

精通

2005/2007

虚拟样机技术

三维书屋工作室

陈德民 槐创锋 张克涛 等编著



>>>> 附赠1CD



化学工业出版社

精通

TH-39
C394

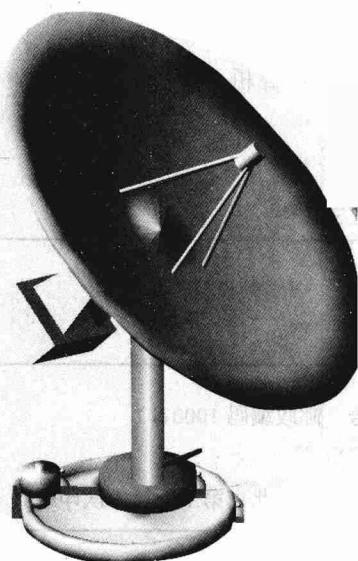
ADAMS

2005/2007

虚拟样机技术

三维书屋工作室

陈德民 槐创锋 张克涛 等编著



TH-39
C394



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以最新版的 ADAMS 2007 为平台,系统地介绍了 ADAMS 2007 的各种基本功能和机械工程开发中各种常用的专业模块。全书分为两篇,第一篇为基础知识篇,主要介绍 ADAMS 2007 的基本功能和简单建模与仿真实例,包括 ADAMS/View 基础、创建刚体模型、约束模型构件、施加载荷、仿真计算与结果处理、创建柔性体、参数化设计与优化分析、宏应用与自定义界面等;第二篇为专业模块篇,主要介绍了 ADAMS 的 7 大专业模块,内容包括 ADAMS/View 和 ADAMS/Car 控制仿真分析、ADAMS/Rail 铁道机车基础及分析与设置、ADAMS/Insight 试验优化设计、ADAMS/Hydraulics 液压传动分析、ADAMS/Vibration 振动仿真分析、汽车整车系统仿真分析、ADAMS/Engine 发动机仿真分析。

由于 ADAMS 2007 不再包含 ADAMS/Rail 模块,为兼顾不同用户的需求,在使用 ADAMS/Rail 模块时,采用 ADAMS 2005 版本。

本书适用于大中专院校相关专业学生作为自学辅导教材,也适用于机械设计、汽车设计、航天设计等相关科研院所研究人员作为科研参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

精通 ADAMS 2005/2007 虚拟样机技术 / 陈德民, 槐创锋,
张克涛等编著. —北京: 化学工业出版社, 2010.2
ISBN 978-7-122-07314-3
ISBN 978-7-89472-214-0 (光盘)

I. 精… II. ①陈…②槐…③张… III. 机械工程-计算机
仿真-应用软件, ADAMS 2005/2007 IV. TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 226169 号

责任编辑: 瞿 微 李 萃
责任校对: 宋 玮

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 28¹/₄ 字数 704 千字 2010 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 56.00 元 (含 1CD-ROM)

版权所有 违者必究

前 言

随着计算机技术的日臻成熟,在对机械系统进行分析时,出现了虚拟样机技术。虚拟样机技术(Virtual Prototyping Technology, 又译虚拟模型技术)是一项新生的工程技术。它采用计算机仿真与虚拟技术,在计算机上通过 CAD/CAM/CAE 等技术把产品的资料集成到一个可视化的环境中,实现产品的仿真、分析。虚拟样机技术在设计的初级阶段就可以对整个系统进行完整的分析,可以观察并试验各组成部件的相互运动情况。使用系统仿真软件可以在各种虚拟环境中真实地模拟系统的运动,在计算机上方便地修改设计缺陷,仿真实验不同的设计方案,对整个系统不断改进,直至获得最优设计方案以后,再做出物理样机。

ADAMS (Automatic Dynamic Analysis of Mechanical System) 软件,是由美国机械动力公司 (Mechanical Dynamics Inc.) 开发的优秀的机械系统动态仿真软件,是具有权威性和广泛使用范围的机械系统动力学分析软件。ADAMS 软件广泛应用于航空航天、汽车工程、铁路车辆及装备、工业机械、工程机械等领域。国外的一些著名大学也已开设了介绍 ADAMS 软件的课程,将三维 CAD 软件、有限元软件和虚拟样机软件作为机械专业学生必须了解的软件。一方面,ADAMS 是机械系统动态仿真软件的应用软件,用户可以运用该软件非常方便地对虚拟样机进行静力学、运动学和动力学分析;另一方面,ADAMS 又是机械系统动态仿真分析开发工具,其开放性的程序结构和多种接口,可以成为特殊行业用户进行特殊类型机械系统动态仿真分析的二次开发工具。ADAMS 与先进的 CAD 软件 (UG, Pro/ENGINEER) 和 CAE 软件 (ANSYS) 可以通过计算机图形交换格式文件相互交换以保持数据的一致性。ADAMS 软件支持并行工程环境,节省大量的时间和经费。利用 ADAMS 软件建立参数化模型可以进行设计研究、试验设计和优化分析,为系统参数优化提供了一种高效开发工具。

本书以最新版的 ADAMS 2007 为平台,系统地介绍了 ADAMS 2007 的各种基本功能和机械工程开发中各种常用的专业模块。全书分为两篇,第一篇为基础知识篇,主要介绍 ADAMS 2007 的基本功能和简单建模与仿真实例,包括 ADAMS/View 基础、创建刚体模型、约束模型构件、施加载荷、仿真计算与结果处理、创建柔性体、参数化设计与优化分析、宏应用与自定义界面等;第二篇为专业模块篇,主要介绍了 ADAMS 的 7 大专业模块,内容包括 ADAMS/View 和 ADAMS/Car 控制仿真分析、ADAMS/Rail 铁道机车基础及分析与设置、ADAMS/Insight 试验优化设计、ADAMS/Hydraulics 液压传动分析、ADAMS/Vibration 振动仿真分析、汽车整车系统仿真分析、ADAMS/Engine 发动机仿真分析。

由于 ADAMS 属于较难掌握的高端 CAE 软件,所以编者专门随书配备了多媒体学习光盘,包括全书实例源文件和所有实例的操作过程动画文件,可以帮助读者更加形象直观地学习本书内容。

本书由三维书屋工作室策划,主要由装甲兵工程学院的陈德民博士后和北京交通大学的槐创锋博士、张克涛博士编写,同时参加编写和整理工作的还有胡仁喜、王义发、谷德桥、

张俊生、阳平华、周冰、董伟、王兵学、王渊峰、郑长松、王敏、王艳池、李瑞、周广芬、李鹏、陈丽芹、王玉秋、李世强、王佩楷、袁涛、王培合、刘昌丽、康士廷、熊慧、张日晶、路纯红等。

由于编者时间和水平有限，本书难免存在不妥之处，竭诚欢迎广大读者发邮件到编者信箱 win760520@126.com 对本书提出批评和建议，以便做进一步的修改和补充。

编 者

2009 年 11 月

目 录

第一篇 基础知识篇

第 1 章 ADAMS/View 基础.....	2
1.1 计算机辅助工程 (CAE) 概述.....	2
1.1.1 计算机辅助分析技术.....	2
1.1.2 虚拟样机技术.....	3
1.1.3 ADAMS 软件及其特点	5
1.2 ADAMS/View 界面.....	5
1.2.1 启动 ADAMS/View.....	5
1.2.2 ADAMS/View 操作界面.....	7
1.2.3 界面上的快捷键.....	9
1.2.4 设置 ADAMS/View 的工作路径.....	10
1.3 建模环境设置.....	10
1.3.1 设置坐标系	10
1.3.2 设置单位	12
1.3.3 设置重力加速度.....	12
1.3.4 设置图标	13
1.3.5 设置颜色	13
1.3.6 设置图形区的背景色.....	14
1.3.7 设置灯光	14
1.3.8 设置工作栅格.....	14
1.3.9 设置字体	15
1.3.10 设置名称	15
1.4 ADAMS/View 中的常用窗口	16
1.5 本章小结.....	18
第 2 章 创建刚体模型.....	19
2.1 几何建模.....	19
2.1.1 创建基本几何体.....	19
2.1.2 创建实体几何模型.....	27
2.1.3 创建附加特征.....	37

2.1.4	布尔运算	39
2.2	数据交换	40
2.2.1	输入 CAD 模型	41
2.2.2	实例：连杆机构模型数据输入	41
2.3	修改刚体构件属性	45
2.3.1	属性编辑方法	45
2.3.2	名称和方位修改	47
2.3.3	初始方位修改	48
2.3.4	初始速度修改	49
2.3.5	外观修改	49
2.3.6	构件的材料信息修改	50
2.4	实例：空间曲柄滑块机构	51
2.5	本章小结	59

第 3 章 约束模型构件..... 60

3.1	约束与自由度	60
3.1.1	约束类型	60
3.1.2	自由度	60
3.2	约束工具	61
3.3	常用约束	62
3.4	基本约束	66
3.5	高副约束	68
3.6	定义机构的运动	70
3.6.1	机构运动类型	70
3.6.2	创建约束连接运动	71
3.6.3	创建约束点运动	72
3.7	实例	72
3.7.1	创建转动副	72
3.7.2	创建移动副	76
3.7.3	创建球铰副	77
3.7.4	创建胡克副	79
3.7.5	创建齿轮副	80
3.7.6	创建凸轮	83
3.7.7	创建驱动	84
3.8	本章小结	85

第 4 章 施加载荷.....	86
4.1 基本概念.....	86
4.1.1 力的定义	86
4.1.2 创建施加力	87
4.2 作用力.....	88
4.2.1 ADAMS/View 中作用力的类型.....	88
4.2.2 创建单分量力或力矩.....	88
4.2.3 创建多分量力和多分量力矩.....	89
4.3 柔性连接.....	90
4.3.1 拉压弹簧阻尼器.....	91
4.3.2 扭转弹簧阻尼器.....	93
4.3.3 线性衬套	94
4.3.4 无质量梁	96
4.3.5 力场	98
4.4 接触力.....	98
4.4.1 基本概念	98
4.4.2 实例：球-球碰撞	100
4.5 摩擦力.....	101
4.6 重力.....	103
4.7 实例：凸轮机构.....	103
4.7.1 运行 ADAMS	103
4.7.2 建立凸轮部件.....	104
4.7.3 建立转动副	105
4.7.4 建立其他部件.....	106
4.7.5 建立平动副	108
4.7.6 添加线-线约束	108
4.7.7 添加运动约束.....	109
4.7.8 验证模型	109
4.7.9 建立测量	110
4.7.10 运行仿真	111
4.8 本章小结.....	112
第 5 章 仿真计算与结果处理.....	113
5.1 仿真计算.....	113
5.1.1 计算类型	113
5.1.2 验证模型	113

5.1.3	仿真控制	114
5.1.4	传感器	117
5.1.5	仿真分析参数设置	118
5.1.6	仿真参数设置	119
5.1.7	仿真求解设置	119
5.1.8	交互式仿真过程样机调试	120
5.1.9	再现仿真结果	121
5.2	仿真结果后处理	123
5.2.1	后处理程序	123
5.2.2	后处理程序窗口	124
5.2.3	创建任务与添加数据	125
5.2.4	常用后处理命令	126
5.2.5	页面操作	127
5.2.6	视窗操作	127
5.2.7	参数特性编辑	128
5.2.8	控制仿真重现过程	128
5.3	绘制仿真结果曲线	131
5.3.1	仿真数据类型	131
5.3.2	创建曲线图	132
5.3.3	仿真结果曲线的编辑与运算	134
5.4	传感器脚本控制仿真实例	137
5.5	本章小结	147

第 6 章 创建柔性体..... 148

6.1	离散柔性连接件	148
6.2	利用有限元软件创建柔性体	150
6.3	利用 ADAMS/AutoFlex 创建柔性体	157
6.3.1	加载 ADAMS/AutoFlex	157
6.3.2	用拉伸法创建柔性体	157
6.3.3	用构件的几何外形来创建柔性体	162
6.3.4	导入有限元模型的网格文件创建柔性体	163
6.4	综合实例	163
6.5	本章小结	173

第 7 章 参数化设计与优化分析..... 174

7.1	参数化设计	174
7.1.1	设计变量定义	174

7.1.2	模型参数化	177
7.2	参数化分析与优化计算	179
7.2.1	参数化分析准备	179
7.2.2	设计研究	181
7.2.3	试验设计	182
7.2.4	优化计算	183
7.3	函数参数化	184
7.3.1	ADAMS/View 函数	184
7.3.2	常用函数	188
7.4	实例	192
7.5	本章小结	195
第 8 章	宏应用与自定义界面	196
8.1	宏命令概述	196
8.1.1	宏的定义	196
8.1.2	宏的功能	196
8.1.3	宏的类型	197
8.2	宏对象的参数	197
8.3	宏使用方法	197
8.3.1	创建宏命令	197
8.3.2	删除宏	199
8.3.3	调试宏	200
8.3.4	执行宏	200
8.3.5	存储宏	200
8.3.6	编辑宏的要点	201
8.4	宏的句法和参数	202
8.4.1	在宏命令中使用参数	202
8.4.2	循环命令与条件命令	205
8.5	界面定制	206
8.5.1	自定义界面	206
8.5.2	编辑对话框	208
8.6	实例	210
8.6.1	简单宏应用实例	210
8.6.2	创建对话框	213
8.7	本章小结	216

第二篇 专业模块篇

第 9 章 ADAMS/View 和 ADAMS/Controls 控制仿真分析.....	218
9.1 ADAMS/View 控制工具箱	218
9.1.1 控制模块类型.....	218
9.1.2 创建控制模块.....	219
9.1.3 检验控制模块的连接关系.....	220
9.1.4 实例：弹簧挂锁机构控制仿真分析.....	221
9.2 ADAMS/Controls 控制模块	230
9.2.1 ADAMS/Controls 求解基本步骤	230
9.2.2 启动 ADAMS/Controls 模块	231
9.2.3 构造 ADAMS 机械系统样机模型	232
9.2.4 确定 ADAMS 的输入和输出	236
9.2.5 控制系统建模.....	239
9.2.6 机电系统仿真分析.....	242
9.2.7 设置仿真参数.....	246
9.3 本章小结.....	247
第 10 章 ADAMS/Rail 铁道机车基础.....	248
10.1 ADAMS/Rail 概述	248
10.1.1 ADAMS/Rail 的基本特点	248
10.1.2 ADAMS/Rail 的数据文件管理	249
10.1.3 ADAMS/Rail 的模板	249
10.1.4 ADAMS/Rail 的子系统	250
10.1.5 ADAMS/Rail 的集成模型	250
10.2 ADAMS/Rail 操作	251
10.2.1 启动 ADAMS/Rail	251
10.2.2 数据库浏览器的应用.....	252
10.3 ADAMS/Rail 的通用零部件.....	255
10.3.1 零部件模板.....	255
10.3.2 硬点	258
10.3.3 结构框架点.....	259
10.3.4 物体	260
10.3.5 几何体	262
10.4 ADAMS/Rail 的铁道专用零部件.....	263
10.4.1 车轮模型	263

10.4.2	轴箱	265
10.4.3	构架	266
10.4.4	车体模型	267
10.4.5	悬挂元件	268
10.4.6	空气弹簧	269
10.4.7	剪切弹簧	271
10.4.8	扭簧	272
10.4.9	阻尼器	272
10.4.10	中心线请求.....	273
10.5	ADAMS/Rail 模板	273
10.5.1	创建模板	274
10.5.2	试验台	275
10.6	ADAMS/Rail 的轮/轨接触模型.....	275
10.6.1	轮/轨单元类型	275
10.6.2	轮/轨单元数学模型	275
10.7	本章小结.....	276

第 11 章 ADAMS/Rail 分析与设置..... 278

11.1	ADAMS/Rail 的分析功能.....	278
11.1.1	预载分析.....	278
11.1.2	线性分析.....	279
11.1.3	稳定性分析.....	280
11.1.4	动力学分析.....	282
11.1.5	选择运行方式.....	283
11.2	ADAMS/Rail 结果后处理.....	283
11.2.1	标准输出请求.....	283
11.2.2	标准接触输出请求.....	285
11.2.3	稳定性工具箱.....	288
11.2.4	舒适性工具箱.....	288
11.3	ADAMS/Rail 系统参数配置.....	288
11.3.1	用户权限与参数设置.....	288
11.3.2	数据库的类型和结构.....	289
11.3.3	系统参数配置.....	290
11.4	实例.....	292
11.5	本章小结.....	297

第 12 章	ADAMS/Hydraulics 液压传动分析	298
12.1	ADAMS/Hydraulics 默认设置	298
12.2	液压回路建模	298
12.2.1	液压回路的基本结构	298
12.2.2	工作介质的定义	299
12.2.3	动力元件的定义	300
12.2.4	控制元件的定义	300
12.2.5	执行元件的定义	302
12.2.6	辅助元件的定义	303
12.3	实例：挖掘机液压传动回路分析	303
12.4	本章小结	316
第 13 章	ADAMS/Vibration 振动仿真分析	317
13.1	创建振动仿真模型	317
13.1.1	加载振动模块	318
13.1.2	建立输入通道	318
13.1.3	建立输出通道	319
13.1.4	定义 FD 阻尼器	320
13.1.5	振动模型的计算	322
13.2	实例：卫星太阳能帆板的振动分析	323
13.2.1	建立模型	323
13.2.2	模型仿真	325
13.2.3	定义输入通道	325
13.2.4	定义输出通道	327
13.2.5	测试模型	328
13.2.6	优化计算	331
13.2.7	参数化计算	333
13.3	本章小结	334
第 14 章	ADAMS/Insight 试验优化设计	335
14.1	运行 ADAMS/Insight	335
14.2	参数化分析与回归分析	341
14.2.1	参数化分析	341
14.2.2	参数化过程	345
14.2.3	回归分析	354

14.3	蒙特卡罗方法应用	365
14.4	本章小结	370
第 15 章	汽车整车系统仿真分析	371
15.1	整车的拓扑结构分析	371
15.2	用户创建模板	378
15.2.1	创建部件	379
15.2.2	创建部件之间的连接	386
15.2.3	创建悬架参数	390
15.2.4	模型的装配和通讯器的使用	391
15.3	创建悬架系统	393
15.3.1	基于模板创建悬架子系统	393
15.3.2	基于悬架子系统创建悬架总成	393
15.3.3	运动学分析	394
15.3.4	弹性运动学分析	396
15.4	创建轮胎模型	397
15.4.1	轮胎模型简介	397
15.4.2	ADAMS/Tire	398
15.4.3	轮胎模型的选择	399
15.4.4	ADAMS/Tire 的使用	400
15.4.5	创建车轮模板	400
15.5	整车动力学仿真分析	403
15.5.1	单移线	403
15.5.2	常半径转向	407
15.5.3	双移线仿真	411
15.6	ADAMS/Insight 在 ADAMS/Car 中的使用	412
15.7	本章小结	417
第 16 章	ADAMS/Engine 发动机仿真分析	418
16.1	创建配气系统	418
16.1.1	创建配气子系统	418
16.1.2	替换气门弹簧	419
16.1.3	修改板的半径	420
16.1.4	修改弹簧安装长度	421
16.1.5	气门系统创建	421
16.1.6	修改凸轮包角	421

16.1.7	执行分析	422
16.1.8	绘制接触力曲线.....	423
16.1.9	绘制阀的运动与凸轮包角关系曲线.....	423
16.1.10	替换阀门弹簧.....	424
16.1.11	比较分析结果.....	425
16.1.12	执行 Rpm Sweep SVT 分析.....	427
16.2	多质量弹簧创建及修改.....	428
16.2.1	创建系统	428
16.2.2	修改安装长度及多质量弹簧.....	429
16.2.3	创建请求及执行分析.....	429
16.2.4	输入试验数据.....	431
16.2.5	绘制试验数据及结果.....	431
16.3	分析已修改的多质量弹簧子系统.....	433
16.3.1	修改多质量弹簧及仿真.....	433
16.3.2	结果绘图	433
16.3.3	保存子系统.....	434
16.4	创建液压连接调节装置.....	434
16.4.1	创建组件装配.....	434
16.4.2	修改安装长度和油压.....	435
16.4.3	修改液压连接调整装置及油特性.....	435
16.4.4	执行稳态加载分析.....	436
16.4.5	运行 Frequency-Sweep 分析.....	437
16.4.6	保存子系统.....	437

【内容提要】

【关键词】

第一篇

基础知识篇

本篇主要介绍 ADAMS 2007 的一些基础知识，包括 ADAMS/View 基础、在 ADAMS/View 中创建刚体模型、约束模型构件、施加载荷、仿真计算与结果处理、创建柔性体、参数化设计与参数化分析、宏定义与自定义界面等知识。

第1章 ADAMS/View 基础

【内容指南】

ADAMS 是以计算机多体系统动力学 (Computational Dynamics of Multibody Systems) 为基础, 包含多个专业模块和专业领域的虚拟样机开发系统软件, 利用它可以创建复杂机械系统的运动学和动力学模型, 其模型可以是刚性体, 也可以是柔性体, 或者刚柔混合模型。如果在产品的概念设计阶段采用 ADAMS 进行辅助分析, 就可以在建造真实的物理样机之前, 对产品进行各种性能测试, 以达到缩短开发周期、降低开发成本的目的。

【知识重点】

ADAMS/View 界面。

ADAMS/View 中的常用窗口。

1.1 计算机辅助工程 (CAE) 概述

1.1.1 计算机辅助分析技术

CAD/CAM/CAE (简称 3C) 是以计算机作为主要技术手段, 处理各种数字信息与图形信息, 辅助完成产品设计、分析模拟和评价及产品制造中的各项活动。

CAD (计算机辅助设计) 是指利用计算机的高速计算能力和模拟显示图形的能力, 用各自的专业知识对产品进行绘图、分析计算和编写技术文件等设计活动的总称。它是一种人机结合, 使两者各尽所长, 以利于获得最优设计结果, 缩短设计周期的新型设计方法。

CAM (计算机辅助制造) 是指利用计算机对制造过程进行设计、管理和控制, 包括工艺过程设计、数控编程、机器人编程等内容。CAM 系统一般具有数据转换和过程自动化两方面的功能。

CAE (计算机辅助工程, Computer Aided Engineering) 是一个很广的概念, 从字面上讲它可以包括工程和制造业信息化的所有方面, 但是传统的 CAE 主要是指用计算机对工程和产品的运行性能与安全可靠性分析, 对其未来的状态和运行状态进行模拟以及早地发现设计计算中的缺陷, 并证实未来工程、产品功能和性能的可用性和可靠性。准确地说, CAE 是指工程设计中的分析计算与分析仿真, 具体包括工程数值分析、结构与过程优化设计、强度与寿命评估、运动/动力学仿真。工程数值分析用来分析确定产品的性能; 结构与过程优化设计用来保证在设计产品功能、工艺过程时, 使产品性能、工艺过程达到最优; 结构强度与寿命评估用来评估产品的精度设计是否可行, 可靠性及使用寿命如何; 运动/动力学仿真用来对 CAD 建模完成的虚拟样机进行运动学仿真和动力学仿真。从过程化、实用化技术发展的角度看, CAE 的核心技术为有限元技术与虚拟样机的运动/动力学仿真技术。CAE 的具体功能有以下几个方面。