

第 5 章 机械标准件、常用件设计



项目导读

机械零件的标准化设计是三维建模软件建模绕不开的话题，通常机械零件的标准化建模采用 3 种方式。一是常规建模方式（从草图开始到零件模型完成）；二是建立方程式驱动曲线进行参数化建模；三是利用 CATIA 二次开发技术建立标准件、常用件数据模型库。在本章，将分别介绍采用这 3 种方式来完成机械标准件、常用件的设计与应用方法。

5.1 机械标准件常规建模方式

在大型机械装配体中，有着大量的机械标准件和常用件，通过利用 CATIA 零件工作台中的建模工具，进行机械标准件（如螺栓、螺母、齿轮等）的模型设计，以便在日后机械装配设计中直接调用，提高设计效率。

5.1.1 螺栓设计

六角头螺栓由头部和杆部组成。常用头部形状为六棱柱的六角头螺栓，根据螺纹的作用和用途，六角头螺栓有“全螺纹”“部分螺纹”“粗牙”和“细牙”等多种规格。螺栓的规格尺寸指螺纹的大径 d 和公称长度 L 。

下面以螺纹规格 M20 为例，规格详细参数为： $k=12.5$ 、 $l=60$ 、 $b=46$ 、 $d=20$ 、 $e=32.95$ 、 $s=30$ ，如图 5-1 所示。

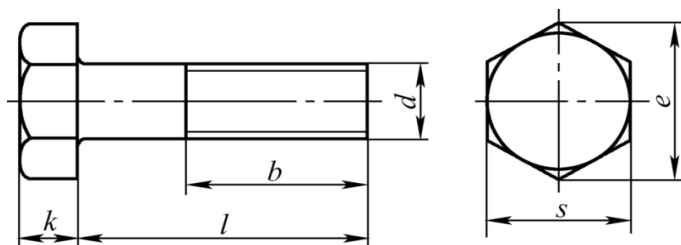


图 5-1 六角头螺栓螺纹规格

上机练习——螺栓建模

螺栓模型效果图如图 5-2 所示，主要由头部、杆部和螺纹 3 部分组成。

（1）头部建模。

01 新建零件文件，进入零件设计工作台。

02 单击“草图”按钮，选择 yz 平面作为草图平面，进入草图工作台。

03 在“预定义的轮廓”工具栏中单击“多边形”按钮，在草图原点处绘制内接圆直径为 30 的正六边形，如图 5-3 所示。随后单击“退出工作台”按钮退出草图工作台。

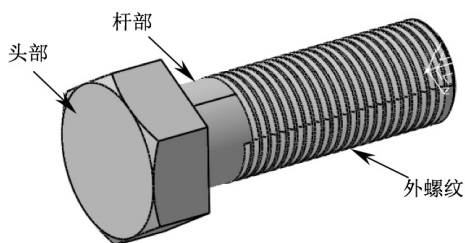


图 5-2 螺栓模型

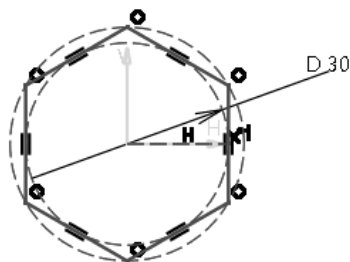


图 5-3 绘制正六边形草图

04 单击“基于草图的特征”工具栏中的“凸台”按钮，弹出“定义凸台”对话框。选择绘制的正六边形作为拉伸截面，设置拉伸“长度”值为 13mm，单击“确定”按钮完成“凸台 1”的创建，如图 5-4 所示。

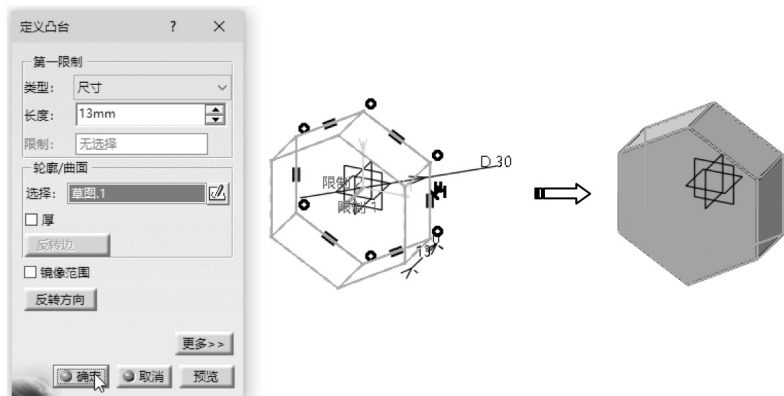


图 5-4 创建“凸台 1”特征

05 单击“旋转槽”按钮，弹出“定义旋转槽”对话框。在该对话框中单击“草图绘制”按钮，选择 xy 平面作为草图平面后进入草图工作台，绘制如图 5-5 所示的旋转截面。

06 单击“退出工作台”按钮退出草图工作台，在“定义旋转槽”对话框中单击“确定”按钮完成螺栓的头部建模，如图 5-6 所示。

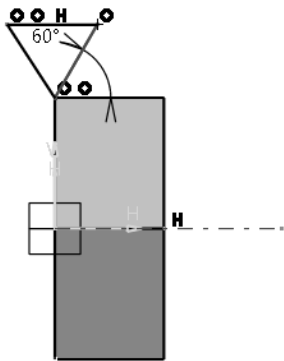


图 5-5 绘制旋转截面

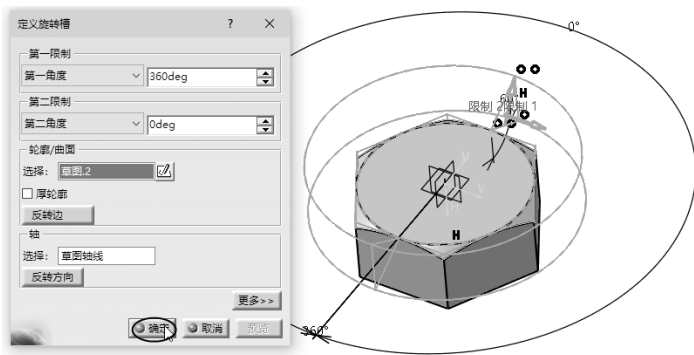


图 5-6 创建旋转槽

(2) 杆部建模。

01 单击“凸台”按钮，弹出“定义凸台”对话框。单击“草图绘制”按钮，选择螺栓头部模型的端面（非yz平面上的端面）作为草图平面，进入草图工作台绘制直径为20mm的圆形截面，如图5-7所示。

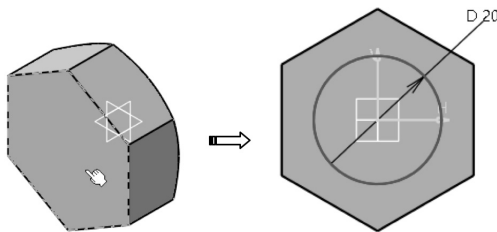


图 5-7 绘制草图

02 退出草图工作台返回“定义凸台”对话框，设置拉伸“长度”值为60mm，单击“确定”按钮完成“凸台2”的创建，如图5-8所示。

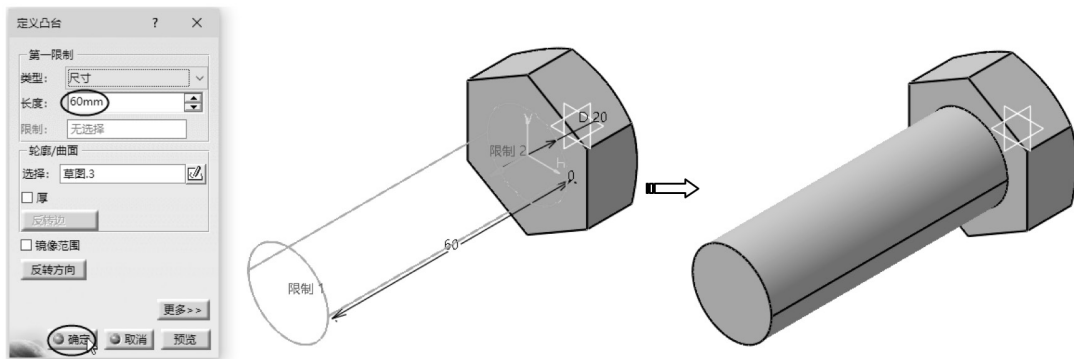


图 5-8 创建“凸台2”特征

03 单击“修饰特征”工具栏中的“倒角”按钮，弹出“定义倒角”对话框。保留默认的“长度1/角度”模式，设置“长度1”值为1mm，再选择“凸台2”的边线作为要倒角的对象，单击“确定”按钮，完成倒角特征的创建，如图5-9所示，完成螺栓杆部的创建。

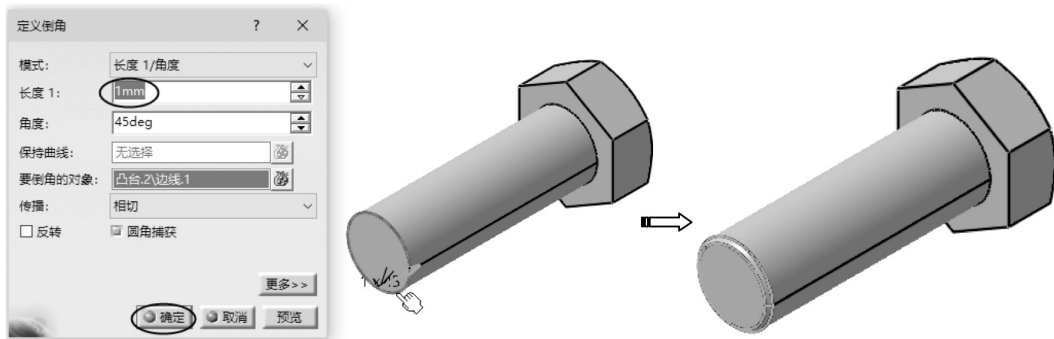


图 5-9 创建倒角特征

(3) 创建外螺纹。

螺纹的创建方法有两种：一种是符号螺纹（也称“修饰螺纹”），这种螺纹仅在工程图制作

时才会显示，并不在模型上表现；另一种就是形状螺纹，即在杆部模型上创建真实的螺纹特征，这种螺纹的创建方法是先创建螺旋线，再以螺旋线为扫描轨迹来创建开槽特征。下面分别介绍这两种螺纹的创建方法。

① 创建符号螺纹。

01 单击“修饰特征”工具栏中的“外螺纹/内螺纹”按钮，弹出“定义外螺纹/内螺纹”对话框。

02 在“几何图形定义”选项组中激活“侧面”文本框，选择产生螺纹的小圆柱表面，激活“侧面”文本框，然后选择杆部的外圆面作为螺纹的附着面。再激活“限制面”文本框，选择杆部的端面为螺纹起始限制面，如图 5-10 所示。

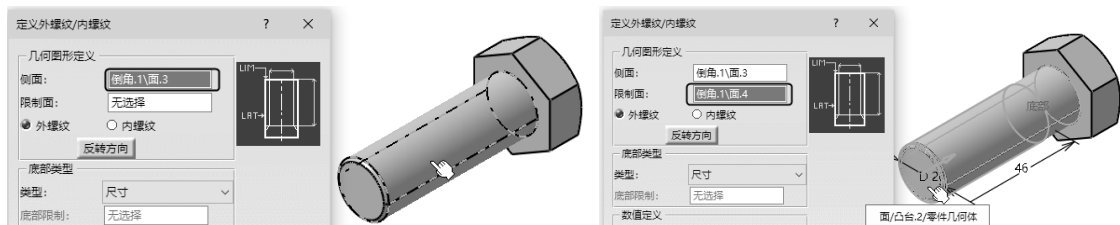


图 5-10 选择螺纹的侧面和限制面

03 选择“外螺纹”单选按钮以确保创建外螺纹。在“定义外螺纹/内螺纹”对话框的“数值定义”选项组中设置螺纹类型和螺纹尺寸参数，单击“确定”按钮，完成符号螺纹的创建，如图 5-11 所示。

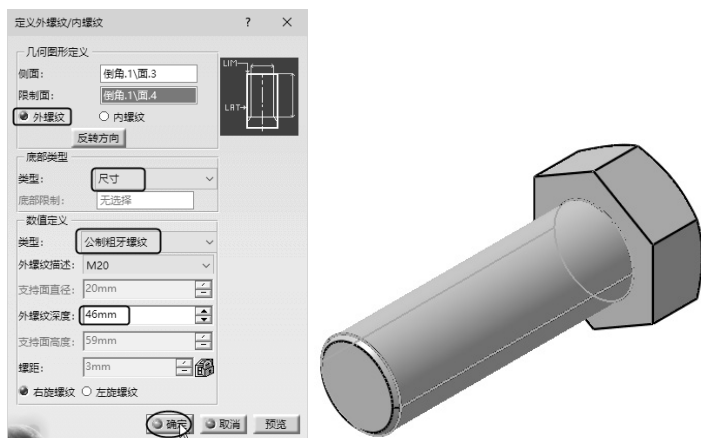


图 5-11 创建螺纹修饰特征

② 创建形状螺纹。

01 执行“开始”|“机械设计”|“线框和曲面设计”命令，进入线框和曲面设计工作台。

02 在软件窗口底部的“工具”工具栏中单击“轴系”按钮，弹出“轴系定义”对话框。定义杆部端面的中心点为坐标系原点，单击“确定”按钮完成轴系的创建，如图 5-12 所示。

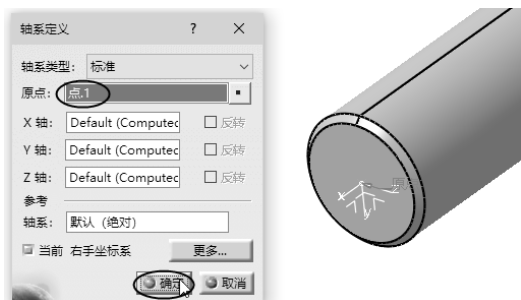


图 5-12 创建轴系

03 在“线框”工具栏中单击“样条线”按钮右下角的下三角按钮，调出“曲线”工具栏，如图 5-13 所示。

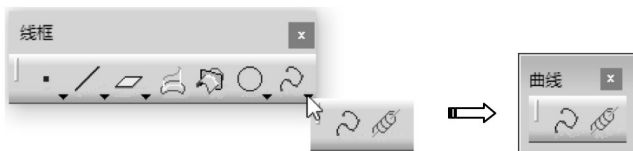


图 5-13 调出“曲线”工具栏

04 在“曲线”工具栏中单击“螺旋线”按钮，弹出“螺旋曲线定义”对话框。选择“高度和螺距”螺旋类型，设置“螺距”值为 3mm、“高度”值为 46mm。在“起点”文本框中右击，在弹出的快捷菜单中选择“创建点”选项，弹出“点定义”对话框。设置点类型为“曲线上”，并选取杆部外圆边线来创建点，如图 5-14 所示。

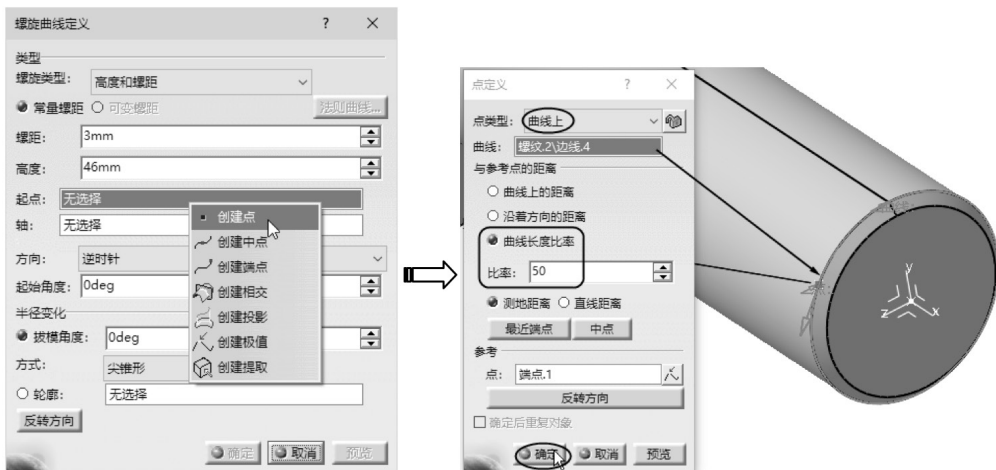


图 5-14 创建点

05 返回“螺旋曲线定义”对话框，激活“轴”文本框，选择前面新建轴系中的 x 轴，单击“反转方向”按钮改变螺旋线生成方向，最后单击“确定”按钮完成螺旋线的创建，如图 5-15 所示。

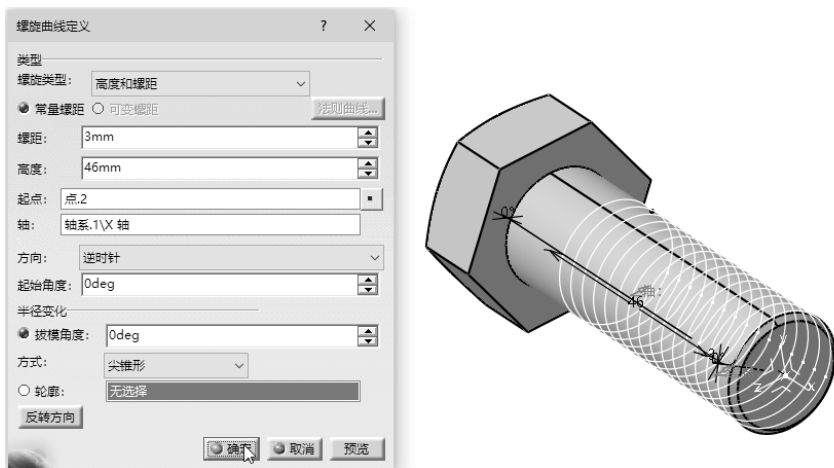


图 5-15 创建螺旋线

06 执行“开始”|“机械设计”|“零件设计”命令进入零件设计工作台。在“参考元素”工具栏中单击“平面”按钮, 弹出“平面定义”对话框。选择“曲线的法线”类型, 选取螺旋线作为参考曲线, 选中“曲线长度比率”复选框, 保留其余选项的默认设置, 最后单击“确定”按钮完成“平面 1”的创建, 如图 5-16 所示。

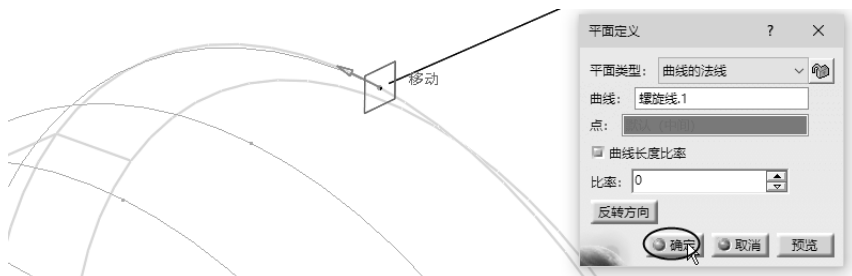


图 5-16 创建平面

07 单击“草图”按钮, 选取上一步创建的平面作为草图平面, 绘制如图 5-17 所示的螺牙草图。

08 在“基于草图的特征”工具栏中单击“开槽”按钮, 弹出“定义开槽”对话框。选取上一步绘制的螺牙草图作为扫描轮廓, 选取螺旋线作为中心曲线, 选择“拔模方向”选项并选取杆部端面作为拔模参考, 最后单击“确定”按钮完成开槽特征的创建, 如图 5-18 所示。

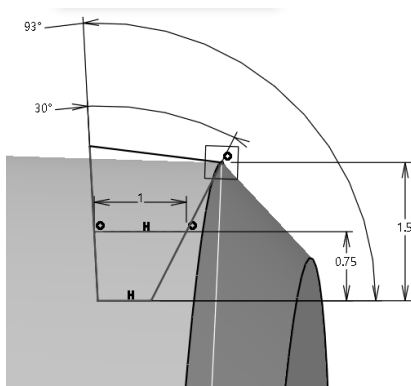


图 5-17 绘制螺牙草图

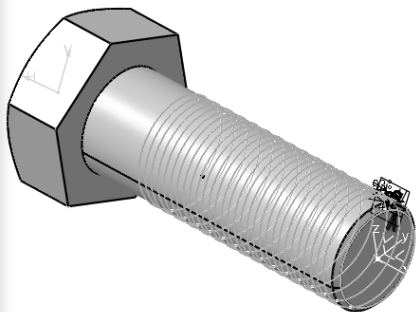


图 5-18 创建开槽特征

09 至此, 完成了螺栓标准件的建模, 结果如图 5-19 所示。

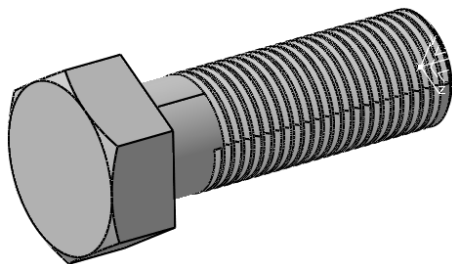


图 5-19 螺栓标准件

5.1.2 螺母设计

螺母与螺栓等外螺纹零件配合使用, 起联接作用, 其中以六角螺母应用为最广泛。六角螺母

根据高度(m)不同,可分为薄型、1型、2型。根据螺距不同,可分为粗牙、细牙。根据产品等级,可分为A、B、C级。螺母的规格尺寸为螺纹大径 d ,如图5-20所示。

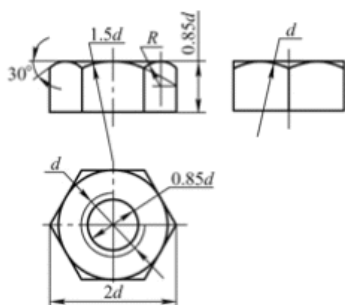


图 5-20 六角螺母

上机练习——螺母建模

以 M20 螺栓规格的螺母为例创建螺母模型,主要由螺母主体、螺纹孔和倒角3部分组成,如图5-21所示。螺母模型的创建方法与螺栓相同,可对前面创建的螺栓模型进行修改而得到 M20 的螺母。

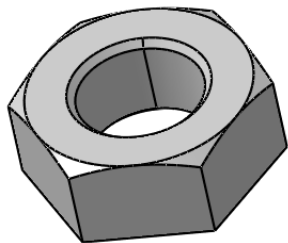


图 5-21 螺母模型

01 将螺栓模型中的螺纹特征和杆部上的附加特征删除,仅保留头部和杆部模型,如图5-22所示。

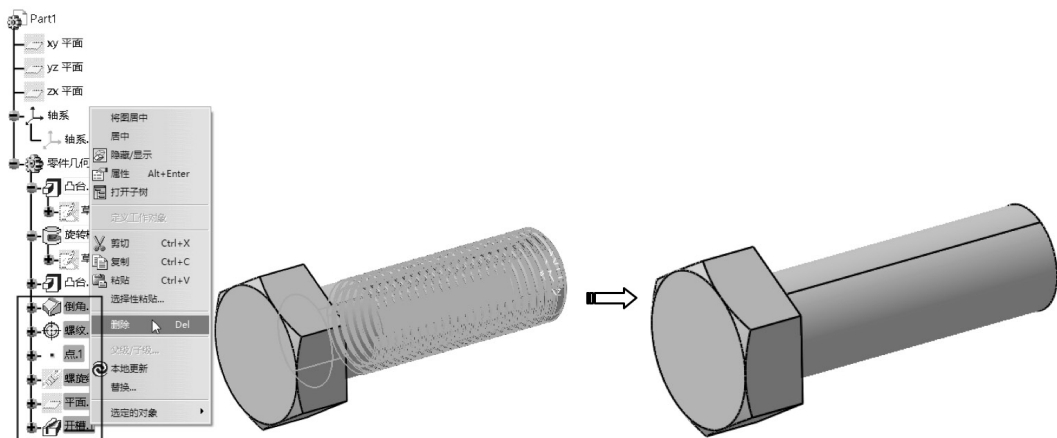


图 5-22 删除部分特征

02 在“基于草图的特征”工具栏中单击“凹槽”按钮,弹出“定义凹槽”对话框。选取杆部模型(凸台.2)中的截面草图作为凹槽的截面草图,设置拉伸“深度”值为60mm,选中“镜像范围”复选框,最后单击“确定”按钮完成凹槽特征的创建,如图5-23所示。

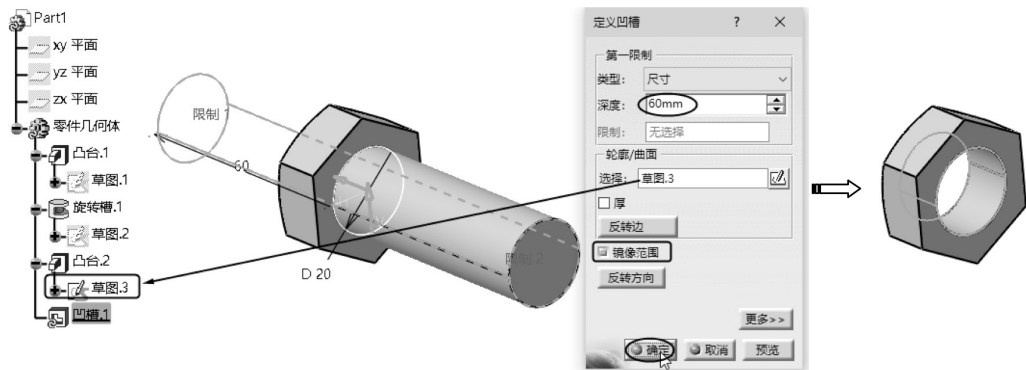


图 5-23 创建开槽特征

03 在“修饰特征”工具栏中单击“厚度”按钮, 弹出“定义厚度”对话框。选取开槽特征的表面来添加厚度, “默认厚度”值为 1.5mm (此值为配套螺栓的螺牙深度值), 如图 5-24 所示。

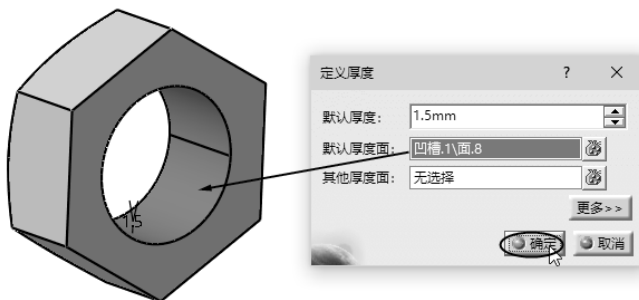


图 5-24 定义厚度

04 单击“外螺纹/内螺纹”按钮, 弹出“定义外螺纹/内螺纹”对话框。选择凹槽表面作为侧面, 选择“凸台.1”特征的端面为限制面, 然后设置其余螺纹参数, 最后单击“确定”按钮完成内螺纹特征的创建, 如图 5-25 所示。

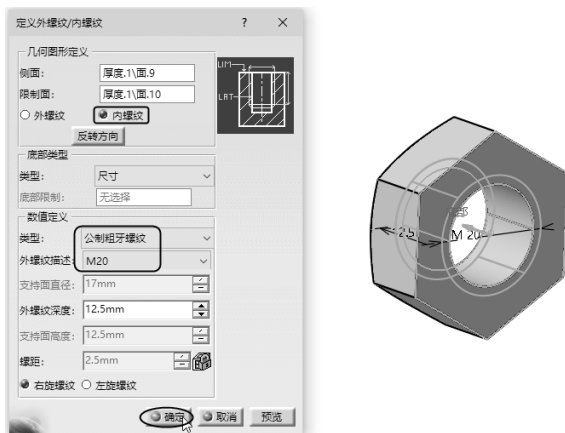


图 5-25 创建内螺纹

05 单击“修饰特征”工具栏中的“倒角”按钮, 弹出“定义倒角”对话框。设置倒角“长度 1”为 1mm, 选取凹槽特征两端面的边线作为倒角对象, 最后单击“确定”按钮完成倒角特征的创建,

如图 5-26 所示。至此完成了螺母模型的创建。



图 5-26 创建倒角

5.1.3 齿轮设计

齿轮类零件是常用机械传动零件之一，主要种类有直齿轮、斜齿轮、圆锥齿轮等。

上机练习——圆柱直齿齿轮设计

下面仅介绍常用的圆柱直齿轮画法，圆柱直齿轮由齿形和齿轮基体组成，如图 5-27 所示。

01 新建零件文件进入零件设计工作台。

02 单击“草图”按钮, 选择 xy 平面作为草图平面，进入草图工作台绘制如图 5-28 所示的一半齿形草图。

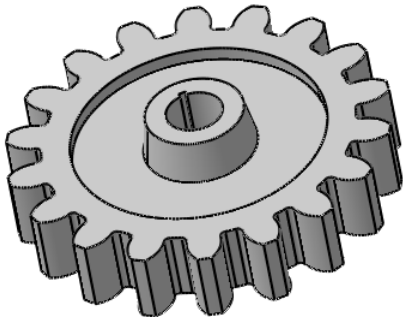


图 5-27 圆柱直齿轮模型

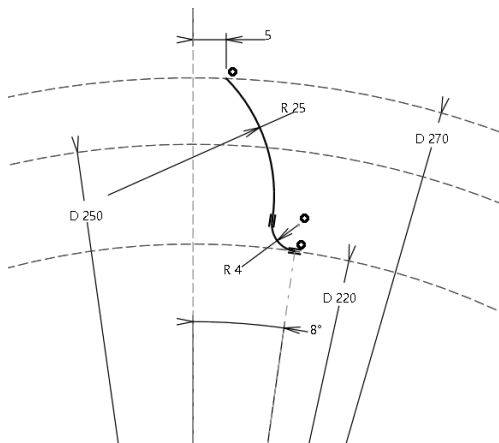


图 5-28 绘制一半齿形草图

03 在“操作”工具栏中单击“镜像”按钮, 将上一步绘制的齿形草图以 v 轴镜像，如图 5-29 所示。

04 在“操作”工具栏中单击“旋转”按钮, 弹出“旋转定义”对话框。设置“实例”值为 17，选中“复制模式”复选框，在图形区先选择齿形轮廓为旋转元素，再选取草图原点为旋转中心点，设置成员之间的角度值为 20deg ，最后单击“确定”按钮完成旋转复制操作，如图 5-30 所示。

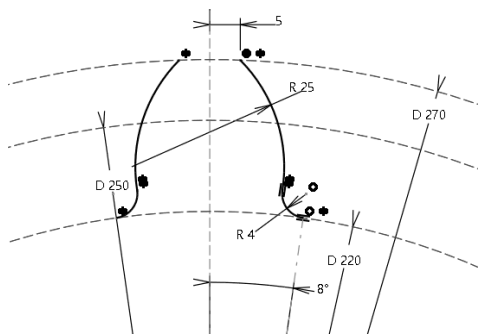


图 5-29 镜像齿形

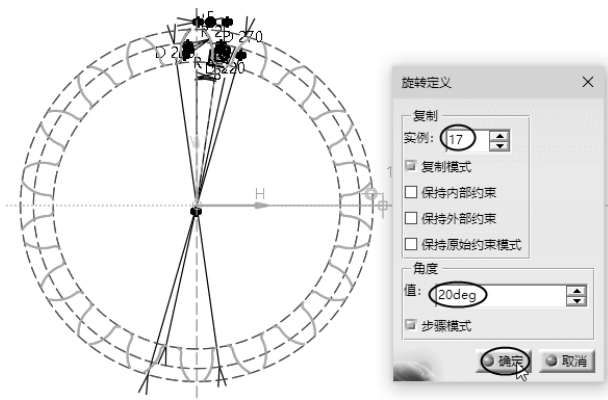


图 5-30 旋转复制齿形

05 利用“圆”和“快速修剪”工具绘制齿底圆和齿顶圆，并完成如图 5-31 所示的轮廓，最后单击“退出工作台”按钮, 完成草图绘制。

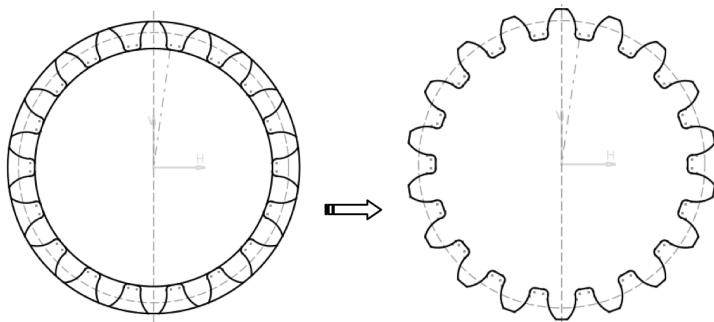


图 5-31 完成截面草图

06 单击“基于草图的特征”工具栏中的“凸台”按钮, 弹出“定义凸台”对话框，选择上一步绘制的草图，设置拉伸“长度”值为 25mm，选中“镜像范围”复选框，单击“确定”按钮完成“凸台.1”特征的创建，如图 5-32 所示。

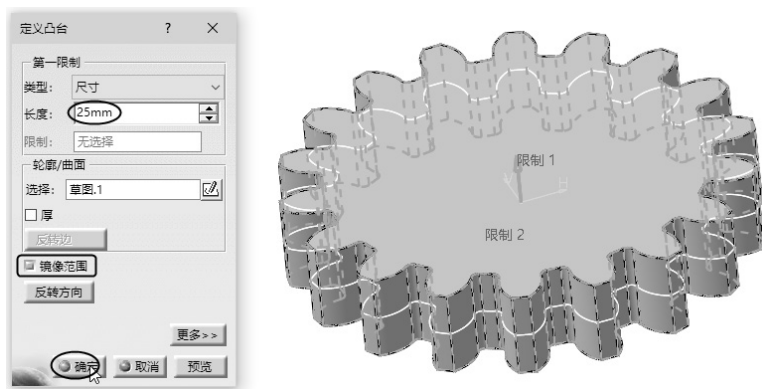


图 5-32 创建“凸台.1”特征

07 单击“草图”按钮, 选择 xy 平面作为草图平面，进入草图工作台绘制截面草图，如图 5-33 所示。

08 单击“旋转槽”按钮, 弹出“定义旋转槽”对话框。选择上一步绘制的草图作为旋转截面轮廓, 单击“确定”按钮, 完成旋转槽特征的创建, 如图 5-34 所示。

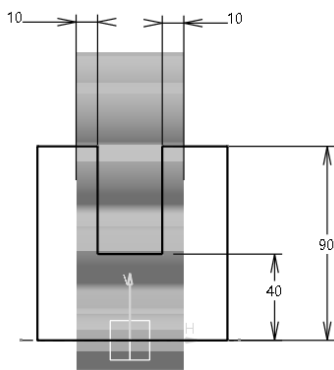
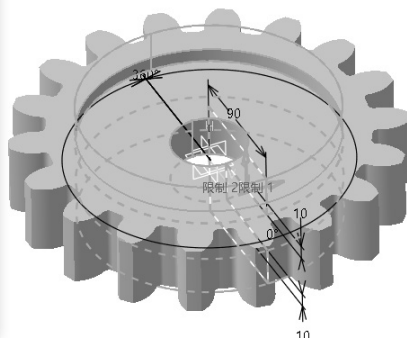


图 5-33 绘制草图



图 5-34 创建旋转槽特征



09 单击“草图”按钮, 选择“凸台.1”特征的端面为草绘平面, 然后绘制如图 5-35 所示的键槽草图。

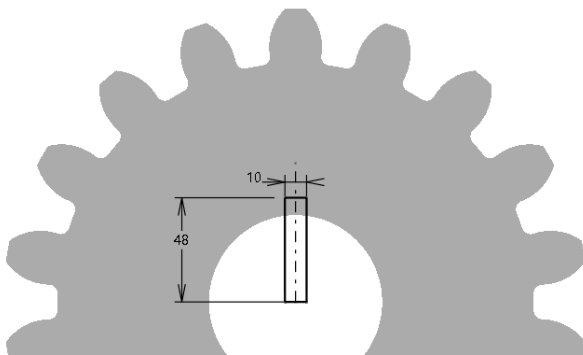


图 5-35 绘制草图

10 单击“凹槽”按钮, 弹出“定义凹槽”对话框。选择上一步绘制的草图, 设置凹槽参数, 单击“确定”按钮完成凹槽特征的创建, 如图 5-36 所示。

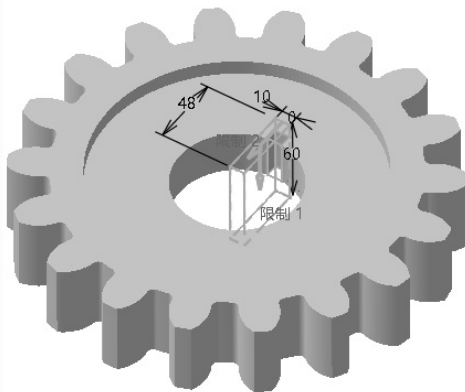


图 5-36 创建凹槽特征

5.2 标准件参数化设计

在 CATIA 中, 利用传统的建模方式设计机械标准件、常用件, 无法满足企业高效化、设计标准化及智能化的要求。基于此, 将采用 CATIA 的参数化建模功能进行标准设计。参数化建模是基于“参数”与“公式”(或称“关系式”)进行的一项工作, 首先要了解“参数”和“公式”的基本概念。

5.2.1 什么是“参数”

参数用于提供关于设计对象的附加信息, 是参数化设计的要素之一。参数与模型一起存储, 参数可以标明不同模型的属性, 例如在一个“族表”中创建参数“成本”后, 对于该族表中的不同实例可以为其设置不同的值, 以示区别。

参数的另一个重要用法就是配合关系的使用来创建参数化模型, 通过变更参数值来变更模型的形状和大小。

在实际设计中, 经常会遇到这样的问题: 有时候需要创建一种系列产品, 这些产品在结构特点和建模方法上都有极大的相似之处, 例如, 一组不同齿数的齿轮、一组不同直径的螺钉等。如果能够对一个已经设计完成的模型做最简单的修改即可获得另外一种设计结果(例如将一个具有 30 个轮齿的齿轮改变为具有 40 个轮齿的齿轮), 那么将大幅节约设计时间, 增加模型的利用率, 要实现这种设计方法就可以借助“参数”来实现。

技巧点拨:

要完全确定一个立方体模型的形状和大小需要怎么样的尺寸? 当创建完成一个立方体模型后, 怎样更改其形状和大小呢?

不难知道, 只要给出一个立方体模型的长、宽和高的尺寸就可以完全确定该模型的形状和大小。而要更改其形状和大小则需要使用编辑或重定义模型的方法, 通过修改相关尺寸来实现。那么是否还有更加简便的方法呢?

在 CATIA 中, 可以将长方体模型的长、宽和高数据设置为参数, 将这些参数与图形中的尺寸建立关联关系后, 只要变更参数的具体数值, 即可轻松改变模型的形状和大小, 这就是参数在设计中的用途。

1. 设置参数化建模环境

默认情况下, 在零件设计工作台中进行特征设计, 特征树中是不会显示定义的参数及公式的, 这就需要设置系统选项。

执行“工具”|“选项”命令, 打开“选项”对话框。在该对话框左侧的配置树中的“常规”选项节点下选择“参数和测量”节点, 右侧显示参数和测量设置的相关选项。在“知识工程”选项卡中选中如图 5-37 所示的相关选项。

在“基础结构”选项节点下选择“零件基础结构”节点, 并在右侧显示的选项区中设置与参数和公式相关的选项, 如图 5-38 所示。

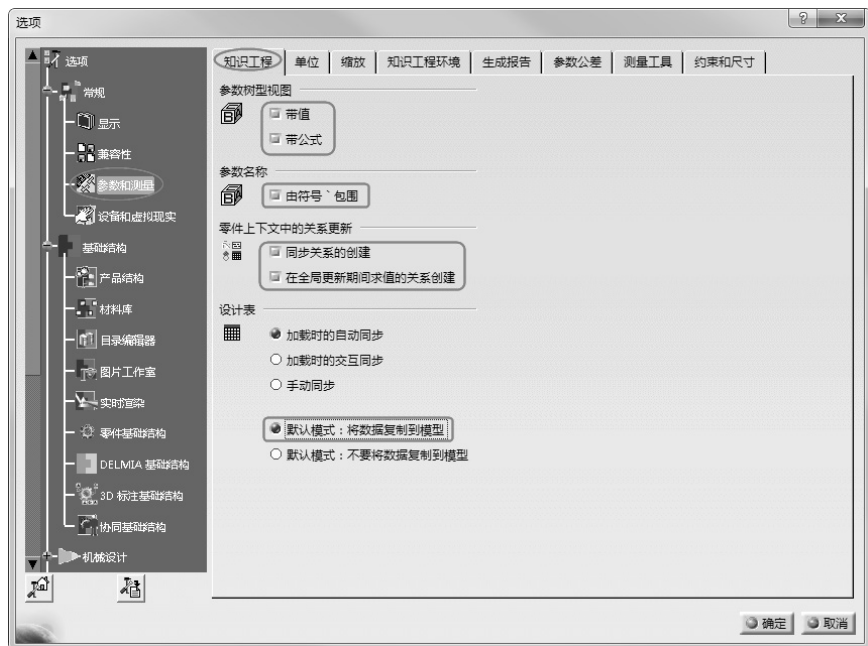


图 5-37 设置参数和测量

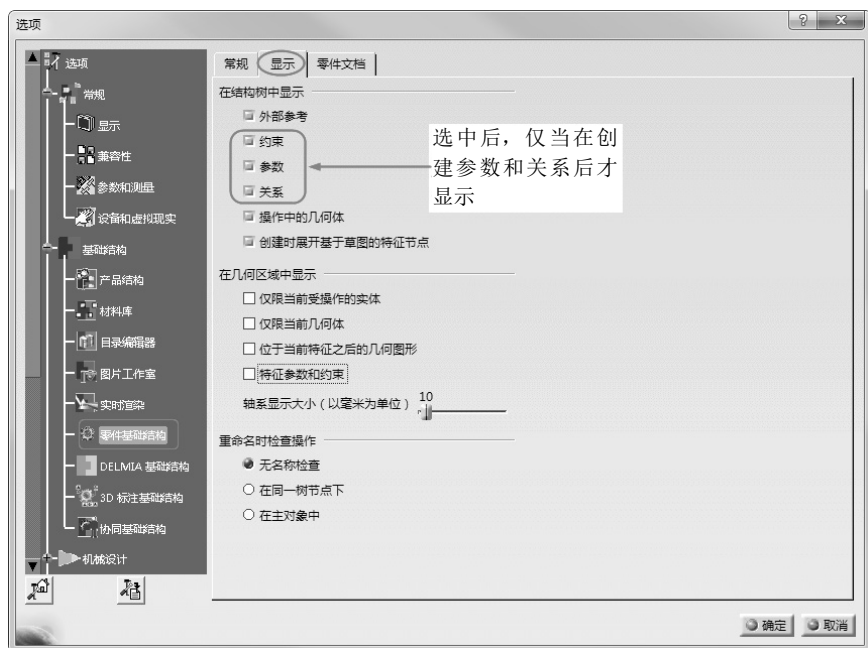


图 5-38 设置结构树中的参数及公式的显示方式

2. 定义参数

在CATIA中,可以方便地在模型中添加一组参数,通过变更参数值来实现对设计意图的修改。选择“开始”|“机械设计”|“零件设计”命令,进入零件设计工作台建立一个模型,并执行“工具”|“公式”命令,弹出“公式: Part1”对话框,如图 5-39 所示。

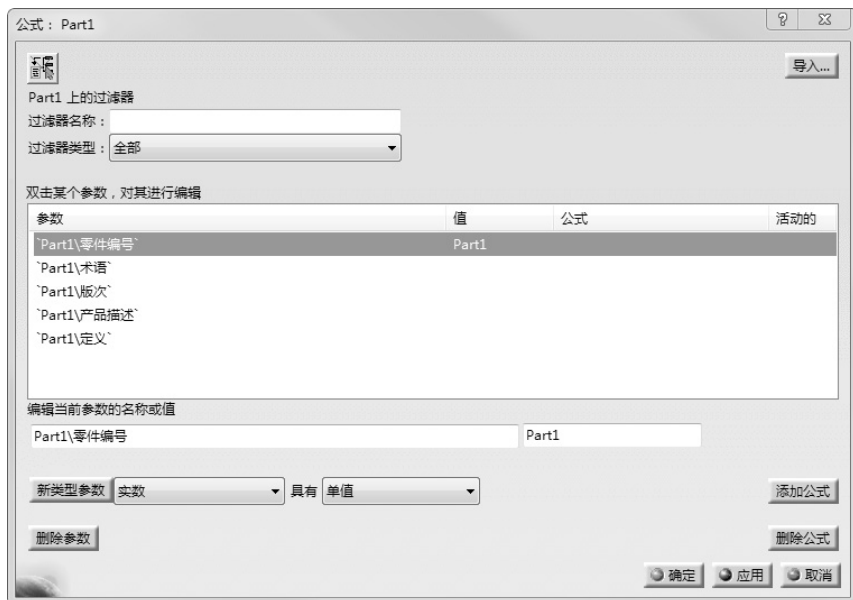


图 5-39 “公式：Part1”对话框

可以利用“公式：Part1”对话框（或称为“参数管理器”）中的选项来定义参数和公式。接下来介绍该对话框的使用方法。

（1）按优化模式工作。

单击“选中后按优化模式工作”按钮, 可以增量或非增量模式工作。增量意味着必须递进地选择特征，从而访问其参数。该模式是执行模式，非增量意味着在开始时，应用程序的所有参数都是已知的。

优化模式的“公式”对话框，如图 5-40 所示。

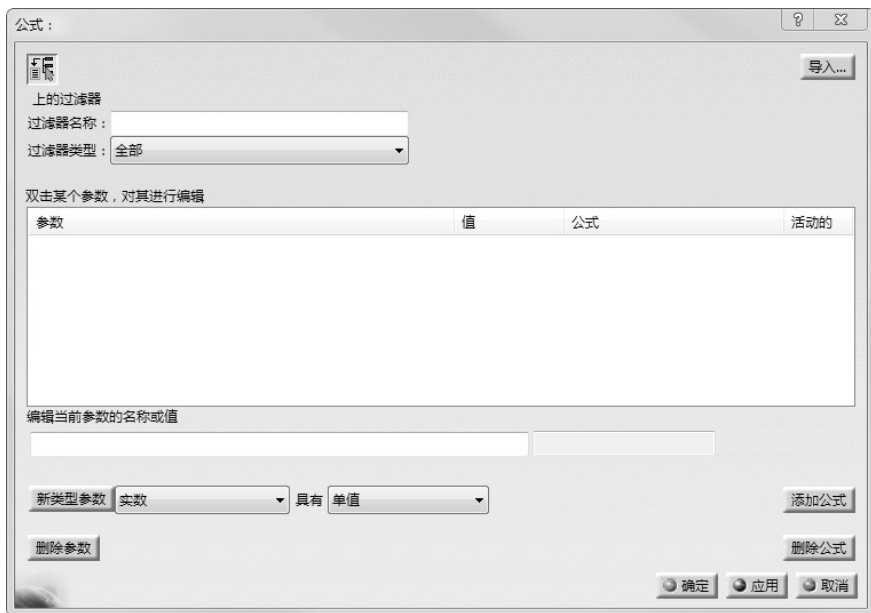


图 5-40 优化模式下的“公式”对话框

(2) 过滤器。

当在“过滤器类型”下拉列表中选择一个参数类型后，“过滤器名称”文本框中显示该参数的名称，同时还可以在参数编辑列表中看到带有以下信息的可用参数。

- 参数名称
- 参数值
- 对参数赋值的公式
- 此公式的活动状态

(3) 参数编辑列表。

在参数编辑列表中包含特征树中可用的参数，当前行的元素可以在列表下的区域中进行编辑，如图 5-41 所示。

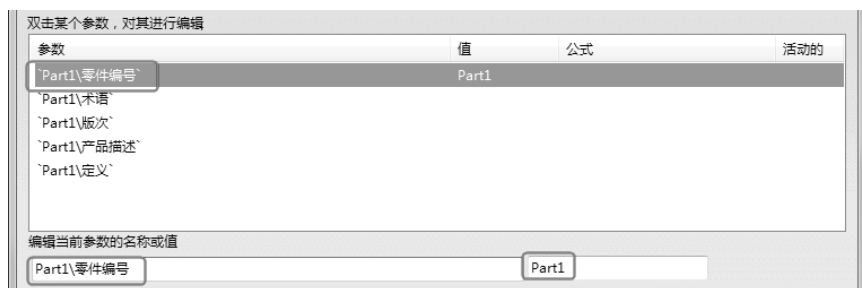


图 5-41 参数的编辑

在列表中双击某一行的参数，可以打开“公式编辑器”对话框，在该对话框中能够重命名当前参数并编辑公式，还可以单击上下文菜单中的“清除文本字段”按钮  删除当前公式，如图 5-42 所示。

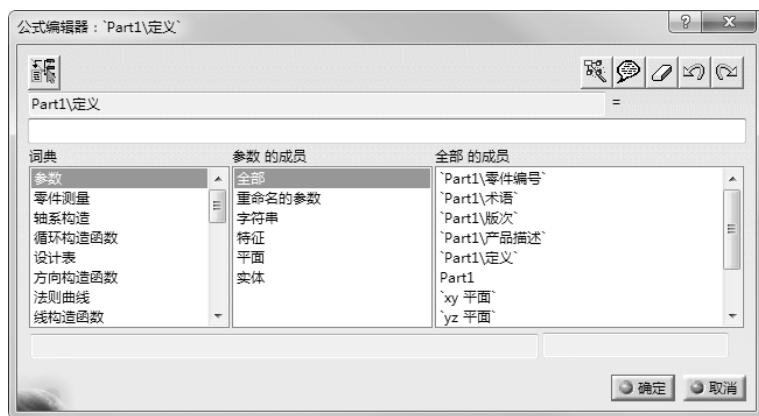


图 5-42 “公式编辑器”对话框

(4) 其他按钮选项。

其他按钮选项的含义如下。

- 新类型参数：单击此按钮，可以创建新的参数。可在参数类型列表中选择一类参数，再定义参数值。默认情况下，如果没有选择新参数，系统会自动以“实数”来定义，如图 5-43 所示。

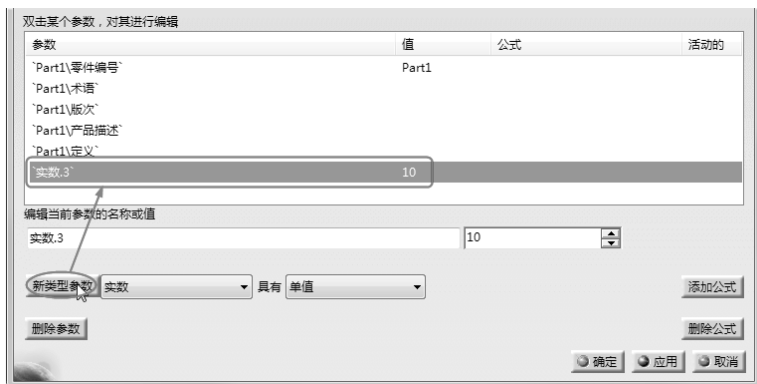


图 5-43 创建新参数

- 删除参数：在参数编辑列表中选中一个参数，单击“删除参数”按钮删除参数。
- 添加公式：单击此按钮，将弹出“公式编辑器”对话框，添加基于选定参数的公式，如图 5-44 所示。

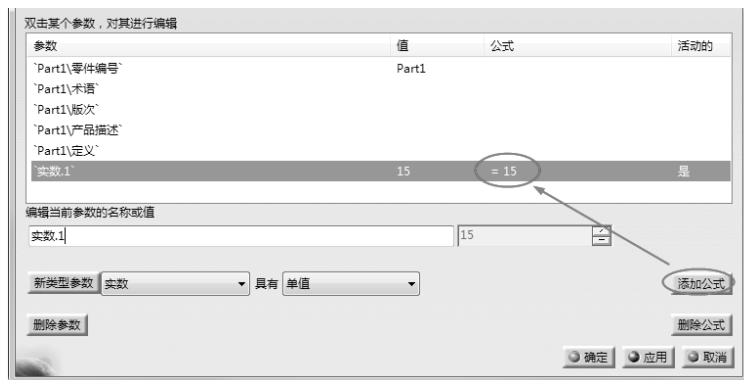


图 5-44 添加公式

- 删除公式：单击此按钮，删除添加的公式。

上机练习——简单零件的参数编辑

01 新建零件文件并进入零件设计工作台。

02 单击“草图”按钮, 选择 xy 平面进入草图工作台绘制一个矩形，尺寸值任意设置，然后退出草图工作台，如图 5-45 所示。

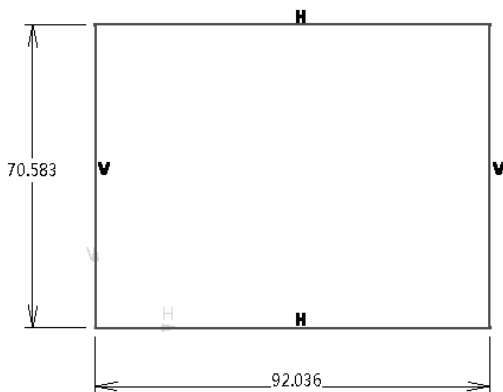


图 5-45 绘制草图

03 单击“凸台”按钮, 弹出“定义凸台”对话框。选择草图作为截面, 拉伸“长度”值任意设定, 如图 5-46 所示。

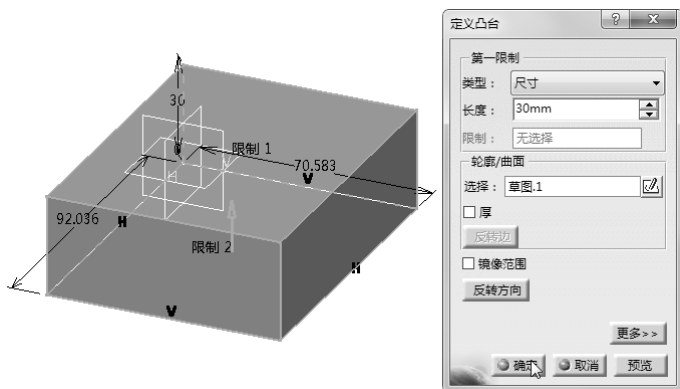


图 5-46 创建凸台

04 在特征树中右击“凸台.1”节点, 在弹出的快捷菜单中选择“凸台.1 对象”|“编辑参数”命令, 凸台特征中显示关于此特征的所有参数, 双击一个参数可以修改其值, 如图 5-47 所示。

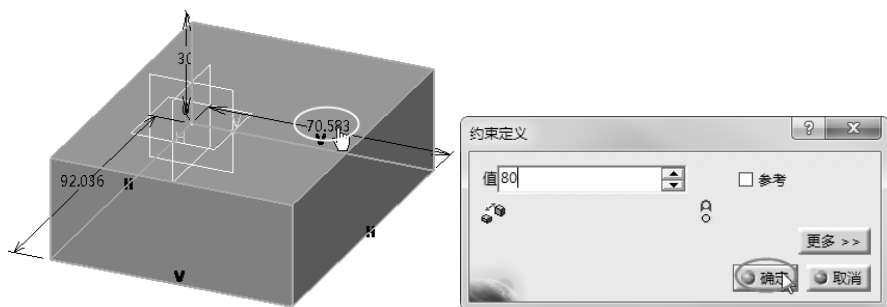


图 5-47 编辑参数值

05 编辑参数后需要执行“编辑”|“更新”命令, 更新参数值, 如图 5-48 所示。

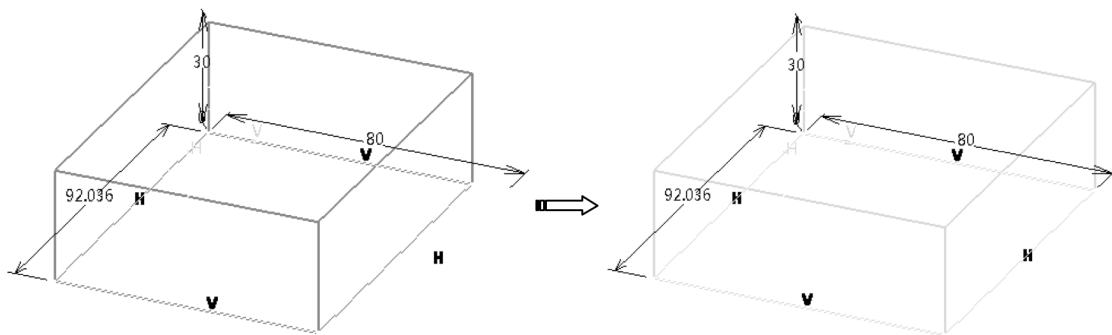


图 5-48 更新值

06 也可以在图形区底部的“知识工程”工具栏中单击“公式”按钮, 在弹出的“公式”对话框中, 凡是存在数值的参数都可以进行编辑修改。例如, 修改凸台的拉伸“长度”值, 如图 5-49 所示。

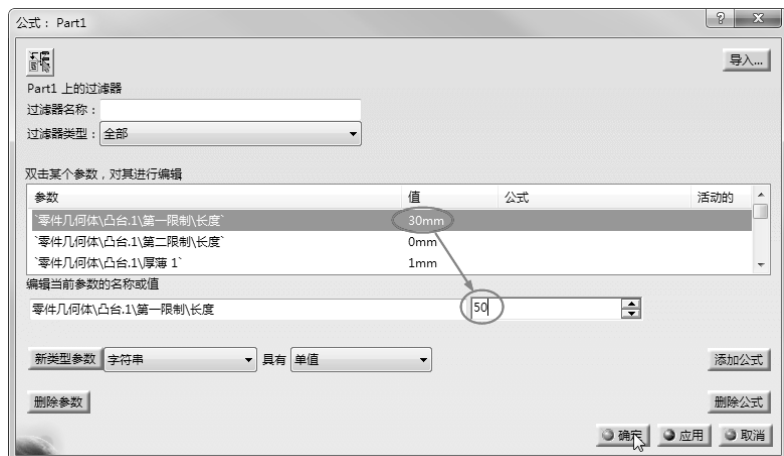


图 5-49 编辑凸台特征的拉伸长度参数

07 修改参数值后，也要进行更新操作，结果如图 5-50 所示。

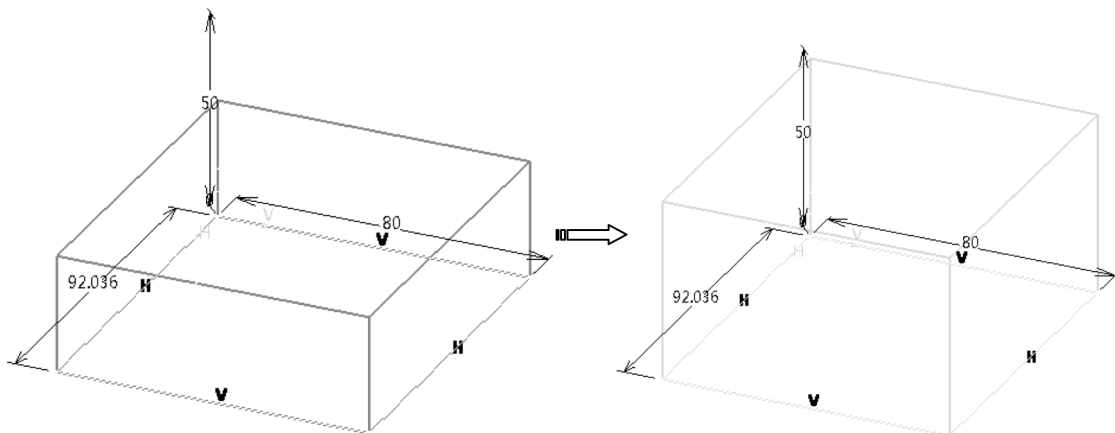


图 5-50 更新值

5.2.2 何为“公式”

公式是参数化设计的一个重要组成要素，通过定义公式（也称“关系式”或“表达式”），可以在参数和对应模型之间引入特定的“父子”关系。当参数值变更后，通过这些公式来规范模型再生后的形状和大小。

公式是定义关系的语句，它由两部分组成：左侧为变量名，右侧为组成公式的字符串。公式字符串经计算后将值赋予左侧的变量，如图 5-51 所示。

一个公式等式的右侧可以是含有变量、函数、数字、运算符和符号的组合或常数。用于公式等式右侧中的每一个变量，必须作为一个公式名字出现在某处，如图 5-52 所示。

公式有自己的语法，它通常模仿编程语言。下面介绍公式语言的组成元素：变量名、运算符、运算符的优先顺序和相关性、机内函数及条件表达。

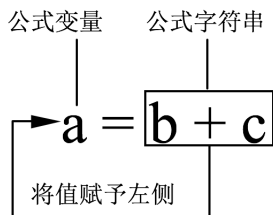


图 5-51 公式组成结构

$$\text{Length}=5+10\times\cos(45)$$

图 5-52 常见公式格式

1. 公式变量名

变量名是字母与数字组成的字符串，但必须以一个字母开始，变量名可含下画线“_”，变量名的长度限制在 32 个字符以内。

2. 运算符

CATIA 运算符与其他计算机编程软件程序语言中的其他运算符相同，包括算术运算符、字符串运算符、关系运算符、逻辑运算符、条件运算符、赋值运算符等。

(1) 算术运算符。

算术运算符有一元运算符与二元运算符。由算术运算符与操作数构成的公式称为“算术公式”。

- 一元运算符：-（取负）、+（取正）、++（增量）、--（减量）。
- 二元运算符：+（加）、-（减）、*（乘）、/（除）、%（求余）。

(2) 字符串运算符。

字符串运算符只有一个，即“+”运算符，表示将两个字符串连接起来。例如：

```
string connec="abcd"+"ef"
```

其中，connec 的值为 abcdef。“+”运算符还可以将字符型数据与字符串型数据或多个字符型数据连接在一起。

(3) 关系运算符。

关系运算符用于对两个值进行比较，运算结果为布尔类型 true（真）或 false（假）。常见的关系运算符为：>、<、>=、<=、==、!=。依次为大于、小于、大于或等于、小于或等于、等于、不等于。

用于字符串的关系运算符只有相等“==”与不等“!=”运算符。

(4) 逻辑运算符。

逻辑运算符用于对几个关系式运算公式的计算结果进行结合，并做出合理判断。在程序语言编程中，最常用的逻辑运算符是！（非）、&&（与）、||（或）。

例如：

```
bool b1=!true;           // b1 的值为 false
bool b2=5>3&&1>2;       // b2 的值为 false
bool b3=5>3||1>2         // b3 的值为 true
```

(5) 条件运算符。

条件运算符是编程语言中唯一的三元运算符，条件运算符由符号“?”与“□”组成，通过操作 3 个操作数完成运算，其一般格式如图 5-53 所示。

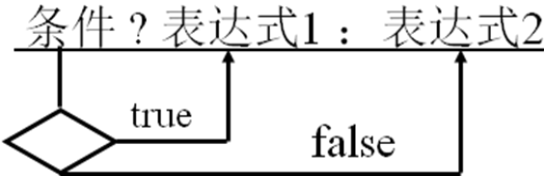


图 5-53 条件运算符的格式

(6) 赋值运算符。

在赋值公式中,赋值运算符左侧的操作数称为“左操作数”,赋值运算符右侧的操作数称为“右操作数”,左操作数通常是一个变量。

复合赋值运算符包括 “*=” “/=” “%=” “+=” “-=” 等。

由赋值运算符将一个变量和一个公式连接起来的式子称为“赋值公式”,它的一般形式为:

< 变量 > < 赋值运算符 > < 公式 >

3. 内置函数 (机内函数)

在 CATIA 的公式中允许有内置函数,常见的内置数学函数见表 5-1。

表 5-1 CATIA 公式中常见的内置数学函数

函 数 名	函 数 表 示	函 数 意 义	备 注
int	Int (v)	定义主函数	
sin	sin (x/y)	正弦函数	x/y 为角度函数
cos	cos (x/y)	余弦函数	x/y 为角度函数
tan	tan (x/y)	正切函数	x/y 为角度函数
sinh	sinh (x/y)	双曲正弦函数	x/y 为角度函数
cosh	cosh (x/y)	双曲余弦函数	x/y 为角度函数
tanh	tanh (x/y)	双曲正切函数	x/y 为角度函数
abs	abs (x) =	绝对值函数	结果为弧度
asin	asin (x/y)	反正弦函数	结果为弧度
acos	acos (x/y)	反余弦函数	结果为弧度
atan	atan (x/y)	反正切函数	结果为弧度
log	log (x)	自然对数	$\log (x) = \ln (x)$
log10	log10 (x)	常用对数	$\log_{10} (x) = \lg x$
exp	exp (x)	指数	ex
fact	fact (x)	阶乘	x!
sqrt	sqrt (x)	平方根	
hypot	hypot (x,y)	直角三角形斜边	=sqrt (x+y)
ceil	ceil (x)	大于或等于 x 的最小整数	
floor	floor (x)	小于或等于 x 的最大整数	
Round	Round i ()	圆周率 π	3.14159265358

5.2.3 参数化直齿轮与锥齿轮设计案例

本节将以一个标准的圆柱直齿轮的参数化设计,详细描述 CATIA 的参数与公式在零件建模

中的实际运用。

在齿轮参数化设计时，需要掌握关于齿轮的一些基本参数及公式。图 5-54 所示为一组齿轮与齿条的啮合示意图，可以帮助理解齿轮参数的含义。

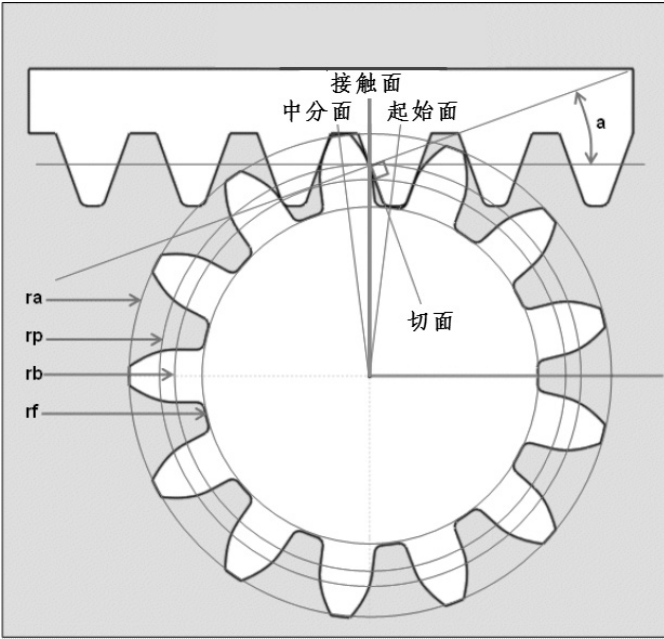


图 5-54 齿轮齿条设计示意

表 5-2 列出了本例齿轮设计的参数及公式。

表 5-2 齿轮参数及公式

序号	参数	参数类型或单位	公式	描述
1	a	角度 (deg)	标准值: 20deg	压力角: (10deg ≤ a ≤ 20deg)
2	m	长度 (mm)	——	模数
3	z	整数	——	齿数 (5 ≤ z ≤ 200)
4	p	长度 (mm)	$m \times \pi$	齿距
5	ha	长度 (mm)	m	齿顶高 = 齿顶到分度圆的高度
6	hf	长度 (mm)	if $m > 1.25$, $hf = m \times 1.25$; else $hf = m \times 1.4$	齿根高 = 齿根到分度圆的深度
7	rp	长度 (mm)	$m \times z / 2$	分度圆半径
8	ra	长度 (mm)	$rp + ha$	齿顶圆半径
9	rf	长度 (mm)	$rp - hf$	齿根圆半径
10	rb	长度 (mm)	$rp \times \cos(a)$	基圆半径
11	rr	长度 (mm)	$m \times 0.38$	齿根圆角半径
12	t	实数	$0 \leq t \leq 1$	渐开线变量
13	x	长度 (mm)	$rb \times (\cos(t \times \pi) + \sin(t \times \pi) \times t \times \pi)$	基于变量 t 的齿廓渐开线 x 坐标
14	y	长度 (mm)	$rb \times (\sin(t \times \pi) - \cos(t \times \pi) \times t \times \pi)$	基于变量 t 的齿廓渐开线 y 坐标
15	b	角度 (deg)	10deg	斜齿轮的分度圆螺旋角
16	L	长度 (mm)	——	齿轮的厚度

上机练习——圆柱直齿轮参数化设计

本例直齿轮设计完成的效果如图 5-55 所示。

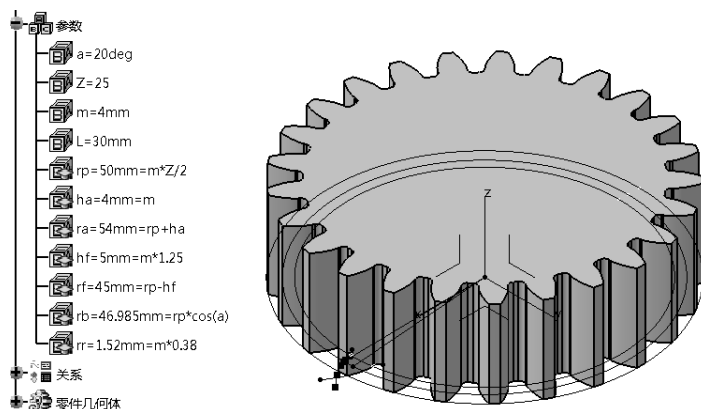


图 5-55 直齿轮

(1) 建立齿轮参数和渐开线函数公式。

01 配置选项。前文已经介绍，这里不再赘述。

02 选择“开始”|“机械设计”|“零件设计”命令，进入零件设计工作台。选择“开始”|“知识工程模块”|“知识库向导”命令，进入知识工程模块。将特征树顶层的 Part.1 属性名称更改为 zhichilun。

03 在图形区底部的“知识工程”工具栏中单击“公式”按钮 ，弹出“公式”对话框。在“过滤器类型”下拉列表中选择“用户参数”类型，如图 5-56 所示。

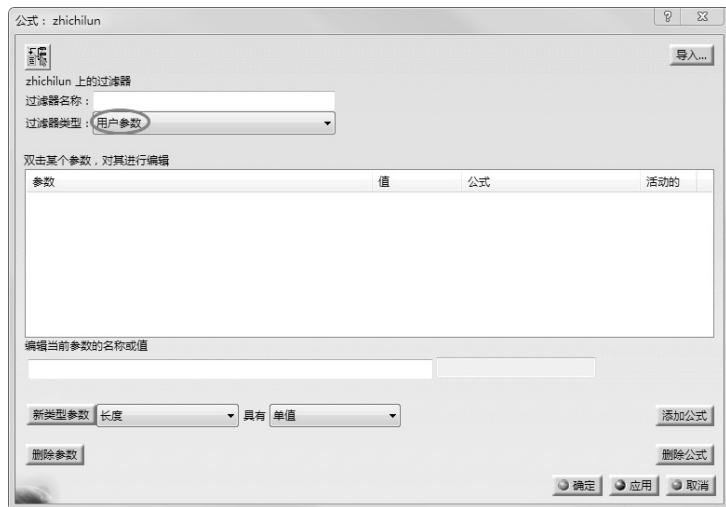


图 5-56 设置过滤器类型

04 在参数类型列表中选择“角度”，单击“新类型参数”按钮，将角度参数添加到参数编辑列表中，并设置角度参数名称为 a，值为 20deg，如图 5-57 所示。

05 同理，将表 5-2 中其他没有带公式的参数逐一创建，创建的参数可以在特征树中的“参数”节点下找到，如图 5-58 所示。



图 5-57 创建角度参数

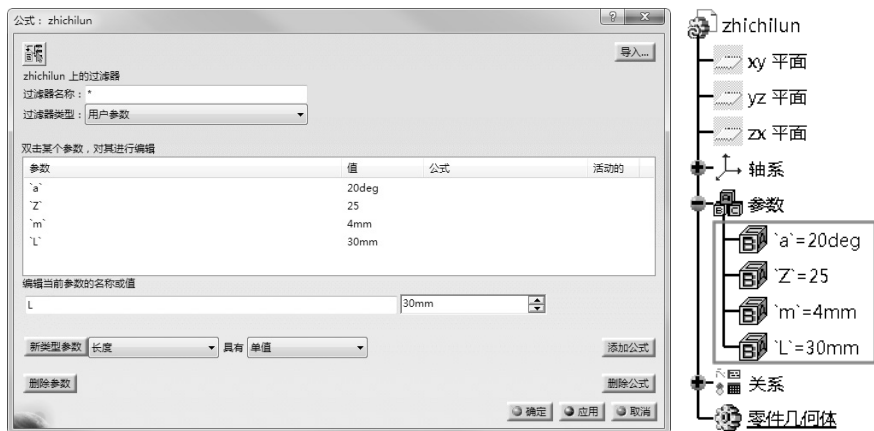


图 5-58 创建其他不带公式的参数

06 创建表 5-2 中带有公式的齿轮参数，例如创建 rp （分度圆半径）参数，如图 5-59 所示。

图 5-59 创建 rp 分度圆半径参数

07 同理，按此方法创建其他几个带公式的参数，如图 5-60 所示。

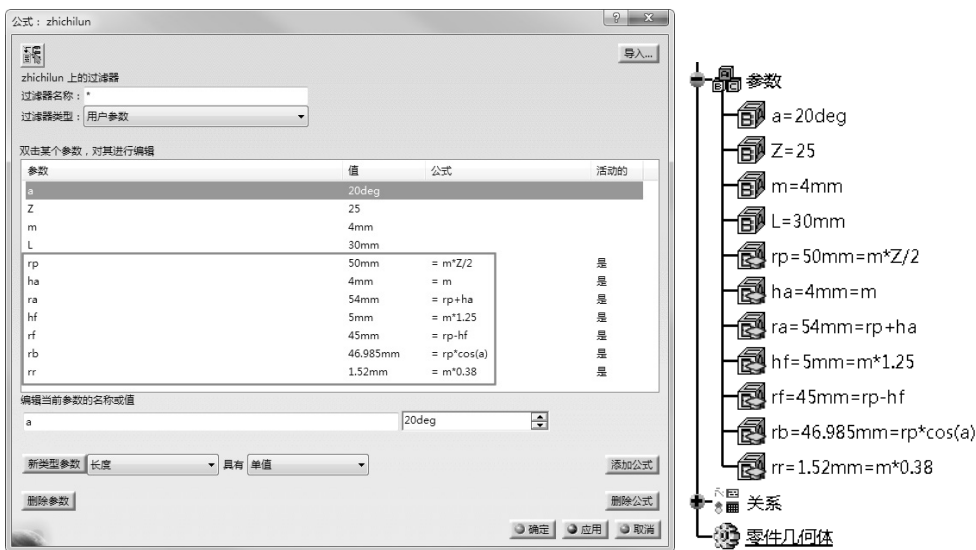


图 5-60 创建其余带公式的参数

技术要点：

在公式中输入的任何字符都要区分英文大小写，这与在定义参数时的大小写相关，不能在参数定义时输入的是大写，输入公式时却是小写，系统是不会识别的，切记！

08 定义 t （基于变量 t 的齿廓渐开线 x 坐标）的函数式。在“知识工程”工具栏中单击“设计表”按钮 旁的下三角按钮 ，展开“关系”工具栏。单击“规则”按钮 ，弹出“法则曲线 编辑器”对话框，在该对话框中输入法则曲线的名称为 x ，如图 5-61 所示。

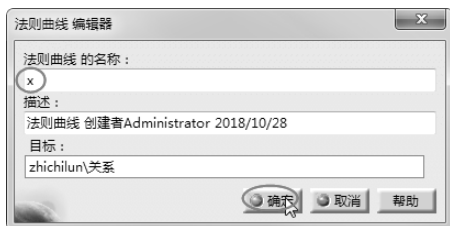


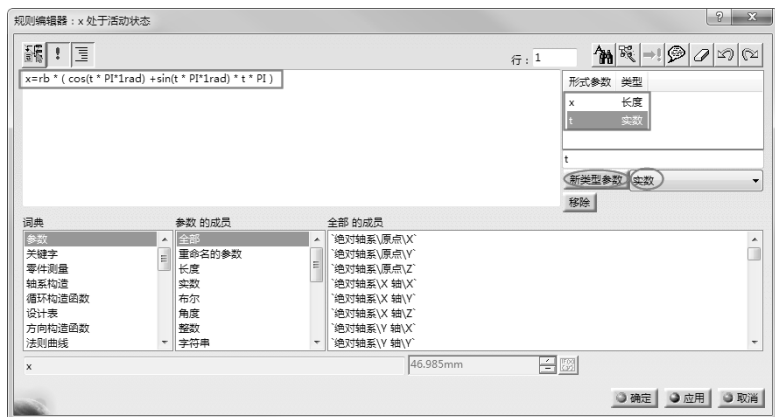
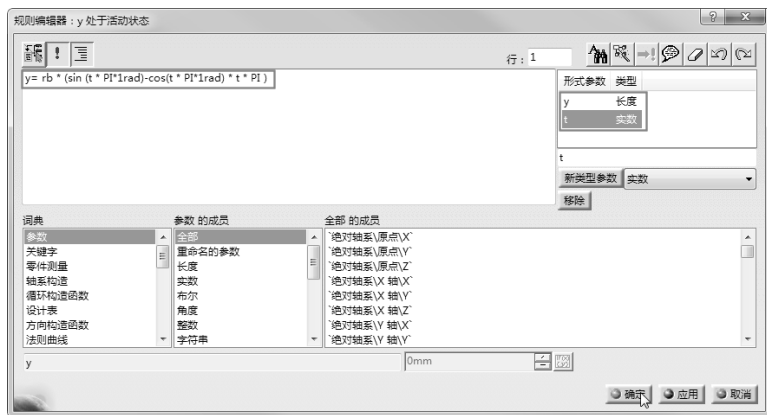
图 5-61 设置法则曲线的名称

09 单击“确定”按钮弹出“规则编辑器： x 处于活动状态”对话框。选择参数类型为“长度”，单击“新类型参数”按钮创建新参数，修改新参数的名称为 x ，再创建一个“实数”参数，并命名为 t ，接着在编辑器中输入公式 $x = rb * (\cos(t * \text{PI} * 1\text{rad}) + \sin(t * \text{PI} * 1\text{rad}) * t * \text{PI})$ ，单击“确定”按钮完成 x 函数式的创建，如图 5-62 所示。

操作技巧：

在规则编辑器中，表达三角函数的角度要使用角度常量（如 1rad 或 1deg ），而不是数字。另外，圆周率 π 要用 PI 替代。

10 按此操作再创建 y 函数式，如图 5-63 所示。

图 5-62 创建 x 函数式图 5-63 创建 y 函数式

(2) 绘制齿轮轮廓渐开曲线。

01 选择“开始”|“机械设计”|“线框和曲面设计”命令，进入线框和曲面设计工作台。

02 首先绘制 rf 齿根圆曲线。在“线框”工具栏中单击“圆”按钮，弹出“圆定义”对话框。在图形区中选择坐标系原点作为中心，或者在“中心”文本框右击，在弹出的快捷菜单中选择“创建点”命令，在弹出的“点定义”对话框设置点的坐标为(0,0,0)，选择 xy 平面作为支持面。在“半径”文本框右击，在弹出的快捷菜单中选择“编辑公式”命令，如图 5-64 所示。

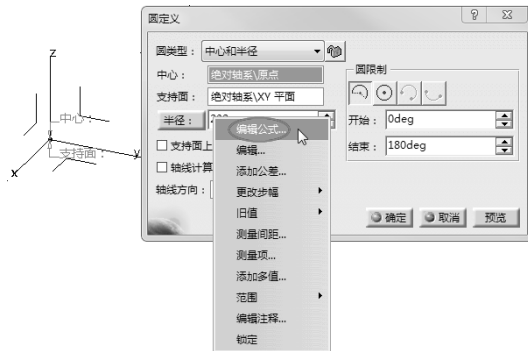


图 5-64 设置圆心与支持面

03 在弹出的“公式编辑器”对话框中选择 rf 参数，单击“确定”按钮，返回“圆定义”对话框中，如图 5-65 所示。



图 5-65 定义圆半径

04 在“圆定义”对话框中单击“全圆”按钮 , 再单击“确定”按钮完成齿根圆曲线的创建，如图 5-66 所示。

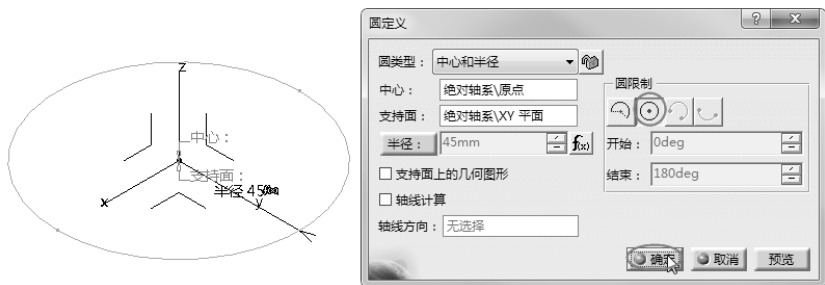


图 5-66 创建齿根圆曲线

05 同理，按此方法依次创建基圆 rb、分度圆 rp 和齿顶圆 ra 曲线，如图 5-67 所示。

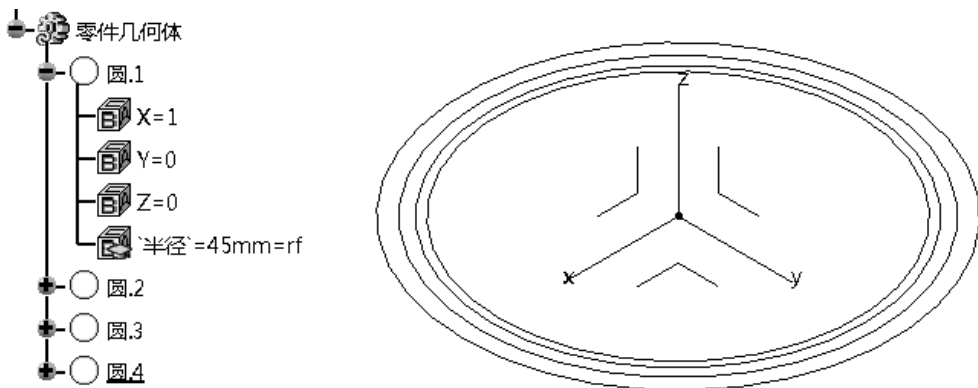


图 5-67 创建其余齿轮圆曲线

06 创建渐开线。CATIA 的渐开线画法是：先建立几个渐开线上的点，然后利用“样条线”工具将点连接起来完成渐开线的创建。在“线框”工具栏中单击“点”按钮 , 弹出“点定义”对话框，选择“平面上”点类型，再选择 xy 平面作为放置面，如图 5-68 所示。

07 在 H 文本框中右击，在弹出的快捷菜单中选择“编辑公式”命令，弹出“公式编辑器”对话框。在该对话框的“词典”列表中选择“参数”的 Law 成员和 Law 的“'关系 \x'”成员，如图 5-69 所示。



图 5-68 选择点类型和平面



图 5-69 添加赋值的参数及成员

08 在“词典”列表中选择“法则曲线”参数，并双击法则曲线的成员添加到上面的赋值文本框中，最后在括号中输入 0，完成后单击“确定”按钮关闭对话框，如图 5-70 所示。

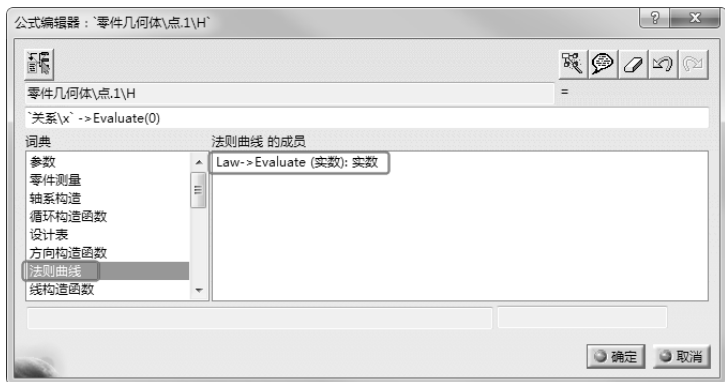


图 5-70 编辑 H 的公式

09 在“点定义”对话框中的 V 文本框中右击，在弹出的快捷菜单中选择“编辑公式”命令，在弹出的“公式编辑器”对话框中定义 V 的公式，如图 5-71 所示。



图 5-71 编辑 V 的公式

10 在“点定义”对话框中单击“确定”按钮，完成渐开线上第一点的坐标位置定义。同理，再确定当 t （实数）等于 0.05、0.1、0.15、0.2 及 0.25 时的几个点，结果如图 5-72 所示。

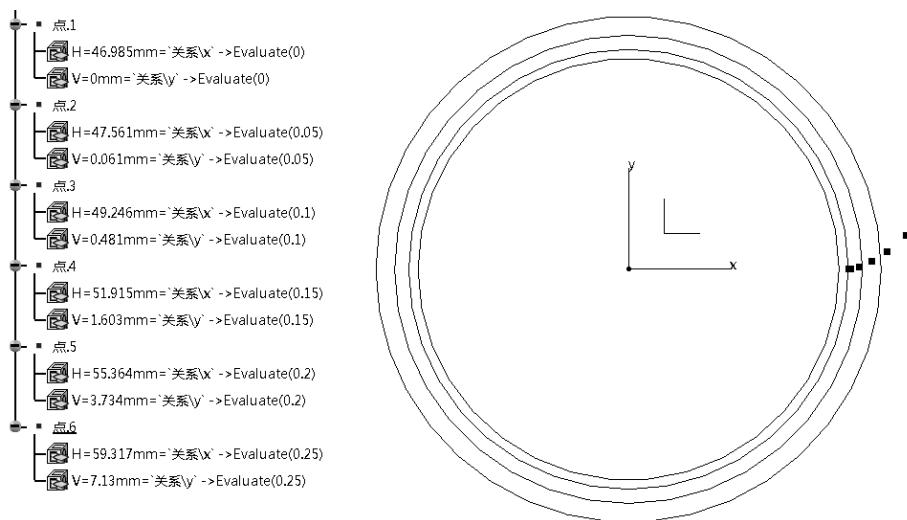


图 5-72 创建完成的点

11 在“线框”工具栏中单击“样条点”按钮，弹出“样条线定义”对话框。依次选择 6 个点，单击“确定”按钮完成样条线的创建，如图 5-73 所示。



图 5-73 创建样条线

12 在“操作”工具栏中单击“外插延伸”按钮，按如图 5-74 所示的选项选择要延伸的样条线，将样条线延伸到齿根圆的曲线上。

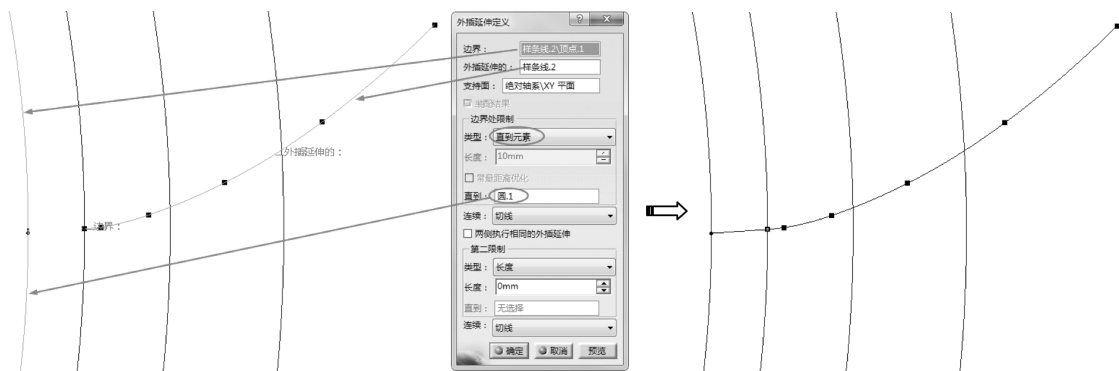


图 5-74 创建样条线的延伸

13 单击“圆角”按钮, 弹出“圆角定义”对话框。选择渐开线与齿根圆曲线进行倒圆角处理, 选择xy平面作为支持面, 在“半径”文本框中右击, 在弹出的快捷菜单中选择“编辑公式”命令, 弹出“公式编辑器”对话框, 在该对话框中输入公式 $m \cdot 0.38$, 如图 5-75 所示。



图 5-75 编辑半径的公式

14 单击“确定”按钮返回“圆角定义”对话框, 单击“确定”按钮完成圆角的定义, 如图 5-76 所示。



图 5-76 创建圆角

15 利用“操作”工具栏中的“修剪”命令, 修剪渐开线, 得到齿轮的单边轮廓曲线, 如图 5-77 所示。

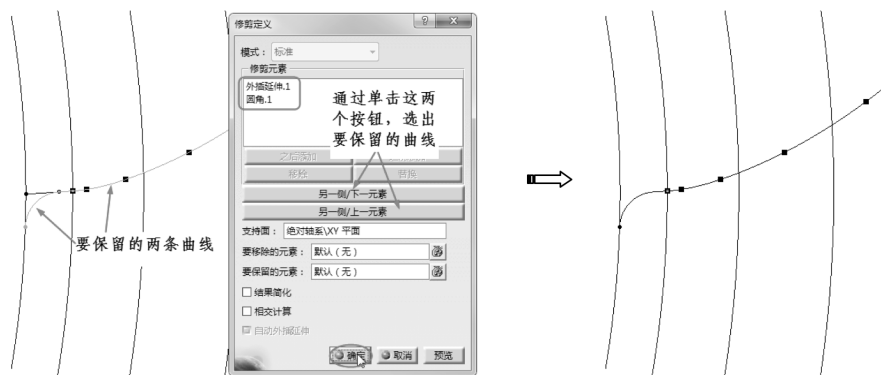


图 5-77 修剪曲线

(3) 建立接触面、中分面或起始面。

接触面(可以用直线代替)穿过分度圆曲线与渐开线交点, 且经过分度圆圆心。做一个完整齿就要创建中分面(可以用直线代替), 由于单个齿的齿厚在分度圆上的角度为 $180\text{deg}/z$, 所有

中分面与接触面的角度为 $90\text{deg}/z$ 。

01 在“线框”工具栏中单击“相交”按钮，弹出“相交定义”对话框。选择渐开线与分度圆曲线创建一个交点，如图 5-78 所示。

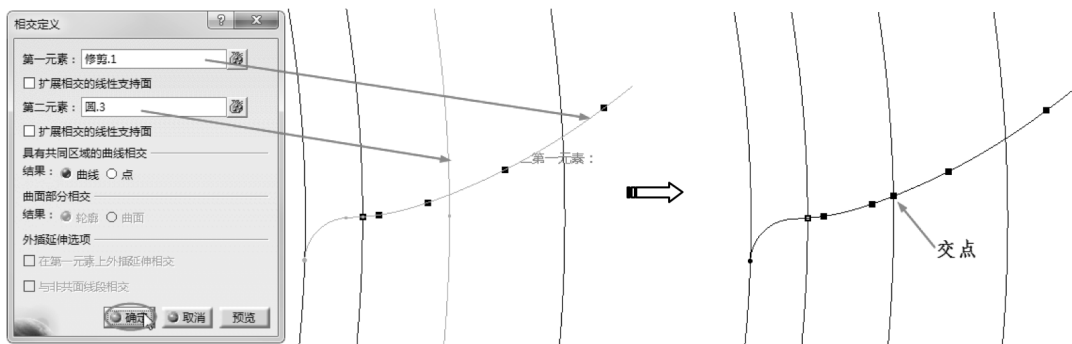


图 5-78 创建交点

02 单击“直线”按钮，连接坐标系原点和交点（上一步创建的交点）创建一条直线，如图 5-79 所示。

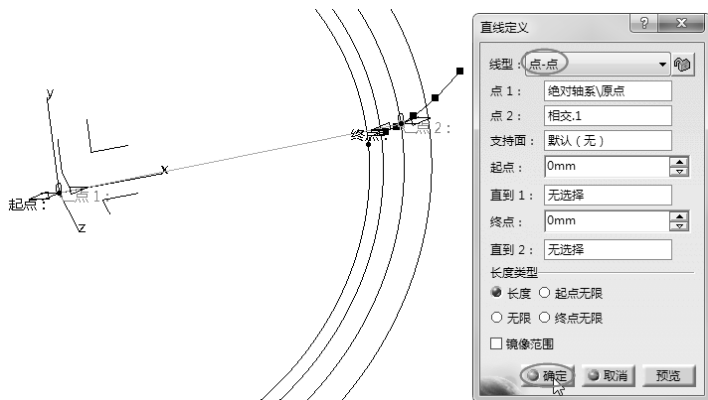


图 5-79 创建直线

03 在“操作”工具栏中单击“旋转”按钮，弹出“旋转定义”对话框。选择“轴线-角度”模式，然后选择要旋转的对象元素（上一步创建的直线）、轴线（选择 z 轴），在“角度”文本框中右击，在弹出的快捷菜单中选择“编辑公式”命令，然后在弹出的“公式编辑器”对话框中输入 $90\text{deg}/Z$ ，单击“确定”按钮完成角度的公式定义，如图 5-80 所示。

提示：

注意 Z 的大小写，此处参数定义时用的大写输入，这里也必须大写。

04 在“旋转定义”对话框中单击“确定”按钮，完成直线的旋转操作。

05 在“操作”工具栏中单击“对称”按钮，选择要对称的渐开线，选择旋转的直线作为对称参考，单击“确定”按钮完成渐开线的对称复制，结果如图 5-81 所示。



图 5-80 旋转角度的公式定义

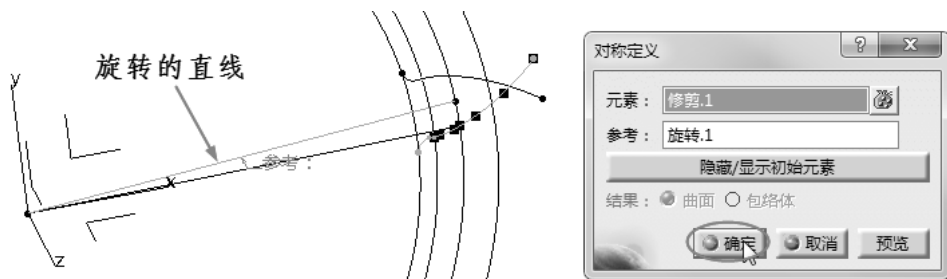


图 5-81 创建渐开线的对称复制

(4) 齿轮建模。

01 执行“开始”|“机械设计”|“零件设计”命令，进入零件设计工作台。

02 单击“凸台”按钮，弹出“定义凸台”对话框。选择齿根圆曲线作为草图截面，在“长度”文本框右击，并在弹出的快捷菜单中选择“编辑公式”命令，如图 5-82 所示。

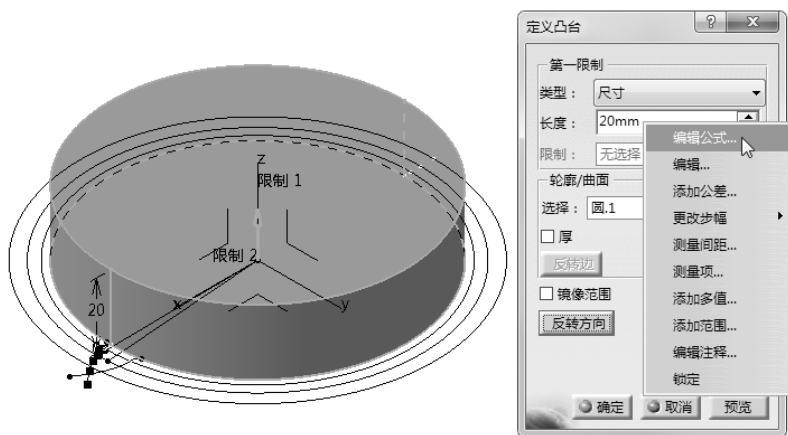


图 5-82 选择凸台截面并设置长度公式

03 在弹出的“公式编辑器”对话框中输入 L（齿轮厚度参数），单击“确定”按钮返回“定义凸台”对话框中，如图 5-83 所示。



图 5-83 定义公式

04 单击“确定”按钮完成凸台特征的创建。

05 单击“凸台”按钮, 单击“草图绘制”按钮选择 xy 平面作为草图平面, 进入草图工作台绘制齿轮单齿截面轮廓(方法是先进行曲线的投影, 再修剪多余的曲线), 如图 5-84 所示。

06 退出草图工作台后在“定义凸台”对话框的“长度”文本框中右击, 并在弹出的快捷菜单中选择“编辑公式”命令, 在弹出的“公式编辑器”对话框中输入 L , 最后在“定义凸台”对话框中单击“确定”按钮完成单齿的创建, 如图 5-85 所示。

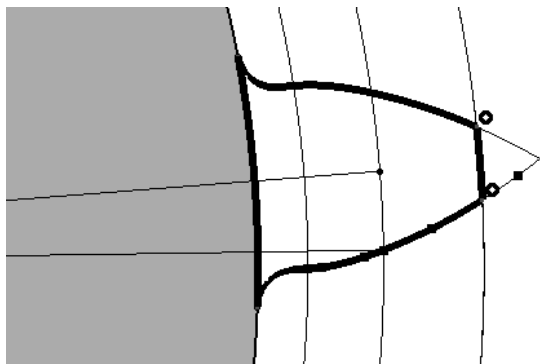


图 5-84 绘制单齿轮廓草图

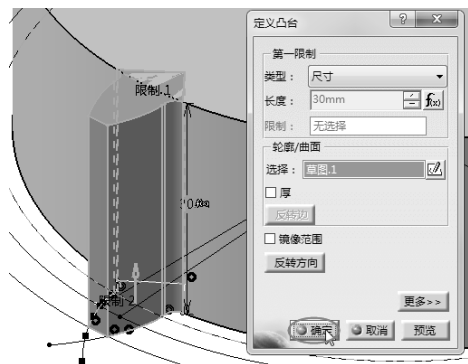


图 5-85 创建单齿

07 选中单齿(凸台), 单击“圆形阵列”按钮, 弹出“定义圆形阵列”对话框。激活“参考元素”文本框, 选择 z 轴作为旋转轴, 在“实例”文本框中右击, 并在弹出的快捷菜单中选择“编辑公式”命令, 在弹出的“公式编辑器”对话框中输入 Z 。

08 同理, 在“角度间距”文本框中定义公式 $360\text{deg}/Z$, 最后单击“定义圆形阵列”对话框中的“确定”按钮完成单齿的圆形阵列, 如图 5-86 所示。

09 至此, 完成了直齿轮的参数化建模设计。

上机练习——圆柱斜齿轮参数化设计

斜齿轮的参数化建模与直齿轮参数化建模过程及相关操作技巧类似, 只是斜齿轮会多一个参数——分度圆螺旋角(b)。在创建斜齿轮的步骤中, 为了简化, 将圆柱直齿轮的创建结果文件用作斜齿轮的源文件, 仅对不同的地方进行阐述。

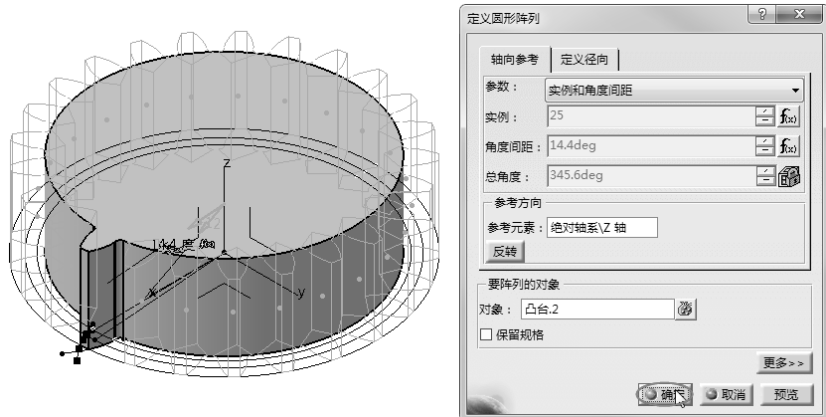


图 5-86 定义圆形阵列参数及选项

01 打开本例源文件 5-1.CATPart。选择“开始”|“机械设计”|“线框与曲面设计”命令，进入线框与曲面设计工作台。

02 在“知识工程”工具栏中单击“公式”按钮 ，弹出“公式”对话框。创建一个角度类型的 b 参数，如图 5-87 所示。



图 5-87 创建分度圆螺旋角参数

03 在特征树中隐藏创建的齿轮模型（凸台特征）。单击“平移”按钮 ，将单齿轮廓草图向 z 轴方向偏移，距离值按公式（输入 L）定义，如图 5-88 所示。



图 5-88 平移草图

04 单击“旋转”按钮，弹出“旋转定义”对话框。选择平移的草图作为旋转对象，选择 z 轴作为旋转轴，角度值输入公式定义（输入 b ），最后单击“确定”按钮完成草图的旋转，如图 5-89 所示。



图 5-89 旋转草图

05 选择“开始”|“机械设计”|“零件设计”命令，进入零件设计工作台，删除先前创建的单齿及圆形阵列的凸台特征。

06 单击“多截面实体”按钮，弹出“多截面实体定义”对话框。选择两个草图作为截面，单击“确定”按钮完成多截面实体（单齿）的创建，如图 5-90 所示。

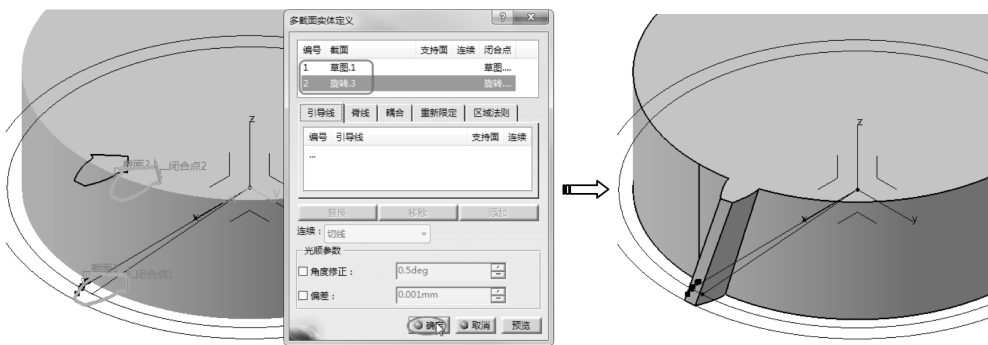


图 5-90 创建多截面实体

07 将多截面实体进行圆形阵列，选中多截面实体特征，单击“圆形阵列”按钮，弹出“定义圆形阵列”对话框。激活“参考元素”文本框，选择 z 轴作为旋转轴，在“实例”文本框中右击，并在弹出的快捷菜单中选择“编辑公式”命令，在弹出的“公式编辑器”对话框中输入 Z 。

08 同理，在“角度间距”文本框中定义公式 $360\text{deg}/Z$ ，最后单击“定义圆形阵列”对话框中的“确定”按钮完成单齿的圆形阵列，如图 5-91 所示。



图 5-91 定义圆形阵列参数及选项

09 至此，完成了圆柱斜齿轮的参数化建模设计。可以在特征树的“参数”节点下双击要编辑的参数，修改值后单击图形区底部的“全部更新”按钮, 完成新齿轮的生成。

5.3 学会使用 CATIA 标准件库

CATIA 提供了便捷的、数量较多的标准件库。标准件库的使用环境不在零件工作台中，而是局限于装配设计工作台。

执行“开始”|“机械设计”|“装配设计”命令，进入装配设计工作台。再执行“工具”|“机械标准零件”|“EN 目录”命令，进入英制标准的标准件库中，如图 5-92 所示。



图 5-92 进入英制标准件库

选择一种合适的标准件类型，然后在图形区中选取要添加标准件的部件，系统会自动匹配标准件并完成安装。

目前，CATIA 标准件库中还没有 GB 国标的标准件库，可以使用 ISO 国际标准的标准件来替代。

若要选用 GB 国标的标准件，建议使用国内最大的 3D 模型标准件库 3DSource，可下载计算机客户端和手机 App，如图 5-93 所示为 3DSource 标准件库计算机客户端的入口界面。



图 5-93 3DSource 标准件库客户端

选择合适的标准件或常用件后，可以插入到相关的 CATIA、Solidworks、Creo、UG 等软件中，目前与 3DSource 标准件库对接的 CATIA 软件版本为 CATIA V5R21，其他的软件版本则需要下载标准件模型到本地磁盘中，然后导入 CATIA V5-6R2018 中，如图 5-94 所示。



图 5-94 打开、插入或下载标准件模型

3DSource 标准件库中的某些标准件是国外及国内大型机械制造厂商提供的拥有版权的模型，需要付费下载。这里提供一款国际通用的且完全免费的标准件库 traceparts，如图 5-95 所示。



图 5-95 traceparts 标准件库

traceparts 标准件库有在线零件库和离线零件库。要使用离线零件库，可在主页界面的顶部选择“3D 零件库”|“离线零件库”命令，进入离线零件库页面后先进行用户注册，注册账号后即可获得离线零件库的下载地址或百度云盘分享数据包，如图 5-96 所示，试用 10 天后可获得永久免费使用权。



图 5-96 注册账号以获取离线零件库的下载地址

下载 traceparts 离线标准件库安装包 TPDVD_CHINA_2020_1.iso 并解压后，双击 TPDVD_CHINA_2020.exe 文件，启动 traceparts 离线标准件库客户端，如图 5-97 所示。



图 5-97 启动 traceparts 离线标准件库客户端

在 traceparts 离线标准件库客户端界面中单击“离线零件库”按钮，开启 traceparts 离线标准件库软件窗口，通过该软件窗口查找合适的标准件并下载，如图 5-98 所示。



图 5-98 traceparts 离线标准件库软件窗口

另外，在此推荐国内网友基于 CATIA 二次开发的“CATIA 助手 7”插件，该插件需要付费完成注册，但仅能使用到 CATIA V5R21 软件版本中，如图 5-99 所示。该插件除了可以设计常见的机械标准件、常用件，还能帮助用户快速完成工程图，功能不算完整还需进一步完善。



图 5-99 “CATIA 助手 7” 插件