

## 第 2 章 扫 描

在成功地学完本章后，读者将能够：

- 解释扫描和放样之间的差异
- 建立一条通过一系列数据点的曲线
- 建立一个多厚度的抽壳
- 通过把草图投影到一个曲面上来建立一条空间曲线
- 建立变半径的圆角和面圆角
- 通过扫描来建立凸台和切除特征
- 分析草图的回率、最小半径和拐点
- 通过斑马条纹分析曲面品质
- 螺纹建模
- 建立基准轴
- 绘制 3D 草图
- 在非平面上使用异型孔向导建立孔

### 2.1 概 述

本章将通过几个例子学习建立复杂不规则外形的建模技术，主要包括如下内容：

- 扫描
- 变半径圆角
- 分析草图和曲面
- 3D 草图

本章主要的研究实例是图 2-1 所示的瓶子，这个零件的建模方法和以前所学习的拉伸或旋转不同，下面简要说明一下这个模型建立的步骤和主要思路：

- 建立瓶子的基本形状

瓶子的基本形状可以通过扫描一个椭圆来完成，椭圆的两个轴中两条引导线来控制

- 为放置商标建立一条突起的轮廓线

先绘制商标区域的外形轮廓草图，然后把它投影到瓶子的表面，这条投影曲线将被用作扫描凸台的扫描路径。

- 建立瓶颈

这是一个简单的拉伸特征：从扫描出的瓶体顶端向上拉伸凸台。



图 2-1 研究实例：瓶子

- 为瓶底建立变半径的圆角

瓶底的圆角半径在左右两侧是 0.375 英寸，而在前后面的中间是 0.25 英寸。两个半径值之间是平滑过渡的。

- 抽壳

瓶子的壁厚并不均匀：瓶颈部分因为有螺纹，所以要厚一些（0.060 英寸），瓶体部分则要薄一些（0.020 英寸）。

- 瓶口处螺纹建模

这是另一个扫描特征，要用到一种特殊的扫描路径：螺旋线。

## 2.2 扫描和放样的区别

扫描和放样都可以用来建立复杂的形状，应该选用哪种方式要根据具体的设计来决定。扫描和放样之间也有一些区别，这些区别将会影响到选择哪种方法来建模，两者根本的区别在于：

- 扫描使用单一轮廓

- 放样使用多个轮廓

考虑一下本章即将建立的塑料瓶的第一个特征，如图 2-2 所示，这个特征既可以使用扫描来建立也可以使用放样来建立，就本例而言，关键的问题要看设计中所依赖的数据是什么。



图 2-2 瓶子的第一个特征

如果原始设计数据是瓶子前面和侧面的两条曲线所描述的外形，并且瓶子的所有横截面的形状都是相似的，那么就可以通过沿路径扫描的方式来建立这个特征，其中椭圆形横截面的长轴和短轴将由引导线来控制，如图 2-3 所示。

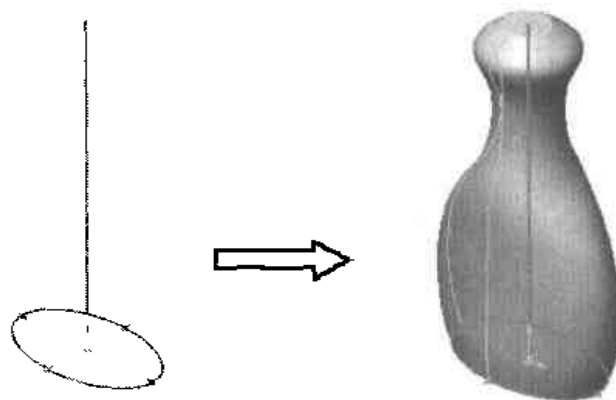


图 2-3 使用扫描特征

如果设计数据是一系列的横截面，那么就可以使用放样来建立这个特征，如图 2-4 所示。尤其是当横截面不相似时，这种方法非常有用，当然此例不是这种情况。

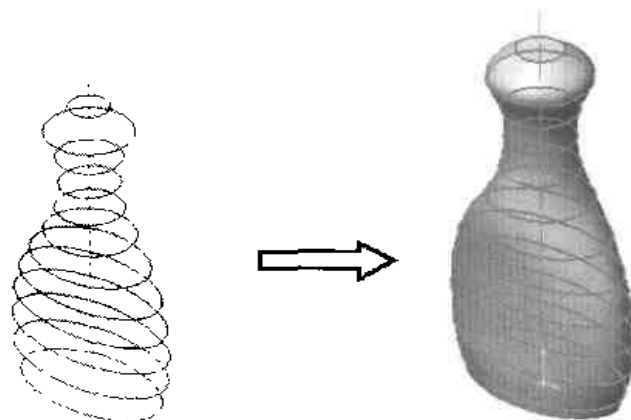


图 2-4 使用放样特征

## 2.3 扫描的分类和要素

在 SolidWorks 中，可以建立扫描的凸台、切除或曲面。

### 2.3.1 简单扫描和复杂扫描

扫描可以很简单，也可能很复杂，如图 2-5 所示手轮的轮辐就是使用扫描建立的，路径是一个二维草图，扫描截面是沿扫描路径相等的椭圆。

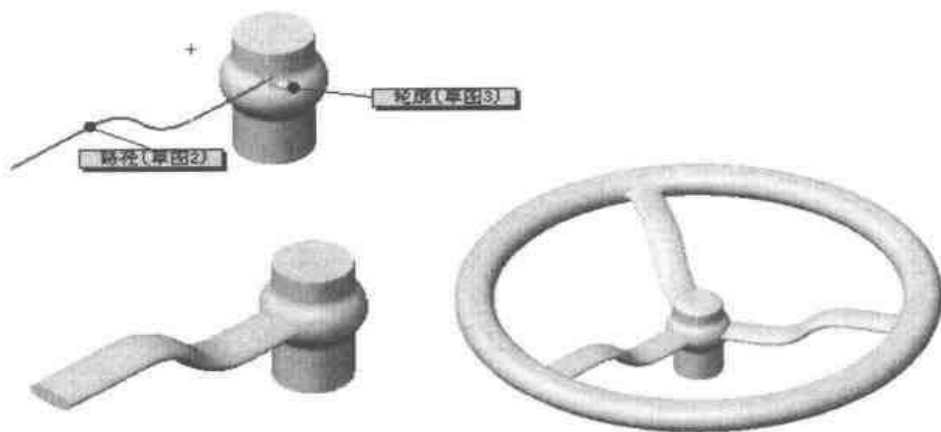


图 2-5 简单的扫描

扫描有时会比这个例子更复杂。扫描路径可能会是三维曲线或者模型边，扫描截面沿扫描路径运动可能会沿引导线发生变化。图 2-6 列出了一些比较复杂的扫描的例子。

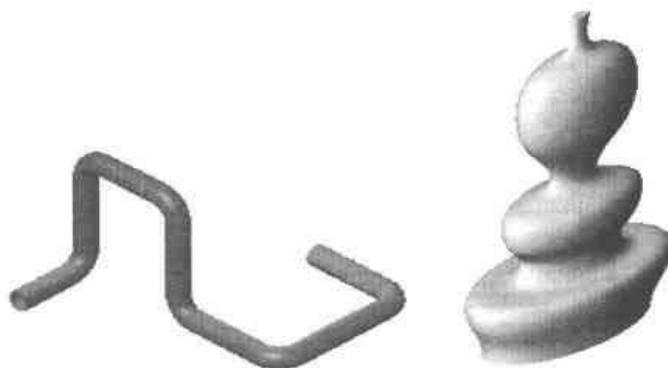


图 2-6 复杂的扫描

## 2.3.2 扫描特征要素

建立扫描特征至少需要使用两个要素：一个扫描轮廓和一条扫描路径。扫描轮廓（通常为一个封闭的草图）是沿着扫描路径移动的零件横截面；扫描路径（通常为一个开环直线或曲线）用于定义扫描截面在空间的方向。

下面介绍一下扫描特征的一些主要组成要素，并描述了它们的功能：

### □ 扫描轮廓

扫描轮廓是一幅草图，其轮廓边界必须是闭环且不能出现自相交叉的情况。扫描轮廓可以使用多轮廓的封闭草图，规则和拉伸特征类似，如图 2-7 所示的草图可以用来作为扫描轮廓。



图 2-7 扫描轮廓

### □ 引导线

引导线是扫描特征的可选参数，可以使用一条或多条引导线控制模型形状，引导线和扫描截面之间一定要建立穿透关系。扫描时采用引导线来控制截面的形状，可以把引导线想象成用来控制轮廓参数（例如半径），如图 2-8 所示，引导线与扫描截面连接在一起，当扫描截面沿路径扫描时，圆的半径将随着引导线的形状发生变化。

### □ 扫描路径

扫描路径的端点决定扫描的长度，也就是说如果扫描路径比引导线短，则扫描将在扫描路径的终点结束。

系统也利用扫描路径来决定扫描过程中各中间横截面的位置，假设轮廓草图平面垂直于扫描路径：

- 【方向/扭转类型】选项中的【随路径变化】意味着扫描截面始终与路径正交。
- 如果使用了【保持法向不变】选项，扫描过程中的中间截面始终与截面的起始草图平面保持平行。

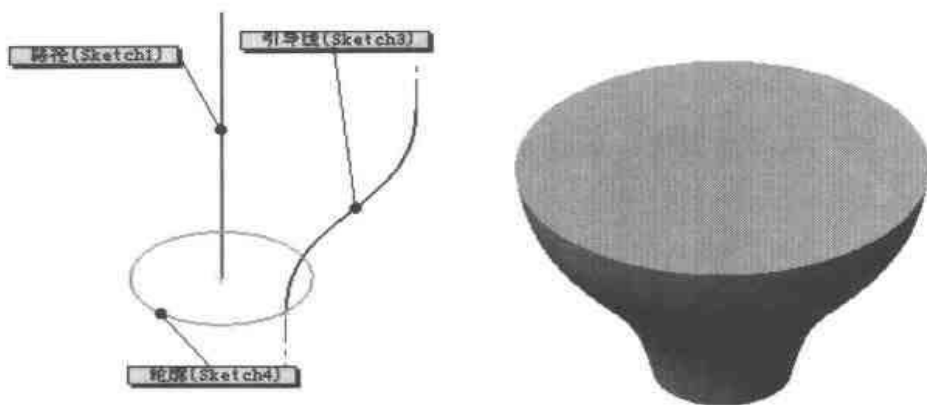



图 2-8 扫描要素

## 2.4 建立通过自由点的样条曲线

从本节开始，将一步步地建立本章的研究实例：瓶子。瓶子的第一个特征采用扫描特征来建立，本节将首先建立用于这个扫描特征的引导线、扫描路径和扫描轮廓，其中引导线是利用“通过自由点的样条曲线”命令来建立的。

“通过自由点的样条曲线”命令能通过一系列点的 X、Y、Z 坐标建立一条三维曲线，可以在类似电子表格的对话框中直接输入这些点的坐标，也可以从 ASCII 文本文件中读入，ASCII 文本文件的扩展名为“\*.sldcrv”或“\*.txt”，曲线将按照点的输入顺序或文件中所列的顺序依次通过这些点。

用户可以通过如下方法插入“通过自由点的样条曲线”：

- 选择下拉菜单的【插入】|【曲线】|【通过自由点的样条曲线】命令。
- 在“曲线”工具栏中单击【通过自由点的样条曲线】按钮.

### 2.4.1 输入点坐标

如果事先没有建立一个包含坐标点的文本文件，可以直接在【曲线文件】对话框中输入点坐标，输入之后可以把这些点保存在文件里以备后用。读者可以参考下面提供的方法输入曲线上点的坐标，如图 2-9 所示。

双击左上角的单元格（顶行，点的下面），系统将为第一个坐标点打开一行，默认坐标值为 X=0.0, Y=0.0, Z=0.0，输入正确的值，使用键盘上的 Tab 键在单元格之间移动或双击想输入坐标的单元格。

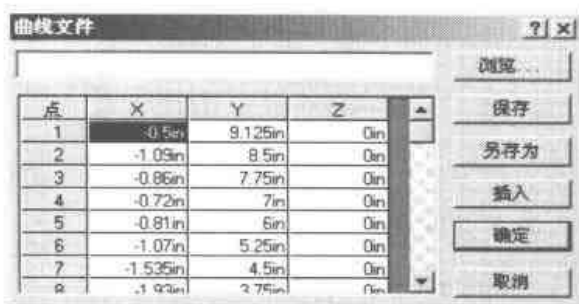


图 2-9 输入曲线上点的坐标



插入曲线并不是在草图中绘制曲线，在 FeatureManager 设计树中，曲线是一个特征。因此 X、Y 和 Z 坐标相对于“基准面 1”（前视或 Front 基准面）坐标系进行转换。

双击第一行之下的单元格，系统将加入新的一行，如果需要，可以在列表的中间插入一行，单击点列中的数字，使这一行高亮，然后单击【插入】按钮。

如果希望以后还使用这些数据，可以单击【保存】按钮把这些数据点保存到一个文件中。如果正在编辑一个现有的文件，使用保存命令将会覆盖原始文件，使用另存为命令会保存为另外的文件。

## 2.4.2 从文件中读入数据

本例中已经建立了关于引导线曲线的坐标点文件，因此不必直接输入数据，可以从文件中读入数据。

这里使用的文件必须是一个 ASCII 文本文件。在打开的 ASCII 文本文件中，可以使用空格键或 Tab 键在 X、Y 和 Z 列之间来回移动。建立 ASCII 文本文件的一种简单方法是使用 Windows 附件中的记事本，如图 2-10 所示。注意，文件中的 X、Y 和 Z 坐标相对于“基准面 1”坐标系。

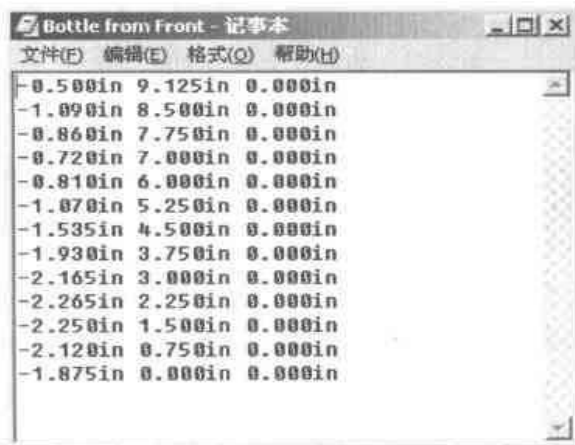


图 2-10 利用记事本定义坐标点文件

### 2.4.3 编辑曲线

如果想要修改建立曲线的数据点，与修改任何特征一样，可以使用“编辑定义”命令。编辑曲线的定义时，可以有如下几种方法：


- 使用一个替换文件来替换现在的数据文件。
- 编辑现有的点。
- 编辑原始文件并再次读入。

## SolidWorks 2003

### 1. 建立新零件

使用“Part\_IN”模板建立新文件。

### 2. 插入曲线

单击“曲线”工具栏中的【通过自由点的样条曲线】按钮.

### 3. 选择文件

在系统弹出的【曲线文件】对话框中，单击【浏览】按钮，并打开文件“Bottle from Front.sldcrv”，文件的内容被读入对话框，并被分割为相应的列，如图 2-11 所示。

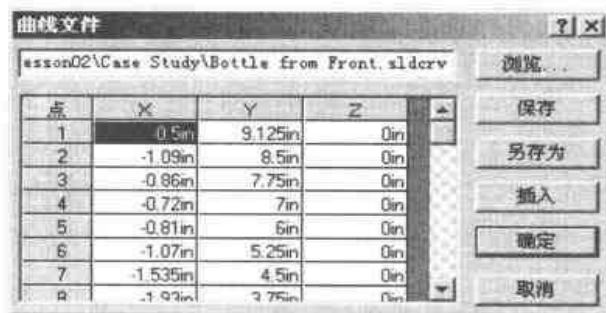


图 2-11 从文件中读入曲线数据



打开文件时，可以设置浏览器的文件类型，使它寻找曲线文件 (\*.sldcrv) 或文本文件 (\*.txt)。

### 4. 建立曲线


在【曲线文件】对话框中单击【确定】按钮，曲线被添加到零件中，如图 2-12 所示，在“Front”平面上，建立了一条通过文件中的点的光滑样条曲线。在 FeatureManager 设计树中，出现了一个名为“曲线 1”的特征。这条曲线将用来定义瓶子的第一条引导线。





图 2-12 第一条引导线

### 5. 建立另一条引导线

再次单击【通过自由点的样条曲线】按钮, 这条曲线使用的文件名称为“Bottle from Side.sldcrv”。单击【确定】按钮, 在零件中建立第二条引导线, 这条引导线用于控制瓶子侧面的形状, 如图 2-13 所示。

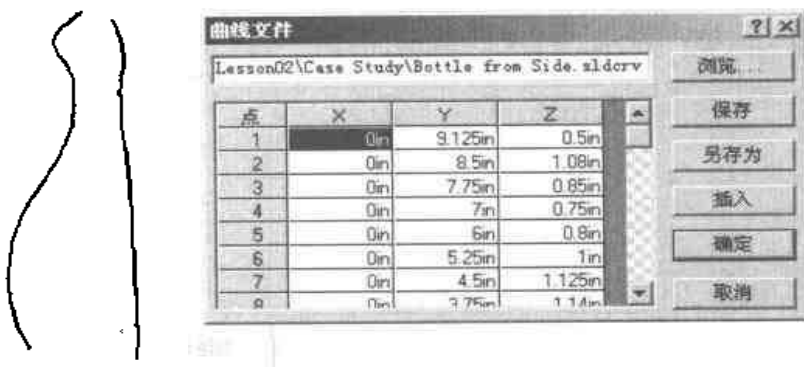


图 2-13 第二条引导线

## 2.4.4 绘制扫描路径和扫描轮廓


本例中，扫描路径是一条简单的直线，在“Front”平面上绘制；扫描轮廓是一个椭圆形状，在“Top”平面上绘制。

画椭圆与画圆的方法类似，把光标置于椭圆中心位置，按住鼠标左键并拖动以设定椭圆的长轴长度，释放鼠标；再按住鼠标左键并拖动椭圆外轮廓以设定椭圆的短轴长度，释放鼠标即可完成椭圆。



要完整定义一个椭圆，必须标注尺寸以定义长轴和短轴的长度，同时还需定义长轴（或短轴）的方向，方法之一是在长轴的末端和椭圆中心之间建立水平几何关系。

用户可以通过如下方法在草图中绘制椭圆：

- 选择下拉菜单的【工具】|【草图绘制实体】|【椭圆】命令。
- 从“草图绘制工具”工具栏中单击【椭圆】按钮.

### SolidWorks 2003

#### 6. 绘制扫描路径草图

选择“Front”平面绘制一幅新草图，从原点开始绘制一条竖直线，标注直线的尺寸为9.125”，如图2-14所示，该直线用于扫描的路径。

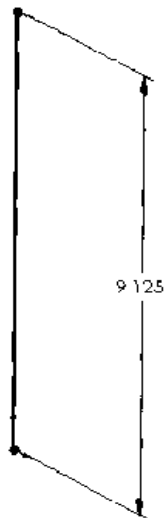



图 2-14 扫描路径草图

## 7. 扫描轮廓

选择“Top”平面绘制一幅新草图。单击【椭圆】按钮，绘制一个中心点在原点上的椭圆，如图 2-15 所示。

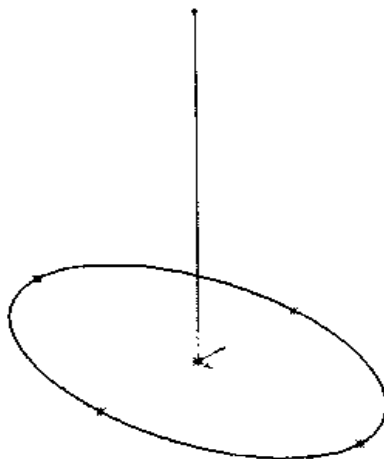


图 2-15 绘制椭圆

## 8. 建立扫描轮廓和引导线之间的几何关系

在引导线和扫描轮廓之间建立“穿透”关系，以便控制扫描轮廓的变化，因此，在绘制扫描轮廓之前，一定要首先建立引导线。

按 Ctrl 键，同时选取长轴的端点和第一条引导线。单击鼠标右键，从快捷菜单中选择【使穿透】命令，“穿透”几何关系可以保证椭圆在当前的平面上和曲线重合，如图 2-16 所示。使用同样的方法，在短轴端点和第二条引导线之间建立“穿透”关系。

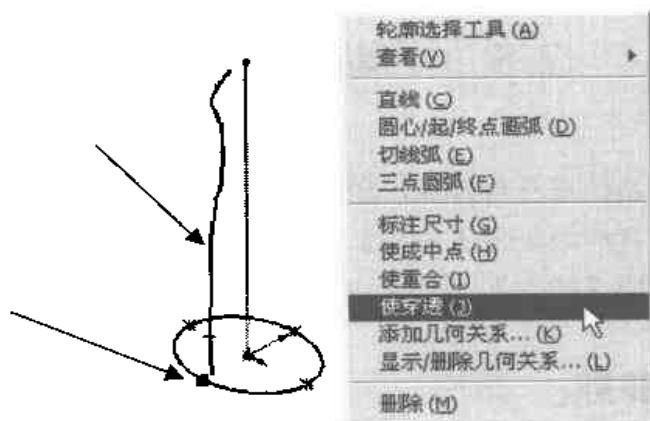


图 2-16 建立“穿透”关系

## 9. 完全定义草图

由于椭圆长短轴上的“穿透”关系已经定义了其尺寸和方向，所以不必再加其他约束关系，线在草图中已经完全定义，如图 2-17 所示，如果没有使用几何关系，而是只用标注

尺寸来控制长轴的大小，那么还需采用其他方法来控制其方向。



图 2-17 完全定义草图

### 10. 退出草图


扫描截面已经被完全定义了，现在可以退出草图，准备利用扫描的方法建立零件的第一个特征。

与拉伸或者旋转特征不同，扫描特征要求用户指定多个草图，因此，扫描特征不能在草图处于激活的状态时建立，必须先退出草图。

SolidWorks 2003 

## 2.5 扫描凸台特征

瓶子的第一个特征是扫描凸台特征，用户可以通过如下方法建立扫描凸台特征：

- 在“特征”工具栏中单击【扫描】按钮 .
- 选择下拉菜单的【插入】|【凸台/基体】|【扫描】命令。

### 2.5.1 扫描特征参数

扫描特征的 PropertyManager 中包含一种类型的对象选择列表：扫描轮廓、扫描路径和引导线。另外，还有其他一些选项用来决定系统在扫描时如何定义截面的方向。

如图 2-18 所示，扫描特征的 PropertyManager 中共分为 5 个选项组：

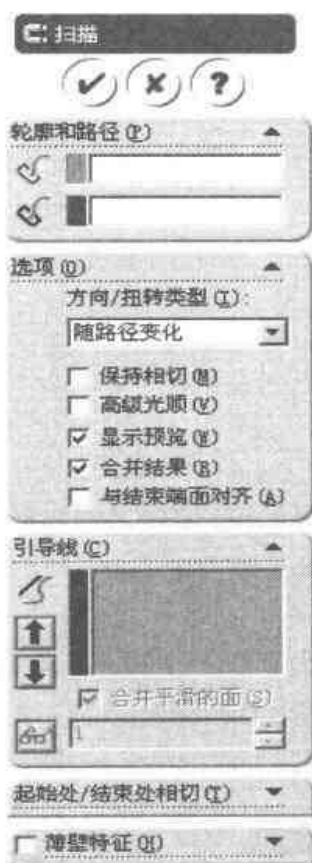



图 2-18 扫描参数

- 【轮廓和路径】
- 【选项】
- 【引导线】
- 【起始处/结束处相切】
- 【薄壁特征】

根据所建立的扫描类型的不同（凸台或切除、基体或多实体），【选项】中所列出的内容可能有所不同，下面进行简单的说明：

- 【保持相切】：打开该选项，可以将保持轮廓中的相切线段形成相切的曲面。
- 【高级光顺】：打开该选项，近似处理轮廓中的圆或椭圆，以生成更加平滑的曲面。
- 【显示预览】：打开该选项，在图形区域将显示一个上色的预览，预览图形会根据扫描要素的变化而变化。扫描越复杂，预览所需要的时间就越长。
- 【合并结果】：如果关闭该选项，将会形成多实体。
- 【与结束端面对齐】：打开该选项，扫描将延伸到几何体的终点。

如果扫描使用了引导线，用户可以单击【显示截面】按钮来预览将要建立的中间截

面轮廓。当系统计算中间截面轮廓时，用户可以使用微调框的上下箭头来改变显示的截面位置，以显示其中的任何一个截面轮廓。

## 2.5.2 建立扫描凸台

下面建立研究实例的第一个特征，这个扫描特征将使用上面建立的两条引导线、一条扫描路径和一个轮廓草图。

### SolidWorks 2003

#### 11. 绘制扫描路径草图

在“特征”工具栏中单击【扫描】按钮，或选择下拉菜单的【插入】|【凸台/基体】|【扫描】命令，打开扫描特征的 PropertyManager。

#### 12. 选择轮廓和路径

注意要使【轮廓】列表处于激活，并选择椭圆。当选择完扫描轮廓后，【路径】列表将自动激活，选择竖直线。在图形区域出现了每一个选择内容的标注，预览图形显示了使用当前轮廓和路径扫描的形状（还没有指定引导线），如图 2-19 所示。

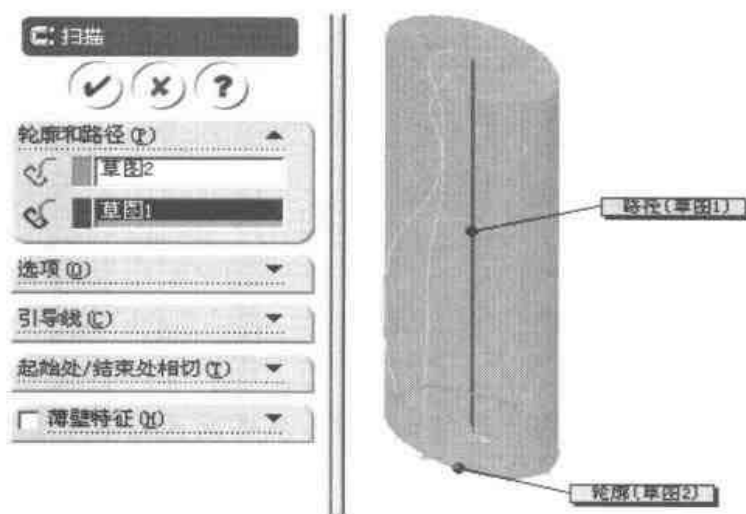


图 2-19 只选择轮廓和路径的扫描预览

#### 13. 选择引导线

展开【引导线】选项组，单击【引导线】列表，选择两条引导线。在最后选取的引导线上会出现引导线的标注（如图 2-20 所示），分别为依次选择两条曲线的过程。

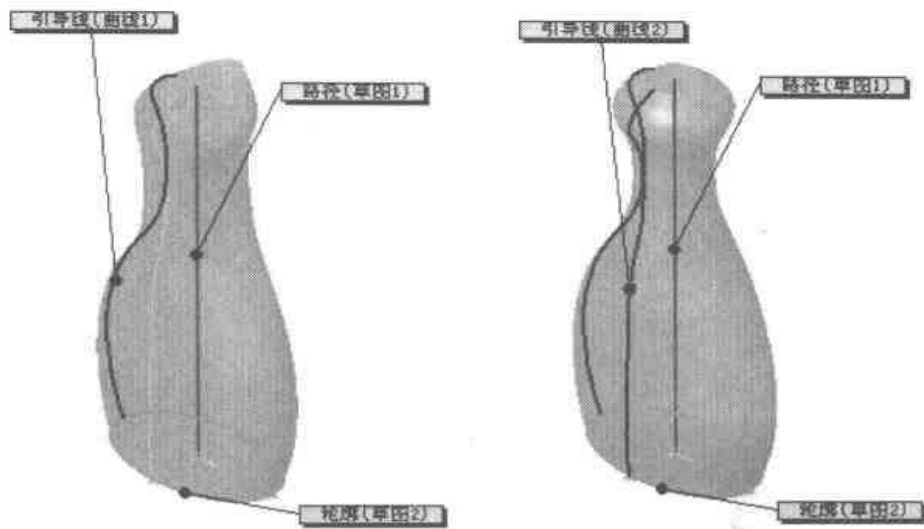



图 2-20 选择引导线

#### 14. 显示截面

单击【显示截面】按钮, 显示扫描的中间截面的形状, 如图 2-21 所示。注意观察椭圆的形状是如何通过与引导线的关系来改变的。

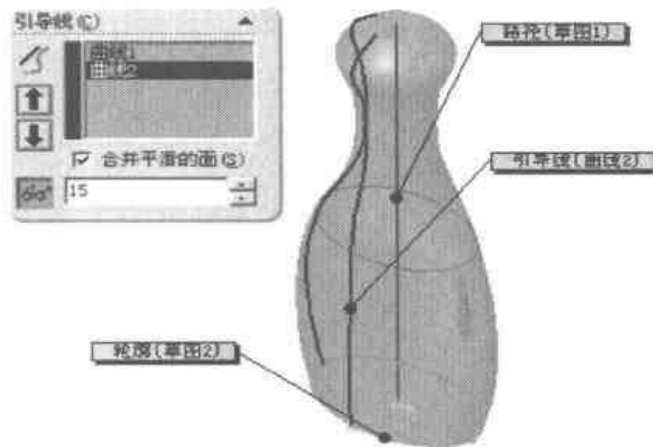


图 2-21 显示截面

#### 15. 选项

展开【选项】选项组, 选择【方向/扭转类型】下拉列表框中的【随路径变化】。图 2-22 显示了该扫描特征的定义选项以及扫描的要素, 其他的选项全部保持默认。

#### 16. 完成扫描

如图 2-23 所示, 瓶子的第一个特征完成了。

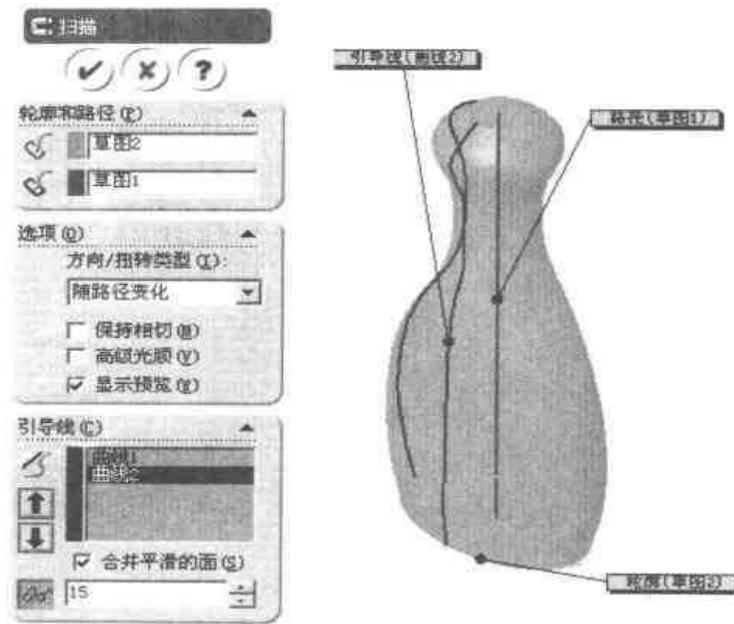


图 2-22 扫描特征和 PropertyManager



图 2-23 扫描凸台特征

## 2.6 使用库特征

下面将要建立瓶子外侧用于商标的外形轮廓：先画出商标外形的草图，然后把它投影



到瓶子的表面，利用投影产生的投影曲线作为另一个扫描特征的扫描路径，并最终形成用于商标的凸台。

本例中，商标外形的草图已经保存为一个库特征。

### 2.6.1 库特征

利用库特征可以在零件中建立切除、凸台或草图。在 SolidWorks 中，调色板特征是库特征的一个特殊类型，两者的主要区别有：

- 插入的方法不同。
- 库特征可以有多个必需的参考实体，而调色板特征只能有一个必需的参考实体。
- 库特征可以被插入到基准平面上，而调色板特征只能被插入到模型的表面。

### 2.6.2 库特征参考

当用户利用“插入库特征”命令建立特征时，将会看到两种类型的参考：

#### □ 必需的参考实体

没有必需的参考实体则无法建立特征，它用来定义所建特征的平面，用户必须在目标零件中指定相应的参考。其他的必需参考实体包括圆角和倒角的边或拉伸“成形到一面”中的终止平面。

#### □ 可选的参考实体

可选的参考是指库特征的外部参考，这些参考不是建立特征所必须的。当插入库特征时，如果用户没有指定可选的参考实体，仍然可以建立特征，而且可以很容易地修复悬空的关系。

### 2.6.3 插入库特征

由于本例所需要的商标外形草图已经存成了一个库特征文件，因此不需要重新绘制草图，只需要通过“插入库特征”命令插入到当前文件中即可。

选择下拉菜单的【插入】|【库特征】命令可以在零件中插入库特征。

## SolidWorks 2003

### 17. 插入库特征

选择下拉菜单的【插入】|【库特征】命令，如图 2-24 所示，选择“label.sldlfp”库特征文件，单击【打开】按钮。



图 2-24 插入库特征

### 18. 多个窗口

系统将自动平铺库特征窗口和目标文件窗口，如图 2-25 所示。库特征的必要参考是一个平面，必须在目标零件中选择一个用于库特征草图的草图平面。

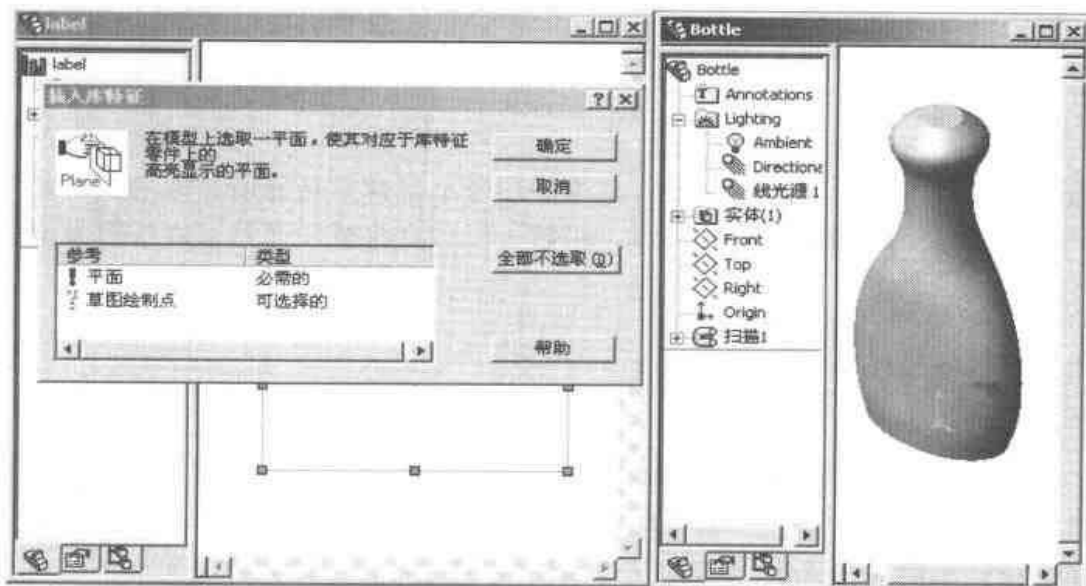


图 2-25 平铺多个窗口

### 19. 设置库特征参考

在【插入库特征】对话框中选择“平面”，然后在目标零件中选择“Front”平面；在【插入库特征】对话框中选择“草图绘制点”，然后在目标零件的原点单击。尽管后面的这个参考是一个可选参考，这里定义这个参考是为了避免在随后的操作中修复悬空的关系。

对于所插入的库特征而言，现在已经确定了所有的参考，如图 2-26 所示，单击【确定】按钮。

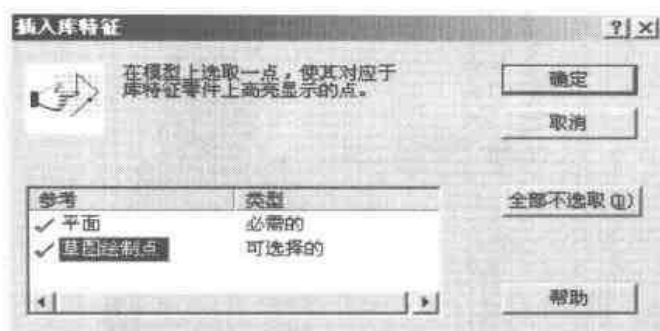


图 2-26 完成库特征参考的定义

## 20. 结果

库特征（草图）被插入到当前的零件中，并使用“Front”平面作为草图平面，草图中的一个定位点和原点建立了几何关系。

草图已经完全定义，如图 2-27 所示，如果用户在插入库特征时没有在【插入库特征】对话框中指定可选参考，那么插入库特征后会存在悬空的关系。

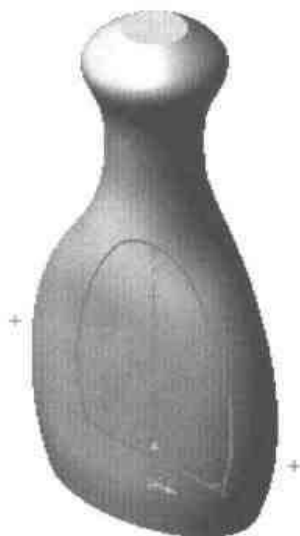


图 2-27 插入的草图

## 2.6.4 库特征文件夹

插入的草图在 FeatureManager 设计树的“labe1”文件夹中，如图 2-28 所示。这个草

图无法用来建立投影曲线，因此必须要从库特征文件夹中移出来。

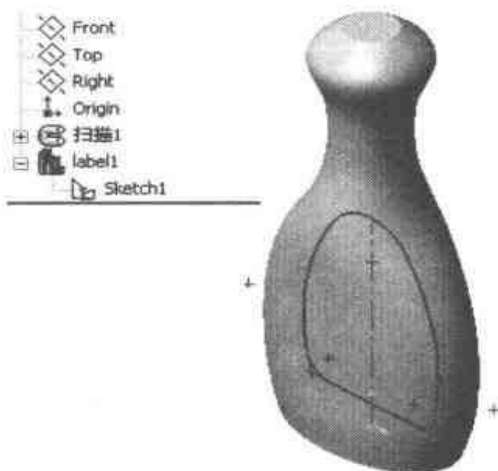


图 2-28 库特征和库特征文件夹

可以通过“解散库特征”命令来打散库特征文件，这个命令将删除“库特征”图标并在 FeatureManager 设计树中单独显示其内含的特征。

**SolidWorks 2003**

**21. 解散库特征**

在 FeatureManager 设计树中右击库特征文件夹，从快捷菜单中选择【解散库特征】命令，如图 2-29 所示。

这个命令删除了“label1”图标，并将其内部的草图特征单独显示在 FeatureManager 设计树中，如图 2-29 所示。

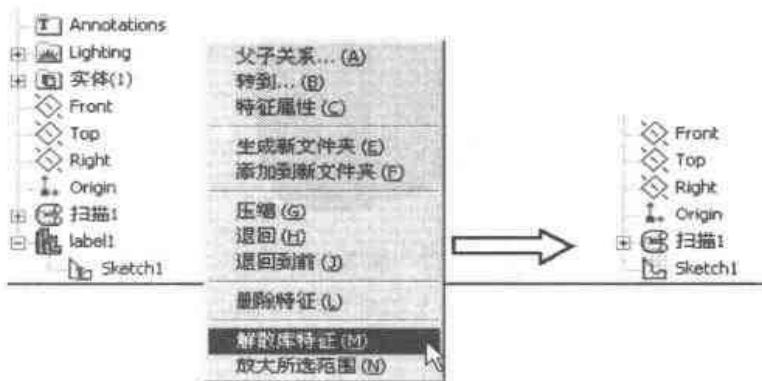



图 2-29 解散库特征

## 2.7 投影曲线

瓶子外侧用于商标的外形轮廓是一个扫描特征，其轮廓是一个简单的圆形，而路径是一条重合在瓶子外表面上封闭的曲线，是一条非平面路径。在 SolidWorks 中，可以很方便地建立扫描的非平面路径。本章将介绍两种建立非平面路径的方法。

所谓投影曲线，是将一幅草图投影到模型中的面上形成的曲线，如果模型面是弯曲表面，则形成的投影曲线是三维曲线。本例中使用的草图是通过库特征插入的草图。

用户可以通过如下方法在模型中建立投影曲线：

- 在“曲线”工具栏中单击【投影曲线】按钮.
- 选择下拉菜单的【插入】|【曲线】|【投影曲线】命令。

### SolidWorks 2003

#### 22. 投影曲线和预览


单击【投影曲线】按钮，在 PropertyManager 中的【投影类型】下拉列表框中选择【草图到面】，如图 2-30 所示。



图 2-30 建立“草图到面”的投影曲线

#### 23. 选择

单击【要投影的草图】文本框，选择“Sketch1”；单击【投影面】列表，选择模型的面，如图 2-31 所示。

默认状态下，系统垂直于草图平面（沿 Z 轴正向）投影，如果希望曲线投影到瓶子的背面，选中【反转投影】复选框。

单击【确定】按钮。

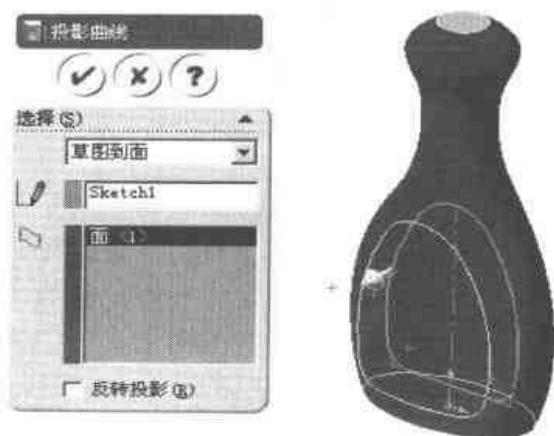


图 2-31 选择草图和投影面

#### 24. 投影曲线

系统将把草图投影到瓶子的前表面上，如图 2-32 所示。这条曲线将被用作扫描路径来建立一个扫描凸台，以定义瓶子商标区域的轮廓。



图 2-32 建立的投影曲线

#### 25. 绘制扫描轮廓

切换到右视图，选取“Top”基准面，建立一幅草图，在任意位置画一个圆，如图 2-33 所示。

#### 26. 建立穿透关系

在圆心和投影曲线之间加入“穿透”关系，以定义圆的位置，并标注圆的直径为 0.125in，如图 2-34 所示。

投影曲线可以在两处穿透草图平面：顶部和底部。系统选择单击曲线时光标最近的点作为穿透点，如果想让圆位于顶部，在靠近顶端的地方单击选择投影曲线。




图 2-33 绘制扫描轮廓



图 2-34 建立穿透关系并标注尺寸

## 27. 建立扫描

退出草图。

单击【扫描】按钮, 分别选择投影曲线和所绘制的草图作为扫描路径和扫描轮廓建立扫描凸台, 如图 2-35 所示。

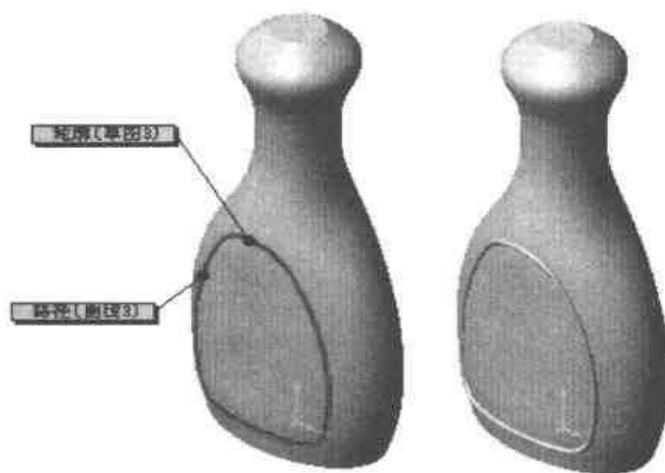



图 2-35 建立扫描凸台



系统可以很容易地利用一条封闭轨迹中间的轮廓建立扫描特征。

## 28. 建立瓶颈

选择第一个扫描特征的顶面，建立一幅草图。使用【转换实体引用】命令把圆形边线复制到该草图上，如图 2-36 左图所示。向上拉伸草图，距离为 0.625in，如图 2-36 右图所示。

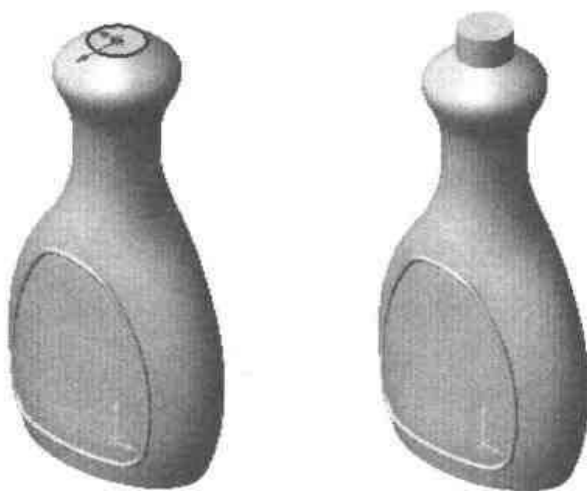


图 2-36 建立瓶颈