

# 基于 CATIA 二次开发的渐开线直齿轮参数化设计

## Parametric Design of Involute Spur Gear Based on CATIA Secondary Development Platform

西北工业大学现代设计与集成制造技术教育部重点实验室 邵立 张树生 张开兴

**[摘要]** 实现了在 CATIA 二次开发平台上渐开线直齿圆柱齿轮的参数化三维造型。首先在屏幕对话框中输入齿轮的参数,然后程序对设计计算、数据处理、图形绘制等进行综合处理,最后在 CATIA 中生成齿轮的三维模型。

**关键词:** 渐开线齿轮 二次开发 参数化设计

**[ABSTRACT]** 3D parametric modeling of involute spur gear is realized under the CATIA secondary development platform. First, gear parameters is input through screen dialogue; then the program can comprehensively deal with the design calculating, data processing and graph drawing; finally, the 3D model of the gear is created in CATIA.

**Keywords:** Involute Gear Secondary development Parametric designing

CATIA 是世界上一种主流的 CAD/CAE/CAM 一体化软件,广泛应用于航空航天、汽车、造船和电子设备等行业。CATIA 系统与 VB 具有无缝接口,从而使基于 CATIA 系统的二次开发更加便捷,用 VB 编程语言可以实现直接创建对象来调用 CATIA 系统。

在产品的开发中,有限元分析、运动仿真、装配设计和数控加工等都要以三维模型为基础。齿轮传动作为一种常用的传动形式被广泛应用于各类机械中,其中渐开线齿轮应用最为普遍。但 CATIA 没有提供齿轮建模模块,因此本课题提出了用 VB 开发 CATIA 绘制渐开线直齿轮,解决开发过程中遇到的问题,可以快速地实现直齿圆柱齿轮的参数化设计。

### 1 圆柱齿轮参数化造型设计原理

本课题采用 CATIA 中的拉伸除料特征对圆柱体挖槽的方法来生成渐开线直齿轮。首先输入模数  $m$ 、齿数  $z$ 、压力角  $\alpha$ 、齿宽  $b$ 、齿顶高系数  $ha$  的值,生成齿轮毛坯,继而程序计算渐开线的点坐标值,由样条曲线连接生成渐开线。利用 CATIA 的自动获取边界功能,绘制以基圆为直径的一段圆弧,将两渐开线相连,与齿轮毛坯实体进

行布尔运算,生成一个渐开线齿槽,再将该齿槽沿圆周阵列,生成所有的齿轮轮齿。其程序流程如图 1 所示。

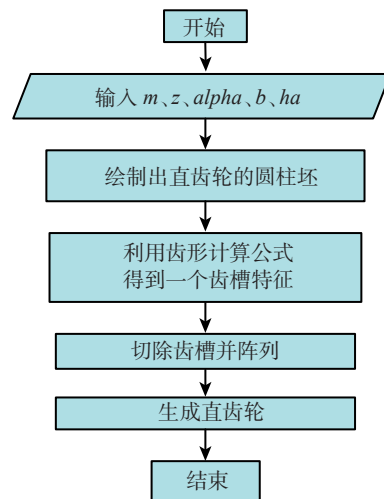


图1 直齿轮程序设计流程图  
Fig.1 Programming flowchart of spur gear

### 1.1 渐开线直角坐标系函数设计

图 2 所示为渐开线的生成原理。当直线  $NK$  沿基圆作纯滚动运动时,其上点  $K$  的运动轨迹就是渐开线。分析得到渐开线齿廓的生成算法,其核心思想就是找到渐开线齿廓上的若干点,然后用系统提供的样条曲线连接,得到光滑的齿廓形状。

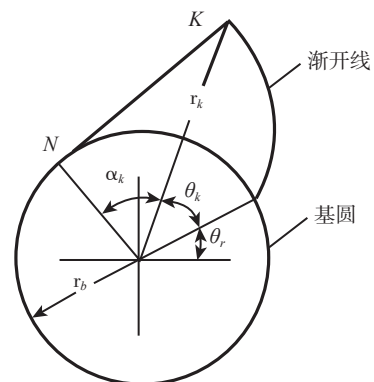


图2 渐开线的极坐标图  
Fig.2 Polar coordinate diagram of involute

渐开线的极坐标函数<sup>[2]</sup>:

$$\begin{cases} r_k = r_b / \cos(\alpha_k) \\ \theta_k = \text{inv}(\alpha_k) = \tan(\alpha_k) - \alpha_k \end{cases},$$

式中,  $r_k$  为渐开线任意  $K$  点的矢径,  $\alpha_k$  为渐开线任意  $K$  点的压力角,  $r_b$  为基圆半径,  $\theta_k$  为渐开线转过的弧度角。

在 VB 编程环境中, 三角函数的参数的单位均是弧度, 因而所用到的角度参数的单位均为弧度值。为了求得渐开线的一系列点, 将极坐标系转换成直角坐标系函数, 做如下转换。

$$\text{设 } \mu = \tan(\alpha_k) = \sqrt{r_k^2 - r_b^2} / r_b,$$

令  $t \in [0, 1]$ , 则  $\mu$  转换成:

$$\mu = t \sqrt{r_a^2 - r_b^2} / r_b,$$

式中,  $r_a$  为齿顶圆半径;

$$r_k = r_b \sqrt{1 + \mu^2},$$

$$\theta_k = \mu - \text{atn}\mu,$$

$$x = r_k \cos(\theta_k + \theta_s),$$

$$y = r_k \sin(\theta_k + \theta_s),$$

式中,  $\theta_s$  为渐开线的起始弧度角。

当  $t \in [0, 1]$  增大时, 样条曲线的点生成, 继而样条曲线连接得到光滑的齿廓形状。当  $t$  增大的幅度越小, 渐开线的精度也越高。

## 1.2 起点弧度值计算

通过利用周期性和在分度圆中齿槽和齿厚相等, 求得渐开线的起点弧度值。图 3 显示了各弧度之间的关系。

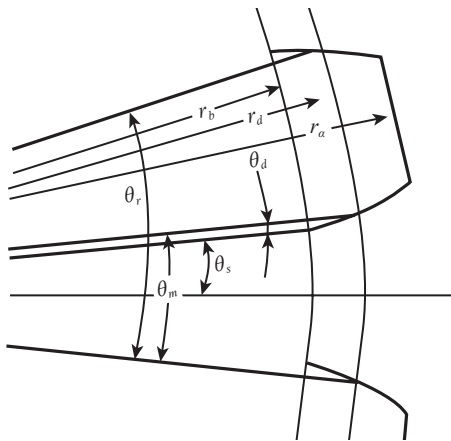


图3 弧度间的关系

Fig.3 Relationship between radian

图 3 中,  $\theta_s$  为起始弧度值;  $\theta_r$  为齿轮的周期弧度值;  $\theta_m$  为分度圆时齿槽宽弧度值;  $\theta_d$  为渐开线转到分度圆时所转过的弧度值;  $r_d$  为分度圆半径。

$$\theta_r = 360/z \quad (Z \text{ 为齿数})。$$

当  $r_k = r_d$  时, 则  $\mu = \sqrt{r_d^2 - r_b^2} / r_b$ ;

$$\theta_d = \mu - \text{atn}\mu,$$

$$\theta_s = \theta_m / 2 - \theta_d。$$

## 1.3 最小和最大齿数计算

按照加工原理, 当齿数小于某一值时, 齿轮在加工过程中将发生根切, 需确定最小齿数<sup>[3]</sup>:

$$Z_{\min} = 2h_a / \sin^2 \alpha,$$

式中,  $h_a$  为齿顶高系数。

当齿数大于某一个值时, 两渐开线将相交, 需确定最大齿数:

$$\theta_s = \theta_m / 2 - \theta_d > 0 \Rightarrow \text{pi}/z - 2\theta_d > 0$$

$$\Rightarrow z < \text{pi}/2\theta_d,$$

$$z_{\max} = \text{pi}/2\theta_d,$$

当输入  $z$  值不符合要求时, 设计的齿轮无法在 CATIA 界面中显示出来, 进而对  $z$  进行错误控制。

## 2 基于 CATIA 二次开发参数化编程实现过程

基于 VB6.0, 调用 CATIA API 函数, 对渐开线直齿轮进行参数化编程<sup>[4-5]</sup>。

### 2.1 定义、计算及验证相关参数

定义并赋值模数  $m$ 、齿数  $z$ 、压力角  $\alpha$ 、齿宽  $b$ 、齿顶高系数  $h_a$ 、圆周率  $\text{pi}$ 。

计算基圆半径  $r_b$ 、分度圆半径  $r_d$ 、齿顶圆半径  $r_a$ 。

$$r_d = m \cdot z / 2,$$

$$r_b = r_d \cdot \cos(\alpha),$$

$$r_a = r_d + h_a \cdot m。$$

对参数进行错误控制。根据加工原理和几何关系, 确定齿数的最小值和最大值。

$$Z_{\min} = 2 * h_a / (\sin(\alpha))^2$$

If  $z < Z_{\min}$  Then

MsgBox (" 展开法加工过程中将发生根切 ")

Exit Sub

End If

$$A = \text{Sqr}(r_d^2 - r_b^2) / r_b$$

$$\theta_1 = A - \text{Atn}(A)$$

$$Z_{\max} = \text{pi} / (2 * \theta_1)$$

If  $z > Z_{\max}$  Then

MsgBox (" 两渐开线相交, 故该参数的齿轮不存在, 请修改 ")

Exit Sub

End If

### 2.2 绘制直齿轮毛坯

以齿顶圆半径  $r_a$  为半径, 齿宽  $b$  为高度, 绘制圆柱体  $ra$ 。

Set osketch = obody.Sketches.Add(PlaneYZ)

```
Set ofactory = osketch.OpenEdition()
Set dbcircle = ofactory.CreateClosedCircle(0, 0,ra)
osketch.CloseEdition
Set opad = osf.AddNewPad(osketch, b)
```

### 2.3 绘制齿槽特征

绘制齿轮的一个齿槽特征。由于 CATIA API 没有提供对称函数,因而需绘制两条对称的样条曲线,定义 2 个数组 arraypoint() 和 arraypoint1(),用来存放渐开线的一系列点。

```
Set osketch1 = obody.Sketches.Add(PlaneYZ)
Set ofactory = osketch1.OpenEdition()
A = Sqr(rd ^ 2 - rb ^ 2) / rb
theta1 = A - Atn(A)
'thetas 为起始弧度角
thetas = pi / z / 2 - theta1
n=30
Dim arraypoint(n)
Dim arraypoint1(n)
i = 0
For t = 0 To 1 Step 1 / n
u = t * Sqr(( ra / rb ) ^ 2 - 1)
rk = 0.5 * db * Sqr(1 + u ^ 2)
theta = u - Atn(u)
X = rk * Cos(theta + thetas)
Y = rk * Sin(theta + thetas)
Y1 = -Y
Set osplinepoint = ofactory.CreateControlPoint(X, Y)
Set osplinepoint1 = ofactory.CreateControlPoint(X, Y1)
Set arraypoint(i) = osplinepoint
Set arraypoint1(i) = osplinepoint1
i = i + 1
Next t
Set ospline = ofactory.CreateSpline(arraypoint)
Set ospline1 = ofactory.CreateSpline(arraypoint1)
Set circle2 = ofactory.CreateCircle(0, 0, rb , -thetas, thetas)
```

```
osketch1.CloseEdition
Set ochicao = osf.AddNewPocket(osketch1, b)
当 n 取值越大,精度也越高,但计算量也越大。
```

### 2.4 圆周阵列齿槽

当一个齿槽生成之后,调用 CATIA 的 API 函数 AddNewCircPattern(),圆周阵列齿槽,生成渐开线直齿轮。其中阵列的数目,阵列的角度间距。

```
Set ocircPattern = osf.AddNewCircPattern(ochicao, 1, num, 1, angle, 1, 1, reference1, reference2, True, 0#, True)
```

## 4 应用实例

在渐开线直齿轮设计界面中(图4)输入参数值  $z=30, m=2.5, \alpha=20$ , 齿宽  $b=10, ha=1$ , 点击创建生成渐开线直齿轮(图5)。

当用户输入的参数不合理,导致图形无法生成,则提供错误反馈机制,提示用户修改相关参数。若只修改齿数  $z$ ,改成 15,则弹出图6错误提示对话框。把齿数  $z$  改成 150,则弹出图7错误提示对话框。

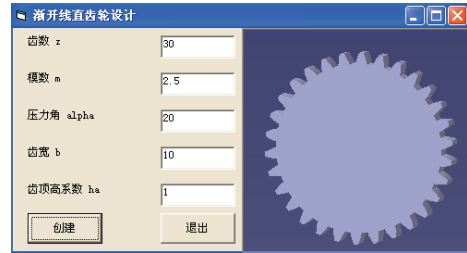


图4 渐开线直齿轮界面  
Fig.4 Interface of involute spur gear

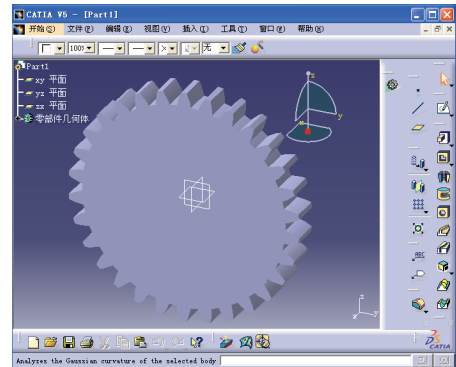


图5 CATIA中生成的齿轮  
Fig.5 Showing gear in CATIA

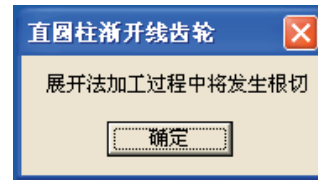


图6 错误提示对话框  
Fig.6 Error prompt dialog

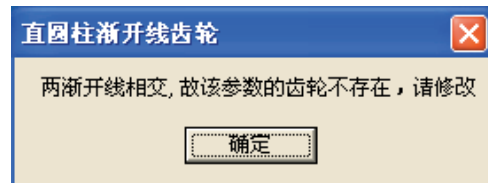


图7 错误提示对话框  
Fig.7 Error prompt dialog

(下转第 84 页)