

3

Pro/ENGINEER 2000i/i²

与三维模型设计

甘登岱
杨占尧
李纪英 编著



清华大学出版社

<http://www.tup.qinghua.edu.cn>



Pro/ENGINEER 2000i/i² 与三维模型设计

甘登岱 杨占尧 李纪英 编著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书按照学习与教学规律,由浅入深地介绍了 Pro/ENGINEER 2000i/i² 三维实体设计系统。其内容主要包括 Pro/ENGINEER 2000i 基本知识介绍、2D 绘图基础、3D 绘图基础、实体特征创建、建模实用工具、特征复制与修改、装配件操作、工程图创建与模具设计,并在最后简要介绍了 Pro/ENGINEER 2000i² 的一些新特点等。此外,本书提供了大量的思考与练习题,便于读者巩固所学知识。

本书内容简明扼要、条理清晰、通俗易懂、实践性很强,可使读者快速掌握使用 Pro/ENGINEER 2000i/i² 创建三维模型与工程图的方法。本书既可供读者自学 Pro/ENGINEER 2000i/i²,又可供各类培训班与大专院校作为教材使用。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

书 名: Pro/ENGINEER 2000i/i² 与三维模型设计

作 者: 甘登岱 杨占尧 李纪英

出 版 者: 清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编:100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

责任编辑:章忆文

印 刷 者: 世界知识印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 22.25 字数: 553 千字

版 次: 2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-05216-6/TP·3067

印 数: 0001~5000

定 价: 34.00 元

前 言

如果读者对 AutoCAD 比较熟悉或有所了解的话, 就会发现, Pro/ENGINEER 与 AutoCAD 有着很大的区别。AutoCAD 更适于绘制平面图形, 尽管利用它也可以绘制三维模型。但是, 一旦利用 AutoCAD 制作好模型, 再要对其进行修改就非常困难了。Pro/ENGINEER 则完全是一个三维模型制作软件, 系统可自动根据三维模型生成二维平面图形。此外, 利用 Pro/ENGINEER 制作模型时, 它完全依赖于各种特征, 并且用户可在任何时候对特征进行修改或删除, 因此, 模型的修改非常容易。

本书涵盖了作为初学者向中级水平进阶的大部分概念和一系列操作命令, 主要内容包括: 基础知识、创建零件、装配件、工程图与模具加工等。但是, 本书中没有按操作流程进行介绍, 这样做主要基于两个原因: 第一, 由于 Pro/ENGINEER 的在线帮助包括了几千页的参考手册, 并且提供了便于用户快速查找相关信息的检索工具和丰富的参考资料; 第二, 在上下文帮助中, 有大量的关于操作命令的使用方法的说明。

在本书的前几章对 Pro/ENGINEER 的新增功能介绍得非常详细, 包括命令选项的功能和如何使用这些命令。随着学习的进一步深入, 对前面讲过的命令细节的介绍会越来越少。例如, 我们在前面章节中介绍了创建默认基准平面的方法与鼠标使用方法, 在后续章节中, 我们假设读者已掌握此方法而直接要求“创建默认的基准平面”。此外, 由于本书中内容相互依赖, 因此, 按顺序学习本书, 并在学习下一章前较好地消化理解前一章的内容是非常重要的。每章后面提供的思考和练习用于检查读者对概念和命令的理解程度, 这些问题都没有给出答案, 如果读者能自己给出答案将会加深对所学内容的理解。

Pro/ENGINEER 可能是读者曾经 (或将要) 学习的最复杂的软件, 它的强大功能来源于极其丰富的命令, 这些命令需要长期和深入地学习才能掌握。通过本书的学习, 读者可以进一步提高对 Pro/ENGINEER 的设计思想和方法的理解, 可以自如地实现自己的设计意图。通过摸索程序, 试用各种命令和选项, 将学会更多的建模技巧。

本书主要由甘登岱、杨占尧、李纪英编写。其中, 第 1 章至第 4 章由甘登岱编写, 第 5 章至 10 章由杨占尧编写, 第 11 章~第 14 章由李纪英编写。此外, 参与本书编写工作的还有刘广清、刘瑞华、张瑞玲、乔俊玲、高鉴伟、周国强、刘洋、甘雨、何君伟、曹家红、付国兰、张莉、刘振声、张芝兰、廖培中等。

编 者

2002.1

1

16-111111-1-10-1

目 录

第 1 章 初识 Pro/ENGINEER 2000i	1
1.1 Pro/ENGINEER 2000i 的特点	1
1.1.1 基于特征的建模方式	1
1.1.2 参数化设计	2
1.1.3 父/子关系	3
1.1.4 软件的模块化与设计的关联性	3
1.2 认识 Pro/ENGINEER 2000i 的工作环境	3
1.2.1 启动 Pro/ENGINEER	4
1.2.2 菜单栏	5
1.2.3 工具栏	5
1.2.4 信息区	7
1.2.5 在线帮助区与在线帮助	7
1.2.6 菜单管理器与命令序列	8
1.2.7 模型结构树与特征对话框	10
1.2.8 鼠标的特殊功能	10
1.3 使用 Pro/ENGINEER 进行工作的一般流程	10
1.3.1 创建零件	11
1.3.2 绘制装配图	13
1.3.3 绘制工程图	14
1.3.4 设计修改	14
思考与练习	15
第 2 章 Pro/ENGINEER 2000i 操作基础	16
2.1 文件操作	16
2.1.1 设置工作目录	16
2.1.2 新建文件	17
2.1.3 打开文件	18
2.1.4 输入与输出文件	20
2.1.5 保存与备份文件	21
2.1.6 打印文件	21
2.1.7 关闭窗口与清除内存中的文件	22
2.1.8 删除文件	23

2.2 信息查询	24
2.2.1 查看或创建材料清单 BOM	24
2.2.2 查看特征与模型信息	25
2.2.3 切换尺寸方式	26
2.2.4 显示全局引用视图	27
2.3 调整视图显示	28
2.3.1 刷新屏幕与恢复默认视图	28
2.3.2 着色模式与线框模式	29
2.3.3 视图的平移、缩放、旋转与视图方向调整	29
2.3.4 视图的保存与使用	33
2.3.5 设置模型显示、基准显示选项	34
2.3.6 设置模型彩色外观及环境灯光	36
2.3.7 视图高级控制	40
2.3.8 创建与管理图层	41
2.4 实用工具	42
2.4.1 设置系统操作环境	42
2.4.2 编辑与加载配置文件	43
2.4.3 设置配色方案	43
2.4.4 使用轨迹文件	45
2.5 使用应用程序、分析、窗口与帮助菜单	45
2.5.1 应用程序菜单	45
2.5.2 分析菜单	46
2.5.3 窗口控制与帮助的使用	46
思考与练习	47
第3章 绘制零件的基本方法	48
3.1 创建和命名零件	48
3.2 创建基准平面和坐标系	49
3.3 创建实体隆起特征	50
3.3.1 开始创建特征	51
3.3.2 设置草绘参考面	53
3.4 使用草绘模块绘制草绘图	54
3.4.1 绘制草绘图	54
3.4.2 对齐草绘图	56
3.4.3 标注草绘图的尺寸	56
3.4.4 重新生成	57
3.4.5 修改标注尺寸值	58
3.4.6 定义隆起深度	60
3.4.7 预览和接受特征	60

3.4.8 保存零件	62
思考与练习	62
第4章 草绘模块使用详解	63
4.1 草绘模块简介	63
4.1.1 Sketcher 工具栏	64
4.1.2 Sketcher 菜单栏	64
4.1.3 使用意图管理器绘制图形时的特点	65
4.1.4 不使用意图管理器绘制图形时的特点	66
4.2 基本元素绘制方法	68
4.2.1 点与直线、中心辅助线的绘制	69
4.2.2 矩形的绘制	71
4.2.3 圆弧的绘制	71
4.2.4 圆的绘制	72
4.2.5 绘制其他图形	72
4.3 图形编辑	76
4.3.1 相交操作 (Intersect)	77
4.3.2 修剪操作 (Trim)	78
4.3.3 分割操作 (Divide)	79
4.3.4 镜像操作 (Mirror)	79
4.3.5 移动图形操作 (Move Entity)	80
4.3.6 图形元素的移动与删除	81
4.4 尺寸标注与修改	82
4.4.1 手工标注尺寸的方法	82
4.4.2 脆弱尺寸的强化	87
4.4.3 尺寸元素的移动、修改与删除	87
4.5 约束条件的运用	87
4.5.1 隐含约束条件	87
4.5.2 约束条件的删除与增加	88
4.5.3 各种约束条件的意义	89
4.6 常用绘图技巧	89
4.6.1 重新生成失败的基本原因	90
4.6.2 SADRMR 操作顺序	90
4.6.3 图形绘制技巧	90
4.6.4 尺寸的自动标注	91
4.6.5 图形输入/输出及绘图环境设置	91
思考与练习	93
第5章 创建孔、切削和特征关系式	96
5.1 操作准备	96

5.1.1 对零件进行加工的主要步骤.....	96
5.1.2 导入零件的方法	97
5.2 为零件增加孔	98
5.2.1 指定位置类型	99
5.2.2 指定放置平面	99
5.2.3 指定标准尺寸参考.....	99
5.2.4 指定拉伸方向和拉伸长度.....	99
5.2.5 指定孔径	100
5.3 手工添加切削特征	100
5.3.1 切削特征的特点	100
5.3.2 创建切削特征的步骤.....	101
5.4 使用意图管理器进行草绘.....	110
5.4.1 删除特征的方法	110
5.4.2 使用意图管理器草绘图形的方法.....	111
5.4.3 在剖面图中应用设计意图.....	116
5.4.4 更多的草绘模块绘图工具.....	118
5.5 数据库功能	118
5.5.1 零件特征列表	118
5.5.2 命名零件特征	121
5.5.3 父/子关系	123
5.6 尺寸修改与特征关系.....	124
5.6.1 修改尺寸标注	124
5.6.2 创建特征关系式	126
5.6.3 有关关系式的更多内容.....	128
5.7 保存零件	129
思考与练习	130
第6章 旋转、圆角、倒角及沟槽	132
6.1 创建基本特征	133
6.1.1 创建基准面	133
6.1.2 设置绘图平面与参考平面.....	133
6.1.3 不使用意图管理器创建基本特征.....	135
6.1.4 使用意图管理器创建基本特征.....	140
6.1.5 定义隆起长度	142
6.2 添加旋转	143
6.2.1 旋转特征的特点	143
6.2.2 创建旋转特征的步骤.....	143
6.3 添加沟槽	147
6.3.1 利用切削特征创建沟槽.....	148

6.3.2 镜像特征	150
6.4 添加孔	151
6.4.1 创建第一个孔	151
6.4.2 镜像复制孔	153
6.4.3 使用镜像的过程中可能遇到的问题	154
6.5 添加圆角	154
6.5.1 创建外圆角	154
6.5.2 创建内圆角	155
6.6 增加倒角	155
6.6.1 创建倒角特征	156
6.6.2 重定义倒角特征	157
6.7 可能出现的错误	158
思考与练习	159
第 7 章 建模实用工具、父/子关系及 3R	160
7.1 创建模型	160
7.1.1 利用隆起特征创建基本模型	161
7.1.2 利用切削特征创建沟槽与孔	166
7.2 获取模型信息	172
7.2.1 查看重新生成序列 (Regeneration Sequence)	172
7.2.2 查看特征信息与特征列表	172
7.2.3 查看父/子关系	174
7.2.4 查看特征参考	175
7.3 隐藏和恢复特征	176
7.3.1 隐藏特征	176
7.3.2 恢复被隐藏的特征	177
7.4 修改特征定义——3R	177
7.4.1 修改零件特征的基本步骤	178
7.4.2 删除特征与改变特征参考	178
7.4.3 使用 Redefine 命令改变孔形状	180
7.4.4 使用 Redefine 命令改变孔特征的尺寸标注方案	182
7.4.5 使用 Redefine 命令改变孔特征的对齐方式	183
7.4.6 利用 Redefine 命令改变沟槽特征	184
7.4.7 利用 Reorder 命令改变重新生成顺序	185
7.4.8 插入新特征	186
思考与练习	187
第 8 章 绘图工具和基准面	188
8.1 基准面和基准轴	188

8.1.1 基准面与基准轴约束.....	189
8.1.2 定义基准轴和基准面.....	190
8.2 创建刀具基本特征	191
8.2.1 绘制剖面图形	191
8.2.2 创建草绘关系式	198
8.2.3 设置特征隆起方向与深度.....	198
8.2.4 创建同轴孔	199
8.3 创建第一个齿	199
8.3.1 利用偏移方法创建基准面.....	199
8.3.2 创建齿	200
8.3.3 创建孔	202
8.4 创建第二个齿	203
8.4.1 创建新基准面	203
8.4.2 创建齿和孔	203
8.5 创建第三个齿	207
8.5.1 利用临时性基准面辅助创建孔.....	207
8.5.2 利用临时基准面辅助创建齿.....	208
思考与练习	210
第9章 旋转特征和特征复制	211
9.1 创建旋转特征	211
9.1.1 旋转隆起	211
9.1.2 旋转切削	215
9.2 阵列特征	217
9.2.1 创建环形阵列——带螺孔的法兰盘.....	217
9.2.2 群组特征的阵列复制.....	222
9.3 复制特征	226
9.3.1 相同参考复制	226
9.3.2 平移复制	229
9.3.3 旋转复制	231
9.3.4 镜像复制	235
思考与练习	236
第10章 扫描和混成	237
10.1 扫描 (Sweep)	237
10.1.1 利用闭合剖面、开放轨迹线创建 S 型支架.....	237
10.1.2 利用开放剖面、闭合轨迹线创建草坪喷头	241
10.2 混成 (Blend)	245
10.2.1 直线、平行混成	245

10.2.2 抽壳命令	247
10.2.3 平滑、旋转混成	248
思考与练习	251
第 11 章 创建工程图	252
11.1 工程图概述	252
11.2 L 型支架	252
11.2.1 创建零件	253
11.2.2 创建 L 型支架的工程图	255
11.2.3 关联性分析	264
11.2.4 获取工程图的硬复制	267
11.3 带轮	268
11.3.1 创建带轮	268
11.3.2 创建工程图	271
思考与练习	279
第 12 章 装配基础	280
12.1 创建装配零件	280
12.1.1 修改带轮 (Pulley)	281
12.1.2 创建轮轴 (Axle)	281
12.1.3 创建基座 (Base)	284
12.1.4 创建螺栓 (Bolt)	284
12.1.5 创建套筒 (Bushing)	285
12.1.6 创建垫片 (Washer)	285
12.2 装配约束条件	286
12.2.1 贴合约束 (Mate)	286
12.2.2 贴合偏移约束 (Mate Offset)	287
12.2.3 对齐约束 (Align)	287
12.2.4 对齐偏移约束 (Align Offset)	287
12.2.5 方向约束 (Orient)	288
12.2.6 插入约束 (Insert)	288
12.3 装配零件	288
12.3.1 装配件设计重点	288
12.3.2 创建子零件	289
12.3.3 创建主体零件	293
12.3.4 设定颜色	296
思考与练习	297
第 13 章 装配操作	298
13.1 获取装配件信息	298

13.1.1	查看装配件部件信息及零件特征信息	298
13.1.2	使用模型结构树	299
13.2	装配件特征	301
13.2.1	创建装配件特征	301
13.2.2	隐藏和恢复装配件特征	302
13.3	装配件和零件的修改	303
13.3.1	修改独立的零件	303
13.3.2	增加装配件特征	305
13.3.3	在装配模式下创建零件	307
13.4	创建装配件分解视图	308
13.5	修改零件的显示状态	310
13.6	创建装配图	311
	思考与练习	313
第 14 章	模具设计与 Pro/ENGINEER 2000i ²	314
14.1	模具设计基本流程	314
14.2	模具设计实例	317
14.2.1	创建模型	318
14.2.2	创建模具模型文件	320
14.2.3	装配参考模型	321
14.2.4	创建胚料	322
14.2.5	设置收缩率与浇道系统设计	324
14.2.6	设计分模面	329
14.2.7	利用分模面分割模型	331
14.2.8	生成浇铸件并隐藏参考模型、胚料与分模面	333
14.2.9	开模	334
14.3	Pro/ENGINEER 2000i ² 的新特点	337
14.3.1	功能上的改进与增强	337
14.3.2	使用方面的改进	338
附录	Pro/ENGINEER 常见使用问题问答	341

第 1 章 初识 Pro/ENGINEER 2000i

Pro/ENGINEER 是由美国 PTC 公司开发的用于设计、分析和制造各种机械零件的软件。在本章中，我们将主要了解 Pro/ENGINEER 2000i 的特点、用户操作界面，以及使用 Pro/ENGINEER 的基本方法。此外，本章最后还提供了一组练习题，以便帮助读者理解和掌握本章的内容。

1.1 Pro/ENGINEER 2000i 的特点

2D 绘图软件与 3D 绘图软件不同的地方在于 2D 软件无法创建 3D 模型，因此，2D 软件在使用上受到很大的局限。Pro/ENGINEER 是一种强大的三维建模软件，它支持并行开发，因而受到业界的青睐。

当然，Pro/ENGINEER 之所以广受欢迎，自有其独特之处。下面就来简要介绍一下 Pro/ENGINEER 的特点。

1.1.1 基于特征的建模方式

所谓“基于特征”是指，用户可以通过定义特征来创建零件，这些特征包括隆起（Protrusion，又称拉伸）、扫描（Sweep）、切削（Cut）、打孔（Hole）、沟槽（Slot）、圆角（Round）等。例如，图 1-1 所示法兰盘是由两个特征构成，一个是根据隆起特征生成的圆筒，一个是孔特征阵列。

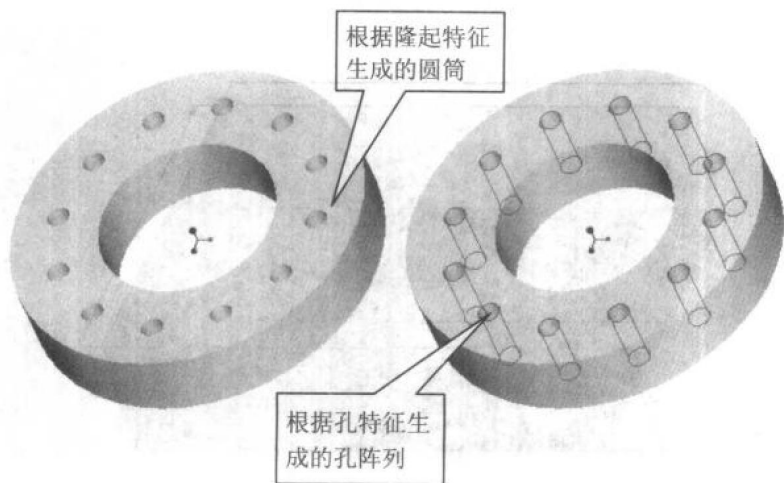


图 1-1 法兰盘

总的来说,使用特征的好处主要有如下几点:

- 特征取代了低层的几何图形,如线、弧和圆等。这意味着设计者可以把计算机作为一个高层设计平台,而不必考虑 Pro/ENGINEER 使用的几何图形细节。
- 用户可以方便地隐藏和改变特征参数,从而快速修改图形。例如,图 1-2 显示了隐藏孔特征阵列和修改孔特征尺寸后的法兰盘。

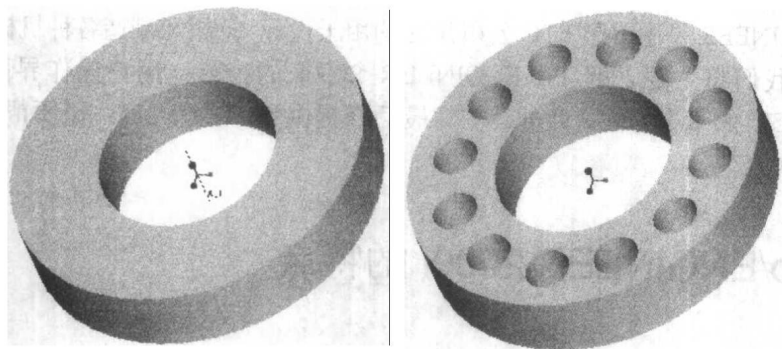


图 1-2 隐藏特征与修改特征尺寸

1.1.2 参数化设计

所谓参数化设计是指,零件和装配件的物理形状由特征属性值(主要尺寸)来驱动,用户可以随时修改特征尺寸或其他属性。

此外,也可以将一个特征属性与另一个特征属性相关联。例如,在图 1-3 中,为了确保孔始终位于模块的中心,可通过为该零件创建两个关系式:

$$d4=d0/2$$

$$d5=d1/2$$

将孔的位置尺寸用数学公式与模块的尺寸相关联。当模块的尺寸改变时,孔的位置将自动重新计算。

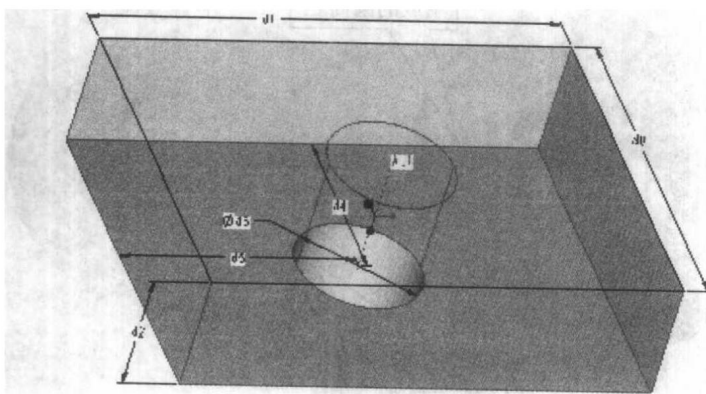


图 1-3 使用关联尺寸

1.1.3 父/子关系

在 Pro/ENGINEER 中, 父/子关系 (Parent/Child Relations) 是基于特征建模的一个重要方面。例如, 图 1-4 所示为一个圆角长方体, 它由两个特征生成, 一个是实体隆起特征, 一个是圆角特征。其中, 实体隆起特征为父特征, 圆角特征为子特征。当用户修改基本长方体的尺寸时 (父特征), 圆角子特征被相应修改, 如图 1-4 所示。

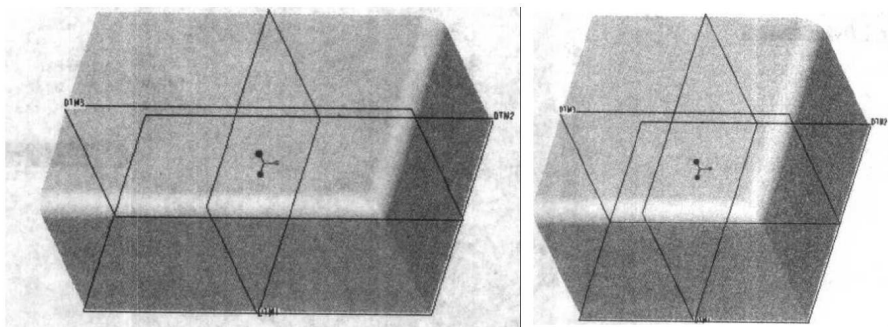


图 1-4 父子关系变化

通常情况下, 改变父特征都将影响子特征。删除父特征将导致创建子特征的一个或多个参考条件被删除, 因此, 删除父特征将删除它所有的子特征。例如, 删除图 1-4 中的基本长方体特征, 圆角特征将自动被删除。

1.1.4 软件的模块化与设计的关联性

和一般的软件有所不同, Pro/ENGINEER 实际上是一个大型的软件包, 它包含了众多模块。这些模块可分为两类, 一类为基本模块, 如零件编辑模块、草绘模块、工程图绘图模块、简单装配图绘图模块等; 一类为扩展模块, 如电缆布线功能模块 Pro/CABLING、参数化组装管理系统模块 Pro/ASSEMBLY、钣金造型和组装模块 Pro/SHEETMETAL 等。当用户安装了 Pro/ENGINEER 后, 便可以直接使用基本模块了。对于扩展模块而言, 则需要单独安装。

尽管 Pro/ENGINEER 由众多的模块组成, 但它却是建立在一个统一的数据库之上, 而不像一些传统的 CAD/CAM 系统建立在多个数据库上。所谓单一数据库, 就是指工程中的全部数据都来自一个数据库。换言之, 在整个设计过程的任何一处发生改动, 都可以反应在整个设计过程的相关环节上。例如, 一旦改变了工程图, NC (数控) 工具路径将会自动更新; 如果更改了装配图, 这种修改将完全反应在零件图中。因此, 这种独特的数据结构使得产品的设计更快, 产品质量更高, 产品能更好、更快地推向市场, 价格也更便宜。

1.2 认识 Pro/ENGINEER 2000i 的工作环境

新版的 Pro/ENGINEER 界面更接近于我们所熟悉的 Windows 风格, 更加友好和易于使

用, 如图 1-5 所示。

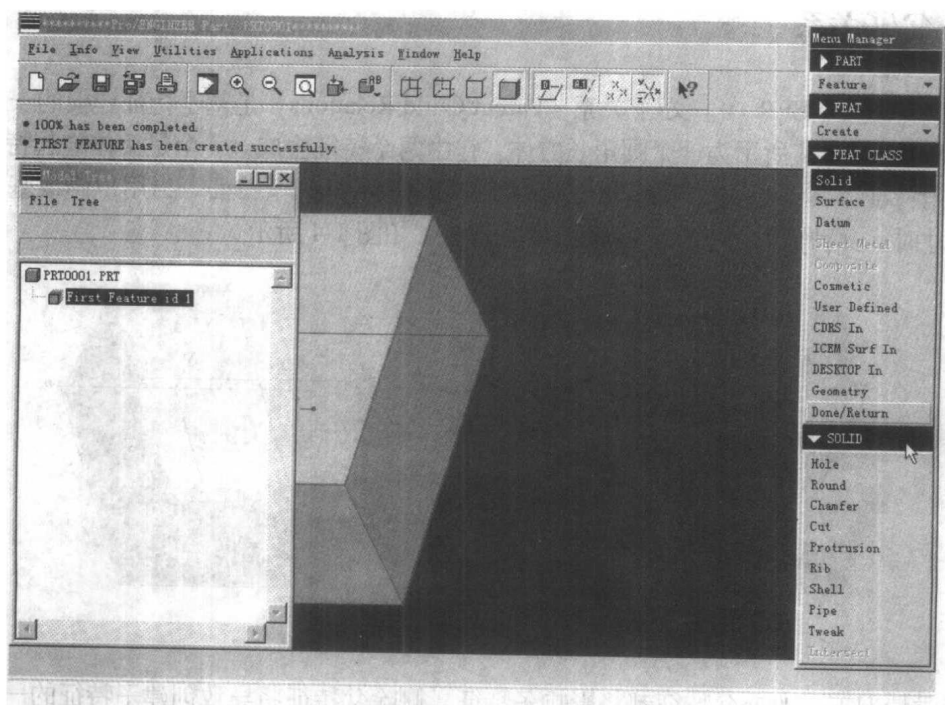


图 1-5 Pro/ENGINEER 用户界面

本节将简要介绍启动 Pro/ENGINEER 的方法, Pro/ENGINEER 的用户界面, 输入 Pro/ENGINEER 命令的方法, 以及如何表示命令序列和获取在线帮助。

1.2.1 启动 Pro/ENGINEER

要启动 Pro/ENGINEER, 可从“开始”菜单中的“程序”选项选择“Pro ENGINEER”, 并单击“Proe2000i”, 如图 1-6 所示。

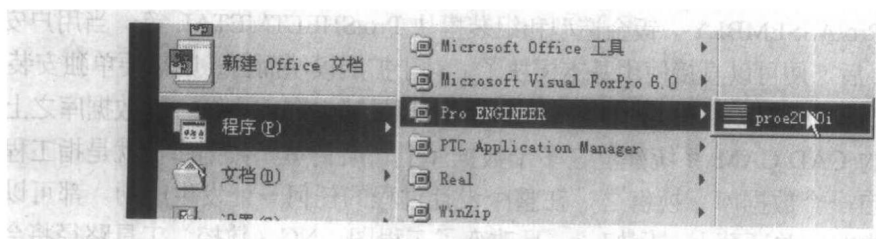


图 1-6 Pro/ENGINEER 启动菜单

程序会用几秒钟完成初始化, 启动完成后, Pro/ENGINEER 的主窗口将显示在屏幕的左边, 并且图形区会最大化显示, 如图 1-7 所示。

由图 1-7 可以看出, 与其他 Windows 软件类似, Pro/ENGINEER 的用户界面也主要包括了诸如菜单栏、工具栏、信息区及在线帮助区等。此外, 在不同的模块或状态下, 在图形区的右方还将出现不同的菜单管理器 (Menu Manager)、模型结构树 (Model Tree)、模型对话框 (Model Dialog Box) 及确认对话框 (Confirmation Dialog Box) 等。下面就来简要

介绍一下各区域的特点与功能。

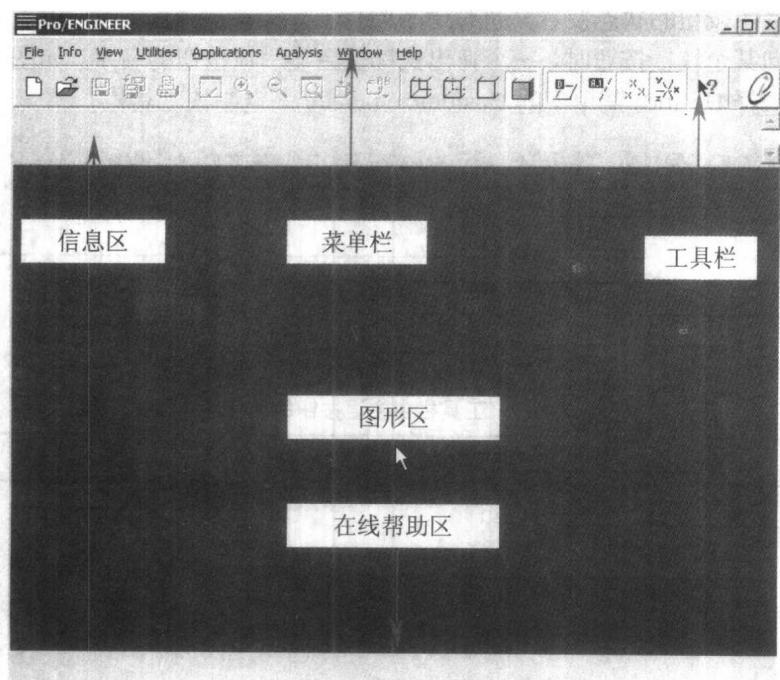


图 1-7 Pro/ENGINEER 的用户界面

1.2.2 菜单栏

此版本将大部分有关系统环境的命令集成在菜单内，以便更接近 Windows 标准。默认情况下，菜单栏中包含了 File、Info、View 等八个菜单项，这些菜单的基本功能如下。

- **File**（文件）菜单：用于执行与文件相关的操作，如打开、创建与保存文件等。
- **Info**（信息）菜单：用于执行查询或生成报表，例如，显示特征列表或版本追踪等。
- **View**（视图）菜单：用于控制模型显示，及设置与显示性能相关的选项。
- **Utilities**（实用工具）菜单：用于定制工作环境，例如，定制用户界面，加载和编辑配置文件等。
- **Applications**（应用程序）菜单：利用该菜单可在各种模式之间切换，并启动相关应用程序。
- **Analysis**（分析）菜单：用于分析模型参数。
- **Window**（窗口）菜单：用于打开、关闭窗口，调整窗口尺寸，或者在各窗口之间进行切换等。
- **Help**（帮助）菜单：用于访问上、下文相关帮助、客户信息等。

1.2.3 工具栏

工具栏位于菜单栏的下方，它由一组快捷按钮组成。值得指出的是，根据当前工作的