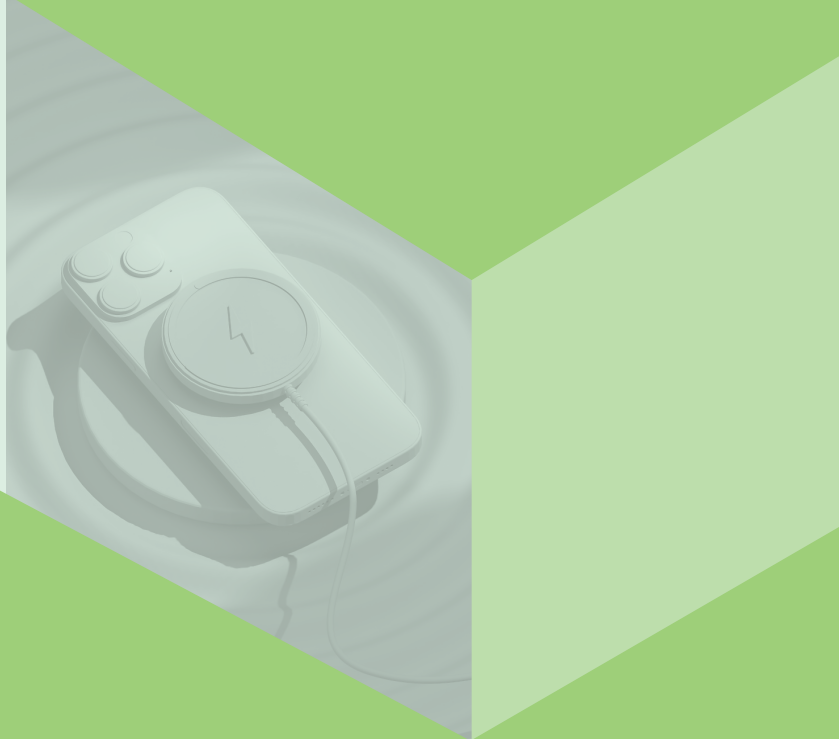




“十四五”职业教育国家规划教材



浙江省高职院校“十四五”重点教材

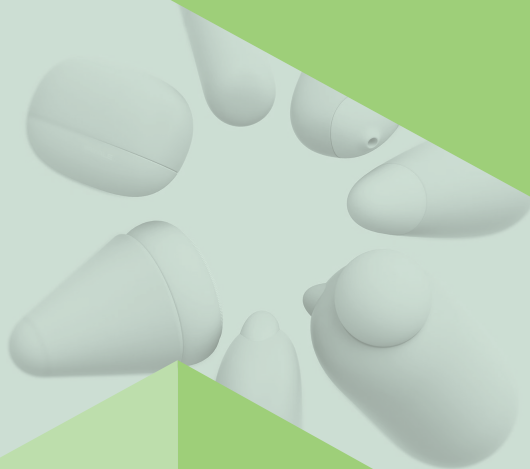


# 产品三维设计

## ——Creo实例教程

(第二版)

主编 杨剑萍 华丽霞 吴冬俊



航空工业出版社

北京

# 目 录

<b>第一章</b>	<b>二元分析法和 Creo Parametric 简介 ...</b>	<b>1</b>
1.1	产品三维设计与二元分析法 .....	2
1.2	Creo Parametric 简介 .....	3
1.3	Creo Parametric 启动与退出 .....	4
1.4	Creo Parametric 基本操作 .....	5
<b>第二章</b>	<b>二维草绘 .....</b>	<b>15</b>
2.1	思路先行 .....	16
2.2	基础夯实 .....	19
2.3	编辑特征 .....	27
2.4	综合提升 .....	37
<b>第三章</b>	<b>空间草绘 .....</b>	<b>43</b>
3.1	思路先行 .....	44
3.2	基础夯实 .....	47
3.3	基准特征 .....	50
3.4	综合提升 .....	58
<b>第四章</b>	<b>拉伸建模 .....</b>	<b>63</b>
4.1	思路先行 .....	64
4.2	基础夯实 .....	68
4.3	综合提升 .....	73
4.4	工程特征 .....	76
<b>第五章</b>	<b>旋转建模 .....</b>	<b>87</b>
5.1	思路先行 .....	88
5.2	基础夯实 .....	90

5.3	综合提升 .....	96
5.4	工程特征 .....	99
<b>第六章</b>	<b>扫描建模 .....</b>	<b>105</b>
6.1	思路先行 .....	106
6.2	基础夯实 .....	108
6.3	综合提升 .....	115
<b>第七章</b>	<b>混合建模 .....</b>	<b>119</b>
7.1	思路先行 .....	120
7.2	基础夯实 .....	123
7.3	综合提升 .....	131
<b>第八章</b>	<b>扫描混合建模 .....</b>	<b>135</b>
8.1	思路先行 .....	136
8.2	基础夯实 .....	139
8.3	综合提升 .....	148
<b>第九章</b>	<b>曲面建模 .....</b>	<b>153</b>
9.1	思路先行 .....	154
9.2	基础夯实 .....	156
9.3	综合提升 .....	159
9.4	工程特征 .....	161
<b>第十章</b>	<b>边界混合建模 .....</b>	<b>169</b>
10.1	思路先行 .....	170
10.2	基础夯实 .....	175
10.3	综合提升 .....	190
10.4	工程特征 .....	193

<b>第十一章</b>	<b>综合案例</b>	<b>197</b>
11.1	综合案例 1：桌面音响	198
11.2	综合案例 2：贝壳笔舔	200
11.3	综合案例 3：U 盘	202
<b>第十二章</b>	<b>自顶而下建模</b>	<b>207</b>
12.1	自顶而下建模方法	208
12.2	案例 1：充电宝	209
12.3	案例 2：面包机	221
<b>参考文献</b>		<b>244</b>
<b>后 记</b>		<b>245</b>



# 4



## 第四章 拉伸建模

### 本章导读

本章将以二元分析法作为切入点，分析拉伸产品造型的种子和轨迹，介绍拉伸三维建模的基本类型：拉伸长材料、拉伸切材料、拉伸薄壳。本章通过图文并茂的形式，结合典型案例来重点练习拉伸的基本操作，帮助学生理解拉伸建模的原理。

### 目标导航

知识目标：了解拉伸建模三维造型分析方法，掌握拉伸建模种子和轨迹的基础知识，以及拉伸建模的类型。通过练习，了解 1+X 证书中级产品创意设计考核要点。

技能目标：能够分析拉伸产品设计造型风格，具备分析产品分步建模方案的能力，能够掌握拉伸建模基本操作和基本类型，能够灵活应用拉伸特征设计产品造型。

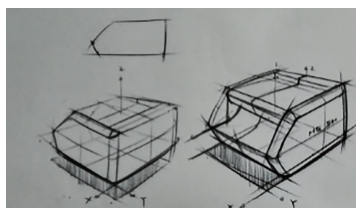
素质目标：关注工业 4.0 时代下的智能制造，培养以设计服务国家战略的创新意识。

## 4.1 思路先行

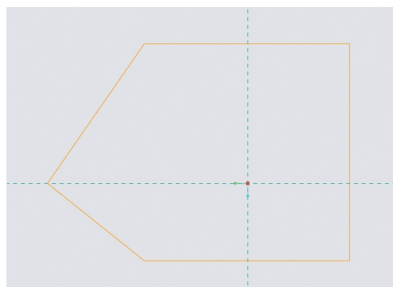
### 4.1.1 拉伸二元分析法



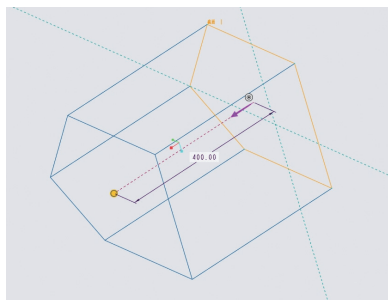
在进入拉伸建模之前，先用二元分析法来分析拉伸建模的种子和轨迹特点。手绘拉伸产品如图 4-1-1 (a) 所示。从产品的主体造型可以分析出，该产品是由五边形沿着直线扫描而成的。种子如图 4-1-1 (b) 所示，轨迹就是一条直线。扫描出来的三维造型，如图 4-1-1 (c) 所示。



(a) 手绘拉伸产品



(b) 种子



(c) 沿轨迹扫描的三维造型

图 4-1-1 拉伸建模二元法分析

再来分析实际产品的拉伸建模种子和轨迹的特点 (图 4-1-2): 桌面加湿器主体拉伸种子是圆，轨迹是直线；吹风机主体拉伸种子是圆，轨迹是直线；测温仪主体拉伸种子是方形，轨迹是直线；播放器主体拉伸种子是侧边多边形，轨迹是直线。



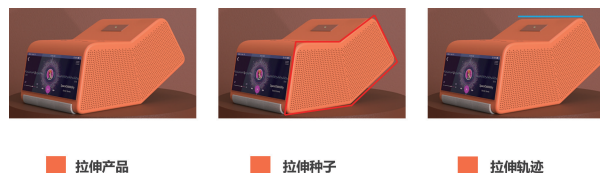
(a) 桌面加湿器



(b) 吹风机



(c) 测温仪



(d) 播放器

图 4-1-2 实际拉伸产品二元法分析

从产品造型二元法分析可以总结出拉伸建模种子和轨迹的一般规律。拉伸轨迹是直线时，拉伸种子截面是可以根据产品形态自定义的，截面封闭且

单一不变，也就是垂直于轨迹做产品的截面，每个截面是一样的。

提示：在开始用软件建模前，需要先思考产品造型的特征，分析产品拉伸的种子和轨迹。拉伸是基本的几何构造手法，常见于设计中。智能电子产品和品牌多偏好简约风格，通过不同拉伸组合，设计师能精简元素，体现“少即是多”，实现简约而富有内涵的效果。

### 4.1.2 拉伸三步骤

从 4.1.1 拉伸二元分析法中可以得出种子和轨迹的规律，拉伸建模具体操作分为三步骤。

- (1) 分析拉伸的种子和轨迹，定义拉伸方案。
- (2) 绘制拉伸的种子 - 造型的形状。
- (3) 确定拉伸的轨迹 - 直线的数值。

下面将以拉伸一个长方体（尺寸：800 mm × 600 mm × 200 mm）为例介绍拉伸建模的典型步骤。

步骤 1：用二元分析法分析长方体的种子和轨迹。选择种子为 200 mm × 600 mm 的矩形，轨迹为 800 mm 的直线，拉伸出长方体，如图 4-1-3 所示。

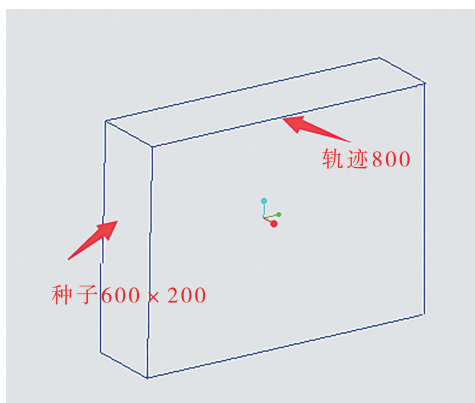


图 4-1-3 分析长方体的种子和轨迹

步骤 2：绘制拉伸种子。

- (1) 新建“零件”文件。
- (2) 草绘截面（种子）。进入“模型”模块的操作界面，单击 （拉伸）按钮。选择 TOP 平面

作为草绘平面，单击“草绘”按钮，进入“草绘视图”，单击“草绘”组的 按钮，在图形区域绘制一个矩形（种子）。单击“确定”按钮创建拉伸种子，如图 4-1-4 所示。

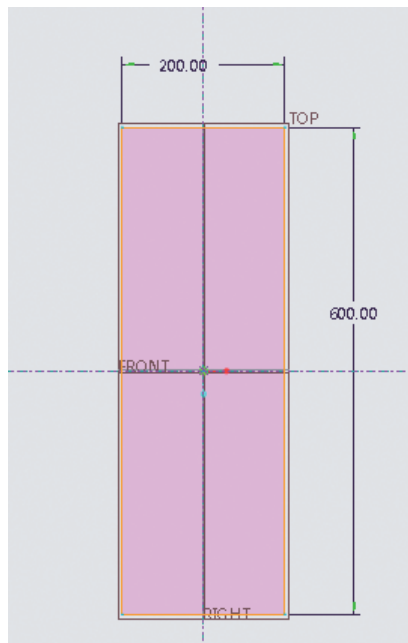


图 4-1-4 创建拉伸种子

步骤 3：定义拉伸深度和方向（轨迹）。在“拉伸”菜单栏的“深度”选项中输入 800，作为拉伸轨迹直线长度，如图 4-1-5 所示。单击“确定”完成长方体的拉伸，如图 4-1-6 所示。

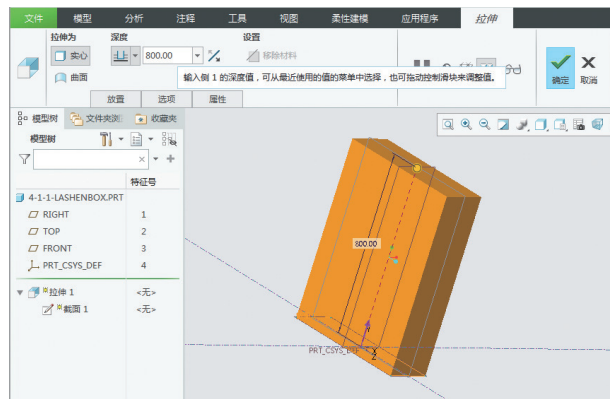


图 4-1-5 定义拉伸深度

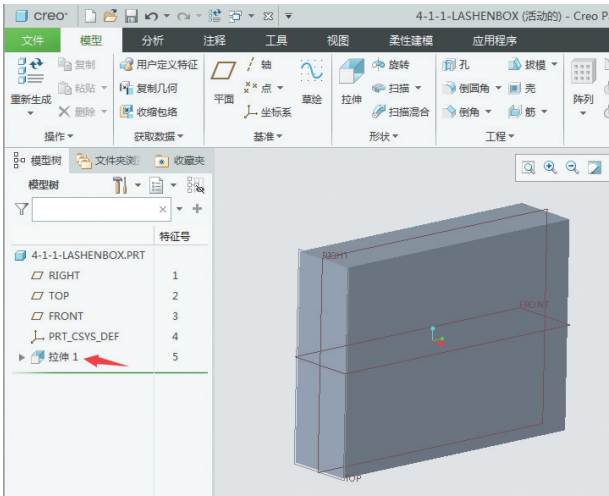


图 4-1-6 创建“拉伸 1”长方体

步骤 4：保存“零件”文件。单击 保存文件。

### 4.1.3 拉伸操作界面



在功能区“模型”选项卡的“形状”组中单击 (拉伸) 按钮，打开“拉伸”选项卡(图 4-1-7)。在该“拉伸”选项卡中执行拉伸操作，可以创建实体长材料、实体切材料、拉伸曲面和曲面修剪等。

提示：拉伸建模中分析产品造型的种子和轨迹是重点和难点。同一个产品可以从不同方向分析种子和轨迹。以 200 mm × 600 mm × 800 mm 的长方体为例，可以有三种种子和轨迹的方案。

- (1) 草绘截面(种子)为 200 mm × 600 mm，拉伸深度(轨迹)为 800 mm。
- (2) 草绘截面(种子)为 800 mm × 600 mm，拉伸深度(轨迹)为 200 mm。
- (3) 草绘截面(种子)为 800 mm × 200 mm，拉伸深度(轨迹)为 600 mm。



图 4-1-7 “拉伸”选项卡


下面介绍“拉伸”选项卡中各个主要工具按钮及选项的功能含义。


- (1) ：创建实体。默认状态是拉伸为“实心”。
- (2) ：创建曲面。拉伸为“曲面”将在第九章集中介绍。
- (3) ：深度选项包括 (盲孔)、 (对称)、 (穿至)、 (下一个)、 (穿透) 和 (到选定项)。通过选取深度选项，定义拉伸特征的深度，具体说明见表 4-1-1。

表 4-1-1 使用深度选项定义拉伸特征的深度

序号	深度选项	功能说明	注意事项
1	(盲孔)	自草绘平面以指定深度值拉伸截面	指定一个负的深度值会反转深度方向
2	(对称)	在草绘平面每一侧上以指定深度值的一半拉伸截面	—
3	(穿至)	将截面拉伸, 使其与选定曲面相交	选择终止曲面, 可以选择实体中的任意一个曲面或者平面
4	(下一个)	拉伸截面至下一曲面, 即在特征到达第一个曲面时将其终止	基准平面不能被用作终止曲面, 使用此选项可以使特征在其接触到实体的下一个曲面处终止
5	(穿透)	拉伸截面, 使之与所有曲面相交	使用此选项特征可以到达实体的最后一个曲面, 直接穿透
6	(到选定项)	将截面拉伸至一个选定点、曲线、平面或曲面	—

(4) ：“深度”值框可以输入具体数值。

(5) ：沿拉伸移除材料，为实体特征创建切口材料或为曲面特征创建面修剪。

(6) ：为草绘添加厚度以创建薄实体、薄实体切口或薄曲面修剪。

(7) “放置”选项卡：定义特征草绘截面的平面。要创建拉伸截面，则单击“定义”按钮，打开草绘器以创建内部草绘，如图 4-1-8 所示。



图 4-1-8 “放置”选项卡

(8) “选项”选项卡：定义草绘平面每一侧的特征深度，如图 4-1-9 所示。

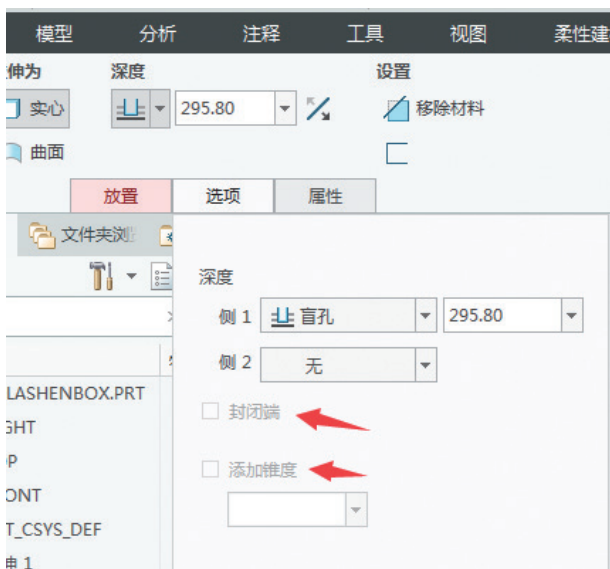



图 4-1-9 “选项”选项卡

(9) “属性”选项卡（图 4-1-10）：在选项卡的“名称”文本框中可以更改拉伸特征名称，需要时可以单击 （显示此特征的信息）按钮，从而在 Creo Parametric 浏览器中查看此特征的详细信息。

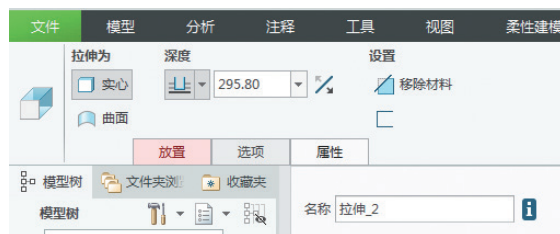


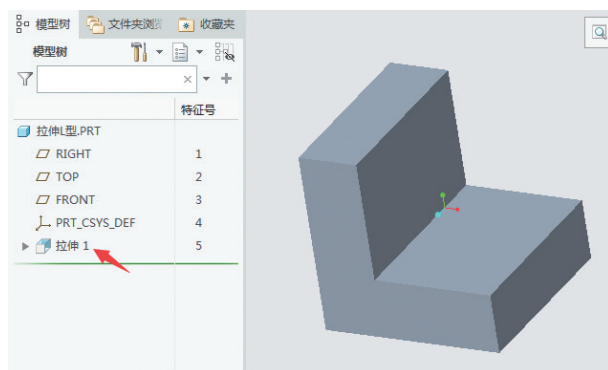
图 4-1-10 “属性”选项卡

#### 4.1.4 分步建模思路

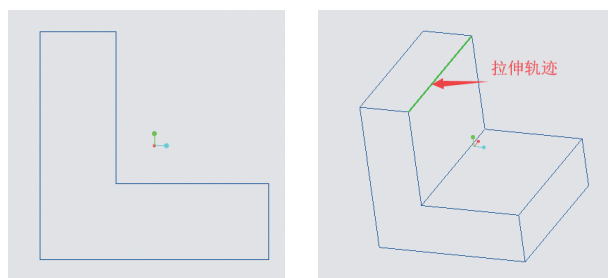
在三维产品设计中，一般很少有产品是一步建模就可以造出来的，通常都是分步建模，设计者可以通过叠加材料或者切除材料的方式设计相对复杂的产品，同时又可以简化设计过程。下面以 L 型产品为例讲解不同的建模思路。



方式 1：一步到位建模，用一步拉伸特征直接创建 L 型产品。“模型树”只有一步“拉伸 1”特征，如图 4-1-11 所示。



(a) L 形产品造型



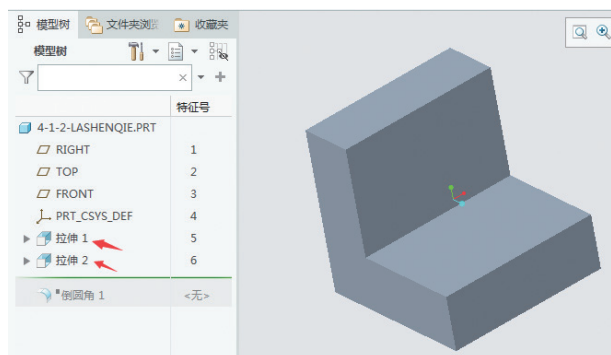
(b) 草绘种子

(c) 定义轨迹

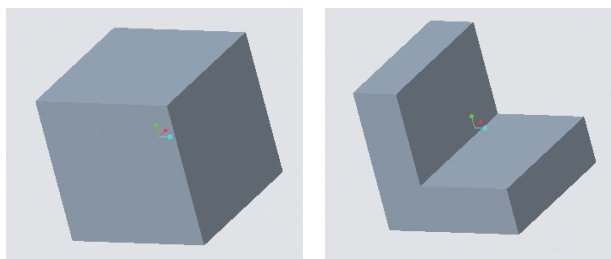
图 4-1-11 一步建模 L 型产品



方式 2：分步建模，采用拉伸整体再切局部材料的方案，“模型树”有“拉伸 1”和“拉伸 2”两步特征，如图 4-1-12 所示。



(a) 拉伸切材料



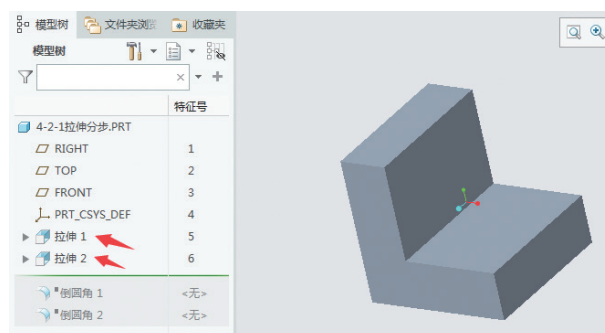
(b) 拉伸正方体

(c) 拉伸切 L 形

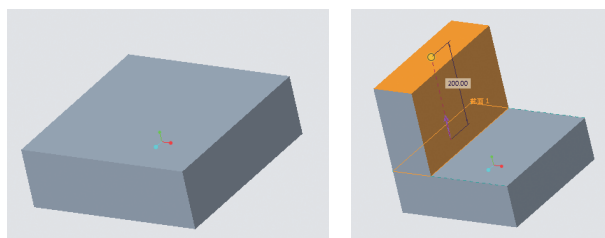
图 4-1-12 分步建模 L 型产品

方式 3：分步拉伸叠加方式，先创建一个长方体拉伸，再创建一个叠加的长方体，“模型树”

有“拉伸 1”和“拉伸 2”两步特征，如图 4-1-13 所示。



(a) 拉伸叠加



(b) 拉伸底部长方体

(c) 拉伸叠加长方体

图 4-1-13 拉伸叠加创建 L 型产品

提示：分步建模的思路是三维造型分析的基石，在启动软件开始建模前，需要思考建模的思路。同一个产品的建模思路可以是多种方式，可以选择设计者喜欢的方案。

## 4.2 基础夯实

下面通过两个典型操作实例介绍创建拉伸长材料、拉伸切材料、拉伸加厚薄壳的方法及技巧等。

### 4.2.1 案例 1：拉伸 L 型产品



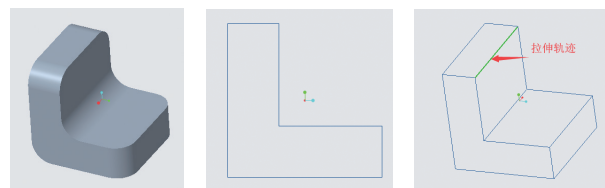
案例 1：  
拉伸 L 型产品

案例 1 是拉伸 L 型产品的操作练习，如图 4-2-1 所示，分析案例的知识点如下。

(1) 二元分析法：设定拉伸的种子面和轨迹。

(2) 草绘拉伸的“L”截面（种子），拉伸“实心”截面必须是封闭的。

(3) 定义拉伸深度和方向（轨迹）。



(a) L 形产品造型


(b) 草绘种子

(c) 定义轨迹

图 4-2-1 拉伸 L 型产品

案例 1 的具体操作步骤如下。

步骤 1：新建“零件”文件。

步骤 2：创建“L”形拉伸截面（种子）。单击“形状”组的 （拉伸）按钮。选择 FRONT 平面作为草绘平面，单击“草绘”按钮进入“草绘视图”，绘制截面，如图 4-2-2 所示。单击“确定”完成草绘截面（种子）。

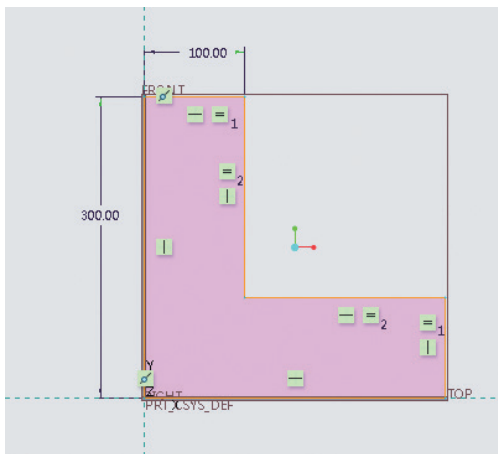


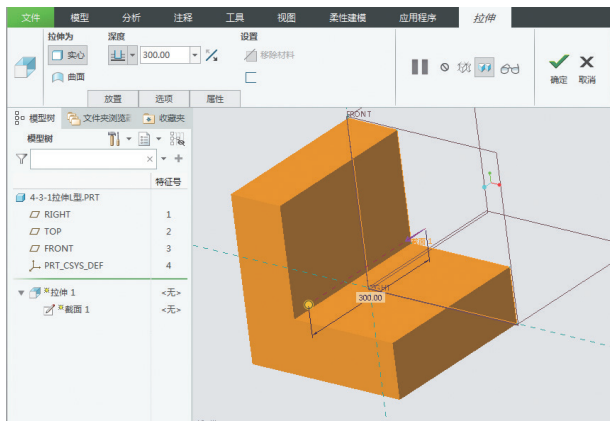


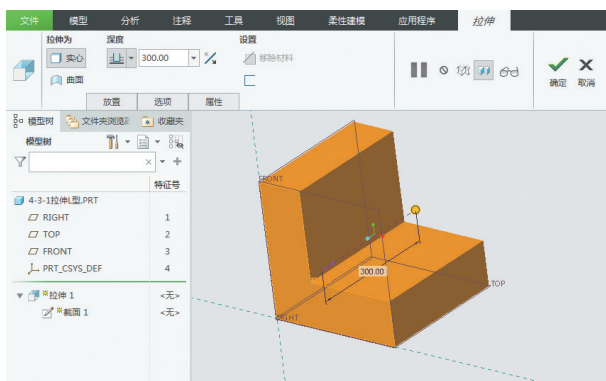
图 4-2-2 创建 L 形截面（种子）

步骤 3：定义拉伸选项。拉伸默认是“实心”选项，在“深度”选项输入数值“300”。单击 （深度方向）按钮，可以改变拉伸轨迹相对于草绘平面 FRONT 的方向（也可以单击图形区域的箭头改变拉伸方向），如图 4-2-3 所示。单击“确定”按钮，创建 L 形截面的拉伸。

步骤 4：保存“零件”文件，单击  保存文件，完成拉伸 L 型产品，如图 4-2-4 所示。



(a) 拉伸方向朝外



(b) 拉伸方向朝里

图 4-2-3 定义拉伸深度和方向

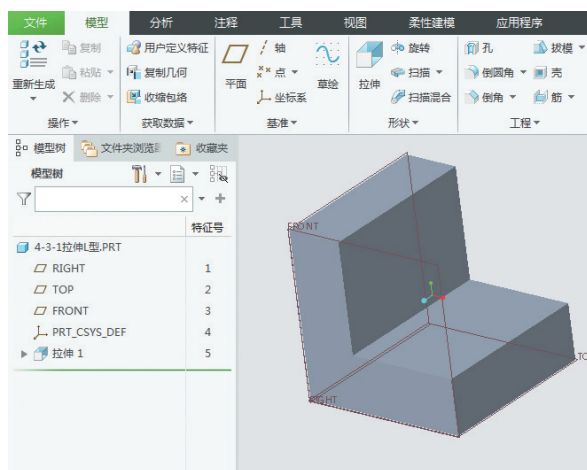


图 4-2-4 保存拉伸 L 型产品

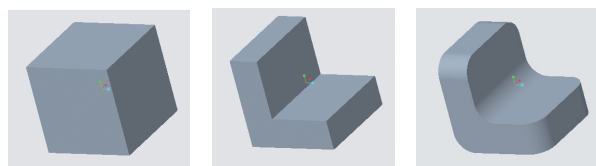
## 4.2.2 案例 2：拉伸切 L 型产品

案例 2 是拉伸切 L 型产品的操作练习，L 型的产品尺寸跟案例 1 一样，在本案例中将通过拉伸切除材料创建，如图 4-2-5 所示。分析案例的知识点如下。



(1) 拉伸切除材料需要满足两个条件：有实体存在、切除的截面和实体有重合。

(2) 分步建模：第一步拉伸实心正方体；第二步拉伸切材料，创建 L 型，拉伸“移除材料”截面必须是封闭的；第三步倒圆角，做细节设计。



(a) 拉伸正方体 (b) 拉伸切 L 型 (c) 倒圆角

图 4-2-5 拉伸切 L 型产品

案例 2 的具体操作步骤如下。

步骤 1：新建“零件”文件。

步骤 2：创建拉伸截面。单击“形状”组的 (拉伸) 按钮。选择 TOP 平面作为草绘平面，单击“草绘”按钮，进入草绘视图，绘制截面，如图 4-2-6 所示。单击“确定”完成草绘截面（种子）。

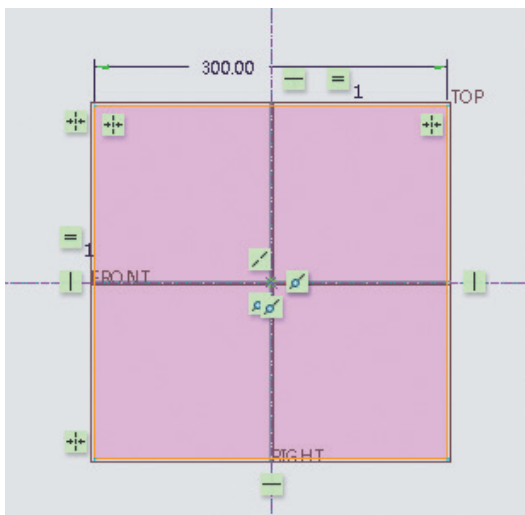


图 4-2-6 创建方形截面（种子）

步骤 3：定义拉伸选项。拉伸默认是“实心”选项，在“深度”选项输入数值“300”，如图 4-2-7 所示。单击“确定”创建正方形的拉伸。

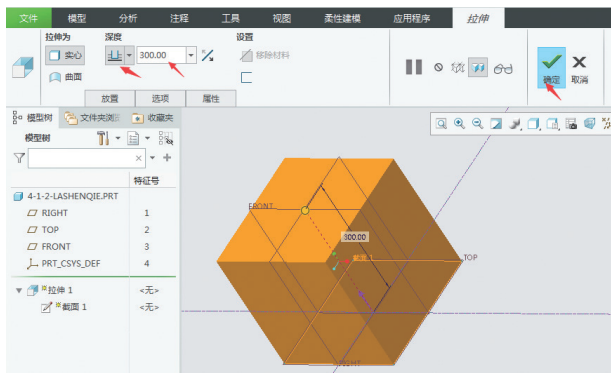


图 4-2-7 定义拉伸深度

步骤 4：创建拉伸切材料的方形截面。单击“形状”组的 (拉伸) 按钮。选择 FRONT 平面作为草绘平面，单击“草绘”按钮进入草绘视图，绘制截面，如图 4-2-8 所示。单击“确定”完成草绘截面。

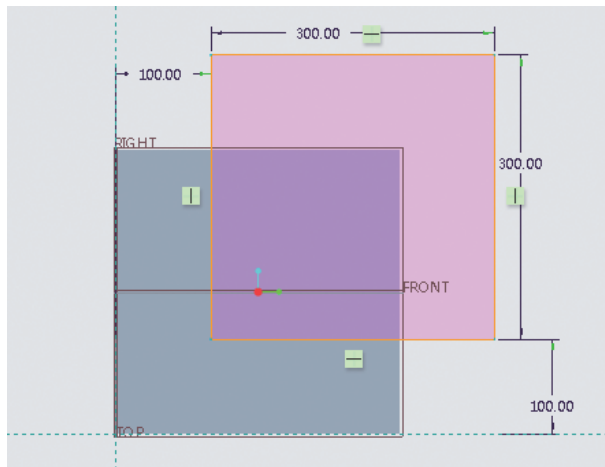


图 4-2-8 创建拉伸切材料的方形截面（种子）

步骤 5：定义拉伸切材料的拉伸选项。单击“拉伸”菜单栏的“移除材料”选项，在“深度”选项选择“对称”并输入数值“300”，如图 4-2-9 所示。单击“确定”，创建正方形的拉伸切材料。

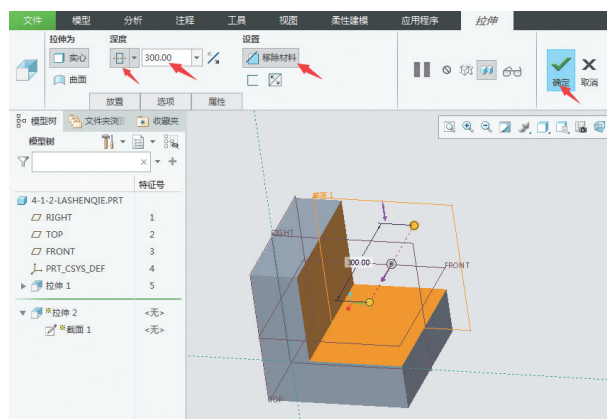


图 4-2-9 定义拉伸切材料的拉伸深度

步骤 6：创建圆角 1。单击“工程”组的 (倒圆角) 按钮，选择倒圆角的边。在“设置”输入数值“60”，单击“确定”创建圆角 1，如图 4-2-10 所示。

步骤 7：保存“零件”文件，单击 保存文件，完成拉伸切 L 型产品，如图 4-2-11 所示。



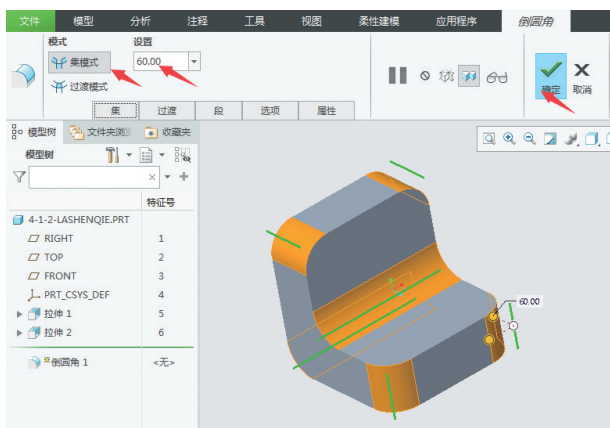
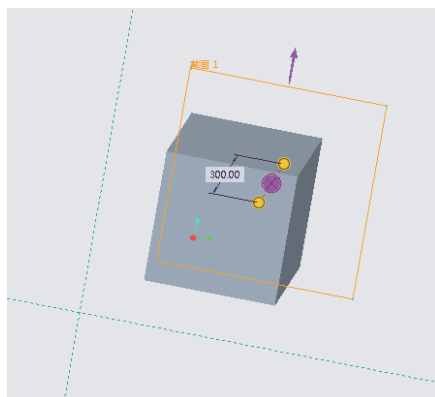


图 4-2-10 创建圆角 1



(b) 移除草绘截面以外的材料

图 4-2-12 拉伸移除材料的方向设置

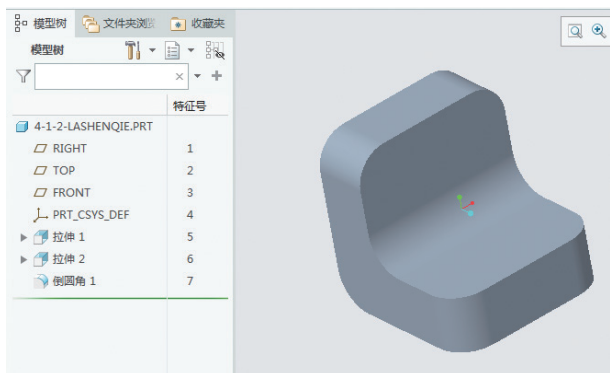
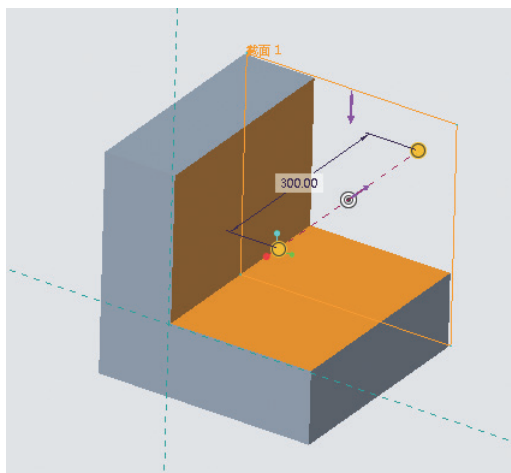


图 4-2-11 保存拉伸切 L 型产品

提示：创建拉伸“移除材料”时，可以单击图形区域的“草绘截面”箭头，选择要移除的材料方向。如图 4-2-12 (a) 所示，箭头朝里表示将“草绘截面”以内的材料移除；如图 4-2-12 (b) 所示，箭头朝外表示将“草绘截面”以外的材料移除。



(a) 移除草绘截面以内的材料

### 4.2.3 案例 3：拉伸加厚产品

案例 3 是拉伸加厚产品的操作练习，如图 4-2-13 所示，分析案例的知识点如下。

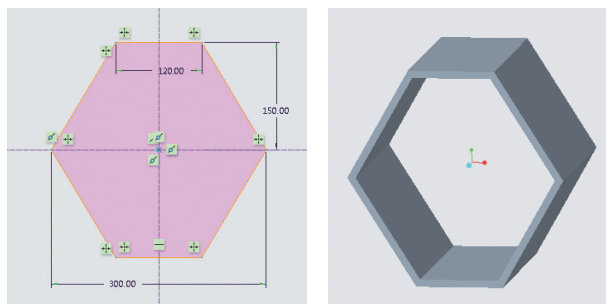
(1) 拉伸加厚的截面（种子）可以是封闭的，如图 4-2-13 (a) 所示；也可以是非封闭的，如图 4-2-13 (b) 所示。

(2) 定义拉伸的深度、方向。

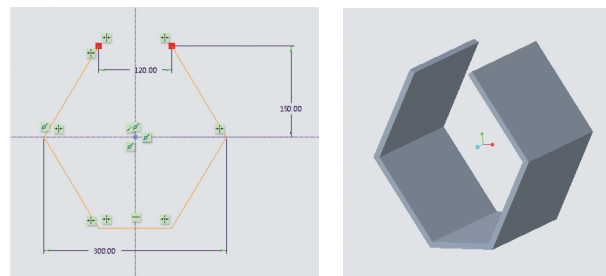
(3) 定义加厚的数值、方向。



案例 3：  
拉伸加厚产品



(a) 封闭的截面及产品




(b) 非封闭的截面及产品

图 4-2-13 拉伸加厚产品

案例 3 的具体操作步骤如下。

步骤 1：新建“零件”文件。

步骤 2：创建拉伸截面（六边形）。单击“形状”组的 （拉伸）按钮，选择 FRONT 平面作为草绘平面，单击“草绘”按钮进入草绘视图，绘制截面，如图 4-2-14 所示。单击“确定”完成草绘截面。

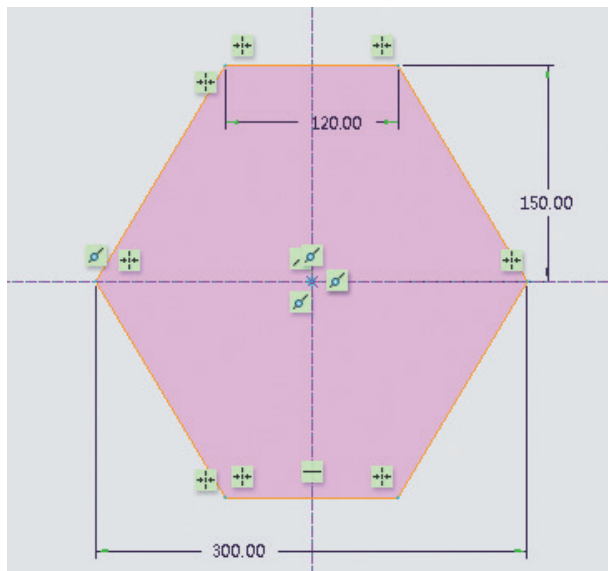




图 4-2-14 创建六边形截面（种子）

步骤 3：定义拉伸选项。拉伸默认是“实心”选项，在“深度”选项中输入数值“200”，单击 （加厚）按钮，输入数值“10”，单击  可以定义加厚的方向，有三种选择，分别是在草绘的一侧、另一侧或双侧间更改拉伸方向，三种方式设计者都可以尝试，如图 4-2-15 所示。单击“确定”创建拉伸加厚产品。

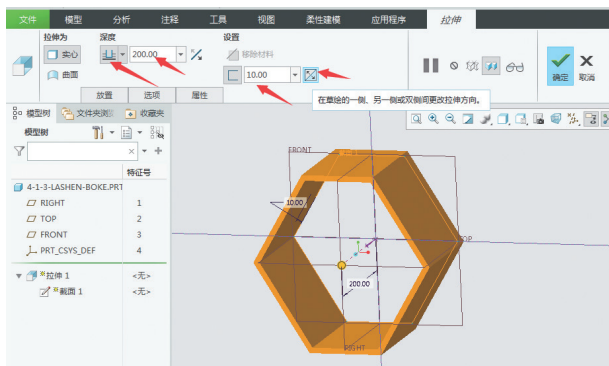


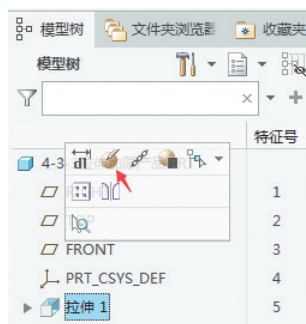
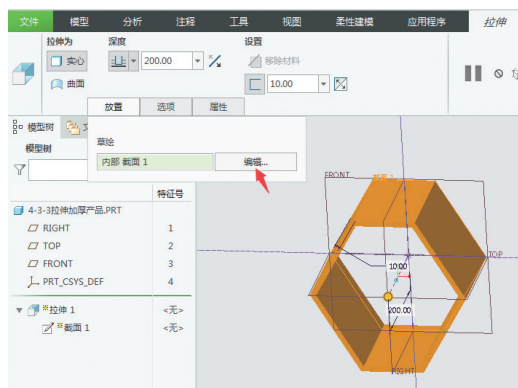


图 4-2-15 定义拉伸加厚深度

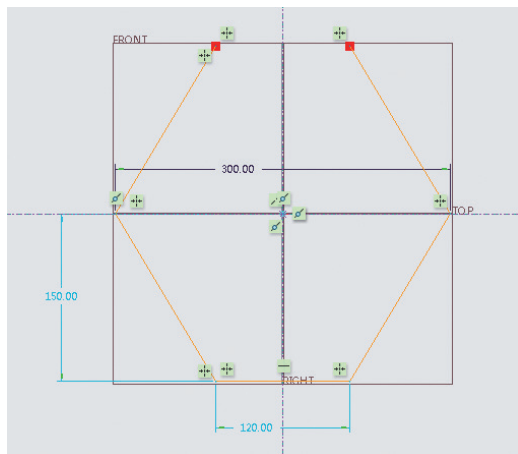
步骤 4：编辑拉伸加厚非封闭截面。单击模型树“拉伸 1”特征，在弹出的选项卡中选择 （编辑）按钮，如图 4-2-16（a）所示。进入“拉伸”模式，单击“放置”中的“编辑”，如图 4-2-16（b）所示。进入草绘模式，单击 （快速菜单栏），在图形区域进入草绘视图。删除顶部的结构线，创建如图 4-2-16（c）所示的截面，单击“确定”完成草绘截面（种子）。



(a) 模型树编辑特征



(b) 在拉伸对话框进入草绘模式



(c) 创建非封闭截面

图 4-2-16 编辑拉伸加厚非封闭截面

步骤 5：定义拉伸选项。保持各项参数不变， 4-2-17 所示。  
单击“确定”创建拉伸加厚非封闭截面产品，如图 步骤 6：保存“零件”文件，单击保存文件。

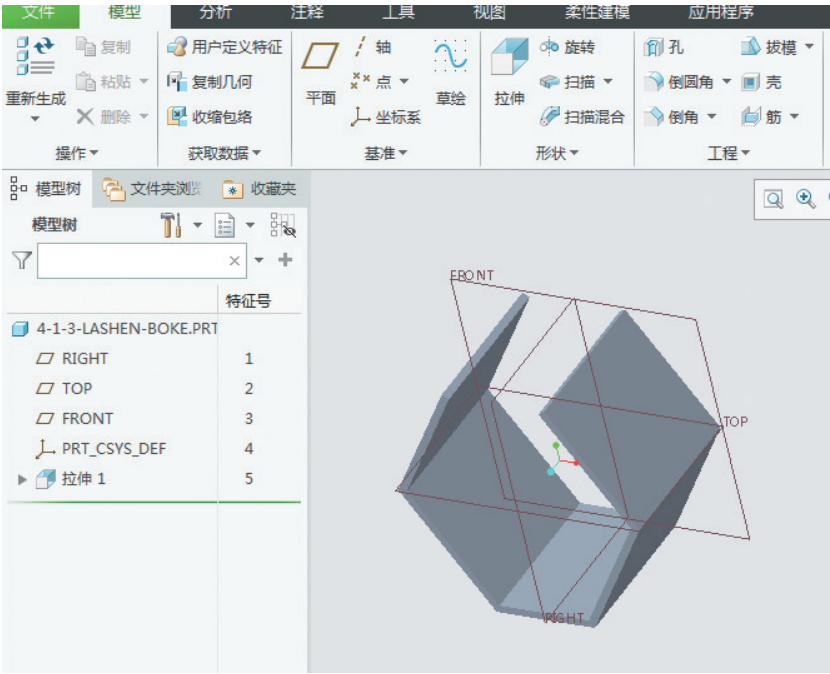


图 4-2-17 创建拉伸加厚非封闭截面产品

### 4.3 综合提升

本节将通过两个拉伸产品的综合案例练习，巩固拉伸建模的二元分析法和分步建模的基本操作。

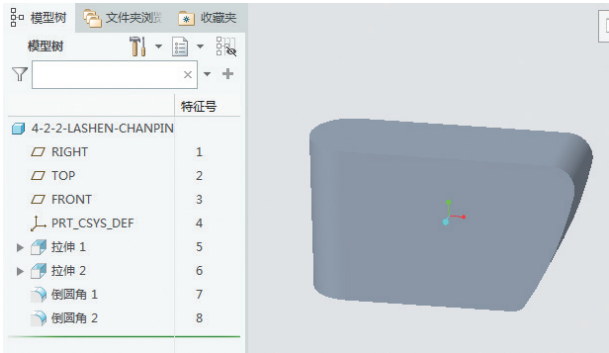
#### 4.3.1 综合案例 1：摄像机主体

综合案例 1 是拉伸摄像机主体产品的操作练习，如图 4-3-1 所示，分析案例的知识点如下。

- (1) 分步拉伸创建产品。
- (2) 先拉伸圆柱，再拉伸主体，再倒圆角。



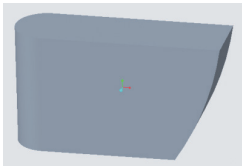
综合案例 1：摄像机主体



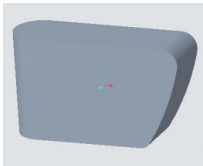
(a) 拉伸摄像机主体产品



(b) 创建圆柱



(c) 创建主体



(d) 倒圆角

图 4-3-1 分步拉伸摄像机主体产品

综合案例 1 的具体操作步骤见二维码。

步骤 1: 新建“零件”文件。

步骤 2: 创建拉伸 1。

步骤 3: 创建拉伸 2。

步骤 4: 创建圆角 1。

步骤 5: 创建圆角 2。

步骤 6: 保存“零件”文件, 单击  保存文件。

### 4.3.2 综合案例 2: 充电宝

综合案例 2 是拉伸充电宝产品的操作练习, 如图 4-3-2 所示, 分析案例的知识点如下。



案例背景: 随着《“十四五”智能制造发展规划》的推进, 智能电子产品普及加速, 充电宝市场需求持续增长。在此背景下, 充电宝产品设计趋于简约, 广泛采用金属拉丝工艺以增强质感。

产品设计旨在同时满足功能实用性与用户情感需求, 实现两者间的平衡。

(1) 分析产品造型: 定义主体拉伸的截面(种子)和拉伸轨迹, 如图 4-3-3 所示。

(2) 分步建模分析: 先草绘主体截面(种子)线, 再拉伸实体等步骤, 如图 4-3-4 所示。

(3) 创建“抽壳”操作。

(4) 创建“倒角”操作。



图 4-3-2 充电宝造型

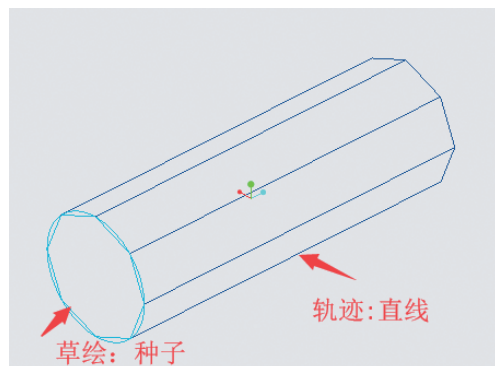
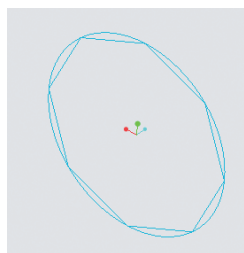
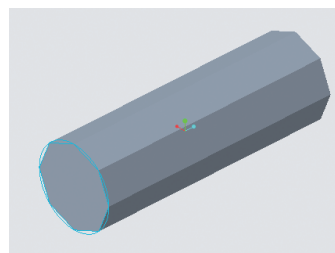


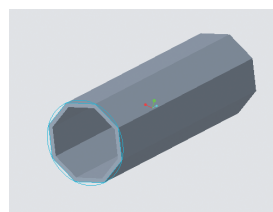
图 4-3-3 充电宝种子和轨迹



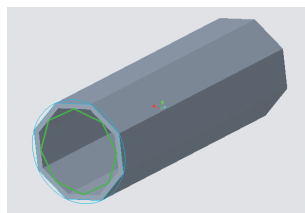
(a) 草绘主体截面线



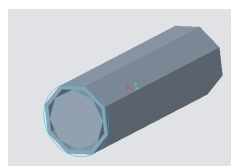
(b) 创建拉伸主体



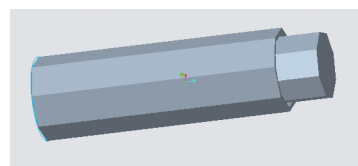
(c) 抽壳



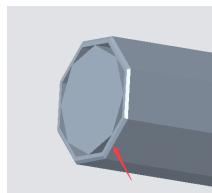
(d) 草绘内芯截面线



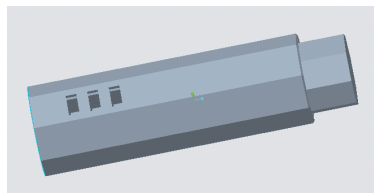
(e) 拉伸内芯



(f) 拉伸插座头

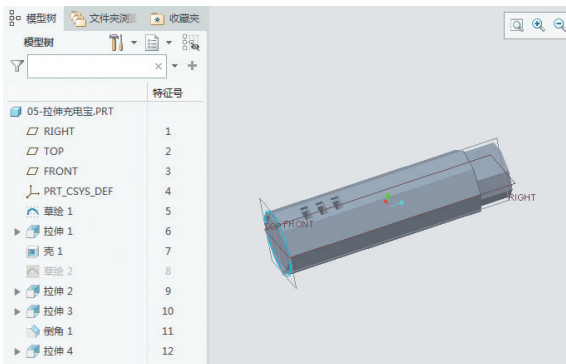


(g) 底部倒角



(h) 拉伸充电槽





(i) 完成充电宝产品造型

图 4-3-4 分步建模充电宝产品分析

综合案例 2 的具体操作步骤见二维码。

步骤 1: 新建“零件”文件。

步骤 2: 创建草绘 1。

步骤 3: 创建拉伸 1。

步骤 4: 创建抽壳 1。

步骤 5: 创建草绘 2。

步骤 6: 创建拉伸 2。

步骤 7: 创建拉伸 3。

步骤 8: 创建倒角 1。

步骤 9: 创建拉伸 4。

步骤 10: 保存“零件”文件，单击保存文件。

提示：草绘平面可以是基准平面，也可以是已有特征上的平面。草绘截面可以是草绘工具创建的，也可以是投影，偏移参照已有特征。

### 知识延伸

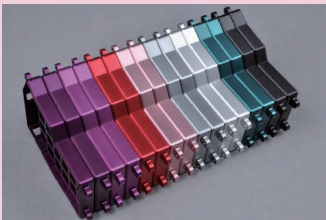
#### 铝材料

铝是一种银白色轻金属，化学符号为 Al，地壳中含量丰富但以化合物形式存在。其密度为  $2.69 \text{ g/cm}^3$ ，熔点  $660^\circ\text{C}$ ，具有多种优点，是仅次于钢铁的第二大类金属。铝的优点包括密度小、重量轻、韧性好、易加工、耐低温、耐腐蚀、导电导热性好、无磁性、焊接性佳且可回收利用；缺点是纯铝强度较低，不适合用作承重部件。

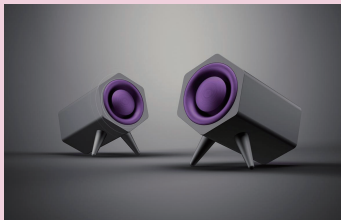
铝合金通过在铝中添加其他元素以改进铝的性能，具有铝的优点并弥补其不足，常见类型有铝硅合金和铝镁合金。作为工业中应用最广泛的有色金属材料，铝合金在航空、航天、汽车、机械制造、船舶及化工等领域得到大量应用，如图 4-3-5 所示。



(a)



(b)



(c)

图 4-3-5 常见铝合金材料产品

铝常用的表面处理工艺有阳极氧化、机械拉丝（直纹、太阳纹、乱纹、斜纹等）、高光切边、批花、镭雕等。

拉丝工艺是铝合金表面处理的重要技术，通过砂纸或拉丝轮在表面形成细腻均匀的线状纹理，呈现发丝般的光泽效果，增强视觉质感与结构强度感。根据拉丝方式不同，如直线纹、随机纹、波纹和螺旋纹，铝合金可满足多样化设计需求。直线拉丝通过机械摩擦在铝板表面形成直线纹路，兼具消除划痕和装饰作用，分为连续丝纹和断续丝纹。

机械拉丝适用于水镀后的塑胶产品（镀层需足够厚）以及金属材料，尤其是铝和不锈钢。由于铝表面硬度较低，拉丝效果优于不锈钢，铝的拉丝工艺广泛应用于装饰与功能性表面处理。

## 4.4 工程特征

### 4.4.1 模型树

#### 1. “模型树”定义

以“树”形式显示模型特征结构，默认情况下“模型树”在 Creo Parametric 界面的左侧导航区，其根对象（零件或者装配组件）位于树的顶部，附属对象（特征或者零件）位于下部。

（1）零件模型树：树根是零件名称，树干是零件模型中创建的“特征”，如图 4-4-1 所示。

（2）装配模型树：树根是装配组件名称，树干是组装的零件，并在零件名称下可以设置显示零件的特征，如图 4-4-2 所示。

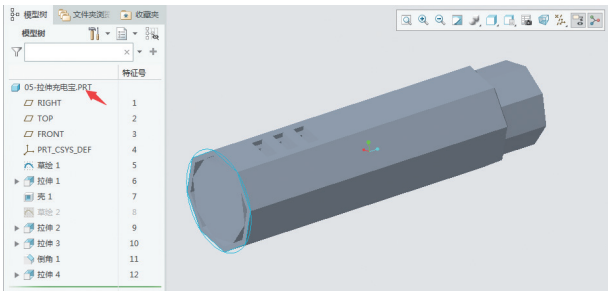


图 4-4-1 零件模型树

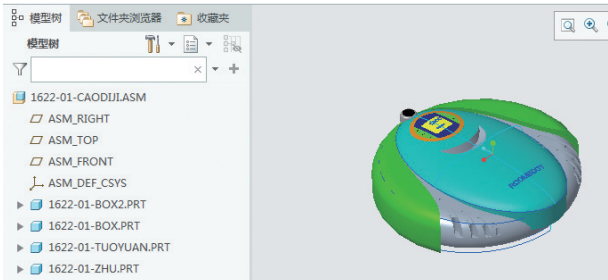


图 4-4-2 装配模型树

#### 2. 模型树选项


在导航区模型树的上方，单击 （设置）按钮，进入模型树选项下拉菜单，可以执行设置模型树的“树过滤器”“树列”和保存模型树等操作，如

图 4-4-3 所示。

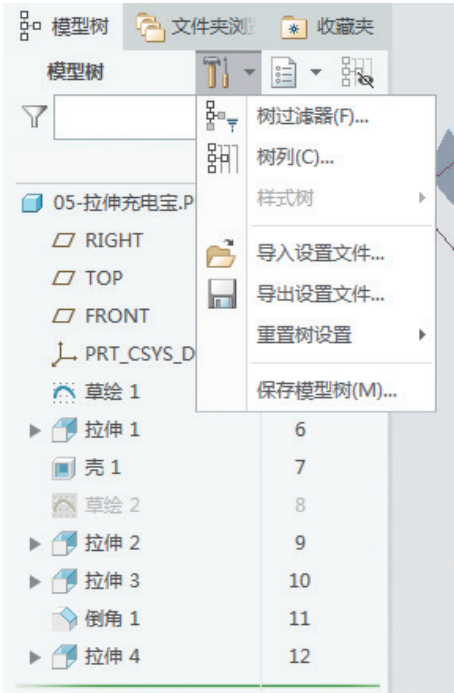


图 4-4-3 模型树选项下拉菜单

（1）设置“树过滤器”。选择“树过滤器”命令，弹出如图 4-4-4 所示的“模型树项”对话框，在“显示”选项组中勾选需要在模型树中显示的项目。

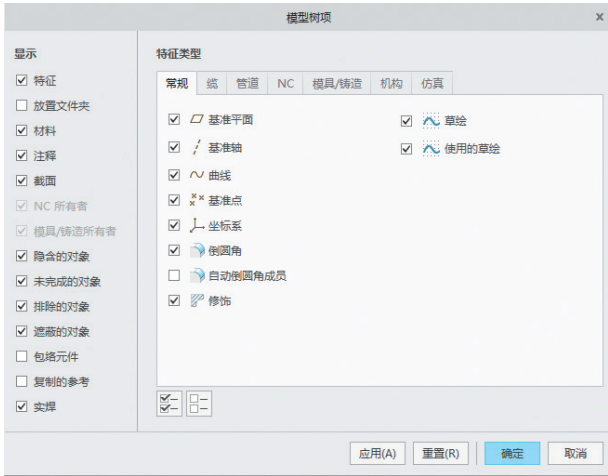



图 4-4-4 树过滤器

(2) 设置“树列”。该命令用于设置“模型树列”的显示选项。在“模型树列”对话框中，在“不显示”选项组中从“类型”中选择某个将要显示的列项目，例如，选择“信息”类型下的“特征状况”，单击  (添加列) 按钮，从而将该列项目移动到“显示”选项组的列表框中，如图 4-4-5 所示。单击“应用”按钮，则该项目显示在模型树的右侧区域，如图 4-4-6 所示。

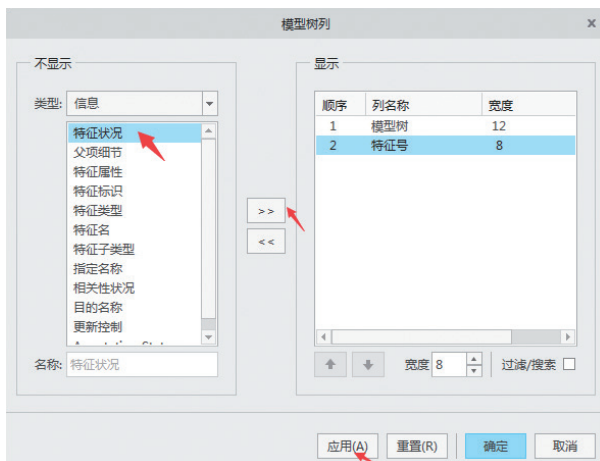


图 4-4-5 树型树列

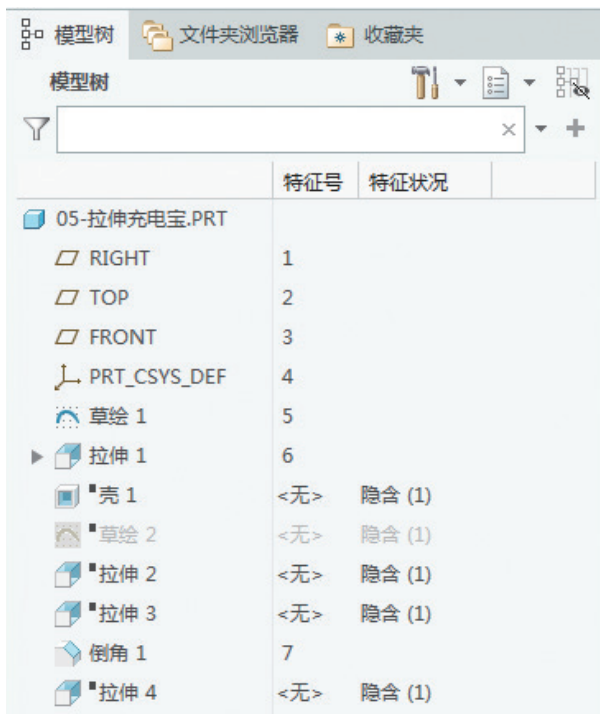


图 4-4-6 添加“特征状况”树列

## 4.4.2 特征

特征是零件模型记录参数信息的载体。Creo Parametric 是参数化设计的工程软件，在模型中每创建一个特征，在模型树的树干上便产生一条记录。本节以零件模型为例，介绍模型树和特征的关系。设计者使用模型树可以更好地管理特征，处理各特征之间的次序和父子关系。



在模型树中单击选择某一特征，弹出特征编辑选项卡，如图 4-4-7 所示。

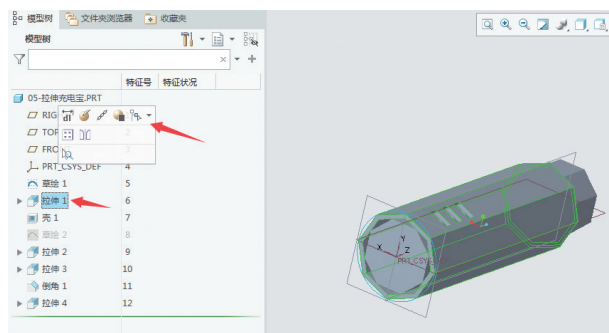



图 4-4-7 特征编辑选项卡

(1) 编辑尺寸是对选中特征的尺寸进行编辑。选择草绘 1 特征，单击  (编辑尺寸) 按钮，在图形区域显示草绘 1 的尺寸，单击尺寸“50”，可以输入新的数值，更新设计，如图 4-4-8 所示。

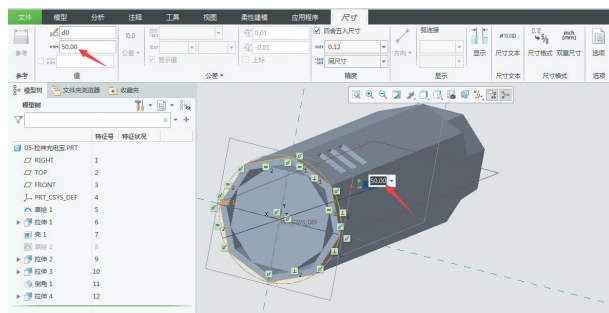



图 4-4-8 编辑尺寸

(2) 编辑定义是对选中特征进行重新定义。选择拉伸 1 特征，单击  (编辑定义) 按钮，重新进入拉伸 1 的创建对话框，对拉伸 1 进行相应的编辑，如图 4-4-9 所示。

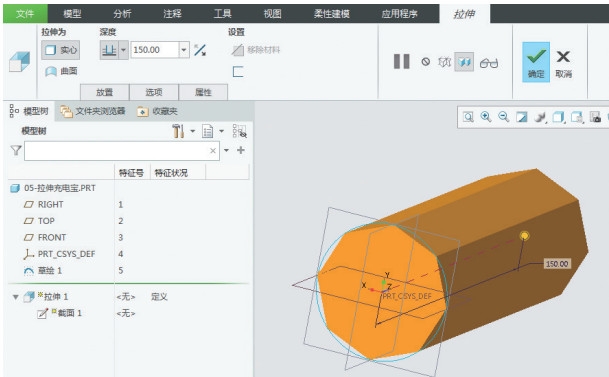


图 4-4-9 编辑定义

(3) 插入特征。可以在现有模型树的任何位置插入新特征，选中特征线，按住鼠标左键同时拖动特征线到相应的特征下，进入插入模式，可以在此创建新的特征，如图 4-4-10 所示。

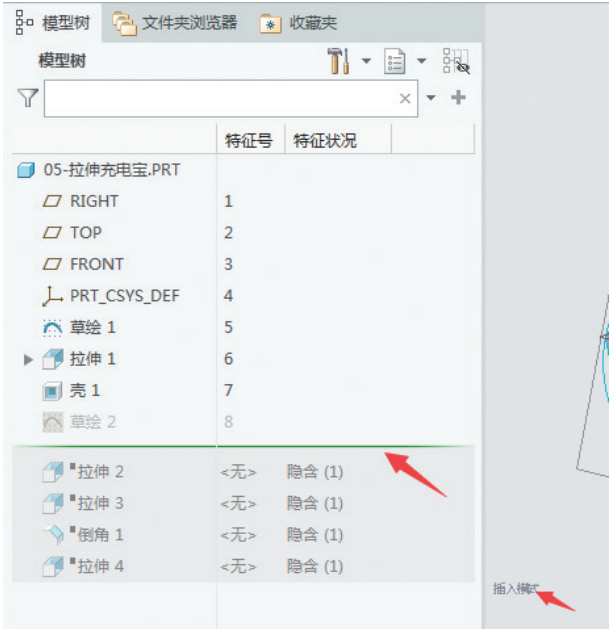


图 4-4-10 插入特征

(4) 特征的父子关系是特征之间的参照关系：只要一个特征参考了另外一个特征的信息，该特征就称为被参考特征的子特征，被参考的特征就是父特征。

例如，设置充电宝案例的拉伸 1 特征的父子关系，鼠标右键单击“拉伸 1”特征，在弹出的选项卡中选择“信息”中的“参考查看器”，如图 4-4-11 所示。在“参考查看器”中列出“拉伸 1”的参考

特征关系图，左边的是父特征，右边的是子特征，如图 4-4-12 所示。

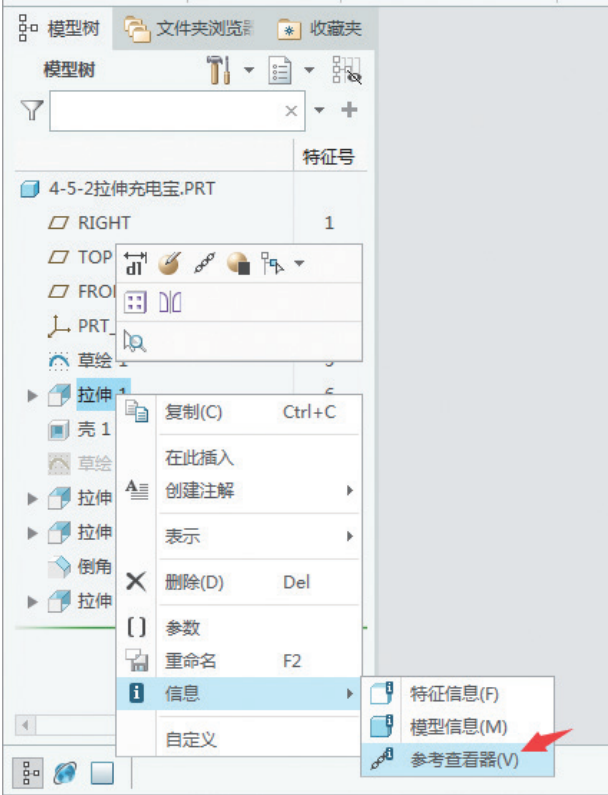


图 4-4-11 选择参考查看器

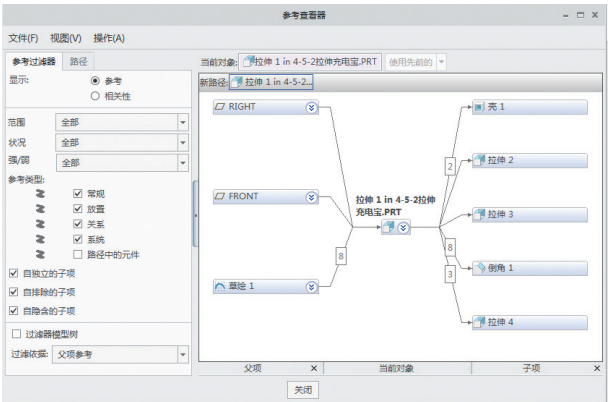
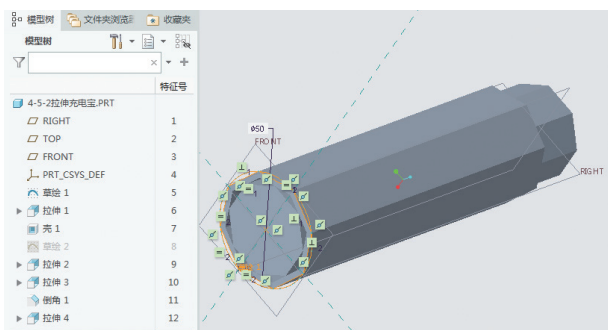


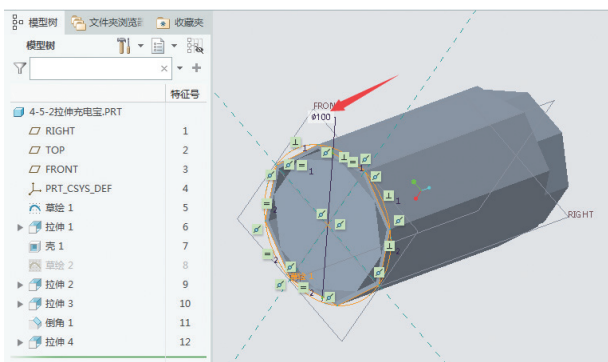
图 4-4-12 参考查看器对话框

提示：父特征发生变化时，所有相关的子特征都会发生相应的变化；反之，子特征的变化不会影响父特征。例如，将“拉伸 1”的父特征“草绘 1”的尺寸从“50”改为“100”，子特征“拉伸 1”也发生了相应的变化，如图 4-4-13 所示。



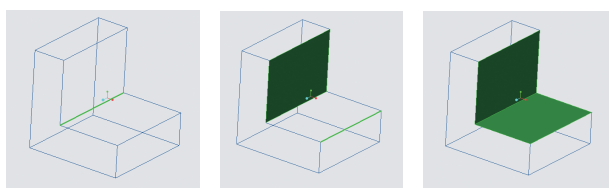


(a) 父特征变化前



(b) 父特征变化后

图 4-4-13 父特征变化对子特征的影响



(a) 边

(b) 曲面到边

(c) 曲面到曲面

图 4-4-14 圆角选择方式

本小节以实例操作介绍常用的圆角创建方式，初始模型如图 4-4-15 所示。

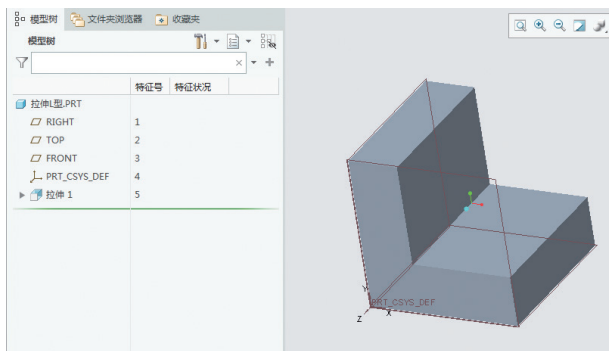


图 4-4-15 圆角案例初始模型

## 4.4.3 圆角

圆角特征在零件设计中很常用，主要用于产品的造型细节和改善零件工艺等。选择圆角对象有三种方式，如图 4-4-14 所示。



(1) 边：通过选择一条或多条边来创建圆角特征，按住“Ctrl”键可以添加多条边到同一个“集”中。圆角会沿着相切的邻边进行传播，直至在切线中遇到断点。

(2) 曲面到边：通过先选择曲面，然后结合“Ctrl”键选择边来放置圆角，以此方式创建的圆角与曲面和边都保持相切。

(3) 曲面到曲面：通过结合“Ctrl”键选择两个曲面来放置圆角，圆角的边与参考面仍保持相切。

## 1. 创建恒定圆角

在功能区“模型”选项卡的“工程”组中单击“倒圆角”按钮，打开“倒圆角”选项卡。选择要创建圆角的边 1，按住“Ctrl”键的同时依次选择其他边为参考，在“设置”中输入数值“20”，创建恒定圆角，如图 4-4-16 所示。

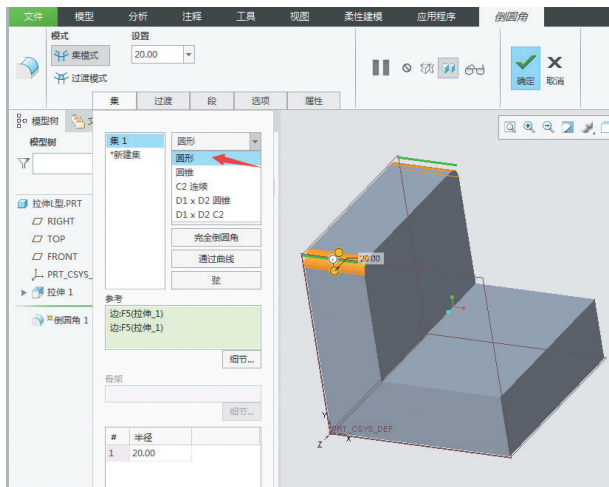


图 4-4-16 创建恒定圆角（圆形）

在“倒圆角”选项卡的“集”面板上的截面形状框中,提供了不同的截面形状选项。不同的圆角截面形状示例如图 4-4-17 所示。

(1)“圆形”:用 Creo Parametric 创建圆形截面,需定义半径。此选项为默认项。

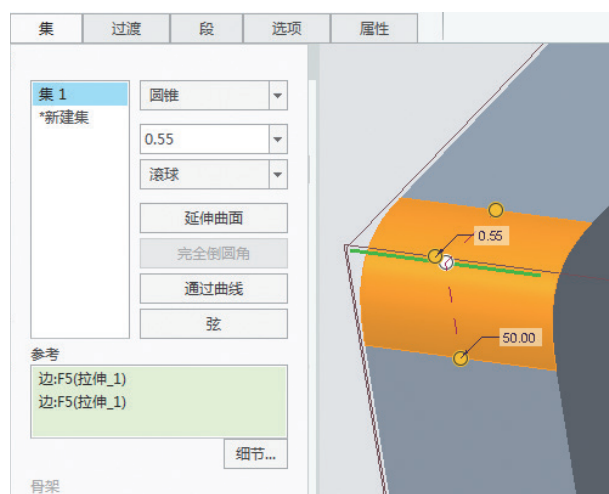
(2)“圆锥”:使用从属边创建“圆锥”截面形状的圆角。用户可以使用圆锥参数(0.05 ~ 0.95)来控制圆锥形状的锐度,并可以修改一边的长度以对应边自动捕捉至相同长度。

(3)“C2 连续”:利用介于 0.05 ~ 0.95 之间的

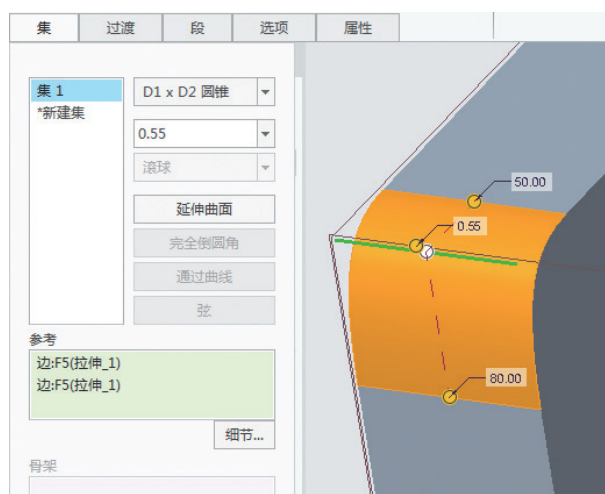
“C2 形状因子”定义样条形状,然后设置圆锥长度。此选项适用于“恒定”圆角集。

(4)“D1 × D2 圆锥”:使用独立边创建“D1 × D2”圆锥截面形状的圆角。用户可以分别修改每边的长度,以限定该圆锥圆角的形状范围。如果要反转边,只需使用“反向”按钮。

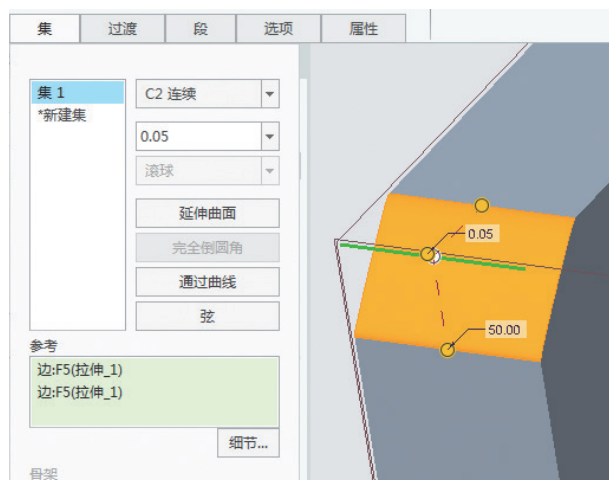
(5)“D1 × D2 C2”:使用曲率延伸至相邻曲面的具有独立距离的样条剖面创建圆角,此类圆角使用了 C2 形状因子定义样条形状。



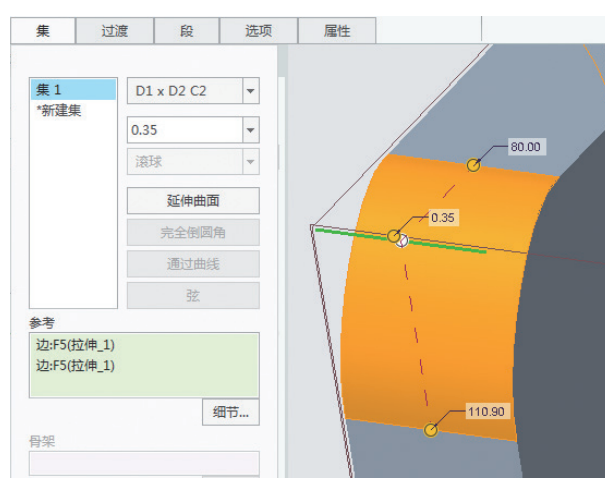
(a) 圆锥



(c) D1 × D2 圆锥



(b) C2 连续




(d) D1 × D2 C2

图 4-4-17 不同的圆角截面形状示例

## 2. 创建可变圆角

可变圆角的设计思路是在恒定半径圆角特征的基础上，添加其他圆角半径控制点。然后设置各控制点的位置及半径，从而形成可变圆角。

(1) 单击  按钮，打开“倒圆角”选项卡。选择要创建圆角的边。在“设置”输入数值“80”，创建恒定圆角，如图 4-4-18 所示。

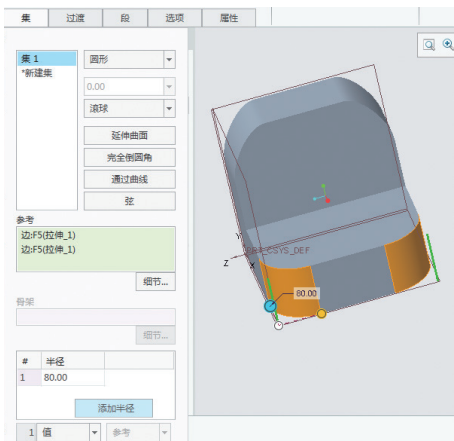


图 4-4-18 创建恒定圆角

(2) 在“集”面板的半径表中单击鼠标右键，选择快捷菜单中的“添加半径”命令，即可添加一个半径控制点。使用同样的方法，再添加一个半径控制点。修改各半径控制点的半径值和相应的位置。在“倒圆角”选项卡中单击“确定”按钮，创建可变圆角，如图 4-4-19 所示。

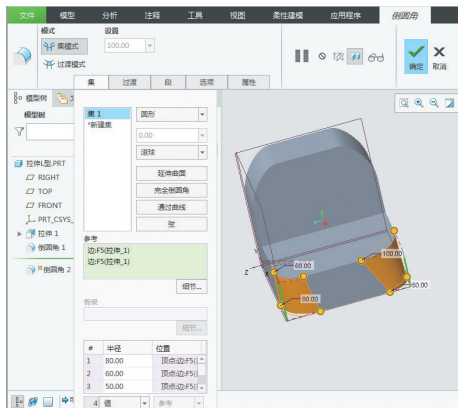



图 4-4-19 创建可变圆角

提示：在编辑定义过程中打开“倒圆角”选项卡，进入“集”面板，接着在半径表中单击右键，选择“成为常数”命令，将现有可变圆角转换为“恒定”圆角。

## 3. 创建由曲线驱动的圆角

由曲线驱动的圆角的设计思路是先创建曲线，在圆角选项中添加该曲线驱动的圆角。

(1) 创建草绘曲线。单击“基准”组的 （草绘）按钮，选择 FRONT 平面作为草绘平面，绘制如图 4-4-20 所示的截面，单击“确定”创建草绘曲线。

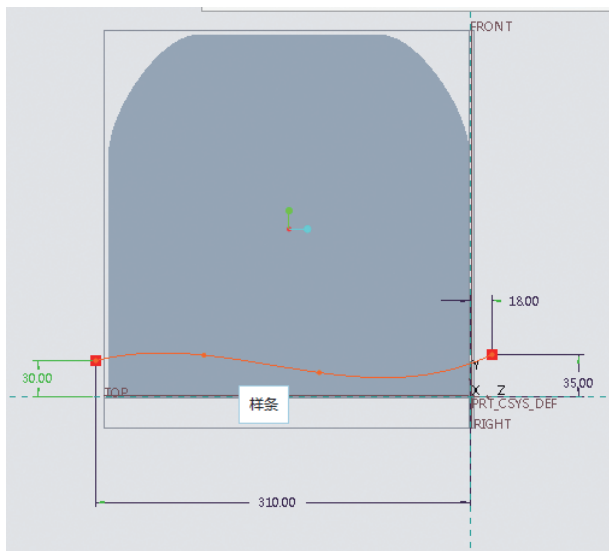



图 4-4-20 草绘曲线

(2) 单击  按钮，打开“倒圆角”选项卡。选择要创建圆角的边，如图 4-4-21 所示。单击“通过曲线”选项，选择“草绘 1”作为驱动曲线，创建由曲线驱动的圆角。

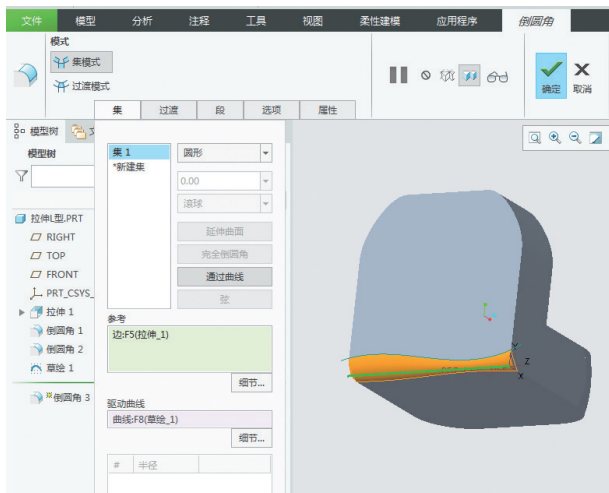
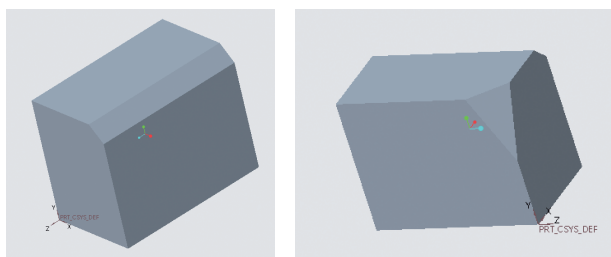


图 4-4-21 创建由曲线驱动的圆角

#### 4.4.4 倒角



(a) 边倒角

(b) 拐角倒角

图 4-4-22 倒角类型

##### 1. 边倒角

边倒角和圆角有些类似。在功能区“模型”选项卡的“工程”组中单击 倒角 (边倒角) 按钮, 则打开“边倒角”选项卡, 如图 4-4-23 所示。边倒角在设置选项中有 6 种不同的方式, 如图 4-4-24 所示。

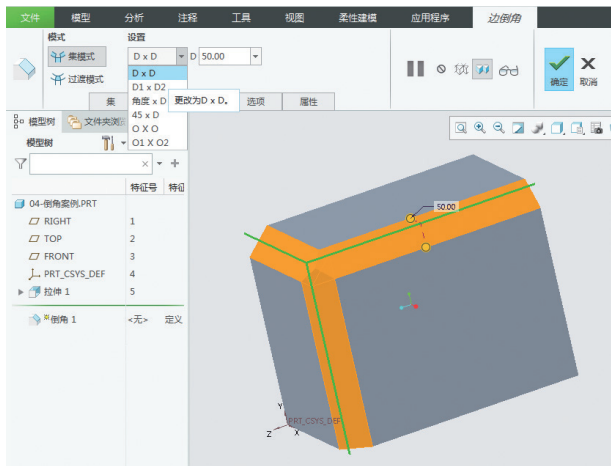


图 4-4-23 “边倒角”选项卡

(1)  $D \times D$  : 在各表面上与边相距  $D$  处创建倒角。Creo Parametric 会默认选择此选项。

(2)  $D1 \times D2$  : 在一个曲面距选定边  $D1$ 、另一

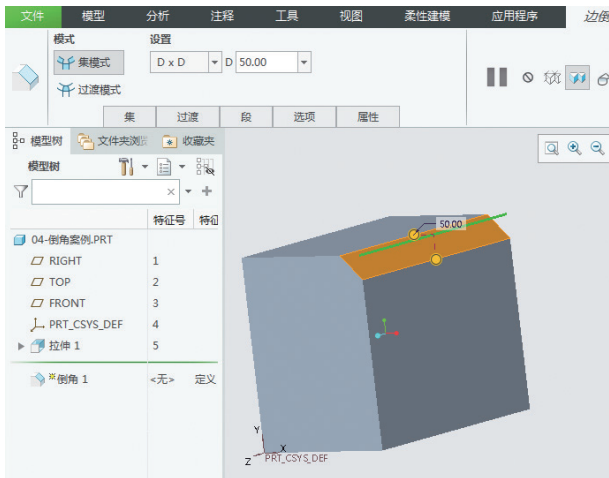
个曲面距选定边  $D2$  处创建倒角。

(3) 角度  $\times D$  : 创建一个倒角, 它距相邻曲面的选定边距离为  $D$ , 与该曲面的夹角为“角度”。

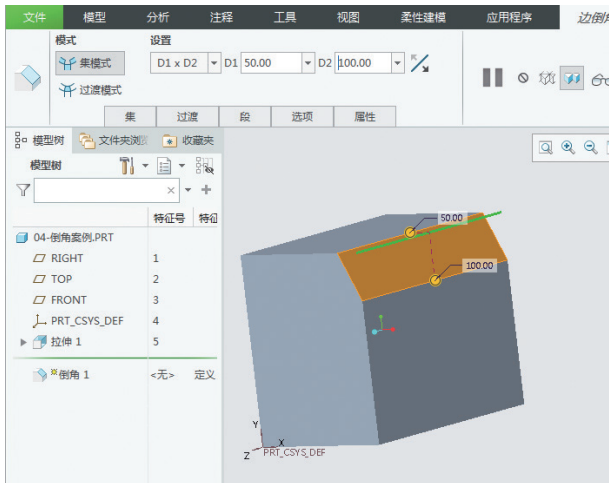
(4)  $45 \times D$  : 创建一个倒角, 它与两个曲面都成  $45^\circ$  角, 且与各曲面上的边的距离为  $D$ 。注意此选项仅适用于使用  $90^\circ$  曲面和“相切距离”创建方法的倒角。

(5)  $O \times O$  : 在沿各表面上的边偏移  $O$  处创建倒角。仅当  $D \times D$  不适用时, Creo Parametric 才会默认选择此选项。

(6)  $O1 \times O2$  : 在一个曲面距选定边的偏移距离  $O1$ 、另一个曲面距选定边的偏移距离  $O2$  处创建倒角。



(a)  $D \times D$



(b)  $D1 \times D2$



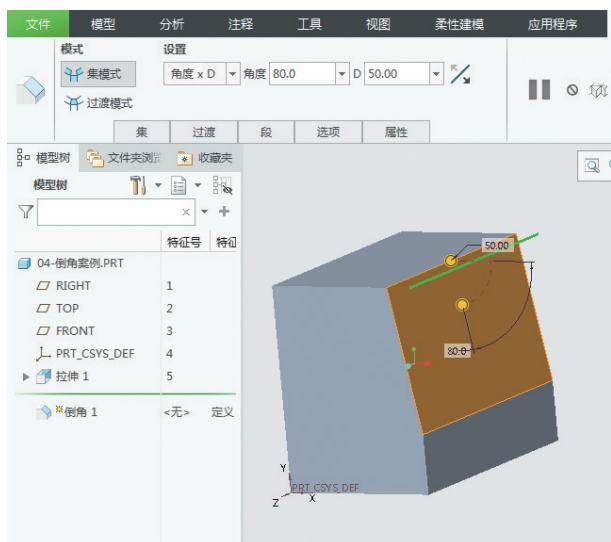
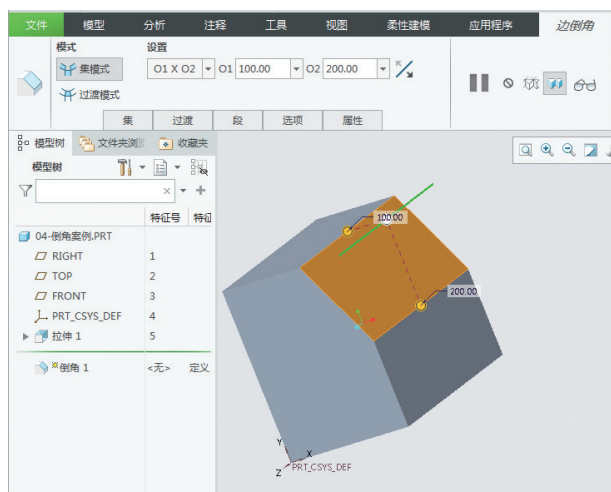

(c) 角度  $\times$  D(f) O1  $\times$  O2


图 4-4-24 不同的边倒角设置方式

下面介绍一个创建边倒角特征的典型操作实例。

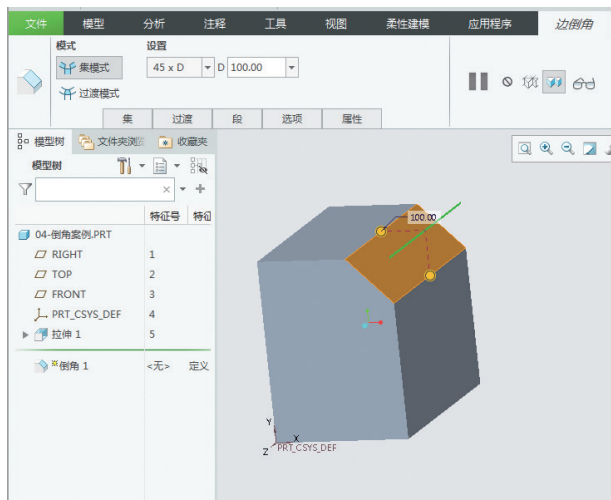
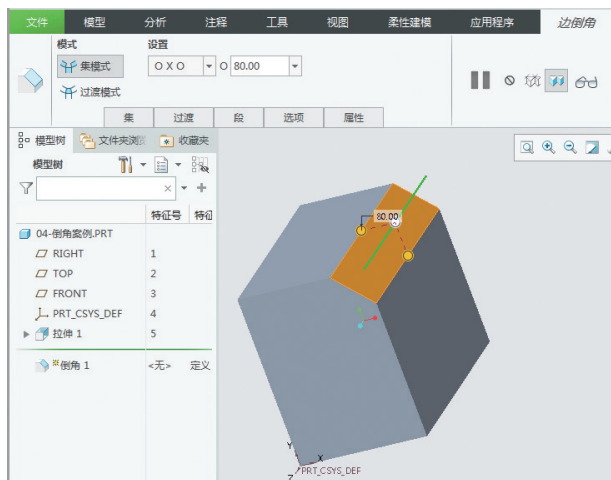
步骤 1：打开本书第四章案例文件夹“4-4-1 倒圆角”文件，或者设计者自行新建一长方体。

步骤 2：在功能区“模型”选项卡的“工程”组中单击  倒角（边倒角）按钮，则打开“边倒角”选项卡。



步骤 3：在“边倒角”选项卡的下拉列表框中选择不同的设置方式，输入数值，体验不同效果。

步骤 4：在“边倒角”选项卡中单击  按钮，完成创建边倒角。


提示：产品设计过程中可根据造型需要选择对应的边倒角设置方式。

(d) 45  $\times$  D(e) O  $\times$  O

## 2. 拐角倒角

步骤 1：在功能区“模型”选项卡的“工程”组中单击  倒角 旁三角形中的  拐角倒角（拐角倒角）按钮，打开“拐角倒角”选项卡，在图形区域选择需要拐角倒角的顶点，如图 4-4-25 所示。

步骤 2：单击 D1 旁的框，接着在 D1 旁的框中输入或选择一个距离值，或者在图形窗口中拖动 D1 方向控制滑块。本例将 D1 的距离值设置为“200”。单击 D2 旁的框，设置沿 D2 方向边的距离值为“100”。单击 D3 旁的框，设置沿 D3 方向边的距离值为“50”，如图 4-4-26 所示。

步骤 3: 在“拐角倒角”选项卡中单击按钮, 完成拐角倒角。

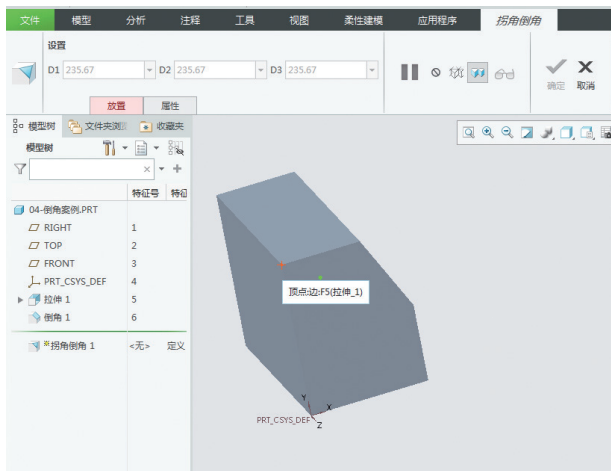


图 4-4-25 选择“拐角倒角”顶点

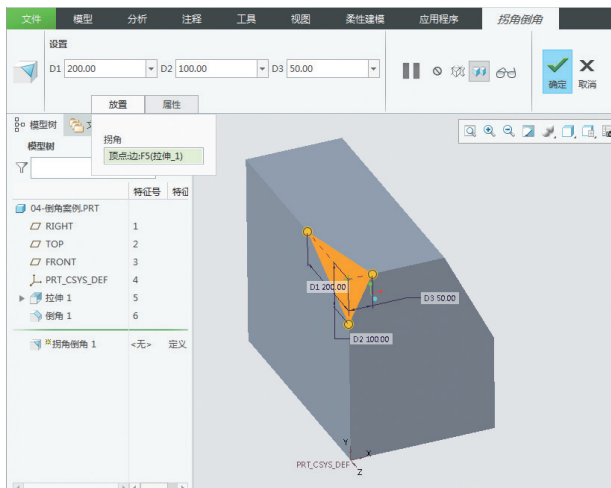


图 4-4-26 设置“拐角倒角”选项卡

## 本章小结

在 Creo Parametric 三维建模基础操作中, 拉伸建模是最基础也是最常用的命令。本章结合两个产品造型建模综合案例, 学习了拉伸基础操作和分步建模应用的难点, 而且通过加入“抽壳”“倒圆角”“倒角”等工程组的命令, 细化产品的造型, 引导设计者理解建模的基本思路, 同时注重产品的细节设计, 促进其勤加练习, 学以致用, 举一反三。通过对本章的学习, 设计者能对常见的产品造型进行拉伸建模。

## 课外拓展

### 1. 理论巩固

- (1) 拉伸建模的二元分析法: 种子和轨迹的定义是什么?
- (2) 理解三维建模同基准平面(坐标系)的空间关系?
- (3) 拉伸的深度定义有哪几种, 具体功能含义和操作要领是什么?
- (4) 拉伸长材料、移除材料、加厚材料的使用场景和对截面的要求是什么?
- (5) 常用的倒圆角、倒角有哪些命令?

### 2. 技能提升

- (1) 链接 I+X。

设计一款多功能插线板。用户对象追求数字生活的个性化; 造型简洁偏中性; 要求满足国内居家日常使用, 符合安全要求, 具有电源总开关及显示, 满足至少 3 个用电器能同时接入使用的要求; 主体的外观造型以直线为特色; 产品以塑料、橡胶作为主要材质。

图 4-5-1 仅为参考设计, 根据产品图片分析造型特征, 逆向三维建模, 提升产品设计 3D 表达技能。



(a)



(b)

图 4-5-1 多功能插线板产品参考设计

## (2) 设计实践。

上机练习具有拉伸特征的智能电子产品，开拓思路，从平时练习中积累创意元素，提升设计能力，助力“十四五”智能制造发展规划。拉伸建模智能电子产品，具体造型参照图 4-5-2，注意尺寸比例和细节设计。



(a)



(b)

图 4-5-2 智能电子产品

## 3. 广角聚焦：健康类产品的设计

伴随着健康意识的提升，健康类产品设计正成为中国设计领域的热点。从智能穿戴设备到家居健康用品，中国设计师和品牌通过创新设计，为用户提供更科学、更贴心的健康解决方案。

中国品牌“美的”推出的智能空气净化器系列，结合了现代科技与健康理念。其产品设计简约时尚，支持智能感应和远程控制功能，能够实时监测空气质量并自动调节净化模式。同时，空气净化器的外观设计融入了家居美学，如圆润的边角和柔和的色调，使其能够轻松融入各种家居环境，深受消费者喜爱。

“小熊电器”推出的智能养生壶系列，结合了传统养生文化与现代科技。其产品设计简洁易用，支持多种养生模式，如煮茶、炖汤、保温等，满足现代人对健康生活的需求。同时，养生壶的外观设计融入了中式美学元素，如仿木纹手柄和陶瓷材质。智能养生壶既实用又美观，深受消费者喜爱。

中国品牌“九安医疗”推出的智能血压计。这款产品通过简洁直观的设计和智能化的功能，让用户能够轻松监测血压数据，并通过手机 APP 生成健康报告。其设计不仅关注测量的准确性，还注重用户体验的便捷性，特别适合老年人使用。这种以用户为中心的设计理念，让健康管理变得更加简单和高效。

健康类产品的设计，不仅是功能与美学的体现，更是对用户关怀的表达。它提醒我们，设计的力量可以改变生活，而中国的创新正在为全球健康事业注入新的活力。