第27卷 第1期 石家庄铁道大学学报(自然科学版) Vol. 27 No. 1
2014年03月 JOURNAL OF SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY (NATURAL SCIENCE) Mar. 2014

基于 Solid Edge 的减速器三维建模研究

王英姿， 刘卫红， 刘中华

(湘潭职业技术学院 工学院，湖南 湘潭 411102)

摘要: 对减速器中齿轮传动设计参数化方法进行深入研究，将设计计算与建模有机结合协同处理，采用同级变量技术与关联建模方法研究装配模型中的参数化，可以很方便地完成对图形的修改，避免繁琐的设计计算、绘图工作，提高设计精度和效率，还能将设计缺陷尽可能降到最低，提高产品的竞争力。

关键词: 三维建模; 减速器; 参数化; 变量表

中图分类号: TH128 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0373(2014)01-0045-05

减速器是由许多零件组成的一个部件，若这些零件三维建模，并正确组装，再控制各零件的尺寸协同变化，则可以完成对整个减速器的三维参数化。

1 齿轮的参数化建模

常用齿轮的结构型式多样，具体采用哪种型式主要取决于齿轮的分度圆直径，同时兼顾其应用场合[1]。确定齿轮的结构型式后，其参数化建模主要包括两个方面: 齿坯的参数化与齿形的参数化。

1.1 齿坯参数化方法

当齿轮只能采用轴齿轮结构时，齿轮的参数化必须同时考虑轴的结构问题，因此轴齿轮结构的坯体模型与轴综合在一起考虑。齿坯的参数化建模可以采用变量表技术解决。自由锻齿坯结构为例来说明齿坯参数化建模的变量表技术原理[2]。

(1) 在 Solid Edge 零件环境中以一组参数交互式构建自由锻齿坯的三维模型，如图 1 (a) 所示，其对应的特征树如图 1 (b) 所示。

(2) 设计自由锻齿坯三维模型的变量表。

(3) 程序自动计算独立变量的值，并交互确认后更新自由锻齿坯三维模型，然后自动另存为减速器中对应齿轮的名称。

1.2 齿形参数化方法

轮齿有直齿与斜齿之分，两种齿形的特点决定了在 Solid Edge 中必须采用不同的建模方法，切直齿建模一般采用拉伸除料方法，而切斜齿建模一般采用扫掠或螺旋除料方法; 渐开线圆柱齿轮的齿廓为渐开线，齿轮渐开线方程如式(1)所示。渐开线上任一点的坐标值与基圆半径 r_b 及该点的压力角 u 相关，而不同点压力角 u 值是不同的，因此，只能采用在 VB 中调用 Solid Edge 直接对齿形进行建模的方法。为此，需要解决 2 个问题: 渐开线的 2D 轮廓生成与由渐开线创建满足要求的三维齿形方法[3-4]。

$$\begin{cases} x = r_b\sin\alpha - r_b\alpha\cos\alpha \\ y = r_b\cos\alpha + r_b\alpha\sin\alpha \end{cases} \quad (1)$$

式中，r_b 为基圆半径; α 为渐开线上任一点的压力角。

DOI: 10.13319/j.cnki.sjztddxxbzrb.2014.01.09

收稿日期: 2013-04-19

作者简介: 王英姿 女 1976年出生 讲师

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.2.1 渐开线的2D轮廓生成

(1)计算渐开线各点坐标值。渐开线各点坐标值的计算是依据式(1)进行的,但计算的关键是求出渐开线上任一点的压力角,其具体计算原理如图2所示。对渐开线上任一点K,其压力角α_K为

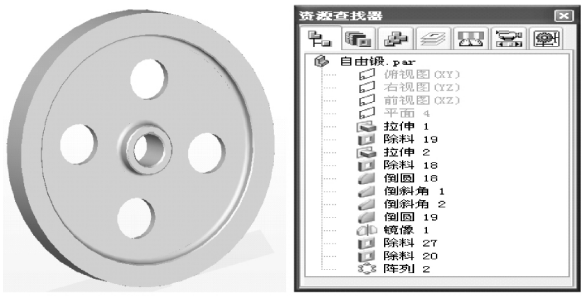
$$\alpha_K = \mathrm{arctg}\left(\sqrt{r_k^2 - r_b^2}/r_b\right) \tag{2}$$

考虑到程序计算速度,以及渐开线在程序中采用B样条曲线来逼近,因此只需计算出渐开线齿廓上的11个点的坐标即可。

(2)创建渐开线的2D轮廓。在轮廓平面绘制齿槽轮廓,由齿顶圆弧、齿根圆弧、渐开线与渐开线镜像4条曲线即可形成齿槽轮廓,但需要对轮廓4个角的此4条曲线的外伸端进行修剪,并添加固连关系,使齿槽轮廓封闭[5]。

1.2.2 齿形三维模型的生成

创建渐开线2D齿槽轮廓后,就可以通过拉伸除料功能在齿坯上切出直齿轮齿槽模型特征,或者通过螺旋(或扫掠)除料功能在齿坯上切出斜齿轮齿槽模型特征,然后创建齿根过渡圆模型特征,根据齿数对已创建的齿槽模型特征与齿根过渡圆特征进行环形阵列,形成整个齿轮轮齿的三维模型。图3所示为左旋自由锻斜齿轮的三维模型,其参数为:齿数50、模数4、螺旋角14.91°、齿宽与轮毂宽均为45 mm、轴孔直径60 mm。



(a)三维模型 (b)特征树

图1 自由锻齿坯

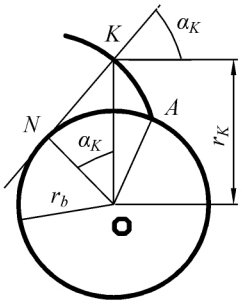


图2 渐开线压力角

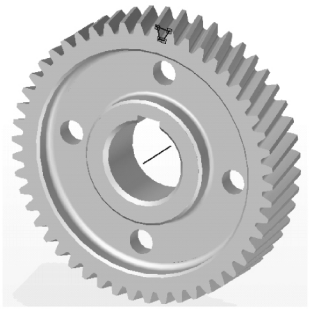


图3 自由锻齿轮模型

2 传动轴的参数化建模

轴的主要功能是支撑回转零件、传递运动和动力。如图4为传动轴结构,共20个控制变量。

传动轴与齿轮轴的参数化设计比齿轮要简单,主要是查询必要的设计参数值,然后在Solid Edge零件环境中交互式构建轴的三维模型,并设计好变量表,再在VB中采用变量表技术对模型进行更新即可。齿轮轴三维模型如图5所示。

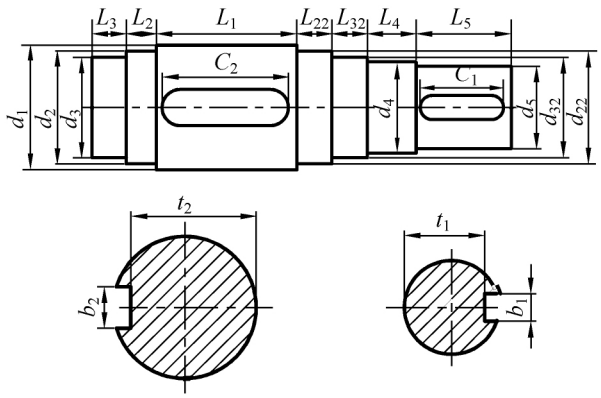


图4 传动轴结构及控制变量

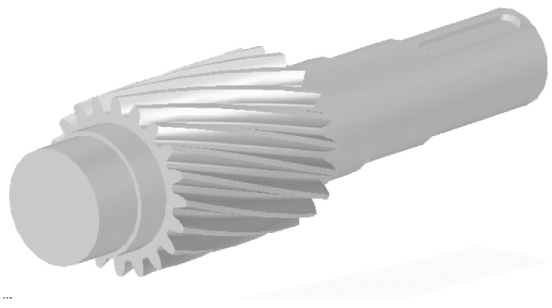


图5 齿轮轴三维模型

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

3　箱体的参数化建模

箱体零件结构复杂,需准确分析箱体零件特征。现以上箱体为例来简单说明参数化设计的过程。首先,根据减速器外形尺寸中的箱体外形尺寸、手册中箱体设计的经验公式、齿轮设计数据以及选用的标准件等数据,构建箱体的三维模型如图 6 所示。

然后,设置好箱体的变量表,如图 7 为上箱体的部分变量表。

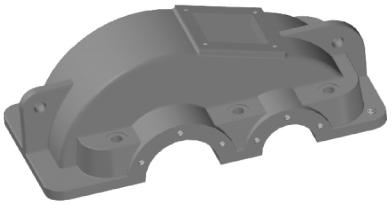


图 6　上箱体模型

箱盖.par:变量表

距离　帮助

类型	名称	值	公式
Dim	D1	62.00 mm	
Dim	D2	85.00 mm	
Dim	Dt1	102.00 mm	D1 +5* dk1
Dim	Dt2	125.00 mm	D2 +5* dk2
Dim	Pk2	52.50 mm	(D2 + Dt2)/4
Dim	hk2	20.00 mm	2.5* dk2
Dim	hk1	20.00 mm	2.5* dk1
Dim	Pk1	41.00 mm	(D1 + Dt1)/4
Var	dk2	8.00 mm	
Var	dk1	8.00 mm	

图 7　上箱体部分变量表

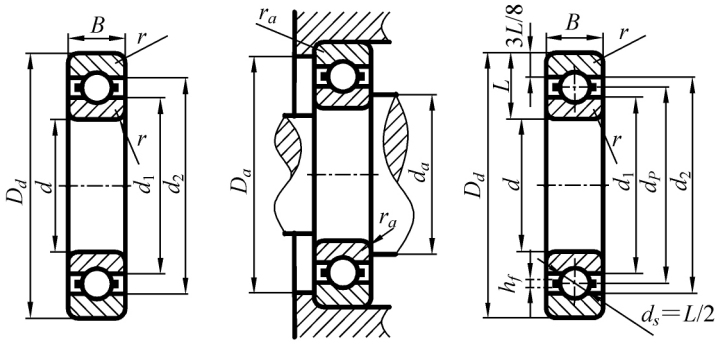
最后,根据齿轮、轴设计、标准件以及其它常用件设计过程中的参数尺寸,采用变量表技术修改变量表,驱动更新箱体三维模型。下箱体的设计步骤和上箱体类似,只是多了加油孔凸台、放油孔、油沟结构。

4　标准件及常用件的参数化建模

减速器的零件中有许多是标准件,标准件的参数化一般都可以采用变量表技术来完成。其主要难点与关键点在于众多的数据管理与查询需要在参数化过程中协同处理。

4.1　标准件结构分析

减速器中众多标准件都可以采用变量表技术进行参数化建模,如图 8 所示的深沟球轴承,其关键尺寸为轴承宽度 B、内环内径 d、外环外径 D_d 与圆角半径 r,这些尺寸直接关系到安装尺寸的轴径 d、孔径 D_d、定位直径 D_a、d_a、安装圆角 r_a 以及安装孔宽与轴径长。



(a)结构尺寸　　(b)安装尺寸　　(c)简化画法

图 8　深沟球轴承结构与安装尺寸

4.2　零件参数化建模与变量分析

在滚动轴承标准数据中,可查询到的数据项较多,建模时只要保证滚动轴承安装后尺寸与结构准确,如深沟球轴承,建模时只需要用到轴承宽度 B、内环内径 d、外环外径 D_d 与圆角半径 r 等 4 个尺寸即能构建出 4 个零件的三维模型。为此,首先来分析该 4 个零件与 4 个尺寸的关系,可参考图 8(c)。

对外环需要尺寸 d_2、B、r 以及球径 d_s 与球心位置直径 d_p,而尺寸 d_2、d_s 与 d_p 可按如下公式计算

$$\begin{cases} d_s = (D_d - d)/4 \\ d_p = d + 2d_s \\ d_2 = D_d - 3d_s/2 \end{cases} \tag{3}$$

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

对内环同样需要6个尺寸 d、d_1、B、r 以及球径 d_q 与球心位置直径 d_p,尺寸 d_1 可按如下公式计算

$$d_1 = d + 3d_s/2 \tag{4}$$

对保持架需要厚度 h_f、球径 d_q、球心位置直径 d_p 以及球数 n_s,而尺寸 h_f 及 n_s 可按如下公式计算

$$\begin{cases} h_f = d_s/6 \\ n_s = \mathrm{int}(\pi d_p/2d_s) \end{cases} \tag{5}$$

根据以上尺寸关系,就可以根据查询到的4个尺寸轴承宽度 B、内环内径 d、外环外径 D_d 与圆角半径 r,对4个零件进行建模,并设置好变量表中的变量。

4.3 标准件装配模型参数化

图9为深沟球轴承的装配模型、装配模型变量表与内环模型同级变量表。从图9(b)可以看出,装配模型变量表中只定义了轴承宽度 B、内环内径 d、外环外径 D_d 与圆角半径 r 等4个零件模型中需要使用的参数变量,也是4组关联变量中的4个主变量,每个主变量控制4个从变量,分别对应4个零件模型变量表中的相应变量。从图9(c)可以看出,定义了关联变量后,内环模型变量表中的4个变量 d、D_d、B 与 r 就由独立变量变为非独立变量了,其值受图9(b)中对应的4个变量控制等同变化。

(a)装配模型 (b)装配模型变量表 (c)内环模型变量表

图9 深沟球轴承装配模型与同级变量表

5 标准件数据管理

由于标准件类型众多,VB提供的ADO数据库技术既能方便也能有效地对数据库进行操作,故将ADO技术与Access数据库相结合来对标准件数据进行管理。标准件数据库创建的目的是在程序中使用数据,主要是根据条件从数据库中查询满足要求的数据记录,并从中提取需要的数据来更新标准件模型。

6 减速器装配模型参数化

减速器装配模型设计完成后,根据其装配关系,采用同级变量技术设计好各零件模型之间以及各零件模型与装配模型之间的关联变量,再采用变量表技术进行参数化编程实现减速器装配模型的自动更新[6]。为了提高参数化设计的效率,减少编程工作量,在装配模型设计阶段虽然主要采用自底向上的设计方法,有些零件模型却可以采用关联设计的方法,这样设计的零件模型在编程时不必对其尺寸进行控制,其尺寸会根据关联零件的相关尺寸变化,同样可达到参数化设计的要求。

7 结束语

研究了减速器三维参数化建模中的关键问题,研究结果不仅满足了减速器中标准件参数化模型的要求,也为其他标准件的参数化建模提供了思路。利用同级变量技术与关联建模技术解决了装配模型中各零件尺寸协同变化问题,使参数化模型能够正确装配成满足要求的装配件,为减速器整体参数化建模提供了保障。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

参 考 文 献

[1] 朱孝录. 齿轮传动设计手册 [M]. 北京: 化学工业出版社,2005.
[2] 王英姿. ZDY 标准减速器参数化设计与建模系统研究 [D]. 湘潭: 湘潭大学机械工程学院,2011.
[3] 尹朋朋. 基于 UG 齿轮参数化设计系统开发 [J]. 煤矿机械,2009,30(10):201-203.
[4] 崔延辉,于平. 基于 VB 的 Solid Edge 标准件库开发 [J]. 哈尔滨理工大学学报,2001,6(6):16-19.
[5] 史艳红,张淑贤,姚新. 基于 Solid Edge 的直齿圆锥齿轮建模研究 [J]. 工程图学学报,2010(4):17-21.
[6] 黄勤,黄正胜,曹争光. 三环减速器的参数化虚拟装配 [J]. 煤矿机械,2009,30(2):193-194.

Three-dimensional Modeling Research for Reducer Based on the Solid Edge

Wang Yingzi, Liu Weihong, Liu Zhonghua

(Engineering and Architecture Department Xiangtan Vocational & Technical College, Xiangtan 411102, China)

Abstract: This paper studies deeply on gear design parameters of gear transmission method. Through organic combination of computing and modeling, studying with parameters for assembly model with the same level variables technology and associated modeling method, we can easily complete the graphic changes, avoiding the tedious design calculation and drawing work, improve the design accuracy and efficiency, reduce design defects to the least possible, and improve the competitiveness of the products.

Key words: 3D modeling; reducer; parametric; variable table

(责任编辑　车轩玉)

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net