



第5章

参数式零件设计

参数式零件设计就是用参数的方法创建圆、直线、曲线等基准特征，通过调整参数的大小，可以得到不同的圆、直线和曲线，从而得到不同大小和形状的零件。本章以几个简单的零件为例，介绍在SolidWorks 2021中运用参数式方法设计产品的过程。

5.1 在特征尺寸之间建立关联



有两种方法可以在圆柱的直径和高度之间建立关联。

1. 在方程式下建立尺寸之间的关联

(1) 先创建圆柱体 ($\phi 50\text{mm} \times 30\text{mm}$)，然后双击实体，实体上将会显示出所有特征尺寸，如图5-1所示。

(2) 对于无法显示模型所有特征尺寸的用户，在模型树中选择“注解”，右击，在弹出的快捷菜单中选择“显示特征尺寸”命令，如图5-2所示，再双击实体，即可显示出模型的所有特征尺寸。

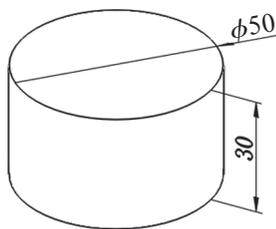


图5-1 显示模型尺寸

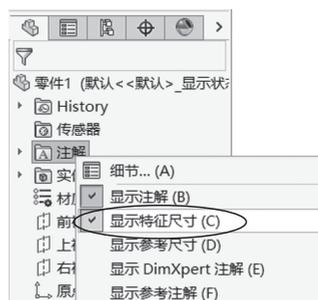


图5-2 选择“显示特征尺寸”命令

(3) 单击 旁边的▶符号，在菜单栏中选择“工具”→“方程式”命令。

(4) 在弹出的“方程式、整体变量及尺寸”表格中，双击“方程式”下面的空格，选择标注为“ $\phi 50$ ”尺寸。

- (5) 在“数值/方程式”下的空格中输入“=”，然后选择标注为“30”的尺寸，系统自动显示“D1@凸台-拉伸1”，再输入“+30”。
- (6) 系统将在“估算到”栏中显示“60mm”，如图5-3所示。



图5-3 设置“方程式、整体变量及尺寸”表格

- (7) 单击“确定”按钮，圆柱的直径更改为 $\phi 60\text{mm}$ ，此时在“ $\phi 60$ ”的标注前面添加“ Σ ”符号，如图5-4所示。
- (8) 双击“30”，将圆柱高度尺寸更改为50mm，如图5-5所示，然后单击“确定”按钮。

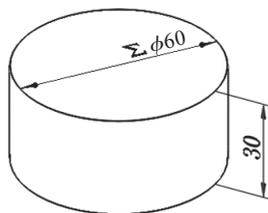


图5-4 在 $\phi 60$ 的前面添加“ Σ ”符号

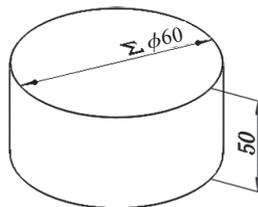


图5-5 将圆柱高度尺寸更改为50mm

- (9) 单击“重建模型”按钮，如图5-6所示。



图5-6 单击“重建模型”按钮

- (10) 圆柱的直径将自动转变为“ $\Sigma \phi 80$ ”，如图5-7所示。
- (11) 按照上述方法，任意改变圆柱的高度，可以得到不同直径的圆柱。

2. 在修改方式下建立尺寸之间的关联

(1) 先自行创建长方体，尺寸为 $100\text{mm} \times 50\text{mm} \times 20\text{mm}$ ，双击实体，自动显示出模型的所有特征尺寸，如图5-8所示。



(2) 双击标注为“50”的数字，在“修改”对话框中先删除“50”，再输入“=”，然后选择标注为“100”的数字，最后输入“*0.8”，在“修改”栏中显

示"="D1@草图2"*0.8"，如图5-9所示。

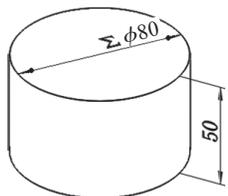


图5-7 直径转变为“Σφ80”

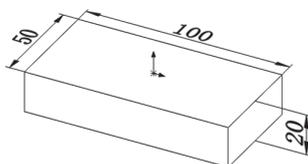


图5-8 创建实体



图5-9 显示“="D1@草图2"*0.8”

(3) 采用相同的方法，双击标注为“20”的数字，在“修改”对话框中先删除“20”，再输入“=”，然后选择标注为“100”的数字，最后输入“*0.5”，在“修改”栏中显示“="D1@草图2"*0.5”。

(4) 单击“确定”按钮 ✓，长方体的宽和高分别改为“80”和“50”，并在标注的前面添加“Σ”符号，如图5-10所示，此时长方体的形状没有发生变化。

(5) 单击“重建模型”按钮 ，按照新的尺寸重新创建长方体模型，此时长方体的形状发生明显变化，如图5-11所示。

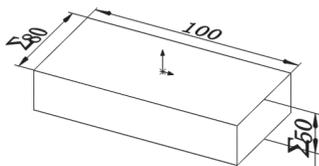


图5-10 宽和高分别改为“80”和“50”

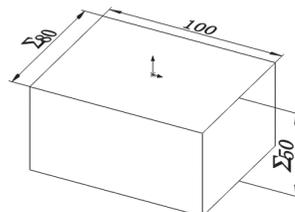


图5-11 重新创建长方体模型

(6) 在长方体和长、宽、高之间建立关联，任意修改长方体的长，宽和高的尺寸将会发生变化。

5.2 创建正弦波槽

正弦曲线是一条波浪线，其解析式为： $y_x = A \times \sin(\omega x + \phi) + k$ 。

其中， A ——振幅； $(\omega x + \phi)$ ——相位； ϕ ——初相； k ——偏距； k 、 ω 和 ϕ 是常数（ k 、 ω 、 $\phi \in R$ ， $\omega \neq 0$ ）。

在平板上创建一条正弦槽，振幅为10，相位为 $0.5x + \pi/2$ ，初相为 $\pi/2$ ，函数公式为 $y_x = 10 \times \sin(0.5x + \pi/2)$ ，创建步骤如下。

1. 创建正弦曲线

(1) 单击“新建”按钮 ，弹出“新建SolidWorks文件”对话框，单击“零件”按钮 。

(2) 先创建一个长方体，尺寸为 $100\text{mm} \times 50\text{mm} \times 15\text{mm}$ ，如图5-12所示。

(3) 单击  旁边的▶符号，在菜单栏中选择“工具”→“草图绘制实体”→“方程式驱动的曲线”命令，选择实体的上表面为草绘平面，弹出“方程式驱动的曲线”属性管理器。

(4) 先单击“显示”单选框，在“ y_x ”栏中输入“ $10*\sin(0.5*x+\pi/2)$ ”，在“ x_1 ”栏中输入“ $-18*\pi$ ”（起始值），在“ x_2 ”栏中输入“ $18*\pi$ ”（终止值），如图5-13所示。（提示：必须先切换到英文输入模式下，再输入上述公式，否则系统会提示出错。）

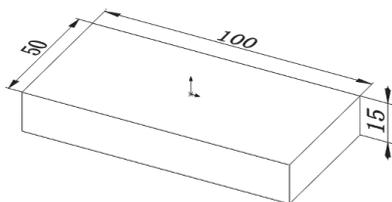


图5-12 绘制长方体

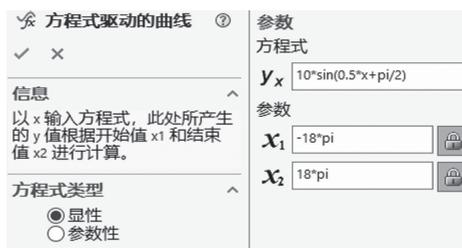


图5-13 输入正弦函数参数

(5) 单击“确定”按钮，在平面上创建正弦曲线，如图5-14所示。



2. 创建正弦槽

(1) 在命令按钮栏中单击“参考”→“基准面”按钮, 选择正弦曲线的右端点，在“基准面1”属性管理器的“第一参考”栏中设为“重合”，再选择正弦曲线，在“第二参考”栏中设为“垂直”。

(2) 单击“确定”按钮, 创建基准面1，该基准面经过正弦曲线的右端点，且与正弦曲线垂直，如图5-15所示。

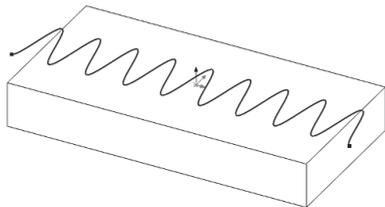


图5-14 正弦曲线

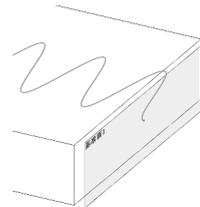


图5-15 创建基准面1

(3) 在设计树中选择基准面1，在弹出的快捷按钮框中单击“草图绘制”按钮, 以正弦曲线的端点为圆心，绘制一个直径为 $\phi 1\text{mm}$ 的圆，如图5-16所示。

(4) 单击“确定”按钮, 绘制截面圆。

(5) 在标签栏中单击“特征”标签，再在命令按钮栏中单击“扫描切除”按钮, 选择上一步创建的圆为扫描截面，选择正弦曲线为扫描路径，单击“确定”按钮, 在长方体上表面创建一条正弦槽，如图5-17所示。

提示：因为正弦曲线拐点处的曲率变化较大，因此截面圆的直径不能太大，否则特征创建失败。

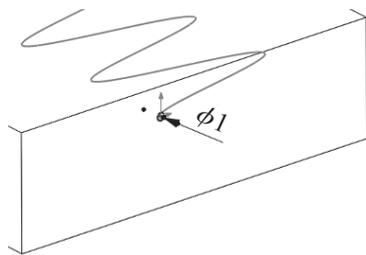
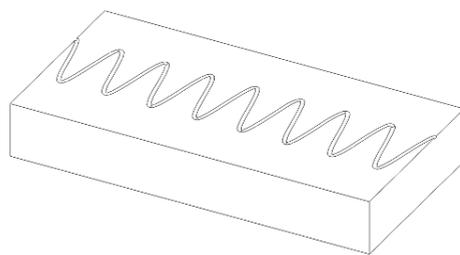
图5-16 绘制一个直径为 $\phi 1\text{mm}$ 的圆

图5-17 创建正弦槽



5.3 创建螺旋线

在SolidWorks软件中，可以使用螺旋线命令绘制螺旋线，也可以使用方程式曲线工具绘制螺旋线，方程式表示为

$$x_t = R \times \cos(2 \times \pi \times t)$$

$$y_t = R \times \sin(2 \times \pi \times t)$$

$$z_t = P \times t + H$$

式中， R 为螺旋半径； P 为螺距； H 为曲线起始点距离原点的高度； t 为螺旋圈数，圈数可以为小数值。现在要求用方程曲线的方法创建一条螺旋线， $R=20$ 、 $P=10$ 、 $H=5$ 、 $t=6.5$ ，步骤如下。

(1) 单击“新建”按钮，弹出“新建SolidWorks文件”对话框，单击“零件”按钮.

(2) 单击“退出草图”按钮，退出草图模式。

(3) 单击  旁边的▶符号，在菜单栏中选择“插入”→“3D草图”命令。

(4) 再单击  旁边的▶符号，在菜单栏中选择“工具”→“草图绘制实体”→“方程式驱动的曲线”命令，在弹出的“方程式驱动的曲线”属性管理器中输入下列方程。

$$x_t = 20 * \cos(2 * \pi * t)$$

$$y_t = 20 * \sin(2 * \pi * t)$$

$$z_t = 10 * t + 5$$

$$t_1 = 0$$

$$t_2 = 6.5$$

(5) 所设置的“方程式驱动的曲线”属性管理器如图5-18所示。

(6) 单击“确定”按钮，创建螺旋曲线，如图5-19所示。

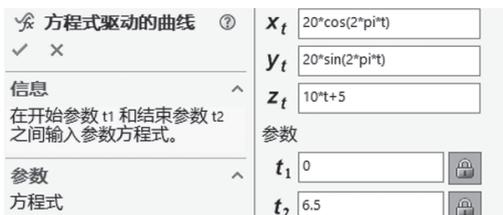


图5-18 设置螺旋曲线参数

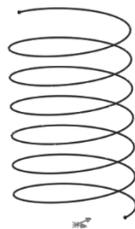


图5-19 螺旋曲线

提示：启动SolidWorks后，系统默认进入2D草绘模式，因此，在进入3D草绘模式之前，应先退出2D草绘模式。

5.4 创建波浪轮廓实体



平面波浪曲线的方程式为

$$x=(R+A \times \cos (n \times 2 \times \pi \times t)) \times \cos (t \times 2 \times \pi)$$

$$y=(R+A \times \cos (n \times 2 \times \pi \times t)) \times \sin (t \times 2 \times \pi)$$

式中， R 为圆半径； A 为振幅； n 为波浪个数； t 为系统值，取值范围为0~1。

现要求创建一个放样实体，该实体的上表面为圆形（ $\phi 70\text{mm}$ ），下表面为圆周波浪线，平面圆周波浪线的基准圆半径 $R=50$ ，振幅 $A=3$ ，波浪个数为20，创建步骤如下。

1. 创建平面波浪线

(1) 单击“新建”按钮，弹出“新建SolidWorks文件”对话框，单击“零件”按钮.

(2) 单击“退出草图”按钮，退出草图模式。

(3) 单击旁边的▶符号，在菜单栏中选择“工具”→“草图绘制实体”→“方程式驱动的曲线”命令，选择上视基准面为草绘平面，弹出“方程式驱动的曲线”属性管理器。

(4) 选择“参数性”单选按钮，然后输入下列方程，属性管理器如图5-20所示。

$$x_i=(50+3 \times \cos (20 \times 2 \times \pi \times t)) \times \cos (t \times 2 \times \pi)$$

$$y_i=(50+3 \times \cos (20 \times 2 \times \pi \times t)) \times \sin (t \times 2 \times \pi)$$

$$t_1=0$$

$$t_2=0.5$$

(5) 单击“确定”按钮，创建平面圆周波浪线，如图5-21所示。



图5-20 设置平面圆周波浪线参数

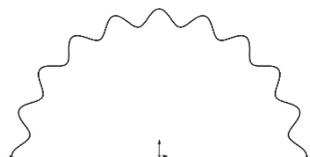


图5-21 创建平面圆周波浪线

- (6) 在命令按钮栏中单击“线性草图阵列”→“圆周草图阵列”按钮
- (7) 在“圆周阵列”属性管理器中将阵列的中心设为(0, 0)，将“总角度”设为360°，选择“等间距”复选框，将“阵列个数”设为2。
- (8) 单击“确定”按钮，用阵列方法创建下半部分的波浪线，如图5-22所示。

提示：①波浪曲线的振幅 A 必须远小于圆半径 R ，否则容易导致创建不成功；②“ t_2 ”的取值不能为1，否则将形成封闭曲线，容易出错；③如果要绘制封闭的波浪线，请先绘制一部分曲线，然后利用镜像、复制、阵列等方法，将这部分曲线组合成封闭的曲线。

2. 创建放样实体

- (1) 在标签栏中单击“特征”标签，再在命令按钮栏中单击“参考”→“基准面”按钮
- (2) 选择上视基准面，将“偏移距离”设为30mm。
- (3) 单击“确定”按钮，创建基准面1，如图5-23所示。

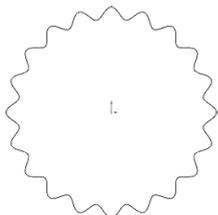


图5-22 创建下半部分的波浪线

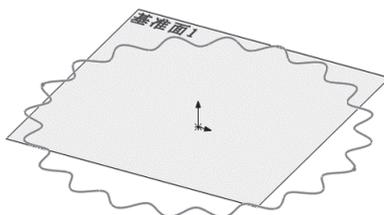


图5-23 创建基准面1

- (4) 以基准面1为草绘平面，原点为圆心，绘制一个圆($\phi 70\text{mm}$)，如图5-24所示。
- (5) 单击“放样凸台/基准”按钮，选择两个草图，创建放样实体，如图5-25所示。

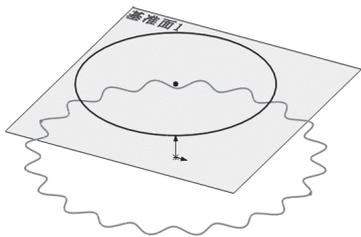
图5-24 绘制一个圆($\phi 70\text{mm}$)

图5-25 创建放样实体

5.5 创建圆柱面波浪槽



在SolidWorks软件中，圆柱面方程式表示为

$$x_i = R \times \cos(2 \times \pi \times t)$$

$$y_i = R \times \sin(2 \times \pi \times t)$$

$$z_i = A \times \sin(2 \times \pi \times n \times t)$$

式中， R 为圆柱半径， A 为振幅， n 为波浪个数，个数可以为小数值。

现要求在直径为 $\phi 100\text{mm}$ 的圆柱表面创建一条正弦波浪线， $R=50$ 、 $A=3$ 、 $n=15$ ，步骤如下。

1. 创建第一段圆柱波浪线

- (1) 单击“新建”按钮，弹出“新建SolidWorks文件”对话框，单击“零件”按钮.
- (2) 先以上视基准面为草绘平面，创建一个圆柱体，尺寸为 $\phi 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ ，如图5-26所示。
- (3) 单击  旁边的▶符号，在菜单栏中选择“插入”→“3D草图”命令。
- (4) 再单击  旁边的▶符号，在菜单栏中选择“工具”→“草图绘制实体”→“方程式驱动的曲线”命令，在弹出的“方程式驱动的曲线”属性管理器中输入下列方程。

$$x_t = 50 * \cos(2 * \pi * t)$$

$$y_t = 3 * \sin(2 * \pi * 15 * t) + 50$$

$$z_t = 50 * \sin(2 * \pi * t)$$

$$t_1 = 0$$

$$t_2 = 0.5$$

- (5) 所设置的“方程式驱动的曲线”属性管理器如图5-27所示。
- (6) 单击“确定”按钮，创建第一个半圆圈的圆柱波浪曲线，如图5-28所示。

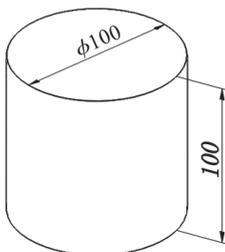


图5-26 先创建圆柱体

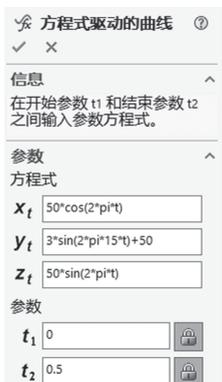


图5-27 设置圆柱波浪曲线参数

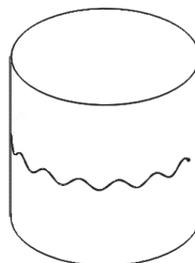


图5-28 第一个圆柱波浪曲线



(7) 在命令按钮栏中单击“草图绘制”→“3D草图”按钮，如图5-29所示，退出3D草绘模式。

2. 创建第二段圆柱波浪线

(1) 单击 旁边的▶符号，在菜单栏中选择“插入”→“3D草图”命令。

(2) 再单击 旁边的▶符号，在菜单栏中选择“工具”→“草图绘制实体”→“方程式驱动的曲线”命令，在弹出的“方程式驱动的曲线”属性管理器中输入下列方程。

$$\begin{aligned}x_t &= 50 * \cos(2 * \pi * t) \\y_t &= 3 * \sin(2 * \pi * 15 * t) + 50 \\z_t &= 50 * \sin(2 * \pi * t) \\t_1 &= 0.5 \\t_2 &= 1\end{aligned}$$

(3) 单击“确定”按钮，创建第二个半圆圈的圆柱波浪曲线，如图5-30所示。

(4) 单击“草图绘制”下面的“三角形”▼符号，选择“3D草图”命令，如图5-29所示，退出3D草绘模式。

提示：为了创建封闭的参数式曲线，可以分段创建不同位置的曲线，然后组合成一条曲线。

3. 创建扫描切除

(1) 在标签栏中单击“特征”标签，再在命令按钮栏中单击“参考”→“基准面”按钮，弹出“基准面1”属性管理器。

(2) 选择波浪曲线的端点，在“第一参考”栏中设为“重合”，再选择波浪曲线，在“第二参考”栏中设为“垂直”。

(3) 单击“确定”按钮，创建基准面1，该基准面经过波浪曲线的端点，并与波浪曲线垂直，如图5-31所示。



图5-29 选择“3D草图”命令

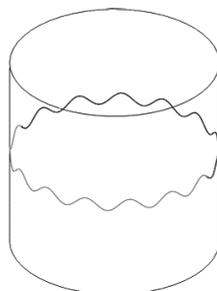


图5-30 创建第二个圆柱波浪曲线

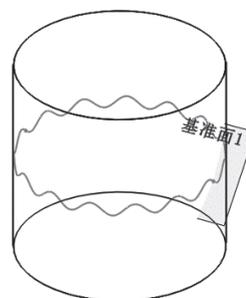


图5-31 创建基准面1

(4) 单击“组合曲线”按钮，将两条波浪曲线组合成一条曲线。

(5) 在设计树中选择基准面1, 在弹出的快捷按钮框中单击“草图绘制”按钮, 以曲线的端点为圆心, 绘制一个直径为 $\phi 5\text{mm}$ 的圆, 如图5-32所示。

(6) 单击“确定”按钮, 绘制草图圆。

(7) 在标签栏中单击“特征”标签, 再在命令按钮栏中单击“扫描切除”按钮, 选择上一步创建的圆为扫描截面, 选择波浪曲线为扫描路径, 单击“确定”按钮, 在圆柱表面创建一条波浪槽, 如图5-33所示。

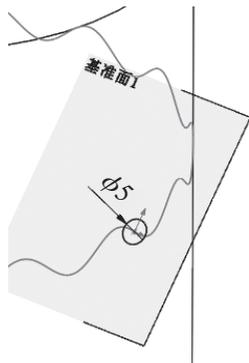


图5-32 绘制直径为 $\phi 5\text{mm}$ 的圆

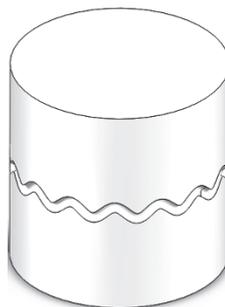


图5-33 在圆柱表面创建波浪槽

提示：因为正弦曲线拐点处的曲率变化较大, 因此截面圆的直径不能太大, 否则特征创建失败。

5.6 创建渐开线



在SolidWorks软件中, 渐开线方程式表示为

$$x=r \times (\cos t+t \times \sin t)$$

$$y=r \times (\sin t-t \times \cos t)$$

$$t_1=0$$

$$t_2=2 \times \pi$$

式中, r 为基圆半径, t 为基圆圆心角。

或者

$$x=r \times (\cos(\tan t)+\tan t \times \sin(\tan t))$$

$$y=r \times (\sin(\tan t)-\tan t \times \cos(\tan t))$$

$$t_1=0$$

$$t_2=\pi/3$$

式中, r 为基圆半径, t 为压力角。

例如, 已知基圆半径 $R=50\text{mm}$, 基圆圆心角为 π , 创建渐开线的步骤如下。

(1) 单击“新建”按钮, 弹出“新建SolidWorks文件”对话框, 单击“零件”按钮.

(2) 单击“退出草图”按钮, 退出草图模式。

(3) 再单击  旁边的▶符号, 在菜单栏中选择“工具”→“草图绘制实体”→“方程式驱动的曲线”命令, 选取前视基准面为草绘平面, 在“方程式驱动的曲线”属性管理器中单击“参数性”单选按钮, 再输入下列方程。

$$x=50*(\cos(t)+t*\sin(t))$$

$$y=50*(\sin(t)-t*\cos(t))$$

$$t_1=0$$

$$t_2=PI$$

(4) 所设置的“方程式驱动的曲线”属性管理器如图5-34所示。

(5) 单击“确定”按钮, 创建渐开线, 如图5-35所示。

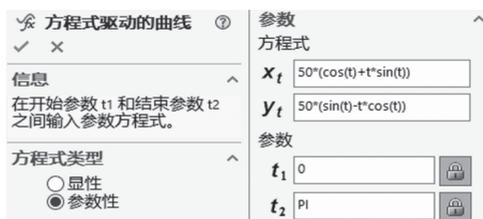


图5-34 设置渐开线参数

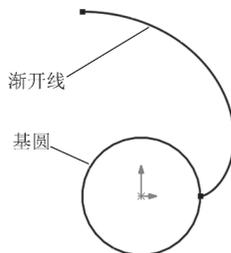


图5-35 创建渐开线

5.7 创建渐开线直齿轮

渐开线齿轮是非常常见的一种齿轮, 其齿形由渐开线和过渡线组成, 其结构如图5-36所示。

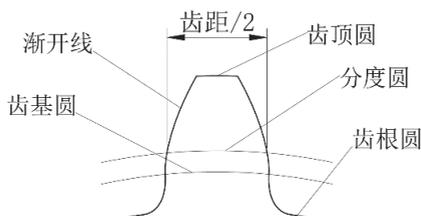


图5-36 渐开线齿轮的结构

齿顶圆: 过齿顶所作的圆, 其直径用 d_a 表示。

齿根圆: 过齿槽底部所作的圆, 其直径用 d_f 表示。

分度圆: 是计算齿轮几何尺寸的基准圆, 其直径用 d 表示。

齿基圆: 形成渐开线的圆, 其直径用 d_b 表示。

齿距: 在分度圆的圆周上, 相邻两齿同侧齿廓之间的弧长称为该圆上的齿距, 用 p 表示。

齿数 z : 在齿轮整个圆周上轮齿的总数。