

UG/NX 中的直齿内圆锥齿轮的三维参数化造型

徐 蔚, 杨素君

(天津工业大学机电学院, 天津 300160)

摘 要: 从理论上分析了直齿圆锥齿轮的齿廓形状, 结合具体实例, 以 UG NX 4.0 为平台, 利用其功能强大的表达式工具和三维建模模块, 介绍了绘制锥齿轮大端齿槽曲线的方法, 模仿齿轮的实际加工, 在锥齿轮的背锥上去除齿槽, 得到了直齿内圆锥齿轮的三维参数化模型, 并对其参数化控制方法进行了简述, 为后续直齿内圆锥齿轮的数控加工、虚拟装配等奠定基础。

关 键 词: 计算机应用; 三维参数化造型; 表达式; 直齿内圆锥齿轮

中图分类号: TP 391

文献标识码: A

文 章 编 号: 1003-0158(2008)05-0154-04

3D Parameterized Design of Straight Internal Bevel Gear Based on UG/NX

XU Wei, YANG Su-jun

(School of Mechanical and Electronic Engineering, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China)

Abstract: The contour shape of straight bevel gear is analyzed theoretically. With an example, a method is discussed to draw outer-slot curve of straight bevel gear by using the function of expression and modeling in UG NX 4.0. Imitating the process of practical gear machining, a 3D parameterized model of straight internal bevel gear is obtained by slotting from the back cone, which is helpful to NC machining and virtual assembly of the gear.

Key words: computer application; 3D parameterized modeling; expression; straight internal bevel gear

圆锥齿轮可用于传递两相交轴之间的运动, 具有传动准确、平稳、机械效率高等特点^[1], 是现代机械中应用广泛的一种传动机构, 以外圆锥齿轮较为常见。近年来随着内啮合锥齿轮少齿差章动传动系统的广泛应用, 内圆锥齿轮也越来越

得到人们的重视, 建立内圆锥齿轮的三维参数化模型对于齿轮后续的虚拟装配、数控加工等有着重要意义。利用UG NX 4.0功能强大的三维建模模块和表达式工具, 可以建立直齿内圆锥齿轮的三维模型, 同时引入参数化的设计思想, 通过修

收稿日期: 2007-03-03

作者简介: 徐 蔚 (1977-), 女, 河北衡水人, 讲师, 硕士, 主要研究方向为工程图学和计算机图形学。

改齿轮的特征参数可快速建立新的模型,大大提高了设计效率。

1 直齿圆锥齿轮的齿廓分析

圆锥齿轮的轮齿分布在圆锥面上,所以齿轮两端的大小是不同的,为了计算和测量的方便,通常取圆锥齿轮大端的参数为标准值。圆锥齿轮的轮齿,有直齿、斜齿及曲线齿等多种形式,由于直齿圆锥齿轮的设计、制造和安装较简单,故应用最为广泛。

一对直齿圆锥齿轮在传动时,两个啮合轮齿的相对运动是球面运动,其齿廓是球面渐开线,球面渐开线不能展开成平面曲线,这就给圆锥齿轮的设计和制造带来困难^[2]。为了应用简便,通常将齿轮背锥展开成扇形齿轮,补满缺口可得到一个圆柱齿轮,这个假想的圆柱齿轮称为圆锥齿轮的当量齿轮。当量齿轮的齿廓和锥齿轮背锥上的齿廓是一致的,而锥齿轮背锥上的齿廓即为大端齿廓,所以可用当量齿轮的渐开线齿廓代替圆锥齿轮大端的齿廓,简化设计工作。

根据机械原理的知识,渐开线的直角坐标方程式为

$$x = r_b \sin u - r_b u \cos u$$

$$y = r_b \cos u + r_b u \sin u$$

$$u = \theta_k + \alpha_k$$

其中 r_b ——当量齿轮的基圆半径

α_k ——压力角

θ_k ——展角

2 直齿内圆锥齿轮的三维建模

齿轮的实际加工有很多种方法,如仿形法、范成法等,它们都是在齿轮的毛坯上去除齿槽最终形成齿轮。利用UG对齿轮建模的思路和实际切削加工是类似的,即先生成内圆锥齿轮的背锥和毛坯,求出圆锥齿轮当量齿轮的齿槽曲线,缠绕到背锥面上,即可得到圆锥齿轮大端的齿槽曲线,再利用扫掠命令得到齿槽,对齿槽进行一系列变换,再和齿轮毛坯进行求差操作即可得到内圆锥齿轮的三维实体模型。

设有一个直齿内圆锥齿轮,大端模数 $m=4$,齿数 $z=36$,分度圆压力角 $a=20^\circ$,与其相啮合的

小齿轮齿数为22,变位系数 $x=0$ 。建模过程如下:

2.1 建立表达式

根据齿轮参数,打开UG的表达式工具,按其语法规则输入如下表达式:

$m=4$	模数
$z=36$	齿数
$z_1=22$	与之啮合的小齿轮齿数
$a=20$	压力角
$x=0$	变位系数
$b = \arctan(z/z_1)$	分度圆锥角
$ha=(1+x) \times m$	齿顶高
$hf=(1.2-x) \times m$	齿根高
$zv=z/\cos(b)$	当量齿轮齿数
$dv=m \times zv$	当量齿轮分度圆直径
$dbv=dv \times \cos(a)$	当量齿轮基圆直径
$dav=dv+2 \times ha$	当量齿轮齿顶圆直径
$dfv=dv-2 \times hf$	当量齿轮齿根圆直径
$da=m \times z+2 \times ha \times \cos(b)$	齿顶圆直径
$df=m \times z-2 \times hf \times \cos(b)$	齿根圆直径
$R=m/2 \times \sqrt{z^2+z_1^2}$	锥距
$th=\arctan(hf/R)$	齿根角
$a_1=b+th$	顶锥角
$a_2=b-th$	根锥角
$width=20$	齿宽
$t=0$	系统内部变量 $0 \leq t \leq 1$
$u=90 \times t$	渐开线展角范围

$$xt=(dbv/2) \times \cos(u) + (dbv/2) \times \text{rad}(u) \times \sin(u)$$

渐开线直角坐标方程

$$yt=(dbv/2) \times \sin(u) - (dbv/2) \times \text{rad}(u) \times \cos(u)$$

$$zt=0$$

2.2 建立背锥和齿轮坯三维模型

利用“圆锥”命令建立一个圆锥台,用这个圆锥台外表面作为内圆锥齿轮的背锥,由于背锥母线与分度圆锥母线垂直,所以背锥的半锥角取为 $90-b$,顶面直径取为 df ,底面直径并不重要,只要大于 da 即可,取为 $da+20$ 。将坐标系原点移到顶面圆心处, xy 平面与顶面共面, z 轴与背锥轴向相反。建立一个圆锥,底面直径为 df ,顶面直径为0,半锥角为 a_2 ,该圆锥即为内圆锥齿轮的齿根圆锥。以背锥为目标体,以齿根圆锥为工具体,对二者进行求差操作,得到无轮齿的齿轮毛坯。

2.3 绘制大端齿槽曲线

建立一个与背锥相切的基准平面 A ，把坐标系的原点移到背锥的锥尖处，旋转坐标系，使 x 轴与背锥的母线重合， xy 平面与基准平面 A 共面。在新建立的基准平面 A 上，以坐标原点为圆心，以当量齿轮的齿顶圆直径、齿根圆直径、分度圆直径、基圆直径为直径分别画圆。利用“规律曲线”命令中的“根据方程”选项，以UG系统内部变量 t 为自变量，横坐标 xt 、纵坐标 yt ，高坐标 zt 为因变量画出第一条渐开线。第二条渐开线如果采用镜像第一条渐开线的方法生成，会使渐开线失去特征参数，无法实现全参数化控制，所以还应使用“规律曲线”命令生成。建立一个基准平面 B ，与 xz 平面夹角为两条渐开线在基圆上所夹的圆心角，值为 $180/zn + 2 \times (\tan(\alpha) - \text{rad}(\alpha))$ 。执行“规律曲线”命令，绘制第二条渐开线，以新建立的基准面 B 作为水平参考，控制渐开线的放置位置。完成后的四个圆和两条渐开线如图1所示。利用“修剪曲线”命令以齿根圆、齿顶圆、两条渐开线互为边界进行修剪，得到一封闭的曲线链。利用“缠绕/展开”命令把曲线链缠绕到背锥面上，即可得到齿轮大端的齿槽曲线^[3]，如图2所示。

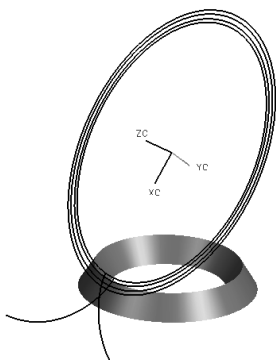


图1 4个圆和两条渐开线

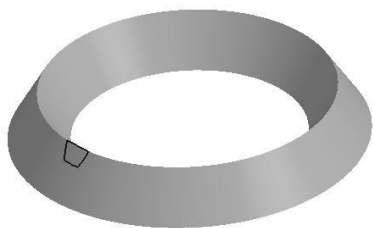


图2 齿轮坯及大端齿槽曲线

2.4 生成齿槽

由于锥齿轮的轮齿大小端尺寸不同，所以齿槽不能通过简单的拉伸命令得到，应该采用扫掠的方法生成。将2.3中创建的齿槽曲线各端点与2.2中齿根圆锥的锥顶点进行连线，以此作为引导线，将齿槽曲线沿引导线扫掠可得到如图3所示齿槽^[4]。



图3 扫掠后得到齿槽

2.5 生成内圆锥齿轮

将齿槽绕背锥轴线进行环形阵列，阵列数目为 z ，齿槽间角度为 $360/z$ 度。以齿轮坯为目标体，以齿槽为工具体，对二者进行求差操作，即可得到内圆锥齿轮的轮齿部分。最后添加齿轮的腹板、孔、键槽等结构特征，完成内圆锥齿轮的三维建模，最终结果如图4所示。

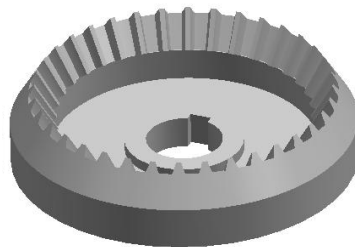


图4 直齿内圆锥齿轮

3 齿轮的参数化控制

内圆锥齿轮的参数化控制要求齿轮能够在设计参数发生改变时，结构尺寸也相应地改变以满足新的设计需要。为此，只需要修改齿轮三维实体模型的特征参数，如模数 m 、齿数 z 、压力角 α 、变位系数 x 等，即可按照参数自动更新三维模型，生成新的齿轮。特征参数可以采用以下方法进行修^[5]：

(1) 最简便的方法是直接修改表达式对话框中的特征参数，来实现齿轮模型的重新自动建

模。

(2) 利用UG的电子表格功能定义、编辑、修改表达式和参数,通过更新完成参数化建模。

(3) 将生成特征实体的参数生成数据文件,利用系统自带的UG / Open GRIP语言进行编程,实现对齿轮参数的修改。

利用参数化建模,可以极大的缩短齿轮设计制造时间,减少设计人员的重复劳动,提高设计效率。

4 结束语

利用UG的建模模块和表达式工具,模仿齿轮的切削加工,实现了直齿内圆锥齿轮的三维参数化建模,只需修改特征参数,即可实现对齿轮的参数化控制,提高了设计效率,为后续直齿内圆锥齿轮机构的数控加工、虚拟装配、动力学分

析和仿真模拟等打下良好的基础。

参考文献

- [1] 孙 桓,陈作模.机械原理[M].北京:高等教育出版社,1997.245-338.
- [2] 姜海军.基于UG的直齿圆锥齿轮三维建模研究[J].煤矿机械,2005,(7):74-76.
- [3] 肖 阳,孙东明,姜 雷,等.UG中锥齿轮的三维参数化建模[J].现代机械,2004,(6):12-13.
- [4] 赵彩虹,卢章平.基于UG平台的直齿圆锥齿轮的三维精确建模[J].农机化研究,2005,(5):232-236.
- [5] 白剑锋,贺靠团,黄永玲,等.UG在渐开线斜齿轮参数化设计中的应用[J].机械设计与制造,2006,(7):71-73.