

第 2 章 二维草绘

参数化草图绘制是创建各种零件特征的基础，它贯穿于整个零件建模过程，不论是 3D 特征的创建、工程图的创建，还是 2D 组装示意图的创建都要用到它。本章介绍草绘工作界面、基本几何图形绘制方法、高级几何图形绘制方法、人工标注尺寸、几何约束使用、编辑草绘图形等内容，最后进行草绘图绘制的综合练习。

☑ 本章知识点

- 掌握点、直线、矩形、弧和圆等基本几何图形的绘制方法
- 掌握样条曲线、圆锥曲线和文字等高级几何图形的绘制方法
- 熟练运用各种草绘工具绘制草绘图形
- 熟练应用草绘编辑工具
- 理解几何约束的概念并在草绘中熟练应用几何约束

2.1 草绘基础

2.1.1 草绘环境与草绘工具栏

单击工具栏中的新建文件  按钮，或选择菜单【文件】→【新建】命令，在弹出的【新建】对话框中选择“草绘”类型，在【名称】文本框中输入草绘图名称“sk1”（或接受系统默认的文件名），如图 2-1 所示。单击【确定】按钮，进入草绘工作界面，如图 2-2 所示。与 Pro/ENGINEER 系统最初工作界面不同的是：

(1) 主菜单中新增了【草绘】菜单，取消了【插入】菜单。

(2) 在常用工具栏中新增草绘工具栏。

(3) 工作区右上侧新增草绘命令工具栏。

常用工具栏中新增的草绘工具栏如图 2-2 所示，它们主要用来控制草绘过程及在草绘图中是否显示尺寸和几何约束等。

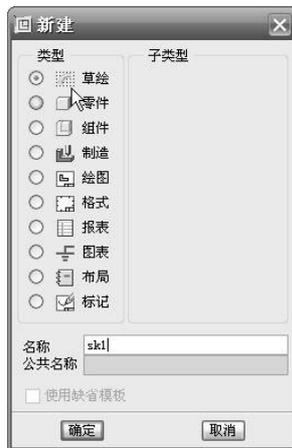


图 2-1 输入草图名“sk1”

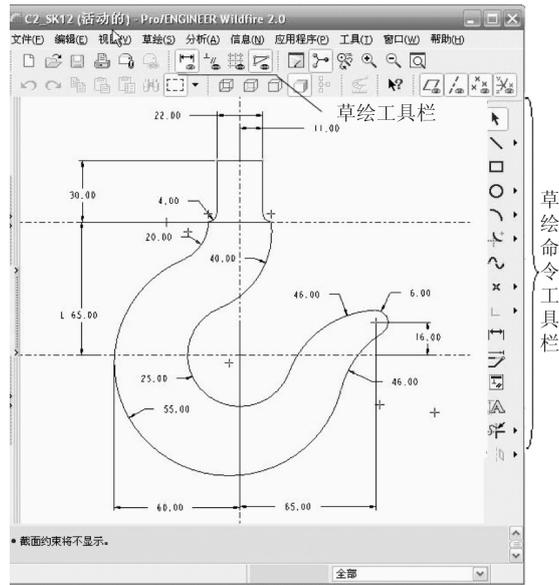


图 2-2 草绘工作界面

现将新增的草绘工具栏中的命令按钮说明见表 2-1。

表 2-1 草绘工具栏命令按钮说明

	控制草图中是否显示尺寸		控制草图中是否显示网络
	控制草图中是否显示几何约束		控制草图中是否显示草绘实体端点

2.1.2 草绘命令工具栏

草绘命令工具栏位于屏幕右侧，如图 2-3 所示。该栏中将绘制草图的各种绘制命令、尺寸标注、尺寸修改、几何约束及图元镜像等命令以快捷按钮的形式给出，与之对应的草绘命令也可在【草绘】的下拉菜单中找到。

各草绘命令按钮的功能说明见表 2-2。



图 2-3 新增的草绘工具栏

表 2-2 草绘命令按钮的功能说明

	项目选择切换按钮，处于按下状态为选取对象模式，可用鼠标左键选取要编辑的图元
	明确两点绘制直线。单击  按钮，弹出以下 3 种绘制直线的命令按钮
	创建几何实体直线
	创建与两实体相切的直线
	创建中心线（辅助线）
	明确两对角点来绘制矩形
	绘制圆。单击  按钮，弹出以下 5 种绘制圆的命令按钮
	以圆心、半径方式绘制圆
	绘制同心圆
	三点方式绘制圆
	绘制与 3 个实体相切的圆
	绘制椭圆
	绘制圆弧。单击  按钮，弹出以下 5 种绘制圆弧的命令按钮
	通过三点绘制弧，或通过在其端点与图元相切绘制弧
	绘制同心弧
	通过确定中心和端点绘制弧
	创建与 3 个实体相切的弧
	创建圆锥曲线弧
	绘制圆角。单击  按钮，弹出以下两种绘制圆角的命令按钮
	创建与两图元相切的圆角
	创建与两图元相切的椭圆圆角
	绘制样条线
	创建参照坐标系或参照点。单击  按钮，弹出以下两种绘制参照命令按钮
	创建参照坐标系
	创建参照点

续表

	使用边界图元。单击  按钮，弹出以下两种使用边界图元的命令按钮	
		使用已有的几何边界作为草绘图元
		选择已有的几何边界，并给定偏移量
	人工标注尺寸，处于按下状态时选中该命令	
	修改尺寸值、样条几何或文本图元	
	对图元施加几何约束，并使系统弹出【约束】对话框，对指定图元施加相应的几何约束	
	创建文字作为草绘图	
	修剪图元。单击  按钮，弹出以下 3 种修剪图元的命令按钮	
		动态修剪图元
		交角修剪图元
		在选取点的位置处分割图元
	操作图元。单击  按钮，弹出以下 3 种操作图元的命令按钮	
		对选定图元进行镜像
		对选定图元进行缩放与旋转
		对选定图元进行复制

2.1.3 草绘中的术语

为了更好地学习 Pro/E 草绘知识，应该先了解草绘中的一些常用术语，如表 2-3 所示。

表 2-3 草绘中的常用术语

术 语	描 述
图元	任何几何元素（如直线、圆弧、样条、点或坐标系）
参考图元	在三维草绘中创建的截面图元；参照的几何对草绘器为“已知”
尺寸	图元或图元之间关系的测量
约束	定义图元几何或图元间关系的条件，约束符号会在应用约束的图元旁出现

续表

术 语	描 述
参数	草绘器中的一个辅助参数
关系	关联尺寸或参数的等式
弱尺寸或弱约束	尺寸在没有确认的情况下，草绘器可以移除的尺寸或约束称为弱尺寸或弱约束，弱尺寸或弱约束以灰色出现，草绘器自动创建的尺寸是弱尺寸
强尺寸或强约束	草绘器不能自动删除的尺寸或约束称为强尺寸或强约束；由用户创建的尺寸和约束总是强尺寸和强约束；如果几个强尺寸或强约束发生冲突，则草绘器要求移除其中一个；强尺寸或强约束以黄色出现
冲突	两个或多个强尺寸或约束的矛盾或多余条件；当出现这种冲突时，必须通过移除一个不需要的约束或尺寸来立即解决

2.2 基本图形的绘制与编辑

2.2.1 基本图形的绘制

1. 点的绘制

在进行辅助尺寸标注、辅助截面绘制、复杂模型中的轨迹定位时经常使用该命令。

绘制点的步骤：

- (1) 单击草绘命令工具栏中的绘制点按钮，也可选择菜单【草绘】→【点】命令。
- (2) 在绘图区域单击鼠标左键即可创建第一个草绘点。
- (3) 移动鼠标并再次单击鼠标左键即可创建第二个草绘点，此时屏幕上除了显示两个草绘点外，还显示两个草绘点间的尺寸位置关系。

2. 直线的绘制

在所有图形元素中，直线是最基本的图形元素。在草绘命令工具栏有3种形式的直线创建方式，见表2-2。

绘制直线的步骤：

- (1) 在草绘命令工具栏单击一种绘制直线方式的图标按钮。
- (2) 在草绘区任一位置单击鼠标左键，此位置即为绘制直线的起点，随着鼠标的移动，一条高亮显示的直线也会随之变化，拖动鼠标至直线的终点，单击鼠标的左键，即可完成一条直线的绘制。

(3) 移动鼠标可继续绘制第二条直线，第一条直线的终点将为第二条直线的起点，拖动鼠标至线段的终点，单击鼠标左键即可完成第二条直线的绘制。重复步骤(3)，可连续绘制多条直线，完成所有的直线绘制后，单击鼠标中键即可结束直线绘制命令，此时系统会自动标注各线段的尺寸。

【实例演练】 绘制如图 2-5 所示的图形。

步骤 1 单击常用工具栏中的打开文件按钮, 打开光盘文件 chaper2 → “C2_sk1.sec”, 如图 2-4 所示。

步骤 2 绘制实体直线。

(1) 单击常用工具栏中的绘制直线按钮.

(2) 在大圆上单击一点(与大圆相切), 移动鼠标到直线的另一点, 然后单击鼠标左键, 继续移动鼠标到小圆上一点(与小圆相切), 单击鼠标左键完成两连续线段的绘制(两线夹角 140°)。

(3) 单击鼠标中键, 结束线段的绘制, 标注线段的尺寸与角度, 如图 2-5 所示。

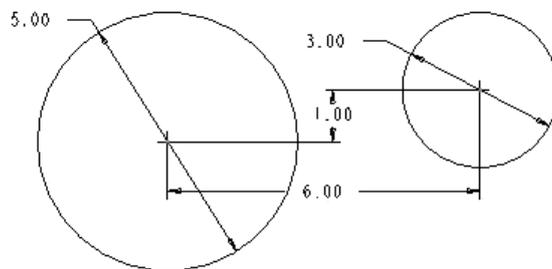


图 2-4 打开已知的文件

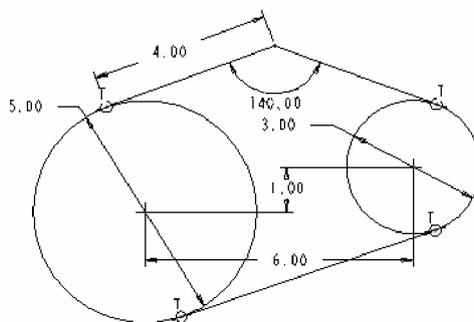


图 2-5 绘制的图形

步骤3 绘制与两圆相切的直线。

(1) 单击工具栏中的  按钮。

(2) 在一个圆的边线上单击左键确定切线的起点，移动光标到另一个圆的边线附近（该位置应有构建切线的可能，否则不能绘制切线），完成如图2-5所示的一条公切线。

步骤4 单击工具栏中的保存文件按钮 ，在弹出的对话框中单击【确定】按钮，完成当前文件的保存。

3. 矩形的绘制

使用绘制直线命令，通过绘制4条直线并给予适当的尺寸标注和几何约束即可绘制一矩形。此外，草绘命令工具栏中提供了更为方便的绘制矩形工具 ，使用该工具可快速创建矩形。

绘制矩形的步骤：

(1) 在草绘命令工具栏中，单击绘制矩形按钮 。

(2) 在绘图区域任意一点单击鼠标左键，作为矩形的一个角端点。

(3) 移动鼠标产生一动态矩形，将矩形拖动到适当大小然后单击鼠标左键，完成矩形的绘制，系统自动标注与矩形相关的尺寸和约束条件。

(4) 单击鼠标中键，结束绘制矩形命令。图2-6所示为绘制的矩形。

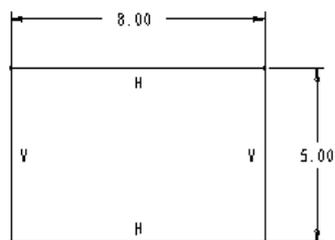


图2-6 绘制的矩形

4. 弧与圆的绘制

1) 圆弧的绘制

Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 在草绘命令工具栏提供了5种绘制圆弧的方式，见表2-2。

(1) 三点方式绘制圆弧的步骤：

① 单击草绘命令工具栏中的  按钮。

② 单击任意一点作为圆弧的起点，然后单击另一个位置作为圆弧的终点，移动鼠标，在产生的动态弧上指定一点，以定义弧的大小和方向。

(2) 同心弧方式绘制圆弧的步骤：

① 单击草绘命令工具栏中的  按钮。

② 单击一个已存在的圆或圆弧上任意一点，移动鼠标以确定圆弧的半径大小。

③ 在绘图区指定圆弧的起点与终点，即可完成圆弧的绘制。

(3) 中心点方式绘制圆弧的步骤：

① 单击草绘命令工具栏中的  按钮。

② 单击一点作为圆弧的中心点，然后指定弧的起点与终点，即可完成圆弧的绘制。

(4) 三切点方式绘制圆弧的步骤：

① 单击草绘命令工具栏中的  按钮。

② 在绘图区分别选中3个参考图元即可绘制与其相切的圆弧。

(创建圆锥曲线见下面“5. 绘制高级几何图元”中的介绍)

2) 圆的绘制

Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 在草绘命令工具栏中提供了 5 种绘制圆的方式, 见表 2-2。

(1) 中心点方式绘制圆的步骤:

- ① 单击草绘命令工具栏中的  按钮。
- ② 单击一点确定圆心, 移动鼠标, 然后单击左键确定圆的大小。
- ③ 单击鼠标中键, 结束圆的绘制。

(2) 同心圆方式绘制圆的步骤:

- ① 单击草绘命令工具栏中的  按钮。
- ② 单击一个已存在的圆或圆弧边线, 移动鼠标, 然后单击左键定义圆的大小。
- ③ 单击鼠标中键, 结束圆的绘制。

(3) 三点圆方式绘制圆的步骤:

- ① 单击草绘命令工具栏中的  按钮。
- ② 在绘图区依次单击 3 个点, 系统自动生成过这 3 个点的圆。

(4) 实体相切方式绘制圆的步骤:

- ① 单击草绘命令工具栏中的  按钮。
- ② 在绘图区依次选择 3 个图素的边线, 系统自动生成与该 3 边相切的圆。

(绘制椭圆见下面“5. 绘制高级几何图元”中的介绍。)

【实例演练】 绘制如图 2-8 所示的图形。

步骤 1 单击工具栏中的文件打开按钮 , 打开光盘中的文件 chaper2 → “C2_sk2.sec”, 如图 2-7 所示。

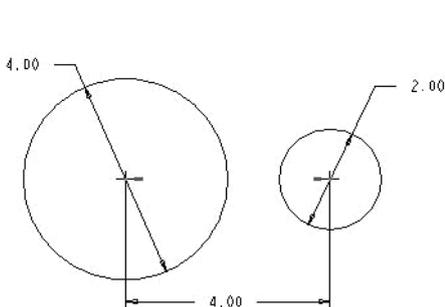


图 2-7 已知图形

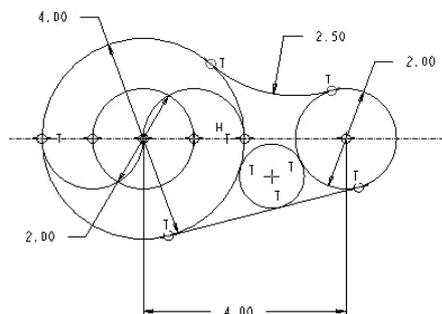


图 2-8 完成图形

步骤 2 单击草绘命令工具栏中的  按钮, 单击已存在的直径为“4”的圆, 移动鼠标, 然后单击左键定义圆的直径大小为“2”, 单击鼠标中键结束同心圆的绘制。

步骤 3 绘制圆弧和两圆的公切线。

(1) 单击工具栏中  按钮，单击绘图区中大小两个圆周上切点位置。然后移动鼠标，在产生动态弧时，使圆弧两端与已知的圆产生切点符号“T”，然后单击左键确定圆弧的半径大小为“2.5”。单击鼠标中键，结束圆弧的绘制。

(2) 单击工具栏中  按钮，单击绘图区中大小两个圆周上切点位置，单击鼠标中键，结束公切线的绘制。

步骤4 绘制小圆，单击草绘命令工具栏中的  按钮，依次单击大小两圆和公切线3个切点，系统自动生成与3个点相切的圆。

步骤5 绘制上、下两个半圆。

(1) 单击草绘命令工具栏中的  按钮。

(2) 单击一小圆与中心线的交点为中心点，然后指定弧的起点（大圆的最左、最右点）与终点（大圆圆心）即可完成上、下圆弧的绘制。

步骤6 单击工具栏中的保存文件按钮 ，单击【确定】按钮，完成当前文件的保存。

5. 绘制高级几何图元

1) 圆锥曲线的绘制

单击草绘命令工具栏中的  按钮，可绘制圆锥曲线。通过控制曲线的斜率（rho），可以绘制出抛物线（rho=0.5）、双曲线（ $0.5 < \text{rho} < 0.95$ ）和椭圆（ $\text{rho} = \sqrt{2} - 1$ ）等图形。

绘制圆锥曲线的步骤：

(1) 单击草绘命令工具栏中的  按钮。

(2) 依次单击鼠标左键，分别选择两点作为圆锥曲线的两个端点。

(3) 移动鼠标，以决定圆锥曲线的形状，单击鼠标左键，完成圆锥曲线的绘制。

【实例演练】创建圆锥曲线。

步骤1 单击工具栏中新建文件  图标，文件名采用默认。单击工具栏中的按钮 ，绘制如图2-9所示的矩形。

步骤2 绘制圆锥曲线。

(1) 单击草绘命令工具栏中的  按钮。

(2) 选取矩形的左上、右下两个对角点，作为圆锥曲线的起点与终点，移动鼠标到适当位置，单击鼠标左键，完成圆锥曲线的绘制，如图2-9(a)所示，如改变其参数即可得到双曲线、椭圆等各种圆锥曲线。

步骤3 选择主菜单【文件】→【保存副本】命令，在弹出的【保存副本】对话框的【新建名称】文本框中输入文件名“C2_sk3.sec”。单击【确定】按钮完成当前文件副本的保存。

2) 绘制坐标系

单击草绘命令工具栏中的  按钮，可绘制坐标系，以用于辅助尺寸的标注、样条曲线的绘制以及混合特征的创建等。

绘制坐标系的步骤：

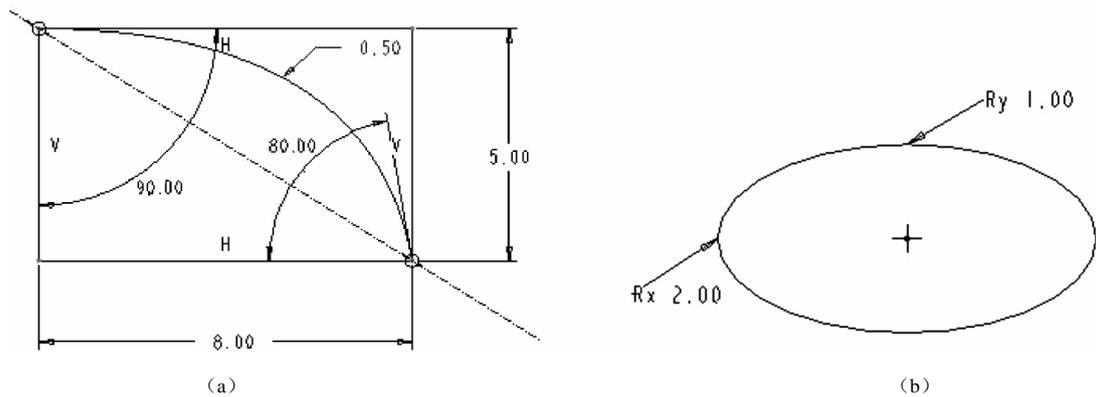


图 2-9 绘制圆锥曲线与椭圆

(1) 单击草绘命令工具栏中的 按钮。

(2) 在绘图区选择一点作为新建坐标系的原点，单击左键完成坐标系的建立。

3) 绘制圆角和椭圆形圆角

单击草绘命令工具栏中的 按钮，单击鼠标左键选取两个与圆角相切的图元，圆角生成。

单击草绘命令工具栏中的 按钮，可绘制与两直线相切的椭圆形圆角，其方法同使用 创建圆角。

4) 绘制椭圆

单击草绘命令工具栏中的 按钮，可完成椭圆的绘制。

绘制椭圆的步骤：

(1) 单击草绘命令工具栏中的 按钮。

(2) 在绘图区域选择一点作为椭圆的中心点。

(3) 移动鼠标，将椭圆拖动至适当的大小后单击鼠标左键。

(4) 修改椭圆的 X、Y 轴尺寸大小，完成椭圆的绘制（见图 2-9 (b)）。

在草图绘制过程中移动鼠标，系统会提示相应的几何约束（以约束符显示），根据是否需要约束进行取舍。

提示：椭圆绘制只能平行于水平轴和垂直轴，也就是说，所绘制的椭圆不能倾斜。

【实例演练】 绘制如图 2-10 所示的图形。

步骤 1 单击工具栏中的新建文件按钮 。在弹出的【新建】对话框中选择“草绘”类型，在【名称】文本框中输入截面名称“C2_sk4.sec”，单击【确定】按钮，进入草绘工作环境。

步骤 2 绘制矩形和椭圆、椭圆形圆角、圆角。

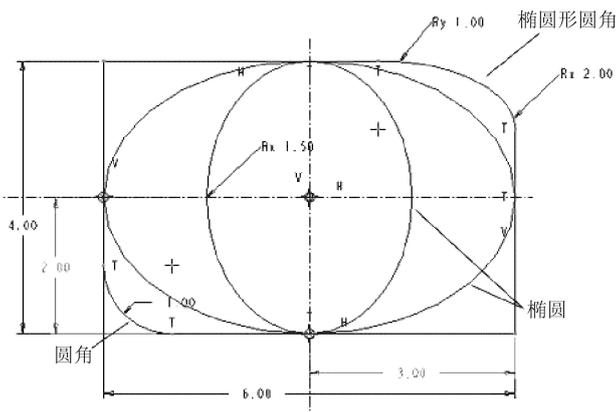


图 2-10 绘制圆角、椭圆形圆角和椭圆

(1) 单击直线工具栏中的 按钮，绘制两条中心线，作为绘制矩形、椭圆的基准。

(2) 单击工具栏中的 按钮，绘制大小为 6×4 的矩形。

(3) 单击草绘命令工具栏中的 按钮。绘制水平和垂直的两个椭圆，首先单击鼠标左键确定椭圆中心，然后移动鼠标将椭圆拖动至适当的大小后单击鼠标左键即可生成，尺寸如图 2-10 所示。

(4) 单击工具栏中的 按钮，选取矩形的左下角的两条边，单击鼠标左键确认。

(5) 单击工具栏中的 按钮，选取矩形的右上角的两条边，单击鼠标左键确认。

步骤 3 单击工具栏中的保存文件按钮 。保存后单击【确定】按钮，完成当前文件的保存。

5) 绘制样条曲线

单击草绘命令工具栏中的 按钮，在绘图区单击数点，可绘制出光滑圆滑的样条曲线(不规则曲线)，图 2-11 所示为过 5 点的一条样条曲线。曲线上的点称为插值点，用户可对样条曲线进行修改。

在样条曲线上选取一点并拖动光标可动态改变样条线的外形，若按住 $\text{Ctrl}+\text{Alt}$ 组合键则沿样条线端点跟随光标延伸样条线；选中样条线或点，单击右键，在弹出的快捷菜单中可选择【添加点】或【删除点】命令，可在样条线上添加或删除控制点。双击样条线，系统显示如图 2-12 (a) 所示的样条曲线修改面板，如图 2-12 (b)、图 2-12 (c)、图 2-12



图 2-11 绘制样条曲线

(d) 所示分别为【点】、【拟合】、【文件】按钮对应的面板。利用这些面板可对样条曲线作进一步的修改与控制。其各功能说明见表 2-4。

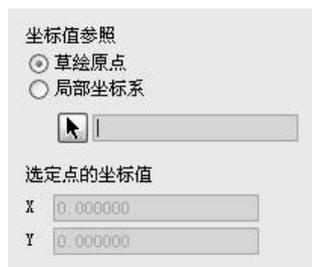
【点】：设定样条线控制点的坐标值，可使用绝对坐标（选中草绘原点）或相对坐标（选中局部坐标系）。

【拟合】：设定样条线控制点的疏密及样条线的平滑。

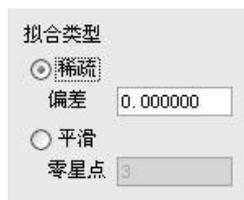
【文件】：可以从文件读入样条线或将当前的样条线保存。



(a) 样条曲线修改面板



(b) 【点】按钮对应面板



(c) 【拟合】按钮对应面板



(d) 【文件】按钮对应面板

图 2-12 样条曲线面板

表 2-4 修改与控制的功能说明

	在样条线上创建可控制的外多边形		用样条线的控制点修改样条线
	用样条线的内插点修改样条线		显示样条线的曲率分析图

【实例演练】 绘制如图 2-13 (a) 所示的样条曲线，并作相应的操作。

步骤 1 单击工具栏中的新建文件按钮 。在【名称】文本框中输入截面名称“C2_sk5.sec”，单击【确定】按钮，系统进入草绘工作环境。

步骤 2 绘制样条曲线。

(1) 单击草绘命令工具栏中的 按钮，在绘图区依次递减 5 个点，绘制如图 2-13 (a) 所示的样条曲线。

(2) 在样条曲线上双击鼠标左键，打开样条曲线的修改面板。

(3) 将光标移至样条曲线上要添加控制点的位置，单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择【添加点】命令，完成点的添加，如图 2-13 (b) 所示。

(4) 将光标移至新建的点，按住鼠标左键并移动鼠标，结果如图 2-13 (c) 所示。

(5) 单击 按钮，生成样条曲线的控制多边形，如图 2-13 (d) 所示。

(6) 单击  按钮, 生成样条曲线的曲率分析图, 如图 2-13 (e) 所示。

步骤 3 保存文件, 单击工具栏中的保存文件按钮  即可。

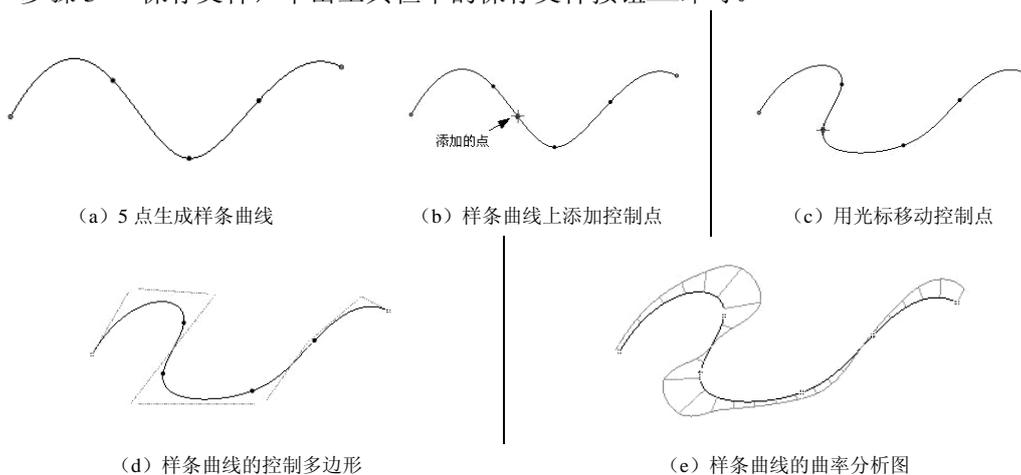


图 2-13 样条曲线的编辑

6. 创建文本

在 Pro/ENGINEER 中文字也可作为剖面的一部分, 如可对文字进行拉伸和旋转等操作。单击草绘命令工具栏中的  按钮, 可绘制文字图形。在绘制文字时, 会弹出如图 2-14 (a) 所示的【文本】对话框, 使用该对话框可设置文字内容、字体及文字放置方式等。单击【文本】对话框中的【文本符号】弹出 2-14 (b) 文本符号选项框。

该对话框中各项的意义说明见表 2-5。

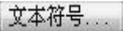


(a) 文本

(b) 文本符号

图 2-14 【文本】与【文本符号】对话框

表 2-5 【文本】对话框各项的意义

文本行	在该栏中输入显示在绘图区中的文字	
		单击该按钮打开【文本符号】对话框，可选择相应的文本符号作为草图
字体	对输入的文字字体进行设置	
	字体	在该栏下拉列表中选择要使用的字体
	长宽比	设置文字的长宽比例
	斜角	设置文字的倾斜角度
沿曲线放置	设置文字是否沿指定曲线放置	
	使文字反向放置	
确定	完成本次文字图形设置	
取消	放弃本次文字图形设置	

【实例演练】 绘制文字。

步骤 1 创建新的草绘文件，单击工具栏中的新建文件按钮 。在【名称】文本框中输入截面名称“C2_sk6.sec”，单击【确定】按钮，系统进入草绘工作环境。

步骤 2 绘制文字。

(1) 单击草绘命令工具栏中的  按钮，以创建文字图形。

(2) 系统显示“选取行的第一点，确定文本高度和方向”。在绘图区单击一点，作为行的第一点。

(3) 选取行的第二点，确定文本的高度和方向，在绘图区单击另一点，如图 2-15 所示。

(4) 系统弹出【文本】对话框，在该对话框的【文本行】文本框中输入文字“ID 工业设计”。单击【文本】对话框中的【确定】按钮，显示文字如图 2-15 所示。

(5) 在【字体】下拉列表框中可选择字体，在【长宽比】文本框中可设置文字的长宽比例，在【斜角】文本框可设置文字的倾斜角度。

(6) 把尺寸“3.15”修改为“0.01”，然后绘制一样条线，如图 2-16 所示。

(7) 在图形窗口中双击文字“ID 工业设计”，重新打开【文本】对话框，以重新编辑文本。

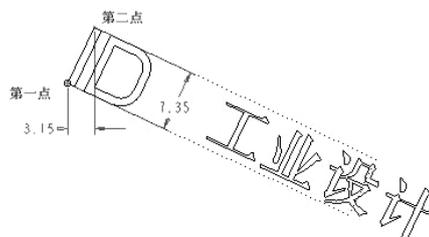


图 2-15 绘制文字

(8) 在【文本】对话框输入“工业设计 创意无限”并选中【沿曲线放置】复选框，系统提示“选取将要放置的文本的曲线”。

(9) 选择绘制的样条曲线，单击【文本】对话框中的【确定】按钮完成文本的修改，单击工具栏中的按钮使图形中不显示尺寸，结果如图 2-16 所示。

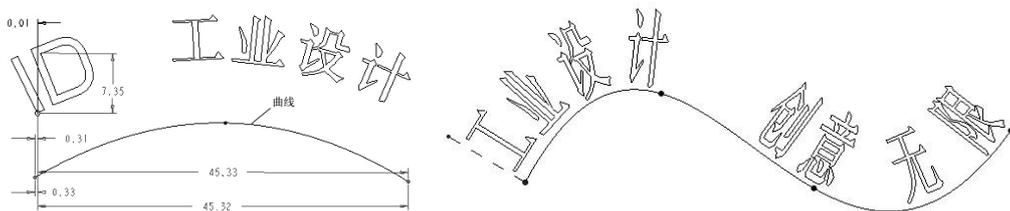


图 2-16 按曲线位置绘制文字

2.2.2 草绘的编辑工具与操作技巧

1. 直线的编辑

对于直线有 3 种基本操纵方式，分别是移动、旋转或拉伸。

(1) 旋转。将鼠标指针移动到直线上，按下左键不放同时拖动，直线便以远离鼠标指针的端点为圆心转动，在合适位置松开左键完成操作。

(2) 旋转拉伸。将鼠标指针移动到直线一个端点上，按下左键不放同时拖动，直线便以另一端点为固定点伸缩转动，在合适位置松开左键完成操作。

(3) 移动。在直线上单击选中直线，使之变成红色。将鼠标指针移动到直线一个端点上，按下左键不放同时拖动，直线便随鼠标指针的移动而移动，在合适位置松开左键完成操作。

2. 圆的编辑

对于圆有 2 种基本操纵方式，分别是移动和缩放。

(1) 移动。将鼠标指针移动到圆心上，按下左键不放同时拖动，在合适位置松开左键完成操作。

(2) 缩放。将鼠标指针移动到圆周上，按下左键不放同时拖动，在合适位置松开左键完成操作。

3. 圆弧的编辑

对于圆弧有 4 种基本操纵方式，以实现移动或伸缩的目的。

(1) 改变半径。将鼠标指针移动到圆弧上，按下左键不放同时拖动，圆弧的半径便随鼠标指针移动而变化，如图 2-17 所示，在合适位置松开左键，完成操作。

(2) 旋转并改变包角。将鼠标指针移动到圆弧一端点上，按下左键不放同时拖动，圆弧

便以另一端点为固定点旋转并包角也在变化，如图 2-18 所示，在合适位置松开左键，完成操作。

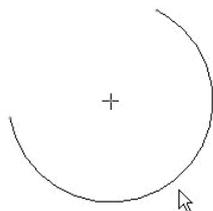


图 2-17 改变半径

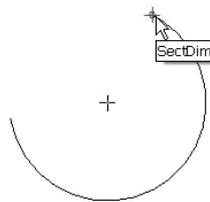


图 2-18 旋转并改变包角

(3) 旋转、改变包角和半径。将鼠标指针移动到圆心上，按下左键不放同时拖动，圆弧便以另一端点为固定点旋转并包角和半径也在变化，如图 2-19 所示，在合适位置松开左键，完成操作。

(4) 移动。将鼠标指针移动到圆心上单击，使之变为一个红色的十字，在红十字上按下左键不放同时拖动，圆弧便随指针一起移动，如图 2-20 所示，在合适位置松开左键，完成操作。

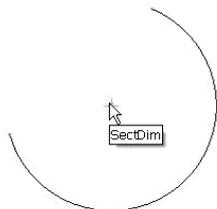


图 2-19 旋转并改变包角和半径

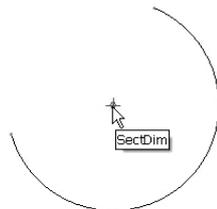


图 2-20 移动圆弧

4. 样条曲线的编辑

对于样条曲线有 3 种基本操纵方式，以实现旋转、缩放、变化曲率或延伸的目的。

(1) 旋转缩放。将鼠标指针移动到样条曲线一端点上，按下左键不放同时拖动，样条曲线便以另一端点为固定点旋转并大小也在变化，如图 2-21 所示，在合适位置松开左键，完成操作。

(2) 变化曲率。将鼠标指针移动到样条曲线中间点上，按下左键不放同时拖动，样条曲线的曲率便随指针移动而变化，如图 2-22 所示，在合适位置松开左键，完成操作。

(3) 延伸。选取样条曲线的一端点，按 **Ctrl+Alt** 组合键的同时按下左键不放并拖动，样条曲线的端点便随指针移动而延伸，如图 2-23 所示，在合适位置松开左键，完成操作。



图 2-21 旋转缩放

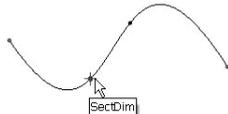


图 2-22 变化曲率



图 2-23 延伸

5. 缩放和旋转图元

使用草绘命令工具栏中的按钮,可对选定的图元进行移动、缩放和旋转,在出现的【缩放旋转】对话框中设定要显示的比例和旋转角度,如图 2-24 所示。移动、缩放和旋转图元的操作步骤:



图 2-24 【缩放旋转】对话框

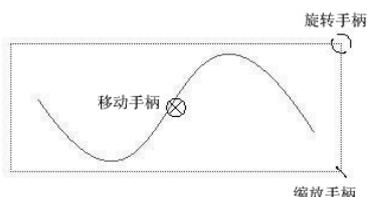


图 2-25 缩放、旋转、移动操作

- (1) 选中欲编辑的图元使其处于高亮选中状态(图元呈红色)。
- (2) 单击草绘命令工具栏中的按钮,或选择菜单【编辑】→【缩放和旋转】命令。
- (3) 在图元周围出现红色编辑框并显示操作手柄,如图 2-25 所示。将鼠标移向移动手柄,单击鼠标左键,可移动选定的图元,再次单击鼠标左键,完成图元的移动。
- (4) 将光标移向编辑框右上方的旋转手柄,单击鼠标左键移动光标,按顺时针或逆时针方向移动旋转图元,再次单击鼠标左键完成图元的旋转。
- (5) 将光标移向编辑框右下方的缩放手柄,单击鼠标左键移动光标,将指定的图元缩小或放大,再次单击鼠标左键完成图元的缩放。

6. 复制图元

使用草绘命令工具栏中的按钮,可对选定的图元对象进行复制。

复制图元的操作步骤:

- (1) 选择欲复制的图元。
- (2) 单击草绘命令工具栏中的按钮,显示如图 2-26 所示的【缩放旋转】对话框,设定复制对象的【比例】为“0.8”及【旋转】角度为“30°”。
- (3) 绘制区域出现新的复制图元,拖动位于中心位置的控制点,在新的位置处单击鼠标左键即完成复制。

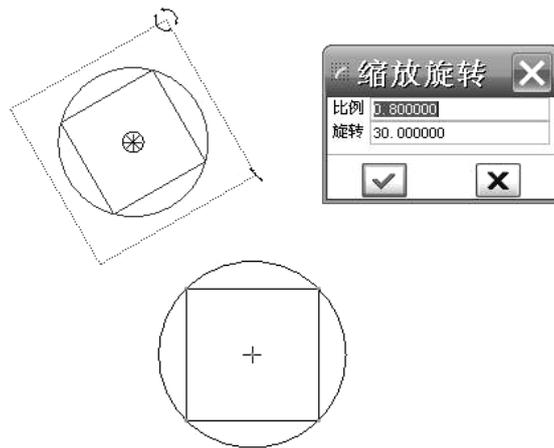


图 2-26 复制图元

7. 修剪图元

使用 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 系统提供的“动态剪切”、“镜像”和“分割”等编辑工具，可快速制作出符合设计要求的草图。

1) 动态剪切

单击草绘命令工具栏中的【动态剪切】按钮，可对绘图区中的任意图元作线段删除。动态剪切的操作步骤：

(1) 在草绘命令工具栏中单击【动态剪切】按钮，也可选择菜单【编辑】→【修剪】→【删除段】命令。

(2) 在绘图区中，按下左键并移动光标，使其通过欲删除的线段。

(3) 此时画面中会出现一条高亮显示的鼠标移动轨迹，如图 2-27 (a) 所示。只要是该轨迹通过的线段，都会高亮显示，此时放开鼠标左键，选中的线段即可被删除，如图 2-27 (b) 所示。或直接用鼠标左键选中要删除的线段。

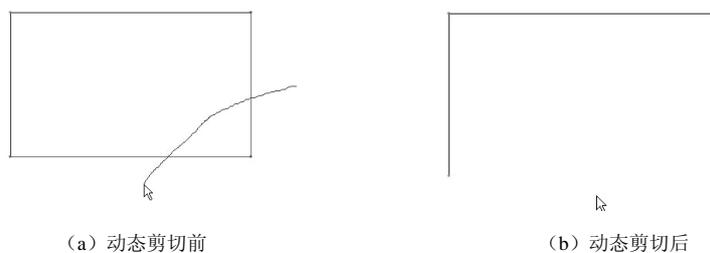


图 2-27 动态剪切

【实例演练】 绘制如图 2-28 (c) 所示的图形。

步骤 1 打开光盘文件，单击工具栏中的  图标，打开光盘中的 chaper2→“C2_sk7.sec”，如图 2-28 (a) 所示。

步骤 2 动态剪切，使用绘直线工具 ，绘制如图 2-28 (b) 所示的 3 条直线段。单击草绘命令工具栏中的  按钮，将光标移向欲删除的圆弧线段，待线段高亮显示时单击鼠标左键，重复以上步骤完成如图 2-28 (c) 所示的图形。

步骤 3 保存文件，单击工具栏中的保存文件按钮  即可。

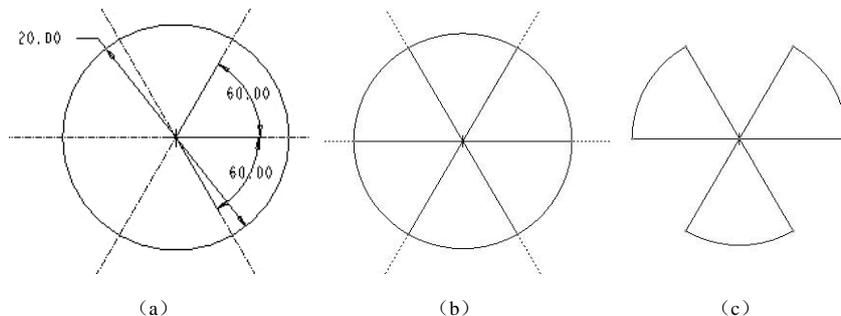


图 2-28 动态剪切操作

2) 拐角剪切

使用草绘命令工具栏中的  按钮，可通过设置边界修剪或延伸指定的线段。

拐角修剪图元的操作步骤：

(1) 单击草绘命令工具栏中的  按钮，也可选择菜单【编辑】→【修剪】→【拐角】命令。

(2) 单击两条线段（不一定要相交），系统会将所选择的部分保留并形成夹角，如图 2-29 (a) 所示。

(3) 若两线相交，单击要保留的线段，则该线的另一部分线段被删除，如图 2-29 (b) 所示。

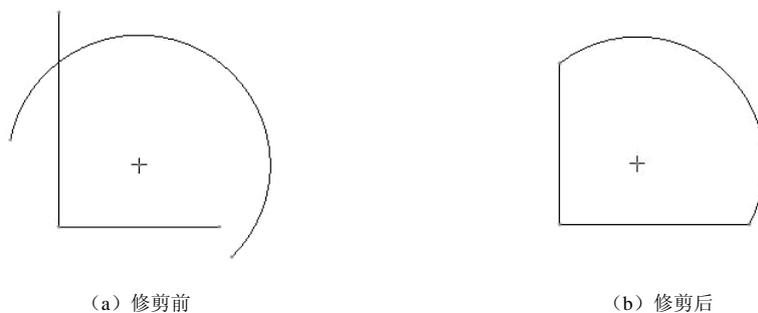


图 2-29 拐角剪切

3) 分割

单击草绘命令工具栏中的  按钮，可将选中的线段分割。用鼠标单击要分割的线段，系统即会在单击的位置将该线段一分为二，并自动标注两线段的长度。

分割图元的操作步骤：

(1) 单击草绘命令工具栏中的  按钮，也可选择菜单【编辑】→【修剪】→【分割】命令。

(2) 在欲分割的线段上单击鼠标左键，系统会在单击的位置将线段一分为二。

【实例演练】 将图 2-30 (a) 所示的圆，分成如图 2-30 (b) 所示的 4 段圆弧。

步骤 1 绘制如图 2-30 (a) 所示的圆。

(1) 单击草绘命令工具栏中的  按钮，绘制两条中心线。

(2) 单击草绘命令工具栏中的  按钮，绘制如图 2-30 (a) 所示。

步骤 2 分割。

(1) 单击草绘命令工具栏中的按钮 ，将光标分别移到圆周的上、下、左、右 4 个点单击鼠标左键，按中键完成。圆周上便产生 4 个分割点，如图 2-30 (b) 所示。

(2) 将光标移动到圆周上能显示出 1/4 段圆弧呈高亮。

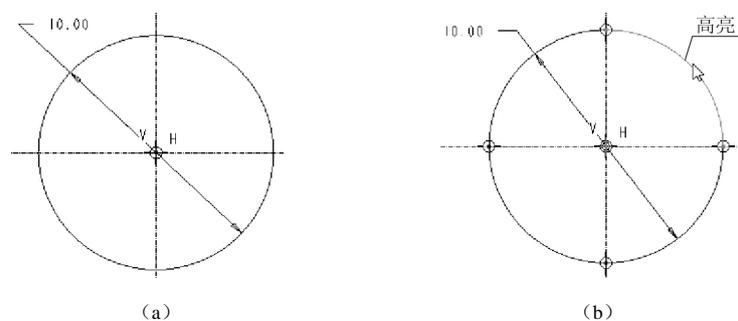


图 2-30 分割

8. 镜像

单击草绘命令工具栏中的  按钮，可对选定的图元对象进行镜像。注意在镜像之前应先绘制一中心线作为镜像对称线。

步骤 1 绘制中心线。

绘制如图 2-31 (a) 所示的一条辅助中心线。

步骤 2 绘制镜像用图元。

绘制如图 2-31 (a) 所示的 5 条直线段作为镜像图元。

步骤 3 镜像图元。

(1) 选中绘制的 5 条直线段（可先按下 Ctrl 键，再用鼠标逐一选中 5 条直线，呈红色表示选中）。

(2) 单击【镜像】按钮, 然后选中绘制的中心线作为镜像线，即生成如图 2-31 (b) 所示的对称图形。

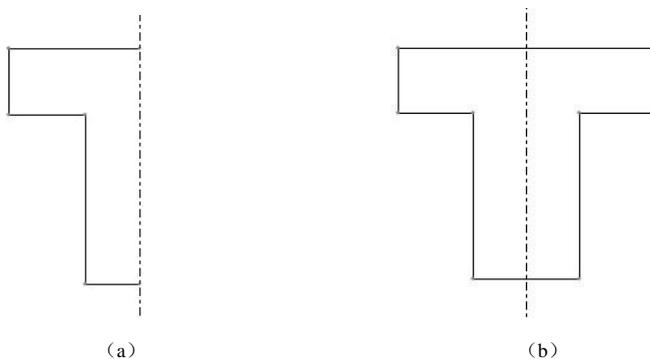


图 2-31 镜像

2.3 草绘尺寸标注与约束

系统产生的尺寸有时并不符合设计要求，可使用草绘命令工具栏中的尺寸标注按钮重新标注尺寸。Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 对草图的几何尺寸或尺寸约束有严格的要求，用户可通过尺寸标注或添加几何约束定义草图，使其成为完全定义状态。尺寸不足或尺寸过多，系统都会显示出错信息。

2.3.1 草绘尺寸标注与修改

1. 标注线性尺寸标注与修改

线性尺寸是指一线段的长度或线段间的距离，下面以实例的方式说明各种标注线性尺寸的方法。

1) 标注单一直线的长度

- (1) 单击尺寸标注按钮, 进入尺寸标注操作。
- (2) 用鼠标左键单击直线本身，在欲放置尺寸标注处单击中键，如图 2-32 所示。
- (3) 用鼠标左键双击产生的尺寸，输入尺寸数值“5”，按中键完成。

提示：欲改变尺寸放置位置，可直接选中对象，按下左键不放同时拖动鼠标，在欲放置尺寸标注处松开左键，即可改变尺寸位置。

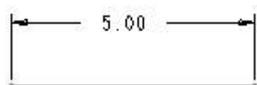


图 2-32 标注单一直线尺寸

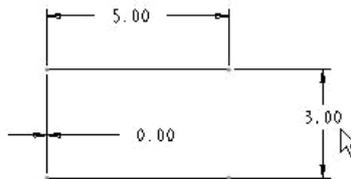


图 2-33 标注平行线间距

2) 标注平行线间距

- (1) 单击尺寸标注按钮 , 进入尺寸标注操作。
- (2) 用鼠标左键依次单击两条直线, 在欲放置尺寸处单击中键, 如图 2-33 所示。
- (3) 用鼠标左键双击产生的尺寸, 输入尺寸数值“3”, 按中键完成。

3) 标注点到直线的距离

- (1) 单击尺寸标注按钮 , 进入尺寸标注操作。
- (2) 分别选择圆的圆心和右边线。
- (3) 在选中的圆心和右边线之间任选一点单击鼠标中键, 标出该圆心到右边线的距离, 如图 2-34 所示。

- (4) 双击该尺寸, 将该尺寸修改为“3”。

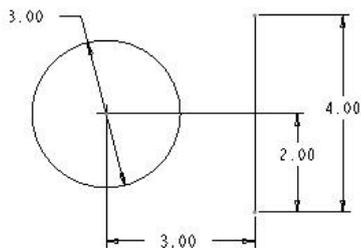


图 2-34 标注点到直线的距离

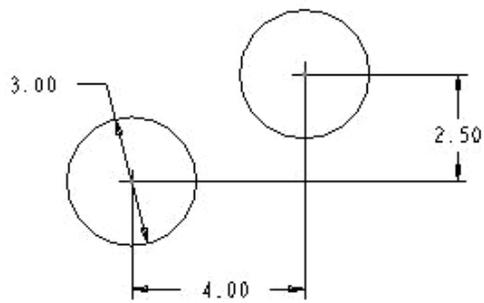


图 2-35 标注两个圆心间的距离

4) 标注两个圆心间的距离

- (1) 单击尺寸标注按钮 , 进入尺寸标注操作。
- (2) 选取草绘图中两个圆的圆心, 在两个圆心之间的任意一点, 单击鼠标中键。
- (3) 双击该尺寸, 将该尺寸修改为“4”和“2.5”, 结果如图 2-35 所示。

5) 标注直线与圆或圆弧之间的距离

- (1) 单击尺寸标注按钮 , 进入尺寸标注操作。

(2) 分别选择草绘图中左侧圆的边线和底线左侧的斜边线，在二者之间任意一点单击鼠标中键以放置尺寸，结果如图 2-36 所示，尺寸为“3.01”。

(3) 双击尺寸“3.01”，将其修改为“3”。

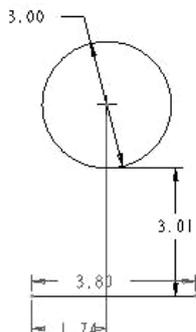


图 2-36 标注直线与圆距离

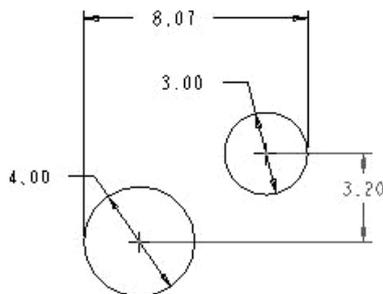


图 2-37 标注两圆间切点之间的距离

6) 标注两圆间切点之间的距离

(1) 单击尺寸标注按钮 ，进入尺寸标注操作。

(2) 分别选中大圆的左侧边线与小圆右侧的边线，在二者之间的任意一点，单击鼠标中键，弹出如图 2-38 所示的【尺寸定向】对话框。选择该对话框的“水平”单选按钮，以水平方位标注，单击该对话框中的【接受】按钮，结果如图 2-37 所示，尺寸为 8.07。

(3) 双击尺寸“8.07”，将其修改为“8”。

2. 标注直径

除了圆或圆弧要进行直径标注外，直径也常用于定义截面绕中心线旋转的直径尺寸。下面以实例的方式说明这两种标注方法。

1) 标注圆或圆弧的直径和半径

(1) 单击尺寸标注按钮 ，进入尺寸标注操作。

(2) 在小圆的边线上双击左键，然后单击鼠标中键以放置尺寸；在大圆弧的边线上单击左键，然后单击鼠标中键以放置尺寸，产生圆弧半径，结果如图 2-39 所示。



图 2-38 【尺寸定向】对话框

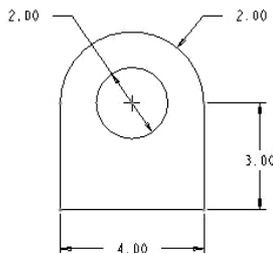


图 2-39 标注直径和半径

2) 标注截面绕中心线旋转的直径

(1) 单击草绘命令工具栏中的绘制中心线按钮 。

(2) 绘制如图 2-40 (a) 所示的一条中心线。

(3) 单击草绘图的右侧边线，然后单击中心线，再单击右侧边线，最后单击鼠标中键，完成截面绕中心线旋转直径的标注，如图 2-40 (b) 所示。

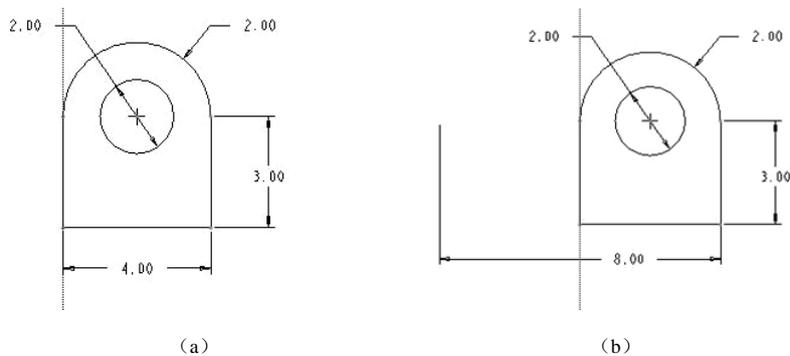


图 2-40 标注截面绕中心线旋转的直径

3. 标注角度

标注角度分标注两条直线之间的夹角和标注圆弧的角度两种。下面以实例方式说明操作方法。

1) 标注两条直线之间的夹角

(1) 单击尺寸标注按钮 ，进入尺寸标注操作。

(2) 单击两条边线，然后在两线中间的任意一点处单击鼠标中键，完成两线间夹角的标注，如图 2-41 所示。

2) 标注圆弧的角度

(1) 单击尺寸标注按钮 ，进入尺寸标注操作。

(2) 单击圆弧的两个端点，然后单击圆弧，最后单击鼠标中键以放置尺寸，结果如图 2-42 所示。

4. 标注样条曲线

在一般情况下，样条曲线有端点的线性尺寸便可以了，如图 2-43 所示，需要时可以给样条曲线的端点或插值点标注相关尺寸，如样条曲线有参照几何对象(参照中心线或构造线等)，还可以对端点创建相切角度尺寸，如图 2-44 所示。

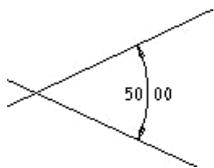


图 2-41 标注角度

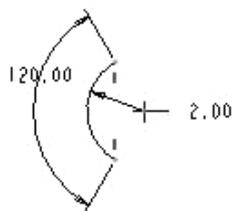


图 2-42 标注弧度

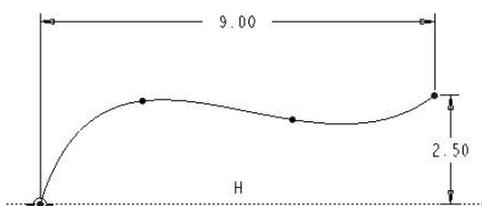


图 2-43 样条曲线的端点处线性尺寸

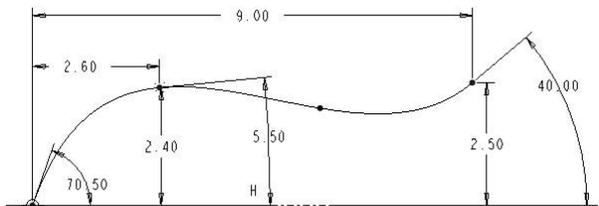


图 2-44 样条曲线端点处创建相切角度与插值点尺寸

创建样条相切尺寸的步骤如下：

- (1) 在工具栏中单击按钮.
- (2) 选择样条曲线、端点（或要标注的插值点）和参照图元（一般为中心线），选择不分先后。
- (3) 单击鼠标中键以放置尺寸。

5. 参考尺寸的标注与尺寸锁定

参考尺寸数值后会带上“REF”，而且是作为“强尺寸”出现的。标注参考尺寸的方法如下。

- (1) 单击选中欲作为参考尺寸的尺寸。
- (2) 执行【编辑】→【转换到】→【参考】命令，相应的尺寸值后会有“REF”；执行【编辑】→【切换锁定】命令，相应的尺寸值前会有“L”，如图 2-45 所示。

2.3.2 二维草绘的几何约束

一个确定的草图必须有充足的约束，约束分尺寸约束和几何约束两种类型。尺寸约束是指控制草图大小的参数化驱动尺寸；几何约束是指控制草图中几何图元的定位方向及几何图元之间的相互关系。在工作界面中尺寸约束显示为参数符号或数字，几何约束显示为字母符号，如图 2-46 所示。

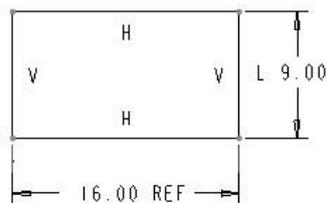


图 2-45 标注参考尺寸与尺寸锁定

1. 几何约束类型

单击草绘命令工具栏中的按钮，弹出如图 2-47 所示的【约束】对话框，选择相应的几何约束按钮以进行相应的几何约束操作。按钮的意义说明见表 2-6。

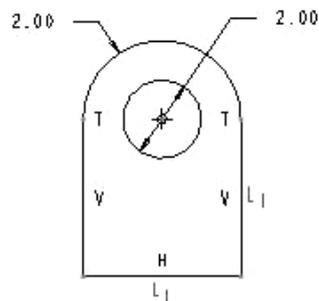


图 2-46 几何约束



图 2-47 【约束】对话框

表 2-6 几何约束功能

	竖直约束。选一条斜直线，使其变为直线；选两个点，使两点位于同一垂直线上
	水平约束。选一条斜直线，使其变为水平线；选两个点，使两点位于同一水平线上
	垂直约束。选两条线，使其互相垂直
	相切约束。选择线段和圆弧，使其相切
	定义线段的中点。选一点及一条线段，使点位于线段的中点
	使两个圆或圆弧的中心共心，或者使两点共点
	对称。选中心线及两个点，使两个点关于中心线对称
	相等。选两条线使其等长；选两弧/圆/椭圆使其等半径；选两条曲线使其等曲率
	平行。选两条线（或中心线），使其平行
	在草图中选定约束符号，状态栏显示该图元的几何约束信息
	关闭约束对话框

在使用 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0 软件时，由于使用意图管理器功能，在设计窗口经常以各种符号来标记相关约束条件，具体见表 2-7。

表 2-7 草绘模式下常见符号及其意义

○	同一点	//	线段相互平行
H	水平的线段	⊥	线段相互垂直
V	竖直的线段	R	相同的半径
—○—	线段上的一点	L	等长度的线段
T	相切		

【几何约束演练】

例 1 将图 2-48 (a) 用约束命令变成图 2-48 (b) 所示。

步骤 1 打开光盘中的文件 chaper2 → “C2_sk8.sec”，如图 2-48 (a) 所示。

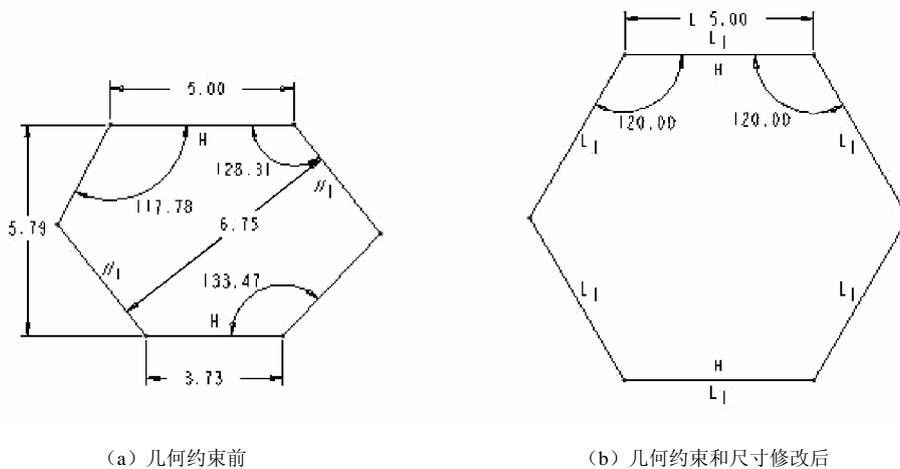


图 2-48 几何约束应用

步骤 2 几何约束与尺寸修改

(1) 单击六边形顶边，按鼠标右键，选取锁定，使尺寸值“5”前标上“L”，表示该尺寸被锁定。

(2) 单击草绘命令工具栏中的按钮，在弹出的【约束】面板中选取等长等半径按钮。

(3) 左键依次单击左上边和顶边，使左上边和顶边等长。重复上一步操作，使各边均与顶边相等。

(4) 双击左、右上角的角度尺寸，将尺寸值修改为“120°”，见图 2-48 (b)。

步骤 3 单击工具栏中的保存文件按钮，保存后单击【确定】按钮，保存当前文件。

例 2 将图 2-49 (a) 用约束命令变成图 2-49 (d) 所示。

步骤 1 单击工具栏中的打开按钮 ，打开光盘中文件 chaper2 → “C2_sk9.sec”，如图 2-49 (a) 所示。

步骤 2 垂直约束。

(1) 单击草绘命令工具栏中的按钮 ，在弹出的【约束】面板中选取垂直约束按钮 。

(2) 选择底线和左边线，同样选择底线和右边线，结果底线和左、右边线垂直，如图 2-49 (b) 所示。

步骤 3 相切约束。

(1) 在弹出的【约束】面板中单击相切约束按钮 。

(2) 选择圆、左侧垂直边线，然后选择圆和左侧倾斜边线，结果如图 2-49 (c) 所示。

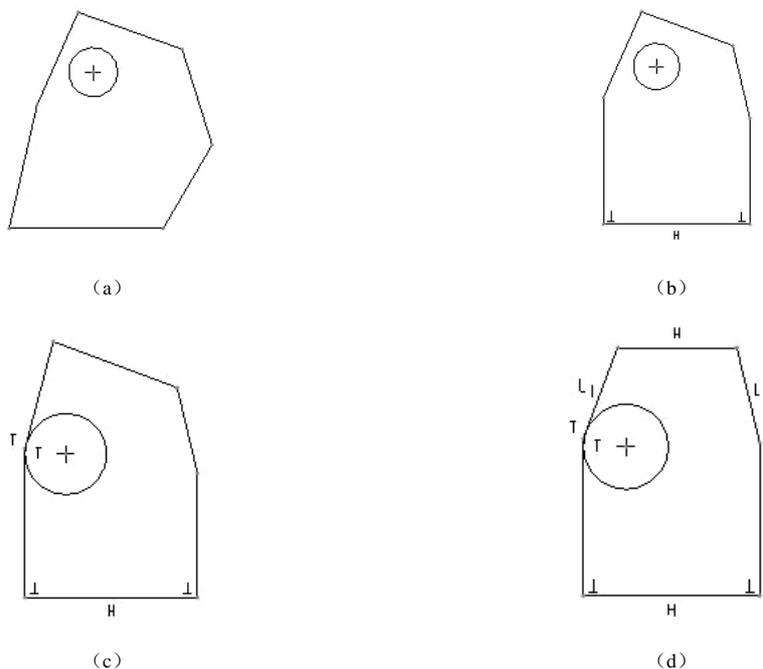


图 2-49 几何约束应用

步骤 4 水平约束、相等约束。

(1) 在【约束】面板中单击水平约束按钮 ，单击草图中的顶部边线使该边线为水平。

(2) 在【约束】面板中单击相等约束按钮 ，单击草图上部左、右两斜边，使之相等。完成后的结果如图 2-49 (d) 所示。

步骤5 单击工具栏中的保存文件按钮，保存后单击【确定】按钮，保存当前文件。

2. 解决过度约束

在 Pro/E 中，尺寸过多或几何约束与尺寸约束有重复，都会导致过度约束，此时显示如图 2-50 所示的【解决草绘】对话框。根据该对话框的提示或根据设计要求对显示的尺寸或约束进行相应取舍即可。

下面对【解决草绘】对话框内容介绍如下：

(1) 上部信息区提示有几个约束发生冲突，并提示解决方法。

(2) 中部文本显示区列出所有相关约束。

【撤消】：取消本次操作，回到原来完全约束的状态。

【删除】：删除不需要的尺寸或约束条件。

【尺寸>参照】：将某个不需要的尺寸改变为参照尺寸，同时该尺寸数字前会有“ref”符号标记（注：参照尺寸不能被修改）。

【解释】：信息窗口显示选中尺寸或约束条件的功能。



图 2-50 【解决草绘】对话框

2.3.3 二维截面的绘制实例

例1 绘制如图 2-51 所示的吊钩草绘截面。

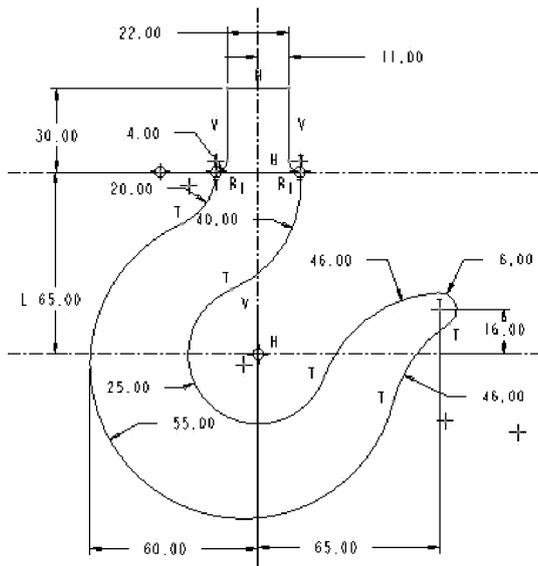


图 2-51 吊钩草绘截面

步骤 1 单击工具栏中的新建文件按钮，在弹出的【新建】对话框中选择“草绘”类

型，在【名称】文本框中输入截面名称“C2_sk10.sec”，单击【确定】按钮，进入草绘工作环境。

步骤2 绘制几何图元。

(1) 单击草绘命令工具栏中的  按钮，绘制2条水平参考线和1条垂直参考线，如图2-52(a)所示。单击  按钮，单击2条水平参考线，在欲放置尺寸处单击鼠标中键。修改其尺寸为“65”，如图2-52(a)所示。

(2) 单击草绘命令工具栏中  按钮，绘制如图2-52(b)所示的草图。

(3) 单击草绘命令工具栏中  按钮，绘制如图2-52(c)所示2个半径为“4”的圆形倒角。单击  按钮，绘制连接两倒圆角开放端的一直线，如图2-52(c)所示。

(4) 单击“通过圆心”  按钮，绘制一段半径为“20”的圆弧，其圆心在第一条水平参考中心线上，一端与上一步倒圆角端点重合，另一端的位置先暂时通过观察大致确定，宁长勿短，以保证与后绘制的圆弧相切，如图2-52(d)所示。

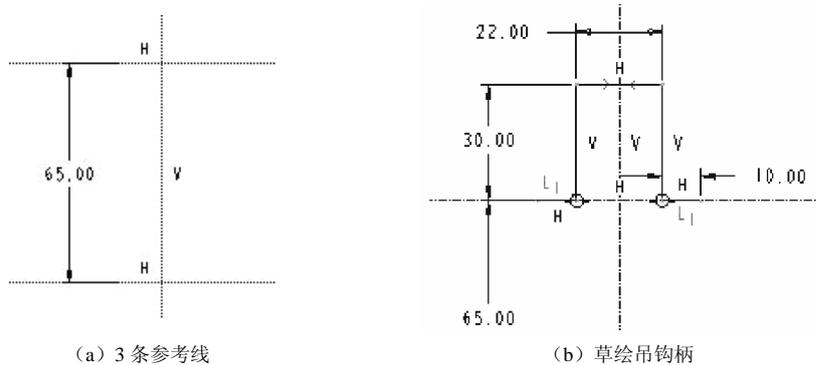


图2-52 吊钩绘制步骤

提示：在修改其尺寸时，系统有可能提示“再生失败”，原因是尺寸不适合。可以改变圆弧下端点到第一参考水平线的距离，令其小于“20”即可。

(5) 以第2条水平参考中心线与垂直参考中心线为圆心绘制半径为“25”的第2段圆弧，注意该圆弧今后与第3段半径为“40”圆弧相切，故另一端宁长勿短，如图2-53(a)所示。

(6) 单击  按钮，绘制第3段圆弧，令其一点过右边的倒角端点，另一点与上一步半径为“25”圆弧相切，双击所绘圆弧的尺寸值，修改为半径“40”，如图2-53(a)所示。注意其圆心的位置。

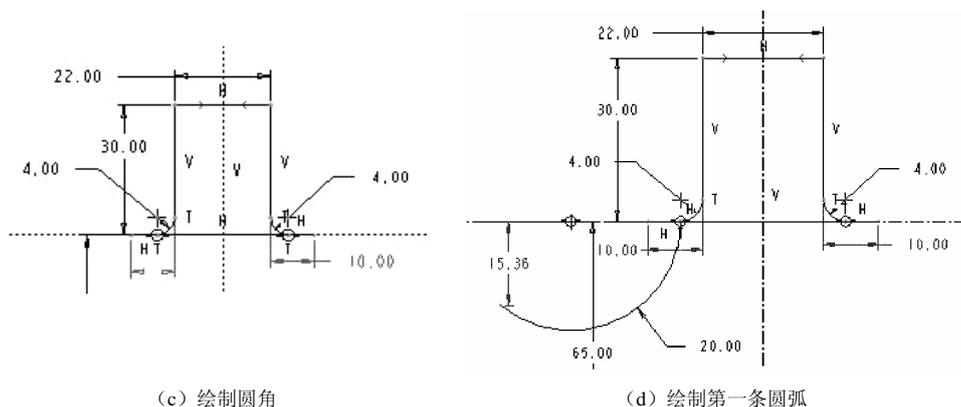


图 2-52 吊钩绘制步骤 (续)

(7) 单击“通过圆心”按钮，绘制第 4 段圆弧，令其一端点与第一条半径为“20”的圆弧相切。注意其圆心不在参考中心线上，圆弧另一点宁长勿短，如图 2-53 (b) 所示。

(8) 单击按钮，标注半径为“55”的圆弧，并控制其与垂直参考中心线的距离为“60”。如图 2-53 (b) 所示。

步骤 3 修剪几何图元。

(1) 单击草绘命令工具栏中的按钮。

(2) 依次单击那些相切后余下的线段头，结果如图 2-53 (c) 所示。

步骤 4 绘制几何图元。

(1) 单击“创建与图元相切圆弧”按钮，绘制第 5 段圆弧，其右端点与半径为“25”圆弧相切。半径为“46”，左端点先暂时定一点，如图 2-53 (d) 所示。

(2) 同理单击按钮，绘制半径为“6”的第 6 段圆弧，其圆心位置和相切关系如图 2-53 (e) 所示。单击按钮，修剪相切后余下的线段头。

(3) 单击“创建与图元相切圆弧”按钮，绘制最后一段半径为“46”的圆弧，并用按钮，修剪相切后余下的线段头，如图 2-53 (f) 所示。

步骤 5 添加几何约束，单击工具栏中的按钮，选取，单击新画的半径“46”圆弧与两端圆弧相切。使图上出现相切符号“T”，如图 2-53 (f) 所示。

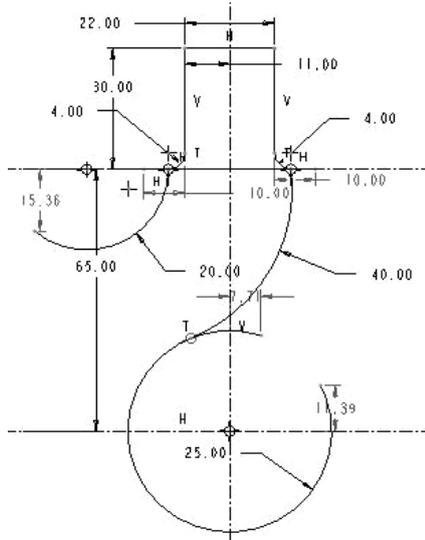
步骤 6 标注尺寸。

单击【尺寸标注】按钮，按图 2-51 所示的尺寸标注与调整。

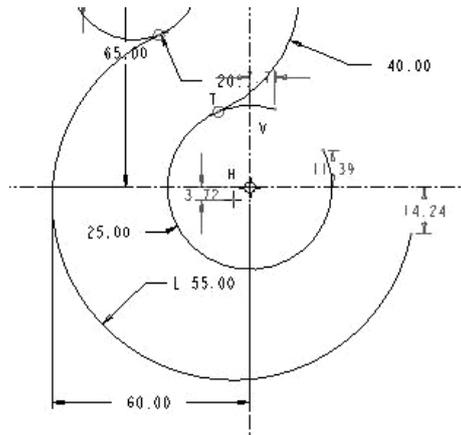
步骤 7 保存文件，单击工具栏中的保存文件按钮，保存当前文件。

例 2 绘制如图 2-54 所示的蝶形螺母草绘截面。

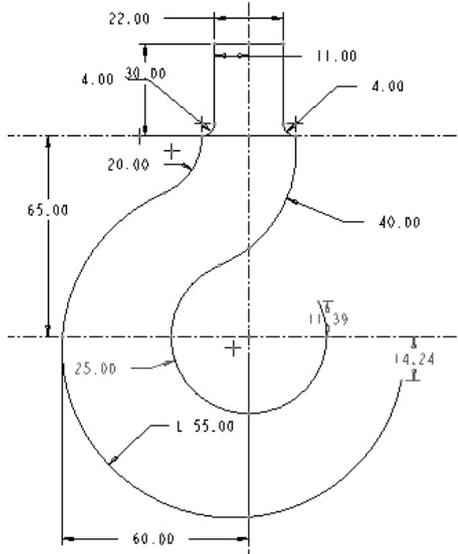
步骤 1 单击工具栏中的新建文件按钮，在【名称】文本框中输入截面名称“C2_sk11.sec”，单击【确定】按钮，进入草绘工作环境。



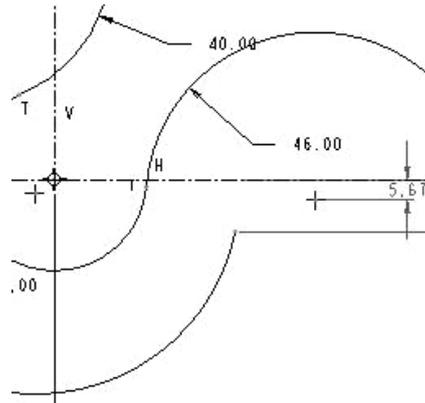
(a) 绘制第2、第3条相切圆弧



(b) 绘制第4条相切圆弧



(c) 标注第4条圆弧并修剪



(d) 绘制第5条相切圆弧

图 2-53 吊钩绘制步骤

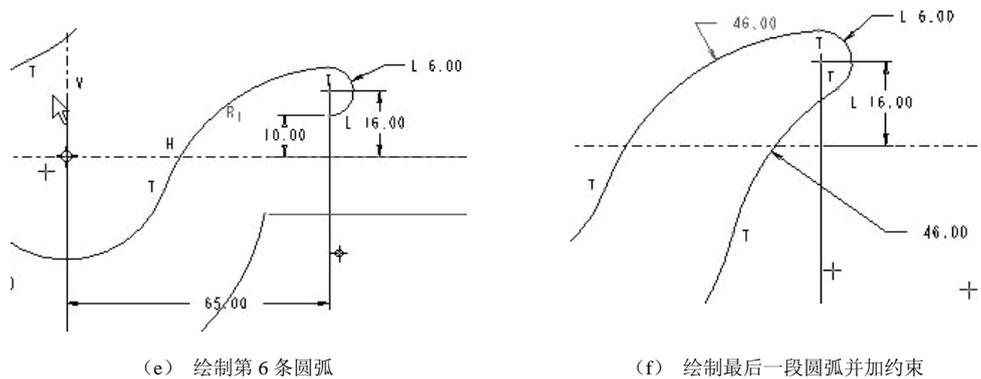


图 2-53 吊钩绘制步骤(续)

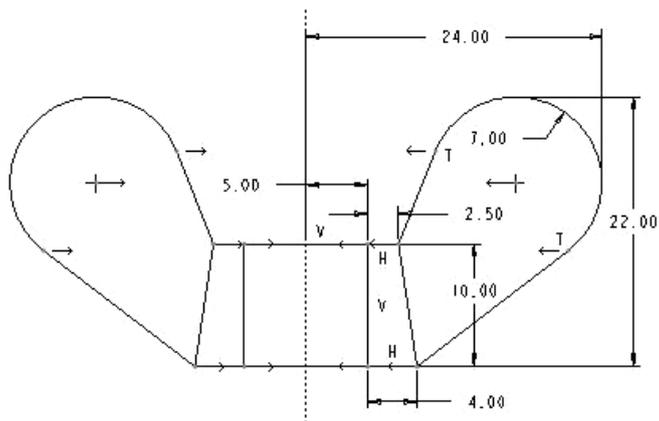


图 2-54 蝶形螺母草绘截面

步骤 2 绘制几何图元。

(1) 单击草绘命令工具栏中的 按钮，绘制 1 条垂直参考线。

(2) 单击草绘命令工具栏中的 按钮，绘制 2 条水平线、1 条垂直线和 1 条斜线，尺寸如图 2-55 (a) 所示。

(3) 单击“通过圆心” 按钮，绘制圆弧，并按图 2-55 (b) 所示尺寸修改尺寸。

(4) 单击 按钮，绘制两条切线，如图 2-55 (c) 所示。

步骤 3 修剪几何图元。

(1) 单击草绘命令工具栏中的 按钮。

(2) 依次单击图 2-55 (c) 所示的相切多余线段头，结果如图 2-55 (d) 所示。

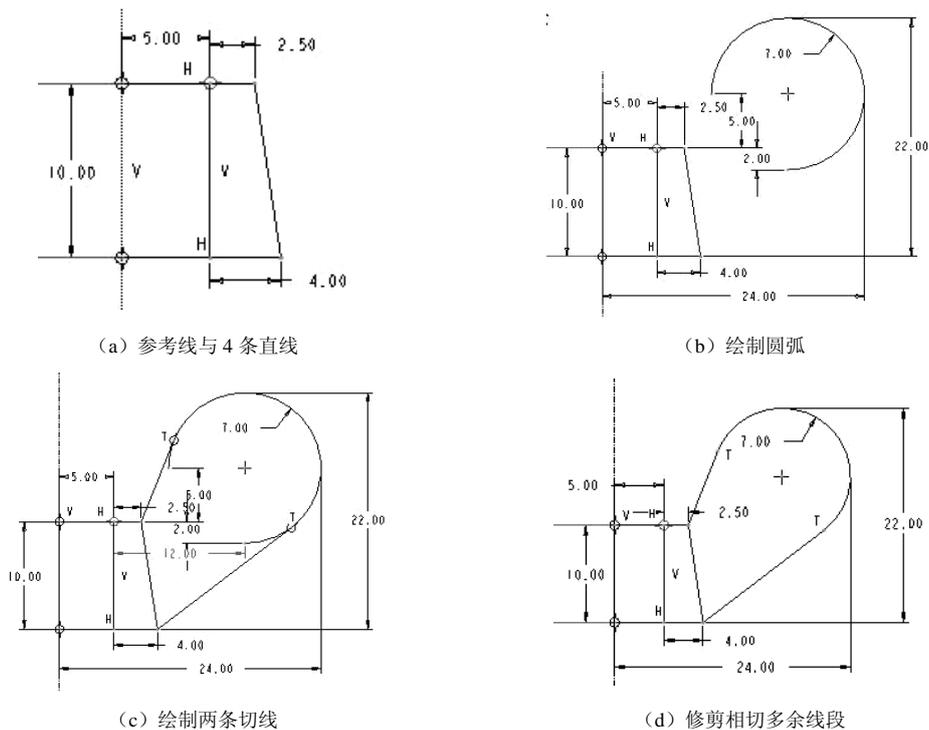


图 2-55 绘制蝶形螺母步骤

步骤 4 镜像图元。

- (1) 单击草绘命令工具栏中的按钮，选取所有绘制的图元（呈红色为选中）。
- (2) 单击垂直参考中心线，即镜像图元成如图 2-56 所示。

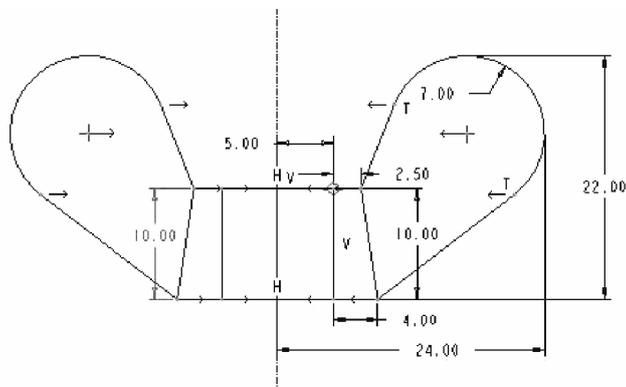


图 2-56 完成的蝶形螺母

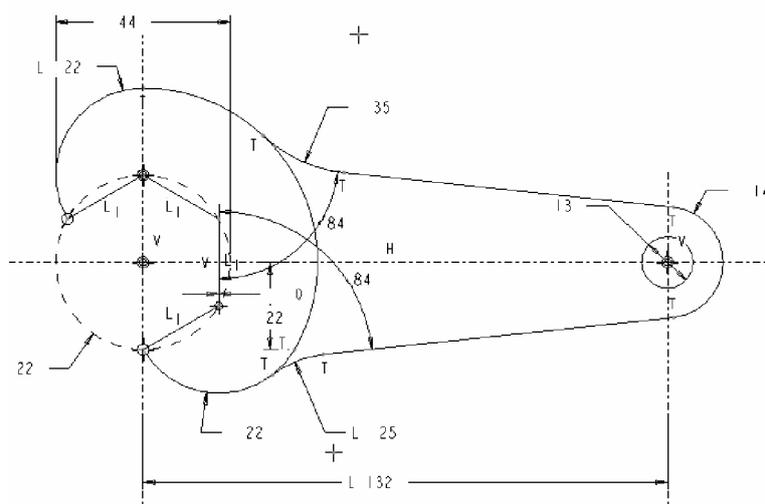


图 2-58 扳手

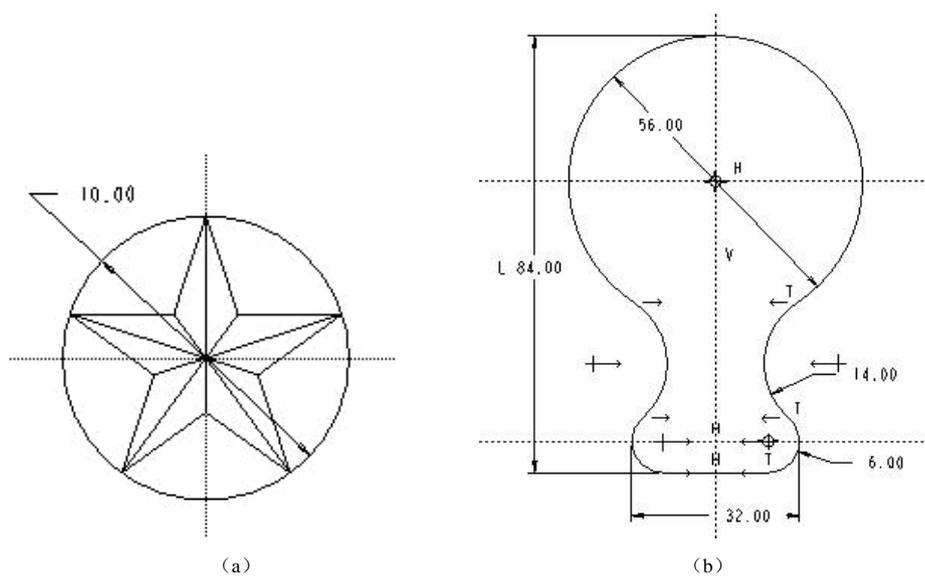


图 2-59 几何图形