

第 3 章 零件实体建模



实体建模是 SolidWorks 提供的三维模型数据的一种途径，可以通过实体建模了解产品的真实形状与结构，还可以通过实体建模修改和完善机械设计，极大地提高了设计的效率。

3.1 实体建模相关特征指令

SolidWorks 的实体建模是将草图作为模型截面，再通过拉伸、旋转、扫描及放样等操作后得到实体模型的过程。

SolidWorks 2021 中的实体建模指令包括基于草图的加材料特征指令、基于草图的减材料特征指令、高级特征指令、特征变换操作指令及特征编辑指令等，这些常用的实体建模指令在功能区的“特征”选项卡中都可以找到，如图 3-1 所示。



图 3-1

3.1.1 基于草图的加材料特征指令

任何一款三维建模软件中都有拉伸、旋转、扫描、放样及边界等特征建模工具，这些工具都是最基本的实体建模工具，均是通过将草图作为零件特征截面，再进行拉伸、旋转、扫描或放样等操作而得到零件中的某一个实体特征。

所谓“加材料特征”是指，利用“特征”选项卡中的“拉伸凸台/基体”“旋转凸台/基体”“扫描”“放样凸台/基体”和“边界凸台/基体”工具，可以在已有特征基础上添加新特征，而新特征与已有特征会自动进行布尔求和运算，从而得到新的特征集合体。第一次创建的实体特征称作“基体”，加材料特征称作“凸台”。

1. “拉伸凸台/基体”指令

执行“拉伸凸台/基体”指令可以将草图（特征截面）沿着指定的方向进行拉伸，从而得到实体特征。若草图中存在多个封闭轮廓，可以拉伸单个轮廓，也可以拉伸所有轮廓。在拉伸过程中，还可以创建拔模、薄壁等附加特征。

若特征建模环境中没有任何草图，当在“特征”选项卡中单击“拉伸凸台/基体”按钮时，会弹出如图 3-2 所示的“拉伸”面板，再依照该面板中的信息提示，在图形区中选择一个基准平面后自动转入草图环境，接着绘制出零件特征的截面形状，退出草图环境后会弹出“凸台 - 拉伸”面板。

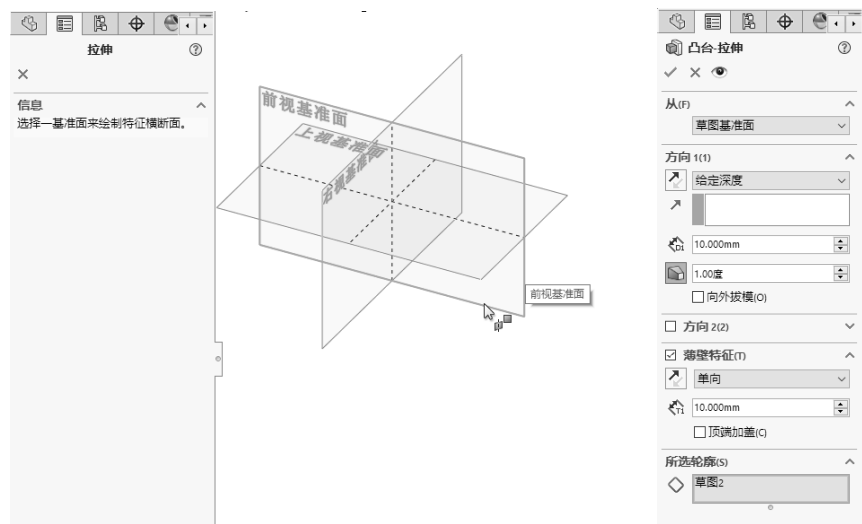


图 3-2

若事先已完成了草图绘制，那么执行“拉伸凸台 / 基体”命令后，就会弹出“拉伸”面板。该面板中提示可以选择现有草图作为特征截面使用，也可以另外选择基准面重新绘制草图（特征截面），如图 3-3 所示。

在特征截面的拉伸过程中，可以从“凸台 - 拉伸”面板中定义截面起始位置、截面终止位置、拉伸方向、拉伸深度、拔模、薄壁及选取特征轮廓等。在图形区中可以拖动控制手柄来修改拉伸深度参数及拉伸方向，如图 3-4 所示。

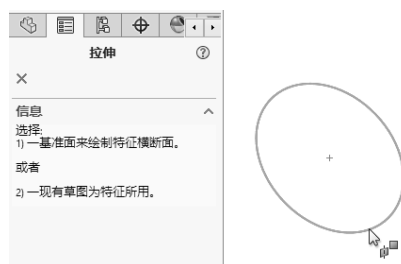


图 3-3

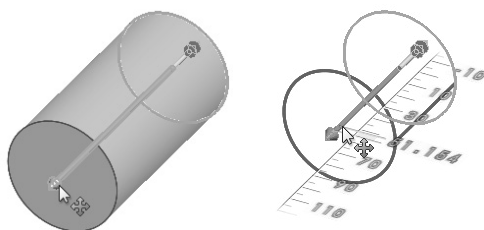
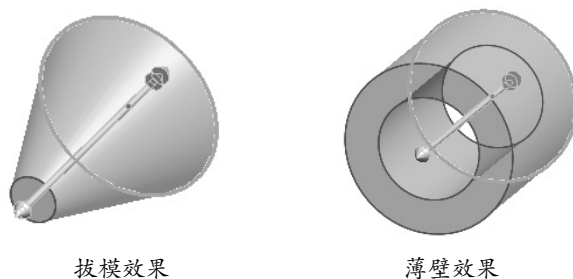


图 3-4

定义特征的拔模效果及薄壁效果如图 3-5 所示。



拔模效果

薄壁效果

图 3-5

2. “旋转凸台 / 基体” 指令

执行“旋转凸台 / 基体”指令可以将草图（特征截面）绕指定的旋转中心轴（简称“旋转轴”）旋转，从而得到回转特征。旋转轴可以是草图中的某一条实线、中心线，也可以是基准轴（或临时轴），还可以是已有特征中的某一条边。

技术要点

临时轴是创建旋转特征或圆角特征后，隐含在特征中的一条轴线。该轴线在默认状态下是不显示的，若要显示该临时轴，就需要执行“视图”|“隐藏/显示”|“临时轴”命令。

旋转凸台特征的创建过程与拉伸凸台特征的创建步骤完全相同。在“特征”选项卡中单击“旋转凸台 / 基体”按钮，当在图形区选中旋转截面后会弹出“旋转”面板，如图 3-6 所示。选择旋转截面后软件会自动识别草图中的中心线，并将其作为旋转轴，如果在草图中没有绘制中心线，则在“旋转”面板中软件会提示选择旋转轴，否则不能正确创建旋转特征。

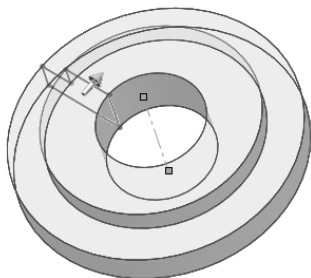


图 3-6

从“旋转”面板中可以看出，除常规的旋转特征外，“旋转凸台 / 基体”指令不能创建拔模附加特征，但可以创建薄壁附加特征。旋转截面的起始位置是固定的，即草图基准面。可以在“方向 1 (1)”和（或）“方向 2 (2)”中定义旋转截面的终止位置，如图 3-7 所示。

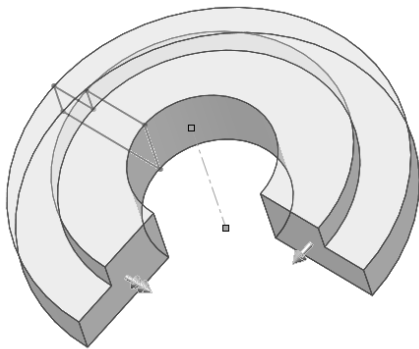
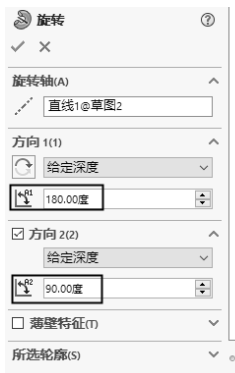


图 3-7

3. “扫描” 指令

执行“扫描”指令可以将轮廓曲线（特征截面）沿指定的线性或非线性路径曲线（也称“扫描轨迹”）进行扫描，从而得到扫描实体特征。

技术要点

要创建扫描特征，必须先绘制轮廓曲线和路径曲线，轮廓曲线和路径曲线不能在同一幅草图中绘制。

要合理创建扫描特征，需要注意以下几点。

- 对于扫描实体特征，其轮廓曲线必须是封闭的。
- 路径曲线可以是封闭或开放的。
- 路径曲线所在的草图平面必须与轮廓曲线所在的草图平面垂直且相交。
- 轮廓、路径或引导线不能产生自相交，否则不能正确创建扫描特征。
- 引导线必须与轮廓曲线或者轮廓草图中的某个点重合（即添加“穿透”约束）。

在“特征”选项卡中单击“扫描”按钮，弹出“扫描”面板。在“轮廓和路径”选项组中，若选中“草图轮廓”单选按钮，则必须选择已有轮廓（草图1）和路径（草图2）来创建扫描特征，如图3-8所示。

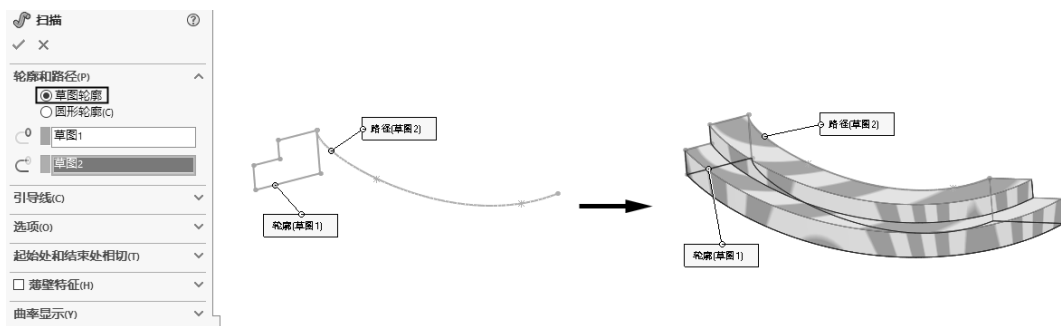


图 3-8

在“轮廓和路径”选项组中，若选中“圆形轮廓”单选按钮，则可仅选择已有路径（草图1）并定义圆心轮廓参数后创建扫描特征，软件自动定义路径曲线的端点为圆形轮廓的中心，如图3-9所示。

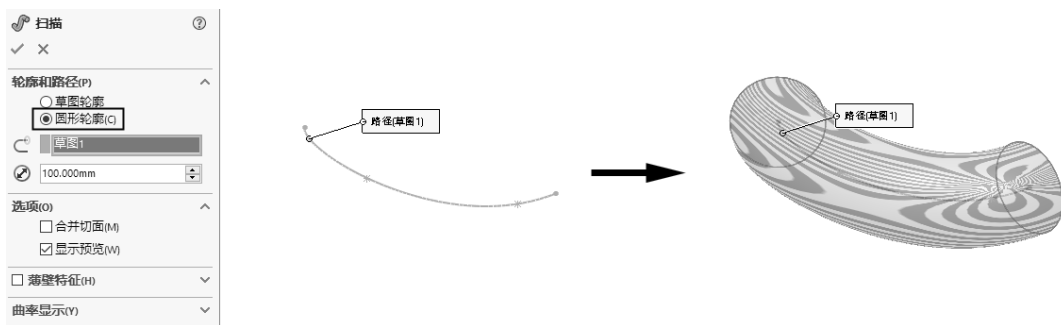


图 3-9

4. “放样 / 凸台基体” 指令

执行“放样 / 凸台基体”指令可以将两个或两个以上的特征截面沿着所有特征截面的中心点连线进行放样（放样也称“平滑过渡”），从而得到实体特征。

要创建放样特征，需要事先绘制多个轮廓草图（特征截面）。在“特征”选项卡中单击“放

样 / 凸台基体”按钮，弹出“放样”面板。在图形区中选择多个轮廓后，可以创建放样实体特征，如图 3-10 所示。

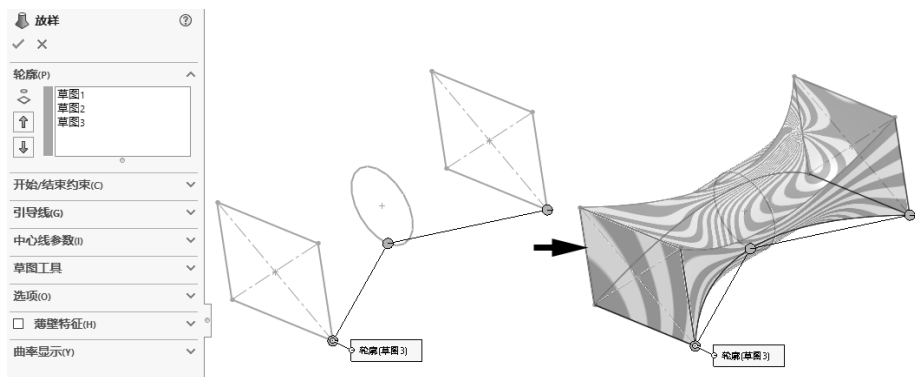


图 3-10

如果存在引导线，可以选取引导线来改变放样特征的外形。对于中心线，软件会默认多个特征截面的中心点连线作为中心线，也可以自定义中心线。

5. “边界 / 凸台基体”指令

执行“边界 / 凸台基体”指令可以通过选择两个或多个截面来创建混合形状特征。“边界 / 凸台基体”指令与“放样 / 凸台基体”指令有相似之处，也有不同之处。相似之处在于两者都能创建基于多个轮廓截面的实体特征；不同之处在于，“放样 / 凸台基体”可以使用引导线或中心线来改变外形，而“边界 / 凸台基体”却不能。但“边界 / 凸台基体”可以通过定义截面与截面之间的方向属性来改变外形。

在“特征”选项卡中单击“边界凸台 / 基体”按钮，弹出“边界”面板。在单个方向上选择多个截面草图后，可以创建默认形状的边界特征，如图 3-11 所示。

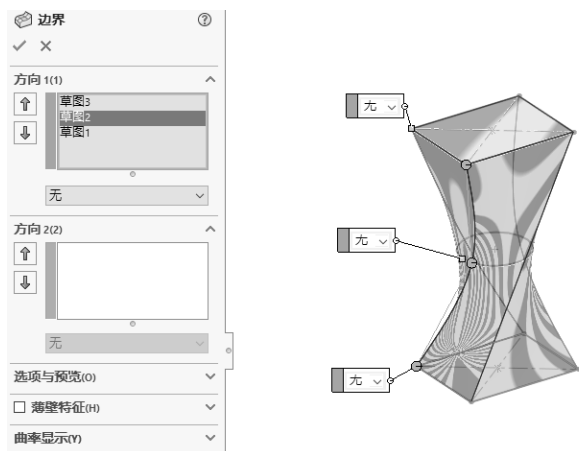


图 3-11

当为每个截面定义方向属性后，可以创建不同的边界特征，如图 3-12 所示。

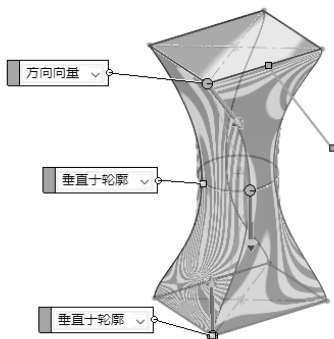


图 3-12

3.1.2 基于草图的减材料特征指令

基于草图的减材料特征指令是在已有实体特征上进行的二次建模指令，是通过从已有特征上切除材料来获得新的实体。加材料是特征的累加过程，而减材料则是切除特征的过程。

减材料特征指令仅当在创建凸台或基体特征后才可用，包括常见的“拉伸切除”指令、“旋转切除”指令、“扫描切除”指令、“放样切除”指令和“边界切除”指令。创建减材料特征的操作步骤与加材料特征的操作步骤完全相同，只是结果不同而已，如图 3-13 所示为减材料特征的典型范例。

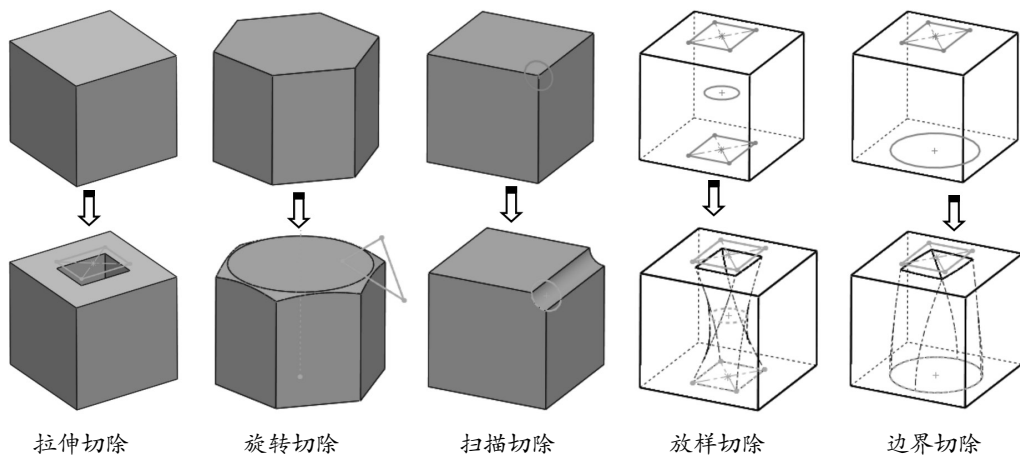


图 3-13

3.1.3 高级特征指令

所谓“高级特征”是通过基于已有特征的形变过程而得到的新特征，常见的高级特征包括自由形特征、变形特征、压凹特征、弯曲特征、包覆特征及圆顶特征等。

1. “圆顶” 指令

执行“圆顶”指令，可以在实体面（包括平面或非平面）上创建凸起形状的特征。在“特征”选项卡中单击“圆顶”按钮，并在实体上选取一个面，在弹出的“圆顶”面板中定义圆顶的凸起高度值后，单击“确定”按钮，即可创建圆顶特征，如图 3-14 所示。

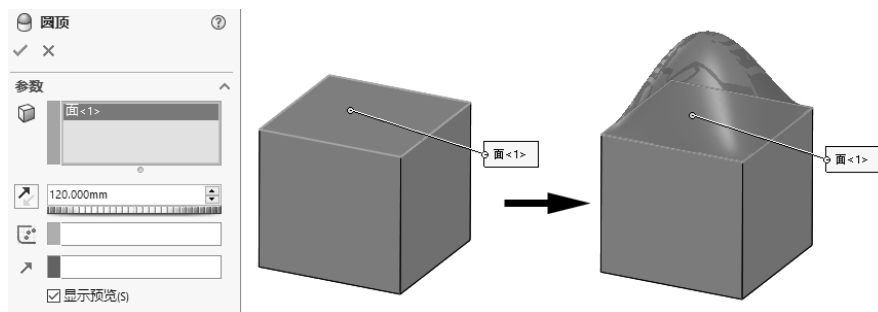


图 3-14

2. “自由形” 指令

执行“自由形”指令，可以在要变形的面上通过改变控制点和控制曲线的位置来变形实体上的面。在“特征”选项卡中单击“自由形”按钮，并在实体上选取一个面，在弹出的“自由形”面板中添加控制曲线和控制点，然后定义控制点的位置参数或拖动控制点，单击“确定”按钮，即可创建自由形特征，如图 3-15 所示。

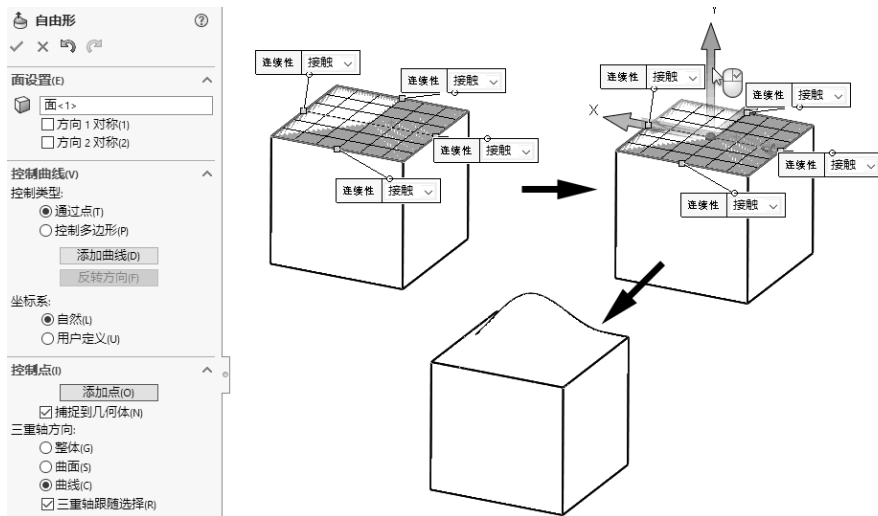


图 3-15

3. “变形” 指令

执行“变形”指令，通过选取的点、曲线或曲面将变形应用到实体面上。“变形”指令提供 3 种变形类型：“点”变形、“曲线到曲线”变形和“曲面推进”变形。

- “点”变形：“点”变形是改变复杂形状的最简单方法。选择模型面、曲面、边线或顶点上的一点，或选择空间中的一点，然后选择用于控制变形的距离和球形半径，如图 3-16 所示。

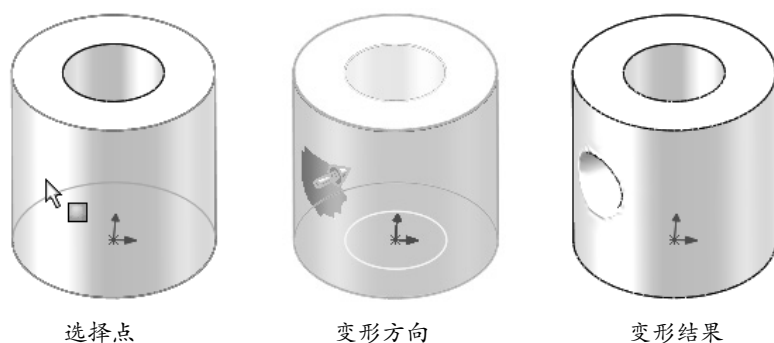


图 3-16

- “曲线到曲线”变形：“曲线到曲线”变形是改变复杂形状的更为精确方法。通过将几何体从初始曲线（可以是曲线、边线、剖面曲线或草图曲线组等）映射到目标曲线组，可以变形对象，如图 3-17 所示。

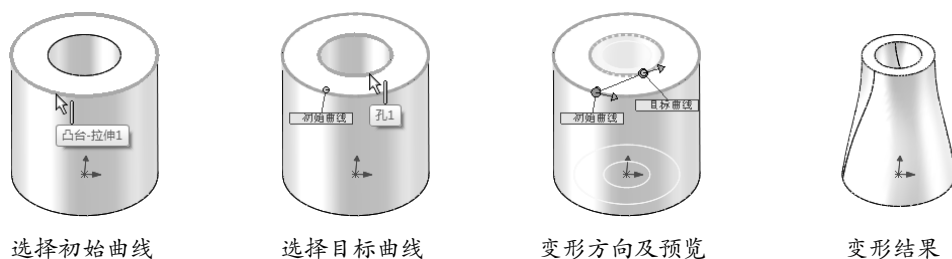


图 3-17

- “曲面推进”变形：“曲面推进”变形是通过使用工具实体曲面，替换（推进）目标实体的曲面来改变其形状。目标实体曲面接近工具实体曲面，但在变形前后每个目标曲面之间保持一对一的对应关系，如图 3-18 所示。

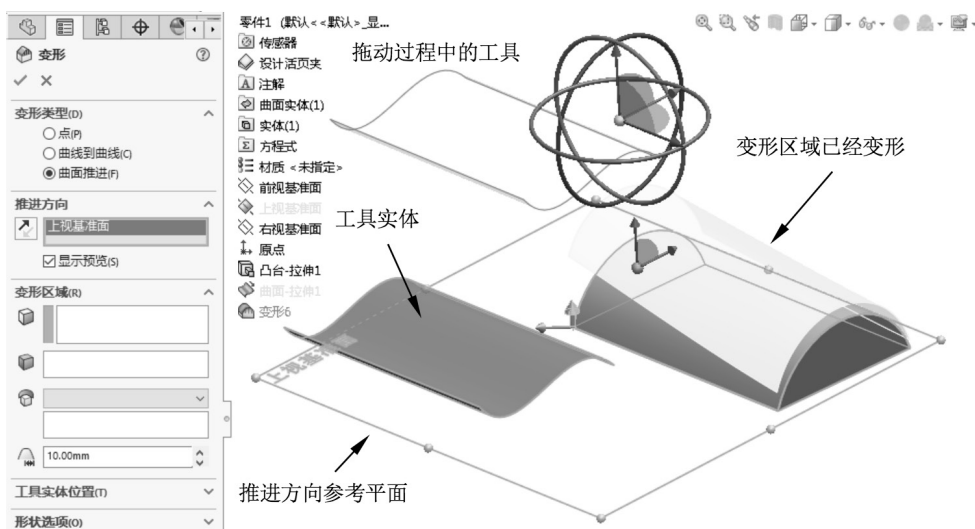


图 3-18

4. “压凹”指令

执行“压凹”指令，可以用一个实体特征（工具实体）作为切除工具，去切除另一个实体特征（目标实体），从而得到新实体。“压凹”特征也是布尔差集运算的结果。通常应用“压凹”指令进行电子元器件的封装、冲印及模具的成型零件设计等。图 3-19 所示为创建模具凹模零件的范例，其中，目标实体为毛坯，工具实体为产品零件。

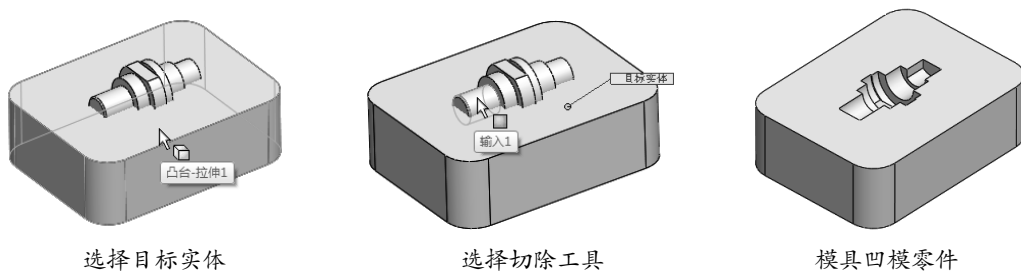


图 3-19

5. “弯曲”指令

执行“弯曲”指令，可以将常规形体的实体进行折弯、扭曲、锥削或伸展等操作，以此获得外形非常复杂的新实体。

单击“特征”选项卡中的“弯曲”按钮，弹出“弯曲”面板，如图 3-20 所示。



图 3-20

“弯曲”面板中提供了以下 4 种弯曲类型。

- 折弯：利用两个剪裁基准面的位置来决定弯曲区域，绕一条折弯线改变实体，此折弯线相当于三重轴的 X 轴，如图 3-21 所示。

技术要点

创建折弯时，如果选中“粗硬边线”复选框，则仅折弯曲面。反之，创建折弯实体。

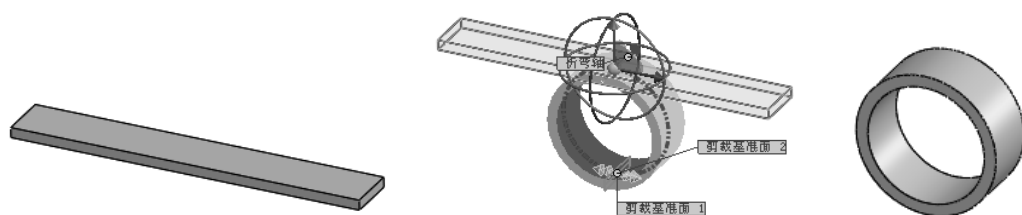


图 3-21

- 扭曲：绕三重轴的 Z 轴扭曲几何体，如麻花钻，如图 3-22 所示。

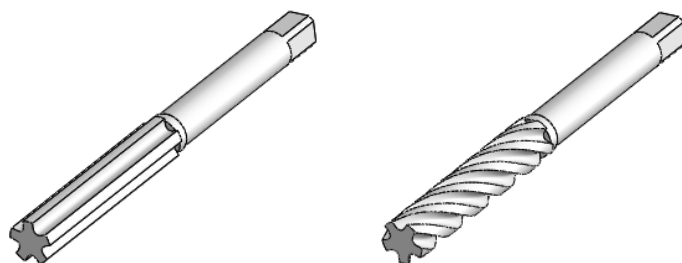


图 3-22

- 锥削：使模型随着比例因子的缩放，产生具有一定锥度的变形，如图 3-23 所示。

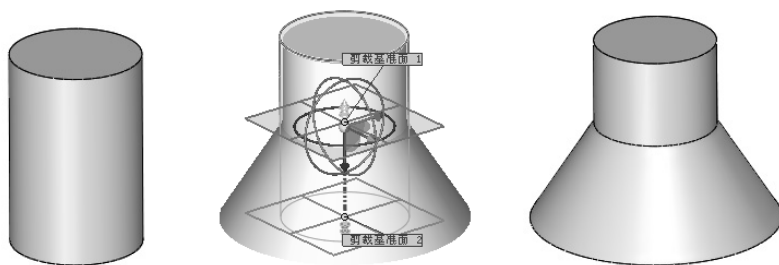


图 3-23

- 伸展：将实体模型沿着指定的方向进行延伸，如图 3-24 所示。

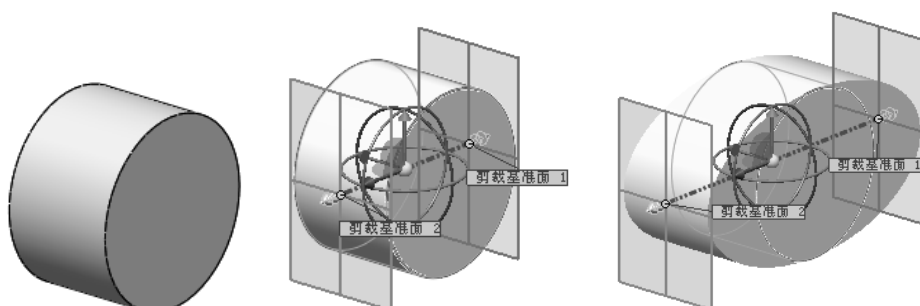


图 3-24

6. “包覆”指令

执行“包覆”指令，可以将封闭轮廓草图投射并包裹到指定的目标实体面上，从而在目标实体表面生成新的特征。

单击“特征”选项卡中的“包覆”按钮并绘制草图后，弹出“包覆”面板，如图 3-25 所示。



图 3-25

“包覆”面板中提供了 3 种包覆类型和 2 种包覆方法，具体介绍如下。

- “浮雕”类型：在面上生成一个凸起特征，如图 3-26 所示。
- “蚀雕”类型：在面上生成一个凹陷特征，如图 3-27 所示。
- “刻划”类型：在面上生成一个草图轮廓的压印，如图 3-28 所示。

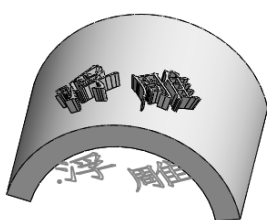


图 3-26

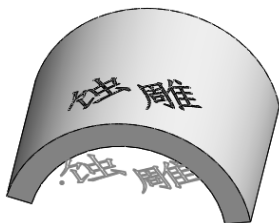


图 3-27



图 3-28

- “分析”方法：指针对圆柱体、圆锥体、矩形体、圆台等常规形状的实体面而进行的轮廓草图覆盖方法。
- “样条曲面”方法：指针对异形的实体面而进行的轮廓草图覆盖方法。

3.1.4 工程特征指令

工程特征就是在机械零件上常见的用于保护零件、支撑零件、增加零件强度等功能性特点的结构特征。工程特征只能依附在主体零件上，所以也称为“附加特征”或“子特征”。常见的工程特征如圆角、倒角、孔、抽壳、拔模及筋等。

1. 圆角

圆角与倒角（斜角）是机械工程中常见的一种用于保护零件、保护工作人员手指及增强机械力学性能的一种加工工艺。

执行“圆角”指令可以为一个面的所有边线、所选的多组面、单一边线或者边线环生成圆角特征，如图 3-29 所示。

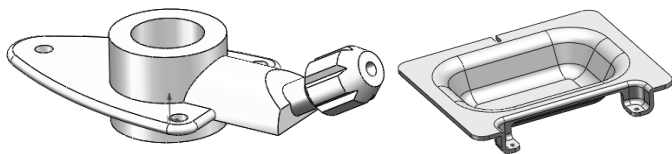


图 3-29

在“特征”选项卡中单击“圆角”按钮, 弹出“圆角”面板, 如图 3-30 所示。该面板中提供了 4 种常见的圆角类型。

-  等半径: 利用此圆角类型可以生成整个圆角都有等半径的圆角, 如图 3-31 (a) 所示。若选中“多半径圆角”复选框, 可以为每条边线设置不同的圆角半径值并进行倒圆角操作。
-  变半径: 利用此圆角类型可以生成可变半径的圆角, 如图 3-31 (b) 所示。
-  面圆角: 利用此圆角类型可以混合非相邻、非连续的面, 如图 3-31 (c) 所示。
-  完整圆角: 利用此圆角类型可以生成相切于 3 个相邻面组的圆角, 如图 3-31 (d) 所示。

若在“逆转参数”选项组中设置逆转圆角参数, 可以在混合曲面之间沿着零件边线进入圆角, 生成平滑过渡, 如图 3-31 (e) 所示。

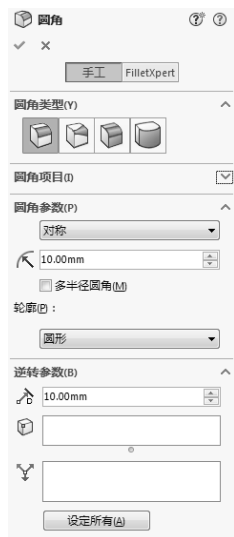


图 3-30

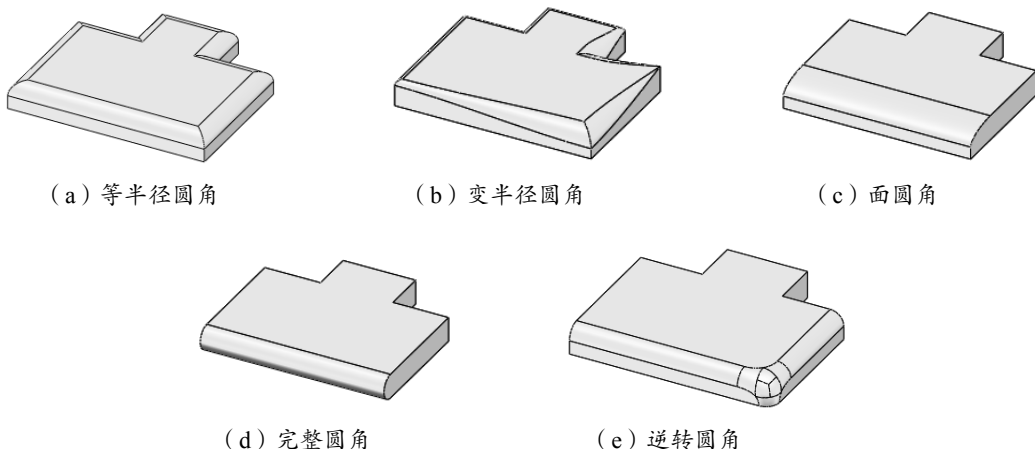


图 3-31

2. 倒角

单击“特征”选项卡中的“倒角”按钮, 弹出“倒角”面板。在该面板中提供了 5 种倒角类型,

如图 3-32 所示，分别介绍如下。

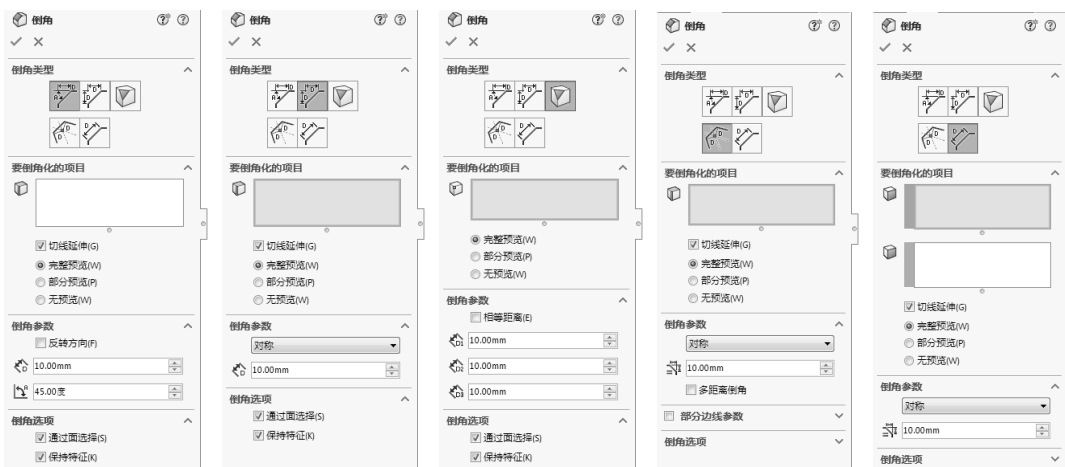


图 3-32

- “角度距离”类型：该类型是以某一个长度和角度建立的倒角特征，如图 3-33 所示。可以从“倒角参数”选项组中定义“距离”和“角度”值.
- “距离 - 距离”类型：该类型是以斜三角形的两条直角边的长度定义的倒角特征，如图 3-34 所示。
- “顶点”类型：该类型是以相邻的 3 条相互垂直的边定义的顶点圆角，如图 3-35 所示。

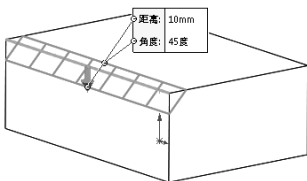


图 3-33

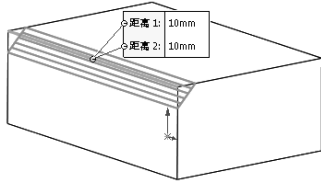


图 3-34

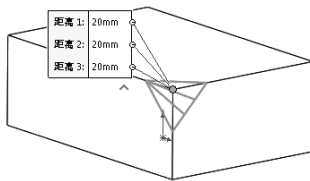


图 3-35

- “等距面”类型：该类型是通过偏移选定边线旁边的面求解等距面倒角的。如图 3-36 所示，可以选择某一个面创建等距偏移。
- “面 - 面”类型：该类型选择带有角度的两个面创建刀具，如图 3-37 所示。

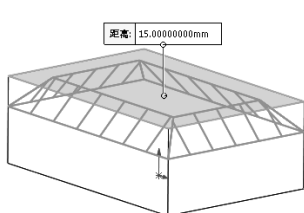


图 3-36

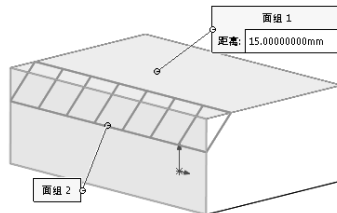


图 3-37

3. “简单孔”指令

SolidWorks 提供了 4 种类型的孔特征创建指令：“简单孔”“高级孔”“异形孔向导”和“螺旋线”。其中，“简单孔”指令用来创建非标孔；“高级孔”指令和“异形孔向导”指令用来

创建标准孔：“螺纹线”指令用来创建圆柱内、外螺纹特征。

简单孔类似拉伸切除特征，不同的是简单孔的草图是参数定义的，不是在草图中绘制的。

提示：

若“简单孔”命令不在默认功能区的“特征”选项卡中，需要从“自定义”面板的“命令”选项卡中调用此命令。

单击“特征”选项卡中的“简单孔”按钮，然后在实体特征中选取要创建简单孔特征的平直表面，弹出“孔”面板。鼠标指针的选取点位置就是孔的中心，通过孔特征的预览查看生成情况，如图 3-38 所示。

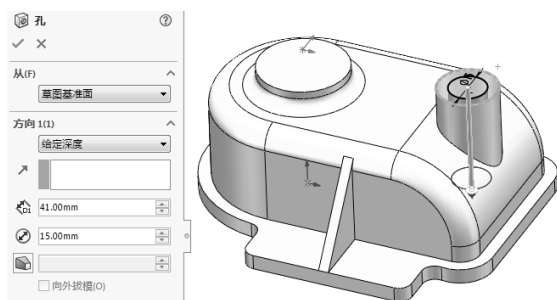


图 3-38

“孔”面板的选项含义与“凸台 - 拉伸”面板中的选项含义完全相同，设置孔参数后单击“确定”按钮，完成简单孔的创建。如果要定义孔中心的位置，可以通过后期编辑孔特征的草图曲线来实现。

4. “高级孔”指令

执行“高级孔”指令可以创建沉头孔、直孔、锥形孔及螺纹孔等标准孔类型。

“高级孔”与“简单孔”所不同的是：“高级孔”工具可以在曲面上创建孔特征。

单击“高级孔”按钮，在实体特征的表面（可以是平面也可以是曲面）选择孔位置并放置孔，随后弹出“高级孔”面板。定义孔标准、规格及参数后，即可创建高级孔特征，如图 3-39 所示。

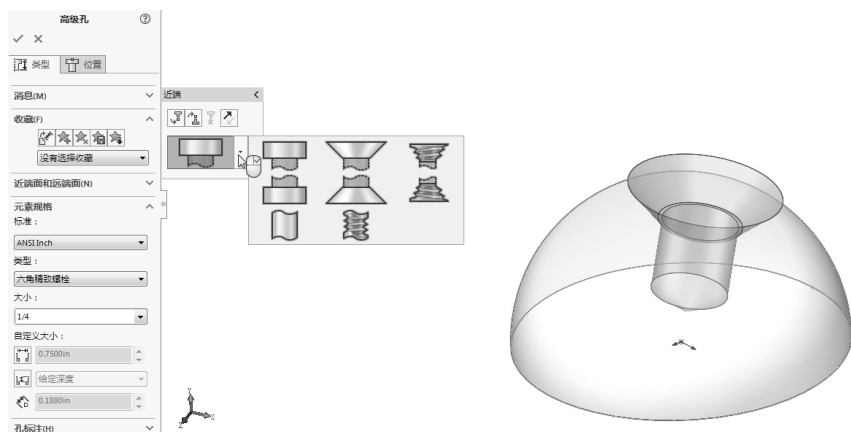


图 3-39

5. “异形孔向导” 指令

异形孔类型包括：柱形沉头孔、锥形沉头孔、孔、螺纹孔、锥螺纹孔、旧制孔、柱孔槽口、锥孔槽口及槽口等，如图 3-40 所示。根据需要可以选定异形孔的类型。与“高级孔”工具不同的是：“异形孔向导”工具只能选择标准孔规格，不能自定义孔尺寸。



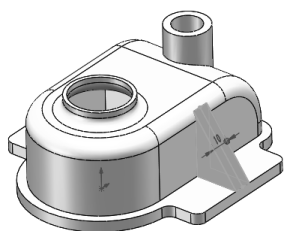
图 3-40

当使用“异形孔向导”生成孔时，孔的类型和大小出现在“孔规格”面板中。

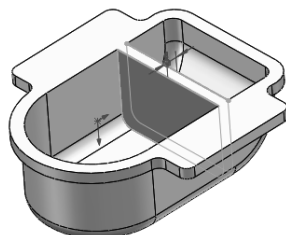
通过使用“异形孔向导”可以生成基准面上的孔，或者在平面和非平面上生成孔。生成异形孔步骤包括：设定孔类型参数、孔的定位及确定孔的位置这 3 个步骤。

6. “筋” 指令

执行“筋”指令可以在实体中创建加强筋（也称为“肋”）特征。加强筋存在于常见的金属零件产品及塑胶件产品中。根据作用不同，加强筋分两种布置情况，一种是创建在零件外部作为斜支撑；另一种是创建在零件内部作为结构加强，如图 3-41 所示。



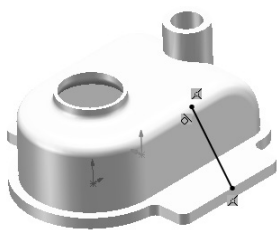
创建在零件外部



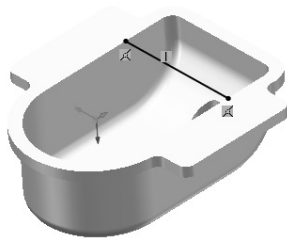
创建在零件内部

图 3-41

要创建加强筋，必须绘制加强筋的外形轮廓（零件以外的轮廓）草图，草图可以提前绘制，也可以在单击“筋”按钮后选择草图平面来绘制筋轮廓草图，筋轮廓草图为开放曲线的草图。如图 3-42 所示为两种加强筋布置的轮廓草图。



零件外部的筋轮廓草图



零件内部的筋轮廓草图

图 3-42

技术要点

仅轮廓草图为开放曲线，可以是直线，也可以是曲线。曲线两端可以无限延伸，但曲线必须经过零件表面，不能远离零件表面，否则不能创建筋特征，如图3-43所示。

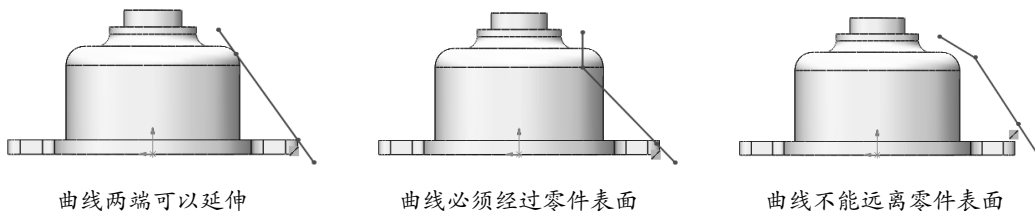


图 3-43

绘制筋轮廓草图后，单击“筋”按钮，弹出“筋”面板。在“筋”面板中设置筋厚度方向、厚度值、拉伸方向及拔模角度后，单击“确定”按钮，即可完成筋特征的创建，如图3-44所示。

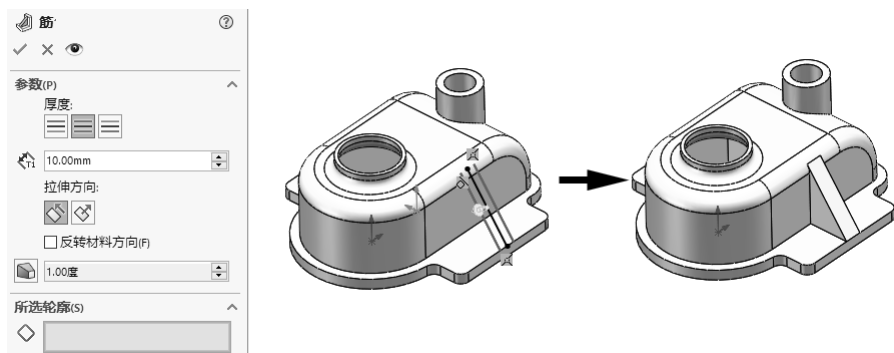


图 3-44

7. “拔模”指令

执行“拔模”指令可以在实体上创建具有倾斜角度面的拔模特征。创建拔模特征是为了使铸造零件或塑胶产品制件能够从模具型腔中顺利脱出，同时也是为了保护模具型腔零件不受反复摩擦而导致损坏。在零件中创建拔模特征的前提是：该零件是一个深腔件或长度较长的直筒件。

在“特征”选项卡中单击“拔模”按钮，弹出“拔模”面板。在该面板中提供3种拔模类型：中性面、分型线和阶梯拔模，如图3-45所示。

- 中性面：“中性面”就是与拔模方向垂直的平面，可以在该平面的两侧进行正向或反向拔模，如图3-46 (a) 所示。这种拔模类型适用于大部分零件中的简单拔模。
- 分型线：“分型线”全称“模具分型线”，要选择这种拔模类型，可以选择产品的边线或是事先在产品上创建的模具分型线，选择分型线后才能进行实体面的拔模，如图3-46 (b) 所示。
- 阶梯拔模：阶梯拔模是“分型线”拔模类型的一种特殊类型，其特殊在于可以创建锥形拔模和垂直拔模，如图3-46 (c) 所示。



“中性面”类型

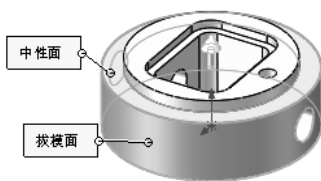


“分型线”类型

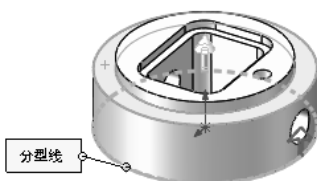


“阶梯拔模”类型

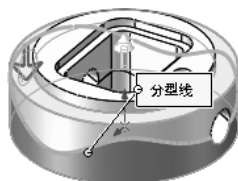
图 3-45



(a) “中性面”拔模类型



(b) “分型线”拔模类型



(c) “阶梯拔模”拔模类型

图 3-46

技术要点

“拔模”面板中的“拔模方向”选项组是用来定义拔模方向的参考面的，只需要选择一个与拔模方向垂直的平面、基准面或平直的实体面即可，其性质与中性面相同。

8. “抽壳”指令

执行“抽壳”指令可以创建壳体、钣金或镂空的零件。抽壳是从实体表面上去除一个面，其余面则相应加厚，形成具有一定厚度的薄壁实体。

在“特征”选项卡中单击“抽壳”按钮, 弹出“抽壳”面板。在图形区中选取实体上的一个面作为要去除的面，然后在“抽壳”面板中设置壳厚度，单击“确定”按钮，即可完成抽壳操作，如图 3-47 所示。

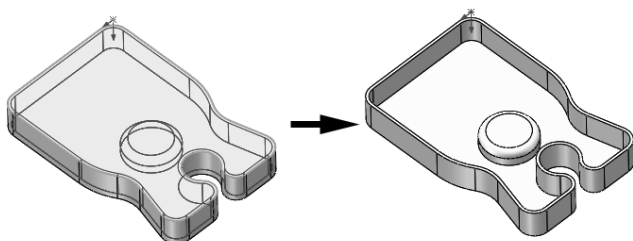


图 3-47

若要选取多个实体面同时进行抽壳，则可以在“多厚度设定”选项组中定义其他要移除的面，并为这些面设定壳厚度。

3.1.5 特征变换操作指令

在机械零件的设计过程中，可能会发现某些零件中存在对称、阵列等特性的结构，若使用前面介绍的特征建模指令来设计零件，可能无法创建或者创建过程非常烦琐，这就需要使用一些便捷的变换操作指令来辅助建模。下面具体介绍 SolidWorks 的变换操作指令。

1. 阵列

在 SolidWorks 中，阵列包含规则阵列和不规则阵列。

规则阵列包括如下。

- 线性阵列。
- 圆周阵列。

不规则阵列则包括如下。

- 曲线驱动的阵列。
- 表格驱动的阵列。
- 草图驱动的阵列。
- 填充阵列。
- 随形阵列。

在机械设计过程中，可以采用不同的阵列方式来完成零件设计。有时也可以多种阵列方式组合使用，以达到事半功倍的效果。下面仅介绍常见的两种阵列方式，包括线性阵列和圆周阵列。

(1) 线性阵列。

线性阵列是将特征在零件实体中进行线性方向阵列，阵列方向可以是草图直线、直线、实体边或轴。线性阵列的范例（阵列孔）如图 3-48 所示。

(2) 圆周阵列。

圆周阵列是绕指定的基准轴进行旋转复制而得到的阵列特征，圆周阵列的范例如图 3-49 所示。

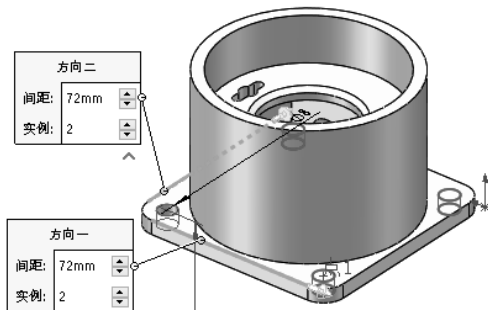
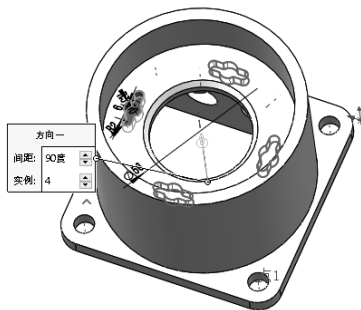


图 3-48



3-49

2. 镜像

执行“镜像”命令，可以将实体上的某个特征（也可以是整个实体），以指定的镜像平面进

行对称复制。

单击“特征”选项卡中的“镜像”按钮, 弹出“镜像”面板。如图 3-50 所示, 在图形区指定一个基准平面(可以是实体面、基准面或平面曲面)作为特征镜像面, 再选取加强筋特征作为要镜像的特征, 单击“确定”按钮, 即可完成加强筋特征的镜像操作。

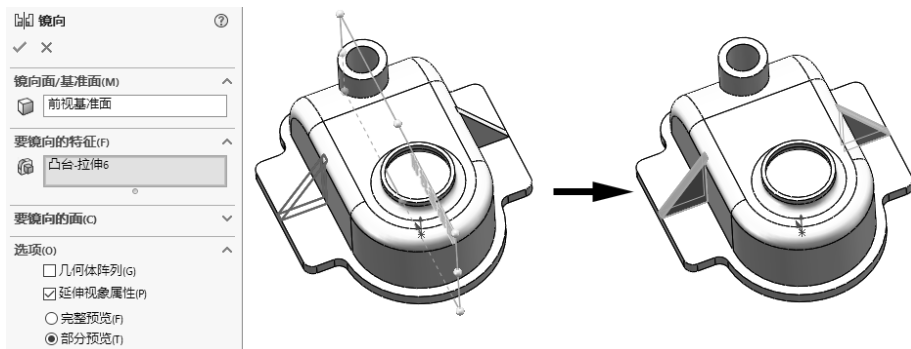


图 3-50

3.2 高级实体建模

学习诸多的实体建模指令后, 为了让读者对这些建模指令有更深入的理解, 下面结合一些塑料产品和机械零件的建模方法进行综合讲解。

3.2.1 实体建模技术要点

初学者在建模时经常因找不到解析思路而无从下手, 虽然任何一个复杂模型都是由简单的几何特征构造而成的, 但是采取何种方法进行组拼还需要详细分析。本节依据作者的工作经验总结一些建模理念及技巧, 当然, 在掌握这些技巧后还需要根据实际情况进行方法延伸, 达到举一反三的学习目的。

对于新手而言, 快速、有效地建立三维模型是一大难题, 其实归纳一下无非以下几点。

- 软件中的建模指令不熟悉。
- 视新手掌握工程制图知识的程度, 看图纸有不同的难度。
- 模型建立的先后顺序模糊不清, 无从下手。

对于同样的一个模型, 我们可以用不同的建模思路(思路不同所利用的指令也会不同)去建立, “条条道路通罗马”就是这个意思。

基于以上列出的 3 点, 前两点可以在长期的建模操作中得到解决或加强。最关键的就是第 3 点——建模思路的确定。接下来讲解相关的基本建模思路。

目前, 建模手段分 3 种: 参照图纸建模、参照图片建模和逆向点云构建曲面建模。其中, 参照图片建模和逆向点云建模主要在曲面建模中得到了完美体现, 故本节不进行重点讲解, 下面仅讲解参照图纸建模的手段。

1. 参照一张图纸建模

当需要为一张机械零件图纸进行三维建模时, 图纸是唯一的参照。下面举例说明看图分析方

法。模型建立完成的方式也分两种——叠加法和消减法。

(1) 疊加法。

如图 3-51 所示, 这是一个典型的机械零件立体视图, 立体视图中标清、标全了尺寸。

虽然只有一个视图，但尺寸一个也没有少，据此是可以建立三维模型。问题是如何逐步去实现它呢？叠加法建模思路如下。

- 首先查找建模的基准，也就是建模的起点。此零件（或者说此类零件）都是有“座”的，我们称为“底座”。凡是有底座的零件，一律从底座开始建模。
- 找到建模起点，那么就可以遵循“从下至上”“从上至下”“由内至外”或者“由外至内”的顺序依次建模。
- 在遵循建模原则的同时，还要判断哪些是主特征（软件中称为“父特征”），哪些是附加特征（软件中称为“子特征”）。先有主特征，再有子特征（不过有些子特征可以和主特征一起建立，省略操作步骤），千万要记住！
- 就此零件，可以给出一个清晰的建模流程，如图 3-52 所示。

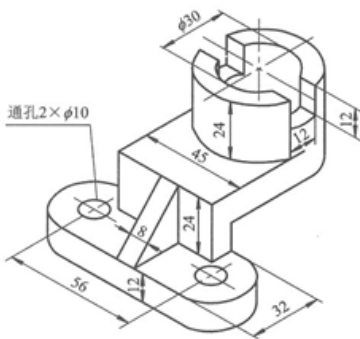


图 3-51

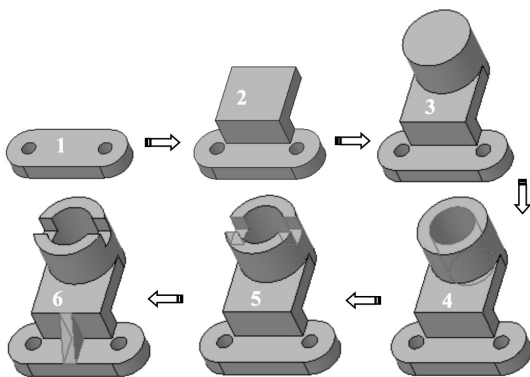


图 3-52

(2) 消滅法。

消减法建模与叠加法建模恰恰相反，此法应用的案例要少于叠加法，主要的原因是建模的逻辑思维是逆向的，不便于掌握。

如图 3-53 所示的机械零件，也仅是一个立体视图。观察模型得知，此零件有底座，那么建模从底座开始，但由于采用了消减法建模，所以必须先建立基于底座的底面至模型的顶面之间的高度模型，然后才逐一按照从上至下的顺序依次减除多余部分，直至得到最终的零件模型，如图 3-54 所示为消减法的建模流程分解图。

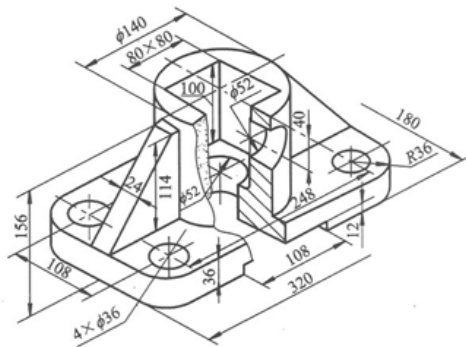


图 3-53

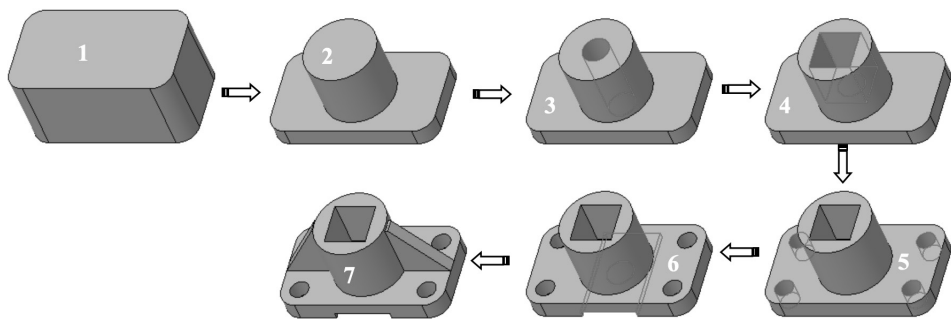


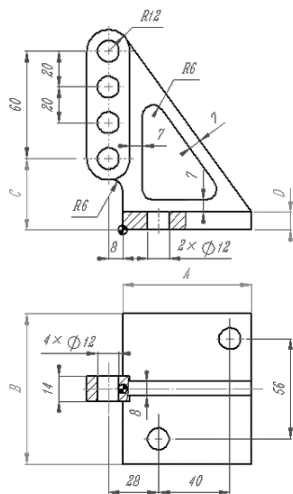
图 3-54

前面介绍的两种建模方法从建模流程的图解中就可以看出,并非完全都用叠加法或消减法进行操作的,而是两者相互融合使用。例如“叠加法”中第4步和第5步就是消减步骤,而“消减法”建模流程中的第7步就是叠加的特征。说明在建模的时候,不能单纯依靠某一种方式去解决问题,而是要多方面去分析,当然能够单独使用某一种建模方法解决的,也不必再用上另一种方式,总之,是以“最少步骤”完成设计为根本。

2. 参照三视图建模

如果得到的图纸是多视图,能完整清晰地看出零件各个方向的视图及内部结构的情况,那么建模就变得相对容易了。

如图 3-55 所示为一组完整的三视图及模型立体视图(轴侧视图)。图纸中还直接给出了建模起点,也就是底座所在平面。这个零件属于对称型零件,用“拉伸凸台/基体”命令即可完成,结构还是比较简单的,如图 3-56 所示为建模思路图解。



●: 建模原点

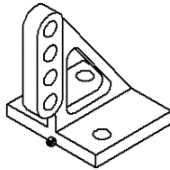


图 3-55

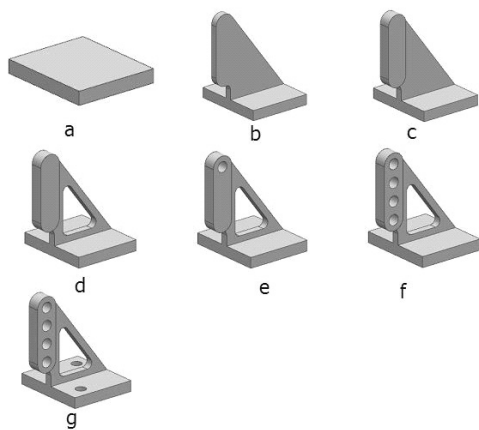


图 3-56

紧接着看如图 3-57 所示的零件三视图。此零件的建模起点虽然在底部,但是由于底座由 3 个小特征组合而成,那么就要遵循由大至小、由内至外的建模原则,以此完成底座部分的创建,然后才是从下至上、由父到子的建模顺序,如图 3-58 所示为建模思路图解。



图 3-57



图 3-58

最后再看一组零件的三视图，如图 3-59 所示。此零件与图 3-58 的模型结构类似。不过在本零件中可以采用从上至下建模的顺序，理由是最顶部的截面是圆形的，圆形在二维图纸中通常充当尺寸基准、定位基准。此外，顶部的这个特征是圆形，是可以独立创建出来的，无须参照其他特征来完成，在 SolidWorks 中通常可以使用 3 种不同命令来创建——“拉伸凸台 / 基体”“旋转凸台 / 基体”或者“扫描”。

如图 3-60 所示为零件的建模思路图解。



图 3-59



图 3-60

3.2.2 建模训练一

参照如图 3-61 所示的三视图构建摇柄零件模型，注意其中的对称、相切、同心、阵列等几何关系。

绘图分析

- 参照三视图，确定建模起点在“剖面 A-A”主视图 $\varnothing 32$ 圆柱体底端平面的圆心上。
- 基于“从下至上”“由内至外”的建模顺序。
- 所有特征的截面曲线都来自各个视图的轮廓。

建模流程的图解如图 3-62 所示。

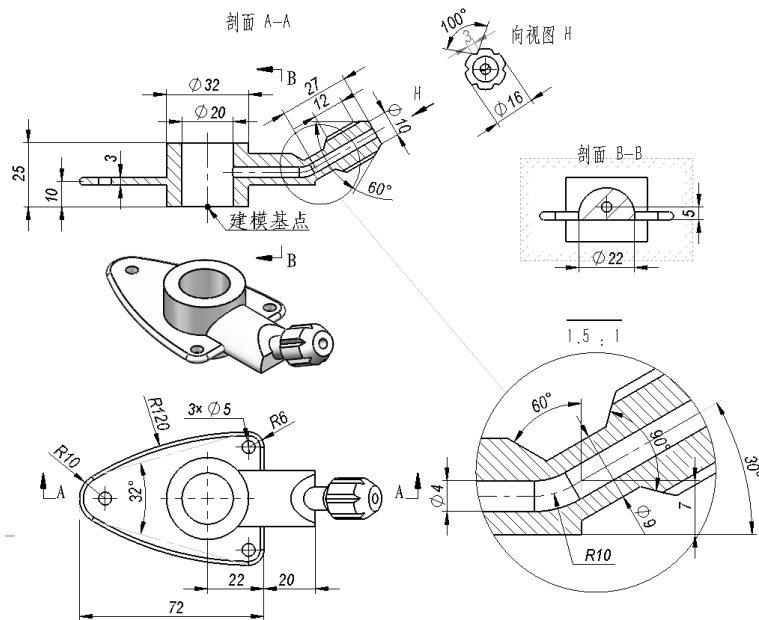


图 3-61

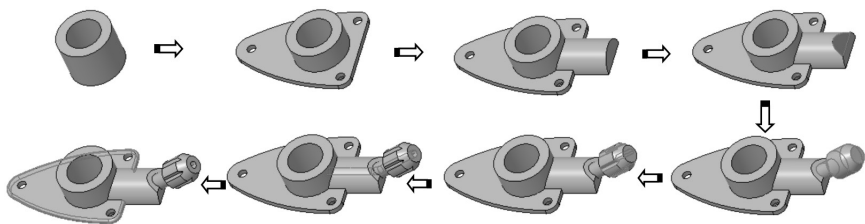


图 3-62

设计步骤

(1) 创建第 1 个主特征——拉伸特征。

01 新建 SolidWorks 零件文件。

02 单击“拉伸凸台/基体”按钮, 选择上视基准面为草图平面, 进入草图环境中绘制如图 3-63 所示的草图曲线。

03 退出草图环境, 在“方向 1 (1)”面板中设置拉伸深度为 25 mm, 最后单击“确定”按钮, 完成创建, 如图 3-64 所示。

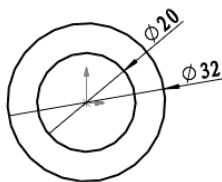


图 3-63

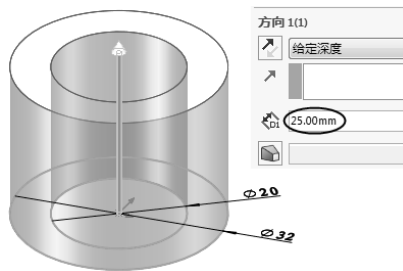


图 3-64

(2) 创建第 2 个主特征。

01 单击“基准面”按钮, 新建一个基准面 1, 如图 3-65 所示。

02 单击“拉伸凸台/基体”按钮, 在“基准面”面板中选择基准面 1 为草图平面, 进入草图环境绘制如图 3-66 所示的草图曲线。

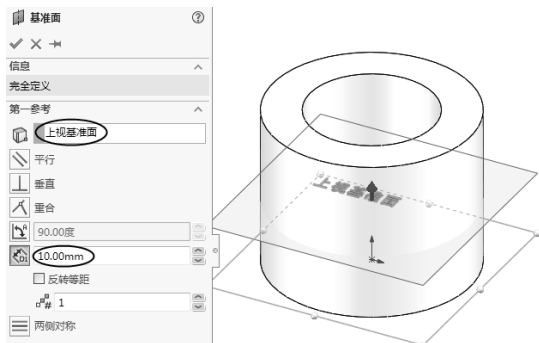


图 3-65

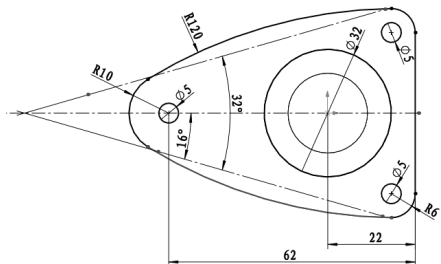


图 3-66

03 退出草图环境后, 在“凸台-拉伸 2”面板中设置拉伸深度类型为“两侧对称”, 深度为 3.00 mm, 最后单击“确定”按钮, 完成创建, 如图 3-67 所示。

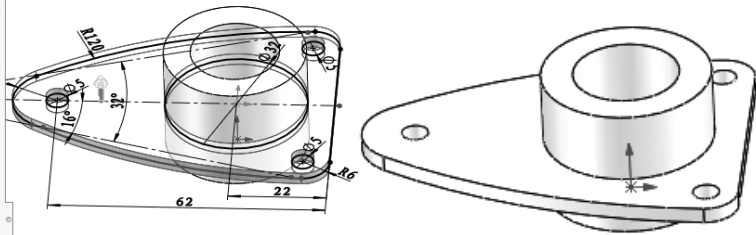
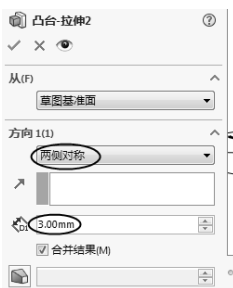


图 3-67

(3) 创建第 3 个特征。

01 单击“基准面”按钮, 新建“基准面 2”, 如图 3-68 所示。

02 单击“拉伸凸台/基体”按钮, 选择“基准面 2”为草图平面, 进入草图环境中绘制如图 3-69 所示的草图曲线。

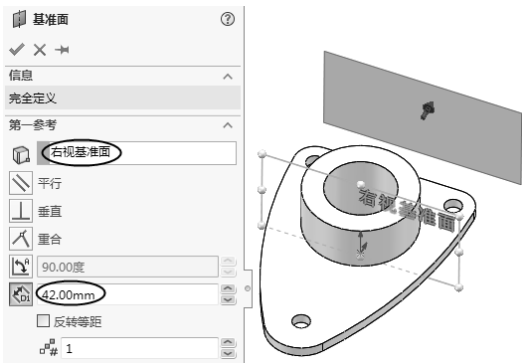


图 3-68

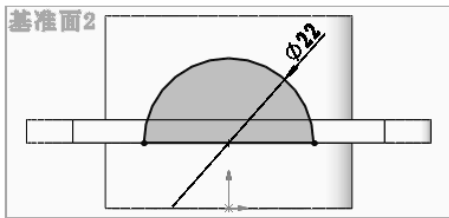


图 3-69

03 退出草图环境，在“凸台-拉伸”面板中设置拉伸深度类型为“成形至下一面”，更改拉伸方向，最后单击“确定”按钮，完成创建，如图 3-70 所示。

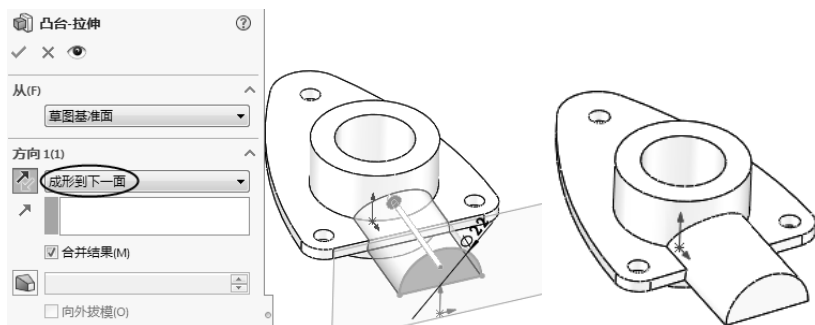


图 3-70

(4) 创建第 4 个主特征（拉伸切除特征）。

01 单击“拉伸切除”按钮，选择前视基准面平面为草图平面，进入草图环境绘制如图 3-71 所示的草图曲线。

02 退出草图环境，在拉伸面板中设置拉伸深度类型为“两侧对称”，最后单击“确定”按钮，完成拉伸切除，如图 3-72 所示。

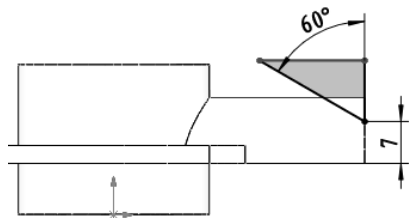


图 3-71

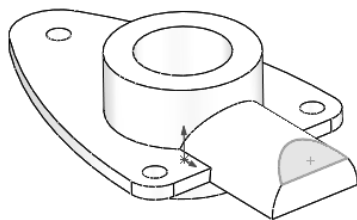


图 3-72

(5) 创建第 5 个主特征。

01 单击“旋转凸台/基体”按钮，选择前视基准面平面为草图平面，进入草图环境绘制如图 3-73 所示的草图曲线。

02 退出草图环境后，在旋转面板中单击“确定”按钮，完成创建，如图 3-74 所示。

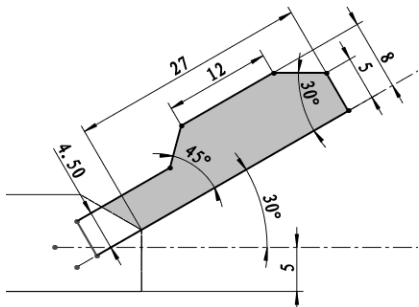


图 3-73

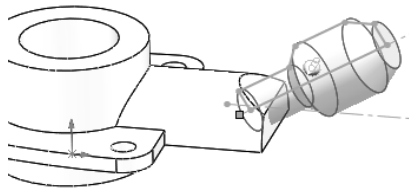


图 3-74

(6) 创建子特征——拉伸切除。

01 单击“拉伸切除”按钮, 选择上一步绘制的旋转特征外端面作为草图平面, 进入草图环境绘制如图 3-75 所示的草图曲线。

02 退出草图环境, 在拉伸面板中设置拉伸深度类型, 单击“确定”按钮, 完成拉伸减除操作, 如图 3-76 所示。

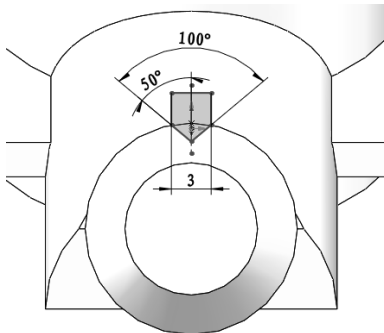


图 3-75

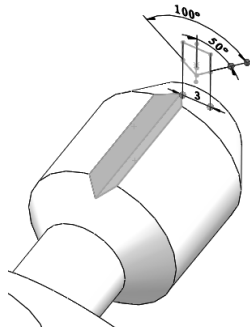


图 3-76

03 选中上一步创建的拉伸减除特征, 单击“圆周阵列”按钮, 弹出“阵列(圆周)1”面板。

04 拾取旋转特征 1 的轴作为阵列参考, 输入阵列个数为 6, 成员之间的角度为 60.00 度, 单击“确定”按钮, 完成阵列操作, 如图 3-77 所示。

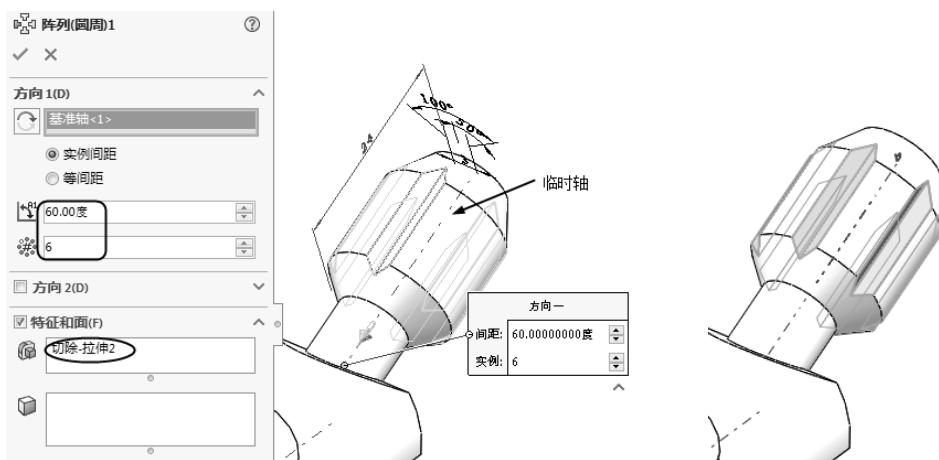


图 3-77

技术要点

要显示旋转特征 1 的临时轴, 可以在前导视图选项卡的“隐藏/显示项目”列表中单击“审阅临时轴”按钮。

(7) 创建子特征——扫描切除特征。

01 在“草图”选项卡中单击“草图绘制”按钮, 选择前视基准面平面为草图平面, 绘制如图 3-78 所示的草图曲线。

02 同理, 在旋转特征端面绘制如图 3-79 所示的草图曲线。

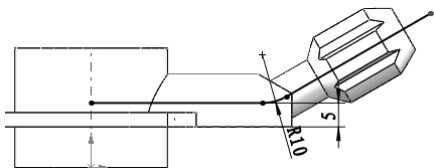


图 3-78

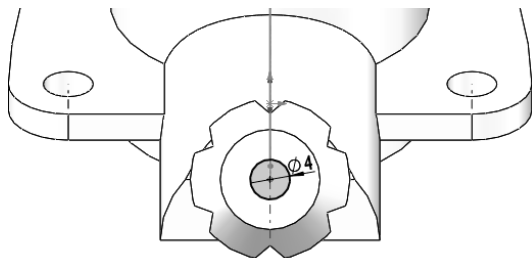


图 3-79

03 单击“扫描切除”按钮, 弹出“切除 - 扫描 1”面板。选取上一步绘制的圆曲线作为轮廓, 再选择扫描路径曲线, 如图 3-80 所示。

04 单击“方向 2”按钮, 改变切除侧, 最后单击“确定”按钮, 完成扫描切除特征的创建, 如图 3-81 所示。

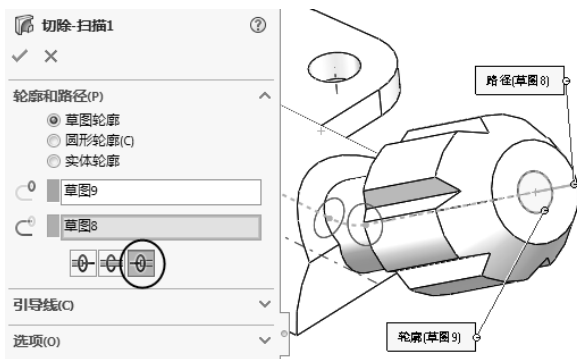


图 3-80

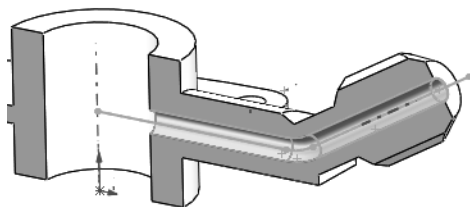


图 3-81

(8) 在拉伸特征 2 上创建倒圆角特征。

01 单击“圆角”按钮, 弹出“圆角”面板。

02 单击“恒定大小圆角”按钮。按住 Ctrl 键选取拉伸特征 2 的上下两条模型边作为圆角化对象, 如图 3-82 所示。

03 设置圆角半径为 1.5 mm, 单击“确定”按钮, 完成整个摇柄零件的创建, 如图 3-83 所示。

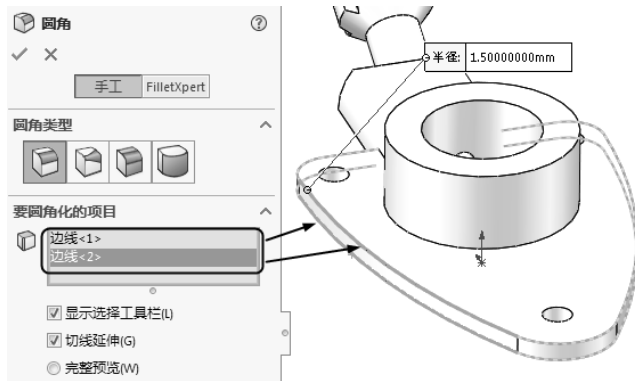


图 3-82

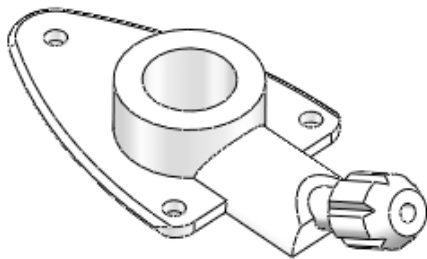


图 3-83

3.2.3 建模训练二

参照如图 3-84 所示的三视图构建底座零件模型，本例需要注意模型中的对称、阵列、相切、同心等几何关系。除底座部分是 8 mm 厚外，其他区域壁厚均为 5 mm。

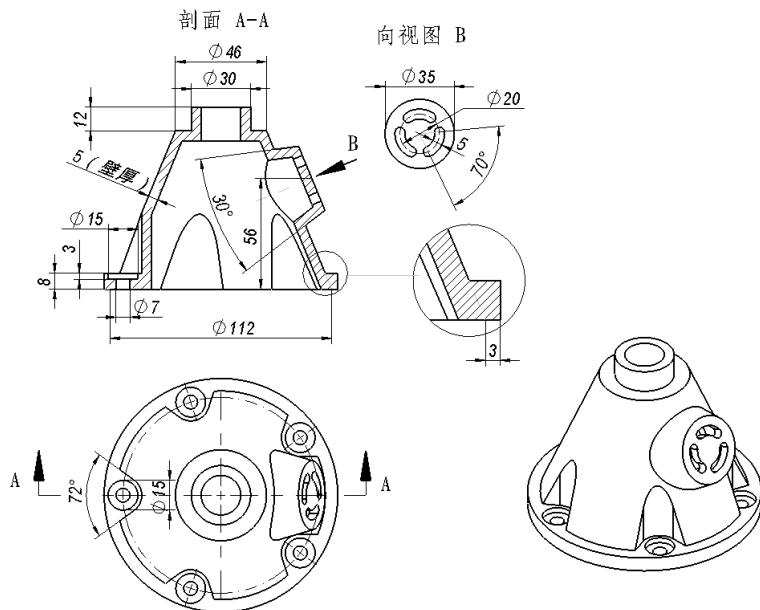


图 3-84

建模分析

- 首先观察剖面图中所显示的壁厚是否是均匀的，如果是均匀的，则建模相对比较简单，通常会采用“凸台→抽壳”一次性完成主体建模。如果不均匀，则要采取分段建模方式。从本例图形看，底座部分与上半部分薄厚不同，需要分段建模。
 - 建模的顺序为：主体→侧面拔模结构→底座→底座沉头孔。
 - 主体部分是回转体，底座部分和主体上的斜凸台采用“拉伸凸台/基体”创建。
- 底座零件模型的建模流程图解如图 3-85 所示。

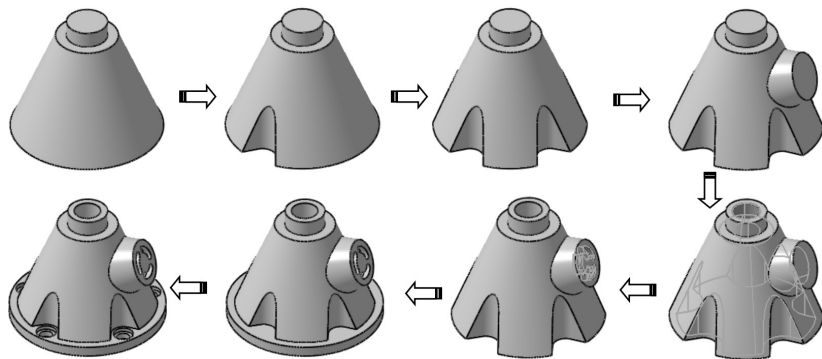


图 3-85

设计步骤

(1) 首先创建主体部分结构。

01 新建 SolidWorks 零件文件。

02 在“草图”选项卡中单击“草图绘制”按钮，选择前视基准面作为草图平面进入草图环境，绘制如图 3-86 所示的草图（草图中要绘制旋转轴）。

03 单击“旋转 / 凸台基体”按钮，弹出“旋转 1”面板。选择绘制的草图作为旋转轮廓，选择草图中的轴线或者竖直线作为旋转轴，单击“确定”按钮，完成旋转凸台的创建，如图 3-87 所示。

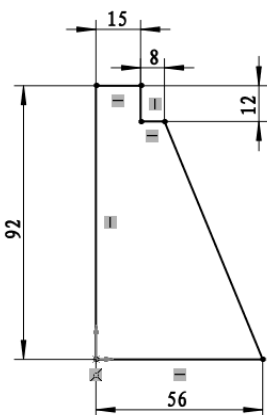


图 3-86



图 3-87

04 选择旋转凸台的底面作为草图平面，进入草图环境绘制如图 3-88 所示的草图。

技术要点

绘制草图时要注意，必须先建立旋转体轮廓的偏移曲线（偏移尺寸为 3 mm），这是绘制直径为 19 mm 圆弧的重要参考。

05 单击“拉伸切除”按钮，弹出“切除 - 拉伸 1”面板。选择上一步绘制的草图作为拉伸轮廓，输入拉伸深度为 50.00 mm，单击“确定”按钮，完成拉伸切除特征的创建，如图 3-89 所示。

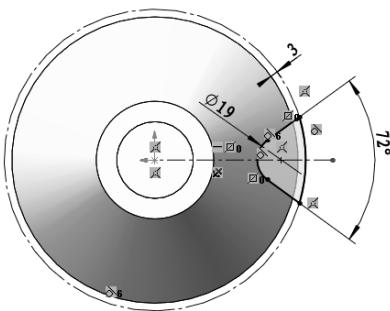


图 3-88



图 3-89

06 选中拉伸切除特征，在“特征”选项卡中单击“圆周阵列”按钮，将拉伸切除特征圆周阵列，

如图 3-90 所示。

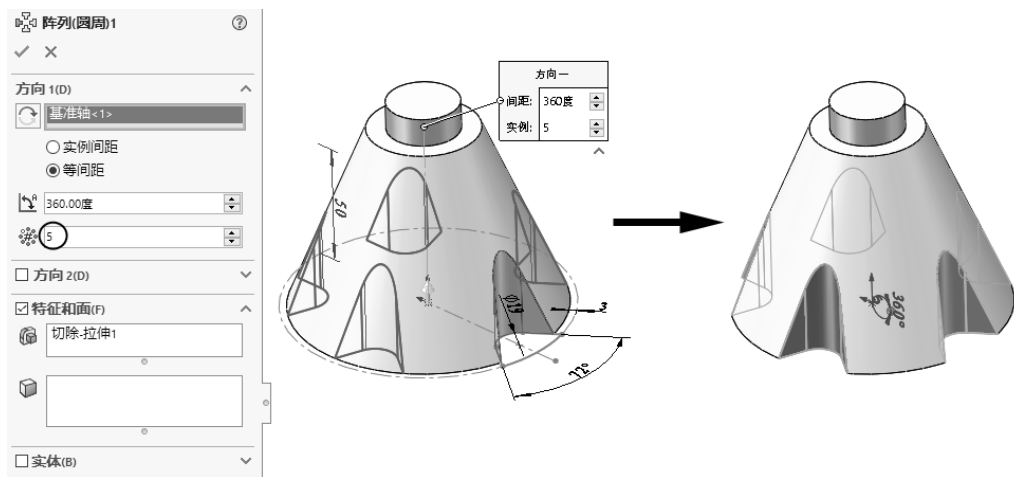


图 3-90

技术要点

选取阵列轴时，需要提前执行“视图”|“隐藏/显示”|“临时轴”命令，将旋转凸台的临时轴显示出来，以便于选取。

(2) 创建侧面斜向的结构。

01 选择前视基准面为草图平面，绘制如图 3-91 所示的草图。

02 单击“旋转 / 凸台基体”按钮，弹出“旋转”面板。选择绘制的草图作为旋转轮廓，选择草图中的中心线作为旋转轴，单击“确定”按钮，完成旋转凸台的创建，如图 3-92 所示。

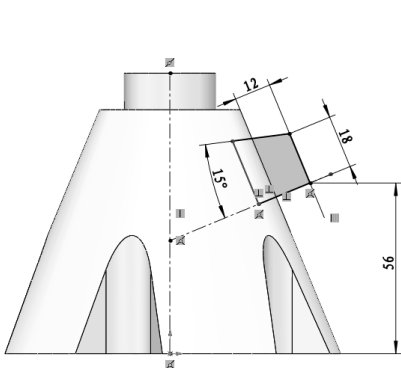


图 3-91

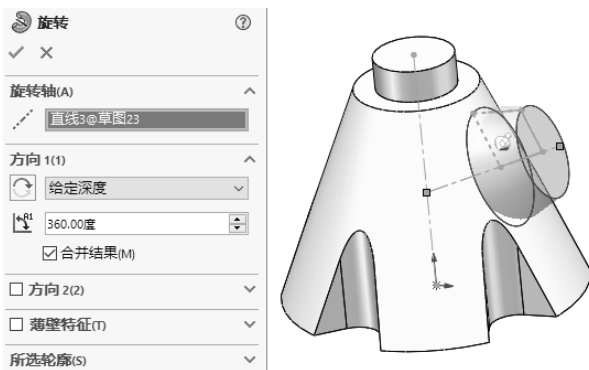


图 3-92

03 在“特征”选项卡中单击“抽壳”按钮，弹出“抽壳 1”面板。选取第一个旋转体（主体）的上下两个端面作为“移除的面”，设置壳体厚度 5.00 mm，单击“确定”按钮，完成抽壳特征的创建，如图 3-93 所示。

04 单击“拉伸切除”按钮，弹出“切除 - 拉伸”面板。选择第二个旋转凸台（斜凸台）的端面作为草图平面，进入草图环境绘制如图 3-94 所示的草图。退出草图环境后，设置拉伸切除的深度为 10.00 mm，最后单击“确定”按钮，完成拉伸切除特征的创建。

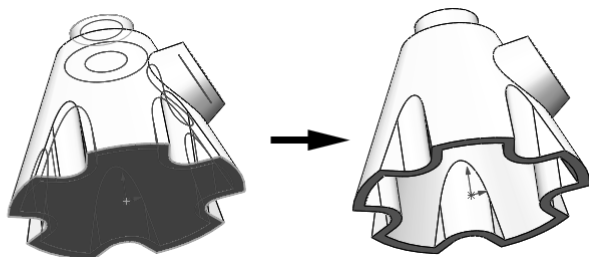


图 3-93

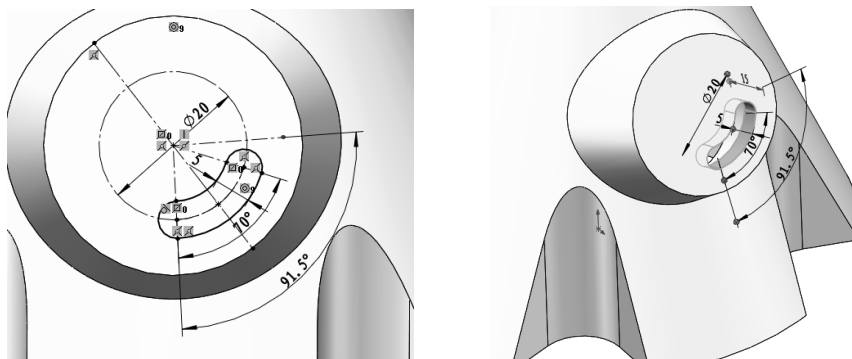


图 3-94

05 利用“圆周阵列”工具，将上一步创建的拉伸切除特征进行圆周阵列，如图 3-95 所示。

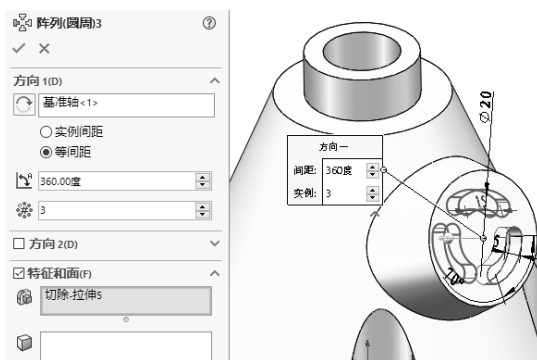


图 3-95

(3) 创建底座部分结构。

01 选择主体底平面作为草图平面，单击“草图绘制”按钮，进入草图环境，并绘制如图 3-96 所示的草图。

02 单击“拉伸凸台 / 基体”按钮，弹出“凸台 - 拉伸 4”面板。选择上一步绘制的草图为轮廓，设置深度为 8.00 mm，单击“确定”按钮，完成凸台的创建，如图 3-97 所示。

03 单击“异型孔向导”按钮，弹出“孔规格”面板，在该面板的“类型”选项卡中选择“柱形沉头孔”类型，再定义孔规格及其他参数。在“位置”选项卡中单击“3D 草图”按钮，选择底座的上表面为孔位置面绘制 3D 草图点，如图 3-98 所示。单击“孔规格”面板中的“确定”按钮，即可完成沉头孔的创建。

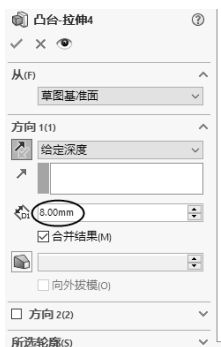


图 3-97

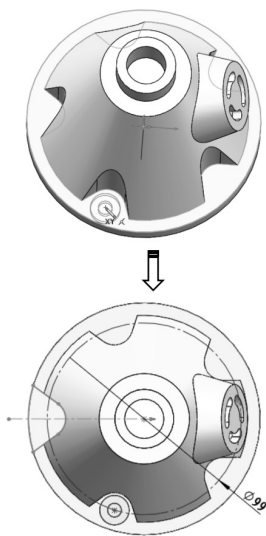
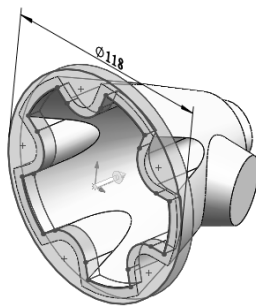


图 3-98

(4) 将沉头孔圆形阵列。

选中沉头孔特征，单击“圆周阵列”按钮，弹出“阵列（圆周）2”面板。选择主体的临时轴作为阵列轴，设置实例数为5，单击“确定”按钮，完成圆周阵列的创建，如图 3-99 所示。

至此，完成了本例底座零件的建模，最终效果如图 3-100 所示。

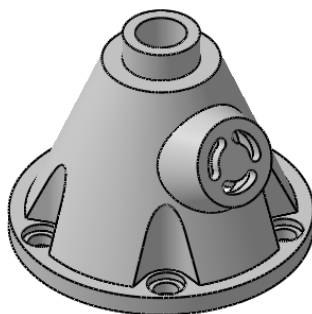
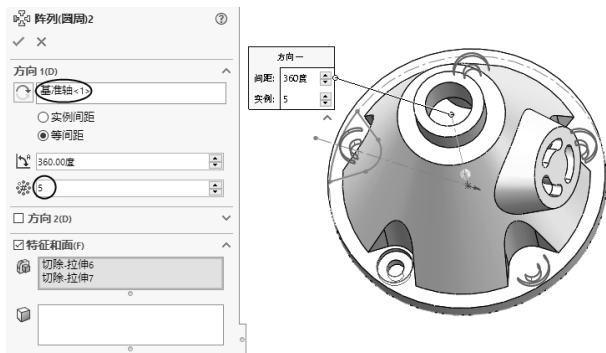


图 3-100

3.2.4 建模训练三

本例的散热盘零件模型如图 3-101 所示。

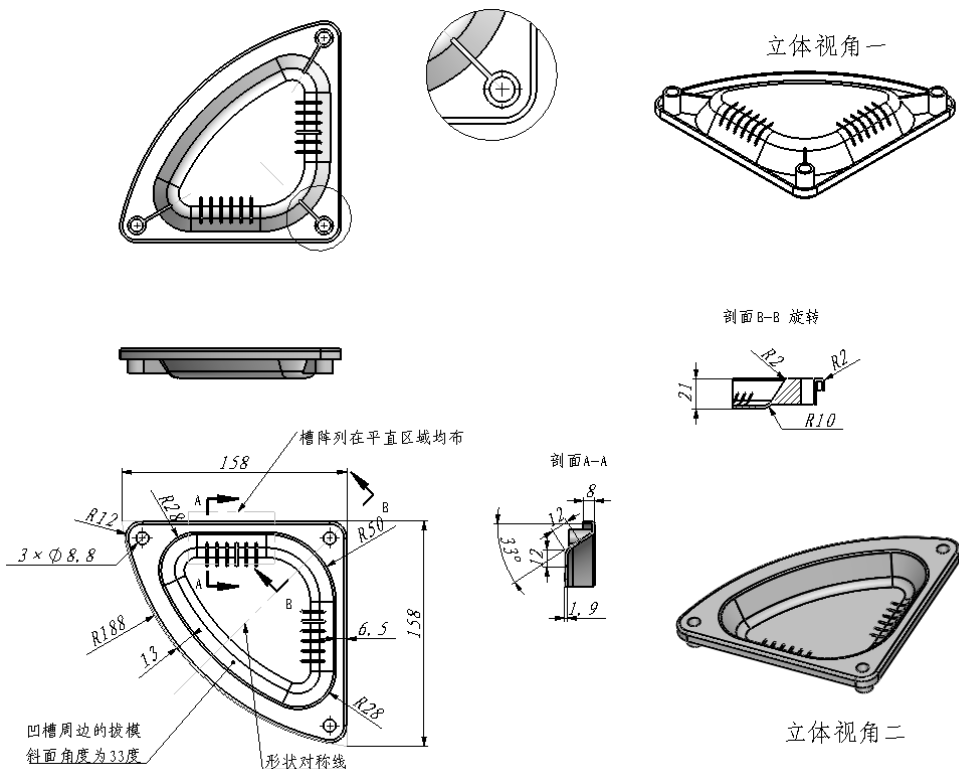


图 3-101

构建本例零件模型，需要注意以下几点。

- 模型厚度及红色筋板厚度均为 1.9 mm（等距或偏移关系）。
- 图中同色表示的区域，其形状大小或者尺寸相同。其中，底侧部分的黄色和绿色圆角面为偏移距离为 T 的等距面。
- 凹陷区域周边拔模角度相同，均为 33° 。
- 开槽阵列的中心线沿凹陷斜面平直区域均匀分布，开槽端部为完全圆角。

建模分析

- 本例零件的壁厚是均匀的，可以采用先建立外形曲面再进行加厚的方法，也可以先创建实体特征，再在其内部进行抽壳（创建箱体特征）。本例将采取后一种方法进行建模。
- 从模型图可以看出，本例模型在两面都有凹陷，说明实体建模时需要在不同的零件几何体中分别创建形状，然后进行布尔运算。所以将以上视基准面为界限，在 $+Z$ 方向和 $-Z$ 方向各自建模。
- 建模的起始平面为上视基准面。
- 建模时需要注意先后顺序。

散热盘零件的建模流程图解如图 3-102 所示。

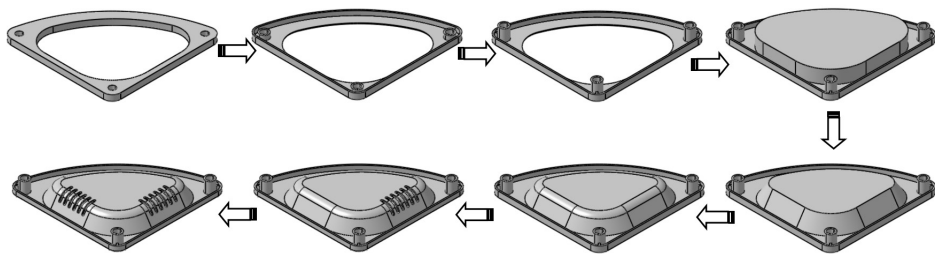


图 3-102

设计步骤

(1) 创建主体结构（拉伸凸台特征）。

01 新建 SolidWorks 零件文件。

02 在“草图”选项卡中单击“草图”按钮，选择上视基准面作为草图平面，进入草图环境绘制图 3-103 所示的草图。

03 单击“拉伸凸台 / 基体”按钮，选择草图创建拉伸深度为 8.00 mm 的凸台特征，如图 3-104 所示。

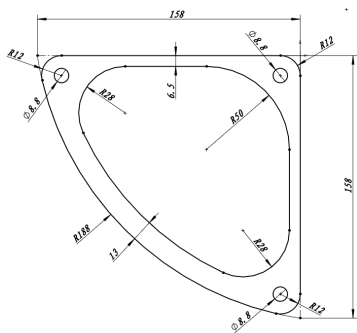


图 3-103



图 3-104

04 单击“拔模斜度”按钮，弹出“拔模”面板。在该面板中选择“中性面”拔模类型，设定拔模角度为 33.00 度，选择上视基准面为中性面并单击“反向”按钮，再在凸台特征中选取要拔模的面（内部洞壁面），最后单击“确定”按钮，完成拔模特征的创建，如图 3-105 所示。

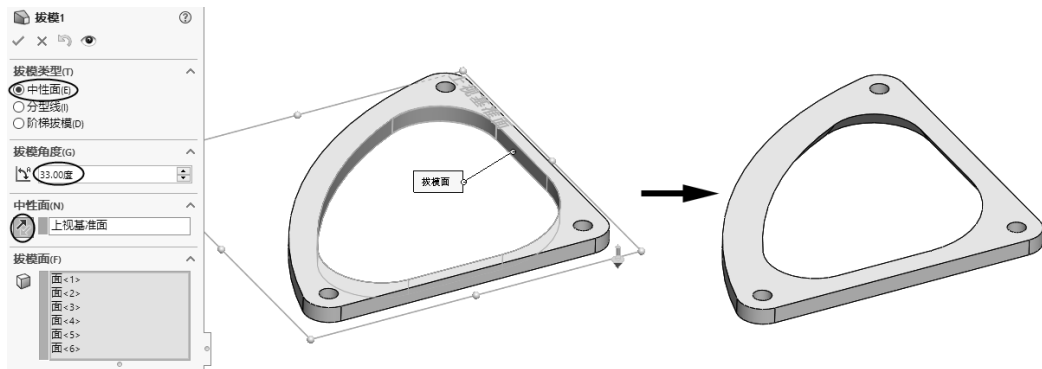


图 3-105

(2) 创建抽壳特征。

01 单击“抽壳”按钮, 弹出“抽壳”面板。

02 设定抽壳的厚度值为 1.900 mm, 再选择要移除的面, 单击“确定”按钮, 完成抽壳特征的创建, 如图 3-106 所示。

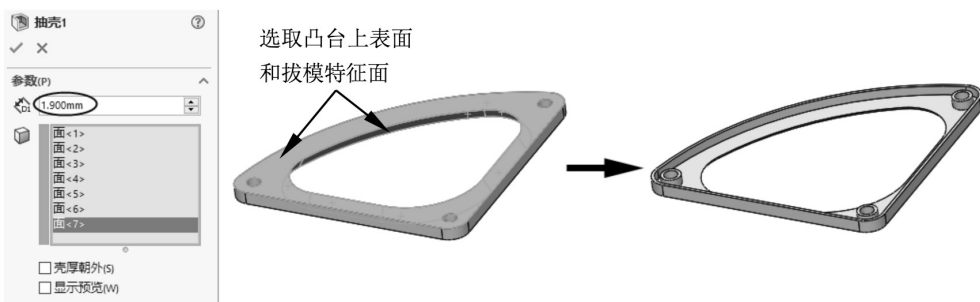


图 3-106

(3) 创建中间的拔模凸台。

01 单击“拉伸凸台 / 基体”按钮, 弹出“拉伸”面板。选择上视基准面后进入草图环境绘制如图 3-107 所示的草图（即利用“等距实体”工具选取拔模面在上视基准面上的边）。

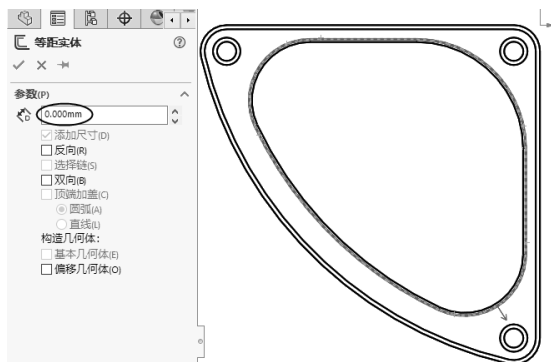


图 3-107

02 完成草图后, 退出草图环境并在随后弹出的“凸台 - 拉伸2”面板中设置拉伸深度为 21.00 mm, 取消选中“合并结果”复选框, 单击“拔模开 / 关”按钮, 设定拔模角度为 33.00 度, 最后单击“确定”按钮, 完成拔模凸台的创建, 如图 3-108 所示。

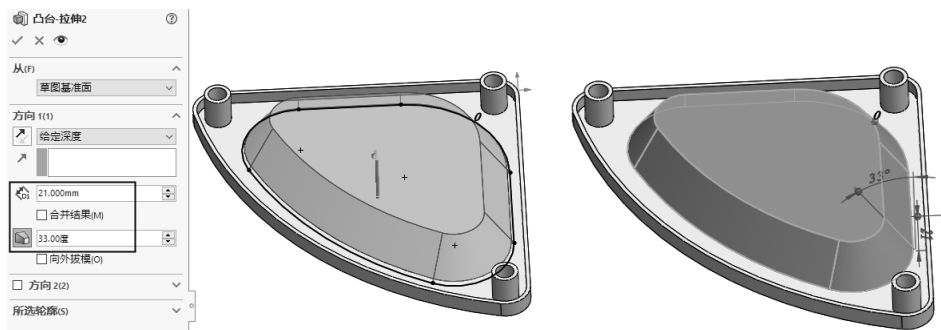


图 3-108

技术要点

由于在“凸台-拉伸”面板中取消选中“合并结果”复选框，拔模凸台和第一个凸台特征是分离的，那么在拔模凸台中进行抽壳操作时就不会影响第一个凸台特征了。

(4) 创建拔模凸台的抽壳特征。

01 单击“圆角”按钮, 弹出“圆角”面板。选择凸台边, 设置圆角半径为 10.000 mm, 单击“确定”按钮, 完成圆角特征的创建, 如图 3-109 所示。

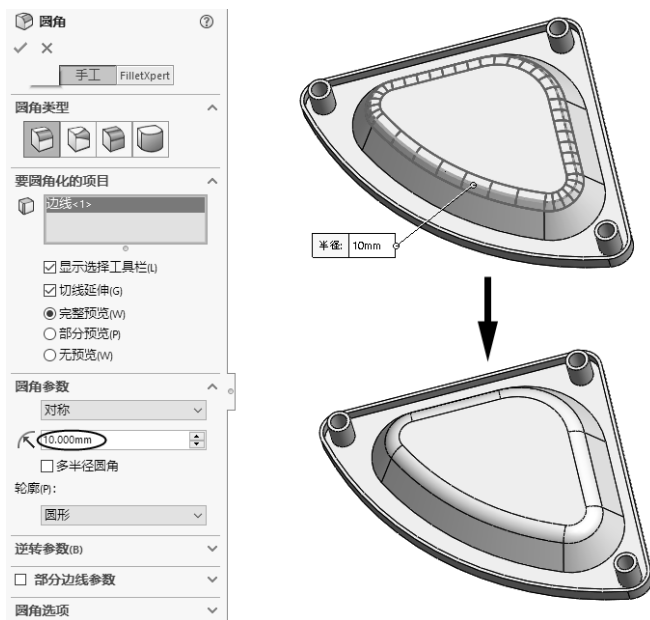


图 3-109

02 翻转模型, 选中拔模凸台的底面, 再单击“抽壳”按钮, 在弹出的“抽壳 2”面板中设置抽壳厚度值为 1.900 mm, 单击“确定”按钮, 完成抽壳特征的创建, 如图 3-110 所示。

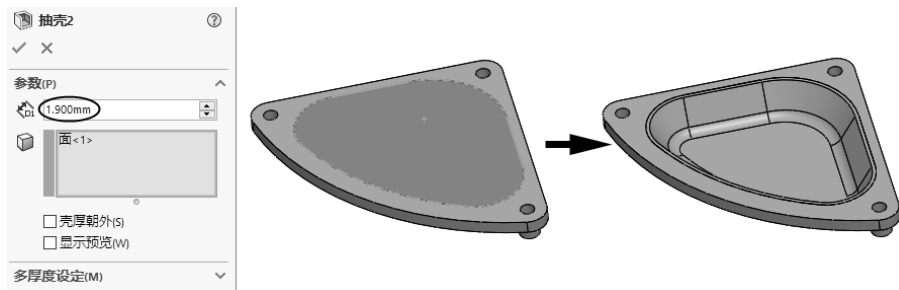


图 3-110

03 执行“工具”|“自定义”命令, 在弹出的“自定义”对话框的“命令”选项卡中, 将“特征”工具栏中的“组合”命令拖至功能区“特征”选项卡中, 以便后续使用。

04 在“特征”选项卡中单击“组合”按钮, 弹出“组合 1”面板, 选择第一个主体凸台(被“移动面”特征替代)和第二个拔模凸台(被“抽壳 2”特征替代)并合并, 得到一个完整实体, 如图 3-111 所示。

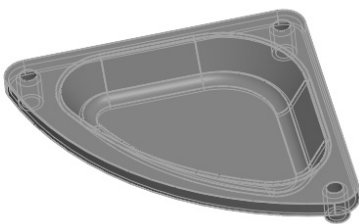


图 3-111

(5) 创建加强筋。

01 在功能区的空白位置右击，在弹出的快捷菜单中选择“选项卡”|“直接编辑”选项，将“直接编辑”选项卡调出并显示在功能区中，如图 3-112 所示。

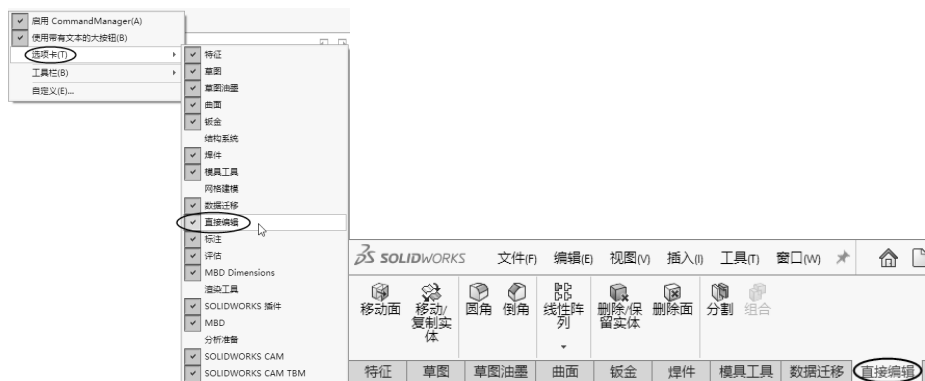


图 3-112

02 在“直接编辑”选项卡中单击“移动面”按钮，弹出“移动面”面板。

03 按住 Ctrl 键选择 3 个 BOSS 立柱的顶面作为要移动的面，选择上视基准面作为方向参考，再设置移动面的距离值为 10.000mm，单击“确定”按钮，完成移动面操作，如图 3-113 所示。

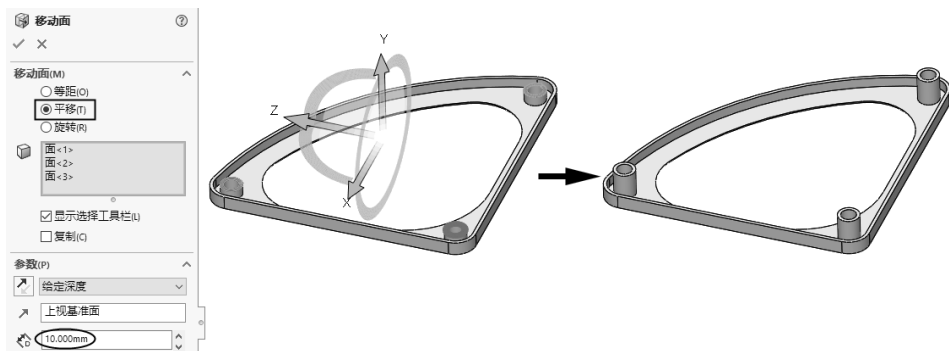


图 3-113

技巧点拨：

移动面的目的是为了将BOSS柱拉长到图纸要求的尺寸。

04 在“特征”选项卡中单击“筋”按钮，弹出“筋”面板。选择的立柱顶面作为草图平面，

进入草图环境绘制加强肋截面的草图，如图 3-114 所示。

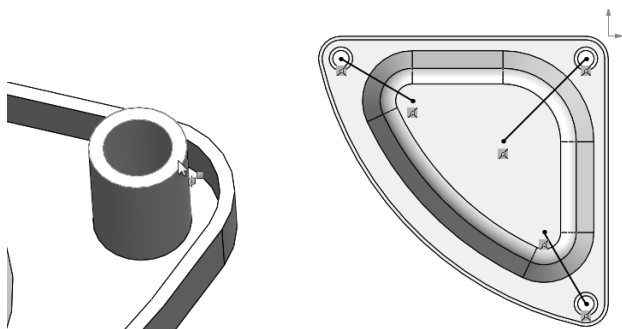


图 3-114

技巧点拨：

绘制的实线长度不能超出整个实体的外轮廓边界。

05 退出草图环境，在“筋 1”面板中选择“两侧”厚度方法，设置厚度值为 1.900 mm，单击“确定”按钮，完成加强筋的创建，如图 3-115 所示。

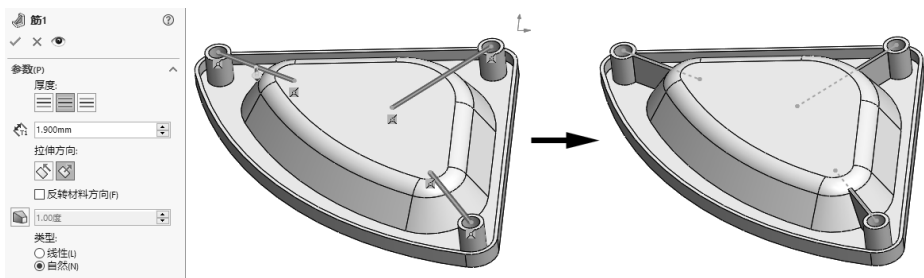


图 3-115

(6) 创建拔模凸台上的拉伸切除特征。

01 单击“草图”按钮，选择如图 3-116 所示的拔模斜面为草图平面，进入草图环境后绘制一条直线，并在实线上再绘制 6 个等距点。

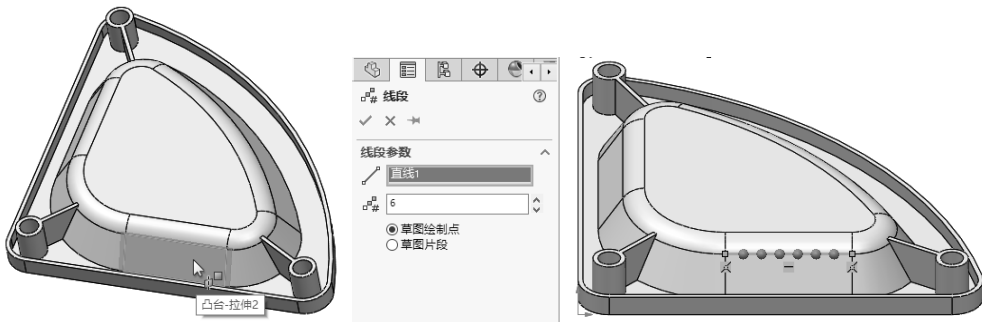


图 3-116

02 单击“基准面”按钮，弹出“基准面 1”面板。选择右视基准面作为第一参考，再选择拔模斜面上的一个草图点作为第二参考，单击“确定”按钮，创建基准面 1，如图 3-117 所示。

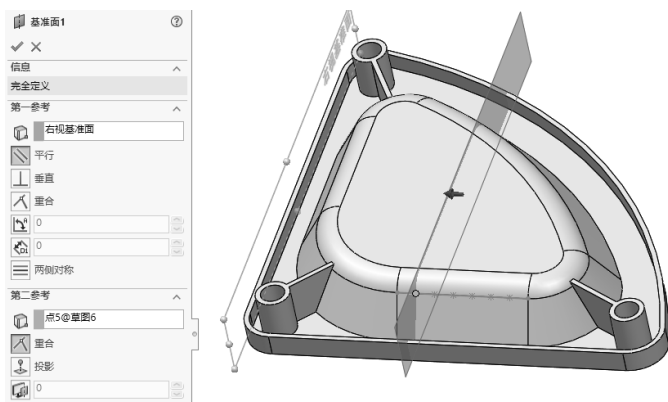


图 3-117

03 单击“拉伸切除”按钮, 选择上一步创建的基准面1为草图平面, 在草图环境中绘制如图3-118所示的草图。

04 退出草图环境后, 在“切除-拉伸”面板中设置拉伸类型为“两侧对称”, 拉伸深度为1.500 mm, 单击“确定”按钮, 完成拉伸切除特征的创建, 如图3-119所示。

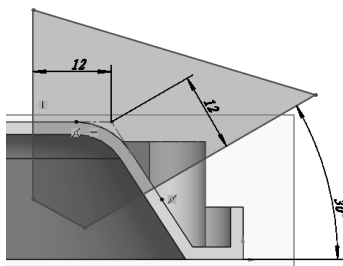


图 3-118

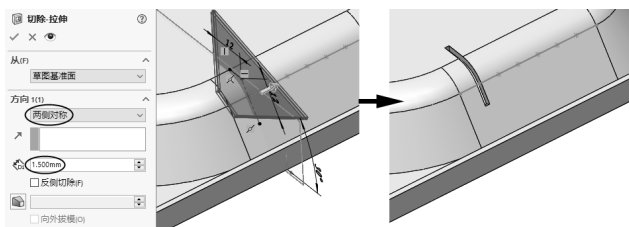


图 3-119

(7) 创建拉伸切除特征的阵列。

01 在特征树中选择拉伸切除特征, 再单击“线性阵列”按钮, 弹出“线性阵列”面板。

02 在“线性阵列”面板中选中“到参考”单选按钮, 并选取矩形阵列的方向参考选中“重心”单选按钮, 再单击“设置实例数”按钮, 输入阵列的实例数为6, 最后单击“确定”按钮, 完成拉伸切除特征的线性阵列, 如图3-120所示。

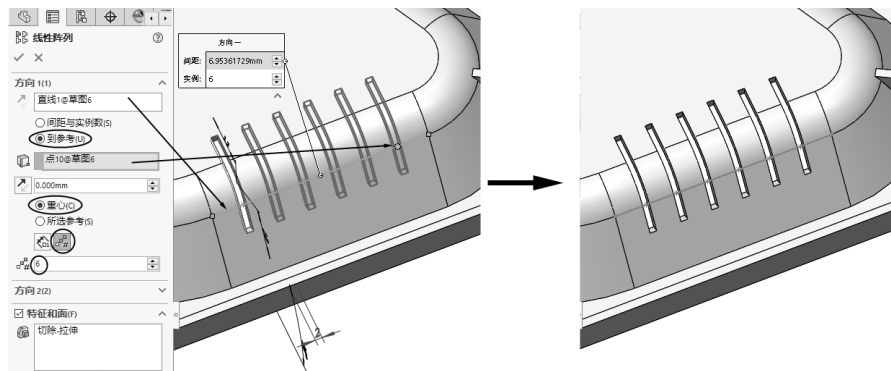


图 3-120

03 单击“圆角”按钮，在弹出的“圆角”面板中单击“完整圆角”按钮，然后依次选取拉伸切除特征中的3个面来创建完整圆角，如图3-121所示。同理，其余拉伸切除特征中的完整圆角也按此方法处理。

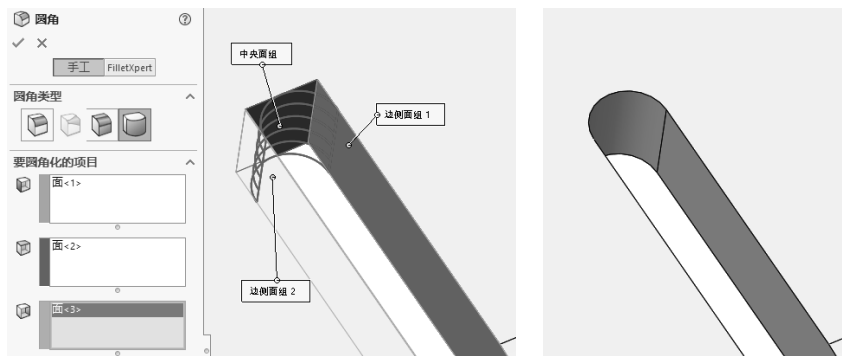


图 3-121

04 单击“基准面”按钮，选择加强筋草图中的一条直线作为第一参考，选择加强筋上的一个侧面作为第二参考，单击“确定”按钮，完成基准面2的创建，如图3-122所示。

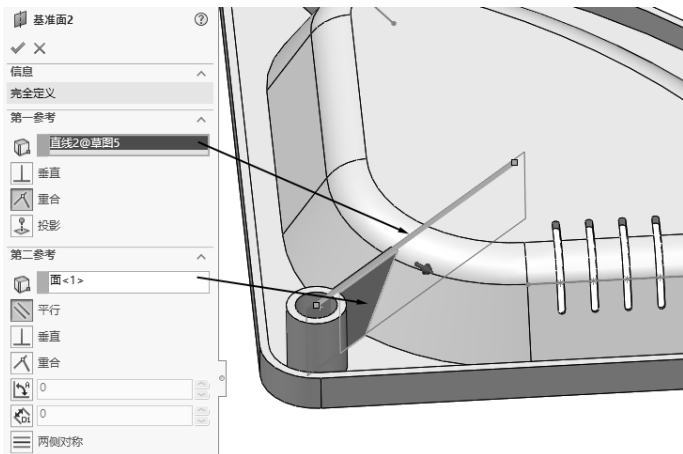


图 3-122

05 在特征树中选取拉伸切除特征、阵列特征和所有完整圆角特征，并在“特征”选项卡中单击“镜像”按钮，弹出“镜像”面板。

06 选择基准面2作为镜像面，单击“确定”按钮，完成所选特征的镜像创建，如图3-123所示。

07 单击“圆角”按钮，弹出“圆角”面板。以“固定大小圆角”类型创建如图3-124所示的圆角。至此完成了本例机械零件的建模操作。

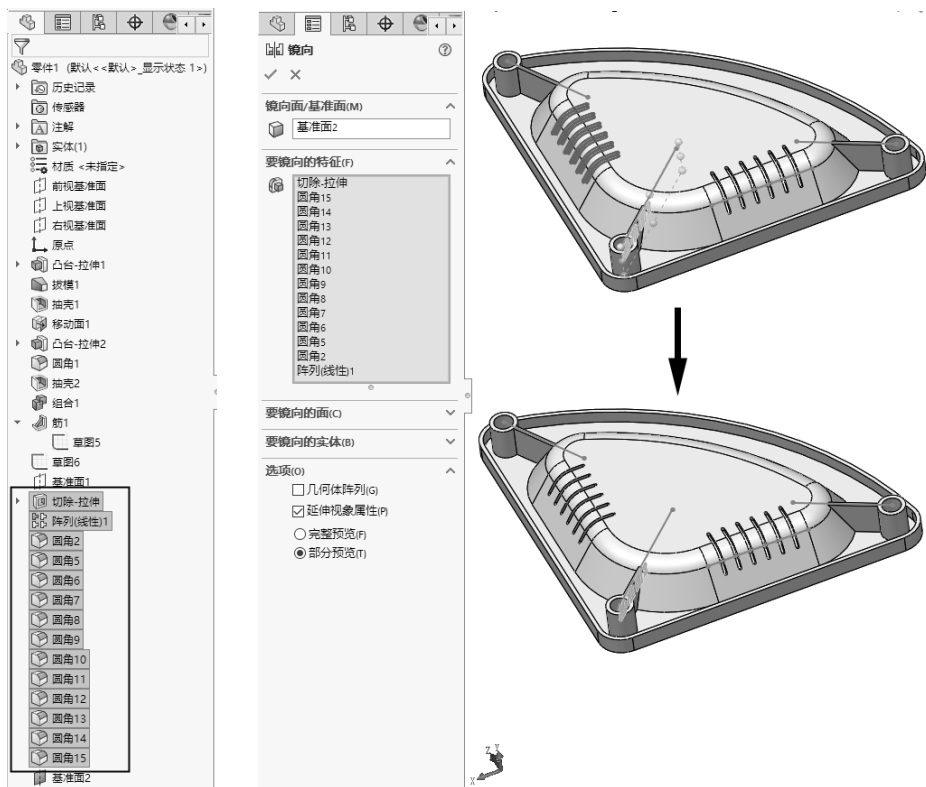


图 3-123

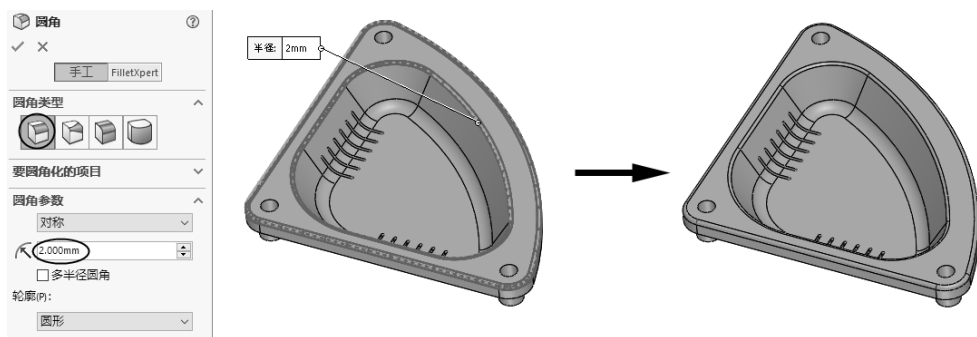


图 3-124