国 MSC 公司的 ADAMS 占据了市场的 50% 以上。其他的软件还有 Working Model、Folw3D、IDEAS、Phoenix、ANSYS、Pamcrash 等。由于机械系统仿真提供的分析技术能够满足真实系统并行工程设计要求,通过建立机械系统的模拟样机,使得在物理样机建造前便可分析出它们的工作性能,因而其应用日益受到国内外机械领域的重视。

本书采用美国 MSC 公司的 ADAMS 软件作为虚拟样机设计的平台。

1.5 ADAMS 软件简介

1977 年,美国密西根大学的 ADAMS 代码开发研究人员发起成立了 Mechanical Dynamics Incorporated(MDI)公司,从此世界上出现了一款机械系统自动化动力学仿真分析软件 ADAMS。

最开始 ADAMS 软件只有 ADAMS/Sovler,用来解算非线性的方程组。使用者需要以文本方式建立模型提交给 ADAMS/Sovler 进行求解,使用很不方便。为了便于用户的使用,也为了便于软件的推广使用,在 20 世纪 90 年代初,ADAMS/View 发布,用户可以在统一的环境下建立机械系统的模型、仿真模型和分析检查结果。现在已经发布了一些用于不同行业的产品,例如 ADAMS/Car、ADAMS/Rail、ADAMS/Engine 等模块。

1995 年 ADAMS 软件进入中国,开始在北京航空航天大学、清华大学等高校使用,随后不断扩展到国内的科研院所。

2002 年 MSC Software 公司以 1.2 亿美元收购了 MDI 公司。

随着 ADAMS 软件内容的不断完善和更新,其版本也不断地变更,由最初的 ADAMS 8.0、到后来的 ADAMS 9.1、ADAMS 10.0、ADAMS 12.0、ADAMS 2003、ADAMS 2005、ADAMS 2007、ADAMS 2010、ADAMS 2012、ADAMS 2013、ADAMS 2015、ADAMS 2016、ADAMS 2017。

本教程是以 ADAMS 2017 为应用平台进行机构或机械系统实例的建模与仿真分析。

下面简要介绍 ADAMS 的常用模块。

1.5.1 前处理模块 ADAMS/View

前处理模块 ADAMS/View 是使用 ADAMS 软件建立机械系统功能化数字样机的可视化前处理环境,可以很方便地采用人机交互的方式建立模型中的相关对象,如定义运动部件、定义部件之间的约束关系或力的连接关系、施加强制驱动或外部载荷激励。

ADAMS/View 支持多窗口显示,最多可达 6 个,每一窗口显示不同的视图或结果;具有模型校验工具,有助于快速查找模型中存在的明显的建模问题;具有多种文件输入/输出功能

(模型及仿真结果文件、几何外形文件、试验数据、表格输出等);能输出为有限元分析、物理试验及疲劳分析等直接使用的文件;通过把试验结果导入 ADAMS/View,实现试验与仿真结果的综合比对,完成虚拟样机的置信度检验。

ADAMS/View 提供快速建立参数化模型的能力,便于改进设计;具有方便实用的试验研究策略:单变量、多变量试验设计研究及优化分析功能;ADAMS/View 提供二次开发功能,可以重新定制界面(包括功能操作区、菜单、图标等),便于实现设计流程自动化或满足用户的个性化需求,以提高仿真效率。

利用 ADAMS/View 的内嵌式集成 ADAMS/Solver 解算的功能,用户可以直接进行仿真,并且在仿真过程中直接观察机械系统的运动情况以及用户关注的重要数据量随时间的变化情况,如图 1-2 所示。

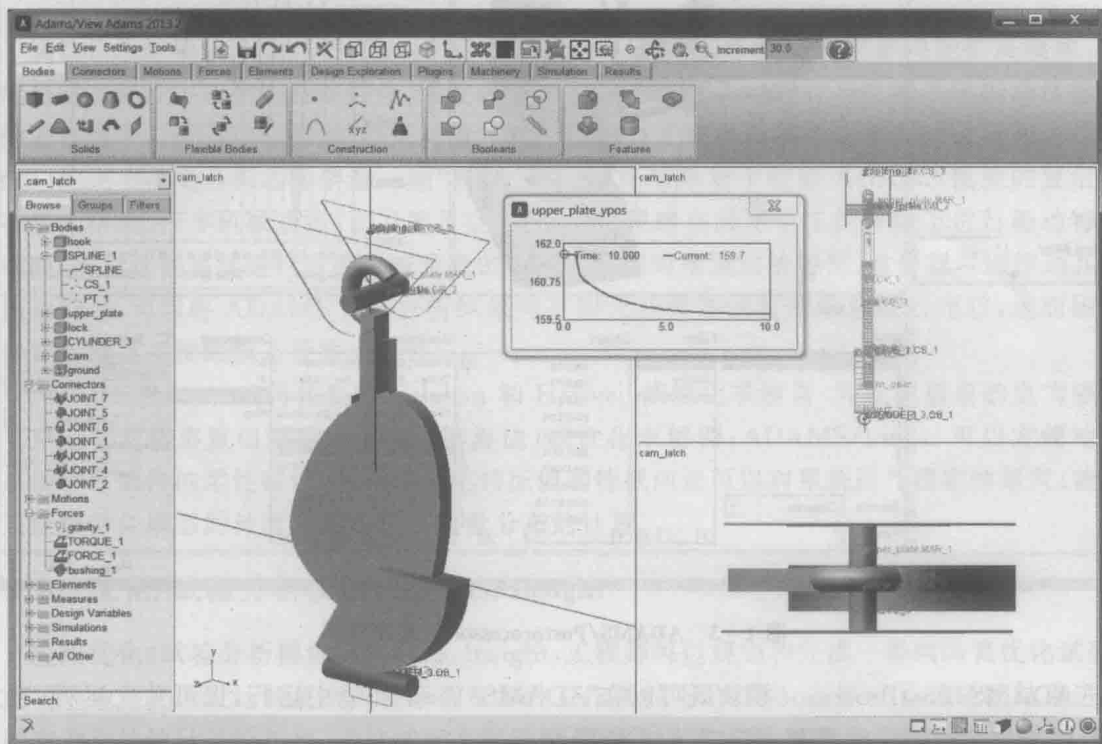


图 1-2 ADAMS/View 中仿真模型

1.5.2 CAD 接口模块 ADAMS/Exchange

CAD 接口模块 ADAMS/Exchange 为 ADAMS 与其他 CAD/CAM/CAE 软件之间的几何数据交换提供了工业标准的接口。通过 ADAMS/Exchange,用户可以将所有来源于产品数据交换库(PDE/Lib)的标准格式的几何外形进行双向数据传输。标准格式包括 IGES、STEP、DWG/DXF、ParaSolid 等。

1.5.3 后处理模块 ADAMS/PostProcessor

后处理模块 ADAMS/PostProcessor 是显示 ADAMS 仿真结果的可视化图形界面。界面除了主窗口外,还有一个树形目录窗口、一个属性编辑窗口和一个数据选取窗口。

后处理的结果既可以显示为动画,也可以显示为数据曲线,还可以显示报告文档。主窗口可同时显示仿真的结果动画以及数据曲线(如图 1-3 所示),可方便地叠加显示多次仿真的结果以便于比较。可以一个页面显示一条数据曲线,也可以在同一页面内显示最多六个分窗口的数据曲线。

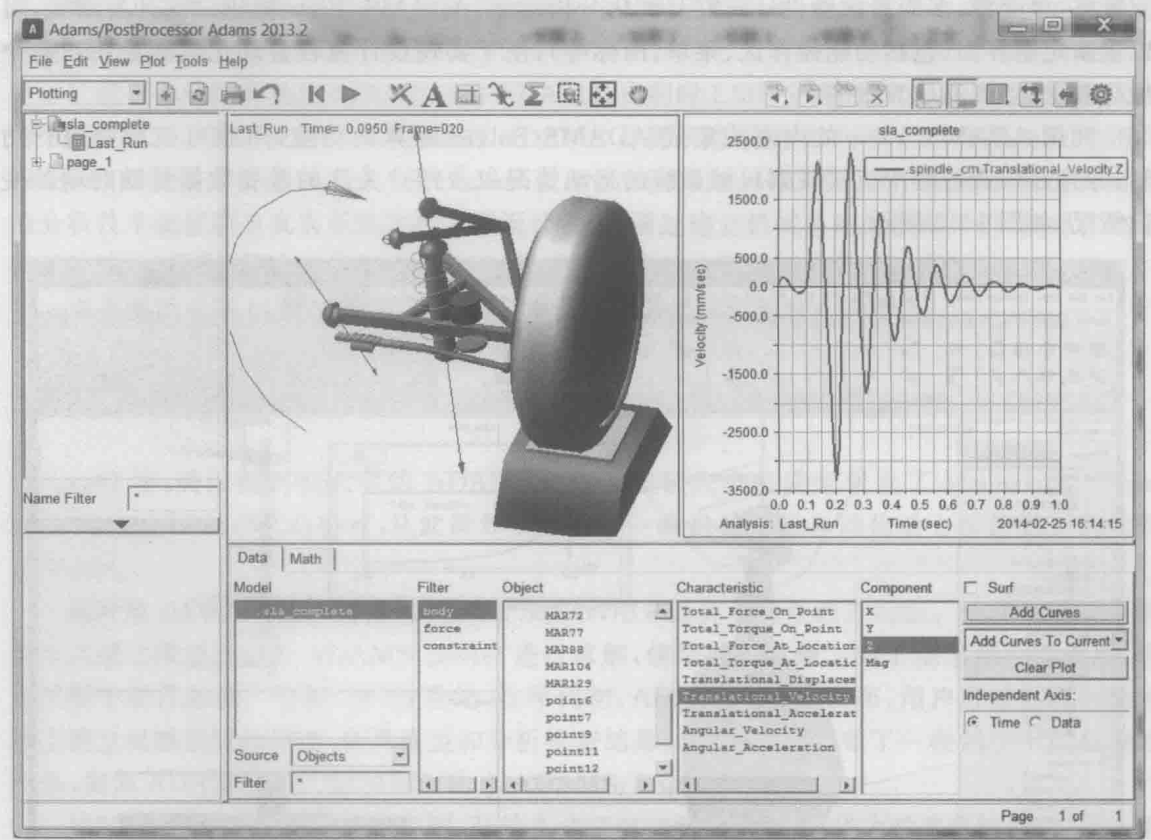


图 1-3 ADAMS/Postprocessor 后处理界面

ADAMS/PostProcessor 模块既可以在 ADAMS/View 环境中运行,也可独立运行,独立运行时能加快软件启动速度,同时节约系统资源。

1.5.4 求解器模块 ADAMS/Solver

求解器模块 ADAMS/Solver 是 ADAMS 的求解器,包括稳定可靠的 Fortran 求解器和功能更为强大、丰富的 C++ 求解器。该模块既可以集成在 ADAMS 前处理模块下使用,也可以外部直接调用;既可以进行交互方式的解算过程,也可以进行批处理方式的解算过程。求解器导入模型后自动校验模型,再进行初始条件分析,然后进行后续的各种解算过程。ADAMS/Solver 独特的调试功能,可以输出求解器解算过程中重要数据量的变化,方便用户理解、探索模型中的深层次关系。

ADAMS/Solver 借助空间笛卡儿坐标系及欧拉角描述空间刚体的运动状态,使用 Euler-Lagrange 方程自动形成系统的运动学或动力学方程;采用牛顿-拉夫森迭代算法求解模型,包含多种显式、隐式积分算法,如刚性积分方法(Gear's 和 Modified Gear's)、非刚性积分方法

(Runge-Kutta 和 ABAM)、固定步长方法(Constant_BDF)以及二阶 HHT 和 NewMark 等积分方法;具有多种积分修正方法,如 3 阶指数法、稳定 2 阶指数法和稳定 1 阶指数法;支持柔性体-刚性体、柔性体-柔性体接触碰撞的支持,柔性体可以是 3D 实体单元或 2D 壳单元;支持原生几何外形,如球体、椭球体、圆柱体、长方体等直接进行碰撞载荷的计算,该方法借助简单几何形状特征尺寸的优势,采用侦测接触碰撞的分析方法进行渗入体积和接触碰撞力的计算,以提高计算的精度并缩短计算时间。

ADAMS/Solver 能进行静力学、准静力学、运动学和非线性瞬态动力学的求解,并支持用户自定义的 Fortran 或 C++ 子程序。ADAMS/Solver 提供大量的求解参数选项供用户进一步调试求解器,以改进求解的效率和精度。

1.5.5 线性化求解模块 ADAMS/Linear

线性化求解模块 ADAMS/Linear 模块是 ADAMS 求解器的一个重要功能扩展模块,其功能是对非线性方程组进行线性化,线性化后的方程组可以用来进行与机械系统振动性能相关的固有频率(特征值)和振型(特征矢量)的计算,相当于在大位移的时域范畴分析和小位移(变形)的频率范畴分析之间架起一座“桥梁”。其计算结果对于校验 ADAMS 模型的置信度也有很大帮助,很多机械系统(如卫星及空间探测器)很难在其正常工作环境下进行振动特性的试验,但对这些系统进行有限元或常规的模式试验相对来说比较容易,这样就可以得到其固有振动特性,可以将 ADAMS 频域分析结果与有限元或模式试验的结果进行比较,进而研究在特定环境下系统的模式及振动特性。

ADAMS/Linear 支持传统的 Calahan 和 Harwell 线性化求解器,并提供最新的更为强大的 UMF(非对称多重切面稀疏矩阵求解算法)线性化求解器;ADAMS/Linear 可以方便地考虑系统中零部件的柔性特性;利用求得特征值和特征向量可以对系统进行稳定性研究;能进行系统级特征模式的计算和每阶模式能量分布的计算。

1.5.6 优化/试验分析模块 ADAMS/Insight

应用优化/试验分析模块 ADAMS/Insight,工程师可以规划和完成一系列仿真优化试验,从而精确地预测所设计的复杂机械系统在各种工作条件下的性能,并提供了对试验结果进行各种专业化的统计分析工具,通过试验方案设计,更好地理解 and 掌握复杂机械系统的性能。利用 ADAMS/Insight,可以有效地区分关键参数和非关键参数,观察参数对产品性能的影响,帮助工程师更好地了解产品的性能。在产品制造出来之前,可以综合考虑各种制造因素的影响(例如:配合公差、装配误差、加工精度等),大幅提高产品的可靠性能。

ADAMS/Insight 是一个选装模块,既可以在 ADAMS/View、ADAMS/Car 环境下运行,也可以脱离 ADAMS 前处理环境单独运行。

1.5.7 刚柔耦合分析模块 ADAMS/Flex

刚柔耦合分析模块 ADAMS/Flex 使工程师们能够研究在整个机械系统中部件的柔性变形的作用和影响,如图 1-4 所示。

ADAMS/Flex 支持从 NASTRAN、MARC、ABAQUS、ANSYS、I-DEAS 等专业有限元分析软件导出的模式中性文件(MNF 文件),具有多种设置每阶模式的阻尼系数的方法,用户