

# ANSYS 软件概述

## 1.1 ANSYS 软件简介

ANSYS 软件是融结构、热、流体、电磁和声学于一体的大型通用 CAE 分析软件，广泛应用于石油化工、土木工程、能源、核工业、铁道、航空航天、机械制造、汽车交通、国防军工、电子、造船、生物医学、轻工、地矿、水利、日用家电等工业及科学研究中。

ANSYS 公司成立于 1970 年，总部位于美国宾夕法尼亚州的匹兹堡，是世界 CAE(Computer Aided Engineering) 行业著名的公司之一。四十多年来，ANSYS 公司一直致力于仿真软件的开发及仿真咨询服务，为全球工业界所广泛接受，并拥有了全球最大的用户群体。许多国际化大公司均采用 ANSYS 软件作为其设计分析标准和主要的分析、技术交流平台。ANSYS 公司在世界范围内有很高的声誉和业界广泛认可的服务支持能力。

在四十多年的发展过程中，ANSYS 不断改进提高，功能不断增强，目前最新的版本已发展到 18.0 版本。ANSYS 软件所提供的 CAE 仿真分析类型非常全面，而且这些分析类型具有耦合特性（相关性）。在整个 CAE 行业，ANSYS 系列软件的优势是全方位的，主要体现在以下几个方面：

（1）宽广的分析范畴。

ANSYS 系列软件全面涵盖了通用结构力学、高度非线性结构动力学、计算流体动力学、计算电磁学、多物理场耦合分析、协同仿真平台、行业专用软件体系等领域，具备完整的 CAE 产品体系。

（2）强大的耦合场分析功能。

在耦合场分析方面，ANSYS 系列软件能提供一个既满足各领域要求又能相互进行耦合分析的 CAE 软件系统，而不仅局限于某一学科领域的分析。ANSYS 软件充分体现了 CAE 领域的发展趋势，即融结构、热、流体、电磁于一体的多物理场耦合仿真的功能。ANSYS 的软件产品不仅涵盖了 CAE 通用的结构、传热、流体、电磁等通用领域，也有针对行业特点的专业化产品软件。其独一无二的耦合场分析技术：CFX、Fluent 和 ANSYS 的结构模块，能方便地

实现流固耦合计算。

### (3) 方便易用的协同仿真平台。

全新的 ANSYS Workbench 协同仿真平台，为用户提供了参数化分析、CAD/CAE 双向参数驱动、自动定义接触和装配、高效优化设计等独一无二的最新 CAE 技术。目前已经在国内外企业中得到了广泛应用，并成为新一代 CAE 软件平台的标准。

最新版本的 ANSYS 软件充分体现了 CAE 领域的发展趋势：首先，通过开发或并购最先进的技术，将其集成到一体化可定制仿真平台中，使工程师能够高效地执行复杂的多物理场仿真工作；其次，提供系统服务，用以管理仿真进程和数据。这样，工程师和产品开发人员就能集中精力进行产品设计、完善产品质量，而不必为软件使用和数据搜索花费过多时间。其融结构、热、流体、电磁、声学于一体的多物理场耦合仿真的功能集中代表了用于“虚拟样机”的 CAE 技术；与 CAD 软件无缝的几何模型传递接口是 CAD/CAE 整体化的发展方向；在网络中各种计算机软硬件平台上的自动浮动使用方便了用户。

ANSYS 软件从 1971 年开始的 2.0 版本发展到今天的 18.0 版本，从用户交互图形界面到计算模块、应用数值方法和计算优化都有了巨大的改进。经过多年的发展，ANSYS 逐渐成为国际国内分析设计技术交流的平台。ANSYS 独具特色的多物理场结合的分析技术和涵盖优化设计等技术在内的一体化处理技术充分体现了 CAE 领域的最新发展成就。在国际上，它是第一个通过 ISO9001 质量认证的分析设计软件，是美国机械工程师协会（ASME）、美国核安全局（NQA）及其他近 20 种专业技术协会认证的标准分析软件。在国内，ANSYS 第一个通过了中国压力容器标准化技术委员会认证，并在国务院 17 个部委推广使用，目前在国内有着广大的用户群。

在机械结构、流体力学、电磁场的 CAE 应用领域里，ANSYS 软件的产品都是本领域出色的产品之一。

结构力学 CAE 分析方面：ANSYS Mechanical、ANSYS LS-DYNA 等。

流体动力学 CFD 分析方面：ANSYS Fluent、ANSYS CFX 等。

电磁场 CAE 分析方面：ANSYS Maxwell、ANSYS HFSS 等。

### (1) ANSYS Mechanical 高级结构力学分析及热分析。

作为 ANSYS 的核心产品之一，ANSYS Mechanical 是顶级的通用结构力学仿真分析系统，在全球拥有广大的用户群体，是世界范围应用最为广泛的结构 CAE 软件。ANSYS Mechanical 提供了结构分析的完整工具，具有一般静力学、动力学和非线性分析能力以及复合材料、断裂、疲劳、优化等分析功能。除了提供常规结构分析功能外，强劲稳健的非线性、独具特色的梁单元、高效可靠的并行求解、充满现代气息的前后处理是其主要特色。ANSYS Mechanical 除了提供全面的结构、热、压电、声学以及耦合场等分析功能，还创造性地实现了与 ANSYS 新一代计算流体动力学分析程序 Fluent 和 CFX 的双向流固耦合计算。它全面集成于 ANSYS 新一代协同仿真环境 ANSYS Workbench，易学易用。

### (2) ANSYS LS-DYNA 通用高度非线性显式动力学分析。

ANSYS LS-DYNA 是一个显式通用非线性动力分析有限元程序，可以求解各种二维、三维非线性结构的高速碰撞、爆炸和金属成型等非线性问题。软件功能齐全，可求解涉及几何非线性（大位移、大转动和大应变）、材料非线性（200 多种材料动态模型）和接触非线性（50 多种）的瞬态动力学问题。它以 Lagrange 算法为主，兼有 ALE 和 Euler 算法；以显式求解为

主，兼有隐式求解功能；以结构分析为主，兼有热分析、流体-结构耦合功能；以非线性动力分析为主，兼有静力分析功能（如动力分析前的预应力计算和薄板冲压成型后的回弹计算）。ANSYS LS-DYNA for Workbench 基于 ANSYS Workbench 下新的使用环境，包括前处理模块、求解模块、后处理模块。

### （3）ANSYS Fluent 计算流体力学软件。

ANSYS Fluent 采用计算流体动力学（CFD）的数值模拟技术，为全球范围内各个行业的工程师提供流体问题的解决方案。它丰富的物理模型使其应用广泛：从飞机气动到锅炉燃烧，从鼓泡塔到玻璃制造，从血液流动到半导体生产，从洁净室到污水处理工厂的设计等。另外，软件强大的模拟能力还扩展了其在旋转机械、气动噪声、内燃机和多相流系统等领域的应用。ANSYS Fluent 完全集成在 ANSYS Workbench 环境中，并允许用户适当调整集成功能，轻而易举地快速应对一些特殊的挑战。

### （4）ANSYS CFX 专业的流体力学分析。

ANSYS CFX 作为采用全隐式耦合算法的大型 CFD 软件，算法上的先进性、丰富的物理模型和前后处理的完善性使其在结果精确性、计算稳定性、计算速度和灵活性上都有优异的表现。除了一般工业流动以外，ANSYS CFX 还可以模拟诸如燃烧、多相流、化学反应等复杂流场。ANSYS CFX 集成到 ANSYS Workbench 环境中使用，增加了其在工程仿真上的应用面，效率达到了新的高度。

### （5）ANSYS Maxwell 低频电磁场仿真。

ANSYS Maxwell 是工业界领先的电磁仿真软件，能满足机电产品工程师的仿真设计需求，提升高品质产品设计能力。它包含二维和三维的瞬态磁场、交流电磁场、静磁场、静电场、直流传导场和瞬态电场求解器，能准确计算力、转矩、电容、电感、电阻和阻抗等参数，并且能自动生成非线性等效电路和状态空间模型，用于进一步的控制电路和系统仿真，实现上述组件在考虑了驱动电路、负载和系统参数后的综合性能分析。

### （6）ANSYS HFSS 高频电磁场仿真。

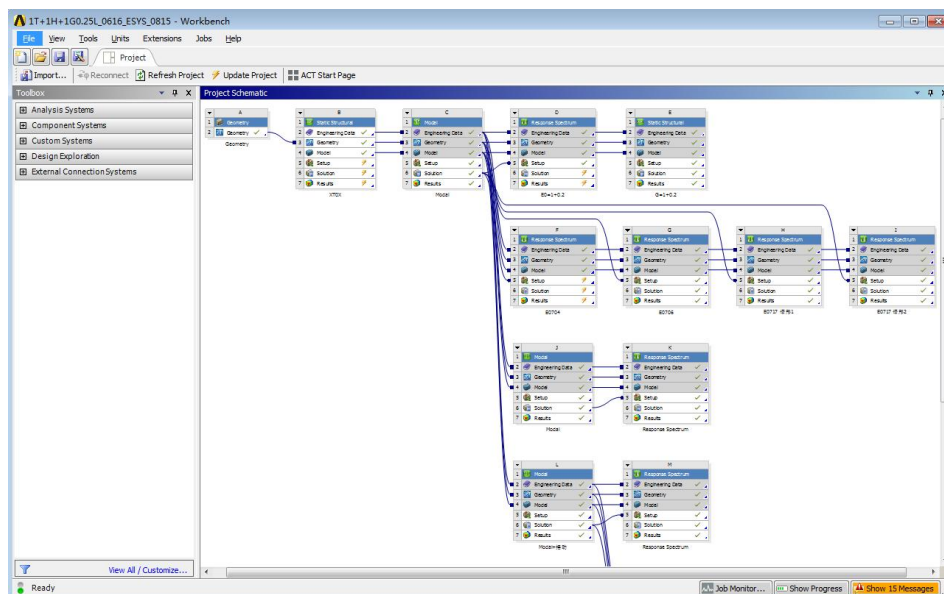
ANSYS HFSS 作为三维结构全波电磁场仿真的标准和核签工具，是现代电子设备中设计高频/高速电子组件的首选工具。HFSS 能够在用户最少干预的情况下，对直接关系到电子器件性能的电磁场状态进行快速精确的仿真。针对一个组件或子系统、系统以及终端产品在电磁场中的性能及其相互影响，ANSYS HFSS 可以分析整个电磁场问题，包括反射损耗、衰减、辐射和耦合等。另外，ANSYS HFSS 也是行业标准的电磁仿真工具，特别针对射频、微波以及信号完整性设计领域，是分析任何基于电磁场、电流或电压工作的物理结构的绝佳工具。

## 1.2 ANSYS Workbench 平台及模块

ANSYS Workbench 整合了所有主流仿真技术及数据，在保持多学科技术核心多样化的同时建立了统一的仿真环境。在 ANSYS Workbench 环境中，用户始终面对同一个界面，无需在各种软件工具程序界面之间频繁切换。所有仿真工具只是这个环境的后台技术，各类仿真数据在此平台上交换与共享。

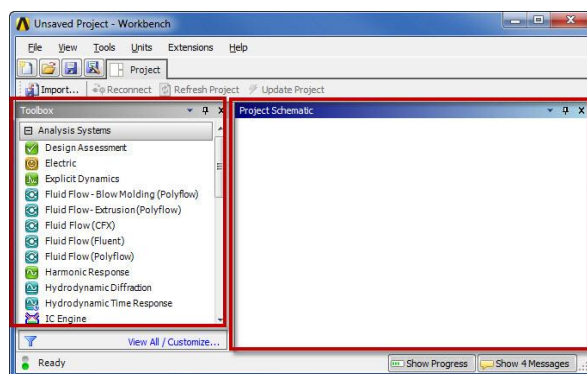
如下图所示，ANSYS Workbench 能显示并管理项目工作流程。在 ANSYS Workbench 中，可以采用分析系统的方式建立一个分析项目。一个分析项目中可以包含多个分析系统，并以分

析流程图的形式连接各个分析系统。用户可以使用 ANSYS Workbench 中的固有分析系统，也可以使用第三方集成的分析系统，以扩展 ANSYS Workbench 自身的分析功能。



## 1.2.1 Workbench 平台界面

ANSYS Workbench 界面主要由菜单栏、工具箱、项目管理页等组成，如下图所示。由于分析类型、使用界面或者工作状态的不同，用户看到的窗口显示、表格、图表等也不同。例如，在项目管理页面中建立分析项目或者一个分析类型，只需从工具箱中拖曳或者双击相应的图标即可完成，用户也可以通过右键使用关联菜单来完成一个追加项目的操作。用户各种操作的结果都可以反映在项目管理页面中，并显示已建立的分析类型之间的连接关系和数据联系。



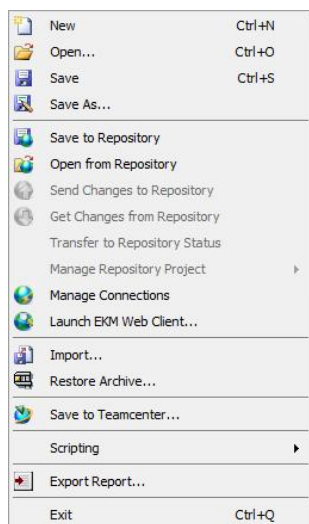
## 1.2.2 菜单栏

### 1.2.2.1 文件菜单

File 菜单中的主要选项如下：

**New:** 建立一个新的工程项目。在建立新工程项目之前，Workbench 软件会提示用户是否

需要保存当前的工程项目。



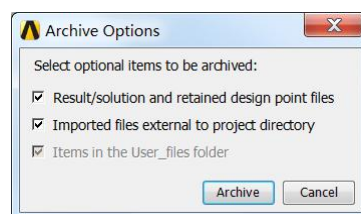
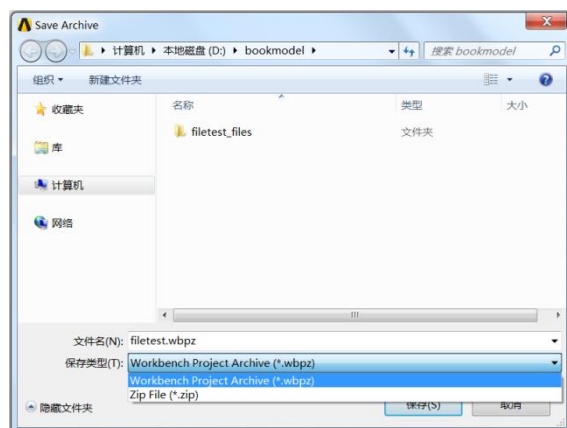
**Open:** 打开一个已经存在的工程项目，同样会提示用户是否需要保存当前的工程项目。

**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，系统将提示用户指定名称和文件位置。

**Import:** 导入以前版本的文件并将其转换为当前版本的文件。用户还可以使用此选项导入多个以前版本的文件并组合成一个项目管理文件。

**Archive:** 将工程文件存档，单击 Archive 命令后，先在如下左图所示的 Save Archive 对话框中单击“保存”按钮，然后在如下右图所示的 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。存档文件可以保存为 Workbench 项目存档文件 (.wbpz) 或 Zip 文件 (.zip)。

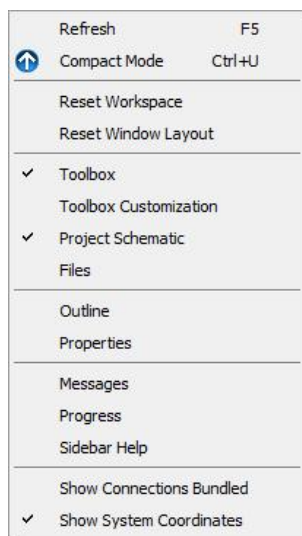


**Restore Archive:** 恢复先前生成的存档文件。用户选择要还原的项目存档后，系统将提示用户指定还原文件名称和所在位置。在存档文件中提取后，项目将在 ANSYS Workbench 中打开。用户还可以通过使用解压程序手动解压存档文件，然后打开 .wbpz 文件。



**Scripting:** 使用此选项可以记录用户的操作流程、执行日志或脚本，或者打开 Python 命令窗口。

#### 1.2.2.2 视图菜单



View 菜单可以控制窗口布局，主要选项如下：

**Refresh**（快捷键 F5）：更新视图。

**Compact Mode**（快捷键 Ctrl+U）：ANSYS Workbench 提供紧凑模式，以帮助管理窗口。当处理一个复杂项目时，涉及多个应用程序，在 ANSYS Workbench 界面中管理不同的应用程序窗口会很困难。紧凑模式只允许用户查看显示项目的状态，而隐藏 ANSYS Workbench 其他的组件，包括工具箱、菜单栏、工具栏，并将 Workbench 界面压缩为一个小图标置于操作系统桌面上。

**Reset Workspace**：将当前工作区布局恢复为默认设置形式。

**Reset Window Layout**：恢复原始窗口布局。

**Toolbox**：单击 Toolbox 命令来选择是否隐藏左侧的工具箱面板。

**Toolbox Customization**：单击 Toolbox Customization 命令来选择是否显示 Toolbox Customization 模块。该功能允许用户自定义最左侧的工具箱，可以选择最常用的分析系统，也可以增添其他的分析系统。

**Project Schematic**：单击此命令来确定是否显示项目管理窗口，建议此项一直打开。

**Files**：选择此视图可以查看与项目关联的所有文件列表。用户将能够看到文件的名称和类型、单元文件 ID 与文件的大小、文件的位置和其他关联信息。缺少的文件或从项目中删除的文件将显示为红色，并标有删除图标。

**Outline**：选择此选项可显示系统的提纲窗口。提纲窗口的数据一般用于参数管理、设计优化和材料数据管理。用户也可以通过双击参数设置栏或设计优化系统查看提纲窗口。

**Properties**：用户可以查看系统、单元和链接的属性。要查看属性时，鼠标右键单击，从级联菜单中选择“属性”选项。

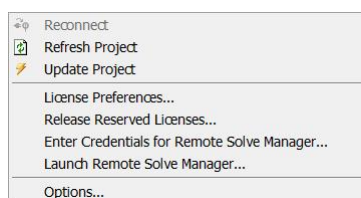
**Messages**：此选项启动信息视图，用户可以查看如错误和警告信息、求解信息、状态信息

等相关信息内容。

**Progress:** 此选项可以查看更新过程中的进度栏。用户还可以通过单击 ANSYS Workbench 窗口右下角的显示进度按钮查看更新进展。要中断更新过程，可单击进度栏上的中断按钮。并不是所有进程都可以被中断，而且中断请求和实际中断结束之间往往有延迟，需要等待一段时间。

**Show System Coordinates:** 显示每个分析系统的字母标题，默认情况下此选项激活。

### 1.2.2.3 工具菜单



Tools 菜单中的主要选项如下：

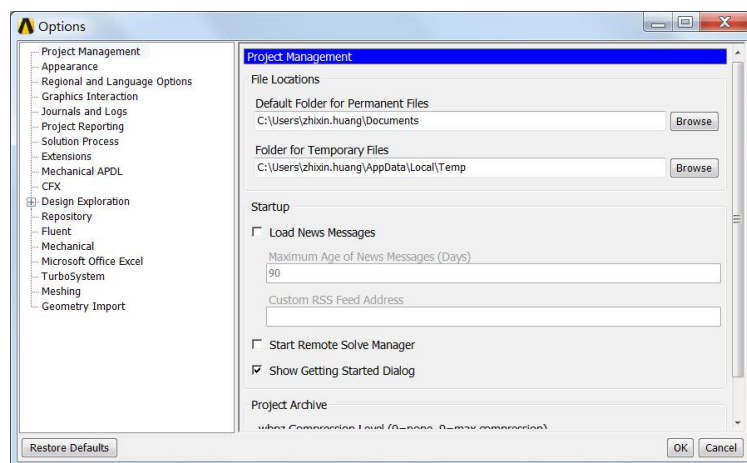
**Refresh Project:** 刷新项目中需要刷新的所有单元格。当上游数据中的内容发生变化时，需要刷新单元格（更新也会刷新单元格）。

**Update Project:** 更新处于需要更新状态的项目中的所有单元格。

**License Preferences:** 此选项可以打开“许可证选项”对话框，实现许可证参数选择，如设定许可证的优先顺序。

**Launch Remote Solve Manager:** 启动远程求解管理器（RSM）界面，可实现远程提交求解任务、监视求解进展情况、管理队列、删除任务等功能。

**Options:** 可以修改 ANSYS Workbench 工作面板的默认设置，常用设置如下：



**Project Management（项目管理）选项卡：** 可以设置 Workbench 平台启动的默认文件存储目录和临时文件的存储位置等。

**Appearance（外观）选项卡：** 可以对工作界面的背景、文字颜色、几何图形的线条颜色等进行设置。

**Regional and Language Options（区域和语言选项）选项卡：** 可以设置 Workbench 平台的

语言，其中包括德语、英语、法语和日语 4 种。

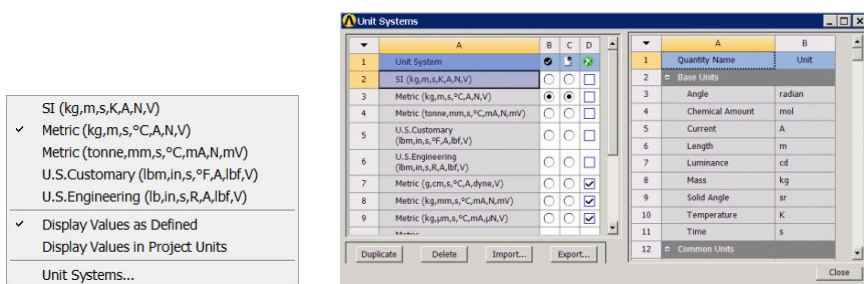
**Graphics Interaction**（几何图形交互）选项卡：可以设置鼠标对图形的操作，如平移、旋转、放大、缩小、多体选择等操作。

**Geometry Import**（几何导入）选项卡：可以设置几何编辑器的类型、分析类型及其他一些基本几何设置选项。

这里仅对 **Workbench** 平台一些常用的选项进行简单介绍，其他选项请参考软件帮助文档的相关内容。

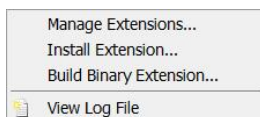
#### 1.2.2.4 单位菜单

**Units** 菜单中的相关选项如下左图所示，此菜单可以设置国际单位、米制单位、美制单位和用户自定义单位。选择 **Unit Systems**（单位设置系统）弹出的界面如下右图所示，在 **Unit Systems** 对话框中可以选择指定的单位格式。



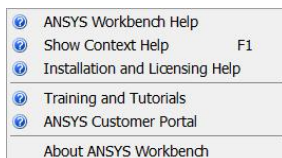
#### 1.2.2.5 扩展包菜单

**Extensions**（扩展包）菜单中的相关命令如下图所示。



#### 1.2.2.6 帮助菜单

**Help**（帮助）菜单中的相关命令如下图所示，在帮助菜单中软件可以实时地为用户提供软件操作及理论上的帮助。



### 1.2.3 工具箱

**ANSYS Workbench** 工具箱显示可以添加到项目管理页面的分析类型。当用户打开 **ANSYS Workbench** 时，工具箱包含了所有能够建立分析项目的分析模板（包括标准模板和用户自定义模板），当需要建立一个项目时，拖曳模板到项目管理页面中，软件根据选择模板的情况自动建立共享或者传递数据的连接关系。

工具箱按照如下类型进行分组：



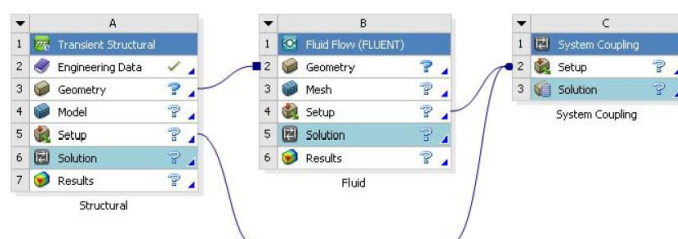
- 分析系统：用户可以使用这个典型的模板来建立项目流程，拖曳这些模板在项目管理页面中建立一个分析体系或者连接已有的分析体系，也可以使用必要的组件（例如选择几何模型组件）来达到分析目的。
- 组件系统：这些组件系统模板通常用来建立完整项目流程中的一个子部分。例如，使用几何组件创建或者修复用户的几何。该组件可以连接几个下游分析组件，连接的下流组件将共享这个几何模型。
- 用户自定义系统：该组件包含一系列预先定义好的耦合分析模板。这些耦合分析模板包含多个分析流程，并定义好了数据传递关系。用户也可以建立自己定义好的分析模板，然后保存起来。
- 优化设计：进行优化设计研究。当添加该项目到项目管理页面后，每一个分析体系都将被参数数据栏连接起来。

用户在工具箱中看到的分析模板都是已经安装的产品。如果用户没有进行相关产品安装，在工具栏中将看不到相关产品的分析模板。用户单击工具箱底部的 **View All/Customize** 按钮可以查看所有的分析模板清单。

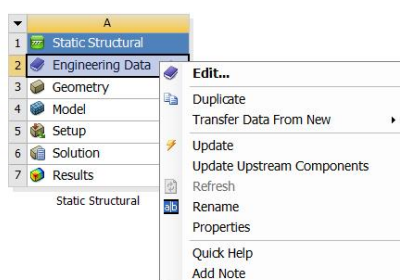
### 1.2.4 项目管理页面

项目管理页面显示用户的项目结构状态和 workflows，其提供了一个看得见的图标和连接图。项目流程可以是一个非常复杂的组合，也可以是一个简单的分析体系，视期望的分析程度来确定。对于一个复杂的连接体系，可以应用耦合模板或者自定义等方式建立。

如下图所示的流固耦合分析流程，分析体系中的连接线考虑了数据之间的传递关系：有方形末端的连接线表示这两个分析流程使用了共同的几何模型；有圆形末端的连接线表示流体计算的结果数据作为静强度计算的载荷数据施加到结构上。



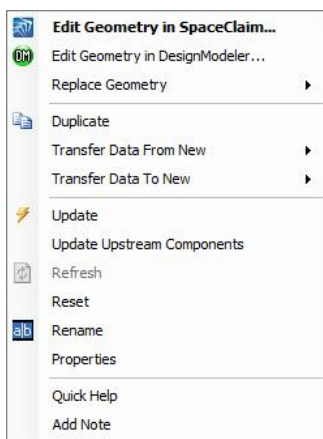
为了启动一个分析流程，可以从工具箱中拖曳一个模板或者一个分析对象到项目管理页面，或者在项目管理页面的空白处使用右键弹出菜单中的分析流程。当用户建立了分析流程后，所有连接好的数据流程和数据内容会自动根据上下游数据提示来更改状态信息。



#### 1.2.4.1 系统和单元格

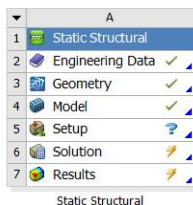
用户从工具箱添加到项目管理页面中的分析体系可以被看成为一个系统，组成系统的条目称为单元格。为了详细定义一个仿真，用户需要注意系统与单元格要配合使用。使用右键可以打开上下相关联的菜单，这些菜单叫做弹出菜单。默认双击一个单元格或者使用右键的方式，用户可以执行下面的操作：

- 启动一个数据集成应用系统或者工作空间。
- 在一个系统前后端增加一个连接。
- 指定键入或者参考文件。
- 指定用户分析组件属性。



每一个单元格具有一个指定的应用或者工作空间，因此可以说单元格是和被集成的应用相关的，例如 ANSYS Fluent 或者 Mechanical 等。这些应用将启动一个单独的窗口进行后续的操作。有些单元格，例如工程材料数据或者参数化管理属于一个分析流程中的一个环节，具体页面内容则包含在 Workbench 的窗口中。

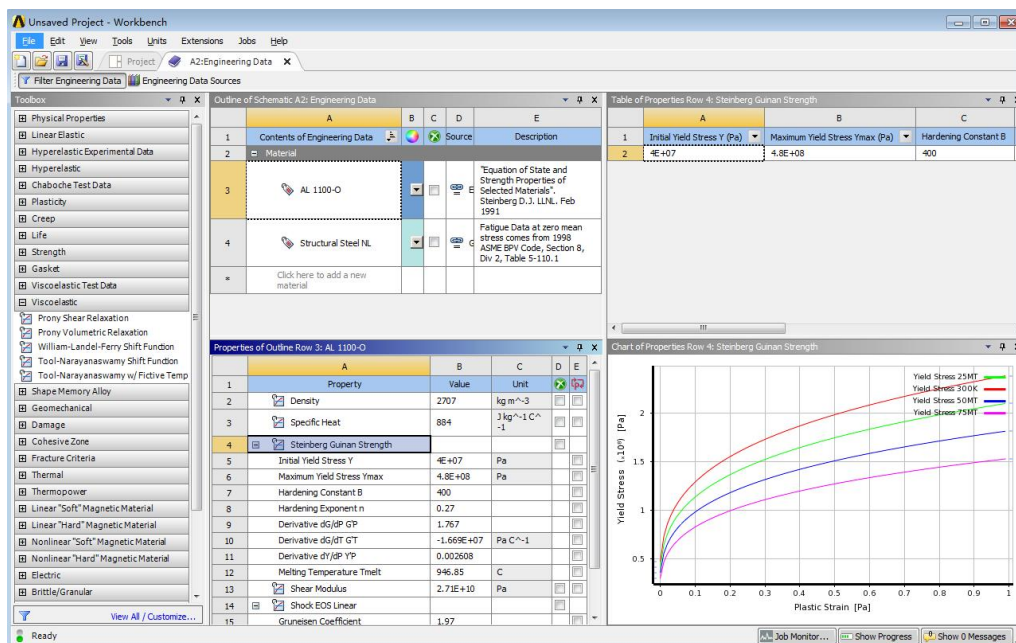
有些情况下，由单元格组成的不同的分析系统可能具有相同的作用。单元格状态显示的是每个单元格处于什么状态（如需要刷新、更新等）。下面这个静力分析的例子就说明了单元格处于不同状态。可以使用左键或者右键按住右下角的蓝色按钮，在单元格上显示一个快捷的帮助按钮。



在 ANSYS Workbench 中，通常在许多分析中可以看到以下单元格类型：

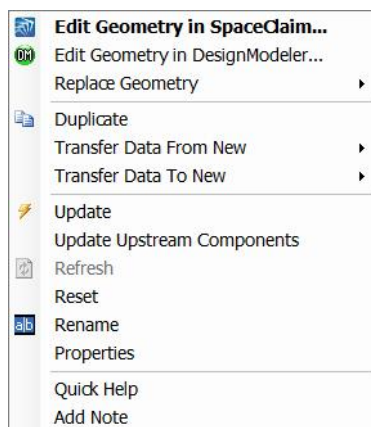
##### (1) Engineering Data.

在结构力学分析中，使用 Engineering Data 单元格可以定义或者读取一个材料模型。双击 Engineering Data 单元格或者右键编辑 Engineering Data 单元格来定义工程材料数据。



## (2) Geometry.

使用 Geometry 单元格来建立、读入、编辑或者更新几何模型。当用户安装了 SCDM 并且具有 SCDM 的许可证时，用户可以进行 SCDM 的相关操作。



**新建几何：**可以使用 DesignModeler 或者 SCDM 界面建立一个新的几何模型。

**读入几何：**单击 Browse 按钮允许用户打开一个对话框选择一个存在的几何模型读入或者读入最近使用的几何模型文件。

**编辑：**在用户选择 New Geometry 或 Import Geometry 之后，可以使用 Edit 按钮来启动 DM 或者 SCDM 以编辑几何模型。

**替换几何：**单击 Browse 按钮打开一个文件夹，允许选择一个存在的或者选择最近使用过的几何模型来代替当前的几何模型。

**CAD 更新：**使用在 CAD 中定义好的参数值来更新现有的 CAD 几何模型。

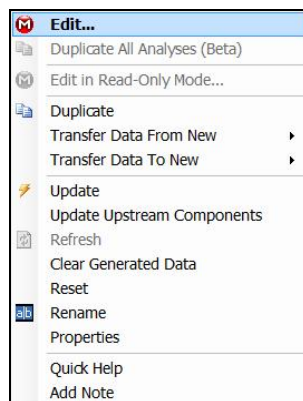
**属性：**显示属性面板后，用户可以设置基本或者高级的几何属性。

| Properties of Schematic S2: Geometry |                                   |                                     |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
|                                      | A                                 | B                                   |
| 1                                    | Property                          | Value                               |
| 2                                    | General                           |                                     |
| 3                                    | Component ID                      | Geometry 18                         |
| 4                                    | Directory Name                    | Geom-1                              |
| 5                                    | Notes                             |                                     |
| 6                                    | Notes                             |                                     |
| 7                                    | Used Licenses                     |                                     |
| 8                                    | Last Update Used Licenses         |                                     |
| 9                                    | Basic Geometry Options            |                                     |
| 10                                   | Solid Bodies                      | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 11                                   | Surface Bodies                    | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 12                                   | Line Bodies                       | <input type="checkbox"/>            |
| 13                                   | Parameters                        | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 14                                   | Parameter Key                     | ANS;DS                              |
| 15                                   | Attributes                        | <input type="checkbox"/>            |
| 16                                   | Named Selections                  | <input type="checkbox"/>            |
| 17                                   | Material Properties               | <input type="checkbox"/>            |
| 18                                   | Advanced Geometry Options         |                                     |
| 19                                   | Analysis Type                     | 3D                                  |
| 20                                   | Use Associativity                 | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 21                                   | Import Coordinate Systems         | <input type="checkbox"/>            |
| 22                                   | Import Work Points                | <input type="checkbox"/>            |
| 23                                   | Reader Mode Saves Updated File    | <input type="checkbox"/>            |
| 24                                   | Import Using Instances            | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 25                                   | Smart CAD Update                  | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 26                                   | Compare Parts On Update           | No                                  |
| 27                                   | Enclosure and Symmetry Processing | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 28                                   | Decompose Disjoint Geometry       | <input checked="" type="checkbox"/> |
| 29                                   | Mixed Import Resolution           | None                                |

### (3) Model。

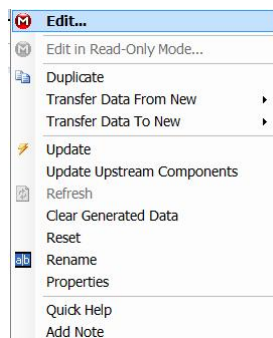
在结构力学分析系统中，网格离散单元格属于模型分析部分，影响着几何的定义、坐标系、连接关系和网格离散。

编辑：启动 Model 模块，进行网格离散。



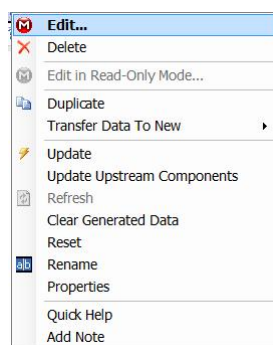
### (4) Setup。

使用 Setup 单元格启动分析体系的边界条件设置部分。用户可以在该部分进行载荷施加、边界条件设置和其他分析应用的设置，设置的数据将在 ANSYS Workbench 分析项目中融合起来，包括分析体系之间传递过来的数据。



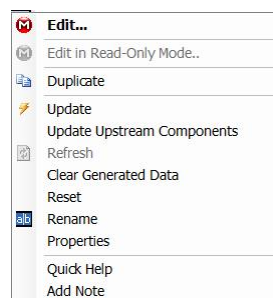
#### (5) Solution。

**Solution** 单元格可以获取求解应用的信息，还可以与下游数据共享求解数据（例如，用户可以用一个分析系统的求解结果作为另一个分析系统的键入条件）。



#### (6) Results。

**Results** 单元格表示所有求解结果的存储位置（作为后处理内容）。对于结果单元，用户不能和其他分析模块共同进行数据分享。



ANSYS Workbench 集成多个应用到单一、无缝的工作流程中，这些单元格的数据可以提供给其他流程，也可以从其他流程中获取数据。单元格状态作为一个数据流程的结果，可以根据项目流程内部数据的改变而改变。ANSYS Workbench 在每个单元格的右边提供一个可视的单元格状态指示相应的单元格状态。

未激活状态<sup>?</sup>：表明上游数据不存在。单元格在这种状态下意味着用户不能打开分析界面。例如，假定用户对一个分析体系没有指定几何模型，所有几何模型以后的单元格将显示为未激活状态，除非指定了几何模型，否则不能运行。



**刷新状态** : 上游数据已经更改, 下游数据可以刷新或者更新。用户可以选择生成或者不生成输出数据。当一个单元格处于刷新状态时, 用户可以进行以下几种操作:

- 编辑单元格和选择查看刷新了的数据。
- 刷新数据, 这样就可以读取上游数据, 但是不会有任何的运行操作结果。
- 更新单元格, 这将刷新数据并生成相应的输出数据。

刷新不是更新全部单元格, 优点是用户可以选择更有效的方法来更新数据。这种操作尤其是在用户执行一个复杂分析系统时十分有用, 因为这些分析会耗费大量的时间或者计算机资源。

**已激活状态** : 单元格所有键入处于等待状态, 用户必须采取正确的操作。正确的操作是与该单元格或者与为该单元格提供数据的上游单元格进行交互式操作。处于该状态的单元格不能进行更新操作。这种状态表明, 即使没有上游数据, 用户仍然可以对该单元格进行交互式操作。例如, 有些应用支持空模型状态操作, 在这种状态下可以进行基于应用和平台而不考虑上游数据状态的操作。

**更新状态** : 表明本地数据已经更改并且需要重新生成输出数据。当更新一个刷新状态的单元格时, 刷新将先进行, 接着进行更新操作。

**完成状态** : 对一个单元格进行了更新操作并且没有错误发生。它表示可以编辑单元格并且可以为其他单元格提供生成的数据。

**更改状态** : 表明本地单元格已经更新完成, 但是上游数据也进行了更新, 本地数据还可以更改。

另外, 求解或者分析单元格有以下关于求解的特殊状态特征:

**中断求解状态** : 这个状态表示已经根据需要暂停了求解, 已经完成当前进行的迭代并写出了一个结果文件。用户可以使用这些求解结果进行后处理, 也可以选择从该点继续求解。

**求解中** : 表示一个批处理求解正在进行。当一个单元格处于求解状态中时, 用户可以在 ANSYS Workbench 中退出相关项目或者对其他项目流程进行编辑。如果用户去改变上游正在更新项目的单元格, 那么这个单元格将不会在求解时进行更新。

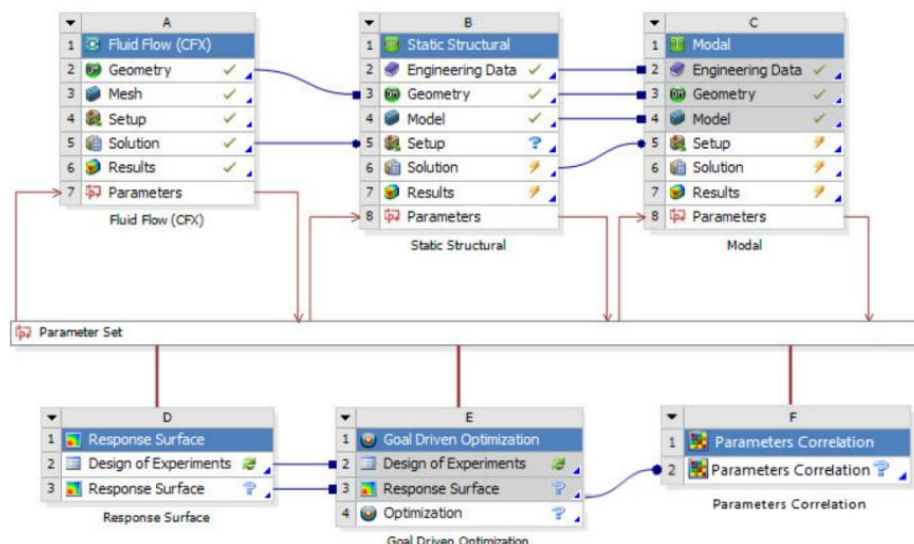
如果部分操作失败, ANSYS Workbench 将提供一个可见的提示, 一般有几类错误状态:

- **刷新失败** : 最近一次使用刷新命令来导入数据失败后, 单元格仍保持刷新状态。
- **更新失败** : 最近一次更新单元格并且生成输出数据失败后, 单元格仍保持更新状态。
- **更新失败, 处于激活状态** : 最后一次试图更新单元格生成输出文件失败, 单元格处于激活状态。如果一个操作失败, 用户可以查看最近的错误信息, 在 ANSYS Workbench 窗口信息模块单击 Show Messages 按钮即可查看。

#### 1.2.4.2 页面连接

连接具有在分析系统之间共享或者传递数据的功能。项目管理页面的主要连接功能如下:

- 分析系统之间数据共享, 这种连接以方块作为结尾, 如下图 A 所示。
- 从上一分析系统传递数据到下一分析系统, 这种连接以圆形作为结尾, 如下图 B 所示。
- 连接系统也可以表示输入参数和输出参数, 这些连接线连接到参数方块。设置的输入参数和输出参数可以在分析系统中查看, 如下图 C 所示。
- 把设计优化分析模块连接到项目参数管理器, 这些连接线连接设计优化分析模块, 如下图 D 和 E 所示。



项目管理页面中以方块作为结尾的连接表示两个分析体系数据共享。如果要编辑这些数据，用户必须编辑最上游单元。如上图所示的例子，分析体系 A 和分析体系 B 共享几何数据，也与分析体系 C 共享几何数据。为了编辑任何体系中的几何模型，用户必须编辑分析体系 A 中的几何模型。在多数情况下，可以通过鼠标右键单击连接线选择弹出菜单中的 **Delete** 选项完成删除连接操作。

#### 1.2.4.3 弹出菜单

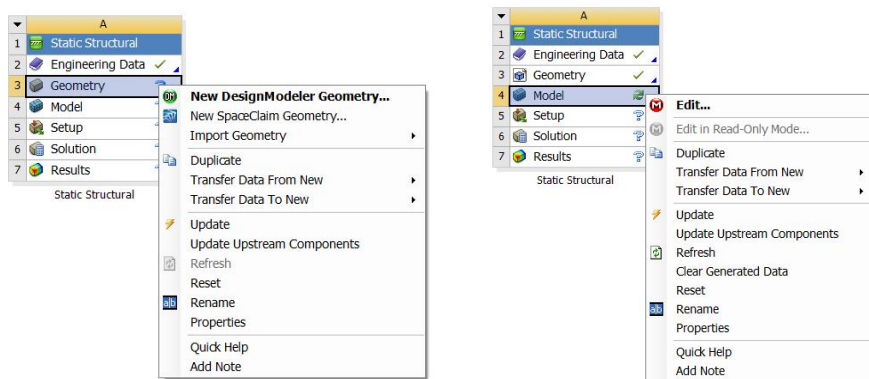
弹出菜单通过在交互界面中使用鼠标右键单击的方式获得。弹出菜单是对已有的分析体系提供追加或者修改项目管理页面的方式。

弹出菜单与 ANSYS Workbench 的菜单栏有一些是一致的，包括以下弹出菜单：

##### (1) 通用弹出菜单。

单元格和分析体系都可以获得相似的通用弹出菜单，主要包括：

- **复制**：通过复制的方式建立一个与鼠标左键单击分析体系相同的分析体系。进行复制操作的以上单元格的数据是共享的。在复制单元格后续的单元格中数据不进行共享，数据只是被拷贝过来。
- **更新**：刷新输入数据并生成要求的输出数据。任何与之相关的上游数据也将被完全更新。
- **重命名**：重新对系统或者单元格命名。
- **刷新**：读入所有上游已经更改了的数据，但是不生成单元格的输出数据。
- **快捷帮助**：可以获得快捷帮助面板。
- **属性**：在属性面板内显示应用单元格属性。
- **最近使用**：列出最近使用的文件。
- **清除生成数据**：清除单元格已经生成的任何数据或者已经生成并保存的任何存在数据，这些数据包括网格、输入文件、求解文件等。

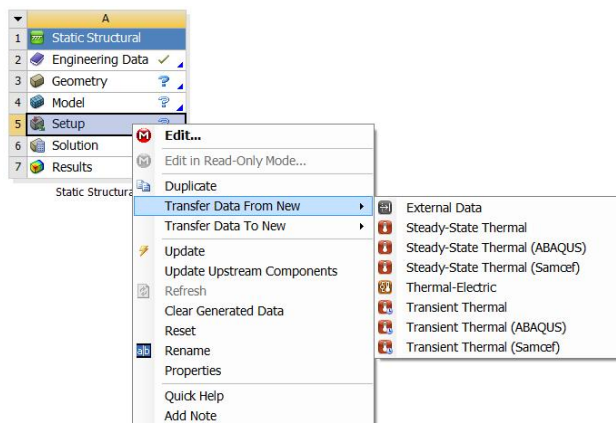


## (2) 传递弹出菜单。

许多单元格也具有传递弹出菜单功能。

- **Transfer Data From New:** 建立一个上游分析系统，该上游分析系统可以给选中的单元格提供数据。仅显示可以为当前系统提供数据的分析系统。当用户从这些显示的系统选中一个分析系统后，选中的系统就会出现在当前系统的左边，并且所有的连接都会显示连接完成。
- **Transfer Data To New:** 建立一个下游分析系统，该下游分析系统可以从当前单元格读取数据。仅显示可以为当前分析系统提供数据的分析体系。当用户从这些显示的系统选中一个分析系统后，选中的系统就会出现在当前系统的右边，并且所有的连接都会显示连接完成。

传递数据操作也可以通过根单元格实现。如果一个单元格由上游单元格驱动（如两个分析系统共享几何模型），用户只能通过原始单元格传递数据。



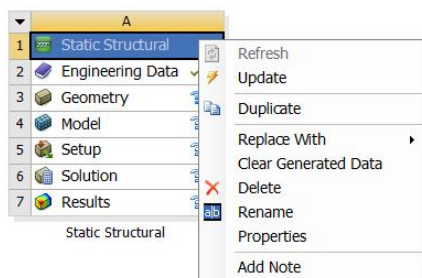
## (3) 系统头弹出菜单。

通过系统头弹出菜单可以进行如下操作：

- **刷新:** 刷新选中系统的所有单元格。
- **更新:** 更新选中系统的所有单元格，包括为该分析系统提供数据的上游系统的任何单元格。
- **复制:** 复制所有单元格，单元格间没有数据共享。等价于对第一个分析系统的所有单

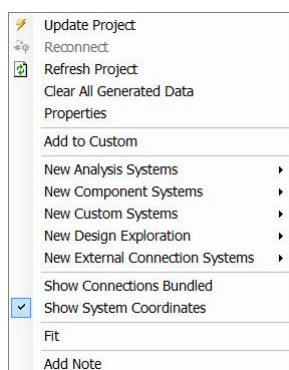
元格进行拷贝。

- 替换：更改用户的分析系统或者其他的求解器。



(4) 项目管理页面空白处弹出菜单。

鼠标右键单击项目管理页面空白处即可出现该弹出菜单。并不是所有时候都可以看到此弹出菜单，主要是依据用户的项目状态。



### 1.3 ANSYS SpaceClaim 功能特点

(1) 智能化的图标菜单。

SpaceClaim 提供了良好的菜单结构：用户在图形操作区和菜单区之间移动光标的次数尽量少，菜单层次尽量少，菜单直观、简洁、明了，菜单项排列根据使用频率自动组合、调节位置，操作指令结构十分简化。



SpaceClaim 没有复杂的菜单结构，因为在有大量命令需求的情况下才需要菜单，当命令被精简到少数的几个或十几个时，层叠的菜单就没有必要了，这样可以实现最快的操作速度。

SpaceClaim 主要的命令只有 4 个：拉动、移动、填充、组合。

(2) 拖曳式造型

SpaceClaim 采用的是拖曳式操作，直观、快速、所见即所得。在变量化技术的支持下，

利用形状约束和尺寸约束可以分开处理的灵活性,已经实现了对零件上的常见特征直接以拖曳的方式直观、实时地进行图示化编辑修改的功能。

(3) 动态导引器。

SpaceClaim 会在操作过程中根据需要在光标的上方弹出一个半透明的微型工具栏,鼠标所需移动的距离极少,智能而方便。

(4) 动态建模技术。

动态建模技术提供了一个具有高度适应性的灵活设计环境,支持具有大量偶然性因素的设计模式,这种灵活性使得 SpaceClaim 成为概念定义、设计创建和模型修改的理想工具。

(5) 几何推论技术。

几何推论技术可以实时地判断和高亮出设计的相似性,例如同半径值的孔或共面的曲面,在模型创建和修改时可以提高操作效率。

(6) 多种选择方式:颜色、类型、多边形域。

多种选择方式方便用户快速从复杂的装配件中选出所需操作的零部件。



### 1.3.1 直接建模

传统的3D软件都是基于特征的参数化建模系统,尽管其详细设计功能曾得到用户的肯定,但这些软件复杂的模型特征树及特征之间的约束条件等关联,经常造成模型修改的困难并导致重建失败,已无法满足工程领域日益受到重视的创新和概念设计以及仿真驱动设计的需求。有别于其他基于特征的传统CAD建模工具,基于直接建模的SpaceClaim摒弃了传统3D软件的特征树及隐藏约束条件等建模概念,为工程界提供了一个高度灵活的动态建模空间。SpaceClaim可以智能捕捉并识别内部创建及外部导入的各种几何特征,然后利用切割、移动、组合等工具进行特征编辑,最大限度地降低了鼠标单击操作,较之传统3D软件可以提升建模、编辑效率5~10倍。

基于直接建模思想的ANSYS SCDM代表的是一种动态建模技术,即对无论何种来源的模型都可以直接编辑,不需要考虑模型的历史,不受参数化设计中复杂的关联的约束。

SpaceClaim的直接建模技术为用户提供钣金设计功能。钣金设计包含了自动折弯和展开,并能在三维设计和钣金设计之间切换,可以设定钣金设计的厚度、弯曲半径和K系数,对输入的薄壁模型也可做钣金设计。

SpaceClaim作为操作快速的三维CAD软件,可以把产品设计周期由几周缩短到几天甚至几个小时,并且界面简单、操作直观、容易学习和掌握,功能却不逊色于其他任何主流参数化建模系统。

### 1.3.2 二维用户到三维建模的最佳选择

SpaceClaim可以直接打开DXF、DWG数据格式并直接将其用于后续的三维模型构建,方便快捷。





|            |            |
|------------|------------|
| ACIS       | ANSYS      |
| AutoCAD    | CATIA      |
| ECAD       | IGES       |
| Inventor   | JT         |
| NX         | OSDM       |
| Parasolid  | PDF        |
| Pro/E      | Rhino      |
| SketchUp   | Solid Edge |
| SolidWorks | STEP       |
| STL        | VDA        |
| JPEG       | .....      |

在 SpaceClaim 中可以导出的数据格式包括：

|                |             |
|----------------|-------------|
| ACIS           | AutoCAD     |
| CATIA          | Fluent Mesh |
| Icepak Project | IGES        |
| JT             | OBJ         |
| Parasolid      | PDF         |
| POV-Ray        | Rhino       |
| SketchUp       | STEP        |
| STL            | VDA         |
| Bitmap         | GIF         |
| JPEG           | .....       |

### 1.3.4 三维几何模型建立功能

SpaceClaim 的建模工具可以在零件或装配体的剖面视图模式、草图模式以及三维模式下工作，甚至是在 SpaceClaim 的 3D 标注环境下工作。用户在熟悉的 2D 设计视图下通过开始一个布局或对 2D 元素进行回转、对称等操作即可轻松得到三维的组件。

SpaceClaim 集成的工作空间提供了单一的设计环境，既可以针对零件进行工作，也可以针对装配体进行工作。这样的工作空间适合自上而下的工作方式，因为随着设计的推进，零件可以根据需要方便地合并与拆分。此外，使用鼠标左键在设计的结构树上拖曳即可实现装配结构与层次关系的快速调整。

#### (1) 草图工具。

草图模式使用户可以快速地创建草绘外形。用户可以进行精确尺寸的草图定义，也可以给出大略的布局，后期再进行修改。草图元素包括直线、扫掠弧和样条曲线等。

## (2) 拉动工具。



拉动工具通过一个简单的动作即可实现几何的创建和修改。用户可以拉动一个曲面而得到实体、腔体或孔，也可以使用拉动命令绕着一个轴线进行旋转操作，或者创建两个截面之间的混成（融合）实体或曲面等更为高级的几何。沿着一个轨迹拉动某轮廓会得到一个扫略体（面），拉动一条边可以创建一个倒圆角或倒角。

## (3) 移动工具。

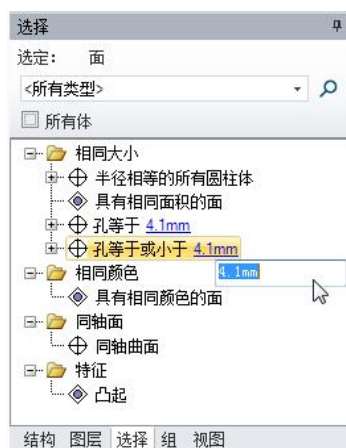
移动工具加快了移动或复制几何的速度，通过一个 3D 的移动手柄来指定几何移动的方向、旋转角度和位置。

## (4) 填充工具。

填充工具可以快速方便地进行 CAD 模型的修改，比如倒圆角等几何特征的去除。

## (5) 组合工具。

组合工具提供了用于合并或分开一组几何的单一工具。通过使用组合工具，一个零件内的几何或者不同零件内的几何都可以被分开或合并。



## (6) 高级选择。

高级选择使用户可以搜索类似的几何并且方便地选择某几何的子集或者从结果列表中选择完整的组，以便一次性地修改、移动或删除。此外，先前选择的几何组会被记忆并呈现给用户。当用户频繁进行选择操作时，此功能会是加速用户建模或修模效率的可靠手段。

## (7) 工具向导。

向导是一组专用的图标，当用户选择了一个工具或操作后，此图标组会显示出来。向导以清晰、图形化的方式给出了每个工具的可能操作类型，帮助用户完成选定的操作。选中的图标会显示在光标的旁边，给出当前任务的明确指示。

### （8）装配设计。

装配设计功能包括了一个装配内零件的配合与定向，同时也具有将这些约束打开与关闭的灵活性，装配的关联显示于装配结构树之上，可以激活或使用鼠标选中相应的勾选框将之移除。

### （9）多种实用模型处理工具。

实用模型处理工具包括：

- 阵列工具界面（包括线性、旋转和填充阵列）。
- STL 格式可作为实体模型导入。
- STL 模型截面曲线拟合。
- 对面或者区域进行裁剪。
- 标准孔创建向导。
- 草图尺寸功能。
- 模型最小尺寸测量。
- 多核运算快速处理小面模型。
- 平面拖曳建模。
- .....

## 1.3.5 适合于 CAE 仿真的 CAD 模型修改

CAD 模型虽然能够准确表达研发产品的几何形状，但是往往一些几何特征不适合体现在仿真分析中，因此 CAD 模型在用于 CAE 网格划分操作之前通常需要进行模型清理工作，例如去除不需要的孔、小的导圆、倒角、小的凸台等。通常这些工作会需要很大的工作量，但借助于 SpaceClaim 这些操作变得十分简单。

SpaceClaim 提供了快速的模型修改与清理工具，比如填充工具适合去除凸台、凹孔、倒角等部位，可智能判断所选取面所属的部位特性，然后施加不同的操作。对凸台执行的是去除，对凹孔执行的是填充等。一个命令就可以完成绝大多数的清理任务。

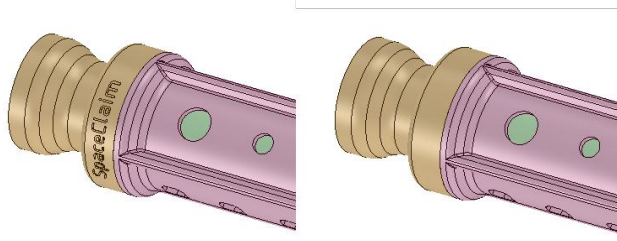
下面是使用 SpaceClaim 进行 CAD 模型清理的一些典型应用。

例一：批量去除倒圆角。

先选中一个较大的倒圆角，然后在选择面板中单击  搜索按钮，在结果窗口中有一项“等于或小于圆半径”，选中，然后单击填充工具，所有等于或小于选中圆角半径的倒圆角都会被去除。

例二：去除凸台类特征。

从左向右拖动鼠标框选需要去除的特征，然后单击填充工具。



例三：去除复杂腔体。

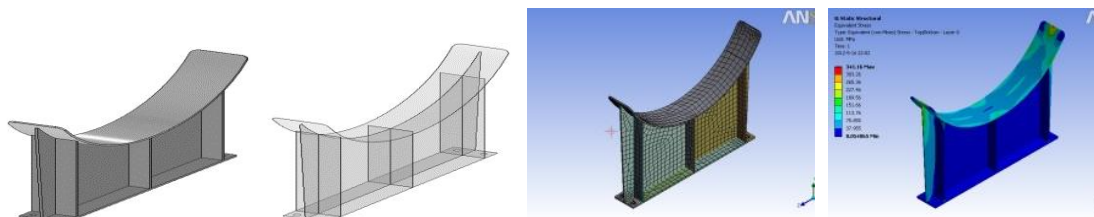
对复杂开口腔体进行操作的难点在于如何选择，普通的框选难以选中所有的腔体表面，此时可以按住 **Ctrl** 键分别选中复杂腔体内不同典型区域的一个面，然后在选择面板中单击  搜索按钮，按住 **Ctrl** 键在结果窗口中选中所有的凹孔部分，然后单击填充工具，复杂腔体即可被填充。

例四：批量去除同半径圆孔。

选中一个圆孔的内表面，然后在选择面板中单击  搜索按钮，在结果窗口中有一项“等于孔半径”，选中，然后单击填充工具，所有等于选中圆孔半径的圆孔都会被去除。

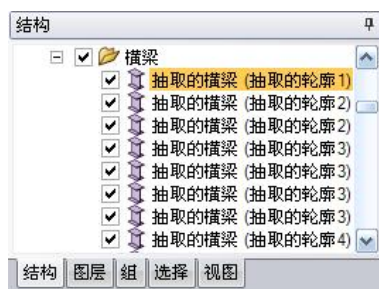
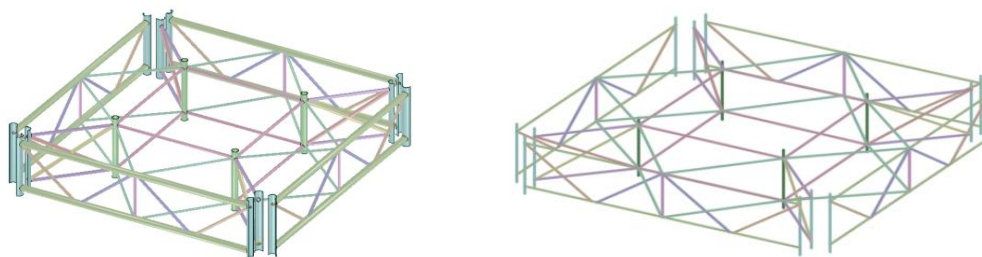
例五：批量抽取中面。

选中实体模型的两个对应面，程序会自动查找其余对应的面，单击抽取中间面工具即抽取完成。



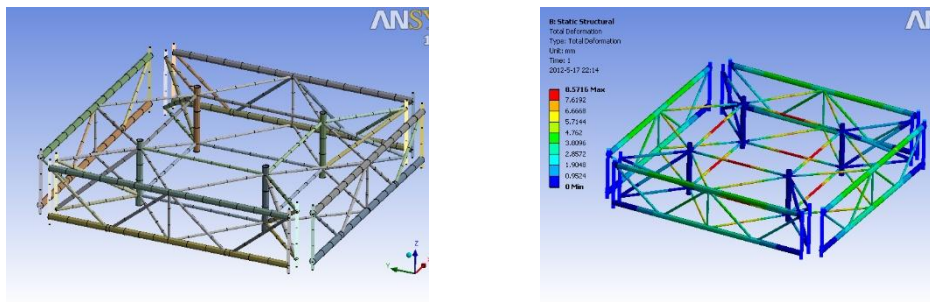
例六：抽取梁模型。

采用抽取梁工具可以直接抽取实体模型为梁模型并生成梁截面，自动延伸梁模型使彼此相交。

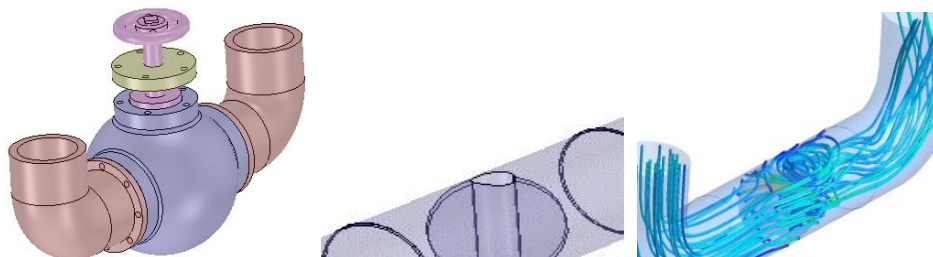


| 属性     |                           |
|--------|---------------------------|
| Ixx    | 53651.207cm <sup>4</sup>  |
| Ixy    | 0                         |
| Iyy    | 53651.207cm <sup>4</sup>  |
| 剪切中心 X | 0                         |
| 剪切中心 Y | 0                         |
| 扭力常数   | 107302.414cm <sup>4</sup> |
| 翘曲常数   | 0                         |
| 区域     | 220.101cm <sup>2</sup>    |
| 质心 X   | 0                         |
| 质心 Y   | 0                         |





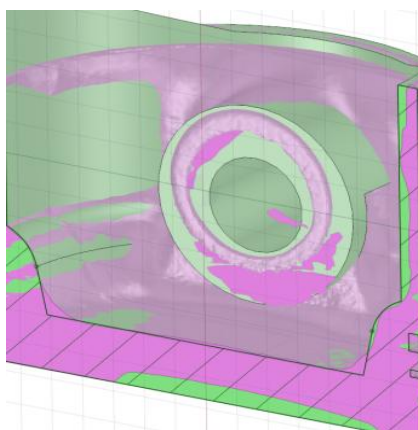
例七：体积抽取及包围体创建功能，用于流体及电磁分析域的几何生成。



例八：模型导入 ANSYS Workbench 之前显示其拓扑关系。

模型导入 ANSYS Workbench 前可以在 SpaceClaim 中预览其拓扑关系，以便修复模型中没有共享拓扑的几何元素。

### 1.3.6 逆向工程的极佳选择



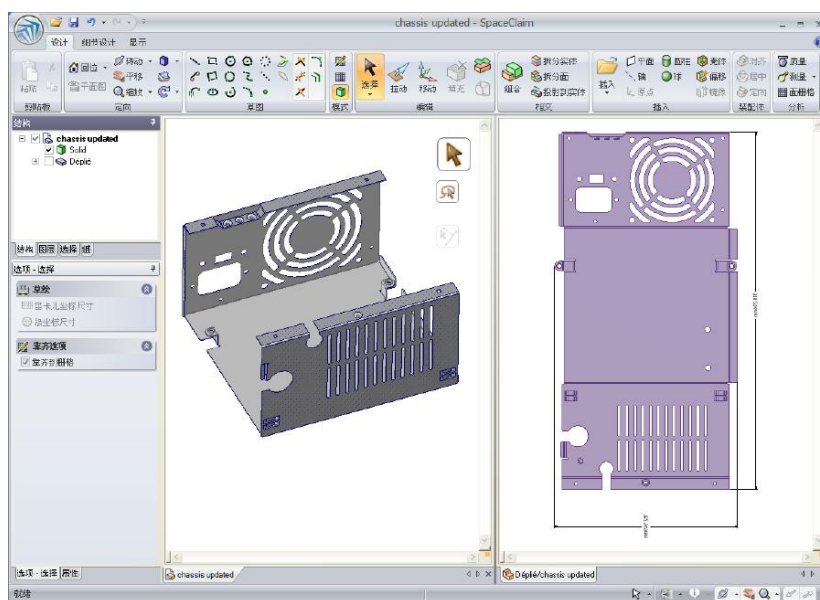
前已述及，SpaceClaim 是当前市场上最快速的实体建模软件。借助其高效率的模型创建能力可以直接对扫描数据进行操作，并将处理所得的数据与已有的 2D 或 3D 数据组合，从而快速地形成新的设计，为逆向工程建模提供以下便利：

- 将扫描特征变成实体。
- 对数据进行整合形成即时设计方案。
- 把不精确的图纸数据转换成精确的表面，如圆柱面、锥面等。
- 利用添加或切除材料对扫描数据进行编辑，进而用于模型装配及修改。

- 不会出现隐含约束、重建错误及外部关联性问题。
- 极大地提升了建模速度，显著缩短了模型构建周期。

### 1.3.7 辅助制造的利器

夹具、模具设计是产品制造前的一项重要工作，但客户提供的 3D 模型数据格式不一。SpaceClaim 能够打开不同的 CAD 系统文件，更好地帮助用户快速理解 3D 模型并直接在 3D 模型上做设计，按照制造和加工工程师的意图输出加工图纸。



SpaceClaim 具有一流的钣金设计功能，它可以利用直接建模技术快速进行钣金设计，也能够将已有几何转换成钣金，或者对不符合钣金生产标准的组件进行修复。