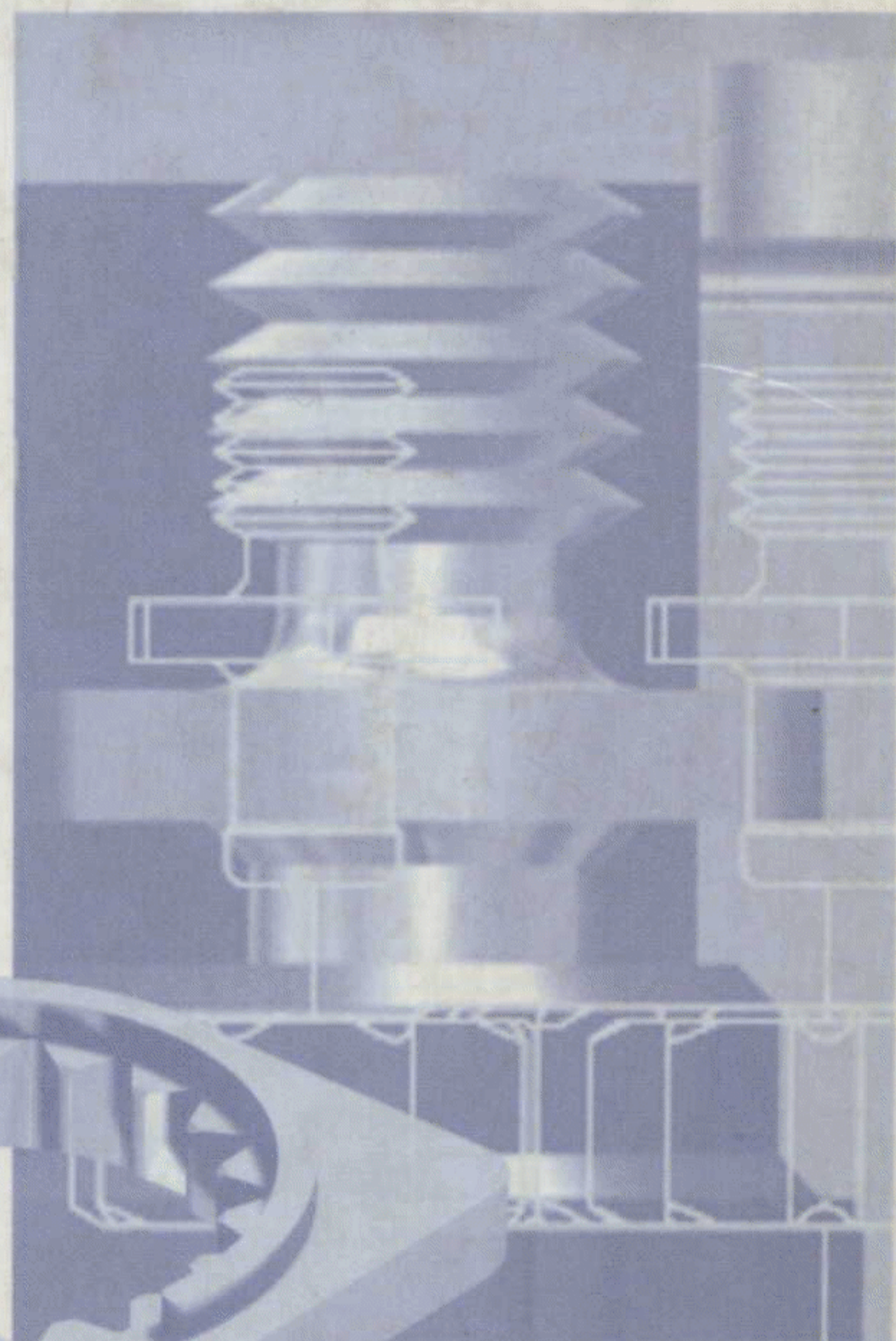
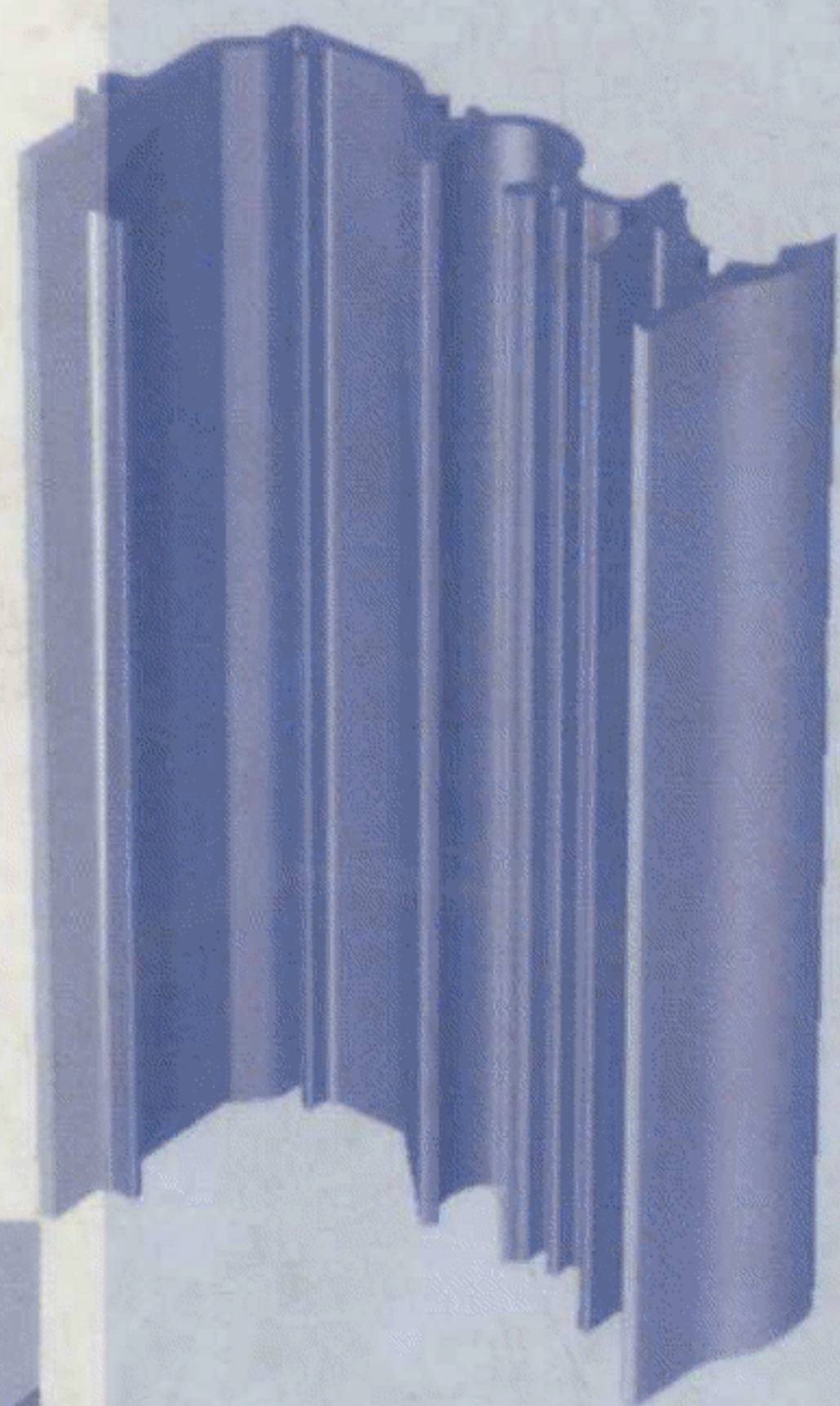


Pro/Engineer

典型机械设计

钟建琳 主编



机械工业出版社
Machine Press

Pro/Engineer 典型机械设计

钟建琳 主编



机械工业出版社

前 言

Pro/Engineer 是美国 PTC 公司推出的 CAD/CAM 软件，是目前专业设计人员使用的最为广泛的三维 CAD 工具之一。

本书精选机械设计中的—些典型零件，如轴承、挡圈、轴、轴架、箱体、弹簧、吊钩、螺母、螺栓、凸轮、齿轮、叶轮等，由浅入深、循序渐进地介绍了 Pro/Engineer 机械设计方方面面的知识，包括参数化草图设计、基准特征的建立、零件造型的各种方法（包括螺旋扫掠 Helical Sweep、可变截面扫掠 Variable Sweep、扫掠混成 Swept Blend 等高级特征）、零件造型的编辑、曲面造型、关系式、利用族表建立标准零件库、设置各项工程资料、分析 CAD 模型、二维工程图的创建与输出、文件的转换与打印等。本书最后还以平底直动从动件盘形凸轮机构为例详细介绍了 Pro/Engineer 产品装配造型设计。书中所有实例都有详细操作步骤，图文并茂，并符合我国实际情况。

读者在学习本书的过程中，最好是边学习边上机操作，不断总结实践经验。按照本书的解说及实例进行学习操作，一定能在短时间内熟练掌握并运用 Pro/Engineer 进行机械设计工作，成为机械设计的高手。

本书中如无特别说明，单击指用鼠标左键单击，而右击指用鼠标右键单击。

本书由钟建琳主编，参加编写的还有张英堂、曲彩云、张进秋、吕建刚、李志宁、张素宁、张凤娣、姚晓冬、任国全、黄杰、张建国、王海、王涛、李琳等。由于 Pro/Engineer 技术复杂，功能强大，作者水平有限，编写时间仓促，书中难免会有不妥之处，恳请各位专家、读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 介绍	1
1.1 主要特点及概念	2
1.2 操作界面	4
1.2.1 主菜单 (Main Menu)	5
1.2.2 工具栏 (Main Toolbar)	5
1.2.3 信息区 (Message area)	6
1.2.4 在线帮助区 (On-line help area)	7
1.2.5 菜单管理器 (Menu manager)	7
1.2.6 模型特征树 (Model tree)	8
1.3 零件造型设计的基本过程	8
第 2 章 轴承	11
2.1 基准特征与基准平面 (Datum Plane)	12
2.2 拉伸 (Extrude) 特征和倒圆角 (Round) 特征	14
2.2.1 拉伸特征 (Extrude)	14
2.2.2 倒圆角特征 (Round)	17
2.3 轴承的创建	18
第 3 章 挡圈	29
3.1 倒圆角 (Round) 特征	30
3.1.1 简单圆角特征	30
3.1.2 复杂圆角特征	33
3.2 打孔 (Hole) 特征	37
3.2.1 平直型圆孔 (Straight Hole) 特征	37
3.2.2 草绘型孔 (Sketch Hole) 特征	40
3.3 特征的复制 (Copy) 与镜像 (Mirror)	41
3.3.1 特征的复制 (Copy)	41
3.3.2 零件的镜像 (Mirror Geom)	46
3.4 挡圈的创建	47
第 4 章 轴	61
4.1 旋转 (Revolve) 特征	62
4.2 倒斜角 (Chamfer) 特征	63
4.3 特征的阵列 (Pattern)	66
4.4 图层 (Layers) 的使用	68

4.4.1 建立图层的方法	69
4.4.2 在图层中添加或删除对象	71
4.4.3 图层的操作	72
4.5 轴的创建	73
第 5 章 轴架及箱体	88
5.1 加强筋 (Rib) 特征	89
5.2 抽壳 (Shell) 特征	89
5.3 轴架的创建	90
5.4 箱体的创建	104
第 6 章 弹簧	114
6.1 基准曲线 (Datum Curve)	115
6.2 图形 (Graph) 曲线	116
6.3 扫掠 (Sweep) 特征	117
6.3.1 扫掠特征的开口轨迹线与扫掠属性	118
6.3.2 扫掠特征的封闭轨迹线与扫掠属性	118
6.4 螺旋扫掠 (Helical Sweep) 特征	119
6.4.1 螺旋扫掠特征的属性菜单	119
6.4.2 用恒定螺距值创建螺旋扫掠	121
6.4.3 用可变螺距值创建螺旋扫掠	122
6.5 弹簧的创建	125
6.5.1 弹簧 (一) 的创建	125
6.5.2 弹簧 (二) 的创建	128
6.5.3 弹簧 (三) 的创建	133
6.5.4 弹簧 (四) 的创建	136
第 7 章 吊钩	141
7.1 混成 (Blend) 特征	142
7.1.1 混成特征的类型	143
7.1.2 混成特征的属性	143
7.2 扫掠混成 (Swept Blend) 特征	144
7.2.1 创建扫掠混成特征的基本步骤	145
7.2.2 扫掠混成特征的控制	148
7.3 吊钩的创建	151
第 8 章 螺母和螺栓	161
8.1 修饰 (Cosmetic) 特征	162
8.1.1 草绘修饰特征	162
8.1.2 螺纹修饰特征	164

8.1.3 凹槽修饰特征	169
8.2 关系式 (Relations)	170
8.3 族表 (Family Table)	172
8.4 螺栓的创建	184
8.4.1 正六边形截面的创建	184
8.4.2 螺栓的创建	186
8.5 螺母的创建	194
第9章 凸轮	203
9.1 可变截面扫掠 (Variable Section Sweep)	204
9.2 图形 (Graph) 曲线	206
9.3 用户自定义特征 (UDF)	208
9.4 特征的隐藏 (Suppress) 与删除 (Delete)	209
9.5 凸轮的创建	213
9.5.1 凸轮 (一) 的创建	213
9.5.2 凸轮 (二) 的创建	226
9.5.3 凸轮 (三) 的创建	231
9.5.4 凸轮 (四) 的创建	238
第10章 齿轮	250
10.1 设置各项工程资料 (Set Up)	251
10.1.1 设置特征或基准的名称	251
10.1.2 设置零件的材质和精确度	252
10.1.3 向对象添加参数	253
10.1.4 设置模型的单位	254
10.1.5 设置其它资料	257
10.2 曲面特征	258
10.2.1 创建一般曲面特征	259
10.2.2 曲面的转换 (Transform)	261
10.3 特征群组 (Local Group)	264
10.4 齿轮的创建	264
10.4.1 齿轮 (一) 的创建	265
10.4.2 齿轮 (二) 的创建	282
第11章 叶轮	292
11.1 创建高级曲面特征	293
11.2 曲面特征的操作	295
11.2.1 曲面的合并 (Merge)	295
11.2.2 曲面的裁剪 (Trim)	296
11.2.3 曲面的延伸 (Extend)	298

11.3 叶轮的创建	302
第12章 创建二维工程图	317
12.1 设置工程图环境	318
12.1.1 【New Drawing】对话框	318
12.1.2 菜单管理器	319
12.1.3 工具栏	320
12.1.4 图纸格式	320
12.2 建立工程视图	324
12.2.1 产生三视图	326
12.2.2 产生剖视图	330
12.2.3 产生辅助视图	334
12.2.4 产生局部放大视图	335
12.2.5 产生旋转视图	336
12.2.6 产生半视图与局部视图	337
12.3 修改工程视图	338
12.3.1 移动视图 (Move View)	338
12.3.2 删除视图 (Delete View)	339
12.3.3 隐藏与恢复视图 (Erase View 和 Resume View)	339
12.3.4 显示方式的设置 (Disp Mode)	339
12.3.5 改变视图的类型	342
12.3.6 改变比例	342
12.3.7 修改剖面线	344
12.4 尺寸标注和技术要求	347
12.5 明细表和序号	357
12.6 转化为 AutoCAD 文件	359
12.7 轴的二维工程图	359
12.8 箱体的二维工程图	372
第13章 凸轮机构的装配	379
13.1 装配模块 (Assembly)	380
13.2 装配对话框	382
13.3 装配约束条件	383
13.4 零件装配步骤	388
13.5 爆炸图的生成与修改	389
13.6 干涉检查	391
13.7 提高装配效率	393
13.8 凸轮机构的装配	396

第 1 章

介绍

本章要点：

在这一章中，我们对 Pro/Engineer 作一个大体的介绍，了解其主要特点、操作界面及其零件造型的基本过程。

本章将学习的主要内容包括：

- 主要特点及概念
- 操作界面
- 零件造型设计的基本过程

1.1 主要特点及概念

Pro/Engineer 系统是美国参数技术公司 (Parametric Technology Corporation, 简称 PTC) 的产品。PTC 公司提出的单一数据库、参数化、基于特征、全相关的概念改变了机械 CAD/CAE/CAM 的传统观念, 这种全新的概念已成为当今世界机械 CAD/CAE/CAM 领域的新标准。利用该概念开发出来的第三代机械 CAD/CAE/CAM 产品, Pro/Engineer 软件能将设计至生产全过程集成到一起, 让所有的用户能够同时进行同一产品的设计制造工作, 即实现所谓的并行工程 (Concurrent engineering)。

Pro/Engineer 系统主要特点如下:

- 真正的全相关性, 任何地方的修改都会自动反映到所有相关的地方。
- 具有真正管理并发进程、实现并行工程的能力。
- 具有强大的装配功能, 能够始终保持设计者的设计意图。
- 容易使用, 可以极大地提高设计效率。

而且, Pro/Engineer 系统用户界面简洁, 概念清晰, 符合工程人员的设计思想与习惯。整个系统建立在统一的数据库上, 具有完整而统一的模型。另外, Pro/Engineer 建立在工作站上, 系统独立于硬件, 便于移植。

所谓参数化设计是指在设计特征、零件和装配件时是基于决定设计物理形状的参数造型技术。修改某一个参数值就改变相应的特征和所有参考该特征的特征。例如, 如果增加螺杆的长度, 则螺纹将沿着螺杆移动使螺纹从螺杆的底部开始。基于特征参数化设计的主要优势在于造型时捕获设计意图的能力。也正因为以特征作为设计的单元, 所以可以随时对特征做合理的、不违反几何顺序的调整、插入、删除、重新定义等修改动作, 轻易改变模型。这一功能特性给工程设计者提供了在设计上从未有过的简易和灵活。

所谓不违反几何顺序的调整, 是因为在 Pro/Engineer 中进行特征操作时, 必须注意特征之间的上下级关系, 即父子关系。通常, 创建一个新特征时, 不可避免地要参考已有的特征, 如选取已有的特征表面作为绘图平面和参考平面, 选取已有的特征边线作为标注尺寸参考等, 此时便形成了特征之间的父子关系, 新生成的特征称为子特征, 被参考的已有特征称为父特征。

对于有父子关系的特征, 在进行特征操作时应倍加小心。通常, 可单独地删除子特征而父特征不受影响, 但是删除父特征时, 其所有的子特征也一起被删除。对特征进行隐藏操作时具有同样的效果, 如果隐藏父特征, 其所有的子特征一起被隐藏, 而隐藏子特征时, 父特征不受影响。所以, 确保父特征在整个造型过程中都存在是非常重要的。

如图 1.1 所示是一个包含有孔定位的简单的例子。该孔可以通过两条边或两个面来定位。该孔是一个子特征, 它的存在取决于其父特征 (边 1 和 2, 或者是面 1 和 2)。如果是边 1 和 2 定位, 则在以后的设计过程中要给这些边倒角的话, Pro/Engineer 会给出出错信息。如果该孔不是通过两条边来定位而是通过两个面 1 和 2 来定位, 则给这些边倒角的话, Pro/Engineer 将不会提示一出错信息。

说明: 将面作为特征的参考基准可避免很多有关父子关系的问题。

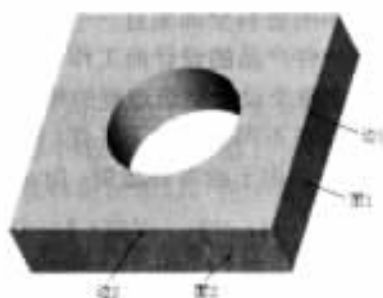


图1.1 孔的定位

表 1.1 Pro/Engineer 各工作模式的含义

工作模式	子模式	功能说明	缺省文件名
Sketch		二维草图绘制	S2d####.sec
Part	Solid	建立新的零件	Pri####.prt
	Composite	建立复合零件	
	Sheet metal	建立钣金零件	
Assembly	Design	建立组合件	Ass####.asm
	Interchange	建立自动交替组合件	
	Verify	输入扫描数据以建立对比用组合件	
	Process Plan	建立装配计划	
	NC Model	组合加工模型	
Manufacturing	NC Assembly	装配加工模式	Mfg####.mfg
	NC Part	零件加工模式	
	Expert Machinist	专家加工模式	
	OM	坐标测量器	
	Sheet metal	钣金成形	
	Cast	铸模加工	
	Mold	模具加工	
	Dieface	冲压加工	
	Harness	制造数据生成工具	
	Process Plan	建立加工计划	
Drawing		建立工程图	Draw####.dwt
Format		建立 Drawing 与 Layout 的缺省文件	Pro####.ftm
Report		建立报告书	Rep####.rep
Diagram		建立电路、管路流程图	Dgs####.dgn
Layout		建立二维装配示意图	Lay####.lay
Markup		对零件、组合件、工程图、加工等建立批注文件	Mrk####.mrk

在表 1.1 中，文件名为系统默认文件名，其中的字符####，代表系统所赋予的文件编号。

所谓单一数据库，就是工程中的资料全部来自一个库，这样就可使每一个独立用户，不管他是哪一个部门的，可为同一件产品的设计而工作。换言之，在整个设计过程的任何一处发生改动，亦可以前后反应在整个设计制造过程的相关环节上，即全相关。

在 Pro/Engineer 中，用户可以在不同的模式下工作(参表 1.1)。主要的模式有：Sketch——用于创建截面(草图)；Part——用于给零件造型；Drawing——用于创建二维工程图；Assembly——用于装配零件。

设计者可以创建一个草图，用这个草图来给零件造型，也创建该零件的二维工程图，还可以在装配中使用这个零件。设计者可以在其中任何一个模式中修改零件的尺寸。Pro/Engineer 能很好地处理这种情况，因为 Pro/Engineer 中的所有模式全是相关的。换句话说，在一个模式中所作的修改将自动反映到其他各模式中去。这样，就保证了模型的一致性。又如：一旦工程图有改变，数控刀具路径也会自动更新；装配工程图如有任何变动，也完全同样反应在整个三维模型上。这样可确保数据的正确性，并避免反复修改的耗时性。这种独特的数据结构与工程设计制造的完整结合，使得一件产品的所有设计制造过程结合起来。这一优点，使产品设计更优化，成品质量更高，产品能更好地推向市场，价格也更便宜。由于采用单一数据库，提供了所谓双向关连性的功能，这种功能也正符合了现代产业中所谓的并行工程(Concurrent engineering)思想。

1.2 操作界面

Pro/Engineer 各个工作模式下的用户界面基本上是一致的。系统启动后，将显示 Pro/Engineer 最初的用户界面，其界面形式仅包含单一窗口，用户必须建立一个文件后，菜单与其他应用窗口才会显示。图 1.2 为 Pro/Engineer 2000i 进行零件设计时的用户界面。

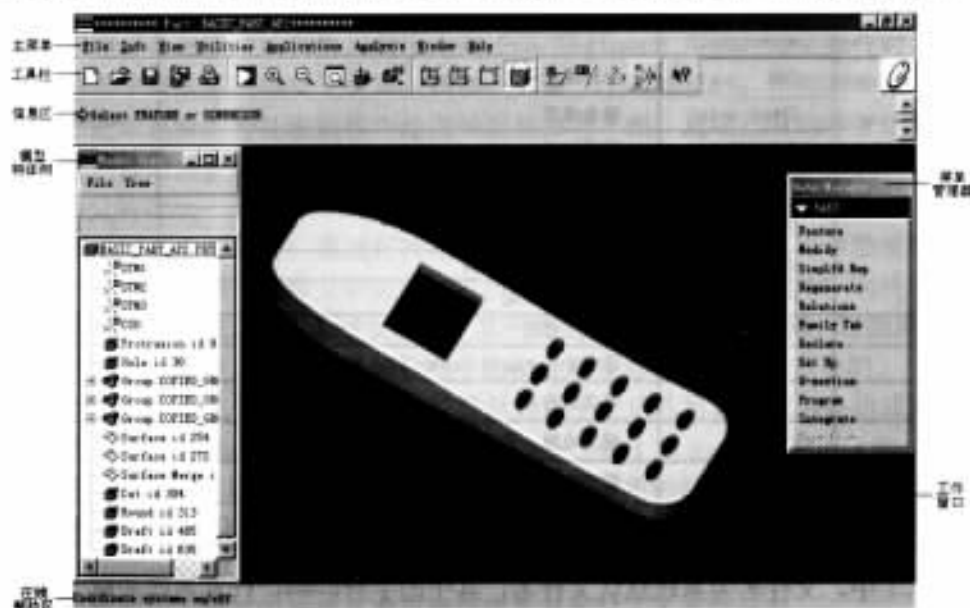


图 1.2 零件设计时的用户界面

1.2.1 主菜单 (Main Menu)

与其他软件相似, Pro/Engineer 2000i 的主菜单位于用户界面主视图的最上方。系统将控制命令按性质分类放置于各个菜单中, 如图 1.3 所示。各个菜单以下拉式菜单的形态呈现, 使其与一般视窗版应用软件更加相似。在主菜单中, 系统共分为以下菜单: **【File】** (文件)、**【Info】** (信息)、**【View】** (视图)、**【Utilities】** (实用程序)、**【Applications】** (应用组件)、**【Analysis】** (分析)、**【Window】** (窗口)、**【Help】** (帮助)。

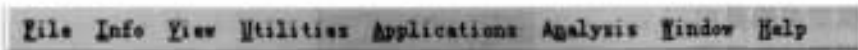


图1.3 Pro/Engineer 2000i 的主菜单

了解各个主菜单的名称后, 下面概要地介绍一下菜单的整体界面。当菜单被单击之后会弹出下拉式菜单, 系统将显示当前工作模式下可应用的所有选项。如果其中选项文字呈现灰色下凹, 表示该选项此时无法使用; 如果选项右方出现三角符号, 则表示该选项还含有子菜单选项; 如果选项右方显示键盘按键符号, 如 Ctrl+A, 表示其为该选项的快捷键, 工作过程中可直接在按下 Ctrl 键的同时按下 A 键执行该选项的功能; 如果选项字母下方含有底线, 则表示该字母为选项的记忆键, 当系统显示该菜单时, 含底线的字母即代表该选项, 可直接按下键盘中的该字母, 执行该选项功能; 如果选项以反白显示, 则表示该选项已被选取, 可继续执行其功能; 如果选项文字后面出现..., 表示执行该选项之后, 系统会出现对话框。主菜单选用是工作中的频繁操作, 以后各章节的介绍中会经常使用。






1.2.2 工具栏 (Main Toolbar)

Pro/Engineer 2000i 工具栏的系统默认位置在主菜单的下方, 用户可自行指定工具栏放置的位置, 但习惯上以采用系统默认位置为好。工具栏中包含了大部分常用控制功能的工具图标, 如图 1.4 所示, 可直接用单击来选取工具图标来执行相应功能。如果将光标停留于图标上方, 系统会自动显示该工具的功能提示。



图1.4 Pro/Engineer 2000i 的工具栏

下面简单介绍一下各个工具图标的功能。

- : 新建文件。文件的类型可以是零件、装配、工程图、加工等任意一种, 取决于用户选取的工作模式。
- : 打开文件。
- : 保存当前操作中的文件。
- : 备份 (另存为) 当前操作中的文件。
- : 打印屏幕显示的图形。

- : 刷新当前窗口的工作区屏幕。
- : 模型局部放大。
- : 模型显示缩小。
- : 模型显示与窗口匹配, 通常是恢复到默认状态下的模型显示。
- : 放置模型视图。
- : 模型视图列表。
- : 模型线框状态显示。
- : 模型显示虚线。
- : 模型消隐显示。
- : 模型渲染显示。
- : 基准平面显示与否的切换。
- : 基准轴显示与否的切换。
- : 基准点显示与否的切换。
- : 坐标系显示与否的切换。
- : 帮助信息按钮。






1.2.3 信息区 (Message area)

如图 1.5 所示, Pro/Engineer 2000i 的信息区记录了使用过程中系统给予用户的提示及命令执行的结果, 使用信息区右侧的滚动条可以检查所有的信息记录以追溯问题。



图1.5 Pro/Engineer 2000i 的信息区

系统所提示的信息依照文字前的图标可分为以下五类。

- : 提示 (Prompts)。
- : 通知 (Informational)。
- : 警告 (Warning)。
- : 错误 (Error)。
- : 严重错误 (Critical)。


当系统需要使用者输入数据时, 信息区会出现白色的区域让用户能立即响应, 如图 1.6 所示, 完成资料的输入后按下键盘上的回车键或用鼠标单击右侧的确定按钮即可。



图1.6 按提示输入相关信息

在建立零件模型的过程中, 养成边操作边查看信息区的习惯, 可以轻松掌握问题所在并明白下一步应该做什么, 这样可以在短时间内熟悉 Pro/Engineer 的各项功能。

1.2.4 在线帮助区 (On-line help area)

在线帮助区位于工作窗口的下方，当光标移动到 Pro/Engineer 的某个工具选项或命令选项时，系统将会在在线帮助区显示提示文字，告诉用户该选项的功能。

1.2.5 菜单管理器 (Menu manager)

Pro/Engineer 2000i 的菜单管理器如图 1.7 所示，通常位于工作窗口的右侧。

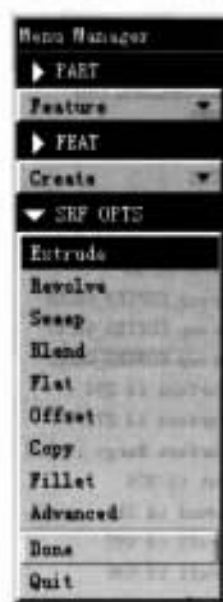





图1.7 Pro/Engineer 2000i 的菜单管理器

Pro/Engineer 2000i 菜单管理器的结构采用瀑布式，即单击某个菜单选项后，与之相关的下一级菜单自动弹出，依次类推，菜单层层弹出，直至一个特征创建完毕，如图 1.7 所示。在菜单管理器的上方会显示所选择的模块及其上一层菜单为何，藉此可让用户明白目前菜单所在的位置与使用的模块为何，如图 1.7 所示。下面对图 1.7 菜单中的箭头符号加以说明。

- : 该箭头表示当前菜单选项处于压缩状态，不显示。
- : 该箭头表示当前菜单选项处于显示状态。
- : 该箭头表示处于压缩状态菜单选项的伸展方向。单击该箭头，压缩菜单选项将沿箭头方向伸展，呈现显示状态。

菜单管理器是必须深入学习的第一项内容。要掌握 Pro/Engineer 特征应用菜单的选取，可采取如下几步：

1. 彻底搞清各个菜单及菜单选项的含义。这可通过仔细阅读在线帮助区的信息提示等相关资料实现。
2. 初期学习阶段，不要满足于模型的创建成功，而应反复体会菜单的选取，并选取其

他菜单，查看视图及模型有什么变化。

3. 多请教身边水平较高的人。

1.2.6 模型特征树 (Model tree)

当进入零件设计模式时，系统自动弹出模型特征树，如图 1.8 所示。

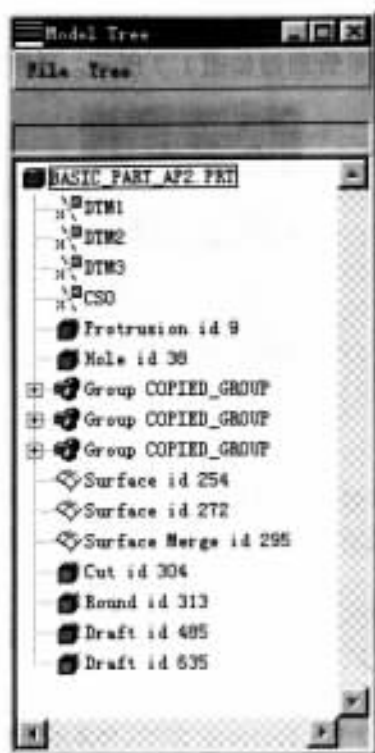


图1.8 Pro/Engineer 2000i 的模型特征树

如果操作中不小心关闭了模型特征树，可以单击【Window】→【Model Tree】选项将模型特征树打开，以便于模型的创建。

在设计过程中，当一个特征创建完毕后，模型特征树会立即加以反映。Pro/Engineer 2000i 的模型特征树的主要用处为：

1. 反映零件特征的创建顺序，便于使用和理解模型。
2. 方便特征选取。当要选取某个已有特征的时候，可以单击模型特征树上对应于该特征的名称。

1.3 零件造型设计的基本过程

创建一个参数化的零件模型的过程大致有下面几个步骤，如图 1.9 所示。

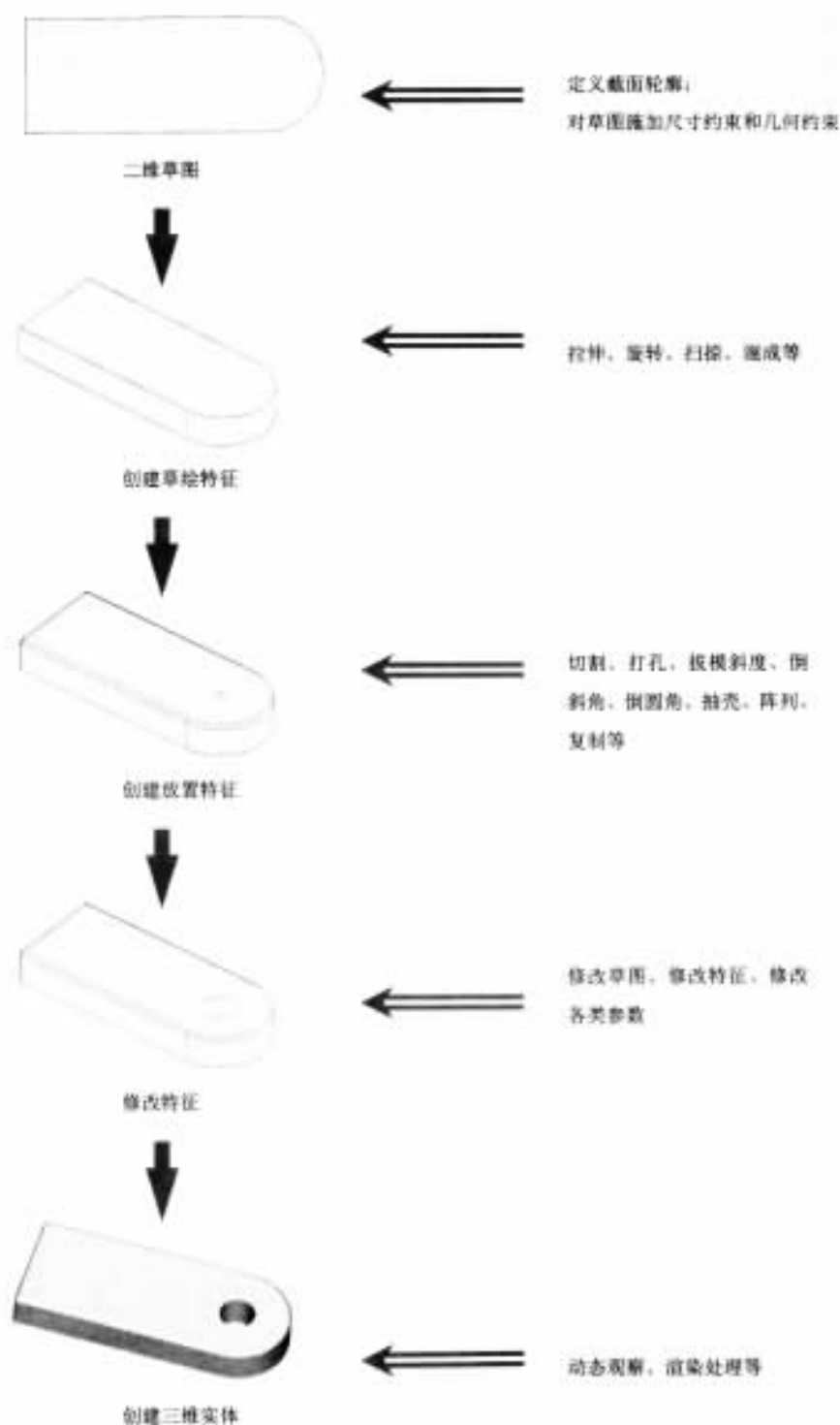


图1.9 参数化零件建模的过程