前　言

随着科技的发展，计算机辅助设计技术越来越广泛地应用在各个设计领域。现在，它已经突破了二维图纸电子化的框架，转向以三维实体建模、动力学模拟仿真和有限元分析为主线的虚拟样机制作技术。使用虚拟样机技术可以在设计阶段预测产品的性能，优化产品的设计，缩短产品的研制周期，节约开发费用。本书从最基础的入门讲起，介绍建立虚拟样机软件在工程上的应用，以此推动虚拟样机技术在我国的普及。

以三维实体建模为基本功能的 Pro/ENGINEER2000i 采用“尺寸驱动参数化的基于特征的实体建模技术”，彻底改变了传统的设计理念，建立了一个统一的能在系统内部引起变化的数据结构。因此在产品开发过程中，更改一处设计能够很快传遍整个设计过程，以确保所有的零件和各个设计环节保持一致性和协调性。

作为一名系统分析工程师，作者参加了多个国家级大型项目的研制工作，深深地体会了设计工程师在学习 Pro/ENGINEER2000i 的艰辛。作者希望通过把这些年来在设计产品中使用 Pro/ENGINEER2000i 的经验感受贡献出来和大家分享，以使后来者能够更快地进入 Pro/ENGINEER2000i 提供的三维实体设计领域，同时，本书也适用于 Pro/ENGINEER2000i^2。

在本书各个章节中，结合大量的工程实例，通过图形化的说明和具体操作过程，介绍了 Pro/ENGINEER2000i 的设计流程以及在三维实体建模方面的常用功能。通过本书的学习，可以使您熟练地使用 Pro/ENGINEER2000i 来设计自己的产品。

本书在编写过程中，得到了谷中丽教授的指导。参加编写工作的还有杨韶东、杨林、丛振刚、张春生、边明远、潘新建等同志。

感谢所有为本书做出贡献的人。

由于时间仓促、作者水平有限，书中错误在所难免，欢迎广大读者批评指正。

编　者

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　　录

第一章　Pro/ENGINEER2000i 系统简介

1.1　Pro/ENGINEER2000i 的特性 …… (1)
1.2　Pro/ENGINEER2000i 的硬件配置 …… (2)
1.3　Pro/ENGINEER2000i 的模块 …… (2)
1.4　Pro/ENGINEER2000i 的启动 …… (4)
1.5　Pro/ENGINEER2000i 的界面 …… (4)
1.6　Pro/ENGINEER2000i 的退出 …… (8)

第二章　草绘截面基础

2.1　草绘截面 …… (9)
2.2　标注尺寸 …… (15)
2.3　修改截面 …… (18)
2.4　草绘截面的原则 …… (22)

第三章　三维建模基础

3.1　零件模式和装配模式 …… (23)
3.2　基准平面 …… (23)
3.3　基本特征介绍 …… (24)

第四章 基本特征的应用

4.1　Pro/ENGINEER2000i 的初始设置 …… (33)
4.2　建模实例 …… (36)
实例 1　垫 块 …… (37)
实例 2　法兰盘 …… (45)
实例 3　摇 把 …… (51)
实例 4　容 器 …… (54)
4.3　修改模型 …… (57)
4.3.1　Modify (修改) 特征的应用 …… (58)
4.3.2　Redefine (重新定义) 特征的应用 …… (60)
4.3.3　删除和含隐特征的应用 …… (64)
4.3.4　重新排列特征的创建顺序 …… (66)
4.4　基本特征的综合应用 …… (68)

实例 5　螺 栓 …… (68)
实例 6　螺 母 …… (73)
实例 7　平垫圈 …… (78)
实例 8　弹簧垫圈 …… (79)
实例 9　弹性挡圈 …… (81)
实例 10　平 键 …… (83)
实例 11　轴 …… (85)
实例 12　电 机 …… (88)
实例 13　电机盖 …… (94)
实例 14　下箱体 …… (98)
实例 15　上箱体 …… (104)
实例 16　风 机 …… (110)

第五章　装　配

5.1　装配设置 …… (114)
5.1.1　Config 文件设置 …… (114)
5.1.2　主要装配约束介绍 …… (115)
5.2　开始装配 …… (116)
5.2.1　电机总成 …… (116)
5.2.2　风机总成 …… (120)
5.2.3　电机 – 风机总成 …… (123)
5.3　渲 色 …… (124)

第六章　高阶特征的应用

综合实例 1　多孔板 …… (127)
综合实例 2　空间管道 …… (129)
综合实例 3　浴 缸 …… (131)
综合实例 4　钻 头 …… (136)
综合实例 5　手 杖 …… (139)
综合实例 6　瓶 体 …… (141)
综合实例 7　弹 簧 …… (145)
综合实例 8　齿 轮 …… (146)

第七章　其他功能

7.1　Erase 和 Delete 的区别 …… (152)
7.2　重现模型创建过程 …… (153)
7.3　创建爆炸图 …… (153)
7.4　使用图层 …… (154)
7.5　控制部件显示状态 …… (156)

7.6 定义视图 (157)
7.7 设置快捷键 (160)

第八章 Pro/ENGINEER 与 ADAMS 的接口 MECHANISM/Pro

8.1 MECHANISM/Pro 简介 (162)
8.2 MECHANISM/Pro 中的约束 (163)
8.3 MECHANISM/Pro 的设计流程 (165)
8.4 应用实例 (166)
8.4.1 创建装配模型 (166)
8.4.2 定义刚体 (167)
8.4.3 施加运动学约束 (168)
8.4.4 传送模型 (170)

附 录 Pro/ENGINEER2000i 菜单简介 (172)

参考文献 (183)

第一章　Pro/ENGINEER2000i 系统简介

Pro/ENGINEER 是 PTC 公司开发的以三维实体建模为主要功能的 CAD 软件，使用它可以进行造型设计、机械设计、模具设计、加工制造、机构分析、有限元分析以及关系数据库管理等等。Pro/ENGINEER 可以与机械系统动力学分析软件（如：ADAMS）和有限元分析软件（如：ANSYS、I-DEAS）联合起来，构成一个有机的设计开发环境，从产品的造型设计、功能仿真，一直到有限元分析等设计阶段都在计算机上完成，从而优化产品的结构，提高产品的设计水平，降低产品的开发费用，缩短产品的研制周期。

1.1　Pro/ENGINEER2000i 的特性

Pro/ENGINEER 之所以成为流行的三维实体建模工具，除了它可以与机械系统动力学分析软件（如：ADAMS）和有限元分析软件（如：ANSYS、I-DEAS）方便地交换模型数据以外，还在于它有以下特性：

（1）采用单一数据库设计

Pro/ENGINEER 的每一个零件都是由惟一的一个数据库确定的，对于零件的修改可以通过模块之间的相互关联扩展到整个设计过程中。例如：在 Pro/ENGINEER 装配模式中，发现两个零件有干涉现象，只需要在装配模式中修改这两个零件，则在零件模式中就会发现这两个零件也做了相应的修改。同样也可以在零件模式中修改零件，则装配模式中的零件也做了相应修改。

（2）采用三维实体造型技术

Pro/ENGINEER 摆脱了传统的线、面造型，采用三维实体造型技术，建立三维实体模型，它不但可以将产品的实际形状真实呈现出来，还可以计算产品的表面积、体积、质量、转动惯量以及质心位置等特性参数。

（3）采用基于特征的造型技术

使用 Pro/ENGINEER 建造的三维实体模型，是用一个一个的特征（Feature）构成的，这些特征就像制造实际产品的加工工艺一样，如：打孔（Hole）、倒角（Chamfer）等，逐步建立零件的三维实体模型。设计人员使用这些特征（Feature）创建模型，具有更大的随意性和创造性，可以很方便地创建和更改模型。

（4）可以进行参数化设计

Pro/ENGINEER 可以将模型中的每一个尺寸定义为参数，通过修改参数可以达到修改模型的目的。Pro/ENGINEER 还可以将相关的参数定义为逻辑关系式或数学表达式以建立起尺寸之间的关系式，将它们关联起来，修改其中的一个尺寸，其相关尺寸也会相应修改。

Pro/ENGINEER2000i 是 Pro/ENGINEER 具有里程碑意义的新版本，除提高了软件的稳定性外，其界面更友好，用户的操作和使用更方便。另外，Pro/ENGINEER2000i 还加入了意向

需要全本请访问 www.ertongbook.com

管理员（Intent Manager）、3D 批注说明（3D Notes）、新的软件授权管理方式（FLEXIm）以及贯联组装设计（Top-Down Design）等新功能。Pro/ENGINEER2000i 中新加入的意向管理员（Intent Manager）功能，可以在草绘截面的时候，自动地显示可以采用的约束条件（Constraints），并且在绘制图形的同时标注尺寸，大大提高了草绘截面的效率。

1.2 Pro/ENGINEER2000i 的硬件配置

Pro/ENGINEER2000i 可以在当今普遍使用的操作系统中运行，如：Unix、Windows 2000、Windows NT、Windows 98、Windows 95 等。在每一种操作系统中，Pro/ENGINEER2000i 都有相同的界面和功能，而且使用 Pro/ENGINEER2000i 建立的模型也可以在不同的操作系统之间相互引用。

对于一般的个人计算机，使用 Pro/ENGINEER2000i 所需的硬件配置主要为：

- 处理器　　Intel 的 Pentium Ⅱ 233 以上，AMD 的 K6 以上；
- 主板　　无特别要求，最好支持 AGP 接口；
- 内存　　64MB 以上；
- 显存　　2MB 以上；
- 显卡　　能提供 Open GL 的显卡；
- 硬盘空间　　500MB 以上；
- 网卡　　无特别要求，但必须要有；
- 鼠标　　三键鼠标；
- 键盘　　标准键盘；
- 显示器　　建议使用 17 英寸以上的显示器；
- 光驱　　必须有，主要用于安装 Pro/ENGINEER2000i。

1.3 Pro/ENGINEER2000i 的模块

Pro/ENGINEER2000i 是基于特征的参数化的具有单一数据库功能的三维实体造型系统，它功能强大，可以应用于工业设计、机械设计、功能仿真、制造和数据管理等领域，涉及从设计到生产的全过程。为了完成这些功能，PTC 公司开发了与之配套的相应模块。

（1）Pro/ENGINEER 模块

Pro/ENGINEER 模块是一个造型软件包，它是 Pro/ENGINEER2000i 系统的基本部分，其主要功能包括：创建三维实体零件模型、装配模型、创建二维工程图、参数化功能定义、三维模型的渲色、实体或线框显示以及产生不同视角的视图等等。Pro/ENGINEER 模块创建的三维实体模型，是由一系列完成不同造型功能的特征（Feature）组合而成的，其中采用圆角（Round）、倒角（Chamfer）和抽壳（Shell）等特征完成的造型，对于设计工程师来说更自然、更直观，无需采用复杂的几何设计方式。

Pro/ENGINEER 模块可以采用关系式（Relations）来定义模型的尺寸，不像其他系统是对模型尺寸直接指定为固定数值，这样设计工程师就可以任意定义模型中尺寸之间的关系。如果修改了模型中的一个尺寸，其他相关的尺寸也会自动修正。这个功能使得修改模型更简

单，也使设计优化更趋完美。

Pro/ENGINEER 模块可以在单用户环境下（不需要任何附加模块）完成大部分零件模型的创建、装配以及制作二维工程图等功能。本书主要介绍这个模块的使用方法。

（2）Pro/ASSEMBLY 模块

Pro/ASSEMBLY 是一个参数化装配管理系统，它可以用自定义手段生成一组装配系列，并且可以自动更换零件。Pro/ASSEMBLY 是 Pro/ENGINEER 的扩展选项模块，只能在 Pro/ENGINEER 环境下运行。

（3）Pro/FEATURE 模块

Pro/FEATURE 扩展了 Pro/ENGINEER 内的原有特征（Feature），如各种曲面造型（Profited Dome）、抽壳（Shell）、三维扫描（3D Sweep）、混成（Blend）、簿体（Thin）等等。Pro/FEATURE 通过将 Pro/ENGINEER 内任意数量的特征（Feature）组合在一起形成用户自定义的特征，这样就可以迅速而方便地生成实体。

Pro/FEATURE 具有将零件从一个位置复制到另一个位置的能力、组合特征的能力和镜像复制复杂实体模型的能力。

（4）Pro/SURFACE 模块

Pro/SURFACE 是一个可选模块，它扩展了 Pro/ENGINEER 的生成、输入和编辑复杂曲线和曲面的功能。Pro/SURFACE 提供了一系列必要的工具，可以使工程师很容易地完成用于飞机和汽车的气动曲线及曲面设计、船壳设计和通常碰到的复杂造型设计。

（5）Pro/SHEETMETAL

Pro/SHEETMETAL 扩展了 Pro/ENGINEER 的设计功能，可以完成参数化的钣金造型和装配，它包括可以生成金属钣金件设计模型以及钣金件的展开平面图形。

Pro/SHEETMETAL 提供了参照钣金库进行弯曲模型和展开模型的能力，同时支持库存储和替换用户自定义特征的功能。

（6）Pro/DESIGN 模块

Pro/DESIGN 用于加快设计大型和复杂的装配工作，它可以方便地生成装配图层次等级，二维平面图布置上的非参数化装配概念设计、参数化概念分析，以及三维零件的平面布置。Pro/DESIGN 也能使用二维平面图自动装配零件。

Pro/DESIGN 必须在 Pro/ENGINEER 环境下运行。

（7）Pro/DETAIL 模块

Pro/ENGINEER 提供了全面的生成工程图的能力，包括：自动标注尺寸，参数特征生成，全尺寸修饰，自动生成投影面、辅助面、截面和局部视图等。Pro/DETAIL 扩展了 Pro/ENGINEER 的这些基本功能，允许直接从 Pro/ENGINEER 的实体造型产品中产生符合 ANSI/ISO/JIS/DIN 标准的工程图。

（8）Pro/DRAFT 模块

Pro/DRAFT 是一个二维绘图系统，它可以直接产生和绘制工程图，无需进行三维造型。Pro/DRAFT 允许通过 IGES 和 DXF 等文件接口接收一些其他 CAD 系统的工程图。

（9）Pro/CABLING 模块

Pro/CABLING 提供了一个全面的电缆布线功能，它可以在 Pro/ENGINEER 的部件内进行三维电缆和导线束的综合性铺设设计，三维电缆的铺设可以在设计和组装机电装置时同时

进行，它还允许设计工程师进行机械与电缆空间的优化设计。

（10）Pro/CAT 模块

Pro/CAT 是选装模块，它提供了 Pro/ENGINEER 与 CATIA 的双向数据交换接口。通过 Pro/CAT，CATIA 的模型可以直接输入到 Pro/ENGINEER 软件内，并且可以进行 Pro/ENGINEER 中的各种操作，而 Pro/ENGINEER 也可以将其模型输出到 CATIA 软件中。

（11）Pro/MESH 模块

Pro/MESH 提供了实体模型和薄壁模型的有限元网格自动生成功能，也就是它可以自动地将实体模型划分成有限元素，以便于有限元分析。所有参数化应力和范围条件可以直接在实体模型上指定，即允许设计者定义参数化载荷和边界条件，并且自动生成四边形或三角形实体网格。

（12）Pro/INTRALINK 模块

Pro/INTRALINK 提供了一系列数据管理工具，用于大规模复杂设计上的管理系统，适合多组设计人员同步运行工程设计环境。它可以集中管理所有设计的文档。

Pro/INTRALINK 可以应用于所有的 Pro/ENGINEER 的应用软件，并且有效地监控所有的双向关联性及参数化设计所发生的变化。它还具有产品的组织管理、多重存取控制及安全保证、用户化的改变程序及报表生成、查询等功能。

（13）Pro/MANUFACTURE 模块

Pro/MANUFACTURE 可以产生生产过程规划以及零件加工时刀具路径的 NC 程序，它能将生产过程、生产规划与设计造型连接起来。对于设计上的任何改变，软件都能自动地重新产生与之相关的生产上的程序和资料，无需设计者进行修正。

Pro/MANUFACTURE 将具备完整关联性的 Pro/ENGINEER 产品线延伸至加工制造领域。

（14）Pro/REPORT 模块

Pro/REPORT 模块是 Pro/ENGINEER 的一个可选模块，它提供了一个将字符、图形、表格和数据组合在一起以形成一个动态报告的功能强大的格式环境。它可以很方便地生成材料清单，并可以根据数据的多少自动改变表格的大小。

1.4 Pro/ENGINEER2000i 的启动

确信 Pro/ENGINEER2000i 软件已经由 PTC 公司的工程师安装成功，或者已经按照该软件的安装说明正确安装。启动 Pro/ENGINEER2000i 一般有两种途径：第一种途径是直接用鼠标双击 Pro/ENGINEER2000i 在屏幕上的快捷图标；第二种途径是在“开始”菜单中，选择“程序”，再选择“Pro ENGINEER”中的“proe2000i”，即可启动 Pro/ENGINEER2000i。

1.5 Pro/ENGINEER2000i 的界面

Pro/ENGINEER2000i 启动时，首先会显示一个说明 Pro/ENGINEER 版本的画面（图 1 – 1），然后出现如图 1 – 2 所示的主工作窗口。在 Pro/ENGINEER2000i 的主工作窗口中，可以使用下拉式菜单中的命令，也可以使用工具栏中的图形按钮。

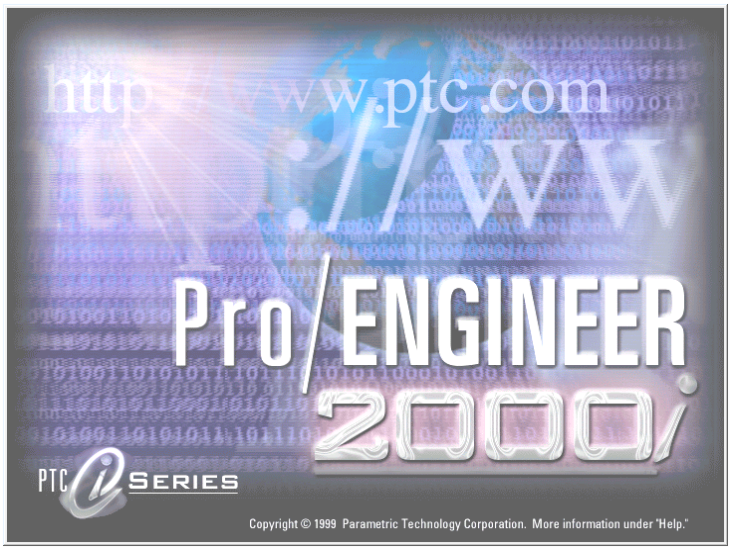


图 1 – 1　Pro/ENGINEER 版本信息

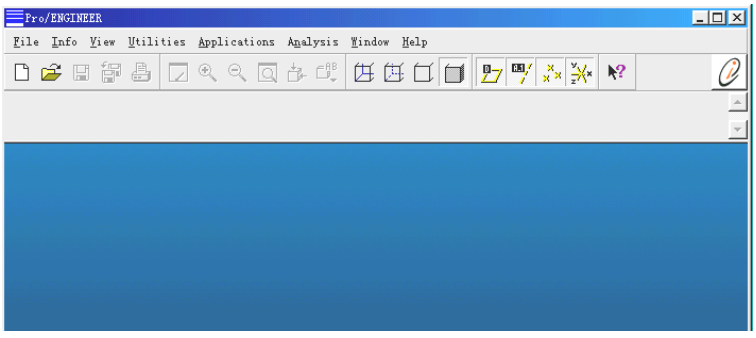


图 1 – 2　Pro/ENGINEER2000i 主工作窗口

点击工具栏中创建新文件图标，或从下拉式菜单栏的 File 菜单中选择 New 命令，系统弹出创建新文件对话窗，使用系统默认的文件名：PRT0001，按 OK，如图 1 – 3 所示。

系统出现如图 1 – 4 所示的环境界面。它包括主工作窗口、菜单管理器和模型树窗口三个部分。

主工作窗口包括窗口标题、菜单栏、工具栏、信息区、绘图区和提示区。其中，窗口标题位于主工作窗口的最上方，用于表示工作模式（如 Part、Assembly、Drawing 等）及其文件名。

菜单栏包括 File、Info、View、Utilities、Applications、Analysis、Window 和 Help 等下拉式菜单。主要功能如下：

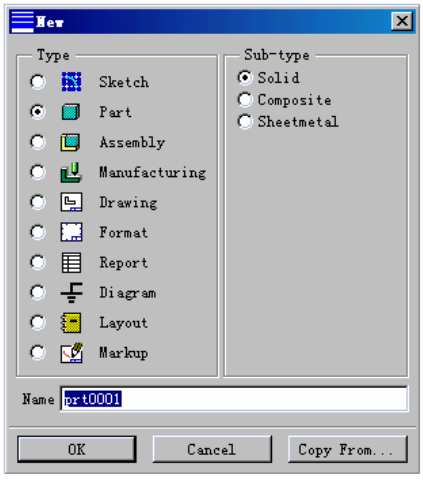


图 1 – 3　创建新文件对话窗

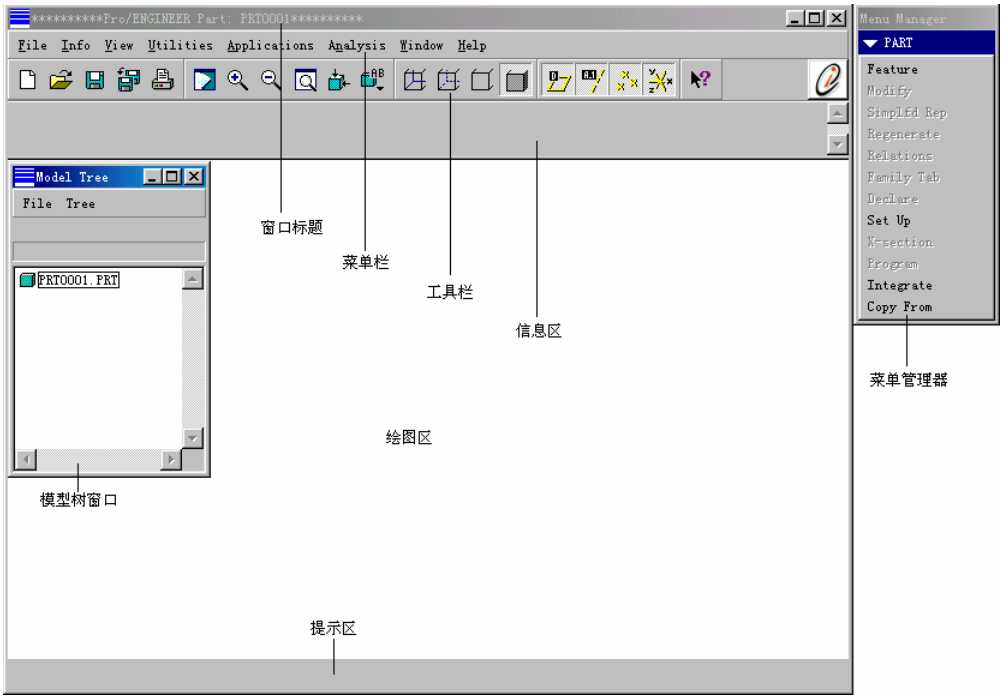


图 1 – 4　Pro/ENGINEER2000i 环境界面

- File（文件）菜单中包含与文件有关的各种操作命令；
- Info（信息）菜单中包含与特征有关的各种信息的命令；
- View（视图）菜单中包含与显示有关的设置和命令；
- Utilities（系统工具）菜单可以设置工作环境、用户界面、颜色以及其他功能；
- Applications（应用模块）菜单中包含 Pro/ENGINEER2000i 的模块；
- Analysis（分析）菜单中包含许多实用的分析小工具；
- Window（窗口）菜单包含不同窗口的打开、关闭、激活等命令；
- Help（帮助）菜单可以提供联机帮助。

工具栏位于菜单栏的下方，它包含了一些比较常用的控制指令，以图标的形式呈现，便于使用。

信息区位于工具栏的下方，显示系统提示使用者的信息或显示输入栏让使用者输入参数或名称。

绘图区是主工作窗口中最大的一部分，用于完成草图的绘制、实体特征的创建、零件的装配以及显示二维工程图等工作。

提示区位于主工作窗口的最下方，当使用者点击菜单管理器中的命令时，系统将会在提示区显示该选项的功能。

菜单管理器（图 1 – 5）包含了绘图和编辑修改的命令，系统按性质的不同，设置了几个主命令菜单，点击主命令菜单就会显示其包含的子菜单，有的菜单有多层子菜单。将鼠标停留在某一个菜单选项上时，系统便会在当前激活窗口的底部——提示区中解释该菜单的功能；如果需要额外的说明，则以鼠标右键选取菜单选项，在弹出菜单中选取获得帮助（Get Help）。

模型树窗口（图 1－6）用于显示构成 Part（零件）的 Feature（特征）或组成 Assemble（装配）的 Part（零件），使用者可以直接对此窗口内的特征进行修改、重新定义以及重新装配等操作。将鼠标移动到所需修改的特征上，按右键，选择弹出菜单中的命令，就可以对该特征进行修改或重新定义了。



图 1－5　菜单管理器

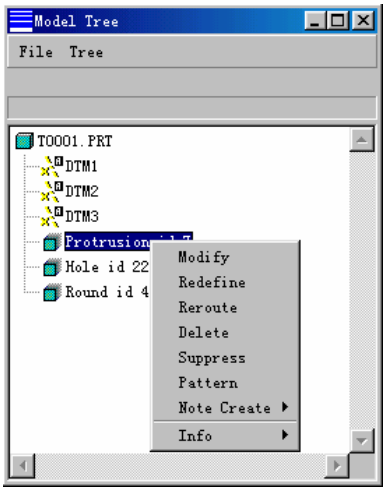


图 1－6　模型树窗口

使用 Pro/ENGINEER2000i 在同一时间可以创建和打开多个模型，每个模型都有一个单独的模型窗口，这样可以在创建或修改一个模型时参考另一个模型。但是，Pro/ENGINEER2000i 仅允许一次只能创建或修改一个模型，若创建或修改另一个模型，则需要将该模型窗口激活（Activate）。激活一个模型窗口，并不仅仅是将其设置为最上层窗口，而是必须通过菜单栏的窗口（Windows）下拉菜单中的激活（Activate）选项，如图 1－7 所示，或者在菜单栏的窗口（Windows）下拉菜单中通过直接选取该模型文件激活其模型窗口，如图 1－8 所示。

激活的模型窗口，在其文件名称的前面有一个黑色小圆点标记，如图 1－8 所示。

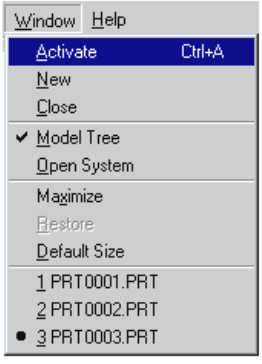


图 1－7　激活命令菜单

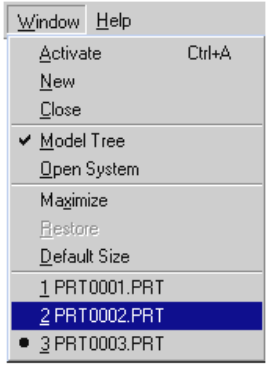


图 1－8　激活模型窗口

需要全本请访问 www.ertongbook.com

1.6 Pro/ENGINEER2000i 的退出

在 Pro/ENGINEER2000i 中，完成三维实体模型的创建并存盘后，如果想退出 Pro/ENGINEER2000i，在主工作窗口 File 菜单中选择 Exit 命令，或点击右上角的关闭按钮 ，就可以退出 Pro/ENGINEER2000i 程序。

注意：退出 Pro/ENGINEER2000i 之前，确认已经保存了已完成的所有文件，因为 Pro/ENGINEER2000i 在退出时对未保存的文件不做警示，如果没有存盘，损失将无法挽回。

在学习 Pro/ENGINEER2000i 时，关键是要树立起三维实体模型的概念，不要局限于二维图形的点、线、面，要灵活地使用 Pro/ENGINEER2000i 的特征（Feature）及其创建顺序，逐步建立三维实体模型。如果是初次使用 Pro/ENGINEER2000i，建议按照本书的顺序，由简单到复杂，由基础到高阶，你会发现学习 Pro/ENGINEER2000i 是一项既简单又快乐的事情。

第二章　草绘截面基础

在使用 Pro/ENGINEER2000i 创建三维实体模型时，草绘（Sketch）二维截面非常关键的。在创建 Pro/ENGINEER2000i 的特征（Feature）时，如：拉伸（Extrude）、旋转（Revolve）、扫描（Sweep）等都需要草绘截面。另外，草绘截面还应用在创建工程图以及创建二维装配示意图（Layout）等工作中。本章将介绍如何草绘二维截面图形、如何修改二维截面图形以及如何对二维截面图形标注尺寸。

2.1　草绘截面

二维截面的绘制、修改和标注尺寸等操作命令均在 SKETCHER（草绘）菜单中，如图 2 – 1 所示。其中，Sketch 子菜单包含草绘截面的各种命令，如：草绘点（Point）、直线（Line）、圆弧（Arc）等；Dimension 子菜单用于手工标注各种尺寸；Constrain 子菜单包含各种约束条件，如：平行（Parallel）、相切（Tangent）、对齐（Alignment）等；Modify 子菜单用于修改尺寸的数值或文字的内容；Move 子菜单可以移动草绘的图形元素或标注的尺寸；Delete 子菜单用于删除草绘的图形元素或标注的尺寸；Specify Refs 子菜单用于选择草绘基准；Geom Tools 子菜单中包含修改草绘截面几何形状的几何工具，如：相交（Intersect）、修剪（Trim）等；Sec Tools 子菜单包含截面工具，如：放置截面（Place Section）等；Relation 子菜单用于定义关系式；Sketch View 子菜单用于观察草绘视图；Undo 子菜单用于恢复前一步执行的命令。



图 2 – 1　草绘截面菜单

处于草绘菜单（SKETCHER）上方的 Intent Manager 选项，就是 Pro/ENGINEER2000i 所特有的意向管理员选项。

意向管理员（Intent Manager）在捕捉设计者的意图时，做了如下假设：

- 相等的半径　在草绘多个半径相近的圆弧或圆时，系统会认为它们的半径相同。
- 相等的长度　在草绘一条线段时，系统会将其长度设置为一条已经存在的线段的长度。
- 水平与铅垂的直线　如果草绘的直线近似水平或铅垂，则系统认为此直线水平或铅垂。
- 平行与垂直的直线　如果草绘的直线与其他线段近似平行或垂直，则系统认为它们相互平行或垂直。
- 90o与 180o的圆弧　如果草绘圆弧的端点与水平或铅垂方向近似相切，则系统认为该圆弧的弧度为 90o的倍数。

- **相切**　如果草绘的线段与已经存在的圆弧或圆近似相切，系统会认为它们相切。
- **共线**　对于近似共线的草绘线段，系统会认为它们共线。
- **对称**　如果草绘的线段或圆弧相对于一条中心线近似对称，则系统认为它相对于中心线对称。
- **草绘点位于线段的交点或端点上**　如果在线段的交点或端点附近创建一个草绘点，则系统认为该点位于线段的交点或端点处。
- **圆心处于一条水平线上**　如果草绘两个圆或圆弧的圆心近似地处于一条水平线上，则系统认为它们处于一条水平线。
- **圆心处于一条铅垂线上**　如果草绘两个圆或圆弧的圆心近似地处于一条铅垂线上，则系统认为它们处于一条铅垂线。

打开意向管理员（Intent Manager）选项，Pro/ENGINEER2000i 会在草绘图形过程中自动生成标注的尺寸和添加相应的约束，提高了绘图效率。

进入 SKETCHER（草绘）菜单有两种途径：一种在创建新文件对话窗中，直接选择草绘（Sketch）模式，如图 2 – 2 所示；另一种途径是在创建特征（Feature）时，如：拉伸（Extrude）、旋转（Revolve）等，进入草绘（SKETCHER）菜单。

点击草绘菜单中的 Sketch 选项，系统弹出草绘截面的命令菜单，如图 2 – 3 所示。

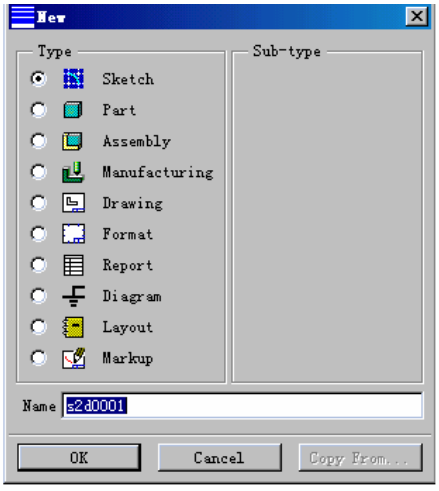


图 2 – 2　创建新文件对话窗

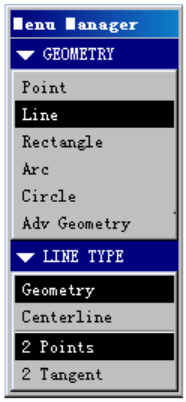


图 2 – 3　草绘命令菜单

［草绘点］

选择 Point 命令，在绘图区中的适当位置按下鼠标左键即可创建一个草绘点，移动鼠标，在另一个位置再次按下左键就可以创建第二个草绘点，同时意向管理员（Intent Manager）会自动生成定义两个草绘点位置的尺寸，如图 2 – 4 所示。

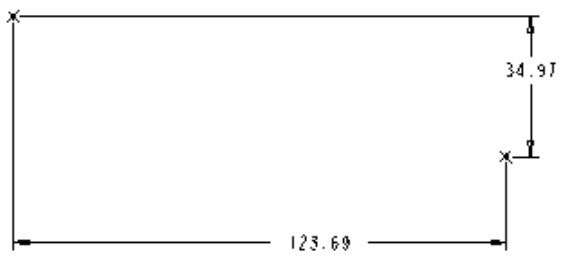


图 2 – 4　草绘点

［草绘直线］

选择 Line 命令，可以草绘直线。如图 2 – 3 所示，Line 命令有两个线型选项(LINE TYPE)：Geometry 和 Centerline，分别表示草绘几何线段和草绘中心线；它还有两个创建直线方式选项：2 Points 和 2 Tangent，分别表示通过定义线段的起点、终点创建直线和通过选择两个圆弧或圆以创建与之相切的直线。

通过起点、终点草绘几何线段

选择 Geometry 和 2 Points 选项，在绘图区按下鼠标左键，此位置为线段的起点，移动鼠标，在与线段起始点近似水平的位置再次按下鼠标左键（此位置为线段的终点），创建一条线段。可以再以第一条线段的终点为起点，创建另一条铅垂的线段，如图 2 – 5 所示，按鼠标中键即可退出草绘直线命令。由于有意向管理员（Intent Manager）的作用，第一条直线为水平直线，表示方法为有一个“H”标记，第二条直线为铅垂直线，表示方法为有一个“V”标记，同时，第二条直线的起点为第一条直线的终点。

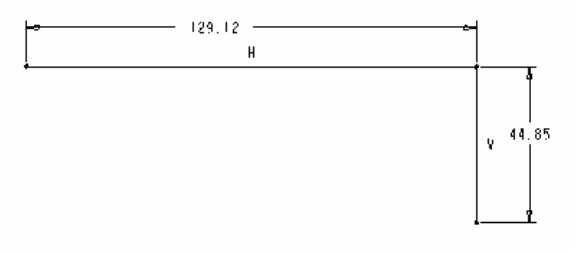


图 2 – 5　草绘直线

草绘圆的切线

选择 Geometry 和 2 Tangent 选项，用鼠标左键依次选择两个圆（圆弧或样条曲线），可以草绘一条与这两个圆（圆弧或样条曲线）相切的直线，如图 2 – 6 所示。在直线和圆的交点处有一个标记“T”，表示它们相切。

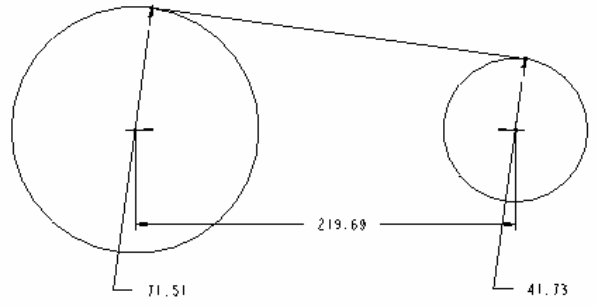


图 2 – 6　草绘直线

利用 Centerline 命令草绘中心线的方法与草绘几何线段方法基本相同，这里不再举例说明。

［草绘矩形］

选择 Rectangle 命令，可以草绘矩形。当然，使用 Line 命令依次草绘四条直线也可以完

成矩形的绘制，但是使用 Rectangle 命令草绘矩形更方便。

选择 Rectangle 命令，在绘图区按下鼠标左键确定矩形的一个端点，移动鼠标拖出矩形，在适当位置再次按下鼠标左键（按下鼠标中键，可以放弃矩形的草绘），完成矩形的草绘，如图 2 – 7 所示。由于有意向管理员（Intent Manager）的作用，系统会自动标注尺寸，并且用“H”标记表示水平直线，用“V”标记表示铅垂直线。



图 2 – 7　草绘矩形

［草绘圆弧］

选择 Arc 命令，系统弹出草绘圆弧的选项，如图 2 – 8 所示。

- Tangent End ——以一条已经存在的直线（圆弧或样条曲线）的端点为起点，草绘一条与之相切的圆弧。
- Concentric ——草绘一条与其他圆（圆弧）同心的圆弧。
- 3 Tangent ——草绘与三条线段相切的圆弧，选取线段的顺序即为创建圆弧的方向（顺时针方向或逆时针方向）。
- Fillet ——创建与两条线段相切的圆弧（倒圆）。
- Center/Ends ——首先用鼠标左键确定圆弧的中心，然后再用鼠标左键指定两个点作为圆弧的起点和终点，以创建圆弧。
- 3 Point ——首先用鼠标左键确定圆弧的起点和终点，移动鼠标拉出圆弧，并用鼠标左键确定。

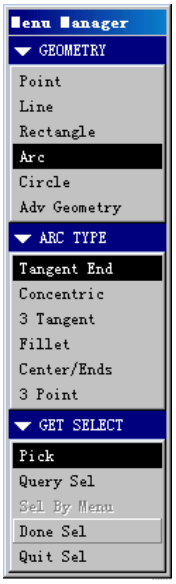


图 2 – 8　草绘圆弧选项

与直线相切圆弧的绘制

选择 Tangent End 选项，用鼠标左键选择一条线段的端点（由于有意向管理员的作用，系统会自动捕捉线段的端点），拖出与之相切的圆弧，再用鼠标左键确定圆弧的长度，如图 2 – 9 所示。

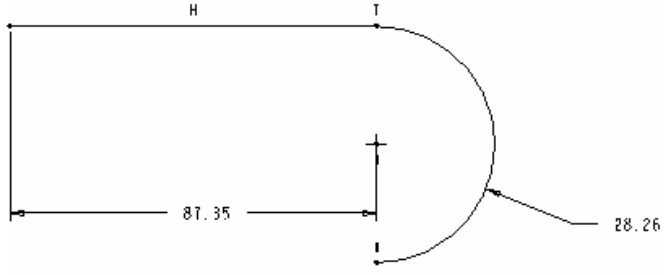


图 2 – 9　草绘圆弧

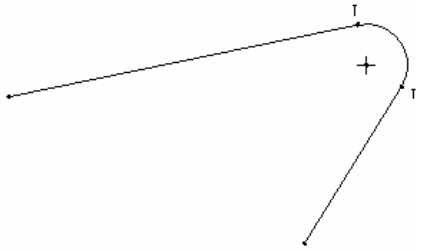


图 2 – 10　草绘圆弧

倒圆的绘制

选择 Fillet **选项，用鼠标左键依次选择两条线段，系统创建与这两条线段相切的倒圆，如图** 2 – 10 **所示。“** T **”表示圆弧与线段相切。**

[**草绘圆**]

选择 Circle **命令，系统弹出草绘圆的选项，如图** 2 – 11 **所示。它有两个线型选项：**Geometry **和** Centerline**，分别表示草绘几何实体圆和草绘结构圆（结构圆只能作为草绘其他几何图形的参考，而不能构成草绘截面）。**

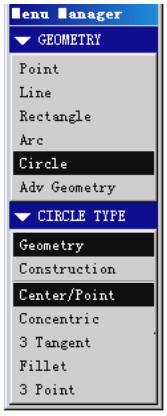


图 2 – 11 **草绘圆选项**

- Center/Point **——通过用鼠标左键分别确定圆心和半径草绘圆。**
- Concentric **——草绘一个与其他圆或圆弧同心的圆。首先用鼠标左键选择一个已经存在的圆或圆弧，移动鼠标拉出同心圆，再用鼠标左键确定圆的大小。**
- 3 Tangent **——草绘一个与三条线段相切的圆。**
- Fillet **——草绘一个与两条线段相切的圆。**
- 3 Point **——通过用鼠标左键确定三个点以草绘圆。**

选择 Geometry **和** Center/Point **选项，在绘图区按下鼠标左键确定圆心，移动鼠标拖出一个实体圆，再按下鼠标左键确定圆的大小，草绘了一个实体圆；再在与第一个实体圆圆心的同一条水平线上，按下鼠标左键确定第二个实体圆的圆心，草绘一个与第一个实体圆半径相同的实体圆，如图** 2 – 12 **所示。两个实体圆圆心附近的短横线“ – ”表示它们处于同一条水平线上，“** R_1 **”表示两个圆的半径相同。**

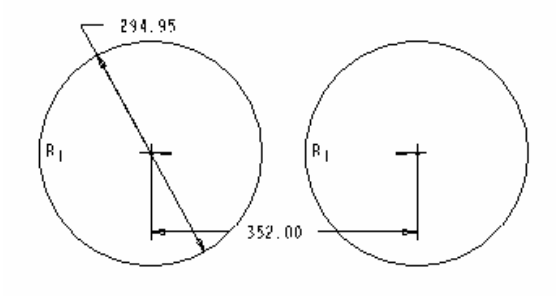


图 2 – 12　**草绘圆**

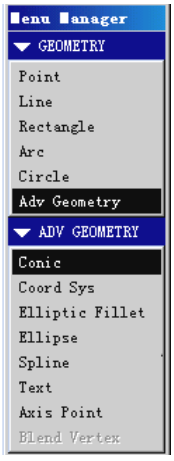


图 2 – 13　**草绘命令菜单**

[**其他几何绘图命令**]

点击 GEOMETRY **菜单中的** Adv Geometry **选项，系统弹出草绘其他几何图形的命令，如图** 2 – 13 **所示。**

- Conic**（圆锥曲线）——** Conic **选项用于草绘圆锥曲线，通过控制圆锥曲线的曲率半径（**r_{ho}**）可以草绘抛物线（**$r_{ho}=0.5$**）、双曲线（**$0.5<r_{ho}<0.95$**）、椭圆（**$0.05<r_{ho}<0.5$**）等图形。在绘图区用鼠标左键选择两个点作为圆锥曲线的两个端点，移动鼠标拖出圆**

需要全本请访问 www.ertongbook.com