

文章编号: 1672-6413(2004)06-0046-02

基于UG的直齿圆柱齿轮绘制研究

祝恒云

(南京工业职业技术学院 机械工程系, 江苏 南京 210016)

摘要: UG环境下的渐开线齿轮的三维建模方法很多, 其中参数化的渐开线三维齿轮建模最为准确和方便。即利用UG作图环境中的尺寸相关性和参数表达式功能实现渐开线齿轮三维建模的参数化。运用此方法, 结合齿轮油泵中齿轮的三维建模, 提出了可行的渐开线直齿圆柱的绘制方案和步骤。

关键词: UG; 参数化建模; 渐开线齿轮; 绘制

中图分类号: TG132.41 TH126 文献标识码: A

0 引言

渐开线齿轮是一种重要的机械零件, 广泛应用于各种机器的传动装置中。由于渐开线齿轮轮廓不是标准曲线, 绘制过程中涉及到曲线公式、坐标旋转等较为复杂的问题, 所以三维建模过程比较困难。近年来随着运用计算机进行机械运动仿真和对齿轮机构进行准确有效分析的需要, 齿轮的准确建模也显得极其重要。

UG作为一种工程绘图软件, 以其强大的三维绘图功能, 使用户几乎能够精确地描述任何几何形体, 并对产品进行设计、有限元分析及机械运动和动力学分析等等, 是理想的精确建模工具。利用UG建立渐开线齿轮模型的方法很多, 如使用VBA、VisualC++等语言进行二次开发, 然后将其导入到ProE、UG中进行; 或者是直接使用UG/OpenGrip语言进行开发。这些方法不仅需要熟悉各种开发环境和语言, 而且还需要在其它软件中生成曲线再通过数据交换实现, 工作量大, 无法实现三维参数化设计; 另一种近似画法是计算出轮廓线上的点, 再利用样条曲线拟合生成近似轮廓的方式, 但绘制的轮廓曲线不准确。本文以齿轮油泵中一对齿轮副为例, 采用一种简单易行的方法, 不仅能准确建模, 还实现了参数化设计, 即建立包含齿轮参数的EXP, 然后在EXP为扩展名的文本文件中修改不同的参数, 就可得到不同参数的渐开线齿轮模型。

1 渐开线齿轮的建模方法

1.1 渐开线的公式

从机械原理中得知, 渐开线直角坐标方程为:

$$x := r \sin \alpha - r \cos \alpha \tan \alpha$$

$$y := r \cos \alpha + r \sin \alpha \tan \alpha$$

式中: x_t , y_t ——渐开线上点的直角坐标;

r ——基圆半径;

α ——形成渐开线时旋转角度, 为弧度制。

由于UG自身的一些约束, 如UG的三角函数中采用的是角度而不是弧度, 直接变量只能在0~1之间变化。因此为了便于在UG中输入, 可在UG中定义一个变量 t , 它是从0到1的变量, 并建立关系式, 使它的变化控制着变量 α 的变化, 从而使 α 的值可以从0变化到180°; 这样就为绘制一条0~180°的渐开线做了公式准备。

1.2 建立EXP文件

UG环境下建模的参数是以表达式存储的, 且表达式之间能够建立参数之间的关系, 是参数化设计的重要工具。而这些表达式可按一定的语法规则编写成以EXP为扩展名的文本文件。为了实现UG环境下的渐开线齿轮参数化三维建模, 本文使用NotePad制作了表达式EXP文件, 只需输入齿轮的基本参数, 通过表达式能计算出齿轮建模所需的各个参数, 并保存为EXP文件。在UG环境下导入这个文件, 齿轮建模时, 即可便捷地使用这些参数表达式。与使用VB编程相比, 使用者不用去学习专门的编程语言; 与使用UG软件Grip语言编程实现参数化构造相比, 运用导入EXP文件中的参数表达式来建模, 能大大减少编程调试工作, 以较少的投入实现了渐开线齿轮的参数化三维建模。

建立包含齿轮基本参数的EXP文件(文件名为gear.exp), 内容如下(各参数变量按照UG表达式语法规则写出):

收稿日期: 2004-09-12

作者简介: 祝恒云(1970~), 女, 湖北省武汉市人, 讲师, 博士研究生, 主要研究领域: 虚拟现实理论及应用。

```

//定义常数
Pi= 3.1415926
//输入齿轮的基本参数
m= 5 //模数
z= 19 //齿数
afa= 20 //压力角α
//计算齿顶圆、分度圆、基圆、齿根圆等参数
d= m * z //分度圆直径
da= m * (z+ 2) //齿顶圆直径
df= m * (z- 2.5) //齿根圆直径
db= m * z * cos(afa) //基圆直径
p= pi*m
pb= p * cos(afa)
t= 0
rb= db/2 //基圆半径
//计算渐开线
a= 0 //起始角
b= 180 //终止角
s= (1- t) * a+ t * b //角度值
u= s * Pi/180 //将角度值转化成弧度
xt= rb * sin(s)- rb * u * cos(s) //渐开线直角横坐标
yt= rb * cos(s)+ rb * u * sin(s) //渐开线直角纵坐标

```

如果需要绘制不同齿轮参数的齿轮, 只需在此文件中修改齿轮的基本参数值, 然后在UG中重新导入, 即可生成参数不同的齿轮渐开线。

1.3 渐开线齿轮半边轮廓绘制

首先在UG中导入EXP文件生成渐开线, 其具体方法如下: 从Tools Expression Import中导入gear.exp文件; 从Insert Curve Law Curve进入对话框, 然后点击By Equation按钮, 分别设置以 t 为自变量, 横坐标为 x_t 的因变量; 同理, 设置以 t 为自变量, 纵坐标为 y_t 的因变量, 第3个坐标 z_t 设置为常量(即在Law Curve中选择Constant, 并输入一个值, 一般为0)。再选择一参考点, 即可生成渐开线, 见图1。

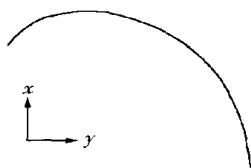


图1 绘制的渐开线

然后利用Insert Curve Basic Curves画圆工具绘制齿顶圆、分度圆、基圆、齿根圆。由于在EXP文件中齿轮的齿顶圆、分度圆、基圆和齿根圆已经通过齿轮的基本参数并由计算机算出, 所以在绘制这几个圆时, 以原点(0, 0, 0)为圆心, 在直径处分别输入 d_a 、 d 、 d_b 、 d_f , 即可绘制出齿轮的齿顶圆、分度圆、基圆和齿根圆。接下来需要对渐开线进行截取, 将齿顶圆以外、基圆以内的渐开线裁剪掉。

最后绘制渐开线与齿根圆之间的过渡圆弧。由于基圆内部没有渐开线, 基圆与齿根圆之间的齿廓为圆弧过渡, 所以可利用圆弧过渡功能进行渐开线与齿根

圆之间的圆弧过渡, 圆弧半径 $r=0.38m$, 在UG中只需在齿廓与齿根圆之间倒圆, 即可进行齿根圆角的绘制, 从而得到一侧完整的齿廓。

1.4 渐开线的镜像

绘制齿形, 一般都需要“镜像(mirror)”功能以保证轮齿的对称性。这时, 镜像中心的确定就显得非常重要。

在UG中采用y轴作为对称中心, 这就需要对图1中的渐开线沿逆时针旋转一定的角度。旋转角度的确定需要研究齿廓曲线的形成及其方程式。图2为渐开线的镜像中心, 图中y轴与齿轮渐开线的镜像中心夹角为 θ , $\theta=\theta_1+\theta_2$, θ 为齿厚夹角的1/2, 即 $\theta=90/z$, (z 为齿数)。根据渐开线形成原理, 标准齿轮的分度圆上的展角为:

$$\theta = \tan \alpha - \alpha \times 3.14 / 180.$$

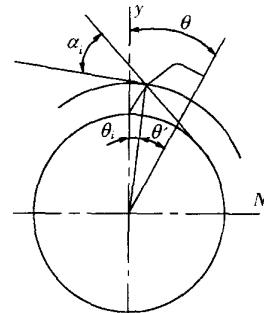


图2 渐开线的镜像中心

根据上述公式, 按建立gear.exp文件的方法建立转换矩阵Matrix transform.exp文件, 并导入到UG中, Matrix transform.exp文件内容如下:

```

sitai= (tan (afa) - afa * 3.14/180) * 180/3.14
sita = 90/z
sita= sitai+ sita
xi= x * cos (sita) - y * sin (sita)
yi= y * sin (sita) + y * cos (sita)

```

进行了坐标旋转以后, 再以y轴作为镜像中心进行镜像, 这样, 渐开线齿轮的轮廓就画好了。

1.5 齿轮三维实体的生成

生成了平面的齿轮轮廓后, 还需要对其拉伸, 生成三维的实体模型。具体操作如下: Application modeling ExtendedBody ChainCurves, 依次选择左渐开线、齿顶圆圆弧; 右渐开线、齿根圆圆弧进行拉伸。这样, 一个轮齿就绘制好了。再将轮齿与齿根圆圆柱轴进行布尔加运算, 最后进行圆形阵列, 齿轮的锥形就已具备了。图3为齿轮油泵的齿轮轴的三维造型, 由于篇幅有限, 图中齿轮轴中轴的建模在此处不再赘述。

2 结论

本文在总结了建立渐开线齿轮三维模型的基本原理和建模方法的基础上, 实现了UG环境下的渐开线
(下转第50页)

过一个辅助小互感器转换为 5A 以给校验仪供电，并且在比较仪检定线路中，校验仪测差回路接比较仪二次电流 5A 时的二次补偿绕组，因而可以大大降低比较仪对互感器产生的附加负荷。

表 3 NO. 011055Z_F 实测结果 mΩ

% I _n	5		20		100	
	R	jX	R	jX	R	jX
0.1/5	0.22	0.15	0.23	0.17	0.22	0.20
0.2/5	0.41	0.18	0.39	0.20	0.35	0.25
30/5	-	-	-	-	0.34	0.33
50/5	-	-	-	-	0.18	- 0.05
100/5	0.2	- 0.37	0.21	- 0.34	0.20	- 0.34
0.1/1	3.5	3.1	3.6	3.5	3.7	3.7
0.2/1	3.2	3.1	3.2	3.1	3.4	3.2
30/1	2.5	2.1	2.5	2.2	2.7	2.4
50/1	2.4	1.5	2.4	1.6	2.5	1.4
100/1	3.2	1.8	3.2	2.2	3.2	1.8

例如 BL 5003A，在 0.075/0.5A 时产生的附加负荷为 54 mΩ，带来的校验仪读数误差为 54%。对应于

校验仪的供电电流为 5A 时，对校验仪的附加负荷将由 54 mΩ 降低至 0.54 mΩ 或更小。这是因为供电电流增大了 10 倍，接校验仪的补偿绕组匝数减小至 1/10（假设比较仪二次补偿绕组阻抗值与其匝数成正比，实际上 5A 的补偿绕组比 1A 的补偿绕组导线粗，阻抗更小），即 $54 \times 1/10 \times 1/10 = 0.54$ (mΩ)。

同理 0.075/1A 产生的 21.5 mΩ 附加负荷将降为 $21.5 \times 1/5 \times 1/5 = 0.86$ (mΩ)。

这样附加负荷对校验仪产生读数误差就非常小，可以略去不计。

如果，校验仪 5A 供电，转换后的附加负荷 Z_F 仍然很大，带来的读数误差超过 10%，或在检定双级电流互感器时，则必须采用图 3 调零线路。

由此可见，我公司生产的电流比较仪，无论二次电流为 5A 或 1A 或 0.5A，附加负荷给被检电流互感器带来的误差以及给校验仪带来的读数误差，一般均可略去不计，除检定双级电流互感器需要调零外，用户可以按说明书提供的一般电流比较仪检定线路放心使用。

Analysis on the Additional Impedance of Current Comparator Checking Current Transformers

WANG Yong-ling

(Shanxi Design and Research Institute of Mechanical and Electrical Engineering, Taiyuan 030009, China)

Abstract This paper introduces the checking current for transformer with current comparator, analyses the additional impedance of current comparator. The influences of additional impedance on the comparator-type transformer calibrator's reading error were concluded.

Key words: additional impedance; current comparator; current transformer; checking; analysis

(上接第 47 页)

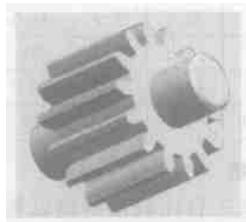


图 3 齿轮油泵的齿轮轴
齿轮参数化建模。比较其它方法，本方法不用编程、调

试，投入小，又能实现渐开线齿轮的参数化三维建模，效率高。

参考文献：

- [1] 马秋成 UG 实用教程 CAD 篇 [M] 北京：机械工业出版社，2001
- [2] 王湘红 CAD 在齿轮设计中的应用 [J] 机械工程师, 2001 (5): 23-24
- [3] 孙江宏 基于 UG 的直齿圆柱齿轮参数化实体设计通用方法 [J] 机械科学与技术, 2002(21): 123-126

Research of Drawing for Spur Gear Based on UG

ZHU Heng-yun

(Nanjing Institute of Industry Technology, Nanjing 210016, China)

Abstract There are many methods to design the spur gear in UG, but the spur gear designed with three-dimensional parametric is the most accurate. This paper describes the general technique of spur gear three-dimensional parametric design, provides the reliable steps and method by the example of spur gear in cogwheel oil pump.

Key words: UG; parametric design; gear; draw