

基于 Pro/ E 软件的虚拟齿轮的精确建模与装配

王秀山 张淑敏

(中国农业大学 工学院,北京 100083)

摘要 利用 Pro/ E 软件在三维造型时的参数化驱动功能,实现了直齿轮的精确建模和虚拟装配。建立了符合 Pro/ E 格式的齿轮参数表达式及参数驱动程序,对虚拟装配的齿轮组进行了干涉检验。分析表明这种建模和装配方法是齿轮传动机构设计的一种理想方法。

关键词 Pro/ E; 渐开线; 建模; 装配

中图分类号 TP 391.72; TH 132.413

文章编号 1007-4333(2004)01-0084-03

文献标识码 A

Accurate modeling and assembling of dummy gear based on Pro/ E software

Wang Xiushan, Zhang Shumin

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract A method was introduced with Pro/ E software for the accurate modeling and assembling of gears; the parameter driver and expression for design were created in accordance with the style of Pro/ E. The interference of gears assembled can be tested. This method was proved to be an ideal gear transmission design way.

Key words Pro/ E; involute; modeling; assembling

齿轮传动系统是各种机械设备中应用最为广泛的一种传动系统。传统的齿轮传动设计方法相当复杂,设计周期长、工作量大,设计过程重复,工作效率低。在齿轮装配环节,也是仅仅在理论上进行可行性装配计算,对于装配过程中可能出现的问题无法预知,可视性差;当齿轮的某一参数改变时,整个设计过程都要跟着改变,设计智能化低。因此,利用计算机技术实现齿轮的参数化、智能化设计和虚拟装配是非常必要的。

目前,比较流行的 3D 设计软件有, Solid works、UG、Pro/ E 等。笔者就利用 Pro/ E 软件进行齿轮虚拟设计,对在虚拟环境下实现齿轮的精确建模与装配方法进行了研究。

1 齿轮的 3D 设计过程

在 Pro/ E 中,一般的曲线如圆、椭圆、多义线等可在草绘环境下直接绘制,对于一些特殊曲线如渐开线、摆线等,则需要先建立曲线的参数方程,然后转换成符合 Pro/ E 软件的格式,参数方程输入完

后,自动生成所需要的曲线图形。

1) 曲线的绘制。笛卡儿坐标系中圆的渐开线参数方程为

$$\begin{cases} x = r(\cos \theta + \sin \theta) \\ y = r(\sin \theta - \cos \theta) \end{cases}$$

式中: r 为齿轮的基圆半径, mm; θ 为形成渐开线的滚动角, rad。建立符合 Pro/ E 格式的参数表达式(部分)如下:

$$\begin{aligned} & \dots \\ \text{en} &= \text{t} * 90 \\ \text{s} &= \text{pi} * \text{r} * \text{t} / 2 \\ \text{xd} &= \text{r} * \cos(\text{en}) \\ \text{yd} &= \text{r} * \sin(\text{en}) \\ \text{x} &= \text{xd} + (\text{s} * \sin(\text{en})) \\ \text{y} &= \text{yd} - (\text{s} * \cos(\text{en})) \\ \text{z} &= 0 \\ & \dots \end{aligned}$$

该程序所使用的坐标系必须与绘制齿轮母体的坐标系相一致,并注意保存输入结果,才能保证所得

收稿日期: 2002-04-20

作者简介: 王秀山, 硕士研究生; 张淑敏, 副教授, 主要从事机械传动机构设计研究。

到的渐开线图形落在正确的位置上。

2) 部分齿轮参数计算公式及其表示方法。

...

分度圆半径 $pitch = 0.5 \cdot m \cdot z$

基圆半径 $base = r \cdot \cos \alpha$

齿顶圆半径 $addendum = r + (1 + x - y) \cdot m$

齿根圆半径 $dedendum = r - (1.25 - x) \cdot m$

齿轮的周节 $circular = \pi \cdot m$

分度圆齿厚 $tooth \ thick \ on \ pitch = 0.5 \cdot circular + 2 \cdot x \cdot m \cdot \tan \alpha$

...

3) 部分参数驱动程序。

...

TOOTH NUMBER NUMBER

" Enter the number of the tooth : "

MODULE NUMBER

" Enter the module : "

PRESSURE ANGLE NUMBER

" Enter the pressure angle : "

FACE WIDTH NUMBER

" Enter the face width : "

RAD FILLET NUMBER

" Enter the rad fillet : "

ADDENDUM COEFFICIENT NUMBER

" Enter the addendum coefficient : "

MODIFICATION COEFFICIENT NUMBER

" Enter the modification coefficient : "

END INPUT

RELATIONS

$INV \ PHI = \tan(PRESSURE \ ANGLE) - \sqrt{PRESSURE \ ANGLE \cdot 2 \cdot \pi / 360}$

$PITCH = 0.5 \cdot TOOTH \ NUMBER \cdot MODULE$

$CIRCULAR \ PITCH = \pi \cdot MODULE$

$D1 = FACE \ WIDTH$

$P = 0.25 \cdot MODULE$

$d31 = face \ width$

$BASE = PITCH \cdot \cos(PRESSURE \ ANGLE)$

$TOOTH \ THICK \ ON \ \backslash$

$PITCH = CIRCULAR \ PITCH / 2 + 2 \cdot \backslash$

$\tan(PRESSURE \ ANGLE) \cdot MODULE \cdot \backslash$

$ADDENDUM \ COEFFICIENT$

$D0 = 2 \cdot ADDENDUM$

END RELATIONS

...

4) 齿轮建模的主要步骤。

a. 建立默认的基准面 FRONT、TOP、RIGHT;

b. 加入齿轮参数的计算公式,目的是进行参数化驱动设计;

c. 采用加材料的方式创建齿轮母体;

d. 加入所编辑的渐开线程序,并注意保存;

e. 创建齿面曲线;

f. 以切减材料的方式创建第一个齿槽;

g. 对齿槽进行倒圆角;

h. 创建一个局部组,内容包括齿槽和圆角;

i. 建立阵列特征,生成全齿;

j. 切出轴孔和键槽;

k. 在模型树对话框中用鼠标移动“插入”按钮到第 c 步,进行母体倒角;

l. 把“插入”按钮移动到模型树对话框最下面;

m. 打开层操作,消去辅助曲线。

5) 创建过程的注意事项。

a. 编辑程序时,假若每行超过 80 个字符,需修改此行或者把该行分成两行。方法是键入反斜线符号“\”表示关系式在下一行继续。

b. 符号名不超过 31 个字符。

c. 在构建第一个齿槽时,可以采用切减、拉伸的办法,也可以采用变截面扫描的方法。无论采取何种方法,一定要使操作曲面完全闭合。

2 装配和干涉检验

一对外啮合齿轮的装配方法一般分为 2 种,即运动副装配和全约束装配。前者配是按照机构自身的运动情况,适当限制某些自由度,使机构在要求的自由度方向上运动,这种装配只是自由度的部分约束。后者装配属于全约束装配,空间 6 个自由度完全被限制,机构不能相对运动,但能满足机构的相关技术分析,例如机构干涉校验、机构碰撞检测等。

一般的配合件装配,可以采用系统提供的装配方案进行装配,装配过程可以采用对齐、匹配、坐标系、插入、相切、线上点、曲面上的点、曲面上的边等方式,装配过程并不复杂。对于用渐开线精确建模的齿轮,装配时由于要保证齿轮的正确啮合,需要做很多的技术处理,例如要做大量的辅助平面和辅助线及辅助点等;另外在装配时,子零件的放置也比较重要,如放置不恰当,往往会导致错误的装配结果。

装配流程图见图 1。

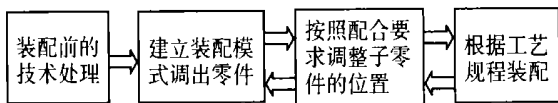


图 1 装配流程图

Fig. 1 Assembling progress graph

具体装配及检验过程如下:

1) 装配模式前,先对 2 个零件做技术处理。调出第一个装配子零件,在分度圆处创建沿齿面方向且平行于轴的线段;创建通过该线段齿面的切平面和法平面。

2) 进入装配模式,调出 2 个子零件,调整好装配的位置。

3) 分别按照端面偏距对齐切平面和法平面。

4) 进行层的操作,保证画面光洁。

5) 干涉检验。

干涉检验是设计时常用到的一种检验方法,通过检验可以发现零件设计图的缺陷,尽可能的把设计错误消除在制造前,减少重复工作,减少损失。

具体的操作过程为:在系统装配模式下,选择菜单中的“分析”按钮,进入系统分析模块,点击“模型分析”,在模型分析画面中选择下拉菜单中的“全局干涉”,点击计算就可以得到所需的结果。

3 实例

按照上面所介绍的齿轮建模方法,创建出一对外啮合的直齿轮,并对这对齿轮进行装配。

齿轮 1: 模数 $m_1 = 3.5$, 齿数 $z_1 = 35$, 压力角 $\alpha_1 = 20^\circ$, 变位系数 $x_1 = +0.5$, 齿顶修正系数 $y_1 = 0$, 齿宽 $b_1 = 100$ 。

齿轮 2: 模数 $m_2 = 3.5$, 齿数 $z_2 = 120$, 压力角 $\alpha_2 = 20^\circ$, 变位系数 $x_2 = -0.5$, 齿顶修正系数 $y_2 = 0$, 齿宽 $b_2 = 90$ 。

创建的齿轮模型、装配及检验结果见图 2。

装配干涉结果分析:通过画面,可以发现该机构的干涉体积为 1.00785 mm^3 。干涉位置在齿轮的啮合线上。该对啮合齿轮由于采用正负等值变位,所以中心距等于标准齿轮啮合时的中心距

$$L = 0.5 \times 3.5 \times 120 + 0.5 \times 35 \times 3.5 = 210 + 61.25 = 271.25$$

干涉的原因主要有 2 个: 1) 系统在进行数据处理时,要对零件做大量复杂的计算,由于所采用算法的精度不是足够的高,也由于计算机本身的计算位

数有限,会出现微小的偏差,这种情况是不可避免的。2) 生成齿轮渐开线的辅助计算公式存在舍入误差。这种情况可以避免,但过于繁琐。因此,出现微小干涉是由于系统和公式的精度引起,设计理论本身并没有错误。根据装配经验,这样微小的体积干涉在实际装配时只需做少量技术处理即可解决^[2]。所以,装配的结果真实可信。



(c) 装配及检验

图 2 齿轮模型、装配及检验结果

Fig. 2 Model of gear and result of assembling and checking

4 结束语

在利用 Pro/ E 软件进行直齿轮的精确建模时,运行所设计的参数化驱动程序,在得到的对话框中输入相关参数,即可生成精确的直齿圆柱齿轮的 3D 图形。该设计方法不仅适用标准直齿圆柱齿轮,也适用于变位直齿圆柱齿轮。

参考文献

- [1] 孙恒,陈作模 主编. 机械原理[M]. 北京:高等教育出版社,2001. 300 ~ 328
- [2] 黄圣杰,王俊祥. Pro/ ENGINEER 2001 高级开发实例[M]. 北京:电子工业出版社,2002. 391 ~ 400
- [3] 孙江宏,黄小龙,罗坤. Pro/ ENGINEER 2001 虚拟设计与装配[M]. 北京:中国铁道出版社,2003. 100 ~ 106
- [4] 张学伟. 基于 Pro/ E 的齿轮设计[J]. 林业机械与木工设备,2002,(7):16 ~ 18