

# 基于 Pro/E 的格利森制弧齿锥齿轮副的三维建模方法研究

王春香, 刘志军

(内蒙古科技大学 机械工程学院, 内蒙古 包头 014010)

**摘要:** 介绍了在 Pro/E 环境下, 实现格利森制弧齿锥齿轮副的造型方法和步骤, 从原理出发, 利用方程建立渐开线, 从而保证齿形的准确性。通过建立齿轮中各变量与模数、齿数等基本参数的关系, 实现了不同模数、齿数齿轮的快速造型, 提高了设计效率。

**关键词:** 渐开线; 弧齿锥齿轮; Pro/E

**中图分类号:** TH122 **文献标识码:** A

## Study on the method of molding for the Gleason spiral cone gear based on Pro/Engineer

WANG Chun Xiang, LIU Zhi Jun

(School of Mechanical Engineering, Inner Mongolia University of Science & Technology, Baotou 014010, China)

**Abstract:** This paper introduces the methodologies and steps of exact modeling for the Gleason spiral cone gear in environment of Pro/ Engineer. Based on principle, using equation build up the involute. Consequently we can ensure the accuracy of the involute gear shape. Carry out quick modeling of various modulus and teeth number by set up relations between variable and basic parameters. It raised the design efficiency.

**Key words:** involute; spiral cone gear; Pro/E

弧齿锥齿轮根据齿形的不同分为奥利康制和格利森制<sup>[1]</sup>。作为基础传动件, 用于传递相交轴之间的运动和动力, 并广泛应用于航空、航海、汽车、拖拉机、机床等行业中。传统的格利森弧齿锥齿轮的造型是已知齿轮的参数, 利用啮合原理的方法建立齿面方程, 由齿面方程获得大量齿面数据点, 再由数据点啮合出齿面模型<sup>[2-3]</sup>。由于此种方法需要较多的啮合原理知识和大量的数据处理工作, 不易被工程技术人员掌握。因此, 寻找一种快捷有效的弧齿锥齿轮造型方法和性能分析有着重要的现实意义。

### 1 造型方法

#### 1.1 设计参数

设计参数包括: 分度圆直径  $D$ ; 基圆直径  $D_b$ ; 齿顶圆直径  $D_A$ ; 齿根圆直径  $D_F$ ; 齿宽  $B$ ; 齿基高  $H_b$ ; 锥距  $PX$ ; 齿顶高  $H_A$ ; 齿根高  $H_F$ ; 全齿高  $H$ ; 分锥角  $DELTA_D$  等; 大端尺寸: 分度圆直径  $D_Z$ , 齿顶圆直径  $D_{za}$ , 齿根圆直

径  $D_{zf}$ , 基圆直径  $F_{zb}$ 。小端尺寸: 分度圆直径  $d_z$ , 齿顶圆直径  $d_{za}$ , 齿根圆直径  $d_{zf}$ , 基圆直径  $d_{zb}$ 。

输入表 1 中各参数, 定义基本参数  $M$ 、 $Z$ 、 $B$ 、 $CX$  等值, 通过关系式定义其余各参数的数值<sup>[4-5]</sup>。

#### 1.2 创建基本曲线

(1) 首先将基准平面  $TOP$  向右平移一段距离  $D/2 \times \tan(DELTA)$ , 创建基准轴  $A_1$  基准点  $PNT 0$ 。在  $FRONT$  平面内, 以  $PNT 0$  为顶点绘制 4 条斜线, 分别为分锥、根锥、基锥和顶锥母线。定义分锥母线终点尺寸为  $d_2=D/2$ , 与水平中心线夹角为  $d_1=DELTA$ , 与大背锥母线的夹角  $d_3=90^\circ$ ; 顶锥母线终点尺寸为  $d_6=D_A/2$ ; 根锥母线终点尺寸  $d_5=D_F/2$ ; 基锥母线中点尺寸  $d_4=D_b/2$ 。绘制大、小端背锥母线, 其间距离为  $d_7=B$ , 且均垂直于分锥母线。同时创建基准点  $PNT 1$  和  $PNT 2$ 。如图 1 所示 (其中  $d \dots$  为 Pro/E 中自动生成的尺寸代码)。

(2) 过背锥母线分别做两个垂直于中心平面

表1 设计参数表

名称	代号	计算公式	名称	代号	计算公式
模数	$M$	已知	锥距	$R_x$	$R_x = D / (2 \times \sin(\Delta))$
本齿轮齿数	$Z$	已知	齿顶角	$\theta_A$	$\theta_A = \arctan(H_A / R_x)$
配对齿轮齿数	$Z_{ASM}$	已知	齿基角	$\theta_B$	$\theta_B = \arctan(H_B / R_x)$
压力角	$\alpha$	已知	齿根角	$\theta_F$	$\theta_F = \arctan(H_F / R_x)$
齿宽系数	$B$	已知	齿顶宽	$B_A$	$B_A = B / \cos(\theta_A)$
齿顶高系数	$H_A$	已知	齿基宽	$B_B$	$B_B = B / \cos(\theta_B)$
顶隙系数	$CX$	已知	大端齿根圆直径	$d_{df}$	$d_{df} = D_f / \cos(\Delta)$
齿顶高	$H_A$	$H_A = (H_A \times X) \times M$	大端基圆直径	$D_{db}$	$D_{db} = D_b / \cos(\Delta)$
齿根高	$H_F$	$H_F = (H_A + CX \times X) \times M$	大端分度圆直径	$D_z$	$D_z = D / \cos(\Delta)$
全齿高	$H$	$H = (2 \times H_A + CX) \times M$	大端齿顶圆直径	$D_{za}$	$D_{za} = D_a / \cos(\Delta)$
分锥角	$\Delta$	$\Delta = \arctan(Z / Z_{ASM})$	小端齿根圆直径	$d_{zf}$	$d_{zf} = (D_f - 2 \times B_f \times \sin(\theta_F)) / \cos(\Delta)$
顶锥角	$\Delta_A$	$\Delta_A = \Delta + \theta_A$	小端基圆直径	$d_{zb}$	$d_{zb} = (D_b - 2 \times B_b \times \sin(\theta_B)) / \cos(\Delta)$
基锥角	$\Delta_B$	$\Delta_B = \Delta - \theta_B$	小端分度圆直径	$d_z$	$d_z = (D - 2 \times B \times \sin(\Delta)) / \cos(\Delta)$
根锥角	$\Delta_F$	$\Delta_F = \Delta - \theta_F$	小端齿顶圆直径	$d_{za}$	$d_{za} = (D_a - 2 \times B_a \times \sin(\Delta)) / \cos(\Delta)$
分度圆直径	$D$	$D = M \times Z$	齿根宽	$B_f$	$B_f = B / \cos(\theta_F)$
基圆直径	$D_b$	$D_b = D \times \cos(\alpha)$	变位修正系数	$X$	已知
齿顶圆直径	$D_a$	$D_a = D + 2 \times H_A \times \cos(\Delta)$	齿宽中点螺旋角	$\beta_{ETA}$	已知
齿根圆直径	$D_f$	$D_f = D - 2 \times H_F \times \cos(\Delta)$	刀具直径	$\beta_{ETA\_R}$	已知
齿基高	$H_B$	$H_B = (D - D_b) / (2 \times \cos(\Delta))$			

FRONT面的辅助平面DTM 2和DTM 3。在这两个平面内分别绘制各基础圆曲线，同时分别绘制2条过中心的竖直线，为以后创建坐标系做准备。如图2所示。

(3)创建辅助坐标系，绘制大、小端齿廓渐开线。首先创建大端的渐开线的参考坐标系CS1，小端渐开线参考坐标系CS3。两坐标系分别位于齿轮中心轴与两辅助平面的交点处，Z轴垂直于所建辅助平面DTM 2和DTM 3。然后绘制渐开线，以FRONT面作为齿廓中心角的角分面。绘制渐开线时必须保证两渐开线FRONT面对称，才能保证背锥面上齿廓完全符合理论要求。设参数 $t=0 \sim 1$ ，因此，在Pro/E草图环境中，笛卡儿坐标系下的渐开线参数方程为<sup>[6]</sup>：

$$\begin{cases} r = db / 2 \\ \theta = t \times 60 \\ x = r \times \cos(\theta) + r \times \sin(\theta) \times \theta \times \pi / 180 \\ y = r \times \sin(\theta) - r \times \cos(\theta) \times \theta \times \pi / 180 \\ z = 0 \end{cases}$$

最终生成的辅助坐标系和大、小端齿廓渐开线如图3所示。

(4)创建扫描轨迹和齿廓线。根据齿廓中心角以及齿宽等参数的关系创建辅助平面DTM 4和DTM 5，以DTM 5为对称面分别镜像两条渐开线，经过旋转生成如图4所示的齿廓线；以分锥母线为参考，分别生成辅助平面DTM 6和投影曲面。在辅助平面DTM 6中根据刀具



图1 母线和基准点

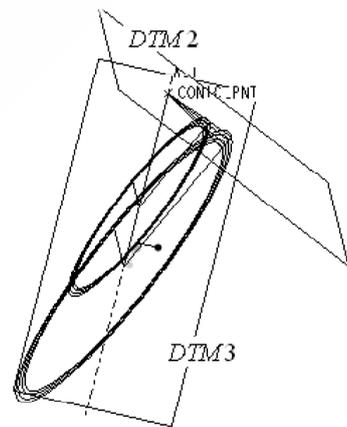


图2 基础圆曲线

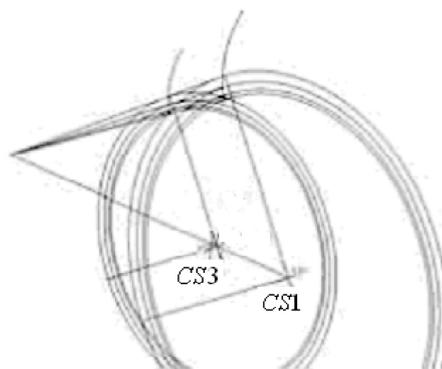


图3 渐开线图

# 技术与方法

## Technique and Method

半径、螺旋角和齿轮的旋转方向绘制圆弧。将圆弧向投影平面投影，生成如图 4 所示的扫描轨迹<sup>[7]</sup>。

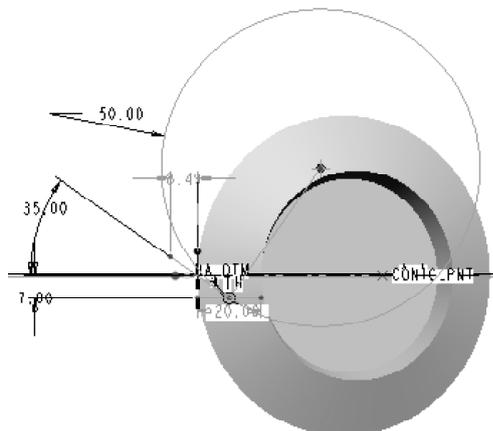


图 4 圆弧扫描曲线

(5)生成完整模型。通过扫描混合命令沿投影曲线，生成第一个齿廓，之后通过复制、阵列得到其他齿形。定义旋转角度 $d111=360/Z$ ，阵列个数 $p112=Z-1$ ，得到完整非等顶隙弧齿锥齿轮的模型，同样的方法可得到小齿轮的模型，如图 5 所示为大小弧齿锥齿轮模型图。图 6 所示为弧齿锥齿轮副装配图。



图 5 大小齿轮完整模型

由于齿轮的各个参数与齿轮的模数  $M$ 、齿数  $Z$  和分锥角  $THETA$  等建立了关系，因此只要按设计要求修改模数、齿数等参数以及扫描曲线，就可得到不同弧齿锥齿轮副<sup>[8-10]</sup>。为以后的分析计算提供了方便。



图 6 圆弧锥齿轮副装配图

本文介绍了格利森制非等顶隙的渐开线弧齿锥齿轮副的造型方法，按照此种方法将参数稍做改动就可以创建等顶隙的渐开线弧齿锥齿轮副。

### 参考文献

- [1] 蔡春源. 新编机械设计手册. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1993.
- [2] 安虎平, 孟刚. 齿轮渐开线齿面及其三维实体建模[J]. 机械研究与应用, 2006, 15(5).
- [3] 路懿, 陈修龙. 圆锥齿轮实体参数化逆向造型设计[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(1).
- [4] 孙桓, 陈作模. 机械原理. 北京: 高等教育出版社, 1996.
- [5] 谭雪松. Pro/ENGINEER 中文版机械设计实战训练. 北京: 人民邮电出版社, 2004.
- [6] 刘秀杰, 徐瑞银. 基于 Pro/ENGINEER 的特征建模方法[J]. 煤矿机械, 2008, 29(7).
- [7] 肖志信. 基于 Pro/E 的圆锥齿轮参数化建模技术研究[J]. 煤矿机械, 2007, 28(7).
- [8] 王霄. Pro/Engineer Wildfire 3.0 典型机械零件设计手册. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [9] 于志伟. Pro/Engineer 野火版 3.0 零件设计完全手册. 北京: 人民邮电出版社, 2007.
- [10] 周凯红, 王元勋, 李春植, 等. 格利森圆弧螺旋锥齿轮副的实体造型方法[J]. 计算机仿真, 2003, 20(8).

(收稿日期: 2008-12-12)

(上接第 72 页)

从图 2 可以看出: 应用人工神经网络, 对 BDY-4000 型倒伞型叶轮表面曝气机搅拌轴进行可靠性优化设计, 经过很短的训练时间就可以达到较高的计算精度, 且预测值误差较小。

本文通过对人工神经网络的学习研究, 以搅拌轴重量为目标函数、分别以轴的强度与刚度临界转速以及制造工艺为约束条件, 构造了曝气机搅拌轴优化设计数学模型。运用该数学模型, 通过对 BDY-4000 型倒伞型叶轮表面曝气机搅拌轴可靠性优化设计, 实例证

明, 本方法大功率曝气机搅拌轴尺寸优化效果明显。

### 参考文献

- [1] NOLAN M K. Optimal design of systems that evolve over time using neural networks [J]. Proc. SPIE, 2007: 6555-655514.
- [2] GOH A T C, KULHAWY F H. Reliability assessment of geotechnical serviceability state using neural networks [J]. GeoCongress, 2006.
- [3] 芮延年. 现代设计方法及其应用[M]. 苏州: 苏州大学出版社, 2005.

(收稿日期: 2008-12-20)