

零件设计经典教材

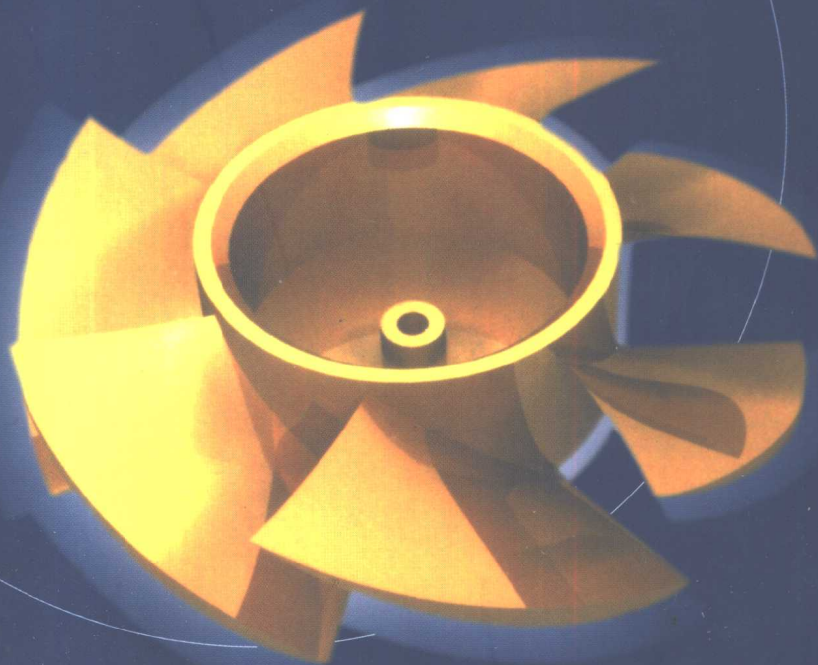
# Pro/ENGINEER

零件设计 高级篇 (上)

2001

林清安 编著

适用  
中文/英文版



清华大学出版社

零件设计经典教材

**Pro/ENGINEER 2001**  
**零件设计高级篇(上)**

林清安 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

Pro/ENGINEER 自 1988 年以参数设计的面貌问世以来, 现已发展成为 3D CAD/CAM 系统的标准软件; 广泛应用于电子、机械模具及工业设计等行业。本书主要介绍如何用 Pro/ENGINEER 创建复杂的三维实体或曲面, 包括 Pro/ENGINEER 常用的技巧、特征创建失败的处理方法, 以混合、扫描及混合扫描的方法来创建复杂的实体或曲面特征, 以及利用边界线来创建曲面特征, 最后以多个综合范例来说明复杂的实体或曲面特征在复杂零件设计上的实际应用。本书通过详细、简洁的零件设计范例培养读者实际的造型设计能力与产品开发能力。

本书内容翔实, 设计范例简洁明了, 适合电子、机械、模具和工业设计等领域的工程设计人员使用, 也适合作为工科院校计算机辅助设计的学习教材。

本书繁体字版名为《Pro/ENGINEER 2001 零件设计进阶篇(上)》, 由知城数位科技股份有限公司出版, 版权属林清安所有。本书简体字中文版由知城数位科技股份有限公司授权清华大学出版社独家出版。未经本书原版出版者和本书出版者书面许可, 任何单位和个人均不得以任何形式或任何手段复制或传播本书的部分或全部内容。

北京市版权局著作权合同登记号: 图字 01-2003-0538 号

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 2001 零件设计高级篇(上)

作 者: 林清安 编著

责任编辑: 张彦青

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.com.cn>

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

印 刷 者: 北京市通州区大中印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 787×1092 1/16 印张: 25 字数: 594 千字

版 次: 2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-89494-037-2

印 数: 0001~5000

定 价: 50.00 元(含 2 张光盘)

# 前 言

Pro / ENGINEER 自 1988 年问世以来,十余年间已成为全世界最普及的三维 CAD/CAM 系统,广泛应用于电子、机械、模具、工业设计、汽机车、自行车、航天、家电、玩具等各行业。Pro/ENGINEER 是个全方位的三维产品开发软件,整合了零件设计、产品装配、模具开发、数控加工、钣金设计、铸造件设计、造型设计、逆向工程、自动量测、机构模拟、应力分析、产品数据库管理等功能于一体,其模块众多,且学习不易。笔者有鉴于此,凭 11 年来利用此软件进行多项实际设计与加工经验,以及多年来教学研究的心得撰写一系列的 Pro/ENGINEER 书籍。Pro/ENGINEER 2001 系列书籍将于公元 2003 年间陆续完成,包含下列 12 册(各书都适用 Pro/ENGINEER 英文版及中文版,附笔者所录制的 Pro/ENGINEER 范例操作多媒体教学光盘):

1. Pro/ENGINEER 2001 零件设计基础篇(上)
2. Pro/ENGINEER 2001 零件设计基础篇(下)
3. Pro/ENGINEER 2001 零件设计高级篇(上)
4. Pro/ENGINEER 2001 零件设计高级篇(中)
5. Pro/ENGINEER 2001 零件设计高级篇(下)
6. Pro/ENGINEER 2001 零件设计范例练习基础篇
7. Pro/ENGINEER 2001 零件设计范例练习高级篇
8. Pro/ENGINEER 2001 零件装配与产品设计
9. Pro/ENGINEER 2001 工程图制作
10. Pro/ENGINEER 2001 钣金设计
11. Pro/ENGINEER 2001 模具设计
12. Pro/ENGINEER 2001 数控加工

本书的主题包括:常用的 Pro/ENGINEER 设计技巧、特征创建失败的处理方法、未封闭实体的处理、以旋转混成及一般混成创建复杂的特征、混成特征相切条件的控制、以不同的扫描方式(如可变剖面扫描、螺旋扫描及三维扫描)创建复杂的实体或曲面、以扫描混合创建复杂的三维特征,以及利用边界线来创建曲面,最后并以汤匙、鼠标、洗衣剂瓶等多个范例来说明复杂的实体或曲面在复杂零件设计上的实际应用。业界人士可以利用本书学习如何以 Pro/ENGINEER 2001 来设计造型复杂的三维零件,本书也适合作为大专院校计算机辅助设计课程的上课或实习教材。

本书目前是以 Pro/ENGINEER 2001 英文版及中文版来编写,并附有随书光盘,内含范例文件与多媒体教学系统,其中范例文件为练习本书各章节的范例时所须的

文件，而多媒体教学系统为各范例的 Pro/ENGINEER 操作步骤及讲解。

本书在说明 Pro/ENGINEER 2001 操作步骤时，所用的符号说明如下：

→(例如：Feature(特征)→Create(建立))：不同窗口的命令(英文命令后括号内的中文为 Pro/ENGINEER 2001 中文版的命令)。

| (例如：Extrude(拉伸) | Solid(实体) | Done(完成))：同一窗口中的命令。

本书在编写期间，众多我的硕士和博士研究生(刘国彬、陈睦元、张国忠、柯淞进、杨雪君、李岳桦、施启田、戴伟翰、庄博文、吴佩亭、萧晓薇等)帮助校稿，在此感谢他们。除此之外，参数技术公司(Parametric Technology Corporation)的卓曾中总经理亦提供多方面的协助，在此同表谢忱。最后，衷心感谢我太太无怨无悔的支持与勤快的文稿打字。

本书虽经再三校对，但疏漏之处在所难免，盼各界人士赐予指正，俟再版时加以修正。

林清安

E-mail: [alin@mail.ntust.edu.tw](mailto:alin@mail.ntust.edu.tw)

Website: [www.linproe.com.tw](http://www.linproe.com.tw)

# 目 录

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 第 1 章 特征创建失败的处理 .....           | 1   |
| 1.1 常用的 Pro/ENGINEER 设计技巧 ..... | 2   |
| 1.2 特征创建失败的处理 .....             | 14  |
| 1.3 未封闭实体的处理 .....              | 35  |
| 第 2 章 以混合创建复杂的特征 .....          | 39  |
| 2.1 混合的选项说明 .....               | 40  |
| 2.2 混合的范例 .....                 | 44  |
| 第 3 章 以扫描创建复杂的特征 .....          | 63  |
| 3.1 可变截面扫描 .....                | 64  |
| 3.2 螺旋扫描 .....                  | 189 |
| 3.3 三维扫描 .....                  | 200 |
| 第 4 章 以扫描混合创建复杂的特征 .....        | 205 |
| 4.1 扫描混合的选项说明 .....             | 206 |
| 4.2 扫描混合的范例 .....               | 208 |
| 第 5 章 以边界线创建曲面特征 .....          | 239 |
| 5.1 Boundaries 的选项说明 .....      | 240 |
| 5.2 边界曲面的范例 .....               | 250 |
| 第 6 章 高级零件设计实例 .....            | 303 |
| 6.1 汤匙设计 .....                  | 304 |
| 6.2 鼠标上盖设计 .....                | 323 |
| 6.3 鼠标下盖设计 .....                | 351 |
| 6.4 洗衣剂塑料瓶设计 .....              | 359 |

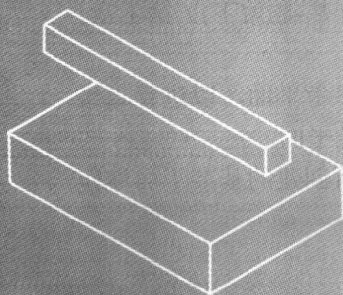
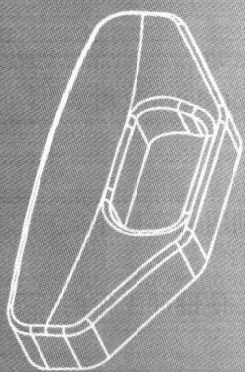
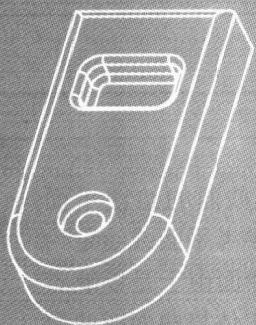
# Pro/ENGINEER

## 2001

## 第1章 特征创建失败的处理

在利用 Pro/ENGINEER 进行三维模型的创建时，常因为各种原因造成特征的创建无法成功，此时必须依靠用户对于三维几何的感受程度及对 Pro/ENGINEER 系统的熟悉程度来找出特征失败的原因，并进一步以 Redefine、Reroute、Reorder、Suppress 等方式来解决问题。

本章首先将略述使用 Pro/ENGINEER 时常用的技巧，然后探讨如何解决特征创建失败的问题，最后再说明未封闭实体的处理方式。



## 1.1 常用的 Pro/ENGINEER 设计技巧

下列是利用 Pro/ENGINEER 进行设计工作时常用的技巧:

1. 开始创建三维模型前先创建 3 个缺省的基准坐标系 (Datum coordinate system) PRT\_CSYS\_DEF 及基准平面 (Datum plane) RIGHT、TOP、FRONT, 如图 1.1 所示, 其作用如下:

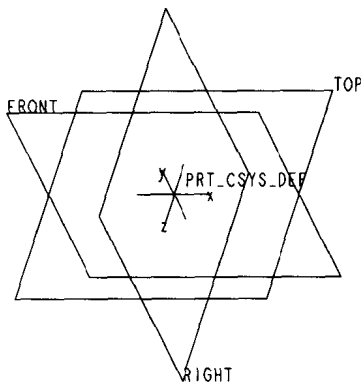


图1.1

- 有助于三维几何模型的创建: 以缺省基准平面作为二维截面的绘图平面 (Sketching plane)、参考平面 (Reference plane)、尺寸标注参考平面或给定约束 (Constraint) 的参考平面。由此种方式所创建的实体或曲面由于是以缺省基准平面作为参考几何, 因此可以避免产生实体与实体、实体与曲面或曲面与曲面之间不必要的父子关系, 使三维几何模型的创建与修改的成功机率大大提高。
  - 方便视图的选定: 以缺省基准平面定义正视、俯视及右侧视图等。
  - 方便零组件的装配: 以缺省基准平面作为两个零组件匹配 (Mate) 或对齐 (Align) 在一起的参考平面。
2. 使用层 (Layer)
    - 可以在三维模型中创建许多层, 并指定容易识别的名称, 分别用来存放不同的对象。
    - 当不需要某层内的对象时, 可以将层隐藏起来, 以简化画面, 使设计工作的进行较为简单。
    - 也可以配合 Suppress / Resume (压缩 / 恢复) 的命令, 控制层的打开与关闭。详细的层使用说明参照笔者所著《Pro/ENGINEER 2001 零件设计基础篇(下)》第 1 章。
  3. 使用临时基准平面 (Datum on-the-fly)
    - 创建实体或曲面特征时, 若须指定绘图平面与相关的参考平面, 以进行二维截面的绘制, 则尽量使用基准平面作为绘图平面与参考平面。
    - 在特征创建的过程中用 Make Datum (产生基准) 命令所创建的基准平面称作

“临时基准平面”。临时基准平面有以下的好处：

- ◆ 当特征创建完成后基准平面不会显示在屏幕中。
- ◆ 因为没有先创建基准平面，所以特征的数目较少。
- ◆ 创建临时基准平面时所用到的参数变为特征的参数。

例如在图 1.2(a)，欲创建一个小圆柱体时，先创建了一个基准平面的特征，再利用此基准平面作为绘图平面来创建小圆柱体，则此方式将产生下列的问题：

- 多了一个基准平面(如图 1.2 左侧所示的 DTM1)。
- 以命令 **Modify**(修改)选取小圆柱体(即图中的 **Protrusion** 特征)，进行尺寸数值修改时，小圆柱体的长度尺寸 8 无法显现出来，这是因为小圆柱体的长度尺寸由基准平面(如图 1.2 左侧所示的 DTM1)所控制，而非由小圆柱体所控制。详细的零件创建过程参照笔者所著《Pro/ENGINEER 2001 零件设计基础篇(上)》第 6 章。

上述的两个问题都可通过“临时基准平面”所解决，如图 1.2(b)所示。

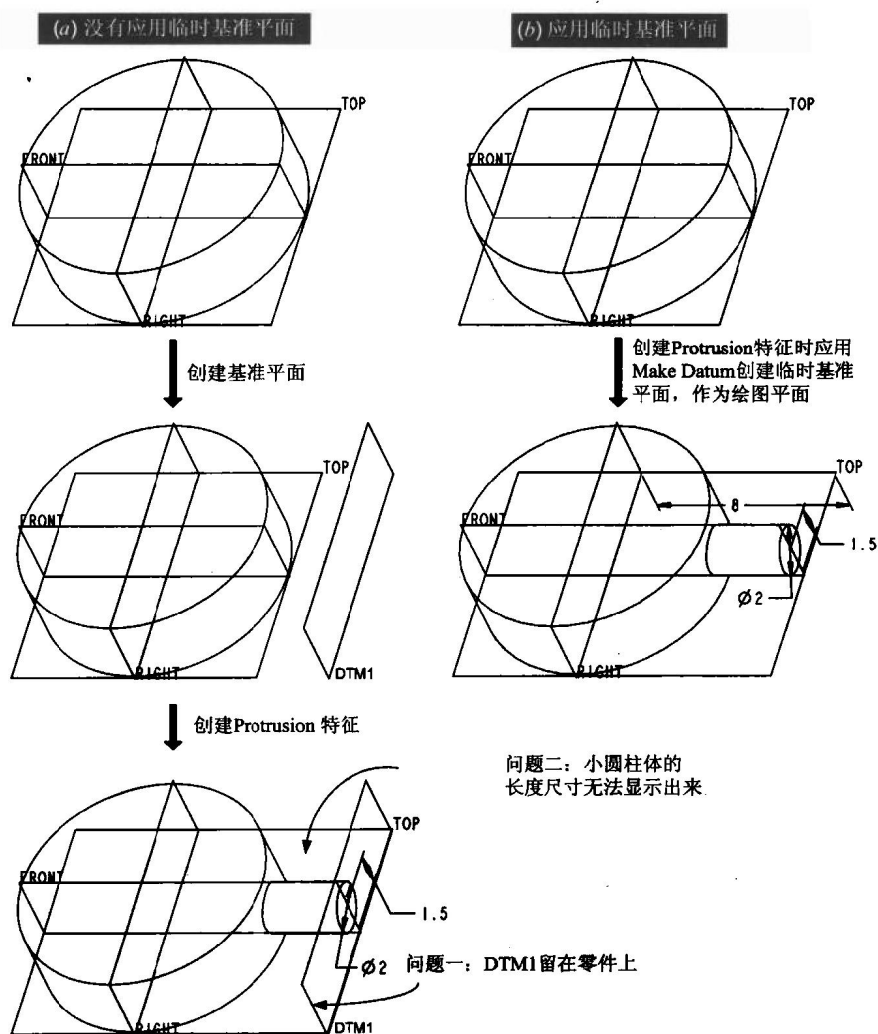


图 1.2

4. 适当的使用二维截面绘制中一些辅助的几何图元(如点 与中心线)、约束(如对齐、对称、等长/等径、相切等)及命令(使用边、偏移边、镜像)等。

- 辅助的几何图元点 与中心线: 可以作为创建其他二维几何图元时的参考, 或作为约束。例如在图 1.3(a)中, 若没有使用中心线, 则须标注二维截面的水平及竖直位置尺寸, 而图 1.3(b)即是使用中心线, 以省却截面的水平及竖直位置尺寸的标注, 并表达截面能上下对称及左右对称的设计理念。

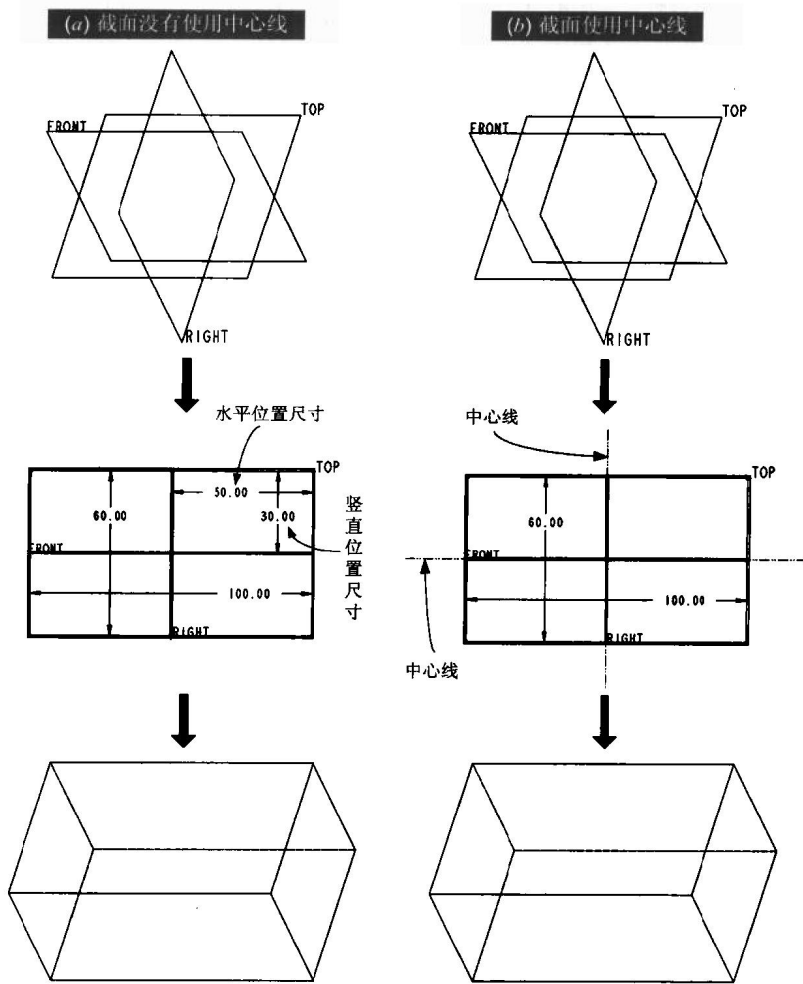


图1.3

- 约束对齐: 为了避免不必要的位置尺寸标注, 常使用对齐的约束, 使当前正在绘制的二维几何图元(点、直线、中心线、圆、创建圆、圆弧、长方形、圆锥曲线、样条曲线、文字、局部坐标系等)落在已完成的特征的几何图元上。
- 约束对称、等长/等径、相切等: 此为常用的约束, 例如在图 1.4 中, 给定下列的约束, 则将第 1 个实体特征的尺寸由 6 及 3 改为 20 及 10 时,

中间 **Protrusion** 特征仍可位于长方体中央:

- (a) 单击按钮 ，选水平中心线  $CL_1$  及点  $P_1$ 、 $P_2$ (使两个点对中心线对称)，选中心线  $CL_1$  及点  $P_3$ 、 $P_4$ ，选竖直中心线  $CL_2$  及点  $P_5$ 、 $P_6$ ，选中心线  $CL_2$  及点  $P_3$ 、 $P_7$ 。
- (b) 单击按钮 ，选圆弧  $F_1$  及  $F_2$ ，选圆弧  $F_1$  及  $F_3$ ，选圆弧  $F_1$  及  $F_4$ (使四个圆弧的半径相等)；选直线  $L_1$  及  $L_2$ (使两条直线的长度相等)。
- 使用边 ：使用已完成的特征的边线作为现有二维截面的图元。
- 偏移边 ：将已完成的特征的边线偏移一段距离作为现有二维截面的图元。  
 及  的用法请参考笔者所著《Pro/ENGINEER 2001 零件设计基础篇(上)》。
- 镜像 ：将已完成的截面几何图元对一条中心线做镜像。

详细的二维截面绘制参考笔者所著《Pro/ENGINEER 2001 零件设计基础篇(上)》第3章。

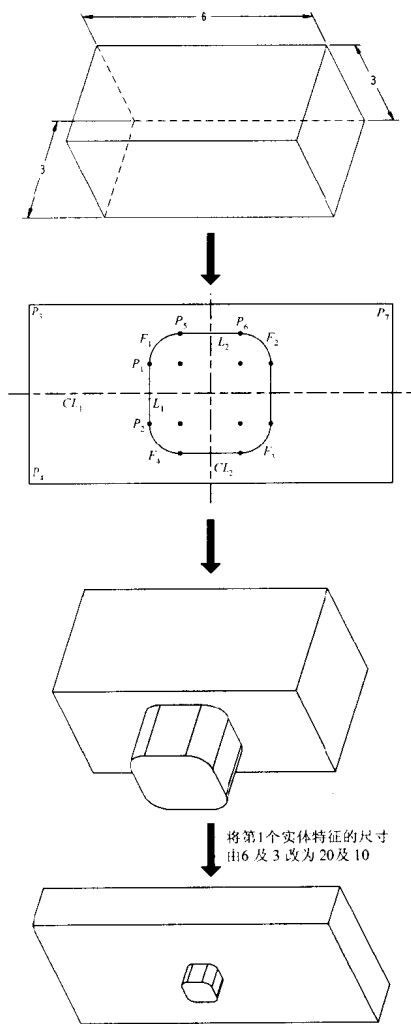


图1.4

### 5. 使用 Reorder(重新排序)命令

- 当已创建完成的特征有创建顺序不适当的情形,可以利用 Reorder 命令来更改特征的先后顺序。
- 如果 Reorder 命令不能够顺利完成时,必须检查特征之间的父子关系,必要时将其他的父子关系先重新排序。
- 也可使用 Insert Mode(插入模式),在几何模型的某一个步骤上插入一个特征。

详细的 Reorder 及 Insert Mode 用法说明参照笔者所著《Pro/ENGINEER 2001 零件设计基础篇(下)》第 2 章。

### 6. 使用 Redefine(重定义)命令

当需要修改已创建完成的特征时,并不需要删除此特征,可以利用 Redefine 命令来更改特征的属性 (Attributes)、特征创建方向 (Direction)、二维截面的几何图元与尺寸 (Section → Sketch)、绘图平面或参考平面 (Section → Sketch plane)、参考几何 (Reference)等。详细的 Redefine 用法说明参照笔者所著《Pro/ENGINEER 2001 零件设计基础篇(下)》第 2 章。

### 7. 使用 Reroute(重定次序)命令

使用 Reroute 命令来改变特征之间的父子关系,可以选取新的绘图平面、参考平面、尺寸标注参考、特征放置位置等。详细的 Reroute 用法说明参照笔者所著《Pro/ENGINEER 2001 零件设计基础篇(下)》第 2 章。

### 8. 使用 Suppress(压缩)命令

使用 Suppress 命令将复杂的特征暂时删除,可以节省三维模型再生的时间,并且可以使屏幕上显示的特征较少,使得设计工作较为简单。例如图 1.5 中使用 Suppress 命令将鼠标的 3 个凹槽暂时删除掉,待鼠标右侧的几何造型都完成时,再恢复 (Resume) 3 个凹槽,此将使鼠标右侧的几何造型在创建时,省掉许多 Regenerate 3 个凹槽的时间。详细的说明参照笔者所著《Pro/ENGINEER 2001 零件设计基础篇(下)》第 2 章。

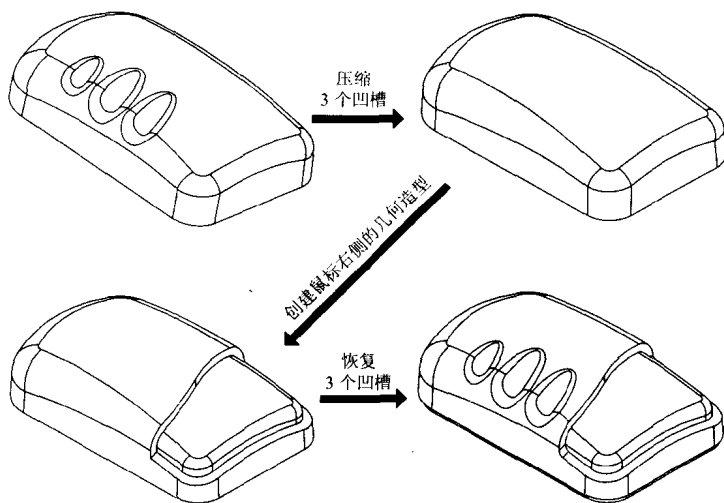


图1.5

### 9. 使用下拉菜单 Utilities(功能)及 Analysis(分析)

运用下拉菜单 Utilities 及 Analysis 下的命令可以检查模型尺寸的正确性及模型创建的过程。详细的 Utilities 及 Analysis 用法说明参照笔者所著《Pro/ENGINEER 2001 零件设计基础篇(下)》第4章。

### 10. 保存常用的视图

某些常用的视图,可以先将其保存起来,当需要使用时,可选取视图名称,使所需的视图快速的呈现在屏幕上,如此可以节省调整视图的时间与麻烦。

### 11. 使用预先设置好环境的起始零件 (Start part)

在 Pro/ENGINEER 2001 中,当产生一个新的零件文件时,系统即自动产生缺省坐标系 PRT\_CSYS\_DEF、3 个缺省基准平面 RIGHT、TOP、FRONT(此代表此 3 个基准平面的正法线方向分别朝向右方、上方及前方,亦即正  $x$  轴、正  $y$  轴及正  $z$  轴)及常用的 6 个视图 FRONT、BACK、LEFT、RIGHT、TOP、BOTTOM。

### 12. 设置用户自定义的环境与命令

可以将某些常做的操作设置为命令,使我们在自己熟悉的环境中工作,减少设置的时间。以下即是在新零件中设置缺省基准平面、常用视图及常用层名作为缺省环境的范例。

## 起始零件的设置

### 步骤1 创建一个标准零件 base\_solid.prt

#### (1) 创建新的零件文件

[单击工具栏新建文件的按钮 ]

→ [输入零件名称: base\_solid → OK (确定)]

→ [坐标系 PRT\_CSYS\_DEF 及基准平面 RIGHT、TOP、FRONT 显示在画面上,如图 1.6 所示]

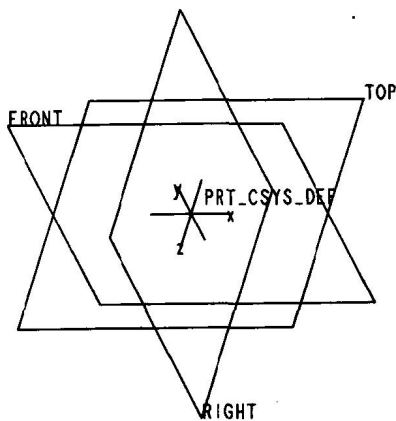


图1.6

#### (2) 保存文件并离开

[单击工具栏保存文件的按钮 ]

→ [单击  接受文件名: BASE\_SOLID.PRT] → Window / Close(窗口/关闭)

## 步骤2 以 Mapkeys 记录环境设置的步骤

### Utilities / Mapkeys(功能/映射键)

- [在 Mapkeys(映射键)对话框中单击 New(新增)按钮, 如图 1.7(1)所示]
- [出现 Record Mapkey(记录映射键)对话框, 如图 1.7 右图所示]
- [在 Key Sequence(关键序列)下拉列表框中输入映射键的名称: base\_solid, 如图 1.7(2)所示]
- [在 Record Mapkey(记录映射键)对话框中单击 Record(记录)按钮, 如图 1.7(3)所示]

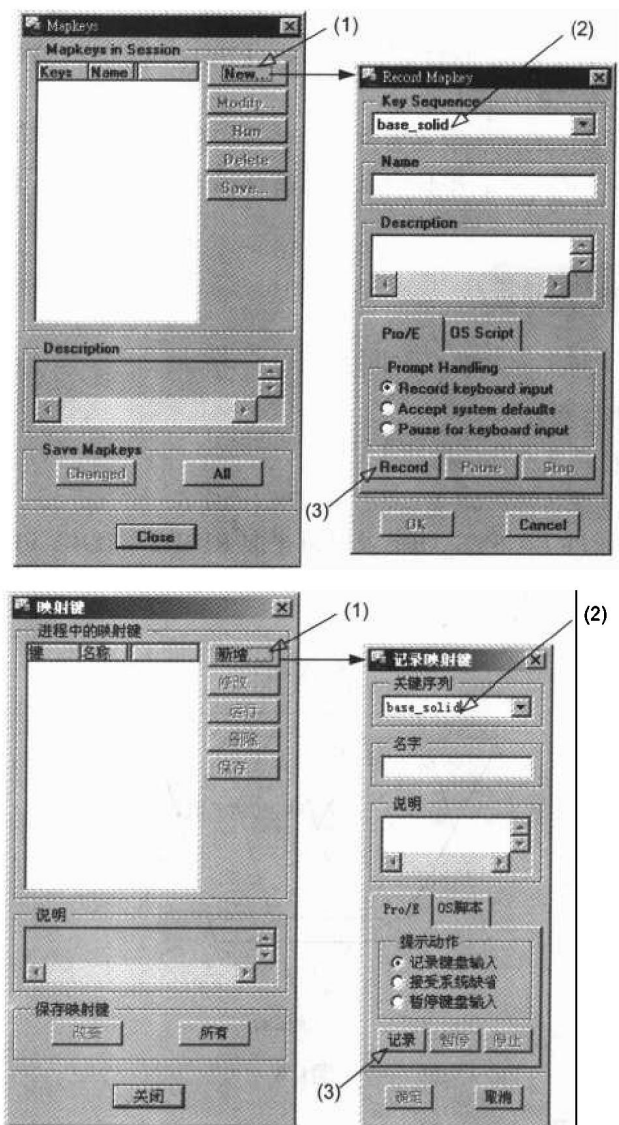


图1.7

→ [之后的命令将自动被记录:

[单击工具栏打开文件的按钮  ]

→ [选取零件: base\_solid.prt → Open(打开)] → [零件显示于主窗口]

→ [单击工具栏另存为新文件的按钮  ]

→ [单击 Record Mapkey(记录映射键)对话框中的 Pause(暂停)按钮(见图 1.8), 以中断 Pro/ENGINEER 命令的记录, 使系统能接受用户输入新的零件名称]

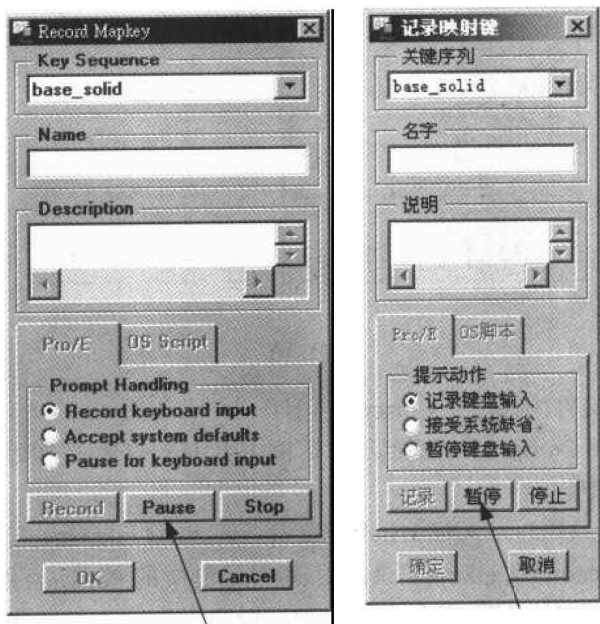


图1.8

→ [出现 Resume Prompt(恢复提示)对话框, 输入提示内容: Input new file name.(图 1.9 所示), 然后单击 OK(确定)按钮(注意: 往后使用映射键 base\_solid 时, 将会出现此提示内容, 然后等候用户输入新的零件名)]

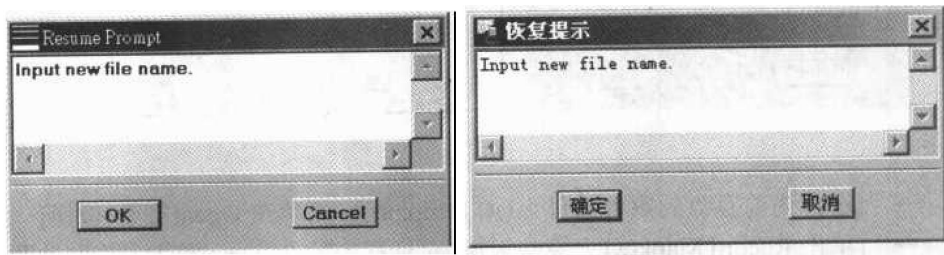


图1.9

→ [在 Save A Copy(保存副本)对话框的 New Name(新名)文本框中任意输入一个新名(如 temp), 然后单击 OK(确定)按钮]

→ [单击 Record Mapkey(记录映射键)对话框中的 Resume(恢复)按钮(见图 1.10), 以恢复 Pro/ENGINEER 命令的记录]

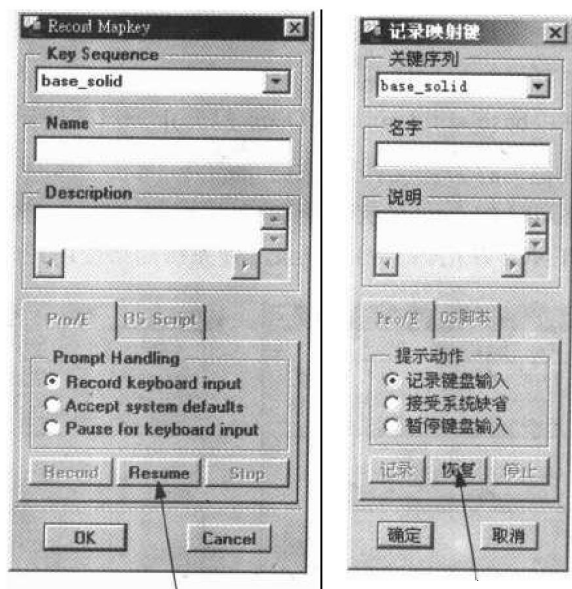


图1.10

File / Erase(文件/拭除)→ Current(当前)

- [在 Erase Confirm(拭除确认)对话框中单击 Yes(是)按钮以将 base\_solid.prt 零件从进程中删除]
- [单击工具栏打开文件的按钮 ] → [出现 File Open(文件打开)对话框]
- [单击 Record Mapkey(记录映射键)对话框中的 Pause(暂停)按钮(见图 1.8), 以中断 Pro/ENGINEER 命令的记录, 以令用户能选取文件]
- [在 Resume Prompt(恢复提示)对话框中输入提示内容: Please select a file.(如图 1.11 所示), 然后单击 OK(确定)按钮]

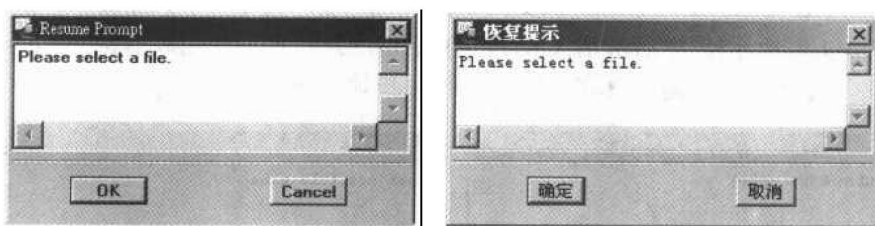


图1.11

- [选择先前存盘的零件文件名(如 temp.prt), 再单击 Open(打开)按钮]
- [单击 Record Mapkey(记录映射键)对话框中的 Resume(恢复)按钮(见图 1.10), 以恢复 Pro/ENGINEER 命令的记录]
- 以下为利用基准平面 TOP 作为绘图平面, 创建 Protrusion 特征的流程:
  - Feature(特征)→ Create(创建)→ Solid(实体)→ Protrusion(加材料)
  - Extrude (拉伸) | Solid (实体) | Done (完成)→ One Side (单侧) | Done (完成)
  - [以下列方式选取基准平面 TOP 为绘图平面: Sel By Menu (菜单选取)→

- Datum(基准)→ 选择 TOP 项→ Select (选取)]
- [选 Okay (正向)以确认特征创建方向朝上]
  - Bottom (底部)
  - [以下列方式选取基准平面 FRONT 为 Bottom 参考平面: Sel By Menu(菜单选取)→在 Selection option(选取选项)下拉列表框中选择 Datum (基准)→ 选择 FRONT → Select(选取)]
  - [在 Record Mapkey(记录映射键)对话框中单击 Stop(停止)按钮后再单击 OK (确定)按钮,以结束命令的记录,此时映射键 base\_solid 即被列入在映射键列表中,如图 1.12 (1)所示]
  - [在 Mapkeys(映射键)对话框中单击 Save (保存)按钮(如图 1.12 (2)所示)后再单击 OK (确定)按钮,以确认映射键 base\_solid 保存在 config.pro 文件中]

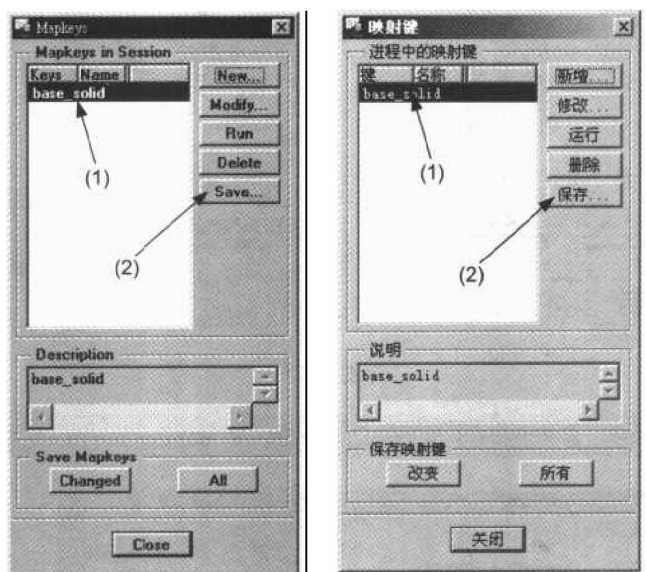


图1.12

- [在 Mapkeys (映射键)对话框中单击 Close (关闭)按钮以结束映射键的设置]
- [单击 References (参照)对话框中的 Close (关闭)]
- [在特征创建对话框中单击 Cancel (取消)按钮,再单击 Yes (是)按钮,以取消实体特征的创建]
- Window / Close (窗口/关闭)

### 步骤3 将映射键 base\_solid 放在功能键列表中

#### Utilities / Customize Screen(功能/定制屏幕)

- [选择 Categories(目录)中的 Mapkeys(映射键)(如图 1.13 上方所示),则所有的 Mapkeys(映射键)呈现在右侧方框中,如图 1.13 下方所示]
- [以鼠标左键将  拖移至映射键工具栏(如图 1.14 所示),则  变为映射键的一部分,如图 1.15 所示 → OK(确定)]