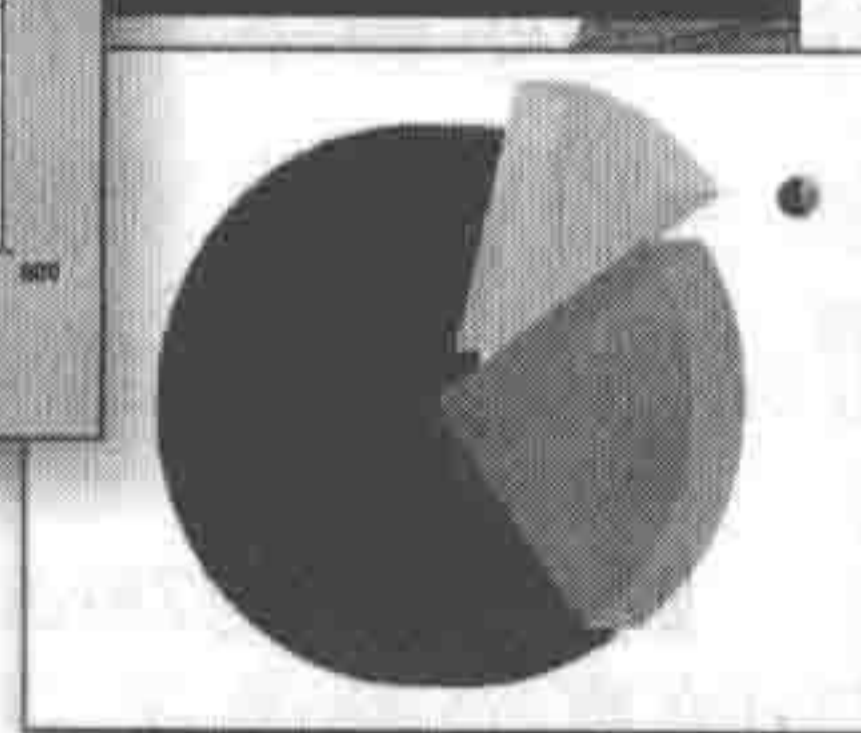
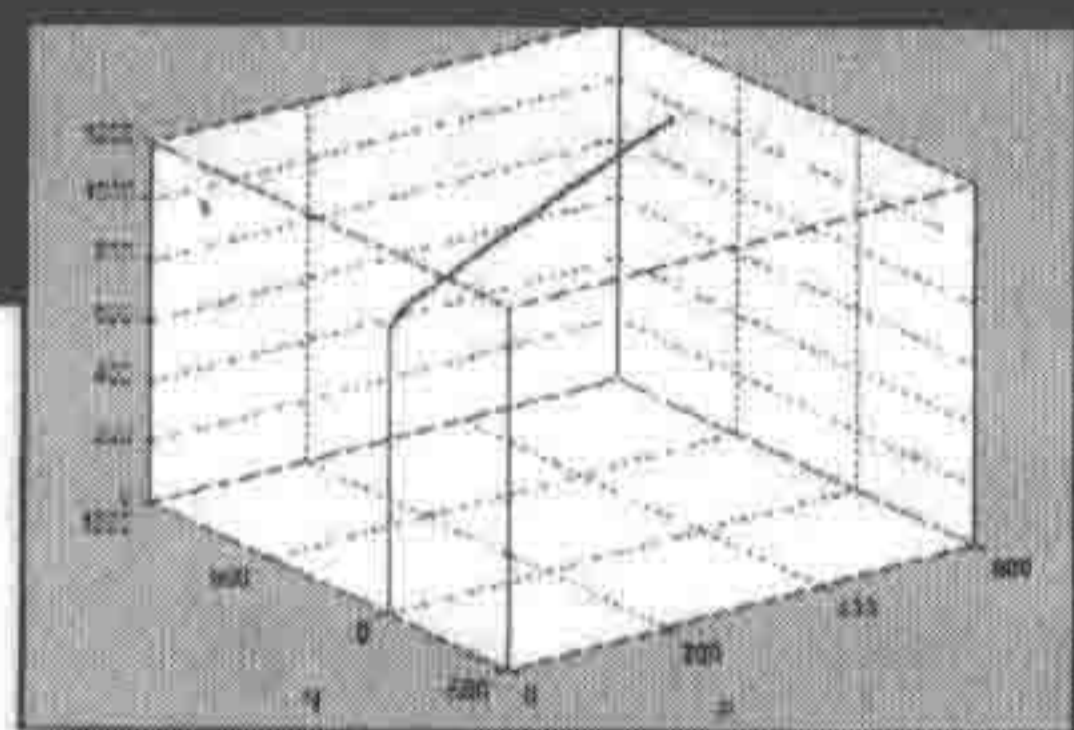


CAX工程应用丛书

# ADAMS 2018

## 虚拟样机技术从入门到精通



陈峰华 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书注重基础、突出实例讲解，分为基础与实例两部分，共 17 章。其中，基础部分包括软件及动力学理论简介、动力学模型建立基础、ADAMS 运动学分析、ADAMS 静力学分析及线性化分析、求解器算法以及 ADAMS 应用基础、载荷施加、后处理分析等内容；实例部分包括多刚体分析、刚-柔耦合分析、多柔体分析、耐久性分析、振动分析、参数化分析和车辆分析等内容。本书下载文件中配有书中实例的几何模型以及实例的分析模型，方便读者查阅。

本书结合作者多年科研实践和本科生与研究生的相关教学经验编撰而成，可作为理工科院校相关专业的高年级本科生、研究生及教师学习 ADAMS 软件的教材或参考书，也可作为从事汽车交通、铁道、石油化工、航空航天、机械制造、国防工业、造船等科学研究的工程技术人员使用 ADAMS 软件的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。  
版权所有，侵权必究。侵权举报电话：010-62782989 13701121933

### 图书在版编目 (CIP) 数据

ADAMS 2018 虚拟样机技术从入门到精通/陈峰华编著. —北京：清华大学出版社，2019  
(CAX 工程应用丛书)

ISBN 978-7-302-53060-2

I. ①A… II. ①陈… III. ①机械工程—计算机仿真—应用软件 IV. ①TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 098433 号

责任编辑：王金柱  
封面设计：王 翔  
责任校对：闫秀华  
责任印制：刘海龙

出版发行：清华大学出版社

网 址：<http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址：北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编：100084

社总机：010-62770175

邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈：010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者：三河市铭诚印务有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：203mm×260mm

印 张：27.5

字 数：704 千字

版 次：2019 年 7 月第 1 版

印 次：2019 年 7 月第 1 次印刷

定 价：99.00 元

产品编号：082158-01

# [前言]

## Preface

本书介绍的软件ADAMS是专门用于机械产品虚拟样机开发的工具，通过虚拟试验和测试，在产品开发阶段就可以帮助设计者发现设计缺陷，并提出改进的方法。

ADAMS研究复杂系统的运动学关系和动力学关系，以计算多体系统动力学为理论基础，结合高速计算机来对产品进行仿真计算，得到各种试验数据，帮助设计者发现问题并解决问题。本书主要介绍ADAMS的使用方法，由于涉及较多的理论知识，尤其是力学方面的知识，因此请读者参考多体系统动力学和结构动力学方面的书籍。

本书以ADAMS 2018版本为基础，涉及的内容包括刚性体建模、柔性体建模、参数化设计、优化计算、振动分析、控制系统等，详细介绍了ADAMS/View、ADAMS/PostProcser、ADAMS/Autoflex、ADAMS/Vibration、ADAMS/Controls、ADAMS/Car等模块的使用方法，所介绍的内容不仅仅是入门内容，更多的是高级应用的内容。

全书共分为17章，各章安排如下：

第1章 简要介绍ADAMS 2018的新功能、ADAMS软件的基本算法，包括ADAMS建模中的一些基本概念、运动学分析算法、动力学分析算法、静力学分析及线性化分析算法以及ADAMS软件积分器等内容。

第2章 首先介绍ADAMS 2018的工作界面、零件库、约束库和设计流程，然后讲解ADAMS中工作界面的设置以及物体、约束副和施加载荷的创建，最后分析讲解后处理中的动画显示和输出测量曲线等。

第3章 介绍载荷的施加方式以及各种载荷的作用，并通过实例具体讲解各种载荷的施加方式。

第4章 讲解后处理的使用方法，通过后处理计算标记点（Marker）的位移、速度和加速度，计算运动副关联的两个构件之间的相对位移、速度和加速度等。

第5章 通过一个卡车模型和3个具体实例帮助读者熟悉刚体建模、定义材料属性、施加驱动和约束及仿真分析、后处理等操作步骤，以达到掌握运用ADAMS进行刚体建模的目的。

第6章 介绍刚-柔耦合建模的知识，通过3个具体的实例讲解刚-柔耦合仿真模型的建立及求解和后处理等内容。

第7章 首先介绍多柔体仿真的工程背景，然后讲解多柔体系统动力学中的几个突出问题，最后通过两个实例具体讲解多柔体系统动力学仿真的使用方法。

第8章 首先介绍机电联合仿真的基础知识，然后对控制工具栏进行详细讲解，最后通过实例讲解机电一体化联合仿真的实践与应用。通过本章的学习，读者可以掌握利用控制器进行仿真控制设置以及实现机电一体化联合仿真的方法。

第9章 首先介绍三维建模软件与ADAMS之间的交换接口，然后讲解Pro/E和SOLID模型导入ADAMS的步骤，最后给出UG与ADAMS之间双向模型交换的一个典型实例，讲解两者之间模型转换的方法。

第10章 首先对参数化建模做简单介绍，然后通过双摆臂独立前悬架机构实例对参数化建模做详尽的阐述和分析，最后利用前悬架机构优化设计分析实例对机构优化设计进行深入分析。通过本章的学习，读者



可以掌握参数化建模和分析的步骤，以及通过参数化建模来分析不同变量对系统的影响。

第 11 章 首先介绍振动分析模块，然后通过实例讲解刚性体模型建立振动模型、振动参数的输入和输出以及模型的测试、验证、精化及优化等，最后通过实例讲解柔性体模型建立振动模型的过程。通过本章的学习，读者可以掌握振动模型的输入和输出，振动仿真模型测试、验证、精化及优化，以及结果后处理方法等相关知识。

第 12 章 以 3 个耐久性例子为基础介绍耐久性模块的使用，通过实例的学习和分析，使读者对耐久性模块能够有深入的了解和认识，学会通过耐久性模块查看模型的应力和应变信息，并生成报告文件。

第 13 章 首先介绍 ADAMS 二次开发用户界面的定制，然后讲解宏命令的使用方法，最后讲解循环命令和条件命令的使用。

第 14 章 首先介绍 ADAMS 的主要文件，然后讲解求解器 (Solver) 模型语言分类并对每个模型语言与语法附带一个例子，最后介绍求解器 (Solver) 命令及仿真控制文件。通过本章的学习，读者可以深刻理解 ADAMS 中几何、约束、力元等的实质，脱离 ADAMS/View 环境，直接利用 ADAMS/Solver 进行一些高级应用。

第 15 章 首先介绍用户子程序种类和使用的基础知识，然后通过例子讲解 GFOSUB 用户子程序及常用的子程序，最后对功能子程序进行概述，重点讲解 SYSARY 和 SYSFNC 功能子程序。通过本章的学习，读者将具备基本的开发用户子程序的能力。

第 16 章 通过简要讲解 ADAMS 中专业车辆模块 ADAMS/Car，再通过创建悬吊系统、整车装配等来展示如何应用这个专业模块进行设计和仿真设计，使读者掌握用车辆模块创建整车模型以及进行仿真设计的方法。

第 17 章 首先介绍 ADAMS 函数的基础知识，然后通过例子讲解驱动约束、定义和调用系统状态变量、测量及请求的定义和调用等。通过本章的学习，读者将对函数有进一步的认识和了解，提高对函数的掌握和理解。

本书最后的附录给出 ADAMS 中常用的使用技巧，帮助读者在学习过程中更快地掌握软件的使用技巧，提高工作效率。

为方便读者上机练习，本书提供了 3~12 章的模型文件，读者可以扫描下面的二维码下载：



如果读者在下载过程中遇到问题，可发送邮件至 [booksaga@126.com](mailto:booksaga@126.com) 获得帮助，邮件标题为“ADAMS 2018 虚拟样机技术从入门到精通”。

本书使用 ADAMS 2018 中文版编写，但对提到的中文界面术语都加入了英文注释，因此同样适用于英文软件的读者。读者在学习过程中遇到问题时可发送邮件至 [comshu@126.com](mailto:comshu@126.com) 邮箱，编者会尽快给予解答。

虽然编者在编写本书的过程中力求叙述准确、完善，但是水平有限，书中欠妥之处在所难免，希望读者和同仁能够及时指出，共同促进本书质量的提高。

编者  
2019 年 5 月



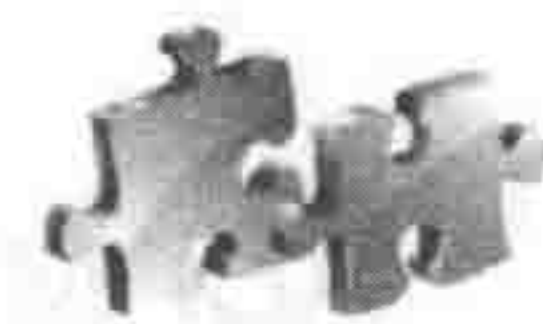
# [目录]

## Contents

第 1 章 ADAMS 2018 简介 .....	1
1.1 ADAMS 2018 新功能.....	1
1.2 ADAMS多体系统动力学的建模、分析和计算方法.....	2
1.2.1 广义坐标的选择.....	2
1.2.2 多体系统动力学研究状况.....	2
1.2.3 多体系统建模理论.....	5
1.2.4 多体系统动力学数值求解.....	6
1.2.5 计算多刚体系统动力学自动建模.....	9
1.2.6 多体系统动力学中的刚性问题.....	9
1.3 ADAMS建模基础.....	12
1.3.1 参考标记.....	13
1.3.2 坐标系的选择.....	13
1.4 ADAMS运动学分析.....	14
1.4.1 ADAMS运动学方程.....	14
1.4.2 ADAMS运动学方程的求解算法.....	15
1.5 ADAMS动力学分析.....	15
1.5.1 ADAMS动力学方程.....	15
1.5.2 初始条件分析.....	19
1.5.3 ADAMS动力学方程的求解.....	20
1.6 ADAMS静力学及线性化分析.....	21
1.6.1 静力学分析.....	21
1.6.2 线性化分析.....	22
1.7 ADAMS求解器算法介绍.....	22
1.7.1 ADAMS数值算法简介.....	22
1.7.2 动力学求解算法介绍.....	23
1.7.3 坐标缩减的微分方程求解过程算法.....	24
1.7.4 动力学求解算法特性比较.....	24
1.7.5 求解器的特点比较.....	25
1.7.6 刚性问题求解算法选择.....	25
1.8 本章小结.....	26



<b>第 2 章</b>	<b>ADAMS应用基础</b>	<b>27</b>
2.1	设置工作环境	27
2.2	ADAMS的界面	32
2.3	ADAMS的零件库	33
2.4	ADAMS的约束库	36
2.5	ADAMS的设计流程	40
2.6	创建物体	40
2.7	创建约束副	52
2.8	施加力	61
2.9	仿真和动画	63
2.10	输出测量曲线	65
2.11	本章小结	65
<b>第 3 章</b>	<b>施加载荷</b>	<b>66</b>
3.1	外部载荷的定义	66
3.2	柔性连接	68
3.3	在运动副上添加摩擦力	70
3.4	实例	72
3.4.1	实例一：齿轮接触分析	72
3.4.2	实例二：小车越障柔性连接	74
3.4.3	实例三：射击	77
3.5	本章小结	82
<b>第 4 章</b>	<b>计算求解与结果后处理</b>	<b>83</b>
4.1	计算求解	83
4.1.1	计算类型	83
4.1.2	验证模型	84
4.1.3	仿真控制	84
4.1.4	传感器	87
4.2	实例一：仿真类型与传感器	88
4.2.1	设计要求	88
4.2.2	建模	88
4.2.3	模型运动初步仿真	92
4.2.4	存储数据文件	92
4.2.5	生成地块及添加约束	93
4.2.6	测量	94
4.2.7	生成传感器	94
4.2.8	模型仿真	95
4.3	ADAMS后处理简介	95
4.3.1	ADAMS/PostProcessor的用途	96
4.3.2	ADAMS/PostProcessor的启动与退出	96
4.3.3	ADAMS/PostProcessor窗口介绍	97



4.4	ADAMS/PostProcessor使用技巧 .....	97
4.4.1	创建任务和添加数据 .....	98
4.4.2	工具栏的使用 .....	99
4.4.3	窗口模式的设置 .....	101
4.4.4	ADAMS/PostProcessor的页面管理 .....	101
4.5	ADAMS/PostProcessor输出仿真结果的动画 .....	102
4.5.1	动画类型 .....	102
4.5.2	加载动画 .....	103
4.5.3	动画演示 .....	103
4.5.4	时域动画的控制 .....	103
4.5.5	频域动画的控制 .....	104
4.5.6	记录动画 .....	105
4.6	ADAMS/PostProcessor绘制仿真结果的曲线图 .....	106
4.6.1	由仿真结果绘制曲线图的类型 .....	106
4.6.2	曲线图的建立 .....	106
4.6.3	曲线图上的数学计算 .....	108
4.7	曲线图的处理 .....	109
4.7.1	曲线数据滤波 .....	109
4.7.2	快速傅立叶变换 .....	110
4.7.3	生成伯德图 .....	111
4.8	实例二：跳板振动分析 .....	111
4.8.1	动力学模型的建立和仿真分析 .....	111
4.8.2	采用ADAMS/PostProcessor建立和设置曲线图 .....	112
4.8.3	采用ADAMS/PostProcessor对曲线图进行操作 .....	114
4.9	实例三：加紧机构仿真后处理 .....	115
4.9.1	细化模型 .....	115
4.9.2	深化设计 .....	121
4.10	本章小结 .....	124
<b>第5章</b>	<b>刚性体建模及仿真分析 .....</b>	<b>125</b>
5.1	建立模型 .....	125
5.2	定义材料属性 .....	126
5.3	重命名部件 .....	127
5.4	施加约束 .....	127
5.4.1	创建固定副 .....	127
5.4.2	创建旋转副 .....	128
5.4.3	创建平移副 .....	129
5.4.4	柔性约束力 .....	130
5.4.5	施加接触 .....	131
5.5	施加驱动 .....	132
5.5.1	在车轮与车体之间施加转动驱动 .....	132



5.5.2	在平移副上施加移动驱动 .....	133
5.6	求解器设置 .....	134
5.7	仿真 .....	135
5.8	后处理分析 .....	136
5.9	实例一：吊车起吊过程分析 .....	137
5.9.1	创建模型 .....	138
5.9.2	定义材料属性 .....	138
5.9.3	重命名部件 .....	139
5.9.4	施加约束 .....	140
5.9.5	施加驱动 .....	142
5.9.6	设置求解器 .....	144
5.9.7	仿真 .....	145
5.9.8	后处理分析 .....	145
5.10	实例二：转盘机构刚体建模及仿真分析 .....	146
5.10.1	创建模型 .....	146
5.10.2	查看约束 .....	147
5.10.3	施加驱动 .....	147
5.10.4	设置求解器 .....	148
5.10.5	仿真 .....	148
5.10.6	后处理分析 .....	149
5.11	实例三：偏转摩天轮多刚体动力学仿真分析 .....	149
5.11.1	导入模型 .....	149
5.11.2	定义材料属性 .....	151
5.11.3	重命名部件 .....	152
5.11.4	渲染模型和布尔运算 .....	152
5.11.5	施加约束 .....	153
5.11.6	施加驱动 .....	155
5.11.7	设置求解器 .....	155
5.11.8	仿真 .....	155
5.11.9	后处理分析 .....	156
5.12	本章小结 .....	158
<b>第6章</b>	<b>刚-柔混合建模 .....</b>	<b>159</b>
6.1	离散柔性连接件 .....	159
6.2	利用有限元程序建立柔性体 .....	160
6.2.1	模态的概念 .....	161
6.2.2	柔性体与刚性体之间的连接 .....	161
6.2.3	柔性体替换刚性体 .....	161
6.3	实例一：模态中性文件的生成及编辑 .....	162
6.3.1	在ADAMS中导入MNF文件 .....	162
6.3.2	编辑柔性体 .....	163



6.4	实例二：铁锤敲击墙壁刚柔碰撞动力学分析 .....	166
6.4.1	建立模型 .....	166
6.4.2	定义材料属性 .....	167
6.4.3	渲染模型 .....	168
6.4.4	施加约束 .....	169
6.4.5	施加载荷 .....	170
6.4.6	检查模型 .....	170
6.4.7	仿真计算 .....	170
6.4.8	柔性体的替换与编辑 .....	171
6.4.9	仿真计算 .....	172
6.4.10	后处理 .....	172
6.5	实例三：钟摆机构刚体离散及动力学分析 .....	173
6.5.1	创建模型 .....	174
6.5.2	施加约束和驱动 .....	175
6.5.3	仿真 .....	176
6.5.4	创建柔性离散连杆 .....	177
6.5.5	创建刚-柔体间的约束和驱动 .....	177
6.5.6	仿真 .....	179
6.5.7	后处理 .....	179
6.6	本章小结 .....	182
<b>第 7 章</b>	<b>多柔体动力学仿真 .....</b>	<b>183</b>
7.1	多柔体系统及工程背景 .....	183
7.2	多柔体系统动力学的突出问题 .....	184
7.3	实例一：连杆机构柔体动力学仿真分析 .....	185
7.3.1	创建模型 .....	185
7.3.2	柔性化连杆机构 .....	187
7.3.3	施加约束和驱动 .....	189
7.3.4	仿真 .....	189
7.3.5	后处理 .....	190
7.4	实例二：风力发电机建模及风载仿真分析 .....	192
7.4.1	导入并编辑模型 .....	192
7.4.2	驱动 .....	194
7.4.3	仿真 .....	194
7.4.4	后处理 .....	194
7.5	本章小结 .....	197
<b>第 8 章</b>	<b>机电一体联合仿真 .....</b>	<b>198</b>
8.1	机电一体化系统仿真分析简介 .....	198
8.2	ADAMS/VIEW控制工具栏 .....	199
8.2.1	ADAMS中建立控制器的方法 .....	199
8.2.2	使用ADAMS/View中的控制工具栏 .....	199



8.2.3	控制模块类型.....	200
8.2.4	产生控制模块.....	201
8.2.5	检验控制模块的连接关系.....	201
8.3	实例一：雷达机构的机电联合仿真.....	201
8.3.1	ADAMS/Controls求解基本步骤.....	201
8.3.2	启动ADAMS/Controls模块.....	202
8.3.3	构造ADAMS机械系统样机模型.....	202
8.3.4	确定ADAMS的输入和输出.....	205
8.3.5	控制系统建模.....	209
8.3.6	机电系统联合仿真分析.....	213
8.4	实例二：滚动球体机电联合仿真分析.....	215
8.4.1	打开以及浏览模型.....	215
8.4.2	创建控制系统.....	215
8.4.3	创建传感器信号.....	217
8.4.4	创建激励信号.....	218
8.4.5	编辑控制系统.....	218
8.4.6	用信号管理器连接信号.....	218
8.4.7	输出面板.....	220
8.4.8	创建MATLAB控制系统.....	221
8.5	本章小结.....	223
<b>第9章</b>	<b>ADAMS与其他软件接口.....</b>	<b>224</b>
9.1	三维建模软件与ADAMS.....	224
9.1.1	Pro/E与ADAMS之间的数据传递.....	224
9.1.2	Solidworks与ADAMS之间的数据传递.....	225
9.2	UG与ADAMS之间的数据交换.....	226
9.2.1	UG与ADAMS共同支持的数据格式.....	226
9.2.2	实例：UG与ADAMS双向数据交换.....	226
9.3	本章小结.....	232
<b>第10章</b>	<b>ADAMS参数化建模及优化设计.....</b>	<b>233</b>
10.1	ADAMS参数化建模简介.....	233
10.2	实例一：参数化建模应用.....	234
10.2.1	双摆臂独立前悬架拓扑结构.....	234
10.2.2	系统环境设置.....	234
10.2.3	双摆臂独立前悬架参数化建模.....	235
10.3	实例二：前悬架机构优化设计分析.....	240
10.3.1	参数化分析的准备.....	240
10.3.2	设计研究.....	243
10.3.3	试验设计.....	248
10.3.4	结果分析.....	256
10.4	本章小结.....	257



第 11 章 ADAMS 振动分析 .....	258
11.1 振动分析模块简介 .....	258
11.2 实例一：刚性体卫星振动分析 .....	258
11.2.1 建立模型 .....	259
11.2.2 仿真模型 .....	259
11.2.3 建立输入通道 .....	260
11.2.4 建立运动学输入通道和激振器 .....	263
11.2.5 建立输出通道 .....	264
11.2.6 测试模型 .....	265
11.2.7 验证模型 .....	266
11.2.8 精化模型 .....	269
11.2.9 优化模型 .....	272
11.3 实例二：柔性体卫星振动分析 .....	274
11.3.1 建立模型 .....	274
11.3.2 仿真模型 .....	275
11.3.3 建立输入通道 .....	276
11.3.4 建立运动学输入通道和激振器 .....	278
11.3.5 建立输出通道 .....	279
11.3.6 测试模型 .....	280
11.3.7 验证模型 .....	281
11.3.8 精化模型 .....	284
11.3.9 优化模型 .....	287
11.4 实例三：火车转向架振动分析 .....	289
11.4.1 建立模型 .....	289
11.4.2 仿真模型 .....	289
11.4.3 定义设计变量 .....	290
11.4.4 建立输入通道 .....	291
11.4.5 建立输出通道 .....	291
11.4.6 测试模型 .....	292
11.4.7 后处理 .....	293
11.5 本章小结 .....	295
第 12 章 耐久性分析 .....	296
12.1 耐久性简介 .....	296
12.2 实例一：气缸-曲轴系统耐久性分析 .....	296
12.2.1 导入并熟悉模型 .....	297
12.2.2 约束 .....	297
12.2.3 驱动 .....	297
12.2.4 加载耐久性模块 .....	298
12.2.5 仿真 .....	298
12.2.6 后处理 .....	299



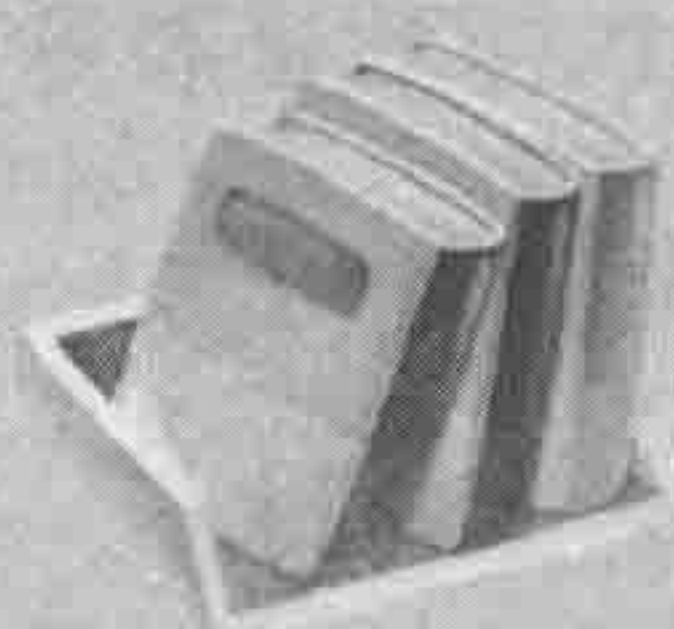
12.3	实例二：斜面拉伸耐久性分析 .....	304
12.3.1	导入并熟悉模型 .....	304
12.3.2	倾斜 .....	305
12.3.3	建立约束 .....	306
12.3.4	创建载荷 .....	306
12.3.5	加载耐久性模块 .....	307
12.3.6	仿真 .....	307
12.3.7	后处理 .....	308
12.4	实例三：悬臂梁耐久性分析 .....	310
12.4.1	创建模型 .....	310
12.4.2	查看模型信息 .....	311
12.4.3	施加约束 .....	312
12.4.4	施加载荷 .....	313
12.4.5	加载耐久性模块 .....	314
12.4.6	仿真 .....	314
12.4.7	重新单向力定义函数 .....	315
12.4.8	重新仿真 .....	315
12.4.9	后处理 .....	315
12.5	本章小结 .....	322
<b>第 13 章</b>	<b>ADAMS二次开发 .....</b>	<b>323</b>
13.1	定制用户界面 .....	323
13.1.1	定制菜单 .....	324
13.1.2	定制对话框 .....	330
13.2	宏命令的使用 .....	334
13.2.1	创建宏命令 .....	334
13.2.2	在宏命令中使用参数 .....	336
13.3	循环命令和条件命令 .....	339
13.3.1	循环命令 .....	339
13.3.2	条件命令 .....	341
13.4	本章小结 .....	343
<b>第 14 章</b>	<b>ADAMS模型语言及仿真控制语言 .....</b>	<b>344</b>
14.1	ADAMS的主要文件介绍 .....	344
14.2	ADAMS/SOLVER模型语言 .....	345
14.2.1	ADAMS/Solver模型语言分类及其语法介绍 .....	345
14.2.2	模型文件的开头与结尾 .....	347
14.2.3	惯性单元 .....	347
14.2.4	几何单元 .....	348
14.2.5	约束单元 .....	351
14.2.6	力元 .....	353
14.2.7	系统模型单元 .....	355



14.2.8	轮胎单元.....	356
14.2.9	数据单元.....	358
14.2.10	分析参数单元.....	360
14.2.11	输出单元.....	361
14.3	ADAMS/SOLVER命令及仿真控制文件.....	363
14.3.1	ADAMS/Solver命令结构及分类.....	363
14.3.2	创建ADAMS/Solver仿真控制文件.....	369
14.4	本章小结.....	370
第 15 章	ADAMS用户子程序.....	371
15.1	ADAMS用户子程序简介.....	371
15.1.1	用户子程序的种类.....	371
15.1.2	子程序的使用.....	373
15.2	常用ADAMS用户子程序简介.....	375
15.2.1	使用GFOSUB用户子程序实例.....	375
15.2.2	常用用户定义子程序及实例.....	377
15.3	功能子程序.....	384
15.3.1	功能子程序概述.....	384
15.3.2	功能子程序SYSARY和SYSFNC.....	385
15.4	本章小结.....	388
第 16 章	车辆仿真与设计.....	389
16.1	创建悬吊系统.....	389
16.1.1	创建悬吊和转向系统.....	390
16.1.2	定义车辆参数.....	391
16.1.3	后处理.....	392
16.1.4	推力分析.....	393
16.1.5	仿真结果绘图.....	394
16.1.6	悬吊系统与转向系统的修改.....	396
16.1.7	修改后的系统模型分析.....	396
16.1.8	分析结果.....	397
16.2	弹性体对悬吊和整车装配的影响.....	398
16.2.1	创建悬吊装配.....	398
16.2.2	创建弹性体.....	399
16.3	包含弹性体的整车装配.....	400
16.4	本章小结.....	403
第 17 章	ADAMS/VIEW及ADAMS/SOLVER函数.....	404
17.1	函数类型及建立.....	404
17.1.1	建立表达式模式下的函数.....	404
17.1.2	建立运行模式下的函数.....	404
17.2	ADAMS/VIEW设计函数.....	405
17.2.1	数学函数.....	405



17.2.2	位置/方向函数.....	406
17.2.3	建模函数.....	407
17.2.4	矩阵/数组函数.....	407
17.2.5	字符串函数.....	409
17.2.6	数据库函数.....	410
17.2.7	GUI函数组.....	410
17.2.8	系统函数组.....	411
17.3	ADAMS/VIEW运行函数及ADAMS/SOLVER函数.....	411
17.3.1	位移函数.....	411
17.3.2	速度函数.....	412
17.3.3	加速度函数.....	412
17.3.4	接触函数.....	413
17.3.5	样条差值函数.....	413
17.3.6	约束力函数.....	413
17.3.7	合力函数.....	413
17.3.8	数学函数.....	414
17.3.9	数据单元.....	414
17.4	函数应用实例.....	414
17.4.1	定义不同形式的驱动约束.....	414
17.4.2	定义和调用系统状态变量.....	416
17.4.3	测量或请求的定义和调用.....	417
17.5	本章小结.....	417
附录	ADAMS的使用技巧.....	418
	参考文献.....	424



# 第1章

## ADAMS 2018 简介

本章主要介绍ADAMS软件的基本算法,包括ADAMS建模中的一些基本概念、运动学分析算法、动力学分析算法、静力学及线性化分析算法以及对ADAMS求解器的介绍。通过本章的学习,我们可以对ADAMS软件的基本算法有较深入的了解,为今后合理选择求解器进行仿真分析提供理论基础,为更好地使用ADAMS打下良好的理论基础。

### 知识要点

- 掌握 ADAMS 软件的基本概念、运动学分析算法、动力学分析算法。
- 掌握 ADAMS 静力学及线性化分析算法。
- 掌握ADAMS求解器。

## 1.1

## ADAMS 2018 新功能

ADAMS是由美国Mechanical Dynamics Inc公司研制的集建模、求解、可视化技术于一体的虚拟样机软件,是目前世界上使用范围最广、最负盛名的机械系统仿真分析软件。

使用这套软件可以产生复杂机械系统的虚拟样机,真实地仿真其运动过程,并且可以迅速地分析和比较多种参数方案,直至获得优化的工作性能,从而大大减少了昂贵的物理样机制造及试验次数,提高了产品设计质量,大幅度地缩短产品研制周期和费用。该软件从20世纪90年代开始在我国的机械制造、汽车交通、航空航天、铁道、兵器、石油化工等领域得到应用,为各领域中的产品设计、科学研究做出了贡献。

ADAMS包含的模块有ADAMS/View、ADAMS/PostProcser、ADAMS/Autoflex、ADAMS/Vibration、ADAMS/Control、ADAMS/Car等。

2012版ADAMS引入了新的ADAMS/ViewFlex模块,使用户在无须脱离ADAMS环境或者依赖于外部有限元建模(FEM)或有限元分析(FEA)软件的情况下即可创建柔性体。该功能技术支持来自嵌入式MSC Nastran,整体在ADAMS后台运行实现,从而提高了设计效率,使高保真建模变得更容易。

MSC ADAMS 2018官方版是一款由msc公司推出的专业多体动力学和运动分析软件,这是最新版本,仅适用于64位操作系统,MSC ADAMS 2017可以帮助工程师快速创建和测试机械系统的模型,并拥有操作简单,分析速度快的特点。MSC ADAMS 2018新版本的ADAMS带来了全新的性能,包括模拟齿轮噪音、高效的建模命令语言等功能,同时还改进了有限元部件性能。

ADAMS 2018有以下特色:

- (1) 软件界面友好,操作简单,易学易用。
- (2) 三维实体、弹性体碰撞和冲击分析,摩擦、间隙分析。



- (3) 极好的解算稳定性，最早支持SMP并行计算。
- (4) 支持系统参数化实验设计、优化分析。
- (5) 独特的振动分析能力，能在频域中分析机构任意运动状态下的系统振动性能。
- (6) 提供多学科软件接口，包括与CAD、FEA、CSD（控制仿真软件）之间的接口。
- (7) 提供凝聚了丰富行业应用经验、实际工程问题的专业化产品。

ADAMS 2018 可辅助工程师研究运动部件的动力学特性以及在机械系统内部荷载和作用力的分布情况。用过ADAMS尽早进行系统级设计验证可以提升工程效率、降低产品开发成本。工程师可评估并管理包括运动、结构、驱动和控制在内的各学科之间复杂的相互作用，以便更好地优化产品设计的性能、安全性和舒适度。凭借广泛的分析能力，ADAMS可充分利用高性能计算环境对大型问题进行优化。

## 1.2 ADAMS 多体系统动力学的建模、分析和计算方法

ADAMS采用世界上广泛流行的多刚体系统动力学理论中的拉格朗日方程方法建立系统的动力学方程。它选取系统内每个刚体质心在惯性参考系的 3 个直角坐标和确定刚体方位的 3 个欧拉角作为笛卡儿广义坐标，用带乘子的拉格朗日方程处理具有多余坐标的完整约束系统或非完整约束系统，导出以笛卡儿广义坐标为变量的运动学方程。

ADAMS的计算程序应用了吉尔（Gear）的刚性积分算法以及稀疏矩阵技术，大大提高了计算效率。

### 1.2.1 广义坐标的选择



动力学方程的求解速度在很大程度上取决于广义坐标的选择。研究刚体在惯性空间中的一般运动时，用它的连体基的原点（一般与质心重合）确定位置，用连体基相对惯性基的方向余弦矩阵确定方位。

为了解析和描述方位，必须规定一组转动广义坐标表示方向余弦矩阵。

- 第一种方法是用方向余弦矩阵本身的元素作为转动广义坐标，但是变量太多，同时还要附加 6 个约束方程。
- 第二种方法是用欧拉角或卡尔登角作为转动坐标，它的算法规范，缺点是在逆问题中存在奇点，在奇点位置附近数值计算容易出现困难。
- 第三种方法是用欧拉参数作为转动广义坐标，它的变量不太多，由方向余弦计算欧拉角时不存在奇点。

ADAMS软件用刚体的质心笛卡儿坐标和反映刚体方位的欧拉角作为广义坐标，由于采用了不独立的广义坐标，因此系统动力学方程虽然是最大数量，但却是高度稀疏耦合的微分代数方程，适用于稀疏矩阵的高效求解。

### 1.2.2 多体系统动力学研究状况



多体系统动力学的核心问题是建模和求解，其系统研究开始于 20 世纪 60 年代。从 20 世纪 60 年代到 80 年代，多体系统动力学侧重于多刚体系统的研究，主要是研究多刚体系统的自动建模和数值求解。

到了 20 世纪 80 年代中期，多刚体系统动力学的研究已经取得一系列成果，尤其是建模理论趋于成熟，不过更稳定、更有效的数值求解方法仍然是研究的热点。

20世纪80年代之后,多体系统动力学的研究更偏重于多柔体系统动力学。这个领域也正式被称为计算多体系统动力学,至今仍然是力学研究中最有活力的分支之一,但已经远远超过一般力学的涵义。

### 1. 多体系统动力学研究的发展

机械系统动力学分析与仿真是随着计算机技术的发展而不断成熟的,多体系统动力学是其理论基础。计算机技术自诞生以来,几乎渗透到科学计算和工程应用的每一个领域。

数值分析技术与传统力学的结合曾在结构力学领域取得了辉煌的成就,出现了以ANSYS、NASTRAN等为代表的极为广泛的应用软件。

计算机技术在机构的静力学分析、运动学分析、动力学分析以及控制系统分析上的应用在20世纪80年代形成了计算多体系统动力学,并产生了以ADAMS和DADS为代表的动力学分析软件。两者共同构成计算机辅助工程(CAE)技术的重要内容。

多体系统是指由多个物体通过运动副连接的复杂机械系统。多体系统动力学的根本目的是应用计算机技术进行复杂机械系统的动力学分析与仿真。它是在经典力学基础上产生的新学科分支,在经典刚体系统动力学的基础上经历了多刚体系统动力学和计算多体系统动力学两个发展阶段,目前已趋于成熟。

多刚体系统动力学是基于经典力学理论的,多体系统中最简单的情况(自由质点)和一般简单的情况(少数多个刚体)是经典力学的研究内容。

多刚体系统动力学就是为多个刚体组成的复杂系统的运动学和动力学分析建立适宜计算机程序求解的数学模型,并寻求高效、稳定的数值求解方法。经典力学逐步发展成多刚体系统动力学,在发展过程中形成了各具特色的多个流派。

早在1687年,牛顿就建立起牛顿方程,解决了质点的运动学和动力学问题。刚体的概念最早由欧拉于1775年提出,他采用反作用力的概念隔离刚体,以描述铰链等约束,并建立了经典力学中的牛顿-欧拉方程。

1743年,达朗贝尔研究了约束刚体系统,区分了作用力和反作用力,达朗贝尔将约束反力称为“丢失力”,并形成了虚功原理的初步概念。

1788年,拉格朗日发表了《分析力学》,系统地研究了约束机械系统。他系统地考虑了约束,提出了广义坐标的概念,利用变分原理考虑系统的动能和势能,得出第二类拉格朗日方程——最少数量坐标的二阶常微分方程(ODE),并利用约束方程与牛顿定律得出带拉格朗日乘子的第一类拉格朗日方程——最大数量坐标的微分代数方程(DAE)。

虚功形式的动力学普遍方程尚不能解决具有非完整约束的机械系统问题,1908年若丹给出了若丹原理——虚功率形式的动力学普遍方程,利用若丹原理可方便地讨论碰撞问题和非完整系统的动力学问题。

对于由多个刚体组成的复杂系统,理论上采用经典力学的方法,即以牛顿-欧拉方法为代表的矢量力学方法和以拉格朗日方程为代表的分析力学方法。

这种方法对于单刚体或者少数几个刚体组成的系统是可行的,但随着刚体数目的增加,方程复杂度成倍增长,寻求其解析解往往是不可能的。后来计算机数值计算方法的出现使得面向具体问题的程序数值方法成为求解复杂问题的一条可行道路,即针对具体的多刚体问题列出其数学方程,再编制数值计算程序进行求解。

对于每一个具体的问题都要编制相应的程序进行求解,虽然可得到合理的结果,但是这个过程长期重复是让人不可忍受的,于是寻求一种适合计算机操作的程序化的建模和求解方法就变得非常迫切了。在这个时候,也就是20世纪60年代初期,航天领域和机械领域分别展开了对于多刚体系统动力学的研究,并且形成了不同派别的研究方法。

最具代表性的几种方法是罗伯森-维滕堡(Roberson-Wittenburg)方法、凯恩(Kane)方法、旋量方法和变分方法。

(1) 罗伯森与维滕堡于1966年提出一种分析多刚体系统的普遍性方法,简称为R/W方法。这种方法的