



融合关键概念的深入讲解与实际案例的完整分析于一体，  
操作更便捷，学习更快速！

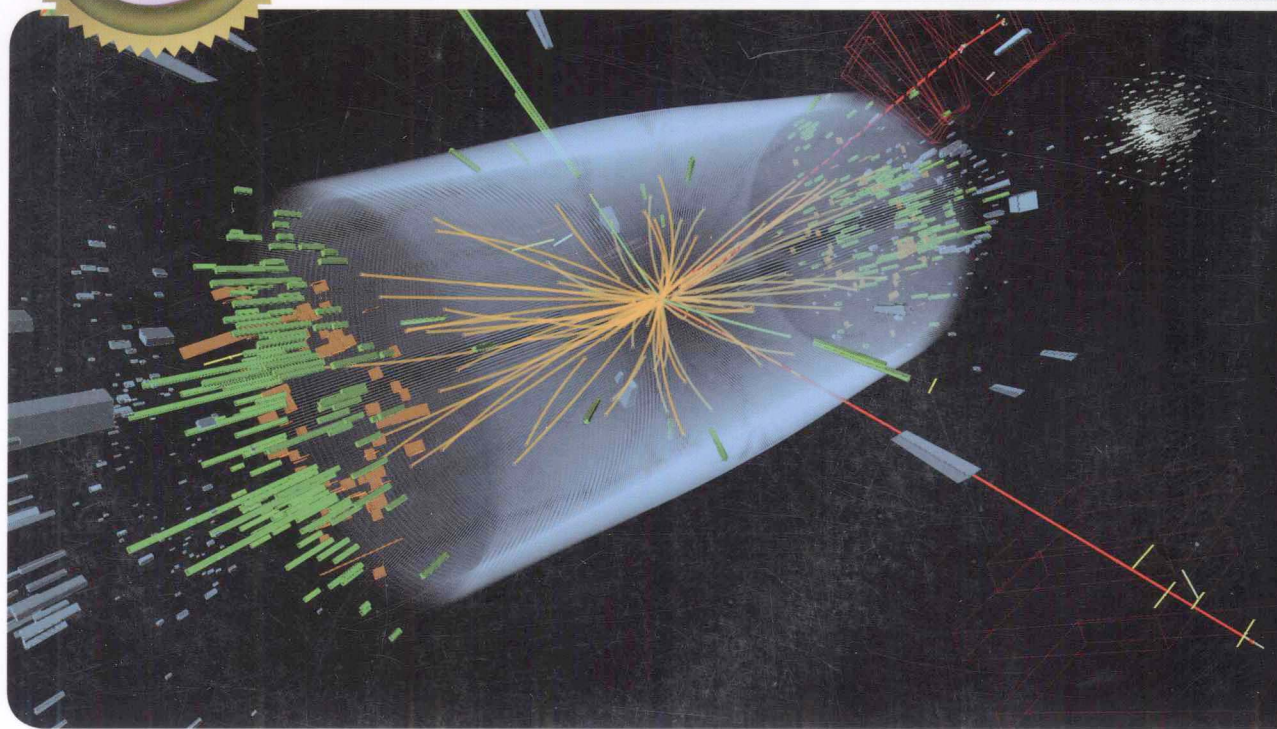


总容量达**4GB**

**21**个实例视频教学，总时长**160**分钟

全部实例的素材APDL源码、命令流文件

超值赠送**9**个典型工程应用实例源文件，**9**段视频教学录像，总时长达**240**分钟



# ANSYS Workbench 14

## 有限元分析

- 系统掌握ANSYS Workbench分析全流程，建立模型—划分网格—Mechanical基础，环环相扣，一气呵成。
- 精选**42**个案例，典型工程应用实例包括静力学分析、模态分析、谐响应分析、非线性分析、结构屈曲分析等。

## 自学手册

吕建国 康士廷 编著



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



# ANSYS Workbench 14

## 有限元分析

# 自学手册

吕建国 康士廷 编著

人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目 (C I P) 数据

ANSYS Workbench 14有限元分析自学手册 / 吕建国,  
康士廷编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2013. 9  
(CAD/CAM/CAE自学手册)  
ISBN 978-7-115-31019-4

I. ①A… II. ①吕… ②康… III. ①有限元分析—应  
用程序—手册 IV. ①0241.82-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第031610号

## 内 容 提 要

本书以 ANSYS 的最新版本 ANSYS 14 为依据, 对 ANSYS Workbench 分析的基本思路、操作步骤、应用技巧进行了详细介绍, 并结合典型工程应用实例详细讲述了 ANSYS Workbench 的具体工程应用方法。

本书前 4 章为操作基础, 详细介绍了 ANSYS Workbench 分析全流程的基本步骤和方法, 包括 ANSYS Workbench 14 基础、建立模型、网格划分、Mechanical 基础等内容; 后 9 章为专题实例, 按不同的分析专题讲解了各种分析专题的参数设置方法与技巧, 包括线性静态结构分析、模态分析、谐响应分析、响应谱分析、随机振动分析、热分析、线性屈曲分析、结构非线性分析、优化设计等内容。

本书适用于 ANSYS Workbench 软件的初中级用户, 以及有初步使用经验的技术人员; 本书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 ANSYS Workbench 软件的培训教材, 也可作为从事结构分析相关行业的工程技术人员使用 ANSYS Workbench 软件的参考书。

- 
- ◆ 编 著 吕建国 康士廷  
责任编辑 俞 彬  
责任印制 程彦红 杨林杰
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 23.75  
字数: 516 千字 2013 年 9 月第 1 版  
印数: 1-3 000 册 2013 年 9 月北京第 1 次印刷
- 

定价: 59.00 元 (附光盘)

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

# 前 言

有限单元法作为数值计算方法中在工程分析领域应用较为广泛的一种计算方法,自 20 世纪中叶以来,以其独有的计算优势得到了广泛的发展和应用,已出现了不同的有限元算法,并由此产生了一批非常成熟的通用和专业有限元商业软件。随着计算机技术的飞速发展,各种工程软件也得以广泛应用。ANSYS 软件以它的多物理场耦合分析功能而成为 CAE 软件的应用主流,在工程分析应用中得到了较为广泛的应用。

ANSYS 软件是美国 ANSYS 公司研制的大型通用有限元分析(FEA)软件,它是世界范围内成长最快的 CAE 软件,能够进行包括结构、热、声、流体及电磁场等学科的研究,在核工业、铁道、石油化工、航空航天、机械制造、能源、汽车交通、国防军工、电子、土木工程、造船、生物医药、轻工、地矿、水利、日用家电等领域有着广泛的应用。ANSYS 的功能强大,操作简单方便,现在它已成为国际最流行的有限元分析软件,在历年 FEA 评比中都名列第一。目前,中国大多数科研院校采用 ANSYS 软件进行有限元分析或者作为标准教学软件。

Workbench 是 ANSYS 公司开发的新一代协同仿真环境,与传统 ANSYS 相比较,Workbench 有利于协同仿真、项目管理,可以进行双向的参数传输功能,具有复杂装配件接触关系的自动识别、接触建模功能,可对复杂的几何模型进行高质量的网格处理,自带可定制的工程材料数据库,方便操作者进行编辑、应用,并且支持几乎所有 ANSYS 的有限元分析功能。

本书以 ANSYS 的最新版本 ANSYS 14 为依据,对 ANSYS Workbench 分析的基本思路、操作步骤、应用技巧进行了详细介绍,并结合典型工程应用实例详细讲述了 ANSYS Workbench 的具体工程应用方法。

本书前 4 章为操作基础,详细介绍了 ANSYS Workbench 分析全流程的基本步骤和方法:第 1 章为 ANSYS Workbench 14.0 基础;第 2 章为建立模型;第 3 章为网格划分;第 4 章为 Mechanical 基础。后 9 章为专题实例,按不同的分析专题讲解了各种分析专题的参数设置方法与技巧:第 5 章为线性静态结构分析;第 6 章为模态分析;第 7 章为谐响应分析;第 8 章为响应谱分析;第 9 章为随机振动分析;第 10 章为热分析;第 11 章为线性屈曲分析;第 12 章为结构非线性分析;第 13 章为优化设计。

本书附有一张多媒体光盘,光盘中除了有每一个实例操作步骤的视频以外,还给出了每个实例的源文件,用户可以直接调用。



本书由昆明理工大学城市学院的吕建国和康士廷编著，其中吕建国编写了第1~8章；康士廷执笔编写了第9~13章。张日晶、王培合、胡仁喜、王玉秋、王义发、刘昌丽、王敏、王艳池、郑长松、王佩楷、王玮、卢园、李志尊、万金环、孙立明、李兵、辛文彤、王宏、孟培、闫聪聪、杨雪静等参加了资料整理和编排工作。

本书适用于 ANSYS 软件的初中级用户，以及有初步使用经验的技术人员；本书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 ANSYS 软件的培训教材，也可作为从事结构分析相关行业的工程技术人员使用 ANSYS 软件的参考书。另外，由于时间仓促，加之作者的水平有限，缺点和错误在所难免，恳请专家和广大读者不吝赐教，登录 [www.sjzsanweishuwu.com](http://www.sjzsanweishuwu.com) 或联系 [win760520@126.com](mailto:win760520@126.com) 批评指正，也可与本书责任编辑（邮箱 [yubin@ptpress.com.cn](mailto:yubin@ptpress.com.cn)）联系。

作者

2013年3月

# 目录

## 第 1 章 ANSYS Workbench 14 基础..... 1

|       |                                |
|-------|--------------------------------|
| 1.1   | ANSYS Workbench 概述..... 2      |
| 1.1.1 | ANSYS Workbench 的特点..... 2     |
| 1.1.2 | ANSYS Workbench 应用分类..... 3    |
| 1.1.3 | ANSYS Workbench 系统要求和启动..... 4 |
| 1.2   | ANSYS Workbench 分析的基本过程..... 5 |
| 1.2.1 | 前处理..... 6                     |
| 1.2.2 | 加载并求解..... 6                   |
| 1.2.3 | 后处理..... 7                     |
| 1.3   | ANSYS 14 的界面..... 7            |
| 1.3.1 | 工具箱..... 7                     |
| 1.3.2 | Workbench 选项窗口..... 9          |
| 1.4   | 项目概图..... 10                   |
| 1.4.1 | 系统和单元格..... 10                 |
| 1.4.2 | 单元格的类型..... 11                 |
| 1.4.3 | 了解单元格状态..... 12                |
| 1.4.4 | 项目概图中的链接..... 12               |
| 1.4.5 | 创建项目概图实例..... 13               |
| 1.5   | Workbench 文档管理..... 15         |
| 1.5.1 | 目录结构..... 16                   |
| 1.5.2 | 显示文件明细..... 16                 |
| 1.5.3 | 打包文件..... 17                   |
| 1.6   | 材料特性应用程序..... 17               |
| 1.6.1 | 材料库..... 18                    |
| 1.6.2 | 添加库中的材料..... 19                |
| 1.6.3 | 添加新材料..... 19                  |

|       |                   |
|-------|-------------------|
| 1.7   | 一个简单的分析实例..... 20 |
| 1.7.1 | 问题描述..... 21      |
| 1.7.2 | 项目概图..... 21      |
| 1.7.3 | 前处理..... 22       |
| 1.7.4 | 求解..... 25        |
| 1.7.5 | 结果..... 25        |
| 1.7.6 | 报告..... 26        |

## 第 2 章 建立模型..... 28

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| 2.1   | Design Modeler 简介..... 29          |
| 2.1.1 | 进入 Design Modeler..... 29          |
| 2.1.2 | 操作界面介绍..... 31                     |
| 2.1.3 | Design Modeler 和 CAD 类文件交互..... 35 |
| 2.1.4 | Design Modeler 中几何体的分类..... 36     |
| 2.1.5 | 帮助文档..... 37                       |
| 2.2   | Design Modeler 的操作..... 37         |
| 2.2.1 | 图形控制..... 38                       |
| 2.2.2 | 光标模式..... 38                       |
| 2.2.3 | 选择过滤器..... 38                      |
| 2.2.4 | 右键弹出菜单..... 41                     |
| 2.3   | 绘制草图..... 43                       |
| 2.3.1 | 长度单位制..... 43                      |
| 2.3.2 | 创建新平面..... 44                      |
| 2.3.3 | 创建新草图..... 45                      |
| 2.3.4 | 工具箱..... 46                        |
| 2.3.5 | 草绘附件..... 51                       |
| 2.3.6 | 草图绘制实例——曲柄..... 51                 |
| 2.4   | 特性建模..... 58                       |
| 2.4.1 | 拉伸..... 59                         |
| 2.4.2 | 旋转..... 63                         |
| 2.4.3 | 扫掠..... 64                         |
| 2.4.4 | 放样..... 64                         |





|                     |              |     |                            |                       |     |
|---------------------|--------------|-----|----------------------------|-----------------------|-----|
| 2.4.5               | 抽壳           | 65  | 3.3.4                      | 平滑和过渡                 | 110 |
| 2.4.6               | 倒圆           | 66  | 3.3.5                      | 跨度中心角                 | 110 |
| 2.4.7               | 倒角           | 67  | 3.3.6                      | 高级尺寸功能                | 111 |
| 2.4.8               | 特征建模实例 1——底座 | 68  | 3.4                        | 局部网格控制                | 113 |
| 2.5                 | 体操作          | 75  | 3.4.1                      | 局部尺寸                  | 114 |
| 2.5.1               | 镜像           | 75  | 3.4.2                      | 接触尺寸                  | 117 |
| 2.5.2               | 移动           | 76  | 3.4.3                      | 细化                    | 118 |
| 2.5.3               | 缝合           | 76  | 3.4.4                      | 映射面划分                 | 118 |
| 2.5.4               | 阵列特征         | 77  | 3.4.5                      | 匹配控制                  | 119 |
| 2.5.5               | 布尔操作         | 78  | 3.4.6                      | 收缩控制                  | 120 |
| 2.5.6               | 直接创建几何体      | 79  | 3.4.7                      | 膨胀                    | 121 |
| 2.5.7               | 特征建模实例 2——链轮 | 79  | 3.5                        | 网格工具                  | 122 |
| 2.6                 | 概念建模         | 85  | 3.5.1                      | 生成网格                  | 122 |
| 2.6.1               | 概念建模工具       | 86  | 3.5.2                      | 截面位面                  | 123 |
| 2.6.2               | 定义横截面        | 88  | 3.5.3                      | 命名选项                  | 124 |
| 2.6.3               | 面操作          | 91  | 3.6                        | 网格划分实例——四通管网格         |     |
| 2.6.4               | 概念建模实例       | 93  | 划分                         | 124                   |     |
| <b>第 3 章 一般网格控制</b> |              | 99  | 3.6.1                      | 定义几何                  | 125 |
| 3.1                 | 网格划分平台       | 100 | 3.6.2                      | Mechanical 默认与 CFD 网格 | 126 |
| 3.1.1               | 网格划分概述       | 100 | 3.6.3                      | 截面位面                  | 127 |
| 3.1.2               | 网格划分流程       | 100 | 3.6.4                      | 使用面尺寸                 | 129 |
| 3.1.3               | 分析类型         | 101 | 3.6.5                      | 局部网格划分                | 130 |
| 3.2                 | 网格划分方法       | 102 | <b>第 4 章 Mechanical 基础</b> |                       | 133 |
| 3.2.1               | 自动划分方法       | 102 | 4.1                        | Mechanical 概述         | 134 |
| 3.2.2               | 四面体          | 103 | 4.2                        | Mechanical 界面         | 135 |
| 3.2.3               | 扫掠           | 105 | 4.2.1                      | Mechanical 菜单栏        | 135 |
| 3.2.4               | 多区域          | 106 | 4.2.2                      | 工具栏                   | 136 |
| 3.3                 | 全局网格控制       | 107 | 4.2.3                      | 树形目录                  | 138 |
| 3.3.1               | 相关性和关联中心     | 108 | 4.2.4                      | 属性窗格                  | 139 |
| 3.3.2               | 全局单元尺寸       | 109 | 4.2.5                      | 绘图区域                  | 139 |
| 3.3.3               | 初始尺寸种子       | 109 | 4.3                        | 基本分析步骤                | 140 |

## 第 5 章 线性静态结构分析..... 142

|       |                 |     |
|-------|-----------------|-----|
| 5.1   | 几何模型 .....      | 143 |
| 5.1.1 | 质量点 .....       | 143 |
| 5.1.2 | 材料特性 .....      | 144 |
| 5.2   | 分析设置 .....      | 144 |
| 5.3   | 载荷和约束 .....     | 146 |
| 5.3.1 | 加速度和重力加速度 ..... | 146 |
| 5.3.2 | 集中力和压力 .....    | 147 |
| 5.3.3 | 约束 .....        | 148 |
| 5.4   | 求解模型 .....      | 149 |
| 5.5   | 后处理 .....       | 149 |
| 5.6   | 静力结构学分析 1——托架基体 |     |
|       | 强度校核 .....      | 152 |
| 5.6.1 | 问题描述 .....      | 153 |
| 5.6.2 | 建立分析项目 .....    | 153 |
| 5.6.3 | 前处理 .....       | 155 |
| 5.6.4 | 求解 .....        | 160 |
| 5.6.5 | 结果 .....        | 160 |
| 5.7   | 静力结构分析实例 2——联轴器 |     |
|       | 变形和应力校核 .....   | 161 |
| 5.7.1 | 问题描述 .....      | 162 |
| 5.7.2 | 项目概图 .....      | 162 |
| 5.7.3 | 前处理 .....       | 163 |
| 5.7.4 | 求解 .....        | 166 |
| 5.7.5 | 结果 .....        | 166 |
| 5.7.6 | 报告 .....        | 167 |

## 第 6 章 模态分析..... 169

|       |                |     |
|-------|----------------|-----|
| 6.1   | 模态分析方法 .....   | 170 |
| 6.2   | 模态系统分析步骤 ..... | 170 |
| 6.2.1 | 几何体和质点 .....   | 171 |

|       |                      |     |
|-------|----------------------|-----|
| 6.2.2 | 接触区域 .....           | 171 |
| 6.2.3 | 分析类型 .....           | 171 |
| 6.2.4 | 载荷和约束 .....          | 173 |
| 6.2.5 | 求解 .....             | 173 |
| 6.2.6 | 检查结果 .....           | 173 |
| 6.3   | 模态分析实例 1——轴装配体 ..... | 173 |
| 6.3.1 | 问题描述 .....           | 174 |
| 6.3.2 | 项目概图 .....           | 174 |
| 6.3.3 | 前处理 .....            | 176 |
| 6.3.4 | 求解 .....             | 177 |
| 6.3.5 | 结果 .....             | 177 |
| 6.4   | 模态分析实例 2——支架壳体       |     |
|       | 强度校核 .....           | 180 |
| 6.4.1 | 问题描述 .....           | 180 |
| 6.4.2 | 项目概图 .....           | 180 |
| 6.4.3 | 前处理 .....            | 182 |
| 6.4.4 | 求解 .....             | 184 |
| 6.4.5 | 结果 .....             | 184 |
| 6.5   | 模态分析实例 3——机翼 .....   | 187 |
| 6.5.1 | 问题描述 .....           | 187 |
| 6.5.2 | 项目概图 .....           | 187 |
| 6.5.3 | 前处理 .....            | 190 |
| 6.5.4 | 求解 .....             | 192 |
| 6.5.5 | 模态分析 .....           | 193 |

## 第 7 章 谐响应分析..... 196

|       |                |     |
|-------|----------------|-----|
| 7.1   | 谐响应分析简介 .....  | 197 |
| 7.2   | 谐响应分析步骤 .....  | 197 |
| 7.2.1 | 建立谐响应分析项 ..... | 198 |
| 7.2.2 | 加载谐响应载荷 .....  | 198 |
| 7.2.3 | 求解方法 .....     | 199 |
| 7.2.4 | 后处理中查看结果 ..... | 199 |



|                     |                         |            |
|---------------------|-------------------------|------------|
| 7.3                 | 谐响应分析实例——固定梁            | 200        |
| 7.3.1               | 问题描述                    | 201        |
| 7.3.2               | 项目概图                    | 201        |
| 7.3.3               | 前处理                     | 203        |
| 7.3.4               | 模态分析求解                  | 204        |
| 7.3.5               | 谐响应分析预处理                | 207        |
| 7.3.6               | 谐响应分析设置并求解              | 208        |
| 7.3.7               | 谐响应分析后处理                | 209        |
| <b>第 8 章 响应谱分析</b>  |                         | <b>212</b> |
| 8.1                 | 响应谱分析简介                 | 213        |
| 8.1.1               | 响应谱分析过程                 | 214        |
| 8.1.2               | 在 Workbench 14 中进行响应谱分析 | 214        |
| 8.2                 | 响应谱分析实例——三层框架结构地震响应分析   | 215        |
| 8.2.1               | 问题描述                    | 216        |
| 8.2.2               | 项目概图                    | 216        |
| 8.2.3               | 前处理                     | 218        |
| 8.2.4               | 模态分析求解                  | 220        |
| 8.2.5               | 响应谱分析设置并求解              | 222        |
| 8.2.6               | 查看分析结果                  | 224        |
| <b>第 9 章 随机振动分析</b> |                         | <b>225</b> |
| 9.1                 | 随机振动分析简介                | 226        |
| 9.1.1               | 机振动分析过程                 | 226        |
| 9.1.2               | Workbench 14 中进行随机振动分析  | 226        |
| 9.2                 | 振动分析实例——桥梁模型随机振动分析      | 228        |
| 9.2.1               | 问题描述                    | 228        |
| 9.2.2               | 项目概图                    | 229        |
| 9.2.3               | 前处理                     | 231        |

|                      |                  |            |
|----------------------|------------------|------------|
| 9.2.4                | 模态分析求解           | 233        |
| 9.2.5                | 随机振动分析设置并求解      | 235        |
| 9.2.6                | 查看分析结果           | 237        |
| <b>第 10 章 热分析</b>    |                  | <b>239</b> |
| 10.1                 | 热分析基础            | 240        |
| 10.2                 | 热传递的方式           | 240        |
| 10.3                 | 热分析流程            | 242        |
| 10.3.1               | 几何模型             | 243        |
| 10.3.2               | 材料属性             | 243        |
| 10.3.3               | 实体接触             | 244        |
| 10.3.4               | 导热率              | 245        |
| 10.3.5               | 施加热载荷            | 245        |
| 10.3.6               | 热边界条件            | 246        |
| 10.3.7               | 求解选项             | 246        |
| 10.3.8               | 结果和后处理           | 247        |
| 10.4                 | 热分析实例 1——传动装配体基座 | 249        |
| 10.4.1               | 问题描述             | 249        |
| 10.4.2               | 项目概图             | 250        |
| 10.4.3               | 前处理              | 251        |
| 10.4.4               | 求解               | 256        |
| 10.4.5               | 结果               | 256        |
| 10.5                 | 热分析实例 2——变速箱上箱盖  | 258        |
| 10.5.1               | 问题描述             | 258        |
| 10.5.2               | 项目概图             | 258        |
| 10.5.3               | 前处理              | 260        |
| 10.5.4               | 求解               | 265        |
| 10.5.5               | 结果               | 265        |
| <b>第 11 章 线性屈曲分析</b> |                  | <b>268</b> |
| 11.1                 | 屈曲概述             | 269        |



|                       |                 |            |
|-----------------------|-----------------|------------|
| 11.2                  | 屈曲分析步骤          | 269        |
| 11.2.1                | 几何体和材料属性        | 270        |
| 11.2.2                | 接触区域            | 270        |
| 11.2.3                | 载荷与约束           | 271        |
| 11.2.4                | 设置屈曲            | 271        |
| 11.2.5                | 求解模型            | 272        |
| 11.2.6                | 检查结果            | 272        |
| 11.3                  | 线性屈曲分析实例 1——挺杆  | 273        |
| 11.3.1                | 问题描述            | 273        |
| 11.3.2                | 项目概图            | 274        |
| 11.3.3                | 创建草图            | 276        |
| 11.3.4                | Mechanical 前处理  | 277        |
| 11.3.5                | 求解              | 279        |
| 11.3.6                | 结果              | 279        |
| 11.4                  | 线性屈曲分析实例 2——升降架 | 281        |
| 11.4.1                | 问题描述            | 281        |
| 11.4.2                | 项目概图            | 281        |
| 11.4.3                | Mechanical 前处理  | 283        |
| 11.4.4                | 求解              | 285        |
| 11.4.5                | 结果              | 286        |
| <b>第 12 章 结构非线性分析</b> |                 | <b>287</b> |
| 12.1                  | 非线性分析概论         | 288        |
| 12.1.1                | 非线性行为的原因        | 288        |
| 12.1.2                | 非线性分析的基本信息      | 289        |
| 12.2                  | 结构非线性一般过程       | 292        |
| 12.2.1                | 建立模型            | 292        |
| 12.2.2                | 分析设置            | 292        |
| 12.2.3                | 查看结果            | 295        |
| 12.3                  | 接触非线性结构         | 295        |
| 12.3.1                | 接触基本概念          | 295        |
| 12.3.2                | 接触类型            | 296        |

|         |                 |     |
|---------|-----------------|-----|
| 12.3.3  | 刚度及渗透           | 296 |
| 12.3.4  | Pinball 区域      | 297 |
| 12.3.5  | 对称/非对称行为        | 298 |
| 12.3.6  | 接触结果            | 299 |
| 12.4    | 结构非线性实例 1——刚性接触 | 300 |
| 12.4.1  | 问题描述            | 301 |
| 12.4.2  | 项目概图            | 301 |
| 12.4.3  | 绘制草图            | 302 |
| 12.4.4  | 创建面体            | 302 |
| 12.4.5  | 更改模型类型          | 304 |
| 12.4.6  | 修改几何体属性         | 304 |
| 12.4.7  | 添加接触            | 306 |
| 12.4.8  | 划分网格            | 308 |
| 12.4.9  | 分析设置            | 310 |
| 12.4.10 | 求解              | 313 |
| 12.4.11 | 查看求解结果          | 315 |
| 12.5    | 结构非线性实例 2——O 形圈 | 317 |
| 12.5.1  | 问题描述            | 318 |
| 12.5.2  | 项目概图            | 318 |
| 12.5.3  | 绘制草图            | 319 |
| 12.5.4  | 创建面体            | 321 |
| 12.5.5  | 添加材料            | 322 |
| 12.5.6  | 修改几何体属性         | 324 |
| 12.5.7  | 添加接触            | 326 |
| 12.5.8  | 划分网格            | 328 |
| 12.5.9  | 分析设置            | 330 |
| 12.5.10 | 求解              | 333 |
| 12.5.11 | 查看求解结果          | 334 |

## 第 13 章 优化设计 336

|        |            |     |
|--------|------------|-----|
| 13.1   | 优化设计概论     | 337 |
| 13.1.1 | ANSYS 优化方法 | 337 |



|        |                         |     |
|--------|-------------------------|-----|
| 13.1.2 | Design Explorer 优化特点    | 338 |
| 13.1.3 | Design Explorer 优化类型    | 338 |
| 13.1.4 | 参数定义                    | 339 |
| 13.2   | 优化设计界面                  | 339 |
| 13.2.1 | Design Explorer 用户界面    | 339 |
| 13.2.2 | Design Explorer 数据参数界面  | 340 |
| 13.2.3 | 读入 APDL 文件              | 341 |
| 13.3   | Design Exploration 优化设计 |     |
|        | 使用基础                    | 341 |
| 13.3.1 | 参数的设置                   | 342 |
| 13.3.2 | 目标驱动优化 (GDO)            | 344 |
| 13.3.3 | 响应曲面 (Response Surface) | 345 |
| 13.3.4 | 六西格玛设计                  | 346 |
| 13.4   | 优化设计实例——连杆六西格玛          |     |
|        | 优化设计                    | 348 |
| 13.4.1 | 问题描述                    | 348 |

|        |                |     |
|--------|----------------|-----|
| 13.4.2 | 项目概图           | 349 |
| 13.4.3 | Mechanical 前处理 | 349 |
| 13.4.4 | 设置求解           | 352 |
| 13.4.5 | 六西格玛设计         | 354 |

## 附录 A ANSYS Workbench 中的菜单栏命令

|     |                    |     |
|-----|--------------------|-----|
| A.1 | Workbench 菜单栏      | 364 |
| A.2 | Design Modeler 菜单栏 | 365 |
| A.3 | Mechanical 菜单栏     | 366 |

## 附录 B 有限元知识架构

|      |                    |     |
|------|--------------------|-----|
| 附录 C | ANSYS Workbench 帮助 |     |
|      | 文件说明               | 370 |

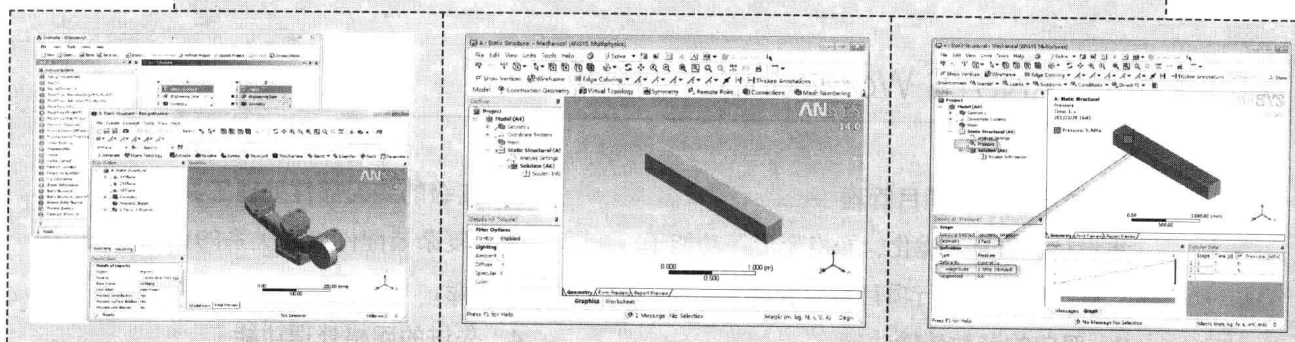
# 第1章

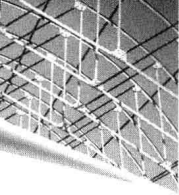
## ANSYS Workbench 14 基础

### 本章导读

本章提纲挈领地介绍了 ANSYS Workbench 的基本知识, 首先介绍 CAE 技术及其有关基本知识, 并由此引出了 ANSYS Workbench。此外, 本章还讲述了功能特点以及 ANSYS Workbench 程序结构和分析基本流程。

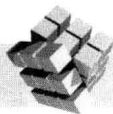
通过本章的学习, 读者可以对 ANSYS Workbench 建立初步的感性认识。





## 1.1

## ANSYS Workbench 概述



Workbench 是 ANSYS 公司开发的新一代协同仿真集成平台。

1997 年, ANSYS 公司基于广大设计的分析应用需求, 开发了专供设计人员应用的分析软件 ANSYS DesignSpace (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 接口非常棒。

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, 以供经典的 ANSYS 软件的前后处理也能应用, 形成了协同仿真环境: ANSYS Workbench Environment (AWE)。它可以重现经典 ANSYS PP 软件的前后处理功能, 及全新的风格界面。

其后, 在 AWE 上, 开发了 ANSYS DesignModeler (DM)、ANSYS DesignXplorer (DX)、ANSYS DesignXplorer VT (DX VT)、ANSYS Fatigue Module (FM)、ANSYS CAE Template 等, 目的是和 DS 共同提供给用户先进的 CAE 技术。

ANSYS 公司允许以前只能在 ACE 上运行的 MP、ME、ST 等产品, 也可在 AWE 上运行。用户在启动这些产品时, 可以选择 ACE, 也可选择 AWE。AWE 可作为 ANSYS 软件的新一代前后处理, 还未支持 ANSYS 所有的功能, 目前主要支持大部分的 ME 和 ANSYS Emag 的功能, 而且与 ACE 的 PP 并存。

2011 年底, ANSYS 发布了最新的 ANSYS 14 版本, 其中的 ANSYS Workbench 单元格已经达到很成熟的阶段。它的易用性、通用性及兼容性有逐步淘汰传统 APDL 界面的趋势。

### 1.1.1 ANSYS Workbench 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 与 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 的有限元分析功能。

## 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、应用。

## 7. 易学易用

ANSYS 公司所有软件单元格的共同运行、协同仿真与数据管理环境，工程应用的整

体性、流程性都大大增强；在 Windows 系统下运行，界面友好，方便工程设计人员应用。实际上，Workbench 的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 Workbench 采用了更加工程化的方式来适应操作者，即使是没有多长有限元软件应用经历的人也能很快地完成有限元的分析工作。

# 1.1.2 ANSYS Workbench 应用分类

ANSYS Workbench 是由各个应用单元格所组成的，它提供两种类型的应用。

## 1. 本地应用（见图 1-1）

现有的本地应用有 Project Schematic、Engineering Data and Design Exploration。本地应用完全在 Workbench 窗口中启动和运行。

## 2. 数据整合应用（见图 1-2）

现有的应用包括 Mechanical、Mechanical

APDL、FLUENT、CFX 和 AUTODYN 等。

在工业应用领域中，为了提高产品设计质量、缩短周期、节约成本，计算机辅助工程（CAE）技术的应用越来越广泛，设计人员参与 CAE 分析已经成为必然。这对 CAE 分析软件的灵活性、易学易用性提出了更高的要求。

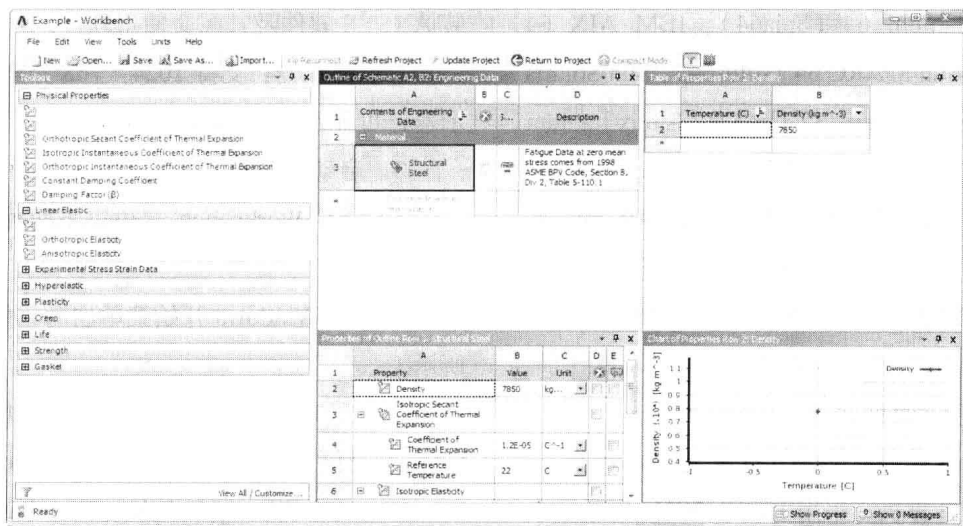


图 1-1 本地应用

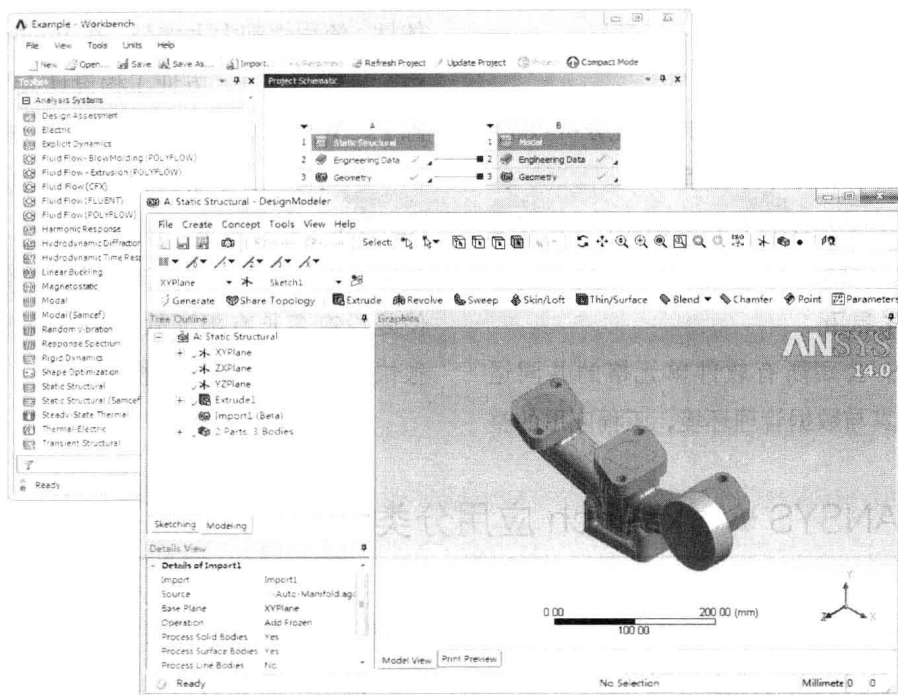


图 1-2 数据整合应用

### 1.1.3 ANSYS Workbench 系统要求和启动

#### 1. 操作系统要求

(1) ANSYS Workbench 14.0 可运行于 HP-UX Itanium 64 (hpia64)、IBM AIX 64 (aix64)、Sun SPARC 64 (solus64)、Sun Solaris x64 (solx64)、Linux 32 (lin32)、Linux Itanium 64 (linia64)、Linux x64 (linx64)、Windows x64 (winx64)、Windows 32 (win32) 等各类计算机及操作系统中,其数据文件是兼容的。

(2) 确定计算机安装有网卡、TCP/IP 协议,并将 TCP/IP 协议绑定到网卡上。

#### 2. 硬件最低要求

(1) 内存: 512MB (推荐 1GB) 以上。

(2) 计算机: 采用 Intel 1.5GHz 处理器或主频更高的处理器。

(3) 光驱: DVD-ROM 驱动器。

(4) 硬盘: 10GB 以上硬盘空间,用于安装 ANSYS 软件及其配套使用软件。

(5) 显示器: 支持 1024×768 分辨率的显示器,可显示 16 位以上显卡。

#### 3. 启动与退出

ANSYS Workbench 提供以下两种方式启动。

(1) 从 Windows 开始菜单启动,如图 1-3 所示。

(2) 从其支持的 CAD 系统中启动,这些 CAD 系统包括 AutoCAD、Autodesk Inventor、Creo Elements/Direct Modeling、Creo Parametric (之前名称为 Pro/ENGINEER)、UG NX、

Parasolid、Solid Edge、SolidWorks、ANSYS SpaceClaim Direct Modeler 和 Teamcenter 等。

图 1-4 所示为从 SolidWorks 2012 中启动 Workbench。

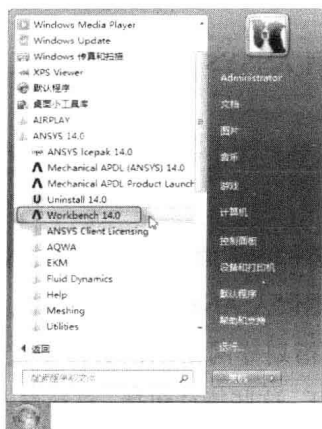


图 1-3 从 Windows 开始菜单启动



图 1-4 从其支持的 CAD 系统中启动 Workbench

## 1.2

# ANSYS Workbench 分析的基本过程

ANSYS 分析过程包含 4 个主要步骤：初步确定、前处理、加载并求解和后处理，如图 1-5 所示。其中初步确定为分析前的蓝图，操作步骤为后 3 个步骤。

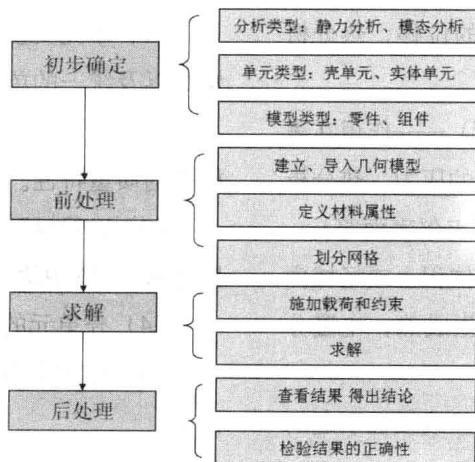
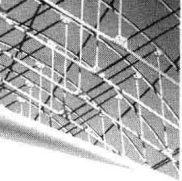


图 1-5 分析的基本过程



## 1.2.1 前处理

前处理是指创建实体模型以及有限元模型。它包括创建实体模型、定义单元属性、划分有限元网格、修正模型等几项内容。现今大部分的有限元模型都是用实体模型建模,类似于CAD,ANSYS以数学的方式表达结构的几何形状,然后在里面划分节点和单元,还可以在几何模型边界上方便地施加载荷,但是实体模型并不参与有限元分析,所以施加在几何实体边界上的载荷或约束必须最终传递到有限元模型上(单元或节点)进行求解。这个过程通常是ANSYS程序自动完成的。可以通过以下4种途径创建ANSYS模型。

- (1) 在ANSYS环境中创建实体模型,然后划分有限元网格。
- (2) 在其他软件(如CAD)中创建实体

模型,然后读入到ANSYS环境,经过修正后划分有限元网格。

- (3) 在ANSYS环境中直接创建节点和单元。

- (4) 在其他软件中创建有限元模型,然后将节点和单元数据读入ANSYS。

单元属性是指划分网格以前必须指定的所分析对象的特征,这些特征包括:材料属性、单元类型、实常数等。需要强调的是,除了磁场分析以外无需告诉ANSYS使用的是何种单位制,只需自己决定使用何种单位制,然后确保所有输入值的单位制统一,单位制影响输入的实体模型尺寸、材料属性、实常数及载荷等即可。

## 1.2.2 加载并求解

- (1) 自由度DOF——定义节点的自由度(DOF)值(例如,结构分析的位移,热分析的温度,电磁分析的磁势等)。

- (2) 面载荷(包括线载荷)——作用在表面的分布载荷(例如结构分析的压力,热分析的热对流,电磁分析的麦克斯韦尔表面等)。

- (3) 体积载荷——作用在体积上或场域内(例如热分析的体积膨胀和内生成热,电磁分析的磁流密度等)。

- (4) 惯性载荷——结构质量或惯性引起的载荷(例如,重力、加速度等)。

在进行求解之前应进行分析数据检查,包

括以下内容。

- (1) 单元类型和选项,材料性质参数,实常数以及统一的单位制。

- (2) 单元实常数和材料类型的设置,实体模型的质量特性。

- (3) 确保模型中没有不应存在的缝隙(特别是从CAD中输入的模型)。

- (4) 壳单元的法向,节点坐标系。

- (5) 集中载荷、体积载荷和面载荷的方向。

- (6) 温度场的分布和范围,热膨胀分析的参考温度。