

ANSYS 仿真分析系列丛书

ANSYS Workbench

工程数值分析 技术与应用实例

©王 睿 胡凡金 等 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

ANSYS 仿真分析系列丛书

ANSYS Workbench 工程数值 分析技术与应用实例

王 睿 胡凡金 等 编著

中国铁道出版社

2015年·北京

内 容 简 介

Workbench 是 ANSYS 的集成多学科数值分析平台,可求解多学科的工程问题以及各种复杂的耦合场问题。本书共 15 章,系统介绍了 Workbench 的功能与技术特点、几何建模组件 DM 及 SCDM、网格划分、结构静力分析、固体热传递分析、结构模态分析、一般结构动力学分析、流场分析、流动传热分析、流-固耦合分析、流-热-固耦合分析、参数分析与设计优化等内容。在各章中均提供了大量的分析实例,包含详细的建模、分析及后处理过程,便于对照自学。本书适合于工科相关专业研究生及高年级本科生学习数值分析、有限元方法或 CFD 技术时参考,也可供相关专业的技术人员学习和应用 ANSYS Workbench 分析技术时参考。

图书在版编目(CIP)数据

ANSYS Workbench 工程数值分析技术与应用实例/王睿
等编著. —北京:中国铁道出版社,2015. 11

(ANSYS 仿真分析系列丛书)

ISBN 978-7-113-20991-9

I. ①A… II. ①王… III. ①有限元分析—应用软件
IV. ①0241. 82-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 228388 号

ANSYS 仿真分析系列丛书

书 名:ANSYS Workbench 工程数值分析技术与应用实例

作 者:王 睿 胡凡金 等

策 划:陈小刚

责任编辑:张 瑜

编辑部电话:010-51873017

封面设计:崔 欣

责任校对:王 杰

责任印制:郭向伟

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街 8 号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:北京铭成印刷有限公司

版 次:2015 年 11 月第 1 版 2015 年 11 月第 1 次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:23.75 字数:596 千

书 号:ISBN 978-7-113-20991-9

定 价:56.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

前 言

Workbench 是 ANSYS 的多学科集成协同数值仿真平台,可以求解多学科的工程问题以及各种复杂的耦合场问题。本书系统介绍了 Workbench 的功能与技术特点、几何建模及模型处理专用组件 DM 及 SCDM、网格划分方法、结构静力分析、固体热传递分析、结构模态分析、一般结构动力学分析、流场分析、流动传热分析、流-固耦合分析、流-热-固耦合分析、参数分析与设计优化等内容。在各章中均提供了大量的分析实例,包含详细的建模、分析及后处理过程,便于对照自学。

本书各章的具体内容安排如下:第 1 章介绍 ANSYS Workbench 的基础知识,内容包括 Workbench 的功能和技术特点、分析流程与数据管理、参数与设计点管理、Engineering Data 的使用、多学科数值仿真的理论背景等;第 2 章介绍 Workbench 的几何建模工具 DM 的使用,包括界面操作、几何建模方法、参数化建模;第 3 章介绍高级建模及几何处理工具 SCDM 的具体使用,包括操作界面、模型的创建与编辑以及与有限元分析相关的几何处理功能;第 4 章介绍 ANSYS Mesh 网格划分的方法,包括多学科适应性及操作界面、结构网格划分以及流体网格划分;第 5 章介绍 Mechanical 结构分析的方法,包括前处理、加载及后处理的操作方法及要点;第 6 章为结构静力分析例题;第 7 章为固体热传递分析例题;第 8 章为结构模态分析例题,包括模态分析及预应力模态分析;第 9 章为一般结构动力学分析例题,包括谐响应分析以及瞬态分析,每一种分析类型又包括完全法及模态叠加法;第 10 章介绍 ANSYS Fluent 的 CFD 分析方法以及 CFD 后处理方法;第 11 章为 Fluent 流动及传热分析例题;第 12 章介绍了基于 System Coupling 组件的流固耦合分析方法,给出一个流-固耦合分析例题;第 13 章为流-热-固耦合分析例题;第 14 章为共轭换热及热应力分析例题;第 15 章结合案例介绍了 Workbench 及 DX 的参数分析及优化设计方法,例题中分别通过响应面优化方法和直接优化方法进行了分析。

本书适合于工科相关专业研究生及高年级本科生学习数值分析、有限元方法或 CFD 技术时参考,也可供相关专业的技术人员学习和应用 ANSYS Workbench 分析技术时参考。

本书由王睿、胡凡金等编著,参与本书例题测试和文字处理工作的还有王

海彦、刘永刚、石彬彬、王文强、李冬、夏峰等，是大家的共同努力才使本书得以顺利编写完成。此外，还要感谢中国铁道出版社的编辑老师对本书的支持和帮助。

由于 Workbench 技术体系庞大，涉及众多的学科，加上成书仓促以及作者认识水平的局限，本书中的不当和错误之处在所难免，恳请读者批评指正。与本书相关的技术问题咨询或讨论，欢迎发邮件至邮箱：consult_wb@126.com。

作者

2015年3月

目 录

| | |
|--|-----|
| 第 1 章 ANSYS Workbench 的基础知识 | 1 |
| 1.1 Workbench 的主要功能和集成程序模块 | 1 |
| 1.2 ANSYS Workbench 操作界面 | 2 |
| 1.3 Project Schematic 项目流程管理 | 11 |
| 1.4 Workbench 参数以及设计点管理 | 16 |
| 1.5 Engineering Data 的使用 | 19 |
| 1.6 Workbench 仿真分析的理论背景 | 25 |
| 第 2 章 几何建模及修复工具 DesignModeler(DM) | 28 |
| 2.1 认识 DM 建模环境 | 28 |
| 2.2 模型创建及导入 | 36 |
| 2.3 参数驱动建模 | 62 |
| 第 3 章 高级几何处理工具 ANSYS SCDM 简介 | 64 |
| 3.1 认识 ANSYS SCDM 建模环境 | 64 |
| 3.2 模型创建及编辑 | 68 |
| 3.3 模型测量、修复与准备 | 87 |
| 第 4 章 ANSYS Mesh 网格划分方法 | 101 |
| 4.1 ANSYS Mesh 概述 | 101 |
| 4.2 Mechanical 结构分析的网格划分 | 105 |
| 4.3 Fluent CFD 分析网格划分 | 110 |
| 第 5 章 Mechanical 组件及其操作方法 | 124 |
| 5.1 与 Mechanical 有关的 Workbench 分析系统 | 124 |
| 5.2 Mechanical 的界面及操作原理 | 125 |
| 5.3 Mechanical 界面中的结构分析方法简介 | 127 |
| 第 6 章 静力结构有限元分析 | 152 |
| 6.1 问题描述 | 152 |
| 6.2 基于 DM 组件建立几何模型 | 152 |
| 6.3 Mechanical 中完成后续流程 | 154 |

| | |
|--|-----|
| 第 7 章 固体热传递分析 | 159 |
| 7.1 问题描述 | 159 |
| 7.2 基于 DM 建立几何模型 | 159 |
| 7.3 Mechanical 中完成后续流程 | 162 |
| 第 8 章 结构模态分析 | 168 |
| 8.1 问题描述 | 168 |
| 8.2 基于 SCDM 创建几何模型 | 168 |
| 8.3 搭建项目分析流程 | 171 |
| 8.4 划分网格 | 172 |
| 8.5 模态分析 | 173 |
| 8.6 预应力模态分析 | 174 |
| 第 9 章 一般结构动力学分析 | 178 |
| 9.1 双层钢平台谐响应分析 | 178 |
| 9.2 双层钢平台瞬态结构分析 | 191 |
| 第 10 章 ANSYS Fluent 的基本使用 | 201 |
| 10.1 Fluent 的操作界面简介 | 201 |
| 10.2 Fluent 分析选项设置及求解 | 205 |
| 10.3 Fluent 流体分析后处理 | 219 |
| 第 11 章 Fluent 流动与换热分析 | 237 |
| 11.1 三通管内流体流动和热传递的数值模拟..... | 237 |
| 11.2 立方体内辐射和自然对流换热的数值模拟..... | 265 |
| 第 12 章 流-固耦合分析 | 288 |
| 12.1 System Coupling 简介 | 288 |
| 12.2 立柱摆动流-固耦合分析例题 | 289 |
| 第 13 章 流-热-固耦合分析案例 | 313 |
| 13.1 问题描述 | 313 |
| 13.2 热-流耦合分析 | 313 |
| 13.3 热-固耦合分析 | 335 |
| 第 14 章 共轭换热-热应力耦合分析例题 | 338 |
| 14.1 问题描述 | 338 |
| 14.2 创建分析系统 | 338 |

| | | |
|---------------|--------------------------|------------|
| 14.3 | 几何处理及网格划分..... | 338 |
| 14.4 | 共轭传热分析..... | 341 |
| 14.5 | 结果查看..... | 347 |
| 14.6 | 热应力分析..... | 348 |
| 第 15 章 | 参数探索与优化设计案例 | 350 |
| 15.1 | 概 述..... | 350 |
| 15.2 | 创建静力分析系统及材料..... | 350 |
| 15.3 | 建立参数化的几何模型..... | 351 |
| 15.4 | 划分网格..... | 358 |
| 15.5 | 静力分析设置、求解及后处理 | 360 |
| 15.6 | 响应面法优化分析..... | 362 |
| 15.7 | 直接优化法优化分析..... | 370 |

第 1 章 ANSYS Workbench 的基础知识

ANSYS Workbench 是 ANSYS 开发的协同仿真平台,此平台集成有各种与仿真分析任务相关的工程数据库、建模工具、网格工具、求解器以及后处理器等组件程序,同时提供参数管理和设计优化功能,还能够实现与 CAD 系统的参数共享及双向参数传递,可实现各种复杂工程仿真任务。本章主要介绍 Workbench 应用的基础知识,内容包括 Workbench 的主要功能和集成程序模块、Workbench 的操作界面与基本使用、Workbench 的 Project Schematic 项目流程创建与管理、Workbench 的参数以及设计点管理、Engineering Data 模块的使用、Workbench 仿真分析的理论背景。

1.1 Workbench 的主要功能和集成程序模块

1. Workbench 的主要功能

Workbench 平台的功能主要体现在三个方面:仿真项目的流程管理、仿真过程及数据的集成、仿真参数的管理。

(1) 仿真项目的流程管理

Workbench 通过 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 Project Schematic 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。

(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被 Workbench 进行统一的管理。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中间进行共享以及传递。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。

(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的管理,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,可以实现方案的直观比较。此外,基于 ANSYS Workbench 集成的 Design Exploration

模块可以实现基于参数的优化设计。

2. Workbench 中集成的常用模块

Workbench 平台中包含或集成的常用 ANSYS 程序模块见表 1-1。通过组合这些模块的功能, Workbench 可以处理各种结构静动力分析、固体热传递分析、流动及流体传热分析、流-固耦合振动分析、流-固耦合传热分析、热-固耦合分析、流-固-热耦合分析等实际工程问题。在这些模块中, Project Schematic、Engineering Data 和 Design Exploration 这三个为 Workbench 本地的模块,其余的模块均为集成的数据应用程序,在运行时会在独立于 Workbench 的窗口和界面下工作, Workbench 只负责管理它们所形成的数据和参数。

表 1-1 Workbench 集成常用模块及其作用描述

| 程序模块名称 | 作用描述 |
|-----------------------|-------------------------|
| ANSYS DM | 实体建模、几何模型的编辑修复、概念建模 |
| ANSYS SCDM | 直接几何建模、高级几何模型编辑与修复、概念建模 |
| ANSYS Mesh | 网格划分 |
| ANSYS Mechanical | 通用结构分析与固体热传递分析 |
| ANSYS Mechanical APDL | 通用结构分析与固体热传递分析(传统环境) |
| ANSYS Fluent | 通用 CFD 分析 |
| ANSYS CFX | 通用 CFD 分析 |
| ANSYS CFD Post | CFD 后处理器 |
| System Coupling | 系统耦合界面 |
| ANSYS ICEM CFD | 高级网格划分 |
| Design Exploration | Workbench 的本地参数优化模块 |
| Engineering Data | Workbench 的本地工程数据模块 |
| Project Schematic | Workbench 的本地项目流程管理模块 |

基于集成的上述模块, Workbench 环境下目前可以开展包括各种单学科分析以及多学科(多物理场)耦合分析任务。单学科分析包括结构力学分析、固体热传递分析、流动(包括换热)分析、电磁场分析等。本书主要介绍基于 ANSYS Mechanical 求解器的力学和传热分析、基于 ANSYS Fluent 求解器的流动及换热分析以及基于 ANSYS Mechanical 和 ANSYS Fluent 的耦合分析问题。

1.2 ANSYS Workbench 操作界面

启动 ANSYS Workbench 后,可以看到其基本的界面布局,如图 1-1 所示,主要由主菜单(Main Menu)、工具栏(Tool Bar)、工具箱(Toolbox)、项目图解(Project Schematic)等部分组成。

1. 菜单栏

菜单栏由 File、View、Tools、Units、Extensions 以及 Help 等菜单构成,以下将就其中一些主要菜单进行简要介绍。

(1) File 菜单

File 菜单用于文件操作,常用菜单包括:

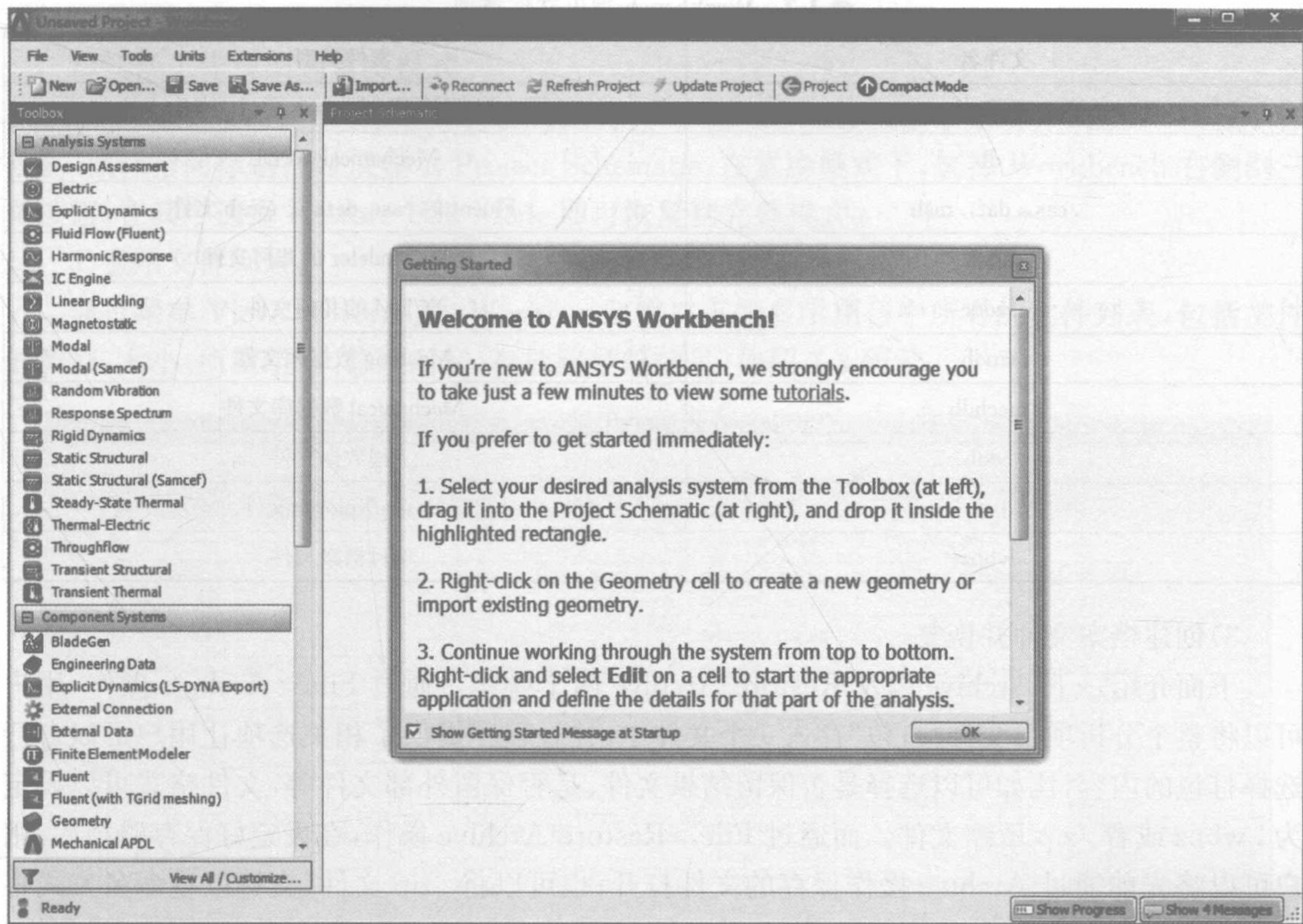


图 1-1 Workbench 的界面布局

1) 新建、打开及保存项目

在 File 菜单中,用户可以创建新的项目文件(File>New)、打开已有项目文件(File>Open)、保存项目文件(File>Save、File>Save as)。

2) 导入文件

File>Import 菜单用于导入文件,可以供导入的文件类型如图 1-2 所示。本书涉及到的 Workbench 常见文件类型见表 1-2。

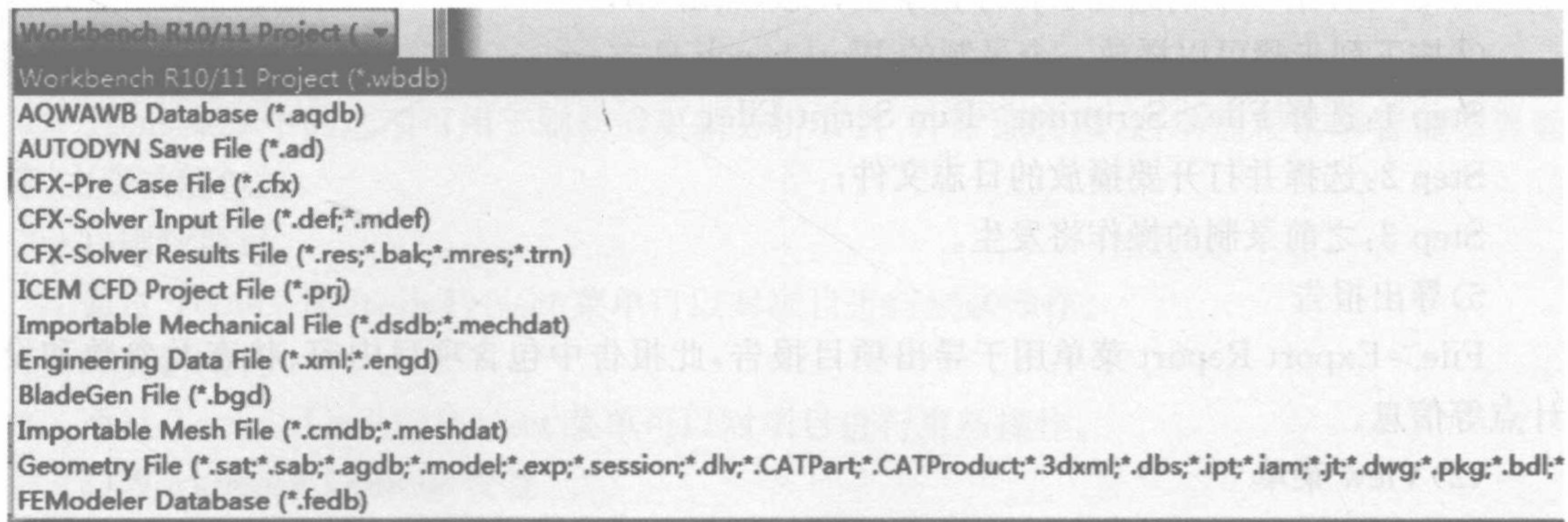


图 1-2 File>Import 菜单可以导入的文件类型

表 1-2 Workbench 常见文件类型

| 文件名 | 文件类型 |
|---------------------|------------------------------|
| . wbpj | ANSYS Workbench 项目文件 |
| . db | Mechanical APDL |
| . cas, . dat, . msh | Fluent 的 case、data 及 mesh 文件 |
| . agdb | DesignModeler 的几何文件 |
| . scdoc | SCDM 的几何文件 |
| . cmdb | Meshing 数据库文件 |
| . mechdb | Mechanical 数据库文件 |
| . eddb | 工程数据文件 |
| . dxdb | DesignXplorer 文件 |
| . wbpz | 项目档案文件 |

3) 创建档案文件并恢复

下面介绍一下 Archive 以及 Restore Archive 两个操作。通过 File>Archive 操作,用户可以将整个分析项目文件“打包”存入一个文件中,并且程序提供了相关选项让用户可以自行选择打包的内容,比如可以选择是否保留结果文件、是否保留外部文件等,文件格式可以设定为 . wbpz 或者 . zip 压缩文件。而通过 File>Restore Archive 操作,在设定好保存路径后,用户可以将先前通过 Archive 操作保存的文件打开;也可以将 . zip 文件(支持以重命名方式将 . wbpz 文件格式改为 . zip)解压缩,然后再打开。

4) 记录日志并播放

①基于下列步骤可以记录一个 Workbench 的日志,这个日志随后可以被播放。

Step 1: 打开 Workbench;

Step 2: 选择 File>Scripting>Record Journal 菜单;

Step 3: 指定日志文件(journal)的名称和位置,并点击 Save;

Step 4: 通过 Workbench 界面进行操作;

Step 5: 选择 File>Scripting>Stop Recording Journal 停止录制;

Step 6: 弹出一个消息提示将停止录制日志,点击 OK。

②按下列步骤可以播放一个录制的 Workbench 日志:

Step 1: 选择 File>Scripting>Run Script File;

Step 2: 选择并打开要播放的日志文件;

Step 3: 之前录制的操作将发生。

5) 导出报告

File>Export Report 菜单用于导出项目报告,此报告中包含项目内容、状态及参数和设计点等信息。

(2) View 菜单

View 菜单用于 Workbench 界面工作视图控制,主要功能包括:

1) 复位视图及窗口布局

可以通过菜单 View>Reset Workspace 操作快速地将现在的工作空间复位至默认状态;

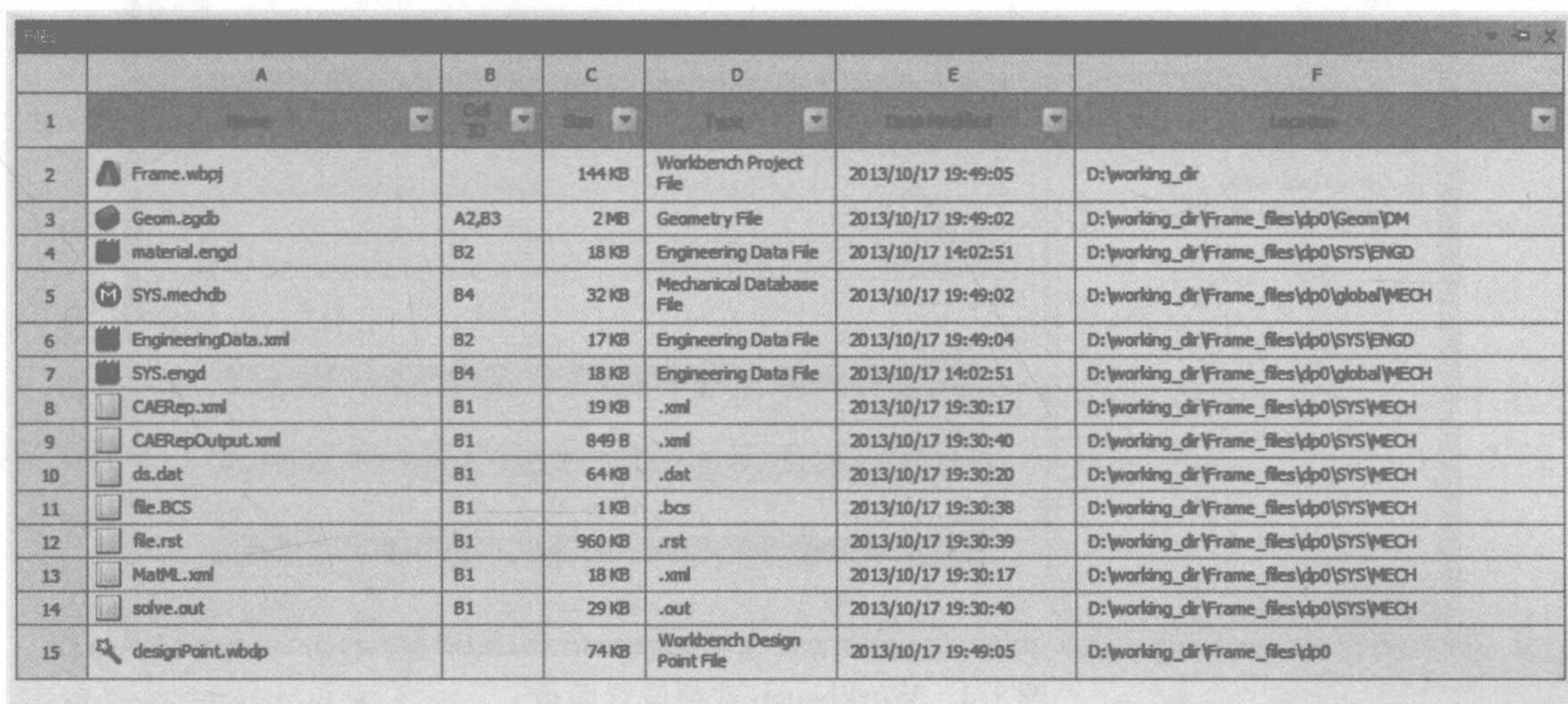
通过菜单 View>Reset Windows Layout 恢复初始窗口布局。

2) 切换工作视图到紧凑模式

通过菜单 View>Compact Mode 可以将 Workbench 工作视图以紧凑方式显示,仅显示标题栏,鼠标指向标题栏时仅显示 Project Schematic;在紧凑模式下,选择 Workbench 右侧倒三角按钮,在其中选择 Restore Full Mode 即可恢复到完整模式。

3) 显示文件列表

通过菜单 View>Files,可在 Workbench 窗口下侧显示项目中所有的文件列表,包括文件的类型、大小、所属组件、修改时间、存放路径等信息,如图 1-3 所示。



| | A | B | C | D | E | F |
|----|---------------------|---------|--------|-----------------------------|---------------------|---|
| 1 | Name | Cell ID | Size | Type | Date Modified | Location |
| 2 | Frame.wbpj | | 144 KB | Workbench Project File | 2013/10/17 19:49:05 | D:\working_dir |
| 3 | Geom.zgdb | A2,B3 | 2 MB | Geometry File | 2013/10/17 19:49:02 | D:\working_dir\Fram_files\dp0\Geom\DM |
| 4 | material.engd | B2 | 18 KB | Engineering Data File | 2013/10/17 14:02:51 | D:\working_dir\Fram_files\dp0\SYS\ENGD |
| 5 | SYS.mechdb | B4 | 32 KB | Mechanical Database File | 2013/10/17 19:49:02 | D:\working_dir\Fram_files\dp0\global\MECH |
| 6 | EngineeringData.xml | B2 | 17 KB | Engineering Data File | 2013/10/17 19:49:04 | D:\working_dir\Fram_files\dp0\SYS\ENGD |
| 7 | SYS.engd | B4 | 18 KB | Engineering Data File | 2013/10/17 14:02:51 | D:\working_dir\Fram_files\dp0\global\MECH |
| 8 | CAERep.xml | B1 | 19 KB | .xml | 2013/10/17 19:30:17 | D:\working_dir\Fram_files\dp0\SYS\MECH |
| 9 | CAERepOutput.xml | B1 | 849 B | .xml | 2013/10/17 19:30:40 | D:\working_dir\Fram_files\dp0\SYS\MECH |
| 10 | ds.dat | B1 | 64 KB | .dat | 2013/10/17 19:30:20 | D:\working_dir\Fram_files\dp0\SYS\MECH |
| 11 | file.BCS | B1 | 1 KB | .bcs | 2013/10/17 19:30:38 | D:\working_dir\Fram_files\dp0\SYS\MECH |
| 12 | file.rst | B1 | 960 KB | .rst | 2013/10/17 19:30:39 | D:\working_dir\Fram_files\dp0\SYS\MECH |
| 13 | MatML.xml | B1 | 18 KB | .xml | 2013/10/17 19:30:17 | D:\working_dir\Fram_files\dp0\SYS\MECH |
| 14 | solve.out | B1 | 29 KB | .out | 2013/10/17 19:30:40 | D:\working_dir\Fram_files\dp0\SYS\MECH |
| 15 | designPoint.wbdp | | 74 KB | Workbench Design Point File | 2013/10/17 19:49:05 | D:\working_dir\Fram_files\dp0 |

图 1-3 Files 详细列表

4) 显示属性栏

通过菜单 View>Properties 可以显示属性视图,鼠标点选某一个组件时,右侧显示与之相关的 Properties。

5) 显示消息栏和进度栏

通过菜单 View>Messages 以及 View>Progress 可以在 Workbench 窗口底部显示消息栏以及任务进度条。

(3) Tools 菜单

Tools 菜单中的选项可用于刷新或更新分析项目、许可证管理、启动远程求解管理器界面等,主要功能包括:

1) 刷新项目

通过 Tools>Refresh Project 菜单可以对项目进行刷新操作。

2) 更新项目

通过 Tools>Update Project 菜单可以对项目进行更新操作。

3) Workbench Options 设置

Tools>Options 菜单用于打开 Workbench 的常用选项设置面板,如图 1-4 所示。此面板中可以对 Workbench 及其集成的大部分相关组件进行缺省的选项设置。图中的 Appearance 选项,常用于改变 Workbench 各集成组件(如 DM、Mechanical 等)的显示区域背景色;部分其

他选项,在介绍相关的 Workbench 组件程序时会有所涉及。由于 Workbench 的选项非常多,本书不可能面面俱到,详细的信息请参考 Workbench 的软件操作手册。

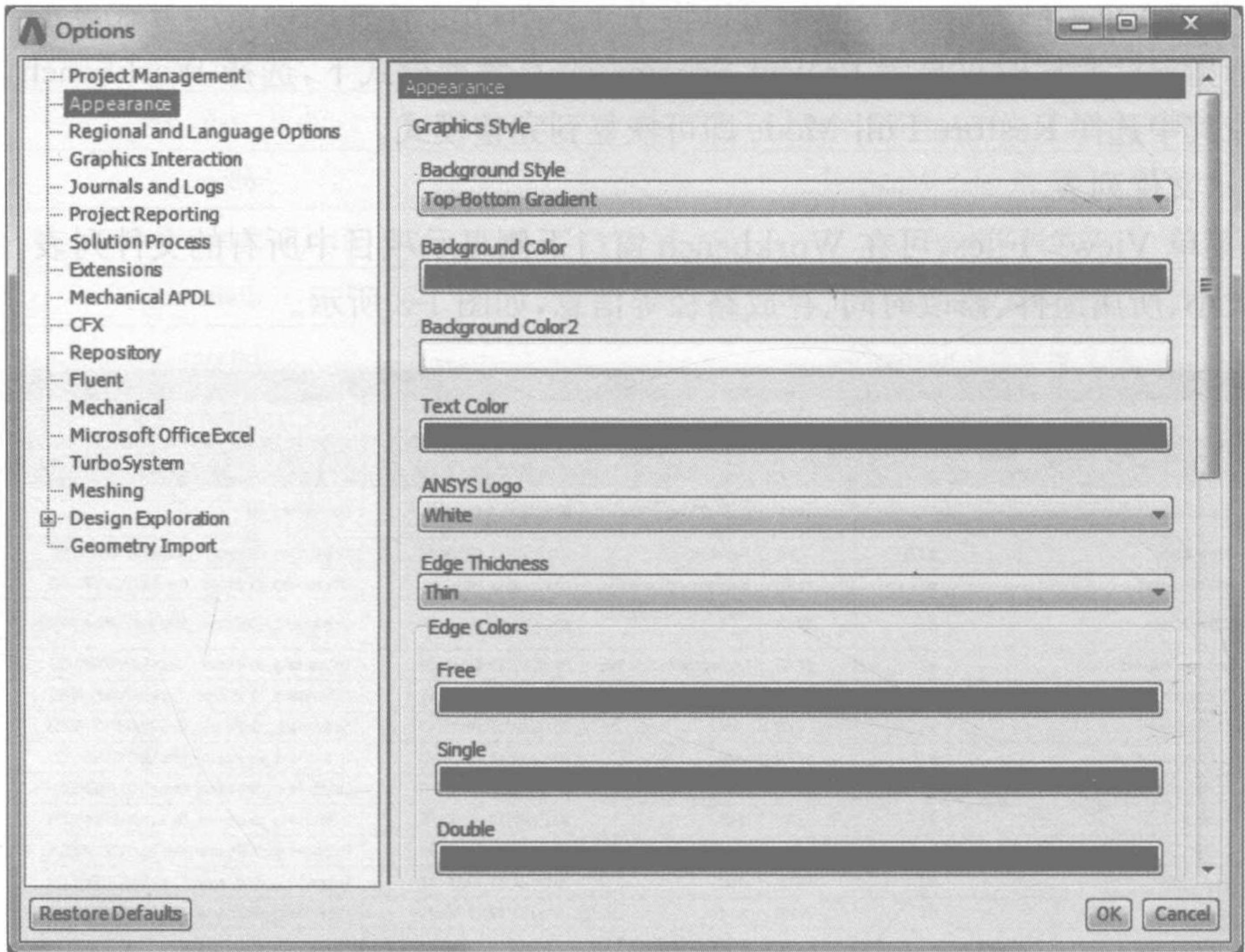


图 1-4 Workbench 选项设置面板

(4) Units 菜单

Units 菜单中的选项主要用于快速切换当前采用的单位系统,也可以通过 Units>Unit Systems 菜单打开 Unit Systems 对话框,修改已有单位系统或创建新的单位系统,如图 1-5 所示。

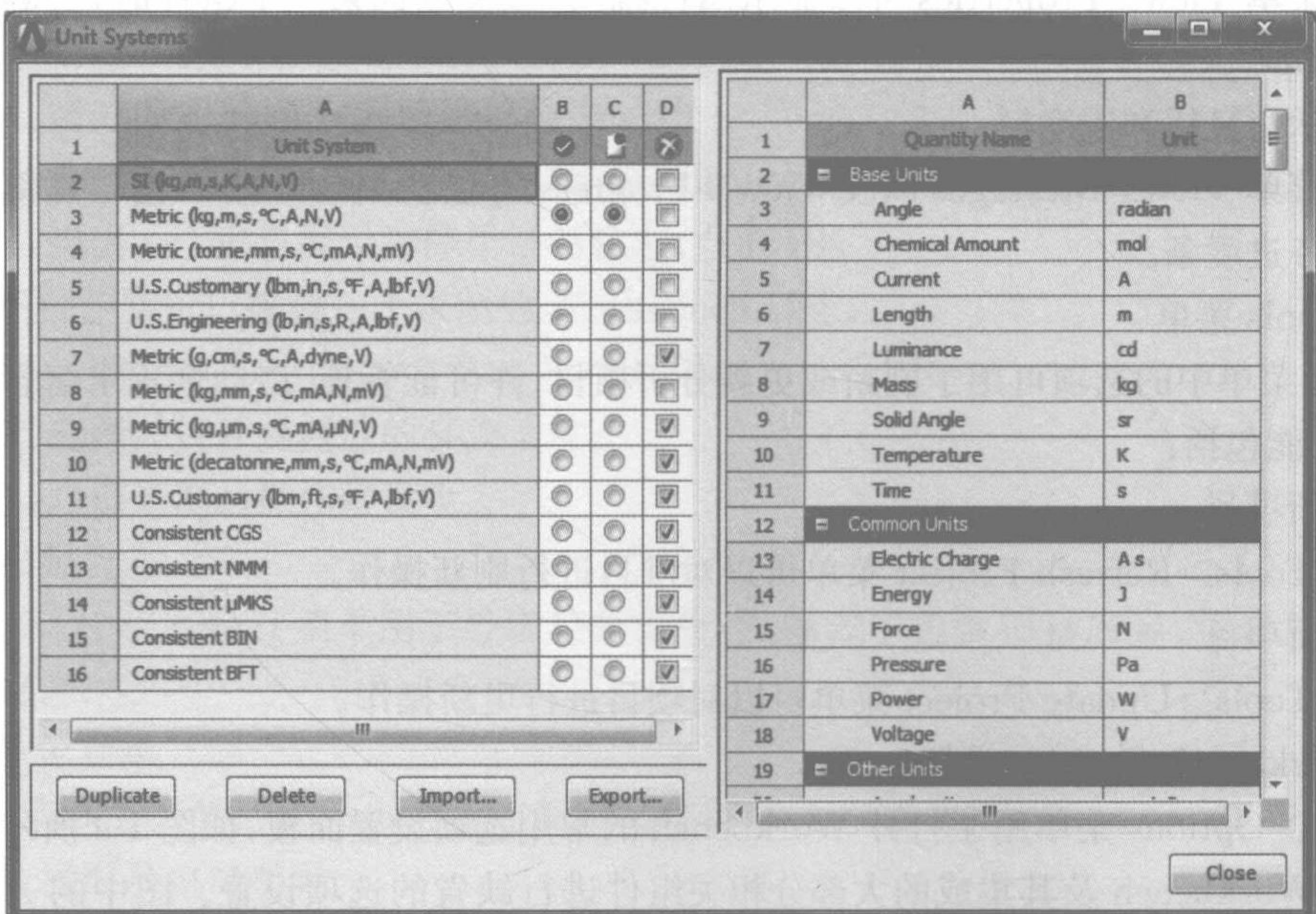


图 1-5 单位系统

(5) Extensions 菜单

Extensions 菜单用于管理或安装 ANSYS Workbench Customization Toolkit 所开发的扩展程序。

(6) Help 菜单

Help 菜单用于打开在线帮助或 ANSYS Customer Portal 站点。

2. 工具栏

工具栏中集成了一些最为常用的文件及项目操作工具按钮,如图 1-6 所示。用户通过单击某个按钮即可完成相应的操作。

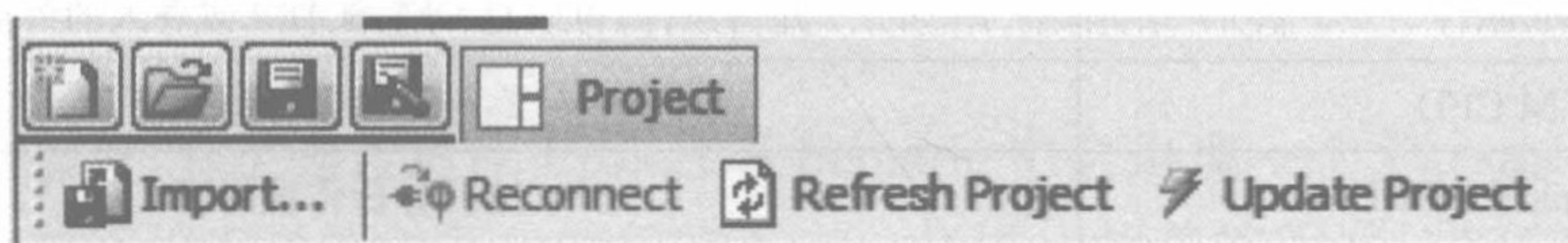


图 1-6 Workbench 工具栏

3. 工具箱 (Toolbox)

Workbench 的 Toolbox 中列出了可以添加至项目图解 (Project Schematic) 区域中的所有系统,用户可以利用鼠标拖动所需的系统至项目图解窗口,从而创建一个新的分析流程。Toolbox 工具箱由如下几个部分组成:

(1) Analysis Systems

Analysis Systems 是 Workbench 预先定义的一系列标准分析系统,其中常用分析系统及其所属学科和作用见表 1-3。

表 1-3 Workbench 的常用分析系统

| 分析系统名称 | 所属求解器及学科类型 | 分析系统的作用 |
|----------------------|------------------|------------|
| Fluid Flow(CFX) | CFX 流体分析 | 通用流体分析系统 |
| Fluid Flow(Fluent) | Fluent 流体分析 | 通用流体分析系统 |
| Static Structural | Mechanical 结构分析 | 静力结构分析系统 |
| Linear Buckling | Mechanical 结构分析 | 特征值屈曲分析系统 |
| Modal | Mechanical 结构分析 | 结构模态分析系统 |
| Harmonic Response | Mechanical 结构分析 | 结构谐振分析系统 |
| Transient Structural | Mechanical 结构分析 | 结构瞬态动力分析系统 |
| Response Spectrum | Mechanical 结构分析 | 响应谱分析系统 |
| Random Vibration | Mechanical 结构分析 | 随机振动分析系统 |
| Rigid Dynamics | Mechanical 结构分析 | 刚体动力分析系统 |
| Steady-State Thermal | Mechanical 热传递分析 | 稳态热传递分析系统 |
| Transient Thermal | Mechanical 热传递分析 | 瞬态热传递分析系统 |

(2) Component Systems

这部分为组件系统,为 Workbench 所集成的组件程序,通过这些组件也可以组成上述分析系统。常见的组件系统及其作用见表 1-4。

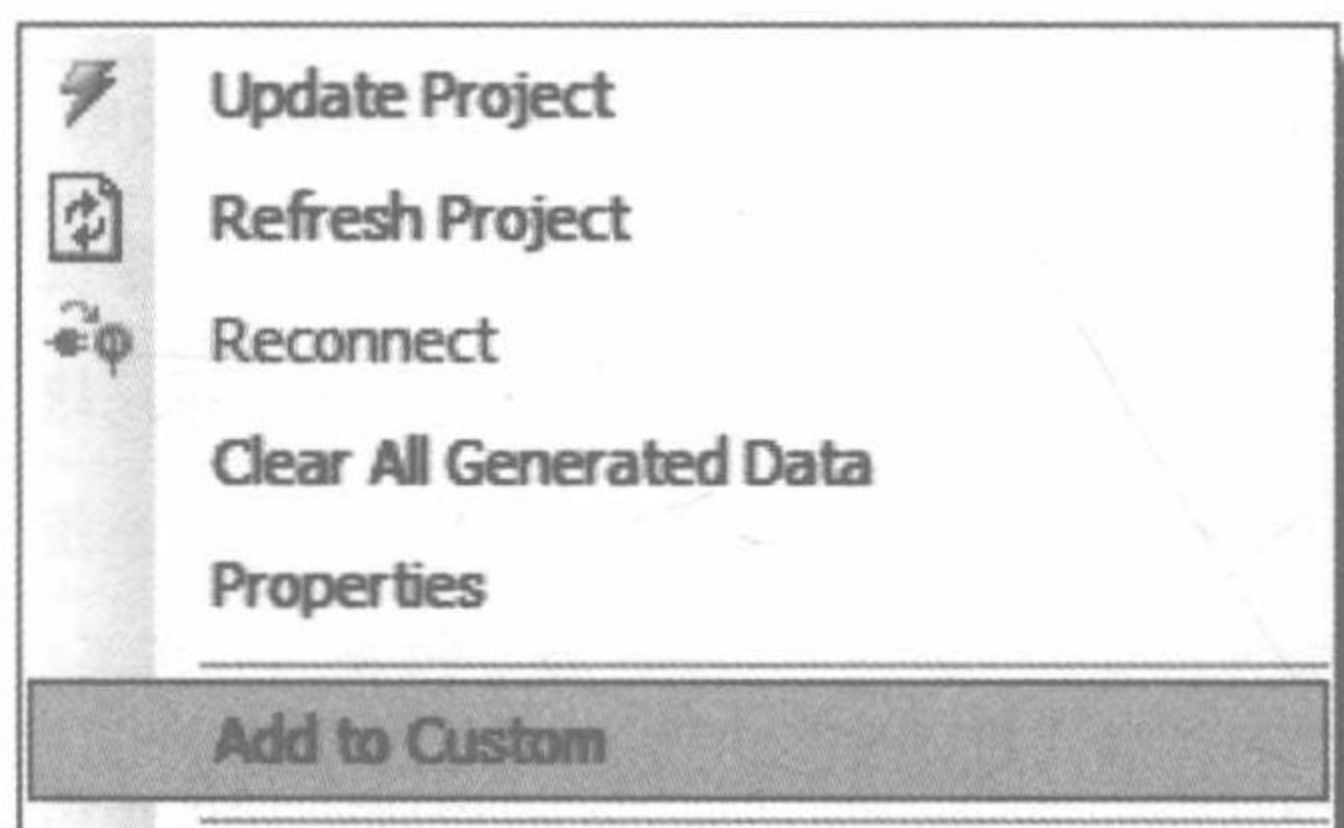
表 1-4 Workbench 常见的组件系统

| 组件名称 | 组件的作用 |
|------------------------|---------------------------|
| Engineering Data | 工程数据组件 |
| External Data | 外部数据组件,可用于耦合分析数据传递 |
| External Model | 外部模型组件,可用于导入既有的 CDB 文件 |
| Finite Element Modeler | 有限元模型转换器,可导入其他软件格式的模型 |
| CFX | 通用 CFD 分析组件 |
| Fluent | 通用 CFD 分析组件 |
| Geometry | 几何组件,可以是 DM、SCDM 或导入的外部几何 |
| ICEM CFD | 高级网格划分组件 |
| Mechanical APDL | 结构分析传统界面 |
| Mechanical Model | 结构分析模型组件 |
| Mesh | 网格划分组件 |
| Results | 后处理组件 |
| System Coupling | 系统耦合分析组件 |

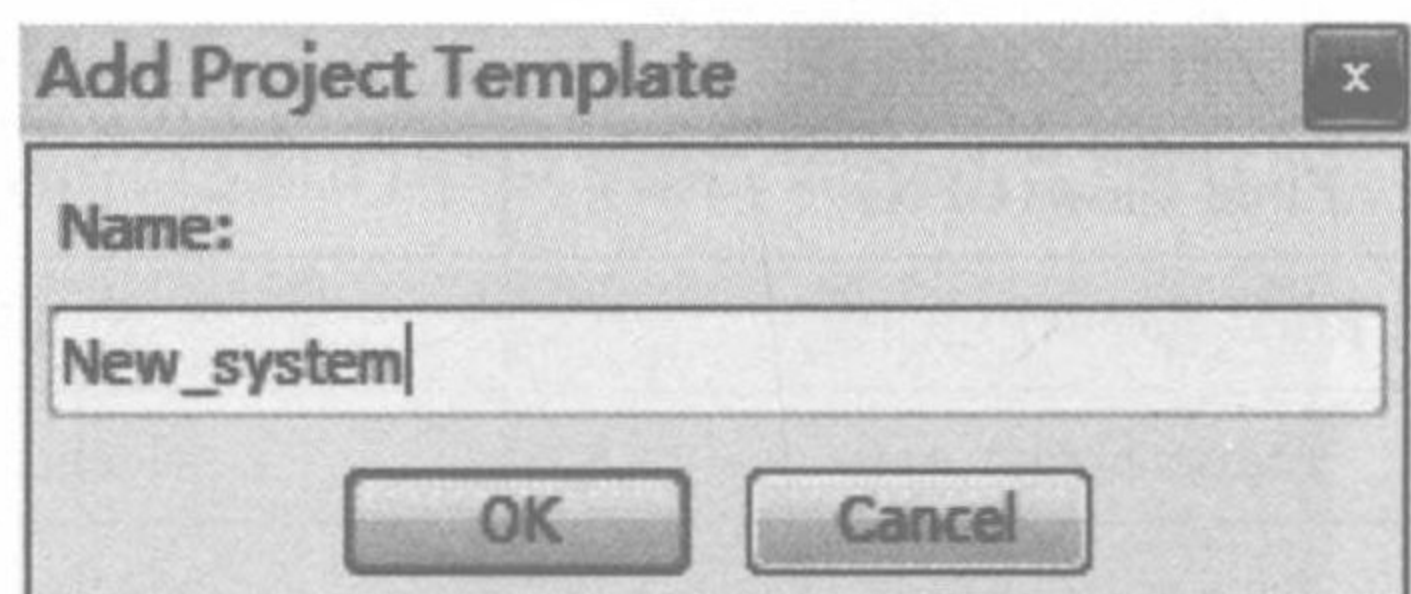
上述大部分组件的具体使用方法将在本书后续章节陆续进行介绍。

(3) Custom Systems

这是一些预定义的耦合系统及用户定制的系统。用户可以把 Project Schematic 已经搭建好的流程添加到用户定制的系统列表,这样后续分析就能使用了。其操作过程如图 1-7 所示,具体操作步骤如下:



(a) 选择 Add to Custom 菜单项



(b) 输入模板系统的名称

图 1-7 自定义分析流程

1) 在 Project Schematic 界面的任意空白地方按下鼠标右键,在右键菜单中选择 Add to Custom 菜单项;

2) 在弹出的 Add Project Template 中输入模板系统的名称,在图中为 New_system,按 OK 按钮,在 Workbench 左侧 Toolbox 的 Custom Systems 中出现一个名为 New_system 的用户系统,如图 1-8 所示。

(4) Design Exploration

这部分为优化工具箱,包括了与设计优化和可靠度分析相关的 Direct Optimization、Parameters Correlation (参数相关性)、Response Surface (响应面)、Response Surface Optimization (响应面优化)以及 Six Sigma Analysis (6-sigma 分析)等组件。使用优化工具箱

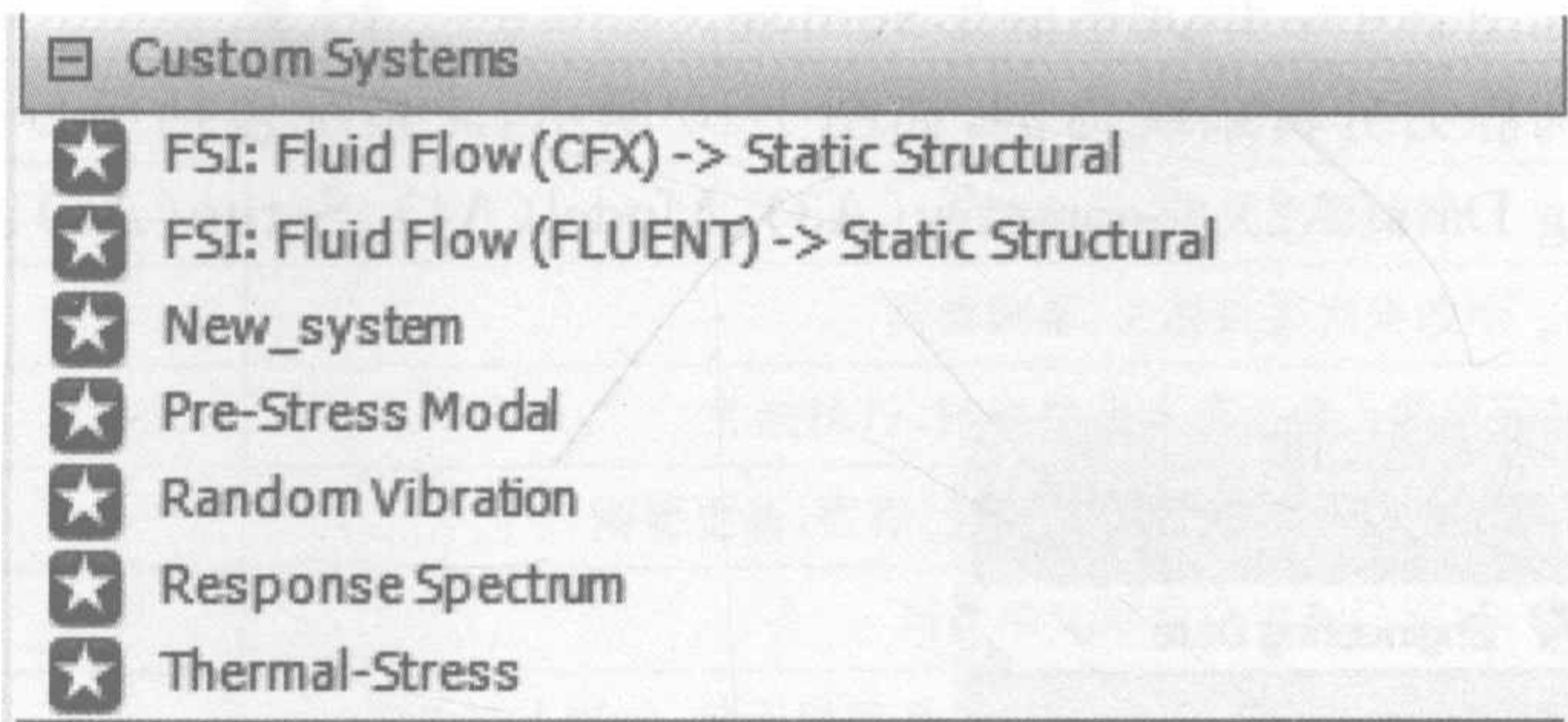


图 1-8 用户流程添加到 Custom Systems 列表

的前提是必须有参数,有了参数后在 Project Schematic 中会出现一个 Parameter Set 条,随后用户即可将此处的优化工具添加到参数条的下方。与优化相关的问题,将在本书后续章节中详细介绍。

(5) 工具箱的选择过滤

点击 Toolbox 工具箱底部的“View All / Customize”,进入到 Toolbox Customization 页面,如图 1-9 所示。在其中,用户可以选择常用的分析系统、组件系统(勾选其前面的复选框)等在工具箱视图中显示,未勾选的组件或系统则被过滤掉不予显示。

| Toolbox Customization | | | | |
|-----------------------|--|-----------------|-----------------|-----------------------------|
| | B | C | D | E |
| 1 | <input checked="" type="checkbox"/> Name | Physics | Solver Type | AnalysisType |
| 2 | Analysis Systems | | | |
| 3 | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Design Assessment | Customizable | Mechanical APDL | DesignAssessment |
| 4 | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Electric | Electric | Mechanical APDL | Steady-State Electric Condu |
| 5 | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Explicit Dynamics | Structural | AUTODYN | Explicit Dynamics |
| 6 | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Fluid Flow - Blow Molding (Polyflow) | Fluids | Polyflow | Any |
| 7 | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Fluid Flow - Extrusion (Polyflow) | Fluids | Polyflow | Any |
| 8 | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Fluid Flow (CFX) | Fluids | CFX | |
| 9 | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Fluid Flow (Fluent) | Fluids | FLUENT | Any |
| 10 | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Fluid Flow (Polyflow) | Fluids | Polyflow | Any |
| 11 | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Harmonic Response | Structural | Mechanical APDL | Harmonic Response |
| 12 | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Hydrodynamic Diffraction | Modal | AQWA | Hydrodynamic Diffraction |
| 13 | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Hydrodynamic Time Response | Transient | AQWA | Hydrodynamic Time Respon |
| 14 | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> IC Engine | Any | FLUENT, | Any |
| 15 | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Linear Buckling | Structural | Mechanical APDL | Linear Buckling |
| 16 | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Linear Buckling (Samcef) | Structural | Samcef | Buckling |
| 17 | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Magnetostatic | Electromagnetic | Mechanical APDL | Magnetostatic |
| 18 | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Modal | Structural | Mechanical APDL | Modal |
| 19 | <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Modal (Samcef) | Structural | Samcef | Modal |

图 1-9 Toolbox Customization

4. 项目图解(Project Schematic)

项目图解区域用于显示分析项目流程,从中可以观察数据的流向以及查看分析进度等。从 Toolbox 中添加到 Project Schematic 的项目被称作系统,每个系统由多个组件组合而成,