

工程设计与分析系列

ANSYS Workbench 17.0

有限元分析及仿真

(第2版)

谢龙汉 蔡思祺 编著



视频教学

本书程序代码资源及视频下载：
www.hxedu.com.cn

- ★ ANSYS——全球首选CAE分析软件
- ★ ANSYS——超强的分析仿真功能
- ★ 基础知识—典型实例—综合应用
- ★ 实例视频讲解，轻松学习



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

工程设计与分析系列

ANSYS Workbench 17.0

有限元分析及仿真

(第2版)

谢龙汉 蔡思祺 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

ANSYS Workbench 是 ANSYS 公司开发的协同仿真环境, ANSYS Workbench 17.0 提供了 ANSYS 系统求解器的强大交互功能, 目前 ANSYS Workbench 已经在我国的汽车、航空航天、电子、通用机械、铁道等领域得到了广泛应用。

本书在第 1 版广泛应用的基础上, 吸收众多读者宝贵建议, 完善知识体系结构, 丰富实例, 优化内容, 配以视频讲解, 升级软件版本, 进行全面改版。主要内容有 ANSYS Workbench 基础、几何建模、网格划分、线性静力学结构分析、结构非线性分析、模态分析、谐响应分析、随机振动分析、线性屈曲分析、瞬态动力学分析、工程热力学分析、优化设计。本书附赠全部案例的素材文件, 并对每个案例配有视频讲解, 以帮助读者学习。

本书适合理工科院校机械工程、土木工程、电子工程、能源动力、航空航天等相关专业的高年级本科生、研究生学习, 也可作为相关工程技术人员从事工程研究的参考书。

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 17.0 有限元分析及仿真 / 谢龙汉, 蔡思祺编著. —2 版. —北京: 电子工业出版社, 2017.7 (工程设计与分析系列)

ISBN 978-7-121-32126-9

I. ①A… II. ①谢… ②蔡… III. ①有限元分析—应用软件 IV. ①O241.82

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 161189 号

策划编辑: 许存权

责任编辑: 许存权 特约编辑: 谢忠玉 等

印 刷: 三河市华成印务有限公司

装 订: 三河市华成印务有限公司

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: 787×1 092 1/16 印张: 20.75 字数: 532 千字

版 次: 2014 年 5 月第 1 版

2017 年 7 月第 2 版

印 次: 2017 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 59.00 元 (含 DVD 光盘 1 张)

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, 88258888。

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

本书咨询联系方式: (010) 88254484, xucq@phei.com.cn。



前言

ANSYS Workbench 是美国 ANSYS 公司开发的用于求解实际问题的新一代产品。它不仅继承了原有 ANSYS 经典平台在有限元仿真分析中的基本功能,而且还融合了强大的几何建模功能和优化设计功能,构造出一个 CAD/CAE 协同环境,为技术人员解决产品设计研发工作中的问题。同时,ANSYS Workbench 也应用于航空航天、电子、通用机械、日用品等行业,它已经在我国的汽车、航空航天、电子、通用机械、铁道等领域得到了广泛应用。

ANSYS Workbench 是一个功能强大的协同仿真平台。它具有如下优点:具有所有主流 CAD 软件的接口,实现了包括参数在内的所有数据的传递;强大的全自动网格划分,ANSYS Workbench 根据所研究的不同物理学科,对网格划分算法的各种细节进行了设置,以确保每一种仿真分析都有合适的网格;强大的产品优化设计功能,使 ANSYS Workbench 在产品设计方面达到全新的高度。

全书共 12 章,具体内容如下。

第 1 章 ANSYS Workbench 基础。主要介绍 ANSYS Workbench 17.0 的基础知识,包括 ANSYS Workbench 的基本操作、操作界面、文件管理,以及帮助文档的使用。

第 2 章 几何建模。主要介绍 DesignModeler 的使用方法,其中包括草图绘制、3D 几何体建模、概念建模及导入 CAD 文件、CAD 文件修复、参数化建模等。

第 3 章 网格划分。主要介绍 ANSYS Workbench 17.0 的 Mesh 平台网格划分方法,包括全局网格控制和局部网格控制。

第 4 章 线性静力学结构分析。主要介绍在 Static Structural 平台上进行线性静力学结构分析的一些基础理论和操作方法,包括添加工程材料,线性静力学结构分析前处理、模型求解、结果及后处理。

第 5 章 结构非线性分析。首先介绍结构非线性的分类和基本概念,随后介绍在 Static Structural 平台上进行结构非线性分析的一些通用设置,并介绍接触、塑性变形、超弹性的相关知识。

第 6 章 模态分析。介绍模态分析基础知识,并给出模态分析流程和预应力模态分析方法。

第 7 章 谐响应分析。主要介绍谐响应分析的基础理论,包括谐响应运动方程、谐响应求解方法,以及在 ANSYS Workbench 17.0 中进行谐响应分析的基本流程。

第 8 章 随机振动分析。主要介绍随机振动分析的基础理论,以及随机振动分析的基本流程。

第 9 章 特征值屈曲分析。主要介绍特征值屈曲分析的基础理论,以及特征值屈曲分析的基本流程。

第10章 瞬态动力学分析。主要介绍瞬态动力学分析的基础理论，以及瞬态动力学分析的基本流程。

第11章 工程热力学分析。主要介绍工程热力学分析的基础知识，包括三种热传递方式及基本方程，之后介绍 ANSYS Workbench 17.0 中稳态热分析和瞬态热分析并给出热分析的基本流程。

第12章 Design Exploration 优化设计。主要介绍 Workbench 中优化设计的基础知识，包括响应曲面、目标驱动优化、参数相关性、六西格玛分析。

本书具有以下特点。

（1）在第1版广泛应用的基础上，吸收众多读者的宝贵建议，大幅完善图书内容。

（2）不论从整体构思上还是每章内容安排上，都是从基础到应用，从简单到复杂，有利于读者循序渐进地掌握相关知识。

（3）实例丰富，以实例为主线展开，配以视频进行讲解，既生动形象又简洁明了。

（4）条理清晰，讲解详细，确保自学的读者能独立学习和应用软件。

本书主要由谢龙汉、蔡思祺编写，参与本书编写和光盘开发的还有林伟、魏艳光、林木议、王悦阳、林伟洁、林树财、郑晓、吴苗、李翔、朱小远、唐培培、耿煜、尚涛、邓奕、张桂东、鲁力等。由于编著者学识有限，加之时间仓促，在写作方式和内容上可能会有疏漏之处，欢迎广大读者批评指正，可以发送电子邮件至 tenlongbook@163.com 与编者联系。

编 者



目 录

第1章 ANSYS Workbench 基础.....1

1.1 ANSYS Workbench 概述.....1

1.2 Workbench 基本操作.....2

1.2.1 启动与退出.....2

1.2.2 基本操作.....3

1.3 操作界面.....4

1.4 Workbench 文件管理.....8

1.4.1 项目文件管理.....8

1.4.2 ANSYS Workbench 文件格式.....9

1.5 帮助文档.....10

1.6 本章小结.....11

第2章 几何建模.....12

2.1 几何建模基础.....12

2.1.1 几何建模环境.....12

2.1.2 几何建模基本操作.....17

2.1.3 CAD 与 Workbench 连接.....18

2.2 草图绘制.....21

2.2.1 创建新平面.....21

2.2.2 草图绘制.....22

2.2.3 草图援引.....23

2.2.4 草图投影.....23

2.3 3D 几何体建模.....24

2.3.1 体和零件.....24

2.3.2 3D 建模基本操作.....25

2.4 概念建模.....27

2.4.1 概念建模基本操作.....27

2.4.2 概念建模实例.....28

2.5 实例1: 曲柄连杆.....31

2.6 实例2: CAD 文件修复.....43

2.7 实例3: 带参数化底板模型.....47

2.8 本章小结.....52

第3章 网格划分.....53

3.1 ANSYS Workbench 网格划分概述.....53

3.2 Mesh 平台全局网格控制.....55

3.2.1 显示设置.....55

3.2.2 默认项设置.....56

3.2.3 整体单元尺寸.....56

3.2.4 膨胀层设置.....59

3.2.5 装配网格划分.....60

3.2.6 高级选项.....61

3.2.7 统计项.....62

3.3 Mesh 平台局部网格控制.....65

3.3.1 网格划分方法.....66

3.3.2 网格组.....67

3.3.3 局部单元尺寸.....67

3.3.4 接触尺寸控制.....68

3.3.5 单元细化.....68

3.3.6 面网格划分.....69

3.3.7 匹配控制.....69

3.3.8 收缩控制.....69

3.3.9 膨胀控制.....70

3.3.10 尖角控制.....70

3.4 ICEM CFD 平台网格划分简介.....71

3.4.1 ICEM CFD 界面.....71

3.4.2 ICEM CFD 网格划分实例.....72

3.5 实例1: 2D 肘管网格划分.....78

3.6 实例2: 3D 曲轴网格划分.....84

3.7 实例3: 活塞网格划分.....88

3.8 本章小结.....95

第4章 线性静力学结构分析96	5.3 接触152
4.1 线性静力学结构分析力学基础.....96	5.3.1 接触算法.....153
4.2 Workbench 线性静力学结构分析概述.....96	5.3.2 弹球区域.....154
4.3 在工程数据区定义材料.....98	5.3.3 接触行为.....155
4.3.1 材料库.....99	5.4 塑性变形.....156
4.3.2 添加材料属性.....100	5.4.1 三个塑性准则.....156
4.4 线性静力学结构分析前处理.....100	5.4.2 材料数据输入.....158
4.4.1 几何体.....101	5.5 超弹性.....158
4.4.2 构造几何.....102	5.6 实例1: 弹簧片小变形与大变形.....159
4.4.3 坐标系统.....104	5.7 实例2: 装配接触.....165
4.4.4 连接关系.....106	5.8 实例3: 蝶形弹簧弹塑性变形.....173
4.4.5 网格划分.....108	5.9 本章小结.....183
4.5 线性静力学结构分析模型求解.....108	第6章 模态分析184
4.5.1 分析设置.....109	6.1 模态分析基础.....184
4.5.2 载荷和约束.....110	6.2 模态分析流程.....184
4.6 线性静力学结构分析结果及后处理.....114	6.3 预应力模态分析.....186
4.6.1 变形.....115	6.4 实例1: 带孔平板模态分析.....186
4.6.2 应力和应变.....115	6.5 实例2: 拉杆预应力模态分析.....191
4.6.3 能量.....118	6.6 实例3: 桥梁模态分析.....196
4.6.4 线性化应力.....118	6.7 本章小结.....201
4.6.5 工具.....119	第7章 谐响应分析202
4.6.6 图形显示.....121	7.1 谐响应分析概述.....202
4.7 实例1: 高压排气组件应力分析.....121	7.1.1 谐响应运动方程.....202
4.8 实例2: 变截面三角桁架受力分析.....130	7.1.2 谐响应求解方法.....203
4.9 实例3: 压力盖二维结构分析.....138	7.2 谐响应分析流程.....204
4.10 本章小结.....145	7.2.1 谐响应分析设置.....204
第5章 结构非线性分析146	7.2.2 查看结果.....206
5.1 结构非线性概述.....146	7.3 实例1: 两端固定梁的谐响应分析.....207
5.1.1 非线性分类.....147	7.4 实例2: 吉他弦谐响应分析.....213
5.1.2 非线性求解基本概念.....147	7.5 本章小结.....221
5.2 Workbench 结构非线性分析.....149	第8章 随机振动分析222
5.2.1 建立非线性模型.....149	8.1 随机振动分析概述.....222
5.2.2 分析设置.....150	8.2 随机振动分析流程.....223
	8.2.1 随机振动分析设置.....224

8.2.2 施加载荷和约束	224	11.1.3 热辐射	272
8.2.3 查看结果	225	11.1.4 稳态热分析	272
8.3 实例：加强梁随机振动分析	225	11.1.5 瞬态热分析	273
8.4 本章小结	232	11.2 热分析流程	273
第 9 章 特征值屈曲分析	233	11.2.1 定义工程数据	274
9.1 特征值屈曲分析概述	233	11.2.2 定义零件行为	274
9.2 特征值屈曲分析流程	234	11.2.3 定义连接	274
9.3 实例 1：钢管特征值屈曲分析	235	11.2.4 分析设置	275
9.4 实例 2：易拉罐特征值屈曲分析	240	11.2.5 施加载荷和约束	276
9.5 本章小结	246	11.3 实例 1：杆稳态热分析	277
第 10 章 瞬态动力学分析	247	11.4 实例 2：晶体管稳态热分析	286
10.1 瞬态动力学分析概述	247	11.5 实例 3：晶体管瞬态热分析	291
10.2 瞬态动力学分析流程	248	11.6 本章小结	300
10.2.1 定义零件行为	248	第 12 章 Design Exploration 优化设计 301	
10.2.2 定义初始状态	249	12.1 优化设计概述	301
10.3 实例 1：曲柄摇杆机构瞬态动力学分析	250	12.1.1 Design Exploration 优化项目	301
10.4 实例 2：钢梁瞬态动力学分析	256	12.1.2 定义参数	302
10.5 实例 3：脚轮冲击的瞬态动力学分析	263	12.2 响应曲面	302
10.6 本章小结	269	12.3 目标驱动优化	303
第 11 章 工程热力学分析	270	12.4 参数相关性	303
11.1 热分析概述	270	12.5 六西格玛分析	303
11.1.1 热传导	270	12.6 实例 1：起重机吊钩六西格玛分析	304
11.1.2 热对流	271	12.7 实例 2：起重机吊钩响应曲面优化分析	313
		12.8 本章小结	323



第1章 ANSYS Workbench 基础

ANSYS Workbench 17.0 (简称 Workbench) 是 ANSYS 公司最新推出的协同仿真环境。相比于经典的 ANSYS 仿真环境, Workbench 提供了更便利和友好的操作界面, 并且易于学习。本章首先介绍 ANSYS Workbench 的基本知识, 然后介绍 Workbench 的基本操作, 再介绍 Workbench 操作界面以及文件管理, 最后给出帮助文档的使用方法。



本章内容

- ANSYS Workbench 17.0 概述
- Workbench 基本操作
- Workbench 界面介绍
- Workbench 文件管理
- 帮助文档

1.1 ANSYS Workbench 概述

CAE (Computer Aided Engineering) 是计算机辅助工程的英文缩写, 指利用计算机辅助求解复杂工程和产品结构强度、刚度、屈曲稳定性、动力响应、热传导、三维多体接触、弹塑性等力学性能的分析计算以及结构性能的优化设计等问题的一种近似数值分析方法。工程领域常见的 CAE 技术种类包括有限元法 (Finite Element Method, FEM), 边界元法 (Boundary Element Method, BEM), 有限差分法 (Finite Difference Method, FDM)。

ANSYS 软件是融合结构、流场、电场、磁场、声场分析于一体的大型通用有限元分析软件。由世界最大的有限元分析软件公司之一的美国 ANSYS 开发, 它能与大多数主流 CAD 软件接口, 实现数据的共享和交换, 如 Creo、NASTRAN、AutoCAD、Pro/E、UG、Alogor 等, 是现代产品设计中高级 CAE 工具之一。

ANSYS Workbench 是 ANSYS 公司开发的协同仿真环境。ANSYS Workbench 17.0 是 ANSYS 发布于 2016 年 1 月的版本, 提供了与 ANSYS 系统求解器的强大交互功能的方法。ANSYS Workbench 提供了一个独特的 CAD 及设计过程的集成系统。

ANSYS Workbench 17.0 由如下多种应用模块组成。

- Mechanical: 利用 ANSYS 的求解器进行结构和热分析, 划分网格也包含在该应用中。
- Mechanical APDL: 采用传统的用户界面对高级机械和多物理场进行分析。

- Fluid Flow (CFX): 采用 CFX 进行 CFD 分析。
- Geometry (DesignModeler): 创建几何模型和 CAD 几何模型的修改。
- Engineering Data: 定义材料性能。
- Meshing Application: 用于生成 CFD 和显示动态网格。
- Design Exploration: 优化分析。
- Finite Element Modeler (FE Modeler): 对 NASTRAN 和 ABAQUS 的网格进行转化以进行 ANSYS 分析。
- BladeGen (Blade Geometry): 用于创建叶片几何模型。
- Explicit Dynamics: 具有非线性动力学特色的模型用于显示动力学模拟。

ANSYS Workbench 17.0 环境支持两种类型的应用程序。

- 本地应用: 目前的本地应用包括工程项目管理、工程数据和优化设计。
- 数据综合应用: 目前的应用包括 Mechanical、Mechanical APDL、Fluent、CFX 等。

1.2 Workbench 基本操作

ANSYS Workbench 17.0 中的基本操作包括启动和退出、项目关联、复制与删除项目等,下面作具体介绍。

1.2.1 启动与退出

进入 ANSYS Workbench 17.0 环境有两种方法。

- 执行【开始】→【所有程序】→【ANSYS 17.0】→【Workbench 17.0】,如图 1-1 所示。

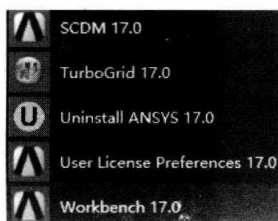


图 1-1 从开始菜单中启动

- 通过 CAD 软件启动,在安装 ANSYS Workbench 17.0 时可以选择嵌套 Workbench 到一些 CAD 软件中,通过这些嵌入的菜单可以进入 ANSYS Workbench。图 1-2 为通过 SolidWorks 进入 Workbench 的方法。关于这方面的内容读者可以参考第 2 章中 CAD 与 Workbench 连接的相关内容。

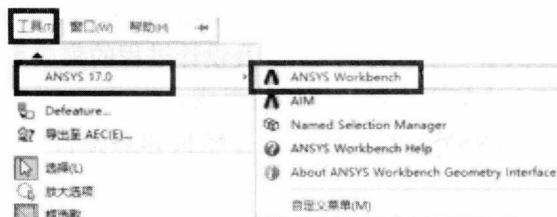


图 1-2 通过 Solidworks 启动

可以执行【Files】→【Exit】或直接单击界面右上角的关闭按钮退出 ANSYS Workbench。Workbench 界面显示如图 1-3 所示。1.3 节将详细介绍 Workbench 界面。

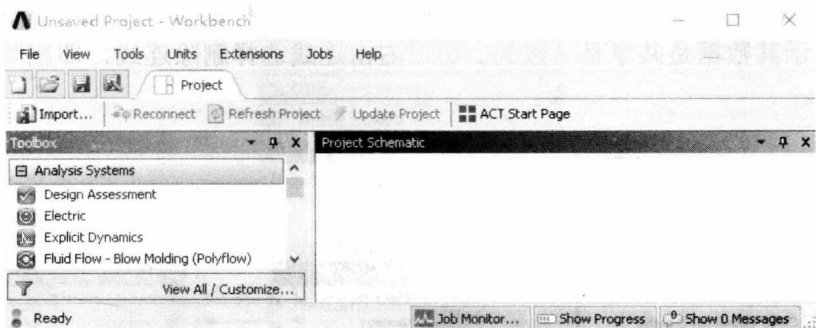


图 1-3 Workbench 界面

1.2.2 基本操作

(1) 新建项目。

Workbench 主界面的 Toolbox 下有各种常见项目可以选择，双击或直接拖曳到 Project Schematic 即可创建一个项目。图 1-4 为新建特征值屈曲分析项目【Eigenvalue Buckling】。项目 A 的各个内容以单元格来定位，比如单元格 A2 为【Engineering Data】。

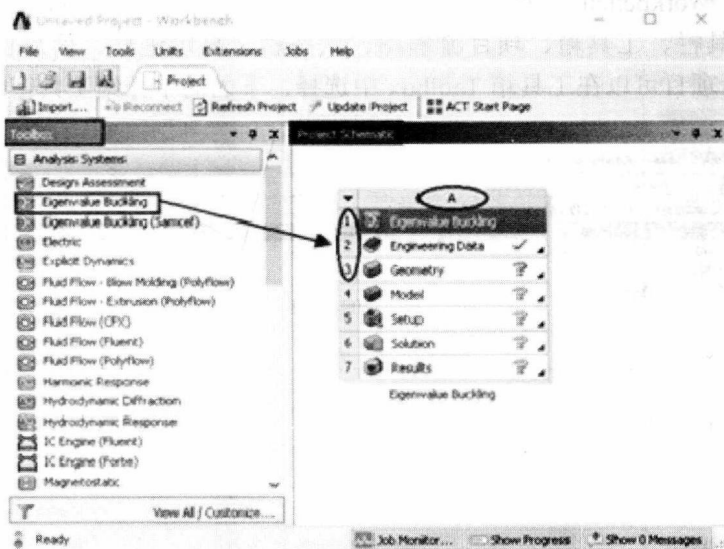


图 1-4 新建特征值屈曲分析

(2) 项目的基本操作。

单击项目左上角的 ▾ 图标可以对项目进行复制 (Duplicate)、替换 (Replace With)、删除 (Delete)、重命名 (Rename)、查看属性 (Properties) 等，如图 1-5 所示。

(3) 关联项目。

常常需要对一个模型做不同的分析，例如模态分析后做响应谱分析，这时候需要用到

关联项目。首先将 Toolbox 下的 Modal (模态分析) 拖曳到 Project Schematic 中, 然后再次拖曳 Response Spectrum (响应谱) 到 A6 单元格后释放, 这样就建立起关联项目。其中的连线表示共享数据, 如 A2 单元格的【Engineering Data】和 B2 单元格的【Engineering Data】相连表示其数据是共享且一致的。可以右击连线选择删除连线, 即删除共享数据, 如图 1-6 所示。

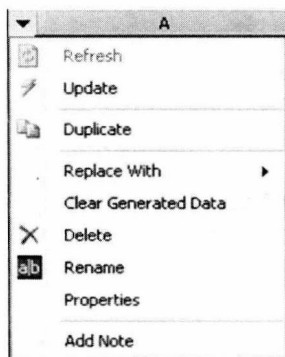


图 1-5 项目基本操作

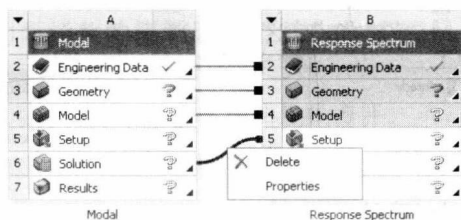


图 1-6 关联项目

1.3 操作界面

启动 ANSYS Workbench 17.0 后, 界面显示如图 1-7 所示。Workbench 界面包含了标题栏、菜单栏、工具栏、工具箱、项目流程图、状态栏、显示进程、信息窗口等。ANSYS Workbench 的分析项目可以在工具箱 Toolbox 中选择, 下面简单介绍工具箱的内容。



图 1-7 ANSYS Workbench 17.0 界面

工具箱 Toolbox 包括四部分: Analysis Systems、Component Systems、Custom Systems、Design Exploration, 如图 1-8 所示。

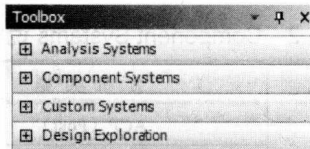


图 1-8 工具箱

(1) Analysis Systems。

在 Analysis Systems 中使用预先定义好的程序, 具体项目如表 1.1 所示。

表 1.1 Analysis Systems 说明

Analysis Systems	分析类型	描述
	Design Assessment	设计评估
	Eigenvalue Buckling	特征值屈曲分析
	Electric	电场分析
	Explicit Dynamics	显式动力学分析
	Fluid Flow-Blow Molding (Polyflow)	吹塑成型分析
	Fluid Flow-Extrusion (Polyflow)	挤压成型分析
	Fluid Flow (CFX)	CFX 流体分析
	Fluid Flow (Fluent)	Fluent 流体分析
	Fluid Flow (Polyflow)	Polyflow 流体分析
	Harmonic Response	谐响应分析
	Hydrodynamic Diffraction	水动力衍射分析
	Hydrodynamic Response	水动力响应
	IC Engine	内燃机分析
	Magnetostatic	静态磁场分析
	Modal	模态分析
	Modal (ABAQUS)	ABAQUS 模态分析
	Modal (Samcef)	Samcef 模态分析
	Random Vibration	随机振动分析
	Response Spectrum	响应谱分析
	Rigid Dynamics	刚体动力学分析
	Static Structural	结构静力学分析
	Static Structural (ABAQUS)	ABAQUS 结构静力学分析
	Static Structural (Samcef)	Samcef 结构静力学分析
	Steady-State Thermal	稳态热分析
	Thermal-Electric	热电耦合分析
	Throughflow	通流分析
	Transient Structural	瞬态动力学分析
	Transient Thermal	瞬态热分析

(2) Component Systems。

Component Systems 包含建立、扩展分析系统的各种应用程序，具体项目如表 1.2 所示。

表 1.2 Component Systems 说明

Component Systems	分析类型	描述
Component Systems ACP (Post) ACP (Pre) Autodyn BladeGen CFX Engineering Data Explicit Dynamics (LS-DYNA Export) External Data External Model Finite Element Modeler Fluent Fluent (with Fluent Meshing) Geometry ICEM CFD Icepak Mechanical APDL Mechanical Model Mesh Microsoft Office Excel Polyflow Polyflow - Blow Molding Polyflow - Extrusion Results System Coupling Turbo Setup TurboGrid Vista AFD Vista CCD Vista CCD (with CCM) Vista CPD Vista RTD Vista TF	ACP (Post)	ANSYS 复合材料后处理
	ACP (Pre)	ANSYS 复合材料前处理
	Autodyn	非线性显式动力学分析
	BladeGen	涡轮机械叶片设计
	CFX	CFX 高端流体分析
	Engineering Data	工程数据
	Explicit Dynamics (LS-DYNA Export)	LS-DYNA 显示动力学分析
	External Connection	外部连接
	External Data	外部数据
	Finite Element Modeler	FEM 有限元模型
	Fluent	Fluent 流体分析
	Fluent (with TGrid meshing)	TGrid 网格 Fluent 分析
	Geometry	几何模型
	ICEM CFD	ICEM CFD 网格划分
	Icepak	电子产品热分析
	Mechanical APDL	ANSYS 经典分析平台
	Mechanical Model	结构分析
	Mesh	网格划分
	Microsoft Office Excel	Excel
	Polyflow	Polyflow 流体分析
	Polyflow-Blow Molding	Polyflow 吹塑成型分析
	Polyflow-Extrusion	Polyflow 挤压成型分析
	Results	结果后处理
	System Coupling	系统耦合分析
	Turbo Setup	涡轮设置
	TurboGrid	涡轮网格生成
	Vista AFD	轴流风扇初始设计
	Vista CCD	离心压缩机初始设计
	Vista CCD (with CCM)	径流透平设计 (CCM)
	Vista CPD	离心泵初始设计
	Vista RTD	向心涡轮机初始设计
	Vista TF	旋转机械快速直流分析

(3) Custom Systems。

Custom Systems 是应用于耦合 (FSI, 热应力等) 分析的预先定义好的模板, 用户也可以创建自己的预定义系统, 具体项目如表 1.3 所示。

表 1.3 Custom Systems 说明

Custom Systems	分析类型	描述
 Custom Systems  FSI: Fluid Flow (CFX) -> Static Structural  FSI: Fluid Flow (FLUENT) -> Static Structural  Pre-Stress Modal  Random Vibration  Response Spectrum  Thermal-Stress	FSI: Fluid Flow (CFX) ->Static Structural	流固耦合: CFX 流体分析与结构静力耦合
	FSI: Fluid Flow (Fluent) ->Static Structural	流固耦合: Fluent 流体分析与结构静力耦合
	Pre-Stress Modal	预应力模态分析
	Random Vibration	随机振动分析
	Response Spectrum	响应谱分析
	Thermal-Stress	热应力分析

(4) Design Exploration。

Design Exploration 包含参数管理和优化工具, 具体分析程序如表 1.4 所示。

表 1.4 Design Exploration 说明

Design Exploration	分析类型	描述
 Design Exploration  Direct Optimization  Parameters Correlation  Response Surface  Response Surface Optimization  Six Sigma Analysis	Direct Optimization	直接优化
	Parameters Correlation	参数相关性
	Response Surface	响应曲面
	Response Surface Optimization	响应曲面优化
	Six Sigma Analysis	六西格玛分析

工具箱 Toolbox 包含了常规分析所需要的各种分析程序, 但是 ANSYS Workbench 也提供了一些测试版 (Beta) 分析程序, 例如形状优化 (Shape Optimization), 如图 1-9 所示。默认情况下这些测试版分析程序并不会在工具箱中显示。执行菜单 **【Tools】→【Options】**, 打开 **【Options】** 选项后在 **【Appearance】** 中选中 **【Beta Options】**, 如图 1-10 所示可以在工具箱中显示测试版分析程序。

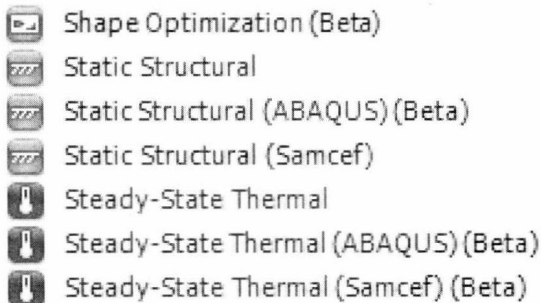


图 1-9 测试版分析程序

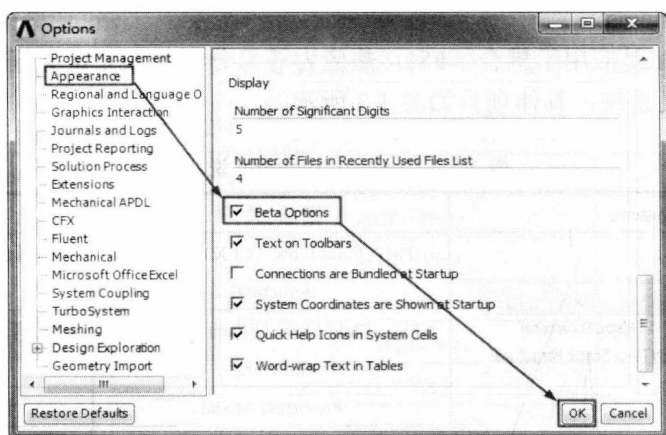


图 1-10 设置 Beta Options

1.4 Workbench 文件管理

1.4.1 项目文件管理

当保存一个项目时, Workbench 会创建项目文件(.wbpj)和项目文件夹,使用用户指定的文件名,如【Crane_Hook.wbpj】和【Crane_Hook_files】。其中 ANSYS Workbench 文件夹包含 3 个主要子目录【dp0】、【dpall】和【user_files】。ANSYS Workbench 可能不会识别出用户对系统文件的直接修改,因此建议用户不要手动修改项目目录的内容或结构。

(1) 子目录 dp0。

ANSYS Workbench 指定当前项目为设计点 0 并创建子目录【dp0】。该文件目录是设计点文件目录,包括特定分析的所有参数状态。dp0 中包括了 SYS 文件夹和 global 文件夹。SYS 文件夹中包含了项目中每个应用程序,如 Fluent、Mechanical。SYS 文件夹中包含了应用程序的特定文件和文件夹,如模型路径、工程数据、源数据等。SYS 文件夹中每个系统类型命名如表 1.5 所示。

global 文件夹下的文件用于项目的所有系统并且可以被多个系统共享。global 文件夹下包括所有数据库文件及其关联文件。

在一个单独的分析中,只有一个 dp0,如果是多分析系统,则将包含 dpn, n 可以是 1、2 等。

表 1.5 系统文件夹列表

系统类型	文件夹名称
AUTODYN	ATD
BladeGen	BG
Design Exploration	DX
Engineering Data	ENGD
FE Modeler	FEM

续表

系 统 类 型	文件夹名称
Fluid Flow (FLUENT)	FFF (对分析系统), FLU (对组件系统)
Fluid Flow (CFX)	CFX
Geometry	Geom
Mesh	SYS/MECH
Mechanical	SYS/MECH
Mechanical APDL	APDL
TurboGrid	TS
Vista TF	VTF
Icepak	IPK

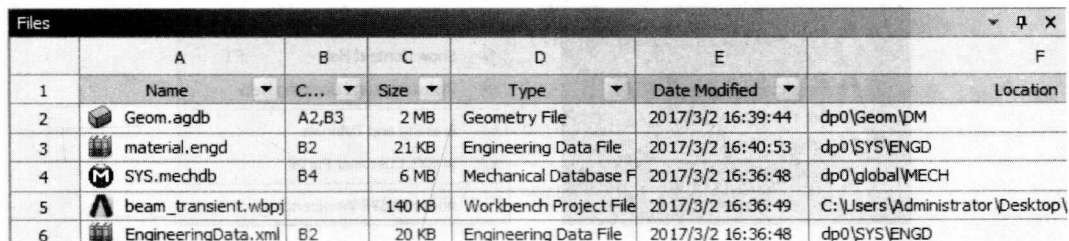
(2) 子目录 dpall。

ANSYS Workbench 允许用户创建多个设计点并对输入和输出参数做对比学习。为了分析多个设计点,用户必须首先创建当前项目的输入参数,所以并不是所有的项目都有子目录 dpall。子目录 dpall 中保存着设计点的输入/输出信息。

(3) 子目录 user_files。

user_files 包含和项目相关的输入文件和用户宏文件。

在 Workbench 中执行【View】→【Files】,弹出并显示一个包含文件明细与路径的文件预览窗口,如图 1-11 所示。



	A	B	C	D	E	F
	Name	C...	Size	Type	Date Modified	Location
1	Geom.agdb	A2,B3	2 MB	Geometry File	2017/3/2 16:39:44	dp0\Geom\DM
2	material.engd	B2	21 KB	Engineering Data File	2017/3/2 16:40:53	dp0\SYS\ENDG
3	SYS.mechdb	B4	6 MB	Mechanical Database F	2017/3/2 16:36:48	dp0\global\MECH
4	beam_transient.wbpj		140 KB	Workbench Project File	2017/3/2 16:36:49	C:\Users\Administrator\Desktop\
5	EngineeringData.xml	B2	20 KB	Engineering Data File	2017/3/2 16:36:48	dp0\SYS\ENDG

图 1-11 文件预览

1.4.2 ANSYS Workbench 文件格式

Workbench 中不同的分析程序有不同的文件格式,ANSYS Workbench 的分析程序将创建如下类型的数据库文件。

- ANSYS Workbench 项目数据库文件=.wbpj
- Mechanical APDL=.db
- CFX=.cfx,.dat,.mdef,.mres
- DesignModeler=.agdb
- CFX-Mesh=.cmdb
- Mechanical=.mechdb
- Meshing=.cmdb
- Engineering Data=.eddb