

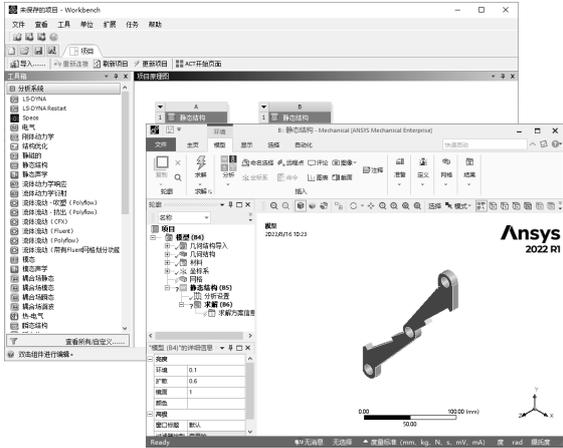
第1章

Ansys Workbench 2022 入门

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。讲述了 Ansys Workbench 功能特点以及程序结构和分析基本流程。

通过本章的学习，读者可对 Ansys Workbench 建立初步认识。

任务驱动&项目案例



(1)



(2)



Note

1.1 Ansys Workbench 概述

有限元法作为目前工程应用较为广泛的一种数值计算方法，以其独有的计算优势得到了广泛的发展和应 用，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。提到有限元法不能不提的是 Ansys 软件，Ansys 软件是美国 Ansys 公司研制的大型通用有限元分析（FEA）软件，它是世界范围内增长最快的 CAE 软件，能够进行包括结构、热、声、流体以及电磁场等学科的研究，在核工业、航空航天、能源、交通、国防工业、生物医药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 100 多所理工院校采用 Ansys 软件进行有限元分析或者作为标准教学软件。

Ansys Workbench（以下简称 Workbench）是 Ansys 公司开发的新一代协同仿真集成平台。

1997 年，Ansys 公司基于广大设计人员的分析应用需求，开发了分析软件 Ansys DesignSpace(DS)，其前后处理功能与经典的 Ansys 软件完全不同，该软件的易用性和与 CAD 接口能力很强。

2000 年，Ansys DesignSpace 的界面风格深受广大用户喜爱，Ansys 公司决定进一步提升 Ansys DesignSpace 的界面风格，以增强 Ansys 软件的前后处理，因此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，以及全新的风格界面。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。开发这些软件的目的是给用户 提供先进的 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，也可以选择 AWE。AWE 可作为 Ansys 软件的新一代前后处理，目前还未支持 Ansys 所有的功能，主要支持大部分的 ME 和 Ansys Emag 功能，而且与 ACE 的 PP 并存。

Ansys 最新的 Ansys 2022 版本中的 Workbench 提供了中文版，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 Workbench 的特点

Workbench 具有如下主要特点。

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 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，使工程应用的整体性、流程性都大大增强。其完全的 Windows 友好界面、工程化应用，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，使没有或缺少有限元分析经验的工程师也能快速学会通过 Workbench 进行有限元分析方法。



Note

1.1.2 Workbench 应用分类

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

现有的本地应用（见图 1-1）有“工程数据”“实验设计”等。本地应用在 Workbench 窗口中启动和运行。

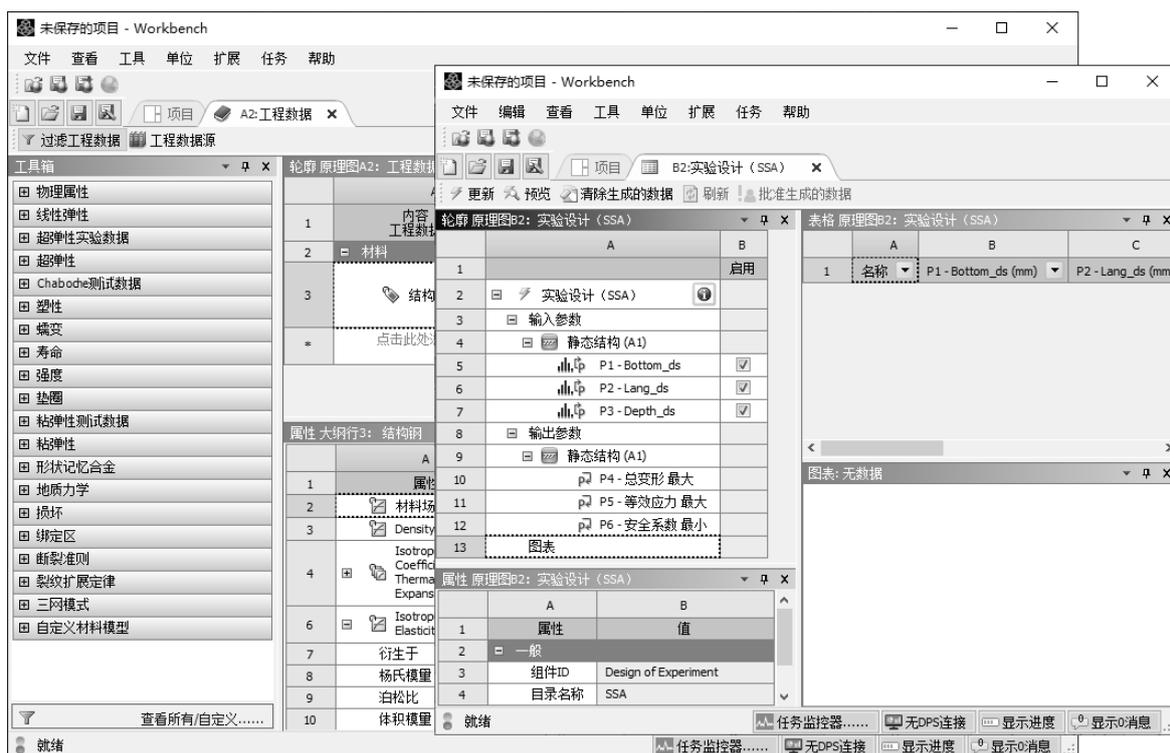


图 1-1 本地应用

2. 数据整合应用

现有的数据整合应用（见图 1-2）包括 Fluent、CFX 等。



Note

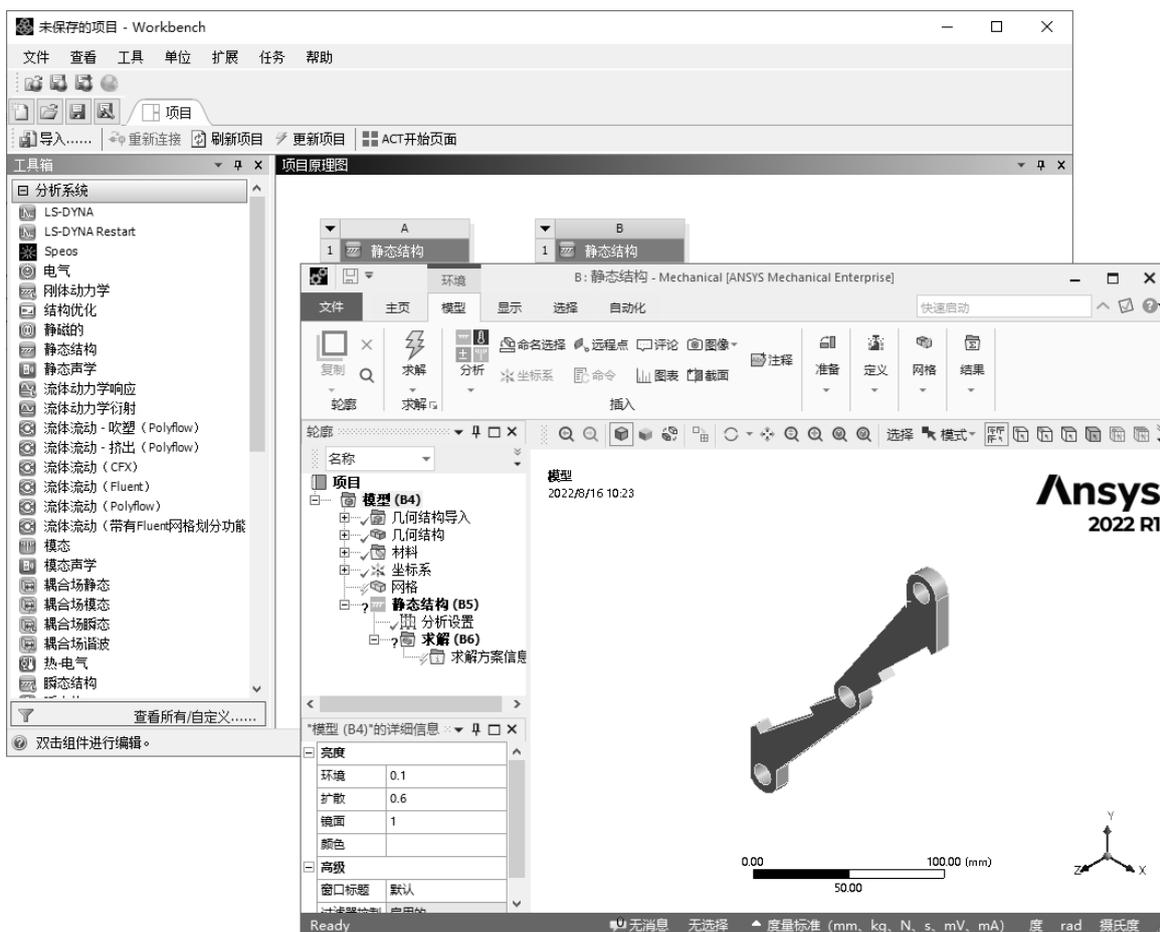


图 1-2 数据整合应用

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、易用易用性提出了更高的要求。

1.1.3 Workbench 系统要求和启动

1. 操作系统要求

(1) Workbench 可运行于 Linux x64 (linx64)、Windows x64 (winx64) 等计算机及操作系统中，其数据文件是兼容的，Workbench 不再支持 32 位系统。

(2) 确定计算机安装了网卡、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：8 GB（推荐 16 GB 或 32 GB）以上。

(2) 硬盘：40 GB 以上硬盘空间，用于安装 Ansys 软件及其配套使用软件。

(3) 显示器：支持 1024×768、1366×768 或 1280×800 分辨率的显示器，一些应用会建议高分辨率，例如 1920×1080 或 1920×1200 分辨率。可显示 24 位以上颜色显卡。

(4) 介质：可网络下载或 USB 储存安装。



3. 启动与退出

Workbench 提供以下两种启动方式。

(1) 从 Windows 开始菜单启动，如图 1-3 所示。

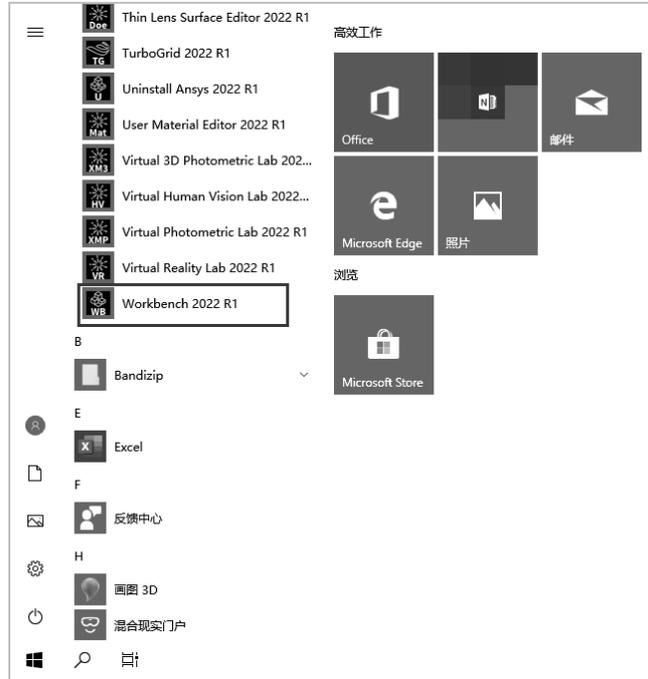


图 1-3 从 Windows 开始菜单启动

(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 (之前的名称为 Pro/ENGINEER)、UG NX、Parasolid、Solid Edge、SolidWORKS、SpaceClaim 和 Catia 等。图 1-4 为从 UG NX 中启动 Workbench。

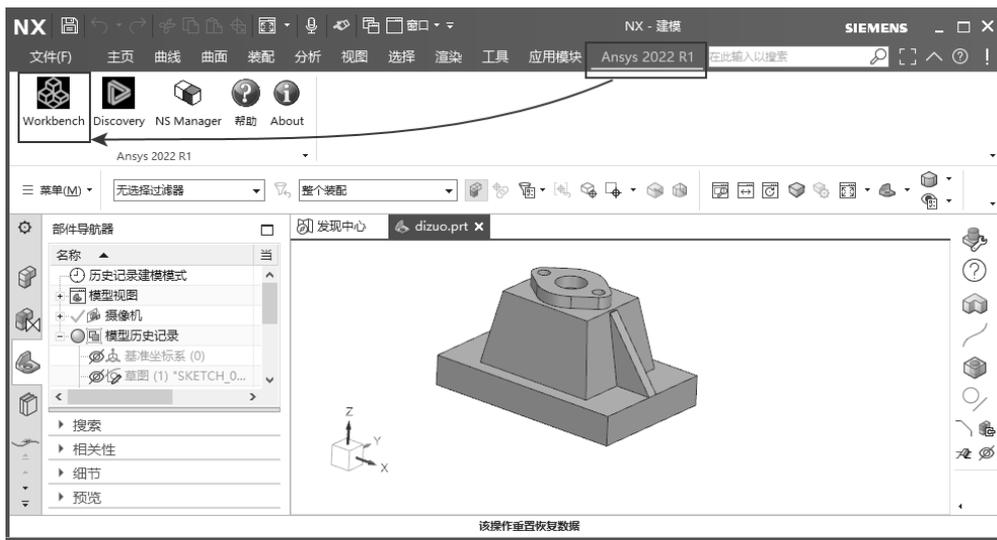


图 1-4 从 UG NX 中启动 Workbench



Note



Note

1.1.4 Workbench 的设计流程

在 2022 版本中, Ansys 对 Workbench 构架进行了重新设计, 全新的“项目原理图”窗格改变了用户使用 Workbench 仿真环境的方式。在一个类似“流程图”的图表中, 仿真项目中的各种任务以相互连接的图形化方式清晰地呈现, 如图 1-5 所示。这种方式使用户可以非常方便地理解项目的工程意图、数据关系、分析过程的状态等。

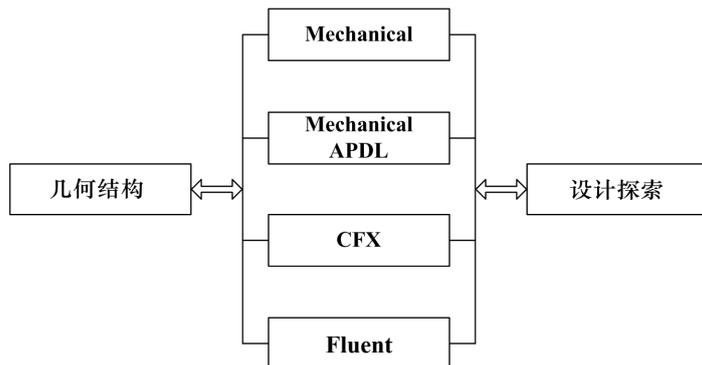


图 1-5 Ansys Workbench 2022 主要产品设计流程

1.2 Workbench 分析的基本过程

Workbench 分析过程包含 4 个主要的步骤: 初步确定、前处理、加载并求解和后处理, 如图 1-6 所示。其中初步确定为分析前的蓝图, 后 3 个步骤为操作步骤。

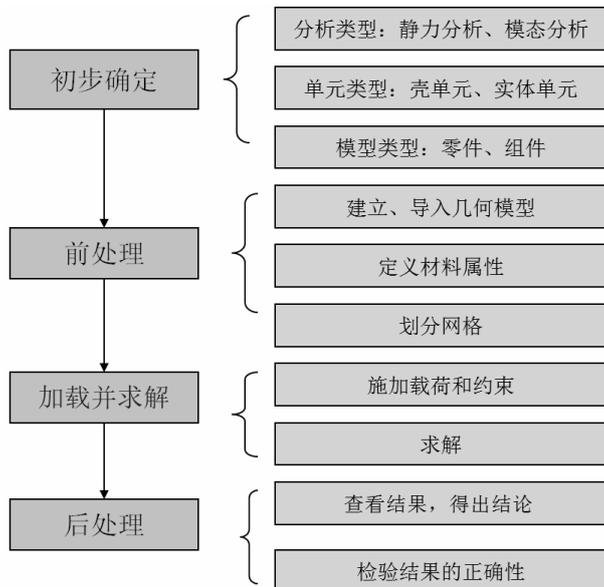


图 1-6 分析的基本过程



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、划分有限元网格和修正模型等。单元属性是指划分网格前必须指定分析对象的特征，这些特征包括材料属性、单元类型和实常数等。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 Ansys 环境中，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 环境中。

需要强调的是，除了磁场分析以外不需要告诉 Ansys 使用的是什么单位制，只需要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。

1.2.2 加载并求解

- (1) 自由度（degree of freedom, DOF）——定义节点的自由度（DOF）（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（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（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（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) 集中载荷和体积载荷，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。

1.2.3 后处理

- (1) 通用后处理——用来观看整个模型在某一时刻的结果。
- (2) 时间历程后处理——用来观看模型在不同时间段或载荷步上的结果，常用于处理瞬态分析和动力分析的结果。



Note

1.3 Workbench 的图形用户界面

启动 Workbench，进入如图 1-7 所示的 Workbench 的图形用户界面。



图 1-7 Workbench 图形用户界面

大多数情况下，Workbench 的图形用户界面主要分工具箱窗格和项目原理图窗格成两部分，其他部分将在后续章节中介绍。下面分别介绍工具箱和 Workbench 选项窗口。

1.3.1 工具箱

Workbench 的工具箱列举了可以使用的系统和应用程序，可以通过工具箱将这些应用程序和系统添加到项目原理图窗格中。工具箱由 4 个子组组成，如图 1-8 所示。

工具箱包括如下 4 个子组。

- 分析系统：可用在示意图中预定义的模板中。
- 组件系统：可存取多种程序来建立和扩展分析系统。
- 定制系统：为耦合应用预定义分析系统（热-应力、响应谱等）。用户也可以建立自己的预定义系统。
- 设计探索：参数管理和优化工具。

注意：工具箱列出的系统和组件决定于安装的 Ansys。

每个子组可以被展开或折叠，也可以通过工具箱下的“查看所有/自定义……”按钮 [查看所有/自定义……](#) 来调整工具箱中应用程序或系统的显示或隐藏。使用“工具箱自定义”窗口中的复选框，可以显示或隐藏工具箱中的各项，如图 1-9 所示。不用“工具箱自定义”窗口时一般将其关闭。



Note

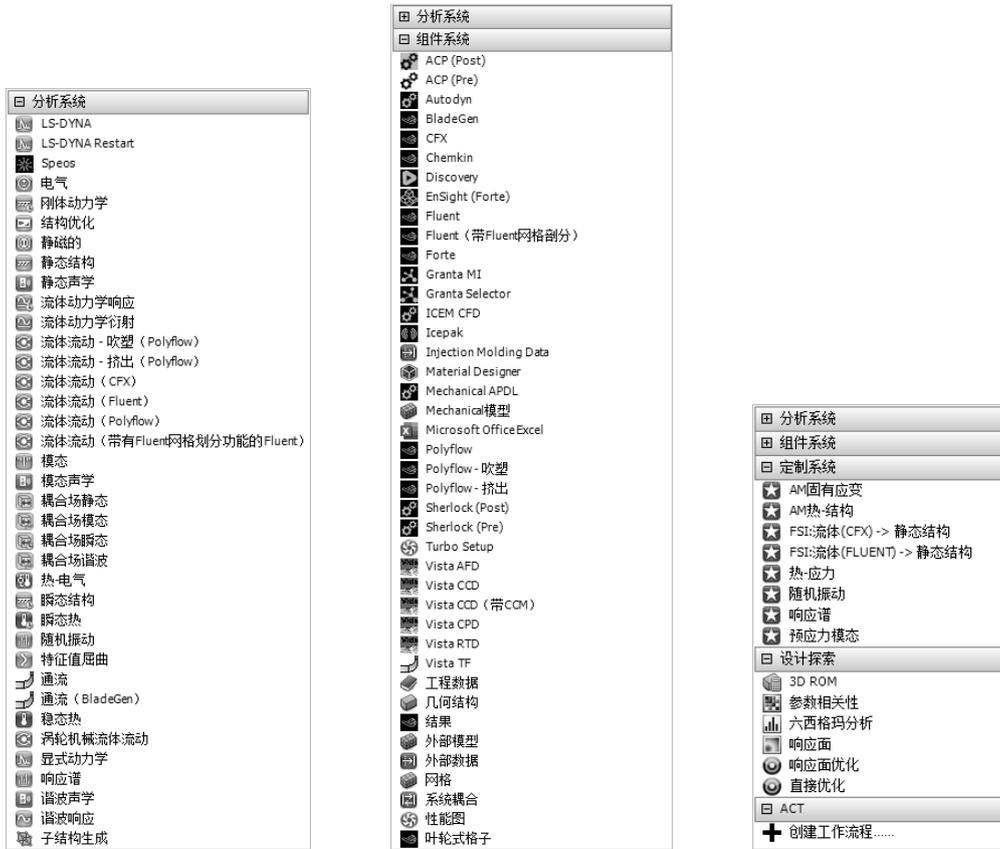


图 1-8 Workbench 工具箱



图 1-9 工具箱显示设置



1.3.2 Workbench 选项窗口



Note

利用“查看”菜单（或在“项目原理图”窗格中右击）在 Workbench 环境下可以显示附加的信息。图 1-10 为高亮显示的“几何结构”单元，从而显示其属性。可以在属性中查看和调整项目原理图中单元的属性。



图 1-10 Workbench 选项窗口

1.4 Workbench 文档管理

Workbench 可以自动创建所有相关文件，包括一个项目文件和一系列的子目录。建议用户允许 Workbench 管理这些项目目录的内容或结构，最好不要手动修改它们，否则会引起程序读取出错。

在 Workbench 中，当指定文件夹及保存了一个项目后，系统会在磁盘中保存一个项目文件 (*.wbpj) 及一个文件夹 (*_files)。Workbench 是通过此项目文件和文件夹及其子文件来管理所有相关的文件的。图 1-11 为 Workbench 生成的一系列文件夹。

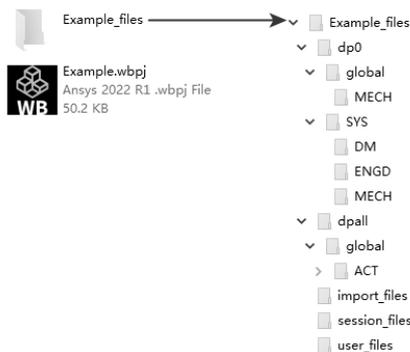


图 1-11 Workbench 文件夹目录结构



1.4.1 目录结构

Workbench 文件格式目录内文件的作用如下。

- ☑ **dpn**: 是设计点文件目录, 这实质上是特定分析的所有参数的状态文件, 在单分析情况下只有一个 dp0 目录。它是所有参数分析所必须的。
- ☑ **global**: 包含分析中各个单元格中的子目录。其下的 MECH 目录中包括数据库以及 Mechanical 单元格的其他相关文件。其内的 MECH 目录为仿真分析的一系列数据及数据库等相关文件。
- ☑ **SYS**: 包括了项目中各种系统的子目录(如 Mechanical、Fluent、CFX 等)。每个系统的子目录都包含特定的求解文件。如 MECH 的子目录有结果文件、ds.dat 文件、solve.out 文件等。
- ☑ **user_files**: 包含输入文件、用户文件等, 这些可能与项目有关。

1.4.2 显示文件明细

如需查看所有文件的具体信息, 在 Workbench 的“查看”菜单中, 选择“文件”命令(见图 1-12), 以显示一个包含文件明细与路径的窗格, 图 1-13 为一个文件窗格。

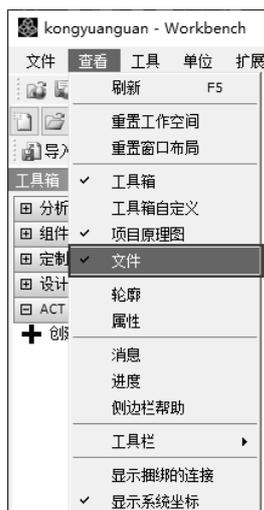


图 1-12 “查看”菜单

	A	B	C	D	E
1	名称	单元ID	尺寸	类型	修改日期
2	SYS.agdb	A3	2 MB	几何结构文件	2022/8/16 14:13:23
3	material.engd	A2	28 KB	工程数据文件	2022/8/16 14:13:14
4	SYS.engd	A4	28 KB	工程数据文件	2022/8/16 14:13:14
5	SYS.mechdb	A4	6 MB	Mechanical数据库文件	2022/8/16 14:13:31

图 1-13 文件窗格

1.4.3 存档文件

为了便于文件的管理与传输, Workbench 还具有文件存档的功能, 存档后的文件为.wbpz 格式。可用任一款解压软件打开。图 1-14 为“文件”菜单中的“存档”选项。

选择保存存档文件的位置后, 弹出如图 1-15 所示的“存档选项”对话框, 其内有多个选项可供选择。



Note



图 1-14 “存档”选项

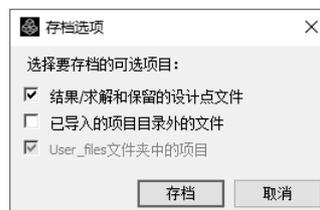


图 1-15 “存档选项”对话框

1.5 项目原理图

项目原理图通过放置应用或系统到项目管理区中的各个区域，以定义全部分析项目。它表示了项目的结构和工作的流程。为项目中各对象和它们之间的相互关系提供了一个可视化的表示。项目原理图由单元格组成，如图 1-16 所示。

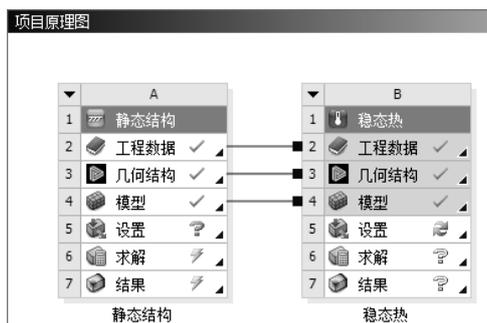


图 1-16 项目原理图

项目原理图因要分析的项目不同而不同，可以仅由单一的单元格组成，也可以是含有一套复杂链接的系统耦合分析或模型的系统。

项目原理图中的单元格是将工具箱中的应用程序或系统直接拖曳到项目管理界面中或直接在项目上双击载入。

1.5.1 系统和单元格

要生成一个项目，需要从工具箱中添加单元格到项目原理图中形成一个系统，一个系统可由多个单元格组成。要定义一个项目，还需要在单元格之间进行交互。也可以在单元格中右击，在弹出的快捷菜单中选择可使用的单元格。通过一个单元格，可以实现下面的功能。

- 通过单元格进入数据集成的应用程序或工作区。
- 添加与其他单元格间的链接系统。
- 分配输入或参考的文件。



分配属性分析的组件。

每个单元格含有一个或多个单元，如图 1-17 所示。每个单元都有一个与它关联的应用程序或工作区，例如 Ansys Fluent 或 Mechanical 应用程序。可以通过此单元单独地打开这些应用程序。

1.5.2 单元格的类型

单元格包含许多可以使用的分析和组件系统，下面介绍几个通用的分析单元。

1. 工程数据

使用工程数据组件定义或访问材料模型中的分析所用数据。双击工程数据的单元格，或右击，打开快捷菜单，从中选择“编辑……”命令，以显示工程数据的工作区。可从工作区中定义数据材料等。

2. 几何结构

使用几何结构单元来导入、创建、编辑或更新用于分析的几何模型。

1) 4 类图元

- 体（三维模型）：由面围成，代表三维实体。
- 面（表面）：由线围成。代表实体表面、平面形状或壳（可以是三维曲面）。
- 线（可以是空间曲线）：以关键点为端点，代表物体的边。
- 关键点（位于三维空间）：代表物体的角点。

2) 层次关系

从最低阶到最高阶，模型图元的层次关系如下。

- 关键点。
- 线。
- 面。
- 体。

如果低阶的图元连在高阶图元上，则低阶图元不能删除。

3. 模型

模型建立之后，需要划分网格，它涉及以下 4 个任务。

- 选择单元属性（单元类型、实常数、材料属性）。
- 设定网格尺寸控制（控制网格密度）。
- 网格划分以前保存数据库。
- 执行网格划分。

4. 设置

使用此设置单元可打开相应的应用程序。设置包括定义载荷、边界条件等。也可以在应用程序中配置分析。应用程序中的数据被纳入 Workbench 的项目中，其中也包括系统之间的链接。

载荷是指加在有限单元模型（或实体模型，但最终要将载荷转化到有限元模型）上的位移、力、温度、热、电磁等。载荷包括边界条件和内外环境对物体的作用。

5. 求解

在所有的前处理工作完成后，要进行求解，求解过程包括选择求解器、对求解进行检查、求解的



图 1-17 项目原理图中的单元格



Note



实施及解决求解过程中出现的问题等。

6. 结果

分析问题的最后一步工作是进行后处理，后处理就是对求解所得到的结果进行查看、分析和操作。结果单元格显示分析结果的可用性和状态。结果单元是不能与任何其他系统共享数据的。



Note

1.5.3 了解单元格状态

1. 典型的单元格状态

单元格状态包含以下情况。

- : 无法执行。丢失上行数据。
- : 需要注意。可能需要改正本单元格或是上行单元格。
- : 需要刷新。上行数据发生改变。需要刷新单元格（更新也会刷新单元格）。
- : 需要更新。数据一旦改变，单元的输出也要相应地更新。
- : 最新的。
- : 发生输入变动。单元格是局部更新的，但上行数据发生变化也可能导致其发生改变。

2. 解决方案特定的状态

解决方案时特定的状态如下。

- : 中断。表示已经中断的解决方案。此选项执行的求解器正常停止，将完成当前迭代，并写一个解决方案文件。
- : 挂起。标志着一个批次或异步解决方案正在进行。当一个单元格进入挂起状态，可以与项目和项目的其他部分退出 Workbench 或工作。

3. 故障状态

故障典型状态如下。

- : 刷新失败。需要刷新。
- : 更新失败。需要更新。
- : 更新失败。需要注意。

1.5.4 项目原理图中的链接

链接的作用是连接系统之间的数据共享系统或数据传输。在项目原理图中的链接如图 1-18 所示，其主要类型如下。

- 指示数据链接系统之间的共享。这些链接以方框终止。
- 指示数据的链接是从上游到下游系统。这些链接以圆形终止。
- 链接指示系统是强制地输入参数。这些链接连接“参数集”和绘制箭头进入系统中。
- 链接指示系统提供输出参数。这些链接连接“参数集”，并用箭头指向系统。
- 表明设计探索系统的链接，它连接到项目参数。这些链接连接到“参数集”，D 和 E 与系统。



Note

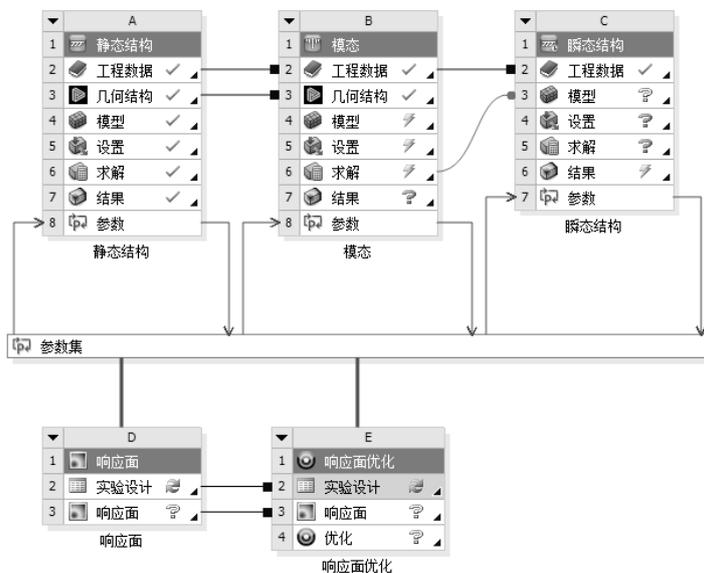


图 1-18 项目原理图中的链接

1.5.5 创建项目原理图实例

创建项目原理图工作流程的步骤如下。

01 将工具箱中的“静态结构”选项拖曳到项目原理图窗格中或在该选项上双击载入，结果如图 1-19 所示。

02 此时模块下面的名称为可修改状态，输入“初步静力学分析”，作为此模块的名称。

03 在工具箱中选中“模态”选项，按住鼠标左键不放，向项目管理器中拖曳，此时项目管理器中可拖曳到的位置将以绿色框显示，如图 1-20 所示。

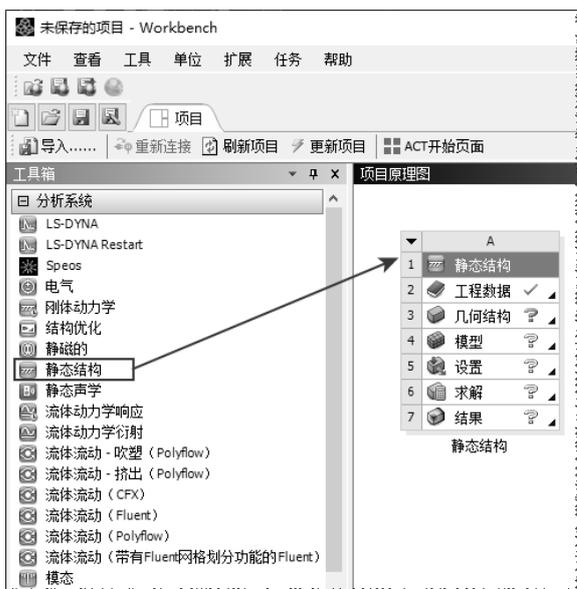


图 1-19 添加“静态结构”选项

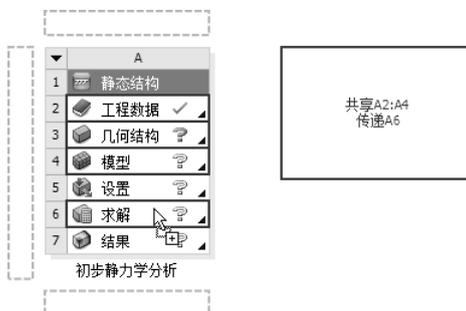


图 1-20 可添加位置



Note

04 将“模态”选项放到“静态结构”模块的第6行的“求解”中，此时两个模块分别以字母A、B编号显示在项目管理器中，并且两个模块中间出现4条链接，其中，以方框结尾的链接为可共享链接，以圆形结尾的链接为上游到下游链接。结果如图1-21所示。

05 单击B模块左上角的“倒三角”按钮，此时弹出快捷菜单，选择“重新命名”命令，如图1-22所示。将此模块更改名称为“模态分析一”。

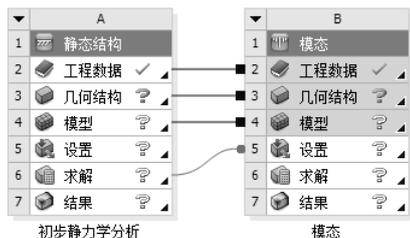


图 1-21 添加模态分析



图 1-22 更改名称

06 右击“初步静力学分析”第6行中的“求解”单元，在此时弹出的快捷菜单中选择“将数据传输到‘新建’”→“模态”命令，如图1-23所示。另一个模态分析模块将添加到项目管理器中，并将名称更改为“模态分析二”，结果如图1-24所示。



图 1-23 添加模态分析一

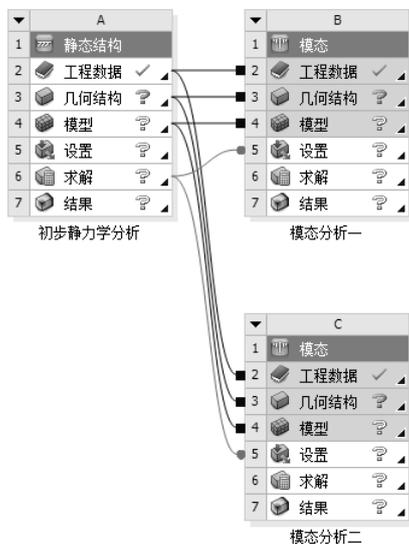


图 1-24 添加模态分析二

下面列举了创建项目原理图需要注意的地方。

- ☑ 分析流程块可以用鼠标右键选择菜单进行删除。
- ☑ 使用该转换特性时，将显示所有的转换可能（上行转换和下行转换）。
- ☑ 高亮显示系统中的分支不同，程序呈现的快捷菜单也会有所不同，如图1-25所示。



图 1-25 不同的快捷菜单

1.6 工程数据应用程序

在进行有限元分析时，必须为分析的对象指定材料的属性。在 Ansys Workbench 中，是通过“工程数据”应用程序控制材料属性参数的。

“工程数据”应用程序属于本地应用，进入“工程数据”应用程序的方法如下：首先通过添加工具箱中的分析系统；然后双击系统中的“工程数据”单元格或右击该单元格，在弹出的快捷菜单中选择“编辑……”命令，进入“工程数据”应用程序。进入“工程数据”应用程序后，显示界面如图 1-26 所示，窗口中的数据是交互式层叠显示的。



图 1-26 “工程数据”应用程序



1.6.1 材料库

在打开的“工程数据”应用程序中，单击工具栏中的“工程数据源”按钮  工程数据源，或在“工程数据”应用程序窗口中右击，在弹出的快捷菜单中选择“工程数据源”命令，如图 1-27 所示（在不同的位置右击，所弹出的快捷菜单也会有所不同）。此时“工程数据”应用程序窗口会显示“工程数据源”数据表窗格，如图 1-28 所示。



Note

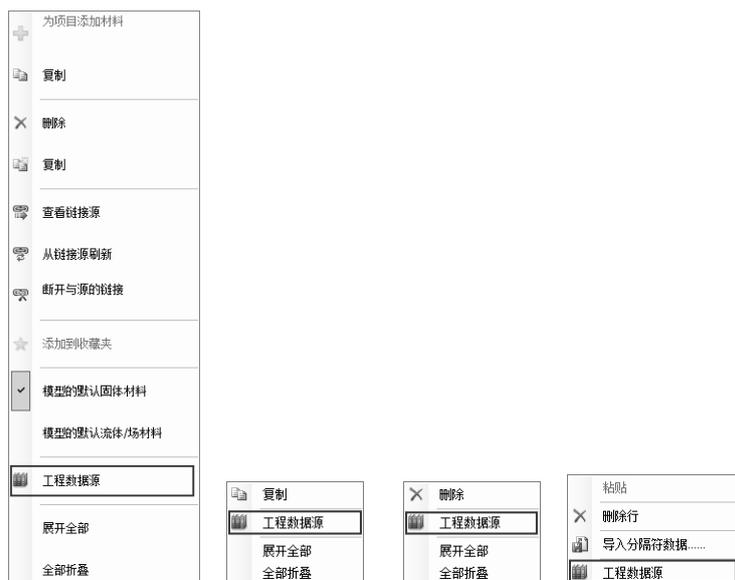


图 1-27 “工程数据”快捷菜单

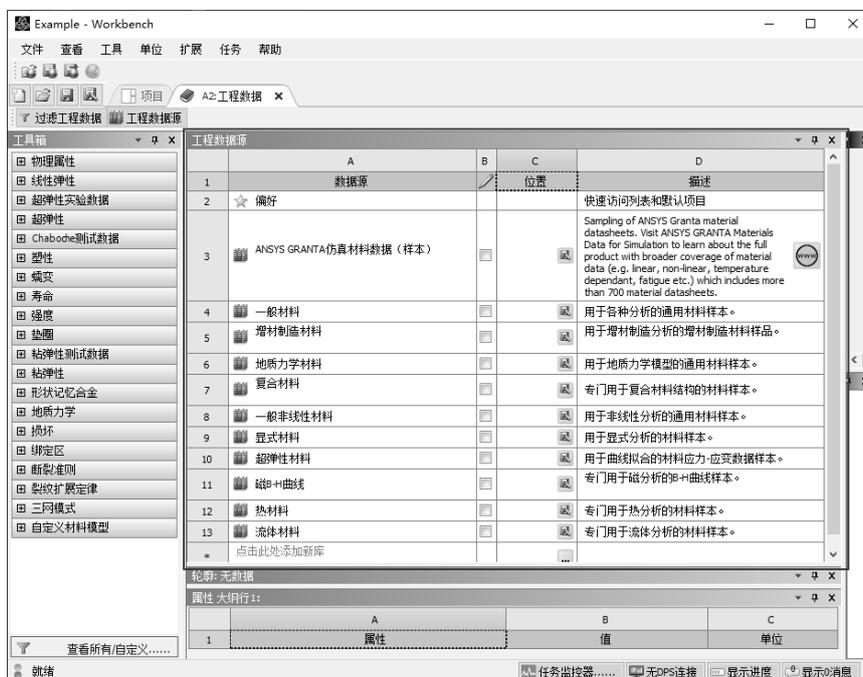


图 1-28 “工程数据源”数据表窗格



材料库中有大量的常用材料。当在“工程数据源”窗格中选择一个材料库时，轮廓窗格中显示此库内的所有材料选择某一种材料后，属性窗格中显示此材料的所有默认属性参数值，该属性参数值是可以被修改的。

1.6.2 添加库中的材料

材料库中的材料需要添加到当前的分析项目中才能起作用，向当前项目中添加材料的方法如下：首先打开“工程数据源”数据表，在“工程数据源”窗格中选择一个材料库；然后在下方的轮廓窗格中单击材料后面 B 列中的添加按钮, 此时在当前项目中定义的材料被标记为, 表示材料已经添加到分析项目中。添加材料如图 1-29 所示。

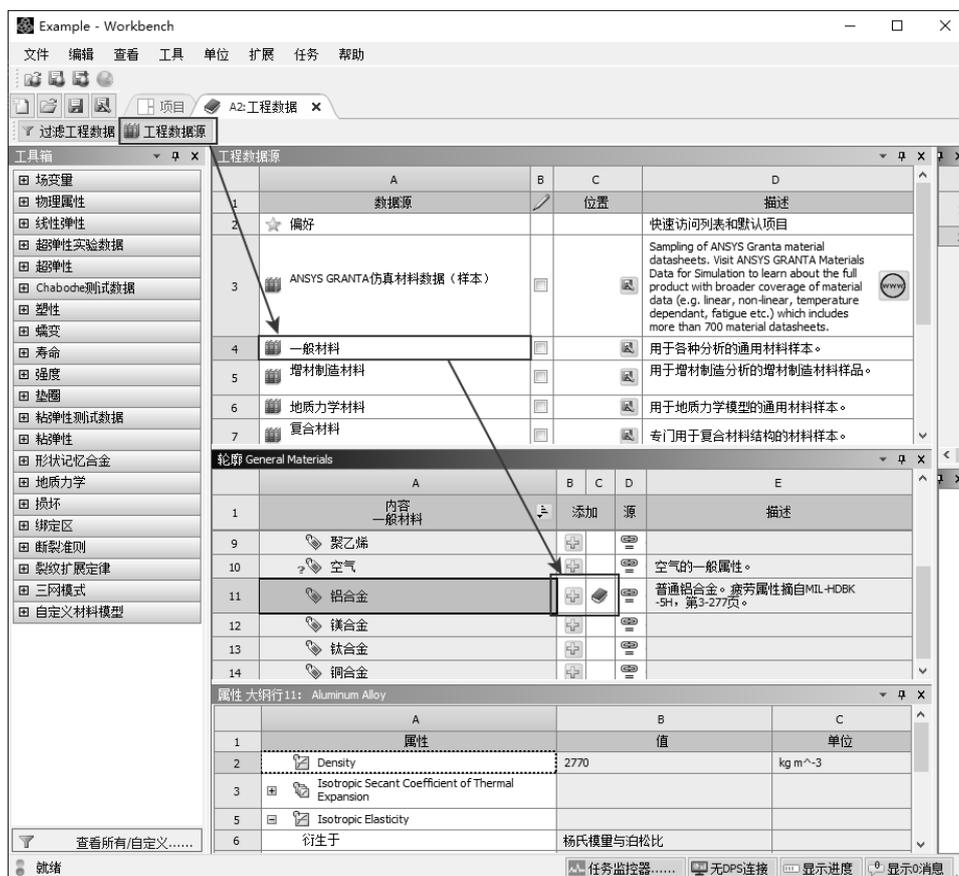


图 1-29 添加材料

经常用到的材料可以添加到“偏好”库中，方便以后分析时使用。添加的方法如下：在需要添加到“偏好”库中的材料上右击，在弹出的快捷菜单中选择“添加到收藏夹”命令即可。

1.6.3 添加新材料

材料库中的材料虽然很丰富，但是有些需要用到的特殊材料有可能材料库中是没有的，这时需要将新的材料添加到材料库中。



Note



在“工程数据”工具箱中有丰富的材料属性，在定义新材料时，直接将工具箱中的材料属性添加到新定义的材料中即可。工具箱中的材料属性包括场变量、物理属性、线性弹性等，如图 1-30 所示。



Note



图 1-30 “工程数据”工具箱

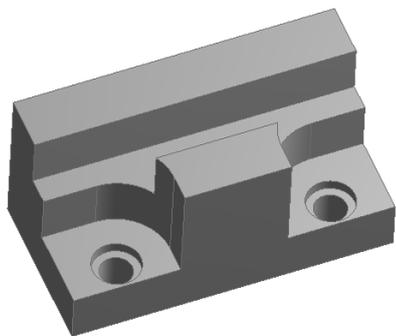
第 2 章

DesignModeler 应用程序

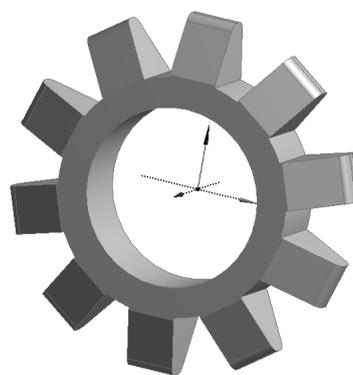
DesignModeler 是 Workbench 的一个应用程序，用来作为一个 CAD 模型的几何编辑器。它是一个参数化的基于特征的实体建模器，可以直观、快速地绘制二维草图和三维建模零件，或导入三维 CAD 模型和工程分析预处理。

本章主要介绍利用 DesignModeler 建立模型的有关方法和技巧。

任务驱动&项目案例



(1)



(2)



Note

2.1 DesignModeler 简介

几何模型是进行有限元分析时必须创建的，需要说明的是，Workbench 中所用的几何模型除可以直接通过主流 CAD 建模软件来创建，还可以使用自带的 DesignModeler 应用程序来创建。因为 DesignModeler 应用程序所创建的模型为以后有限元分析所用，所以它除一般的功能外还具有其他 CAD 类软件所不具备的模型修改能力，例如修复边、修复孔等。

另外，DesignModeler 还可以直接结合到其他 Workbench 应用中，如 Mechanical、Meshing、Advanced Meshing (ICEM)、DesignXplorer 或 BladeGen 等。

2.1.1 进入 DesignModeler

下面介绍进入 DesignModeler 的方式。

(1) 在系统“开始”菜单中执行“所有程序”→“Ansys 2022 R1”→“Workbench 2022 R1”命令，如图 2-1 所示。

进入 Workbench 程序后，可看到如图 2-2 所示的 Workbench 的图形用户界面。展开左边工具箱中的“组件系统”栏，双击其中的“几何结构”模块，则在右边的项目原理图窗格空白区内会出现一个系统 A，如图 2-3 所示。

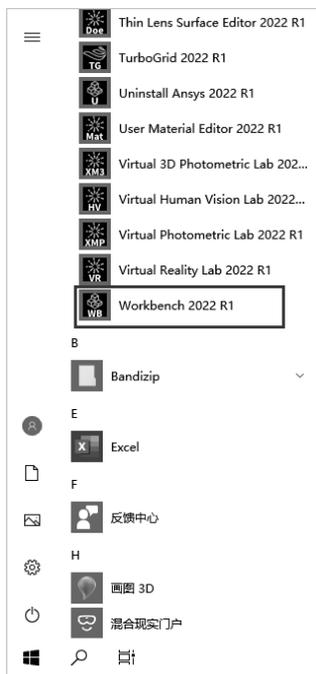


图 2-1 打开 Workbench 程序

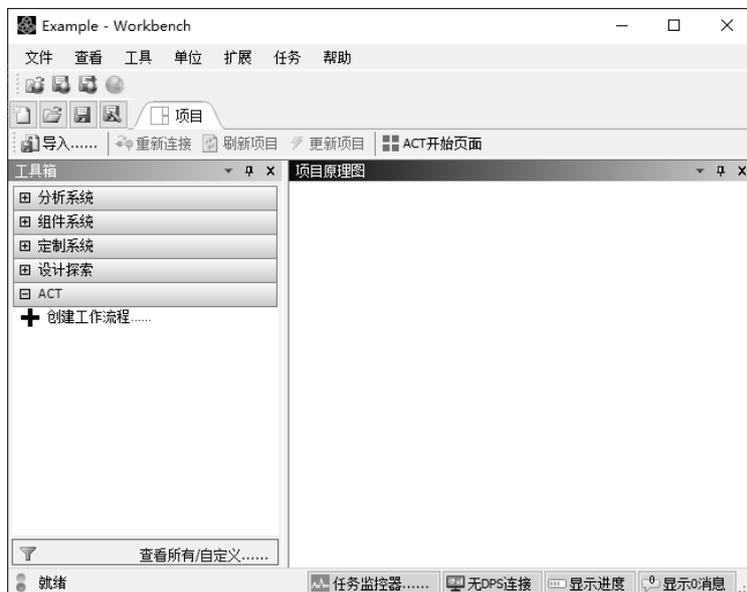
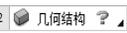


图 2-2 Workbench 的图形用户界面

(2) 右击系统 A 中的 A2 “几何结构”栏 ，在弹出的快捷菜单中选择“导入几何模型”→“浏览”命令，系统弹出如图 2-4 所示的“打开”对话框。



Note

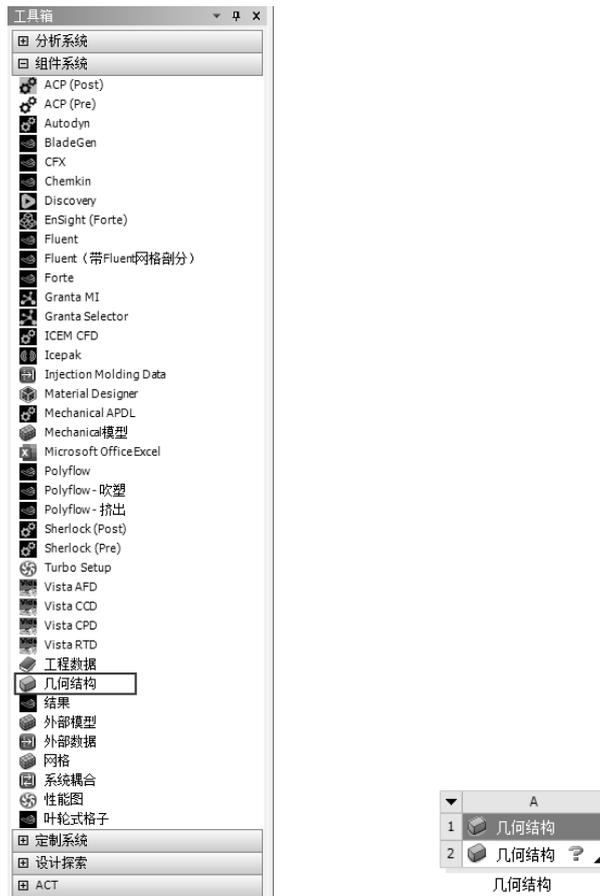


图 2-3 “几何结构”项目原理图

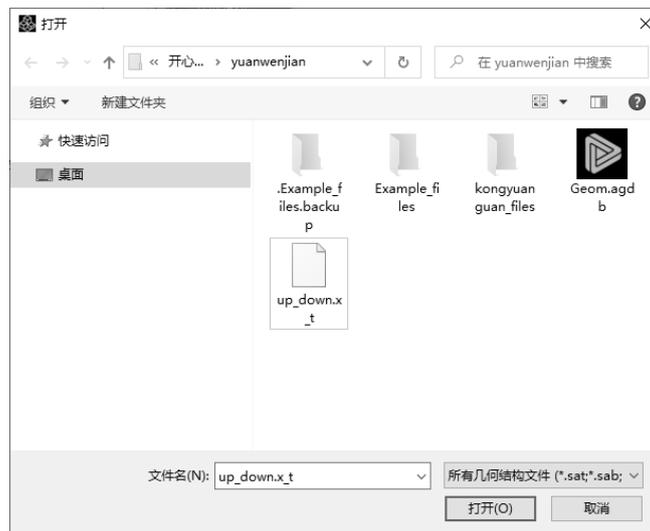


图 2-4 “打开”对话框

(3) 在“打开”对话框中，浏览选择欲导入 DesignModeler 支持的文件，单击“打开”按钮。返回 Workbench 图形界面。



(4) 右击项目原理图窗格内系统 A 中的 A2 “几何结构” 栏，在弹出的快捷菜单中选择“在 DesignModeler 中编辑几何结构”命令，打开 DesignModeler 应用程序。

注意：本步骤为导入几何体时的操作步骤，如直接在 DesignModeler 中创建模型，则在步骤 (2) 的快捷菜单中选择“新的 DesignModeler 几何结构”命令。



Note

2.1.2 操作界面介绍

DesignModeler 提供的图形用户界面具有直观、分类科学的优点，方便学习和应用。标准的图形用户界面如图 2-5 所示，包括 6 个部分。

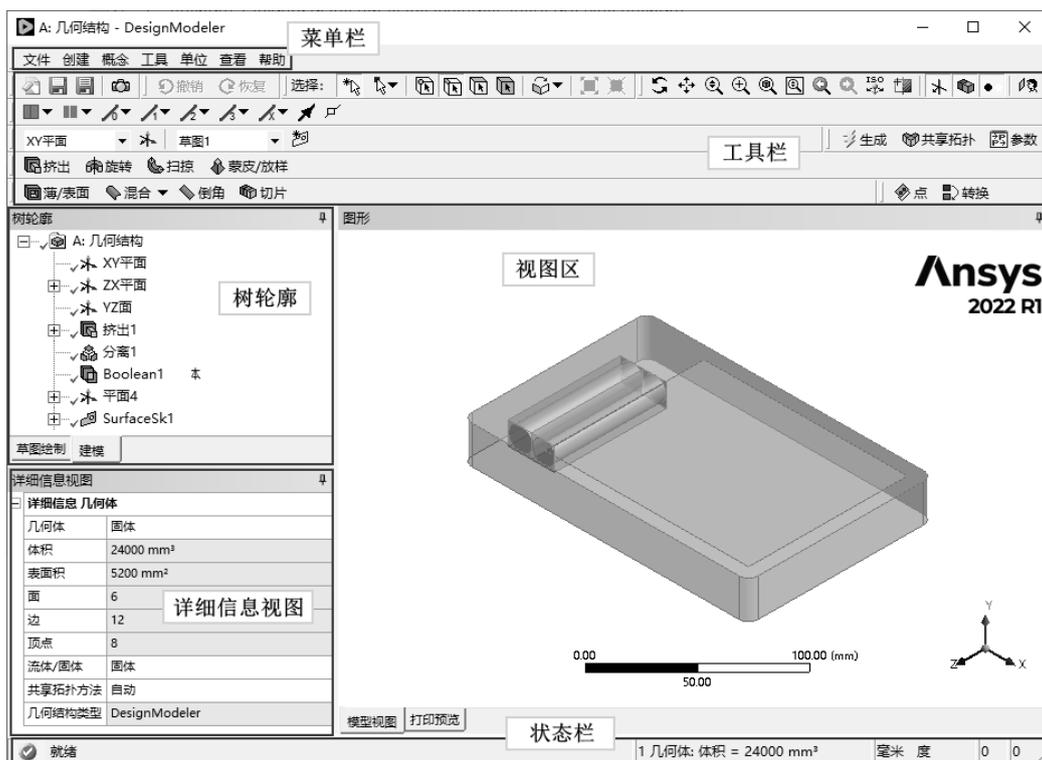


图 2-5 DesignModeler 图形用户界面

1. 菜单栏

与其他 Windows 程序一样，菜单按钮用下拉菜单组织图形界面的层次，可以从中选择所需的命令。该菜单的大部分命令允许在任何时刻被访问。菜单栏包含 7 个下拉级联菜单，分别是“文件”“创建”“概念”“工具”“单位”“查看”和“帮助”。

- “文件”菜单：基本的文件操作，包括常规的重新开始（即新建）、保存项目、导出等功能。“文件”菜单如图 2-6 所示。
- “创建”菜单：创建三维图形和修改工具。它主要是进行三维特征的操作，包括新平面、挤出、旋转和扫掠等操作。“创建”菜单如图 2-7 所示。
- “概念”菜单：创建、修改线体和表面几何体的工具。主要为自下而上建立模型（如先设计三维草图然后生成三维模型），菜单中的命令包含边线、曲线、面表面等。“概念”菜单如图 2-8 所示。



Note



图 2-6 “文件”菜单



图 2-7 “创建”菜单



图 2-8 “概念”菜单

- “工具”菜单：整体建模、参数管理、程序用户化。“工具”菜单的子菜单为工具的集合体。含有冻结、中间表面、分析工具和修复等操作。“工具”菜单如图 2-9 所示。
- “单位”菜单：用于设置模型的单位。“单位”菜单如图 2-10 所示。
- “查看”菜单：修改显示设置。子菜单中上面部分为视图区域模型的显示状态，下面部分是其他附属部分的显示设置。“查看”菜单如图 2-11 所示。



图 2-9 “工具”菜单



图 2-10 “单位”菜单

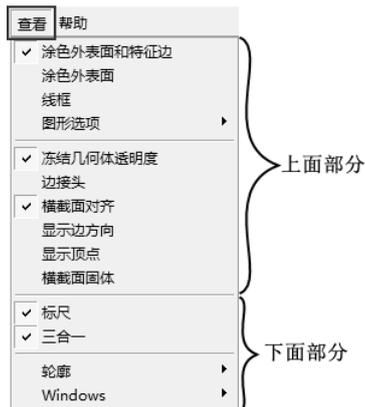


图 2-11 “查看”菜单

- “帮助”菜单：取得帮助文件。Workbench 提供了功能强大、内容完备的帮助，包括大量关于 GUI、命令和基本概念等的帮助。熟练使用“帮助”菜单是学习 Workbench 的必要条件。这些帮助以 Web 页方式存在，可以很容易地访问。“帮助”菜单如图 2-12 所示。各个主题的细



节将在随后部分介绍。

2. 工具栏

工具栏是一组图标型工具的集合，把光标移动到某个图标上，稍停片刻即在该图标一侧显示相应的工具提示。此时，单击图标可以启动相应命令。工具栏可用于大部分 DesignModeler 工具中。菜单和工具栏都可以接收用户输入及命令。工具栏可以根据我们的需求放置在界面的任何地方，并可以自行改变其尺寸。

工具栏上的每个按钮对应一个命令、菜单命令或宏。默认位于菜单栏的下面，只要单击鼠标即可执行命令。图 2-13 为所有工具栏按钮。



Note



图 2-12 “帮助”菜单



图 2-13 工具栏

各个主题的细节将在随后部分介绍。

3. 树轮廓

树轮廓又称为树形目录，其包括平面、特征、操作、几何模型等。它表示了所建模型的结构关系。树形目录是一个很好的操作模型选择工具。从树形目录中选择特征、模型或平面，将会大大提高建模的效率。在树形目录中，可看到有两种基本的操作模式的标签：“草图绘制”标签和“建模”标签。图 2-14 为分别切换为不同的标签所显示的不同方式。

4. 详细信息视图

详细信息视图也称为属性窗格，顾名思义此窗格是用来查看或修改模型的细节的。在属性窗格中以表格的方式来显示，左栏为细节名称，右栏为具体细节。为了便于操作，属性窗格内的细节是进行了分组的，其中右栏中的方格底色会有不同的颜色，如图 2-15 所示。



图 2-14 “草图绘制”标签与“建模”标签



图 2-15 属性栏



- 白色区域：显示当前输入的数据。
- 灰色区域：显示信息数据，不能被编辑。

5. 视图区

视图区域是指在程序右下方的大片空白区域，视图区域是使用 DesignModeler 绘制图形的区域，建模的操作都是在绘图区域中完成的。

6. 状态栏

窗口底部的状态栏提供与正执行的功能有关的提示信息。因此要养成经常查看提示信息的习惯。



Note

2.1.3 DesignModeler 和 CAD 类文件交互

DesignModeler 虽为建模工具，但它不仅具有重新建立模型的能力，而且可以与大多数其他主流的 CAD 类文件相关联。这样对于许多对 DesignModeler 建模不太熟悉而对其他主流 CAD 类软件熟悉的用户来说，他们可以直接读取外部 CAD 模型文件的格式或直接将 DesignModeler 的导入功能嵌入 CAD 类软件中。

1. 直接读取模式

外部 CAD 类软件建好模型后，可以将模型文件导入 DesignModeler 中。

目前，可以直接读取的外部 CAD 模型文件的格式有 ACIS (*.sat; *.sab)、Ansys (*.pmdb)、AutoCAD (*.dwg; *.dxf)、Catia (*.model; *.exp; *.session; *.CATPart; *.CATProduct; *.3dxml)、Creo Element/Direct Modeling (*.pkg; *.bdl; *.ses; *.sda; *.sdp; *.sdac; *.sdpc)、Creo Parametric (*.prt*; *.asm*)、Fusion 360 (*.f3d; *.f3z)、IGES (*.iges; *.igs)、Inventor (*.ipt; *.iam)、JT (*.jt)、Monte Carlo N-Particle (*.mcp)、Tripoli4 (*.tripoli4; *.tripoli; *.tri4; *.tri; *.t4; *.geom)、Parasolid (*.x_t; *.xmt_txt; *.x_b; *.xmt_bin)、Rhino (*.3dm)、SketchUp (*.skp)、Solid Edge (*.par; *.asm; *.psm; *.pwd)、SOLIDWORKS (*.SLDPRT; *.SLDASM)、SpaceClaim (*.scdoc)、STEP (*.stp; *.step)、UG NX (*.prt)。

搜索中间格式的几何体文件并打开及读取模式的具体操作位置如下：选择“文件”→“导入外部几何结构文件.....”命令，如图 2-16 所示。

2. 双向关联性模式

双向关联性在并行设计迅速发展的今天大大提高了用户的工作效率，双向关联性的优势为同时打开其他外部 CAD 类建模工具和 DesignModeler 两个程序。当外部 CAD 中的模型发生变化时，DesignModeler 中的模型只需通过刷新便可同步更新；同样，当 DesignModeler 中的模型发生变化时也只需通过刷新，CAD 中的模型也可同步更新。

它支持当今较流行的 CAD 类软件，如 Catia、UG NX、Invento、Creo Element/Direct Modeling、SOLIDWORKS、SpaceClaim、Solid Edge 等。

从一个打开的 CAD 系统中探测并导入当前的 CAD 文件进行双向关联性的具体操作位置如下：选择“文件”→“附加到活动 CAD 几何结构”命令，如图 2-16 所示。

3. 导入选项

在导入模型时，导入的主要选项为几何体类型（包含实体、表面和全部等）。

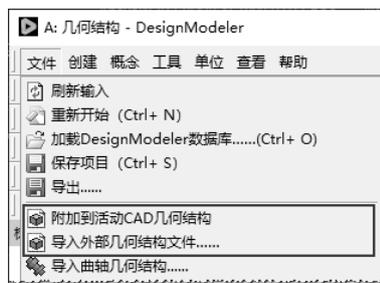


图 2-16 导入模型选项



导入的模型可以进行简化处理，具体简化项目如下。

- 几何结构：如有可能，将 NURBS 几何体转换为解析的几何体。
- 拓扑：合并重叠的实体。

另外，对于导入的模型可以进行校验和修复——对非完整的或质量较差的几何体进行修补。

导入选项的具体操作位置为选择“工具”→“选项.....”命令，将打开如图 2-17 所示的“选项”对话框。



Note



图 2-17 “选项”对话框

2.1.4 DesignModeler 中几何体的分类

可以根据需要定义原点和方位，或通过使用现有几何体作为参照平面创建和放置新的工作平面。还可以根据需要创建更多的工作平面，并且多个草图可以同时存在于一个平面上。

创建草图的步骤如下。

- (1) 定义绘制草图的平面。
- (2) 在所希望的平面上绘制或识别草图。

在 DesignModeler 中几何体具有以下 4 种模式。

- 草图模式：包括二维几何体的创建、修改、尺寸标注及约束等，创建的二维几何体为三维几何体的创建和概念建模做准备。
- 三维几何体模式：将草图进行挤出、旋转、扫掠等操作得到三维几何体。
- 几何体输入模式：直接导入其他 CAD 模型到 DesignModeler，并对其进行修补，使之适应有限元网格划分。
- 概念建模模式：用于创建和修改线体或表面几何体，使之能应用于创建梁和壳体的有限元模型。

2.1.5 帮助文档

可以通过“帮助”菜单打开帮助文档，选择菜单栏中的“帮助”→“Ansys DesignModeler 帮助(F1)”命令，默认情况下将打开在线帮助，如果安装了本地帮助文档并完成配置后，将打开如图 2-18 所示的 ANSYS Help Viewer (ANSYS 帮助查看器)。从该图中可以看出，可以通过以下两种方式来得得到项目的帮助。



- (1) 目录方式：使用此方式需要对所查项目的属性有所了解。
- (2) 搜索方式：这种方式简便快捷，缺点是可能搜索到大量条目。

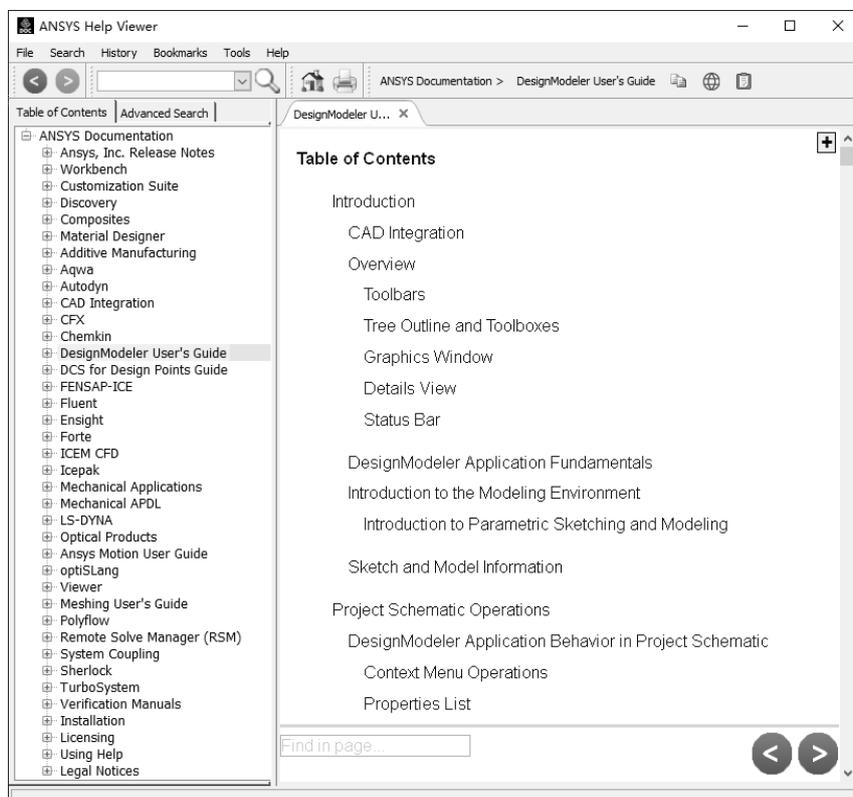


图 2-18 ANSYS Help Viewer

在浏览某页时，可能注意到一些有下画线的不同颜色的词，单击这些词，就能得到关于该项目的帮助。出现链接的典型项目是命令名、单元类型、用户手册的章节等。

一般情况下，链接以蓝色显示，当鼠标悬停在某个链接上，它将以阴影显示。

另外版权及支持信息可通过“帮助”菜单进行访问。

2.2 DesignModeler 的操作

建模时，主要的操作区域是视图区域，在视图区域中的操作包含旋转视图、平移视图等，并且在操作中，不同的光标形状表示不同的含义。

2.2.1 图形控制

1. 旋转操作 (G)

可以直接在绘图区域按住鼠标中键进行旋转操作；也可以通过单击拾取工具栏中的“旋转”按钮, 执行旋转操作。



Note



Note

2. 平移操作 (⇧)

可以直接在绘图区域按住 Ctrl+鼠标中键进行平移操作；也可以通过单击拾取工具栏中的“平移”按钮⇧，执行平移操作。

3. 缩放操作 (🔍)

可以直接在绘图区域按住 Shift+鼠标中键进行放大或缩小操作；也可以通过单击拾取工具栏中的“缩放”按钮🔍，执行缩放操作。

4. 窗口放大操作 (🔍)

可以直接在绘图区域按住鼠标右键并拖曳，拖曳光标所得的窗口被放大到视图区域；也可以通过单击拾取工具栏中的“窗口放大”按钮🔍，执行窗口放大操作。

2.2.2 光标模式

鼠标的光标在不同的状态时，显示的形状是不同的，鼠标光标状态包括指示选择操作、浏览、旋转、选定、草图自动约束及系统状态“正忙，等待”等，如图 2-19 所示。

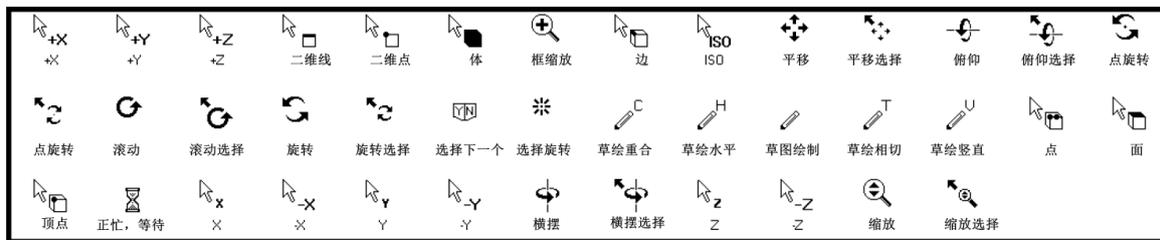


图 2-19 鼠标光标状态

2.2.3 选择过滤器

在建模过程中，都是用鼠标左键选定确定模型的特征，特征选择通过激活选择过滤器来完成（也可使用鼠标右键来完成）。图 2-20 为选择过滤器，使用过滤器的操作如下：首先在相应的过滤器图标上单击；然后在绘图区域中选中相应的特征。如选择面，单击过滤器工具栏中的面选择过滤器后，在之后的操作中就只能选中面了。



图 2-20 选择过滤器

选择模式下，光标反映当前的选择过滤器，不同的光标表示选取不同的选择方式。

除直接选择过滤器之外，过滤器工具栏中还有邻近选择功能，邻近选择会选择当前选择附近所有的面或边。

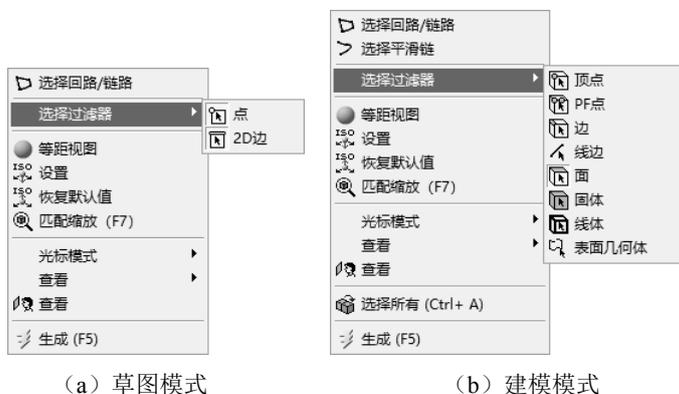
其次选择过滤器在建模窗口下也可以通过单击鼠标右键来设置，右键菜单如图 2-21 所示。

1. 单选

在 DesignModeler 中，目标是指点📍、线📍、面📍、体📍，确定目标为点、线、面、体中的一种。



可以通过如图 2-22 所示的工具条中的“选择模式”按钮选取选择模式，模式包含单选  模式和框选  模式，如图 2-22 所示。单击对应的图标，再单击  按钮，选中“单次选择”，进入单选选择模式。利用鼠标左键在模型上单击进行目标的选取。



(a) 草图模式

(b) 建模模式

图 2-21 右键菜单



图 2-22 选择过滤器

在选择几何时，有些是在后面被遮盖的，这时使用选择面板将十分有用。具体操作如下：首先选择被遮盖几何体的最前面部分，这时在视图区域的左下角将显示选择面板的待选窗格，如图 2-23 所示，它用来选择被遮盖的几何体（线、面等），待选窗格的颜色和零部件的颜色相匹配（适用于装配体）；然后可以直接单击待选窗格的待选方块，每一个待选方块都代表一个实体（面、边等），假想有一条直线从鼠标开始单击的位置起沿垂直于视线的方向穿过所有这些实体。多选技术也适用于查询窗格。屏幕下方的状态栏中将显示被选择的目标的信息。

2. 框选

与单选的方法类似，只需选择“框选择”，再在视图区域中按住鼠标左键并拖曳、画矩形框进行选取。下面介绍框选模式。

框选也是基于当前激活的过滤器来选择，如采取面选择过滤模式，则框选的选取同样也是只可以选择面。另外在框选时不同的拖曳方向代表不同的含义，如下所示。

- 从左到右：选中所有完全包含在选择框中的对象，如图 2-24 (a) 所示。
- 从右到左：选中包含于或经过选择框中的对象，如图 2-24 (b) 所示。

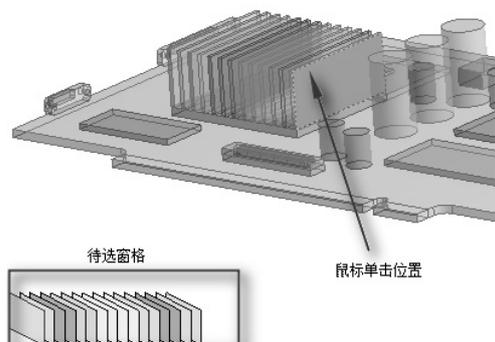
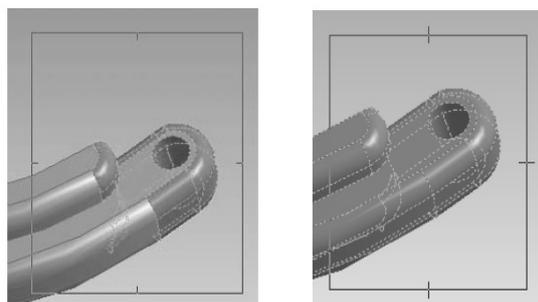


图 2-23 选择面板



(a) 由左到右

(b) 由右到左

图 2-24 选择模式工具条

注意，选择框的边框识别符号有助于用户确定正在使用的拾取模式。另外还可以在树形目录的“几何结构”分支中进行选择。



Note



2.2.4 快捷菜单

在不同的位置右击，会弹出不同的快捷菜单。在这里介绍快捷菜单的功能。

1. 插入特征

在建模过程中，可以通过在树形目录中右击任何特征并在弹出的快捷菜单中选择“插入”命令来实现操作，这种操作允许在选择的特征之前插入一新的特征，插入的特征将会转到树形结构中被选特征之前，只有新建模型被再生后，插入的特征之后的特征才会被激活。图 2-25 为插入特征操作。



图 2-25 插入特征

2. 隐藏/显示目标

- ☑ 隐藏目标：在视图区域的模型上选择一个目标，然后右击，在弹出的快捷菜单中选择 隐藏几何体 (F9) 命令，该目标即被隐藏；也可以在树形目录中选择一个目标，然后右击，在弹出的快捷菜单中选择 隐藏几何体 (F9) 命令来隐藏目标，如图 2-26 所示。当一个目标被隐藏时，该目标在树形目录中的显示亮度会变暗。



图 2-26 隐藏目标





- ☑ 显示目标：在视图区域中右击，在弹出的快捷菜单中选择“显示全部几何体 (Shift+F9)”命令，系统将显示全部隐藏的目标；或在树形目录中选中该选项，然后右击，在弹出的快捷菜单中选择 显示主体 命令显示该目标。

3. 特征/部件抑制

部件与体可以在树形目录或模型视图窗口中被抑制，一个被抑制的部件或体保持隐藏，不会被导入后期的分析与求解的过程中。抑制操作可以在树形目录中进行，特征和体都可以在树形目录中被抑制，如图 2-27 所示。而在绘图区域中选中模型体可以执行体抑制的操作，如图 2-28 所示。另外当某特征被抑制时，任何与它相关的特征也都被抑制。



Note

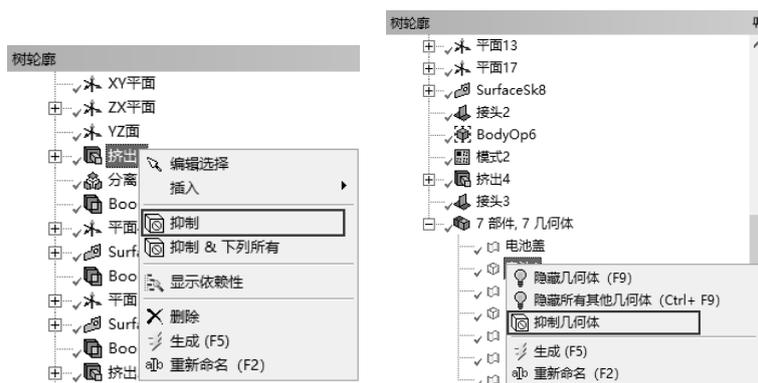


图 2-27 树形目录中的抑制

4. “转到”命令

右键菜单的快捷操作中的“转到”命令允许快速把视图区域中选择的体切换到树形目录中对应的位置。这个功能在模型复杂时经常被用到。若要使用“转到”命令，只需要在图形区域中选中实体，然后右击，弹出如图 2-29 所示的快捷菜单，选择其中的“转到功能 (转到特征)”或“转到几何体”命令即可。



图 2-28 绘图区域中的抑制

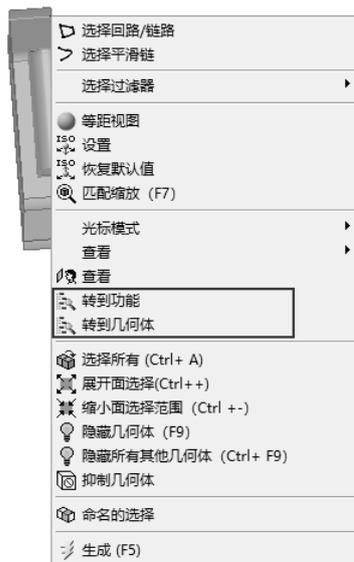


图 2-29 “转到”命令



2.3 绘制草图



Note

在 DesignModeler 中,草图是在平面上被创建的,二维草图的绘制必须建立或选择一个工作平面。所以在绘制草图前,首先要进行绘图之前的设置及创建一个工作平面。

2.3.1 创建新平面

所有草图只能建立在平面上,所以绘制草图首先要创建一个新平面。下面介绍如何创建一个新平面。

可以通过选择菜单栏中的“创建”→“新平面”命令,或直接单击工具栏中的“新平面”按钮执行创建新平面命令。执行完成后,树形目录中将显示新平面的对象。在树形目录下的如图 2-30 所示的属性窗格中可以更改创建新平面方式的类型,创建新平面具有以下 8 种方式。



图 2-30 创建新平面

- 从平面: 基于另一个已有平面创建平面。
- 从面: 从表面创建平面。
- 从质心: 基于选定几何图元的质心创建平面。新平面平行于 XY 平面,其原点设置为质心。
- 从圆/椭圆: 基于圆或椭圆(包括圆弧)创建平面。原点是圆或椭圆的中心。如果选择了圆的边,则 X 轴将与全局 X 轴对齐;如果选择了椭圆的边,则 X 轴将与椭圆的长轴对齐。Z 轴垂直于圆或椭圆所在的平面。
- 从点和边: 用一点和一条直线的边界定义平面。
- 从点和法线: 用一点和一条边界方向的法线定义平面。
- 从三点: 用三点定义平面。
- 从坐标: 通过输入距离原点的坐标和法线定义平面。

在 8 种方式中选择一种方式创建平面后,在属性窗格中还可以进行多种变换。在图 2-31 中,单击属性窗格中的“转换 1(RMB)”栏,在打开的下拉列表中选择一种转换方式,可以迅速完成选定平面的转换。

一旦选择了转换,将出现如图 2-32 所示的附加属性选项。允许输入偏移距离、旋转角度和旋转轴等。



图 2-31 平面变换

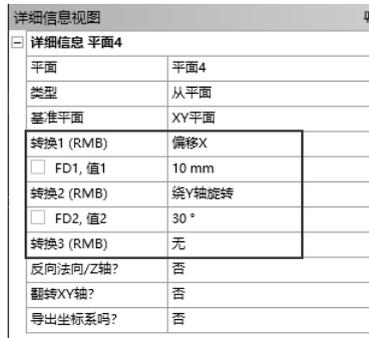


图 2-32 附加属性选项



Note

2.3.2 创建新草图

在创建完新平面后就可以在其之上创建新草图。首先在树形目录中选择要创建草图的平面，然后单击工具栏中的“新草图”按钮，则在激活的平面上新建了一个草图。新建的草图会放在树形目录中，且在相关平面的下方。可以通过树形目录或工具栏中的草图下拉列表来操作草图，如图 2-33 所示。

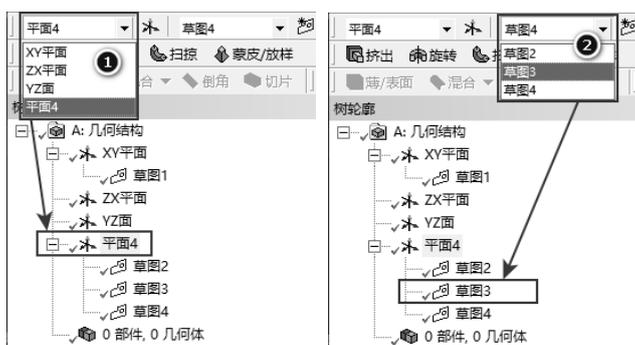


图 2-33 工具栏选择草图

注意：下拉列表仅显示以当前激活平面为参照的草图。

除上面的方法之外，还可以通过“自表面”命令快速建立平面/草图。“自表面”和用已有几何体创建草图的快捷方式如下：首先选中创建新平面所用的表面；然后切换到草图标签开始绘制草图，则新工作平面和草图将自动被创建，如图 2-34 所示。

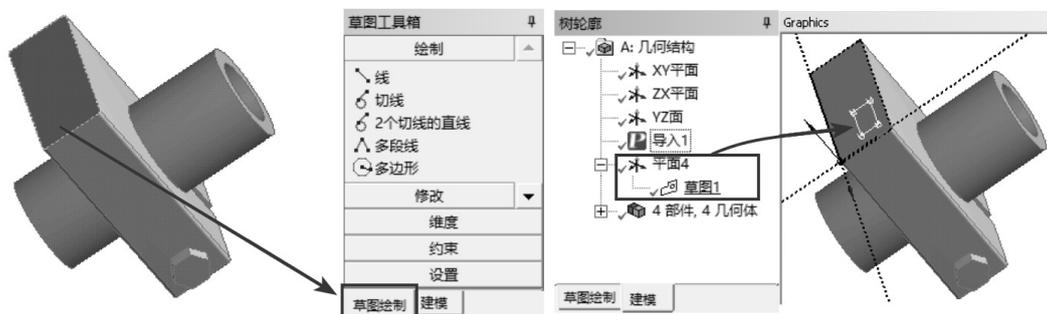


图 2-34 自表面创建草图

2.3.3 工具箱

在创建三维模型时，首先要绘制二维草图，然后使用草图工具箱中的命令创建三维模型。草图工具箱中的命令被分为 5 类，分别是绘制、修改、维度（标注）、约束和设置。另外在操作时要注意状态栏，视图区域底端的状态栏可以实时显示每一个功能的提示信息。

1. 绘制工具箱

选定好或创建完平面和草图后就可以从草图工具箱创建新的二维几何体。图 2-35 为绘制工具箱。在绘制工具箱中是一些常用的二维草图创建的命令，一般会使用 CAD 类软件的用户可以直接使用这些命令。例如线、切线、多边形、矩形、椭圆形、圆和样条等。

另外还有一些其他的命令相对来说比较复杂，如样条命令，在操作时，必须右击选择所需的命令



才能结束样条绘制。

2. 修改工具箱

修改工具箱有许多编辑草图的工具，如图 2-36 所示。修改的基本命令包含圆角、倒角、修剪、扩展（延伸）、复制、粘贴、移动和偏移等命令。有些命令比较常见，下面主要阐述一些不常使用的命令。

(1) 分割

在选择边界之前，在绘图区域中右击，系统弹出如图 2-37 所示的快捷菜单，其中有 4 个选项可供选择。

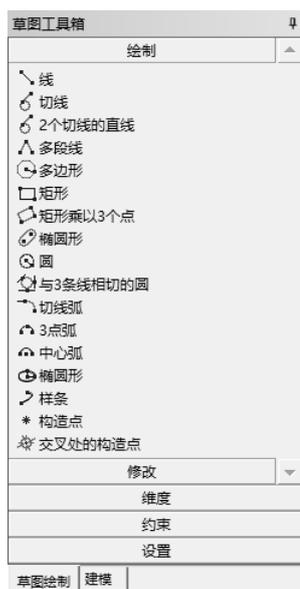


图 2-35 绘制工具箱

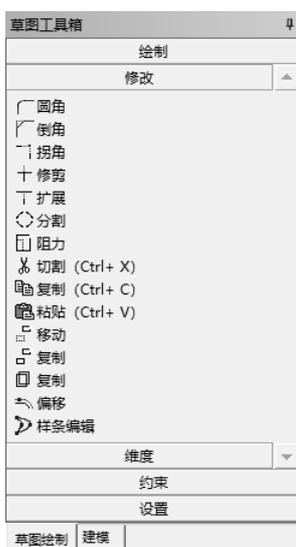


图 2-36 修改工具箱

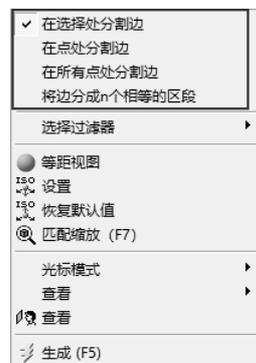


图 2-37 快捷菜单

- 在选择处分割边（默认）：在选定位置处将一条边线分割成两段（指定边线不能是整个圆或椭圆）。要对整个圆或椭圆做分割操作，必须指定起点和终点的位置。
- 在点处分割边：选定一个点后，所有过此点的边线都将被分割成两段。
- 在所有点处分割边：选择一条边线，它被所有通过它的点分割，同时产生了一个重合约束。
- 将边分成 n 个相等的区段：先在编辑框中设定 n 值，然后选择待分割的线。

 **注意：** n 最大为 100。

(2) 阻力（拖曳）

阻力（拖曳）命令是一个比较实用的命令，它几乎可以拖曳所有的二维草图。在操作时可以选择一个点或一条边来进行拖曳。拖曳的变化取决于选定的内容及所加约束和尺寸。

如选定一直线，可以在直线的垂直方向进行拖曳操作；而选择此直线上的一点，则可以通过对此点的拖曳，直线可以被改为不同的长度和角度；而选择矩形上的一个点，则与该点连接的两条线只能是水平或垂直的，如图 2-38 所示。另外在使用拖曳功能前可以预先选择多个实体，从而直接拖曳多个实体。

(3) 切割（剪切）/复制 切割 (Ctrl+X) / 复制 (Ctrl+C)

切割（剪切）/复制命令是将一组对象复制到一个内部的剪贴板上，然后将原图保留在草图上。在



Note



快捷菜单中可以选择对象的粘贴点。粘贴点是移动一段作图对象到待粘贴位置时，光标与之联系的点。

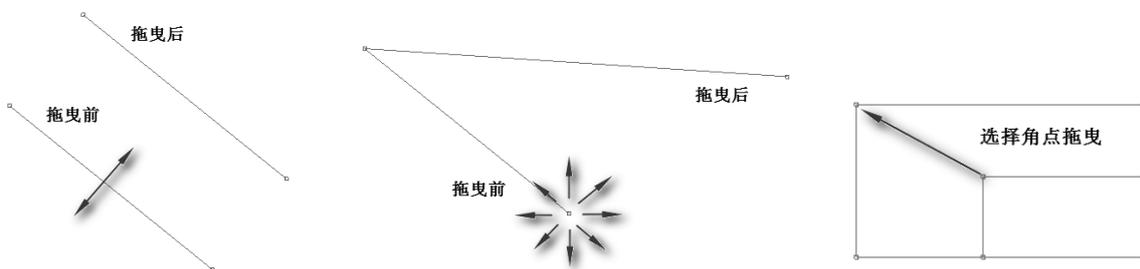


图 2-38 拖曳操作

图 2-39 为鼠标右键弹出的切割（剪切）/复制快捷菜单，包括以下内容。

- 清除选择：清空选项。
- 结束/设置粘贴句柄：手动设置粘贴点。
- 结束/使用平面原点为手柄：使用平面原点作为粘贴点位置，粘贴点在面的 (0.0, 0.0) 位置处。
- 结束/使用默认粘贴句柄：采用默认粘贴点。如果在退出前剪切或复制没有选择粘贴操作点，系统使用此默认值。

(4) 粘贴 粘贴 (Ctrl+ V)

将所需粘贴的对象复制或剪切至剪贴板中后再把其放到当前草图（或放到不同的平面）中，即可实现粘贴操作。图 2-40 为鼠标右键弹出的粘贴快捷菜单，包括以下内容。

- 绕 r/r 旋转。
- 水平/垂直翻转。
- 根据因子 f 或 1/f 缩放。
- 在平面原点粘贴。
- 更改粘贴手柄。
- 结束。

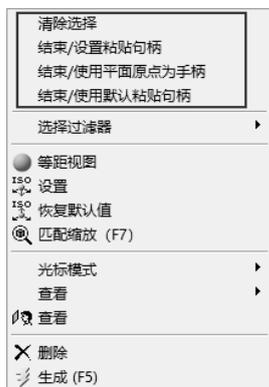


图 2-39 切割（剪切）/复制快捷菜单

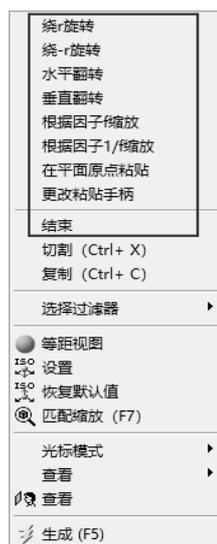


图 2-40 粘贴快捷菜单



Note



Note

注意:

- 完成复制后, 可以进行多次粘贴操作。
- 可以从一个草图复制后粘贴到另一个草图中。
- 在进行粘贴操作时可以改变粘贴的操作点。

(5) 移动 移动

移动 命令和 复制 命令相似, 但 移动 命令操作后选取的对象移动到一个新的位置而不是被复制。

(6) 复制 (重复) 复制

“复制”(重复) 复制 命令相当于 复制 (Ctrl+ C) 加 粘贴 (Ctrl+ V) 命令。选取其中一个命令结束选项后, 鼠标右键就变成了粘贴功能右键。

(7) 偏移 偏移

可以从一组已有的线和圆弧偏移相等的距离来创建一组线和圆弧。原始的一组线和圆弧必须相互连接构成一个开放或封闭的轮廓。预选或选择边, 然后在快捷菜单中选择“端选择/放置偏移量”命令。可以使用光标位置设定以下 3 个值。

- 偏移距离。
- 偏移侧方向。
- 偏移区域。

3. 维度 (标注) 工具箱

维度工具箱中有一套完整的标注工具命令集, 如图 2-41 所示。可以在标注尺寸后选中尺寸, 然后在属性窗格中输入新值即可完成修改。它不仅可以在标注尺寸, 还可以进行半自动标注。

维度 (标注) 工具箱中的主要命令如下。

- (1) 通用 通用: 单击通用标注工具, 可以直接在图形中进行智能标注, 另外, 还可以直接右击, 弹出主要的标注工具, 如图 2-42 所示。
- (2) 半自动 半自动: 此命令依次给出待标注的尺寸的选项直到模型完全约束或用户选择退出自动模式。在半自动标注模式中右击, 跳出或结束此项功能。
- (3) 移动 移动: 移动标注功能可以修改尺寸放置的位置。
- (4) 动画 动画: 用来动画显示选定尺寸变化情况, 后面的“周期”栏可以输入循环的次数。
- (5) 显示 显示: 用来调节标注尺寸的显示方式, 可以通过尺寸的具体数值或尺寸名称来显示尺寸, 如图 2-43 所示。



图 2-41 维度 (标注) 工具箱



图 2-42 通用标注快捷菜单

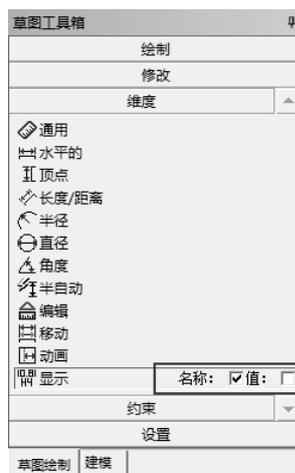


图 2-43 显示标注



另外，在非标注模式中，选中尺寸后右击，弹出如图 2-44 所示的快捷菜单，可以选择“编辑名称/值”命令快速进行尺寸编辑。

4. 约束工具箱

可以利用约束工具箱来定义草图元素之间的关系，约束工具箱如图 2-45 所示。



图 2-44 快速标注修改

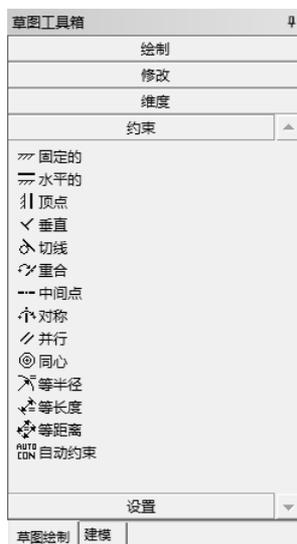


图 2-45 约束工具箱

- 固定的 固定的：选取一个二维边或点来阻止它的移动。对于二维边可以选择是否固定端点。
- 水平的 水平的：拾取一条直线，水平的约束可以使该直线与 X 轴平行。
- 垂直 垂直：垂直约束可以使拾取的两条线正交。
- 等半径 等半径：使选择的两个半径具有等半径的约束。
- 自动约束 自动约束：默认的设计模型是自动约束模式。自动约束可以在新的草图实体中自动捕捉位置和方向。图 2-46 中的光标表示所施加的约束类型。

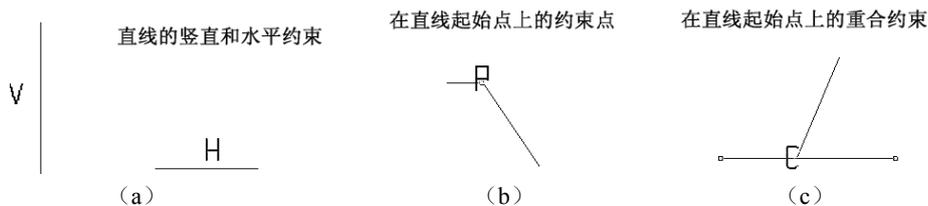


图 2-46 自动约束

草图中的属性窗格也可以显示草图约束的详细情况，如图 2-47 所示。

约束可以通过自动约束产生，也可以由用户自定义。选中已定义的约束后右击，在弹出的快捷菜单中选择“删除”命令（或用 Delete 键删除约束）。

当前的约束状态以不同的颜色显示。

- 深青色：未约束、欠约束。
- 蓝色：完整定义。
- 黑色：固定。
- 红色：过约束。



Note



灰色：矛盾或未知。

5. 设置工具箱

设置工具箱用于定义和显示草图栅格（默认为关），如图 2-48 所示。“网格”选项用来设置是否显示网格以及打开或关闭网格捕捉。



Note



图 2-47 属性窗格

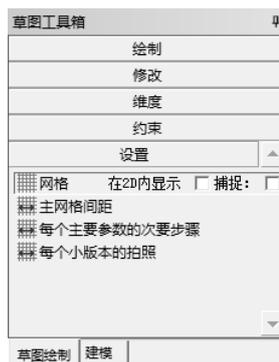


图 2-48 设置工具箱

“主网格间距”选项用于设置网格的间距。

2.3.4 草绘附件

在绘图时，有些工具是非常有用的，如标尺工具、正视于工具或撤销工具等。

1. 标尺工具

标尺工具可以快捷地查看图形的尺寸范围。选择“查看”→“标尺”命令，可以设置在视图区域是否显示标尺工具，如图 2-49 所示。

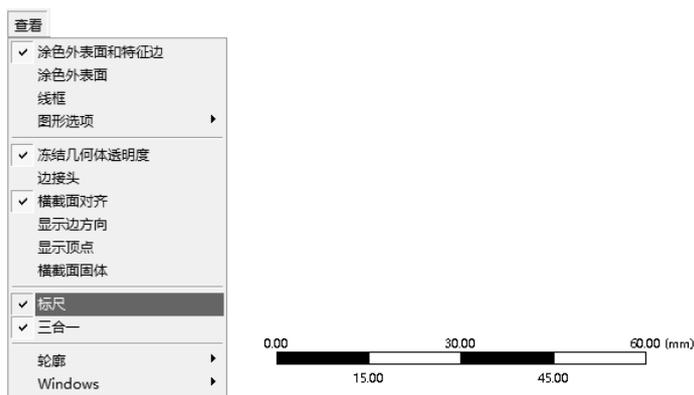


图 2-49 设置标尺工具

2. 正视于工具

当创建或改变平面和草图时，运用正视于工具可以立即改变视图方向，使该平面、草图或选定的



实体与视线垂直。该工具在工具栏中的位置如图 2-50 所示。

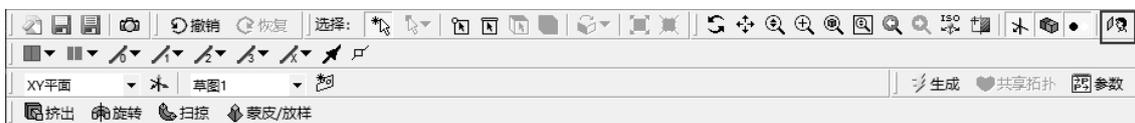


图 2-50 正视于工具

3. 撤销工具

只有在草图模式下才可以使用撤销/恢复按钮  撤销 /  恢复 来撤销或恢复已完成的草图操作；也允许多次进行撤销或恢复操作。

返回操作（可以通过右击弹出）在作草图时类似一个小型的撤销操作。

 **注意：**任何时候只能激活一个草图！

2.3.5 草图绘制实例——机缸垫草图

利用本章所学的内容绘制如图 2-51 所示的机缸垫草图。

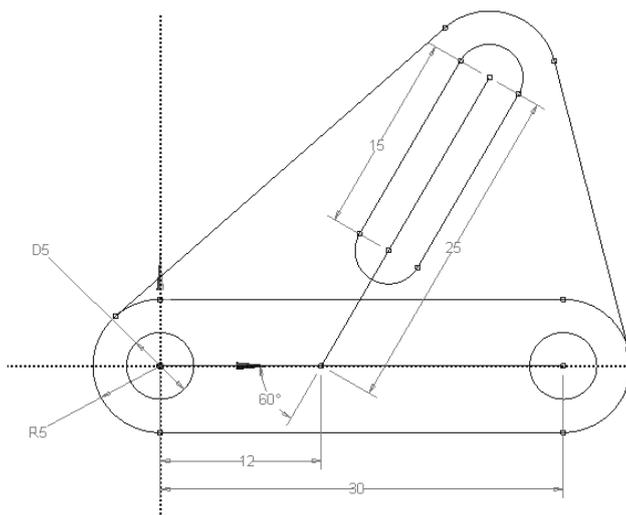


图 2-51 机缸垫草图

01 进入 Ansys Workbench 工作界面，在图形工作界面的左边工具箱中打开“组件系统”工具箱的下拉列表。

02 将“组件系统”工具箱中的“几何结构”模块拖曳到右边项目原理图窗格中（或在工具箱中直接双击“几何结构”模块）。此时项目原理图中会出现如图 2-52 所示的“几何结构”模块，此模块默认编号为 A。



图 2-52 “几何结构”模块

03 右击 A2 栏，在弹出的快捷菜单中选择“新的 DesignModeler 几何结构”命令，打开如图 2-53 所示的 DesignModeler 应用程序，此时左端的树形目录默认为建模状态下的树形目录。在菜单栏中选择“单位”→“毫米”命令，采用毫米单位，如图 2-54 所示。

04 创建新草图。在创建草图前需要选择一个工作平面，所以首先单击以选中树形目录中的“XY 平面”分支  XY 平面，然后单击工具栏中的“新草图”按钮 ，创建一个新草图。此时树形目录中“XY



Note



视频讲解



平面”分支下，会多出一个名为“草图 1”的草图。



Note

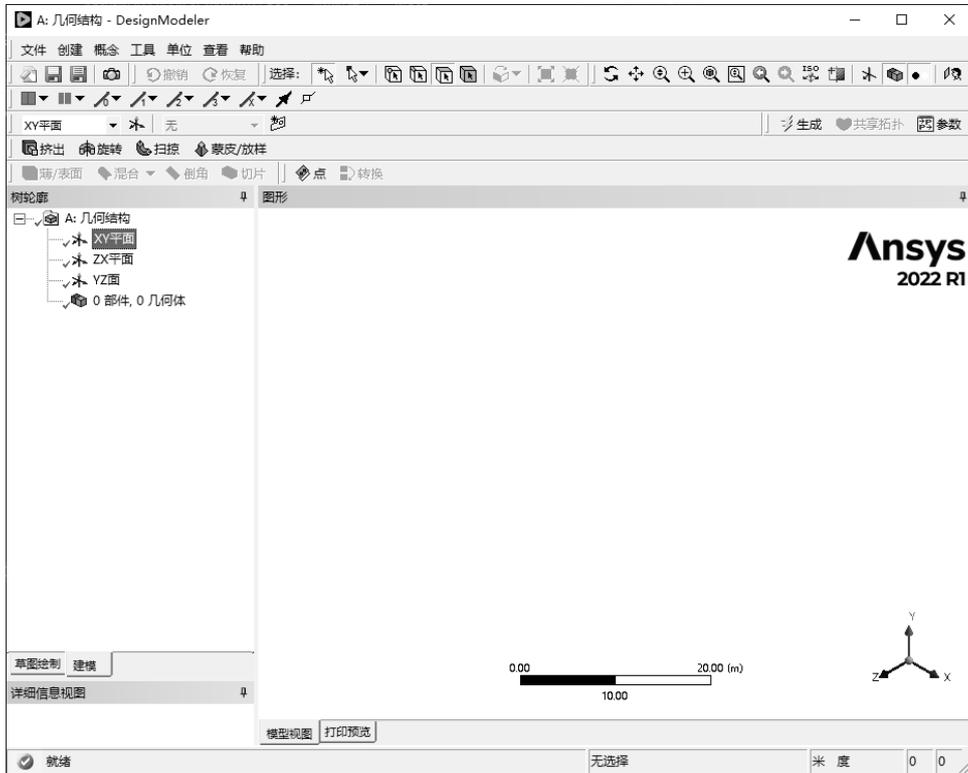


图 2-53 DesignModeler 应用程序

05 进入草图。单击以选中树形目录中的“草图 1”，然后单击树形目录下端如图 2-55 所示的“草图绘制”标签，打开草图工具箱窗格。在新建的“草图 1”上绘制图形。



图 2-54 长度单位

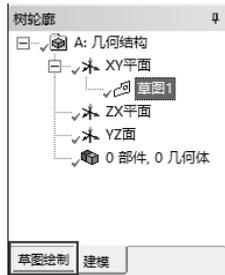


图 2-55 “草图绘制”标签

06 切换视图。单击工具栏中的“正视于”按钮，如图 2-56 所示。将视图切换为 XY 方向的视图。

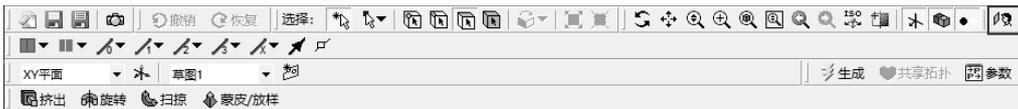


图 2-56 “正视于”按钮



07 绘制直线。首先利用绘制栏中的“线”命令 ，将光标移入右边的绘图区域中。此时光标变为一个铅笔的形状，移动此光标到视图的原点附近，直到光标中出现 P 字符，表示自动点约束到原点，单击确定第 1 条直线的一个端点。然后移动光标到原点右边，光标中出现 C 字符，表示线自动约束到 X 轴，单击鼠标确定第 1 条直线的另一个端点。按照此方法，移动光标到第 1 条直线的左侧附近，直到光标出现 C 字符，表示自动点约束到第 1 条直线，单击确定第 2 条直线的一个端点，再向右上端移动光标，单击确定第 2 条直线的另一个端点。结果如图 2-57 所示。

08 绘制圆。首先利用绘制栏中的“圆”命令 ，将光标移入右边的绘图区域中。此时光标变为一个铅笔的形状，移动此光标到视图中的原点附近，直到光标中出现 P 字符，表示自动点约束到原点。单击鼠标确定圆的中心点，然后移动光标到任意位置绘制一个圆（此时的绘制不用管尺寸的大小，在下面的步骤中会进行尺寸的精确调整）；采用同样的方法绘制另一个同心圆。结果如图 2-58 所示。

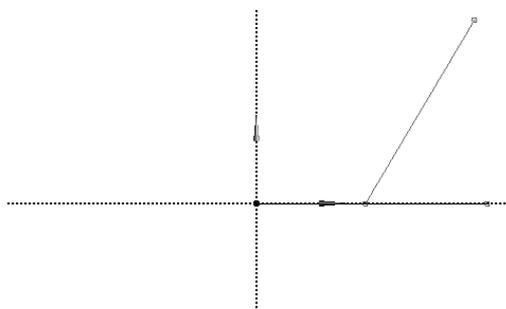


图 2-57 绘制直线

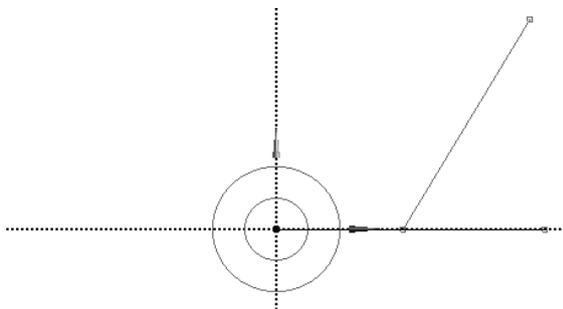


图 2-58 绘制圆 (1)

09 绘制 X 轴上的两个圆。保持草图工具箱中绘制栏内的“圆”命令  为选中的状态。移动光标到第 1 条直线右侧端点的附近，直到光标中出现 P 字符，表示圆的中心点自动约束到第 1 条直线的右侧端点，单击鼠标确定圆的中心点，然后移动光标到任意位置绘制一个圆；再利用点约束，绘制另一个圆与此圆的圆心重合。结果如图 2-59 所示。采用同样的方式绘制右上端两个圆，两圆的圆心位于直线端点上，然后在斜线上绘制一个圆。结果如图 2-60 所示。

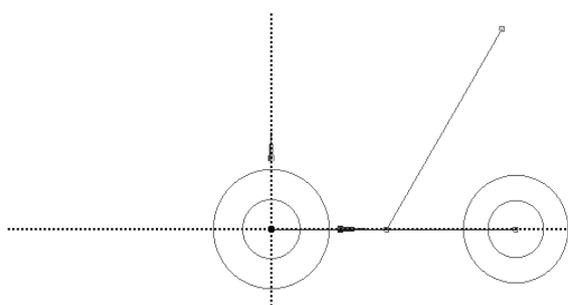


图 2-59 绘制同心圆

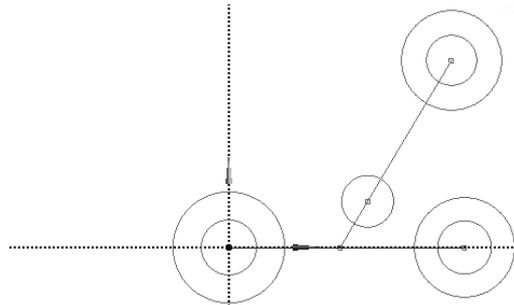


图 2-60 绘制圆 (2)

10 绘制切线。利用草图工具箱中绘制栏内的“切线”命令 。移动光标到视图的左边外圆的上边线附近，直到光标中出现 T 字符，表示自动相切约束到此圆的边，单击鼠标确定直线的一端；然后移动光标到右边外圆的上边线附近，直到光标中出现 T 的字符，表示自动相切约束到此圆的边，单击鼠标确定直线的另一端。采用同样的方法绘制其余的切线。结果如图 2-61 所示。



Note

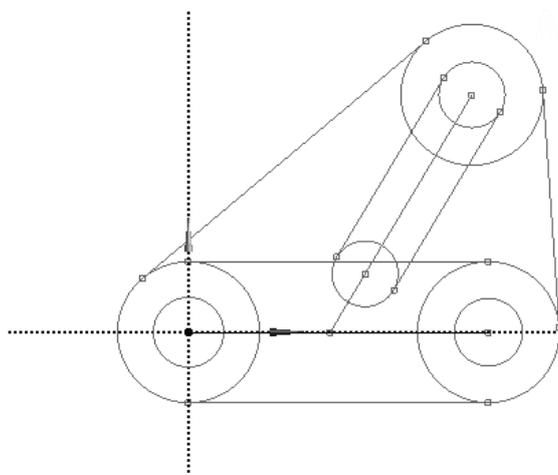


图 2-61 绘制切线

11 添加约束。单击草图工具箱的约束栏，将此约束栏展开，如图 2-62 所示。利用约束栏内的“等半径”命令 ；然后分别单击两侧两个内圆，将两侧两个内圆添加等半径约束，使两个内圆保持相等的半径；采用同样的方式使图 2-61 中的 4 个小圆保持相等的半径。采用同样的方式添加 3 个外圆的等半径约束。调整后的结果如图 2-63 所示。

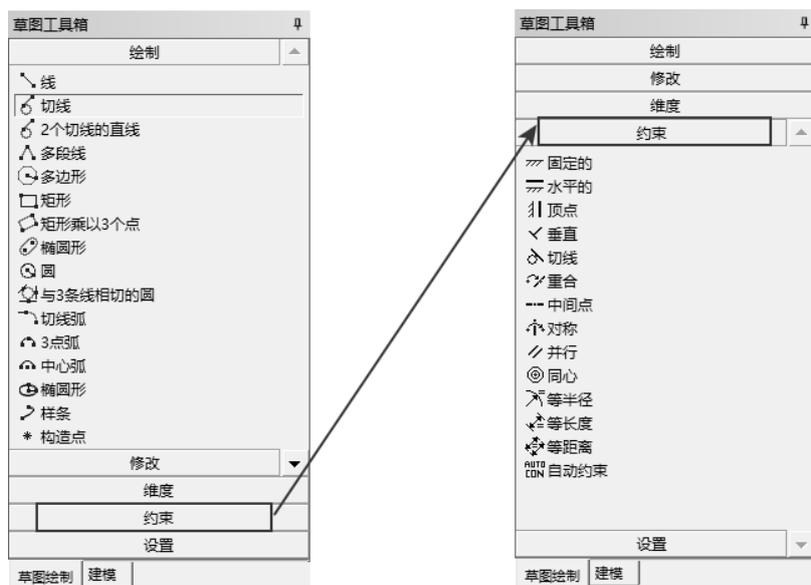


图 2-62 展开约束栏

12 添加水平尺寸标注。单击草图工具箱的维度栏，将此维度栏展开。利用维度栏内的“水平的”命令 ；然后分别单击两个圆的圆心，再移动光标到合适的位置放置尺寸；采用同样的方式标注第 2 条直线在 X 轴上的端到原点的水平尺寸。利用“长度/距离”命令 和“角度”命令 ，分别标注斜线的长度、斜线上两个圆心的距离长度和角度。标注完成结果如图 2-64 所示。

13 标注直径和半径。利用维度栏内的“直径”命令 和“半径”命令 ，标注圆的直径和半径。此时草图中所有绘制的轮廓线由绿色变为蓝色，表示草图中所有元素均完全约束。标注完



成后的结果如图 2-65 所示。

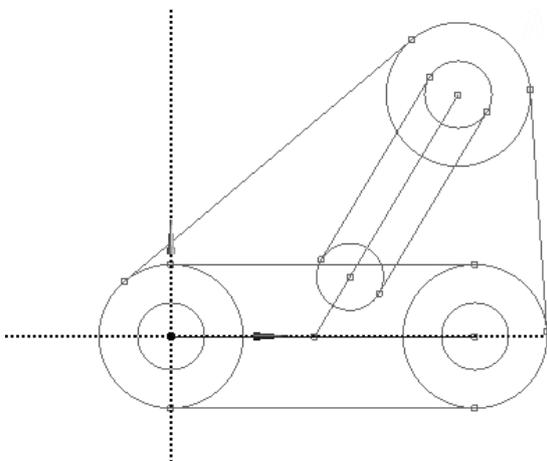


图 2-63 等半径约束

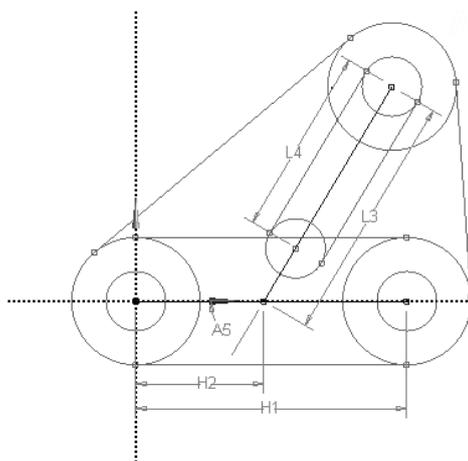


图 2-64 标注尺寸

14 修改尺寸。由步骤 **13** 绘制后的草图虽然已完全约束，但尺寸并没有指定。现在通过在属性窗格中修改参数来精确定义草图。将属性窗格中 A5 的参数修改为 60° ；D6 的参数修改为 5 mm；H1 的参数修改为 30 mm；H2 的参数修改为 12 mm；L3 的参数修改为 25 mm；L4 的参数修改为 15 mm；R7 的参数修改为 5 mm。此时的属性窗格如图 2-66 所示。绘制的结果如图 2-67 所示。

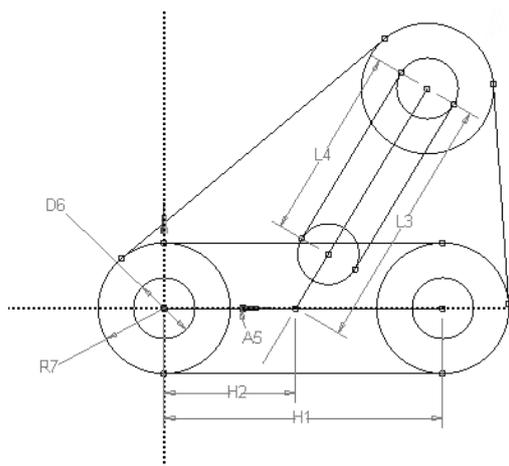


图 2-65 直径和半径标注

详细信息视图	
□ 详细信息 草图1	
草图	草图1
草图可见性	显示单个
显示约束?	否
□ 维度: 7	
<input type="checkbox"/> A5	60°
<input type="checkbox"/> D6	5 mm
<input type="checkbox"/> H1	30 mm
<input type="checkbox"/> H2	12 mm
<input type="checkbox"/> L3	25 mm
<input type="checkbox"/> L4	15 mm
<input type="checkbox"/> R7	5 mm
□ 边: 15	
线	Ln7
线	Ln8
整圆	Cr9
整圆	Cr10
整圆	Cr11
整圆	Cr12
整圆	Cr13
整圆	Cr14
整圆	Cr15
线	Ln16
线	Ln17
线	Ln19
线	Ln20
线	Ln21
线	Ln23

图 2-66 属性窗格

15 删除多余线。利用修改栏中的“修剪”命令  删除多余线。绘制的结果如图 2-68 所示。



Note



Note

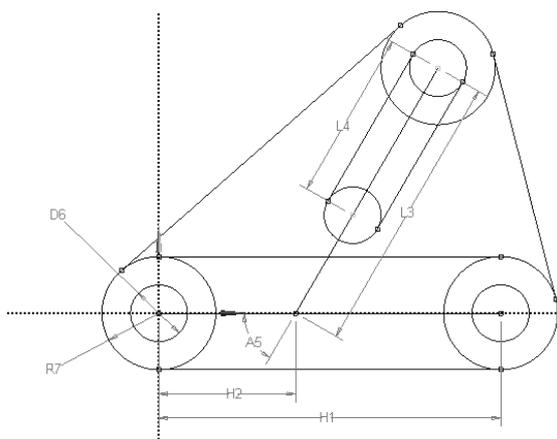


图 2-67 修改尺寸

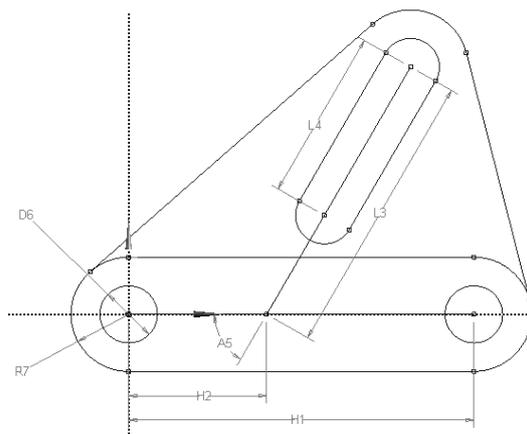


图 2-68 删除多余线

2.4 特征建模

DesignModeler 包括 3 种不同体类型，如图 2-69 所示。

- 固体（实体）：由表面和体组成。
- 表面几何体：由表面组成，没有体。
- 线体：完全由边线组成，没有表面和体。

一般情况下，DesignModeler 自动将生成的每一个体放在一个部件（零件）中。单个部件一般独自进行网格的划分。如果各单独的体有共享面，则共享面上的网格划分不能匹配。单个部件上的多个体可以在共享面上划分匹配的网格。

通过三维特征操作将二维草图生成三维的几何体。常见的特征操作包括挤出、旋转、扫掠、蒙皮/放样和薄/表面等。图 2-70 为特征工具栏。

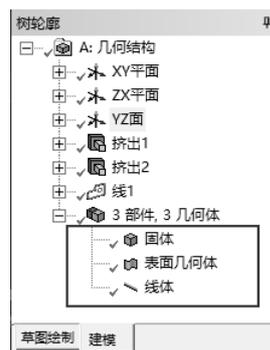


图 2-69 3 种体类型

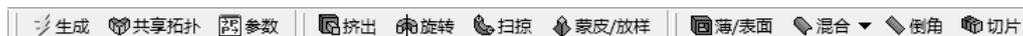


图 2-70 特征工具栏

三维几何特征的生成（如挤出或扫掠）包括以下 3 个步骤。

- (1) 选择草图或特征并执行特征命令。
- (2) 指定特征的属性。
- (3) 执行“生成”特征体命令。

2.4.1 挤出

挤出（拉伸）命令可以生成实体、表面和薄壁的特征。这里以创建表面为例介绍创建挤出特征的操作的步骤。

- (1) 单击欲生成挤出特征的草图，可以在树形目录中选择草图，也可以在绘图区域中创建草图。



(2) 在如图 2-71 所示的挤出特征的属性窗格中, 首先选择“按照薄/表面?”栏, 将其设置为“是”, 然后将内部、外部厚度均设置为 0 mm。

(3) 属性窗格用来设定挤出深度、方向和布尔操作(添加冻结、添加材料、切割材料等)。

(4) 单击“生成”按钮完成特征创建。

1. 挤出特征的属性窗格

在建模过程中对属性窗格的操作是无可避免的。在属性窗格中可以进行布尔操作、改变特征的方向、特征的扩展类型和是否合并拓扑等。图 2-72 为挤出特征的属性窗格。

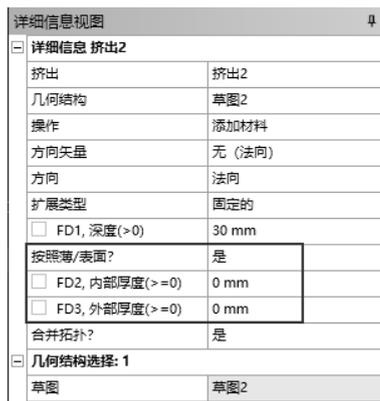


图 2-71 挤出属性窗格



图 2-72 挤出特征属性窗格

2. 挤出特征的布尔操作

对三维特征可以运用 5 种不同的布尔操作, 如图 2-73 所示。

- 添加冻结: 与添加材料相似, 但新增特征体不被合并到已有的模型中, 而是作为冻结体加入。
- 添加材料: 该操作总是可以创建材料并合并到激活体中。
- 切割材料 (1): 该操作从激活体上切除材料(为了与下面的“切割材料”相区别, 本书中以“切割材料 (1)”表示该选项)。
- 压印面: 即给表面添加印记, 与切割材料 (2) 相似, 但仅分割体上的面, 如果需要也可以在边线上增加印记(不创建新体)。
- 切割材料 (2): 该选项即切片材料, 该操作将冻结体切片(为了与上面的“切割材料”相区别, 本书中以“切割材料 (2)”表示该选项)。仅当体全部被冻结时才可用。

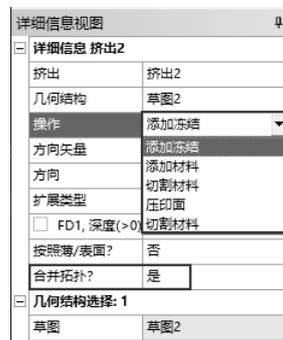


图 2-73 布尔操作

3. 挤出特征的方向

特征方向可以定义所生成模型的方向, 其中包括“法向”“已反转”(反向)“双-对称”(两侧对称)及“双-非对称”(两侧非对称) 4 种方向类型, 如图 2-74 所示。默认为法向, 也就是坐标轴的正方向; 已反转则为法向的反方向; 而双-对称只需设置一个方向的挤出长度即可; 双-非对称则需分别设置两个方向的挤出长度。



Note



Note

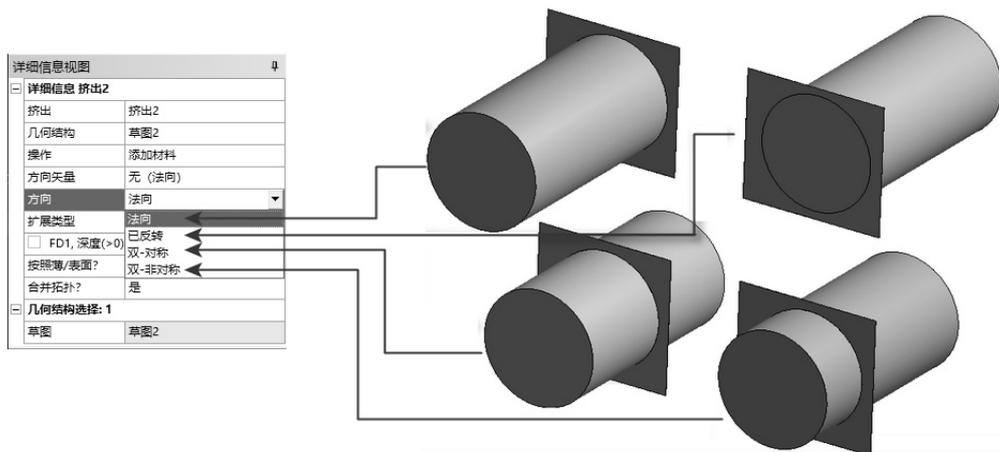


图 2-74 特征方向

4. 挤出特征的扩展类型

- 固定的：该选项将轮廓按指定的深度值进行延伸。
- 从头到尾：将剖面延伸到整个模型，在加料操作中延伸轮廓必须完全和模型相交，如图 2-75 所示。

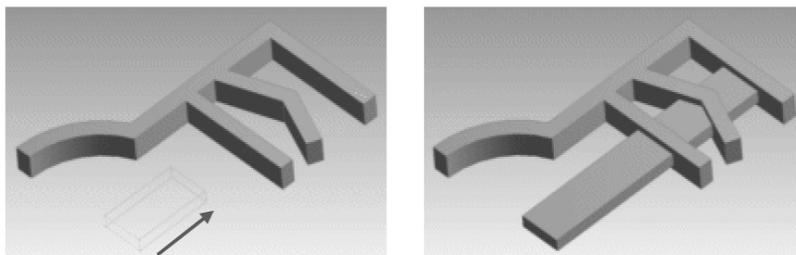


图 2-75 从头到尾类型

- 至下一个：此操作将延伸轮廓到遇到的第一个面，在切割、压印面及切片操作中，将轮廓延伸至遇到的第一个面或体，如图 2-76 所示。

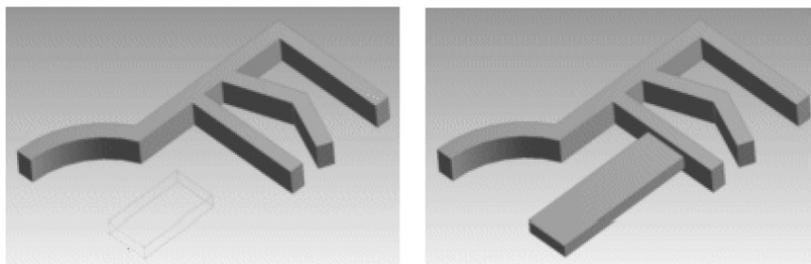


图 2-76 至下一个类型

- 至面：可以延伸挤出特征到一个或多个面形成的边界，对多个轮廓而言要确保每一个轮廓至少有一个面和延伸线相交，否则导致延伸错误。至面类型如图 2-77 所示。

“至面”选项不同于“至下一个”选项。“至下一个”并不意味着“到下一个面”，而是“到下一个块的体（实体或薄片）”，“至面”选项可以用于至冻结体的面。

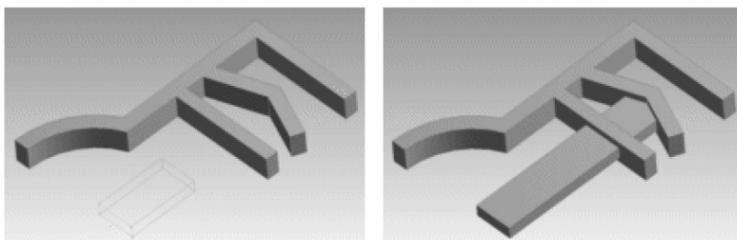
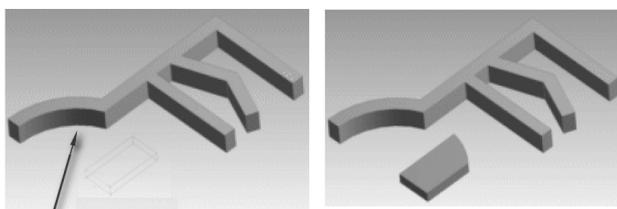


图 2-77 至面类型

至表面：除只能选择一个面外，与“至面”选项类似。

如果选择的面与延伸后的体是不相交的，这就涉及面延伸情况。延伸情况类型由选择面的潜在面与可能的游离面来定义。在这种情况下选择一个单一面，该面的潜在面被用作延伸。该潜在面必须完全和挤出后的轮廓相交，否则会报错，如图 2-78 所示。



游离面被选为延伸

图 2-78 至表面类型

2.4.2 旋转

旋转是指选定草图来创建轴对称旋转几何体。从属性窗格列表菜单中选择旋转轴，如果在草图中有一条孤立（自由）的线（见图 2-79），则该线将被作为默认的旋转轴。旋转特征操作的属性窗格如图 2-80 所示。

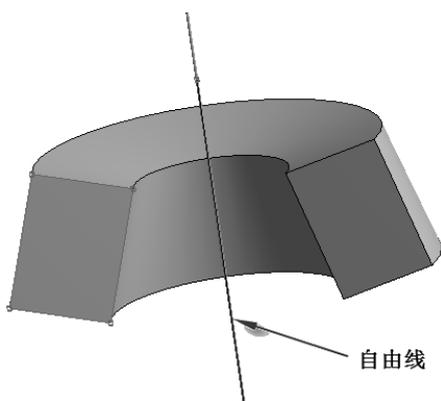


图 2-79 旋转特征

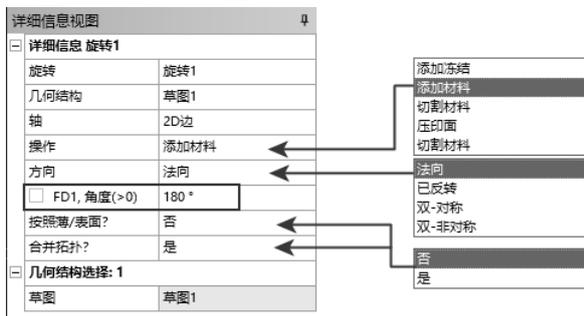


图 2-80 旋转属性窗格

旋转方向特性如下。

法向：按基准对象的正 Z 方向旋转。



Note

- 已反转（反向）：按基准对象的负 Z 方向旋转。
 - 双-对称（两侧对称）：在两个方向上创建特征。一组角度运用到两个方向上。
 - 双-非对称（两侧非对称）：在两个方向上创建特征。每一个方向都有自己的角度。
- 单击“生成”按钮 完成特征的创建。

2.4.3 扫掠

扫掠可以创建实体、表面和薄壁特征，它们都可以通过沿一条路径扫掠生成，如图 2-81 所示。扫掠属性窗格如图 2-82 所示。

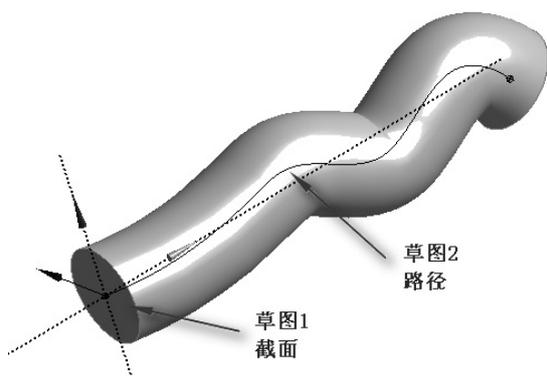


图 2-81 扫掠特征

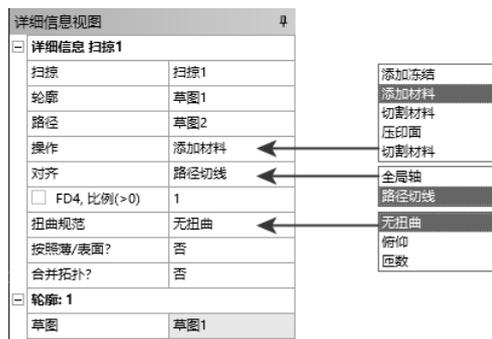


图 2-82 扫掠属性窗格

在属性窗格中可以设置的扫掠对齐方式如下。

- 全局轴：沿路径扫掠时不管路径的形状如何，剖面的方向保持不变。
- 路径切线：沿路径扫掠时自动调整剖面以保证剖面垂直路径。

在属性窗格中设置比例和间距/圈数特征可用来创建螺旋扫掠。

- FD4,比例(>0)：默认值为 1，当设置为大于 1 或小于 1 的值时，可以沿扫掠路径逐渐扩张或收缩。
- 扭曲规范：默认为“无扭曲”，如设置为“俯仰”或“匝数”时，可以沿扫掠路径转动剖面，此时在属性窗格中将显示“FD6,间距”或“FD5,圈数”栏。
 - 正数：剖面逆时针旋转。
 - 负数：剖面顺时针旋转。

注意：如果扫掠路径是一个闭合的环路，则圈数必须是整数；如果扫掠路径是开放的环路，则圈数可以是任意数值。

2.4.4 蒙皮/放样

蒙皮/放样为从不同平面上的一系列剖面（轮廓）产生一个与它们拟合的三维几何体（必须选择两个或更多的剖面）。蒙皮/放样特征如图 2-83 所示。

生成蒙皮/放样的剖面，可以是一个闭合或开放的环路草图或是由表面得到的一个面。所有的剖面必须有同样的边数，不能混杂开放和闭合的剖面；所有的剖面必须是同种类型。草图和面可以通过在图形区域内单击它们的边或点，或者在特征或面树形目录中单击选取。