

基于UG的圆柱渐开线齿轮参数化设计

周正元

(常州信息职业技术学院机电工程系 江苏常州 213164)

摘要:在 Unigraphics环境下,在归纳了常见圆柱渐开线齿轮的结构基础上,利用其成形特征和表达式功能实现圆柱渐开线齿轮齿坯的参数化设计方法,可使设计人员能应用现有的模型进行更新设计,提高设计效率,并介绍了利用表达式、规律曲线和螺旋功能实现圆柱齿轮(直齿和斜齿)的精确建模。

关键词:UG软件;渐开线齿轮;参数化设计;精确建模

中图分类号:TH 132 413

文献标识码:A

文章编号:1672-2434(2005)02-0017-04

Parameterized Design of Cylindrical Involute Gears Based on Unigraphics NX

ZHOU Zheng-yuan

(Dept. of Mechanical and Electrical Engineering, Changzhou College of Information Technology, Changzhou 213164, China)

Abstract: This paper introduces the method of realization parameterized design of cylindrical involute gears based on unigraphics NX after inducing the general structure of cylindrical involute gears, and composers can get the new needed roughcast quickly by applying the models. Assisted with the function of expression, disciplinary curve and helix, accurately models of cylindrical (vertical or bevel) gears were realized.

Key words: the software of UG; involute gears; parameterized design; modeling accurately

0 引言

Unigraphics软件是一个集成化的CAD/CAE/CAM系统软件,它为工程设计人员提供了非常强大的应用工具,这些工具可以对产品进行设计(包括零件设计和装配设计)、工程分析(有限元分析和运动机构分析)、工程图绘制、数控加工程序编制等,极大地提高了企业的技术创新能力和对市场的快速反应能力。UGNX基本工作流程是:设计人员先按照有关理论对零件造型,接着就可利用其数字化装配尽早发现问题,如检查干涉和间隙调整。利用其工程分析功能可以验证其运动学和动力学性能,据此可进一步完善设计。完善后的零件,一方面可自

动转换为工程图以便加工,另一方面可根据需要,将一些复杂型面直接转换为数控加工程序。显然造型是第一步,也是比较重要的一步。

渐开线齿轮是各种机械传动设备中常用的零件,在设计制造中,工程设计人员经常需要对齿轮进行造型。由于渐开线齿轮齿型比较复杂,目前大多数三维建模系统都不能直接生成齿轮造型。因此,对于普通设计人员来说,要对齿轮进行三维造型并不是一件很容易的事情。一方面要花费不少时间对齿轮齿坯进行造型;另一方面需要花费大量时间来熟悉软件并掌握较高水平的造型技巧。为此,本文应用UG成形特征和表达式功能,能较容易地实现三类圆柱渐开线齿轮齿坯的参数化设计,减少了繁

收稿日期:2005-04-12

作者简介:周正元(1966-),男,副教授,从事研究方向:机械设计制造及其自动化

琐的重复劳动,并详细介绍了齿轮轮齿的精确建模方法。

1. 常见圆柱渐开线齿轮的结构

根据齿轮工作条件和预定使用时间,通过齿轮传动的强度计算,可以确定齿轮的主要参数。普通渐开线齿轮有九个基本参数影响齿轮的形状和尺寸,它们是:齿数 z 、模数 m 、压力角 α 、螺旋角 β 、齿宽 B 、变位系数 x 、齿顶高变动系数 y 、齿顶高系数 ha^* 和顶隙系数 c^* (对于标准齿轮 $ha^* = 1$; $c^* = 0.25$)。由机械原理派生参数有:

分度圆直径: $d = zm$

齿顶圆直径: $da = d + 2(h^* a + x - y)m$

齿根圆直径: $df = d + 2(h^* a + c^* - x)m$

齿圈、轮辐、轮毂等的结构形式及尺寸大小,通常都根据以上基本参数,由结构设计而定。常见齿轮结构形式有如下三种(见图1~图3)。

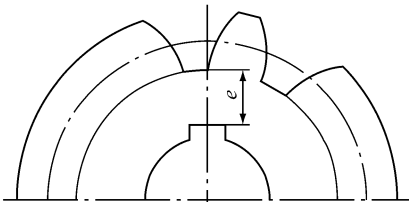


图1 圆柱齿轮

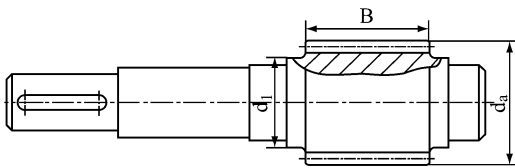


图2 圆柱齿轮轴

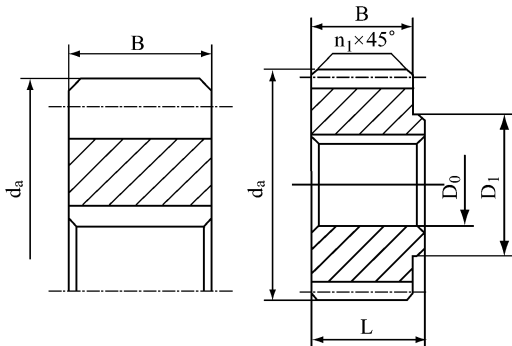


图3 实心结构的齿轮

对于直径很小的钢制齿轮(图4),若齿根到键槽底部的距离 $e < 2m$ (m 为模数)时,应将齿轮和轴做成一体,叫做齿轮轴(图1)。其中 $d1 < df$ 若 e 值超过上述尺寸时,齿轮与轴一般分开制造。

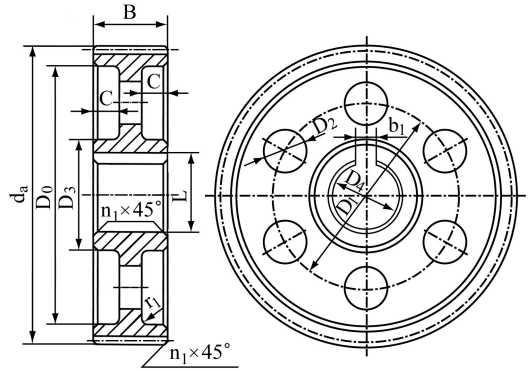


图4 腹板式结构的齿轮

当齿顶圆直径 $da \leq 160$ mm 时,可做成实心结构的齿轮(图2)。其中: $D1 = 1.6D0$; $L = 1.35D0$; $n1 = 0.5m$ 。

当齿顶圆直径 $160 < da \leq 500$ mm 时,可做成腹板式结构(图3),腹板上开孔的数目按结构尺寸大小及需要而定。

$D4$ 是按轴的传动强度计算而得,其它结构尺寸可以按照以下公式计算:

其它结构尺寸: $D0 = da - 12m$; $D3 = 1.6D4$; $D1 = (D0 + D3) / 2$; $D2 = 0.3(D0 - D3)$; $C = 0.375B$; $n1 = 0.5m$; $r1 = 5mm$ 。

2. 齿轮坯的参数化设计

2.1 参数化设计的概念及原理

参数化设计模型是以约束来表达产品模型形状特征,以一组参数来控制设计结果,从而能通过变换一组参数值,方便地创建一系列形状相似的零件。

参数化设计的基本手段有程序驱动与尺寸驱动。程序驱动法是通过分析图形几何模型的特点,确定模型的主参数以及各尺寸间的数学关系,将这种关系输入程序中,进而在零件设计时只需输入几个参数即可生成所要求的模型。尺寸驱动是对程序驱动的扩展,它的基本思想是由应用程序生成所涉及的基图,该图的尺寸有一系列的标识,这些尺寸由用户在编程时输入或交互式输入,从而生成用户的模型。

参数化设计的优点有二: 参数化设计技术以其强有力的尺寸驱动修改图形功能为初始产品设计、产品建模和修改系列产品设计提供了有效的手段; 参数化设计可以满足设计具有相同或相近几何拓扑结构的工程系列产品及相关工艺装备的需要。

UG系统最典型的特点是参数化,在构造特征、草图时,系统将自动建立相应的参数表达式,并以参数 parameter 的第一个字母 p 开始,后接整数构成。例如在构建了长方体时,用户输入长、宽、高后,系统就建立对应的参数表达式 $p_0 = 30$ 、 $p_1 = 20$ 、 $p_2 = 25$ 。在下拉菜单【工具】——【表达式】中修改任一参数并按【应用】后,实体模型均会作相应更新。体现参数化除使用尺寸参数控制模型外,还可在尺寸之间建立数学关系式,使其保持始终相对的大小、位置或约束条件。在零件模式下,系统允许建立特征之间的关系式,使得零件中的不同特征产生关联,此时创建的参数关系式成为零件关系式。这样,当建好一个特定的零件后,使用表达式编辑其参数,就可得到具有相同或相似拓扑结构的零件族。

2.2 齿轮坯参数化设计的过程

为叙述方便,现以图3腹板式结构齿轮为例,说明其齿轮坯参数化设计的过程及后面轮齿的形成。(设在上图3中, $m = 3$ 、 $z = 68$ 、 $B = 60$ 、 $D_4 = 60$ 、 $x = 0$ 、 $r_f = 0$ 、 $ha = 1$ 、 $c = 0.25$,并相应计算出 $da = 210$ 、 $D_0 = 174$ 、 $D_1 = 135$ 、 $D_2 = 25$ 、 $D_3 = 96$ 、 $C = 22.5$ 、 $n_1 = 1.5$ 、 $r_1 = 5$ 。)

(1)用“成形特征”功能对上述腹板式齿轮坯造型。要点是:每建立一个特征(如外形圆柱)后,打开表达式对话框,用“更改”功能将自动产生的参数名 p_0 、 p_1 等逐一更改为齿轮相应结构参数 da 、 B 等。对于齿轮无相应结构参数,对应的参数名不必更改,但必须将其实际意义记录;创建各特征时,要用做完后既能自动产生形状参数,又能自动产生位置关联参数的方法。例如制作减轻圆孔 $6 - D_2$ 时,用“孔”功能在齿坯侧面建孔可满足上述要求,而用“圆柱”功能建圆柱再“减去”,则无位置约束或参数产生。

(2)建立参数驱动机制。步骤:使用表达式对话框中的“输出”功能,在指定目录下以指定文件名如“ $m2z68.exp$ ”输出表达式数据文件,并保存该样板;用文本编辑器打开“ $m2z68.exp$ ”文件,添加: $m = 3$ 、 $z = 68$ 、 $x = 0$ 、 $r_f = 0$ 、 $ha = 1$ 、 $c = 0.25$ 、 $L = 64.4$ 、 $b_1 = 18$,每句一行加上已有常值表达式 $B = 60$ 、 $D_4 = 60$ 、 $r_f = 5$,共11个常值表达式;其它表达式如 da 、 D_0 、 D_1 、 D_2 、 D_3 、 C 、 n_1 及一些未改名的中间参数,均必须用上述11个常值表达式之参数表示,如 $da = d + 2(ha + x -)m$ 、 $D_0 = da - 12m$ 、 $p_5 = C$ 等,用

数学关系式关联;使用表达式对话框中的“输入”功能,将上述修改好的参数驱动文件输入,单击【应用】如图形重新生成后不变,再分别修改10个($r_f = 5$ 不变)常值表达式之常数,单击【应用】以检验参数驱动机制的正确性。完成后存盘,参数化模板建立完成。

(3)新齿坯的生成。创建新齿坯:打开上述参数化模板,另存为“ $m3z79.prt$ ”,用“记事本”按新齿轮创建上述10个常值表达式组成的文本文件,并以“.exp”作为扩展名存盘;使用UG表达式对话框中的“输入”功能,将上述文件输入,单击【应用】,则一个按 $m = 3$ 、 $z = 79$ 等新参数齿轮齿坯即刻生成(见图5)。重复上述步骤,可建立一系列腹板式结构齿坯。变更 x ,可用于制作高变位、角变位齿轮;变更 ha 、 c ,可用于制作矮齿或基准齿形齿轮。



图5 参数化齿坯的制作

利用UG二次开发工具建立齿轮参数化设计对话框,实现UG环境下新齿坯参数的刷新:利用UG/Open MenuScript编写用户菜单,直接挂在UG系统的主菜单上,形成与UG融合的界面;利用UG/Open UStyler制作UG风格的对话框,供用户菜单调用。对话框中包含10个数据输入框,输入新参数后单击【应用】按钮即可按照新参数生成新齿坯。

按上述方法,同样可建立“圆柱齿轮轴”及“实心结构的齿轮”参数化驱动模板,以备创建相同或相似拓扑结构的齿轮坯造型。

3. 圆柱渐开线齿轮轮齿的精确建模

由于渐开线齿轮齿型比较复杂,一些低端的CAD软件在生成齿形齿廓这一关键步骤时,用一系列型值点拟合而成,这样的样条曲线只是近似的渐开线。这里直接用渐开线公式,应用UG表达式和规律曲线功能生成精确的渐开线,从而实现齿轮的精确建模。

3.1 渐开线的生成

由机械原理可知渐开线直角坐标系方程:

其中: r_k ——基圆半径。

$$\begin{cases} x_k = r_k [\cos(s) + \text{rad}(s) \sin(s)] \\ y_k = r_k [\sin(s) - \text{rad}(s) \cos(s)] \\ z_k = 0 \end{cases}$$

$$s = \frac{r_k}{r} \theta$$

θ_k ——渐开线上 k 点处压力角;

α_k ——渐开线上 k 点处展角。

打开表达式对话框,在表达式编辑框依次添加相应的关系式:

$$a = 0$$

$$b = 360$$

$$t = 1$$

$$z_t = 0$$

$$s = (1 - t) * a + t * b$$

$$r = m * z * \cos(20) / 2; \quad xt = r * \cos(s) + r * \text{rad}(s) * \sin(s)$$

$$yt = r * \sin(s) - r * \text{rad}(s) * \cos(s)$$

再单击下拉菜单“插入”中“曲线”的“规律曲线”,在“规律曲线”对话框中:

X分量的处理:选择 X分量的规律方法,输入相应的参数;

Y分量的处理:选择 Y分量的规律方法,输入相应的参数;

Z分量的处理:选择 Z分量的规律方法,输入相应的参数;

再选一个点作为基点,可得图 6(a)所示渐开线。

3.2 齿槽截面线的形成

先绘制齿顶圆、分度圆和齿根圆,将渐开线作齿槽中平面“镜像”后,两渐开线与齿顶圆、齿根圆经“修剪”后,得图 6(b)齿槽截面线。其中齿根部圆角半径为 $R1.1$ (按国标齿根圆角 $0.38m$)。

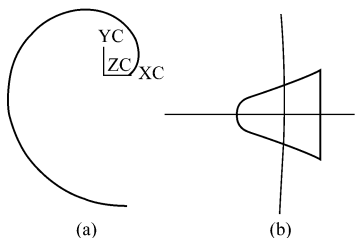


图 6 由表达式形成渐开线及齿槽截面线的形成

3.3 直齿渐开线齿轮造型的创建

单击“拉伸体”按钮,将上述截面线沿齿宽方向“拉伸”高 B ,得齿槽实体。将齿坯“减”去齿槽实体,得齿槽。单击“引用特征”,将齿槽沿圆周阵列,完成直齿圆柱渐开线齿轮的建模(见图 7)。



图 7 直齿渐开线齿轮

3.4 斜齿渐开线齿轮造型的创建

斜齿轮与直齿轮在端面上都具有渐开线齿形,但斜齿轮的轮齿呈螺旋形。对于螺旋角为 β 的斜齿轮,轮齿不再是直线,而是在直径为分度圆直径、螺距为 $d \tan \beta$ 的螺旋线上。将图 6(b)齿形截面线沿此螺旋线“扫掠”,得齿槽实体。将齿坯“减”去齿槽实体,得齿槽。单击“引用特征”,将齿槽沿圆周阵列,完成斜齿圆柱渐开线齿轮的建模(见图 8)。



图 8 斜齿渐开线齿轮

4. 结论

(1)利用三个齿轮坯参数化模型,输入或修改相应的参数,系统可自动生成所需要的齿轮坯三维造型。在工程实际中,设计人员可类似于上述方法建立常用零件(如常用夹具零件)的模型库,使用时修改相应的参数文件就可灵活地修改设计,从而减

(下转第 24页)

依据。

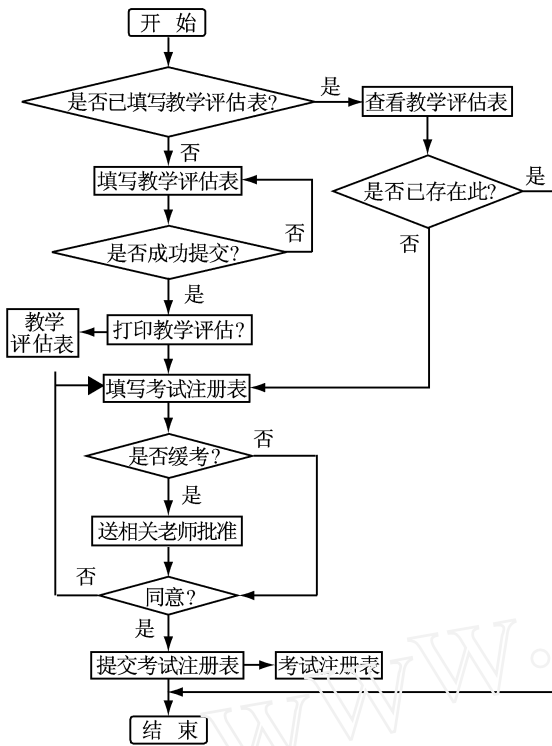


图3 课程评估及考试注册系统流程图

本系统能摆脱手工教务安排,使教学管理人员从繁琐的教务工作中解脱出来。学生选课、考试注

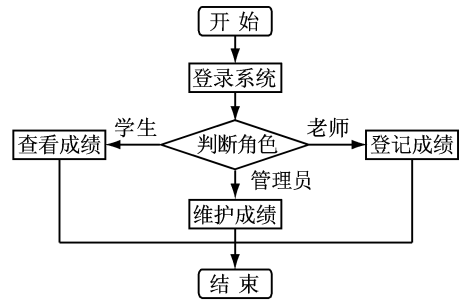


图4 成绩与学分管理系统流程图

册、教务员排课、教务信息发布、成绩录入等评价过程通过软件一气呵成,不再进行手工管理和处理大量繁琐的数据,充分达到数据共享,初步实现了校园信息化,具有较强的实际应用价值。

参考文献:

- 1 黄梯云. 管理信息系统. 经济科学出版社, 2000
- 2 张剑平等编. 学校管理信息系统. 中国铁道出版社, 1999
- 3 祝智庭. 现代教育技术学——走向信息化教育. 教育科学出版社, 2000
- 4 吴应良, 魏劲平. 高校管理信息系统发展现状和对策. 管理信息系统, 1999, 2

(上接第 20 页)

少重复劳动,提高效率。

(2)在上述参数化模型环境下,直接【插入】——【曲线】,可获得按变更后参数形成的精确渐开线,无需再按渐开线公式输入相应表达式,节约时间,降低造型难度。

(3)当齿轮齿数 $z < 41$ 时,齿轮齿根圆直径将小于基圆直径。对于图 2 轴齿轮,当 $m = 3, z = 20$ 时,渐开线起点距齿根较远,此时再用 $0.38m$ 半径倒“圆角”,显然不能使它与齿根圆相封闭,需用一段过渡曲线将渐开线延伸后,再与齿根圆倒圆角。按有关资料,目前生产中常见齿轮齿根过渡曲线有五种,当采用刀齿顶部为两个圆角的齿条形刀具加工齿轮时,过渡曲线可用两段延伸渐开线的等距线,其方程下式。

$$\begin{cases} x_k = (r_k - h_c) \sin(s) - r_k * \text{rad}(s) \cos(s) \\ y_k = (r_k - h_c) \cos(s) + r_k * \text{rad}(s) \sin(s) \end{cases}$$

其中: h_c 为发生线外一点到发生线距离。

这样,如果渐开线及其过渡曲线均用 UG 表达式功能形成,即可实现齿轮的精确建模。这样建立的模型是齿轮机构动态仿真、NC 加工、干涉检验以及有限元分析的前提。

参考文献:

- 1 莫蓉. Unigraphics NX 基础与应用 [M]. 北京:机械工业出版社, 2004: 213-223
- 2 濮良贵, 纪名刚. 机械设计 [M]. 北京:高等教育出版社, 1997: 194-239
- 3 王学平. 基于 UG 的表达式及其应用 [J]. 机械制造, 2003, 6: 20-21
- 4 郑文纬. 机械原理 [M]. 北京:高等教育出版社, 1997
- 5 袁哲俊等. 齿轮刀具设计 [M]. 北京:新时代出版社, 1983: 28-31