

普通高等工科 **CAD/CAM** 软件系列教材

Pro/ENGINEER 2001 实用教程

伊启中 编著



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS



普通高等工科 CAD/CAM 软件系列教材

Pro/ENGINEER 2001 实用教程

伊启中 编著



机械工业出版社

本书内容涵盖 Pro/ENGINEER 软件零件造型、零件装配、二维工程图创建、模具设计和数控加工五大常用功能模块。本书实例介绍简洁明了,且一般源于生产实际。

本书是高等工科院校模具专业和机械类专业的教学用书,也适用于职业院校同类专业的教学使用,还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER 2001 实用教程/伊启中编著. —北京:机械工业出版社, 2003.6

(普通高等工科 CAD/CAM 软件系列教材)

ISBN 7-111-12191-0

I. P… II. 伊… III. 机械设计:计算机辅助设计—应用软件, Pro/ENGINEER 2001—高等学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 037356 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王霄飞 倪少秋 版式设计:冉晓华 责任校对:张晓蓉

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京市樱花印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 7 月第 1 版 第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5· 8.875 印张 · 344 千字

定价:27.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

Pro/ENGINEER 软件是美国参数技术公司 (Parametric Technology Corporation——PTC) 开发的 Pro/ENGINEER 系统三大组成部分之一, 也是 PTC 提出的参数化设计这一先进设计技术的典型代表。PTC 于 2000 年推出 Pro/ENGINEER 2001, 与以前版本相比, Pro/ENGINEER 2001 在用户界面、系统功能等方面都有很大改进, 是功能强大的大型 CAD/CAE/CAM 软件之一。

本教材以零件造型—模具设计为主线、以软件实际应用为主题, 内容涵盖 Pro/ENGINEER 软件造型、零件装配、二维工程图创建、模具设计和数控加工五大功能模块。每个功能模块均配以若干实例进行介绍。实例由易到难、由浅入深、循序渐进、介绍详细、附图清楚。

全书由福建工程学院伊启中编写。本书在编写过程中, 得到了福州大学王贤坤博士, 福建工程学院翁其金、陈胤等同志的支持和指导, 福建工程学院李晨曦、陈华淦等同学参与了书稿的后期编辑和制作, 借此, 向他们表示深深的谢意; 同时, 感谢福建工程学院以及机电及自动化工程系在教材编写过程中所给予的支持。

由于编者水平有限, 书中难免有不足和错误之处, 恳请广大读者批评指正, 电子邮件发至 qz_yi@163.com 或 yiqz@fjit.edu.com。

编 者

2002 年 4 月

目 录

前 言

第一章 Pro/ENGINEER 软件概述	1
第二章 Pro/ENGINEER 基本实体特征	10
第一节 拉伸特征	10
第二节 旋转特征	20
第三节 扫描特征	25
第四节 平行混成特征	31
第五节 旋转混成特征	40
第六节 一般混成特征	46
第七节 切材特征	56
第八节 倒角特征	62
第九节 圆角特征	67
第十节 孔特征	74
第十一节 壳体特征	81
第十二节 拔模特征	85
第三章 Pro/ENGINEER 阶段总结一	96
第四章 Pro/ENGINEER 基准特征	107
第一节 基准面特征	107
第二节 基准轴特征	116
第五章 Pro/ENGINEER 零件装配	122
第六章 Pro/ENGINEER 创建二维工程图	134
第七章 Pro/ENGINEER 高级应用	154
第一节 Pro/ENGINEER 特征的修改	154
第二节 实体特征的阵列与镜像	168
第三节 变截面扫描特征	176
第四节 扫描混成特征	184
第五节 螺旋扫描特征	187
第六节 基本曲面特征	193
第七节 Pro/ENGINEER 软件数据接口	203
第八章 Pro/ENGINEER 阶段总结二	210
第九章 Pro/ENGINEER 模具设计	221
第十章 Pro/ENGINEER 数控加工	246
第十一章 Pro/ENGINEER 综合实例	266
参考文献	279

第一章 Pro/ENGINEER 软件概述

一、Pro/ENGINEER 系统简介

1. Pro/ENGINEER 系统的组成

(1) Pro/ENGINEER Pro/ENGINEER 是软件包，而并非模块，它是该系统的基本部分，其功能包括参数化设计、实体零件、组装造型、模具设计、数控加工等。Pro/ENGINEER 是一个功能定义系统，即造型是通过各种不同的设计专用功能来实现的，其中包括：肋 (Rib)、槽 (Slot)、倒角 (Chamfer) 和壳体 (Shell) 等，采用这种手段来建立形体，对于工程师来说是更自然、更直观。Pro/ENGINEER 系统的参数是采用符号表示形体尺寸，这样工程师可任意建立形体上的尺寸和功能之间的关系；同时，任何一个参数改变，其他相关的特征也会自动修正，这种功能使得修改更为方便和快捷；造型也不单可以在屏幕上显示，还可传送到绘图仪或一些支持 Postscript 格式的彩色打印机上。

(2) Pro/ASSEMBLY Pro/ASSEMBLY 是一个参数化组装管理系统，能提供用户自定义手段去生成一组组装系列及可自动地更换零件。Pro/ASSEMBLY 是 Pro/ENGINEER 的一个扩展选项模块，只能在 Pro/ENGINEER 环境下运行。

(3) Pro/CAT Pro/CAT 是选项模块，提供 Pro/ENGINEER 与 CATIA 的双向数据交换接口，CATIA 的造型可直接输入 Pro/ENGINEER 软件内，并可加上 Pro/ENGINEER 的功能定义和参数工序，而 Pro/ENGINEER 也可将其造型输出到 CATIA 软件里。

(4) Pro/DEVELOP Pro/DEVELOP 是一个用户开发工具，用户可利用该软件工具将一些自己编写或第三家的应用软件结合并运行在 Pro/ENGINEER 软件环境下。

(5) Pro/DESIGN Pro/DESIGN 可加速设计大型及复杂的顺序组件，这些工具可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组装概念设计、二维平面布置上的参数化概念分析，以及 3D 部件平面布置。Pro/DESIGN 也能使用 2D 平面图自动组装零件。它必须在 Pro/ENGINEER 环境下运行。

(6) Pro/DETAIL Pro/ENGINEER 提供了一个很宽的生成工程图的能力，包括：自动尺寸标注、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，Pro/DETAIL 扩展了 Pro/ENGINEER 这些基本功能，允许直接从 Pro/ENGINEER 的实体造型产品按 ANSI/ISO/JIS/DIN 标准生成工程图。

(7) Pro/ECAD 参数化印制电路板 (PCB) 的设计图可以通过 Pro/ENGI-

NEER 生成, 或者经由 ECAD 系统输入。

(8) Pro/FEATURE Pro/FEATURE 扩展了在 Pro/ENGINEER 内的有效特征, 包括用户定义的习惯特征, 如各种弯面 (Profiled Dome) 造型、零件壳体 (Shell)、三维式扫描 (3D Sweep) 造型功能、多截面 (Blending) 造型功能、薄片设计 (Thin) 等。通过将 Pro/ENGINEER 任意数量特征组合在一起, 就可以又快又容易地生成用户定义的特征。

(9) Pro/INTERFACE Pro/INTERFACE 是一个完整的工业标准数据传输系统, 提供 Pro/ENGINEER 与其他设计自动化系统之间的各种标准数据交换格式。它可用于 Pro/ENGINEER 几何的输入和输出。

(10) Pro/LANGUAGE Pro/LANGUAGE 是一个选项模块, 为 Pro/ENGINEER 的菜单及求助说明提供语言翻译功能, 目前可支援的其他语言包括德语及日语。

(11) Pro/MESH Pro/MESH 提供了实体模型和薄壁模型的有限元网格自动生成能力。

(12) Pro/MOLDESIGN Pro/MOLDESIGN 模块用于设计模具部件和模板组装。

(13) Pro/MANUFACTURING Pro/MANUFACTURING 将生产过程、生产规划与设计造型连接起来, 所以任何在设计上的改变, 软件也能自动地将已做过的生产上的程序和资料自动地重新产生, 而无需用户自行修正。它将具备完整关联性的 Pro/ENGINEER 产品线延伸至加工制造的工作环境里。

(14) Pro/SHEETMETAL Pro/SHEETMETAL 扩展了 Pro/ENGINEER 的设计功能, 用户可建立参数化的钣金造型和组装, 它包括生成金属板设计模型以及将它们放平形成平面图形。Pro/SHEETMETAL 提供了通过参照弯板库模型的弯曲和放平能力。

(15) Pro/SURFACE Pro/SURFACE 是一个选项模块, 它扩展了 Pro/ENGINEER 的生成、输入和编辑复杂曲面和曲线的功能。Pro/SURFACE 提供了一系列必要的工具, 使得工程师们在整个工业范围内很容易地生成用于飞机和汽车的气动曲线和曲面、船壳设计以及通常所碰到的复杂设计问题。

2. Pro/ENGINEER 软件的主要特点

Pro/ENGINEER 是一套由设计至生产的机械自动化软件, 是新一代的产品造型系统, 是一个参数化、基于特征的实体造型系统, 并且具有单一数据库功能。

(1) 参数化设计和特征功能 Pro/ENGINEER 是采用参数化设计的、基于特征的实体模型化系统。

(2) 单一数据库 Pro/ENGINEER 是建立在统一基层的数据库上。所谓单一数据库, 就是工程中的资料全部来自一个库, 使得每一个独立用户在为了一件产品造型而工作, 即在整个设计过程的任何一处发生改动, 可以反应在整个设计过程的相关环节上。例如, 一旦二维工程图有改变, NC (数控) 工具路径也会自动

更新；组装工程图如有任何变动，也完全同样反映在整个三维模型上。这种独特的数据结构与工程设计的完整结合，使得一件产品的设计过程关联起来。

二、Pro/ENGINEER 2001 用户界面

Pro/ENGINEER 2001 启动后，用户界面如图 1-1 所示。用户界面大致由以下几个区域组成：

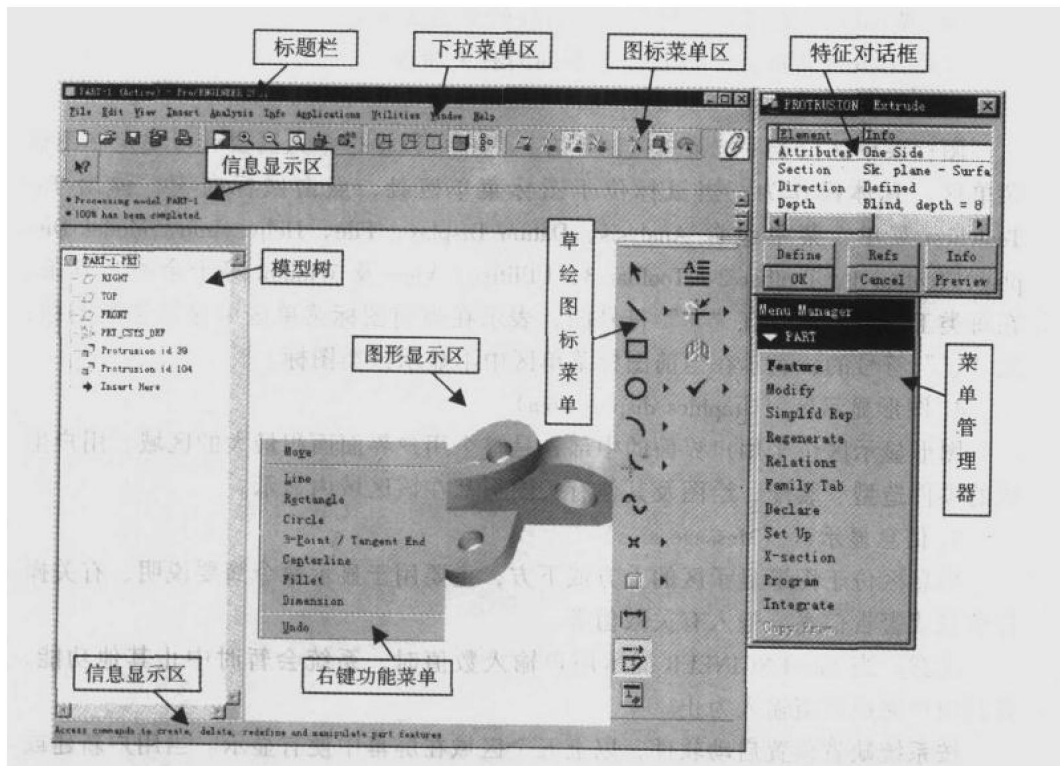


图 1-1 Pro/ENGINEER2001 用户界面

1. 标题栏

标题栏位于屏幕的最上端，用来显示软件名称、当前功能模块和当前文件名。与 Windows 标准窗口一样，用户可通过标题栏右侧的三个图标将当前窗口最小化、最大化和关闭。

2. 下拉菜单区 (Pull-down menu)

下拉菜单区位于窗口顶端，便于用户进行 CAD/CAE/CAM 操作时，控制软件的整体环境。下拉菜单区包括以下十个子菜单：

- (1) File (文件) 包含文件管理的有关命令。
- (2) Edit (编辑) 对操作或特征进行编辑。
- (3) View (视图) 包含模型显示控制的有关命令。

- (4) Insert (插入) 插入各种特征。
- (5) Analysis (测量及分析) 测量有关图形和对模型、曲面等进行分析。
- (6) Info (消息) 包含查询与报告的有关命令。
- (7) Applications (应用程序) 包含 Pro/ENGINEER 的主要功能模块。
- (8) Utilities (实用工具) 包含定制工作环境的有关命令。
- (9) Window (窗口) 包含窗口管理的有关命令。
- (10) Help (帮助) 包含在线帮助的有关命令。

3. 图标菜单区

图标菜单区位于下拉菜单区的下方, 用户可以根据个人需要和习惯定制图标菜单区。具体操作为: 当鼠标位于图标菜单区处, 点击鼠标右键, 弹出 Top Toolchest 菜单, 菜单包含 Analysis、Datum Display、File、Help、Info、Model Display、Toolbar 1、Toolbar 2、Toolbar 3、Utilities、View 及 Window 等十余类工具条。在每类工具条名称前有“√”符号的, 表示在当前图标菜单区中显示该类图标; 无“√”符号的, 表示在当前图标菜单区中不显示该类图标。

4. 图形显示区 (Graphics display area)

图形显示区位于用户界面的中部, 是整个用户界面面积最大的区域。用户生成的零件造型、装配、绘图及其他有关图形都在该区域内显示。

5. 信息显示区 (Message area)

信息区位于图形显示区的上方或下方, 主要用于显示命令简要说明、有关操作信息或警告信息、输入有关数值等。

注意: 当 Pro/ENGINEER 提示用户输入数值时, 系统会暂时中止其他功能, 直到用户完成数值输入为止。

按系统缺省设置启动软件, 以上五个区域在屏幕中便有显示。当用户新建或打开文件时, 屏幕上除了显示上述几个功能区域外, 还有菜单管理器和模型树。

6. 菜单管理器 (Menu Manager) 和模型树 (Model Tree)

菜单管理器 (又称为命令菜单或瀑布菜单) 包含用户进行特征创建、修改、复制等操作所需的命令。模型树按特征创建的先后顺序显示当前零件、装配或制造中所包含的特征。

7. 特征对话框

新建或对特征进行有关操作时, 系统显示该特征的特征对话框, 对于不同的特征, 其对话框有很大的差别, 图 7-4 所示为常用特征的特征对话框。

8. 草绘图标菜单

当系统处于草绘状态时, 屏幕显示草绘图标菜单。

此外, 用户可根据自己的需要和习惯对用户界面进行设置。设置的操作为: 点击下拉菜单中 Utilities/Customize Screen, 屏幕弹出用户界面设置对话框, 用户

可对工具栏内容、模型树位置及大小、信息区显示位置等进行设置。

三、Pro/ENGINEER 2001 特征类型

在 CAD 技术领域，特征这一概念被广泛应用，其内涵也在不断地扩展。目前，一个产品大致可由如下几类特征进行描述：

- (1) 形状特征 (Form Feature) 用于描述产品的几何形状信息。
- (2) 装配特征 (Assembly Feature) 用于表达产品中各零件的装配关系、装配过程的有关信息以及装配过程中所创建的形状特征。
- (3) 精度特征 (Precision Feature) 用于描述产品 (零件) 的尺寸公差、形位公差和表面粗糙度等。
- (4) 材料特征 (Material Feature) 用于技术材料类型、性能及有关加工、热处理信息等。
- (5) 技术特征 (Technology Feature) 用于产品进行计算机辅助工程 (CAE) 时使用的信息。
- (6) 管理信息 (Management Feature)。

形状特征和装配特征用于描述产品与形状有关的几何信息，因此，形状特征和装配特征统称为造型特征；其余特征称为面向过程的特征。

就 Pro/ENGINEER 软件而言，特征可分为以下六类 (表 1-1)：

- 1) 实体特征。
- 2) 基准特征。

表 1-1 Pro/ENGINEER 2001 特征类型

特征类型	子类型	举 例	
实体特征	草绘特征	增材特征	简单增材特征：拉伸/旋转/扫描/混成特征
			高级增材特征：变截面扫描/混成扫描/螺旋扫描等
		切材特征	简单切材特征：拉伸/旋转/扫描/混成特征
			高级切材特征：变截面扫描/混成扫描/螺旋扫描等
		肋板特征	
		扭拉特征	
		管道特征	
		草绘孔特征	
	点放特征	点放孔特征	
		拔模特征	
		倒角特征	
		圆角特征	
		壳体特征	

(续)

特征类型	子类型	举 例
基准特征	基准面	
	基准轴	
	基准点	
	基准坐标系	
	基准曲线	
曲面特征		
装饰特征		
用户自定义特征		
钣金件特征		

3) 曲面特征。

4) 装饰特征。

5) 用户自定义特征 (UDF)。

6) 钣金件特征。

本书以实体特征为主进行编写。

四、Pro/ENGINEER 2001 文件类型

当建立新文件时，屏幕显示新建文件对话框，如图 1-2 所示。对话框显示了

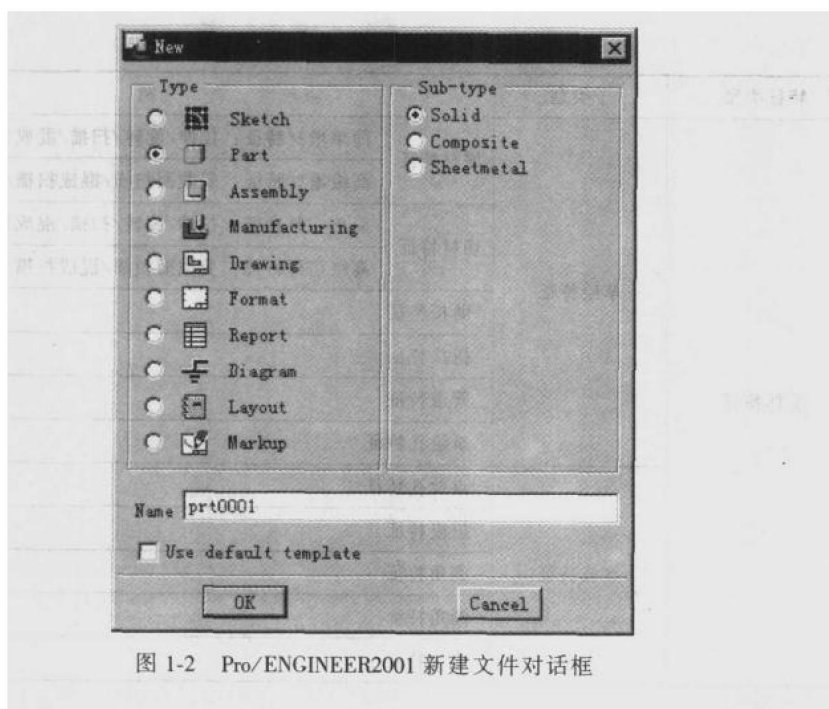


图 1-2 Pro/ENGINEER2001 新建文件对话框

Pro/ENGINEER2001 所有的文件类型。对话框左侧包含十种文件类型，右侧为每种文件类型的子类型（有的文件类型无子类型），详细情况见表 1-2。

表 1-2 Pro/ENGINEER 2001 的文件类型

序号	文件类型	文件子类型	扩展名
1	Sketch (草绘)		.sec
2	Part (零件)	Solid (实体)	.prt
		Composite (复合)	
		Sheetmetal (钣金件)	
3	Assembly (组合)	Design (设计)	.asm
		Interchange (交换)	
		Verify (校验)	
		Process Plan (处理计划)	
		NC Model (NC 模型)	
		Mold Layout (模具总体设计)	
4	Manufacturing (制造)	NC Assembly (NC 组件)	.mfg
		NC Part (NC 零件)	
		Expert Machinist (专家机械师)	
		CMM (坐标测量)	
		Sheetmetal (钣金件)	
		Cast Cavity (铸造)	
		Mold Cavity (模具)	
		Dieface (压模面)	
		Harness (导线)	
		Process Plan (处理计划)	
5	Drawing (工程图)		.drw
6	Format (格式)		.frm
7	Report (报表)		.rep
8	Diagram (图表)		.dgm
9	Layout (布局)		.lay
10	Markup (标记)		.mrk

五、本书编写说明

1. 本教材以 Pro/ENGINEER 2001 版软件进行编写，软件的操作系统环境为 Windows NT 4.06。

2. 在草绘状态中，若未明确说明，均在意图管理器 (Intent Manager) 打开状

态下绘制。

3. 符号说明

在介绍特征造型的操作步骤时，常用到“/”、“→”符号，其含义说明如下：

1) 大写字母为菜单管理器中的标题，如“PART/Feature→Create”中的“PART”为菜单管理器中的标题。

2) “→”为不同菜单条中的命令，如“PART/Feature→Create”中的“Create”为 FEAT 菜单下的一个命令，即为 Feature 命令的子命令。

3) “/”为同一菜单条中的命令，如“Extrude/Solid/Done”中的“Extrude”、“Solid”、“Done”三项均为 SOLID OPTS 菜单条中的命令。

4) 图中粗箭头的含义是用户在操作时点击（或双击）菜单（或对话框）中箭头所指命令（或选项）。

4. 鼠标按键说明

在 Pro/ENGINEER 软件使用中，鼠标是一种最重要的输入设备，当软件处于不同的功能状态时，鼠标各键的功能有所区别，具体见表 1-3。

表 1-3 鼠标按键的使用

	三 键 鼠 标
视图操作状态	Ctrl + 左键：视图缩放 (Zoom In/Zoom Out) Ctrl + 中键：视图旋转 (Spin) Ctrl + 右键：视图平移 (Pan)
菜单管理器状态	左键：拾取物体 中键：确认操作，相当于点击菜单中的 Done、Done/Return、Done Sel、Done Refs、Accept 等命令 右键：在 Get Select 菜单中，由 Pick 选项移至 Query Sel 选项；在 Query Bin 对话框中下移一个选项
草绘状态	当 Intent Manager 打开时： 左键：绘制图形 中键：结束当前命令 右键：弹出右键功能菜单 当 Intent Manager 关闭时： 左键：绘制直线、退出圆的绘制 中键：绘制圆、结束直线绘制、退出相切圆弧绘制 右键：绘制相切圆弧

5. 光盘的使用

本教材附有光盘，光盘的内容包括实例、练习和其他有关文件，具体内容见表 1-4。

表 1-4 光盘使用说明

序 号	目录名	内容说明
1	PART	第一、二、三、四、七、八、十一章的实例和练习
2	ASSEMBLY	第五章的实例和练习图
3	DRAWING	第六章的实例和练习图
4	MOLD	第九章的实例和练习图
5	MANUFACTURE	第十章的实例和练习图

第二章 Pro/ENGINEER 基本实体特色

第一节 拉伸特征

一、拉伸特征创建流程

在菜单管理器中点击 PART/Feature→Create→Solid→Protrusion→Extrude/Solid/Done→属性定义→确定草绘平面→确定剖面参考→草绘剖面→深度定义→特征创建结束,如图 2-1 所示。

二、拉伸特征实例

1. 建立新文件

在下拉菜单中点击 File/New, 选择文件类型为 Part, 子类型为 Solid, 输入文件名 extrude-1, 不使用系统缺省模板, 选用 mmns_part_solid 模板, 如图 2-2a 所示。

系统自动创建三个基准面 - Right、Top 和 Front (相当于 Pro/ENGINEER 2000i 中的 DTM1、DTM2 和 DTM3 三个缺省基准面), 如图 2-2b 所示。

2. 创建拉伸特征 1 (立方体)

(1) 在菜单管理器中点击 PART/Feature→Create→Solid→Protrusion→Extrude/Solid/Done。

(2) 确定特征属性 点击 One Side/Done。

(3) 选择草绘平面 在屏幕上拾取 Front 基准面。

(4) 确定特征创建方向 确认特征拉伸方向为系统缺省方向, Okay。

(5) 选择参考平面 参考平面的作用是确定草绘平面的显示视角, 如果初学者对参考平面暂不理解, 建议选择 Default 方式。

至此, 系统进入草绘状态。

提示: 草绘状态有两种工作方式: 意图管理器打开方式和意图管理器关闭方式。当处于意图管理器打开状态时, 系统对每一个绘制的图素自动标注尺寸和给定约束。

(6) 确定剖面基准 当处于意图管理器打开状态时, 系统要求用户确定或选择两个互相垂直的平面或边界作为该剖面尺寸标注或约束的基准。

(7) 草绘剖面 创建立方体拉伸特征的剖面是一个正方形, 该剖面可以用草绘一个矩形方式绘制, 也可以用草绘四条直线方式绘制。这里用第一种方式进行草绘。

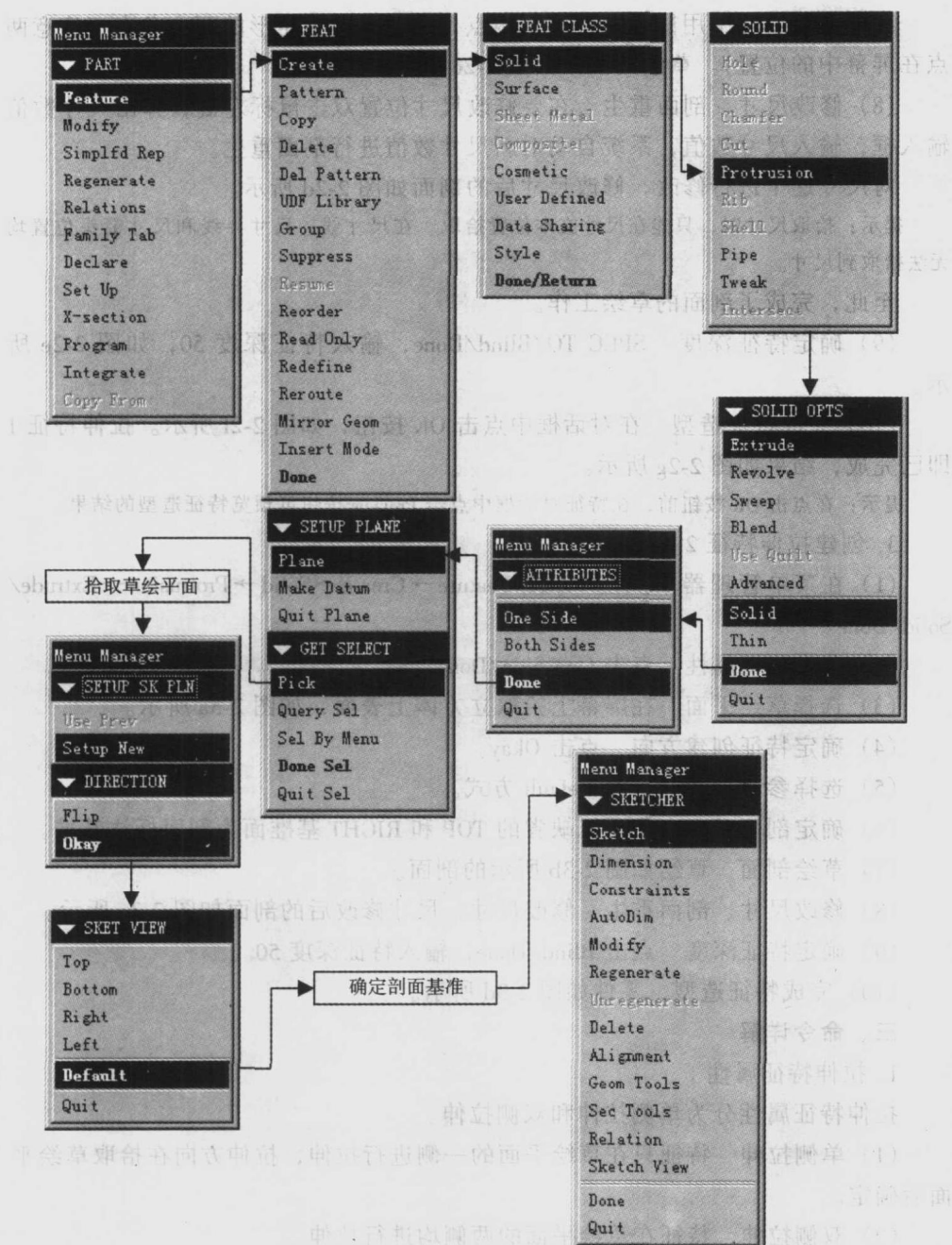


图 2-1 拉伸特征创建流程

按住鼠标右键，在弹出菜单中选择 Rectangle 命令。

在屏幕绘图区中用鼠标左键确定两点，这两点即为矩形的两个角点（注意两点在屏幕中的位置）。草绘的剖面如图 2-2c 所示。

(8) 修改尺寸、剖面重生 在要修改尺寸位置双击鼠标左键，弹出尺寸数值输入框，输入尺寸数值，系统自动对新尺寸数值进行剖面重生。

对尺寸逐个进行修改，修改尺寸后的剖面如图 2-2d 所示。

提示：拾取尺寸时，只能在尺寸文本位置拾取，在尺寸线、尺寸界线和尺寸箭头位置均无法拾取到尺寸。

至此，完成了剖面的草绘工作。

(9) 确定特征深度 SPEC TO/Blind/Done，输入特征深度 50，如图 2-2e 所示。

(10) 完成特征造型 在对话框中点击 OK 按钮，如图 2-2f 所示。拉伸特征 1 即已完成，结果如图 2-2g 所示。

提示：在点击 OK 按钮前，在特征对话框中点击 Preview 按钮可预览特征造型的结果。

3. 创建拉伸特征 2（圆柱体）

(1) 在菜单管理器中点击 PART/Feature→Create→Solid→Protrusion→Extrude/Solid/Done。

(2) 确定特征属性 点击 One Side/Done。

(3) 选择草绘平面 在屏幕上拾取立方体上表面，如图 2-3a 所示。

(4) 确定特征创建方向 点击 Okay。

(5) 选择参考平面 选择 Default 方式。

(6) 确定剖面基准 按系统缺省的 TOP 和 RIGHT 基准面为剖面标注基准。

(7) 草绘剖面 草绘如图 2-3b 所示的剖面。

(8) 修改尺寸、剖面重生 修改尺寸，尺寸修改后的剖面如图 2-3c 所示。

(9) 确定特征深度 点击 Blind/Done，输入特征深度 50。

(10) 完成特征造型，零件如图 2-3d 所示。

三、命令详解

1. 拉伸特征属性

拉伸特征属性分为单侧拉伸和双侧拉伸。

(1) 单侧拉伸 特征只在草绘平面的一侧进行拉伸，拉伸方向在拾取草绘平面后确定。

(2) 双侧拉伸 特征在草绘平面的两侧均进行拉伸。

两者的区别如图 2-4 所示。

2. 参考平面

在创建草绘特征时，在确定草绘平面后，还需确定一个参考平面，参考平面