

Pro/E
专家系列

Pro/ENGINEER

零件设计进阶篇(上) Wildfire

林清安 编著



附超值双CD

内含全书范例文件及多媒体教学系统

适用 Pro/E Wildfire
英文版/中文版



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

Pro/ENGINEER Wildfire

零件设计—进阶篇（上）

林清安 编著

中国铁道出版社

2004 · 北京

015 219/04

4/19 (10)
1/1 (10)

TH13-39

L5103

北京市版权局著作合同登记号: 01-2004-4176

版 权 声 明

本书中文繁体字版由台湾知城数位科技股份有限公司出版。本文中文简体字版经台湾知城数位科技股份有限公司授权由中国铁道出版社出版。任何单位或个人未经出版者书面允许不得以任何手段复制或抄袭本书内容。

图书在版编目(CIP)数据

Pro/ENGINEER Wildfire 零件设计进阶篇(上)/林清安编著.-北京:中国铁道出版社, 2004.7

(Pro/E 专家)

ISBN 7-113-06091-9

I. P... II. 林... III. 机械元件-计算机辅助设计-应用软件, Pro/ENGINEER Wildfire

IV. TH13-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 076269 号

书 名: Pro/ENGINEER Wildfire 零件设计进阶篇(上)
作 者: 林清安
出版发行: 中国铁道出版社(100054, 北京市宣武区右安门西街8号)
策划编辑: 严晓舟 郭毅鹏
责任编辑: 苏 茜 李新承
封面设计: 白 雪
印 刷: 北京市彩桥印刷厂
开 本: 787×1092 1/16 印张: 24.5 字数: 588 千
版 本: 2004 年 8 月第 1 版 2004 年 8 月第 1 次印刷
印 数: 1~10 000 册
书 号: ISBN 7-113-06091-9/TP·1280
定 价: 49.00 元

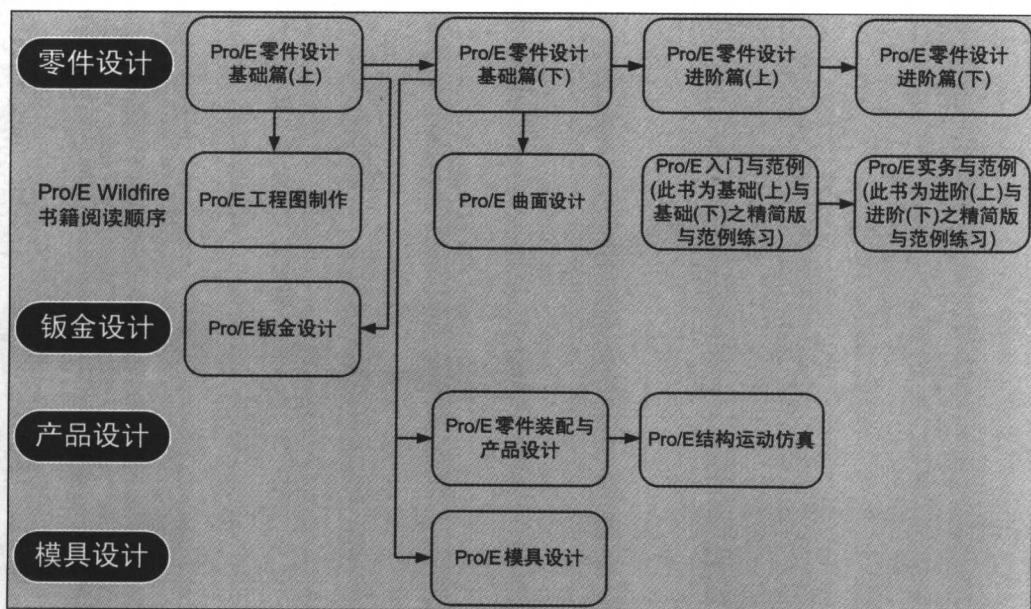
版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社计算机图书批销部调换。

前言

Pro/ENGINEER 自 1988 年问世以来,十余年间已成为全世界及中国最普及的 3D CAD/CAM 系统。Pro/E 在今日已经成为 3D CAD/CAM 系统的标准软件,广泛应用于电子、通讯、机械、模具、工业设计、汽车、自行车、航天、家电、玩具等各行业。Pro/E 可谓是个全方位的 3D 产品开发软件,整合了零件设计、产品装配、模具开发、NC 加工、钣金设计、铸造件设计、造型设计、逆向工程、自动测量、机械设计、动态仿真、应力分析、产品数据库管理、协同设计开发等功能于一体,其模块众多,且学习颇为不易。有鉴于此,我社特引进台湾著名作者林清安、黄圣杰等老师的佳作,他们均有十几年利用此软件进行多项实务设计与加工经验,以及多年来研究/教学之心得,藉以提供给各公司应用此软件的工程师及各大专院校攻读 CAD/CAM 课程的同学一个学习途径。

此 Pro/E Wildfire 系列书籍包含 12 册,各书籍与其阅读顺序如下:



本书主要在介绍如何建构造型复杂的 3D 实体或曲面,涵盖的主题包括:常用的 Pro/E 设计技巧、特征建构失败的处理方法、未封闭实体的处理、以旋转混合及一般混合建构复杂的特征、混合特征的相切面的控制、以不同的扫描方式(如可变截面扫描、螺旋扫描及 3D 扫描)建构复杂的实体或曲面、以扫描混合建构复杂的 3D 特征,以及利用边界线来建构曲面,最后并以汤匙、鼠标、塑料瓶等多个范例来说明进阶的实体或曲面在复杂零件设计上的实务应用。业界人士可以利用此书学习如何以 Pro/E Wildfire 来设计造型复杂的 3D 零件,此书适用于作为大专院校“计算机辅助设计”课程的上课或实习教材。

本书目前是以 Pro/E Wildfire 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，其中范例文件为练习本书各章节的范例时所需的文件，而多媒体教学为各范例的 Pro/E 操作步骤及讲解。

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，以便再版时加以修正。学习过程中，若有任何问题或想要更多 Pro/E 信息，请浏览网站 <http://www.linproe.com.tw>，作者 E-mail:

林清安

E-mail: alin@mail.ntust.edu.tw

随书光盘的使用说明

本书附两张光盘，内含“范例文件”及“多媒体教学”，首先将 Disc 1 的 Wildfire_Adv-1 目录直接复制到硬盘任意位置，再将 Disc 2 的所有目录复制到硬盘的 \Wildfire_Adv-1\ProE_VCD-Adv-1 目录之下，使用说明如下：

1. 范例文件

为练习本书各章节的范例时所需的文件，所有文件都放置在目录 \Wildfire_Adv-1\Train_file-Adv-1 下，可直接由 Pro/E Wildfire 打开，各范例的解答放置在目录 \Wildfire_Adv-1\Solutions-Adv-1 下。此外，也建议将文件 config.pro 复制到 Pro/E 的默认工作目录下。

2. 多媒体教学

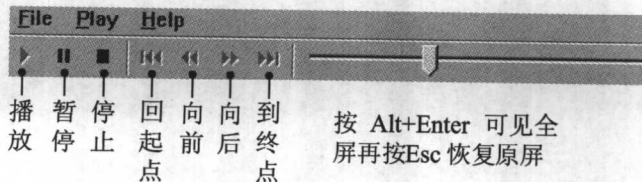
由本书作者以 Pro/E Wildfire 逐步示范及解说书中所有范例的详细操作过程，每一部分的教学都有动态画面与声音（因此用户的 PC 必须有声卡及音箱），文件为 .avi 的格式。本多媒体教学系统可在任一个 Windows 操作环境下使用，即使没有 Pro/E Wildfire 软件，也可以使用此教学系统。所有文件都放置在 ProE_VCD-Adv-1 目录下请确定 Disc 1 和 Disc 2 两张光盘的文件复制到硬盘后，硬盘的 ProE_VCD-Adv-1 目录含有下列的目录与文件：（1）目录：ch1、ch2、ch3、ch4、ch5、ch6、images；

（2）文件：CamPlay.exe, Adv-1_VCD.exe, TSCC.exe）。使用时，请按下列方式进行安装：

（1）在硬盘中执行 ProE_VCD-Adv-1 目录下的 TSCC.exe，步骤为“双击 TSCC.exe → Install → OK”（若用户的 PC 以前曾经执行过此操作，则可省略此步骤）。

（2）在硬盘中执行 Adv-1_VCD.exe 即可进入 Pro/E Wildfire 教学系统。

建议用户将屏幕的分辨率设为 1024×768，色彩设为全彩（32 位）或高彩（24 位）。观看每一个范例的操作时，可按图所示的方式做控制：



目 录

第 1 章 特征建立失败的处理	1
1-1 常用的 Pro/E 设计技巧	2
1-2 特征创建失败的处理	7
1-3 未封闭实体的处理	30
第 2 章 以混合建立复杂的特征	35
2-1 混合的选项说明	36
2-2 混合的范例	40
第 3 章 以扫描建立复杂的特征	61
3-1 可变剖面扫描	62
3-1-1 可变剖面扫描的轨迹线及剖面	63
3-1-2 使用关系式控制剖面的变化	91
3-2 螺旋扫描	170
3-3 3D 扫描	179
第 4 章 以扫描混合建立复杂的特征	185
4-1 扫描混合的选项说明	186
4-2 扫描混合的范例	188
第 5 章 以边界线建立曲面	223
5-1 边界混合的基本操作	224
5-2 边界混合的特殊选项	228
5-2-1 设置边界条件	229
5-2-2 设置对应的控制点	236
5-3 边界混合曲面的范例	249
5-4 以边界线创建曲面的高级操作	286
第 6 章 高级零件设计实例	295
6-1 汤匙设计	296

Wildfire

零件设计—进阶篇（上）

Pro/ENGINEER Wildfire

6-2	鼠标上盖设计	315
6-3	鼠标下盖设计	339
6-4	塑料瓶设计	347

1

特征建立失败 的处理

Pro/E Wildfire

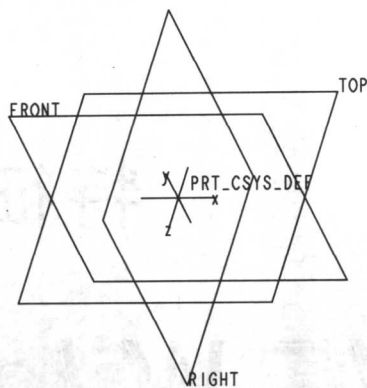
在利用 Pro/ENGINEER 进行 3D 几何模型的创建时，常因为各种原因造成特征创建无法成功，此时必须依靠用户对于 3D 几何的感受程度及对 Pro/ENGINEER 系统的熟悉程度来找出特征失败的原因，并进一步以编辑定义（Edit Definition）、编辑参考几何（Edit References）、特征顺序对调（Reorder）、特征隐含（Suppress）、特征内插（Insert Mode）等方式来解决问题。

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/E 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 3D 几何模型前先创建 3 个默认的基准坐标系 PRT_CSYS_DEF 及基准平面 RIGHT、TOP、FRONT，如图 1-1 所示，其作用如下：



【图 1-1】

- (1) 有助于 3D 几何模型的创建：以默认基准平面作为 2D 剖面的草绘平面（Sketching plane）、定向参考平面（Orientation reference plane）或草绘参考几何（References），由此种方式所创建的实体或曲面由于是以默认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，此将使得 3D 几何模型的创建与修改的成功概率大为提升。

- (2) 方便视角的选定：以默认基准平面定义前视图、俯视图及右侧视图等。

- (3) 方便零组件的装配：以默认基准平面作为两个零组件贴合（Mate）或对齐（Align）在一起的参考面。

2. 使用图层（Layer）

- ◆ 可以在 3D 几何模型中创建许多的图图层，并指定容易识别的名称，分别来存放许多不同的对象。
- ◆ 当不需要某图图层内的对象时，可以将图图层隐藏起来，以简化画面，使设计工作的进行较为简单。
- ◆ 也可以配合 Suppress / Resume（隐含 / 恢复）的命令使用，以控制图图层的打开与关闭。

3. 使用临时基准平面（Datum on-the-fly）

- ◆ 创建实体或曲面特征时，若需指定草绘平面与相关的定向参考平面，以进行 2D 剖面的绘制时，则尽量使用基准平面来作为草绘平面与定向参考平面。
- ◆ 在实体特征或曲面特征的创建过程中按 （或使用命令 Make Datum（产生基准））所创建的基准平面称为“临时基准平面”。使用临时基准平面的好处如下：

- (1) 当特征创建完成后，基准平面不会显示在屏幕中。

(2) 因为没有事先创建基准平面，所以特征的数目较少。

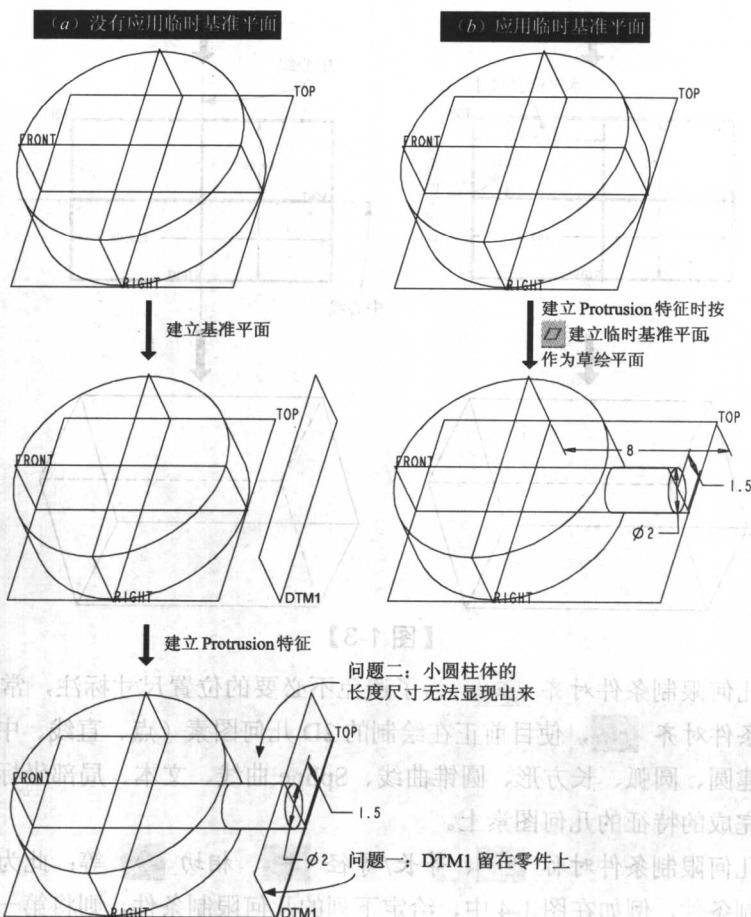
(3) 创建临时基准平面时所用到的参数变为特征的参数。

例如在图 1-2 左侧中，欲创建一个小圆柱体时，先创建了一个基准平面，再利用此基准平面作为草绘平面来创建小圆柱体，则此方式将产生下列的问题：

(1) 多了一个基准平面（如图 1-2 左侧所示的 DTM1）。

(2) 选取小圆柱体（即图中的 **Protrusion**（伸出项）特征），以命令 **Edit**（编辑）进行尺寸数值的修改时，小圆柱体的长度尺寸 8 无法显现出来，此乃因为小圆柱体的长度尺寸乃由基准平面（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请参考笔者所著的由中国铁道出版社出版的《Pro/ENGINEER Wildfire 零件设计-基础篇（上）》第 6 章。

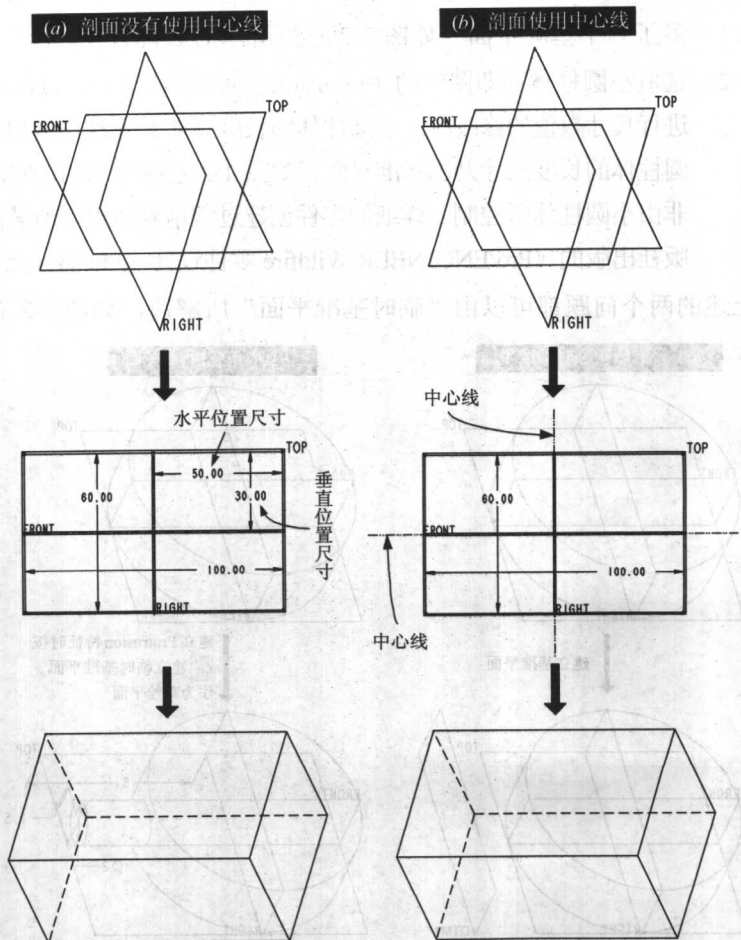
上述的两个问题都可以由“临时基准平面”所解决，如图 1-2 右侧所示。



【图 1-2】

4. 适当地使用 2D 剖面绘制图中一些辅助的几何图素（如点 与中心线 ）、几何限制条件（如对齐 、对称 、等长/等径 、相切 等）及命令（使用边 、偏移边 、镜像 等）。

- ◆ 辅助的几何图素点  与中心线 ：可以作为创建其他 2D 几何图素时的参考，或作为几何限制条件。例如在图 1-3 左侧中，若没有使用中心线，则需标注 2D 剖面的水平及垂直位置尺寸，而图 1-3 右侧即是使用中心线，以省却剖面的水平及垂直位置尺寸的标注，并表达剖面能上下对称及左右对称的设计理念。



【图 1-3】

- ◆ 几何限制条件对齐 ：为了避免不必要的位置尺寸标注，常使用几何限制条件对齐 ，使目前正在绘制的 2D 几何图素（点、直线、中心线、圆、创建圆、圆弧、长方形、圆锥曲线、Spline 曲线、文本、局部坐标系等）落在已完成的特征的几何图素上。
- ◆ 几何限制条件对称 、等长/等径 、相切  等：此为常用的几何限制条件，例如在图 1-4 中，给定下列的几何限制条件，则将第一个实体特征的尺寸由 6 及 3 改为 20 及 10 时，中间的凸出块仍可位于长方体中央：

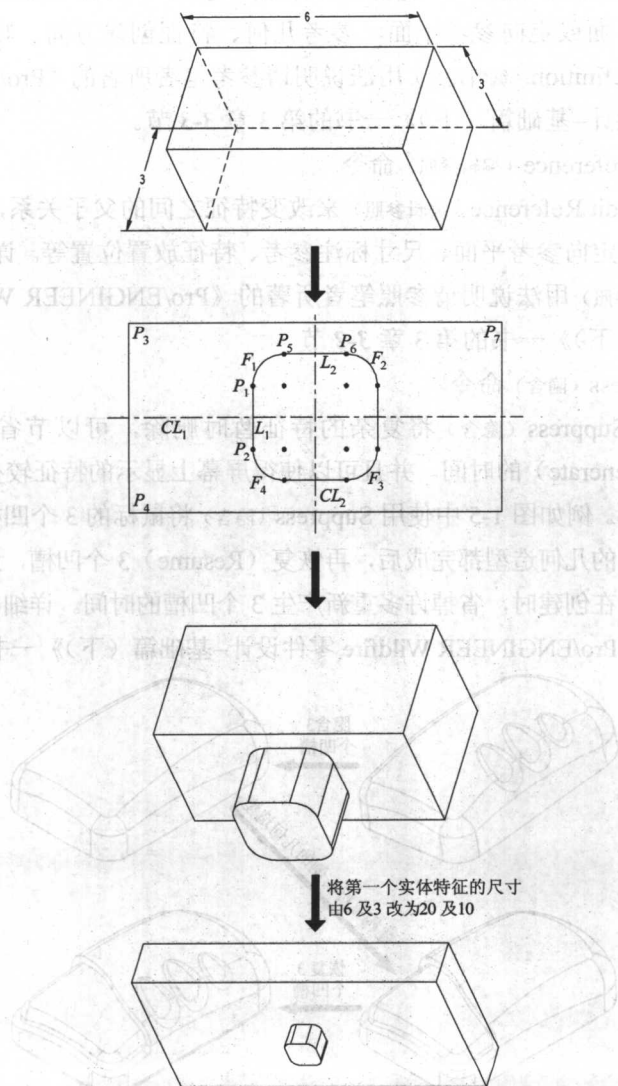
- (1) 按图标 ，选水平中心线 CL_1 及点 P_1 、 P_2 （使两个点对中心线对称），选中心线 CL_1 及点 P_3 、 P_4 ，选垂直中心线 CL_2 及点 P_5 、 P_6 ，选中心线 CL_2 及点 P_3 、 P_7 。

- (2) 按图标 ，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 4 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）。

详细的操作步骤请参考笔者所著的《Pro/ENGINEER Wildfire 零件设计-基础篇（上）》一书的 6-4-3 节的“2D 剖面的几何限制条件”。

- ◆ 使用边 ：使用已完成特征的边线作为现有 2D 剖面的图素。
- ◆ 偏移边 ：将已完成特征的边线偏移一段距离作为现有 2D 剖面的图素。 及  的用法请参考笔者所著的《Pro/ENGINEER Wildfire 零件设计-基础篇（上）》一书的 6-4-4 节“使用/偏移现有三维零件的边线”。
- ◆ 镜像 ：将已完成的几何图素对一条中心线做镜像。

详细的 2D 剖面绘制请参考笔者所著的《Pro/ENGINEER Wildfire 零件设计-基础篇（上）》的第 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 (重新排序) 来更改特征的先后顺序。
- ◆ 假设 Reorder (重新排序) 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 Reorder (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 (重新排序) 及 Insert Mode (插入模式) 用法说明请参考笔者所著的《Pro/ENGINEER Wildfire 零件设计-基础篇 (下)》一书的第 3 章 3-4 节及 3-7 节。

6. 使用 Edit Definition (编辑定义) 命令

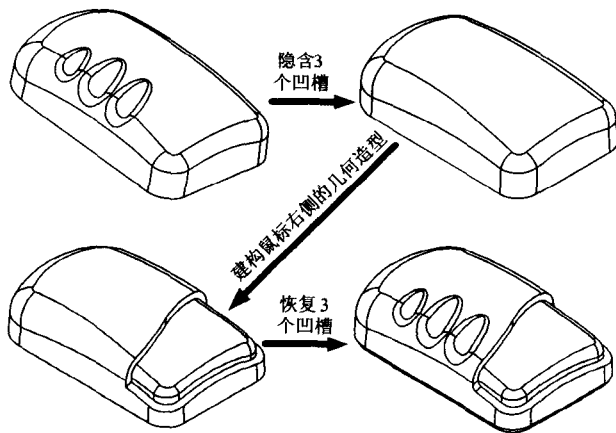
- ◆ 当需要修改已创建完成的特征时, 并不需要删除此一特征, 可以利用 Edit Definition (编辑定义) 来更改特征的几何定义, 如 2D 剖面的几何图素与尺寸、草绘平面或定向参考平面、参考几何、特征创建方向、特征深度等。详细的 Edit Definition (编辑定义) 用法说明请参考笔者所著的《Pro/ENGINEER Wildfire 零件设计-基础篇 (下)》一书的第 3 章 3-3 节。

7. 使用 Edit Reference (编辑参照) 命令

- ◆ 使用 Edit Reference (编辑参照) 来改变特征之间的父子关系, 可以选取新的草绘平面、定向参考平面、尺寸标注参考、特征放置位置等。详细的 Edit Reference (编辑参照) 用法说明请参考笔者所著的《Pro/ENGINEER Wildfire 零件设计-基础篇 (下)》一书的第 3 章 3-2 节。

8. 使用 Suppress (隐含) 命令

- ◆ 使用 Suppress (隐含) 将复杂的特征暂时删除, 可以节省重新产生几何模型 (Regenerate) 的时间, 并且可以使得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 (隐含) 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后, 再恢复 (Resume) 3 个凹槽, 此将使鼠标右侧的几何造型在创建时, 省掉许多重新产生 3 个凹槽的时间。详细的说明请参考笔者所著的《Pro/ENGINEER Wildfire 零件设计-基础篇 (下)》一书的第 3 章 3-6 节。



【图 1-5】

9. 使用下拉式菜单 **Tools** (工具) 及 **Analysis** (分析)

- ◆ 使用下拉式菜单 **Tools** (工具) 及 **Analysis** (分析) 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 **Tools** (工具) 及 **Analysis** (分析) 用法说明请参考笔者所著的《Pro/ENGINEER Wildfire 零件设计—基础篇 (下)》第 4 章。

10. 保存常用的视角

- ◆ 某些常用的视角, 可以先将其以视角名称保存起来, 当需要使用时, 可选取视角名称, 使所需的视角快速地呈现在屏幕上, 如此可以节省调整视角的时间与麻烦。

11. 使用默认的设计样本

- ◆ 在 Pro/E Wildfire 中, 当产生一个新的文件时, 系统会自动产生默认坐标系 PRT_CSYS_DEF, 3 个默认基准平面 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, 也即正 x 轴、正 y 轴及正 z 轴) 及常用的 6 个视角 FRONT、BACK、LEFT、RIGHT、TOP、BOTTOM。

1-2 特征创建失败的处理

一般而言, 特征创建失败的因素包括:

1. 特征修改后, 特征放置的位置有错。
2. 以 Edit Definition (编辑定义)、Edit Reference (编辑参照) 等对特征进行设计更改的操作后, 特征的几何不正确。
3. 几何计算精度 (Accuracy) 设置不恰当发生的错误。

特征创建失败后, Pro/E 系统会自动带到 **RESOLVE FEAT** (求解特征) 命令菜单 (如图 1-6 所示), 以帮助用户解决发生的问题。**RESOLVE FEAT** (求解特征) 菜单含有如下的选项:



【图 1-6】

1. **Undo Changes** (改变复原): 回到特征尚未创建或尚未修改前的状态。
2. **Investigate** (调查): 查看发生特征几何创建失败的原因。
3. **Fix Model** (修复模型): 进入一般特征创建的环境以整修模型。
4. **Quick Fix** (快速修复): 提供用户 **Redefine** (重定义)、**Reroute** (复位次序)、**Suppress** (隐含)

或 Clip Suppress（修剪隐舍）的功能，给用户做 3D 几何模型的整修（注意：Redefine（重定义）的操作步骤与 Edit Definition（编辑定义）相同，Reroute（复位参照）的操作步骤与 Edit References（编辑参照）相同）。

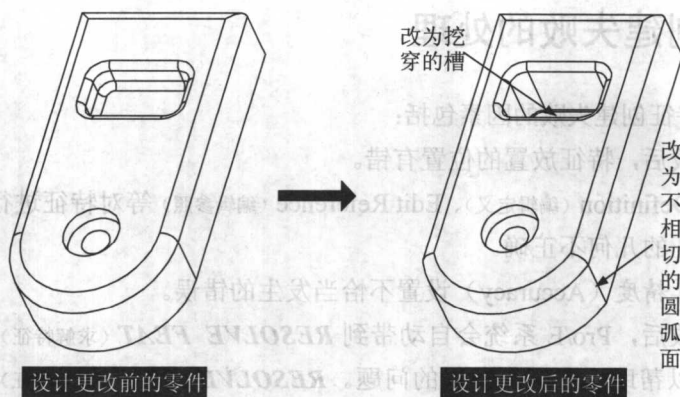
Fix Model（修复模型）和 Quick Fix（快速修复）的差别如下：

1. Fix Model（修复模型）可整修 3D 几何模型上任何一个特征，而 Quick Fix（快速修复）仅可整修失败的特征（Failed feature）。
2. Fix Model（修复模型）提供了一般创建特征时所有的功能，而 Quick Fix（快速修复）仅提供 Redefine（重定义）、Reroute（复位参照）、Suppress（隐舍）等常用的特征整修功能。

下面以两个实例来说明 Investigate（调查）、Fix Model（修复模型）及 Quick Fix（快速修复）的使用方式。

失败特征的处理—范例 1

图 1-7 是一个设计更改时发生问题的案例，我们修改了：（1）零件的剖面设计（2）方形槽的属性，而发生了错误的情形。通过下面的步骤可以解决所发生的错误，完成整个设计更改的工作。



【图 1-7】

步骤① 打开旧零件

[按工具栏打开文件的图标 ]

→ [选择文件：resolve-1.prt → 按 **Open** (打开)]

步骤② 查看零件创建过程

[选取下拉式菜单 **Tools**（工具）下的 **Model Player**（模型播放器）]

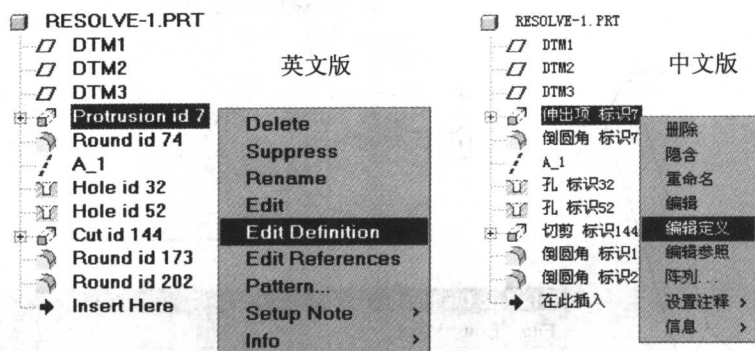
→ [出现 **Model Player**（模型播放器）的对话框，按 ，则画面回到一开始尚未创建任何特征的状态]

→ [持续按 ，观察特征的创建顺序，可发现此零件共有 11 个特征]

→ [按 **Finish** (完成)，关闭 **Model Player**（模型播放器）对话框]

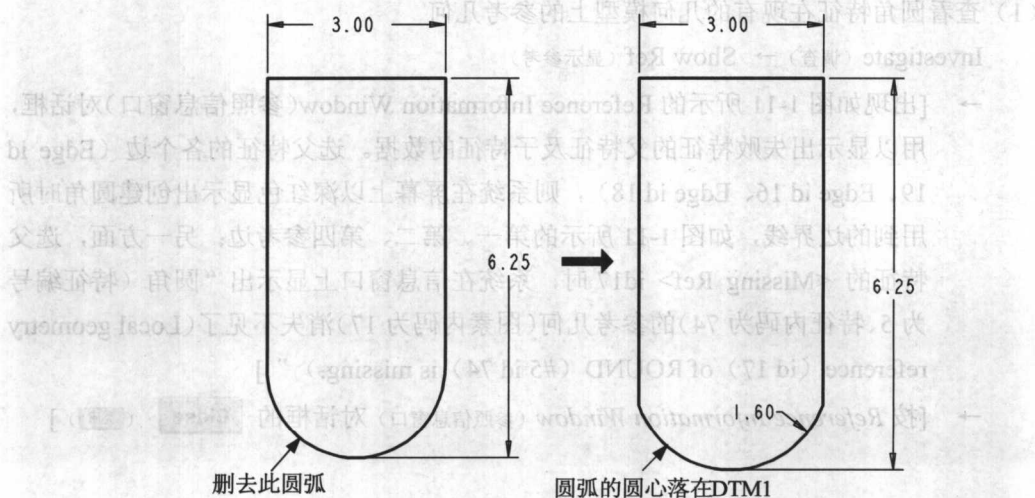
步骤 3 修改零件的剖面

[在模型树中选第一个 Protrusion (伸出项) 特征, 单击鼠标右键选择 Edit Definition (编辑定义) (见图 1-8)]



【图 1-8】

- [按绘制剖面图标 , 以进行 2D 剖面的修改]
- [按 **Sketch** (草绘) (以修改 2D 剖面的草图)]
- [将图 1-9 左侧所示的圆弧删去]
- [信息窗口出现 “WARNING: This entity is referenced by other feature(s). Continue?” (警告: 此图元被其他特征所参照。是否继续?) (此代表欲删除的圆弧被其后许多特征参考到, 若删除此图素, 则势必影响其后的子特征)”, 回答 **Yes** (是)]



【图 1-9】

- [按  重新画一圆弧, 尺寸如图 1-9 右侧所示 → ]
- [按鼠标中键以结束特征的定义]
- [按图标  后选 Standard Orientation (标准方向) (或按键盘的 Ctrl+D), 使零件呈