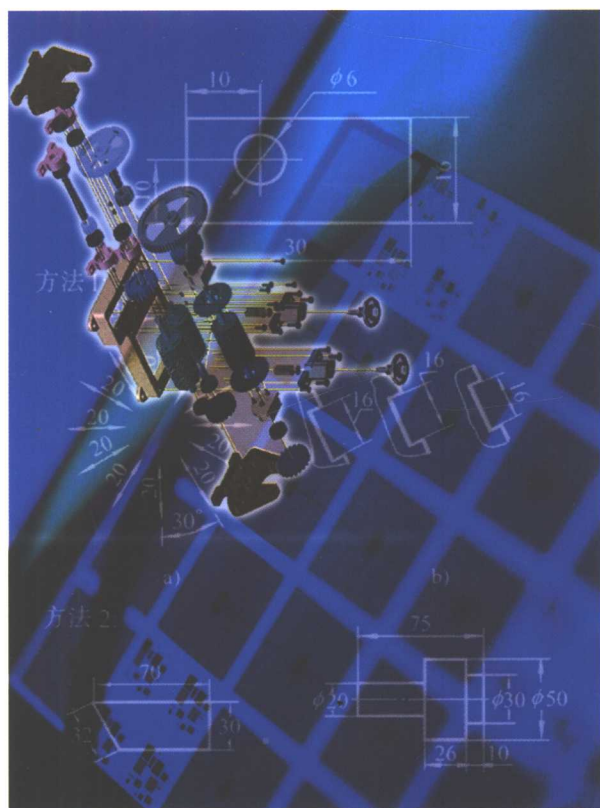


Pro/E 机械设计 基础教程

- ◆ Pro/E 机械设计概述
- ◆ 零件基础建模特征
- ◆ 零件高级建模特征
- ◆ 机械参数化模型
- ◆ 机械装配体设计
- ◆ 工程图视图设计
- ◆ 尺寸及公差标注
- ◆ 注释及粗糙度标注
- ◆ 机构设计扩展



宁涛 余强 编著



清华大学出版社

高等院校计算机应用技术系列教材

Pro/E 机械设计 基础教程

宁 涛 余 强 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书通过精选案例详细讲解了使用 Pro/E 实现机械零部件的建模、装配、工程图设计和机构仿真的方法和技巧。既能让具有一定机械设计经验的读者迅速熟悉 Pro/E 机械设计,也能让具有一定 Pro/E 设计能力的读者加强机械设计的理论知识,使完全没有用过 Pro/E 的读者能够从零件设计中体会 Pro/E 特征造型的精髓。

本书适用于有一定计算机辅助制图基础的读者,不仅可以作为高等院校机械设计或计算机辅助设计专业的教材,也可作为使用 Pro/E 的机械设计工程人员的自学参考书,书中的设计方法对于其他领域产品设计也有很好的借鉴作用。

本书光盘中收录了各章实例的图形文件,供读者参考或练习。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

Pro/E 机械设计基础教程/宁涛 余强 编著. —北京:清华大学出版社,2006.6

(高等院校计算机应用技术系列教材)

ISBN 7-302-13140-6

I. P… II. ①宁…②余… III. 机械设计:计算机辅助设计—应用软件, Pro/ENGINEER—高等院校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 057179 号

出 版 者:清华大学出版社 地 址:北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 客户服务:010-62776969

组稿编辑:王 定

文稿编辑:鲍 芳

封面设计:王 永

版式设计:康 博

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:23.75 字数:548 千字

版 次:2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-13140-6/TP·8311

印 数:1~5000

定 价:38.00 元(含光盘)

前 言

在我国中小企业机械产品设计工具中,Pro/E 是应用较广的一种软件,它与一般的 CAD 软件相比,存在着造型方法为全参数化特征建模等比较独特的地方,因此对于具有机械设计知识的读者来说,想要迅速地将机械设计的经验与软件融和,需要耗费一定的时间和精力。针对这一情况,本书详细介绍了如何在 Pro/E 中实现机械设计的基本理论、方法和技巧,使得机械设计的从业者能够迅速将理论知识与实践相统一,从而转化成为生产力。

本书作者多年从事 CAD/CAM/CAE 技术的应用和研究,具有丰富的 Pro/E 使用经验,对本书精选实例的创作思路、制作方法与相关技术都进行了深入浅出的剖析,制作过程中除了详细的操作步骤外,还列举了 Pro/E 建模中应注意的各种事项。对于初学者以及具有一定基础的中级读者,都能通过书中给出的操作步骤完成实例效果的制作,并通过技巧提示达到举一反三的目的。

本书共分为 9 章,各章内容安排如下。

- 第 1 章 Pro/E 机械设计概述:粗略介绍了 Pro/E 的建模思想及其在机械设计中的应用、Pro/E 的界面、基本操作和草绘工具的使用方法。
- 第 2 章 零件基础建模特征:介绍了 Pro/E 基本特征与基准特征的创建、编辑和操作方法。
- 第 3 章 零件高级建模特征:介绍了 Pro/E 工程特征、扫描混合类特征和共享数据类特征的创建方法。
- 第 4 章 机械参数化模型:介绍了机械参数化模型的创建方法,标准件和常用件的建模方法,关系与参数、程序与族表的使用方法。
- 第 5 章 机械装配体设计:介绍了机械装配体的设计方法,包括装配体元件的添加和创建、装配体自顶向下的设计方法。
- 第 6 章 工程图视图设计:介绍了工程图的相关知识、Pro/DETAIL 模块、工程图视图的创建和编辑方法。
- 第 7 章 尺寸及公差标注:介绍了工程图字体设置、自动和手动尺寸标注、尺寸编辑、尺寸公差标注以及形位公差标注的方法。
- 第 8 章 注释及粗糙度标注:介绍了 Pro/E 注释的创建及编辑、球标标注的添加、表面粗糙度的标注、焊接符号的标注和自定义符号库的创建方法。
- 第 9 章 机构设计扩展:介绍运动模型的建立、运动副的设置、运动环境的设置、分析及结果获取方法。

本书由宁涛、余强编著，周京平、尹辉、张灶法等人在预读、查错、实例测试和教学试验等工作中，付出了很多努力，在此表示感谢！

本书中用到的实例素材可从配套光盘中获得。读者在学习本书的过程中，如果遇到疑问，或有意见和建议，请 E-mail 至 hnwangd@163.com，我们将尽力提供帮助。

编 者

2006 年 5 月

目 录

第 1 章 Pro/E 机械设计概述.....1	2.3 基准特征30
1.1 Pro/E 软件介绍.....1	2.3.1 基准平面.....30
1.1.1 Pro/E 参数化技术1	2.3.2 基准轴.....33
1.1.2 Pro/E 在机械设计中的应用4	2.3.3 基准曲线.....36
1.2 Pro/E 工作环境.....6	2.3.4 基准点.....40
1.2.1 标题栏.....7	2.3.5 基准坐标系47
1.2.2 菜单栏.....7	2.4 特征的操作50
1.2.3 工具栏.....7	2.4.1 特征成组.....50
1.2.4 主工作区.....9	2.4.2 特征镜像.....51
1.2.5 导航选项卡.....10	2.4.3 特征阵列.....54
1.2.6 操控板.....10	2.4.4 特征复制.....58
1.2.7 状态栏.....11	2.5 特征编辑62
1.2.8 消息区.....11	2.5.1 编辑特征.....62
1.2.9 过滤器.....11	2.5.2 编辑定义.....63
1.3 Pro/E 基本操作.....12	2.5.3 编辑参照.....65
1.3.1 Pro/E 文件操作12	2.5.4 隐含与恢复67
1.3.2 Pro/E 鼠标操作13	2.5.5 排序与插入69
1.3.3 Pro/E 帮助系统14	2.6 习题.....72
1.4 Pro/E 草绘工具.....15	第 3 章 零件高级建模特征.....73
1.4.1 草绘基本概念.....15	3.1 工程特征73
1.4.2 设置草绘环境.....16	3.1.1 孔特征.....73
1.4.3 草绘平面与方向参照17	3.1.2 圆角特征.....85
1.4.4 创建草图图元.....18	3.1.3 倒角特征.....90
1.4.5 编辑草图.....18	3.1.4 抽壳特征.....95
1.4.6 标注和修改草图尺寸19	3.1.5 筋特征.....98
1.4.7 设置几何约束.....19	3.1.6 拔模特征.....103
1.5 习题.....21	3.2 扫描混合类特征106
第 2 章 零件基础建模特征.....23	3.2.1 扫描特征.....106
2.1 特征概述23	3.2.2 混合特征.....109
2.2 基础特征24	3.2.3 扫描混合特征114
2.2.1 拉伸特征.....25	3.2.4 可变剖面扫描特征118
2.2.2 旋转特征.....28	3.2.5 螺旋扫描特征119

3.3 习题	123	5.3.3 新建零部件的放置	202
第4章 机械参数化模型	125	5.4 自顶向下设计	204
4.1 机械参数化模型概述	125	5.4.1 主控件	204
4.1.1 关系与参数	126	5.4.2 布局	205
4.1.2 互换性原则	126	5.4.3 骨架模型	206
4.2 标准件建模	127	5.4.4 分配阀组件	207
4.2.1 螺纹紧固件	127	5.5 习题	217
4.2.2 销、键与花键	135	第6章 工程图视图设计	219
4.2.3 轴承	142	6.1 工程图概述	219
4.3 常用件建模	146	6.2 Pro/DETAIL 模块	220
4.3.1 齿轮	146	6.2.1 工程图模式	220
4.3.2 弹簧	161	6.2.2 设计环境介绍	220
4.4 关系与参数	165	6.2.3 工程图设置文件	222
4.4.1 参数	165	6.2.4 工程图制作步骤	225
4.4.2 关系	165	6.3 创建工程图视图	226
4.5 程序	166	6.3.1 视图类型	226
4.5.1 程序的格式	167	6.3.2 Pro/E 视图概述	229
4.5.2 程序应用举例	167	6.3.3 一般视图	230
4.6 族表	171	6.3.4 投影视图	235
4.6.1 创建的族表步骤	171	6.3.5 辅助视图	236
4.6.2 族表应用举例	172	6.3.6 详细视图	238
4.7 习题	176	6.3.7 旋转视图	239
第5章 机械装配体设计	178	6.3.8 剖截视图	240
5.1 装配体设计概述	178	6.3.9 组件视图	255
5.1.1 装配体设计思路	178	6.3.10 多模型视图	258
5.1.2 创建装配体文件	180	6.4 编辑工程图视图	258
5.2 添加装配体元件	181	6.4.1 删除与移动视图	258
5.2.1 元件放置约束	181	6.4.2 对齐视图	259
5.2.2 装配体元件操作	185	6.4.3 拭除与恢复视图	260
5.2.3 旋转阀组件——自下向上		6.4.4 修改视图属性	261
装配示例 1	185	6.4.5 转换为草绘图元	266
5.2.4 可逆转丝锥夹头组件		6.5 习题	266
——自下向上装配示例 2	187	第7章 尺寸及公差标注	268
5.3 创建装配体元件	201	7.1 工程图字体设置	268
5.3.1 创建产品组成元件	201	7.1.1 工程图字体要求	268
5.3.2 新建零部件的方法	202	7.1.2 Pro/E 字体设置	269

7.1.3 字体设置技巧	271	8.3.2 修改粗糙度符号	319
7.1.4 尺寸标注要求	272	8.4 Pro/E 焊接标注	322
7.2 自动尺寸标注	273	8.4.1 模型中插入焊接符号	323
7.2.1 显示自动尺寸	273	8.4.2 工程图中插入焊接符号	323
7.2.2 拭除自动尺寸	274	8.5 自定义符号库	325
7.3 手动尺寸标注	279	8.5.1 创建自定义符号	326
7.3.1 创建手动尺寸	280	8.5.2 插入自定义符号	328
7.3.2 删除手动尺寸	283	8.5.3 自调色板插入符号	329
7.4 编辑尺寸标注	286	8.6 习题	334
7.4.1 整理尺寸标注	286	第9章 机构设计扩展	335
7.4.2 修改尺寸标注	287	9.1 机构设计概述	335
7.5 公差标注概述	290	9.1.1 机构设计界面	335
7.6 尺寸公差标注	292	9.1.2 机构仿真体验	336
7.6.1 尺寸公差标注概述	292	9.2 建立运动模型	342
7.6.2 尺寸公差标注方法	292	9.2.1 连接类型	342
7.7 形位公差标注	296	9.2.2 连接轴设置	344
7.7.1 形位公差标注概述	296	9.2.3 拖动和快照	345
7.7.2 形位公差标注方法	297	9.2.4 伺服电动机	345
7.8 习题	303	9.3 设置运动副	346
第8章 注释及粗糙度标注	305	9.3.1 凸轮运动副	346
8.1 Pro/E 注释标注	305	9.3.2 槽运动副	347
8.1.1 创建注释	305	9.3.3 齿轮运动副	348
8.1.2 显示、拭除和删除注释	308	9.4 分析及结果获取	349
8.1.3 编辑注释	308	9.4.1 进行分析	350
8.1.4 修改注释导引至指定 文本行	309	9.4.2 获取分析结果	352
8.1.5 关联注释到尺寸文本	310	9.5 机构设计扩展实例	354
8.2 Pro/E 球标标注	313	9.5.1 凸轮运动仿真	354
8.3 Pro/E 表面粗糙度标注	316	9.5.2 机虎钳运动仿真	357
8.3.1 插入粗糙度符号	318	9.5.3 传动装置运动仿真	364
		9.6 习题	368

第1章 Pro/E机械设计概述

本章首先粗略介绍了 Pro/E 的建模思想及其在机械设计中的应用, 然后介绍了 Pro/E 软件的界面和基本操作, Pro/E 特征创建的基础——草绘工具的使用方法。这些知识的具体运用将会渗透到后继的各个章节。

本章主要内容如下:

- Pro/E 建模思想及其在机械设计中的应用
- Pro/E 工作环境
- Pro/E 基本操作
- Pro/E 草绘工具

1.1 Pro/E 软件介绍

Pro/E(Pro/Engineer)是美国参数技术公司(Parametric Technology Corporation, 简称 PTC)的优秀产品, 它提供了集成产品的三维模型设计、加工、分析及绘图等功能完整的 CAD/CAE/CAM 解决方案, 该软件以使用方便、参数化造型和系统的全相关性而著称。

Pro/Engineer Wildfire 是由众多模块构成的, 运行 Pro/Engineer Wildfire 需要安装通用模块, 要使用其他功能, 如对 Pro/E 进行二次开发, 除了需要安装通用模块外, 还需要安装程序设计的专用模块。

注意: 本书为叙述方便, 在后文提及到 Pro/Engineer Wildfire 时一律用简称 Pro/E 代替。

1.1.1 Pro/E 参数化技术

Pro/E 是参数化技术和行为建模技术互相渗透的结晶, 所谓参数化是指对零件的各种特征施加各种约束形式, 各个特征的几何形状与尺寸大小用变量参数的方式来表示。

参数化的主要特点是基于特征、全尺寸约束、全数据相关和尺寸驱动设计修改, 这使 Pro/E 与其他没有应用参数化技术的 CAD 软件在设计思想上有本质的区别, 接下来将介绍 Pro/E 的一些基本的建模准则, 关于 Pro/E 特征参数化技术的应用, 将贯穿本书始终。

1. 基于特征的参数化造型

在 Pro/E 中“特征”是建模的基础, 一般来说, 特征构成一个零件或组件的单元, 虽

然从几何形状上看,它包含作为一般三维模型基础的点、线、面或者实体单元,但更重要的是,它具有工程制造意义。

Pro/E 基于特征的参数化造型准则,是用一些基本的特征,如圆角、倒角、壳体等作为产品几何模型的构造要素,通过加入必要的参数形成特征。在创建特征时遵循整体的设计意图,一个一个创建特征,然后将特征组合起来组成零件,再将零件组装起来,即可实现完整的设计意图,如图 1-1 所示是构成零件的特征列表。

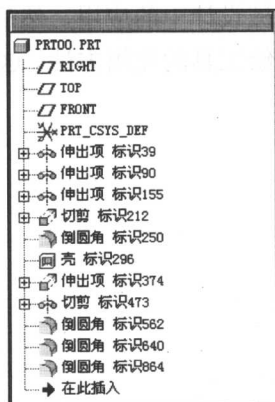


图 1-1 零件的特征列表

采用上述方法,来建立形体,对于工程师来说更自然、更直观,无需采用复杂的几何设计方式。

在 Pro/E 中进行特征参数化造型,需要注意以下两点。

- 建模时要尽量使用简单的特征来组合形成模型。Pro/E 是由尺寸来驱动的,越简单的特征,尺寸越少,越容易修改编辑,这样可以使设计意图更加有弹性。
- 特征的次序对模型的意图影响很大。因为基础特征将作为其他特征的建模基准,因此基础特征是模型的几何基础,应将其作为设计中心。

注意: Pro/E 的特征有一个很好的特性,可以设置互相相关,即其中任意一个特征被更改,其他的特征都会自动更改,反映到相应的特征上去,这样就可以节省很大重复修改的时间,提高工作效率。

2. 基于全尺寸约束的参数化模型

Pro/E 是基于全尺寸约束的。任何特征的约束尺寸不能少于必须要求的约束尺寸数,否则将形成欠约束,在生成模型时,会因为驱动尺寸不足而不能形成特征实体;当然,也不能约束过多,形成过约束,如图 1-2 所示的挂轮架的截面草绘就要求全约束。

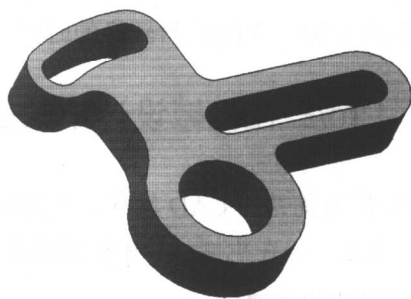
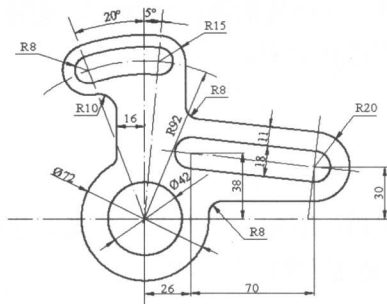


图 1-2 草图

3. 基于尺寸驱动的参数化模型

Pro/E 使用尺寸来驱动特征，已建立的模型可以随着尺寸的改变而改变。这一特性也为修改设计意图带来方便，一般来说，在设计意图时，对要设计的模型不可能事先决定所有的细节，尺寸驱动可以很方便地修改模型尺寸，从而改变模型形状，达到设计要求，如图 1-3 所示是修改零件截面形状后零件更新的示例。

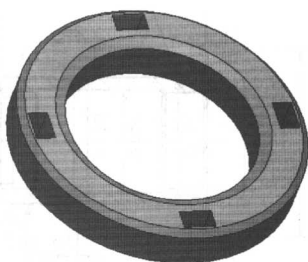
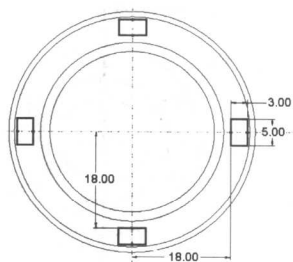
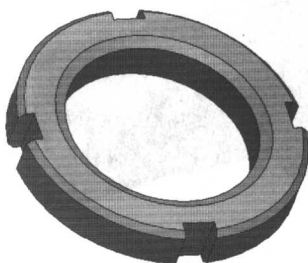
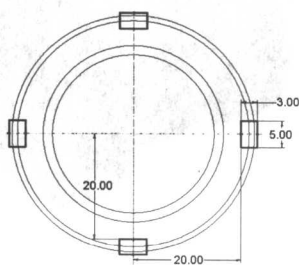


图 1-3 修改尺寸更新模型

4. 基于单一数据库的全相关数据

Pro/E 将所有数据放置在单一的数据库上，即在整个设计过程中的任何一处发生参数改动，都可以反映到整个设计过程的相关环节上。

Pro/E 的所有模块都是全相关的，这意味着在产品开发过程中某一处进行的修改能够

扩展到整个设计中,同时自动更新所有的工程文档,包括装配体、设计图以及制造数据,这样可以降低 50%~70%资料转换的时间,大大提高设计效率。

1.1.2 Pro/E 在机械设计中的应用

Pro/E 作为优秀的 CAD 软件,是机械设计中建模、装配、工程图、仿真、分析和制造的首选工具之一,在机械设计中的应用主要体现在如下方面。

1. 三维模型创建

Pro/E 是采用参数化设计的、基于特征的实体模型化系统,机械设计人员采用具有智能特性的基于特征的功能去生成模型,如腔、壳、倒角及圆角,可以随意勾画草图,轻易改变模型。

机械三维模型创建是 Pro/E 系统的基本功能,包括参数化功能定义、实体零件建模及装配、零件的材质添加和渲染、创建完整工程图,如图 1-4 所示。

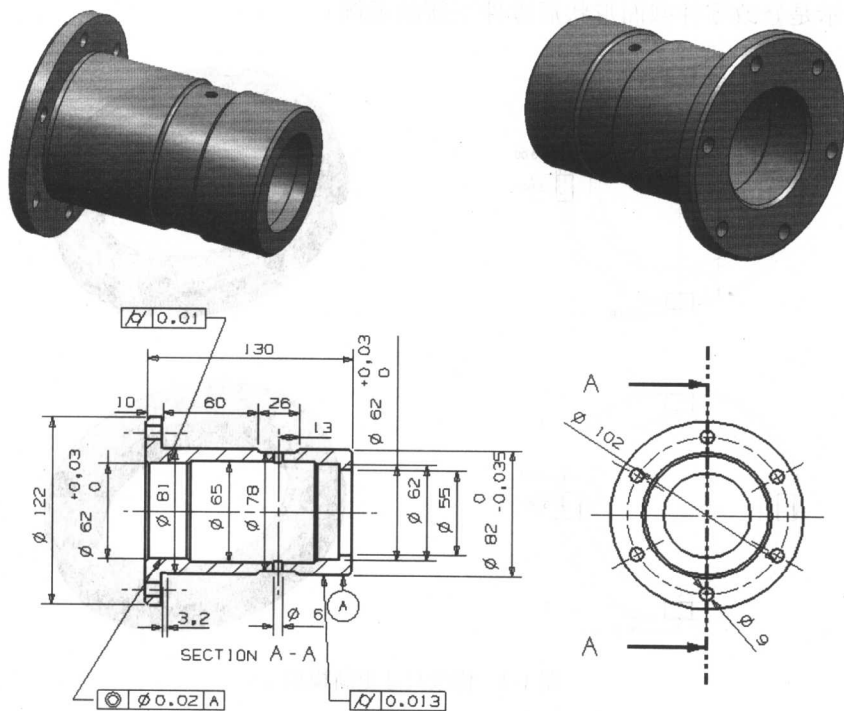


图 1-4 套筒实体模型及工程图

2. 机构及运动仿真

Pro/E 的运动仿真模块可以进行机构运动性能的仿真,包括有运动学及动力学分析,各种运动副(凸轮、滑槽、齿轮)的添加,摩擦、弹簧、冲击的分析和模拟,干涉和冲突检

查, 载荷与反作用力的添加, 参数化优化结果研究等。如图 1-5 所示是一个阻流阀的运动仿真示例。

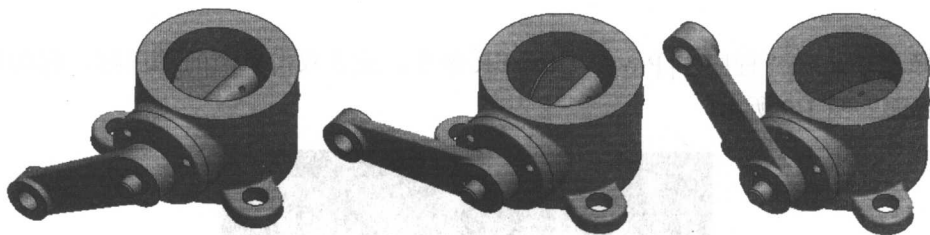


图 1-5 阻流阀的运动仿真

Pro/E 的运动仿真功能可以使用户尽早对设计进行深入分析和改进, 供设计人员与专业分析人员使用, 减少实物样机成本, 并可以不断升级的企业解决方案。

3. 有限元分析

Pro/E 的有限元分析模块, 可以完成结构力学、热力学和铸造力学的有限元分析前处理部分工作(即从建立模型到划分有限元网格之间的工作), 然后输出为其他大型有限元分析软件(如 ANSYS 等)可以识别的文件。这样就可以利用 Pro/E 建模的优势, 提高有限元分析的效率。如图 1-6 所示是一个力学分析的示例。

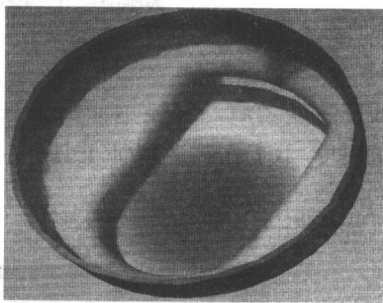


图 1-6 有限元分析

4. 加工及制造

在 Pro/E 中可以进行机械零件的加工及制造, 在 Pro/Casting 模块中可以进行铸造模具的自动化设计, 在 Pro/SheetMETAL 模块中可以进行钣金件设计, 如图 1-7 所示。

Pro/NC 是 Pro/E 针对数控加工提供的机床加工制造模块组, 用户可以根据自己具体的需要来订购所需的模块, 以便进行多种加工制造过程的设计规划, 如图 1-8 所示。

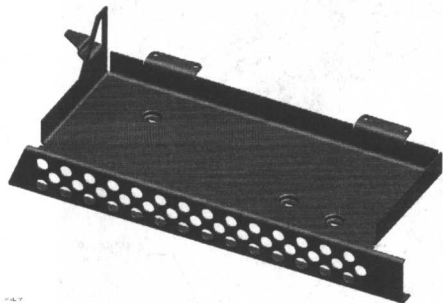


图 1-7 钣金件设计

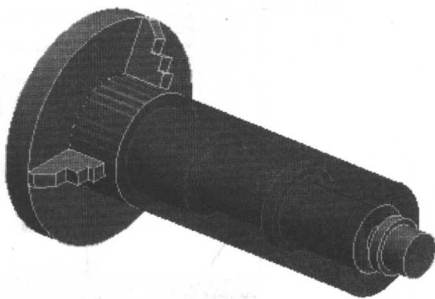


图 1-8 数控加工

1.2 Pro/E 工作环境

选择“开始”|“程序”|Pro ENGINEER 命令,或者双击桌面的图标,启动 Pro/E,其启动界面如图 1-9 所示。

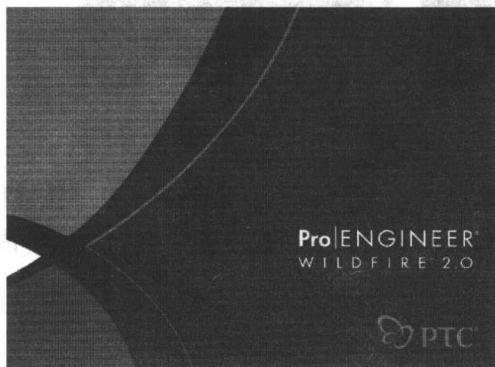


图 1-9 Pro/E 起始界面

Pro/E 启动之后,将显示如图 1-10 所示的工作界面。它由标题栏、菜单栏、工具栏、导航选项卡、主工作区、特征工具栏、消息区、命令帮助区等部分组成。

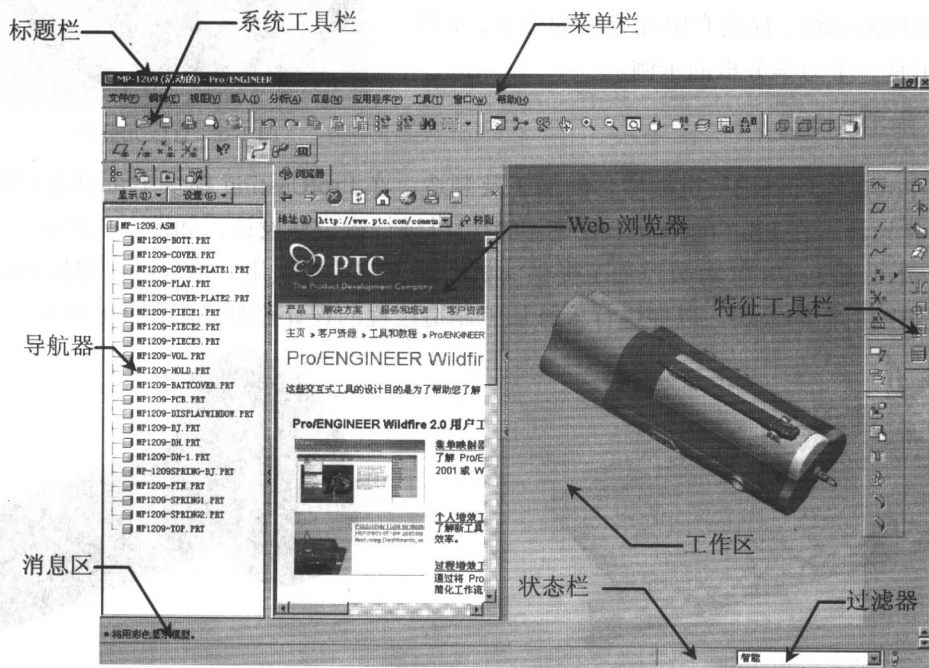


图 1-10 Pro/E 工作界面

1.2.1 标题栏

标题栏会显示应用程序和打开零件模型的名称,带括号(活动的)表示当前模型窗口处于激活状态。Pro/E 是多文档应用程序,可以同时打开多个相同或不同的模型窗口,但只能有一个窗口保持激活状态。

1.2.2 菜单栏

菜单栏位于标题栏下方,根据进入模块的不同,会添加不同的菜单项,如图 1-11 所示是零件模式的菜单,几乎所有的 Pro/E 命令都可以在菜单中调用。



图 1-11 菜单栏

主菜单中各选项的含义如下。

- “文件”菜单: 包括处理文件的各项命令,如新建、打开、保存、重命名等常用操作以及拭除、删除等特殊操作等。
- “编辑”菜单: 包括对模型进行操作的命令,主要对建立的特征等进行编辑管理。
- “视图”菜单: 包括控制模型显示与选择显示的命令,“视图”菜单可以控制 Pro/E 当前的显示、模型的放大与缩小、模型视角的显示等。
- “插入”菜单: 包括加入各种类型特征的命令。
- “分析”菜单: 包括对模型分析的各项命令,主要就所建立的草图、工程图、三维模型等进行分析,包括距离、角度、质量分析、曲线曲面分析等。
- “信息”菜单: 包括显示各项工程数据的命令,它可以获得一些已经建立好的模型关系信息,并列出口报告。
- “应用程序”菜单: 包括利用各种不同的 Pro/E 模块的命令,使用“应用程序”菜单可以在 Pro/E 的各种组件间切换,不同模型的“应用程序”菜单不同。
- “工具”菜单: 包括添加关系式和表达式、定制工作环境的命令。
- “窗口”菜单: 包括管理多个窗口的命令。
- “帮助”菜单: 包括使用帮助文件的命令。

1.2.3 工具栏

Pro/E 将常用的命令做成图形按钮,放置在相应的工具栏中,通过单击这些按钮可以进行常用命令的操作,从而提高建模效率。

1. 常用工具栏

常用的工具栏有如下 5 种, 如图 1-12 所示。



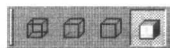
“文件”工具栏



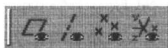
“编辑”工具栏



“视图”工具栏



“模型显示”工具栏



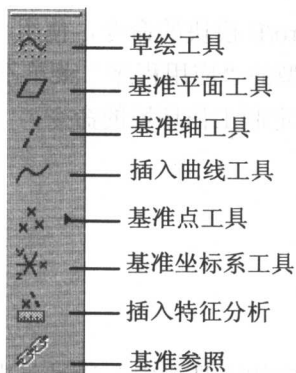
“基准显示”工具栏

图 1-12 常用工具栏

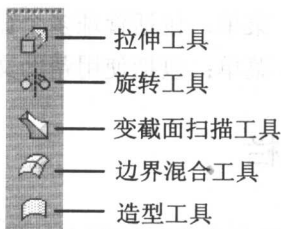
- “文件”工具栏: 用于对 Pro/E 文件进行新建、打开、保存、打印操作。
- “编辑”工具栏: 用于特征的撤销/重复、再生、查找和选取等操作。
- “视图”工具栏: 用于对模型视图进行放大、缩小、定位和刷新等操作。
- “模型显示”工具栏: 用于切换模型的显示方式。
- “基准显示”工具栏: 用于控制基准(包括基准面、基准轴、基准点、坐标系统和模型旋转中心)的显示与否。

2. 特征工具栏

进入 Pro/E 零件模式时, 窗口右侧的特征工具栏中放置了常见的特征以便于用户查找, 依据作用的不同, 可以分为基准、基本特征、工程特征和编辑特征 4 种类型, 如图 1-13 所示。



“基准”工具栏



“基本特征”工具栏

图 1-13 特征工具栏

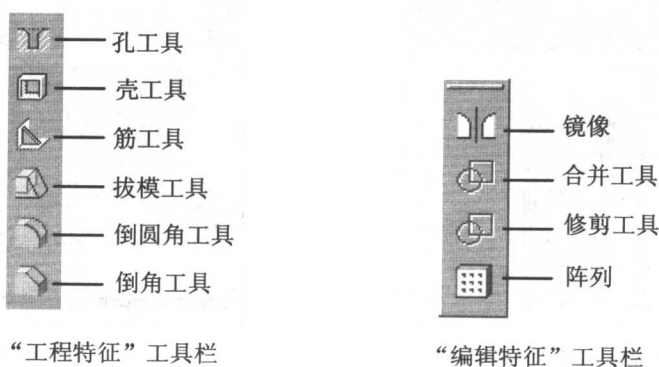


图 1-13 (续)

3. 定制工具栏

可以将 Pro/E 中常用的操作命令定制为一个工具栏，以备使用，方法是选择“工具”|“定制屏幕”命令，在弹出的“定制”对话框中切换到“命令”选项卡，拖动“命令”选项组中的图标到工具栏，或者从工具栏拖动图标到“命令”列表框，如图 1-14 所示。

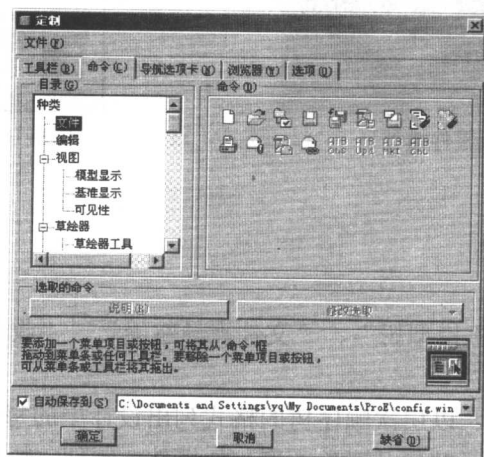


图 1-14 “定制”对话框

1.2.4 主工作区

主工作区可以显示以下不同的内容。

- 在显示区中浏览文件，如图 1-15 所示。
- 预览零件模型，如图 1-16 所示。