

ADAMS

在机械设计中的应用

宋少云 尹芳 编著

- 如何求解理论力学中的深奥问题？
- 如何设计机械原理中的各种机构？
- 如何分析机械设计中的传动系统？
- 如何对复杂机械进行动力学计算？
- 如何编程并进行二次开发？

本书帮你找到答案



国防工业出版社

National Defense Industry Press

ADAMS 在机械设计中的应用

宋少云 尹芳 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

全书共分7章。第1章对 Adams/View 和 Adams/PostProcessor 的界面和基本使用方法进行了介绍,并以单摆为例说明 Adams 的一般使用过程。第2章介绍了在 Adams/View 中最常用的10种基本建模技术。第3章列举了11个例子,说明如何用 Adams 计算理论力学中的典型问题。第4章列举了10个例子,说明如何用 Adams 对机械原理中的连杆机构、齿轮机构、凸轮机构以及间歇运动机构进行建模与仿真。第5章列举了6个例子,说明如何用 Adams 对机械设计中的齿轮机构、链传动、带传动、轴承等进行建模与仿真。第6章以一个折叠机构为例,详细阐述了在 Adams 中编程的基本方法。第7章列举了3个较复杂的例子,说明如何联合三维软件和 Adams 进行建模与仿真,以及如何在 Adams 中做优化设计。

本书从机械类学生的知识基础出发,循序渐进地阐述 Adams 的应用,适合机械类、近机类的本科生、研究生、教师以及机械工程师使用。

图书在版编目(CIP)数据

ADAMS 在机械设计中的应用/宋少云,尹芳编著. —北京:国防工业出版社,2015.5

ISBN 978-7-118-09845-7

I. ①A... II. ①宋... ②尹... 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(2015)第 064870 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 20 $\frac{3}{4}$ 字数 515 千字

2015 年 5 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 49.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前言

为什么要写这本书呢？主要出于以下几个原因。

第一个原因，是笔者在近十年给机械学院的研究生上“虚拟样机技术及其应用”这门课程的过程中，一直没有找到自己想要的教材。“虚拟样机技术及其应用”这门课，就其传统意义而言，就是谈 Adams 应用的。但是 Adams 在许多学科中都有应用，那么在选择教材的内容时，应该选择哪些方面的应用呢？是谈机械振动方面的应用，还是刚柔耦合方面的应用？是汽车设计方面的应用，还是试验设计方面的应用？当然这些知识都是有用的，但是对于学生而言，他们是否会觉得谈这种应用很突然呢？就教学规律本身而言，它讲究知识的前后衔接，要求能够给学生一个合理的符合逻辑体系的知识架构，而不是突然从天而降一个空中楼阁，让人不可拾级而上。所有机械专业的学生都学习过理论力学、机械原理和机械设计，而 Adams 对这三个方面均提供了大量的支持，如果从这三门课程开始接着谈 Adams，他们会觉得熟悉而亲切，也便于迅速了解 Adams。可惜的是，笔者没有发现这样的书籍。所以很早，笔者就想从这三门课程着手，来谈 Adams 对于这些学科的支持，从而为机械专业的研究生们接触 Adams 提供一个合适的切入点。

第二个原因，来自于笔者给机械学院的本科生上“理论力学”和“机械原理”这两门课程中所遇到的困惑。理论力学这门课，逻辑严密，题目千变万化，很多动力学的问题，即便像笔者这样教学多年的人，初次遇见时仍旧感到束手无策。所以教学这么多年以来，笔者一直致力于寻求通用解法，希望使用这种通用解法，能够求解一切理论力学的问题。2003 年笔者读博士时，偶然接触到计算多体动力学理论，此时突然发现，笔者所苦苦寻找的通用解法，实际上就是计算多体动力学所采用的基本方法。而基于这种计算多体动力学理论，已经出现了几款专门的仿真软件，Adams 就是其中之一。所以笔者迅速转入到 Adams，并开始利用它来求解理论力学的各种问题，结果发现它异常好用。无论多么复杂的动力学问题，只要正确建模，Adams 都可以给出相当精确的答案。这一发现让笔者如获至宝，所以在近几年给学生上理论力学这门课时，已经开始有意地在上课期间向学生推荐这款软件，也开始在机械创新设计这门机械学院的选修课中向本科生们讲解这款软件的入门知识。

此外，在笔者教授机械原理这门课的过程中，更深刻地感受到该软件对于“机械原理”的重要性。机械原理主要讲机构的设计与分析，但是如果学生对于机构的动作并无感性认识，那么无论是分析还是设计都感到困难。而使用 Adams，可以迅速地对机构进行建模、仿真，之后就可以浏览动画，从而对于机构有非常直观的感性认识。除了做动画以外，Adams 对于凸轮机构的设计也很有用处。

鉴于以上原因，笔者以为，Adams 软件并不需要等到研究生阶段才对学生介绍，而是应该在本科阶段就引入。

第三个原因，来自笔者带学生参加全国机械创新设计比赛中的体会。在连续三届带领学

生参加全国机械创新设计比赛的过程中,笔者深切地感受到学生们在做设计时的那种无助与茫然。他们不知道方案设计从哪里开始,如何给出一个可行的方案,也不明白所给出的方案到底有没有用,无法对方案进行正确的评估,甚至连选择电机的功率都觉得很费劲。而当好不容易给出一个方案以后,他们也不明白结构设计该如何进行。他们所设计的轴和齿轮,基本上没有经过严格的力学计算。这并非他们不想进行计算,而是因为一旦机构复杂化后,几乎无法进行力学计算。我们在学习“理论力学”的静力学部分时,较为复杂的问题也只有四五根杆件,而且还只是平面结构。而对于我们设计的机械产品,一条传动链上可能就有十几个构件,而且还是空间结构。如何根据执行端的受力,正确推算出传动链上各个构件的受力,这是一个艰巨的任务。此时,所谓的解题技巧已经完全没有用处,而只能使用通用解法,也就是一个物体列出6个方程。如果传动链上有10个物体,这就需要列出60个方程。即便我们正确地列出了60个方程,那么该如何求解这60个方程呢?难道准备用手工计算吗?这令人望而生畏。这还仅仅是静力学问题,对于动力学问题该如何处理呢?难道对每个物体列出刚体平面运动微分方程后,再追加加速度关系吗?这更令人不寒而栗。因此许多学生放弃了计算这条途径,而只能随便给一个数据。对于所给定的这个数据,他们心中一点底都没有。到产品设计、加工、装配出来以后,一旦进行加载试验,才发现作品千疮百孔,到处都是问题,似乎每个地方都可能会发生断裂或者变形过大,学生们对自己的作品毫无信心。笔者在连续经过三次这样的比赛以后,深感计算的重要性,也深感我们的确需要一些称手的工具来帮助我们计算,而非手工计算。所以,像 Adams 这种进行机构力学计算的软件几乎变得必不可少。

所以,笔者深感在机械专业的高等教育中引入像 Adams 这样的仿真软件,已经不仅仅是一种时髦,也不是一种噱头。对于机械设计而言,他们就如同空气对于人类一样的重要。传统的手工计算方法无法求解复杂机构,对于复杂机构,几乎只有借助专业软件这一条道路。如果不使用专业软件,我们在大学所学习的许多课程,在实践中将会显得毫无用处。笔者以为,这也是为什么我们所培养的学生,在工作过程中觉得大学课程没有用处的重要原因。许多课程,对于所研究的对象做了大幅简化,为了能够给出解析解,使学生可以做课后作业、进行考试,这些课程只能做一些简单的习题。但是实际问题是复杂的、变化万千的,教材所给出的方法很难在实践中得到应用,这就导致了理论与实践的严重脱节,导致了“读书无用论”的泛滥。

鉴于此,笔者感到很有必要写一本关于 Adams 的书。在这本书中,谈论如何用它对机械专业基础课程中的问题进行求解,使学生在本科或者研究生学习阶段,就能领会这种方法,从而在日后的工作中,能够有意识地使用专业软件来辅助自己的设计,使自己所学习的知识没有白费,这就是笔者写这本书的主要原因。

鉴于以上原因,笔者在本书中主要谈了 Adams 在理论力学、机械原理和机械设计这三门课程中的应用。在谈这些应用的时候,笔者以例题为主线来展开讨论,这些例题,绝大部分都来自于上课时使用的教材。这样做的目的,是想告诉学生,Adams 就是为解决这种问题服务的。

除了谈 Adams 在这三门课程中的应用外,为了解决更复杂的问题,笔者也专门开辟出两章,一章谈 Adams 对于三维的复杂机构是如何进行仿真的,另一章谈如何进行编程。

在机械设计过程中,我们经常需要在三维建模软件中做出装配体,然后导入 Adams 中进行动力学分析,以考察结构的受力和运动。笔者发现,许多学生对于这种方式很陌生,在进行模型转换时没有使用正确的方法,结果在把模型导入 Adams 后,发现构件数目众多,给建模和

调试带来了相当的困扰。笔者在多年的模型转化过程中,找到了一些经验,希望能够分享这种经验,让学生们或者机械工程师们在遇到这种问题时少走弯路。这就是笔者开辟一章谈 Adams 对于三维复杂机构进行仿真的原因所在。

至于编程那一章,来自于笔者在与许多 CAE 爱好者交流时他们所提出的困惑。他们发现,有时需要对 Adams 进行二次开发,但是市面上关于 Adams 的书籍,谈 Adams 二次开发的不多,有的谈到了,但是并没有给出一道完整的例题。这使得他们必须自己一点点摸索、研究、调试,而在遇到问题以后也没有人讨论,觉得自学起来十分费劲,急需得到有效的指导。此外,笔者也发现,很多 CAE 爱好者,虽然大学时学习过某种编程语言,但是他们实际上并没有编制过多少实用的程序,所以对于如何编程,本身就很模糊。有鉴于此,笔者专门开辟出一章,以一个折叠机构为例,非常详细地说明了如何用 Adams 对之进行编程,并仔细阐释了编程中的几乎所有细节问题,包括变量的定义,编程思路的形成,等等。这是一道十分完整的例题,它来自于笔者带领学生做创新设计比赛时遇到的一个实际问题,笔者希望这种详细的讲解能够让读者进入 Adams 编程的大门。

因此,这应该是一本密切联系实际的书,它的目的是希望读者在学会书中的知识以后,能够在实际设计中,能在 Adams 的帮助下使用自己在大学阶段所学到的专业知识;这是一本充满例题的书:第 1 章就有 1 道单摆的入门例题,理论力学部分有 11 道例题,机械原理部分有 10 道例题,机械设计部分有 6 道例题,编程部分是 1 道完整的例题,复杂机构部分有 3 道例题。希望读者在学习这些例题以后,能够触类旁通,举一反三。这也是一本讲解细致的书,对于所有的例题,我们都做了相当详尽的讲解,包括在建模前的理论分析,建模中的详细说明,以及建模后的讨论与小结,等等。我们这样做的目的,是希望读者不仅仅会操作,而且能深刻理解这种操作的由来,并及时总结经验,从而能够非常清晰地理解知识和软件本身。所以,理论联系实际、大量列举例题、详细说明原理,是本书的三大特色。

就总体编排而言,本书分为 7 章。其中,第 3 章、第 4 章和第 5 章,分别讨论 Adams 在理论力学、机械原理和机械设计中的应用,这是本书的核心部分;第 6 章和第 7 章,分别谈论 Adams 的编程以及它对于复杂机构的仿真,这算是扩展部分;第 1 章是对于 Adams 的入门介绍,它简要地介绍了 Adams 的两个核心模块:Adams/View 和 Adams/Post Processor 的最重要功能及一般使用过程,并以一个单摆为例说明如何使用这两个模块;第 2 章谈的是 Adams/View 的 10 种基本使用技术。因为这些技术在后面几章的建模和仿真中使用的频率相当高,为了节省全书篇幅,就在该章中对这些常用技术进行了集中讲解,而到后面几章中用到这些技术时,一带而过,所以这两章是基础。因此,本书是由基础篇(第 1,2 章)、核心篇(第 3,4,5 章)和扩展篇(第 6,7 章)组成的。

本书的绝大部分内容由宋少云写作,由尹芳反复修改后最终定稿。

在本书的写作过程中,我们得到了许多在校学生以及 CAE 网友的大力支持,尤其是得到了笔者所带的研究生张凤姣、李小力、侯晶晶、李祖吉、满续文的大力帮助,他们提出了很多建设性的建议和意见,并为本书的校稿付出了很多心血,在此一并感谢。

本书中的模型文件,读者可以在国防工业出版社网站(<http://www.ndip.cn>)“资源下载”栏目下载。

由于时间紧张,本书在撰写过程中难免会有一些错误,读者若有意见和建议,请在百度中搜索“宋博士的博客”(<http://blog.sina.com.cn/doctorsongshaoyun>),给我留言。

目 录

第 1 章 绪论 1

- 1.1 Adams 软件简介 1
- 1.2 Adams/View 入门 2
 - 1.2.1 界面介绍 2
 - 1.2.2 一般使用方法 5
- 1.3 Adams/PostProcessor 入门 10
 - 1.3.1 界面介绍 11
 - 1.3.2 一般使用方法 11
- 1.4 实例:单摆 14
 - 1.4.1 问题描述 14
 - 1.4.2 理论分析 14
 - 1.4.3 建模 14
 - 1.4.4 仿真 18
 - 1.4.5 后处理 18
 - 1.4.6 讨论 24

第 2 章 使用 Adams/View 的十种基本技术 26

- 2.1 如何建模实体 26
 - 2.1.1 创建连杆 26
 - 2.1.2 创建凸轮 27
 - 2.1.3 小结 29
- 2.2 如何观察模型 30
- 2.3 如何修改实体 31
 - 2.3.1 了解构件的内部表示 ... 31
 - 2.3.2 修改构件的名称 32
 - 2.3.3 修改构件的颜色 32
 - 2.3.4 修改构件的可见性 32
 - 2.3.5 修改构件的透明度 33
 - 2.3.6 激活/休眠构件 33
 - 2.3.7 删除构件 34

- 2.3.8 移动构件 34
- 2.3.9 小结 34
- 2.4 如何建模坐标点 34
 - 2.4.1 创建单个的坐标点 34
 - 2.4.2 创建一批坐标点 35
 - 2.4.3 小结 36
- 2.5 如何创建转动副和移动副 36
 - 2.5.1 创建转动副 36
 - 2.5.2 创建移动副 37
 - 2.5.3 小结 38
- 2.6 如何创建驱动 38
 - 2.6.1 施加常数类型的旋转驱动 38
 - 2.6.2 施加函数类型的旋转驱动 38
- 2.7 如何施加力 42
 - 2.7.1 任务描述 42
 - 2.7.2 操作 42
- 2.8 如何使用仿真控制对话框 43
- 2.9 如何创建测量 45
 - 2.9.1 观察结果的四种方法 ... 45
 - 2.9.2 测量的种类 45
 - 2.9.3 创建对象测量的方法 ... 46
- 2.10 如何使用文本框 48

第 3 章 Adams 在理论力学中的应用 ... 51

- 3.1 引言 51
- 3.2 静力学分析 52
 - 3.2.1 简支梁的平衡计算 52
 - 3.2.2 外伸梁的平衡计算 58
 - 3.2.3 平面桁架内力的计算 ... 65
 - 3.2.4 空间结构的内力计算 ... 74

3.3	运动学分析	80	5.2	齿轮机构的建模与分析	186
3.3.1	牛头刨床的运动分析	80	5.2.1	概述	186
3.3.2	凸轮机构的加速度 分析	89	5.2.2	斜齿圆柱齿轮机构的建模 与分析	188
3.3.3	纯滚动的建模与仿真	97	5.2.3	直齿锥齿轮机构的建模 与分析	196
3.4	动力学分析	104	5.2.4	复合轮系的建模与 仿真	199
3.4.1	质点系动力学	104	5.3	链传动的建模与分析	205
3.4.2	三棱柱的滑动	111	5.3.1	概述	205
3.4.3	板上有滚子的动力学 问题	120	5.3.2	滚子链传动的运动学 建模与仿真	207
3.4.4	滑轮组的动力学	127	5.4	带传动的建模与分析	213
第4章	Adams 在机械原理中的 应用	133	5.4.1	概述	213
4.1	引言	133	5.4.2	V 带传动的建模与 仿真	215
4.2	核心机构的建模	134	5.5	滚动轴承的建模与分析	225
4.2.1	四杆机构的建模与 仿真	134	5.5.1	概述	225
4.2.2	六杆机构的建模与 仿真	139	5.5.2	滚轴轴承的建模与 仿真	226
4.2.3	小结	143	第6章	Adams 编程入门	236
4.2.4	尖底推杆盘形凸轮机构 的建模	143	6.1	引言	236
4.2.5	外啮合圆柱齿轮机构的 建模	148	6.2	主要建模命令分析	237
4.2.6	齿轮齿条机构的 建模	153	6.2.1	任务分析	237
4.3	高级建模技术	157	6.2.2	主要建模命令	237
4.3.1	棘轮机构的建模	157	6.3	Adams/View 的逻辑控制语句	246
4.3.2	槽轮机构的建模	164	6.3.1	如何使用循环语句	246
4.3.3	凸轮机构的设计	167	6.3.2	如何使用条件语句	248
4.3.4	复杂机构的建模与 仿真	173	6.4	程序片段的编制	249
4.3.5	大型模型合并技术	176	6.4.1	创建关键点的算法	249
第5章	Adams 在机械设计中的 应用	184	6.4.2	创建连杆的算法	252
5.1	引言	184	6.4.3	创建滑块的算法	255
			6.4.4	创建转动副的算法	256
			6.4.5	创建移动副的算法	260
			6.4.6	创建集中力的算法	260
			6.4.7	施加速度驱动的 算法	261

6.5	创建宏	262	7.2	凸轮演示机构的运动学仿真 ...	275
6.5.1	概述	262	7.2.1	问题描述	275
6.5.2	创建折叠机构的宏	262	7.2.2	建模分析	276
6.6	对话框	264	7.2.3	仿真过程	277
6.6.1	概述	264	7.3	单缸发动机的动力学仿真	288
6.6.2	创建折叠机构的 对话框	265	7.3.1	问题描述	288
6.7	定义菜单	270	7.3.2	建模分析	289
6.7.1	概述	270	7.3.3	仿真过程	289
6.7.2	创建折叠机构的 菜单项	271	7.3.4	讨论	303
6.8	程序的应用	273	7.3.5	小结	303
第7章	Adams 在机械设计中的综合 使用	275	7.4	飞剪机的优化设计	304
7.1	引言	275	7.4.1	问题描述	304
			7.4.2	建模分析	305
			7.4.3	仿真过程	306
			参考文献		322

第1章 绪 论

1.1 Adams 软件简介

Adams 的英文全称是 Automatic Dynamic Analysis of Mechanical System, 其对应的中文翻译是“机械系统的自动动力学分析”。从该名称可以看出, 该软件用于对机械系统进行动力学分析, 而机械系统正是机械专业学生进行设计、分析和制造的对象, 所以 Adams 主要是为机械类学生服务的一款专业软件。

Adams 是对机械系统进行动力学分析的, 这就意味着它与 AutoCAD, Pro/Engineer, SolidWorks 等软件的设计目的是不一样的。这些软件的主要目的是为机械设计 & 机械制造服务的, 虽然它们也含有分析功能, 但 Adams 是专门为动力学分析服务的, 其动力学分析功能更全面而强大。

所谓动力学分析, 是指对于某一个系统, 当在它上面加上力和/或运动后, 经过计算, 我们可以得到其上任何一个构件或者某个点的位移、速度、加速度, 以及在运动副处(如果有的话)的受力情况。这样, 对 Adams 而言, 它输入的是机械系统, 输出的主要是位移, 速度, 加速度和力四种力学量。

我们知道, 动力学分析是诸如理论力学课程所解决的问题。理论力学中已经花费了大量的篇幅谈论如何用动量定理、动量矩定理、动能定理、达朗贝尔原理以及拉格朗日方程来求解动力学问题, 为什么还需要用软件来对动力学问题进行分析呢?

实际上, 仔细研究理论力学中的问题就可以发现, 理论力学所提出的解法看似很完美, 但只要机构稍微复杂一点(例如有 3~5 个构件), 手工求解就十分麻烦。而在实际工程中我们面对的构件数目成百上千, 手工计算其工作量不可思议。工作量大还只是一个方面, 更麻烦的在于有些问题从数学上根本就不可能得到解析解, 而只能得到所谓的数值解。在这种情况下, 对机械系统进行手工动力学分析就成为一件几乎不可能完成的任务。

为了解决这个难题, 研究人员提出用计算机求解机械系统的动力学问题, 并相应地开发出一些动力学分析软件, 比较著名的如 Adams, Recurdyn, Simpack, Nucars, Samcef 等。Adams 只是其中之一, 但也是非常重要的一款, 它发展到至今也不过 30 多年, 其创始人是美国的 Michael E.Korybalski。

1973 年, Michael E.Korybalski 在美国密西根大学安娜堡分校(University of Michigan, Ann Arbor)获得机械工程硕士学位后, 进入福特汽车公司工作, 担任产品工程师。四年后, 他与人合作在密执安州安娜堡镇创立了 MDI 公司(Mechanical Dynamics Inc.), 到 1980 年开发出第一套 3D 机构运动分析系统商品化软件, 称为 Adams。2002 年, MDI 公司被 MSC.Software 公司收购, 这样 Adams 成为 MSC 产品线的一个组成部分, 更名为 MSC.Adams。经过多年的发展, 如今 Adams 发展成为 Adams2013 版, 这也是本书所使用的版本。

Adams 发展至今, 其包含的内容已经相当广阔, 在其内部包含了很多模块, 可以求解的

问题也超越了单个学科的范围，而成为一个多学科的仿真软件。下面以 Adams2013 为例，对其组成做一个简要介绍。

Adams2013 中包含一系列模块，按照功能总体上可以分为四类：

- 基础类。包含 4 个模块：Adams/View 主要用于建模，它是本书中使用最多的一个模块；Adams/Solver 用于计算，初级用户很少会直接使用它，而是在 Adams/View 中通过一个按钮间接调用该模块；Adams/PostProcessor 用于进行后处理，本书也会经常使用它；Adams/Insight 是专门用于做虚拟试验的一个模块，本书不会涉及它。

- 高级类。包含六个模块：Adams/Controls 用于机械—控制系统的联合仿真；Adams/Durability 用于耐久性仿真；Adams/Flex 用于创建柔性体；Adams/Mechatronics 用于机电一体化系统的仿真；Adams/Vibration 用于振动系统的仿真；ViewFlex 用于创建柔性体。

- 汽车类。包含七个模块：Adams/Car(汽车模块)；Adams/Car Ride(平顺性分析模块)；Adams/Car Truck(卡车模块)；Adams/Chassis(专业底盘模块)；Adams/Driveline(传动系统模块)；Adams/SmartDriver(高级驾驶员模块)；Adams/Tire(轮胎模块)。这些模块主要用于汽车设计中。

- 机械类。Adams/Machinery(机械模块)，里面包含了对齿轮机构、带传动、链传动、轴承的建模和仿真，这主要是为通用机械设计而提供的一个模块。本书会专门开辟一章介绍其中的内容。

下面将主要介绍 Adams 的基础类中的两个模块：Adams/View 和 Adams/PostProcessor，它们是在实际仿真中用的最多的两个模块，本书的绝大部分任务都是在这两个模块中解决的。

1.2 Adams/View 入门

Adams/View 是 Adams 系列产品的核心模块之一，主要用于机械系统的建模。本节介绍两个内容：Adams/View 的界面以及 Adams/View 的一般使用方法。

1.2.1 界面介绍

从 Windows 的【启动菜单】→【所有程序】→【MSC.Software】→【Adams 2013】→【Aview】→【Adams-View】进入 Adams/View 的欢迎界面(图 1-1)。

可以看到，该欢迎界面有三个选项：

- New Model(新模型)：用于创建一个新的模型。
- Existing Model(现存的模型)：用于打开一个现有的模型。
- Exit(退出)：退出 Adams/View。

这里选择 New Model 创建一个新模型，接着弹出了一个 Create New Model(创建新模型)的对话框(图 1-2)。该对话框主要用于确定新模型的最基本属性。

① Model Name(模型名)。指定该新模型的名称，请使用英文或者汉语拼音，而不要使用中文字符。

② Gravity(重力)。用于指定是否需要考虑重力，以及重力的方向。运动学分析不需要考虑重力；动力学分析一般需要考虑重力；而对于静力学分析，基于问题的性质，会有选择性的考虑是否需要重力。对于该项，也可以在进入 Adams/View 的主界面后再通过主菜单进行设置。

③ Units(单位)。主要用于确定模型的长度、质量、力、时间、角度的单位。对于机械产品而言，长度通常为 mm，有时候为 m。对于该项，同样也可以在进入 Adams/View 的主界面后，通过主菜单进行设置。

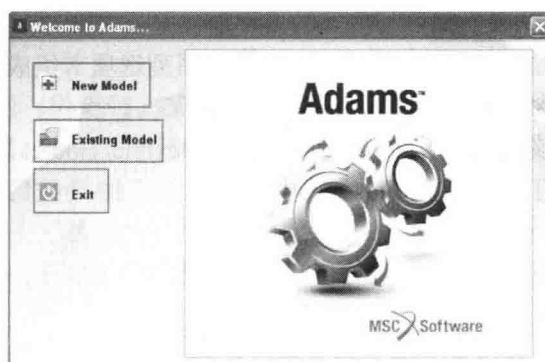


图 1-1 Adams/View 的欢迎界面

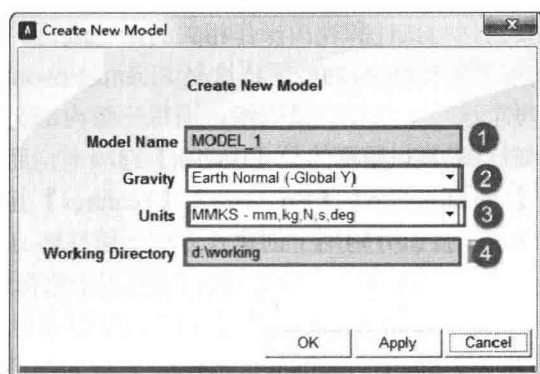


图 1-2 设置模型的基本属性

④ Working Directory(工作目录)。是模型存储的路径,注意不要使用带有中文字符的路径。本书所有的模型,都存储在 d:\working 目录下。

按下【OK】按钮后就进入 Adams/View 的主界面,如图 1-3 所示。

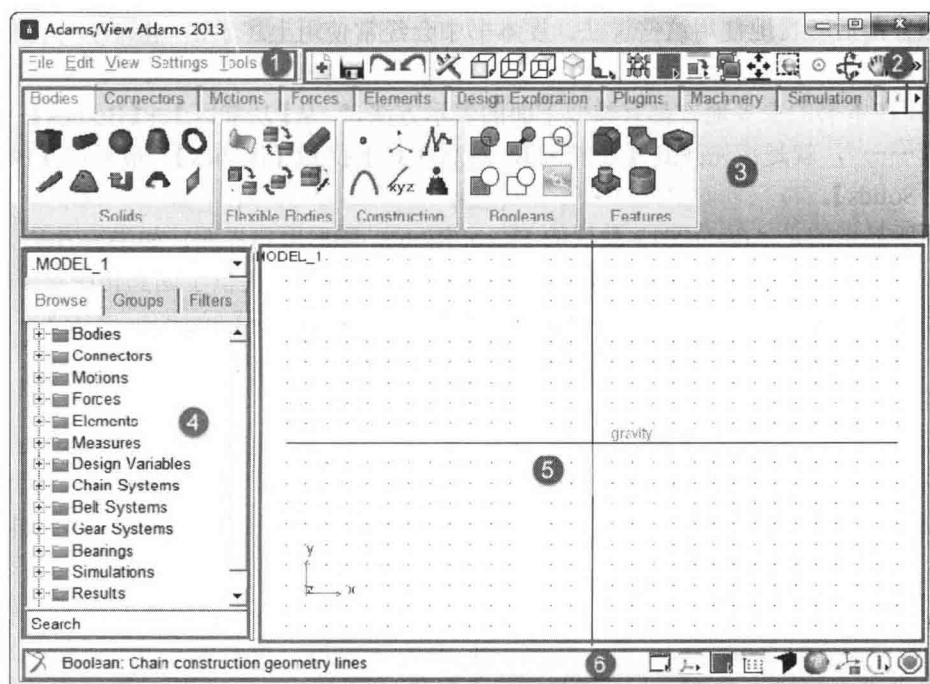


图 1-3 Adams/View 的主界面

从图 1-3 可以看到,它是一个标准的 Windows 用户界面,含有主菜单、工具栏、状态栏、主窗口、模型树这样一些标准的配置,与绝大多数 Windows 程序一样。另外,Adams2013 采用了流行 Fluent/Ribbon 图形用户界面。下面对该界面的六个组成部分进行简要介绍。

① Main Menu(主菜单)。主要包含文件(File)、编辑(Edit)、视图(View)、设置(Settings)、工具(Tools)几个菜单项。在建模初期,经常会使用【Settings】对单位、重力、工作网格等进行设置,而菜单项 Tools 中的【Table Editor】也经常被用作系列 Marker 的创建。主菜单中的其他菜单子项,在需要的时候再单独介绍。

② Toolbar(工具栏)。与一般 Windows 程序类似,也是一些常见功能的快捷按钮,这里主

要包括与文件和视图操作相关的命令按钮。

③ Ribbon(功能区)。这是 Fluent/Ribbon 图形用户界面的主要体现,由一系列选项卡组成,每个选项卡包含一系列组,而每一组内部又包含若干按钮,每个按钮对应着某一种操作。例如:图 1-3 显示的是【Bodies】选项卡,而在该选项卡下面有【Solids】、【Flexible Bodies】、【Construction】、【Booleans】、【Features】五个组。而在【Solids】组中,又包含了 10 个按钮,这十个按钮分别用于创建长方体、圆柱体、球、圆台等实体。

④ Model Tree(模型树)。主要用于选择数据库的对象,并对它们进行修改操作。

⑤ Main Window(主窗口)。是显示模型的地方。

⑥ Status Toolbar(状态栏)。它分为两部分,左边部分用于在建模过程中对下一步进行操作提示,右边包含九个按钮,这九个按钮分别用于进行背景颜色的设置(□)、界面元素的开关(☐)、视口的设置(👁)、工作网格的设置(📏)、透视方式的转换(👁)、线框模型/着色模型的转换(🔍)、图标开关(🔍)、数据库信息的显示(i)、停止命令(🛑)。

请读者注意上述术语【主菜单】、【工具栏】、【功能区】、【模型树】、【主窗口】和【状态栏】在图 1-3 中所对应的元素。这些术语是本书所使用的方式,与其他书籍的翻译未必一致,但是本书会前后一贯地使用这些说法。在本书中会经常使用上述术语,以表明我们需要操作的地方。

例如,在本书的很多地方都有类似下面的表示方法,“从【功能区】→【Bodies】→【Solids】组中选择……”,就是指先找到【功能区】,然后在其下找到【Bodies】,最后在【Bodies】下面找到【Solids】。

上面所显示的是 Adams2013 默认的 Fluent/Ribbon 图形用户界面,如果读者是 Adams 的老用户,可能对这种新界面并不习惯。考虑到这一点,Adams 提供了回到传统菜单式界面的方法。从 Fluent/Ribbon 图形用户界面的【主菜单】→【Settings】→【Interface Style】→【Classic】可以进入 Adams 的经典菜单界面(图 1-4)。

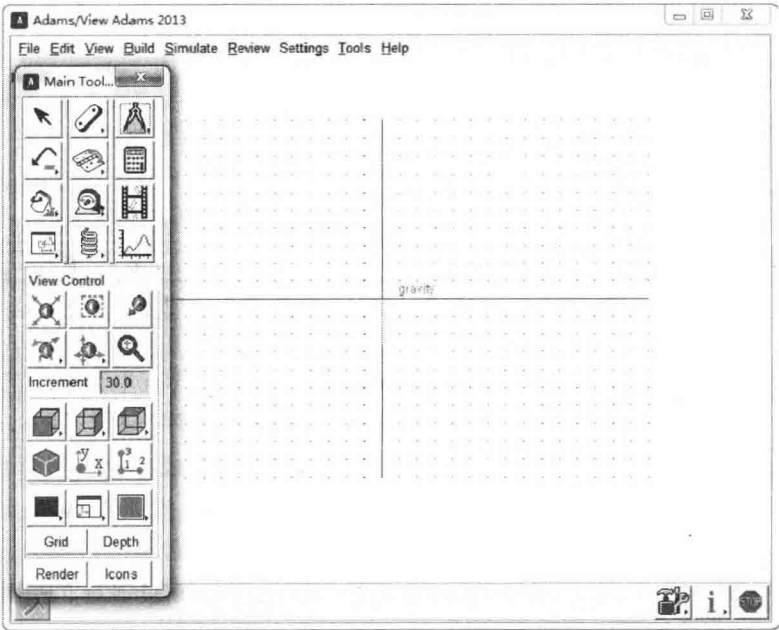


图 1-4 Adams/View 的经典界面

对于复杂的模型操作而言，传统菜单界面并不方便，它的最大缺点是不能方便地选择对象。若是新用户，推荐使用 Fluent/Ribbon 图形用户界面；即便是 Adams 的老用户，也建议及早适应新的 Fluent/Ribbon 界面。毕竟 Fluent/Ribbon 界面是 Windows 程序用户界面发展的总趋势，而且它的确具有经典界面所不可比拟的优越性，其最大的优越性在于查找模型、修改模型都很方便。

从传统界面的【主菜单】→【Settings】→【Interface Style】→【Default】就可以回到 Adams 的 Ribbon 界面了。

1.2.2 一般使用方法

Adams 是一个主要用于动力学仿真的软件。要进行动力学仿真，总体上分为三步：建模、仿真、后处理。

建模，就其终极意义而言，是创建问题的数学模型。这种数学模型表现为一系列的微分—代数方程组。在 Adams/View 中，用户既可以直接创建数学模型，也可以间接创建数学模型。

Adams/View 提供了直接创建数学模型的功能。通过使用【功能区】→【Elements】→【System Elements】(图 1-5)组中的有关元素，用户可以方便地创建微分—代数方程组，然后进行求解。此时系统中可以不必出现任何几何模型，但是 Adams 依然会求解微分—代数方程组。

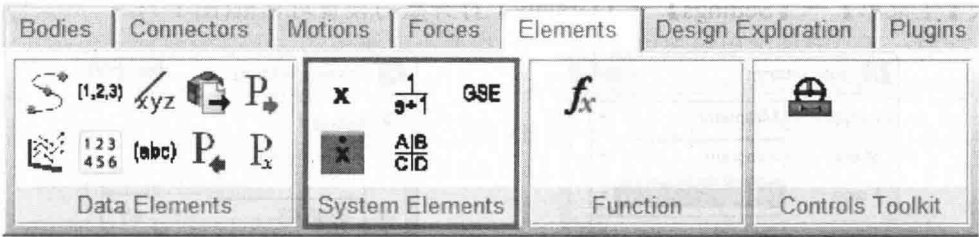


图 1-5 功能区中创建微分方程的系统元素

但是相比较而言，在绝大多数情况下，我们使用的是 Adams/View 所提供的间接创建数学模型的功能。所谓间接创建数学模型，是指用户首先在界面中交互地创建几何模型，建立约束，施加力或者驱动，而让 Adams 对这些建模元素进行分析，进而转化为动力学微分方程及代数方程。

间接创建数学模型的方式，是我们最常用的方式，也是本书所使用的主要方式。使用该建模方式，建模过程主要包括创建几何模型、施加约束、施加驱动(力)三个阶段。所谓创建几何模型，是指通过使用 Adams/view 所提供的几何建模工具，或者导入其他软件创建的几何模型，经过处理，最终得到 Adams/view 中可以识别的构件。一般而言，对于简单的几何体，我们会直接在 Adams 中创建；对于复杂的几何体，则多采用导入外界模型的方式。所谓施加约束，是指在构件之间建立连接关系，例如对只能发生一个方向相对转动的两个构件之间施加转动副。在施加完约束后，一般要对系统中某些构件施加运动驱动或者力。对于静力学问题而言，一般是加力；对于运动学问题而言，总是施加驱动，例如一个角速度；对于动力学问题而言，则施加力或者驱动都有可能。

在创建完模型后，下一步是进行仿真。就其实质而言，仿真是在求解微分—代数方程组，这正好是动力学计算的核心部分。不过在 Adams/View 中，这些复杂的计算都在幕后进行，用户只需要在进行简单设置后，按一个按钮，就可以调用 Adams/Solver 进行计算。计算完毕后，

计算结果传回到 Adams/View，就可以进行后处理。

后处理主要是查看动画以及一些构件/点的位移、速度、加速度及力。如果是比较简单的后处理，可以直接在 Adams/View 中完成；而对于复杂的后处理，则需要进入到 Adams/PostProcessor 中进行，它提供了对模型数据的强大操作和显示功能。

下面将从应用的角度出发，介绍 Adams/View 中进行动力学分析的一般过程，并阐述该过程中用到的一些基本操作。为了能够获得对于 Adams/View 的初步感性认识，建议读者打开 Adams2013，新建一个模型，然后开始下面的操作。

一、建模准备工作

在创建几何模型前，通常需要进行一些初始设置工作。最常见的设置如下：

(一) 设置单位

从【主菜单】→【Settings】→【Units】打开单位设置对话框(图 1-6)。

在建模时，这几乎总是要做出的第一个选择。使用合理的单位，是得到正确分析结果的前提。在上述六个基本单位中，通常设置的是 Length(长度)，Time(时间)和 Angle(角度)。这里的 MMKS，MKS，CGS，IPS 是四种常见的配合，当选择这些按钮后会自动对上述六种单位进行设置。在本书中，长度一般设置为 mm，时间单位是 second，而角度单位是 degree。

(二) 设置重力

从【主菜单】→【Settings】→【Gravity】打开重力设置对话框(图 1-7)。

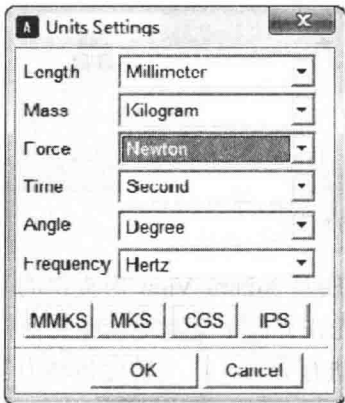


图 1-6 设置单位

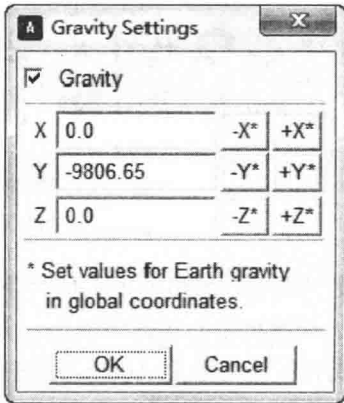


图 1-7 设置重力

当在【Gravity】前面的选择框内悬空时，意味着忽略重力。对于运动学问题，通常忽略重力；而对于静力学问题如桁架的内力分析，相比受到的外力而言，此时杆件的重力产生的影响可以忽略，此项也可悬空。

如果在【Gravity】前面的选择框内打钩，意味着要考虑重力，这通常出现在动力学问题中。在 Adams 中，重力可以设置为 -X，+X，-Y，+Y，-Z，+Z 六个方向。一般默认为 -Y 方向，也就是默认视图的向下方向，这也是本书中绝大多数情况下重力的方向，当单位设置为 kg，mm，second 的情况下，其大小是 -9806.65(kg · mm/s²)。

但是，当从其他软件如 SOLIDOWERS 中导入模型时，其重力方向未必总是 -Y 方向，此时应该根据实际情况进行调整。

(三) 设置工作网格

从【主菜单】→【Settings】→【Working Grid】打开工作网格设置对话框(图 1-8)。

与其他几何建模软件一样，为了便于绘图时自动捕捉一些点，Adams 也提供工作网格。如果模型直接从外部导入，一般不需要打开工作网格；如果模型中的尺寸并非规则的整数或小数，则工作网格意义也不大。但是，当模型尺寸规则时，打开工作网格则可以精确地自动捕捉网格点，给建模带来方便。

从图 1-8 可以看出，工作网格对话框主要包含三个部分：

① 设置网格所占据的长度、宽度，以及网格点之间的距离。通常根据模型的外廓尺寸确定工作网格的总体尺寸，根据模型中几何元素的尺寸来确定网格点之间的距离，使得几何元素的关键点可以通过网格点直接进行捕捉。

② 设置网格及坐标轴的显示方式。

③ 设置坐标原点的位置及坐标系的方位。当我们在 Adams 中创建较为复杂的空间模型时，可能需要频繁的变换坐标原点及坐标方位，以创建新的几何元素。此时该部分就会经常地被用到。而在一般简单模型中，一般会使用默认的坐标原点及其方位。

(四) 设置图标

从【主菜单】→【Settings】→【Icons】打开图标设置对话框(图 1-9)。该对话框用于对一些图标(如约束、驱动、力、点等)的尺寸、可见性、颜色以及名字的可见性进行设置。在图 1-9 中：

① 用于设置是否显示所有模型的图标。当界面中模型因图标众多而看不清时，可以隐藏图标的显示。

② 确定所有图标的大小。在主窗口中建模时，各种对象所使用的图标是不一样的。一般来说，模型中各种元素的地位是不一样的，例如我们不希望一个力的图标比杆件的图形大很多。此时会经常使用该项，以合理确定辅助图标的尺寸，使得它们既不要太大，导致主次不清；也不要太小，以至于看不到。

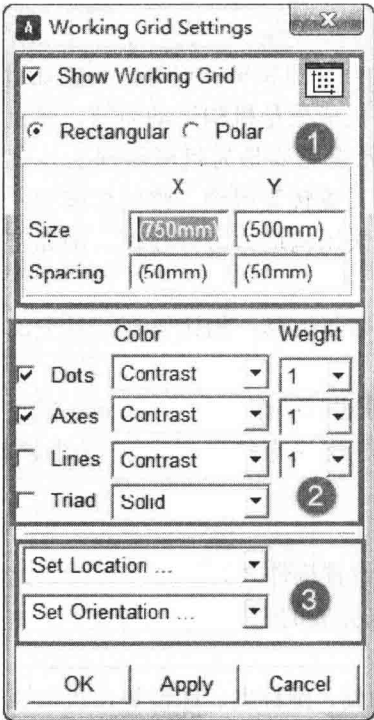


图 1-8 设置工作网格

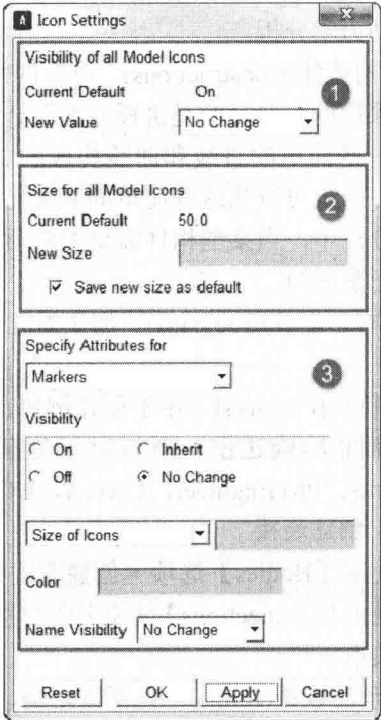


图 1-9 设置图标

③ 确定某类界面元素的可见性、图标大小、颜色及名字的可见性，偶尔会用到。

二、创建模型

创建模型是 Adams 中进行仿真的最主要步骤，通常包括三步：创建几何模型，创建连接及施加驱动(和或者力)。这些操作绝大部分是在功能区中选择相应的按钮而完成的。

(一) 创建几何模型

几何模型的创建功能集中在【功能区】→【Bodies】选项卡中，该选项卡下面有五个组，如图 1-10 所示。下面对这五个组的内容进行简要描述。

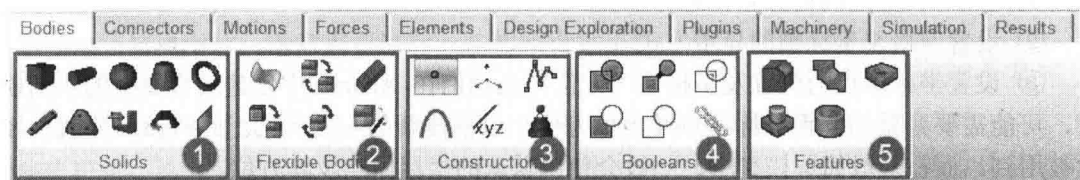


图 1-10 创建几何模型的功能区

① 实体(Solids)。用于几何实体模型的创建。里面包含常见的规则几何体如长方体、圆柱体、球体等，该部分的功能用得较多。

② 柔性体(Flexible Bodies)。用于柔性体的创建。柔性体是可以发生变形的物体，在一个机构分析中，当某些零件发生了较大的变形，从而导致其变形不可忽略时，需要把它考虑为柔性体。Adams 主要用于对刚体所组成的机构进行动力学分析，但是它也可以分析柔性体。虽然 Adams 也提供了一些简单的柔性体建模功能，但是对于复杂的柔性体，用户必须使用外部的有限元分析软件如 Nastran, Ansys, Abaqus 等生成柔性体再导入到 Adams 中，结合刚体一起进行机构的动力学分析。由于已经有专门的 Adams 书籍讨论柔性体的分析，本书只关注刚体的动力学分析。

③ 构造体(Constructions)。用于创建点、直线、曲线、圆和坐标点等。我们知道，机械原理这门课程的主要目的是讲授方案设计的原理，其终极成果是机构运动简图，而机构运动简图是由一些简单的直线和曲线构成的。所以这里的元素主要是为机械原理的方案设计服务的。另外，也可以从这些简单的要素出发，经过拉伸、旋转等得到三维实体模型；最后，在动力学分析中，当某些构件需要忽略质量时，也可以采用构造体进行建模，例如可以用直线来建模无重细绳。

④ 布尔运算(Booleans)。用于对几个几何体进行布尔运算。相比而言，其中的功能用得不多。

⑤ 特征(Features)。用于创建倒角、钻孔、抽壳等建模操作。由于 Adams 的主要目的是做计算而非精确建模，所以对于复杂的实体模型，建议直接从外部的三维建模软件如 SolidWorks, Pro/Engineer, CATIA, UG 等导入。

(二) 创建连接

当使用【Bodies】选项卡创建完构件后，就需要设置构件之间的相互关系，此即创建连接，这是由【Connections】选项卡中的相关功能按钮来完成的(图 1-11)。该选项卡主要包含下列连接关系：

① 理想铰链(Joints)。包括固定副、转动副、移动副、圆柱副、球铰等在机械原理中常见的约束。此组中的铰链使用频率非常高，尤其是其中的转动副和移动副。