GOTOP 北京科海培训中心

Pro/ENGINEER 2000i 进阶教程

张沛颀 裴建昌 黄圣杰 编著

陈秀梅 审校

清 华 大 学 出 版 社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

(京)新登字 158 号

著作权合同登记号:01-2000-3763

内 容 提 要

本书延续《Pro/ENGINEER 2000i 入门教程》一书的内容,讲解 Pro/ENGINEER 2000i 高级特征命令的功能与操作方法。主要内容包括:讲解草图 Layout 及基础曲面特征的建立、修改操作与几何分析,同时对曲面进行合并、修剪、延伸、变形等控制操作;对于建立的实体进行拔模角、偏移复制、替换等变形操作;本书特别加了可使产品设计更具弹性的特征自动化和建立模具设计等专题。全书始终贯穿了高级特征命令的综合应用并紧密结合实例,让读者达到了对全书所讲述的各功能综合运用的目的。

本书适合于绘制 3D 图形的用户。如果同《Pro/ENGINEER 2000i 入门教程》结合使用,必将达到事半功倍的效果。

版 权 声 明

本书为台湾碁峯资讯股份有限公司独家授权的中文简体字版本。本书专有出版权属清华大学出版社与北京科海培训中心所有。在没有得到本书原版出版者和本书出版者的书面许可时,任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本书的一部分或全部内容,以任何形式(包括资料和出版物)进行传播。

本书原版权属于碁峯资讯股份有限公司。

版权所有,侵权必究

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得进入各书店。

书　名:Pro/ENGINEER 2000i 进阶教程
作　者:张沛颀　裴建昌　黄圣杰
审　校:陈秀梅
出版者:清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)
印刷者:北京市门头沟胶印厂
发　行:新华书店总店北京科技发行所
开　本:16　印张:24.25　字数:590 千字
版　次:2001 年 4 月第 1 版　2001 年 5 月第 2 次印刷
印　数:5001～8000
盘　号:ISBN 7-900631-64-x
定　价:42.00 元(光盘)

前　言

Pro/ENGINEER 2000i 是参数科技公司（Parametric Technology Corporation）于 1999 年 5 月所推出的最新版 3D CAD/CAM 实体设计软件。Pro/ENGINEER 在工业界广泛使用，备受赞许，而 Pro/ENGINEER 2000i 更完整地集成了各种模块，为产品开发提供了由工业设计至 NC 加工的解决方案，有效提高业界的竞争能力。再者，参数科技公司也将此高级软件推广至大专院校，让年轻学子有机会尽快接受 3D 绘图软件的训练，以便能早日具有成熟的设计能力。

本书延续碁峰资讯股份有限公司《Pro/ENGINEER 2000i 入门教程》一书的内容，介绍高级特征命令的功能与操作方法，以便能产生更复杂与实用的设计图形。对于产品开发组合工具草图 Layout，做了深入浅出的介绍。最后，针对模具设计 Mold 也有详尽的说明。读完本书，读者一定可以提高绘制 3D 图形的能力，对新产品的开发更能得心应手。

光盘使用说明

本书光盘主要包含本书中各章提供的已经制作好的范例（共有 87 个）。通过书中所描述的具体操作步骤，读者可以一步一步地完善这些范例，并且可以选择将其复制到硬盘上，也可运行光盘直接读取。

1. 使用须知

（1）本光盘是针对 Windows NT、Windows 95/98 或以上版本。

（2）由于该光盘中的范例为 Pro/Engineer 2000i 下的图形源文件，故首先要在硬盘上安装 Pro/Engineer 2000i，也就是说，读者的计算机软硬件环境必须满足 Pro/Engineer 2000i 的最低需求。

2. 使用方法

方法一：

（1）首先在硬盘下建立一个名为 Proe 的子目录，再把光盘中的全部内容放入该目录下。

（2）运行 Pro/Engineer 2000i，逐步调用这些文件即可。

方法二：

在资源管理器中打开光盘，直接双击文件名即可。由于各种计算机速度不同，所以打开的速度将会有所不同。

目 录

第 1 章 高级实体特征的建立 1

1.1 特征图形辅助工具 1

1.1.1 Graph 1

1.1.2 关系式（Relation） 1

1.2 Variable Section Sweep 5

1.3 Swept Blend 19

1.4 Helical Sweep 23

1.5 Section to Surfaces 32

1.6 Surfaces to Surfaces 35

1.7 高级圆角（Advanced Rounds） 36

第 2 章 基础曲面特征的建立 41

2.1 曲面特征辅助工具 41

2.1.1 基准点（Datum Point） 41

2.1.2 基准曲线（Datum Curve） 44

2.2 基本曲面构造命令 49

2.3 其他平面构造工具 55

2.3.1 平面（Flat） 55

2.3.2 复制（Copy） 55

2.3.3 偏移（Offset） 56

2.3.4 圆角（Fillet） 57

第 3 章 特征的几何分析 59

3.1 测量（Measure） 60

3.2 Model Analysis 64

3.3 Curve Analysis 72

3.4 Surface Analysis 78

第 4 章 高级曲面特征的建立 90

4.1 与高级实体特征相同的工具 90

4.2 Boundaries 95

4.3 Free Form 105

4.4 From File 110

4.5 Tangent To Surface 112

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第 5 章 曲面构造与修改工具 115

5.1 合并（Merge） 115
5.2 修剪（Trim） 120
5.3 延伸（Extend） 125
5.4 转变（Transform） 130
5.5 拔模（Draft） 131
5.6 Area Offset 142
5.7 Draft Offset 146
5.8 曲面综合练习 149

第 6 章 实体修改工具 166

6.1 Use Quilt 166
6.2 Draft、Offset、Draft Offset、Free Form 172
6.3 曲面替代（Replace） 176
6.4 嵌片（Patch） 181
6.5 Toroidal Bend 184
6.6 脊线弯曲（Spinal Bend） 189
6.7 综合练习 194

第 7 章 复制特征的高级工具 214

7.1 零件簇（Families of Parts） 214
7.2 用户自定义特征（User-Defined Feature） 227

第 8 章 几何图形的加载与输出 240

8.1 图形加载与基本框架 240
8.2 图形的输出 242
8.3 2D 图形的加载与应用 243
8.4 如何修补破损的曲面 246
8.5 如何替换加载的特征 249
8.6 综合练习 251

第 9 章 高级组合工具 263

9.1 Merge & Cutout 263
9.2 Layout 271
9.2.1 关于 Layout 271
9.2.2 2D 草图的基本绘图工具 274
9.2.3 2D 草图的辅助工具 276
9.2.4 Layout 的远程参数控制 281
9.2.5 Automatic Assembly 287

9.3 Interchange 模式 304
9.4 骨架零件（Skeleton Parts） 311

第 10 章 Pro/PROGRAM 315

10.1 关于 Pro/PROGRAM 315
10.2 显示 Program 的内容（Show Design） 316
10.3 Program 的编辑（Edit Design） 321
10.4 子零件的建立（Instantiate） 334
10.5 程序的执行 337
10.6 程序的产生 337
10.7 Assembly 模块的 Pro/PROGRAM 338
10.8 替换装配文件的零件（Interchange） 342
10.9 替换装配文件的零件（Family Table） 346

第 11 章 模具设计 350

11.1 建立零件与模块并进行装配 350
11.2 设定缩水率、拔模角与模型检验 351
11.2.1 缩水率 351
11.2.2 拔模角 352
11.2.3 模型检验 352
11.3 建立浇道、流道、浇口与水道 355
11.4 产生分模面 361
11.5 产生模型内腔 363
11.6 顶针、滑块的建立 366
11.7 开模操作与注塑件仿真 371
11.8 模具设计综合练习 373

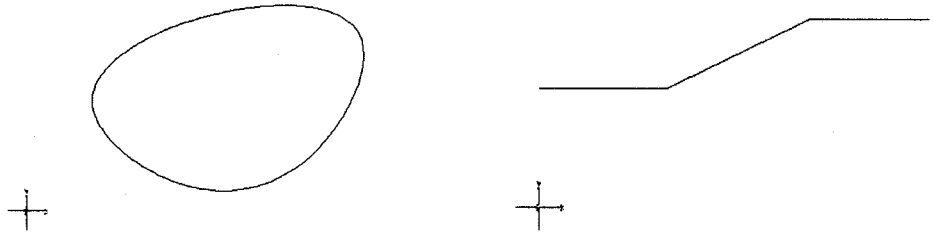
第 1 章　高级实体特征的建立

本章是在学习基础实体特征 Extrude、Revolve、Sweep、Blend、Hole、Shell 等命令后，进一步介绍高级实体特征的命令。高级实体特征命令有 Variable Section Sweep、Swept Blend、Helical Sweep 等，用户通过这些命令可建立较复杂的图形。

1.1　特征图形辅助工具

1.1.1　Graph

Graph 命令用于绘制函数图形，并进一步控制特征的几何外形。因为是函数图形，所以所用线段一定不能是封闭的。也就是说，每一个 x 值只能对应一个 y 值，如图 1-1 所示，且图形中必须使用坐标轴来标注尺寸。



错误的函数图形　　正确的函数图形

图 1-1　函数图

Graph 命令的操作步骤为：在 Feature 菜单中依次选择 Create → Datum → Graph 项后，输入此函数图形的文件名，即进入 Sketcher 模式，选择 Adv Geometry 中的 Coord Sys 项，使用光标在绘图窗口中适当的位置点一下，以便建立坐标轴，然后便可绘制函数图形，当标注完尺寸后单击 Done 完成。

1.1.2　关系式（Relation）

建立关系式（Relation）的用意是：希望能够有效地控制模型的特征外型。例如，希望模型的长、宽、高保持一定的比例。若不使用关系式（Relation）进行规范化处理，当对模型进行更改时，例如改变模型的高度，就得自行按照比例计算出模型的长与宽，不小心计算错误会造成模型严重失真。

如果使用关系式（Relation），就能确保模型的长、宽、高维持原有比例。也就是说，只要一改变模型高度，Pro/ENGINEER 便会依照关系式自动计算出模型的长、宽，就像一

部隐形的计算器，从而省去琐碎复杂的操作。

一般建立关系式的方法有两种：

第一种：在建立特征的过程中就加入关系式，也就是在草图（Sketcher）模式中选择 Relation，便可编辑关系式。

第二种：建立特征后再加入关系式。用户可在 Menu Manager、PART 菜单中选择 Relation，即可分别将关系式建立在 Assembly、Part、Feature 与 Pattern 模式中。

关系式的形式有两种：

恒等式：包含等号（=）的关系式，其中未知参数放在等号左边，可知或已知参数放在等号右边，如 d3 = d2*3+1，未知参数 d3 放在左边，可知参数 d2 与常数放在右边。

不等式：包含大于（>）、小于（<）、大于等于（>=）等符号的关系式，例如 d2 + d3 > d1。

关系式中的尺寸参数有许多种，下面的 # 表示是正整数，代表参数编号：

- d# part 或 assembly 模块下的尺寸值。
- sd# 草图（Sketcher）模式下的尺寸符号。
- kd# 已知尺寸。
- rd# 参考尺寸值（Reference Dimension）。
- p# Pattern 中增量的编号。
- tpm# 对称公差（symmetrical tolerance）值。
- tp# 上公差值。
- tm# 下公差值。
- PI 3.1415926…。
- G 重力加速度 9.8 m/s^2。

用户定义参数

用户可以自定义所需参数，如 Volume = d3*d5*d9。自定义参数既可以是数值，也可以是字符串，如 View = “Top”。要新增或改变参数，可执行菜单命令 Relation → Add Param 或 Set Up → Parameter → Create。

数学运算符号

+	：加
-	：减
*	：乘
/	：除
^	：幂
()	：括号

关系式

==　：等于
>　：大于
>=　：大于等于
!=　：不等于
<>　：不等于
~=　：不等于
<　：小于
<=　：小于等于
|　：OR（或）
&　：AND（与）
~　：NOT（否）
!　：NOT（否）

例如：“d0 这个尺寸参数大于等于 5，但是不等于 10”，可用下面的关系式表示：

```
d0 >= 5 & d0 ~= 10
```

数学符号

下面所有的三角函数都以度（degree）为单位。

sin( )　：正弦函数
cos( )　：余弦函数
tan( )　：正切函数
asin( )　：反正弦函数
acos( )　：反余弦函数
atan( )　：反正切函数
sinh( )　：双曲正弦函数
cosh( )　：双曲余弦函数
tanh( )　：双曲正切函数
sqrt( )　：平方根
log( )　：以 10 为底的对数
ln( )　：自然对数
exp( )　：指数
abs( )　：绝对值
ceil( )　：大于括号内的值的最小整数，如 ceil(5.5)的值为 6
floor( )　：小于括号内的值的最大整数，如 floor(5.5)的值为 5

另外 ceil( )也可这样使用：ceil(参数或数字，小数精确位数)，例如 ceil(15.3256,3)，其值为 15.326。floor( )也可同样使用。

函数值（Graph Evaluation）

该命令通过函数图形来控制一个参数的变化，可用于控制 Sketcher、Part、Assembly 等模块中的尺寸。其形式如下：

```
sd# = evalgraph("graph_name", x)
```

其中，graph_name 为 Graph 的名称，x 则为图形的横坐标值，evalgraph()将会返回所对应的函数值。

语句：If ... Else

在关系式中，也可以使用程序语言常见的 If / Else 语句，下面是使用范例。

```
If A < 12
  B = 5
Else
  B = 1
Endif
```

Relation 的命令菜单

1. Add　一次输入一行关系式，要结束关系式的输入，可直接单击 Enter 键。所有的符号、参数不能超过 31 个字符。
2. Edit Rel　可使用文字编辑器编辑关系式，所有曾经输入的关系式都会出现在文字编辑器中，存盘后即可结束编辑。
3. Show Rel　将所有关系式显示在窗口中。
4. Evaluate　查询某参数或关系式的值。 例如，输入 sd#则返回其值，或输入 sd3 == sd5，返回 0 为 false，返回 1 则为 true。
5. Sort Rel　将关系式重新排列成可运算的顺序。例如，原来的关系式为：

```
sd1 = sd0*2
sd0 = 5
```

第二个关系式应该在第一个关系式之前，所以执行 Sort Rel 后，关系式变成：

```
sd0 = 5
sd1 = sd0*2
```

6. Show Dim　输入尺寸参数后，Pro/ENGINEER 会将该尺寸显示在图形中。此命令也可使用 Modify 将所有尺寸显示在图形上。
7. Switch Dim　将尺寸与参数之间进行变换显示。此命令可选择左上角命令菜单 Info 中的 Switch Dims 来执行。
8. Add Param　添加参数。
9. Del Param　删除参数。
10. Session ID　在 Assembly 模块中可获得特征在内存中的编号。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

11. User Prog　提供用户可编辑与执行类似 C 语言的程序。
12. Where Used　提供全局参数在 Layout 模块中的信息，包含参数种类、参数名称及使用它的 Layout。

1.2　Variable Section Sweep

Variable Section Sweep 命令用于建立一个可变化的截面，此截面将沿着轨迹线和轮廓线进行扫描（Sweep）操作。截面的形状大小将随着轨迹线和轮廓线的变化而变化，轨迹线或轮廓线可选择现有基准曲线（Datum Curves）或是在构造特征时进行绘制。

欲进行 Variable Section Sweep 操作，可执行下列命令：依次选择菜单 Create → Solid → Protrusion → Advanced → Var Sec Swp。其中 Variable Section Sweep 提供三种扫描形式：垂直于原始轨迹线（Normal To Origin Trajectory），指定方向（Pivot Direction）和垂直轨迹线（Normal To the Trajectory）。无论使用哪一种形式，都必须有原始轨迹线（Origin Trajectory）。

Normal To Origin Trajectory

用 Normal To Origin Trajectory（NrmToOriginTraj）的形式进行 Variable Section Sweep（可变截面扫描）时，截面将垂直于轨迹线进行扫描。另外，使用 NrmToOriginTraj 至少还需要一条限制截面外形的轮廓线，当然可以不只是一条轮廓线。当轨迹线与轮廓线投影长度不等时，Sweep 操作只进行到最短投影长度的那条线段，如图 1-2 所示。

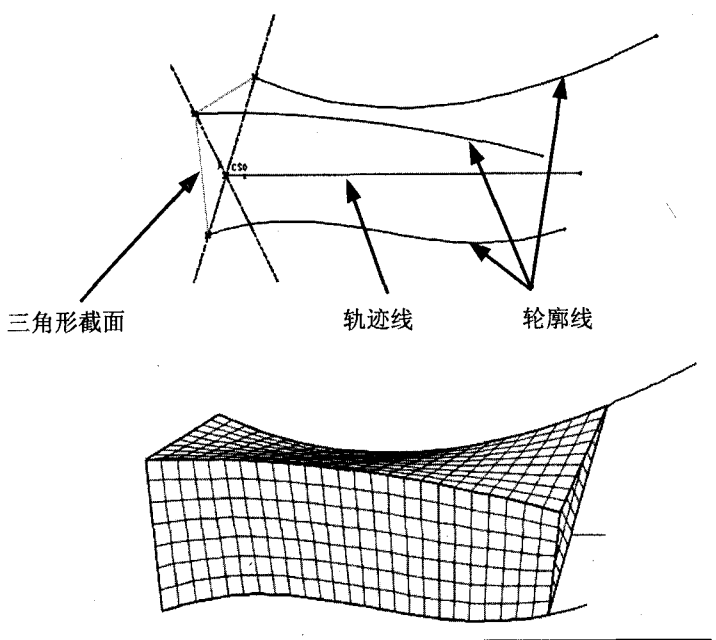
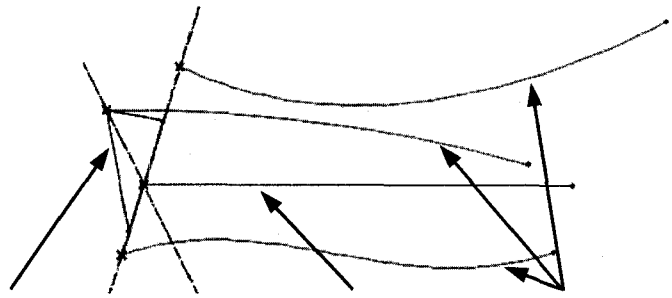


图 1-2　Variable Section Sweep 的结果

图 1-2 是截面的边缘与轨迹线、轮廓线重合的结果；若截面的边与轨迹线、轮廓线不完全重合，则结果如图 1-3 所示。



截面边缘与轮廓线重合的地方　　轨迹线　　轮廓线

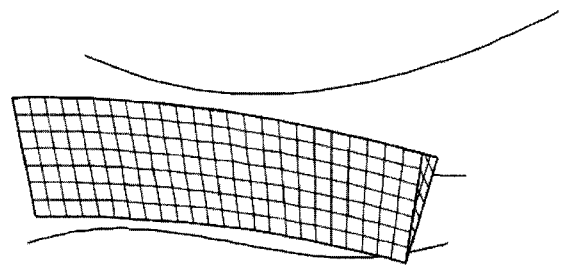
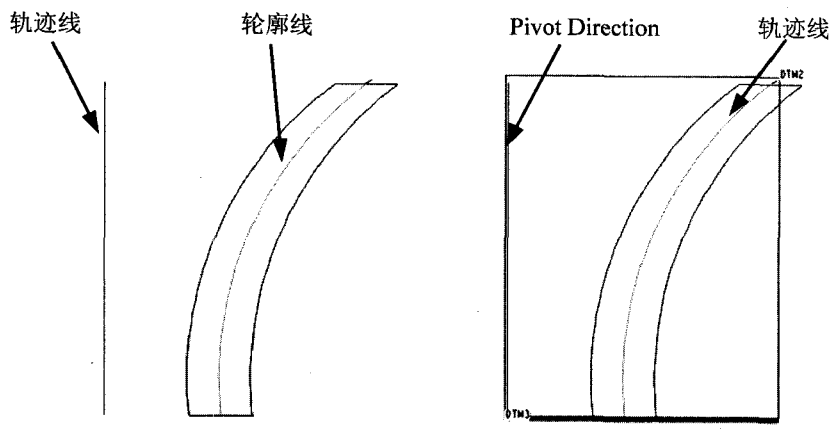


图 1-3　完成后只有截面上端受轮廓线限制

Pivot Direction

用 Pivot Dir 的形式进行 Variable Section Sweep 时，在扫描（Sweep）过程中，截面的方向将始终与指定的方向（Pivot Direction）垂直，如图 1-4 所示。



用 NrmToOriginTraj 形式　　用 Pivot Dir 方式

图 1-4

从图 1-4 可知，用不同形式进行圆形截面的 Variable Section Sweep 时，可得到同样的结果。

Normal To the Trajectory

用 Norm To Traj 形式进行 Variable Section Sweep 时，在扫描（Sweep）过程中，截面将始终垂直第一条轮廓线，如图 1-5 所示。操作步骤为：先选择轨迹线，然后选择轮廓线，绘图面将自动旋转到与轮廓线垂直的方向，接着绘制截面，完成。

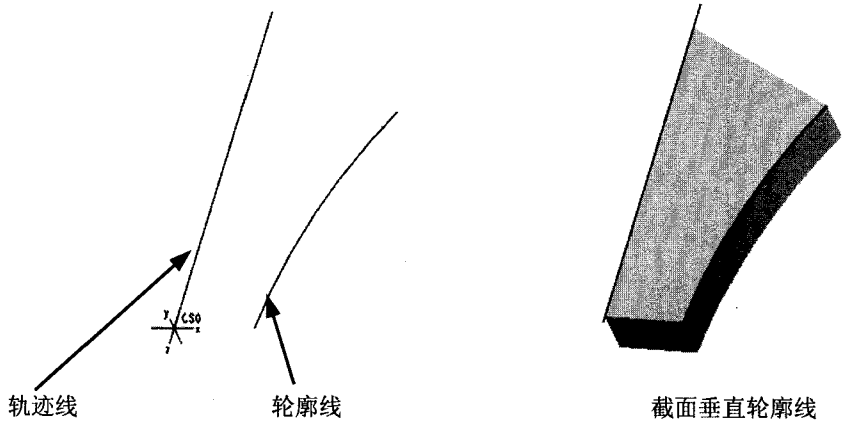


图 1-5

注意事项：

1. 在建立特征过程中，选择或建立第一条 Trajectory 作为轨迹线（Spine），第二条以后的 Trajectory 为轮廓线。
2. 选择轨迹线时要注意起点箭头的位置，该位置即是绘制截面的位置，用户可使用 Start Point 改变起点箭头的位置。
3. 除了终点以外，轮廓线不得与轨迹线相交。
4. 所有的轮廓线都要通过绘制截面的平面，但其长度不一定要与轨迹线相同，最后特征的长度将与轨迹线或轮廓线中最短的相同。
5. 当轮廓线无法与截面的绘图面相交时，则必须另外定义基准点（Datum Point）作为起始点。Pro/ENGINEER 会自动判断轨迹线起点的绘图面是否与所有轮廓线相交，若没有，将会出现如图 1-6 所示的选项。

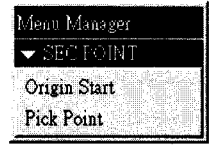
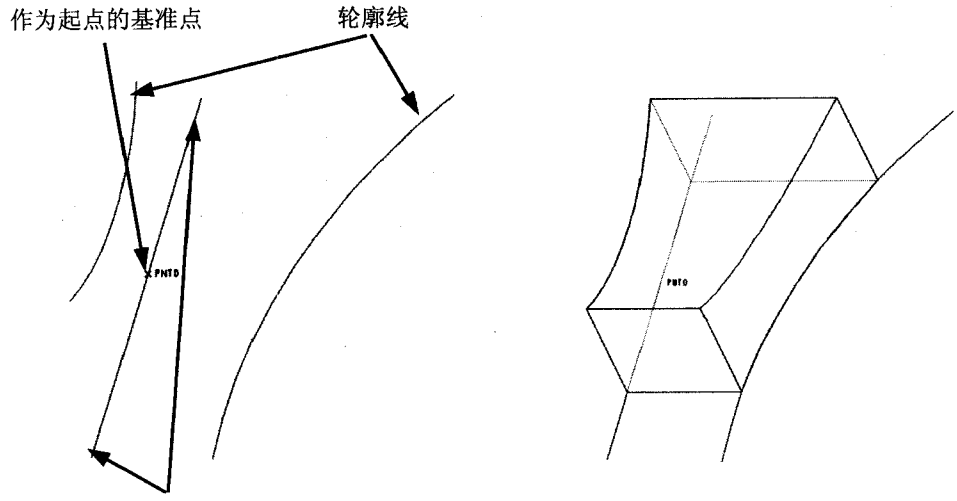


图 1-6

Origin Start 选项是使用先前定义的起点，Pick Point 则是另外选择基准点作为起点。由图 1-7 所示的范例可知，有一条轮廓线比轨迹线短，因此必须选择其他的点作为起点。

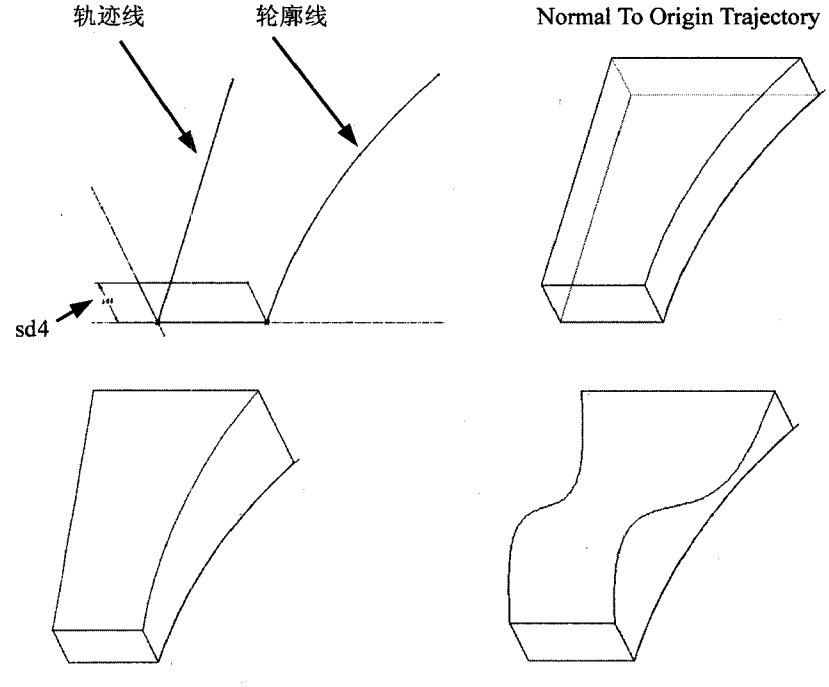


无法选择轨迹线前后两点作为起始点　　完成后的特征

图 1-7

控制参数 Trajpar 及关系式

Trajpar 是一个参数，它是介于 0 到 1 之间的实数，可用来控制 Variable Section Sweep 特征的外形。在扫描的起点 Trajpar = 0，终点 Trajpar = 1。Trajpar 可同关系式（Relation）一起使用，如图 1-8 所示。



Relation：sd4 = 50*trajpar+40　　Relation：sd4 = 30*sin(trajpar*360)+40

图 1-8

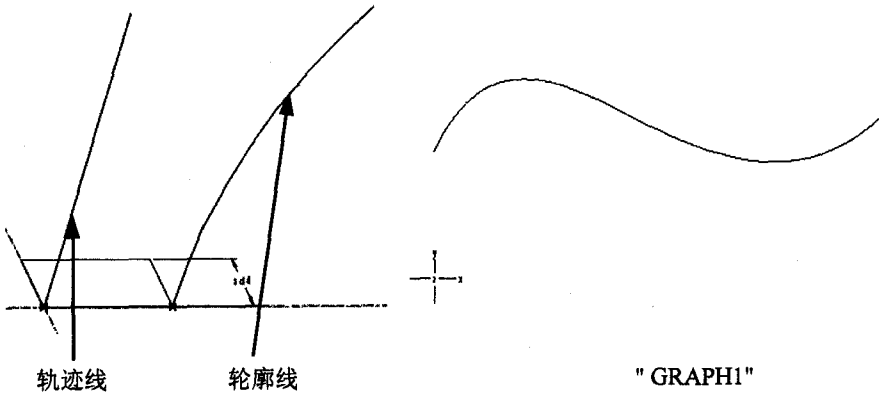
利用 Graph 配合 Trajpar 控制特征

用户可利用 1.1.1 节中的函数图（Graph）来控制尺寸关系。为了将 Graph 应用在可变截面扫描中，必须先建立 Graph 特征。而 Graph 在 Relation 中的语法如下：

```
sd# = evalgraph ("graph_name", x_value)
```

- sd#　尺寸代号，单击 Relation 就会出现。或单击命令菜单 Info 中的 Switch Dims 就会转换，# 为编号。
- graph_name　Graph 特征的名字。
- X_value　Graph 中沿着 X 轴的值。
- Evalgraph　根据 Graph 和 X 值而返回 Y 值。

[例 1.1]　利用 Graph 配合 Trajpar 控制特征（见图 1-9）



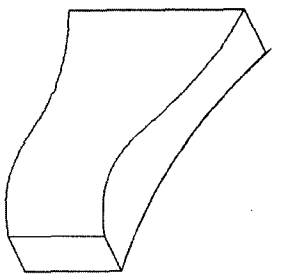


图 1-9　完成后的特征

[练习 1.1]　可变截面扫描

这里针对可变截面扫描进行练习，让用户熟悉使用步骤。

[创建新文件并建立基准坐标系与基准平面]

1. 创建一个新的 Part 模块，并命名为 disc_player。
2. 利用 DATUM 菜单中的 Coord sys 及 Plane 建立基准坐标系与基准平面。

[绘制轨迹线]

3．依次选择菜单命令 Create → Datum → Curve → Sketch，用 DTM 1 作为绘图面，用 Top 选择 DTM 2 作为参考面，进入 Sketcher，绘制如图 1-10 所示的曲线。

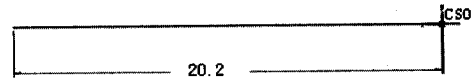


图 1-10

[绘制第一条轮廓线]

4．选择先前使用的绘图面及参考面（Use Prev），采用缺省视角并确认（Okay），绘制如图 1-11 所示的曲线。

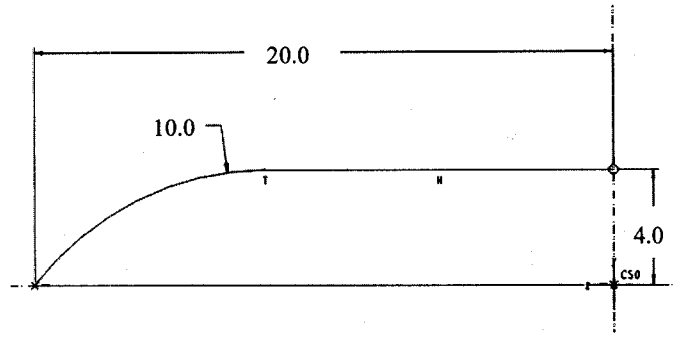


图 1-11

[绘制第二条轮廓线]

5．选择 DTM 2 作为绘图面，采用缺省视角并确认（Okay），用 Bottom 选择 DTM 3 作为参考面，并绘制如图 1-12 所示的曲线。

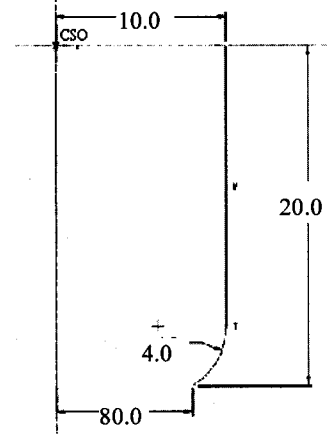


图 1-12

需要全本请访问 www.ertongbook.com