第1章

ADAMS/View使用基础

ADAMS 是以计算多体系统动力学(computational dynamics of multibody system)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,利用它可以建立起复杂机械 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,以及刚柔混合模型。 如果在产品的概念设计阶段就采用 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,达到缩短开发周期,降低开发成本的目的。

1.1 计算机辅助工程(CAE)概述

1.1.1 CAE 技术概述和应用现状

从广义上说,计算机辅助工程(coumpter aided engineering,CAE)包括很多,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 主要指用计算机对工程 和产品进行性能与安全可靠性分析,对其未来的工作状态和运行行为进行模拟,及早发现设 计缺陷,并证实未来工程、产品功能和性能的可用性和可靠性。本书主要是指 CAE 软件, CAE 软件可以分为两类:针对特定类型的工程或产品所开发的用于产品性能分析、预测和 优化的软件,称之为专用 CAE 软件;可以对多种类型的工程和产品的物理、力学性能进行 分析、模拟和预测、评价和优化,以实现产品技术创新的软件,称之为通用 CAE 软件。狭义 上的计算机辅助工程包括计算结构力学(FEA,有限元分析)、计算多体系统动力学(CMD)、 计算流体动力学(CFD)、电磁、疲劳、振动噪声、优化等,应用领域包括航空航天、汽车制造、 铸造、噪声控制、产品设计等各个方面。

CAE 技术从 20 世纪 60 年代初在工程上开始应用到今天,经历了 50 多年的发展历史, 其理论和算法都经历了从蓬勃发展到日趋成熟的过程,现已成为工程和产品结构分析中(如 航空航天、汽车、机械、土木结构等领域)必不可少的数值计算工具,同时也是分析连续力学 各类问题的一种重要手段。随着计算机技术的普及和不断提高,CAE 系统的功能和计算 精度都有很大提高,各种基于产品数字建模的 CAE 系统应运而生,并已成为结构分析和 结构优化的重要工具,同时也是计算机辅助 4C 系统(CAD/CAE/CAPP/CAM)的重要 环节。

计算机辅助工程的特点是以工程和科学问题为背景,建立计算模型并进行计算机仿真

分析。一方面,CAE 技术的应用,使许多过去受条件限制无法分析的复杂问题,通过计算机 数值模拟得到满意的解答;另一方面,计算机辅助分析使大量繁杂的工程分析问题简单化, 使复杂的过程层次化,节省了大量的时间,避免了低水平重复的工作,使工程分析更快、更准 确。在产品的设计、分析、新产品的开发等方面发挥了重要作用。CAE 这一新兴的数值模 拟分析技术在国外得到了迅猛发展,技术的发展又推动了许多相关的基础学科和应用科学 的进步。

在影响计算机辅助工程技术发展的诸多因素中,最主要的是人才、计算机硬件和分析软件。现代计算机技术的飞速发展,已经为 CAE 技术奠定了良好的硬件基础。多年来,重视 CAE 技术人才的培养和分析软件的开发和推广应用,发达国家不仅在科技界而且在工程界已经具有一支较强的掌握 CAE 技术的人才队伍,同时在分析软件的开发和应用方面也达到了较高水平。

我国的计算机分析软件开发是一个薄弱环节,严重地制约了 CAE 技术的发展。我国 的工业界在 CAE 技术的应用方面与发达国家相比水平还比较低。大多数的工业企业对 CAE 技术还处于初步的认同阶段,CAE 技术的工业化应用还有相当的难度。这是因为,一 方面我们缺少自己开发的具有自主知识产权的计算机分析软件,另一方面大量缺乏掌握 CAE 技术的科技人员。对于计算机分析软件问题,目前虽然可以通过技术引进以解燃眉之 急,但是,国外的这类分析软件的价格一般都相当贵,国内不可能有很多企业购买这类软件 来使用。而人才的培养则需要一个长期的过程,这将是对我国 CAE 技术的推广应用产生 严重影响的一个制约因素,而且很难在短期内有明显的改观。提高我国工业企业的科学技 术水平,将 CAE 技术广泛应用于设计与制造过程还是一项相当艰巨的工作。

1.1.2 虚拟样机技术

将 CAE 技术应用于现代工业生产的过程中,是将科学技术转化成生产力的一种表现 形式。在各种 CAE 技术中,虚拟样机(virtual prototype)技术是计算机辅助工程的一个重 要分支,它是在人们开发新的产品时,在概念设计阶段,通过学科理论和计算机语言,对设计 阶段的产品进行虚拟性能测试,到达提高设计性能,降低设计成本,减少产品开发时间的 目的。

随着人类社会进步的加快,人们生活水平的不断提高,人们对产品的要求也越来越高。 另外,社会竞争更加激烈,产品复杂程度越来越高,产品开发周期越来越短,产品保修维护期 望越来越高,生产计划越来越灵活,在现实中还有一些客观的约束条件,例如昂贵的物理样 机试验、严格的法律法规要求等,因此要提高的产品质量,缩短开发周期,并不是件容易的事 情。要克服以上困难,一个行之有效的方法就是通过虚拟样机,进行仿真模拟,在未真正生 产出真实的产品以前就进行仿真模拟,提前知道产品的各种性能,防止各种设计缺陷的存 在,提出改进意见。

传统的产品开发过程如图 1-1(a)所示,该过程是一个大循环的过程,不仅难以提高产品质量,而且耗费大量的时间和资金。而通过 CAE 仿真计算技术,在制造物理样机之前,就可以对样机进行测试,找出和发现潜在的问题,缩短产品开发周期的 40%~70%,其过程如图 1-1(b)所示,这样不仅节省时间和金钱,还可以大幅提高设计质量。



1.1.3 ADAMS 简介及特点

多体动力学仿真分析软件(automatic dynamic analysis of mechanical systems, ADAMS)是对机械系统的运动学与动力学进行仿真计算的商用软件,原来是由美国 MDI (Mechnical Dynamics Inc.)公司开发,在经历了 12 个版本后,被美国 MSC 公司收购。 ADAMS 初期只有 ADAMS/Solver,用来求解非线性方程组,需要以文本方式建立模型提 交给 ADAMS/Solver 进行求解,后来 ADAMS 集建模、计算和后处理于一身。ADAMS 由 多个模块组成,基本模块是 View 模块和 PostProcess 模块,通常的机械系统都可以用这两 个模块来完成,另外在 ADAMS 中还有一些针对专业领域而单独开发的一些专用模块和嵌 入模块,例如专业模块(如汽车模块 ADAMS/Car)、嵌入模块(如振动模块 ADAMS/ Vibration)、耐久性模块 ADAMS/Durability、控制模块 ADAMS/Controls、机械传动模块 ADAMS/Machinery 和柔性体模块 ADAMS/AutoFlex 等。本书主要介绍 ADAMS/View、 ADAMS/PostProcessor、ADAMS/Flex、ADAMS/Vibration、ADAMS/Machinery、ADAMS/ Durability 和 ADAMS/Controls,通过本书的讲解和实例,相信读者可以很快掌握这些模块。

ADAMS 软件具有以下特点:

(1)利用交互式图形界面,可以创建三维机械装配图,也可以读取三维 CAD 软件的模型,快速建立客户自己的虚拟样机模型;

(2)提供抽象出来的各种约束、力、驱动,满足客户建立虚拟样机的要求;

- (3) 可以建立刚体模型、柔性体模型和混合模型;
- (4) 可以进行静力分析、线性分析(模态)、运动学和动力学计算;
- (5) 可以进行参数化设计,进行试验设计、验证和优化计算;
- (6) 具有先进的分析计算能力和强有力的求解器;

(7) 提供各种函数,可以集成用户自定义函数;

(8)具有集成化的动力传动子系统,如齿轮、轴承、链条、皮带、线缆和凸轮,方便快速建 立传动子系统;

(9) 可以与疲劳耐久软件结合进行瞬态疲劳计算,可以与控制软件进行联合仿真。

1.2 ADAMS/View 界面

1.2.1 ADAMS/View 欢迎界面

双击桌面上的 ADAMS/View 快捷 Mark Nindows 开始 ADAMS/View, 世界 Adams 2020 → 【Adams View】命令, 就可以启动 ADAMS/View, 首先出现的是欢迎对话框, 如图 1-2 所示。



图 1-2 ADAMS/View 的欢迎对话框

在欢迎对话框上,可以进行如下操作:

(1) New Model: 新建一个模型, 然后进入 ADAMS/View 环境, 之后会弹出创建新模型的设置, 如图 1-3(a)所示。

(2) Existing Model: 打开一个已经存在的模型,会弹出打开模型对话框,如图 1-3(b) 所示。

(3) Exit: 退出程序。

Ad Create New Model	×	Ad Open Existing Model X
	Create New Model	Open an Existing Model
Model Name	MODEL_1	File Name D:\ADAMS_Work\helicopter.bin
Gravity	Earth Normal (-Global Y)	Use File Directory as Working Directory
Units	MMKS - mm,kg,N,s,deg	Working Directory D:VADAMS_Work
Working Directory	D:VADAMS_Work	
	OK Apply Cancel	OK Cancel
	(a)	(b)

图 1-3 新建模型对话框和打开模型对话框

如果是选择 New Model,可以进行如下设置:

(1) Model Name: 输入新模型的名称。

(2) Gravity:设置重力加速度,可以进行下面三种设置。

① Earth Normal(-Global Y): 重力加速度的方向沿总体坐标系的负 Y 方向。

② No Gravity:没有重力加速度。

③ Other: 其他情况,在新建模型弹出设置重力加速度的对话框,可以参考 1.3.5 节 内容。

(3) Units:确定系统使用的单位制,用户可以根据自己模型的需要,将长度、质量和力的单位设置相应的单位即可,有关单位设置的内容详见1.3.4节内容。

(4) Working Directory:设置工作路径,可以单击 按钮进行设置,在存盘读取文件时,默认的文件位置是工作目录。

如果选择的是 Open Existing Model,则弹出如图 1-3(b)的对话框,可以进行如下设置:

(1) File Name: 输入已经存在的模型名称,扩展名是. bin、adm、py或. cmd,可以单击 29 按钮进行选择。

(2) Working Directory:设置工作路径,可以单击 按钮进行设置。

1.2.2 ADAMS/View的界面

在欢迎对话框中,选择 Existing Model,然后打开本书二维码中 chaptor_01 中的 Helicopter. bin 模型,图 1-4 所示为 View 模块的用户界面,主要由主菜单、建模工具条、可 视化工作区、模型树和状态工具条组成,其中主菜单栏包含下拉式菜单,建模工具条包含建 立模型时所需的按钮,也是我们使用频率最高的按钮,模型树中用树结构列出了当前模型中 所有的元素,如构件、载荷、约束。读者可以单击 Simulation 项然后再单击 Simulate 中的 砂按钮,在新弹出的对话框中,将 End Time 设置成 1,将 Steps 设置成 500,再单击 ▶按 钮,可以观察到直升机的仿真动画。状态工具条有一些控制按钮,如背景颜色、图标的显示



图 1-4 ADAMS/View 的界面

=

等。建立模型的过程主要是使用建模工具条、主菜单和一些对话框建立模型的过程。另外, 用户还可以直接输入命令来代替相应的操作,使用工具栏或菜单等的操作实际也是引发一 定的命令来修改数据库的过程。

1.2.3 界面上的快捷键

为方便操作,可以使用 ADAMS/View 提供的一些快捷键,包括图形操作快捷键和菜单快 捷键,在建模的过程中,用得最多的快捷键是有关图形操作的快捷键,如模型的平移、缩放、旋 转、工作栅格的隐藏显示等。表 1-1 所示为图形变换的快捷键,表 1-2 所示为菜单快捷键。

快捷键	功 能	快捷键	功 能
T键+鼠标左键	平动模型	て嫌上鼠長士嫌	定制旋转中心,并移到可视化图
R键+鼠标左键	旋转模型	℃硬→矾你生硬	形区的中心
Z键+鼠标左键	动态缩放模型	E键+鼠标左键	将某构件的 XY 平面作为观察面
F 键或 Ctrl+F 键	以最大比例全面显示模型	G 键	切换工作栅格的隐藏与显示
S键+鼠标左键	沿着垂直于屏幕的轴线旋转	V 键	切换图标的隐藏与显示
W梅士自长士碑	收屋首的一部八边十	M 键	打开信息窗口
W键丁砜你左键	付所带的一种分成人	Esc 键	结束当前的操作

表 1-1 图形变换的快捷键

表 1-2 菜单快捷键

快捷键	功 能	快捷键	功 能
Ctrl+N	新建数据库	Ctrl+C	复制一个元素
Ctrl+O	打开数据库	Ctrl+X	删除一个元素
Ctrl+S	保存数据库	E1	根据当前的状态,打开相应的
Ctrl+P	打印	ГІ	帮助
Ctrl+Q	退出 ADAMS/View	F2	打开读取命令文件的对话框
Ctrl+Z	取消上一步的操作	F3	打开命令输入窗口
Ctrl+Shift+Z	恢复上一步的撤销操作	F4	打开坐标窗口
Ctrl+E	编辑一个元素	F8	进入后处理模块

1.2.4 状态工具条

图形区右下角的状态工具条中的按钮经常使用,其功能如表 1-3 所示,在一些按钮的右下角,有个黑色的三角形,这种按钮是折叠按钮,在这个按钮上单击鼠标右键,弹出其他一些按钮。

按	钮	功能
		设置可视化图形区的背景颜色,在这个按钮上单击鼠标右键,还有其他颜色可以选择
		隐藏或显示可视化图形区左下角的全局坐标系,在这个按钮上单击鼠标右键,可以隐藏
J++ •		或显示可视化图形区的模型名称、鼠标的坐标窗口和视图旋转窗口

表 1-3 状态工具条按钮

续表

T

按 钮	功 能
	设置将可视化图形区分成几个小窗口来显示模型,在这个按钮上单击鼠标右键,可以有
	2~6个小窗口样式可以选择
1:::	隐藏或显示工作栅格,相当于G键
-	以透视图或者平行图的样式显示模型。在透视图下,同样大小的物体,距离远时显示的
	小,距离近时显示的大,而平行图时没有这种效果
	模型以渲染或线框样式显示
,⊥ _i	隐藏或者显示模型图标,相当于 V 键。双击该按钮,打开图标设置按钮
	列出模型中一些元素的信息。在这个按钮上单击鼠标右键,选择其他按钮,可以列出各
(i)	个件之间的连接关系、验证模型,汇报模型中零件、约束和自由度的个数,以及模型的拓
	扑结构
\odot	终止当前正在执行的命令

1.2.5 主菜单工具条

主菜单工具条中的按钮主要是一些图形可视化操作的按钮,它们的功能如表 1-4 所示。

按钮	功能
+	新建模型,在一个数据库中,可以同时有几个模型
	保存数据库
×	选择或者清除选择物体
2	恢复上一步的撤销操作
5	撤销上一步操作
日或日	前视图或后视图显示模型
国英国	右视图或左视图显示模型
回或日	顶视图或底视图显示模型
	轴测图显示模型
🛴 或 🖼	以某个物体的 XY 面作为视图面,或以 3 点作为视图面
949 600	创建或修改一个新的材料
•	设置部件和部件元素的颜色
_₽	移动或者旋转部件,可以重新定位部件。在这个按钮上单击鼠标右键,还有其他一些按钮,可以精确定位部件,或者控制工作栅格的样式
<u>ال</u>	创建一个新的组
***	以最大化显示模型,相当于 F 键
	局部放大模型,相当于W键

表 1-4 主菜单工具条中的按钮的功能

按钮	功能
\odot	定制旋转中心,并移到可视化图形区的中心,相当于C键
会 或×	旋转模型,相当于 R 键或 S 键
创、或心、	平动模型,相当于 T 键,或者在透视图显示下,动态改变透视深度
e,	缩放模型,相当于Z键

在未选择任何物体的情况下,即单击主菜单工具条中的 ★按钮后,在可视化图形区的 空白处单击鼠标右键,也可以弹出右键快捷菜单,如图 1-5 所示,用于控制图形的显示,大部 分功能与主菜单工具条和状态工具条中的按钮功能差不多,在此不再详述。



图 1-5 图形区右键快捷菜单

1.3 设置工作环境

在建立模型以前,一般需要首先设置工作环境,如选择坐标系、单位制、工作栅格等。如 果单位制设置的与几何模型的单位制不符,则会出现仿真结果上的错误,这些都需要引起读 者的特别注意。

1.3.1 设置 ADAMS/View 的工作路径

在新建项目或者新安装了 ADAMS 后,最好新建一个工作路径,将相关的文件放到该路径下,可以方便读存。如果在桌面上有 ADAMS/View 的快捷菜单,在该快捷菜单上单击鼠标右键,或者在 Windows 开始程序中找到 ADAMS/View 的启动菜单,在启动菜单上单击右键,然后在弹出的快捷菜单中选择【属性】项,在属性对话框中选择"快捷方式"页,然后在"起始位置"的输入框中输入已经建立好的工作路径,如图 1-6 所示,这样可以设置 View 的默认的工作路径。在选择工作路径时,不要选择有空格和中文的路径,这样设置的工作路径就是每次启动 ADAMS/View 时默认的工作路径。另外启动 ADMAS/View 后,选择【File】→【Select Directory】命令,可以随时指定工作路径。

1.3.2 设置坐标系和旋转序列

在 ADAMS/View 的左下角,有一个原点不动,但可以随模型旋转的坐标系,该坐标系

续表

经调	安全 快捷方式 选项		详细信息	以前的	
常规			字体	布局	颜色
1	Adams View	w 2020			
					_
目标①:	vare\Ad	ams\2020\	common\mdi	i.bat" aview	ru-s
					_
起始位置(5):	d:\ADA	MS_Work			
快捷键(区):	无	无			
运行方式(<u>R</u>):	最小化				~
打开文件所有	在 的 位置 (F)	更改图	标(C)	高级(D)	. 1

图 1-6 Adams View 2020 属性对话框

用于显示系统的总体坐标系的方向,默认为直角坐标系,另外在每个刚体的质心处,系统会固定一个坐标系,称为连体坐标系(局部坐标系,ADAMS/View中称为 Marker),通过描述 连体坐标系在总体坐标系中的方位(方向和位置),就可以完全描述部件在总体坐标系中的 方位。

在 ADAMS 中有三种坐标系,分别为直角坐标系(cartesian)、柱坐标系(cylindrical)和 球坐标系(spherical),如图 1-7 所示。空间一点在三种坐标系中的坐标分别表示为(x,y,z)、 (r, θ, θ)和(ρ, ϕ, θ),并且它们之间满足如下关系:



图 1-7 ADAMS 中的坐标系 (a) 直角坐标系: (b) 柱坐标系: (c) 球坐标系

刚体在空间旋转时,其连体坐标系可以相对于自身旋转后的某个坐标轴旋转一定角度 (刚体固定,Body Fixed),也可以相对于自身原来的坐标轴旋转一定角度(空间固定,Space Fixed)。在旋转时,可以绕不同的坐标轴旋转,也可以绕着相同的坐标轴旋转,这样就形成 了一个旋转序列。在 ADAMS/View 中,绕 x 轴旋转称为 1 旋转,绕 y 轴旋转称为 2 旋转, 绕 z 轴旋转称为 3 旋转,这样就可以形成多个旋转序列(Rotation Sequence),如 313、213、 123 等。如果按照 313 刚体固定的旋转序列来旋转坐标系,则旋转过程如图 1-8 所示。首先 绕 z 轴旋转一定角度,x 轴旋转到x'位置,y 轴旋转到y'位置,z 轴不动,这样就得到新的坐 标系(x'y'z),如图 1-8(a)所示;然后绕坐标系(x'y'z)的x'轴旋转一定角度,y'轴旋转到y''位置,z 轴旋转到z'位置,x'轴不动,这样就得到另一个新坐标系(x'y'z'),如图 1-8(b)所 示;最后再绕坐标系(x'y'z')的z'轴旋转一定角度,x'轴旋转到x''位置,y''轴旋转到y'''位 置,z'轴不动,这样就最终得到了坐标系(x'y''z'),如图 1-8(c)所示。这种旋转序列的三次 旋转的角度称为欧拉角,欧拉角在高等动力学和多体系统动力学中有广泛的应用,其他旋转 系列与此类似,如 123、323 等。



图 1-8 坐标系的旋转过程 (a) 313 旋转的第1次旋转;(b) 313 旋转的第2次旋转;(c) 313 旋转的第3次旋转

选择【Setting】→【Coordinate System】命令,弹出坐标系设 置对话框,如图 1-9 所示,在对话框中选择相应的坐标系,以及 坐标系的旋转序列。另外还可以设置相对于刚体坐标系(Body Fixed)还是空间坐标系(Spaced Fixed)旋转,若是相对于刚体坐 标系,则是相对于每次坐标系旋转后的坐标进行旋转,而相对于 空间坐标系则是指相对于空间中原坐标系进行旋转,每次相对 旋转的坐标系是不动的。在 ADAMS 中描述的模型中各个构 件的位置时,可以用局部坐标系,也可以用总体坐标系, ADAMS 最终建立的运动学方程和动力学方程都要过渡到总体 坐标系中。

Loc	cation Coordinates	
•	Cartesian	_
C	Cylindrical	
c	Spherical	
Ro	tation Sequence 313	• d

图 1-9 设置坐标系对话框

旋转序列中的 Body Fixed 和 Space Fixed 是有很大区别的,以 313 旋转序列角(90°, -90°,180°)为例,Body Fixed 和 Space Fixed 的旋转过程如图 1-10 所示。

1.3.3 设置工作栅格

在建立几何模型、坐标系或者铰链时,系统会自动捕捉到工作栅格上。可以修改栅格的 形式、颜色和方位等。选择【Setting】→【Working Grid】命令,弹出设置工作栅格对话框,如 图 1-11 所示。可以将栅格设置成矩形坐标(Rectangular)形式或极坐标(Polar)形式,可以 用点或者线的形式表示,如图 1-12 所示,可以设置点或者线的大小或者粗细(Weight)、间距