

# ANSYS Workbench

## 设计建模与虚拟仿真

李范春 | 编著 |

• ANSYS Workbench

• Design Modeler

 Design Simulation

 电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

# ANSYS Workbench设计建模 与虚拟仿真

李范春 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书系统地介绍了ANSYS Workbench 软件在设计建模和虚拟仿真两方面的使用方法、应用技巧和实例。全书共分三大部分：第一部分详细介绍Design Modeler中的草图绘制及常用绘制工具、3D几何建模、3D高级建模、概念建模和参数化建模；第二部分详细介绍Design Simulation基础、通用前处理和网格划分方法；第三部分详细介绍线性结构静力分析、模态分析、谐响应分析、随机响应分析、疲劳分析和结构优化设计，并在计算实例中给出了翔实的操作步骤及点明关键技术。通过本书的学习，读者不但能够迅速掌握ANSYS Workbench 软件的操作方法，而且还能提高独立进行工程问题仿真分析的能力。

本书可作为机械、土木水利、航空航天、船舶与海洋工程、石油化工、交通车辆、国防军工、电力电子及应用物理等专业本科生和研究生的ANSYS Workbench 学习教材，也可作为广大工程技术人员和科研工作者的参考用书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

ANSYS Workbench设计建模与虚拟仿真 / 李范春编著. —北京：电子工业出版社，2011.8  
ISBN 978-7-121-14244-4

I. ①A… II. ①李… III. ①有限元分析—应用程序, ANSYS Workbench IV. ①O241.82

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第153657号

策划编辑：陈韦凯

责任编辑：陈韦凯

印 刷：北京东光印刷厂

装 订：三河市皇庄路通装订厂

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本：787×1092 1/16 印张：19.5 字数：500千字

印 次：2011年8月第1次印刷

册 数：3 000册 定价：45.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

## 前 言

ANSYS有限元软件是一个多用途的有限元法计算机分析程序，可以用来求解结构、流体、电力、电磁场及碰撞等问题。因此它可应用于以下工业领域：航空航天、汽车工业、生物医学、桥梁、建筑、机械电子、重型机械、微机电系统、运动器械、水利、地质矿产、船舶与海洋工程、交通车辆和航空航天。

ANSYS有限公司由John Swanson博士于1970年创建，该公司致力于开发利用计算机技术进行工程分析的软件。ANSYS有限元程序是ANSYS有限公司的主要产品，它开发初期是为了用于电力工业，现在已能满足从汽车、电子到宇航、化学等大多数工业领域有限元分析（FEA）的需要。ANSYS软件作为一个大型、通用的有限元程序，其功能已为全世界所公认，是迄今为止世界范围内唯一通过ISO 9001质量认证的分析设计类软件，是美国机械工程师协会（ASME）、美国核安全局（NQA）及近20种专业技术协会认证的标准分析软件。ANSYS也是第一个通过中国压力容器标准化技术委员会认证并在17个部委推广使用的分析软件。

Workbench是ANSYS公司开发的新一代协同仿真环境。1997年，ANSYS公司基于大量设计的分析应用需求和特点，开发了专供设计人员应用的分析软件ANSYS DesignSpace（DS），其前后处理功能与经典的ANSYS软件完全不同，软件的易用性和与CAD软件接口的能力非常优良。

2000年，ANSYS公司决定提升DS的界面风格，使经典的ANSYS软件的前后处理也能应用，因此形成了协同仿真环境——ANSYS Workbench Environment（AWE）。

2001年，在AWE上开发了ANSYS Design Modeler（DM），ANSYS Design Explorer（DX），ANSYS Design Explorer VT（DX VT），ANSYS Fatigue Module（FM），ANSYS CAE Template等，当时的目的是和DS共同提供给用户先进的CAE技术。

2010年，ANSYS Workbench 12.1版问世，该版本的问世标志着Workbench无论在易用性方面还是在工程应用的广度方面都上升到了一个新的台阶。随着进一步开发，ANSYS Workbench软件必将成为ANSYS公司的主打产品。

作者根据多年的教学经验和工程应用经验，认为ANSYS Workbench 是一个集有限元建模、有限元前后处理、有限元分析于一体，并能与多种工程分析软件连接的优秀的协同仿真平台。

本书与以往介绍ANSYS软件经典版的书籍不同。经典版建模困难、网格剖分质量不高，没有经验的使用者很难剖分出高质量的网格；另外经典版需要记住很多命令，初学者难以掌握。而ANSYS Workbench是ANSYS公司新开发的软件平台，它具有类似主流三维CAD软件的建模器，应用起来非常方便，并具有与主流三维CAD软件无缝连接的功能；它自带工程上最常用的有限元分析工具，非常便于初学者和应用工程师使用。可以说，ANSYS Workbench是一个与ANSYS软件经典版完全不同的新的软件体系。

本书主要针对学习使用ANSYS Workbench进行有限元建模和进行工程分析的初学者编写，具有三维CAD使用经验的学习者可跳过Design Modeler中的部分章节，因此读者可以根据自己的需要进行选择性阅读。如果读者要充分掌握该软件，还应进行大量的上机操作。

由于作者水平有限，书中缺点、错误在所难免，敬请读者批评指正，欢迎来信（lee\_fc@yahoo.cn）共同切磋、探讨。

编著者  
2011年3月

# 目 录

<b>第1章 有限元法与ANSYS Workbench</b> .....	1
1.1 有限元分析.....	1
1.2 有限元法的历史背景.....	1
1.3 有限元法的工程应用.....	2
1.4 ANSYS Workbench软件背景.....	3
1.5 ANSYS Workbench软件的特点.....	3
1.6 ANSYS Workbench 软件分析流程简述.....	4
1.6.1 分析准备.....	4
1.6.2 前处理-几何模型处理.....	5
1.6.3 Design Simulation环境中的模型处理.....	7
1.6.4 复杂结构的有限元网格处理功能.....	8
1.6.5 加载与求解.....	8
1.6.6 结果处理.....	9
<b>第2章 Design Modeler 用户界面</b> .....	10
2.1 Design Modeler 模块的特点.....	10
2.2 Design Modeler 模块的启动.....	11
2.3 Design Modeler 图形用户界面.....	13
<b>第3章 2D草图绘制</b> .....	20
3.1 二维草图概述.....	20
3.1.1 草图的种类.....	20
3.1.2 草图的构成.....	20
3.2 草图绘制环境和常用工具.....	21
3.2.1 建立新草图 (New Sketch).....	21
3.2.2 草图绘制状态 (Sketching).....	22
3.2.3 草图工具箱.....	22
<b>第4章 3D几何建模</b> .....	50
4.1 体和零件.....	50
4.2 3D特征建模.....	52
4.2.1 拉伸特征.....	52
4.2.2 旋转特征.....	63
4.2.3 扫掠特征.....	65
4.2.4 蒙皮特征.....	67
4.3 综合实例.....	69
4.3.1 轴承支座建模实例.....	69
4.3.2 汽车催化转化器建模实例.....	78
<b>第5章 3D 高级建模</b> .....	96
5.1 薄体/表面工具.....	96

5.2	面混合	99
5.3	倒角	102
5.4	阵列	105
5.5	体操作	112
5.6	切片特征	141
5.7	面删除	145
5.8	点特征	149
<b>第6章</b>	<b>概念建模</b>	152
6.1	线体的建模与修改	152
6.2	梁截面及属性	162
6.3	面体的建模	169
<b>第7章</b>	<b>参数化建模</b>	183
7.1	提取参数	183
7.2	皮带轮从参数化设计	185
<b>第8章</b>	<b>Design Simulation基础</b>	201
8.1	Design Simulation简介	201
8.2	Design Simulation运行	201
8.3	GUI图形界面功能简介	203
8.3.1	主菜单主要功能	203
8.3.2	基本工具条	203
8.3.3	图形工具条	204
8.3.4	结构树	204
8.3.5	详细菜单	205
8.4	通用前处理	205
8.4.1	几何分支	205
8.4.2	接触	207
8.4.3	网格划分	209
<b>第9章</b>	<b>线性结构静力分析</b>	216
9.1	线性结构静力分析基础	216
9.2	带孔板的静力分析	225
9.3	静水压力下加筋薄壁圆筒的静力分析	240
<b>第10章</b>	<b>结构动力分析</b>	253
10.1	结构动力分析基础	253
10.2	吊车梁的模态分析	253
10.3	吊车梁的谐响应分析	265
10.4	吊车梁的随机响应分析	272
<b>第11章</b>	<b>疲劳分析</b>	279
11.1	疲劳分析基础	279
11.1.1	恒定振幅荷载	280
11.1.2	成比例荷载	280

11.1.3	应力定义 .....	280
11.1.4	应力-寿命曲线 .....	280
11.2	叶片疲劳分析 .....	280
<b>第12章</b>	<b>结构优化设计 .....</b>	<b>292</b>
12.1	结构优化设计基础 .....	292
12.2	支架板拓扑结构优化设计 .....	293



# 第1章 有限元法与ANSYS Workbench

## 1.1 有限元分析

有限单元法，简称有限元法，是伴随着电子计算机技术的进步而发展起来的一种新兴数值分析方法，是力学、应用数学与现代计算技术相结合的产物，是当今工程分析中应用最广泛的数值计算方法。伴随着计算机技术和计算机辅助设计（CAD）技术的发展，有限元分析技术已发展成为计算机辅助工程（CAE）这样一门新兴技术。有限元分析可以较容易地对许多复杂问题进行建模分析。对于具有多种可以选择的设计方案而言，可以在制造实物原型之前就借助于计算机进行实验或考证；要完成这些工作，就需要充分理解有限元法的基本理论、建模技巧及计算方法。

实际上，有限元法是一种对问题控制方程进行近似求解的数值分析求解方法，在数学上对其适用性、收敛性等都有较严密的推理和证明。有限元法的基本思路是将结构物看成由有限个划分的单元组成的整体，以单元节点的位移或节点力作为基本未知量求解。由于单元能按不同的连接方式进行组合，且单元本身又可以有不同的形状，因此可以模型化几何形状复杂的求解区域。有限单元法作为数值分析方法的另一个重要特点是利用在每一个单元内假设的近似函数来分片地表示全求解域上待求的未知场函数。单元内的近似函数通常由未知场函数及其导数在单元的各个节点的数值和其插值函数来表达。这样，一个问题的有限元分析中，未知场函数及其导数在各个节点上的数值就成为新的未知量（即自由度），从而使一个连续的无限自由度问题变成离散的有限自由度问题。一经求解出这些未知量，就可以通过插值函数计算出各个单元内场函数的近似值，从而得到整个求解域上的近似解。显然随着单元数目的增加，也即单元尺寸的缩小，或者随着单元自由度的增加及插值函数精度的提高，解的近似程度将不断改进。如果单元是满足收敛要求的，近似解最后将收敛于精确解。

采用有限元法进行工程分析的优点有：通过有限元计算机模拟可以减少模型试验数量；有限元计算机模拟容许对大量的复杂工况进行快速有效的试验；它还可以模拟不适合在原型上试验的工作情况，得到更可靠和高品质的设计结果等。

## 1.2 有限元法的历史背景

每一项新技术的推出都是由于工业发展的迫切需要而产生，而新技术出现后也需要经历历史的重新考验。在20世纪40年代，由于航空事业的快速发展，对飞机内部结构设计提出了越来越高的要求，即要求质量轻、强度高、刚度好，人们不得不进行精确的设计和计算。正是在这一背景下，有限元分析方法逐渐发展起来。

1941年，Hrenikoff采用“框架变形功法”计算了弹性问题，1943年Courant发表了采用三角形区域内分片多项式函数来求解扭转问题的论文；1956年，Turner（波音公司工



程师)等4人共同发表一篇采用有限元技术计算飞机机翼强度的论文,名为《Stiffness and Deflection Analysis of Complex Structures》,文中把这种解法称为刚度法(Stiffness),一般认为这是工程学界上有限元法的开端;1960年,Clough发表另一篇名为《The Finite Element in Plane Stress Analysis》的论文,有限元法(Finite Element Method)的名称也第一次被正式提出。

由此之后,有限元法的理论迅速地发展起来,并广泛地应用于各种力学问题和非线性问题,成为分析大型、复杂工程结构的强有力手段。并且随着计算机的迅速发展,有限元法中靠人工难以完成的大量计算工作能够由计算机来实现并快速完成。因此,可以说计算机的发展很大程度上促进了有限元法的建立和发展。

进入20世纪70年代后,随着有限元理论的趋于成熟,CAE技术也逐渐进入了蓬勃发展的时期。一方面ANSYS、MSC、SDRC三大CAE公司先后组建,并且致力于大型商用CAE软件的研究与开发;另一方面,更多的新的CAE软件迅速出现,为CAE市场的繁荣注入了新鲜血液。

20世纪90年代至今是CAE技术的成熟壮大时期,大的CAE软件公司为了提升自己的分析技术、拓宽自己的应用范围,寻找机会收购、并购小的、专业的软件公司,因此CAE软件本身的功能得到了极大的提升。

ANSYS公司通过一连串的并购与自身壮大后,把其产品扩展为ANSYS Mechanical系列、ANSYS CFD (FLUENT/CFX) 系列、ANSYS ANSOFT系列,以及ANSYS Workbench和EKM等。由此ANSYS塑造了一个体系规模庞大、产品线极为丰富的仿真平台,在结构分析、电磁场分析、流体动力学分析、多物理场、协同技术等方面都提供完善的解决方案。

### 1.3 有限元法的工程应用

随着大型计算机的发展和小型计算机的普及,有限元分析通常被用来解决复杂和关键问题。特别是微型计算机的高速发展和普及使得高校学生和企业的工程师可以充分地利用有限元方法这一有力工具。现如今有限元分析已被广泛应用于工业生产各个领域,它已成为工程设计方面不可缺少的重要工具。有限元分析常常被用于解决工业领域中的下列分析问题:

- 结构静强度计算分析。
- 结构动力学分析。
- 结构碰撞与冲击的计算分析。
- 结构优化分析。
- 结构的疲劳与耐久性分析。
- 结构热分析。
- 结构的屈曲与稳定分析。
- 结构-流体-声场耦合分析。
- 机械-热耦合分析。
- 振动噪声分析。
- 转子动力学分析。
- 光-机械-热耦合分析。



- 柔性机构动力学分析。
- 流体动力学（CFD）分析。
- 金属成型分析。
- 结构制造过程仿真分析。
- 电磁场分析。
- 铸造仿真分析。
- 结构压电材料及MEMS分析。

现在，就连最简单的玩具产品设计评估都依赖有限元分析方法。因此，以物理实验作为唯一检验标准的时代已经过去。

## 1.4 ANSYS Workbench软件背景

ANSYS Workbench 是ANSYS公司开发的新一代协同仿真环境。

1997年，ANSYS公司基于广大设计者的分析应用需求，开发了专供设计人员应用的分析软件ANSYS DesignSpace，其前后处理功能与经典的ANSYS软件完全不同，软件的易用性和与CAD软件的接口特性非常优良。

2000年，ANSYS DesignSpace的界面风格更加深受广大用户喜爱。ANSYS公司决定提升ANSYS DesignSpace的界面风格，以使经典的ANSYS软件的前后处理也能应用，由此形成了协同仿真环境——ANSYS Workbench Environment（AWE）。

2001年，在AWE上，开发了ANSYS Design Modeler（DM）、ANSYS Design Explorer（DX）、ANSYS Design Explorer VT（DX VT）、ANSYS Fatigue Module（FM）、ANSYS CAE Template等。当时的目的是和DS共同提供给用户先进的CAE技术。

2009年，ANSYS公司发布了具有创新性和引人注目的仿真（模拟）技术的ANSYS 12.0新版本，在该版本中，Workbench工作台还起到了应用开发框架的作用。ANSYS 12.0的另外一个重大的升级就是外部连接插件，这使得没有整合到ANSYS Workbench中的程序通过接口参数也可以与之取得通信。这个插件可以使外部程序获得ANSYS Workbench功能。在这个具有创新性的软件框架中，工程师可以获得整个仿真技术范围内的所有功能，包括CAD集成通用工具、几何修改及建立网格。同时，稳定的参数化建模环境连同设计优化和统计研究的整合工具可以使工程师们获得最高的设计效率。

## 1.5 ANSYS Workbench软件的特点

### 1. 协同仿真、项目管理

集设计、仿真、优化、网格变形等功能于一体，对各种数据进行项目协同管理。

### 2. 双向的参数传输功能

支持CAD-CAE间的双向参数传输功能。

### 3. 高级的装配部件处理工具

具有复杂装配件接触关系的自动识别、接触建模功能。

### 4. 先进的网格处理功能

可对复杂的几何模型进行高质量的网格处理。



## 5. 分析功能

支持几乎所有ANSYS Mechanical (ANSYS机械领域的分析模块)的有限元分析功能。

2-D、3-D Structure Analysis (Static、Sequence、Harmonic、Fatigue、Frequency、Bulking、Shape Optimization), 2-D、3-D thermal Analysis (Static、Transient), 3-D Electromagnetic等。

## 6. 内嵌可定制的材料库

自带可定制的工程材料数据库,方便操作者进行编辑、使用。

## 7. 易学易用

ANSYS公司所有软件模块具有可共同运行、协同仿真和数据管理的环境平台,工程应用的整体性、流程性都大大增强。

完全的Windows友好界面,工程化应用流程,可极大方便工程设计人员的应用。实际上,Workbench有限元仿真分析采用的方法(单元类型、求解器、结果处理方式等)与ANSYS经典界面是一样的,只不过ANSYS Workbench采用了更加工程化的方式来适应操作者,使得有限元软件应用经验欠缺的人也能很快地完成有限元分析工作。

# 1.6 ANSYS Workbench 软件分析流程简述

ANSYS Workbench软件进行有限元分析主要包含以下4个流程:分析准备,前处理(几何、接触装配关系、材料、网格),加载求解,结果处理。下面分别来讲解这4个流程的主要内容,并穿插介绍其主要功能特点。

## 1.6.1 分析准备

### 1. 准备

- (1) 熟悉分析对象的结构特征、工作原理。
- (2) 了解分析需求:应力、变形、温度、时间相关性。
- (3) 必须的结构细节简化思路,提高分析的针对性和时效性。
- (4) 尽量用2-D(平面应力、平面应变)方法模拟空间3-D问题。

### 2. 结构分析数据流程、管理方式

结构分析的数据管理方式为项目式管理方式,主要文件有:

- (1) 项目文件 (\*.wbdb): 结构分析所有的文件均由该文件来管理。
- (2) 几何模型文件: 有Design Modeler环境(以下简称DM环境)产生的文件 (\*.agdb)、CAD中间格式文件(如 \*.step、\*.x\_t)、工作CAD环境文件(如 \*.prt)等几种,含有分析对象的物理几何信息。
- (3) 仿真模型文件 (\*.dsdb): 在Design Simulation环境(以下简称DS环境)中产生,含几何模型产生的网格、分析类型、载荷边界条件、结果要求等信息。
- (4) 优化模型文件 (\*.dxd): 在Design Explore环境(以下简称DX环境)中产生,含相关优化数据。
- (5) 有限元模型文件 (\*.fdb), 等等。

图1-1为一个典型的结构分析数据管理流程图。

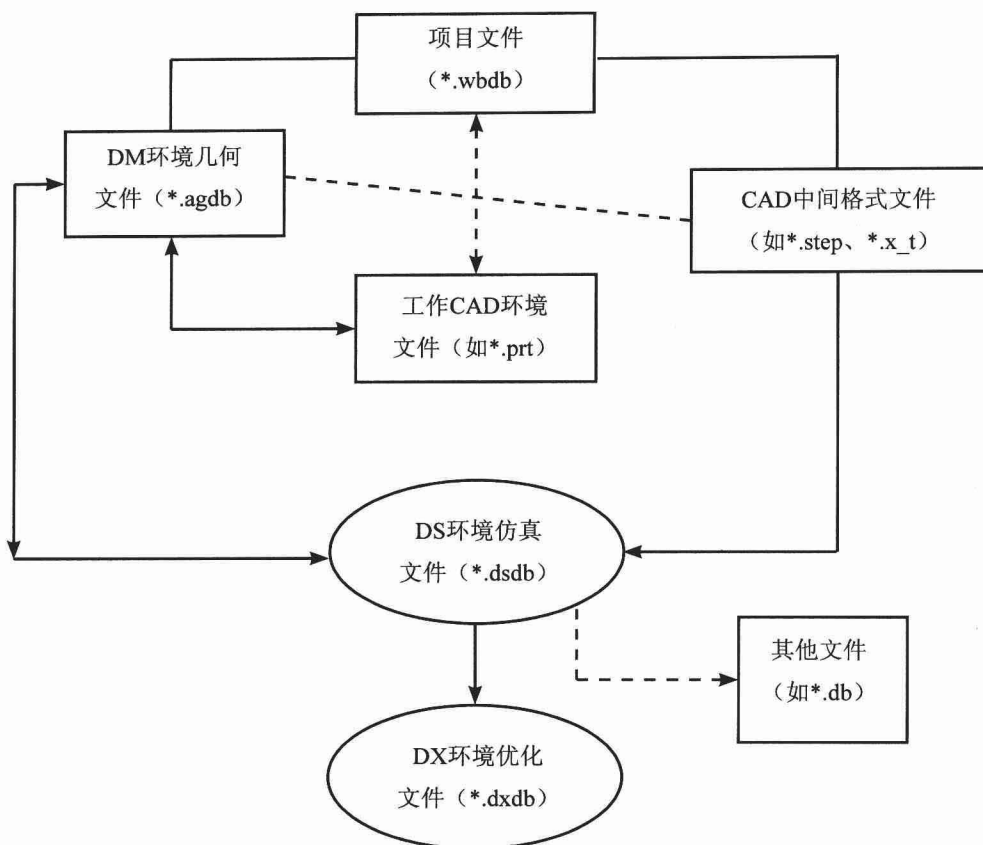


图1-1 结构分析数据管理流程图

## 1.6.2 前处理-几何模型处理

### 1. 几何模型建立的3种方式

(1) DM环境的参数化建模。

(2) 读入工作CAD软件中的几何模型，如ACIS14、CATIA V4、CATIA V5、SolidEdge (16/17版本)、SolidWorks (2004/2005)、Autodesk (Inventor9/10)、Pro/E (野火1/2)、NX2/3、MDT2006/2005、OnespaceDesigner2005、TemcenterEngineering等。

(3) 读入CAD软件的其他格式文件，如：Parasolid (\*.x\_t)、Step、\*.agdb、\*.iges、\*.agdb、\*.prt等，以快速建立分析用几何模型。

前两种方式具有CAD、CAE环境间的参数双向传输功能。

### 2. 参数双向传输功能

#### 1) DM与DS之间的双向传输

下面说明DM与DS之间的双向参数传输功能。

(1) 在DM环境的Details View中命名、标识好要传递的参数（如果DM读入的是\*.prt文件，其参数在Import的内容下标识），可在Parameter菜单下修改好，单击Generate按钮进行DM环境中参数变化的更新；在WB界面的\*.agdb文件级界面下，用Parameter复选框指定要传输的参数关键字。



(2) 进入DS, 选中目录树中的Geometry, 单击Geometry菜单下的“Updates: Use Geometry Parameter Values”实现DM→DS间的参数传输。

(3) 在DS中, 选中目录树的Geometry, 在Details of Geometry中修改好相关参数后, 单击Geometry下拉菜单中的“Updates: Use Simulation Parameter Values”, 实现DS→DM间的参数传输, 具体如图1-2所示。

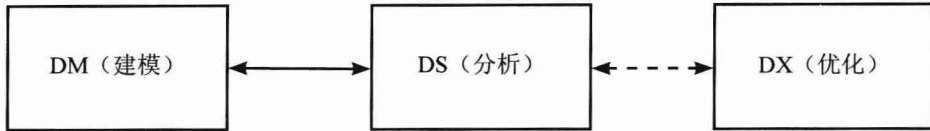


图1-2 DM-DS设计数据流程

## 2) 工作CAD软件、DM、DS之间的双向传输

包括如下CAD软件: SolidEdge (16/17版)、SolidWorks (2004/2005版)、Autodesk (Inventor9/10版)、Pro/E (野火1/2版)、NX2/3版、MDT2005/2006版、OnespaceDesigner2005版、Temcenter Engineering等。

以上版本的CAD软件与WB10.0及WB11.0的Designmodeler、Designsimulation之间可实现双向参数传输功能, 如图1-3所示。

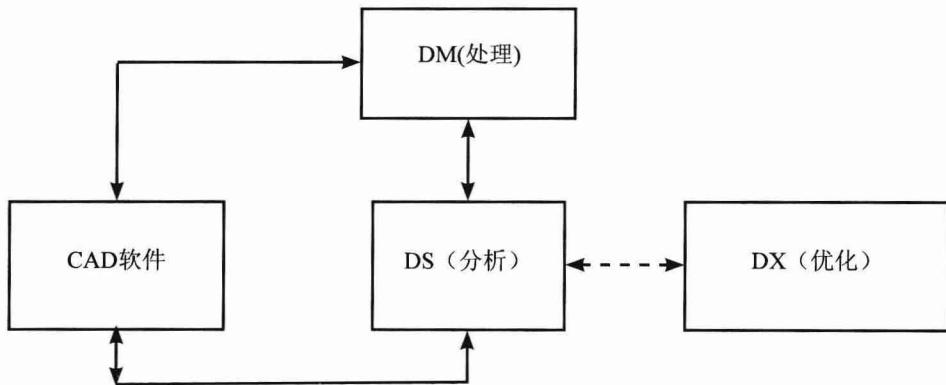


图1-3 CAD/DM-DS设计数据流程

### 传输要点:

(1) 在CAD软件中建立几何模型, 并标识、命名好要传递的参数。

(2) 在ANSYS Workbench的\*.wbdb文件级界面下, 单击Link to Active CAD Geometry。

(3) 在ANSYS Workbench的\*.prt类似文件级界面下, 用Parameter复选框指定要传输的参数关键字, 再单击New Geometry菜单进入DM。

(4) CAD软件或DM中修改相关参数传输后, 选中DM目录树的Attach, 可通过Refresh的相关选项实现CAD软件、DM间的双向传输。

(5) 随后的DM、DS间参数传输方法与示例相同。

(6) 也可直接在CAD软件、DS间进行参数双向传递。完成步骤(2)后, 在步骤(3)中直接单击New Simulation菜单进入DS; 修改DS中Geometry下属模型名Outline

的CAD parameter, 使用Details of Geometry修改相关参数后, 再使用“Updates: Use Simulation Parameter Values”实现DS→Active CAD间的参数传输。

### 1.6.3 Design Simulation环境中的模型处理

#### 1. 输入几何模型

##### 1) 输入DM几何文件

(1) 几何模型已在DM中打开: 在项目界面选中该文件, 单击NEW Simulation按钮。

(2) DM文件没有在DM中打开: 在开始界面打开该文件, 并在项目界面选中该文件, 单击NEW Simulation按钮。

(3) DM文件没有在DM中打开: 在项目文件界面下, 用Link to Geometry File的Browse选择文件, 在项目界面下选中该文件, 单击NEW Simulation按钮。

##### 2) 使用CAD软件打开的直接文件 (plug-in模式)

(1) 几何模型已在CAD软件中打开: 可在CAD环境中直接应用该模型。

(2) 几何模型已在CAD软件中打开: 在项目文件界面下, 用Link to Active CAD Geometry选择文件, 在项目界面下选中该文件, 单击NEW Simulation按钮。

上述方式能实现CAD-DS间的参数双向传输。要求有Plug-in授权。

##### 3) 使用未打开的CAD格式文件 (Read 模式)

(1) CAD软件没有打开: 在WB项目文件界面下, 用Link to Geometry File的Browse选择文件 (如\*.prt、\*.x\_t、\*.step) 等, 在项目界面下选中该文件, 单击NEW Simulation按钮。

(2) 在DS界面单击Geometry按钮, 选择From File、Recent Geometry、文件名内容。

当打开\*.prt文件时, 可实现从DS→\*.prt文件的参数传输。具体操作为: 在Detail of Geometry中, 设置Preference的personal parameter key为on、reader save part file为on, 传入.prt文件的参数; 修改DS中Geometry下属模型名Outline的CAD parameter, 用Details of Geometry修改相关参数后, 再使用“Updates: Use Simulation Parameter Values”实现更新。

#### 2. 几何传输属性设置

在DS界面下的Project/Model/Geometry/Preference/Reader save part file, 当设置为YES时, 可直接在DesignSimulation环境下修改、保存相关文件 (如\*.prt文件) 的设计参数, 而该文件不需在相应CAD环境打开。

#### 3. 装配部件接触关系的检测、建立

##### 1) 接触

模块可自动地进行接触关系的检测、建立等工作; 也可根据情况, 对接触范围、接触方式、接触算法等内容进行人工定义与调整。可检查接触压力、间隙计算值。

接触类型包括: bonded (绑定, 不能分开, 不能滑动, 常与MPC法连用); no separation (不能分开, 可以滑动); frictionless (无摩擦, 可以分开, 可以滑动); rough (粗糙型, 可以分开, 不能滑动); frictional (摩擦型, 可以分开, 允许摩擦滑动)。

##### 2) 运动关节

可建立运动关节 (Joint), 包括转动绞、平动绞、万向绞等。刚体与其他物体间只能通过关节连接。



### 3) 弹簧

弹簧是一种接触, 进入DS后, 可以在左侧模型树Conection上右击, 插入弹簧, 在下面的Details输入弹簧刚度, 还有弹簧的起止点。有Body-Ground 和Body-Body两种连接方式。

### 4. 部件材料属性定义与指定

ANSYS Workbench中的材料定义有3种方式:

(1) 自定义材料库, 通过对零件的弹性模量、泊松比等材料的物理属性定义给定。

(2) 由ANSYS Workbench的自带材料库定义。

(3) 在ANSYS Workbench环境下调入带材料属性的模型, 在项目界面有Material properties选项, 只限于UG、PRO/E、INVENTOR等软件的E、 $\nu$ 、P、Kxx、C、 $\alpha$  等参数。

## 1.6.4 复杂结构的有限元网格处理功能

DS在求解时, 可不用指定网格类型; 也可指定总体、局部网格。

ANSYS Workbench可用默认方式对结构进行比较合理的网格化处理。对结构分析模型而言, 可采用Faces confirm、带中节点单元、检查标准等内置方式进行处理。

系统也可根据需求, 事先对网格类型(四/六面体、三/四边形)、分网方式(Sweep、非Sweep方式)、单元大小等内容进行指定。

推荐先用默认方式进行网格划分, 再作仔细处理与研究。

## 1.6.5 加载与求解

### 1. 求解类型

(1) 结构分析: 结构静力、柔性动力学、刚性动力学、模态、屈曲、谐响应、随机振动、拓扑优化。

(2) 热分析: 静态传热、瞬态传热。

(3) 电磁场分析: 静态、谐波、瞬态磁场分析。

### 2. 载荷施加

#### 1) 载荷步定义

(1) 单步荷载 (static load): 结构静力、柔性动力学、刚体动力学、稳态热分析、瞬态热分析有效。

(2) 阶跃荷载 (step load): 载荷步内第一个子步与其余子步的载荷均相同。

(3) 斜坡荷载 (ramp load): 每个载荷步内, 各载荷子步的载荷逐步线性变化。

(4) 载荷子步 (substep): 主要用于非线性分析、瞬态分析时指定每个载荷步内的计算次数或计算点时间间隔, 以获得较好的计算精度。

(5) 表格荷载 (tabular): 定义不同时间点的载荷。

(6) 函数荷载 (function): 定义与时间函数相关的载荷, 如 $F=100*\sin(\text{time})$ 。

(7) 荷载禁用 (Surpress): 可使所有载荷步不被激活、或者激活某些载荷步, 不激活荷载某些载荷步, 以此对荷载的施加与否进行干预。

#### 2) 初始条件定义

(1) 柔性动力学: 指定初始位移、初始速度。

(2) 瞬态传热分析: 指定初始温度分布。



(3) 结构静力、柔性动力学分析：从稳态传热、瞬态传热分析传入温度条件，以计算热应变。用Thermal Condition实现。

(4) 模态、屈曲分析：引入结构静力计算的应力结果，考虑应力刚化效应。

(5) 随机振动分析：引入模态振型计算结果。

### 3. 求解计算

收敛标准图形显示、结果（位移、应力、接触状态）跟踪、残差显示。

## 1.6.6 结果处理

主要说明加载、结果处理的工程化、易学易用等特点。含加载、结果查看、图片处理、报告生成等内容。

在结果处理功能中可以显示以下结果：

(1) 等势线、矢量图、结果跟踪（Probe）。

(2) 图表（chart）显示。

(3) 动画、常用工具、刚体位移显示（在刚性运动学、柔性动力学中）。

