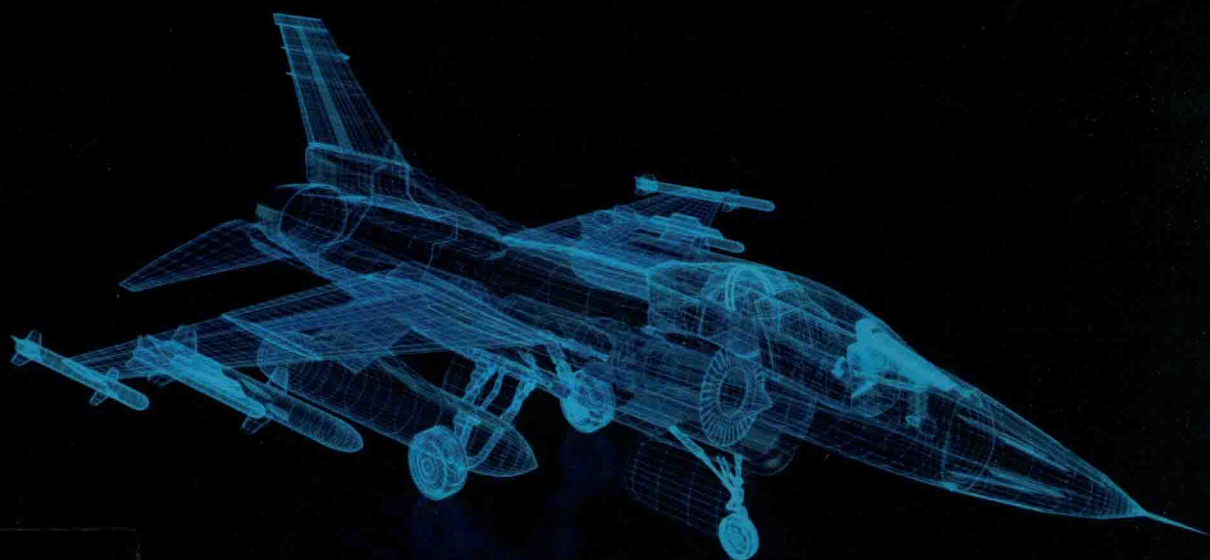


◎ 普通高等教育“十三五”规划教材

ANSYS Workbench

16.0 基础教程及实例分析

◎ 主编：程贤福



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

普

规划教材

ANSYS Workbench 16.0 基础教程及实例分析

主 编 程贤福
副主编 梁高峰 万 冲 程安辉
罗珺怡 高东山 邱浩洋



华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

ANSYS 作为国际流行的融结构、热、流体、电磁、声学于一体的大型通用有限元分析软件,广泛应用于机械、土木、水利、机电、航天、冶金等领域。本书是作者在使用 ANSYS Workbench 16.0 解决实际工程问题的基础上,参考文献资料完成的。全书共 8 章,第 1~4 章为 ANSYS Workbench 16.0 基础操作部分,详细介绍了有限元分析建模、网格划分、求解及后处理操作。第 5~8 章为典型实例部分,分别介绍了静力学分析实例、动力学分析实例、热分析实例及屈曲分析实例。本书以结构分析为主,同时兼顾热分析,并附有大量的实际工程的例子,内容由浅入深、循序渐进、操作性强。

本书可以作为理工科院校有关专业的高年级本科生、研究生及教师学习使用 ANSYS Workbench 16.0 的教材或参考书,也可作为从事机械制造、交通运输、航空航天、汽车、造船、电子生物医学等领域科学研究及产品开发的广大工程技术人员使用 ANSYS Workbench 16.0 的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

ANSYS Workbench 16.0 基础教程及实例分析/程贤福主编. —武汉:华中科技大学出版社,2017.7
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-5680-2992-6

I. ①A… II. ①程… III. ①有限元分析-应用软件-高等学校-教材 IV. ①O241.82-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 125700 号

ANSYS Workbench 16.0 基础教程及实例分析

程贤福 主编

ANSYS Workbench 16.0 Jichu Jiaocheng ji Shili Fenxi

策划编辑:汪 富

责任编辑:戢凤平

封面设计:廖亚萍

责任校对:刘 竣

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:武汉楚海文化传播有限公司

印 刷:武汉科源印刷设计有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:14.75

字 数:353 千字

版 次:2017 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:36.00 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

在科技发展日新月异的今天,传统的产品研发模式正发生着根本性的变革。ANSYS Workbench 作为 ANSYS 公司于 2002 年开发的新一代产品研发平台,不但继承了 ANSYS 经典平台在有限元仿真分析上的所有功能,而且融入了 UG、Pro/E 等 CAD 软件强大的几何建模功能和 ISIGHT、BOSS 等优化软件在优化设计方面的优势,真正实现了集产品设计、仿真和优化功能于一身,可以帮助技术人员在同一软件环境下完成产品研发过程中的所有工作,从而大大简化产品开发流程,缩短产品上市周期。

本书以最新的 ANSYS 16.0 为写作基础,以应用为教学目的,结合实例来讲解 ANSYS Workbench 机械仿真及其应用。全书共 8 章,具体内容如下。

第 1 章为 ANSYS Workbench 16.0 概述,简要介绍了 ANSYS Workbench 16.0 的功能特点、工作界面及一些分析过程。通过这一章的学习,读者可以对 ANSYS Workbench 16.0 有一个大致了解。

第 2 章主要介绍了如何在 ANSYS Workbench 16.0 中建立模型,包括创建草图、3D 几何体等,还介绍了如何导入外部 CAD 文件,以及概念建模的相关概念。

第 3 章为网格划分,主要介绍了 ANSYS Workbench 16.0 下的 Mesh 平台网格划分方法,包括全局网格控制、方法控制以及局部网格控制。

第 4 章首先介绍 Mechanical 的工作环境、前处理,然后介绍如何在模型中施加载荷及约束等内容,最后介绍了结果后处理等内容。读者学习时,应重点掌握 Mechanical 前处理和施加载荷及约束的方法。

第 5 章为静力学分析的基础内容,通过两个实例介绍了静力学分析的基本流程,并对静力学分析中的一些关键点进行了强调,对网格划分采用了不同的方式,详细介绍了约束和载荷的添加。

第 6 章为动力学分析,通过典型实例详细介绍了模态分析和随机振动分析的一般方法及应用场合。

第 7 章主要介绍了工程热力学分析的基本知识,以及有限元热分析的基本操作。热分析中最主要的就是抓住并区分稳态热分析和瞬态热分析,根据相应的分析选择相应的模块进行求解计算。

第 8 章为屈曲分析,主要介绍线性屈曲分析和非线性屈曲分析的基础知识,以及分析的流程,并以起重机卷筒为例具体介绍了线性屈曲分析和非线性屈曲分析的分析方法和步骤。

本书中所列举实例的相关资源可通过扫描封底的二维码获取(<http://jixie.hustp.com/index.php?m=Teachingbook&a=detail&id=18>)。

本书由程贤福、梁高峰、万冲、程安辉、罗珺怡、高东山、邱浩洋编写。由于作者水平及时间有限,书中难免有一些疏漏和不足之处,恳请广大读者及业内人士批评指正。

作 者

2017 年 3 月

目 录

第 1 章 ANSYS Workbench 16.0 概述	(1)
1.1 ANSYS Workbench 16.0 概述	(1)
1.1.1 仿真项目的流程管理	(1)
1.1.2 仿真数据的管理	(1)
1.1.3 仿真参数的管理和优化设计	(1)
1.2 ANSYS Workbench 16.0 平台及模块	(2)
1.2.1 Workbench 16.0 平台界面	(2)
1.2.2 菜单栏	(3)
1.2.3 工具栏	(11)
1.2.4 工具箱	(11)
1.3 Workbench 16.0 流程演练	(13)
1.4 本章小结	(17)
第 2 章 几何建模	(18)
2.1 几何建模概论	(18)
2.2 认识 DesignModeler	(18)
2.2.1 进入 DesignModeler	(18)
2.2.2 DesignModeler 的操作界面	(20)
2.2.3 DesignModeler 的鼠标操作	(22)
2.2.4 图形选取与控制	(22)
2.2.5 DM 几何体	(23)
2.3 DesignModeler 草图模式	(23)
2.3.1 创建新平面	(23)
2.3.2 创建新草图	(24)
2.3.3 草图模式	(24)
2.3.4 草图援引	(25)
2.4 创建 3D 几何体	(26)
2.4.1 创建 3D 特征	(26)
2.4.2 激活体和冻结体	(27)
2.4.3 切片特征	(28)
2.4.4 抑制体	(28)
2.4.5 面印记	(29)
2.4.6 填充与包围操作	(31)
2.4.7 创建多体部件体	(31)

2.5	导入外部 CAD 文件	(33)
2.5.1	非关联性导入文件	(33)
2.5.2	关联性导入文件	(33)
2.5.3	导入定位	(33)
2.5.4	创建场域几何体	(34)
2.6	概念建模	(34)
2.6.1	从点生成线体	(34)
2.6.2	从草图生成线体	(35)
2.6.3	从边生成线体	(35)
2.6.4	定义横截面	(35)
2.6.5	从线生成面体	(39)
2.6.6	从草图生成面体	(39)
2.6.7	从面生成面体	(39)
2.7	几何建模实例	(40)
2.7.1	进入 DM 界面	(40)
2.7.2	绘制油箱箱体	(40)
2.7.3	绘制油箱左端板	(43)
2.7.4	绘制油箱左隔板	(46)
2.7.5	保存文件并退出	(50)
2.8	本章小结	(50)
第 3 章	网格划分	(51)
3.1	网格划分概述	(51)
3.2	网格类型	(51)
3.3	网格划分平台	(52)
3.3.1	网格划分	(52)
3.3.2	ANSYS Workbench 16.0 网格划分流程	(55)
3.4	划分网格参数设置	(55)
3.4.1	概述	(55)
3.4.2	划分网格	(55)
3.4.3	全局网格参数设置	(56)
3.4.4	全局网格参数设置的实际应用	(58)
3.5	局部网格控制	(60)
3.5.1	方法控制	(61)
3.5.2	尺寸控制	(68)
3.5.3	接触尺寸控制	(70)
3.5.4	加密尺寸控制	(71)
3.5.5	面映射网格划分	(72)
3.5.6	匹配控制	(74)

3.5.7 简化控制	(76)
3.5.8 分层控制	(77)
3.6 虚拟拓扑	(78)
3.6.1 虚拟拓扑基本操作——合并单元	(79)
3.6.2 虚拟拓扑基本操作——在选中点处分割边	(79)
3.6.3 虚拟拓扑基本操作——在中点处分割边	(80)
3.6.4 虚拟拓扑基本操作——在点处分割面	(80)
3.6.5 虚拟拓扑基本操作——创建分割点	(81)
3.6.6 虚拟拓扑在网格划分中的应用	(81)
3.7 网格质量检查	(84)
3.8 本章小结	(89)
第4章 Workbench 求解处理	(90)
4.1 Mechanical 基本操作	(90)
4.1.1 关于 Mechanical	(90)
4.1.2 启动 Mechanical	(90)
4.1.3 Mechanical 操作界面	(91)
4.1.4 鼠标控制	(94)
4.2 材料参数输入控制	(94)
4.2.1 进入 Engineering Data 应用程序	(94)
4.2.2 材料库	(95)
4.2.3 添加材料	(96)
4.2.4 添加材料属性	(97)
4.3 Mechanical 前处理操作	(99)
4.3.1 几何分支	(99)
4.3.2 坐标系	(99)
4.3.3 连接关系	(101)
4.3.4 网格划分	(105)
4.3.5 分析设置	(105)
4.4 施加载荷和约束	(106)
4.4.1 约束和载荷	(107)
4.4.2 惯性载荷	(107)
4.4.3 力载荷	(108)
4.4.4 热载荷	(109)
4.4.5 常见约束	(109)
4.5 模型求解	(110)
4.6 后处理操作	(113)
4.6.1 查看结果	(113)
4.6.2 结果显示	(118)

4.6.3	变形显示	(118)
4.6.4	应力和应变	(119)
4.6.5	接触结果	(121)
4.6.6	自定义结果显示	(122)
4.6.7	动画显示结果	(124)
4.7	本章小结	(124)
第5章	静力学分析	(125)
5.1	静力学分析概述	(125)
5.2	静力学分析流程	(126)
5.3	实例1——悬臂梁受力分析	(126)
5.3.1	实例概述	(126)
5.3.2	创建工作项目流程	(127)
5.3.3	绘制几何图形	(127)
5.3.4	网格划分	(128)
5.3.5	施加约束与载荷	(129)
5.3.6	添加求解项并求解	(130)
5.3.7	查看求解结果	(131)
5.3.8	再次施加载荷	(132)
5.3.9	再次设置求解项并求解	(133)
5.3.10	查看新的求解结果	(133)
5.3.11	保存结果	(134)
5.4	实例2——汽车油箱模型的实例分析	(135)
5.4.1	实例概述	(135)
5.4.2	创建工作项目流程	(135)
5.4.3	定义工程材料	(135)
5.4.4	模型导入	(137)
5.4.5	网格划分	(138)
5.4.6	添加材料	(141)
5.4.7	施加约束与载荷	(142)
5.4.8	设置求解项并求解	(144)
5.4.9	查看求解结果	(144)
5.4.10	更改约束	(145)
5.4.11	再次求解并查看求解结果	(147)
5.4.12	重新施加载荷	(148)
5.4.13	重新求解	(149)
5.4.14	设置大变形求解	(149)
5.4.15	保存结果	(152)
5.5	本章小结	(152)

第 6 章 动力学分析	(153)
6.1 模态分析简介	(153)
6.1.1 模态分析概述	(153)
6.1.2 模态分析基础	(154)
6.1.3 预应力模态分析	(154)
6.2 实例 1——模态分析	(155)
6.2.1 问题描述	(155)
6.2.2 启动 Workbench 16.0 并建立分析项目	(155)
6.2.3 导入创建几何体	(155)
6.2.4 添加材料库	(158)
6.2.5 添加模型材料属性	(159)
6.2.6 划分网格	(161)
6.2.7 施加载荷与约束	(161)
6.2.8 结果后处理	(163)
6.2.9 保存与退出	(165)
6.3 实例 2——有预应力模态分析	(165)
6.3.1 问题描述	(165)
6.3.2 启动 Workbench 16.0 并建立分析项目	(165)
6.3.3 导入创建几何体	(166)
6.3.4 添加材料库	(166)
6.3.5 添加模型材料属性	(166)
6.3.6 划分网格	(166)
6.3.7 施加载荷与约束	(167)
6.3.8 模态分析	(169)
6.3.9 结果后处理	(169)
6.3.10 保存与退出	(172)
6.3.11 读者演练	(172)
6.4 随机振动分析	(172)
6.5 实例 3——油箱随机振动分析	(173)
6.5.1 问题描述	(173)
6.5.2 启动 Workbench 16.0 并建立分析项目	(173)
6.5.3 导入创建几何体	(174)
6.5.4 模态分析	(174)
6.5.5 添加材料库	(174)
6.5.6 添加模型材料属性	(174)
6.5.7 划分网格	(174)
6.5.8 施加约束	(175)

6.5.9	结果后处理	(175)
6.5.10	随机振动分析	(176)
6.5.11	添加动态力载荷	(178)
6.5.12	后处理	(179)
6.5.13	保存与退出	(181)
6.5.14	读者演练	(182)
6.6	本章小结	(183)
第7章	热分析	(184)
7.1	热分析概述	(184)
7.2	热分析流程	(185)
7.3	实例1——杆的稳态热分析	(185)
7.3.1	实例概述	(185)
7.3.2	创建工作项目流程	(186)
7.3.3	绘制几何图形	(186)
7.3.4	网格划分	(187)
7.3.5	添加热通量	(187)
7.3.6	添加温度边界条件	(188)
7.3.7	设置求解项	(188)
7.3.8	求解并查看求解结果	(189)
7.3.9	在结果中添加并查看热流率	(190)
7.3.10	用热流量代替热通量并查看结果	(190)
7.3.11	添加对流	(191)
7.3.12	重新求解	(192)
7.3.13	添加辐射	(193)
7.3.14	在辐射面添加反作用探测器	(193)
7.3.15	保存并退出	(194)
7.4	实例2——杆的瞬态热分析	(195)
7.4.1	实例概述	(195)
7.4.2	创建工作项目流程	(195)
7.4.3	自定义材料属性	(195)
7.4.4	绘制几何图形	(195)
7.4.5	网格划分	(196)
7.4.6	施加载荷与边界条件	(199)
7.4.7	设置求解项	(199)
7.4.8	求解并查看求解结果	(200)
7.4.9	结果保存与退出	(203)
7.5	本章小结	(204)

第8章 屈曲分析	(205)
8.1 屈曲分析概述	(205)
8.2 线性屈曲分析	(205)
8.2.1 欧拉屈曲	(205)
8.2.2 线性屈曲分析基础知识	(206)
8.2.3 线性屈曲分析实例——起重机卷筒线性屈曲分析	(207)
8.3 非线性屈曲分析	(216)
8.3.1 非线性屈曲分析概述	(216)
8.3.2 非线性屈曲分析思路及注意事项	(216)
8.3.3 非线性屈曲分析实例——起重机卷筒非线性屈曲分析	(217)
8.4 本章小结	(221)
参考文献	(222)

第1章 ANSYS Workbench 16.0 概述

1.1 ANSYS Workbench 16.0 概述

ANSYS 能与多数 CAD 软件结合使用,实现数据共享和交换,如 AutoCAD、I-DEAS、Pro/E 等。作为最成功的 CAE 软件,ANSYS 在工程界得到了普遍认可和广泛应用。ANSYS 公司在 2002 年发布 ANSYS 7.0 的同时推出了 ANSYS 经典版和 ANSYS Workbench 版。作为第二代 Workbench,ANSYS 公司近几年又陆续发布了 ANSYS Workbench 15.0、ANSYS Workbench 16.0。

Workbench 平台的功能主要体现在三个方面:仿真项目的流程管理、仿真数据的管理、仿真参数的管理和优化设计。

1.1.1 仿真项目的流程管理

Workbench 通过项目管理窗口(project schematic)实现对分析项目流程的搭建和组织管理,一个分析流程可以包含若干个程序组件或分析系统。在项目管理窗口中,仿真分析流程中包含的各组件都依赖于其上游组件,只有上游组件的任务完成后,当前组件才可以开始工作。Workbench 通过直观的指示图标来区分不同组件的工作状态,用户可以通过这些提示信息来了解分析项目的当前进度情况。

1.1.2 仿真数据的管理

在 Workbench 中,集成的大部分程序模块都是数据集成而不是界面的集成。在一个分析项目中,所有相关集成模块形成的数据和形成的文件由 Workbench 进行统一管理。不同模块所形成的数据可以在仿真流程的不同分析组件或分析系统之间进行共享和传递。以热固分析为例,热传递和固体应力分析的有限元分析模型可以是共用的,这是一个典型的数据共享;而热传递分析得到的温度场数据则传递到固体应力分析中作为载荷来施加,这是一个典型的数据传递。

1.1.3 仿真参数的管理和优化设计

Workbench 的另一个重要作用是对各集成数据程序模块所形成的参数进行统一管理。这些参数可以是来自于 CAD 系统的设计参数,也可以是在分析过程中提取和形成的计算输出参数。在 Workbench 中还包含一个参数和设计点(不同参数的一个组合方案)的管理界面,此界面能够对所有的参数及设计点实施有效的管理,基于这一管理界面的设计点列表及图示功能,可以实现对方案的直观比较。此外,基于 ANSYS Workbench 集成的设计优化(design exploration)模块可以实现基于参数的优化设计。

ANSYS Workbench 16.0 与之前的版本相比较,具有以下优点:

- 更强大的仿真能力——可仿真更大规模、更复杂的实际工程问题;
- 更快的计算速度——基础算法、网格划分、高性能计算;
- 更便捷的协同设计——多域、多物理场、嵌入式代码、驱动电路、部件交互验证;
- 更好的稳健性——充分的空间探索和设计,伴随求导;
- 全面的多物理场仿真——充分考虑实际部件在真实工作环境下的特性。

1.2 ANSYS Workbench 16.0 平台及模块

ANSYS 安装完成后,从 Windows 的“开始”菜单启动:执行 Windows 7 系统下的“开始”→“所有程序”→“ANSYS 16.0”→“Workbench 16.0”命令,即可启动 ANSYS Workbench 16.0,如图 1-1 所示。

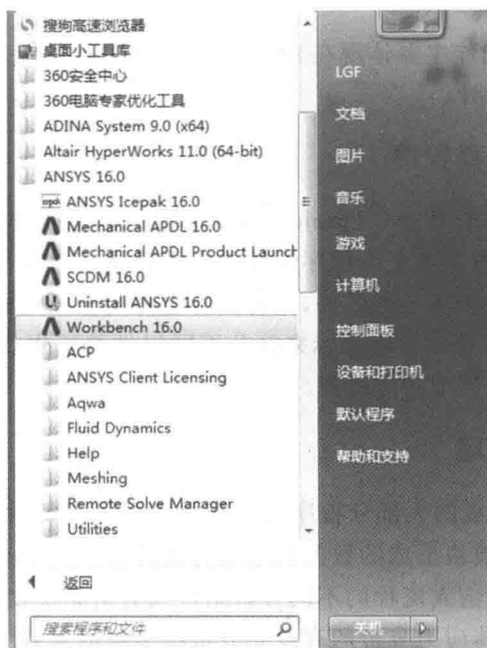


图 1-1 Workbench 启动路径

1.2.1 Workbench 16.0 平台界面

Workbench 16.0 平台界面如图 1-2 所示。启动软件后,可以根据个人喜好设置下次启动时是否同时开启导读对话框。如若不需要启动导读对话框,可单击导读对话框底端的勾选按钮 ☐ 取消选择。

Workbench 16.0 平台界面由以下六个部分构成:菜单栏、工具栏、工具箱(toolbox)、项目管理窗口(project schematic)、信息窗口(message)和进程窗口(progress)。

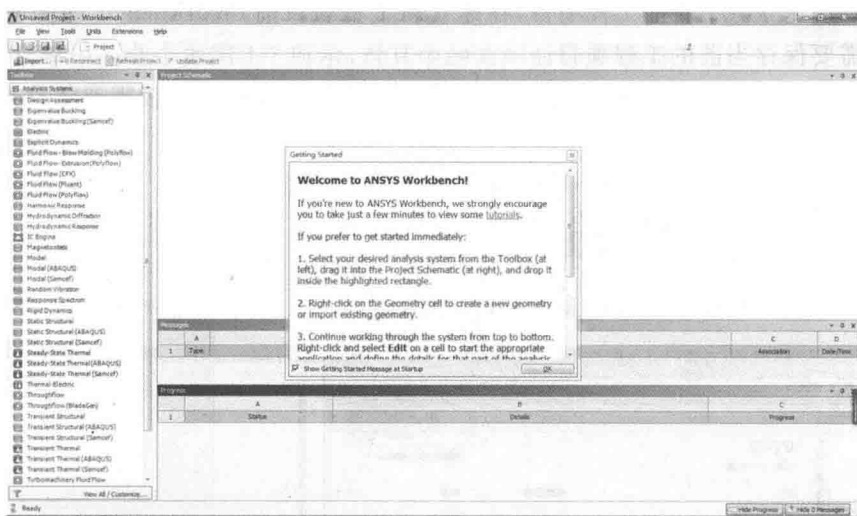


图 1-2 Workbench 16.0 平台界面

1.2.2 菜单栏

菜单栏包括 File(文件)、View(视图)、Tools(工具)、Units(单位)、Extensions(扩展)和 Help(帮助)六个菜单。这六个菜单包括的子菜单及命令如下。

1. File 菜单

File 菜单中的命令如图 1-3 所示,对其中的常用命令介绍如下。

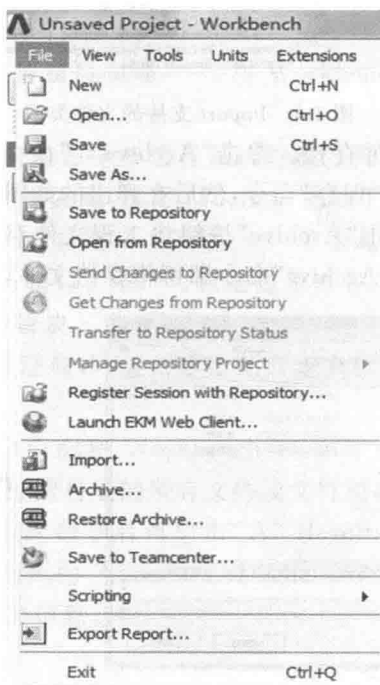


图 1-3 File 菜单

New——建立一个新的工程项目,在建立新工程项目前,Workbench 16.0 软件会提示用户是否需要保存当前的工程项目。

Open...——打开一个已经存在的工程项目,同样会提示用户是否需要保存当前的工程项目。

Save——保存一个工程项目,同时为新建立的工程项目命名。

Save As...——将已经存在的工程项目另存为一个新的项目名称。

Import...——导入外部文件,单击“Import...”命令会弹出如图 1-4 所示的对话框,在该对话框的文件类型栏中可以选择多种文件类型。

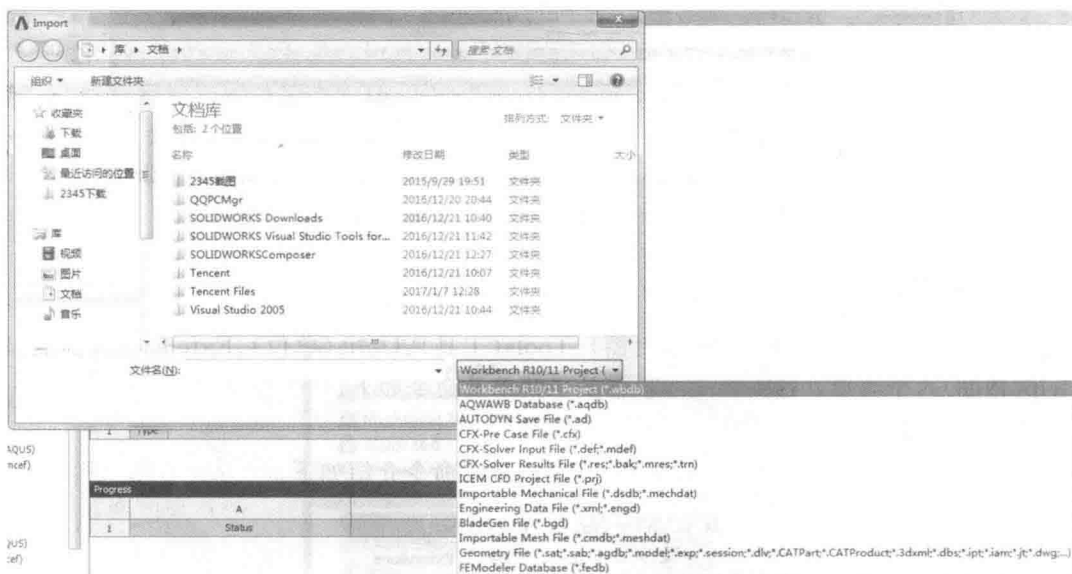


图 1-4 Import 支持的文件类型

Archive...——将工程文件存档。单击“Archive...”命令后,在弹出的如图 1-5 所示的“Save Archive”对话框中单击“保存”命令,然后在弹出的如图 1-6 所示的“Archive Options”对话框中勾选所有选项,并单击“Archive”按钮将工程文件存档。在 Workbench 16.0 平台的“File”菜单中单击“Restore Archive”命令即可将存档文件读取出来。

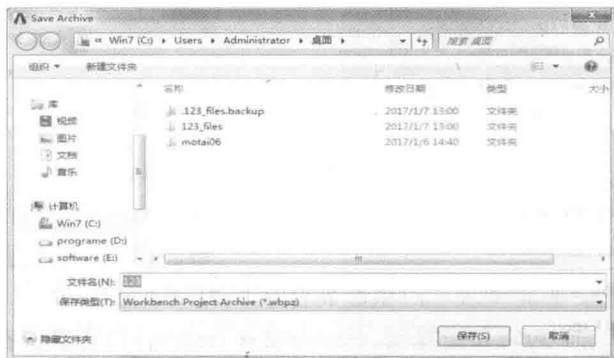


图 1-5 Save Archive 对话框

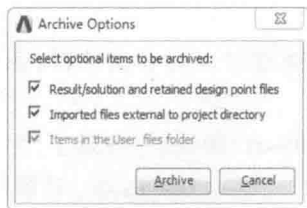
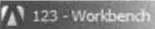
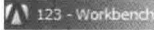


图 1-6 Archive Options 对话框

2. View 菜单

View 菜单中的命令如图 1-7 所示,对其中的常用命令介绍如下。

Compact Mode(简洁模式)——单击此命令后,Workbench 16.0 平台将压缩成一个小图标  置于操作系统的桌面上,同时任务栏上的图标消失。如果将鼠标移动到  图标上,Workbench 16.0 平台将变成如图 1-8 所示的简洁模式。

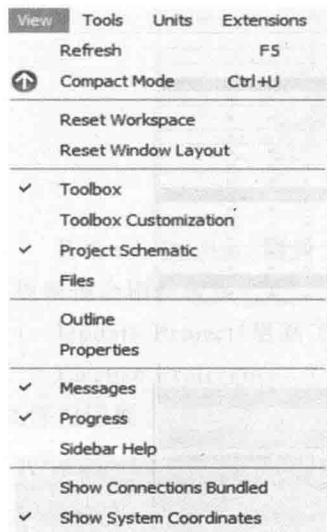


图 1-7 View 菜单

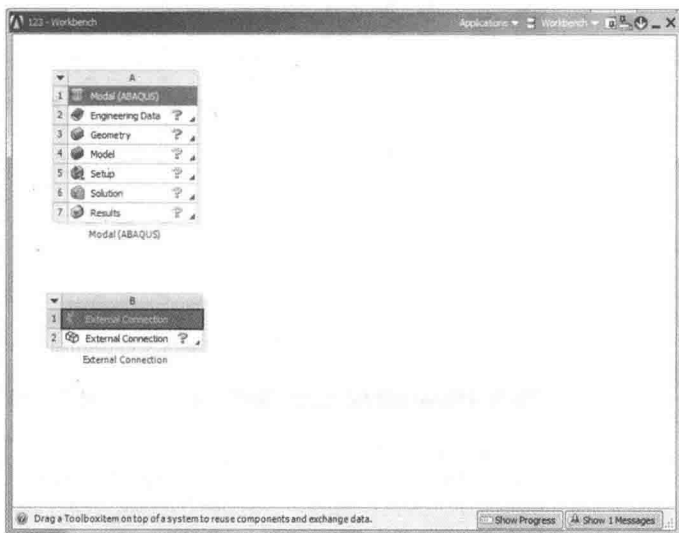


图 1-8 Workbench 16.0 简洁模式

Reset Workspace(复原操作平台)——将 Workbench 16.0 平台复原到初始状态。

Reset Window Layout(复原窗口布局)——将 Workbench 16.0 平台的窗口布局复原到初始状态。

Toolbox(工具箱)——单击此命令来选择是否隐藏左侧的工具箱。单击“Toolbox”命令取消前面的“√”,Toolbox 将被隐藏,反之,Toolbox 将处于显示状态。

Toolbox Customization(用户自定义工具箱)——单击此命令将在窗口中弹出如图 1-9 所示的 Toolbox Customization 窗口。用户可以通过单击各个模块前面的勾选按钮 ☒ 来选择是否在 Toolbox 中显示相应模块。

Project Schematic(项目管理窗口)——单击此命令来确定是否在 Workbench 16.0 平台上显示项目管理窗口。

Files(文件)——单击此命令会在 Workbench 16.0 平台下侧弹出如图 1-10 所示的 Files 窗口,窗口中显示了本工程项目里的所有文件及文件路径等信息。

Properties(属性)——单击此命令后再单击“A7 Results”表格,此时会在 Workbench 16.0 平台右侧弹出如图 1-11 所示的 Properties of Schematic A7:Results 窗口,该窗口里显示的是“A7 Results”栏中的相关信息。

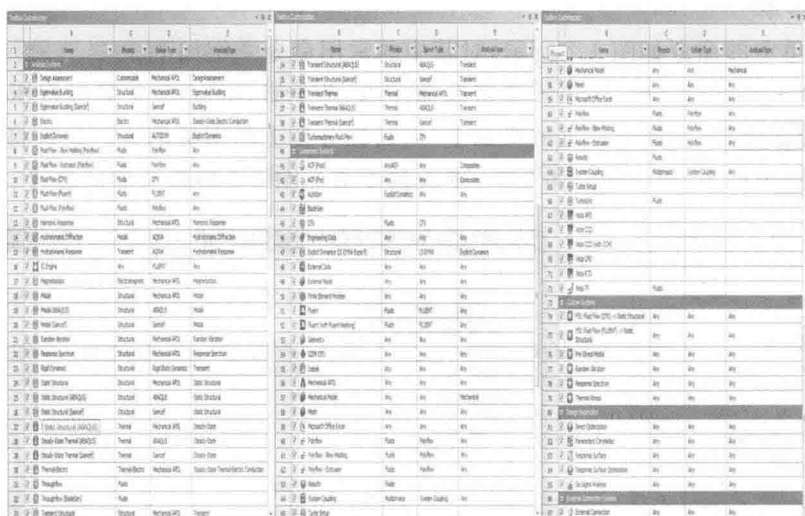


图 1-9 Toolbox Customization 窗口

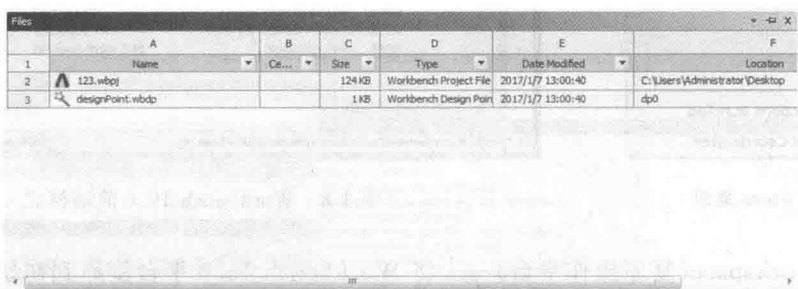


图 1-10 Files 窗口

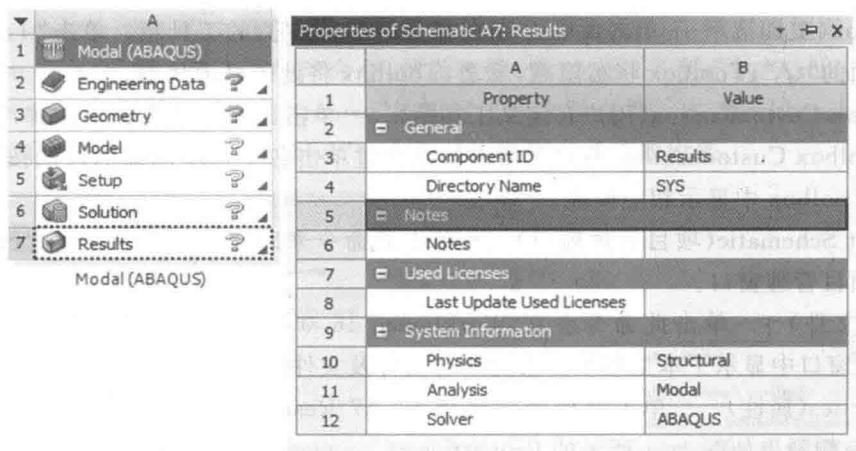


图 1-11 Properties of Schematic A7: Results 窗口

3. Tools 菜单

Tools 菜单中的命令如图 1-12 所示,对 Tools 菜单里的常用命令说明如下。